คำนำ

เอกสารประกอบการสอน วิชาการสำรวจเส้นทาง รหัส 3121 - 0005 เล่มนี้ จัดทำขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ของ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเป็นภาคทฤษฎีและปฏิบัติ

พื้นฐานของผู้ศึกษาวิชานี้ ต้องผ่านวิชาการสำรวจ-การระดับ และการสำรวจเพื่อการก่อสร้างมาก่อน ดังนั้นจึงมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ทางการสำรวจมาบ้างแล้วพอสมควร เอกสารฉบับนี้จึงเน้นการปฏิบัติงานการสำรวจเส้นทาง โดยเฉพาะ

เพื่อให้สอดคล้องกับเวลาเรียน ได้แบ่งแผนการสอนออกเป็น 16 หน่วย 16 กิจกรรม ซึ่งจะมีทั้ง ภาคทฤษฎีและใบงานในการฝึกภาคปฏิบัติ 16 ใบงาน โดยตั้งแต่ใบงานที่ 2 จนถึงใบงานที่ 16 จะเป็นเรื่องที่เกี่ยวเนื่องกัน โดยเริ่มตั้งแต่การวางแนว การวางโค้งประเภทต่างๆ การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง การถ่ายระดับหมุดหลักฐานการระดับ การทำระดับตามยาว-ตามขวาง การหาปริมาณงานดิน การเขียนแบบแปลนแนวทาง การกำหนดระดับก่อสร้าง การวางโค้งทางดิ่ง การขึ้นรูปหน้าตัดคันทาง การเคลื่อนย้ายมวลดิน และสุดท้ายนักศึกษาก็จะนำแบบที่ออกแบบไว้ ไปกำหนดระดับก่อสร้าง และตำแหน่งในสนามได้

ขอขอบคุณท่านเจ้าของหนังสือที่ใช้อ้างอิงทุกเล่มมา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณอาจารย์แผนกช่างก่อสร้าง-โยธา วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ที่ได้ร่วมทดลองใช้เอกสารประกอบการสอน เสนอแนะข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้น จนได้รวบรวมและเรียบเรียงเป็นรูปเล่มขึ้นมา และเผยแพร่ โดยหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนนี้ คงเป็นประโยชน์ต่อการนำไปปฏิบัติงานจริง ในการประกอบอาชีพต่อไป หากผู้ใช้มีข้อเสนอแนะประการใด ผู้จัดทำยินดีน้อมรับด้วยความขอบพระคุณยิ่ง

(นายพัชรพล พานประทีป)
แผนกช่างก่อสร้าง-โยธา
วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา

สารบัญ

คำนำ	ก
จุดประสงค์รายวิชา	ช
มาตรฐานรายวิชา	ช
คำอธิบายรายวิชา	ช
หน่วยที่ 1 หลักการเบื้องต้นของการออกแบบทางและความปลอดภัยของทาง	1-1
เรื่องที่ 1.1 ความหมายของการสำรวจเส้นทาง	1-2
เรื่องที่ 1.2 ลำดับขั้นการสำรวจเส้นทาง	1-3
เรื่องที่ 1.3 ข้อกำหนดในการสำรวจทาง	1-8
เรื่องที่ 1.4 ความปลอดภัยในการออกแบบเส้นทาง	1-13
เรื่องที่ 1.5 ใบงานที่ 1 การหาระดับแนวทางจากแผนที่ภูมิประเทศ	1-29
ใบผลการปฏิบัติงาน	1-33
ใบประเมินผล	1-34
แบบฝึกหัดที่ 1	1-35
หน่วยที่ 2 การวางแนวทาง	2-1
เรื่องที่ 2.1 การวางแนวทางเส้นตรง	2-3
เรื่องที่ 2.2 การแก้อุปสรรคการวางแนว	2-5
เรื่องที่ 2.3 การรังวัดมุมเหหรือมุมเบี่ยงเบน	2-8
เรื่องที่ 2.4 การสร้างหมุดโยงยึดหรือหมุดหมายพยาน	2-10
เรื่องที่ 2.5 การคำนวณพิกัดแนวทาง	2-11
เรื่องที่ 2.6 ใบงานที่ 2 การวางแนวทาง	2-16
ใบผลการปฏิบัติงาน	2-33
ใบประเมินผล	2-34
แบบฝึกหัดที่ 2	2-35

หน่วยที่ 3 การวางแนวโค้งทางราบ (Horizontal Curve) 3-1
เรื่องที่ 3.1 โค้งทางราบ 3-2
ข้อแนะนำในการเลือกแนวทาง 3-5
เรื่องที่ 3.2 โค้งวงกลม 3-8
เรื่องที่ 3.3 ใบงานที่ 3 การวางโค้งวงกลม 3-26
ใบผลการปฏิบัติงาน 3-31
ใบประเมินผล 3-32
แบบฝึกหัดที่ 3 3-33

หน่วยที่ 4 โค้งผสม (Compound Curve) 4-1
เรื่องที่ 4.1 โค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน 4-2
เรื่องที่ 4.2 โค้งผสมแบบรัศมีเท่ากัน 4-8
เรื่องที่ 4.3 ใบงานที่ 4 การวางโค้งผสม 4-12
ใบผลการปฏิบัติงาน 4-20
ใบประเมินผล 4-21
แบบฝึกหัดที่ 4 4-22

หน่วยที่ 5 โค้งผสมย้อนกลับ (Reverse Curve) 5-1
เรื่องที่ 5.1 โค้งผสมย้อนกลับ 5-2
เรื่องที่ 5.2 ใบงานที่ 5 การวางโค้งผสมย้อนกลับ 5-7
ใบผลการปฏิบัติงาน 5-16
ใบประเมินผล 5-17
แบบฝึกหัดที่ 5 5-18

หน่วยที่ 6 โค้งเปลี่ยนแนว (Transition Sprial Curve) 6-1
เรื่องที่ 6.1 โค้งเปลี่ยนแนว 6-2
เรื่องที่ 6.2 ใบงานที่ 6 การวางโค้งเปลี่ยนแนว 6-11
ใบผลการปฏิบัติงาน 6-20
ใบประเมินผล 6-21
แบบฝึกหัดที่ 6 6-22

หน่วยที่ 7 การยกโค้ง (Superelevation) 7-1
เรื่องที่ 7.1 การยกโค้ง 7-2
เรื่องที่ 7.2 การขยายโค้ง (Widening) 7-13
เรื่องที่ 7.3 ใบงานที่ 7 การยกโค้ง 7-16
ใบผลการปฏิบัติงาน 7-22
ใบประเมินผล 7-23
แบบฝึกหัดที่ 7 7-24

หน่วยที่ 8 การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง 8-1
เรื่องที่ 8.1 การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง 8-2
เรื่องที่ 8.2 ใบงานที่ 8 การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง 8-14
ใบผลการปฏิบัติงาน 8-25
ใบประเมินผล 8-26
แบบฝึกหัดที่ 8 8-27

หน่วยที่ 9 การถ่ายระดับหมุดหลักฐานการระดับ (B.M.) 9-1
เรื่องที่ 9.1 การถ่ายระดับหมุดหลักฐานการระดับ (B.M.) 9-2
เรื่องที่ 9.2 ใบงานที่ 9 การถ่ายระดับหมุดหลักฐานการระดับ (B.M.) 9-13
ใบผลการปฏิบัติงาน 9-18
ใบประเมินผล 9-19
แบบฝึกหัดที่ 9 9-20

หน่วยที่ 10 การทำระดับตามยาว (Profile Levelling) 10-1
เรื่องที่ 10.1 การทำระดับตามยาว 10-2
เรื่องที่10.2 ใบงานที่ 10 การทำระดับตามยาว 10-6
ใบผลการปฏิบัติงาน 10-16
ใบประเมินผล 10-17
แบบฝึกหัดที่ 10 10-18

หน่วยที่ 11 การทำระดับตามขวาง (Cross – Section Levelling) 11-1
เรื่องที่ 11.1 การทำระดับตามขวาง 11-2
เรื่องที่ 11.2 ใบงานที่ 11 การทำระดับตามขวาง 11-7
ใบผลการปฏิบัติงาน 11-33
ใบประเมินผล 11-34
แบบฝึกหัดที่ 11 11-35

หน่วยที่ 12 การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง 12-1
เรื่องที่ 12.1 การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง 12-2
เรื่องที่ 12.2 การพิจารณาช่องระบายน้ำ 12-9
เรื่องที่ 12.3 ใบงานที่ 12 การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง 12-12
ใบผลการปฏิบัติงาน 12-17
ใบประเมินผล 12-18
แบบฝึกหัดที่ 12 12-19

หน่วยที่ 13 โค้งดิ่ง (Vertical Curve) 13-1
เรื่องที่ 13.1 การกำหนดระดับก่อสร้าง 13-3
เรื่องที่ 13.2 โค้งดิ่ง 13-5
เรื่องที่ 13.3 ใบงานที่ 13 การวางโค้งทางดิ่ง 13-18
ใบผลการปฏิบัติงาน 13-26
ใบประเมินผล 13-27
แบบฝึกหัดที่ 13 13-28

หน่วยที่ 14 การหาปริมาณงานดิน 14-1
เรื่องที่ 14.1 การหาเนื้อที่ 14-2
เรื่องที่ 14.2 การหาปริมาตร 14-12
เรื่องที่ 14.3 ใบงานที่ 14 การหาปริมาณงานดิน 14-36
ใบผลการปฏิบัติงาน 14-56
ใบประเมินผล 14-57
แบบฝึกหัดที่ 14 14-58

หน่วยที่ 15 การเคลื่อนย้ายมวลดิน 15-1
เรื่องที่ 15.1 การเคลื่อนย้ายมวลดิน 15-2
เรื่องที่ 15.2 ใบงานที่ 15 การเคลื่อนย้ายมวลดิน 15-9
ใบผลการปฏิบัติงาน 15-13
ใบประเมินผล 15-14
แบบฝึกหัดที่ 15 15-15

หน่วยที่ 16 การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง 16-1
เรื่องที่ 16.1 การตรวจสอบตำแหน่งและระดับงานทาง 16-2
เรื่องที่ 16.2 ใบงานที่ 16 การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง 16-12
ใบผลการปฏิบัติงาน 16-17
ใบประเมินผล 16-18
แบบฝึกหัดที่ 16 16-19
บรรณานุกรม 16-22

3121 – 2005 **การสำรวจเส้นทาง** 3(4)

Route Surveying

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้เข้าใจหลักเบื้องต้นของการออกแบบทาง
2. เพื่อให้สามารถสำรวจและวางโค้งที่ปลอดภัยต่อการใช้ทาง
3. เพื่อให้สามารถคำนวณหางานดินและการเคลื่อนย้ายงานดินและตรวจสอบผลงานก่อสร้างทางด้านเลขาคณิต
4. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความรอบคอบ รับผิดชอบ และความปลอดภัย

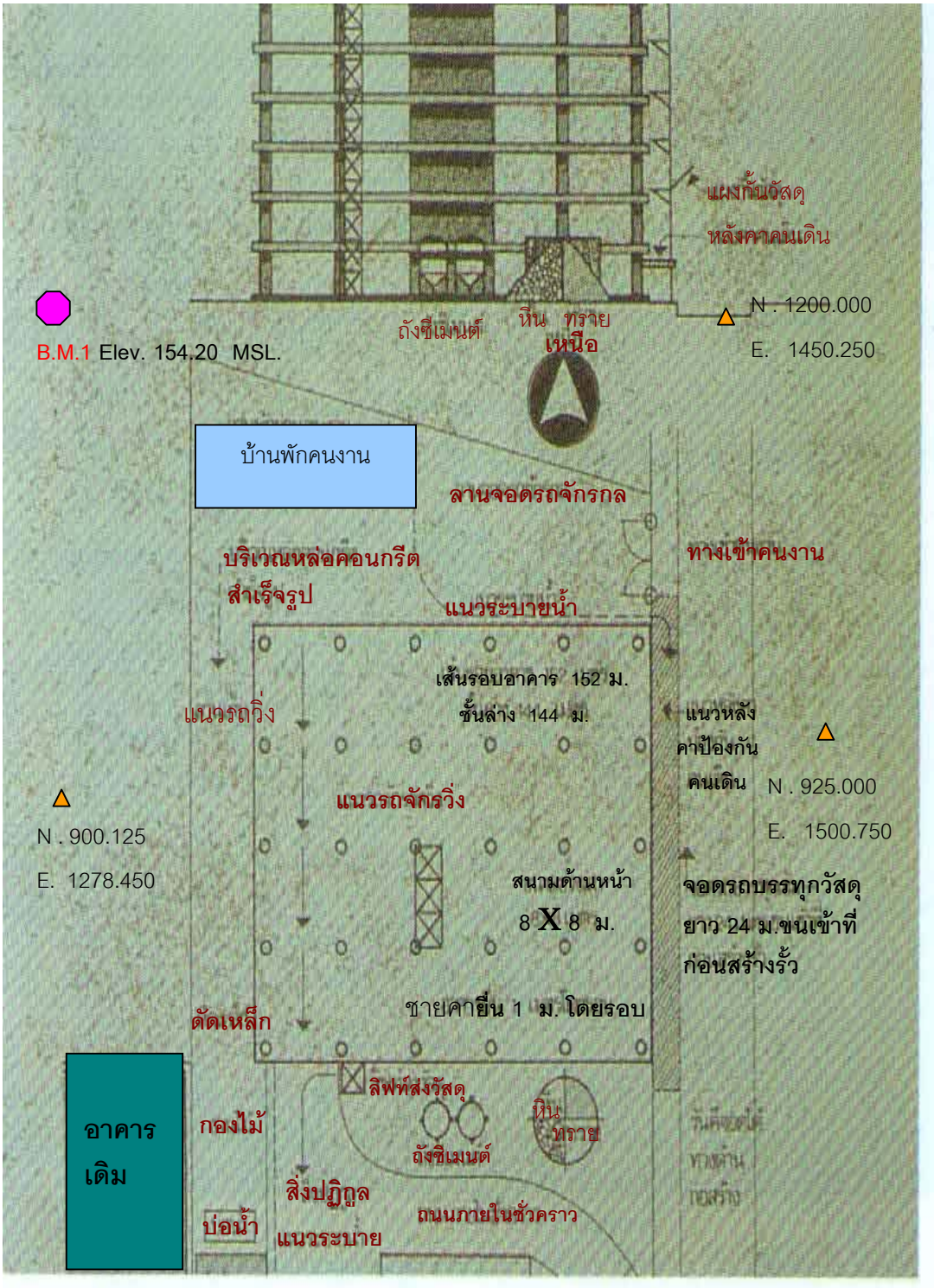
มาตรฐานรายวิชา

1. คำนวณและปฏิบัติการวางโค้งผสม โค้งผสมย้อนกลับ โค้งเปลี่ยนแนวและโค้งดิ่ง
2. คำนวณงานดินและวางแผนการเคลื่อนย้ายมวลดิน
3. ตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง ด้านเลขาคณิต

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติหลักการเบื้องต้นของการออกแบบทางและความปลอดภัยของทาง (Element of Highway. Safety & Design) การวางโค้ง โค้งผสม (Compound Curves) โค้งผสมย้อนกลับ (Reveres Curves) โค้งเปลี่ยนแนว (Transition Curves) โค้งดิ่ง (Vertical Curves) การคำนวณงานดินการเคลื่อนย้ายมวลดิน การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง

หน่วยที่ 1
หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง



หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

ชุดวิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

หน่วยที่ 1 หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

หัวข้อเรื่อง

1.1 หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

1.2 การเตรียมงานเพื่อการก่อสร้าง

ใบงานที่ 1 การรังวัดมุมราบและมุมดิ่ง

สาระสำคัญ

1. เมื่อมีการคำนวณ ออกแบบ งานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ แล้วจะต้องมีการกำหนดตำแหน่ง ระดับสิ่งก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบ

2. เมื่อมีการก่อสร้าง จะต้องมีการเตรียมงาน เพื่อให้งานดำเนินงานด้วยความรวดเร็วและลดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะต้องศึกษาถึงพื้นที่สภาพแวดล้อม สภาพดินฟ้าอากาศ และสภาพท้องถิ่น

3. หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง คือการวางตำแหน่งโครงสร้างให้ถูต้องทั้ง 3 มิติ กล้องวัดมุม (THEODOLITE) เป็นเครื่องมือที่จะต้องนำมาใช้วางตำแหน่งเหล่านี้ ดังนั้นการวัดมุมราบ, มุมดิ่งให้ถูกต้อง จึงเป็นพื้นฐานสำหรับการสำรวจเพื่อการก่อสร้างต่อไป

จุดประสงค์ทั่วไป เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาหน่วยที่ 1 จบแล้วสามารถ

1. รู้และเข้าใจหลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง
2. รู้และเข้าใจการเตรียมงานเพื่อการก่อสร้าง
3. เข้าใจการใช้กล้องวัดมุมประเภทต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้างได้
2. สรุปหลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้างได้
3. นำหลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้างไปใช้ได้อย่างถูกต้อง
4. บอกวิธีการเตรียมงานเพื่อการก่อสร้างได้
5. จำแนกวิธีการเตรียมงานเพื่อการก่อสร้างได้
6. นำวิธีการตรียมงานเพื่อการก่อสร้างไปใช้ได้อย่างถูกต้อง
7. บอกถึงวิธีการใช้กล้องวัดมุมประเภทต่าง ๆได้
8. นำกล้องวัดมุมไปใช้วัดหาค่ามุมราบ, มุมดิ่งได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 1.1
หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง เป็นการสำรวจหลังจากการสำรวจเพื่อการออกแบบแล้ว ในการสำรวจเพื่อการออกแบบจะเก็บรายละเอียดข้อมูลต่างๆในภูมิประเทศมาเขียนไว้ในแบบแปลนแล้วจึงทำการออกแบบหรือลงตำแหน่ง ทิศทางของสิ่งที่จะทำการก่อสร้างลงในแบบแปลน หลังจากนั้นก็ทำการก่อสร้างให้ได้ตามแบบ การปฏิบัติงานในขั้นการก่อสร้าง สภาพภูมิประเทศจะมีส่วนสำคัญในการกำหนดแผนงาน เช่น บ้านพักคนงาน แหล่งวัสดุ โกดังเก็บวัสดุก่อสร้าง ควรจะอยู่ในแหล่งที่ใกล้กับบริเวณปฏิบัติงาน (SITE) บางครั้งหากการออกแบบได้ข้อมูลที่ผิดพลาดจะทำให้เกิดปัญหาอย่างมากในขั้นการก่อสร้าง เช่น ระดับไม่ได้ตามแบบ ตำแหน่งและทิศทางไม่ตรงกัน ดังนั้นงานสำรวจจึงมีความสำคัญที่มองข้ามไปไม่ได้ ช่างผู้ควบคุมงานจะต้องให้ความสำคัญตั้งแต่เริ่มการสำรวจเพื่อการออกแบบ หากต้องการแต่จะประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ผลสุดท้ายอาจจะต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีก เมื่อถึงขั้นการก่อสร้างแล้วปรากฏว่าไม่ตรงกับการออกแบบ เช่นการกำหนดค่าระดับผิด ตำแหน่งและทิศทางไม่ถูกต้อง เป็นต้น

จากความสำคัญของการสำรวจดังกล่าวข้างต้น ในขั้นการก่อสร้าง การสำรวจก็มีความสำคัญเช่นกันโดยมี [1]จุดประสงค์ของการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง ดังนี้คือ

1. โครงสร้างที่ทำการก่อสร้างจะต้องถูกต้องทั้งสามมิติคือ ตำแหน่งพิกัดถูกต้อง (แกนราบ, แกนตั้ง) และระดับความสูง (แกนดิ่ง) ถูกต้อง
2. การสำรวจต้องทำอย่างรวดเร็ว ถูกต้อง เพื่อลดค่าใช้จ่าย จะต้องคำนึงถึง

ก. จุดบังคับทางราบ (Horizontal Control Point) จะตั้งภายในหรือใกล้บริเวณก่อสร้าง เพื่อความสะดวกรวดเร็ว

ข. หมุดอ้างอิงหรือหมุดโยงยึด (Reference Point = R.P.) หรือหมุดหลักฐานการระดับ (Bench Mark = B.M.) จะต้องมีค่าที่แน่นอนและมีความละเอียดถูกต้องโดยนับจากพื้นหลักฐานการระดับ

---

[1]ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง. 2528 หน้า 171.

ค. วิธีการจะต้องมีความละเอียดถูกต้อง เครื่องมือเหมาะสมกับลักษณะงานที่ทำ และต้องทำการตรวจสอบทุกวัน การบันทึกข้อมูลจะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลการบันทึกด้วย เช่น ระยะฉาก (Offset) , ระยะโยงยึด (Reference Distance) , หลัก (Peg หรือ Stake) ที่หาย จะต้องแจ้งให้ช่างผู้ควบคุมงานหรือผู้เกี่ยวข้องทราบ หมุด B.M. จะต้องมีการตรวจสอบอย่างน้อยอาทิตย์ละครั้ง และให้มีเครื่องหมายมองเห็นได้ชัดเจนเพื่อป้องกันการถูกเครื่องจักรทำลาย

เรื่องที่ 1.2
การเตรียมงานเพื่อการก่อสร้าง

การเตรียมงานเพื่อการก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นงานขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ที่มีลักษณะของงานทั่ว ๆ ไปเหมือนกัน แต่ปัญหาที่มีหรือจะเกิดขึ้นอาจจะแตกต่างกัน วิธีการแก้ปัญหาก็ย่อมแตกต่างกันด้วย

ดังนั้นเพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้น หรือเพื่อเป็นการเตรียมตัวที่ดี ผู้ที่เกี่ยวข้องจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลทั้งหมด ณ บริเวณนั้นและพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ขนาด ขอบเขต รายละเอียดต่าง ๆ ทั้งเหนือดิน บนดินและใต้ดิน สิ่งแวดล้อมต่างๆ เป็นต้น งานสำรวจจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องได้ตัดสินใจ

1. การสำรวจพื้นที่สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อม หมายถึงสิ่งที่มีอยู่ก่อนแล้วก่อนที่จะเข้าไปทำการก่อสร้าง เช่น ลักษณะของที่ตั้ง ดินฟ้าอากาศ สภาพความเป็นอยู่ทั่วไปของท้องถิ่น ซึ่งจะแตกต่างกันไป การศึกษาเพื่อการเตรียมการล่วงหน้าจะเป็นการดีเพื่อหลีกเลี่ยงหรือการสรรหาสิ่งที่ขาดแคลน

1.1 **ลักษณะของพื้นผิวดิน** จะมีอยู่หลายลักษณะตามชนิดของดิน แบ่งได้ดังนี้

1.1.1 **ดินเลน** เป็นดินที่ไม่เหมาะที่จะก่อสร้าง และยังจะสร้างปัญหาในขณะที่ทำการก่อสร้างอีกมาก จะอยู่บริเวณปากแม่น้ำ

1.1.2 **ดินปนทราย** เป็นดินที่รับน้ำหนักได้ดีพอสมควร ขุดง่าย มักเป็นบริเวณชายทะเล เมื่อฝนหยุดตกพื้นที่จะแห้งทันที

1.1.3 **ดินปนกรวด** เป็นดินที่อยู่ใกล้ทะเล ใกล้ภูเขาหรือใกล้แม่น้ำที่ไหลเชี่ยว ดินปนกรวดเป็นดินที่รับน้ำหนักได้ดี การขุดทำได้ไม่ยาก น้ำจะไม่ขังในบริเวณก่อสร้าง

1.1.4 **ดินทั่ว ๆไป** จะอยู่ในพื้นที่ที่ห่างจากแม่น้ำ ตามพื้นที่ราบกว้าง ๆ ไม่สูงจากระดับน้ำทะเลมากนัก เป็นดินที่มีอุปสรรคต่อการก่อสร้างน้อย

1.1.5 **ดินเหนียว** เป็นดินที่อยู่ตามที่ราบลุ่มแม่น้ำ การทำงานในพื้นที่นี้ควรหลีกเลี่ยงในหน้าฝน น้ำจะขังอยู่นาน ไม่สะดวกต่อการทำงาน

1.1.6 **หินผุหรือดินลูกรัง** มักอยู่ตามไหล่เขารวมทั้งที่ราบสูงทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รับน้ำหนักได้ดี แน่น การขุดควรใช้เครื่องจักร เป็นดินที่เหมาะกับงานก่อสร้าง

1.1.7 **หินแกร่ง** โดยทั่วไปจะมีการก่อสร้างบนหินแกร่งน้อย โดยมากจะใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง

1.2 **สภาพแวดล้อมใต้ระดับดิน** โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท

1.2.1 **ประเภทที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ** เช่น หินแกร่งที่แอบปนอยู่กับดินเหนียวซึ่งจะยุ่งยากในการทำฐานราก หรือดินอ่อนที่แทรกอยู่กับดินเหนียว

1.2.2 **ประเภทที่เกิดจากการที่มนุษย์สร้างขึ้น** มักจะก่อให้เกิดปัญหาที่จะต้องแก้ไขมาก ซึ่งช่างสำรวจจะต้องจัดนำเสนอข้อมูลให้ผู้ที่รับผิดชอบทราบเพื่อที่จะได้ทำการแก้ไขก่อนที่ปัญหาต่าง ๆ จะเกิดขึ้น ซึ่งได้แก่

ก. ท่อประปา โดยเฉพาะท่อเมน ซึ่งจะเป็นหน้าที่ของช่างสำรวจโดยตรงในการที่จะทำการสำรวจรายละเอียดต่างๆ ถึงแม้ว่าท่อประปาจะไม่อยู่ในพื้นที่ เช่น อยู่ริมถนน ทางเท้าก็ต้องสำรวจด้วย เพื่อที่จะได้เตรียมการจัดการที่ดี

ข. ท่อน้ำทิ้ง โดยเฉพาะที่เป็นแบบก้างปลาที่สร้างแทนบ่อซึม ซึ่งมักจะวางไว้ให้มีการระบายน้ำได้ดี เป็นที่ว่าง เมื่อพื้นที่นั้นทำการก่อสร้าง จำเป็นจะต้องสร้างบ่อซึมแทนท่อที่จะทำการก่อสร้างในพื้นที่นั้น

ค. ท่อระบายน้ำ โดยทั่วไปมักจะอยู่ขอบพื้นที่ ริมทางเท้า อาจจะต้องมีการแก้ไขแนว เปลี่ยนทิศทางหรือเปลี่ยนขนาด เพื่อไม่ให้เกิดการแตกหัก ขณะที่ทำการก่อสร้างและรับปริมาณได้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออาคารใหม่ที่จะเกิดขึ้น

ง. บ่อเกรอะ อาจจะต้องเคลื่อนย้าย สร้างใหม่ หรืออาจจะสร้างร่วมกับบ่อใหม่ก็ได้ ซึ่งก็จะต้องมีการเตรียมการไว้ล่วงหน้า

จ. เสาเข็ม ซึ่งจะอยู่ใต้อาคารหลังเก่าที่รื้อถอนออกไป ช่างสำรวจจำเป็นจะต้องเก็บข้อมูลตำแหน่งของเสาเก่าก่อนที่จะทำการรื้อถอนไว้ด้วย เพื่อที่จะวางตำแหน่งใหม่ ไม่ให้ซ้อนของเก่า อาจจะต้องทำการถอนเข็มเก่าแล้วนำไปทิ้ง ซึ่งจะเป็นเหตุให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น

ฉ. สายเคเบิลใต้ดิน เป็นรายละเอียดอีกอย่างที่มองข้ามไม่ได้ ก่อนที่จะลงมือเปิดหน้าดิน ควรจะต้องทำการสำรวจจนแน่ชัด แล้วทำการโยกย้ายให้เรียบร้อย โดยทั่วไปจะอยู่ไม่ลึกมากนัก

ช. สิ่งของวัตถุบางอย่างที่มีผลทางด้านธรรมเนียมประเพณีและจิตใจ เช่น หลุมฝังศพ กรุพระ เป็นต้น

2. สภาพดินฟ้าอากาศ

เนื่องจากว่าการก่อสร้างเป็นงานที่จะต้องทำกลางแจ้งดังนั้นสภาพดินฟ้าอากาศก็จะเป็นปัญหา อุปสรรคและมีผลกระทบโดยตรง สภาพดินฟ้าอากาศแบ่งได้ดังนี้

2.1 **อุณหภูมิและความชื้น** จะมีผลกระทบคือ

- อุณหภูมิสูง ความชื้นสูง จะทำให้เหนื่อยง่าย
- แสงแดดจัด คอนกรีตจะแห้งเร็ว
- วัสดุบางอย่างตากแดดแล้ว จะเกิดความเสียหายก่อนนำไปใช้
- สำนักงานชั่วคราวจำเป็นต้องติดเครื่องปรับอากาศ
- ต้องสร้างหลังคาชั่วคราวในบริเวณงานกลางแจ้ง เช่นที่ดัดเหล็ก

2.2 **ลม** เป็นสภาพแวดล้อมอย่างหนึ่งที่จะต้องพิจารณา เมื่อมีการสร้างที่พักโรงงาน เพื่อให้มีการระบายอากาศที่ดีและมีความมั่นคงแข็งแรง โดยเฉพาะการก่อสร้างบริเวณริมทะเล

2.3 **ฝนและน้ำ** จะมีผลโดยตรงต่อการทำงานดิน งานใต้ดิน การขนย้ายวัสดุ การทำงานจึงจำเป็นที่ต้องเผื่อเวลาไว้ นอกจากนี้ยังต้องเตรียมแผ่นเหล็กปูพื้นและแผ่นเหล็กกันดินพัง (Sheet Pile) พร้อมรถตอก รวมทั้งเครื่องสูบน้ำ

3. สภาพท้องถิ่น

สถานที่ก่อสร้างที่อยู่ห่างไกลกันเพียงเล็กน้อย สภาพพื้นดินเหมือนกัน ดินฟ้าอากาศเหมือนกัน แต่สภาพของท้องถิ่นอาจแตกต่างกันมากมาย สภาพท้องถิ่นแบ่งได้ดังนี้

3.1 **ลักษณะที่ดิน ทางเข้าออกและสภาพท้องที่** สถานที่ก่อสร้างที่อยู่ในเมืองมักจะมีปัญหามากกว่าอยู่นอกเมือง เช่น การกองวัสดุ เสียงที่ดังไม่สะดวกในการสั่งงาน การจัดการจราจรเข้าออก ที่จอดรถ ปัญหาต้นไม้ที่ต้องอนุรักษ์ ฯลฯ

3.2 **สาธารณูปโภค** โดยเฉพาะไฟฟ้า ประปาและโทรศัพท์ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในการก่อสร้าง ซึ่งจะต้องมีการเตรียมการและจัดการอย่างถูกต้องและเพียงพอ

3.3 **วัสดุและแรงงาน** การก่อสร้างเป็นงานที่จะใช้วัสดุและแรงงานจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่ต้องตรวจสอบข้อมูลเหล่านี้อย่างละเอียด เพื่อให้งานดำเนินไปด้วยดี

3.4 **ขนบธรรมเนียมประเพณีท้องถิ่น** ผู้รับผิดชอบในส่วนนี้จะมองข้ามไม่ได้เลย เช่น การรื้อถอนต้นไม้ใหญ่ ศาลพระภูมิ หรือการทำงานที่ใกล้วัด จะต้องมีการทำพิธีโดยผู้รู้ หรือแม้แต่งานบุญต่างๆ ในท้องที่นั้นๆ ห้ามหลีกเลี่ยง ประเพณีบางอย่างคนงานอาจจะลาหยุดจำนวนมาก เช่นงานโกนผมไฟ งานบวช งานแต่งงาน เป็นต้น

ซึ่งทั้งหมดนี้จะต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลอย่างละเอียดและเพียงพอ เพื่อที่จะให้งานดำเนินไปอย่างราบรื่น

ใบงานที่ 1	
วิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง **ชื่อหน่วย หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง**	**หน่วยที่ 1** **สอนครั้งที่ 1** **จำนวนคาบรวม 3**
ชื่องาน การใช้กล้องวัดมุมหาค่ามุมราบ – มุมดิ่ง	**จำนวนคาบ 3**

จุดประสงค์

1. สามารถใช้กล้องวัดมุมวัดมุมราบ มุมดิ่ง ได้อย่างถูกต้อง
2. ทบทวนความรู้เกี่ยวกับกล้องวัดมุมและวิธีการใช้
3. เกิดทักษะเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ

กล้องวัดมุม หรือกล้องสำรวจ (THEODOLITE , TRANSIT)

เป็นเครื่องมือสำหรับวางแนวเส้นตรง เส้นโค้ง วัดมุมราบและมุมดิ่ง ระหว่างวัตถุหรือการกำหนดจุดให้เกิดง่ามมุมตามที่ต้องการ

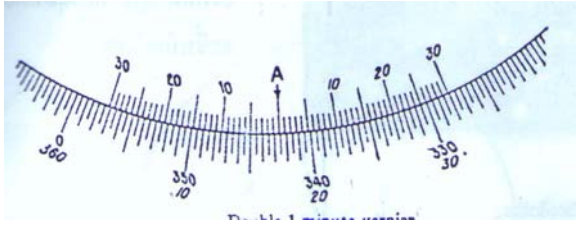
กล้องวัดมุมมี 2 ประเภท คือ

1. Mechanical Theodolite เป็นกล้องที่ใช้ระบบอ่านค่ามุมโดยให้แสงสะท้อนภาพขีดส่วนแบ่งของจานองศา
2. Electronic Theodolite เป็นกล้องที่มีจานองศาราบและองศาดิ่ง ตัวองศาเป็นรหัสแถบ การทำงานของระบบการอ่านค่าขององศาจะปรากฏเป็นตัวเลขบนจอภาพ

[1]**ชนิดของกล้องวัดมุม แบ่งตามลักษณะการอ่านค่าองศา**

1. VERNIER THEODOLITE

เป็นกล้องวัดมุมที่อ่านค่าองศา จากขีดส่วนแบ่งของจานองศาได้โดยตรง โดยใช้เวอร์เนียช่วยอ่าน เป็นกล้องวัดมุมรุ่นเก่าปัจจุบันเลิกใช้แล้ว



อ่านค่ามุมราบ 342° 34

[1]ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจ. 2537 หน้า 88.

2. DIRECT READING **หรือ** SCALE READING THEODOLITE

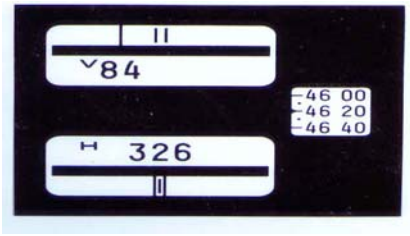
เป็นกล้องวัดมุมที่อ่านค่าองศา โดยให้แสงสะท้อนภาพขีดส่วนแบ่งของจานองศา

ค่าอ่านมุมราบ 262° 8.3′

ค่าอ่านมุมดิ่ง 138° 7.1′

3. MICROMETER THEODOLITE

เป็นกล้องวัดมุมที่อ่านค่าองศาโดยใช้ Micrometer ช่วยในการอ่านค่าองศา



- ค่าอ่านมุมราบ 326° 46′ 20″
- ค่ามุมดิ่ง จะต้องปรับไมโครมิเตอร์ให้ค่า 84° เข้ากลางระหว่างขีดก่อน

4. DIGITAL **หรือ** ELECTRONIC THEODOLITE

เป็นกล้องวัดมุมที่อ่านค่าองศา โดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ช่วยอ่าน จะปรากฏเป็นตัวเลขบนจอภาพ

เมื่อจับที่หมายได้แล้ว กดปุ่ม 0 SETหรือ on -off หน้าจอจะขึ้น 00° 00′ 00″แล้วหมุนกล้องไปยังที่หมายต่อไป ค่ามุมที่ต้องการจะปรากฏขึ้นที่หน้าจอ

5. TOTAL STATION THEODOLITE

เป็นการนำเอากล้องวัดมุมอิเล็กทรอนิคส์กับเครื่องวัดระยะทางอิเล็กทรอนิคส์ (Electronic Distance Measurement = EDM.) รวมเข้าเป็นกล้องตัวเดียวกัน สามารถหาระยะทาง พิกัดและค่ากำหนดสูง ของจุดได้อย่างรวดเร็ว

การวัดมุม

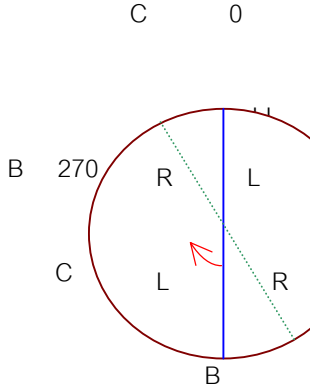
1. **การวัดมุมราบ** มีหลายวิธีแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 2 วิธี คือ

1.1 การวัดมุมทิศทาง (Directional Method)

วัดด้วยกล้องหน้าซ้ายและหน้าขวา เพื่อเป็นการกระจายการใช้ค่าองศาให้ทั่วๆ จานจะวัดกี่ชุดนั้น ขึ้นอยู่กับความละเอียดของงาน ส่วนงานก่อสร้างทั่วๆ ไปมักวัดมุมอย่างน้อย 2 ชุด

ตัวอย่างการรังวัดมุม (2 ชุด)

จุดตั้งกล้อง	ที่หมาย	หน้ากล้อง	ค่าอ่าน	มุมราบ	หมายเหตุ
A	B	L	00° 00′ 00″		
	C	L	80 30 40	80° 30′ 40″	
	B	R	180 00 00		
	C	R	260 30 30	80 30 30	
				80 30 35	
	B	L	90 00 00		
	C	L	170 30 20	80 30 20	
	B	R	270 00 00		
	C	R	350 30 10	80 30 10	
				80 30 15	
มุมราบเฉลี่ยที่นำไปใช้งาน				80 30 25	



แสดงภายในจานองศาราบของกล้องวัดมุม

1.2 [1]**การวัดมุมภาคของทิศ** (Azimuthal Method)

การวัดภาคของทิศ มีความมุ่งหมายเพื่อต้องการทราบค่าของมุมที่นับสืบเนื่องมาจากเส้นเมอริเดียนจริง (True Meridian) เมอริเดียนแม่เหล็ก (Magnetic Meridian) หรือเมอริเดียนสมมติ (Assumed Meridian) ซึ่งแล้วแต่สภาวะของงานในสนาม ถ้าในงานวงรอบขนาดเล็ก งานเกี่ยวกับวิศวกรรมการก่อสร้างโดยทั่วๆ ไปจะใช้เมอริเดียนแม่เหล็ก เพื่อนำไปเขียนแผนที่ คำนวณค่าพิกัดฉาก และตรวจสอบการบรรจบของวงรอบ นอกจากนี้ยังใช้ในงานสำรวจเส้นทาง (Route Survey) ที่ต้องการวัดมุมภาคของทิศของแนวทางและคำนวณหามุมเหด้วย

เนื่องจากเราต้องการทราบค่าของเมอริเดียนแม่เหล็ก ดังนั้นโดยวิธีนี้หน้ากล้องที่ใช้วัดจะต้องมีเข็มทิศแม่เหล็กประกอบติดอยู่ด้วย อาจเป็นแม่เหล็กแบบวงกลมหรือแบบหลอดก็ได้

วิธีการวัดมุมมีหลายวิธีที่ใช้ ในที่นี้จะแสดงการวัดตามวิธีของการวัดทิศทาง จากข้อ1.1 เพื่อจะได้มีทักษะและความชำนาญเพิ่มขึ้น สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานจริงได้ ดังตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างการรังวัดมุม

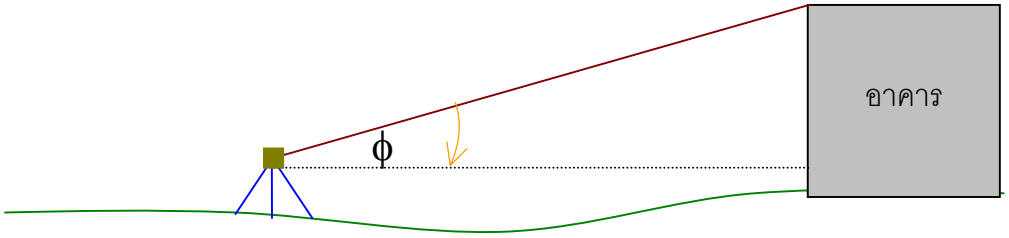
จุดตั้งกล้อง	ที่หมาย	หน้ากล้อง	ค่ามุมราบ	มุมภาคของทิศ	หมายเหตุ
A	1	L	00° 00′ 00″		N
	B	L	30 20 10	30° 20′ 10″	B
	C	L	110 50 45	110 50 45	
	1	R	180 00 00		
	B	R	210 19 50	30 19 50	A C
	C	R	290 50 15	110 50 15	
A		L	90 00 00		
	1	L	120 20 15	30 20 15	
	C	L	200 51 05	110 51 05	
		R	270 00 00		
	B	R	300 20 45	30 20 45	
	1	R	20 50 35	110 50 35	
- มุมภาคของทิศ AC เฉลี่ย				110 50 40 _	
- มุมภาคของทิศ AB เฉลี่ย				30 20 15	
∴ มุมราบ BAC				80 30 25	

[1] เจิมศักดิ์ หัวเพชร. SURVEYING. 2531 หน้า 221.

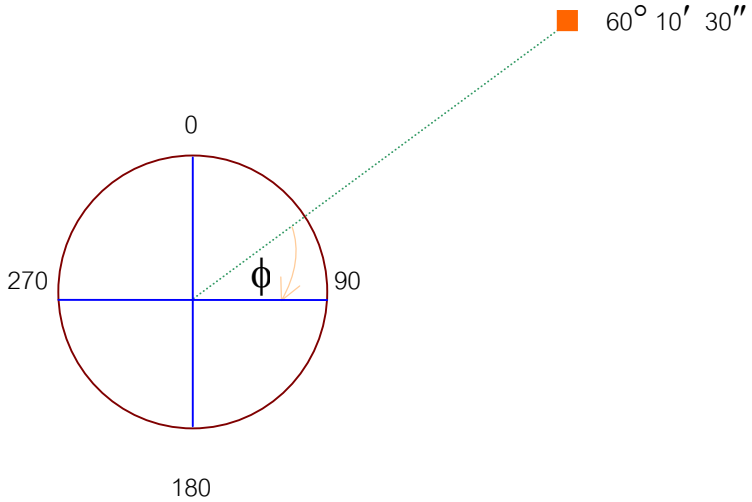
2. การวัดมุมดิ่ง มี 2 ลักษณะ คือ

2.1 การวัดมุมเงย คือหาค่ามุมที่ขึ้นสูงจากเส้นแนวเล็งของกล้องที่ได้ระนาบ กล้องวัดมุมในปัจจุบันนี้ ค่ามุมดิ่งเท่ากับ 90° เนื่องจากมุมด้านบน (Zenith) มีค่าเป็น 0° ดังนั้นมุมที่วัดได้มาจะต้องนำไปหักออกจาก 90° ก่อน จึงจะได้ค่ามุมสูง

อ่านค่ามุมดิ่งที่ยอดอาคารได้ $60^\circ\ 10'\ 30''$



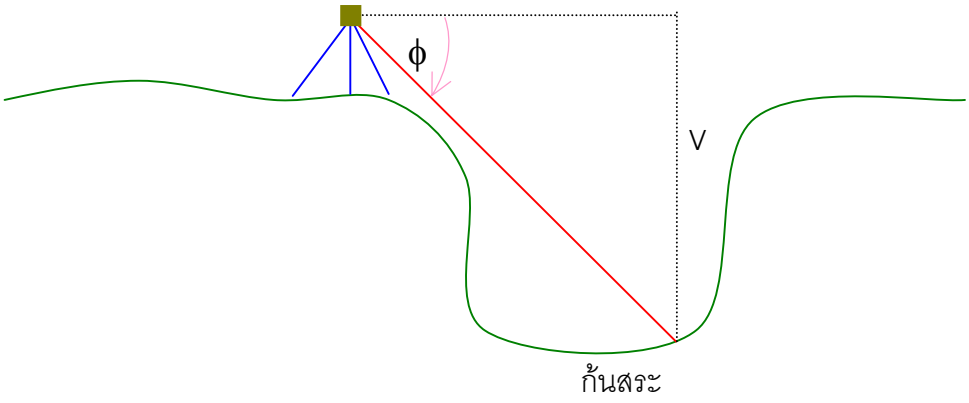
ลักษณะจานองศาดิ่ง



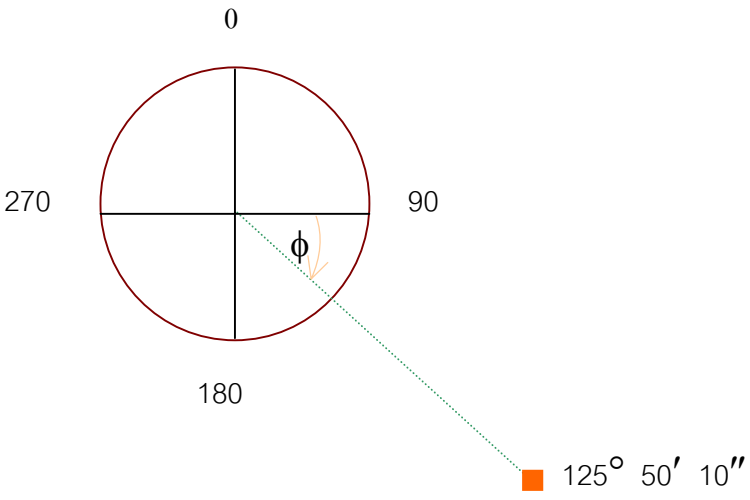
มุม ϕ จะเท่ากับ $90^\circ - 60^\circ\ 10'\ 30'' = 29^\circ\ 49'\ 30$

2.2 การวัดมุมก้ม เป็นการหาค่ามุมที่อยู่ต่ำกว่าแนวแกนเส้นระนาบ ดังนั้น มุมที่วัดได้มาจะต้องนำ 90° มาหักออกจึงจะเป็นค่ามุมก้ม

อ่านค่ามุมดิ่งที่ก้นสระได้ $125^\circ\ 50'\ 10''$



ลักษณะจานองศาดิ่ง



มุม ϕ จะเท่ากับ $125^\circ\ 50'\ 10'' - 90^\circ = 35^\circ\ 50'\ 10''$

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กล้องวัดมุม พร้อมขาตั้ง จำนวน 1 ชุด
2. ฆ้อน จำนวน 1 เต้า
3. ตะปู 1” จำนวน 3 ตัว
4. ร่ม จำนวน 1 คัน
5. ห่วงคะแนน จำนวน 2 อัน

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. กำหนดจุดขึ้น 3 จุด ห่างกันพอประมาณ สมมติเป็นจุด A, B, C ตอกตะปูที่ตำแหน่งทั้งสาม
2. ตั้งกล้องให้ตรงจุด A ปรับระดับฟองกลม-ฟองยาว
3. รังวัดมุม BAC ด้วยการวัดมุมทิศทาง 2 ชุด
4. รังวัดมุม BAC ด้วยการวัดมุมภาคของทิศ 2 ชุด
5. กำหนดที่หมายสูง รังวัดมุมเงย
6. กำหนดที่หมายต่ำ รังวัดมุมก้ม
7. คำนวณค่ามุมราบ มุมดิ่ง

ข้อควรระวัง

1. การตั้งกล้องตรงหมุดหรือหัวตะปูหรือไม่ เมื่อตั้งระดับแล้ว ลองตรวจสอบอีกครั้ง
2. การตั้งกล้องไม่ควรให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าใกล้หรือช่วยตั้ง เนื่องจากจะมีการถอดสกรูล็อคกล้องเพื่อเลื่อนให้ตรงหมุด อาจจะมีการเผลอเรอหรือลืมล็อคกลับคืนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ระยะห่างระหว่างที่หมายเล็ง ยิ่งไกล ที่หมายยิ่งเล็ก ทำให้การจับที่หมายเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยหรือไม่เกิดเลย
2. ที่หมายเล็งถ้าใช้ดิ่งสามขา หรือเป้าเล็ง จะได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากการปฏิบัติงานสนาม
2. ประเมินผลจากผลงาน
   - ความละเอียดถูกต้องของมุมหน้าซ้าย – หน้าขวา
   - ความละเอียดถูกต้องของการรังวัดมุมราบทั้ง 2 วิธี
   - การคำนวณค่ามุมดิ่ง

กิจกรรมการเรียนการสอน ครั้งที่ 1

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
ขั้นเตรียมกิจกรรม 1. ครูจัดเตรียมเนื้อหา หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง ออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่และอีก 1 ใบงาน เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติ พร้อมทำฉลากหัวข้อ 2. ครูจัดเตรียมแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่ม โดยให้พอดีกับจำนวนกล้องวัดมุมที่มีอยู่ กลุ่มละประมาณ 5-7 คน 3. ครูจัดเตรียมกล้องวัดมุม พร้อมขาตั้งให้เรียบร้อย (ควรให้มีกล้องวัดมุมทุกประเภท)	
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม 1. ครูนำแบบพิมพ์เขียวบ้านหรืออาคารให้นักศึกษาดูผังบริเวณ แล้วถามว่าจะเริ่มต้นกำหนดตำแหน่งการก่อสร้างอย่างไร	- นักศึกษาดูพิมพ์เขียวอาคาร แล้วตอบว่าจะเริ่มต้นการก่อสร้างอย่างไร
2. ครูฉายสไลด์ให้นักศึกษาดูเครื่องมืออุปกรณ์การรังวัดมุมแล้วถามนักศึกษาถึงวิธีการใช้	- พิจารณาดูเครื่องมืออุปกรณ์การรังวัดมุมแล้วตอบคำถามถึงวิธีการใช้
ขั้นสอน 1. ครูให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มและนั่งรวมกลุ่มกัน	- นักศึกษาจัดกลุ่มตามจำนวนและนั่งรวมกลุ่ม
2. ให้ตัวแทนกลุ่มมาจับฉลากรับหัวข้อที่ต้องศึกษา เมื่อนักศึกษาได้หัวข้อที่ต้องศึกษาแล้ว นำไปศึกษาในกลุ่ม	- ตัวแทนนักศึกษาในกลุ่มออกมาจับฉลากหัวข้อที่ต้องศึกษาแล้วศึกษาในกลุ่ม
3. ขณะที่นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาและใบงาน ครูคอยดูแลตอบข้อสงสัยของนักศึกษา	- นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาที่ได้รับมอบหมายในใบความรู้ เอกสารประกอบการเรียน-ใบงาน แล้วช่วยกันสรุปเนื้อหาในกลุ่ม

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
4. ให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมาอภิปราย ครูคอยควบคุมการอภิปรายให้ดำเนินไปอย่างราบรื่น	- ตัวแทนนักศึกษานำความรู้มาอภิปรายให้เพื่อนกลุ่มอื่นๆในชั้นฟัง
5. ครูสาธิตการใช้กล้องวัดมุมให้นักศึกษาดูแล้วให้กลุ่มที่อภิปรายเกี่ยวกับใบงานคนใดคนหนึ่งออกมาทำตามให้เพื่อนดู ครูคอยชี้แนะถึงวิธีการที่ถูกต้อง ข้อควรแก้ไขต่าง ๆ	- ดูการสาธิตและสอบถามให้เข้าใจ เพื่อนำไปปฏิบัติงานในสนาม
ขั้นสรุป	
1. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหาทั้งหมด	- ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหา
2. ครูและนักศึกษาช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม – ตอบ	- นักศึกษาแต่ละครูช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม – ตอบ
3. ครูให้นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน	- นักศึกษาเบิกเครื่องมือลงฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. พิมพ์เขียวแบบบ้าน อาคารต่าง ๆ
2. ใบความรู้ / ตำราเรียน
3. ใบงานการรังวัดมุมราบ มุมดิ่ง

สื่อโสตทัศน์

1. สไลด์เครื่องมือ-อุปกรณ์การรังวัดมุมและวิธีการใช้

สื่อของจริง

1. กล้องวัดมุมประเภทต่าง ๆ
2. ขาตั้งกล้อง

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. ให้นักศึกษาสรุปผลการศึกษา โดยให้เขียนรายงาน
2. ให้นักศึกษาออกแบบผังบริเวณของอาคาร 1 หลัง
3. ให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติการรังวัดมุมราบ มุมดิ่ง

การประเมินผล

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. ตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน
3. ตรวจสอบการออกแบบว่าถูกต้องหรือไม่
4. ตรวจสอบผลการรังวัดมุมราบ มุมดิ่ง ว่าถูกต้องหรือไม่

แบบฝึกหัดที่ 1

1. หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง มีจุดประสงค์อย่างไร
2. การเตรียมงานเพื่อการก่อสร้าง จะต้องทำสิ่งใดบ้าง

<u>แนวตอบ</u>

1. หลักการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง มีจุดประสงค์ดังนี้คือ
   1.1 เพื่อให้โครงสร้างที่ทำการก่อสร้าง ถูกต้องทั้งสามมิติ
   1.2 เพื่อให้งานสำรวจเป็นไปอย่างถูกต้อง รวดเร็ว ลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน
2. การเตรียมงานเพื่อการก่อสร้าง จะต้องเตรียมการศึกษาหาข้อมูล ดังนี้คือ
   2.1 การสำรวจพื้นที่สภาพแวดล้อม
   2.2 สภาพดินฟ้าอากาศ
   2.3 สภาพท้องถิ่น

หน่วยที่ 2
การวางผังและการให้ระดับอาคาร

การวางผังและการให้ระดับอาคาร

ชุดวิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

หน่วยที่ 2 การวางผังและการให้ระดับอาคาร

หัวข้อเรื่อง

1.1 การวางผัง

1.2 การวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผัง

ใบงานที่ 2 การวางผังอาคาร

1.3 การกำหนดตำแหน่งและทิศทาง

ใบงานที่ 3 การวางผังด้วยระบบพิกัดฉาก

1.4 การกำหนดตำแหน่งอาคารทางสูงและตรวจสอบ

ใบงานที่ 4 การควบคุมอาคารให้ได้ดิ่ง

1.5 การให้ระดับอาคาร

ใบงานที่ 5 การตรวจสอบระดับอาคาร

1.6 การหาการทรุดตัวของอาคาร

1.7 การทำระดับตรีโกณมิติ

ใบงานที่ 6 การทำระดับตรีโกณมิติ

สาระสำคัญ

1. อาคารส่วนใหญ่มักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า การวางตำแหน่งอาคารแต่ละด้านจะเป็นมุมฉากซึ่งกันและกัน การกำหนดเส้นแรกออกจะต้องศึกษาแบบที่แสดงผังบริเวณ หาเส้นฐาน (Base Line) ก่อน แล้วจึงใช้กล้องวัดมุมช่วยออกฉาก อีกวิธีที่นิยมกันคือการใช้ระบบพิกัดฉาก คำนวณหามุม, ระยะ ในการกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางเสารอบนอกก่อน แล้วจึงแบ่งช่วงเสา (Span) ในแต่ละด้าน เมื่อแบ่งช่วงเสาได้ตำแหน่งศูนย์กลางเสาทุกต้นแล้ว ศึกษาจากแบบฐานรากว่า เสาแต่ละต้นนั้น ได้ออกแบบให้มีเสาเข็มรองรับกี่ต้น จะต้องวางตำแหน่งที่ตอกเสาเข็มเหล่านั้นให้ถูกต้อง ในการตรวจสอบระยะและระดับต่างๆ มักจะทำผังไว้รอบๆ โครงสร้าง และใช้เป็นหมายพยานสำหรับจุดหรือแนวต่างๆ ที่มักจะตอกไว้บนผังระดับ

2. เมื่อมีการกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางเสา และตำแหน่งตอกเสาเข็มแล้ว ก็จะมีการตอกเสาเข็มตามตำแหน่งที่วางไว้ และทำการเทฐานราก คานคอดิน และขึ้นชั้นต่างๆ ในทางสูง ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมและตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคารด้วยเพื่อกันการหนีศูนย์ของโครงสร้าง

3. อาคารเมื่อขึ้นความสูงในชั้นต่างๆ แล้ว ในแต่ละชั้นนั้น ระดับพื้นจะต้องเท่ากัน จึงต้องมีการให้ระดับพื้นอาคาร การหาการทรุดตัวของอาคาร และตรวจสอบความสูงอาคาร ได้จากการทำระดับตรีโกณมิติ

จุดประสงค์ทั่วไป

เมื่อได้ศึกษาหน่วยที่ 2 จบแล้วสามารถ

1. รู้และเข้าใจการวางผังอาคารแบบต่างๆ รวมทั้งวิธีการตรวจสอบ
2. รู้และเข้าใจการควบคุมอาคารให้ได้ดิ่ง
3. รู้และเข้าใจการให้ระดับพื้น และหาระดับโดยวิธีต่างๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกวิธีการวางอาคารแบบต่างๆ รวมทั้งการตรวจสอบได้
2. สรุปวิธีการวางผังอาคารแบบต่างๆ ได้
3. นำวิธีการวางผังอาคารแบบต่างๆ ไปใช้งานได้ถูกต้อง
4. บอกวิธีการควบคุมอาคารให้ได้ดิ่งได้
5. คำนวณหาความคลาดเคลื่อนทางดิ่งได้
6. นำวิธีการควบคุมอาคารให้ได้ดิ่งไปใช้งานได้ถูกต้อง
7. บอกวิธีการให้ระดับอาคารได้
8. สรุปวิธีการให้ระดับอาคารแบบต่างๆ ได้
9. นำวิธีการให้ระดับอาคารไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 2.1
การวางผังอาคาร

ในการจัดการวางผังให้ดีและถูกต้อง จะต้องจัดหาข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการวางผังให้ครบถ้วนแล้วจึงกำหนดขอบเขตผังอาคารและตำแหน่งเสา ต่อจากนั้น ก็ต้องกำหนดหาความลึกของฐานราก และกำหนดตำแหน่งของอาคารทางสูง พร้อมทั้งวิธีการตรวจสอบทุกขั้นตอนของการก่อสร้าง โดยเฉพาะอาคารที่สูงหลายชั้น

1. การตรวจสอบและจัดหาข้อมูลก่อนเริ่มงาน

ก่อนที่จะเริ่มงานก่อสร้างทุกประเภท งานที่สำคัญประการแรกคือ การสำรวจตรวจสอบผังบริเวณให้ตรงกับแบบที่กำหนด ซึ่งรวมถึงขนาดของเนื้อที่ ขอบเขตของอาคารที่จะก่อสร้าง ระดับของฐานรากที่กำหนด การกำหนดจุดบังคับ ทั้งทางราบและทางดิ่ง มีวิธีการตรวจสอบดังนี้คือ

1.1 การตรวจสอบผังบริเวณที่จะก่อสร้าง

โดยทั่วไปสถาปนิกจะกำหนดตำแหน่งของอาคารไว้ในแบบแผนผังบริเวณ (Site Plan) ซึ่งจะแสดงขอบเขตทั้งหมดและตำแหน่งของอาคารที่จะปลูกสร้าง

ดังนั้น ข้อมูลที่จะต้องทราบจากแบบผังบริเวณก่อนเริ่มงานวางผังได้แก่ ระยะความกว้าง ความยาวทั้งหมดของตัวอาคาร ตำแหน่งของอาคารบนพื้นที่ดิน เช่น ระยะห่างจากเขตที่ดินโดยรอบหรือจากอาคารข้างเคียงที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ดินนั้น เป็นต้น

ระดับของอาคารชั้นล่าง โดยทั่วไปมักจะเปรียบเทียบไว้กับจุดใดจุดหนึ่ง เช่น ถนนสาธารณะ หรืออาคารข้างเคียง

นอกจากนี้ในแบบผังบริเวณ อาจจะแสดงตำแหน่งของท่อระบายน้ำสาธารณะ ท่อเมนประปา แนวสายไฟฟ้า อาคารที่มีอยู่แล้วบนพื้นที่ดินเดิมและระดับดินถมระดับถนนภายในบริเวณ

1.2 การตรวจสอบขนาดของเนื้อที่ดิน

ก่อนที่จะเริ่มงานวางผัง จะต้องมีการตรวจสอบขนาดของพื้นที่จริง เพื่อให้ทราบว่าตรงตามเนื้อที่ดินที่กำหนดไว้ในแบบผังบริเวณหรือไม่(ในการทำงานที่ถูกต้องการจัดทำและออกแบบอาคารขั้นต้น จะต้องทำการรังวัดเนื้อที่จริงก่อน ไม่ควรขยายเนื้อที่จากโฉนดที่ดิน น.ส.3 หรือ น.ส. 3 ก)

1.3 การตรวจสอบหาระดับพื้นดินเดิม

โดยทั่วไปหมุดหลักฐานการระดับ (Bench Mark) จะกำหนดให้เป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง แต่ในงานก่อสร้างอาคารโดยทั่วๆไปจะกำหนดระดับเป็น 10.000 ม. หรือ 100.000 ม. ไว้ ณ ที่ใดที่หนึ่ง เช่น ถนนสาธารณะ หรือกับอาคารข้างเคียง การหาระดับดินเดิมก็เปรียบเทียบกับหมุดหลักฐานที่กำหนดให้โดยวิธีการถ่ายระดับแบบต่อเนื่อง (Differential Levelling) โดยช่างสำรวจที่ชำนาญงาน

1.4 การกำหนดจุดบังคับทางราบและทางดิ่ง

การสร้างหมุดจะต้องอยู่ส่วนหนึ่งส่วนใดของบริเวณงาน ที่จะสะดวกต่อการตรวจสอบและจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงไม่กีดขวางการขนย้ายวัสดุและควรมีมากกว่า 3 หมุด

2. การกำหนดขอบเขตผังอาคารและตำแหน่งศูนย์เสา

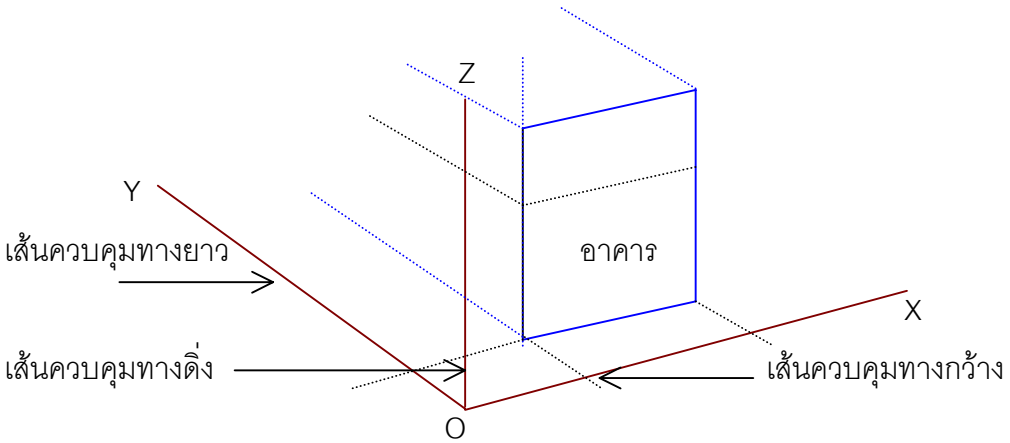
การกำหนดตำแหน่งอาคารทางราบให้ตรงตามรูปแบบเป็นงานที่สำคัญมาก การวางตำแหน่งผิดพลาด การแก้ไขภายหลัง จะกระทำได้ยาก หรือกระทำไม่ได้เลย

ความละเอียดถูกต้อง เป็นสิ่งที่ต้องยึดถือเป็นหลักในการปฏิบัติงาน รวมทั้งการตรวจสอบจะต้องกระทำควบคู่กันไปกับการปฏิบัติทุกครั้ง

วิธีการกำหนดตำแหน่งหรืองานผังอาคาร อาจจะเลือกปฏิบัติหลายวิธีตามลักษณะของงานรวมทั้งความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ จะต้องพิจารณาเลือกวิธีให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำงาน มีหลายวิธีดังนี้คือ

2.1 เส้นควบคุมตำแหน่งอาคาร

เส้นควบคุมการก่อสร้างอาคารมีอยู่ 3 เส้นคือ เส้นควบคุมทางกว้าง ทางยาว และ ทางดิ่ง (สูง)

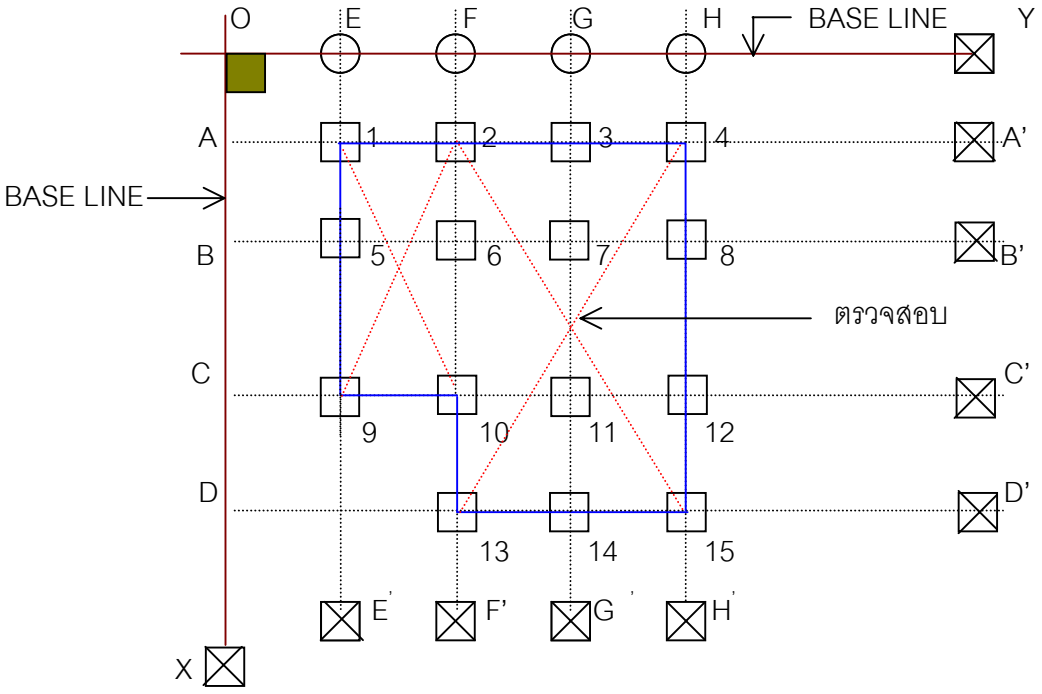


รูปที่ 2.1.1 แสดงเส้นควบคุมตำแหน่งอาคาร

ตำแหน่งของเส้นควบคุมทางราบ จะวางห่างจากตัวอาคารพอสมควร เพื่อสะดวกต่อการทำงาน และอาจจะกำหนดเส้นควบคุมทางราบสำรองเพิ่ม เพื่อสะดวกต่อการตรวจสอบขณะก่อสร้าง ส่วนเส้นควบคุมทางดิ่งเพื่อใช้กำหนดระดับความสูงของอาคาร จะกำหนดเป็นระดับอ้างอิงไว้ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

2.2 การวางผังอาคารด้วยวิธีวางเส้นฐาน (BASE LINE)

การกำหนดตำแหน่งอาคารขนาดใหญ่ที่สะดวกต่อการปฏิบัติวิธีหนึ่งคือ การวางเส้นฐาน โดยการกำหนดเส้นฐานขึ้นอย่างน้อย 2 เส้นให้ตั้งฉากกัน เพื่อใช้เป็นเส้นควบคุมทางราบของผังอาคาร แนวเส้นอาคารหรือแนวเสาอาคารจะได้รับการถ่ายทอดออกจากเส้นฐานนี้ การกำหนดเส้นฐานควรกำหนดให้ห่างจากแนวอาคารมากพอสมควรที่จะไม่ถูกรบกวนขณะก่อสร้าง



รูปที่ 2.1.2 แสดงการวางผังอาคารด้วยวิธีการวางเส้นฐาน

XO และ YO เป็นเส้นฐาน ตั้งฉากกันที่จุด O

จุด A,B,C,D เป็นตำแหน่งแนวเสาอาคารที่มีระยะห่างตามที่กำหนดไว้ตามแปลนฐานรากบนเส้น XO

จุด E,F,G,H เป็นตำแหน่งแนวเสาอาคารที่มีระยะห่างตามที่กำหนดไว้ตามแปลนฐานรากบนเส้น YO

การวัดระยะจะต้องใช้เทปเหล็กและการวัดมุมด้วยกล้องวัดมุม จะต้องทำการตรวจสอบโดยวัดด้านทะแยงมุม

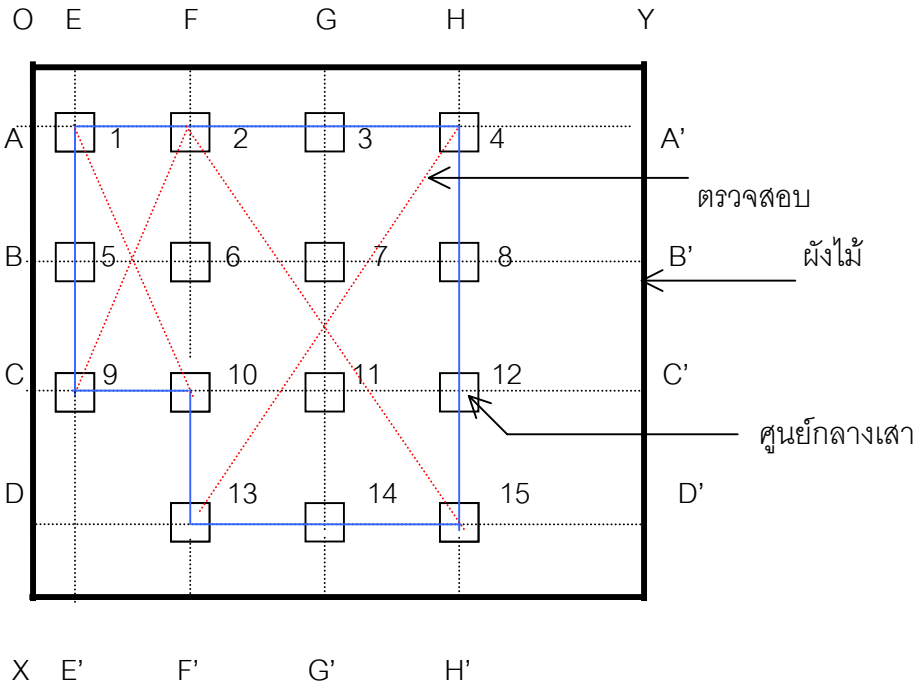
ตำแหน่ง 1-15 คือ ตำแหน่งแนวศูนย์กลางเสา

จุด A,B,C,D,E,F,G,H กำหนดโดยตะปูขนาดเล็กบนหมุดไม้ หมุดไม้ขนาด1.5x1.5 นิ้ว ตอกแน่นและมีไม้ปักล้อมรอบ 3-4 ด้าน

ที่หัวและท้ายเส้น A,B,C,D,E,F,G,H ควรจะทำป้ายเพื่อบอกให้ทราบว่าเป็นตำแหน่งใด

2.3 การวางผังด้วยวิธีการสร้างไม้ผัง (BATTER BOARDS)

เป็นการสร้างรั้วไม้ล้อมรอบบริเวณผังอาคารที่จะทำการก่อสร้าง โดยที่ตัวรั้วจะทำหน้าที่เป็นกรอบเหมือนเส้นฐาน และที่บนกรอบรั้วจะมีระดับเท่ากันโดยใช้ระดับน้ำหรือสายยางบรรจุน้ำเป็นตัวกำหนดระดับ การวัดระยะใช้เทปเหล็กหรือเทปผ้า ไม้ที่ใช้ทำผังโดยทั่วไปขนาด $1\frac{1}{2}$ x 3 นิ้ว สูงจากพื้นประมาณ 50 ซม.



รูปที่ 2.1.3 แสดงตารางวางผังด้วยวิธีสร้างไม้ผัง

1. วางแนวตอกหลักไม้ตามแนว XO ให้ได้ระดับห่างจากแนวเสาที่จะก่อสร้างประมาณ 3 ม.

2. วางแนวตอกหลักไม้ตามแนว YO ให้ตั้งฉากกับแนว XO และให้ได้ระดับแนวเสาที่จะก่อสร้างประมาณ 3 ม. เช่นกัน

3. ด้านที่เหลืออีกสองด้านปฏิบัติทำนองเดียวกัน

4. กำหนดระยะห่างของแนวศูนย์กลางเสาแต่ละแนวบนผังไม้ และตอกตะปูแสดงตำแหน่งไว้

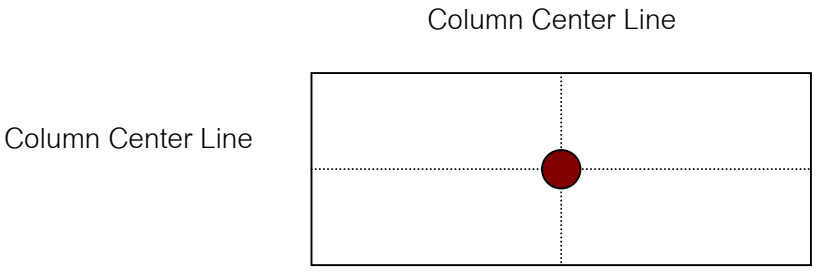
5. การหาตำแหน่งศูนย์กลางเสา ให้ใช้เอ็นขนาดเล็กขึงระหว่างจุดปลายแถวที่ตอกตะปูไว้แล้วใช้ลูกดิ่งทิ้งที่จุดที่เอ็นตัดกัน ใช้หมุดไม้ตอก ณ ตำแหน่งที่ลูกดิ่งปักพื้นก็จะได้ศูนย์กลางเสา

6. ทำการตรวจสอบระยะห่างของหมุดไม้ด้วยเส้นทะแยงมุม

7. ระดับก่อสร้างให้ใช้ระดับอ้างอิงที่ไม้ผังเพื่อถ่ายทอดไปยังระดับต่าง ๆ ต่อไป

เรื่องที่ 2.2
การวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผัง
การวางตำแหน่งเสา

การกำหนดตำแหน่งของฐานราก ที่บนแนวระดับช่วงเสา จะเป็นตำแหน่งของเสาเข็ม 1 ต้น 5 ต้น 7 ต้น 9 ต้น 11 ต้น เหล่านี้เป็นต้น ซึ่งถ้ามีเสาเข็มเพียง 1 ต้น ตำแหน่งก็จะอยู่ที่เดียวกันกับตำแหน่งของศูนย์กลาง ดังรูป



F 1

ส่วนเสาเข็มตั้งแต่ 2 ต้นขึ้นไปจะต้องมีการจัดเสาเข็มที่ใช้เป็นเสาเข็มกลุ่ม มีเทคนิคในการจัดเสาเข็มดังนี้

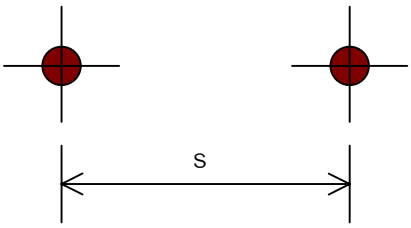
1. เสาเข็มจะต้องไม่อยู่ห่างกันมากหรือกระจายตัวมาก เพราะจะต้องทำฐานคอนกรีตรัดหัวเสาเข็มกว้างเกินไป ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและอาจมีปัญหาทางด้านการก่อสร้างด้วย
2. เสาเข็มจะต้องไม่อยู่ชิดกันเกินไป จะทำให้ตอกเสาเข็มยากและทำให้กระเปาะของแรงดันดินรอบเสาเข็มทับกัน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลง หรือสูญหายไปตามปริมาณของพื้นที่ที่กระเปาะของแรงดันดินทับกัน
3. กลุ่มของเสาเข็มที่ตอกลงในชั้นดิน จะต้องจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่ซึ่งมีระยะห่างเท่าๆกันในทุกทิศทาง โดยทั่วไปนิยมให้มีระยะห่างของเสาเข็มแต่ละต้นจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง ให้เท่ากับ s ซึ่งจะเท่ากับ 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม

รูปแบบการจัดเสาเข็มกลุ่มสำหรับฐานรากเดี่ยว

(s = 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความกว้างของเสาเข็ม)

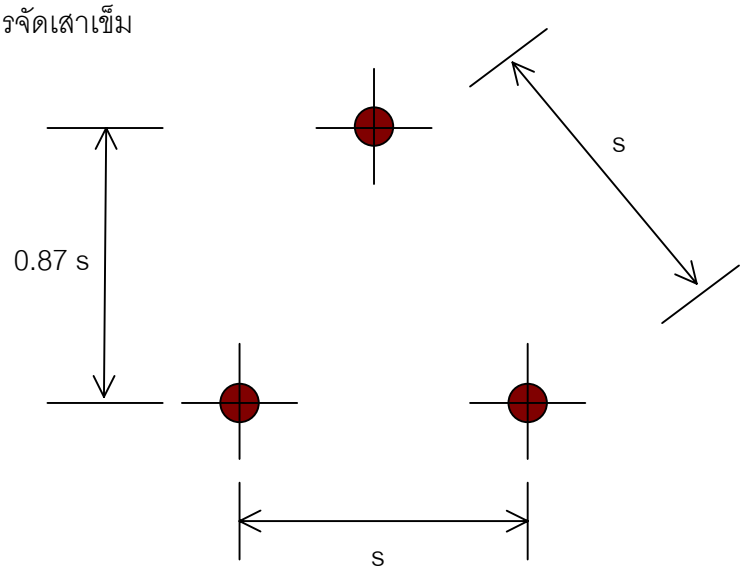
จำนวนเสาเข็ม 2 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



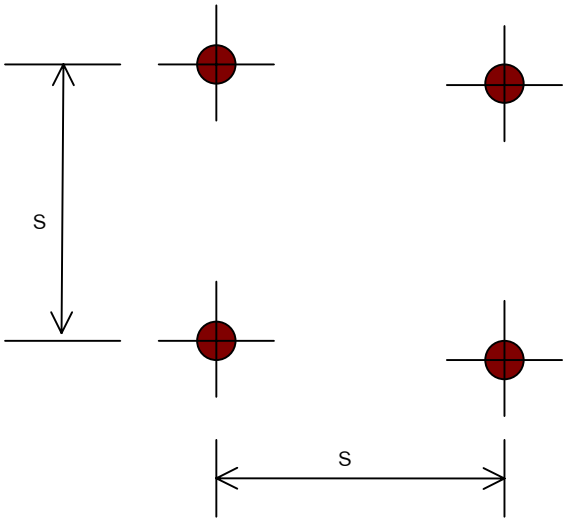
จำนวนเสาเข็ม 3 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



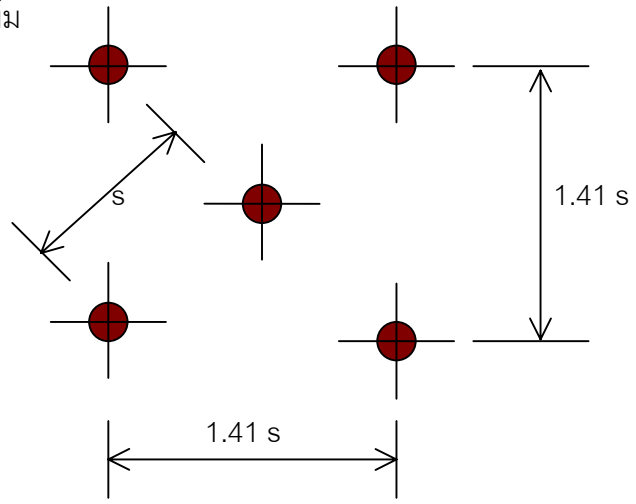
จำนวนเสาเข็ม 4 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



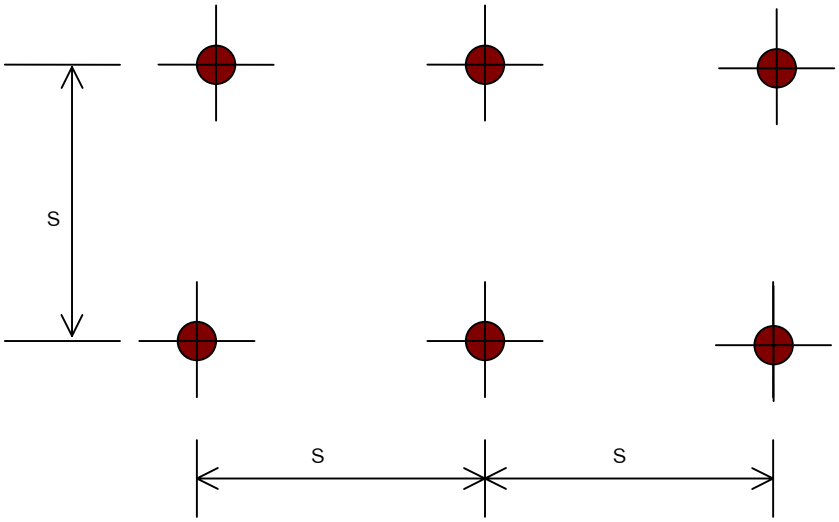
จำนวนเสาเข็ม 5 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



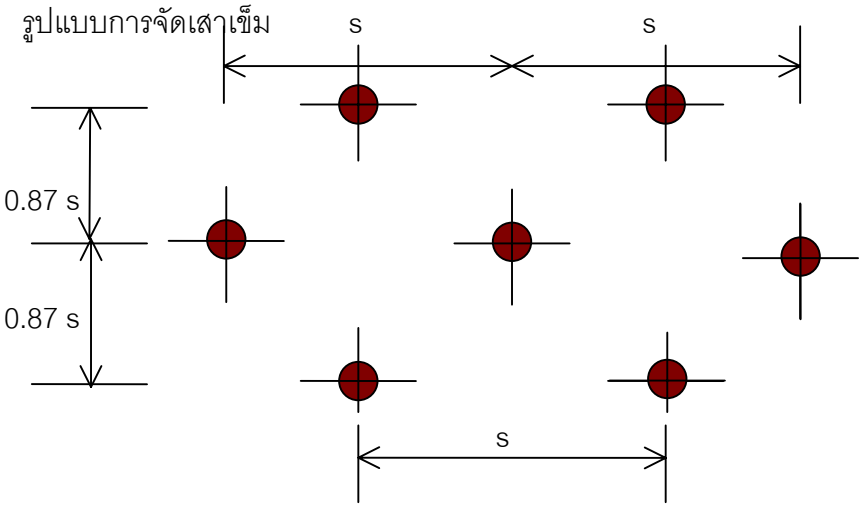
จำนวนเสาเข็ม 6 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



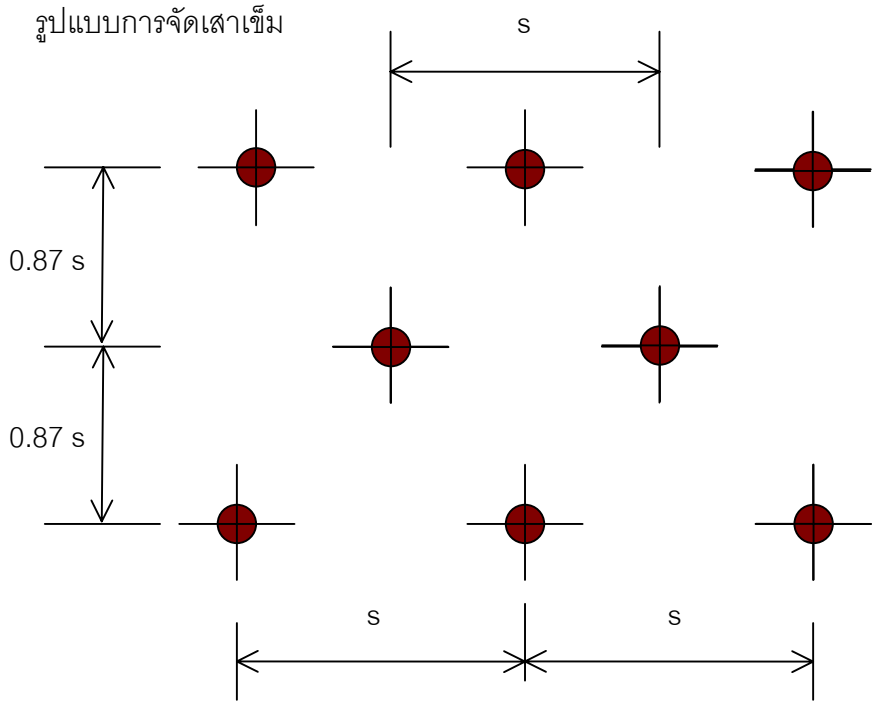
จำนวนเสาเข็ม 7 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



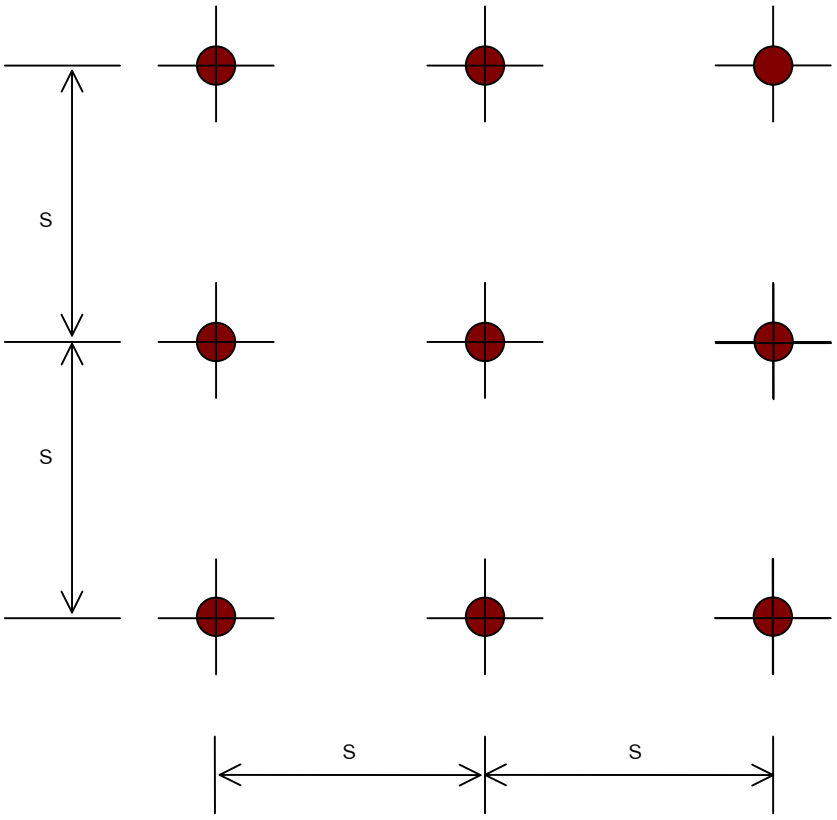
จำนวนเสาเข็ม 8 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



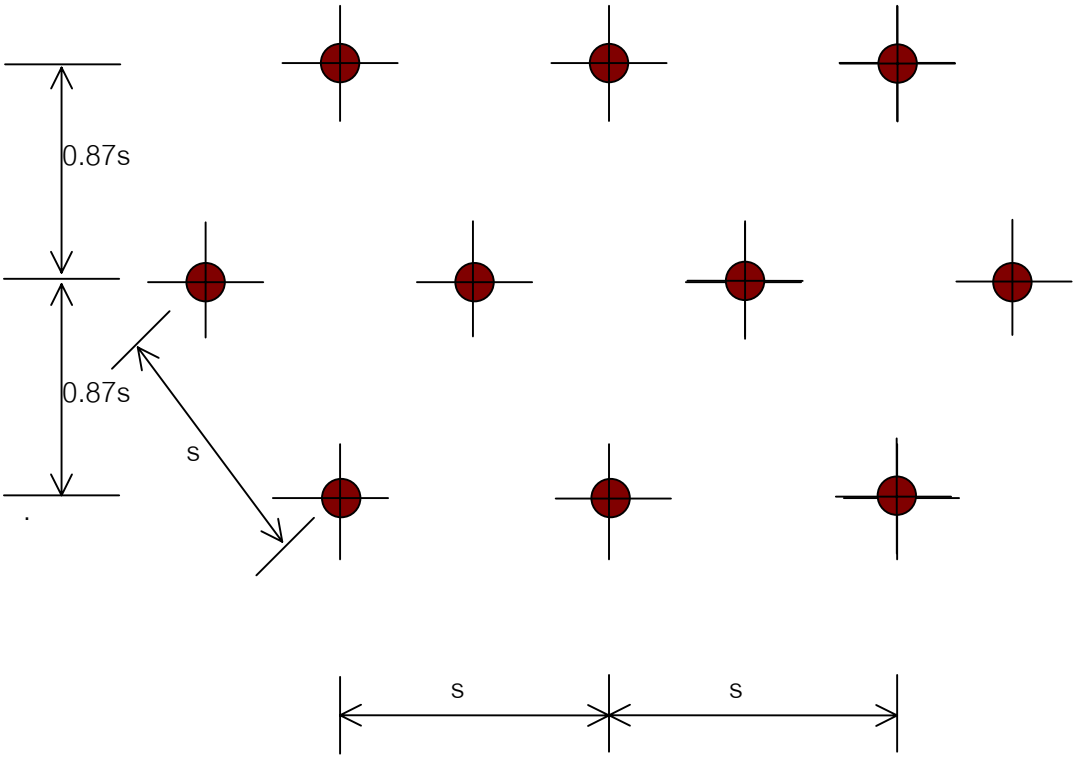
จำนวนเสาเข็ม 9 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



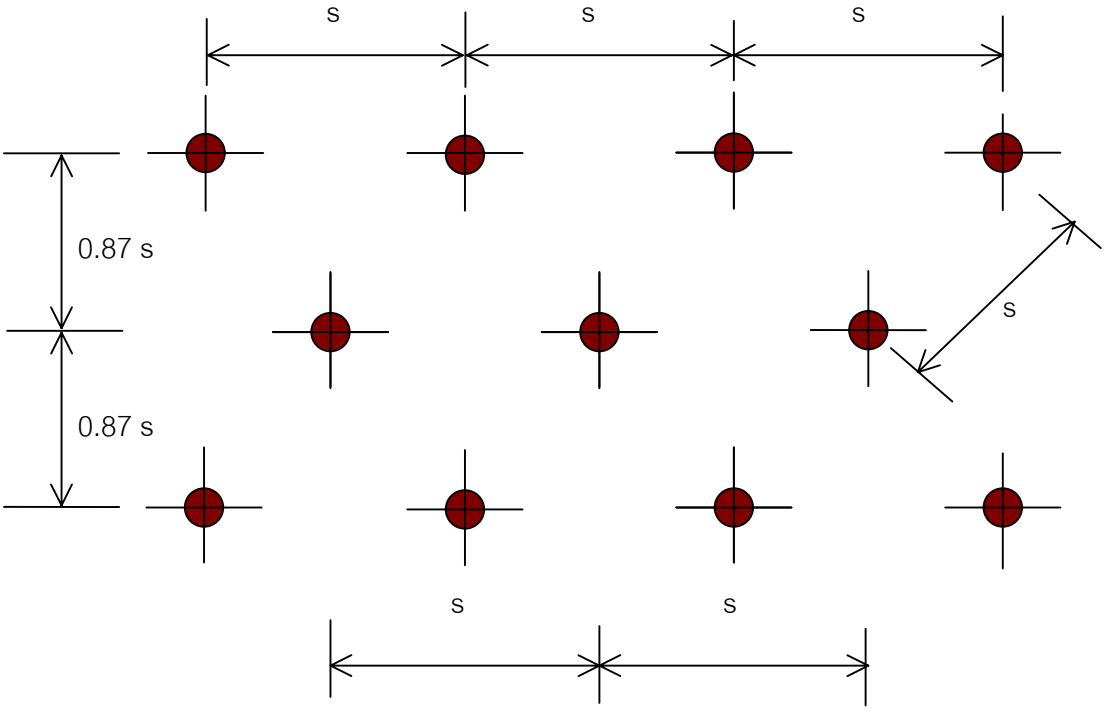
จำนวนเสาเข็ม 10 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



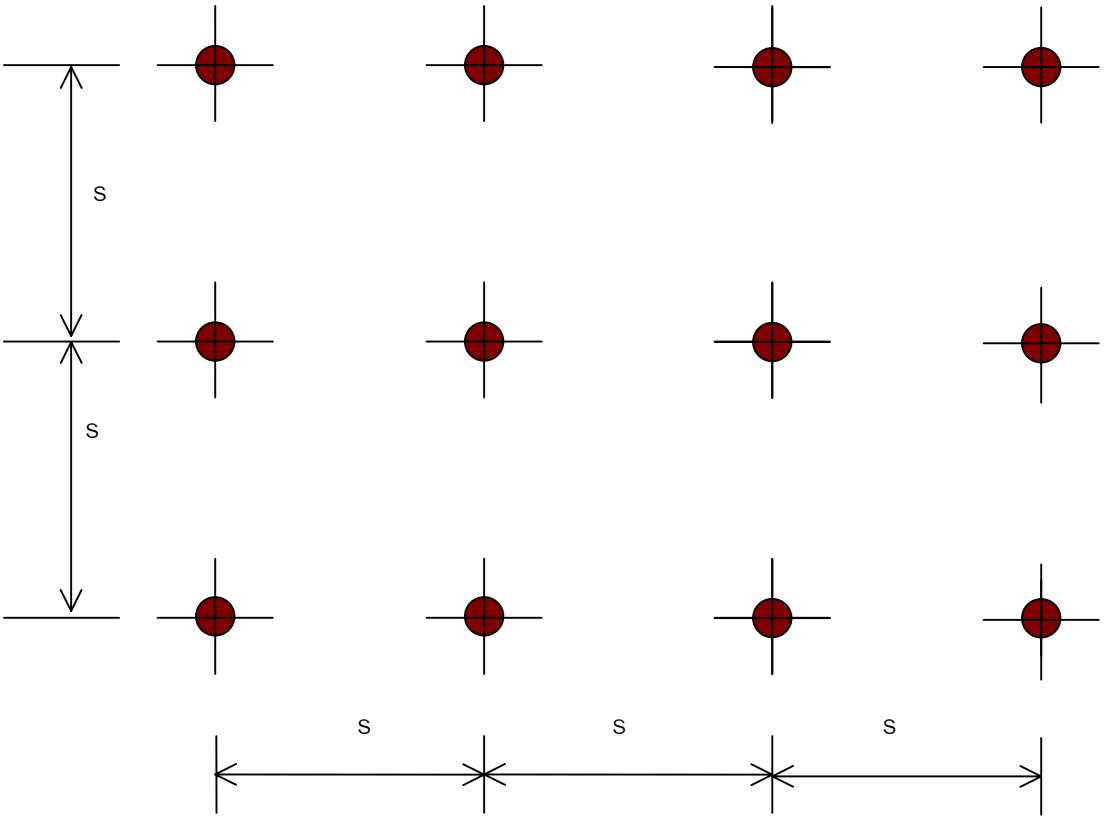
จำนวนเสาเข็ม 11 ต้น

รูปแบบการจัดเสาเข็ม



จำนวนเสาเข็ม 12 ต้น

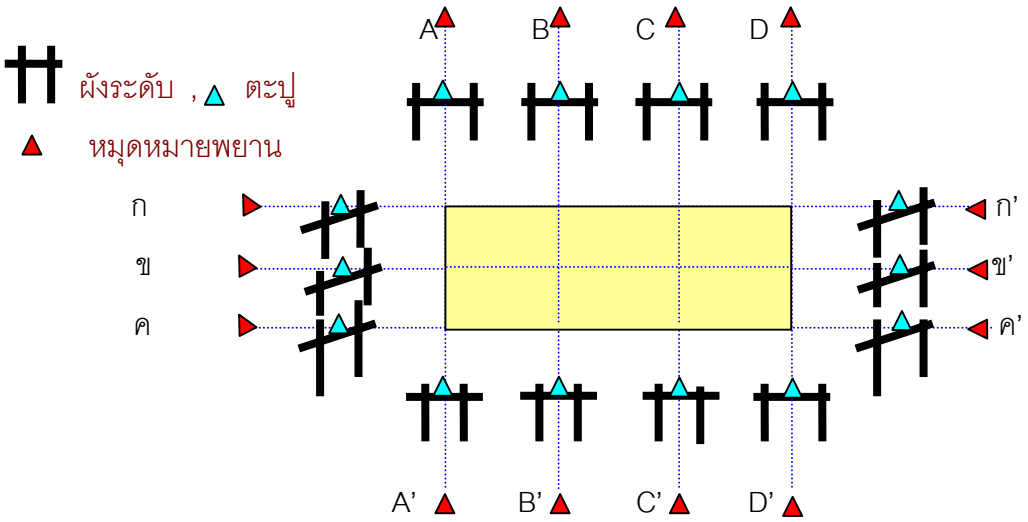
รูปแบบการจัดเสาเข็ม



การให้ระดับผัง

การให้ระดับผังในงานก่อสร้างอาคาร ที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

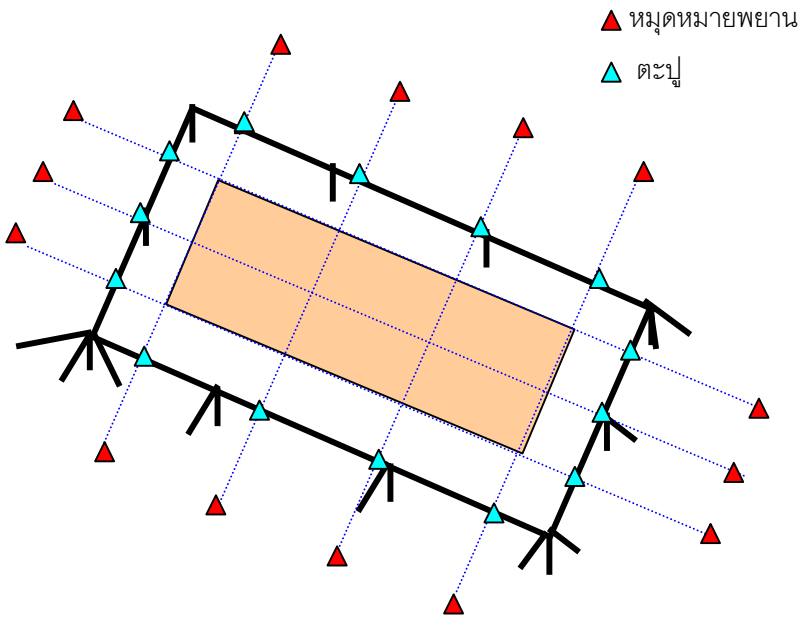
1. **ให้ระดับผังตามช่วงเสา**



รูปที่ 2.2.3 แสดงลักษณะการให้ระดับผังตามช่วงเสา

วิธีนี้นิยมใช้กับโครงสร้างใหญ่ๆ โดยการกำหนดความสูงของระดับผังขึ้น อาจใช้ค่าระดับของพื้นชั้นที่ 1 หรือระดับถนนหน้าอาคารก่อสร้างก็ได้ ข้อสำคัญความสูงของผังจะต้องเท่ากัน มักทำทุกช่วงเสา ทั้งแนวราบและแนวตั้ง โดยการตอกหลักไม้ 2 หลัก ให้แน่น ให้แนวศูนย์กลางเสาแต่ละแนวนั้น ๆ ผ่านตรงกลาง เมื่อกำหนดระดับผังได้แล้ว นำไม้ผังวางพาดระหว่างเสา 2 ต้น ส่องระดับให้เท่ากัน ตอกตะปูให้แน่น ทำดังนี้ทุกๆ แนว แล้วตั้งกล้องที่ศูนย์กลางเสา จับที่หมายแนวเดียวกัน กระดกกล้องให้แนวผ่านไปยังไม้ผังระดับ ทำที่หมายโดยการตอกตะปูไว้บนไม้ผังระดับ ทำที่หมายไว้บนไม้ผังระดับทั้งสองด้าน แล้วกระดกกล้องให้ผ่านผังระดับออกไปภายนอกบริเวณก่อสร้างทำหมุดหมายพยานทั้งสองด้าน ตอกตะปูไว้บนหัวหมุดโดยทำดังนี้ทุก ๆ ช่วงเสา ทั้งแนวราบ และแนวตั้ง จากรูปคือจุดA,A',B,B',C,C',D,D', ก,ก',ข,ข',ค,ค' หากเล็งแนวไปยังตะปูที่ตอกไว้บนผังก็จะได้แนวเส้นควบคุมตำแหน่งศูนย์กลางเสา หากตั้งกล้องที่จุดแล้วจับที่หมายบนผังแล้วกระดกกล้องขึ้นในแนวดิ่ง ก็จะสามารถควบคุมการได้ดิ่งของการก่อสร้างอาคารได้

2. ให้ระดับผังล้อมรอบบริเวณอาคาร



รูปที่ 2.2.4 แสดงลักษณะการทำผังระดับล้อมรอบ

วิธีนี้นิยมใช้กับโครงสร้างอาคารขนาดเล็ก คล้ายกับวิธีแรกแต่ต้องทำผังระดับให้ล้อมรอบบริเวณที่จะก่อสร้าง ผังระดับโดยรอบจะต้องเท่ากัน จากนั้นจึงนำค่าแต่ละแนวตามช่วงเสา ฝากไว้บนผัง ตอกตะปูให้แน่น และกระดกกล้องเลยออกไปให้พ้นบริเวณก่อสร้างและปราศจากสิ่งรบกวน ทำหมุดหมายพยาน ทุก ๆ แนว เมื่อผังระดับถูกทำลาย หรือคลาดเคลื่อนก็สามารถใช้หมุดหมายพยานตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว

ใบงานที่ 2	
วิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง **ชื่อหน่วย การวางผังและการให้ระดับอาคาร**	**หน่วยที่** 2 **สอนครั้งที่** 2 **จำนวนคาบรวม** 6
ชื่องาน การวางผังอาคาร	**จำนวนคาบ** 3

จุดประสงค์ เมื่อฝึกปฏิบัติตามใบงานที่ 2 นี้แล้ว

1. รู้และเข้าใจการวางผังด้วยวิธีการเส้นฐานและวิธีสร้างไม้ผัง
2. สามารถวางผังด้วยวิธีสร้างไม้ผังได้
3. สามารถประยุกต์ใช้วิธีการสร้างไม้ผังร่วมกับวิธีวางเส้นฐานได้
4. สามารถกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มได้
5. สามารถกำหนดหมุดเส้นฐานไว้ใช้ตรวจสอบงานขณะก่อสร้างได้

ทฤษฎี

โครงสร้างอาคาร โดยทั่วไปมักจะออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นส่วนใหญ่ การวางผังอาคารจะต้องศึกษารายละเอียดที่แปลนฐานรากของแบบโดยจะต้องวางรูปสี่เหลี่ยมกรอบของอาคารให้ได้เสียก่อนโดยจะได้มุมของสี่เหลี่ยมผืนผ้า มุมละ 90° หากตรวจสอบแล้วขาดหรือเกินจาก 90°แสดงว่าอาคารเกิดการบิดเบี้ยว จะต้องวางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใหม่ให้เป็นไปตามแบบ เมื่อได้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ถูกต้องแล้ว จึงทำการแบ่งระยะตามแนวและตำแหน่งของเสาเข็ม โยงยึดหมุดต่างๆ ไว้ตรวจสอบต่อไป

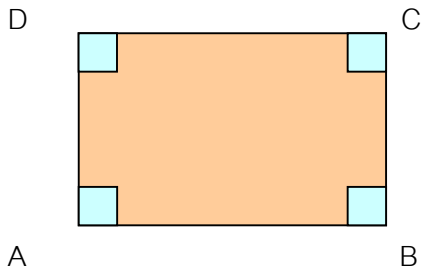
การสร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

1. ต้องทราบความกว้าง ความยาวของอาคารรูปสี่เหลี่ยม โดยดูจากแบบฐานราก
2. แนวอาคารด้านใด ด้านหนึ่ง หรือทั้งสองด้าน จะต้องศึกษาจากแบบแปลนว่าอยู่ในตำแหน่งใด ขนานหรือตั้งฉาก กับเขตที่ดิน ถนนหรืออาคารเดิมอย่างไร
3. เมื่อวางตำแหน่งแนวแรกได้แล้ว (จากข้อ 2) คือจุด A,B หรือแนว A-B นำกล้องวัดมุม มาตั้งที่จุด A จับที่หมายจุด B เปิดมุม BAD เท่ากับ 90° วัดระยะ AD ให้ได้ตามแบบแล้วตอกตะปูบนหลักไม้ให้แข็งแรงเป็นตำแหน่งของจุด D เปิดมุม $\phi = \tan^{-1}\frac{BC}{AB}$

ระยะ $AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$ จะได้ตำแหน่งของจุด C ทำที่หมายไว้

4. ย้ายกล้องมาตั้งที่จุด B จับที่หมายจุด A เปิดมุม ABC เท่ากับ 90° วัดระยะ BC ซึ่งเท่ากับ AD ซึ่งตำแหน่งที่ได้นี้จะต้องตรงกับข้อ 3 ที่ได้ทำที่หมายของจุด C ไว้จากการเปิดมุม ϕ หากไม่ตรงต้องตรวจสอบใหม่ ถ้าตรงก็ตอกตะปูบนหลักไม้ให้แข็งแรงเป็นตำแหน่งของจุดC เปิดมุม ϕ วัดระยะ BD ตรวจสอบว่าตรงกับตำแหน่งเดิมหรือไม่ หากไม่ตรงต้องตรวจสอบใหม่

5. ย้ายกล้องไปตั้งที่ C (หรือ D) เปิดมุม BCD ว่าได้เท่ากับ 90° หรือไม่ ตรวจสอบระยะ CD ว่าเท่ากับ AB หรือไม่ หากมุมหรือระยะได้ไม่เท่ากันแล้วต้องเริ่มต้นใหม่หากได้เท่ากับ 90° ระยะเท่ากับ AB ถือว่าวางรูปสี่เหลี่ยมได้ถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องไปตรวจสอบที่จุด D เนื่องจากได้ สามมุม ๆ ละ 90° แล้วมุมที่เหลือคือจุด D ก็จะได้ 90° ด้วย



รูปแสดงขั้นตอนที่ 1 การสร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การสร้างไม้ผัง

1. เมื่อได้รูปสี่เหลี่ยม ABCD แล้ว วัดระยะให้ห่างออกไปจากรูปประมาณ 3 ม. หรือมากกว่าขอบรูปสี่เหลี่ยม ABCD

2. ตีผังสร้างรั้วไม้ล้อมรอบรูปสี่เหลี่ยม (บริเวณก่อสร้าง) โดยรั้วจะทำหน้าที่เป็นกรอบเหมือนเส้นฐานกำหนดระดับของรั้วให้เท่ากัน โดยใช้ระดับน้ำ หรือกล้องระดับ ค่าความสูงของระดับรั้ว อาจจะให้เท่ากับระดับของพื้นชั้นที่ 1 หรือ ระดับพื้นอ้างอิงต่างๆ ที่อยู่ใกล้เคียง

3. ตั้งกล้องที่จุด A

-จับที่หมายจุด D กระดกกล้องไปที่ผังได้จุด D' ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผัง ได้จุด A' ตอกตะปูไว้

-จับที่หมายจุด B กระดกกล้องไปที่ผังได้จุด B" ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผัง ได้จุด A" ตอกตะปูไว้

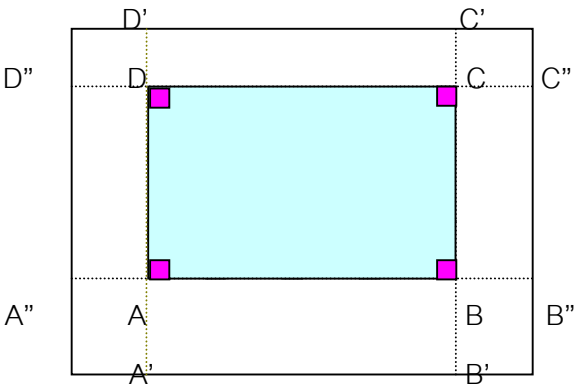
4. ตั้งกล้องที่จุด C

-จับที่หมายจุด B กระดกกล้องไปที่ผังได้จุด B' ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผังได้จุด Cตอกตะปูไว้

-จับที่หมายจุด D กระดกกล้องไปที่ผังได้จุด D" ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผังได้จุด C ตอกตะปูไว้

หมายเหตุ

-ในขณะที่หาตำแหน่งของจุดต่างๆ บนผัง อาจจะกระดกกล้องเลยไปยังถาวรวัตถุที่อยู่ใกล้เคียงตอกตะปูทำที่หมายไว้ทุกๆ จุด เพื่อนำมาใช้ตรวจสอบอาคารทางดิ่งในขณะก่อสร้างหรือตอกหมุดไว้ให้ห่างจากบริเวณก่อสร้างก็ได้เช่นเดียวกัน หากปริมาณไม้เพื่อทำผังมีอยู่จำกัด ก็ให้ตอกเฉพาะบริเวณแต่ละช่วง โดยตอกให้ตรงตำแหน่งของเสาก็ได้



รูปแสดงขั้นตอนที่ 2 การสร้างไม้ผัง

การวางตำแหน่งช่วงเสา

1. จากกรอบไม้ผังระดับจะโยงยึดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ABCD ดูจากแบบแปลนฐานรากว่ามีการแบ่งช่วงเสากี่ช่วง ระยะห่างช่วงละเท่าไร จากรูปขั้นตอนที่ 3 แนวราบแบ่งเป็น 4 ช่วง แนวดิ่ง แบ่งเป็น 2 ช่วง

2. ระยะ AB แบ่งเป็น 4 ช่วง ตอกตะปูแสดงตำแหน่งไว้ (จุด E, F , G)

3. ระยะ AD แบ่งเป็น 2 ช่วง ตอกตะปูแสดงตำแหน่งไว้(จุด K,M)

4. ตั้งกล้องที่จุด E จับที่หมายที่จุด A ตั้งค่ามุมราบเป็น 0°- $00'$- $00''$ เปิดมุมเวียนขวาเท่ากับ 90°- $00'$- $00''$ วัดระยะตามแบบ จะได้ตำแหน่งจุด H ตรวจสอบระยะ DH เท่ากับระยะ AE หรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้ตรวจสอบใหม่ ถ้าถูกต้องให้แบ่งระยะ EH ตามแบบแล้วตอกหมุดแสดงตำแหน่งไว้ หลังจากนั้นกระดกกล้องไปที่ผังจะได้ตำแหน่งจุด H' ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผังอีกด้านจะได้ตำแหน่งจุด E' ตอกตะปูไว้

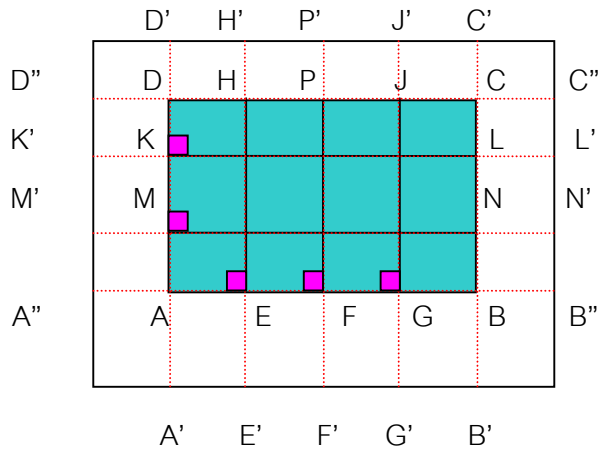
5. ตั้งกล้องที่จุด F จับที่หมายที่จุด A ตั้งค่ามุมราบเป็น 0°- $00'$- $00''$ เปิดมุมเวียนขวาเท่ากับ 90°- $00'$- $00''$ วัดระยะตามแบบ จะได้ตำแหน่งจุด P ตรวจสอบระยะ HP เท่ากับระยะ EF หรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้ตรวจสอบใหม่ ถ้าถูกต้องให้แบ่งระยะ FP ตามแบบแล้วตอกหมุดแสดงตำแหน่งไว้ หลังจากนั้นกระดกกล้องไปที่ผังจะได้ตำแหน่งจุด P' ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผังอีกด้านจะได้ตำแหน่งจุด F' ตอกตะปูไว้

6. ตั้งกล้องที่จุด G จับที่หมายที่จุด A ตั้งค่ามุมราบเป็น 0°- $00'$- $00''$ เปิดมุมเวียนขวาเท่ากับ 90°- $00'$- $00''$ วัดระยะตามแบบ จะได้ตำแหน่งจุด J ตรวจสอบระยะ PJ เท่ากับระยะ FG หรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้ตรวจสอบใหม่ ถ้าถูกต้องให้แบ่งระยะ GJ ตามแบบแล้วตอกหมุดแสดงตำแหน่งไว้ หลังจากนั้นกระดกกล้องไปที่ผังจะได้ตำแหน่งจุด J' ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผังอีกด้านจะได้ตำแหน่งจุด G' ตอกตะปูไว้

7. ตั้งกล้องที่จุด K จับที่หมายที่จุด D ตั้งค่ามุมราบเป็น 0°- $00'$- $00''$ เปิดมุมเวียนขวาเท่ากับ 90°- $00'$- $00''$ วัดระยะตามแบบ จะได้ตำแหน่งจุด L ตรวจสอบระยะ CL เท่ากับระยะ DK หรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้ตรวจสอบใหม่ ถ้าถูกต้องให้ตรวจสอบแนว KL ว่าหมุดที่แบ่งช่วงไว้จากข้อ 4-6 อยู่ในแนวหรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้ตรวจสอบใหม่ ถ้าถูกต้องกระดกกล้องไปที่ผังจะได้ตำแหน่งจุด L' ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผังอีกด้านจะได้ตำแหน่งจุด K' ตอกตะปูไว้

8. ตั้งกล้องที่จุด M จับที่หมายที่จุด D ตั้งค่ามุมราบเป็น 0°- 00′- 00″ เปิดมุมเวียนขวาเท่ากับ 90°- 00′- 00″ วัดระยะตามแบบ จะได้ตำแหน่งจุด N ตรวจสอบระยะ LN เท่ากับระยะ KM หรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้ตรวจสอบใหม่ ถ้าถูกต้องให้ตรวจสอบแนว MN ว่า หมุดที่แบ่งช่วงไว้จากข้อ 4-6 อยู่ในแนวหรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้ตรวจสอบใหม่ ถ้าถูกต้องกระดกกล้องไปที่ผังจะได้ตำแหน่งจุด N' ตอกตะปูไว้ กระดกกล้องกลับมาที่ผังอีกด้านจะได้ตำแหน่งจุด M' ตอกตะปูไว้

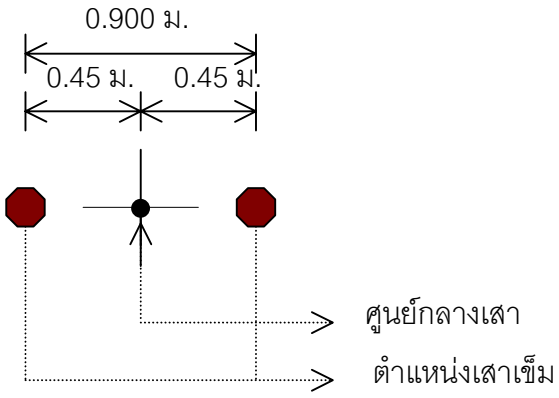
9. ตรวจสอบการปฏิบัติงานโดยการใช้เชือกเอ็นขนาดเล็กขึงระหว่าง A'D', E'H', F'P',G'J',B'C' และ D"C",K'L',M'N',A"B" จุดที่เชือกเอ็นตัดกันใช้ลูกดิ่งทิ้งปักพื้นดินตรวจสอบว่าตรงกับตำแหน่งที่วางไว้หรือไม่ หากคลาดเคลื่อนให้เริ่มปฏิบัติการใหม่ โดยทั่วไปแล้วมักจะตรงกับตำแหน่งที่วางไว้ เพราะมีการตรวจสอบมาเป็นระยะทุกขั้นตอนอยู่แล้ว



รูปแสดงขั้นตอนที่ 3 การวางตำแหน่งช่วงเสา

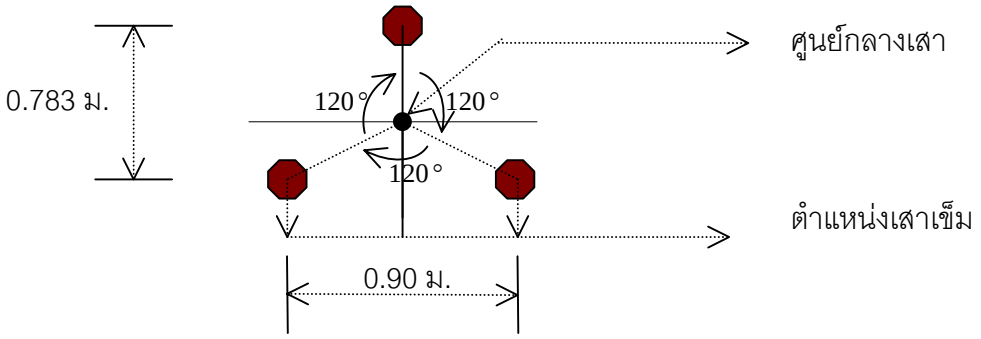
การกำหนดตำแหน่งเสาเข็ม

1. เมื่อวางตำแหน่งช่วง Span เสาเสร็จแล้ว นั่นคือจะได้ตำแหน่งศูนย์กลางของเสาแต่ละต้น แต่การรับน้ำหนักของเสาแต่ละต้นจะไม่เท่ากัน และพื้นที่เสาตั้งอยู่สภาพดินมักจะอ่อน จึงต้องมีการคำนวณ ทดสอบหาขนาด และจำนวนเสาเข็มที่จะนำมาออกแบบเพื่อรับแรงและน้ำหนักที่มากระทำต่อโครงสร้าง หากออกแบบเป็น F1 หมายถึงเสาจะตั้งอยู่บนเสาเข็ม 1 ต้น (FOOTING) ดังนั้นตำแหน่งของเสาเข็มก็จะเป็นตำแหน่งของเสาด้วย ให้ผูกเชือกปอ 2 สี บนหลักไม้นั้น
2. จากรูปขั้นตอนที่ 4 การวางตำแหน่งเสาเข็ม สมมติมีจำนวนเสาเข็มดังรูป F2 หมายถึง ฐานรากนี้เสาจะตั้งอยู่บนเสาเข็ม 2 ต้น กำหนดให้เสาเข็มแต่ละต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ม. ให้วางตำแหน่งของเสาเข็ม



หมายเหตุ – ผูกเชือกปออย่างละสี ระหว่างตำแหน่งศูนย์กลางเสากับตำแหน่งเสาเข็ม

3. F3 หมายถึง ฐานรากที่เสาตั้งอยู่บนเสาเข็ม 3 ต้น ตำแหน่งของเสาไม่ใช่ตำแหน่งของเสาเข็ม โดยเสาเข็มแต่ละต้นจะทำมุมกัน 120° กำหนดให้เสาเข็มแต่ละต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ม. ให้วางตำแหน่งของเสาเข็ม



คำนวณหาระยะจากศูนย์กลางเสาถึงตำแหน่งเสาเข็ม $= \sqrt{0.45^2 + 0.3915^2}$

$= 0.596$ ม.

การวางตำแหน่งเสาเข็ม จำเป็นต้องใช้กล้องวัดมุมช่วยในการวางตำแหน่งของเสาเข็มทั้งสามต้น โดยตั้งกล้องให้ตรงกับตำแหน่งศูนย์กลางเสา จับที่หมายไปยัง Column Center Line จากรูปคำนวณหาระยะจากจุดศูนย์กลางเสาไปยังตำแหน่งเสาเข็มต้นที่ 1 ได้ ตั้งค่ามุมราบเป็น 0° เปิดมุมตามเข็มนาฬิกา เป็นมุม 120° วัดระยะตามที่คำนวณได้ จะได้ตำแหน่งของเสาเข็มต้นที่ 2 เปิดมุมตามเข็มนาฬิกาต่อไปอีก 120° ค่ามุมราบเป็น 240°วัดระยะก็จะได้ตำแหน่งของเสาเข็มต้นที่ 3 ซึ่งจะเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขึ้น โดยตำแหน่งของเสาเข็มจะอยู่ที่มุมของสามเหลี่ยมนั้น

การดึงเทปวัดระยะจากจุดตั้งกล้องไปยังตำแหน่งเสาเข็มทั้งสามต้น เนื่องจากระยะค่อนข้างสั้น กล้องไม่สามารถจับที่หมายตำแหน่งเสาเข็มได้ ให้ดึงเทปยาวออกไปตามค่ามุมที่ตั้งค่าไว้ โดยให้เทปวัดระยะอยู่ในแนวของค่ามุมนั้นๆ จรดระยะจากตำแหน่งศูนย์กลางกล้องตามแนวออกไปเท่ากับระยะที่คำนวณได้ ก็จะได้ตำแหน่งที่ต้องการ

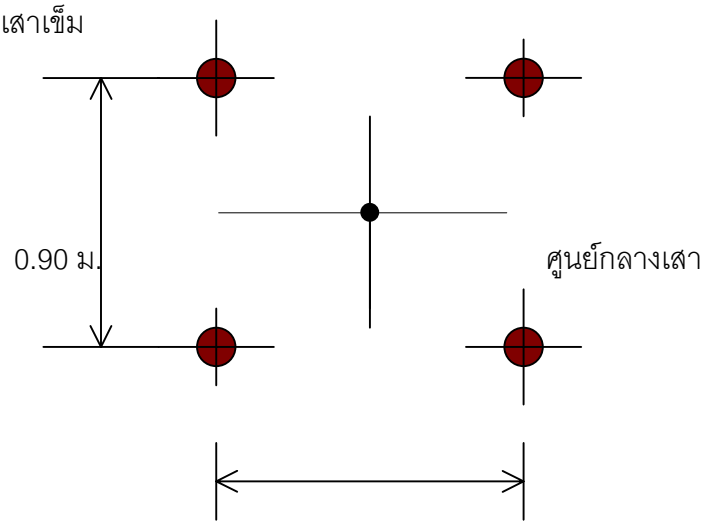
การวางตำแหน่งเสาเข็ม F3 โดยวิธีนี้มักจะใช้วางในกรณีที่มีการวางตำแหน่งเพียงไม่กี่ต้น หากมีจำนวนมากจะทำให้เสียเวลาในการวางตำแหน่งเสาเข็มมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงนิยมใช้ไม้ระแนงขนาด 1" × 1" ตัดให้ความยาวเท่ากับด้านของสามเหลี่ยมที่คำนวณได้ แล้วประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขึ้นให้แข็งแรง แบ่งครึ่งด้านของสามเหลี่ยมทั้งสามด้านแล้วตอกตะปูไว้ ขึงเชือกเอ็นจากมุมของสามเหลี่ยมไปยังด้านตรงข้ามมุมที่แบ่งครึ่งเอาไว้ทั้งสามมุม จุดตัดกันของเชือกเอ็นจะเป็นตำแหน่งของศูนย์กลางเสาและที่มุมของรูปสามเหลี่ยมจะเป็นตำแหน่งของเสาเข็มทั้งสามต้น นำโครงสามเหลี่ยมไปวางให้ตรงตำแหน่งศูนย์กลางเสาที่ได้ทำไว้แล้วจากขั้นตอนแรก

และให้มุมมุมหนึ่งของรูปสามเหลี่ยมอยู่ในแนว Column Center Line ก็จะได้ตำแหน่งของเสาทั้งสามต้นตามต้องการ

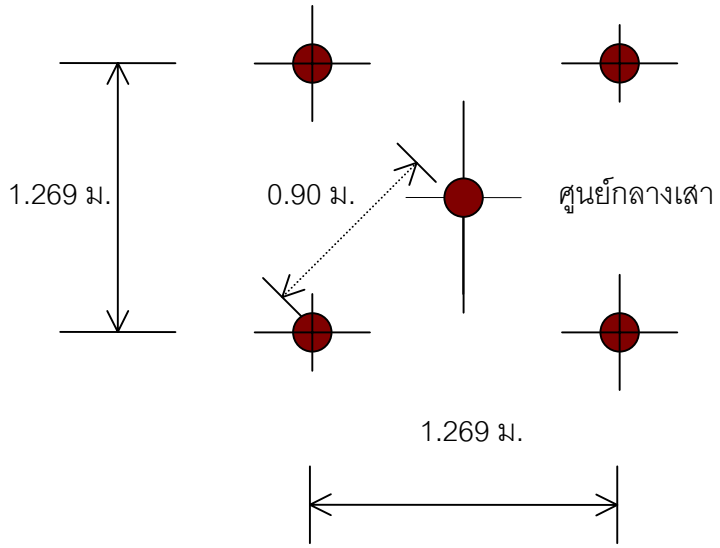
หมายเหตุ - การวางตำแหน่งเสาเข็ม ผูกเชือกปออย่างละสีระหว่างตำแหน่งศูนย์กลางเสากับตำแหน่งเสาเข็ม

.

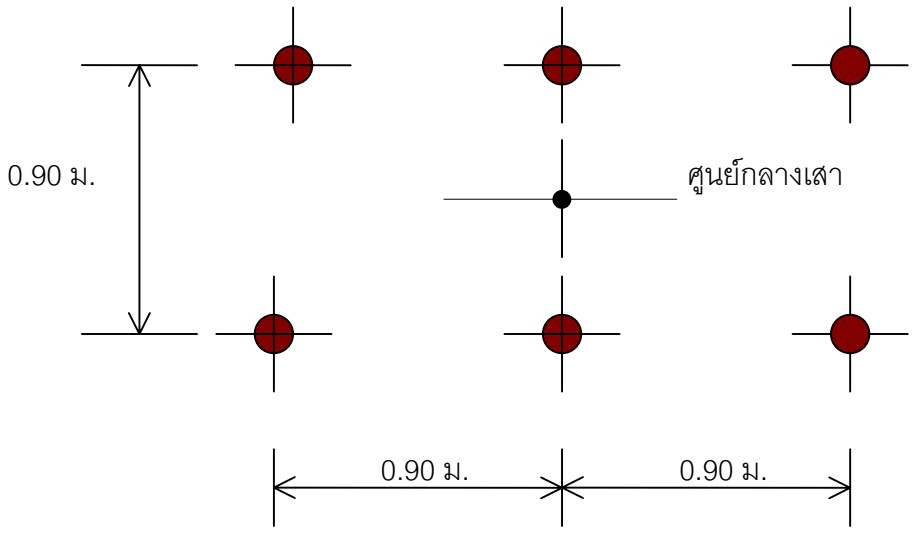
4. F4 หมายถึง ฐานรากที่เสาตั้งอยู่บนเสาเข็ม 4 ต้น ตำแหน่งของเสาไม่ใช่ตำแหน่งของเสาเข็ม โดยเสาเข็มจะอยู่รอบๆเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส การคำนวณหาระยะและการวางตำแหน่งในสนามปฏิบัติการในทำนองเดียวกันกับ F3 กำหนดให้เสาเข็มแต่ละต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ม. ให้วางตำแหน่งของเสาเข็ม



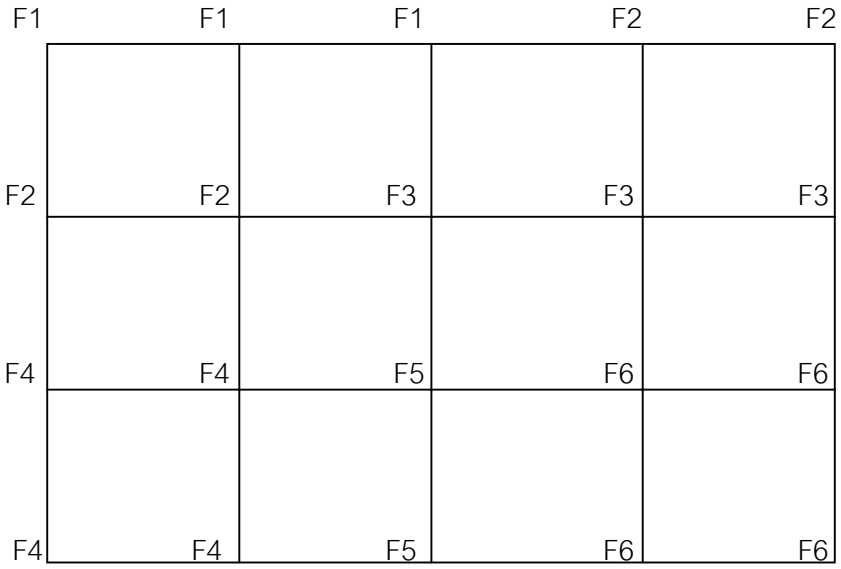
5. F5 หมายถึงฐานรากที่เสาตั้งอยู่บนเสาเข็ม 5 ต้น ตำแหน่งของเสาเข็มต้นที่ 1 จะอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์กลางเสา และเสาเข็มอีก 4 ต้นจะอยู่รอบๆเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส การคำนวณหาระยะและการวางตำแหน่งในสนามปฏิบัติการในทำนองเดียวกันกับ F3 กำหนดให้เสาเข็มแต่ละต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ม. ให้วางตำแหน่งของเสาเข็ม



6. F6 หมายถึง ฐานรากที่เสาตั้งอยู่บนเสาเข็ม 6 ต้น ตำแหน่งของเสาไม่ใช่ตำแหน่งของเสาเข็ม โดยเสาเข็มจะอยู่รอบๆเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยจะมีเสาเข็ม 2 ต้นอยู่บนแนว Column Center Line การคำนวณหาระยะและการวางตำแหน่งในสนามปฏิบัติการในทำนองเดียวกันกับ F3 กำหนดให้เสาเข็มแต่ละต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ม. ให้วางตำแหน่งของเสาเข็ม



หมายเหตุ - ในการวางตำแหน่งที่มีเสาเข็มมากกว่า 6 ต้นก็คำนวณหาทำนองเดียวกัน



รูปแสดงขั้นตอนที่ 4 การวางตำแหน่งเสาเข็ม

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1.	กล้องวัดมุมพร้อมขาตั้งจำนวน	1 ชุด
2.	เทปวัดระยะ	1 เส้น
3.	ห่วงคะแนน	5 อัน
4.	ฆ้อนปอนด์	1 เต้า
5.	หมุดไม้	15 อัน
6.	ตะปู 1″ 2″	พอประมาณ
7.	ร่มใหญ่	1 คัน
8.	หลักไม้ 1″1/2″ x 3″ x 1.5 ม.	32 ท่อน
9.	ไม้ผังระดับ 1″1/2″ x 3″ x 1.0 ม.	16 ท่อน
10.	เชือกไนลอน	1 อัน
11.	ฆ้อนหงอน	1 เต้า
12.	เชือกปอแดง ขาว อย่างละ	1 ม้วน
13.	กล้องระดับพร้อมขา	1 ชุด
14.	ไม้วัดระดับ	1 อัน

ลำดับขั้นปฏิบัติงาน

1. กำหนดสถานที่ปฏิบัติงานของแต่ละกลุ่ม
2. กำหนดขนาด กว้าง - ยาว ของรูปสี่เหลี่ยมให้เหมาะสมกับพื้นที่
3. กำหนดด้านแรกออกของรูปสี่เหลี่ยม
4. ทำการสร้างรูปสี่เหลี่ยมตามขั้นตอนที่ 1
5. สร้างไม้ผังตามขั้นตอนที่ 2
6. วางตำแหน่งช่วงเสา ตามขั้นตอนที่ 3
7. วางตำแหน่งเสาเข็มตามขั้นตอนที่ 4

ข้อควรระวัง

1. ตรวจสอบดูกล้องวัดมุมว่าเป็นแบบ Mechanical หรือ Electronic เมื่อเปิดมุม 90° กล้อง Mechanical ค่ามุมจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนกล้อง Electronic เมื่อตั้งค่า 0° แล้วหมุนตามหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ โดยกด Right (R) หรือ Left (L) ก็จะได้ค่ามุมตามต้องการ

2. ค่ามุมของกล้อง Mechanical บางมุมต้องวัดเป็นมุมภายนอก เมื่อหมุนตามเข็มนาฬิกาจะต้องได้ค่ามุม 270° จึงจะเป็นมุมภายใน 90°

3. เมื่อตอกหลัก คนกล้องจะต้องคอยตรวจสอบ แนวและดึงระยะตรวจสอบตลอดเวลา

4. ความสูงของหลักไม้บอกตำแหน่งเสาเข็ม ควรอยู่เสมอระดับดินเดิมเพราะเมื่อนำเสาเข็มและปั้นจั่น เข้ามาตำแหน่งอาจถูกทำลายหรือเคลื่อนย้ายได้

ข้อเสนอแนะ

1. หมุดต่างๆ ควรใช้ตะปูขนาดเล็ก เพื่อจับที่หมายได้ถูกต้องยิ่งขึ้น และการตั้งกล้องจะต้องให้ตรงหัวหมุด (ตะปู) ให้มากที่สุด หากคลาดเคลื่อน จะทำให้ค่ามุมและงานผิดพลาดไปด้วย

2. การเล็งแนวไปที่หลักไม้ที่ตอกแน่นแล้ว ใช้ไม้บรรทัดทาบขีดด้วยดินสอ ให้อยู่ในแนวเล็งแล้วจรดระยะตามแนว

3. ในการปฏิบัติงานจริง จะใช้ไม้ระแนงตีเป็นรูปเหลี่ยมให้ได้ขนาดที่ต้องการ นำไปวางตำแหน่งเสา ให้เข้าแนวก็จะได้ตำแหน่งของเสาเข็มเลยโดยทำโครงตั้งแต่เสาเข็ม 2 ต้นขึ้นไป

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากการปฏิบัติงานสนาม
2. ประเมินผลจากผลงาน
   - การตรวจสอบรูปสี่เหลี่ยม
   - การวางตำแหน่งเสาเข็มในสนามกับแบบที่กำหนด
   - การตรวจสอบระยะห่างช่วงเสาและเส้นทะแยงมุม
   - สมุดสนาม
   - การเปิดง่ามมุมวางตำแหน่งเสาเข็ม

กิจกรรมการเรียนการสอน ครั้งที่ 2

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
ขั้นเตรียมกิจกรรม 1. ครูจัดเตรียมเนื้อหา การวางผังอาคาร การวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผัง แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อใหญ่ คือ การวางผังอาคาร การวางตำแหน่งเสาเข็ม การให้ระดับผังตามช่วงเสา การให้ระดับผังล้อมรอบบริเวณผังอาคารและอีก 1 ใบงาน เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติการวางตำแหน่งเสาเข็มและให้ระดับผัง พร้อมทำฉลากหัวข้อ 2. ครูจัดเตรียมแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มๆ ละ ประมาณ 5-7 คน 3. ครูจัดเตรียมกล้องวัดมุม กล้องระดับ ขาตั้งกล้อง ฆ้อน ตะปู ไม้วัดระดับ หลักไม้และไม้ผัง ไว้ให้พร้อม	
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม 1. ครูนำแบบพิมพ์เขียวบ้าน หรืออาคารให้นักศึกษาดูแปลนฐานราก ดูลักษณะการวางตำแหน่งเสาเข็ม ตั้งแต่ F1 ถึง F6 หรือมากกว่า ถามว่าจะวางตำแหน่งอาคารให้ตรงตามแบบอย่างไร	- นักศึกษาดูแปลนฐานราก แสดงแบบขยายของตำแหน่งเสาเข็ม และตอบว่าการวางตำแหน่งจุดต่างๆ ให้ตรวจตามแบบก่อสร้างได้อย่างไร
2. ครูนำแบบลักษณะการให้ระดับผังต่าง ๆ ให้นักศึกษาดูแล้วพิจารณาว่าจะเลือกใช้แบบใด	- นักศึกษาพิจารณาให้ระดับผังพร้อมทั้งเลือกใช้แบบใด ให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกใช้แบบนั้น
3. ครูฉายสไลด์ให้นักศึกษาดูการใช้กล้องวัดมุมวางผังในสนาม แล้วถามนักศึกษาถึงวิธีการปฏิบัติ	- นักศึกษาดูการใช้กล้องวัดมุมวางผังในสนาม แล้วตอบคำถามถึงวิธีการปฏิบัติ

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
ขั้นสอน	
1. ครูให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มและนั่งรวมกลุ่มกัน	- นักศึกษาแบ่งกลุ่มตามจำนวนและนั่งรวมกลุ่มกัน
2. ให้ตัวแทนกลุ่มมาจับฉลากรับหัวข้อที่ต้องศึกษา เมื่อนักศึกษาได้หัวข้อที่ต้องศึกษาแล้วนำไปศึกษาในกลุ่ม	- ตัวแทนนักศึกษาในกลุ่ม จับฉลากหัวข้อที่ต้องศึกษา แล้วไปศึกษาในกลุ่ม
3. ขณะที่นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาและใบงาน ครูคอยดูแลตอบข้อสงสัยของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม	- นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาที่ได้รับมอบหมายในใบความรู้ เอกสารประกอบการเรียน ใบงาน แล้วช่วยกันสรุปเนื้อหา
4. ให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมาอภิปราย ครูคอยควบคุมการอภิปรายให้ดำเนินไปอย่างราบรื่น	- ตัวแทนกลุ่มออกมาอภิปรายให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ในชั้นฟัง
5. หากเวลามีจำกัด ครูควรให้กลุ่มที่ได้หัวข้อเหมือนกัน รวมกันสรุปเนื้อหาแล้วส่งตัวแทนออกมาอภิปราย	- กลุ่มที่เหมือนกันรวมกันแล้วสรุปเนื้อหาอีกครั้งหนึ่ง แล้วส่งตัวแทนกลุ่มออกมาอภิปราย
ขั้นสรุป	
1. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่ม ช่วยกันสรุปเนื้อหาทั้งหมด	- ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหา
2. ครูและนักศึกษาช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม – ตอบ	- นักศึกษาและครูช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม – ตอบ
3. ครูให้นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน	- นักศึกษาเบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ ลงฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. แบบพิมพ์เขียวบ้าน,อาคารต่าง ๆ
2. แบบผังระดับ
3. ใบความรู้ / ตำราเรียน
4. ใบงานการวางผังอาคาร

สื่อโสตทัศน์

1. สไลด์การใช้กล้องวัดมุมวางผังอาคาร

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. ให้นักศึกษาสรุปการศึกษา โดยให้เขียนรายงาน
2. จากการวางผังอาคาร ให้นักศึกษาออกแบบฐานราก โดยให้มีเสาเข้มตั้งแต่ F1 ถึง F6 รองรับเสาตามช่วงเสา
3. ให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติการวางผังอาคาร การวางตำแหน่งเสาเข็ม และการให้ระดับผัง

การประเมินผล

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. ตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน
3. ตรวจสอบการออกแบบว่าถูกต้องหรือไม่
4. ตรวจสอบการวางตำแหน่งเสาเข็ม การให้ระดับผังว่า มุม ระดับผังถูกต้องหรือไม่ โดยขึงเชือกบนระดับผังทุกช่วงเสา ว่าจุดที่เชือกตัดกันตรงตำแหน่งศูนย์กลางของเสาหรือไม่

แบบฝึกหัดที่ 2

1. การตรวจสอบและจัดหาข้อมูลก่อนเริ่มงาน มีอะไรบ้าง
2. การวางขอบเขตผังอาคารและตำแหน่งศูนย์เสา มีวิธีกำหนดตำแหน่งอย่างไร

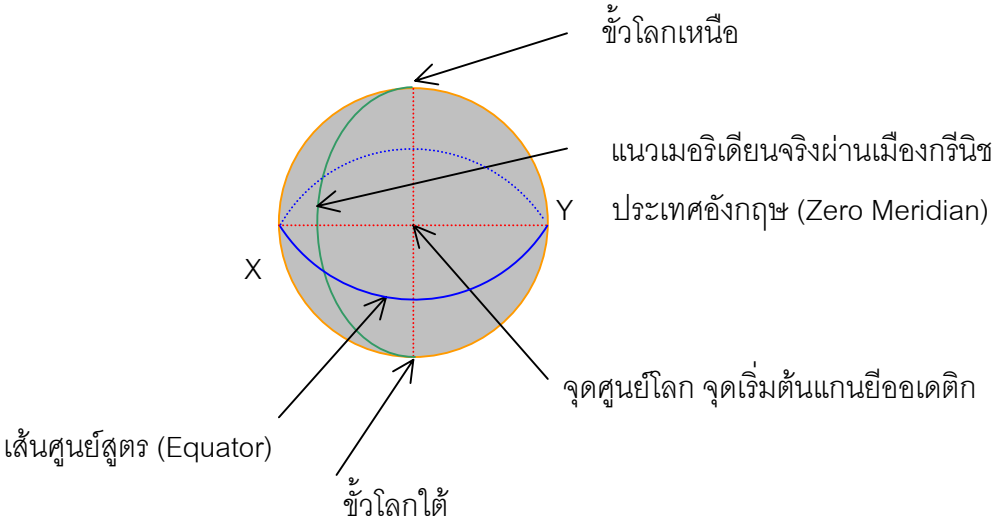
แนวตอบ

1. การตรวจสอบและจัดหาข้อมูลก่อนเริ่มงาน ปฏิบัติดังนี้คือ
   1.1 การตรวจสอบผังบริเวณที่จะก่อสร้าง
   1.2 การตรวจสอบขนาดของเนื้อที่ดิน
   1.3 การตรวจสอบหาระดับพื้นดินเดิม
   1.4 การกำหนดหมุดบังคับ
2. การวางขอบเขตผังอาคารและตำแหน่งศูนย์เสา มีวิธีกำหนดคือ
   2.1 เส้นควบคุมตำแหน่งอาคาร (เส้นควบคุมทางกว้าง,ทางยาว,ทางดิ่ง)
   2.2 การวางผังอาคารด้วยวิธีวางเส้นฐาน
   2.3 การวางผังด้วยวิธีการสร้างไม้ผัง

เรื่องที่ 2.3
การกำหนดตำแหน่งและทิศทาง

การกำหนดตำแหน่งและทิศทาง จำเป็นต้องมีแนวอ้างอิงเพื่อใช้เปรียบเทียบหรือเป็นหลักการ บอกทิศทางของแนวใดๆ โดยปกติแนวอ้างอิงที่ใช้มักจะใช้แนวคงที่ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเรียกว่า "[1]เมอริเดียน" (Meridians) ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ ด้วยกันคือ

1. **เมอริเดียนจริง** (True Meridians) ได้แก่แนวที่ผ่านขั้วโลกเหนือ ขั้วโลกใต้ ตำแหน่งที่ทำการสำรวจ หรือแนวเหนือ - ใต้ ของโลกตามภูมิศาสตร์ (Geographical Poles) เมอริเดียนจริงนี้ได้จากการรังวัดทางดาราศาสตร์ (Astromical Observation) และถือว่าแนวนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.3.1 แสดงแนวเมอริเดียนจริง

2. **เมอริเดียนแม่เหล็ก** (Magnetic Meridian) ได้แก่แนวที่ผ่าน ขั้วเหนือใต้ของแม่เหล็กโลก หรือแนวที่เข็มทิศชี้ ณ จุดที่ทำการสำรวจ แนวนี้จะไม่คงที่จะแปรเปลี่ยนไปตลอดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของขั้วแม่เหล็กโลกและสถานที่หรือตำแหน่งของจุดสำรวจ

3. **เมอริเดียนสมมติ** (Assumed Meridian) ได้แก่แนวใดๆ นอกเหนือจากแนวทั้ง 2 ที่กล่าวข้างต้น ที่สมมติขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวอ้างอิงเฉพาะงาน อย่างไรก็ดีก็มักจะเลือกแนวที่ตรงและถาวรมากที่สุดในบริเวณนั้น เช่นแนวศูนย์กลางถนน ,แนวศูนย์กลางเสาไฟแรงสูง,

---

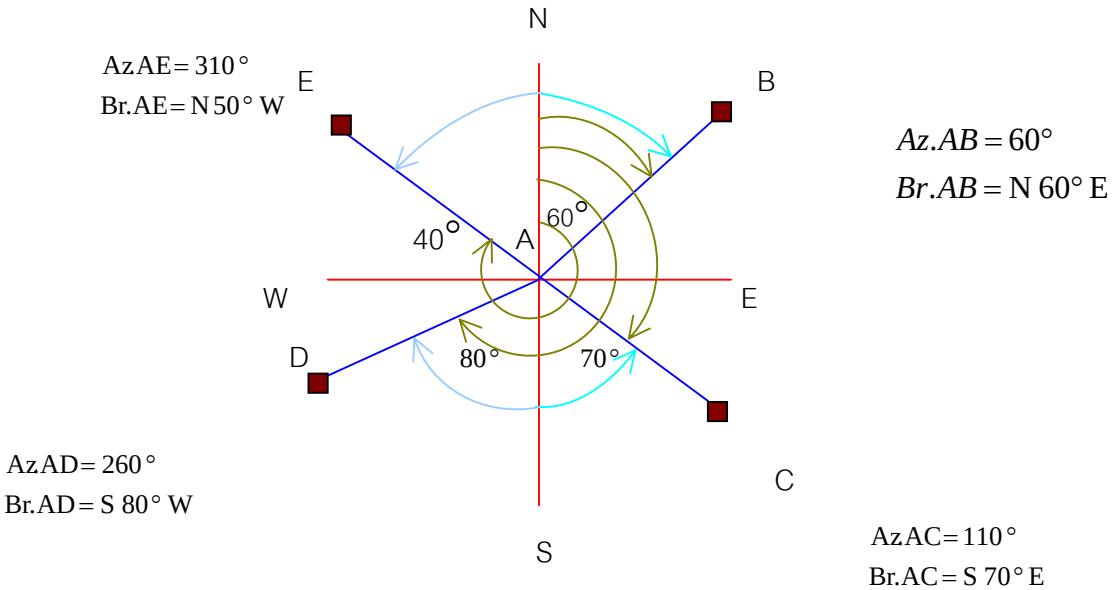
[1]ผศ.ดิลก ศรีนาวิน. การสำรวจพื้นฐาน. 2537 หน้า 113.

แนวคันคลอง เป็นต้น แนวเมอริเดียนสมมติมักจะใช้กับงานเล็กๆ เพื่อความสะดวกและประหยัดหรือในกรณีที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก

สำหรับทิศทางของแนวสำรวจใดๆ ก็จะสามารถหาหรือบอกได้ เมื่อมีแนวอ้างอิงอย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 อย่างที่กล่าวแล้วข้างต้น ในการหาหรือบอกทิศทางของแนวใดๆ จำเป็นต้องทราบค่ามุมที่แนวนั้นกระทำกับแนวเมอริเดียนที่ใช้อ้างอิง หรือแนวที่ทราบทิศทางมาก่อนแล้ว การบอกทิศทางของแนวใด ๆ นิยมใช้ 3 แบบด้วยกันคือ

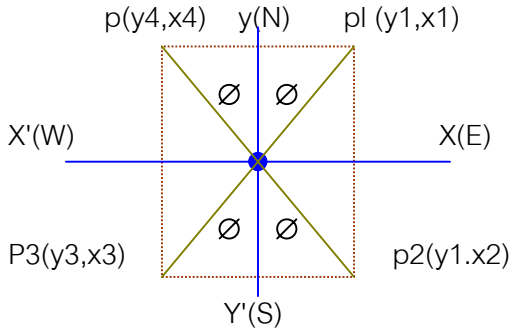
1. **มุมทิศ** (Bearing) เป็นการบอกทิศทางของแนวใดๆ โดยใช้แนวเมอริเดียนกำหนดเป็นหลักแล้วบอกค่ามุมที่แนวนั้นๆ เบนออกจากแนวเมอริเดียน โดยที่ค่ามุมต้องไม่เกิน $90°$ ดังนั้น หากใช้แนวเหนือ - ใต้ เป็นหลัก แนวที่ทำมุม $90°$ ก็คือแนวตะวันออก ตะวันตก และการบอกค่ามุมทิศก็จะเป็น NE,NW,SE หรือ SW ดังแสดงในรูป นอกจากนี้อาจบอกเป็นแบบผสมระหว่างมุมทิศกับมุมราบต่อเนื่อง

2. **มุมภาคของทิศ** (Azimuth) เป็นการบอกทิศทางของแนวใดๆ โดยใช้แนวทิศเหนือของเมอริเดียนที่กำหนด แล้วบอกค่ามุมเวียนขวาที่แนวนั้นตามเข็มนาฬิกา จนถึงแนวเส้นสำรวจหรือแนวที่ต้องการทราบ ดังนั้นค่ามุมจึงมีได้ตั้งแต่ $0°$ ถึง $360°$ ดังรูป



รูปที่ 2.3.2 แสดงการบอกทิศทางแบบมุมทิศและมุมภาคของทิศ

3. **พิกัดฉาก** (Rectangular Coordinate) เป็นการบอกตำแหน่งค่าของจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย เป็นระยะทางราบและทางตั้ง จาก 2 ข้อที่กล่าวมาข้างต้น มุมและระยะทางที่ทราบ สามารถแปลงเป็นระยะทางราบและทางตั้งได้ แกนราบและแกนดิ่งที่ใช้อ้างอิง ก็คือแนวเมอริเดียนนั่นเอง อาจจะใช้เมอริเดียนจริง, เมอริเดียนแม่เหล็ก หรือเมอริเดียนสมมติขึ้นอยู่กับลักษณะและประเภทของงานนั้น



รูปที่ 2.3.3 แสดงการบอกทิศทางแบบพิกัดฉาก

พิกัดฉากนิยมใช้ในการกำหนดตำแหน่งโครงสร้างอาคารขนาดใหญ่ หรือโครงการใหญ่ๆ ใช้พื้นที่กว้างๆ หรือยาวๆ เพราะการกำหนดค่าพิกัดฉาก จะมีค่าที่แน่นอน ตรวจสอบตำแหน่งได้ถูกต้อง หากบอกตำแหน่งด้วยวิธีอื่น เช่น มุม - ระยะ ก็อาจจะคลาดเคลื่อนได้จากการเขียนแบบ, มาตราส่วนและการวางตำแหน่ง

กำหนดให้

xx′ เป็นพิกัดราบ

yy′ เป็นพิกัดตั้ง

a เป็น R.B = มุมทิศเสี้ยว (Reduced Bearing)

op (ใดๆ) เป็นด้านของวงรอบให้ยาวเท่ากับ L

x,y (ใดๆ) เป็นพิกัดฉากจากศูนย์กำเนิด

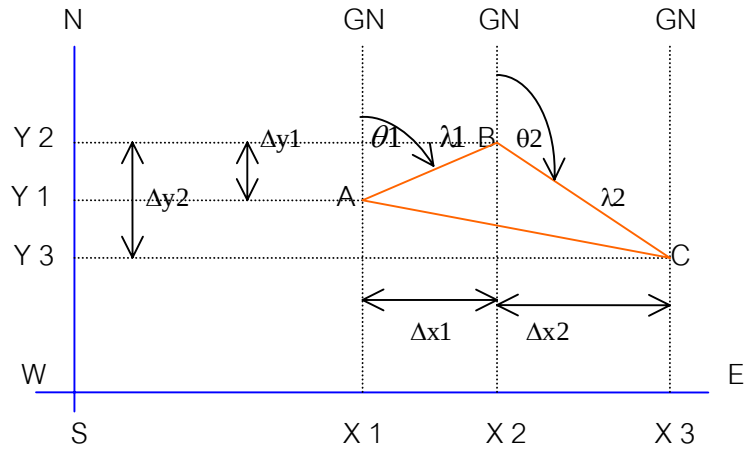
/ = ระยะวงรอบ

เครื่องหมายพิกัดฉาก

ตารางที่ 2.3.1 แสดงเครื่องหมายพิกัดฉาก

P อยู่ใน Quadrant	เครื่องหมายพิกัดฉาก		WCB (0)
	X	Y	
1	+N	+E	0 - 90
2	-S	+E	90 -180
3	-S	-W	180 - 270
4	+N	-W	270 - 360

LATTITUDES และ DEPARTURES (ส่วนของแกนตั้งและส่วนของแกนราบ)



รูปที่ 2.3.4 แสดงส่วนของแกนตั้งและส่วนของแกนราบ

กำหนดให้

0 เป็น Origin หรือจุดศูนย์กำเนิด

Δy ใดๆ เป็นผลต่างทาง Latitude

Δx ใดๆ เป็นผลต่างทาง Departure

A,B,C เป็นหมุดของวงรอบ

0 , 0 เป็น W.C.B. = มุมทิศเวียนรอบวงกลม

(The Whole Circle Bearing)

/ = ระยะวงรอบ

วงรอบด้าน AB Latitude = $\Delta y = / \cos\theta$

Departure = $\Delta x = / \sin\theta$

หรือเนื่องจากว่า AB อยู่ใน Quadrant ที่ 1

$$\Delta y = \Delta N / \cos\theta$$

$$\Delta x = \Delta E / \sin\theta$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\Delta y = \text{Latitude (W)} = / \cos\theta$$

$$\Delta x = \text{Departure (E)} = / \sin\theta$$

การคำนวณจะใช้ 0 (=W.C.B.) หรือจะใช้ a (=R.B) ก็ได้ ถ้าใช้ 0 เครื่องหมายจะออกมาเป็นบวก-ลบเลย ถ้าใช้เครื่องคำนวณ ส่วนการใช้ a จะต้องจำค่าเครื่องหมายของ Latitude และ Departure

ตารางที่ 2.3.2 แสดงความหมายของ Latitude และ Departure

ด้านของวงรอบอยู่ใน Quadrant ที่	Latitude	Departure	W.C.B.	R.B
1	+	+	0 - 90	N a E
2	-	+	90 - 180	S a E
3	-	-	180 - 270	S a W
4	+	-	270 - 360	N a W

การคำนวณพิกัดฉากต่อเนื่อง

จากรูป 2.3.4 ถ้าต้องการหาพิกัดฉากจากศูนย์กำเนิด ก็จะนำเอาค่า Latitude และ Departure มาบวกต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ คิดเครื่องหมายแบบพีชคณิตด้วย ตัวอย่าง เช่น ต้องการพิกัดฉากของจุด C คือ (y,x) จะได้ว่า

$$y3 = y1 + \Delta y1 - \Delta y2 \text{ .....(1)}$$

หรือ $$y3 = y1 + /1\ Cos\theta 1 + /2\ Cos\theta 2$$

$$x3 = x1 + \Delta x1 + \Delta x2\text{.....(2)}$$

$$x3 = x1 + /1\ Sin\theta 1 + /2\ Sin\theta 2$$

กำหนดให้ xn และ yn เป็นพิกัดของจุดใดๆ

x1 และ y1 เป็นพิกัดของจุดแรกออก

จะได้สูตรว่า

$$yn = y1 + /1Cos\theta 1 + \text{..../}n\ Cos\theta n$$

ถ้าอยู่ใน Quadrant ที่ 1 เราจะได้ว่า

$$Nn = /1Cos\theta 1 + /2Cos\theta 2 + \text{..../}nCos\theta n$$

$$En = /1Sin\theta 1 + /2Sin\theta 2 + \text{...../}nSin\theta n$$

เมื่อ N1 และ E1 เป็นพิกัดฉากของหมุดแรกออก N และ E เป็นค่าจุดพิกัดจากศูนย์กำเนิด

ใบงานที่ 3	
วิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง **ชื่อหน่วย การวางผังและการให้ระดับอาคาร**	**หน่วยที่ 2** **สอนครั้งที่ 3** **จำนวนรวม 9**
ชื่องาน การวางผังด้วยระบบพิกัดฉาก	**จำนวนคาบ 3**

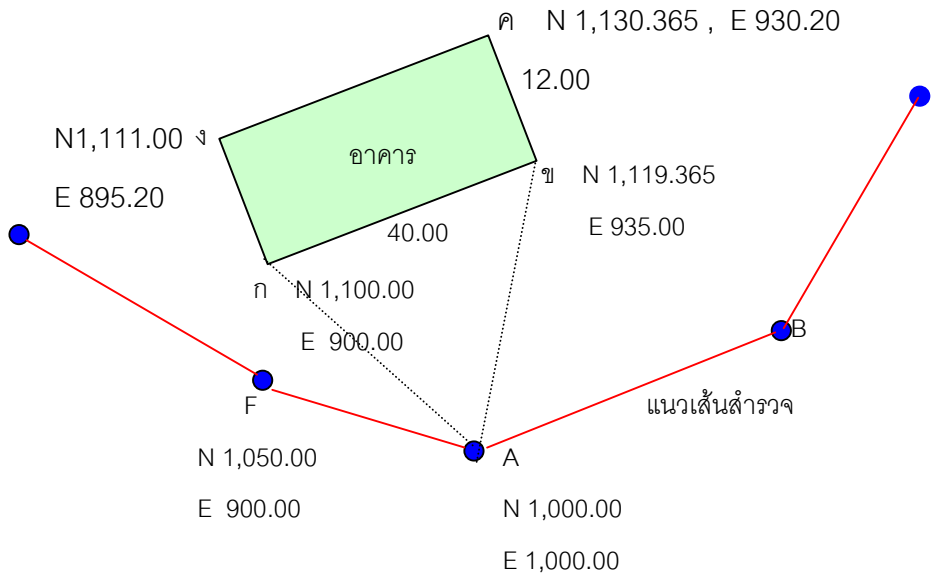
จุดประสงค์ เมื่อฝึกปฏิบัติตามใบงานที่ 3 แล้ว

1. สามารถคำนวณหาตำแหน่งของอาคารจากระบบพิกัดฉากได้
2. สามารถวางตำแหน่งอาคารได้ถูกต้อง
3. นำหลักการวางผังด้วยระบบพิกัดฉาก ไปใช้ในงานสำรวจเพื่อการก่อสร้างได้

ทฤษฎี

ระบบพิกัดฉาก (Rectangular Coordinate) จะต้องคำนึงถึงแกนสองแกน คือ แกน X หรือแกนราบกับแกน Y หรือแกนดิ่ง แกนทั้งสองตัดกันถือเป็นจุดศูนย์กำเนิด แกน X อยู่ในแนวออก - ตก ส่วนแกน Y อยู่ในแนวเหนือ - ใต้

ในการสำรวจผังบริเวณ เก็บรายละเอียดเพื่อนำมาออกแบบในงานก่อสร้างนั้น มักจะทำเป็นวงรอบ เพื่อถ่ายค่าพิกัดไปตามจุดต่างๆ ให้สัมพันธ์กัน และใช้จุดเหล่านั้นเก็บรายละเอียด เมื่อได้ข้อมูลเขียนรูปแผนที่ออกมาแล้ว การกำหนดตำแหน่งของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆขึ้น มักจะอ้างอิงกับค่าพิกัดของหมุดวงรอบ เพื่อให้ตำแหน่งของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างนั้น จะไม่เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากการออกแบบ วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่ใช้กับงานที่ต้องการความละเอียดสูง



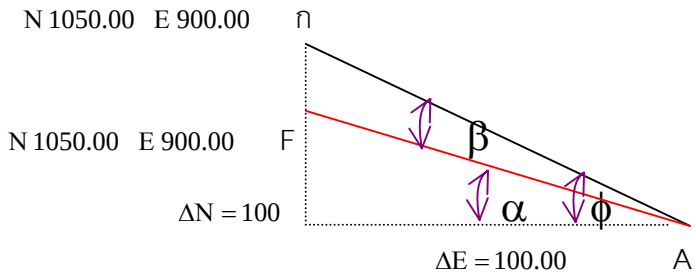
- จุด A,B,F เป็นจุดที่ทราบพิกัด จากการทำวงรอบ เป็นแนวเส้นสำรวจ
- ต้องการกำหนดจุด ก,ข,ค,ง ซึ่งเป็นตำแหน่งของอาคารใหม่ที่ต้องการก่อสร้าง โดยการวาง ตำแหน่งด้วยระบบพิกัดฉาก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กล้องวัดมุมพร้อมขาตั้ง จำนวน 1 ชุด
2. เทปวัดระยะ จำนวน 1 เส้น
3. หมุดไม้ จำนวน 7 หมุด
4. ฆ้อนหงอน จำนวน 1 เต้า
5. ฆ้อนปอนด์ จำนวน 1 เต้า
6. ร่มใหญ่ จำนวน 1 อัน
7. ตะปู 1" จำนวน 7 ตัว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. ค้นหาหมุดพิกัดที่ทราบค่าในสนาม สมมติได้จุด F,A
2. ตั้งกล้องที่จุด A คำนวณหามุม FAก และ ระยะ Aก



N 1000.00 E 1000.00

ระยะ Aก $= \sqrt{(100)^{\wedge\ 2} + (100)^{\wedge\ 2}}$

$= 141.421$ ม.

$\tan\phi = 100/100$

$\phi = \tan^{-1} 1 = 45°$

$Tan\,\alpha = 50/100$

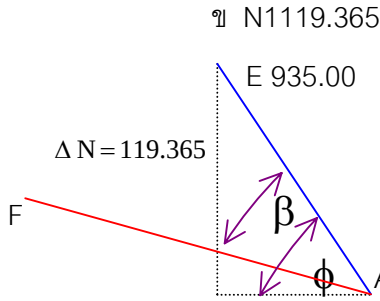
$\alpha = \tan^{-1} 50/100 = 26° 33' 54.18''$

มุม FAก $= \beta = 45° 00' - 26° 33' 54.18''$

$= 18° 26' 5.82''$

3. ตั้งค่ามุมราบ $00^\circ 00' 00''$ ที่จุด F เปิดค่ามุมราบ $18^\circ 26' 5.82''$ วัดระยะ 141.421 ม. จะได้ตำแหน่งที่จุด ก

4. คำนวณหามุม FAข ระยะ Aข



ระยะ Aข $= \sqrt{(119.365)^{\wedge\ 2} + (65)^{\wedge\ 2}}$

$= 152.675$ ม.

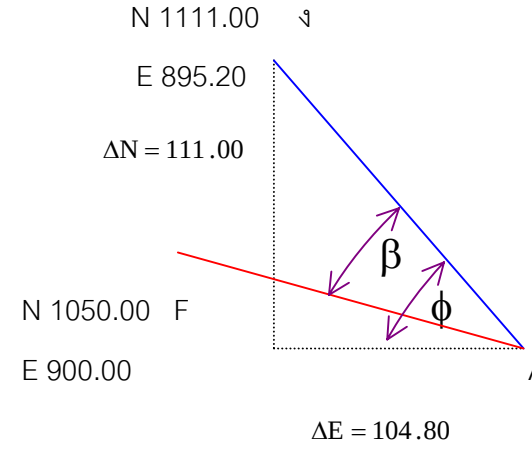
$\tan \phi = 119.365/65$

$\phi = \tan^{-1} = 61^\circ 25' - 46.47''$

มุม FAข $= \beta = 61^\circ 25' 46.47'' - 26^\circ 33' 54.18'' = 34^\circ 51' 52.29''$

5. ตั้งค่ามุมราบ $00^\circ 00' 00''$ ที่จุด F เปิดค่ามุมราบ $34^\circ 51' 52.29''$ วัดระยะ 135.915 ม. จะได้ตำแหน่งที่จุด ข

6. คำนวณมุม FAง,ระยะ Aง



ระยะ Aง $= \sqrt{(111.00)^2 + (104.80)^2}$

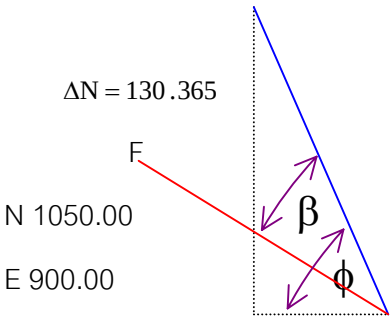
$= 152.675$ ม.

$$\tan \phi = \frac{111.00}{104.80}, \phi = \tan^{-1} \frac{111.00}{104.80} = 46^\circ 38' 44.42''$$

$\beta = 46^\circ 38' 44.42'' - 26^\circ 33' 54.18'' = 20^\circ 04' 50.24''$

7. ตั้งค่ามุมราบ $00^\circ 00' 00''$ ที่จุด F เปิดค่ามุมราบ $20^\circ 04' 50.24''$ วัดระยะ 152.675 ม. จะได้ตำแหน่งที่จุด ง.

8. คำนวณมุม FAค, ระยะ Aค



ระยะ Aค $= \sqrt{(130.365)^{\wedge\ 2} + (69.80)^{\wedge\ 2}}$

$= 147.875$ ม.

$\tan \phi = 130.375/69 .80$

$\phi = \tan^{-1} = 61° 50' 4.28''$

$\beta = 61° 50' 4.28'' - 26° 33' 54.18'' = 35° 16' 10.1''$

9. ตั้งค่ามุมราบ $00° 00' 00''$ ที่จุด F เปิดค่ามุมราบ $35° 16' 10.1''$ วัดระยะ 147.875 ม. จะได้ตำแหน่งจุด ค.
10. ตรวจสอบระยะความกว้างและความยาวของอาคารว่าเท่ากับที่ออกแบบหรือไม่ หากคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่จะยอมรับได้ จะต้องตรวจสอบรายการคำนวณตั้งแต่ข้อ 1-9 ใหม่

ข้อควรระวัง

1. เมื่อคำนวณค่ามุมที่จะเปิดไปยังตำแหน่งก่อสร้าง จะต้องระมัดระวังการเปิดค่ามุมให้เท่ากับที่คำนวณได้
2. หมุดตำแหน่งก่อสร้างจะต้องตอกให้แน่น เทปที่ใช้ควรเป็นเทปเหล็ก ซึ่งยืด-หดตัวน้อย หากเป็นเทปผ้าหรือ P.V.C. ควรเป็นเทปใหม่ๆ ที่ยังสมบูรณ์ดีอยู่ หากเป็นเทปเก่า จะมีการยืด-หดตัวมาก

ข้อเสนอแนะ

1. การหาตำแหน่งหมุดวงรอบ จะต้องหาให้พบอย่างน้อย 2 จุดและเลือกจุดตั้งกล้อง ที่หมุดใดที่เมื่อตั้งกล้องแล้ว จะเปิดมุมตามเข็มนาฬิกาไปยังบริเวณที่ก่อสร้างได้สะดวก
2. การฝึกปฏิบัติ ให้กำหนดหมุดวงรอบตามตำแหน่ง 2 จุด เพื่อใช้เป็นแกนอ้างอิง

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากการปฏิบัติงานสนาม
2. ประเมินจากผลงาน
   - เมื่อวางตำแหน่งของอาคารแล้ว วัดระยะ กว้าง ยาว ตรงตามแบบหรือไม่
   - สมุดสนาม

กิจกรรมการเรียนการสอน ครั้งที่ 3

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
ขั้นเตรียมกิจกรรม 1. ครูจัดเตรียมเนื้อหา การกำหนดตำแหน่งและทิศทางแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อคือเมอริเดียน, มุมทิศ,มุมภาคของทิศ,พิกัดฉากและใบงานการวางผังอาคารด้วยพิกัดฉาก เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติวางผังอาคารด้วยพิกัดฉากพร้อมทั้งทำฉลากหัวข้อ 2. ครูจัดเตรียมแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มๆ ละประมาณ 5-7 คน 3. ครูจัดเตรียมกล้องวัดมุม,เทปวัดระยะ,ขาตั้งกล้อง,ฆ้อน,ตะปู,หลักไม้ ไว้ให้พร้อม	
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม 1. ครูนำแบบพิมพ์เขียวอาคารหรือรั้ว,ถนน, สะพาน,อุโมงค์ หรือ งานก่อสร้างอื่น ๆ ที่บอกตำแหน่งจุดต่างๆ เป็นพิกัดฉาก แล้วถามนักศึกษาว่าจะเริ่มวางตำแหน่งโครงงานก่อสร้างอย่างไร	- นักศึกษา ศึกษาแบบพิมพ์เขียว ดูหมุดวงรอบที่ใกล้เคียง,ดูค่าพิกัดฉากพร้อมทั้งตอบคำถามว่าจะวางตำแหน่งจุดต่างๆ อย่างไร
ขั้นสอน 1. ครูให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มและนั่งรวมกลุ่มกัน 2. ให้ตัวแทนกลุ่มมาจับฉลากรับหัวข้อ ที่ต้องศึกษา เมื่อนักเรียนได้หัวข้อที่ต้องศึกษาแล้ว ให้นำไปศึกษาในกลุ่ม	- นักศึกษาจัดกลุ่มตามจำนวนและนั่งรวมกลุ่มกัน - นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาที่ได้รับมอบหมายในใบความรู้ เอกสารประกอบการเรียนใบงาน แล้วช่วยกันสรุปเนื้อหา

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
3. ขณะที่นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาและใบงาน ครูคอยดูแลตอบข้อสงสัยของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม	- นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาที่ได้รับมอบหมายในใบความรู้ เอกสารประกอบการเรียน ใบงาน แล้วช่วยกันสรุปเนื้อหา
4. ให้ตัวแทน นักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมาอภิปราย ครูคอยควบคุมการอภิปรายให้ดำเนินไปอย่างราบรื่น	- ตัวแทนกลุ่มออกมาอภิปรายให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ในชั้นฟัง
ขั้นสรุป	
1. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหาทั้งหมด	- ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหา
2. ครูและนักศึกษาช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม - ตอบ	- นักศึกษาและครูช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม - ตอบ
3. ครูให้นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน	- นักศึกษาเบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ลงฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. แบบพิมพ์เขียวงานโครงสร้างที่บอกตำแหน่งด้วยระบบพิกัดฉาก
2. ใบความรู้ / ตำราเรียน
3. ใบงานการวางผังอาคารด้วยระบบพิกัดฉาก

สื่อโสตทัศน์

1. แผ่นใสใบงานที่ 3 (สำหรับกลุ่มที่อภิปรายเกี่ยวกับการลงปฏิบัติงาน หรือครูผู้สอนอธิบายเพิ่มเติม)

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

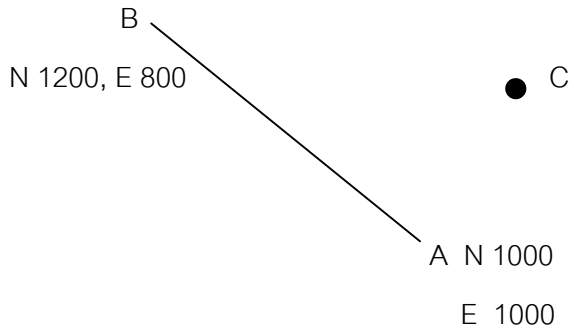
1. ให้นักศึกษาสรุปผลการศึกษา โดยให้เขียนรายงาน
2. ให้นักศึกษาออกแบบโครงสร้างด้วยระบบพิกัดฉาก
3. ให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติการวางผังอาคารด้วยระบบพิกัดฉาก

การประเมินผล

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. ตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน
3. ตรวจสอบการออกแบบว่าถูกต้องหรือไม่
4. ตรวจสอบการวางผังอาคารว่าเกิดการบิดเบี้ยวหรือไม่ โดยการตรวจสอบมุมและระยะ ถูกต้องหรือไม่

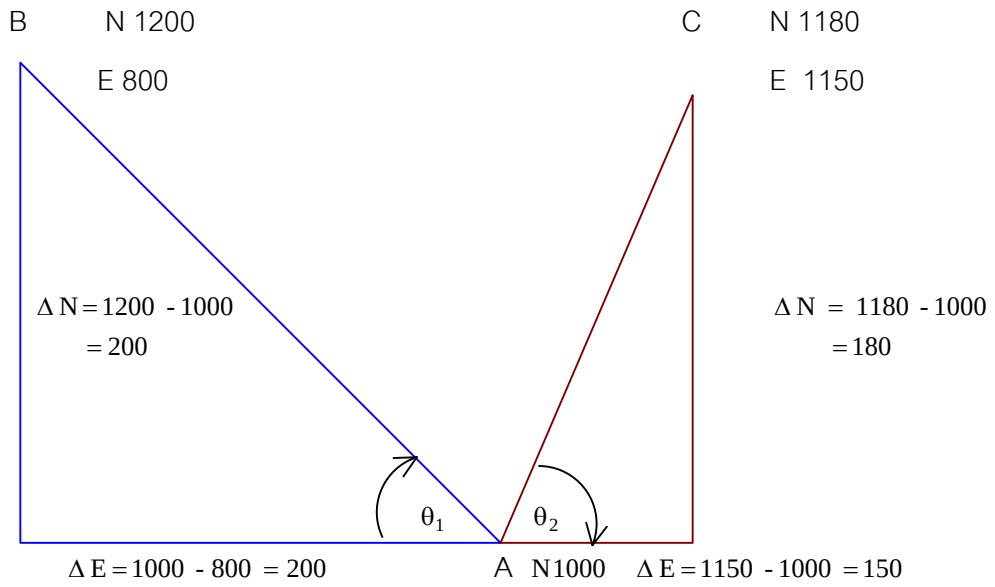
แบบฝึกหัดที่ 3

1. จุด A มีพิกัด N 1000, E 1000, B มีพิกัด N 1200, E 800 ต้องการวางตำแหน่งจุด C มีพิกัด N 1180, E 1150 มีวิธีการปฏิบัติอย่างไร



<u>แนวตอบ</u>

1. ปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้คือ
   1. เขียนรูปและลงตำแหน่ง หาระยะราบและดิ่ง



   2. คำนวณหา θ_1 จาก $\tan\theta_1 = \frac{\Delta N}{\Delta E} = \frac{200}{200} = 1$ E 1000

$$\theta_1 = \tan^{-1} 1 = 45°$$

3. คำนวณหา θ_2 จาก $\tan \theta_2 = \frac{\Delta N}{\Delta E} = \frac{180}{150} = 1.2$

$$\theta_2 = \tan^{-1} 1.2 = 50.194^\circ$$

4. คำนวณหาระยะ AC = $\sqrt{(180)^2 + (150)^2}$ = 234.31 ม.

$$= (90^\circ - \theta_1) + (90^\circ - \theta_2)$$

$$= (90 - 45) + (90 - 50.194) = 84.806^\circ$$

5. ตั้งค่ามุมราบ $00^\circ 00' 00''$ ที่จุด B เปิดค่ามุมราบ 84.806 $^\circ$ วัดระยะ 234.31 ม. จะได้ตำแหน่งจุด C

เรื่องที่ 2.4
การกำหนดตำแหน่งอาคารทางสูงและการตรวจสอบ

การกำหนดตำแหน่งทางสูงของอาคารถือว่าเป็นงานส่วนหนึ่งของการกำหนดตำแหน่งของอาคารให้ครบทั้ง 3 มิติ การกำหนดระยะและการตรวจสอบ เป็นงานที่ปฏิบัติได้ค่อนข้างยาก แต่งานนี้มีส่วนสัมพันธ์กับงานโครงสร้างส่วนอื่นๆ โดยเฉพาะอาคารที่มีความสูงมากๆ หรืองานที่ต้องการความละเอียดถูกต้องเป็นพิเศษ ถือว่าเป็นงานที่มีความสำคัญอย่างมาก

การกำหนดและตรวจสอบความสูงของอาคารมีวิธีปฏิบัติได้หลายวิธีเช่นกัน ดังนั้นควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ

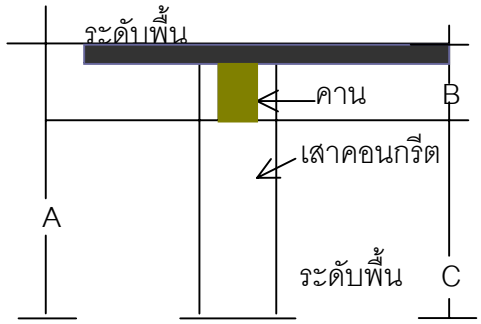
ความสูงของอาคารที่ถูกต้อง ประกอบด้วยความสูงจากระดับพื้นแต่ละชั้น ตามที่กำหนด ในอาคารทางสูงเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่ง ที่ผู้ปฏิบัติมักจะละเลย และมีสิ่งที่ผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากไม่สามารถกำหนดแนวอ้างอิงทางสูงได้ชัดเจน ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงจำเป็นจะต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ เพื่อที่จะเลือกใช้วิธีการและเทคนิคต่างๆ ที่จะทำให้งานควบคุมความสูงของอาคาร เป็นไปอย่างถูกต้องและต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง

งานควบคุมแนวอาคารทางสูงบางประเภท ที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูง เช่น อาคารโครงเหล็ก อาคารประเภทที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป ควรจะต้องใช้เครื่องมือพิเศษและช่างมีความชำนาญโดยเฉพาะ โดยทั่วไปงานก่อสร้างที่ส่วนที่อยู่เหนือดินขึ้นไป มีการตรวจสอบดังนี้

1. **การกำหนดความสูงของระดับพื้นอาคาร**

โดยทั่วไปการปฏิบัติงานสนามของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ความสูงของพื้นอาคารจะกำหนดได้ดังนี้

ประการแรก ช่างไม้ประกอบแบบหล่อจะกำหนดความสูงของแบบหล่อเสารับพื้นขั้นต้น โดยวัดระยะจากระดับคอนกรีตที่หล่อเสร็จแล้วถึงยอดเสา หรือระดับท้องคานรับพื้นชั้นเหนือขึ้นไป ซึ่งจะหักความลึกของคานออกจากความสูงของระดับพื้น (หมายถึงพื้นที่ตกแต่งแล้ว ถ้าใช้วัสดุปูพื้นที่แตกต่างกัน อาจมีส่วนทำให้งานกำหนดระดับความสูงผิดได้ง่าย ความผิดพลาดนี้อาจไม่เสียหายมากนัก แต่จะไปปรากฏที่บันไดส่วนที่ติดกับพื้น) และตรวจสอบแนวดิ่งด้วยระดับน้ำไปพร้อมกัน



จากรูป A = ความสูงจากระดับพื้นถึงพื้น

B = ความสูงของคานรวมกับพื้น

C = ความสูงของแบบหล่อเสา

$\therefore$ C = A - B

รูปที่ 2.4.1 การกำหนดความสูงของระดับพื้นอาคาร

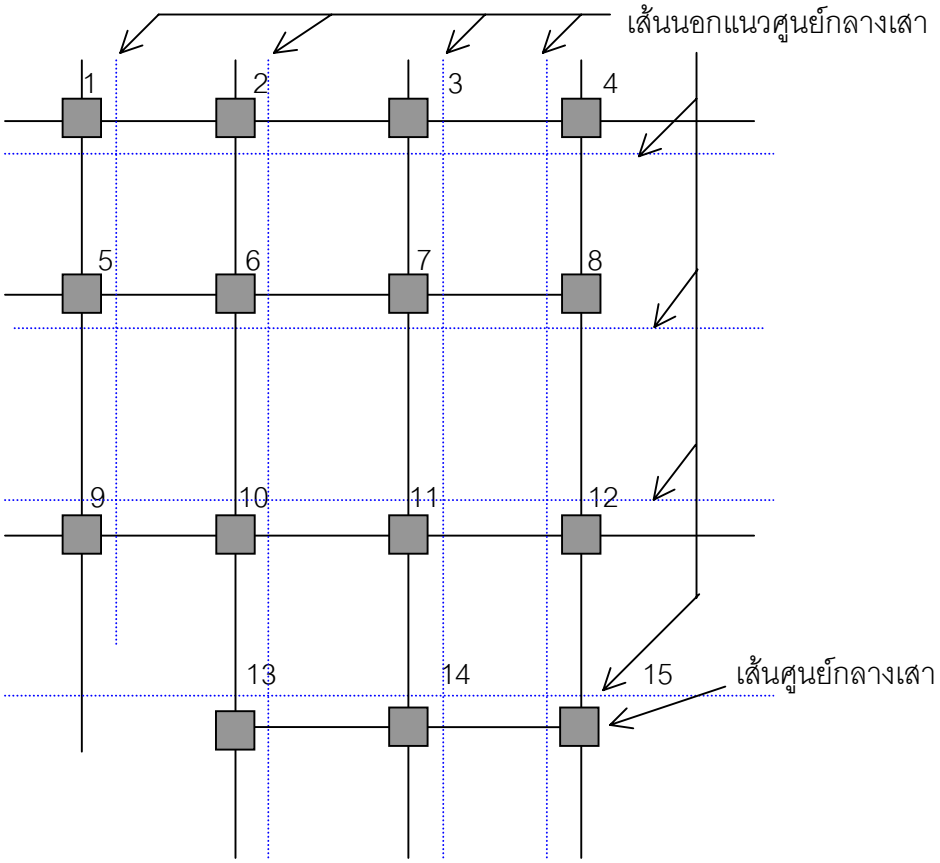
2. **การตรวจสอบระดับพื้นอาคาร**

การตรวจสอบระดับพื้นอาคาร ควรจะต้องตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบระดับของแบบหล่อคานและของพื้น และเมื่อติดตั้งเหล็กเสริมแล้วควรมีการกำหนดระดับแบบของพื้นคอนกรีตที่จะหล่อต่อไป

การกำหนดระดับความสูงเหนือพื้น เช่น ระดับของวงกบหน้าต่าง ให้กำหนดระดับไว้ที่ผิวของเสาคอนกรีตด้านนอกและที่เสาภายในบางต้น เพื่อสะดวกแก่ช่างก่ออิฐหรือช่างติดตั้งหน้าต่าง นอกจากนี้ยังใช้ในการตรวจสอบการทรุดตัวของเสาด้วย

3. **การกำหนดและตรวจสอบแนวศูนย์กลางเสา**

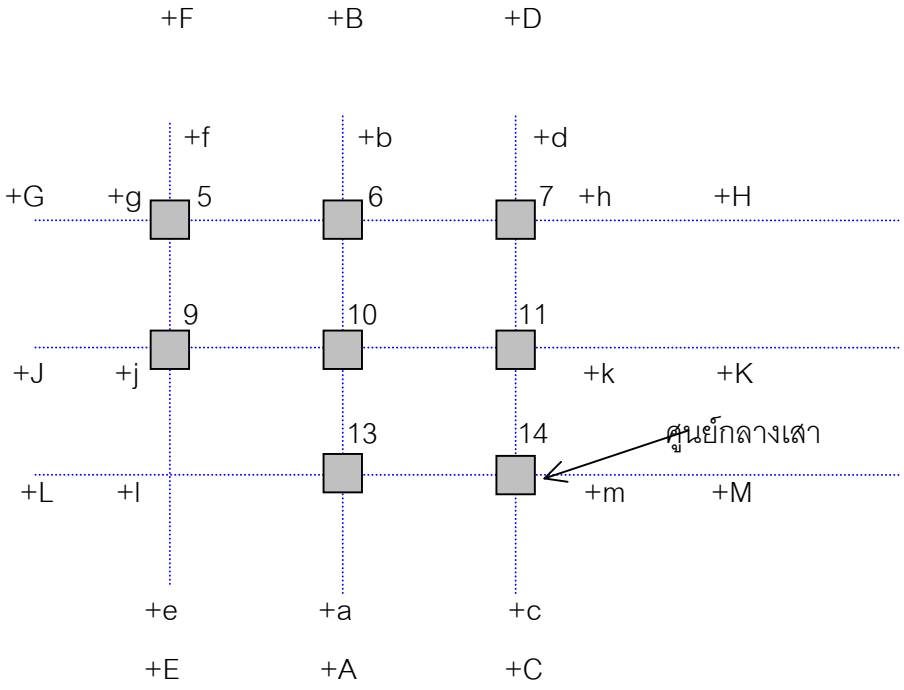
แนวศูนย์กลางเสาทุกต้นของพื้นทุกชั้น จะได้รับการวัดและตรวจสอบในขณะที่ติดตั้งเหล็กเสริมและแบบหล่อเสาสำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก วิธีปฏิบัติอาจเลือกได้ตามความละเอียดที่ต้องการ โดยทั่วไปใช้กล้องวัดมุมในการส่องกำหนดแนวศูนย์กลางเสา ที่ระดับพื้นคอนกรีต ส่วนการติดตั้งเหล็กเสริมและแบบหล่อจะใช้ระดับน้ำหรือแขวนลูกดิ่งตรวจสอบ วิธีนี้ค่อนข้างหยาบ ควรใช้กล้องตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง โดยมีวิธีการปฏิบัติดังภาพนี้



รูปที่ 2.4.2 การกำหนดแนวนอกศูนย์กลางเสาเพื่อใช้กำหนดแนวศูนย์กลางเสา

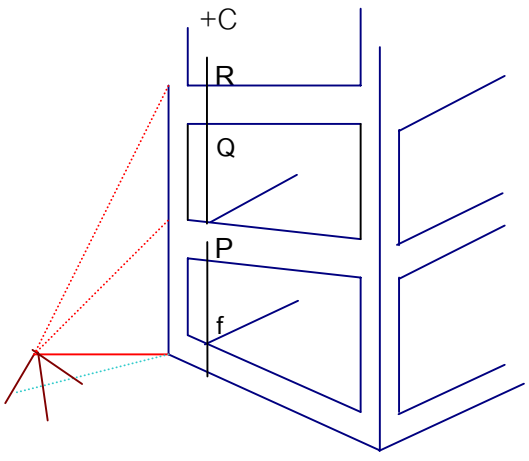
4. การตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร

การตรวจสอบแนวดิ่งมีวิธีการตรวจสอบที่นิยมใช้กันคือ การตรวจสอบแนวดิ่งรวมเป็นครั้งคราวที่มุมอาคาร หรือช่องทะลุระหว่างชั้น (เจาะไว้โดยเฉพาะหรือช่องลิฟท์ ช่องบันได) โดยวิธีทิ้งสายดิ่ง หรือใช้กล้องส่องดิ่งโดยเฉพาะ (Opical Plumbing Equipment) หรือจะใช้วิธีสร้างเส้นควบคุมแนวดิ่งโดยการใช้กล้องวัดมุม ดังรูป 2.4.3 ก. และ ข.



รูปที่ 2.4.3 ก. การตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร

- จุด A,B,C,D,E,F,G,H,J,K,L,M, เป็นจุดตั้งกล้อง
- จุด a,b,c,d,e,f,g,h,I,k,l,m. เป็นจุด Back Sight
- จุด P,Q,R เป็นจุดที่อยู่ที่ขอบพื้นแต่ละชั้นและถือว่าเป็นจุดที่อยู่ในเส้นควบคุมแนวดิ่งที่จะใช้ตรวจสอบแนวศูนย์เสา



รูปที่ 2.4.3 ข. การตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร

ใบงานที่ 4	
วิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง **ชื่อหน่วย การวางผังและการให้ระดับอาคาร**	**หน่วยที่ 2** **สอนครั้งที่ 4** **จำนวนคาบรวม 12**
ชื่องาน การควบคุมอาคารให้ได้ดิ่ง	**จำนวนคาบ 3**

จุดประสงค์

1. เข้าใจการควบคุมอาคารให้ได้ดิ่งแบบต่าง
2. สามารถเลือกวิธีการควบคุมอาคารให้ได้ดิ่ง ให้เหมาะสมกับงานได้
3. สามารถตรวจสอบอาคารให้ได้ดิ่ง

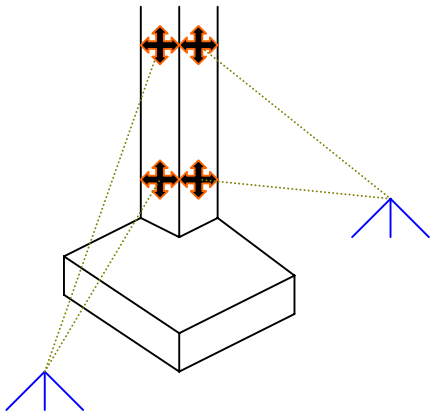
ทฤษฎี

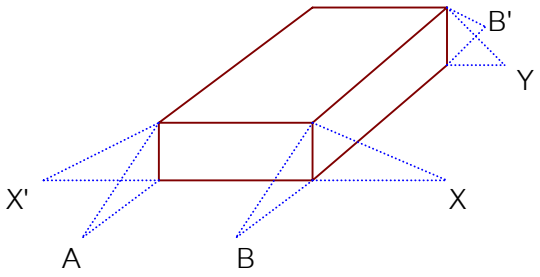
การควบคุมการได้ดิ่งของอาคารสูง

เมื่อก่อสร้างตึกสูงหลายๆ ชั้น ปัญหาการควบคุมการก่อสร้างให้อยู่ในแนวดิ่ง ให้ถูกต้องนั้นทำได้ลำบาก และต้องมีเครื่องมือเพื่อใช้ปฏิบัติงาน เพราะถ้าโครงสร้างไม่ได้ดิ่งและระยะทางราบและทางดิ่งคลาดเคลื่อน ผลก็คือต้องทำการก่อสร้างใหม่ ตัวอย่างเช่น ปล่องลิฟท์ถ้าไม่ได้ดิ่งและขนาดไม่ได้ จะใส่ลิฟท์ไม่ได้ เป็นต้น การควบคุมการได้ดิ่ง ทำได้หลายวิธี เช่น

1. **การใช้ลูกดิ่ง** (Plumb bob Method) ลูกดิ่งที่ใช้ควรมีน้ำหนักตั้งแต่ 200 กรัม โดยใช้สายเปียนโน หรือสายไนลอน เวลาใช้อาจจะนำลูกดิ่งให้ตรงกับจุดอ้างอิง แล้วใส่ลงในอ่างน้ำเพื่อไม่ให้ดิ่งแกว่งหรืออาจจะให้ปลายดิ่งอยู่ในรูที่ทำขึ้นก็ได้ เมื่อดิ่งตรงกับจุดอ้างอิงแล้ว ก็สามารถที่จะวัดออกจากสายดิ่ง ซึ่งจะเท่ากับออกจากหมุดอ้างอิง ก็จะได้แนวดิ่งของชั้นบน (Upper Floor)

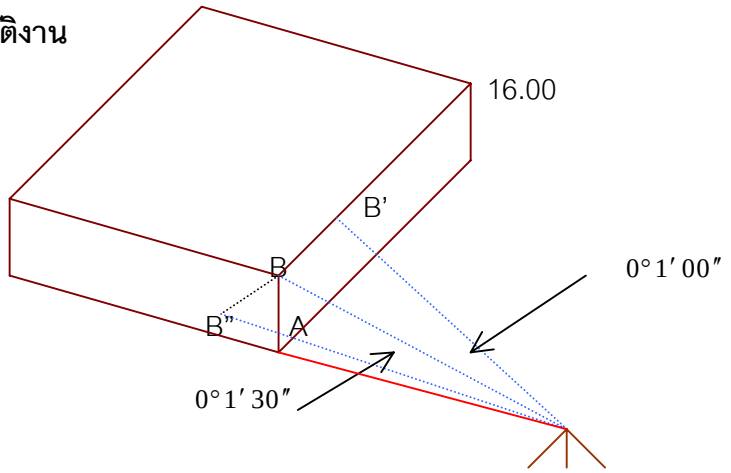
2. **การใช้กล้องวัดมุม** (Theodolite Method) ตั้งกล้องวัดมุมบนจุดที่อยู่บนแนวเส้นฐานหรือ Column Line บนพื้นดิน ซึ่งจะทำไว้ก่อนแล้ว แล้วส่องไปยังเป้า หรือเครื่องหมายที่ทำไว้ กล้อง 2 เครื่องจะต้องอยู่บนแกน x,y เสร็จแล้วกระดกกล้องขึ้นไปบนชั้นที่กำลังตั้งแบบเสาหรือตั้งเสา แบบก็จะได้ดิ่งจากการส่องสกัดกล้อง 2 เครื่อง ส่วนแบบเสาที่อยู่ช่วงกลางก็สามารถเล็งหรือขึงเชือกกำหนดแนวเล็งได้





A, A′, B, B′, X, X′, Y, Y′ เป็นจุดที่อยู่ในแนวศูนย์กลางเสาจากการวางผังอาคาร

รูปแสดงการปฏิบัติงาน



ในการปฏิบัติงาน การควบคุมการได้ดิ่ง อาจจะต้องใช้เวลานานและข้อจำกัดในการใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นในการปฏิบัติงาน จึงจะให้นักศึกษาตรวจสอบอาคารที่มีอยู่เดิมว่า ได้ดิ่งหรือไม่ ตรวจสอบว่าบิดหรือ เอียงไปทางซ้ายหรือขวา เป็นระยะเท่าไร มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้คือ

1. เลือกอาคารสูง ที่มีอยู่ในวิทยาลัยฯ หาความสูงของอาคารจากแบบหรือจากการวัดระยะ (ตัวอย่างสมมติ ได้ความสูง AB = 16.00 ม.)

2. ตั้งกล้องให้อยู่ในแนวของด้านที่จะตรวจสอบ โดยห่างจากตัวอาคารพอประมาณ ให้มองเห็นเมื่อส่องที่ยอดอาคาร

3. ตั้งค่ามุมราบเป็น 0° จับที่หมาย A (หากขณะปฏิบัติงานจุด A จะเป็นศูนย์กลางเสา แต่ในการฝึกปฏิบัติจะยุ่งยากเมื่อหาศูนย์กลางเสาที่จุด B ดังนั้นให้จุด A อยู่ริมนอกสุดของอาคาร)

4. กระดกกล้องขึ้นไปที่ยอดอาคาร (จุด B) หากอาคารได้ดิ่งจะทับจุด B พอดี

5. หากกระดกกล้องแล้วได้ตำแหน่งที่ B′ แสดงว่าอาคารเอียงออกมาทางซ้ายมือ เพราะแนวดิ่งจะต้องอยู่ที่ B′ จากนั้นคลายล็อคจานองศาราบหมุนกล้องมาจับที่ริมสุดของอาคาร (B) อ่านค่ามุม α สมมุมว่าอ่านได้ $0^\circ 1' 00''$ คำนวณ

$$\tan \alpha = \frac{\text{Error}}{16.00}$$

$$\text{Error} = \tan\ 0^\circ 1' 0'' \text{ x } 16.00$$

$$= + 0.0047 \text{ ม. (เป็นบวกเพราะการก่อสร้างเกิน)}$$

6. เมื่อกระดกกล้องแล้ว ได้ตำแหน่งที่ B″ แสดงว่าอาคารเอียงเข้าทางขวามือ เพราะแนวดิ่งจะต้องอยู่ที่ B″ จากนั้นคลายล็อคจานองศาราบ หมุนกล้องจับที่ริมสุดของอาคาร (B) อ่านค่ามุม α สมมติว่าอ่านได้ $0^\circ 1' 30''$ คำนวณหาการเอียงของอาคารได้จาก

$$\tan \alpha = \frac{\text{Error}}{16.00}$$

$$\text{Error} = \tan\ 0^\circ 1' 30'' \text{ x } 16.00$$

$$= \text{-0.007 ม. (เป็นลบเพราะการก่อสร้างขาดจากความจริง)}$$

7. ตรวจสอบทุกมุมของอาคาร ก็จะทราบว่าอาคารนี้ได้ดิ่งหรือไม่เพียงใด

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. กล้องวัดมุมพร้อมขา	จำนวน	1	ชุด
2. เทปวัดระยะ	จำนวน	1	เส้น
3. ร่ม	จำนวน	1	อัน
4. ห่วงคะแนน	จำนวน	4	อัน

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. กำหนดอาคารที่จะตรวจสอบการได้ดิ่ง และหาความสูงของอาคาร
2. ตั้งกล้องวัดมุม ตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคารทั้ง 8 จุด ตามลำดับขั้นตอน
3. คำนวณหาการเอียงของอาคารแต่ละจุด เป็นเท่าไร
4. สรุปการได้ดิ่งทั้ง 8 จุด บันทึกการปฏิบัติงาน

ข้อควรระวัง

1. เนื่องจากเป็นการจับขอบนอกของอาคาร ไม่ได้จับศูนย์กลางเสาดังนั้น อาคารอาจจะเอียงไม่ได้ดิ่ง ซึ่งอาจจะเกิดจากการฉาบผนังก็ได้ ดังนั้น จึงไม่ควรวิตกเกินไป เมื่อพบว่าอาคารไม่ได้ดิ่ง
2. เมื่อเปิดมุมทวนเข็มนาฬิกาค่ามุมที่ได้จะต้องนำไปลบจาก 360° ก่อน

ข้อเสนอแนะ

1. จุดตั้งกล้องจะต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันกับแนวอาคาร หากไม่ตรงแล้วจะทำให้การรังวัดมุมคลาดเคลื่อนได้

การประเมินผล

1. การประเมินผลจากการปฏิบัติงานสนาม
2. ประเมินผลจากผลงาน
   - การคำนวณหาการเอียงของอาคาร
   - สมุดสนาม

กิจกรรมการเรียนการสอน ครั้งที่ 4

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
ขั้นเตรียมกิจกรรม 1. ครูจัดเตรียมเนื้อหา การกำหนดตำแหน่งอาคารทางสูง และการตรวจสอบแบ่งเป็น 5 หัวข้อ คือ การกำหนดความสูงของระดับพื้นอาคาร, การกำหนดและตรวจสอบแนวศูนย์กลางเสา, การตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร และใบงานการควบคุมอาคารให้ได้ดิ่ง เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติการตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคาร พร้อมทั้งทำฉลากหัวข้อ 2. ครูจัดเตรียมแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่ม, ละประมาณ 5-7 คน 3. ครูจัดเตรียมกล้องวัดมุม,ขาตั้งกล้อง,เทปวัดระยะ ไว้ให้พร้อม	
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม 1. ครูให้นักศึกษาพิจารณาดูเสาธงหรืออาคารสูงว่ามีการเอียงหรือไม่	- พิจารณาดูเสาธงหรืออาคารสูงว่าเกิดการเอียงหรือไม่
ขั้นสอน 1. ครูให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มและนั่งรวมกลุ่มกัน	- นักศึกษาจัดกลุ่มตามจำนวนและนั่งรวมกลุ่มกัน
2. ให้ตัวแทนกลุ่มมาจับฉลากหัวข้อที่ต้องศึกษา เมื่อนักศึกษาได้หัวข้อที่ต้องศึกษาแล้วให้นำไปศึกษาในกลุ่ม	- ตัวแทนนักศึกษาในกลุ่มออกมาจับฉลากหัวข้อที่ต้องศึกษาแล้วไปศึกษาในกลุ่ม

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
3. ขณะที่นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาและใบงาน ครูคอยดูแลตอบข้อสงสัยของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม 4. ให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมาอภิปราย ครูคอยควบคุมการอภิปรายให้ดำเนินไปอย่างราบรื่น **ขั้นสรุป** 1. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหาทั้งหมด 2. ครูและนักศึกษาช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม – ตอบ 3. ครูให้นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน	- นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาที่ได้รับมอบหมายในใบความรู้ เอกสารประกอบการเรียน ใบงาน แล้วช่วยกันสรุปเนื้อหา - ตัวแทนกลุ่มออกมาอภิปรายให้เพื่อนกลุ่มอื่นๆ ในชั้นฟัง - ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหา - นักศึกษาและครูช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม – ตอบ - นักศึกษาเบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ลงฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. ใบความรู้ / ตำราเรียน
2. ใบงานการตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคาร

สื่อโสตทัศน์

1. แผ่นใสใบงานที่ 4 (สำหรับกลุ่มที่อภิปรายเกี่ยวกับการลงปฏิบัติงาน หรือครูผู้สอนอธิบายเพิ่มเติม)

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. ให้นักศึกษาสรุปผลการศึกษา โดยให้เขียนรายงาน
2. ให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติ การตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคาร

การประเมินผล

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. ตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน
3. ตรวจสอบการคำนวณ การตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคาร ว่ามีการเอียงมากน้อยเพียงใด

แบบฝึกหัดที่ 4

1. การก่อสร้างอาคารส่วนที่อยู่เหนือผิวดิน มีการตรวจสอบตำแหน่งอย่างไร

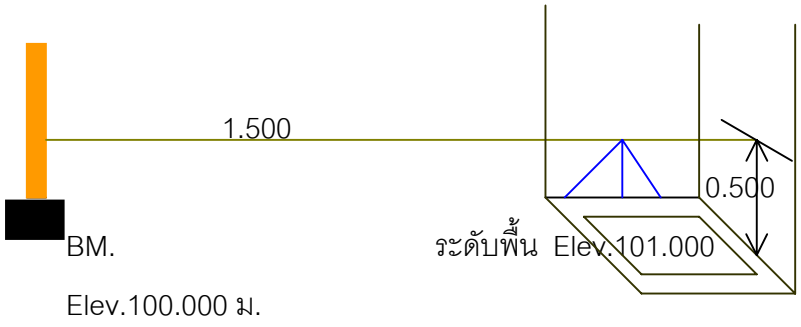
<u>แนวตอบ</u>

1. การก่อสร้างอาคารส่วนที่อยู่เหนือผิวดิน มีการตรวจสอบตำแหน่งดังนี้คือ
   1.1 การกำหนดตำแหน่งความสูงของระดับพื้นอาคาร
   1.2 การตรวจสอบระดับพื้นอาคาร
   1.3 การกำหนดและตรวจสอบแนวศูนย์กลางเสา
   1.4 การตรวจสอบแนวดิ่งของอาคาร

เรื่องที่ 2.5
การให้ระดับอาคาร

การถ่ายระดับสามารถทำได้โดยการใช้เทปวัดออกจากค่าระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ การให้ระดับจะให้ไว้ที่ปล่องลิฟท์ ตามเสา อีกวิธีคือการถ่ายระดับด้วยกล้องระดับขึ้นไปตามบันไดที่ก่อสร้าง กำหนดค่าก็เหมือนกับการทำระดับทั่วไป การส่องกล้องจะสะดวกรวดเร็ว และให้ค่าถูกต้องสามารถใช้กำหนดท้องคาน ด้านบนคานหรือความโค้งของคาน ความหนาของพื้นได้

การกำหนดระดับพื้น



รูปที่ 2.5.1 แสดงการให้ระดับพื้น

<u>วิธีที่ 1</u>

1. ตั้งกล้องส่อง BS. ไปยังหมุด BM. สมมติในที่นี้ BS. = 1.500 ม. ค่าระดับของ BM. = 100.000 ม. $\therefore \text{HI.} = 100.000 + 1.500 = 101.500$
2. ส่องกล้องไปยังผนัง ใช้ดินสอเป็นเป้าล่อ แนวที่ได้จะมีค่าระดับ $= \text{HI.} = 101.500$
3. เอาค่า HI. ตั้ง ลบด้วยค่าระดับพื้น จะได้เท่ากับ 101.500 - 101.000 = 0.500 ม. ใช้เทปวัดระยะ วัดแนวดินสอลงมา 0.500 ม. ก็จะได้ระดับตามต้องการ (เทปวัดระยะต้องอยู่ในแนวดิ่ง)

<u>วิธีที่ 2</u>

จาก HI. ของกล้อง = 101.500 ม.

Elev. พื้นที่ต้องการ = 101.000 ม.

จากสูตร HI. – FS. = Elev. ∴ FS. = HI. - Elev. = 101.50 -101.00 = 0.500

เมื่อคำนวณค่า FS. = 0.500 ม. นำไม้วัดระดับไปทาบกับผนังเลื่อนไม้วัดระดับ ขึ้น-ลง จนกว่าสายใยกล้องจะตัดไม้วัดระดับที่ 0.500 จะเป็นค่าระดับพื้นที่ต้องการ

ขั้นตอนการถ่ายระดับขึ้นชั้นบน

1. แสดงการถ่ายระดับโดยใช้เทป

ก. แสดงการตรวจสอบระยะจากฐานราก

ข. แสดงการวัดระยะตรวจสอบ ระดับคานและพื้น ชั้นที่ 1

ค. แสดงการตั้งแบบเสาและกำหนดระดับท้องคานชั้นที่ 2

ง. แสดงการเทเสา คสล.และกำหนด ระดับท้องคาน

รูปที่ 2.5.2 แสดงการให้ค่าระดับโดยใช้เทป

2. แสดงการถ่ายระดับโดยใช้กล้องระดับ

เมื่อมีการตั้งแบบเสาซึ่งอยู่ในแนวดิ่ง วัดระยะจากฐานรากถึงพื้นชั้นที่ 1 ใช้ดินสอขีดค่าระดับของพื้นชั้นที่ 1 ไว้ ซึ่งถือเป็นค่า BM. ใช้กำหนดค่าระดับพื้นชั้นที่ 1 เมื่อมีการตั้งแบบเสาซึ่งอยู่ในแนวดิ่งขึ้นชั้นที่ 2 วัดระยะจากชั้นที่ 1 ถึงพื้นชั้นที่ 2 ใช้ดินสอขีดค่าระดับของพื้นชั้นที่ 2 ไว้ ซึ่งถือเป็นค่า BM. ใช้กำหนดค่าระดับพื้นชั้นที่ 2 ในทำนองเดียวกันกับพื้นชั้นต่อๆ ไป จนถึงชั้นสุดท้าย หรือ ดาดฟ้า ก็จะได้ระดับที่ต้องการ

ก. แสดงการกำหนดค่าระดับ เพื่อสร้างเป็น BM.

ข. แสดงการให้ค่าระดับพื้นชั้นต่างๆ โดยใช้กล้องระดับ

รูปที่ 2.5.3 แสดงการให้ค่าระดับโดยใช้กล้องระดับ

เรื่องที่ 2.6

การหาการทรุดตัวของอาคาร

อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ เช่น เขื่อน ถังน้ำมัน ถังแก๊ส เป็นต้น สิ่งปลูกสร้างเมื่อก่อสร้างเสร็จแล้ว จะมีน้ำหนักของตัวมันเอง และรับน้ำหนักที่บรรจุ หรือน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นอาจจะทำให้อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้ เกิดการทรุดตัวได้ การทรุดตัวของอาคารอาจจะเกิดจาก การทำฐานรากไม่ถูกต้องทางวิศวกรรม หรือการรับน้ำหนักมากเกินไป ดังนั้น ก่อนที่อาคารจะเกิดการวิกฤติขึ้น จะต้องมีการตรวจสอบหาการทรุดตัวของอาคารก่อน หากพบว่าอาคารเกิดการทรุด จะได้รับหาทางแก้ไขหรือหลีกเลี่ยง เพื่อให้เกิดการเสียหายต่อชีวิต และทรัพย์สินให้น้อยที่สุด

การหาการทรุดตัวของอาคาร มี 2 วิธี คือ

1. **การใช้ตัวอาคารตรวจสอบตัวเอง** วิธีนี้ทำโดยการถ่ายค่าระดับ หาค่ากำหนดสูงของคานชั้นที่ 1 ไว้รอบๆ อาคาร แล้วเก็บข้อมูลค่าระดับไว้ เมื่อต้องการจะตรวจสอบการทรุดตัว หลังจากที่อาคารสร้างเสร็จแล้ว จะมีการตกแต่งอาคาร นำวัสดุสำนักงานและวัสดุต่างๆ เข้ามาติดตั้ง เป็นการเพิ่มน้ำหนักให้อาคาร อีกทั้งน้ำหนักจรของผู้ที่ขึ้นไปใช้อาคารตามข้อกำหนดหรือไม่ จึงต้องมีการหาค่าระดับ เพื่อตรวจสอบถึงการทรุดตัวของอาคาร โดยส่องหาค่าระดับที่พื้น หรือคานที่ให้ไว้อีกครั้งหนึ่ง นำค่าที่ได้ไปตรวจสอบกับข้อมูลที่เก็บค่าระดับไว้ในครั้งแรก ก็จะทราบว่าอาคารทรุดตัวหรือไม่

หากไม่มีความแตกต่างของค่าระดับ ก็ถือว่าอาคารไม่เกิดการทรุดตัว แต่ก็ควรมีความตรวจสอบค่าระดับทุกๆ ปี

รูปที่ 2.6.1 แสดงการใช้ตัวอาคารตรวจสอบตัวเอง

2. **สร้างหมุดถาวรไว้ตรวจสอบอาคาร** คล้ายกับวิธีแรกเพียงแต่จะต้องมีหมุดหลักฐานที่ถาวรเป็นค่าเปรียบเทียบ หมุดถาวรที่สร้างขึ้น หรือเลือกใช้ถาวรวัตถุที่มีอยู่ข้างเคียง จะต้องไม่ถูกรบกวน ทำให้ทรุด หรือสูญหายได้ เพราะจะทำให้ไม่มีหมุดตรวจสอบ การปฏิบัติงานก็ทำในลักษณะเดียวกันกับวิธีที่ 1 คือ หาค่าระดับของแปลนพื้นชั้นที่ 1 หลังจากสร้างอาคารเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยถ่ายค่าระดับจากหมุดถาวรที่สร้างขึ้น ไปยังพื้นชั้นที่ 1 ให้ทั่วบริเวณ จุดที่ทำระดับควรจะทำเครื่องหมายไว้ด้วย เมื่อตรวจสอบจะได้ตรงจุดเดิม เมื่อได้ระดับที่แปลนพื้นชั้นที่ 1 แล้ว เก็บข้อมูลการรังวัดไว้ เมื่อจะตรวจสอบหลังจากเข้าไปใช้อาคาร ก็ถ่ายค่าระดับจากหมุดถาวรเดิม หาค่าระดับตามจุดที่เคยทำไว้ นำค่าที่คำนวณได้ไปตรวจสอบกับค่าระดับที่ทำครั้งแรก หากเท่ากันก็แสดงว่าอาคารมีระดับเป็นปรกติ แต่ถ้าค่าระดับแตกต่างกัน ก็จะทราบว่า บริเวณใดที่เกิดการทรุดตัว อยู่ในภาวะวิกฤตหรือไม่อย่างไร หรือสามารถที่จะแก้ไขได้ โดยต้องแจ้งวิศวกรผู้ควบคุมโครงการให้ทราบต่อไป

รูปที่ 2.6.2 แสดงการสร้างหมุดถาวรไว้ตรวจสอบ

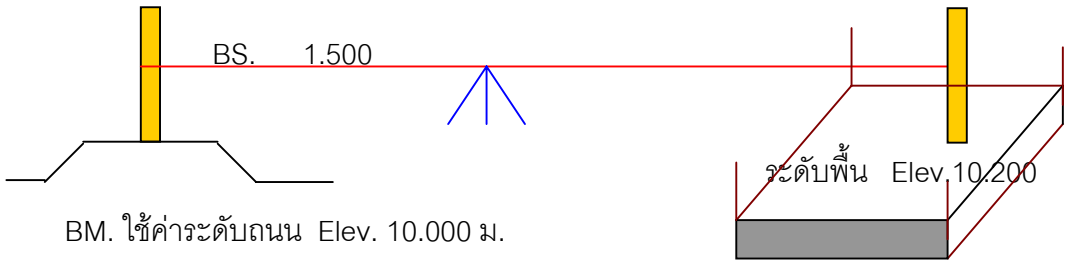
ใบงานที่ 5	
วิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง **ชื่อหน่วย** การวางผังและการให้ระดับอาคาร	**หน่วยที่** 2 **สอนครั้งที่** 5 **จำนวนคาบรวม** 15
ชื่องาน การให้ระดับอาคาร	**จำนวนคาบ** 3

จุดประสงค์ เมื่อฝึกปฏิบัติตามใบงานที่ 5 นี้แล้วสามารถ

1. อธิบายการให้ระดับอาคารแบบต่างๆ ได้
2. ให้ระดับอาคารและตรวจสอบระดับอาคารได้
3. นำวิธีการให้ระดับอาคารไปใช้งานสำรวจเพื่อการก่อสร้างได้

ทฤษฎี

การถ่ายระดับอาคาร ทำได้โดยการใช้ค่าระดับจากพื้นหรือหมุดหลักฐานการระดับ เปรียบเทียบกับพื้นระดับอาคาร ตามที่ออกแบบมา ว่าสูงต่างกว่ากันเท่าไร เช่น พื้นชั้นที่ 1 กำหนดให้สูงกว่าถนนด้านหน้า เท่ากับ 0.200 ม. มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ คือ



BM. ใช้ค่าระดับถนน Elev. 10.000 ม.

1. ตั้งกล้องส่อง BS. ไปที่ศูนย์กลางถนน กำหนดให้เป็น BM. มีค่า Elev. เท่ากับ 10.000 ม. ส่อง BS. ได้เท่ากับ 1.500 ม.

$$\therefore \text{HI.} = 10.000 + 1.500 = 11.500 \quad \text{ม.}$$

2. ส่องกล้องไปยังคานของพื้นชั้นที่ 1 ที่จะตั้งแบบ อาจจะเป็นระดับท้องคาน หรือระดับบนคานก็ได้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ระดับบนคาน เพราะเมื่อเทคานแล้ว ระดับพื้นก็เท่าระดับคานพอดี หาค่าระดับโดยใช้สูตร

<u>สูตร</u>

$$\text{HI.} - \text{FS.} = \text{Elev.}(\text{ ที่ต้องการ} = 10.200\ )$$

$$HI. - \text{Elev.} = \text{F.S}$$

$$FS. = \text{HI.} - \text{Elev.}$$

$$= 11.500 - 10.200$$

$$= 1.300 \text{ ม.}$$

เมื่อคำนวณค่าอ่านได้แล้ว ก็ส่องไปยังพื้น หรือคานที่จะเท หรือตั้งแบบ เลื่อนไม้วัดระดับขึ้น-ลง ให้อ่านได้เท่ากับ 1.300 ม. ขีดดินสอไว้ ทำให้ทั่วบริเวณที่จะเท เมื่อตั้งแบบให้เท่ากับระดับที่ให้ไว้ ก็จะได้ระดับที่ต้องการ

3. หากเป็นอาคารใหญ่ไม่สามารถตั้งกล้องได้ครั้งเดียวแล้วส่องได้หมด ก็ย้ายกล้อง โดยทำ TP. คำนวณหา HI. ของกล้องใหม่ นำค่าระดับที่ต้องการไปลบ ก็จะได้ค่า FS. ค่าใหม่ ซึ่งเมื่อส่องให้อ่านได้เท่ากับ FS. แล้ว ค่าระดับก็จะได้เท่ากับการส่องครั้งแรก

4. จากข้อ 3 ถ้าไม่ทำ TP. ก็ใช้ค่าระดับที่ส่องไว้แล้ว เป็น BM. เลยก็ได้ โดยเมื่อย้ายกล้องแล้วส่อง BS. ไปยัง BM. (ค่าระดับที่ส่องได้จากข้อ 2) ที่ใกล้ที่สุด อ่านค่า BS. ได้เท่าไร เมื่อส่อง FS. ก็ต้องให้อ่านได้เท่ากับ BS. ค่าระดับก็จะเท่ากับการส่องครั้งแรก

5. เมื่อให้ระดับพื้นชั้นที่ 1 แล้ว การตั้งแบบเสาซึ่งอยู่ในแนวดิ่ง วัดระยะจากพื้นชั้นที่ 1 ถึงพื้นชั้นที่ 2 ให้ได้ตามแบบ ใช้ดินสอขีดค่าระดับของพื้นชั้นที่ 2 ไว้ ซึ่งถือเป็นค่า BM. สำหรับใช้ออกงานพื้นชั้นที่ 2 ดังเช่นเดียวกัน ทำนองเดียวกันกับพื้นชั้นต่อๆ ไป จนถึงชั้นสุดท้ายหรือดาดฟ้า ก็จะได้ระดับที่ต้องการ

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. กล้องระดับพร้อมขา	จำนวน	1	ชุด
2. ไม้วัดระดับ	จำนวน	1	อัน
3. ฆ้อน	จำนวน	1	เต้า
4. เทปวัดระยะ	จำนวน	1	เส้น
5. ตะปู 1" , 2"	จำนวน	พอประมาณ	
6. ห่วงกันขาตั้งกล้องสไลด์	จำนวน	1	อัน

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

เนื่องจากการให้ระดับอาคาร จำต้องใช้เวลาและอุปกรณ์เป็นอย่างมาก หลักการให้ระดับนักศึกษาจะได้ให้ระดับในเรื่องการปรับระดับพื้นที่ การให้ระดับผังอาคาร ดังนั้นเพื่อความเหมาะสม จึงให้นักศึกษาตรวจสอบระดับอาคารที่มีอยู่แล้วแทน

1. กำหนดอาคาร 4 ชั้น ที่มีอยู่แล้ว เป็นพื้นที่ปฏิบัติงาน
2. ถนนด้านหน้าอาคาร กำหนด BM. ค่า Elev. = 10.000 ม.
3. ตั้งกล้องส่อง BS. ไปที่ BM. แล้วส่อง [1]IFS. ไปที่พื้นระดับอาคารชั้นที่ 1 ให้ทั่วบริเวณหลายๆ จุด คำนวณค่าระดับพื้นที่ชั้นที่ 1 แต่ละค่าว่าสูงเท่ากันหรือไม่ และพื้นที่ชั้นที่ 1 สูงจาก BM. (ถนน) เท่าไร
4. ส่อง FS. ถ่าย TP. ขึ้นไปตามขั้นบันไดสู่พื้นชั้น 2 ส่อง IFS. หาค่าระดับพื้นชั้น 2 หลาย ๆ จุด คำนวณระดับพื้นชั้นที่ 2 แต่ละค่าสูงเท่ากันหรือไม่และพื้นชั้น 2 สูงจากพื้นชั้น 1 เท่าไร
5. ส่อง FS. ถ่าย TP. ตามขั้นบันไดสู่พื้นชั้น 3 ส่อง IFS. หาค่าระดับพื้นชั้น 3 หลายๆ จุด คำนวณระดับพื้นชั้นที่ 3 แต่ละค่าสูงเท่ากันหรือไม่และพื้นชั้น 3 สูงจากพื้นชั้น 2 เท่าไร
6. ส่อง FS. ถ่าย TP. ตามขั้นบันไดสู่พื้นชั้น 4 ส่อง IFS. หาค่าระดับพื้นชั้น 4 หลายๆ จุด คำนวณระดับพื้นชั้นที่ 4 แต่ละค่าสูงเท่ากันหรือไม่และพื้นชั้น 4 สูงจากพื้นชั้น 3 เท่าไร
7. ส่อง FS. ถ่าย TP. ลงมายัง BM. แรกออก (ถนนด้านหน้าอาคาร) ตรวจสอบค่าระดับแรกออกและเข้าบรรจบ ถูกต้องหรือไม่ หากผิดพลาด อยู่ในเกณฑ์ของงานชั้นที่ 3 หรือไม่

[1] IFS. หมายถึง ค่าไม้กลาง = Intermediate Fore Sight

STA	BS.	HI.	IFS.	FS.	Elev.	Remark
BM.1	2.000	12.000		-	10.000	-หัวตะปูบนฝาเบียร์ ถนนด้านหน้าอาคารโยธา(ค่าระดับสมมติ 10.000 ม.)
A			1.500		10.500	
B			1.505		10.495	พื้นชั้นที่ 1 A B
TP.1	2.900	14.700		0.200	11.800	
C			0.700		14.000	
D			0.703		13.997	พื้นชั้นที่ 2 C D
TP.2	2.800	17.400		0.100	14.600	
TP.3	2.500	19.400		0.500	16.900	
E			1.400		18.000	พื้นชั้นที่ 3 E F
F			1.398		18.002	
TP.4	3.000	22.100		0.300	19.100	
G			0.100		22.000	พื้นชั้นที่ 4 G H
H			0.080		22.020	
TP.5	0.050	19.150		3.000	19.100	
TP.6	0.010	16.210		2.950	16.200	ตรวจสอบ :
TP.7	0.200	13.410		3.000	13.210	$\sum BS. - \sum FS. = Last\ Elev. - First\ Elev.$
TP.8	0.300	10.810		2.900	10.510	13.670 - 13.760 = 10.00 - 10.00
BM.1	-	-		0.810	10.000	0 = 0 ok.
	13.76			13.76		

ข้อควรระวัง

1. การตั้งกล้องบนอาคาร หรือตามขั้นบันได ควรระวังขากล้องจะเกิดการลื่นสไลด์ได้จึงต้องมีห่วงกันการลื่นของขากล้อง
2. ในแต่ละชั้นพยายามให้ได้ค่าให้มากที่สุดหลาย ๆ จุด เพื่อความถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

1. การคำนวณค่าระดับชั้นต่าง ๆ ให้ส่องแต่ละชั้นให้เสร็จก่อน แล้วตรวจสอบค่าระดับโดยส่องเข้าบรรจบ หากผิดอยู่ในเกณฑ์จึงตรวจสอบค่าระดับชั้นต่าง ๆ ได้

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากการปฏิบัติงานสนาม
2. ประเมินผลจากผลงาน
   - ผลการส่องระดับแรกออกกับเข้าบรรจบ
   - ค่าระดับของชั้นต่าง ๆ
   - สมุดสนาม

กิจกรรมการเรียนการสอน ครั้งที่ 5

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
ขั้นเตรียมกิจกรรม 1. ครูจัดเตรียมเนื้อหา การให้ระดับอาคาร และการหาการทรุดตัวของอาคารแบ่งเป็น 4 หัวข้อ คือ การกำหนดระดับพื้น การถ่ายระดับขึ้นชั้นบน ใบงานการให้ระดับอาคาร และการหาการทรุดตัวของอาคาร พร้อมทั้งทำฉลากหัวข้อ 2. ครูจัดเตรียมแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่ม ๆ ละประมาณ 5-7 คน 3. ครูจัดเตรียมกล้องระดับ ขาตั้งกล้อง ไม้วัดระดับไว้ให้พร้อม	
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม 1. ครูฉายสไลด์ให้นักศึกษาดูการให้ระดับอาคารแบบต่าง ๆ ถามนักศึกษาว่าแต่ละแบบเหมาะแก่การก่อสร้างประเภทใด 2. ครูให้นักศึกษาพิจารณาระดับพื้นห้องเรียนว่าค่าระดับพื้นเท่ากันหรือไม่	- พิจารณาการให้ระดับอาคารแบบต่าง ๆ พร้อมทั้งตอบคำถามว่าแต่ละแบบเหมาะสำหรับงานก่อสร้างประเภทใด - พิจารณาระดับพื้นห้องเรียน ว่ามีค่าระดับเท่ากันหรือไม่
ขั้นสอน 1. ครูให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มและนั่งรวมกลุ่มกัน 2. ให้ตัวแทนกลุ่มมาจับฉลากรับหัวข้อที่ต้องศึกษา เมื่อนักศึกษาได้หัวข้อที่ต้องการศึกษาแล้วให้นำไปศึกษาในกลุ่ม	- นักศึกษาจัดกลุ่มตามจำนวนและนั่งรวมกลุ่มกัน - ตัวแทนนักศึกษาในกลุ่มออกมาจับฉลากหัวข้อที่ต้องศึกษาแล้วไปศึกษาในกลุ่ม

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
3. ขณะที่นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาและใบงาน ครูคอยดูแล ตอบข้อสงสัยของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม	- นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหา ที่ได้รับมอบหมายในใบความรู้เอกสารประกอบการเรียน ใบงานแล้วช่วยกันสรุปเนื้อหา
4. ให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมาอภิปรายครูคอยควบคุมการอภิปรายให้ดำเนินไปอย่างราบรื่น	- ตัวแทนกลุ่มออกมาอภิปรายให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ในชั้นฟัง
ขั้นสรุป	
1. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหาทั้งหมด	- ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหา
2. ครูและนักศึกษาช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม - ตอบ	- นักศึกษาและครูช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม - ตอบ
3. ครูให้นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน	- นักศึกษาเบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ลงฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. ใบความรู้ / ตำราเรียน
2. ใบงานการให้ระดับอาคาร

สื่อโสตทัศน์

1. สไลด์การให้ระดับอาคารแบบต่าง ๆ

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. ให้นักศึกษาสรุปผลการศึกษา โดยให้เขียนรายงาน
2. ให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติการได้ระดับของพื้นอาคาร

การประเมินผล

1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. ตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน
3. ตรวจสอบการหาระดับของพื้นอาคารว่าเท่ากันหรือแตกต่างกันเท่าไร

แบบฝึกหัดที่ 5

1. การกำหนดระดับพื้น ทำได้อย่างไร จงอธิบาย
2. เมื่อมีการก่อสร้างเก็บแก๊สขนาดใหญ่ มีวิธีการตรวจสอบหาการทรุดตัวของโครงสร้างอย่างไร

<u>แนวตอบ</u>

1. การกำหนดระดับพื้น ทำได้ดังนี้คือ
   1.1 ตั้งกล้องส่อง B.M. ที่ทราบค่าระดับ จาก Elev. + B.S. = H.I.
   1.2 จากแบบก็จะทราบค่า Elev. ของพื้น นำ Elev. ของพื้นลบออกจาก H.I. จะได้ค่า F.S หรือค่าอ่านที่ทำให้ค่าระดับพื้นได้ตามแบบ
   1.3 นำ Staff ไปยังจุดที่จะให้ระดับเลื่อนขึ้น - ลง จนกว่าจะอ่านได้เท่ากับ F.S. ก็จะได้ค่าระดับตามความต้องการ
2. เมื่อมีการก่อสร้างถังเก็บแก๊สขนาดใหญ่ มีวิธีการตรวจสอบหากการทรุดตัวตามลำดับ ดังนี้คือ
   2.1 เมื่อก่อสร้างถังบรรจุเสร็จใหม่ ๆ สร้าง B.M ที่อยู่ใกล้เคียง ที่ไม่มีการทรุดตัว กำหนดค่า Elev. สมมุติขึ้น
   2.2 ถ่ายค่าระดับจาก B.M. มายังถังแก๊ส หาระดับที่คานรอบ ๆ ถัง เก็บข้อมูลไว้
   2.3 เมื่อนำแก๊สมาบรรจุ ให้ตรวจสอบค่าระดับที่คานรอบ ๆ ถัง เปรียบเทียบกับข้อมูลเดิม หากพบว่ามีการทรุดตัว ต้องรีบหาทางแก้ไขต่อไป
   2.4 หากไม่มีการทรุดตัว ในแต่ละปีควรมีการตรวจสอบอย่างน้อย 1ครั้ง

เรื่องที่ 2.7

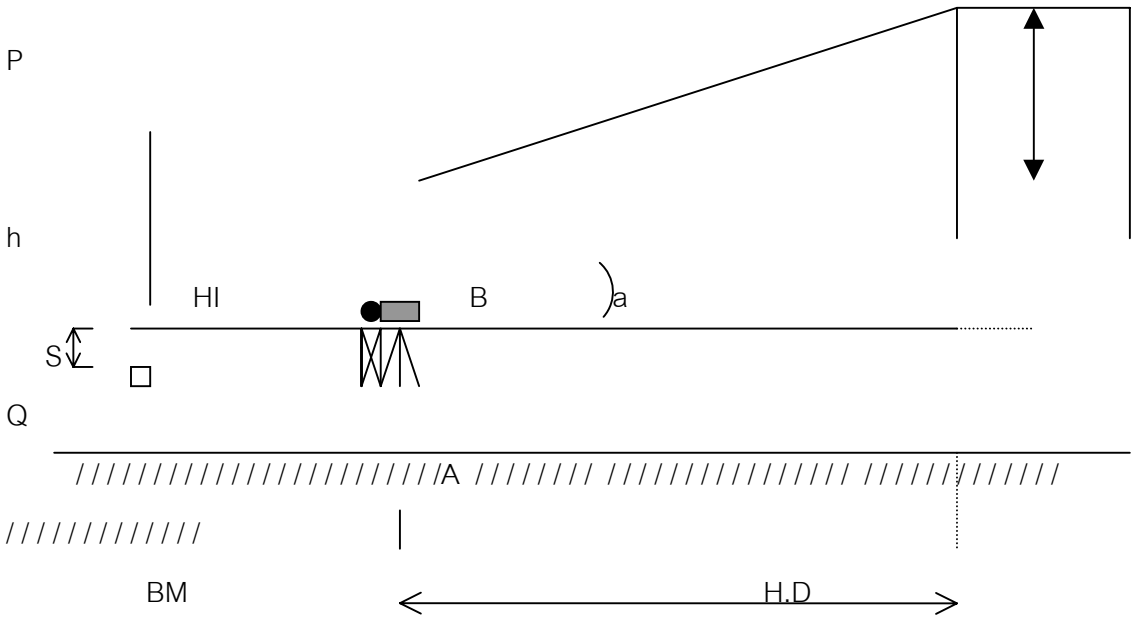
การทำระดับตรีโกณมิติ

การทำระดับตรีโกณมิติ เป็นการหาความสัมพันธ์ของความต่างระดับ ระหว่างจุด เป็นสามเหลี่ยมมุมฉากวัดมุมสูงด้วยกล้อง Theodolite แล้วนำมาคำนวณหาระดับตามวิธีของวิชาตรีโกณมิติระยะที่วัดเทปจะถือว่าวัดอยู่ในแนวราบ (Horizontal Distance)

วัตถุประสงค์ที่ใช้วิธีนี้ในการหาค่าระดับก็เพราะว่า ไม่สามารถที่จะใช้วิธีอื่น ๆ ได้ เช่น การถ่ายระดับด้วยกล้องระดับ หรือการหาระดับของจุดที่วัดระยะไม่ได้ใช้ในบริเวณภูเขา วิธีการทำระดับตรีโกณมีหลายวิธีแต่ที่นิยมใช้กันมี 2 วิธี

1. [1]**เมื่อสามารถวัดระยะถึงฐาน**

คือระยะทางจากจุดตั้งกล้องไปยังวัตถุที่เราต้องการหาความสูงนั้นสามารถวัดระยะได้อาจจะเป็นระยะราบ หรือระยะลาดก็ได้ แล้วนำมาคำนวณหาค่าระดับ



รูปที่ 2.7.1 แสดงการหาค่าความสูงเมื่อวัดระยะถึงฐาน

กำหนดให้

PQ = ความสูงของอาคาร

h = ความสูงของวัตถุที่อยู่เหนือ HI.

---

[1] ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจ. 2537 หน้า 342.

s = ค่า BS บน BM ที่รู้ค่า

a = มุมสูงที่วัดได้

H.D. = ระยะราบจากกล้องไปยังจุดที่ต้องการทราบค่าระดับ (Horizontal Distance)

จากตรีโกณมิติจะได้ว่า $h = H.D. \tan \alpha$

หากต้องการหาความสูงจากพื้น = h + S

วิธีปฏิบัติ

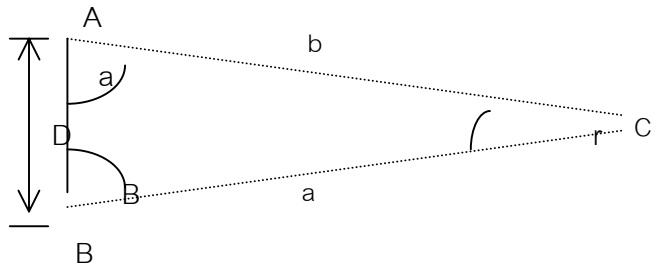
1. ตั้งกล้องที่จุด A
2. ส่อง BS. ไปที่ BM = S
3. รังวัดมุมสูงที่ P = α
4. รังวัดระยะ AQ = H.D
5. คำนวณหาค่า $h = H.D \tan \alpha$, ค่าความสูงจากพื้น = h + s

2. **เมื่อไม่สามารถวัดระยะไปที่ฐานได้**

คือระยะทางจากจุดตั้งกล้องไปยังวัตถุที่เราต้องการหาความสูงนั้นไม่สามารถวัดระยะให้ถึงฐานได้เช่น ต้องการหาความสูงของภูเขา ความสูงของอาคารที่มองเห็นอยู่ไกล เป็นต้น

การหาค่าความสูงมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 หาระยะจากจุดกล้องไปยังฐานของวัตถุ



รูปที่ 2.7.2 แสดงการหาระยะจากจุด A,B ไปยังวัตถุ

กำหนดให้

C = ความสูงของวัตถุที่ต้องการทราบค่า

A,B = จุดที่กำหนดขึ้น

D = ระยะห่างระหว่างหมุด AB

a = ค่ามุมราบที่จุด A

β = ค่ามุมราบที่จุด B

γ = ค่ามุมราบที่จุด C

วิธีปฏิบัติ

1. กำหนดจุด A,B ขึ้น ระยะห่างพอประมาณ วัดระยะ AB = D
2. ที่จุด A รังวัดมุมราบ CAB ให้เท่ากับ α
3. ที่จุด B รังวัดมุมราบ ABC ให้เท่ากับ β
4. คำนวณหาค่ามุมราบ ACB = γ ¨Ò¡ $\gamma = 180° - (\alpha + \beta)$
5. คำนวณหาระยะ AC,BC จาก Sin' s Law, $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$

$AC = b,\ AB = D$

$$\frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

$$b = \frac{c}{\sin C} \text{ x } \sin B$$

$$AC = D \text{ x } \frac{\sin B}{\sin \gamma}$$

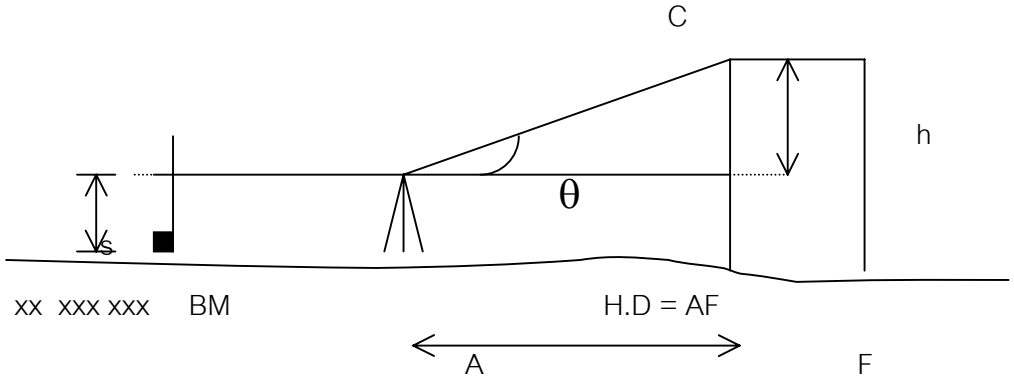
และ BC = a,c = D

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{c}{\sin C}$$

$$a = \frac{c}{\sin C} \text{ x } \sin A$$

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าระดับความสูงของวัตถุ (C)

เมื่อทราบระยะทางจากจุดตั้งกล้องไปยังวัตถุแล้ว ทั้ง 2 จุด คือ AC และ BC เลือกใช้จุดใดจุดหนึ่ง (A หรือ B) หรือทั้ง 2 จุด เพื่อนำค่ามาเฉลี่ย หรือใช้ตรวจสอบกันก็จะได้ค่าที่แน่นอนขึ้น



รูปที่ 2.7.3 แสดงการหาค่าความสูง ที่จุด A

กำหนดให้

CF = ความสูงของอาคาร

h = ความสูงของวัตถุที่อยู่เหนือ H.I

s = ค่า BS. บน BM ที่รู้ค่า

θ = มุมสูงที่วัดได้

H.D = ระยะราบจากกล้องไปยังจุดที่ต้องการทราบค่าระดับ (Horizontal Distance) = AF

จากตรีโกณมิติจะได้ว่า $h = H.D \tan \theta$

ต้องการหาความสูงจากพื้น $= h + s$

วิธีปฏิบัติ

1. ตั้งกล้องที่จุด A (หรือB)
2. ส่อง B.S ไปที่ BM. = S
3. รังวัดมุมสูงที่ C = θ
4. คำนวณหาค่า $h = AC \tan \theta$
5. ความสูงจากพื้น = h +

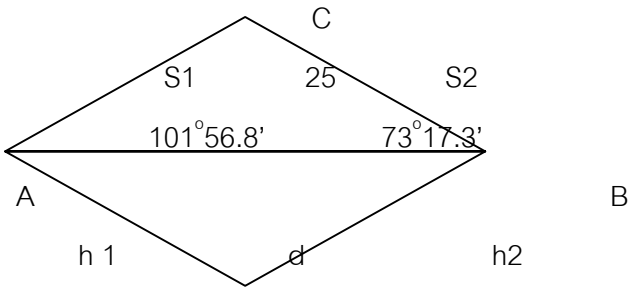
ใบงานที่ 6	
วิชา การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง **ชื่อหน่วย** การวางผังและการให้ระดับอาคาร	หน่วยที่ 2 สอนครั้งที่ 6 จำนวนคาบรวม 18
ชื่องาน การให้ระดับตรีโกณมิติ	จำนวนคาบ 3

จุดประสงค์ เมื่อฝึกปฏิบัติตามใบงานที่ 6 แล้ว

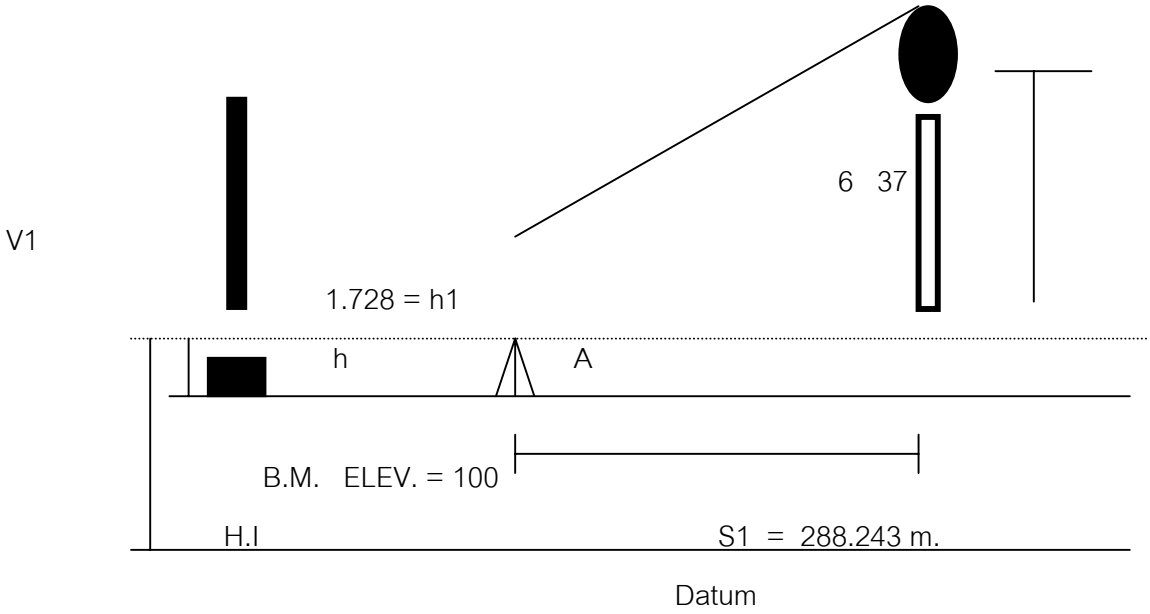
1. สามารถใช้วิธีหาระดับตรีโกณมิติ แก้ปัญหาในงานระดับได้
2. ตรวจสอบการทำระดับตรีโกณมิติได้
3. นำวิธีการทำระดับตรีโกณมิติ ไปใช้ในงานสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

<u>ทฤษฎี</u>

- การต้องการทราบความสูงของวัตถุที่อยู่ห่างไกลออกไป โดยที่ไม่สามารถวัดระยะทางจากจุดตั้งกล้องไปยังฐานนั้นได้ วิธีที่นิยมกัน คือ กำหนดจุดตั้งกล้องขึ้น 2 จุด (A,B) วัดระยะระหว่างจุดถือว่าเป็นด้านฐานของสามเหลี่ยม ABC ได้ใช้ Sin′s Law ก็จะหาระยะระหว่างจุด AC,BC ได้
- ที่จุด A และ B วัดมุมสูงขึ้นไปยังวัตถุที่ต้องการหาความสูงใช้ $\text{Tan}\,\theta = \frac{\tilde{A}\text{Đ}\hat{A}\text{Đ}'(}{\tilde{A}\text{Đ}\hat{A}\text{Đ}\tilde{A}(}$ ก็หาระยะดิ่ง คือระยะจากแกนกล้อง (H.I) ขึ้นไปยังปลายยอดของวัตถุนั้น
- ที่จุด A และ B ส่อง B.S. ไปยัง B.M. หรือจุดที่ทราบกำหนดสูง จะได้ H.I. ของกล้องจาก Elev. + B.S.
- คำนวณหาความสูงของวัตถุ C ได้จาก H.I. + V (ระยะดิ่งที่คำนวณได้)



B.M



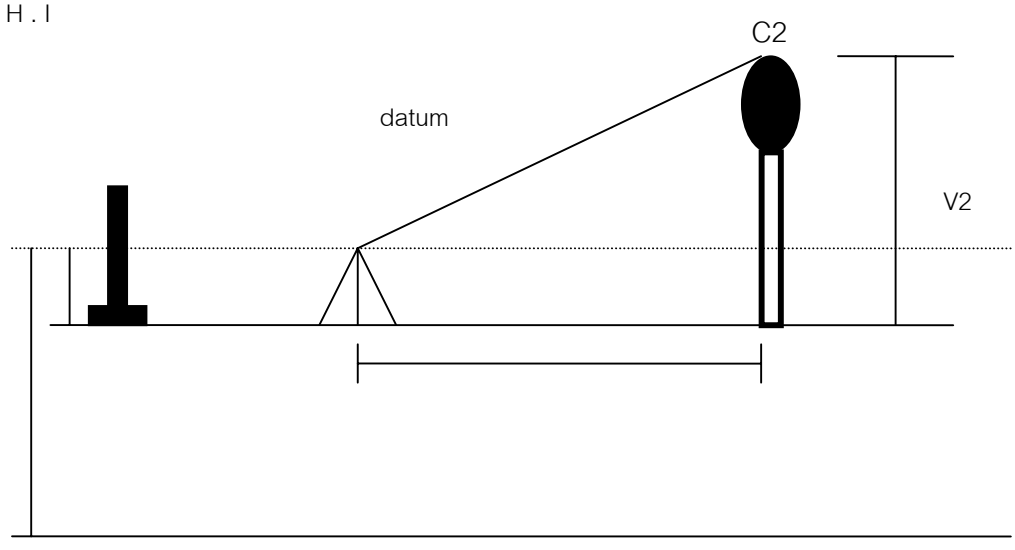
1.640 = h1 6°30’

h B

B.M. ELEV.=100

S2 = 294.436 m.

H . I



ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. กำหนดหมุด A,B
2. วัดระยะ AB = 25.00 m.
3. ตั้งกล้องที่ A ส่องระดับที่ BM. = 1.728 m.

   ÁØÁÃÒ $= 101° 56.8'$, ÁØÁàÍ $= 6° 37'$
4. ตั้งกล้องที่ B ส่องระดับที่ BM. = h 2 = 1.640 m.

   ÁØÁÃÒ $= 73° 17.3'$, ÁØÁàÍ $= 6° 30'$
5. คำนวณระยะราบ S_1, S_2

   $3 = 180 - 101\ \ 56.8' - 73\ \ 17.3$

   $= 4\ \ 45'\ \ 54''$

จากสามเหลี่ยม ABC,Sin S' Law

$$\frac{S_2}{\sin 101\ \ 56.8'} = \frac{S_1}{\sin 73\ \ 17.3'} = \frac{25.00}{\sin 4\ \ 45'\ \ 54''}$$

$$S_1 = \frac{25.00\ \text{x}\ \sin 73\ \ 17.3}{\sin 4\ \ 45'\ \ 54''} = 288.243\ \ \text{m.}$$

$$S_2 = \frac{25.00\ \text{x}\ \sin 101\ 56.8'}{\sin 4\ \ 45'\ \ 54''} = 294.436\ \ \text{m.}$$

6. คำนวณ Elev. C

   จาก Tan = V_1

   V = S Tan = 288.243 Tan 6 37'

   = 333.436 m.

   $\therefore \text{Elev.}C_1 = \text{BM} + h_1 + V_1 = 100 + 1.728 + 33.436$

   $= 135.164\ \ \text{m.}$

   จาก Tan = V_1

   $V_2 = S_2\ \text{Tan}\ \theta_2 = 294.436\ \ \text{Tan}\ 6° 30'$

   $= 33.547\ \ \text{m.}$

   $\therefore \text{Elve.}C_2 = \text{BM} + h_2 + V_2 = 100 + 1.640 + 33.547$

$= 135.187$ m.

7. หาค่าเฉลี่ย Elev. C = (C1+C2)/2

= (135.164+135.187)/2

= 135.1755 m.

8. ความสูงของถังน้ำประปาจาก Datum = 135.1755 m.

ความสูงของถังน้ำประปา จากระดับพื้นดิน = (33.436+1.728)+(33.547+1.640)/2

= (35.164+35.187)/2 = 70.351/2

= 35.1755 m.

ข้อควรระวัง

1. การใช้กล้องวัดมุม ส่องเพื่อหาค่าระดับนั้นจะต้อง Set ค่ามุมดิ่ง ที่ $90°$ หรือ $270°$ ซึ่งอยู่ในแกนราบ
2. การวัดมุมสูง ต้องระมัดระวังค่าที่ได้มา ว่าเป็นมุม Zenith Angle หรือมุม Altitude จะทำให้ผิดพลาดได้

ข้อเสนอแนะ

1. การประเมินผลจากการปฏิบัติงานสนาม
2. ประเมินผลจากผลงาน
   - การคำนวณค่าระดับจากจุด A เทียบกับจุด B
   - สมุดสนาม

กิจกรรมการเรียนการสอน ครั้งที่ 6

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
ขั้นเตรียมกิจกรรม 1. ครูจัดเตรียมเนื้อหาการทำระดับตรีโกณมิติแบ่งเป็น 3 หัวข้อ คือ การทำระดับตรีโกณเมื่อสามารถ วัดระยะถึงฐาน,การทำระดับตรีโกณเมื่อไม่สามารถวัดระยะถึงฐาน, ใบงานการทำระดับตรีโกณมิติ พร้อมทั้งทำฉลากหัวข้อ 2. ครูจัดเตรียมแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่ม ๆ ละประมาณ 5-7 คน 3. ครูจัดเตรียมกล้องวัดมุม,ขาตั้งกล้อง,เทปวัดระยะ และหมุดไม้ไว้ให้พร้อม ๆ	
ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม 1. ครูให้นักศึกษาพิจารณาตึกสูงในวิทยาลัย ฯ พร้อมถามว่าจะหาความสูงได้อย่างไร 2. ครูให้นักศึกษาพิจารณาตึกสูงหรือภูเขา ที่อยู่ห่างไกลออกไปมาก ๆ ถามว่าจะหาความสูงได้อย่างไร	- พิจารณาวิชาตรีโกณมิตินำมาใช้งาน พร้อมตอบคำถามการหาค่าความสูงอย่างไร - พิจารณาการใช้วิชาตรีโกณมิติแก้ปัญหาเมื่อไม่สามารถเข้าถึงฐานของวัตถุ พร้อมทั้งตอบคำถาม
ขั้นสอน 1. ครูให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม และนั่งรวมกลุ่มกัน 2. ให้ตัวแทนกลุ่มมาจับฉลากรับหัวข้อที่ต้องศึกษา เมื่อนักศึกษาได้หัวข้อที่ต้องศึกษาแล้ว ให้นำไปศึกษาในกลุ่ม	- นักศึกษาจัดกลุ่มตามจำนวนและนั่งรวมกลุ่มกัน - ตัวแทนนักศึกษาในกลุ่มออกมาจับฉลากหัวข้อที่ต้องศึกษาไปศึกษาในกลุ่ม

กิจกรรมครู	กิจกรรมผู้เรียน
3. ขณะที่นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาและใบงาน ครูคอยดูแลตอบข้อสงสัยนักศึกษาแต่ละกลุ่ม	- นักศึกษาแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาที่ได้รับมอบหมายในใบความรู้เอกสารประกอบการเรียน ใบงานแล้วช่วยกันสรุปเนื้อหา
4. ให้ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมาอภิปราย ครูคอยควบคุมการอภิปรายให้ดำเนินไปอย่างราบรื่น	- ตัวแทนกลุ่มออกมาอภิปรายให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ในชั้นฟัง
ขั้นสรุป	
1. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหาทั้งหมด	- ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปเนื้อหา
2. ครูและนักศึกษาช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม - ตอบ	- นักศึกษาและครูช่วยกันสรุปโดยวิธีถาม - ตอบ
3. ครูให้นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติงานตามใบงาน	- นักศึกษาเบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ลงฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. ใบความรู้ / ตำราเรียน
2. ใบงานการตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคาร

สื่อโสตทัศน์

1. แผ่นใสใบงานที่ 6 (สำหรับกลุ่มที่อภิปรายเกี่ยวกับการลงปฏิบัติงาน หรือครูผู้สอนอธิบายเพิ่มเติม)

การวัดผลและประเมินผล

การวัดผล

1. ให้นักศึกษาสรุปผลการศึกษา โดยให้เขียนรายงาน
2. ให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติการให้ระดับตรีโกณมิติ

การประเมินผล

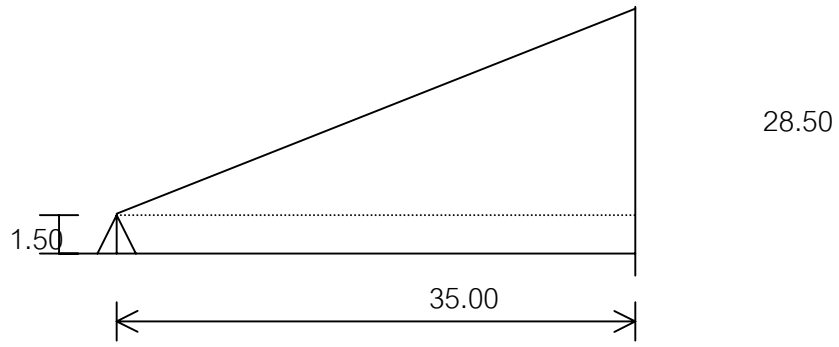
1. สังเกตการปฏิบัติงาน
2. ตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน
3. ตรวจสอบการคำนวณการตรวจสอบการได้ดิ่งของอาคารว่ามีการเอียงมากน้อยเพียงใด

แบบฝึกหัดที่ 6

1. ต้องการกำหนดตำแหน่งก่อสร้างถังเก็บน้ำประปา สูงจากระดับพื้นดิน 30 ม. มีวิธีการปฏิบัติและคำนวณหาอย่างไร

<u>แนวตอบ</u>

1. ขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งถังเก็บน้ำประปา สูงจากระดับพื้นดิน 30 ม.
   1.1 ตั้งกล้องวัดมุมห่างจากตำแหน่งที่จะก่อสร้าง พบประมาณสมมุติเป็นระยะทาง 35 ม.
   1.2 วัดความสูงของแกนกล้อง (H.I) สมมุติสูง 1.50 ม.
   1.3 หาระยะความสูงที่ต้องการที่ยังเหลืออยู่ = 30 - 1.50 = 28.50 ม.
   1.4 คำนวณหาค่ามุมสูงที่ต้องการ จาก



$$\tan\theta = 28.50/35.00 = 0.8142857143$$

$$\theta = \tan^{-1} 0.8142857143 = 39^\circ\, 9'\, 19''$$

   1.5 หาค่าอ่านจานองศาจากกล้อง

Reading = 90°-$39^\circ\ 9'\ 19''$

= $50^\circ\ 50'\ 41''$

หน่วยที่ 3
โค้งวงกลม (Circular Curves)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 3.1 โค้งทางราบ

เรื่องที่ 3.2 โค้งวงกลม

เรื่องที่ 3.3 ใบงานการวางโค้งวงกลม

สาระสำคัญ

1. เส้นตรงเมื่อเกิดการหักเหเพื่อเปลี่ยนทิศทาง หรือหลีกเลี่ยงอุปสรรคในแนวทางราบ จำเป็นต้องใส่โค้งใน จุดหักเหนี้อาจจะมีโค้งวงกลมวงเดียว โค้งวงกลมต่อเนื่องกัน 2 โค้ง หรือโค้งต่อเนื่องกันแต่ย้อนทาง ส่วนจะเป็นวงกลมเล็กหรือใหญ่ขึ้นอยู่กับมุมที่หักเหและการออกแบบ

2. โค้งวงกลม เป็นโค้งที่ใช้ส่วนหนึ่งของวงกลมมาออกแบบที่จุดหักเหเปลี่ยนทิศทาง จำเป็นต้องคำนวณหาส่วนต่างๆ ของโค้งวงกลม เนื่องจากไม่สามารถวัดระยะเป็นเส้นโค้ง จึงแบ่งส่วนโค้งออกเป็นส่วนโค้งย่อยๆ a, a_1, a_2, ชยา c, c_1, c_2 และมุมเห $\frac{d}{2}, \frac{d}{2}1, \frac{d}{2}2$ เพื่อนำมาใช้วางโค้งในสนามต่อไป

3. ในการฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ในการวางโค้งในสนาม การออกแบบโค้งเมื่อวัดค่า E จากสนาม การออกแบบโดยกำหนดค่า D และการออกแบบโค้งโดยอาศัยความเร็วของรถนำมาออกแบบโค้ง

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

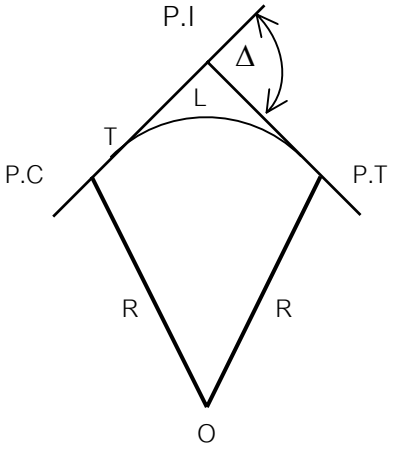
1. บอกวิธีการวางโค้งทางราบแบบต่างๆ
2. คำนวณการวางโค้งวงกลมได้
3. นำวิธีการวางโค้งวงกลมไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 3.1
โค้งทางราบ

โค้งงานทางเกิดขึ้นเนื่องจากแนวทางเกิดการหักเหเปลี่ยนทิศทาง เพื่อไปสู่ตำแหน่งที่ต้องการ หรือต้องการหลีกเลี่ยงปัญหา-อุปสรรค ในการก่อสร้าง เช่น ที่ลุ่มที่เกิดจากการทรุดตัวง่าย ภูเขาสูง หุบเขา อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

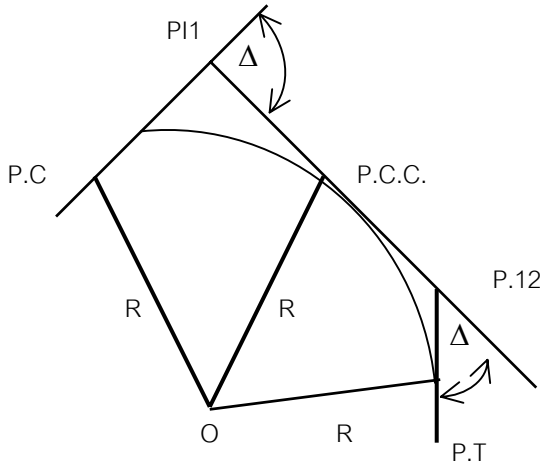
โค้งราบ (Horizontal Curve) เป็นโค้งบนพื้นราบ มีหลายลักษณะ คือ

1. **โค้งวงกลม** (Circular Curve) หรือ Simple Curve เป็นโค้งที่เป็นส่วนหนึ่งของวงกลมเชื่อมต่อด้วยเส้นสัมผัส (Tangent Line) สองเส้นที่ยาวเท่ากัน

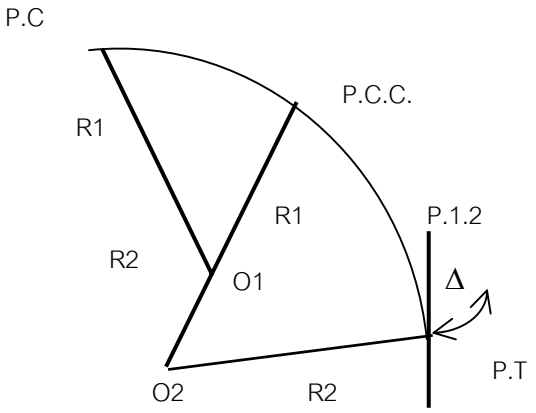


รูปที่ 3.1.1 แสดงโค้งวงกลม

2. **โค้งผสม** (Compound Curve) หมายถึง โค้งวงกลม 2 วง ใช้เส้นสัมผัสร่วมกัน 2 เส้น มี 2 แบบ คือ แบบรัศมีเท่ากันและรัศมีไม่เท่ากัน

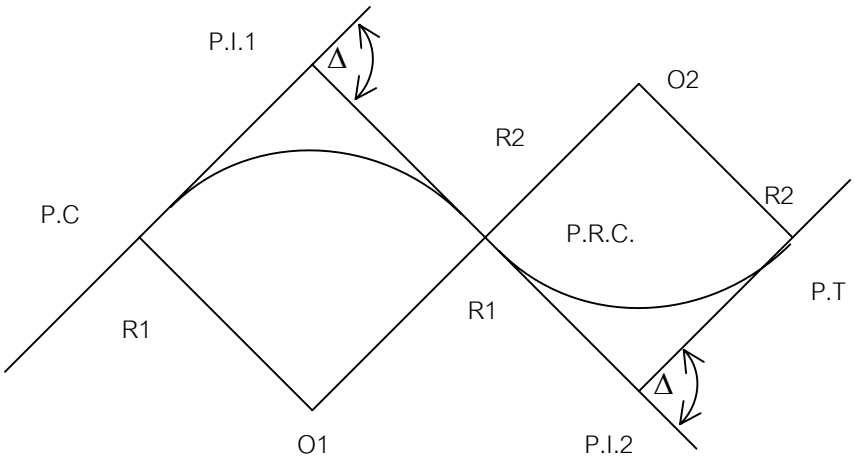


รูปที่ 3.1.2 แสดงโค้งผสมแบบรัศมีเท่ากัน



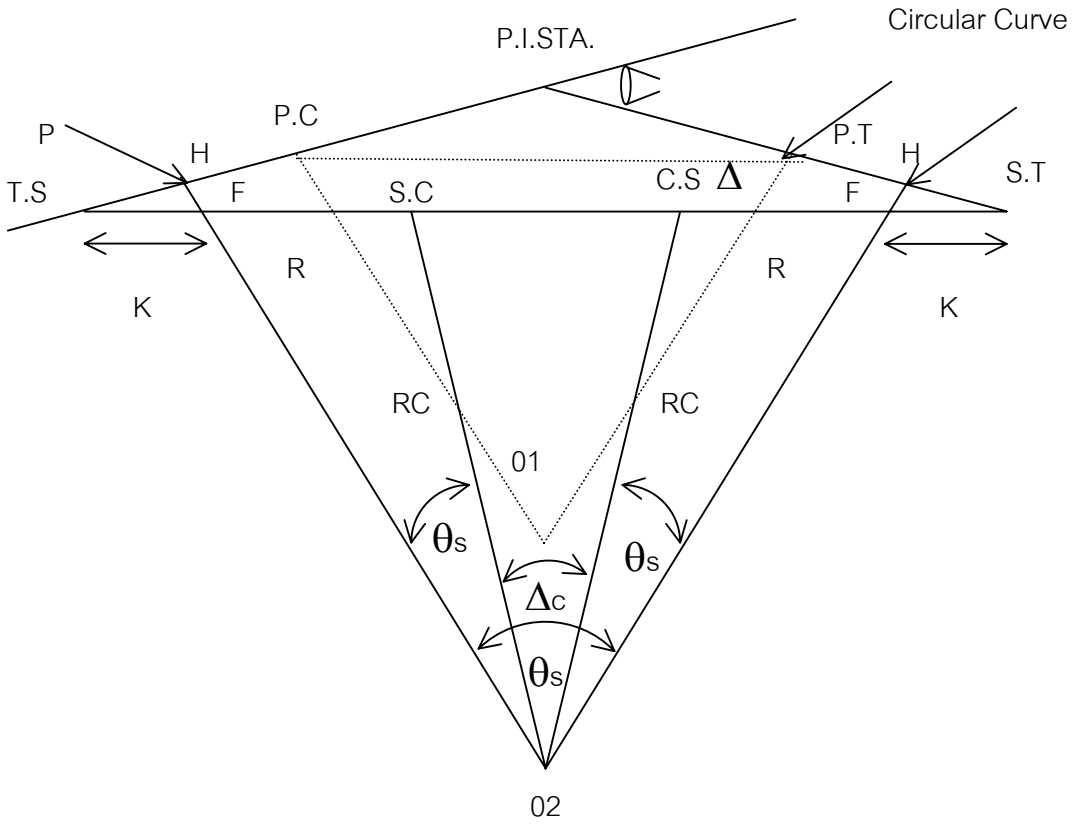
รูปที่ 3.1.3 แสดงโค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน

3. **โค้งผสมย้อนทาง** (Reversed Curve) หมายถึงโค้งผสมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ตรงกันข้าม



รูปที่ 3.1.4 แสดงโค้งผสมย้อมทาง

4. โค้งก้นหอย (Spiral Curve) เป็นโค้งกลมที่ออกแบบขยายให้ใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มรัศมีการเลี้ยว จุดประสงค์เพื่อต้องการความเร็วสูงในการเข้าโค้ง บังคับให้รถเลี้ยวได้ง่ายกว่าโค้งวงกลม จึงมีความปลอดภัยสูงขึ้น



รูปที่ 3.1.5 แสดงลักษณะโค้งก้นหอย

ข้อแนะนำในการเลือกแนวทาง

1. แนวทางควรมีส่วนเป็นเส้นตรงให้มากที่สุด

2. การใส่โค้ง ต้องใส่โค้งให้มีรัศมีความโค้งให้มากที่สุด รวมทั้งระยะการมองเห็น (Side Distance) ต้องได้ มาตรฐาน (รัศมีความโค้งในทางราบที่น้อยที่สุด 400 เมตร)

3. ถ้า P.I. มีมุมหักเหน้อย จะต้องใส่โค้งให้มีความยาวดังนี้

มุมเบี่ยงเบน	1	องศา	ไม่ต้องใส่โค้ง
มุมเบี่ยงเบน	2	องศา	ความยาวโค้ง = 250 เมตร
มุมเบี่ยงเบน	3	องศา	ความยาวโค้ง = 220 เมตร
มุมเบี่ยงเบน	4	องศา	ความยาวโค้ง = 180 เมตร
มุมเบี่ยงเบน	5	องศา	ความยาวโค้ง = 150 เมตร

4. แนวทางไม่ควรเป็นโค้งบริเวณที่จะต้องเป็นทางร่วมทางแยก

5. ตำแหน่ง P.C หรือ P.T. ควรอยู่ห่างจากตลิ่งของทางน้ำที่เห็นว่าจะต้องสร้างสะพาน

6. แนวทางไม่ควรผ่านไปในที่ลุ่มต่ำที่จะต้องถมสูงเป็นระยะยาว แต่ถ้าจำเป็นที่จะต้องผ่านทางช่วงนั้น ก็ไม่ควรจะมีโค้ง แต่ถ้าจำเป็นจะต้องมีโค้ง ก็พยายามให้มีมุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

7. โค้งที่อยู่ใกล้กันและไปทางเดียวกัน ควรจะมีระยะที่เป็นเส้นตรงระหว่างโค้งให้มากที่สุดที่จะมากได้ และรัศมีความโค้งของทั้งสามไม่ควรต่างกันเกิน 50%

8. หลีกเลี่ยงการใส่ Reverse Curve ถ้าจำเป็นจะต้องมี ควรให้มีระยะที่เป็นเส้นตรงระหว่างโค้งทั้งสองให้มากที่สุด

9. แนวทางไม่ควรผ่านเข้าไปในบริเวณที่เห็นว่าเป็นพื้นดินอ่อนเป็นช่วงยาวๆ

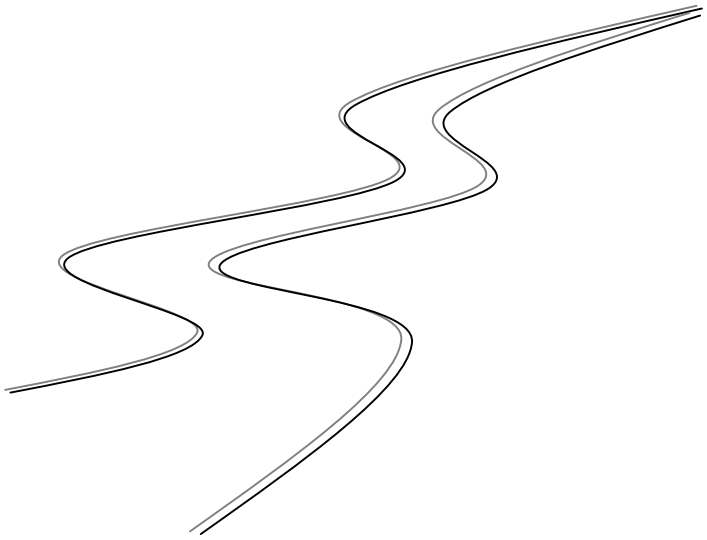
10. แนวทางไม่ควรไต่ไปตามพื้นที่ ซึ่งชันกว่าความชันมาตรฐานของถนนมากและเป็นแนวยาวๆ จนเกินไป

11. แนวทางที่ผ่านลำน้ำใหญ่ ควรจะให้แนวทางตั้งฉากกับลำน้ำ ถ้าจำเป็นที่จะ Skew ก็ให้ Skew น้อยที่สุด

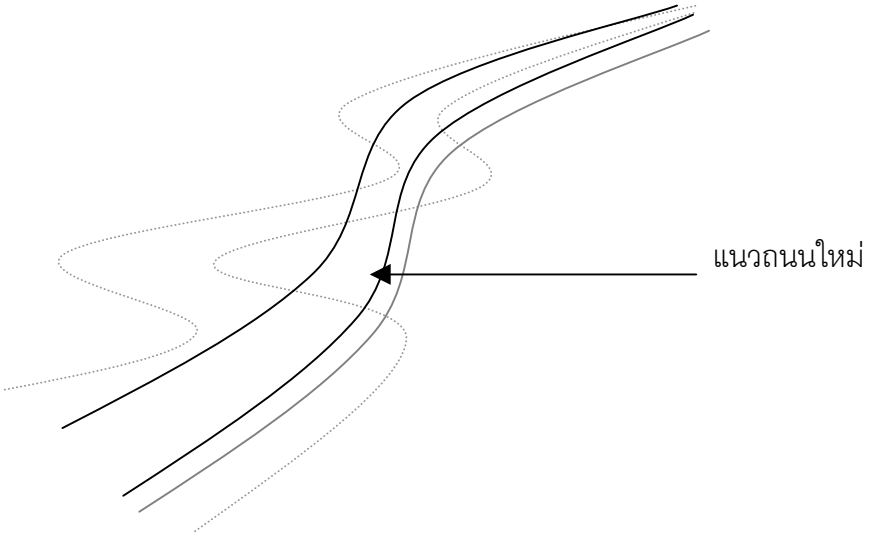
12. แนวทางไม่ควรเลียบใกล้ตามตลิ่งของลำน้ำ ที่เห็นว่ามีการกัดเซาะสูง

13. แนวทางที่ข้ามลำน้ำกว้างๆ ไม่ควรข้ามในระดับที่สูงกว่าท้องน้ำมาก เพราะจะทำให้มีปัญหาในการออกแบบ ตอม่อสะพานกลางลำน้ำ

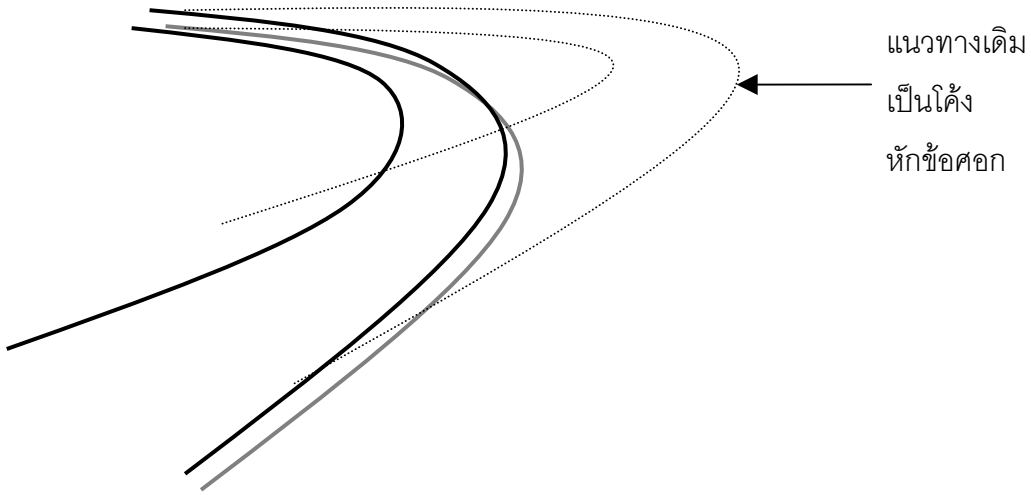
14. แนวถนนเดิมคดเคี้ยวไปมาโดยไม่จำเป็น



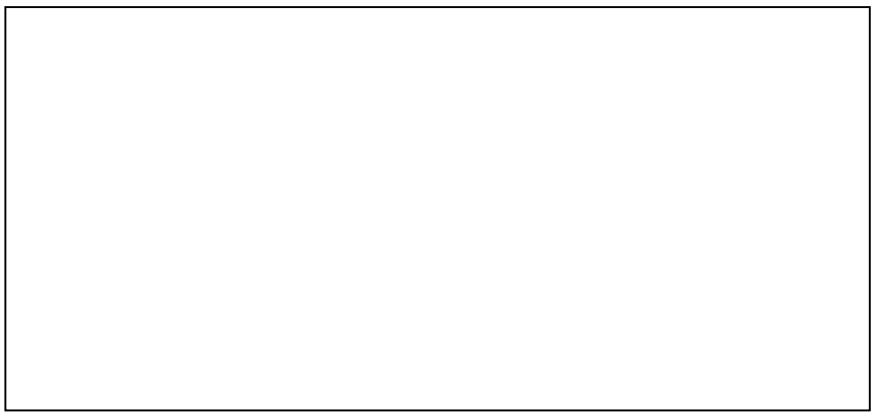
15. เมื่อจะปรับปรุงถนนเดิมควรแก้ไขแนวถนนให้เป็นแนวตรงหรือมีจำนวนโค้งน้อยลงเท่าที่จะทำได้



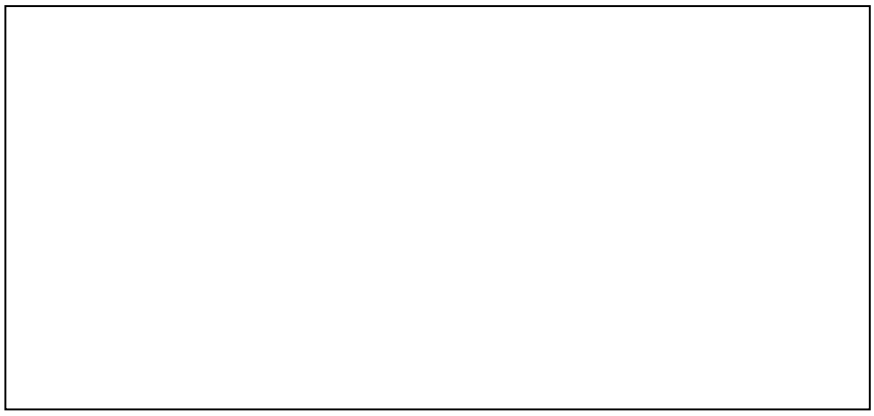
16. เมื่อจะปรับปรุงถนนใหม่ ควรแก้ไขแนวทางเดิมตรงที่เป็นโค้งหักศอกโดยวางแนวโค้งใหม่ให้กว้างมากขึ้น



17. ไม่สมควรวางแนวทางที่จะก่อสร้างใหม่เข้าเชื่อมโดยตรงกับแนวถนนในหมู่บ้าน ซึ่งมีอยู่เดิมแล้ว และมีแนววกวน คดเคี้ยว

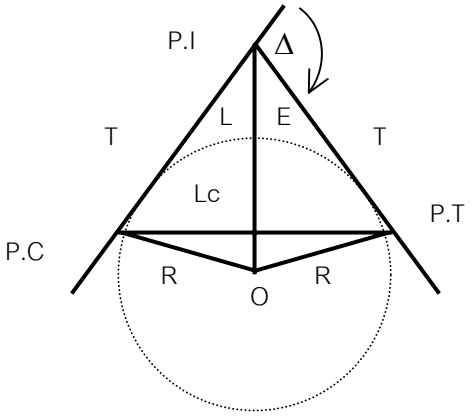


18. ควรวางแนวถนนที่จะก่อสร้างให้ผ่านใกล้หรือให้เฉียดหมู่บ้านไปข้างใดข้างหนึ่ง แล้วทำถนนเชื่อมระหว่างแนวถนนใหม่กับถนนเดิมในหมู่บ้าน



เรื่องที่ 3.2
โค้งวงกลม (SIMPLE CURVE หรือ CIRCULAR CURVE)

[1]โค้งวงกลม คือ โค้งที่มีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของวงกลม นิยมใช้กันมาก เพราะออกแบบง่ายและการวางโค้งในสนามก็สามารถทำได้ง่าย องค์ประกอบของโค้งวงกลม



รูปที่ 3.2.1 แสดงส่วนประกอบของโค้งวงกลม

P.I.	=	POINT OF INTERSECTION	คือ จุดที่แนวตรงสองแนวมาพบกัน
P.C.	=	POINT OF CURVATURE	คือ จุดเริ่มต้นโค้งที่เบี่ยงเบนออกจากเส้นตรง
P.T.	=	POINT OF TANGENCY	คือ จุดปลายโค้งวงกลมซึ่งเข้ามาบรรจบกันเส้นตรง
Δ	=	INTERSECTION ANGLE	คือ มุมตัดหรือมุมเหภายนอก
T	=	TAMGENT DISTANCE	คือ ระยะเส้นสัมผัสจาก P. C. หรือ P.I.
L	=	LENGTH OF CURVE	คือ ระยะความยาวของโค้งวงกลม หรือระยะจาก P. C. หรือ P.T. ซึ่งวัดตามแนวโค้ง
Lc	=	LONG CHORD	คือ ความยาวตามชยา (Chord) จาก P. C. ถึง P.T.
E	=	EXTERNAL DISTANCE	คือ ระยะจากจุด P.I. ถึงจุดกึ่งกลางของโค้งวงกลม
D	=	DEGREE OF CURVE	คือ ค่าที่บอกค่าด้วยรัศมี (R) D คือ ค่ามุมที่จุดศูนย์กลางโค้งที่รองรับโค้งยาว 100 ฟุต หรือ 100 ม. แล้วแต่ระยะที่ใช้

[1] เจิมศักดิ์ หัวเพชร. การกำหนดเส้นทาง. ม.ป.ป. หน้า 251

สูตรในการคำนวณ

$R = \frac{5,729.578}{D}$ หรือ $D = \frac{5,729.578}{R}$

$T = R \tan\frac{\Delta}{2}\left(D = 1, T = 5,729.578 \tan\frac{\Delta}{2} \right)$

$E = T \tan\frac{\Delta}{4} = R\left(\sec\frac{\Delta}{2} - 1 \right)$

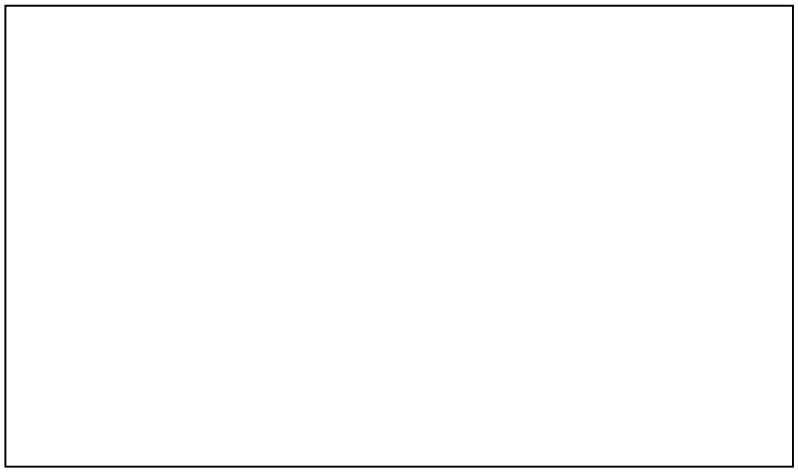
$Lc = 2R \sin\frac{\Delta}{2}$

$L = 100\frac{\Delta}{2}$

$M = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2} \right)$

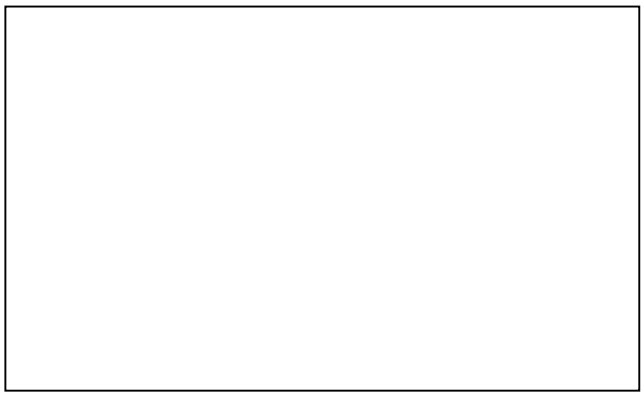
P.C .Sta = P.I. Sta. – T

P.T. Sta = P.C. Sta. + L



รูปที่ 3.2.2 แสดงวิธีการคำนวณมุมเห

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเห โค้งและชยา (DEFLECTION ANGLE, ARC, CHORD)



รูปที่ 3.2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเห โค้งและชยา

จาก Arc Definition

$$\frac{d}{D}=\frac{a}{100}$$

$$\therefore d=\frac{aD}{100}(\deg ree)$$

ในทำนองเดียวกัน $d1 = \frac{a1D}{100}(\deg ree)$

$D2 = \frac{a2D}{100}(\deg ree)$

การคำนวณมุมเหและมุมเหย่อย (SUBDEFLECTION ANGLE)

จาก $\frac{d}{2}=\frac{aD}{2\times 100}\deg ree$

$$\frac{d}{2}=0.3aD\deg ree$$

ในทำนองเดียวกัน $\frac{d_1}{2}=0.3a_1D\min ute$

$$\frac{d_2}{2}=0.3a_2D\min ute$$

การคำนวณหา ชยาและชยาย่อย (SUBCHORD) **เมื่อ** (a = 25 **หรือ** < 25 **ม.**)

การพิสูจน์เหมือนกับการหาสูตรมุมเห

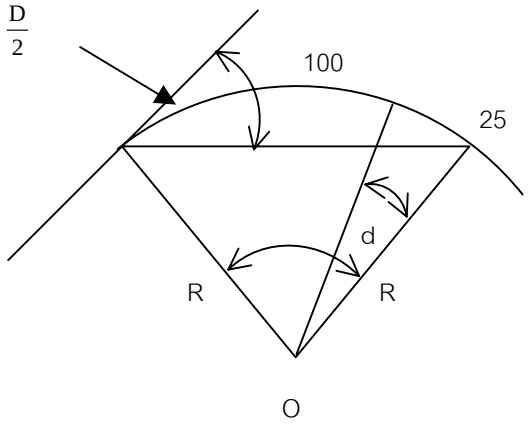
$\therefore$ จะได้ว่า $C = 2R \sin \frac{d}{2}$

$C = 2R \sin \frac{d_1}{2}$

$C_1 = 2R \sin \frac{d_2}{2}$

องศาความโค้ง (DEGREE OF CURVE = D)

D คือ มุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งที่ยาวเท่ากับ 100 ม. เรียกว่า Arc Definition



รูปที่ 3.2.4 แสดงองศาความโค้ง

จากสัดส่วน $100 : 2\pi R = D : 360^\circ$

$R = \frac{100}{2\pi} \times \frac{360}{D}$

$= \frac{5729.578}{D}$

ตัวอย่างของโค้งถนนทางหลวงชนบท

จงคำนวณสัดส่วนต่างๆ ของโค้งและตารางสำหรับการวางโค้งวงกลม โดยมีข้อมูลดังนี้ PI. Sta 10 + 800.50 Δ = 69° - 30′ - 00″ Rt กำหนดให้ , R = 260, 435 a = 25 ม.

การคำนวณ

1. T = R tan Δ/2

   = 25.0435 tan (69°30/2)

   = 180.670 ม.

2. E = R (SecΔ/2-1)

   = 260.435 Sec (69°30/4)

   = 56.532 ม.

3. L = 100 × Δ/D

   = 100(69°30/22)

   = 315.909 ม.

4. P.C. = P.I. - T

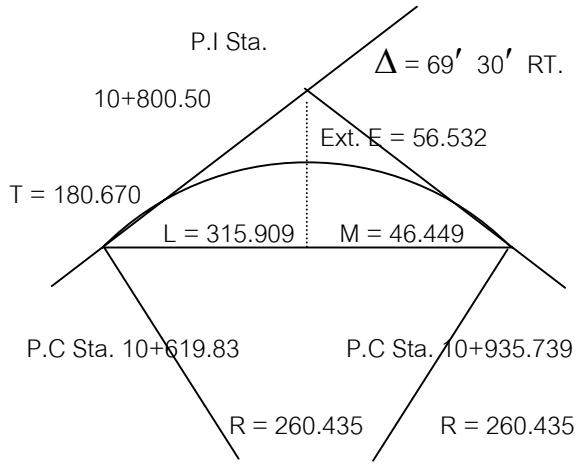
   = 100 + 800.50 – 186.670

   = 10 + 619.830

5. P.T. = P.C. + L

   = 10 + 619.830 + 315.909

   = 10 + 935.739



รูปที่ 3.2.5 ระยะต่างๆ ของโค้ง

จากตัวอย่างหาโค้งย่อย a1 จาก Sta .P.C. 10 + 619.830 จากงานทางของ ร.พ.ช. Sta. ของทางจะเป็น Sta. เต็ม คือ 25, 50, 75, 100 เป็นต้น จาก Sta. P.C. ค่าระยะทางต่อไปนี่ Sta. เต็ม คือ Sta. 10 + 625

∴ โค้งย่อย a1 = Full Sta. 10 + 625.000

P.C. Sta 10 + 619.830

= 5.170 ม.

โค้งย่อย a2 คิดจาก Sta. เต็มก่อนถึงจุด P.T.

∴ โค้งย่อย a2 = P.T. Sta 10 + 935.739

Full Sta. 10 + 925.000

= 10.739 ม.

การคำนวณหาจุดกึ่งกลางโค้ง

P.C. Sta. 10 + 619.830

L/2 157.954

Ext. Sta 10 + 777.784

Full Sta 10 + 775.00

∴ โค้งย่อย a3 = 2.784 ม.

การคำนวณหามุมเหจากสูตร

$$\frac{d}{2} = 0.30 \times 25 \times 22$$

$$= 165'$$

$$= 2^{\circ}\ 45'\ 00''$$

การคำนวณหามุมเหย่อยจากสูตร

$$\frac{d_1}{2} = 0.30 \times 5.170 \times 22$$

$$= 34.122''$$

$$= 0^{\circ}\ 34'\ 07.32''$$

$$\frac{d_2}{2} = 0.30 \times 10.739 \times 22$$

$$= 70.8774''$$

$$= 1^{\circ}\ 10'\ 52.644s''$$

หาจุดกลางโค้ง

$$\frac{d_3}{2} = 0.30 \times 2.784 \times 22$$

$$= 18.3744''$$

$$= 1^\circ\ 18'\ 22.464''$$

การคำนวณหาชยาและชยาย่อย จากสูตร

$$C = 2 \times 260.435 \times \sin 2^\circ\ 45'\ 00''$$

$$= 24.990 \text{ ม.}$$

$$C_1 = 2 \times 260.435 \times \sin 0^\circ\ 34'\ 07.32''$$

$$= 5.170 \text{ ม.}$$

$$C_2 = 2 \times 260.435 \times \sin 1^\circ\ 10'\ 52.644''$$

$$= 10.738 \text{ ม.}$$

จุดกึ่งกลางโค้ง

$$C_3 = 2 \times 260.435 \times \sin 0^\circ\ 18'\ 22.464''$$

$$= 2.784 \text{ ม.}$$

ตาราง 3.2.1 แสดงข้อมูลการวางโค้งจาก P.C.

STA		Arc	Deflection			$\sum$ Deflection			Chord	Remark
		A	$\frac{d}{2}$			$\sum\frac{d}{2}$			C	
P.C.	10+619.83		°	′	″	°	′	″		CURVEDATA
Sta.	10+625	5.170	0	34	07.32	0	34	07.32	5.170	P.I. Sta.
	10+650	25	2	45	00	3	19	07.32	24.990	100+800.5
	10+675	25	2	45	00	6	04	07.32	24.990	Δ=69°30′RT
	10+700	25	2	45	00	8	49	07.32	24.990	D=22°
	10+725	25	2	45	00	11	34	07.32	24.990	R=260.435
	10+750	25	2	45	00	14	19	07.32	24.990	T=180.670
	10+775	25	2	45	00	17	04	07.32	24.990	E=56.532
Ext.	10+777.84	2.784	0	18	22.465	17	22	29.78	2.784	M=46.449
	10+800	25	2	45	00	19	49	07.32	24.990	คิดจาก
	10+825	25	2	45	00	22	34	07.32	24.990	10+775
	10+850	25	2	45	00	25	19	07.32	24.990	
	10+875	25	2	45	00	28	04	07.32	24.990	
	10+900	25	2	45	00	30	49	07.32	24.990	
	10+925	25	2	45	00	33	34	07.32	24.990	
P.T.	10+935.739	10.739	1	10	52.664	34	44	59.96	10.739	
Sta.					$\frac{\Delta}{2}$	34	45	00		
					Error			0.04		

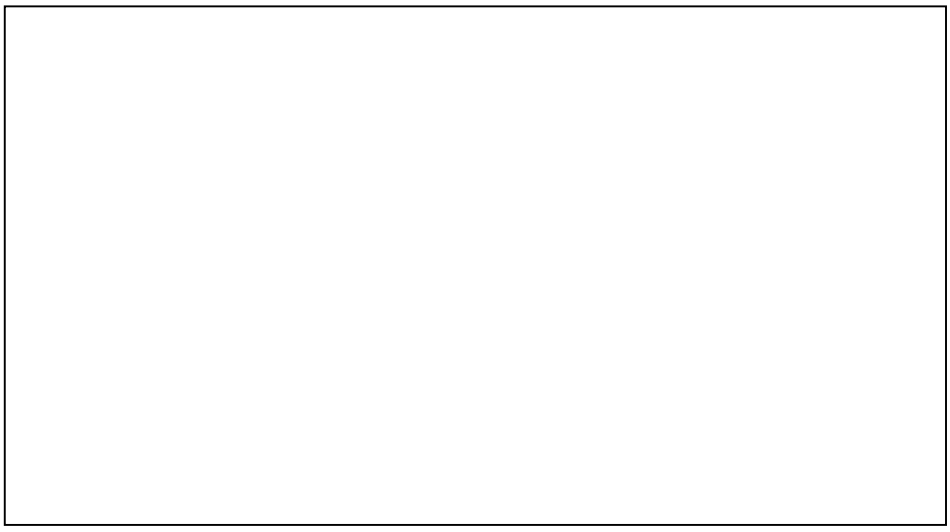
ตาราง 3.2.2 แสดงข้อมูลการวางโค้งจาก P.T.

STA		Arc	Deflection			∑ Deflection			Black Deflection			Chord
		A	$\frac{d}{2}$			$\sum\frac{d}{2}$			$360-\sum\frac{d}{2}$			C
P.T.	10+935.739		°	′	″	°	′	″	°	′	″	
	10+925	10.739	1	10	52.644	1	10	52.64	358	49	07.36	10.738
	10+900	25	2	45	00	3	55	52.64	356	04	07.36	24.990
	10+875	25	2	45	00	6	40	52.64	353	19	07.36	24.990
	10+850	25	2	45	00	9	25	52.64	350	34	07.36	24.990
	10+825	25	2	45	00	12	10	52.64	347	49	07.36	24.990
	10+800	25	2	45	00	14	55	52.64	345	04	07.36	24.990
Ext.	10+777.784	22.216	2	26	37.54	17	22	30.18	342	37	29.83	22.209
	10+775	2.784	0	18	22.46	17	40	52.64	342	19	07.36	2.784
	10+750	25	2	45	00	20	25	52.64	339	34	07.36	24.990
	10+725	25	2	45	00	23	10	52.64	336	49	07.36	24.990
	10+700	25	2	45	00	25	55	52.64	334	04	07.36	24.990
	10+650	25	2	45	00	28	40	52.64	331	19	07.36	24.990
	10+625	25	2	45	00	31	25	52.64	328	34	07.36	24.990
	10+925	25	2	45	00	34	10	52.64	314	49	07.36	24.990
P.C.	10+619.830	5.170	0	34	07.32	34	44	59.69	325	15	00.04	5.170
					$\frac{\Delta}{2}$	34	45	00				
					Error			0.04				

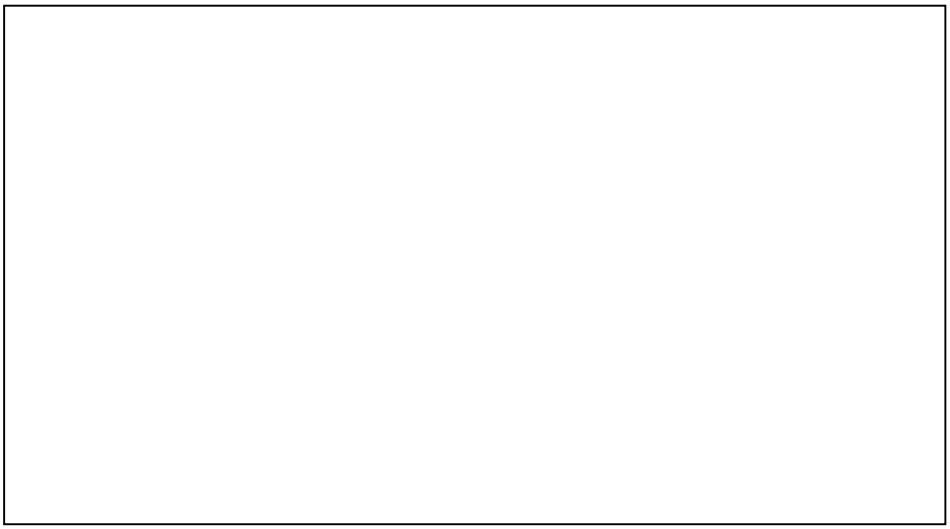
การวางโค้งในสนาม

1. ตรวจสอบหาหมุด P.O.T. , P.C. , P.T. โดยอาศัยหมุด R.P. ที่ทำไว้
2. ตรวจสอบและวัดมุม Δ ว่าได้เท่ากับแบบหรือไม่
3. เมื่อตรวจสอบตามข้อ 1 และ 2 เสร็จแล้ว กำหนดมุม p.C. และ P.I.
4. ตั้งกล้องที่จุด P.C. ส่องไปที่จุด P.I. ตั้งค่าจานองศาราบเท่ากับศูนย์
5. เปิดมุมกล้องให้อ่านค่ามุม $0^{\circ}\ 34'\ 07.32''$ วัดระยะตามแนวเล็งกล้องเท่ากับ 5.170 จะได้ Sta. 10 + 625
6. เปิดกล้องอ่านมุมต่อเนื่องเท่ากับ $3^{\circ}\ 34'\ 07.32''$ จากตารางวัดระยะจาก Sta. 10+625 ให้ได้เท่ากับ 24.990 ม. จะได้ Sta. 10+650
7. เปิดกล้องอ่านมุมต่อเนื่อง เท่ากับ $0^{\circ}\ 34'\ 07.32''$ จากตารางวัดระยะจาก Sta.10+650 ให้ได้เท่ากับ 24.990 ม. ให้ระยะตัดกับแนวกล้อง จะได้ 10 + 675 ทำดังนี้เรื่อยๆ ไปจนถึง Sta. P.T. ซึ่งแนวเล็งกล้องการวัดระยะตัดแนวเล็ง จะต้องตรงกับ Sta. พอดี

หมายเหตุ การอ่านค่ามุมควรอ่านทั้งสองหน้าของกล้อง



รูปที่ 3.2.6 แสดงการวางโค้งโดยส่งกล้องหน้าเดียว



รูปที่ 3.2.7 แสดงการวางโค้งโดยการส่งกล้อง 2 หน้า

ตัวอย่างการวางโค้งกรมทางหลวง

กำหนด Δ = 36° 30′ จุด P.I. อยู่ที่ Sta. 4 + 678.900 ทำการวัดค่า E ในสนามจากจุด P.I. ถึงกลางถนนที่มีอยู่เดิม = 13.20 ม. ต้องการทราบข้อมูลสำหรับส่วนต่างๆ ของโค้งรวมทั้งค่ามุมเหละชยาสำหรับส่วนโค้ง 25 ม.

ขั้นตอนการคำนวณ

D = 1° , T = 5729.578 tan $\frac{\Delta}{2}$ = 5729.578 tan $\frac{\left(36^{0}30'\right)}{2}$ = 1889.33148

D = 1° , E = T.tan $\frac{\Delta}{4}$ = 1889.33148 tan $\frac{\left(36^{0}30'\right)}{4}$ = 303.4674582 ม.

E = 303.4674582 D = 1°

E = 13.20 ม. (ในสนาม) D = $\frac{303.4674582}{13.20}$ = 22.98995895° = 22° 59′ 23.85″

เลือกใช้ D = 23°

2. คำนวณค่าต่างๆ ของโค้ง

$$R = \frac{5729.578}{D} = \frac{5729.578}{23} = 249.112 \text{ ม.}$$

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 24.1122 \text{ Tan } \frac{(36° - 30'.0'')}{2} = 13.194 \text{ ม.}$$

$$E = T \text{ Tan } \frac{\Delta}{4} = 82.145 \text{ Tan } \frac{(36° - 30'.0'')}{4} = 13.194 \text{ ม.}$$

$$L = \frac{\Delta \times 100}{D} = \frac{(36° - 30'.0'') \times 100}{23} = 158.696 \text{ ม.}$$

P.C. Sta. = P.I. – T = (4 + 678.900) – 82.145 = 4 + 596.755

P.T. Sta. = P.C. + L = (4 + 596.755) + 185.696 = 4 + 755.451

3. พิจารณาจุดอื่นๆ ที่จะวางบนแนวโค้ง ถัดจากจุด P.C. (4+569.755) ก็จะเป็น P.T. ซึ่งเป็นจุดสุดท้ายบนโค้ง คือ จุด 4 +755.451 สำหรับ Sta. แรกที่อยู่บนเส้นตรงเป็นแนวทางต่อไปก็คือ 4 + 775

4. คำนวณมุมเหของจุดต่างๆ บนโค้ง

∴ โค้งย่อย a_1 = Full Sta. 4 + 600.00

P.C. Sta 4 + 596.755

= 3.245 ม.

โค้งย่อย a_2 คิดจาก Sta. เต็มก่อนถึงจุด P.T.

∴ โค้งย่อย a_2 = P.T. Sta. 4 + 755.451

Full Sta. 4 + 596.755

= 5.451 ม.

การคำนวณหาจุดกึ่งกลางโค้ง

P.C. Sta. 4 + 596.755

L/2 79.348

Ext. Sta. 4 + 676.103

Full Sta. 4 + 675.00

∴ โค้งย่อย a_3 = 1.103 ม.

การคำนวณหามุมเหจากสูตร

$\frac{d}{2}$ = 0.30× 25 ×23

= 172.5′

= $2^{\circ}\ 52'\ 30''$

การคำนวณหามุมย่อยจากสูตร

$\frac{d_1}{2}$ = 0.30 × 3.245 ×23

= 22.3905′

= $0^{\circ}\ 22'\ 23.43''$

$\frac{d_2}{2}$ = 0.30 × 5.451 ×23

= 37.6119′

= $0^{\circ}\ 37'\ 36.71''$

จุดกลางโค้ง

$\frac{d_2}{2}$ = 0.30 × 1.103 ×23

= 7.6107′

= $0^{\circ}\ 7'\ 36.64''$

การคำนวณหาซยาย่อย จากสูตร

C = $2 \times 249.112 \times \sin\ 2^{\circ}52'\ 30''$

= 24.990 ม.

C_1 = $2 \times 249.112 \times \sin\ 0^{\circ}22'\ 23.43''$

= 3.245 ม.

C_2 = $2 \times 249.112 \times \sin\ 0^{\circ}37'\ 36.71''$

= 5.451 ม.

จุดกึ่งกลางโค้ง C_3 = $2 \times 249.112 \times \sin\ 2^{\circ}\ 7'\ 36.64''$

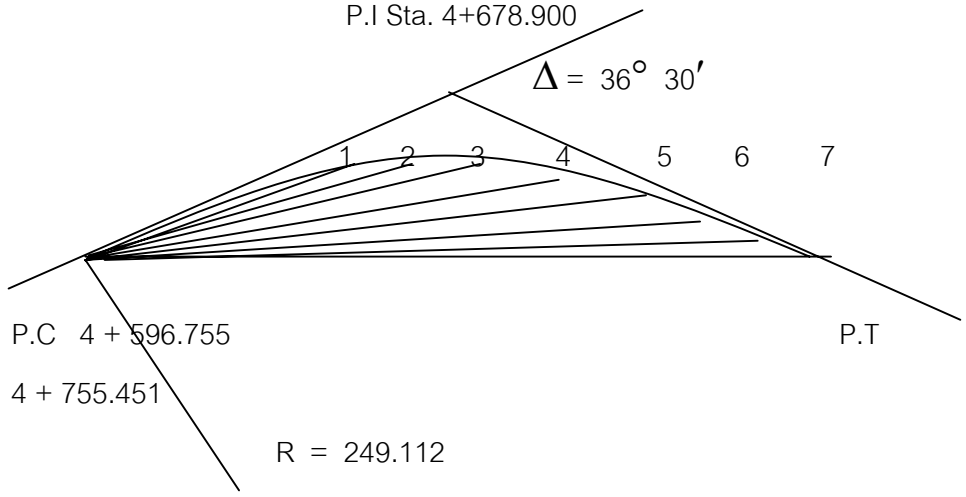
= 1.103 ม.

5. นำข้อมูลที่คำนวณได้ทั้งหมดเขียนลงในตารางดังนี้

ตาราง 3.2.3 แสดงข้อมูลการวางโค้งจาก P.C.

STA		Arc	Deflection			∑ Deflection			Chord	Remark
		A	$\frac{d}{2}$			$\sum\frac{d}{2}$			C	
P.C.	4+596.755		°	′	″	°	′	″		CURVEDATA
	4+600	3.245	0	22	23.43	0	22	23.43	3.245	P.I. Sta.
	4+625	25	2	52	30	3	14	53.43	24.990	4 + 678
	4+650	25	2	52	30	6	07	23.43	24.990	Δ=69°30′RT
	4+675	25	2	52	30	8	59	53.43	24.990	D=23°
	4+700	25	2	52	30	11	52	23.43	24.990	R=249.112
	4+725	25	2	52	30	14	44	53.43	24.990	T=82.145
	4+750	25	2	52	30	17	37	23.43	24.990	E=13.194
P.T.	4+755.451	5.451	0	37	36.71	18	15	0.14	5.451	
					$\frac{\Delta}{2}$	18	15	00		
					Error			0.14		

จากตารางข้างบนนี้คือข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวางโค้งในสนาม



รูปที่ 3.2.8 แสดงการวางโค้งในสนาม

วิธีการวางโค้งในสนาม

เครื่องมือ 1. กล้องวัดมุมซึ่งอ่านจานองศาราบได้ละเอียดถึง 0.1 ลิปดา

2. เทปวัดระยะ
3. ห่วงคะแนน
4. หมุดไม้
5. หลักขาวแดง

วิธีปฏิบัติ

1. จากที่ได้ทำการวางแนวทางขั้นต้นไว้แล้ว ทำให้เรามีแนวเส้นตรง มีหมุด P.I. สำหรับจุดที่เปลี่ยนแปลงแนวทางและได้ทำการวัดมุมเหภายนอก (Δ) ไว้แล้ว ($\Delta=36^\circ\ 30'$) จึงทำให้การคำนวณหาข้อมูลของโค้งดังตัวอย่างข้างต้นไว้

2. ตั้งกล้องที่จุด P.I. ตั้งค่าจานองศาราบ 0° เล็งแนวเส้นตรงไปยังหมุดของแนวหลังวัดระยะทางตามแนวกล้องเท่ากับ T (82.145 ม.) ตอกหมุดให้เป็นจุด P.C. และตอกตะปูเข็มทำเครื่องหมายไว้ที่หัวหมุด

3. กระดกกล้องกลับเปิดค่ามุมราบ หมุนกล้องเล็งไปยังหมุด P.T. หรือ P.O.T. ของแนวหน้า ตรวจดูว่า จานองศาราบอ่านค่าได้เท่ากับค่าที่อ่านได้เท่ากับมุมเหภายนอก ($\Delta=36^\circ\ 30'$) ในข้อ 1 หรือไม่

4. วัดระยะไปตามแนวเล็กกล้องเท่ากับ T ตอกหมุด ให้เป็นจุด P.T. ทำเครื่องหมายบนหัวหมุดโดยใช้ตะปูเข็มตอกบนหมุดไม้

5. ย้ายกล้องไปตั้งที่ P.C. จับที่หมายที่ P.I. ตั้งค่าจานองศาราบเป็น 0°

6. เปิดมุมส่องกล้องไปที่ P.T. อ่านค่าจานองศาค่าที่อ่านได้จะต้องเท่ากับ $\frac{\Delta}{2}(18^\circ\ 15')$ เป็นการตรวจสอบว่า จุด P.C. , P.T และข้อมูลที่นำมาคำนวณนั้นถูกต้องหรือไม่

7. ทำการวางหมุดที่ 1 บนแนวโค้ง โดยการตั้งค่าบนจานองศาราบให้มีค่า $0^\circ 22' 23.43''$ วางเทปวัดระยะให้ปลายศูนย์อยู่ที่ P.C. วัดระยะ 3.245 ม. อยู่ตรงกับแนวเล็งของกล้อง ตอกหมุดไม้เป็นหมุดที่ 1

8. ทำการวางหมุดที่ 2 ตั้งค่าจานองศาราบให้อ่านได้ $3^\circ 14' 53.43''$ วางปลายศูนย์ของเทปวัดระยะจุดที่ 1 วัดระยะ 24.990 ม. อยู่บนแนวเล็งของกล้องตอกหมุดไม้ของหมุดที่ 2

9. วางหมุดถัดไป โดยตั้งค่าจานองศาราบให้มีค่าในบรรทัดถัดลงไปในช่องมุมเห $6^\circ 07' 23.43''$ วางเทปวัดระยะให้ปลายศูนย์อยู่เหนือหมุดที่ 2 วัดระยะ 24.990 ม. อยู่ในแนวเล็งตอกหมุดที่ 3

10. ทำเช่นนี้เรื่อยๆ ไปจนได้หมุดที่ 7 จากนั้นให้ตั้งค่าจานองศาให้ได้เท่ากับมุมค่ามุมเหสุดท้ายของตาราง $18^{\circ}15'(\Delta/2)$ วางปลายศูนย์เหนือจุด 7 และวัดระยะ 5.451 ม. เทปวัดระยะอยู่ในแนวเล็งและอยู่บนหัวตะปูที่จุด P.I. พอดี

11. ถ้าวัดระยะจากหมุดที่ 7 ไปยังจุด P.T. ที่ได้ทำการวางไว้ตั้งแต่ก่อนเริ่มการวางโค้ง ระยะที่วัดได้มากหรือน้อย คือความคลาดเคลื่อนของการวางโค้ง ถ้าหากไม่น้อยไปกว่า 1: 1,000 ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ถ้าหากมีค่าความคาดเคลื่อนมากก็ควรจะทำการตรวจสอบใหม่ทั้งหมด

ข้อแนะนำ

1. การวางหมุด P.C. , P.T ตามวิธีปฏิบัติจากข้อ 1 ถึง 4 จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เพราะถ้าหากวางตำแหน่งของจุดเหล่านี้คลาดเคลื่อนไปก็จะส่งผลไปถึงการวางโค้งตอนสุดท้ายด้วย

2. ในการวางตำแหน่งของ P.C. และ P.T ควรทำการวางระยะสวนกลับไปที่ P.I. อีกครั้งหนึ่ง เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการวัดระยะ นั่นคือควรทำการวัดระยะทางทั้งไปและกลับ

3. ในการวางเทปวัดระยะเพื่อวางตำแหน่งหมุดบนโค้ง ผู้ที่ถือเทปวัดระยะคนหน้าจะต้องแกว่งเทปวัดระยะให้อยู่ในแนวเล็งของกล้อง โดยการเอาห่วงคะแนนจับไว้กับเทปวัดระยะตรงความยาว 24.999 ม. พอดี (หรือระยะอื่นๆ ตามความยาวชยาที่ต้องการ)

4. ถ้าหากตำแหน่งของจุดต่างๆ บนโค้งอยู่เรียงกันในทิศทางเข็มนาฬิกา การเตรียมข้อมูลสำหรับการวางโค้งจะต้องจัดเตรียมค่าจานองศาราบที่จะต้องตั้งในการวางจุดต่างๆ เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งช่องด้วย

เนื่องจากการคำนวณโค้งตามวิธีดังกล่าวข้างต้นนั้นเป็นการปฏิบัติงานที่สะดวก และรวดเร็วในสนามตามสภาพภูมิประเทศ และความกว้างของเขตทางเดิม แต่อย่างไรก็ตาม ค่ารัศมีโค้ง (R) ที่ได้รับจากการคำนวณนี้ จะต้องนำไปตรวจสอบค่า R ซึ่งคำนวณมาจากข้อกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำที่ใช้ออกแบบจากสูตรต่อไปนี้ด้วย

$S.E. = 0.004v^2/R$

โดยใช้ข้อกำหนดดังนี้

S.E.	=	0.04 ม./ม.	ทางในเขตย่านชุมชน
S.E.	=	0.06 ม./ม.	ทางหลวงแผ่นดินสายประธานและสายรองประธาน
S.E.	=	0.08 – 0.10 ม./ม	ทางหลวงจังหวัดและภูมิประเทศที่เป็นภูเขา

S.E. มาจาก Supperelevation หมายถึง การยกโค้ง

การคำนวณโค้งโดยอาศัยความเร็วในการออกแบบ

ตัวอย่าง P.I. Sta. 4+678.900 วัดมุม Δ = $36^\circ 30' LT$ ในการคำนวณโค้งทางราบภูมิประเทศที่เป็นภูเขา กำหนดความเร็วในโค้งอยู่ระหว่าง 60-80 กม./ซม. (พิจารณาใช้ความเร็ว 75 กม.-ซม.)

ลำดับขั้นตอนในการคำนวณ

1. หา R จาก S.E. = $0.004 \frac{V^2}{R} \leq 0.10$ ม./ม. เลือกใช้ S.E. = 0.08

$$R = 0.004 \frac{V^2}{0.08} = \frac{0.004(75)^2}{0.08} = 281.250$$

2. หา D

$$D = \frac{5729.578}{R} = \frac{5729.578}{281.250} = 20.372$$

เลือกใช้ $D = 20^\circ$

$$\therefore R = \frac{5729.578}{D} = \frac{5729.578}{20} = 286.479 \text{ ม.}$$

3. ตรวจสอบค่า S.E.

$$S.E. = 0.004 \frac{V^2}{R} = \frac{0.004(75)^2}{286.479} = 0.078 < 0.08 \rightarrow \text{O.K.}$$

4. หาค่าส่วนต่างๆ ของโค้ง

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 94.467 \text{Tan} \frac{(36^\circ - 30')}{2} = 94.467 \text{ ม.}$$

$$E = t \tan \frac{\Delta}{4} = 94.467 \text{Tan} \frac{(36° - 30')}{4} = 15.173 \text{ ม.}$$

$$L = \frac{\Delta \times 100}{D} = \frac{(36 - 30) \times 100}{20} = 182.500 \text{ ม.}$$

P.C. Sta. = P.I. – T = 4+678.900 – 94.467 = 4 + 584.433

P.T. Sta. = P.C. Sta. + L = 4+584.433 + 182.500 = 4 + 766.933

จะเห็นได้ว่า ถ้าคำนวณโค้งราบนี้โดยใช้ความเร็วตามมาตรฐานขั้นต่ำที่ใช้ออกแบบ จะได้ค่า R = 286.479 ม. และค่า E = 15.173 ม. ซึ่งจะมากกว่าการคำนวณโดยใช้ค่า E ที่วัดได้ในสนาม (R = 249.112 ม. E = 13.194 ม. D = 23°) และจากตัวอย่างทั้งสองนี้ ค่ารัศมีโค้ง R ก็จะยังอยู่ในข้อกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำ ซึ่งใช้ได้ทั้งสองโค้ง เพียงแต่ว่าถ้าใช้ค่า D = 23° จะต้องยก S.E. = 0.09 โดยใช้ความเร็ว 75 กม./ชม. เท่ากัน

ฉะนั้น ควรเลือกใช้ค่า D = 20°

เรื่องที่ 3.3 ใบงานที่ 3	
วิชา การสำรวจเส้นทาง ชื่อหน่วย โค้งวงกลม	หน่วยที่ 3 สอนครั้งที่ 5-6 จำนวนคาบรวม 24
ชื่องาน การวางโค้งวงกลม	จำนวนคาบ 8

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถคำนวณหาส่วนต่างๆ ของโค้งวงกลมได้
2. สามารถวางโค้ง และตรวจสอบโค้งในสนามได้
3. สามารถนำวิธีการวางโค้งในสนามไปใช้งานได้ถูกต้อง

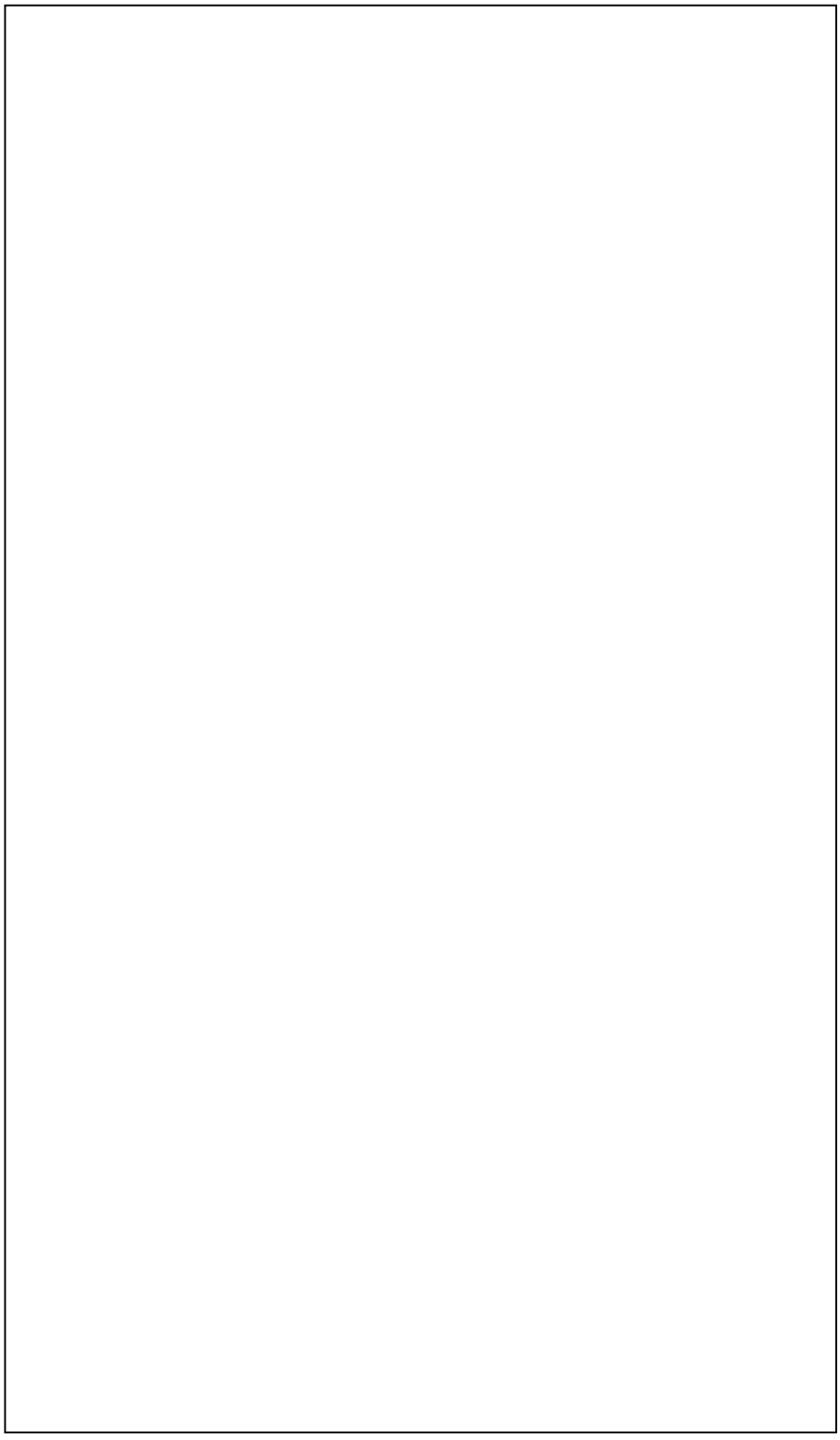
เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. กล้องวัดมุมพร้อมขาตั้ง จำนวน 1 ชุด
2. เทปวัดระยะ จำนวน 1 เส้น
3. ค้อน จำนวน 1 เต้า
4. ตะปู 3 นิ้ว ผูกปอแดง จำนวน 5 ตัว
5. ห่วงคะแนน จำนวน 5 อัน
6. ร่ม จำนวน 1 คัน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

2. ออกแบบโค้งวงกลม โดยเลือกแนวทางจากใบงานที่ 2 ที่ P.I. Sta 1 + 0.34 , Δ 40° 20′ 40″ Rt. วัดค่า E ในสนามเพื่อออกแบบได้ E = 6.50 ม.
3. คำนวณหาส่วนต่างๆ ของโค้ง

แปลนแนวทางสาย แยกมิตรภาพ - ป้อมยาม



$$R = \frac{E}{\text{Sec}\frac{\Delta}{2}-1} = \frac{6.50}{\left(\frac{\text{Sec } 40°20'40-1}{2}\right)} = 99.467 \text{ ม.}$$

จาก $R = \frac{5729.578}{D}$

$$D = \frac{5729.578}{99.467} = 57.60263352 = 57°36'9''$$

$$T = R \times \text{Tan}\frac{\Delta}{2} = 99.467 \times \text{Tan}\frac{40°26'40''}{2} = 36.542$$

$$M = R(1-\text{Cos}\frac{\Delta}{2}) = 99.467 \times (1-\text{Cos}\frac{40°26'40''}{2}) = 6.101 \text{ ม.}$$

$$L = 100\frac{\Delta}{D} = \frac{100 \times (40°26'40'')}{57.60263352} = 70.039 \text{ ม.}$$

$$\frac{Lc}{2} = 35.02$$

P.C.Sta = PI.Sta. – T = 1 + 034.36.542 = 0+997.458

P.T.Sta = P.C + Lc = 0+997.458+70.039 = 1 + 067.497

Ext.Sta = $P.C+\frac{Lc}{2}$ = 0+997.458+35.02 = 1 + 032.478

a_1 = Full Sta. – P.C = (1+000) – (997.458) = 2.542

a_2 = PT. - Full Sta. = (1+067.497) – (1+050) = 17.497

การคำนวณหามุมเห

$\frac{d}{2} = 0.3aD' = 0.3\times25\times57°36'9'' = 7°12'1''$

$\frac{d_1}{2} = 0.3a_1D' = 0.3\times2.542\times57°36'9'' = 0°43'55''$

$\frac{d_2}{2} = 0.3a_2D' = 0.3\times17.497\times57°36'9'' = 5°2'21''$

การคำนวณหาชยา, ชยาย่อย

$C = 2R\sin\frac{d}{2} = 2\times99.467\times \text{Sin } 7°12'1'' = 24.934 \text{ ม.}$

$C_1 = 2R\sin\frac{d_1}{2} = 2\times99.467\times \text{Sin } 0°43'53'' = 2.539 \text{ ม.}$

$C_2 = 2R\sin\frac{d_2}{2} = 2\times99.467\times \text{Sin } 5°2'21'' = 17.474 \text{ ม.}$

ตารางแสดงข้อมูลการวางโค้งในสนาม

Sta	Deflection	$\sum$ Deflection	Chord	Remark
PC. 0+997.458	-	-	-	Curve Date
1+000	$0^\circ 43' 55''$	$0^\circ 43' 55''$	2.539	$\Delta = 20^\circ 10' 20''$ Rt.
1+025	$7^\circ 12' 01''$	$7^\circ 55' 56''$	24.934	T = 36.542 ม.
1+050	$7^\circ 12' 01''$	$15^\circ 07' 57''$	24.934	D = $57^\circ 36' 9''$
PT. 1+067.497	$5^\circ 02' 21''$	$20^\circ 10' 18''$	17.474	R = 99.467 ม.
	$\frac{\Delta}{2}$	$20^\circ 10' 20''$		E = 6.50 ม.
				L = 70.039 ม.
	Error	$-2''$		M = 6.101 ม.

4. วางโค้งในสนาม

1. วัดระยะจากจุด P.I. Sta. ย้อนกลับมาทาง Sta. 0+840 ให้เท่ากับ T = 36.542 ม. ตอกตะปูผูกปอแดงไว้จะเป็นจุด P.C. Sta. 0+997.458

2. ตั้งกล้องที่จุด P.C. Sta. ตั้งค่ามุมราบ 0° ไปที่จุด P.I.Sta

- ตั้งค่ามุมราบ $0^\circ 43' 55''$ วัดระยะจาก P.C. Sta. ไปตามแนวเล็ง 2.539 ม. เป็น Sta. 1+000 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ $7^\circ 55' 56''$ วัดระยะจาก Sta. 1+000 ไปตามแนวเล็ง 24.934 ม. เป็น Sta. 1+025 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ $15^\circ 07' 57''$ วัดระยะจาก Sta.1+025 ไปตามแนวเล็ง 24.934ม. เป็น Sta. 1+050 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ $20^\circ 10' 18''$ วัดระยะจาก Sta.1+050ไปตามแนวเล็ง 17.474 ม. เป็น Sta. 1+067.497 เท่ากับ P.T. Sta. เป็นจุดสิ้นสุดการวางโค้งนี้

4. การตรวจสอบการโค้ง

1. จุด P.T. Sta. อยู่ในแนว P.I.1+200 หรือไม่ หากไม่สัมผัสกับแนว P.I. 1+200 แสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งนี้ใหม่

2. วัดระยะจาก P.I. ถึง Ext. Sta. เท่ากับค่า E จากการออกแบบ = 6.50 ม. หรือไม่ หากได้ไม่เท่ากันแสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งนี้ใหม่

5. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลน

1. จากแบบแปลนที่ P.T. Sta. 1+034 วัดระยะตามแนวย้อนกลับทาง Sta. 0+844 เท่ากับ T = 36.542 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแปลง จะเป็นจุด P.C. Sta. จุดด้วยดินสอไว้

2. แบ่งครึ่งง่ามมุม $(180^{\circ} - 40^{\circ}\ 20'\ 40'')/2$ วัดระยะจากจุด P.I. Sta. 1+034 ตามแนวเส้นแบ่งครึ่งมุม เท่ากับค่า E = 6.50 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกัน จุดด้วยดินสอไว้

3. ที่ P.I. Sta. 1+034 วัดระยะตามแนวไปข้างหน้าทาง Sta. 1+200 เท่ากับ T = 36.542 ม. เข้ามาตราส่วนจะเป็นจุด P.T. Sta จุดด้วยดินสอไว้

4. คัดโค้งกระดูกงูให้ผ่านจุด 5.1–5.3 ที่จุดไว้ จะได้แนวศูนย์กลางทางในช่วงโค้งนี้

5. เขียนข้อมูลโค้งลงในแบบแปลน ส่วนรายการคำนวณโค้งอยู่ในสมุดรายการคำนวณ

ข้อควรระวัง

1. การกำหนดจุด P.C. เพื่อตั้งกล้อง และการรังวัดมุมเหต่างๆ จะต้องใช้ที่หมายเล็กๆ และอยู่บนแนวเดียวกัน การวางจุด Sta. ต่างๆ เช่นเดียวกัน หากใช้ที่หมายใหญ่ ก็จะทำให้ค่ามุมที่รังวัดเกิดความคลาดเคลื่อนได้

2. การเปิดค่ามุมหักเห มุมเหย่อย ต้องระวัดระวังว่าเป็นการเปิดค่ามุมตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา แต่หากเป็นกล้องอิเล็กทรอนิกส์ ก็กดค่ามุมหมุนทวนเข็มนาฬิกาได้ แต่ถ้าเป็นกล้องวัดมุม Mechanical ค่ามุมทวนเข็มนาฬิกา จะเปลี่ยนไปจากข้อมูลที่คำนวณได้ โดยตัวเลขจะค่อยๆ ลดลงตามค่ามุมที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะ

1. หากฝึกการวางโค้งจาก P.C. Sta. จนชำนาญแล้ว ให้ลองฝึกการวางโค้งจาก P.T. Sta. และ P.I. Sta. เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญยิ่งขึ้น

2. จุดวางโค้ง Sta. ต่างๆ อย่าให้สูญหายเพราะการฝึกปฏิบัติครั้งต่อไป จะต้องยกโค้งในโค้งที่วางไว้นี้

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 3**
หน่วยที่ 3 โค้งวงกลม	
เรื่อง การวางโค้งวงกลม	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การออกแบบโค้งวงกลม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

2. การคำนวณโค้งวงกลม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

3. การวางโค้งวงกลมในสนาม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

4. การตรวจสอบการวางโค้งวงกลม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

5. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลน ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

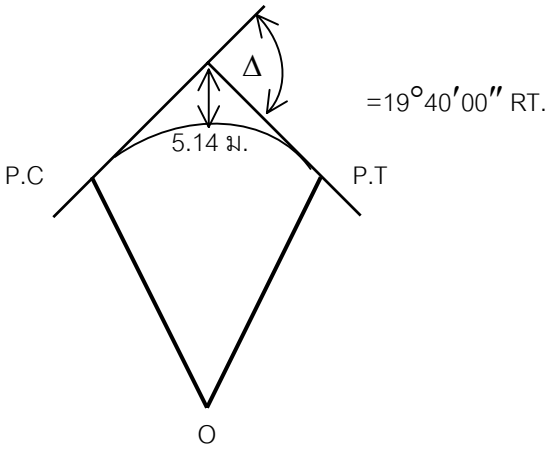
ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 3**				
หน่วยที่ 3 โค้งวงกลม					
เรื่อง การวางโค้งวงกลม	**จำนวน 8 คาบ**				
ชื่อผู้เรียน ..... **ชั้น** ..... **กลุ่ม**	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ 4. การออกแบบโค้งวงกลม 5. การคำนวณโค้งวงกลม 6. การวางโค้งวงกลมในสนาม 7. การตรวจสอบการวางโค้งวงกลม 8. การลงที่หมายแผนที่ของโค้งวงกลม 9. ความสะอาดในการปฏิบัติงาน 10. ตรวจ เก็บ และการทำความสะอาดเครื่องมือหลังการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงาน เริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....(ผู้ประเมิน)					

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3

เรื่อง โค้งวงกลม

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

จากรูป จงตอบคำถามข้อ 1.1 – 1.0



1.1 R ที่ใช้ออกแบบ มีค่าเท่าไร

ก. 188.326 ม. ข. 217.420 ม.

ค. 312.482 ม. ง. 344.727 ม.

1.2 ค่า T มีระยะเท่าใด

ก. 48.420 ม. ข. 51.168 ม.

ค. 59.751 ม. ง. 67.432 ม.

1.3 ค่า D มีค่าเท่าใด

ก. $15^{\circ}10'12.00''$ ข. $16^{\circ}37'14.23''$

ค. $17^{\circ}\ 15'19.62''$ ง. $18^{\circ}32'12.41''$

1.4 P.C. Sta. คือข้อใด

ก. 2 + 80.249 ข. 2 + 100.423

ค. 2+ 196.546 ง. 2 + 268.575

1.5 P.T. Sta. คือข้อใด

ก. 2 + 80.249 ข. 2 + 100.423

ค. 2+ 196.546 ง. 2 + 268.575

1.6 ค่า a_1 คือข้อใด

ก. 18.575 ม. ข. 19.751 ม.

ค. 21.213 ม. ง. 22.326 ม.

1.7 ค่า a_2 คือข้อใด

ก. 18.575 ม. ข. 19.751 ม.

ค. 21.213 ม. ง. 22.326 ม.

1.8 ค่า $\frac{d}{2}$ คือข้อใด

ก. $1^{\circ}57'40''$ ข. $2^{\circ}01'05''$

ค. $2^{\circ}\ 4'\ 32''$ ง. $2^{\circ}40'15''$

1.9 ค่า C_1 คือข้อใด

ก. 19.521 ม. ข. 19.725 ม.

ค. 19.748 ม. ง. 19.751 ม.

1.10 ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณคือข้อใด

ก. 0.0″ ข. 0.1″

ค. 0.2″ ง. 0.3″

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 โค้งทางราบเกิดขึ้นเนื่องจาก……..……..

……

……

……

2.2 โค้งวงกลม หมายถึง……..……..……..

……

……

……

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเหกับความยาวโค้ง……..……..

……

……

……

2.4 Degree of Curve หมายถึง.....

.....

.....

.....

2.5 การคำนวณหามุมเหและมุมเหย่อยจาก.....

.....

.....

.....

2.6 การคำนวณหาซยา และซยาย่อย จาก.....

.....

.....

.....

2.7 จงพิสูจน์ $R = \frac{5729.578}{D}$ .....

.....

.....

.....

2.8 a_1 หาได้จาก.....

.....

.....

.....

2.9 a_2 หาได้จาก.....

.....

.....

.....

2.10 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ หาได้จาก.....

.....

.....

.....

หน่วยที่ 4
โค้งผสม (Compound curve)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 4.1 โค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน

เรื่องที่ 4.2 โค้งผสมแบบรัศมีเท่ากัน

เรื่องที่ 4.3 ใบงานการวางโค้งผสม

สาระสำคัญ

1. เมื่อเกิดการหักเหแนวทางต่อเนื่องกัน จำเป็นต้องใส่โค้งวงกลม 2 วง ที่ใช้เส้นสัมผัสร่วมกัน หากมุมเบี่ยงเบนที่จุดหักเหทั้ง 2 จุด แตกต่างกันค่อนข้างมาก จะต้องใส่โค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน

2. เมื่อเกิดการหักเหแนวทางต่อเนื่องกัน จำเป็นต้องใส่โค้งวงกลม 2 วงที่ใช้เส้นสัมผัสร่วมกัน หากมุมเบี่ยงเบนที่จุดหักเหทั้ง 2 จุดใกล้เคียงกัน หรือเท่ากัน จะต้องใส่โค้งผสมแบบรัศมีเท่ากัน

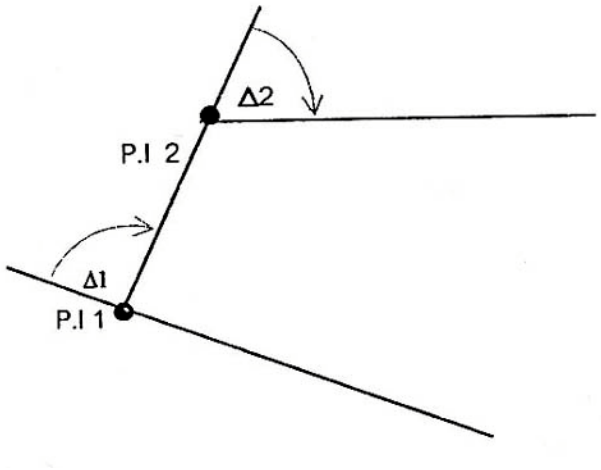
3. ในการฝึกปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ในการวาง โค้งผสม การเลือกแนวทางที่เคยวางแนวไว้แล้ว นำมาออกแบบโค้งผสม คำนวณและนำข้อมูลที่ได้ไปวางโค้งผสมในสนาม

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกลักษณะของโค้งผสมได้
2. คำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้งผสมได้
3. อธิบายวิธีการวางโค้งผสมได้
4. นำวิธีการวางโค้งผสมไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 4.1
โค้งผสม (Compound Curve) แบบรัศมีไม่เท่ากัน

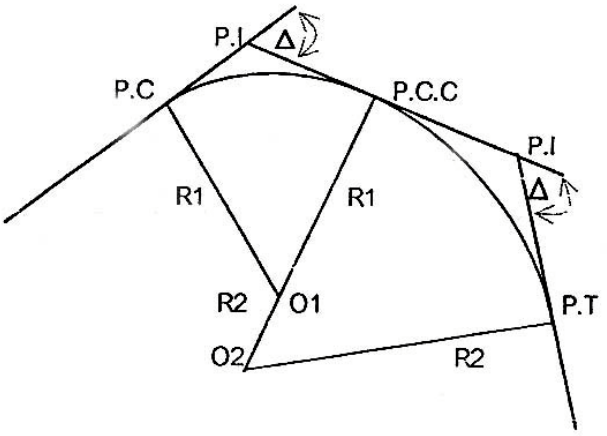
โค้งต่อเนื่อง หรือโค้งผสม คือ โค้งวงกลม 2 วง ที่ใช้เส้นสัมผัสร่วมกัน เกิดการหักเหแนวทางต่อเนื่องกันไป ดังรูป



รูปที่ 4.1.1 แสดงลักษณะแนวทางที่ต้องวางโค้งต่อเนื่อง

การออกแบบโค้งผสม แบบรัศมีไม่เท่ากัน (R1 ≠ R2)

เมื่อมุมเบี่ยงเบนที่จุดหักเหทั้ง 2 จุด แตกต่างกัน ค่อนข้างมาก ๆ จำเป็นจะต้องออกแบบโค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ



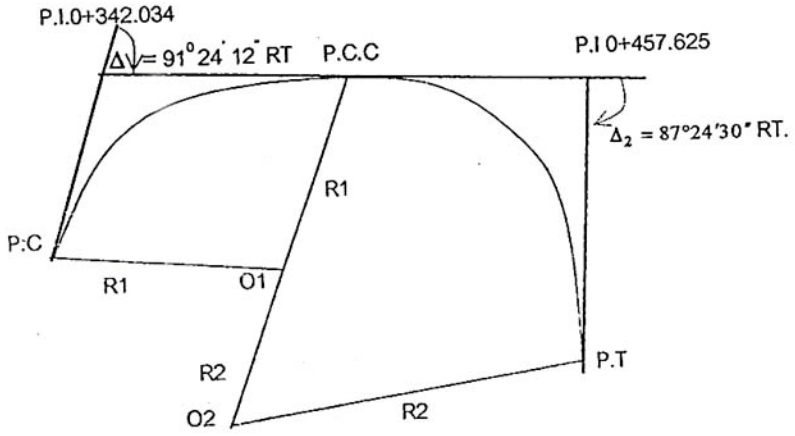
รูปที่ 4.1.2 แสดงลักษณะโค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน

ตัวอย่างการออกแบบ

จากการปฏิบัติงานสนามการวางแนวทาง ได้ข้อมูลดังรูปให้ออกแบบโค้งนี้เป็นโค้งผสม

Δ_1 = 91° 24'12" RT., P.T.1 Sta. 0 + 342.034 Δ_2 = 87° 24'30" RT

P.T.$_2$ Sta. 0 + 457.625 , E_1 = 25.00 ม.



รูปที่ 4.1.3 แสดงการออกแบบโค้งที่รัศมีไม่เท่ากัน

ลำดับขั้นการคำนวณ

1. คำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้งที่ 1 ตามข้อกำหนด
2. คำนวณหาค่าส่วนต่าง ๆ ของโค้งที่ 2 โดยหา T2 ของโค้งที่ 2 นำมาออกแบบ จาก P.I.2 – P.C.C จะได้ T2 นำมาคำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้งที่ 2 ต่อไป
3. คำนวณหา P.I. จริง Long Tangent (T.L), Short Tangent (T.S.)
4. คำนวณหามุมเห มุมเหย่อย ของโค้งที่ 1 และโค้งที่ 2
5. นำคำนวณหาชยา ชยาย่อย ของโค้งที่ 1 และโค้งที่ 2
6. นำข้อมูลใส่ตารางการวางโค้งตรวจสอบความคลาดเคลื่อน

การคำนวณ

จากการกำหนด E = 25.000 ม. (โค้งที่ 1)

$R_1 = E/\left(SEC\frac{\Delta}{2} - 1 \right) = 25/(Sec45^\circ\ 42'6") = 57.860$ ม.

$T_1 = R_1 Tan\ \frac{\Delta}{2} = 57.890\ Tan\ 45^\circ\ 42'6" = 59.325$ ม.

$D = 5729.578/R1 = 5729.578/57.890 = 98^\circ\ 58'26.41"$

$M_1 = R_1/\left(1 - Cos\frac{\Delta}{2} \right) = 57.890\ (1-Cos45^\circ\ 42'6") = 17.460$ ม.

$L_1 = 100 \times \frac{\Delta}{D} = 100 \times \left(\frac{91°24'12"}{98°58'26.41"} \right) = 92.351$ ม.

P.C. = $P.I_1 - T_1$, P.C.Sta = 342.034-59.325 = 0 + 282.709

A = 25.000 ม.

A_1 = Full Sta. - P.C = 300 - 282.709 = 17.291 ม.

A_2 = P.C.C - Full Sta = 375.060 - 375 = 0.060 ม.

โค้งที่ 2

$\Delta_2 = 87^\circ\ 24'30"$

P.I.2 = 0 + 457.625

P.C.C = 0 + 375.060

$\therefore T_2 = 82.565$ ม.

$R_2 = \frac{T_2}{Tan\frac{\Delta}{2}} = \frac{82.565}{Tan43°42'15"} = 86.387$ ม.

$E_2 = R2\ Sec\frac{\Delta}{2} - 1 = 86.387.\ (Sec43^\circ\ 42'\ 15" - 1) = 33.111$ ม.

$D_2 = \frac{5729.578}{R_2} = \frac{5729.578}{86.387} = 66^\circ\ 19'\ 29.01"$

$M_2 = R_2\left(1 - Cos\frac{\Delta}{2} \right) = 86.387\ x\ (1 - cos43^\circ\ 42'\ 15" - 1)$

= 23.936 ม.

$L_2 = \frac{\Delta}{D} \times 100 = \frac{87°24'30"}{66°19'29.01"} \times 100 = 131.790$ ม.

P.T. = P.C.C + Δ_2

= (0 + 375.060) + 131.790

= 0 + 506.850

a = 25.000 ม.

a_1 = Full Sta. - P.C.C

= 400 - 375.060

= 24.940 ม.

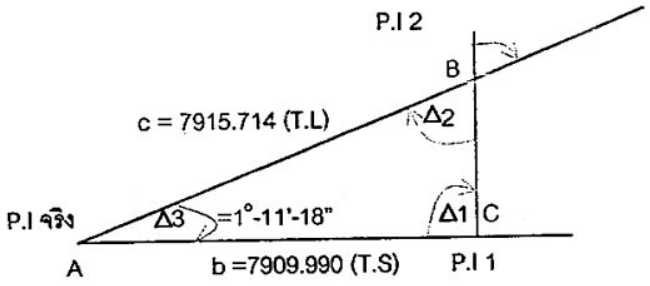
A_2 = P.T. - Full Sta.

= (0 + 506.850) – 500

= 6.850 ม.

เนื่องจากระยะจาก P.I. จริงที่หาได้ไกลมาก

จากการคำนวณได้ดังนี้



รูปที่ 4.1.4 แสดงการหาระยะ P.I. จริง

CURVE DATA

P.C. Sta 0 + 282.709

P.C.C Sta. 0 + 375.060

P.T. Sta. 0 + 506.850

P.I.$_1$ Sta. 0 + 342.034

P.I.$_2$ Sta. 0 + 457.625

Δ_1 = 91° 24’ 12” RT

Δ_2 = 87° 24’ 30 RT

การหามุมเห มุมเหย่อย ชยา และชยาย่อย

โค้งที่ 2 $\frac{d}{2} = 0.3aD = 8^{\circ}\ 17'\ 26.13''$. $c = 2R\sin\frac{d}{2} = 24.913$ ม.

$\frac{d_1}{2} = 0.3a_1 D = 8^{\circ}\ 16'\ 14.5''$. $c_1 = 2R\sin\frac{d_1}{2} = 24.854$ ม.

$\frac{d_2}{2} = 0.3a_2 D = 2^{\circ}\ 16'\ 17.84''$. $c_2 = 2R\sin\frac{d_2}{2} = 6.848$ ม.

โค้งที่ 1 $\frac{d}{2} = 0.3aD' = 12^{\circ}\ 22'\ 18.3''$. $c = 2R\sin\frac{d}{2} = 24.806$ ม.

$\frac{d_1}{2} = 0.3a_1 D' = 8^{\circ}\ 33'\ 24.47''$. $c_1 = 2R\sin\frac{d_1}{2} = 17.227$ ม.

$\frac{d_2}{2} = 0.3a_2 D' = 0^{\circ}\ 1'\ 46.63''$. $c_2 = 2R\sin\frac{d_2}{2} = 0.060$ ม.

ตารางที่ 4.1.1 แสดงข้อมูลการวางโค้งผสม (รัศมีไม่เท่ากัน)

STA	Def.			E Def.			CHORD	REMAIKS.
P.C.0 + 282.709	°	′	″	°	′	″	″	Curve Data. 1
0 + 300	08	33	24.47	0.8	33	24.47	17.227	Δ_1 = 91° 24’ 12”
0 + 325	12	22	18.3	20	55	42.77	24.806	E_1 = 25
0 + 350	12	22	18.3	33	18	01.07	24.806	R_1 = 57.890
0 + 375	12	22	18.3	45	40	19.37	24.806	D_1 = 98° 58’26.41”
P.C.CO + 375.06	00	01	46.63	45	42	06	0.060	T_1 = 59.325
		Δ/2		45	42	06		L_1 = 92.351
				ERROR = 0.00”				P.I.$_1$ = 0 + 342.034
								Curve Data. 2
P.C.C0 + 375.06	°	‘	“	°	‘	“	“	P.I.$_2$ 0 + 475.625
0 + 400	8	16	14.5	08	16	14.5	24.854	Δ_2 = 87° 24’ 30”
0 + 425	8	17	26.13	16	33	40.62	24.913	E_2 = 33.111
0 + 450	8	17	26.13	24	51	06.75	24.913	R_2 = 86.387
0 + 475	8	17	26.13	33	08	32.87	24.913	D_2 = 66° 19’ 29.01”
0 + 500	8	17	26.13	41	25	59	24.913	T_2 = 82.565
P.T0 + 506.850	2	16	17.84	43	42	16.86	6.848	L_2 = 131.788
		Δ/2		43	42	15		Compound
				ERROR = 1.86”				Curve
								Δ_1 = 91° 42’ 12”
								Δ_2 = 87° 42’ 30”
								P.I.$_1$ = 0 + 342.034
								P.I.$_2$ = 0 + 457.625
								P.C. 0 + 282.709
								P.C. C0 + 375.060
								P.T. 0 + 506.850

เรื่องที่ 4.2
โค้งผสมแบบรัศมีเท่ากัน

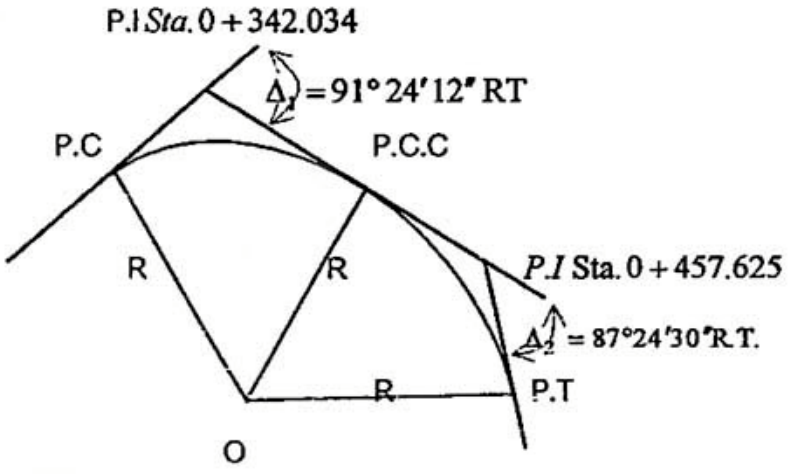
เมื่อมุมเบี่ยงเบนที่จุดหักเหทั้ง 2 จุด ใกล้เคียงกัน หรือเท่ากัน มักจะออกแบบโค้งรัศมีเท่ากัน ($R_1 = R_2$) หรือมุมเบี่ยงเบนแตกต่างกัน แต่จำเป็นที่จะต้องออกแบบให้โค้งทั้ง 2 มีรัศมีเท่ากัน เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ

ตัวอย่างการออกแบบ

$\Delta_1 = 91^\circ 24' 12''$ RT. P.I.$_1$ Sta. 0 + 342.034

$\Delta_2 = 87^\circ 24' 30''$ RT. P.I.$_2$ Sta. 0 + 457.625

$R_1 = R_2$



รูปที่ 4.2.1 แสดงการออกแบบเส้นโค้งผสมแบบรัศมีโค้งเท่ากัน

ลำดับขั้นการคำนวณ

1. คำนวณหา R ที่ทำให้ $R_1 = R_2$

จาก $T_1 = R \text{ Tan } \frac{\Delta_1}{2}$

$T_2 = R \text{ Tan } \frac{\Delta_2}{2}$

ระยะ $PI_1 \rightarrow PI_2 = T1 + T2$

$\therefore$ ระยะ $P.I._1 \rightarrow P.I._2 = R \text{ Tan } \frac{\Delta_1}{2} + R \text{ tan } \frac{\Delta_2}{2}$

$\therefore R = \frac{\text{ระยะ } p.I_1 - P.I_2}{\text{Tan}\frac{\Delta 1}{2} + \text{Tan}\frac{\Delta 2}{2}}$

2. ใช้ R ที่คำนวณได้ หาส่วนต่าง ๆ ของโค้งที่ 1 มุมเห มุมเหย่อย ชยา ชยาย่อย
3. ใช้ R ที่คำนวณได้ หาส่วนต่าง ๆ ของโค้งที่ 2 มุมเห มุมเหย่อย ชยา ชยาย่อย
4. นำข้อมูลใส่ตารางการวางโค้ง ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน

รายการคำนวณ (โค้งที่ 1)

$$R = \frac{\text{Sta.0} + 457.625 - \text{Sta.0} + 342.034}{\text{Tan}\frac{91^\circ 24' 12"}{2} + \text{Tan}\frac{87^\circ 24' 30"}{2}}$$

$$= \frac{115.591}{1.025 + 0956} = \frac{115.591}{1.981} = 58.35 \text{ ม.}$$

E_1 = R(Sec Δ1/2 - 1) = 58.35 (Sec 45° 42' 6" – 1)
= 58.35 (1.432 - 1) = 25.20 ม.

T_1 = R Tan Δ1/2 = 58.35 x Tan° 45 42' 6" = 59.80 ม.

D_1 = 5729.578/R = 5729.578 / 58.35 = 98.19°

M_1 = R (1 - CosΔ 1/2) = 58.35 x 1 (1 - Cos 45° 42' 6")
= 58.35 x 0.30160553 = 17.60 ม.

L_1 = (Δ1/D1) x 100 = 91° 24' 12" / 98.19) x 100
= 93.088 ม.

P.C. Sta. = P.I. – T = (0 + 342.034) - 59.80
= 0 + 282.234

P.C.C Sta = P.C. + L_1 = (0 + 282.234) + 93.088
= 0 + 375.322

a = 25.00 ม.

a_1 = Full Sta. - P.C. = 300 - 282.234 = 17.766 ม.

a_2 = P.C.C - Full Sta. = 375.322 - 375 = 0.322 ม.

โค้งที่ 2

E_2 = R (SecΔ 2/2 - 1) = 58.35 (Sec 87° 24' 30" /2 - 1)

= 22.365 ม.

T_2 = R Tan Δ 2/2 = 58.35 (Tan 43° 42' 15")

= 55.77 ม.

D_2 = 5729.578/R = 5729.578/58.35 = 98.19°

M_2 = R(1 - Cos Δ 2/2) = 58.35 (1 - Cos 43° 42' 15")

= 16.168 ม.

L_2 = (Δ2/D2) x 100 = 87° 24' 30"/98.19°) x 100

= 89.02 ม.

P.T.Sta = P.C.C + L2 - (0 + 375.322) + 89.02 = 0 + 464.342

a = 25.00 ม.

a_1 = Full. Sta. - P.C.C. = 400 - 375.322 = 24.678 ม.

a_2 = P.T.Full.Sta. = 464.342 - 450 = 14.342 ม.

ข้อมูลโค้งที่ 1 และโค้งที่ 2 ระยะ T.L. , T.S. ยาวเกินไป จึงไม่จำเป็นต้องหา P.I. จริง

ข้อมูลโค้ง

Δ_1 = 90° 24' 12" RT Δ_2 = 87° 24' 30" RT

$P.I._1$ = 0 + 342.034 $P.I._2$ = 0 + 457.625

P.C. = 0 + 282.234 P.T. = 0 + 464.342

P.C.C. = 0 + 375.322

การหักมุมเห มุมเหย่อย ชยา และชยาย่อย

โค้งที่ 1 $\frac{d}{2}$ = 0.3aD' = 12° 16' 25.5" c = 2RSin $\frac{d}{2}$ = 24.808 ม.

$\frac{d_1}{2}$ = 0.3a_1D' = 8° 43' 19.98" c_1 = 2RSin$\frac{d_1}{2}$ = 17.697 ม.

$\frac{d_2}{2}$ = 0.3a_2D' = 0° 9' 29.11" c_2 = 2RSin$\frac{d_2}{2}$ = 0.322 ม.

โค้งที่ 2 $\frac{d}{2}$ = 0.3aD = 12° 16' 25.5" c = 2RSin $\frac{d}{2}$ = 24.808 ม.

$\frac{d_1}{2}$ = 0.3a_1D = 12° 06' 56.39" c_1 = 2RSin$\frac{d_1}{2}$ = 24.494 ม.

$\frac{d_2}{2}$ = 0.3a_2D' = 7° 02' 28.34" c_2 = 2RSin$\frac{d_2}{2}$ = 14.305 ม.

ตารางที่ 4.2.1 แสดงข้อมูลการวางโค้งผสม (รัศมีเท่ากัน)

STA	Def.			E Def.			CHORD	REMAIKS.
P.C.0 + 282.709	°	‘	“	°	‘	“	“	Curve Data. 1
0 + 300	8	43	19.98	8	43	19.98	17.697	Compound Curve
0 + 325	12	16	25.5	20	59	45.48	24.808	R = 58.35
0 + 350	12	16	25.5	33	16	10.98	24.808	Δ_1 = 91 42’ 12”
0 + 375	12	16	25.5	45	32	36.48	24.808	Δ_2 = 87 42’ 30”
P.C.C0 + 375.322	0	9	29.1	45	42	5.59	0.322	P.I.$_1$ 0 + 342.034
		Δ/2		45	42	06		P.I.$_2$ 0 + 457.625
		ERROR		0	0	010		P.C. 0 + 282.234
								P.C.C 0 + 375.322
								P.T. 0 + 464.342
P.C.C0 + 375.322	°	‘	“	°	‘	“	“	
0 + 400	12	06	56.39	12	06	56.39	24.494	
0 + 425	12	16	25.5	24	23	21.89	24.808	
0 + 450	12	16	25.5	36	39	47.39	24.808	
P.T0 + 464.342	7	02	28.34	43	42	15.73	14.305	
		Δ/2		43	42	15		
		ERROR		0	0	0.73		

เรื่องที่ 4.3	**ใบงานที่** 4	
วิชา การสำรวจเส้นทาง **ชื่อหน่วย** โค้งผสม		**หน่วยที่** 4 **สอนครั้งที่** 7 **จำนวนคาบรวม** 28
ชื่องาน การวางโค้งผสม		**จำนวนคาบ** 4

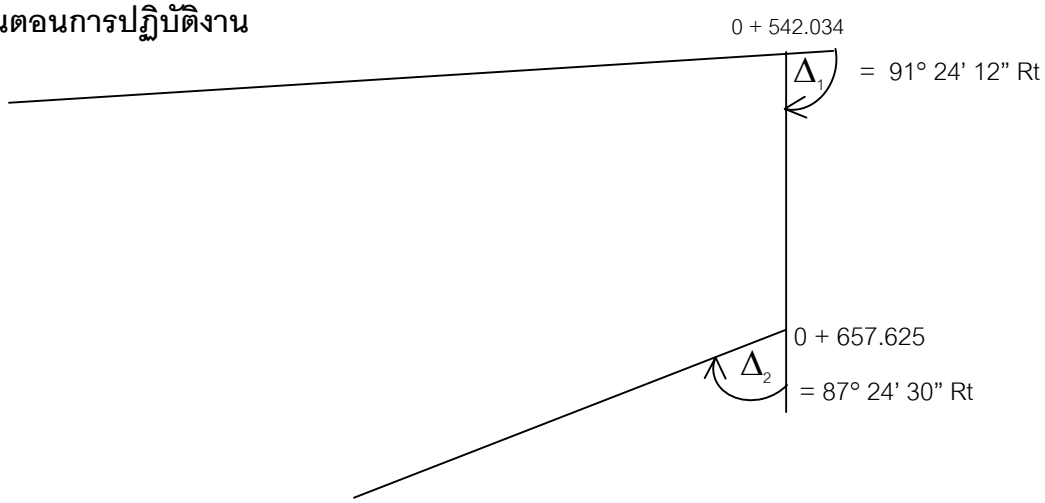
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายถึงส่วนต่าง ๆ ของโค้งผสม
2. สามารถเลือกใช้โค้งผสมได้อย่างเหมาะสม
3. สามารถคำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้งผสมได้
4. สามารถวางโค้งผสมและตรวจสอบโค้งผสมในสนามได้

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1.	กล้องวัดมุมพร้อมขาตั้ง	จำนวน	1	ชุด
2.	เทปวัดระยะ	จำนวน	1	เส้น
3.	ค้อน	จำนวน	1	เต้า
4.	ตะปู 3” ผูกปอแดง	จำนวน	20	ตัว
5.	ตะปู 3” ผูกปอขาว	จำนวน	3	ตัว
6.	ห่วงคะแนน	จำนวน	5	อัน
7.	ร่ม	จำนวน	1	คัน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน



1. คำนวณ – ออกแบบโค้งผสม

จากข้อมูลการวางแนวทาง เลือก $PI._1$ Sta 0 + 542.034 และ $PI._2$ Sta 0 + 657.625 นำมาออกแบบโค้งผสม

Δ_1 = 91° 24' 12" Rt P.I.$_1$ Sta 0 + 542.034

Δ_2 = 87° 24' 30" Rt P.I.$_2$ Sta 0 + 657.625

เลือกออกแบบ $R_1 = R_2$

$$R = \frac{\text{ระยะ P.T.}_2 - \text{P.T.}_1}{\text{Tan}\frac{\Delta_1}{2} + \text{Tan}\frac{\Delta_2}{2}} = \frac{(0+657.625) - (0+542.034)}{\frac{\text{Tan91°24'12"}}{2} + \frac{\text{Tan87°24'30"}}{2}}$$

$$= \frac{115.591}{1.025+0.956} = \frac{115.591}{1.981} = 58.35 \text{ ม.}$$

รายการคำนวณ (โค้งที่ 1)

$$R = \frac{Sta.0+457.625 - Sta.0+342.034}{Tan\frac{91°24'12"}{2}+Tan\frac{87°24'30"}{2}}$$

$$= \frac{115.591}{1.025+0956} = \frac{115.591}{1.981} = 58.35 \text{ ม.}$$

E_1 = R (SecΔ1/2 - 1) = 58.35 (Sec 45° 42' 6" - 1)

= 58.32 (1.432 - 1) = 25.20 ม.

T_1 = R TanΔ1/2 = 58.35 x tan 45° 42' 6" = 59.80 ม.

D_1 = 5729.578/R = 5729.578/58.35 = 98.19°

M_1 = R (1-CosΔ1/2) = 58.35 x 1 (1-Cos 45° 42' 6")

= 58.35 x 0.30160553 = 17.60 ม.

L_1 = (Δ1/D1) x 100 = (91° 24' 12" /98.19) x 100

= 93.088 ม.

P.C.Sta = P.I. - T = (0 + 342.034) - 59.80

= 0 + 282.234

a = 25.00 ม.

a_1 = Full Sta. - P.C. = 300 - 282.234 = 17.766 ม.

a_2 = P.C.C. - Full Sta. = 375.322 - 375 = 0.322 ม.

โค้งที่ 2

E_2 = R (SecΔ2/2 - 1) = 58.35 (Sec87° 24' 30" /2 - 1)

= 22.365 ม.

T_2 = R Tan Δ2/2 = 58.35 (Tan43° 42' 15")

= 55.77 ม.

D_2 = 5729.578/R = 5729.578/58.35 = 98.19°

M_2 = R (1-CosΔ2/2) = 58.35(1-Cos43° 42' 15")

= 16.168 ม.

L2 = (Δ2/D2) x 100 = 87° 24' 30"/98.19°) x 100

ตารางที่ 4.2.1 แสดงข้อมูลการวางโค้งผสม (รัศมีเท่ากัน)

STA	Def.			E Def.			CHORD	REMAIKS.
P.C.0 + 282.709	°	‘	“	°	‘	“	“	Curve Data.
0 + 500	8	43	19.98	0.8	43	19.98	17.697	Compound Curve
0 + 525	12	16	25.5	20	59	45.48	24.808	R = 58.35
0 + 550	12	16	25.5	33	16	10.98	24.808	Δ_1 = 91° 42’ 12”
0 + 575	12	16	25.5	45	32	36.48	24.808	Δ_2 = 87° 42’ 30”
P.C.C0 + 575.322	00	9	29.1	45	42	5.59	0.322	P.I.$_1$ = 0 + 342.034
		Δ/2		45	42	06		P. I.$_2$ = 0 + 457.625
		ERROR		0	0	0.01		P.C = 0 + 282.234
								P.C.C = 0 + 375.322
								P.T. = 0 + 464.342
P.C.C0 + 575.322	°	‘	“	°	‘	“	“	
0 + 600	12	06	59.39	12	06	56.39	24.494	
0 + 625	12	16	25.5	24	23	21.89	24.808	
0 + 650	12	16	25.5	36	39	47.39	24.808	
P.T0 + 664.342	7	02	28.34	43	42	15.73	14.305	
			Δ/2	43	42	15		
			ERROR	0	0	0.73		

2. การวางโค้งในสนาม

2.1 ที่ P.I. Sta. 0 + 542.034 วัดระยะตามแนวย้อนกลับมาทาง P.I. Sta 0 + 352.794 ให้เท่ากับ T_1 = 59.80 ม. ตอกตะปูผูกปอขาวไว้จะเป็นจุด P.C. Sta 0 + 482.234

2.2 นำกล้องวัดมุมมาตั้งที่จุด P.C. Sta ตั้งค่ามุมราบ 0° ไปที่ P.I.Sta 0 + 542.034

- ตั้งค่ามุมราบ 8° 43' 19.98" วัดระยะจาก P.C. Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็ง 17.697 ม. จะเป็น Sta 0 + 500 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 20° 59' 45.48" วัดระยะจาก Sta 0 + 500 ไปตามแนวเล็ง 24.808 ม. จะเป็น Sta 0 + 525 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 33° 16' 10.98" วัดระยะจาก Sta 0 + 525 ไปตามแนวเล็ง 24.808 ม. จะเป็น Sta 0 + 550 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 45° 32' 36.48" วัดระยะจาก Sta 0 + 550 ไปตามแนวเล็ง 24.808 ม. จะเป็น Sta 0 + 575 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 45° 42' 5.59" วัดระยะจาก Sta 0 + 575 ไปตามแนวเล็ง 0.322 ม. จะเป็น PCC.Sta 0 + 575.322 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

2.3 ย้ายกล้องมาตั้งที่จุด PCC.Sta 0 + 575.322 ตั้งค่ามุมราบ 0° ไปที่ P.t.Sta 0 + 657.625

- ตั้งค่ามุมราบ 12° 06' 56.39" วัดระยะจาก PCC.Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็ง 24.494 ม. จะเป็น Sta 0 + 600 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 24° 23' 21.89" วัดระยะจาก Sta 0 + 600 ไปตามแนวเล็ง 24.808 ม. จะเป็น Sta 0 + 625 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 36° 39' 47.39" วัดระยะจาก Sta 0 + 625 ไปตามแนวเล็ง 24.808 ม. จะเป็น Sta 0 + 625 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 36° 32' 36.48" วัดระยะจาก Sta 0 + 625 ไปตามแนวเล็ง 24.808 ม. จะเป็น Sta 0 + 650 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ 43° 42' 15.73" วัดระยะจาก Sta 0 + 650 ไปตามแนวเล็ง 14.305 ม. จะเป็น PT.Sta 0 + 664.342 ตอกตะปูผูกปอขาวไว้

2.4 การตรวจสอบการวางโค้ง

2.4.1 จุด PCC.Sta อยู่บนแนว Pt.Sta 0 + 542.034 - P.t.Sta 0 +657.625 หรือไม่ หากไม่อยู่บนแนวแสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

2.4.2 วัดระยะจาก Pt.Sta 0 + 542.034 ถึง Ext.Sta (จุดกลางโค้งที่ 1) เท่ากับค่า E จากการออกแบบ = 25.20 ม. หรือไม่ หากไม่เท่ากัน แสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

2.4.3 จุด PT.Sta อยู่บนแนว Pt.Sta 0 + 657.625 - 0 + 840 หรือไม่ หากไม่อยู่บนแนวแสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

2.4.4 วัดระยะจาก Pt.Sta 0 + 657.625 ถึง Ext. Sta (จุดกลางโค้งที่ 2) เท่ากับค่า E จากการออกแบบ = 22.365 ม. หรือไม่ หากไม่เท่ากัน แสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

3. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลน

จากแบบแปลนที่ลงที่หมายไว้แล้ว

3.1 ที่ Pt.Sta 0 + 542.034 วัดระยะตามแนวย้อนกลับทาง Pt.Sta 0 + 352.794 เท่ากับ T_1 = 59.80 ม.เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแปลน จะเป็นจุด P.C. จุดด้วยดินสอไว้

3.2 แบ่งครึ่งง่ามมุม (180° - 91° 24' 12")/2 วัดระยะจากจุด P.t 0 + 542.034 ตามแนวเส้นแบ่งครึ่งมุมเท่ากับค่า E_1 = 25.20 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกัน จุดด้วยดินสอไว้

3.3 ที่ Pt.Sta. 0 + 657.625 วัดระยะตามแนวย้อนกลับทาง Pt. 0 + 542.034 เท่ากับ T2 = 55.77 ม. เข้ามาตราส่วนจะเป็นจุด P.C.C จุดด้วยดินสอไว้

3.4 แบ่งครึ่งง่ามมุม (180° - 87° 24' 30")/2 วัดระยะจากจุด P.t 0 + 657.625 ตามแนวเส้นแบ่งครึ่งมุม เท่ากับค่า E_2-22.365 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกัน จุดด้วยดินสอไว้

3.5 ที่ Pt.Sta 0 + 657.625 วัดระยะตามแนวไปข้างหน้าทาง Pt. 0 + 840 เท่ากับ T_2 = 55.77 ม. เข้ามาตราส่วน จะเป็นจุด PT.Sta. จุดด้วยดินสอไว้

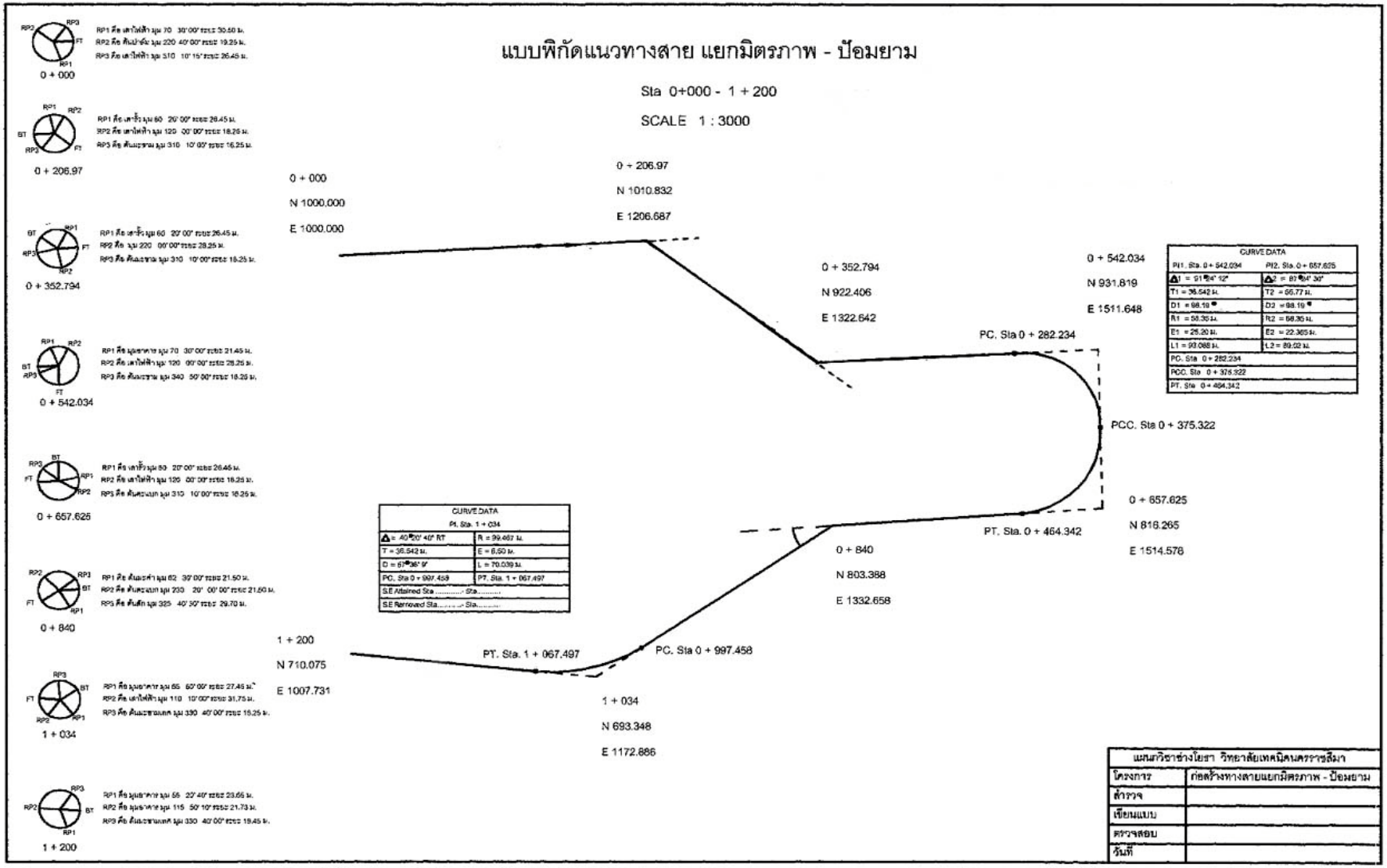
3.6 ดัดโค้งกระดูกงูให้ผ่านจุด 3.1 - 3.5 ที่จุดไว้ จะได้แนวศูนย์กลางทางในช่วงโค้งนี้

3.7 เขียนข้อมูลโค้งลงในแบบแปลน ส่วนรายการคำนวณโค้งอยู่ในสมุดรายการคำนวณ

แบบพิกัดแนวทางสาย แยกมิตรภาพ - ป๊อมยาม

Sta 0+000 - 1 + 200

SCALE 1 : 3000



CURVE DATA	
PI1. Sta. 0 + 542.034	PI2. Sta. 0 + 657.625
Δ1 = 91°04' 12"	Δ2 = 87°04' 30"
T1 = 36.542 ม.	T2 = 66.77 ม.
D1 = 98.19°	D2 = 98.19°
R1 = 58.35 ม.	R2 = 58.35 ม.
E1 = 25.20 ม.	E2 = 22.365 ม.
L1 = 93.088 ม.	L2 = 89.02 ม.
PC. Sta 0 + 282.234	
PCC. Sta 0 + 375.322	
PT. Sta 0 + 464.342	

CURVE DATA	
PI. Sta. 1 + 034	
Δ = 40°20' 40" RT	R = 99.467 ม.
T = 36.542 ม.	E = 6.50 ม.
D = 61°36' 9"	L = 70.039 ม.
PC. Sta 0 + 997.458	PT. Sta. 1 + 067.497
SE Attained Sta.....Sta.....	
SE Removed Sta.....Sta.....	

แผนกวิชาช่างโยธา วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา	
โครงการ	ก่อสร้างทางสายแยกมิตรภาพ - ป๊อมยาม
สำรวจ	
เขียนแบบ	
ตรวจสอบ	
วันที่	

ข้อควรระวัง

1. การเปิดค่ามุมเห มุมเหย่อย ต้องระมัดระวังว่าเป็นการเปิดค่ามุมตามเข็มนาฬิกา หรือ ทวนเข็มนาฬิกา แต่หากเป็นกล้องระบบอิเล็กทรอนิกส์ ก็กดค่ามุมทวนเข็มนาฬิกาได้ แต่ถ้าเป็นกล้องวัดมุม

Mechanical ค่ามุมทวนเข็มนาฬิกา จะเปลี่ยนไปจากข้อมูลที่คำนวณได้ โดยตัวเลขจะค่อย ๆ ลดลงตามค่ามุมที่ต้องการ

2. จุดต่าง ๆ เมื่อตอกตะปูผูกปอ จะต้องตำแหน่งไม่คลาดเคลื่อนไปจากเดิมที่เล็งแนวไว้ เพราะเมื่อย้ายกล้องไปตั้งที่จุดนั้น จะทำให้ค่าและตำแหน่งต่าง ๆ ที่ส่องรังวัดผิดพลาดไปด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. เมื่อวางโค้งที่ 1 เสร็จ (จาก P.C. ถึง P.C.C. Sta) ควรจะตรวจสอบความถูกต้องเสียก่อน แล้วจึงวางโค้งจาก P.C.C. $\rightarrow$ PT.Sta. เพราะหากวางโค้งแรกผิด โค้งที่ 2 ก็จะผิดพลาดตามไปด้วย
2. นักศึกษาอาจฝึกวางโค้งจาก PT.Sta ย้อนกลับมาทาง PC.Sta ได้ เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญยิ่งขึ้น

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 4**
หน่วยที่ 4 การวางโค้งผสม	
เรื่อง การวางโค้งผสม	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การเลือกแบบของโค้งผสม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

2. การออกแบบโค้งผสม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

3. การวางโค้งผสมในสนาม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

4. การตรวจสอบการวางโค้งผสม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

5. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลน ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

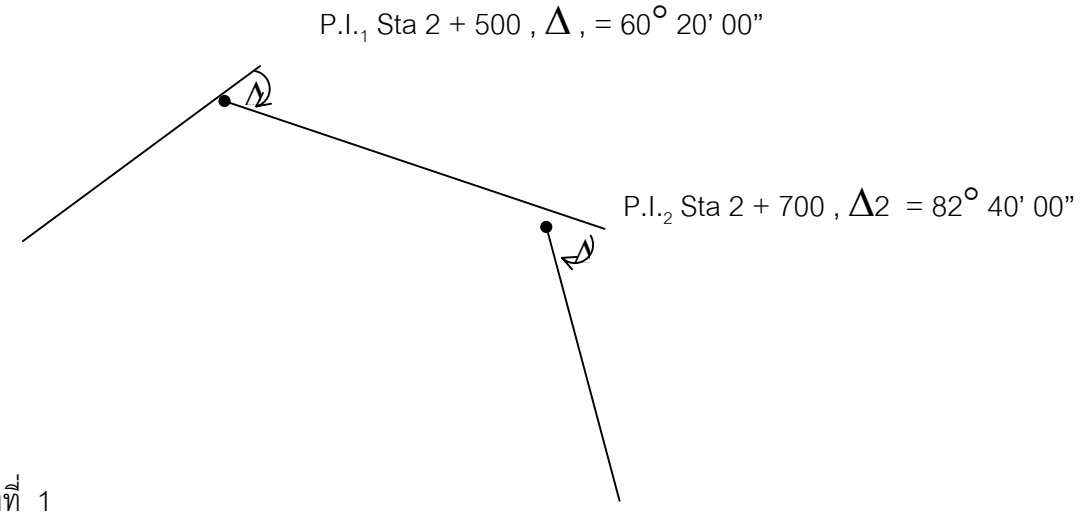
ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 4**				
หน่วยที่ 4 โค้งผสม					
เรื่อง การวางโค้งผสม	**จำนวน 4 คาบ**				
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การเลือกแบบโค้งผสม ได้อย่างเหมาะสม 5. การออกแบบโค้งผสม 6. การวางโค้งผสมในสนาม 7. การตรวจสอบการวางโค้งผสม 8. การลงที่หมายแผนที่ของโค้งผสม 9. ความสะอาดในการปฏิบัติงาน 10. ตรวจ เก็บ แ ละทำความสะอาดเครื่องมือ หลักการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงาน เริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....(ผู้ประเมิน)					

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4

เรื่อง โค้งผสม

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

จากรูป จงตอบคำถาม ข้อ 1.1 - 1.5



โค้งที่ 1

- ถนนในเมือง กำหนด ค่า e = 0.05 เมตร/เมตร

ความเร็วรถ (v) = 50 KPH. กำหนดให้ออกแบบ R_1 ไม่เท่ากับ R_2

1.1 โค้งที่ 1 ค่า R_1 มีค่าเป็นเท่าใด

ก. 150 ม. ข. 200 ม.

ค. 250 ม. ง. 300 ม.

1.2 P.C. Sta ใด

ก. 2 + 300 ข. 2 + 350

ค. 2 + 382.700 ง. 2 + 383.753

1.3 P.C.C. Sta เท่าใด

ก. 2 + 347.483 ข. 2 + 383.753

ค. 2 + 594.356 ง. 2 + 700

1.4 โค้งที่ 2 ค่า T_2 เป็นเท่าใด

ก. 152.517 ม. ข. 116.247 ม.

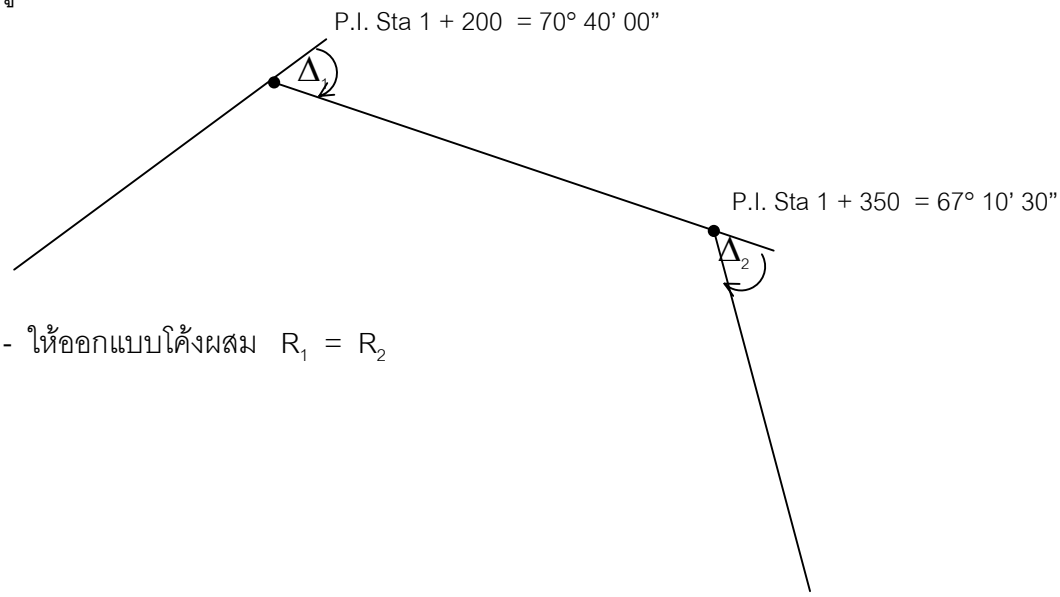
ค. 106.544 ม. ง. 105.644 ม.

1.5 P.T. คือ Sta เท่าใด

ก. 2 + 767.653 ข. 2 + 810.603

ค. 2 + 941.839 ง. 2 + 978.109

จากรูป จงตอบคำถาม ข้อ 1.6 - 1.10



- ให้ออกแบบโค้งผสม $R_1 = R_2$

1.6 ค่า R ที่ทำให้ $R_1 = R_2$ คือ

ก. 109.250 ม. ข. 112.462 ม.

ค. 122.551 ม. ง. 150.00 ม.

1.7 P.C. Sta…….เท่าใด

ก. 1 + 109.250 ข. 1 + 112.462

ค. 1 + 122.551 ง. 1 + 150

1.8 P.C.C Sta……..เท่าใด

ก. 1 + 243.995 ข. 1 + 247.207

ค. 1 + 257.296 ง. 1 + 284.745

1.9 P.T. Sta……..เท่าใด

ก. 1 + 372.082 ข. 1 + 375.294

ค. 1 + 385.383 ง. 1 + 412.832

1.10 T_1 กับ T_2 ต่างกันกี่เมตร

ก. ไม่แตกต่าง ข. 0.449 ม.

ค. 0.551 ม. ง. 4.898 ม.

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 Compound Curve หมายถึง ……..

……

2.2 โค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน หมายถึง……..

……

2.3 การออกแบบโค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน เริ่มต้นโดย……..

……

2.4 จุด P.C.C. ของโค้งผสมแบบรัศมีเท่ากัน หาได้โดย……..

……

2.5 การออกแบบโค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน ของโค้งที่ 2 เริ่มต้นโดย……..

……

2.6 โค้งผสมแบบรัศมีไม่เท่ากัน หมายถึง……..

……

2.7 การหาค่า R ที่ทำให้ $R_1 = R_2$ หาได้โดย……..

……

2.8 a_1 ของโค้งที่ 1 ($R_1 = R_2$) หาได้โดย……..

……

2.9 a_1 ของโค้งที่ 2 ($R_1 = R_2$) หาได้โดย……..

……

2.10 P.T. Sta. หาได้โดย……..

……

หน่วยที่ 5
โค้งผสมย้อนกลับ (Reversed Curve)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 5.1 โค้งผสมย้อนกลับ

เรื่องที่ 5.2 ใบงานการวางโค้งผสมย้อนกลับ

สาระสำคัญ

1. เมื่อเกิดการหักเหแนวทางโดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ตรงกันข้ามกันและโค้งจะต่อเนื่องกันไป ทำให้เกิดการหักกลับของทิศทางการเคลื่อนที่ จะต้องใส่โค้งผสมย้อนกลับหรือโค้งที่เรียกกันง่าย ๆ ว่าโค้งรูปตัวเอส (S)

2. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ ในการวางโค้งผสมย้อนกลับ การเลือกแนวทางที่เคยวางแนวไว้แล้ว นำมาออกแบบโค้งผสมย้อนกลับ คำนวณและนำข้อมูลที่ได้ไปวางโค้งในสนาม

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

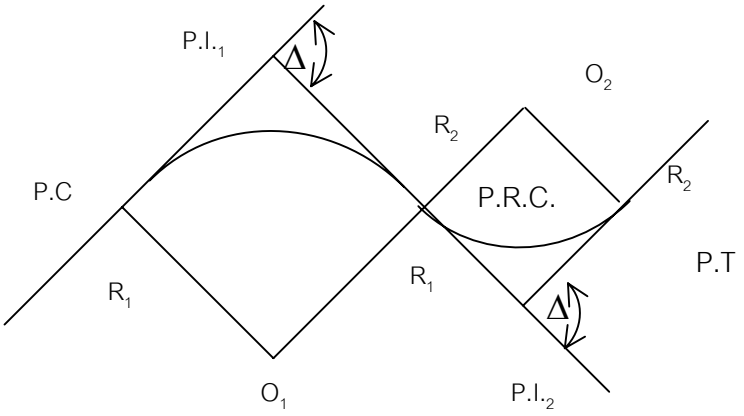
1. บอกลักษณะของโค้งผสมย้อนกลับได้
2. คำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้งผสมย้อนกลับได้
3. อธิบายวิธีการวางโค้งผสมย้อนกลับได้
4. นำวิธีการวางโค้งผสมย้อนกลับไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 5

การวางโค้งผสมย้อนกลับ (Reversed Curve)

โค้งผสมย้อนกลับ เป็นโค้งที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ตรงกันข้ามและเส้นสัมผัสโค้งจะต่อเนื่องกันไป ทำให้เกิดการหักกลับของทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งทำให้เกิดแรงเหวี่ยงขึ้น จึงทำให้รถในโค้งนี้ต้องวิ่งด้วยความเร็วต่ำ ผู้ออกแบบจึงมีหลีกเลี่ยง แต่บางครั้งก็จำเป็นต้องใช้เมื่อแนวทางผ่านภูเขาสูงชัน ต้องลัดเลาะไปตามไหล่เขา เป็นต้น

การออกแบบโค้งผสมย้อนกลับ มักนิยมออกแบบใช้ R1 = R2 เพราะจะทำให้ความเร็วของรถทั้งสองโค้งใกล้เคียงกัน หลักการคำนวณคล้ายกันการคำนวณการวางโค้งผสม เพียงแต่จุดศูนย์กลางอยู่ตรงกันข้ามเท่านั้น

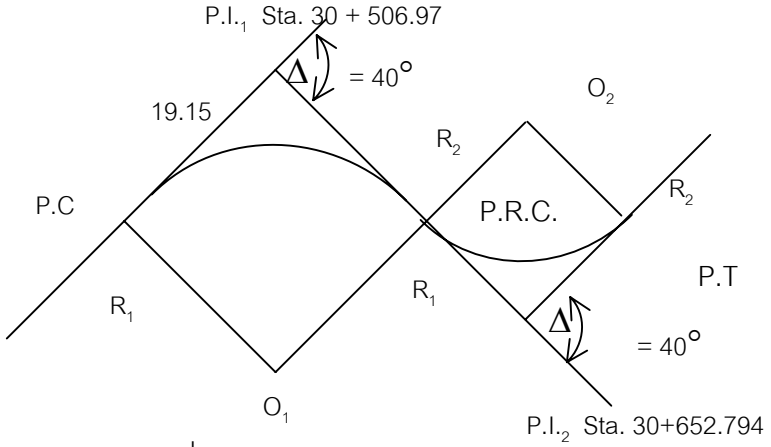


รูปที่ 5.1 แสดงส่วนประกอบของโค้งผสมย้อนกลับ

ตัวอย่างคำนวณ

กำหนดให้ : E_1 = 19.15 ม. , = 40^0 , $P.I_2 - P.I_1$ = 145.824 ม.

$P.I_1$ Sta. 30 + 506.67 , $P.I_2$ Sta. 30 + 652.794



รูปที่ 5.2 แสดงการออกแบบโค้งผสมย้อนกลับ

การคำนวณหาส่วนที่ 1

E_1 = R (Sec /2 – 1)

R_1 = E / (Sec /2 – 1)

= 19.15 / (Sec 40^0 /2 – 1)

= 298.390 ม.

D_1 = 5729.578 / R

= 5729.578 / 298.390 = 1920164752

= 19^0 12’ 5.23”

T_1 = R (Tan / 2)

= 298.390 (1 – Cos 40^0 / 2)

= 108.605 ม.

M_1 = R (1 – Cos / 2)

= 298.390 (1 – Cos 40^0 / 2)

= 17.995 ม.

L_1 = (/ D) X 100

= (40^0 00’00” / 19^0 12’ 5.93”) X 100

= 208.315 ม.

P.C.Sta = P.C. – T_1

= (30 + 506.67) - 108.605

= 30 + 398.365

P.R.C.Sta = P.C. + L_1

= 30 + 398.365 + 208.315

= 30 + 606.68

a = 25.00 ม.

a_1 = (Sta. 30 +400) – (Sta.30 + 398.365)

= 1.635 ม.

a_2 = (Sta. 30 + 606.68) – (Sta.30 + 600)

= 6.680 ม.

การหามุมเห มุมเหย่อย ชยา และชยาย่อย

โค้งที่ 1 $\frac{d}{2}$ = 0.3D' = 2^0 24' 0.74" c = 2Rsin $\frac{d}{2}$ = 24.993 ม.

$\frac{d_1}{2}$ = 0.3a_1D' = 0^0 9' 25.1" c_1 = 2Rsin $\frac{d_1}{2}$ = 1.635 ม.

$\frac{d_2}{2}$ = 0.3a2D' = 0^0 38' 28.81" c2 = 2Rsin $\frac{d_2}{2}$ = 2.680 ม.

การคำนวณหาส่วนที่ 2

ใช้ค่า T_2 เป็นหลักในการออกแบบ

$(P.I_2 – P.I_1) – T_1 = T_2$

T_2 = (30 + 652.794 – 30 + 506.67) – 108.605

T_2 = 37.219 ม.

T_2 = R_2. (Tan / 2)

R_2 = T_2 (Tan 40^0 / 2)

= 37.219 / Tan 40^0 / 2)

= 102.258 ม.

D_2 = 5729.578 / R_2

= 5729.578 / 102.258

= 56^0 01' 50.19"

E_2 = R_2 (Sec / 2 – 1)

= 102.258 (Sec 40^0 /2)

= 6.563 ม.

M_2 = R_2 (1 - Cos / 2)

= 102.258 (1 – Cos 40^0 / 2)

= 6.167 ม.

L_2 = (/D_2) X 100

= (40^0 00'00" /56^0 01'50.19") X 100

= 71.390 ม.

P.T.Sta = P.R.C. + L

= (Sta. 30 + 606.68) + 71.390

= 30 + 678.07

a = 25.00 ม.

a_1 = (STA. 30 + 625) – (STA 30 + 606.68)

= 18.32 ม.

a_2 = (STA. 30 + 678.07) – (STA. 30 + 675)

= 3.07 ม.

การหามุมเห มุมเหย่อย ชยา และชยาย่อย

โค้งที่ 2 $\frac{d}{2}$ = 0.3aD' = 7^0 00' 13.77" c = 2Rsin $\frac{d}{2}$ = 24.938 ม.

$\frac{d_1}{2}$ = 0.3a_1D' = 5^0 7' 55.65" c_1 = 2Rsin $\frac{d_1}{2}$ = 18.296 ม.

$\frac{d_2}{2}$ = 0.3a_2D' = 0^0 51' 36.25" c_2 = 2Rsin $\frac{d_2}{2}$ = 3.07 ม.

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลการวางโค้งผสมย้อนทาง

STA	Def.			εDef			CHORD	REMAIKS
P.C.30+398+035	^{0}	‘	“	^{0}	‘	“	“	Curve Data
30+400	0	9	25.1	0	9	25.1	1.635	Reversed Curve
30+425	2	24	0.74	2	33	25.84	24.993	T_1=108.605
30+450	2	24	0.74	4	57	26.58	24.993	T_2=37.219
30+475	2	24	0.74	7	21	27.32	24.993	R_1=298.390
30+500	2	24	0.74	9	45	28.06	24.993	R_2=102.258
30+525	2	24	0.74	12	9	28.80	24.993	E_1=19.15
30+550	2	24	0.74	14	33	29.54	24.993	E_2= 6.563
30+575	2	24	0.74	16	57	30.28	24.993	$\Delta_1=\Delta_2=40^0$
30+600	2	27	0.74	19	21	31.02	24.993	P.I.$_1$30+506.97
P.R.C.30+606.68	0	38	28.81	19	59	59.83	2.680	P.I.$_2$30+652.792
			Δ/2	20	00	00		P.C30+398.635
			ERROR	0	0	0.17		P.R.C30+606.68
								P.T.30+678.07
P.R.C30+606.68	^{0}	‘	“	^{0}	‘	“	“	
30+625	5	7	56.65	5	07	56.65	18.296	
30+650	7	0	13.77	12	08	10.42	24.938	
30+375	7	0	13.77	19	08	24.19	24.938	
P.T30+678.07	0	51	36.25	20	00	0.44	3.07	
			Δ/2	20	00	00		
			ERROR	0	0	0.44		

เรื่องที่ 5.2	**ใบงานที่** 5
วิชา การสำรวจเส้นทาง **ชื่อหน่วย โค้งผสมย้อนกลับ**	**หน่วยที่** 5 **สอนครั้งที่** 8 **จำนวนคาบรวม** 32
ชื่องาน การวางโค้งผสมย้อนกลับ	**จำนวนคาบ** 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายถึงส่วนต่าง ๆ ของโค้งผสมย้อนกลับได้
2. สามารถคำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้งผสมย้อนกลับได้
3. สามารถวางโค้งและตรวจสอบโค้งผสมย้อนกลับในสนามได้

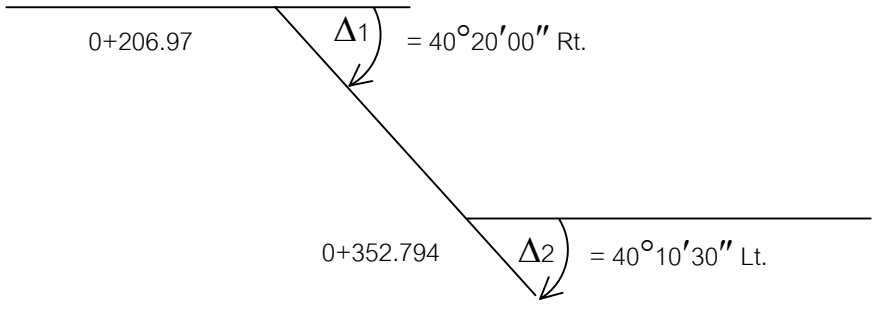
เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. กล้องวัดมุมพร้อมขาตั้ง	จำนวน 1 ชุด
2. เทปวัดระยะ	จำนวน 1 เส้น
3. ค้อน	จำนวน 1 เต้า
4. ตะปู 3” ผูกปอแดง	จำนวน 20 ตัว
5. ตะปู 3” ผูกปอขาว	จำนวน 3 ตัว
6. ห่วงคะแนน	จำนวน 5 อัน
7. ร่ม	จำนวน 1 คัน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. คำนวณ – ออกแบบโค้งผสมย้อนกลับ

จากข้อมูลกาขวางแนวทาง เลือก P.I.$_1$Sta 0+206.97 และ P.I$_2$Sta 0+352.794 นำมาออกแบบโค้งผสมย้อนกลับ



$_1$=40^{0}20’ 00” Rt P.I$_1$Sta 0+2069.97

$_2$=40^{0}10’ 30” Rt P.I$_2$Sta 0+352.794

- เนื่องจาก $_1$ ใกล้เคียงกับ $_2$ ความเร็วของรถในโค้งทั้งสองควรจะเท่ากันจึงเลือกออกแบบให้ $R_1 = R_2$

$$R = \frac{\tilde{A}\text{Đ}\hat{A}\text{Đ}\text{I}_2 - \text{P.I}_2}{\text{Tan}\frac{\Delta_1}{2} + \text{Tan}\frac{\Delta_2}{2}} = \frac{(0+352.794)-(0+206.97)}{\frac{\text{Tan}40^0 20'00"}{2} + \frac{\text{Tan}40^0 10'30"}{2}}$$

$$= \frac{145.824}{0.7329686339} = 198.95 \text{ ม.}$$

รายการคำนวณ

<u>โค้งที่ 1</u>

E_1 = $R.(\text{Sec}\frac{\Delta_1}{2} - 1)$ = 198.95 (Sec $20^0$10'00" - 1)

= 198.95 x (1.065 – 1) = 12.932 ม.

T_1 = $R.\text{Tan}\frac{\Delta_1}{2}$ = 198.95 x Tan $20^0$10'00" = 73.068 ม.

D_1 = $\frac{5729.578}{R} = \frac{5729.578}{198.95} = 28.7990852^0$

= $28^0$47'57"

M_1 = $R.(1 - \text{Cos}\frac{\Delta_1}{2})$ = 198.95 x (1 – Cos $20^0$10'00")

= $28^0$47'57"

L_1 = $100 \times \frac{\Delta_1}{D_1} = 100 \times \frac{40^0 20'00"}{28^0 47'57"}$ = 140.051 ม.

P.C.Sta = P.I. - T = (0 + 206.97) - 73.068

= 0 + 133.902

a = 25.00 ม.

a_1 = FullSta. – P.C. = 150 – 133.902 = 16.098 ม.

a_2 = P.R.C. – FullSta = 273.953 – 250 = 23.953 ม.

โค้งที่ 2

E_2 = $R.(\text{Sec}\frac{\Delta_2}{2}-1)$ = 198.95 (Sec $\frac{40^0 10'30"}{2}$ - 1)

= 12.886 ม.

T_2 = $R.\text{Tan}\frac{\Delta_2}{2}$ = 198.95 x Tan $\frac{40^0 10'30"}{2}$

= 72.576 ม.

D_2 = $\frac{5729.578}{R}$ = $\frac{5729.578}{198.95}$ = 28.7990852^0

M_2 = $R.(1 - \text{Cos}\frac{\Delta_2}{2})$ = 198.95 x (1 – Cos $\frac{40^0 10'30"}{2}$)

= 12.102 ม.

L_2 = 100 x $\frac{\Delta_2}{D_2}$ = 100 x $\frac{40^0 10'30"}{28^0 47'57"}$

= 139.501 ม.

P.C.Sta = P.R.C. - L_2

= (0 + 273.953) + 139.501

= 0 + 413.454

a_1 = (0 + 275) – (0 + 273.953)

= 1.047 ม.

a_2 = (0 + 413.454) – (0 +400)

= 13.454 ม.

การหามุมเห มุมเหย่อย

โค้งที่ 1

$\frac{d}{2}$ = $0.3aD_1$ = 215.99375’ = $3^0$35’59.6”

$\frac{d_1}{2}$ = $0.3a_1D_1$ = 139.0826955’ = $2^0$19’5”

$\frac{d_2}{2}$ = $0.3a_2D_1$ = 206.9479318’ = $3^0$26’56.9”

โค้งที่ 2

$\frac{d}{2}$ = 0.3aD_2 = 215.993139' = $3^0$35'59.6"

$\frac{d_1}{2}$ = 0.3a$_1$$D_2$ = 9.045792661' = $0^0$9'2.7"

$\frac{d_2}{2}$ = 0.3a$_2$$D_2$ = 116.2388677' = $1^0$56'14.3"

การหาชยา ชยาย่อย

โค้งที่ 1

C = 2Rsin$\frac{d}{2}$ = 24.984 ม.

C_1 = 2Rsin$\frac{d_1}{2}$ = 16.094 ม.

C_2 = 2Rsin $\frac{d_2}{2}$ = 23.939 ม.

โค้งที่ 2

C = 2Rsin$\frac{d}{2}$ = 24.984 ม.

C_1 = 2Rsin$\frac{d_1}{2}$ = 1.047 ม.

C_2 = 2Rsin $\frac{d_2}{2}$ = 13.451 ม.

ตารางแสดงข้อมูลการวางโค้งผสมย้อนทาง

Sta	Def.			εDef			Chord	Remars
P.C.0+133.902								Curve Data
0+150	2^0	19'	5"	2^0	19'	5"	16.094	Reversed Curve
0+175	3	35	59.6	5	55	4.6	24.984	T_1=72.068
0+200	3	35	59.6	9	31	4.2	24.984	T_2=72.756
0+225	3	35	59.6	13	7	3.8	24.984	R=198.95
0+250	3	35	59.6	16	43	3.4	24.984	E_1=12.932
P.R.C 0+273.953	3	26	56.9	20	10	0.3	24.984	E_2= 12.886
		$\frac{\Delta}{2}$		20	10	00	23.939	$\Delta_1=40^0 20'00"$Rt.
	ERROR					0.3		$\Delta_2=40^0 10'30"$Lt.
								P.I.$_1$=0+206.97
								P.I.$_2$=0.352.794
P.R.C.30+606.68								P.C= 0+133.902
0+275	0^0	9'	2.7"	0^0	9'	2.7"	1.047	P.R.C=0+273.953
0+300	3	35	59.6	3	45	2.3	24.984	P.T.=0+413.454
0+325	3	35	59.6	7	21	1.9	24.984	
0+350	3	35	59.6	10	57	1.5	24.984	
0+375	3	35	59.6	14	33	1.1	24.984	
0+400	3	35	59.6	18	9	0.7	24.984	
P.T30+413.454	1	56	14.3	20	5	15	13.451	
		$\frac{\Delta}{2}$		20	5	15		
			ERROR			00		

2. การวางโค้งในสนาม

2.1 ที่ P.I.Sta. 0 + 206.97 วัดระยะตามแนววนกลับมาทาง Sta. 0+000 ให้เท่ากับ 72.068 ม. (T_1) ตอกตะปูผูกปอขาวไว้จะเป็นจุด P.C.Sta. 0+133.902

2.2 นำกล่องวัดมุมมาตั้งที่จุด P.C.Sta ตั้งค่ามุมรอบ 0^0 ไปที่ P.I.Sta.0+206.97

- หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบเป็น 2^0 49'5" วัดระยะจาก P.C.Sta. (จุดตั้งกล้องไปตามแนวเล็งกล้อง 16.094 ม. จะเป็น Sta. 0+150 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $5^0$55'4.6" วัดระยะจาก Sta. 0+150 ไปตามแนวเล็ง 24.984 ม. จะเป็น Sta. 0+175 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $9^0$31'4.2" วัดระยะจาก Sta. 0+175 ไปตามแนวเล็ง 24.984 ม. จะเป็น Sta. 0+200 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $13^0$7'3.8" วัดระยะจาก Sta. 0+200 ไปตามแนวเล็ง 24.984 ม. จะเป็น Sta. 0+225 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $16^0$43'3.4" วัดระยะจาก Sta. 0+225 ไปตามแนวเล็ง 23.939 ม. จะเป็น Sta. 0+225 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

2.3 ย้ายกล้องมาตั้งที่จุด P.R.C Sta 0+273.953 ตั้งค่ามุมราบ 0^0 ไปที่ P.I.Sta 0+352.794

- ตั้งค่ามุมราบ $0^0$9'2.7" (ระวังหากเป็นกล้อง Electronic ก็กดหมุนเวียนซ้ายได้เลย แต่หากเป็นกล้อง Optical machanic จะต้องหามุมทวนเข็มนาฬิกาก่อน โดยนำค่ามุม Sta. ต่อ ๆ ไปก็คิดทำนองเดียวกัน) วัดระยะจาก P.R.C Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็งกล้อง 1.047 ม. จะเป็น Sta 0+275 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $3^0$45'2.3" วัดระยะจาก Sta. 0+275 ไปตามแนวเล็ง 24.984 ม. จะเป็น Sta. 0+300 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $7^0$21'1.9" วัดระยะจาก Sta. 0+300 ไปตามแนวเล็ง 24.984 ม. จะเป็น Sta. 0+325 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $10^0$57'1.5" วัดระยะจาก Sta. 0+325 ไปตามแนวเล็ง 24.984 ม. จะเป็น Sta. 0+350 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $14^0$33'1.1" วัดระยะจาก Sta. 0+350 ไปตามแนวเล็ง 24.984 ม. จะเป็น Sta. 0+375 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $18^0$9'7" วัดระยะจาก Sta. 0+375 ไปตามแนวเล็ง 24.984ม. จะเป็น Sta. 0+400 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

- ตั้งค่ามุมราบเป็น $20^0$5'15" วัดระยะจาก Sta. 0+400 ไปตามแนวเล็ง 13.451 ม. จะเป็น Sta. 0+413.454 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

2.4 การตรวจสอบการวางโค้ง

2.4.1 P.R.C.Sta อยู่บนแนว P.I.Sta 0+206.97 – P.I.Sta. 0+352.794 หรือไม่ หากไม่อยู่บนแนวแสดงว่าตีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

2.4.2 วัดระยะจาก P.I.Sta. 0+206397 ถึง Ext.Sta (จุดกลางโค้งที่ 1) เท่ากับค่า E จากการออกแบบ = 12.932 ม. หรือไม่ หากไม่เท่ากันแสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

2.4.3 จุด P.T.Sta (0+413.454) อยู่บนแนว P.I.Sta. 0+352.794 – P.I.Sta.0+542.034 หรือไม่หากไม่อยู่บนแนว แสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาดต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

2.4.4 วัดระยะจาก P.I.Sta. 0+352.794 ถึง Ext.Sta. (จุดกลางโค้งที่ 2) เท่ากับค่า E จากการออกแบบ = 12.556 ม. หรือไม่ หากไม่เท่ากันแสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาดต้องตรวจสอบการวางโค้งใหม่

3. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลนจากแบบแปลนที่ลงที่หมายไว้แล้ว

3.1 ที่ P.I.Sta. 0+206.97 วัดระยะตามแนวย้อนกลับทาง Sta.0+000 เท่ากับ T_1 = 72.068 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแบบแปลน จะเป็นจุด P.C.Sta จุดด้วยดินสอไว้

3.2 แบ่งครึ่งง่ามมุม $(180^0 - 40^0 20'00")/2$ วัดระยะจากจุด P.I.Sta. 0+206.97 ตามแนวเส้นแบ่งครึ่งมุม เท่ากับค่า E_1 = 12.932 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกัน จุดด้วยดินสอไว้

3.3 ที่ P.I.Sta. 0+352.794 วัดระยะตามแนวย้อนกลับทาง P.I.Sta.0+206.97 เท่ากับ T_2 = 72.756 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแบบแปลน จะเป็นจุด P.R.C. จุดด้วยดินสอไว้

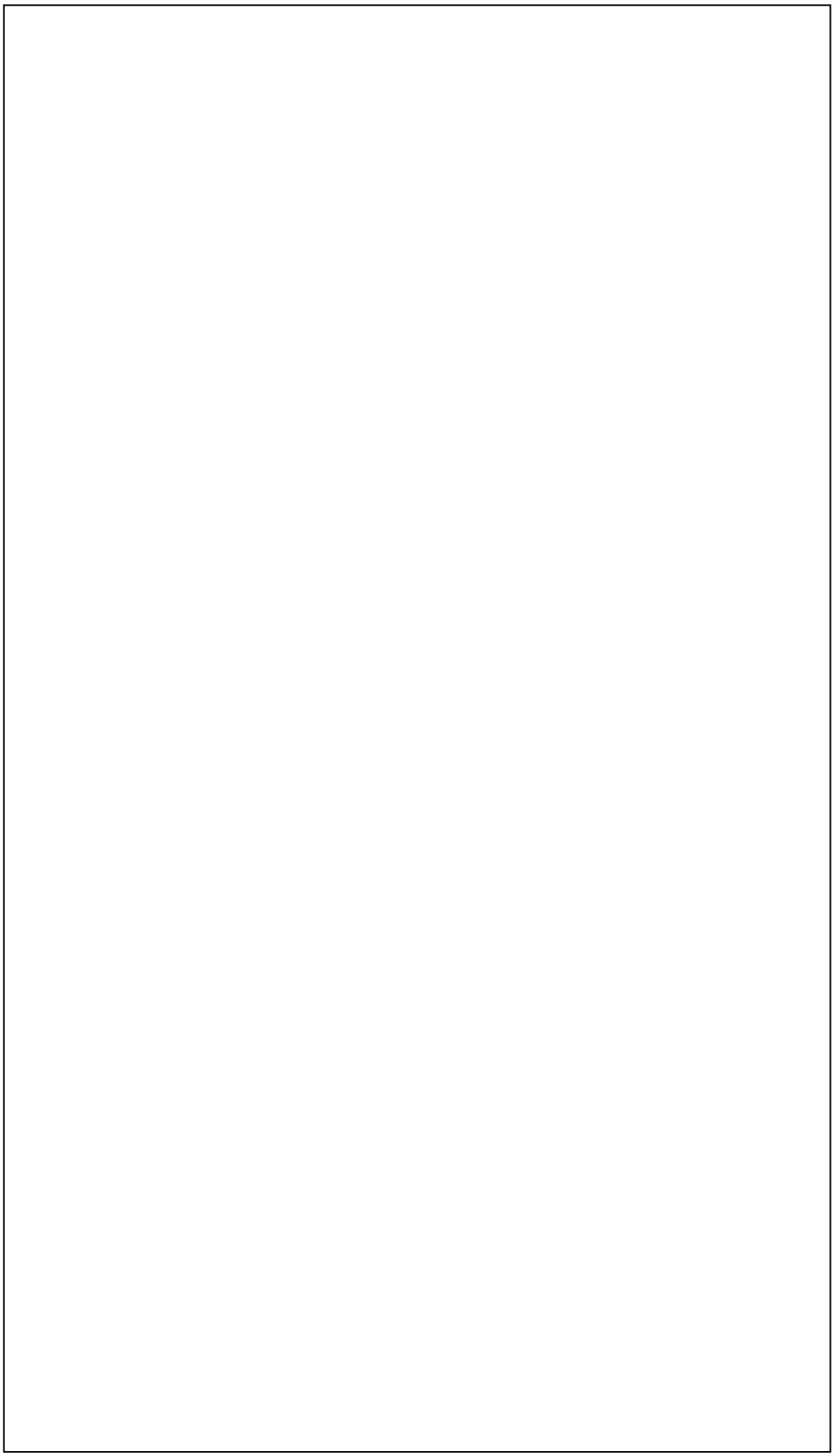
3.4 แบ่งครึ่งง่ามมุม $(180^0 - 40^0 10'30")/2$ วัดระยะจากจุด P.I.Sta. 0+355.794 ตามแนวเส้นแบ่งครึ่งมุม เท่ากับค่า E_2 = 12.886 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกัน จุดด้วยดินสอไว้

3.5 ที่ P.I.Sta. 0+352.794 วัดระยะตามแนวไปข้างหน้าทาง Sta.0+542.034 เท่ากับ T_2 = 72.756 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแบบแปลนจะเป็นจุด P.C.Sta จุดด้วยดินสอไว้

3.6 ดัดโค้งกระดูกงูให้ผ่านจุด 3.1 – 3.5 ที่จุดไว้จะได้แนวศูนย์กลางทางในช่วงโค้งนี้

3.7 เขียนข้อมูลโค้งลงในแบบแปลน ส่วนรายการคำนวณโค้งอยู่ในสมุดรายการคำนวณ

แบบแปลนแนวทาง



ข้อควรระวัง

1. การกำหนดจุด P.C. เพื่อตั้งกล้อง และการรังวัดมุมเหต่าง ๆ จะต้องใช้ที่หมายเล็ก ๆ และอยู่บนแนวเดียวกัน การวางจุด Sta. ต่าง ๆ เช่นเดียวกัน หากใช้ที่หมายใหญ่ ก็จะทำให้ค่ามุมที่รังวัดเกิดความคลาดเคลื่อนได้

2. การเปิดค่ามุมหักเห มุมเหย่อย ต้องระมัดระวังว่าเป็นการเปิดค่ามุมตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา แต่หากเป็นกล้องอิเล็กทรอนิกส์ก็กดค่ามุมหมุนทวนเข็มนาฬิกาได้ แต่ถ้าเป็นกล้องวัดมุม Mechanical ค่ามุมทวนเข็มนาฬิกาจะเปลี่ยนไปจากข้อมูลที่คำนวณได้ โดยตัวเลขจะค่อย ๆ ลดลงตามค่ามุมที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะ

1. หากฝึกการวางโค้งจาก P.C. ถึง P.R.C. และ P.R.C. ถึง P.T. จนชำนาญแล้ว ให้ลองฝึกการวางโค้งจาก P.T. ถึง P.R.C. และ P.R.C. ถึง P.T เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญยิ่งขึ้น

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 5**
หน่วยที่ 5 โค้งผสมย้อนกลับ	
เรื่อง การวางโค้งผสมย้อนกลับ	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การเลือกแบบของโค้งผสมย้อนทาง	☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
2. การออกแบบโค้งผสมย้อนทาง	☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
3. การวางโค้งผสมย้อนทางในสนาม	☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
4. การตรวจสอบการวางโค้งผสมย้อนทาง	☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
5. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลน	☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

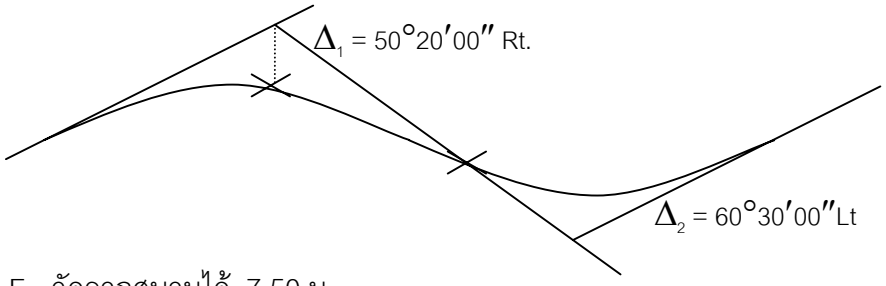
ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง **หน่วยที่ 5 โค้งผสมย้อนกลับ**					**ใบงานที่ 5**
เรื่อง การวางโค้งผสมย้อนกลับ					**จำนวน 4 คาบ**
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**..... **กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ 4. การเลือกแบบโค้งผสมได้อย่างเหมาะสม 5. การออกแบบโค้งผสมย้อนทาง 6. การวางโค้งผสมย้อนทางในสนาม 7. การตรวจสอบการวางโค้งผสมย้อนทาง 8. การลงที่หมายแผนที่ของโค้งผสมย้อนทาง 9. ความสะอาดในการปฏิบัติงาน 10. ตรวจ เก็บ และทำความสะอาดเครื่องมือ หลังจากปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5

เรื่อง โค้งผสมย้อนทาง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

จากรูป จงตอบคำถามข้อ 1.1 – 1.10



- ค่า E_1 วัดจากสนามได้ 7.50 ม.

1.1 ค่า R_1 ที่ใช้ออกแบบมีค่าเท่าไร

ก. 70.000 ม. ข. 71.509 ม.

ค. 72.495 ม. ง. 73.954 ม.

1.2 ค่า T_1 มีระยะเท่าไร

ก. 33.429 ม. ข. 33.500 ม.

ค. 33.599 ม. ง. 33.995 ม.

1.3 ค่า D_1 มีค่าเท่าไร

. 78.235^0 ข. 79.352^0

ค. 80^0 ง. 80.123^0

1.4 P.C.Sta. คือ Sta ใด

ก. 1+166.401 ข. 1+200

ค. 1+266.401 ง. 1+366.401

1.5 P.R.C.Sta. คือ Sta ใด

ก. 1+200 ข. 1+210.101

ค. 1+229.221 ง. 1+266.401

1.6 ค่า T_2 ที่ใช้ออกแบบโค้งที่ 2 คือข้อใด

ก. 120.00 ม. ข. 120.779 ม.

ค. 120.896 ม. ง. 120.968 ม.

1.7 ค่า E_2 มีค่าเท่าใด

ก. 32.645 ม. ข. 32.748 ม.

ค. 32.847 ม. ง. 32.948 ม.

1.8 P.T.Sta คือ Sta ใด

ก. 1+297.962 ข. 1+300

ค. 1+301.692 ง. 1+303.596

1.9 a_1 ของโค้งที่ 1 และโค้งที่ 2 คือข้อใด

ก. 8.779 , 20.599 ม. ข. 20.599 , 8.779 ม.

ค. 8.599 , 20.779 ม. ง. 20.779 , 8.599 ม.

1.10 c ของโค้งที่ 1 และโค้งที่ 2 คือข้อใด

ก. 24.873 , 24.869 ม. ข. 24.869 , 24.876 ม.

ค. 24.942 , 24.990 ม. ง. 24.990 , 24.942 ม.

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 Reverse Curve หมายถึง.....

.....

2.2 โค้งผสมย้อนกลับแบบรัศมีไม่เท่ากัน หมายถึง.....

.....

2.3 การออกแบบโค้งผสมย้อนกลับแบบรัศมีไม่เท่ากัน เริ่มต้นโดย.....

.....

2.4 จุด P.R.C ของโค้งผสมย้อนกลับมาได้โดย.....

.....

2.5 การออกแบบโค้งผสมย้อนกลับของโค้งที่ 2 เริ่มต้นโดย.....

.....

2.6 การออกแบบโค้งผสมย้อนกลับโดยให้รัศมีเท่ากัน เนื่องจาก.....

.....

2.7 การหาค่า R ที่ทำให้ $R_1 = R_2$ หาได้โดย.....

.....

2.8 a_1 ของโค้งที่ 1 หาได้โดย.....

.....

2.9 a_2 ของโค้งที่ 1 หาได้โดย.....

.....

2.10 P.T.Sta หาได้โดย.....

.....

หน่วยที่ 6
โค้งเปลี่ยนแนว (TRANSITION SPIRAL CURVE)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 6.1 โค้งเปลี่ยนแนว

เรื่องที่ 6.2 ใบงานการวางโค้งเปลี่ยนแนว

สาระสำคัญ

1. ในเส้นทางที่ต้องการใช้ความเร็วสูงในโค้งทางราบ จำเป็นจะต้องขยายความยาวโค้งและรัศมีโค้งให้มากขึ้น เพื่อให้คนขับสามารถที่จะบังคับรถให้ค่อยๆ เลี้ยวด้วยความเร็วสูงได้

2. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ในการโค้งเปลี่ยนแนว การเลือกแนวทางที่วางแผนไว้แล้ว นำมาออกแบบโค้งเปลี่ยนแนว คำนวณและนำข้อมูลที่ได้วางโค้งในสนาม

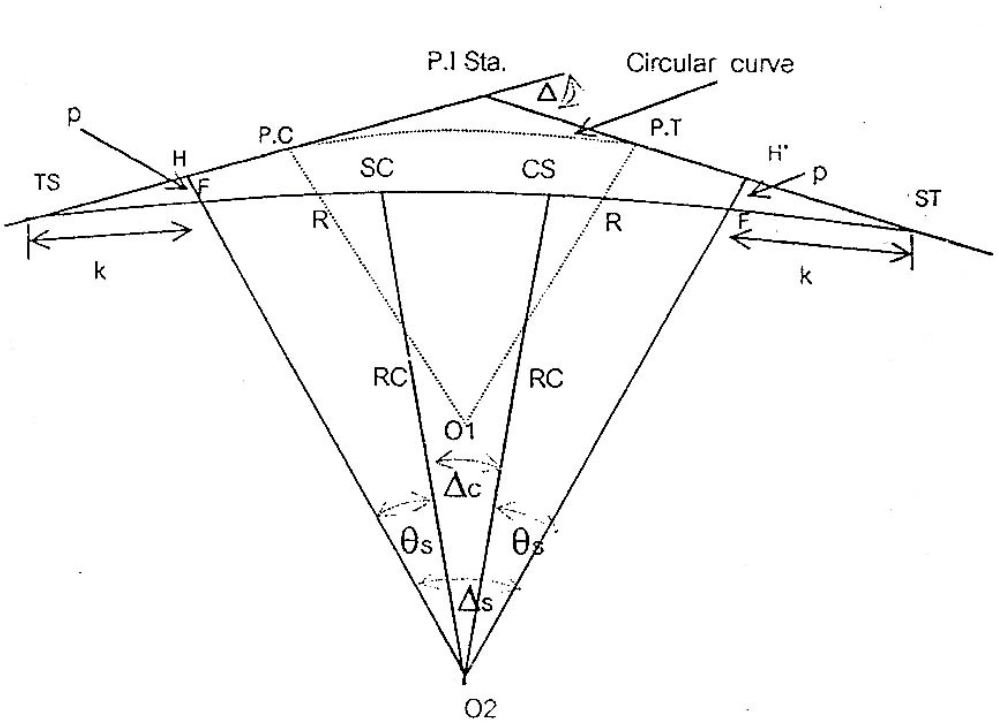
จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกลักษณะของโค้งเปลี่ยนแนวได้
2. คำนวณหาส่วนต่างๆ ของโค้งเปลี่ยนแนวได้
3. อธิบายวิธีการวางโค้งเปลี่ยนแนวได้
4. นำวิธีการวางโค้งเปลี่ยนแนว ไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 6.1
โค้งเปลี่ยนแนว (TRANSITION SPIRAL CURVE)

TRANSITION SPIRAL CURVE คือโค้งที่เริ่มจากเส้นตรงแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นเส้นโค้งที่มีรัศมียาวมากๆ บรรจบโค้งวงกลมธรรมดา แล้วกลับออกไปเหมือนในลักษณะเดิม เป็นโค้งที่ช่วยให้การขับยวดยานเข้าโค้งได้ปลอดภัยขึ้นกว่าโค้งที่มีรัศมีต่ำ (SHARP CURVE)

โค้งที่ราบที่ใช้กับเส้นทางที่ต้องการความเร็วสูง เพราะขยายความยาวโค้งและรัศมีให้มากขึ้น ทำให้คนขับรถสามารถที่จะบังคับรถให้ค่อยๆ เลี้ยวด้วยความเร็วสูงได้ หากเป็นเส้นโค้งวงกลมจะมีรัศมีโค้งที่สั้น เมื่อขับรถถึงจุดเริ่มโค้ง (P,C) จะต้องบังคับรถให้เลี้ยวทันที ทำให้ความเร็วในช่วงโค้งต้องลดลง เพราะจะเกิดแรงหนีศูนย์กลางอย่างมาก หากต้องการให้ความเร็วสูงจึงจำเป็นต้องขยายโค้ง และเลื่อนจุดเริ่มโค้งให้ยาวมากขึ้น เราเรียกโค้งประเภทนี้ว่า โค้งก้นหอย (SPIRAL CURVE) นิยมใช้กับทางด่วนพิเศษ ทางรถไฟ เป็นต้น



รูปที่ 6.1 แสดงส่วนประกอบของโค้งก้นหอย

ส่วนประกอบของโค้งก้นหอย

TS = จุดเปลี่ยนจากเส้นตรงเป็นโค้งก้นหอย

SC = จุดเปลี่ยนจากโค้งก้นหอยเป็นโค้งวงกลม

CS = จุดเปลี่ยนจากโค้งวงกลมเป็นโค้งก้นหอย

ST = จุดเปลี่ยนจากโค้งก้นหอยเป็นเส้นตรง

L = ความยาวของโค้งก้นหอยจากจุด TS (หรือ ST) ถึงจุดใดๆ บนโค้งก้นหอย

Ls = ความยาวทั้งหมดของโค้งก้นหอยจากจุด TS ถึงจุด ST (หรือจุด CS ถึงจุด ST)

θ = มุมที่จุดศูนย์กลางของโค้งก้นหอยซึ่งรองรบด้วยส่วนโค้งยาว

θs = มุมที่จุดศูนย์กลางของโค้งก้นหอยซึ่งรองรับด้วยส่วนโค้งยาว LS ซึ่งเรียกว่า Spiral Angle

$\varnothing$ = มุมเบี่ยงเบนรอบจุด TS (หรือ ST) ของจุดใดๆ บนโค้งก้นหอยเทียบเท่ากับเส้นสัมผัส

$\varnothing c$ = มุมเบี่ยงเบนรอบจุด TS (หรือ ST) ของจุด SC (หรือ CS) บนโค้งก้นหอยเทียบเท่าเส้นสัมผัส

D = องศาของความโค้งของโค้งก้นหอยที่จุดใดๆ เมื่อรัศมีเท่ากับ R

Dc = องศาของความโค้งของโค้งก้นหอยที่จุด SC (หรือ CS)หรือองศาของความโค้งของวงกลมที่อยู่ระหว่างจุด SC และจุด CS

Δ = มุมที่จุดศูนย์กลางทั้งหมดของโค้งวงกลม

Δ = มุมที่จุดศูนย์กลางของโค้งวงกลมซึ่งรองรับด้วยส่วนโค้ง LC เชื่อมจากจุด SC ถึงจุด CS

X, Y = ค่าพิกัดฉากของจุดใดๆ บนโค้งก้นหอยเมื่อเทียบกับจุด TS (หรือ ST) และเส้นสัมผัส

XC, YC = ค่าพิกัดฉากของจุด SC (หรือ CS) เมื่อเทียบกับจุด TS (หรือ ST) และเส้นสัมผัส

k, p = ความยาวทั้งหมดของเส้นจากจุด P.I ถึงจุด TS หรือจุด ST

L.C. = คอร์ดยาว

L.T. = เส้นสัมผัสยาว : ST = เส้นสัมผัสสั้น

C = ระยะจากจุด P.C ของโค้งวงกลมเดิมถึงจุด TS ของโค้งก้นหอยซึ่งเชื่อมกับโค้งวงกลมเดิม

สูตรสำหรับโค้งก้นหอย

Ts = $(Rc+p)\text{Tan}\frac{\Delta_s}{2}$

Es = $(Rc+p)\text{Exsen}\ \frac{\Delta_s}{2}+p=(Rc+p)\text{Sec}\frac{\Delta_s}{2}-Rc$

P = $Yc-Rc\ \text{Ver}\ \theta_s$

K = $Xc-Rc\ \text{Sin}\theta_s$

Lc = $Yc\ \text{Coses}\Phi_s$

LT = $Xc-Yc\ \text{Cot}\ \theta_s$

ST = $Rc\ \text{Tan}\frac{\theta_2}{2}+p\,\text{Cosec}\theta_s$

θ_2 = $\frac{LsDc}{200}$

Dc = $\frac{200\theta_s}{L_s}$

Ls = $\frac{200\theta_s}{Dc}$

θ = $(\frac{L}{Ls})^2\theta_2=\frac{L^2Dc}{200LS}$

L = $\frac{100\Delta_c}{Dc}$, $\Delta_c=\Delta_s-2\theta_2$

Rc = $\frac{5729.578}{Dc}$

$\varnothing$ = $\frac{1}{3}(\frac{L}{LS})^2\theta_s$

ตัวอย่างการคำนวณ

Δ_s = ได้มาจากการสำรวจในสนาม

θ = นิยมใช้ $\frac{1}{4}$ ของ Δ

Ls = ต่ำสุดตามมาตรฐานคือ 40 ม. แต่ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้คือต่ำสุด 60 ม. และที่ใช้ทั่วไปอยู่ระหว่าง 70 – 120 ม.

กำหนดให้

Δ_s = $30^\circ 00'00"$

= $7^\circ 00'00"$

Ls = 70.000(Arc) = 25.00 ม.

P.I Sta. = 1 + 234.00

การคำนวณ

Dc = $\frac{200\theta s}{Ls}$ = $\frac{200 \times 7}{70}$ = $20^\circ 00'00"$

Δc = $\Delta 2 - 2\theta s$ = $30 - 2 \times 7$ = $16^\circ 00'00"$

L = $100 \frac{\Delta c}{Dc}$ = $100 \times \frac{16}{20}$ = 80.00 ม.

Rc = $\frac{5729.578}{Dc}$ = $\frac{5729.578}{20}$ = 286.479 ม.

Total Length = L + 2 Ls

= 80 + 140

= 220 ม.

หาค่า p, k, Xc, Yc เมื่อ = $7^\circ 00'00"$ ได้จากการเปิดตาราง Table ที่ $3 \times$ Ls (70)

p = 0.01018×70 = 0.7126

k = 0.49975×70 = 34.9825

Xc = 0.99851×70 = 69.8957

Yc = 0.04068×70 = 2.8476

LT = 0.066719×70 = 46.7033

ST = 0.33381×70 = 23.3667

Lc = 0.99934×70 = 69.9538

Es = (Rc + P) Sec

= (286.476 + 0.7126) tan 15 – 34.9825

= 10.843 ม.

Ts = (Rc + P) tan

= (286.476 + 0.7126) tan 15 – 34.9825

= 111.935 ม.

คำนวณหา Sta. ต่างๆ

P.I Sta.	1 + 243.000 _
Ts	111.935
TS Sta.	1 + 122.065 +
Ls	70.000
SC Sta.	1 + 192.065 +
L	80.000
CS Sta.	1 + 272.065 +
Ls	70.000
ST.STA	1 + 342.065

ตารางที่ 6.1 แสดงข้อมูลการวางโค้งก้นหอยจากจุด TS มา SC

STA	L	$\frac{L}{Ls}^2$	$\frac{1}{3}\left[\frac{L}{Ls}\right]^2\theta s$	∅ ° ′ ″	Lc
TS 1 + 122.065					
+ 125.00	2.935	0.00175	0.004102	00 00 14.77	2.933
+ 150.00	27.935	0.1592	0.371602	00 22 17.77	27.916
+ 175.00	52.935	0.57186	1.33434	1 20 3.62	52.899
SC 1 + 192.065	70.000	1.000	2.33333	2 20 00	69.953

ตารางที่ 6.2 แสดงข้อมูลการวางโค้งก้นหอยจากจุด ST มา CS

STA	L	$\frac{L}{Ls}^2$	$\frac{1}{3}\left[\frac{L}{Ls}\right]^2\theta s$	∅ ° ′ ″	Lc
ST 1 + 342.065					
+ 325	17.065	0.0594	0.13867	00 08 19.22	17.053
+ 300	42.065	0.36111	0.84260	00 50 37.37	42.037
+ 275	67.065	0.9179	1.14176	01 08 30.37	67.020
CS 1 + 72.065	70.000	1.000	2.33333	02 20 00	69.953

หมายเหตุ Lc ได้จากการเปิดตาราง Table 5 ดูที่ $\theta s = 7^\circ 00'00''$ จะได้ค่า Lc นำ Lc ในตาราง (0.999337) x L ของแต่ละ Sta.

คำนวณหา Simple Curve

สิ่งที่กำหนดให้ ΔC = $16^{\circ}00'00''$

Dc = $20^{\circ}00'00''$

Rc = 286.479 ม.

SC Sta. 1 + 192.065

CS Sta. 1 + 272.065

ให้ส่วนโค้งช่วงละ 25 ม.

คำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้ง

Full sta. 1 + 200.00 _

SC Sta. 1 + 192.065

a_1 = 7.935 ม.

CS Sta. 1 + 272.065 _

Full Sta 1 + 250.00

a_2 = 22.065 ม.

คำนวณหามุมเหจากสูตร

$\frac{d}{2}$ = 0.30 × a × Dc = 0.3 × 25 × 20

= $150'.00$

= $2^{\circ}30'00''$

คำนวณหามุมเหย่อยจากสูตร

$\frac{d_1}{2}$ = $(0.3)(a_1)(Dc)$

= 0.3 × 7.935 × 20

= $47'.61$

= $0^{\circ}47'36.6''$

$\frac{d_2}{2}$ = $(0.3)(a_2)(Dc)$

= 0.3 × 22.065 × 20

= $132'.39$

= 2°-$12'$-23.4″

คำนวณหาชยาและชยาย่อยจากสูตร

$c = 2\ Rc\ Sin\ \frac{d}{2}$

$= 2 \times 286.479\ Sin\ 2^{\circ}30'00''$

$= 24.922$ ม.

$C_1 = 2\ Rc\ Sin\ \frac{d1}{2}$

$= 2 \times 286.479\ Sin\ 0^{\circ}47'36.6''$

$= 7.943$ ม.

$C_2 = 2\ Rc\ Sin\ \frac{d2}{2}$

$= 2 \times 286.479\ Sin\ 2^{\circ}\text{-}12'\text{-}23.4''$

$= 22.059$ ม.

ตารางที่ 6.3 แสดงข้อมูลการวางโค้งวงกลม

STA	Def.	$\sum$ Def.	CHORD
SC 1 + 192.065	° ′ ″	° ′ ″	
+ 200.00	0 47 36.6	0 47 36.6	7.935
+ 225.00	2 30 00	3 17 36.6	25.00
+ 250.00	2 30 00	5 47 36.6	25.00
CS 1 + 272.065	2 12 23.4	8 00 00	22.065
		$\frac{\Delta c}{2}$ 8 00 00	

หมายเหตุ ที่จุด Cs ผลรวมของมุมเหและมุมเหย่อยจะเท่ากับ พอดี

TABLE 3 FUNCTIONS OF TRANSITION FOR $L_s = 1$ *

Enter table with value of θ or θ_s and multiply function by L or L_s. See pp. 304–309 for use of table.

θ	p	k	x	y	L.T.	S.T.	L.C.	θ
0°	.00000	.50000	1.00000	.00000	.00007	.33333	1.00000	0°
1°	.00146	.49999	.99997	.00582	.00008	.33334	.99999	1°
2°	.00291	.49998	.99988	.01163	.00031	.33337	.99995	2°
3°	.00435	.49995	.99973	.01745	.00070	.33342	.99985	3°
4°	.00581	.49992	.99951	.02326	.00084	.33349	.99978	4°
5°	.00727	.49987	.99924	.02907	.00093	.33358	.99960	5°
6°	.00872	.49982	.99890	.03488	.00105	.33368	.99951	6°
7°	.01018	.49975	.99851	.04068	.00119	.33381	.99934	7°
8°	.01163	.49967	.99805	.04648	.00135	.33395	.99913	8°
9°	.01308	.49959	.99754	.05227	.00152	.33412	.99890	9°
10°	.01453	.49949	.99696	.05805	.00173	.33430	.99865	10°
11°	.01598	.49939	.99632	.06383	.00196	.33451	.99836	11°
12°	.01743	.49927	.99562	.06959	.00221	.33473	.99805	12°
13°	.01887	.49914	.99486	.07535	.00247	.33498	.99771	13°
14°	.02032	.49901	.99405	.08110	.00277	.33524	.99735	14°
15°	.02176	.49886	.99317	.08684	.00308	.33553	.99696	15°
16°	.02320	.49870	.99223	.09257	.00341	.33583	.99654	16°
17°	.02465	.49854	.99123	.09828	.00377	.33615	.99609	17°
18°	.02608	.49836	.99018	.10398	.00415	.33650	.99562	18°
19°	.02752	.49817	.98906	.10967	.00455	.33687	.99512	19°
20°	.02896	.49798	.98788	.11535	.00497	.33725	.99460	20°
21°	.03040	.49777	.98665	.12101	.00542	.33766	.99404	21°
22°	.03183	.49756	.98536	.12665	.00589	.33809	.99346	22°
23°	.03326	.49733	.98401	.13228	.00638	.33854	.99286	23°
24°	.03469	.49709	.98260	.13789	.00690	.33901	.99222	24°
25°	.03611	.49684	.98113	.14348	.00744	.33950	.99157	25°
26°	.03753	.49658	.97960	.14905	.00800	.34001	.99088	26°
27°	.03896	.49632	.97802	.15461	.00859	.34055	.99017	27°
28°	.04037	.49605	.97638	.16014	.00920	.34111	.98943	28°
29°	.04179	.49576	.97469	.16565	.00984	.34169	.98866	29°
30°	.04321	.49546	.97293	.17113	.01050	.34229	.98787	30°
31°	.04462	.49516	.97112	.17661	.01119	.34292	.98705	31°
32°	.04602	.49484	.96926	.18205	.01190	.34356	.98621	32°
33°	.04743	.49452	.96733	.18748	.01263	.34424	.98534	33°
34°	.04883	.49419	.96536	.19285	.01339	.34493	.98444	34°
35°	.05023	.49385	.96332	.19820	.01418	.34565	.98351	35°
36°	.05162	.49349	.96124	.20361	.01500	.34640	.98257	36°
37°	.05301	.49313	.95910	.20893	.01584	.34717	.98159	37°
38°	.05441	.49276	.95690	.21423	.01671	.34796	.98059	38°
39°	.05579	.49238	.95466	.21949	.01760	.34878	.97956	39°
40°	.05718	.49199	.95235	.22473	.01852	.34962	.97851	40°
41°	.05855	.49159	.95000	.22994	.01947	.35049	.97743	41°
42°	.05993	.49118	.94759	.23513	.02045	.35139	.97632	42°
43°	.06130	.49075	.94513	.24028	.02146	.35232	.97519	43°
44°	.06267	.49032	.94262	.24540	.02250	.35327	.97404	44°
45°	.06403	.48990	.94005	.25049	.02357	.35424	.97285	45°
46°	.06538	.48945	.93744	.25555	.02466	.35525	.97163	46°
47°	.06674	.48900	.93477	.26057	.02579	.35629	.97041	47°
48°	.06809	.48852	.93206	.26556	.02695	.35735	.96910	48°
49°	.06944	.48805	.92930	.27052	.02814	.35844	.96787	49°
50°	.07078	.48757	.92649	.27544	.02936	.35957	.96656	50°

* *Adapted from Transition Curves for Highways by Joseph Barnett, C.E.A.*

TABLE 5. FUNCTIONS OF UNIT SPIRAL LENGTH = 1

θ	x	y	k	p	L.T.	S.T	L.C.	θ
0°00′	1.000000	.000000	.500000	.000000	.666667	.333333	1.000000	0°00′
Diff. 1′	0.000001	.000007	.000000	.000024	.000000	.000000	0.000000	Diff. 1′
1°00′	0.999960	.005818	.499965	.001454	.666677	.333343	0.999984	1°00′
Diff. 1′	0.000002	.000097	.000000	.000024	.000001	.000001	0.000001	Diff. 1′
2°00′	0.999878	.011634	.499880	.002909	.666709	.333372	0.999946	2°00′
Diff. 1′	0.000003	.000097	.000000	.000024	.000001	.000001	0.000001	Diff. 1′
3°00′	0.999726	.017450	.499954	.004363	.666762	.333420	0.999878	3°00′
Diff. 1′	0.000004	.000097	.000001	.000024	.000001	.000001	0.000002	Diff. 1′
4°00′	0.999513	.023263	.499919	.005817	.666837	.333488	0.999783	4°00′
Diff. 1′	0.000005	.000097	.000001	.000024	.000001	.000001	0.000002	Diff. 1′
5°00′	0.999239	.029073	.499873	.007270	.666933	.333575	0.999562	5°00′
Diff. 1′	0.000006	.000097	.000001	.000024	.000002	.000002	0.000002	Diff. 1′
6°00′	0.998904	.034879	.499817	.008723	.667050	.333682	0.999513	6°00′
Diff. 1′	0.000007	.000097	.000001	.000024	.000002	.000002	0.000003	Diff. 1′
7°00′	0.998508	.040681	.499751	.010176	.667189	.333808	0.999337	7°00′
Diff. 1′	0.000008	.000097	.000001	.000024	.000003	.000002	0.000003	Diff. 1′
8°00′	0.998052	.046477	.499675	.011627	.667349	.333953	0.999134	8°00′
Diff. 1′	0.000009	.000096	.000001	.000024	.000003	.000003	0.000004	Diff. 1′
9°00′	0.997535	.052268	.499589	.013078	.667530	.334119	0.998904	9°00′
Diff. 1′	0.000010	.000096	.000002	.000024	.000003	.000003	0.000004	Diff. 1′
10°00′	0.996958	.058051	.499493	.014527	.667733	.334303	0.998647	10°00′
Diff. 1′	0.000011	.000096	.000002	.000024	.000004	.000003	0.000005	Diff. 1′
11°00′	0.996320	.063827	.499386	.015978	.667958	.334508	0.998363	11°00′
Diff. 1′	0.000012	.000096	.000002	.000024	.000004	.000004	0.000006	Diff. 1′
12°00′	0.995622	.069595	.499270	.017426	.668205	.334732	0.998052	12°00′
Diff. 1′	0.000013	.000096	.000002	.000024	.000004	.000004	0.000006	Diff. 1′
13°00′	0.994864	.075353	.499143	.018873	.668473	.334976	0.997714	13°00′
Diff. 1′	0.000014	.000095	.000002	.000024	.000005	.000004	0.000007	Diff. 1′
14°00′	0.994046	.081102	.499007	.020319	.668764	.335240	0.997347	14°00′
Diff. 1′	0.000015	.000096	.000002	.000024	.000005	.000005	0.000006	Diff. 1′
15°00′	0.993168	.086840	.498860	.021763	.669076	.335525	0.996957	15°00′
Diff. 1′	0.000016	.000095	.000003	.000024	.000006	.000005	0.000007	Diff. 1′
16°00′	0.992230	.092567	.498703	.023200	.669410	.335829	0.996538	16°00′
Diff. 1′	0.000017	.000095	.000003	.000024	.000006	.000005	0.000007	Diff. 1′
17°00′	0.991232	.098282	.498536	.024648	.669767	.336154	0.996093	17°00′
Diff. 1′	0.000018	.000095	.000003	.000024	.000006	.000006	0.000008	Diff. 1′
18°00′	0.990175	.103984	.498360	.026085	.670146	.336499	0.995620	18°00′
Diff. 1′	0.000019	.000095	.000003	.000024	.000007	.000006	0.000008	Diff. 1′
19°00′	0.989059	.109672	.498173	.027526	.670548	.336864	0.995121	19°00′
Diff. 1′	0.000020	.000095	.000003	.000024	.000007	.000006	0.000009	Diff. 1′
20°00′	0.987884	.115346	.497976	.028963	.670972	.337251	0.994595	20°00′
Diff. 1′	0.000021	.000094	.000003	.000024	.000007	.000007	0.000009	Diff. 1′
21°00′	0.986650	.121006	.497769	.030397	.671419	.337658	0.994042	21°00′
Diff. 1′	0.000021	.000094	.000004	.000024	.000008	.000007	0.000010	Diff. 1′
22°00′	0.985357	.126649	.497553	.031830	.671888	.338086	0.993463	22°00′
Diff. 1′	0.000022	.000094	.000004	.000024	.000008	.000007	0.000010	Diff. 1′
23°00′	0.984006	.132276	.497326	.033261	.672382	.338535	0.992856	23°00′
Diff. 1′	0.000023	.000093	.000004	.000024	.000009	.000008	0.000010	Diff. 1′
24°00′	0.982596	.137886	.497090	.034689	.672899	.339006	0.992223	24°00′
Diff. 1′	0.000024	.000093	.000004	.000024	.000009	.000008	0.000011	Diff. 1′
25°00′	0.981128	.143478	.496844	.036115	.673439	.339498	0.991564	25°00′
Diff. 1′	0.000025	.000093	.000004	.000024	.000010	.000009	0.000011	Diff. 1′
26°00′	0.979603	.149051	.496587	.037536	.674002	.340012	0.990878	26°00′
Diff. 1′	0.000026	.000093	.000004	.000024	.000010	.000009	0.000012	Diff. 1′
27°00′	0.978020	.154606	.496322	.038950	.674590	.340548	0.990165	27°00′
Diff. 1′	0.000027	.000092	.000005	.000024	.000010	.000009	0.000012	Diff. 1′
28°00′	0.976381	.160140	.496046	.040359	.675202	.341106	0.989426	28°00′
Diff. 1′	0.000028	.000092	.000005	.000024	.000010	.000010	0.000013	Diff. 1′
29°00′	0.974684	.165653	.495760	.041765	.675838	.341687	0.988660	29°00′
Diff. 1′	0.000029	.000091	.000005	.000024	.000011	.000010	0.000013	Diff. 1′

เรื่องที่ 6.2	ใบงานที่ 6	
วิชา การสำรวจเส้นทาง		หน่วยที่ 6
ชื่อหน่วย โค้งเปลี่ยนแนว		สอนครั้งที่ 9

	จำนวนคาบรวม	36
ชื่องาน การวางโค้งเปลี่ยนแนว	**จำนวนคาบ**	4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายถึงส่วนต่างๆ ของโค้งเปลี่ยนแนวได้
2. สามารถคำนวณหาส่วนต่างๆ ของโค้งเปลี่ยนแนวได้
3. สามารถวางโค้งและตรวจสอบโค้งเปลี่ยนแนวในสนามได้

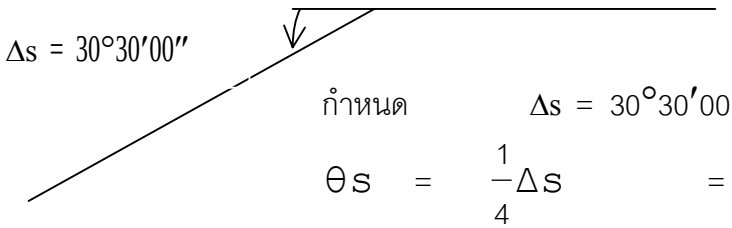
เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. กล้องวัดมุมพร้อมทั้งขาตั้ง	จำนวน	1	ชุด
2. เทปวัดระยะ	จำนวน	1	เส้น
3. ค้อน	จำนวน	1	เต้า
4. ตะปู 3” ผูกปอแดง	จำนวน	20	ตัว
5. ตะปู 3” ผูกปอขาว	จำนวน	3	ตัว
6. ห่วงคะแนน	จำนวน	5	อัน
7. ร่ม	จำนวน	1	คัน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1.คำนวณ – ออกแบบโค้งเปลี่ยนแนว

จากข้อมูลการวางแนวทางเลือก P.I. Sta. 0 + 840 นำมาออกแบบโค้งเปลี่ยนแนว



กำหนด $\Delta s = 30^\circ 30' 00''$

$\theta s = \frac{1}{4}\Delta s = 8^\circ 00' 00''$

Ls = 60.000 (A&c) = 25.00 ม.

P.I. Sta. = 0 + 840

การคำนวณ

Dc = $\frac{200\theta s}{Ls}$ = $\frac{200 \text{ x } 8°00'}{60.00}$ = 26°40'00"

= $\Delta s\text{-}2\theta s$ = 30°30'10" – (2×8°00') = 14°30'10"

Lc = $100 \text{ x } \frac{\Delta c}{Dc}$ = $100 \text{ x } \frac{14°30'10"}{26°40'00"}$ = 54.385 ม.

Rc = $\frac{5729.578}{Dc}$ = $\frac{5729.578}{26°40'00"}$ = 214.859 ม.

Total Length = L + 2Ls

= 54.385 + 2(60) = 54.385 + 120

= 174.385 ม.

หาค่า P, K, Xc, Yc เมื่อ θ_s = 8°00'00" ได้จากการเปิดตาราง Table ที่ 3 × Ls (60)

P = 0.01163 × 60 = 0.6978

K = 0.49967 × 60 = 29.9802

Xc = 0.99805 × 60 = 59.883

Yc = 0.04648 × 60 = 2.7888

LT = 0.66735 × 60 = 40.041

ST = 0.33395 × 60 = 20.037

Es = (Rc + P) Sec $\frac{1}{2}$

= (214.859 + 0.6978) Sec 15°15'05" – 214.859

= 8.567

Ts = (Rc + P) Tan $\frac{1}{2}$

= (214.859 + 0.6978) Tan 15°15'05" + 29.9802

= 88.753 ม.

คำนวณหา Sta. ต่างๆ

P.I. Sta.	0 + 840 _
TS	88.753
TS Sta.	0 + 751.247 +
LS	60.000
SC Sta.	0 + 811.247 +
L	54.385
CS Sta.	0 + 865.632 +
LS	60.000
ST Sta.	0 + 925.632

ตารางแสดงข้อมูลการวางโค้งก้นหอยจากจุด TS มา SC

STA	L	$\left[\frac{L}{Ls}\right]^2$	$\frac{1}{3}\left[\frac{L}{Ls}\right]^2\theta s$	$\varnothing$ ° ′ ″	Lc (0.999134×L)
TS 0 + 751.247	-				
0 + 775	23.753	0.1567	0.4179	0 25 4.44	23.732
0 + 800	48.753	0.6602	1.7605	1 45 37.8	48.711
SC 0 + 811.247	60.00	1.000	2.6667	2 40 0.12	59.948

ตารางแสดงข้อมูลการวางโค้งก้นหอยจากจุด ST มา CS

STA	L	$\left[\frac{L}{Ls}\right]^2$	$\frac{1}{3}\left[\frac{L}{Ls}\right]^2\theta s$	$\varnothing$ ° ′ ″	Lc (0.999134×L)
ST 0 + 925.632	-				
0 + 925	0.632	0.00011	0.0003	0 0 1.07	0.631
0 + 900	0.632	0.1825	0.4876	0 29 12	25.610
0 + 875	50.632	0.7121	1.899	1 53 56.27	50.588
CS 0 + 968.632	60.000	1.000	2.6667	2 40 00	59.948

หมายเหตุ Lc ได้มาจากการเปิดตาราง Table 5 ดูที่ θs = 8°00'00" จะได้ค่า Lc นำ Lc ในตาราง

(0.999134)×L ในแต่ละ Sta.

คำนวณหา Simple Curve

สิ่งที่กำหนดให้ = 14°30'10"

Dc = 26°40'00"

Rc = 214.859 ม.

SC Sta. 0 + 811.247

CS Sta. 0 + 865.632

ให้ส่วนโค้งช่วงละ 25 ม.

คำนวณหาส่วนต่างๆ ของโค้ง

Full Sta. 0 + 825.00

Sc Sta. 0 + 811.247

a_1 13.753

CS Sta. 0 + 865.632

Full Sta. 0 + 850.00

a_2 = 15.3632

คำนวณหามุมเหจากสูตร

$$\frac{d}{2} = 0.30 \times a \times Dc = 0.30 \times 25 \times 36°40'00'$$

= 200′ = 3°20′00″

คำนวณหามุมย่อยจากสูตร

$$\frac{d_1}{2} = 0.30 \times a_1 \times Dc = 0.30 \times 13.753 \times 26°40'00"$$

$$= 200' = 3°20'00"$$

$$\frac{d_2}{2} = 0.30 \times a_2 \times Dc = 0.30 \times 13.753 \times 26°40'00"$$

$$= 125.056' = 2°05'3.36"$$

คำนวณหาชยาและชยาย่อย จากสูตร

$$C = 2RcSin\frac{d}{2} = 2\times 214.859\times Sin3°20'00"$$

$$= 24.986 \text{ ม.}$$

$$C_1 = 2RcSin\frac{d_1}{2} = 2\times 214.859\times Sin1°20'1.44"$$

$$= 13.751 \text{ ม.}$$

$$c_2 = 2RcSin\frac{d_2}{2} = 2\times 214.859\times Sin2°05'3.36"$$

$$= 15.629 \text{ ม.}$$

ตารางแสดงข้อมูลการวางโค้งวงกลม

STA	Def			ΣDef			Chord
SC 0+811.247	°	'	"	°	'	"	
0+825.00	1	50	1.44	1	50	1.44	13.751
0+850.00	3	20	00	5	10	1.44	24.986
CS 0+865.632	2	05	3.36	7	15	4.80	15.629

$\frac{\Delta_c}{2}$ = 7 15 05

Error = 0 0 0.2

หมายเหตุ ที่จุด Cs ผลรวมของมุมเหและมุมเหย่อยจะเท่ากับ $\frac{\Delta_c}{2}$ พอดี หรืออาจเกิดความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยจากเครื่องคำนวณ

2. การวางโค้งในสนาม

2.1 P.I. Sta 0+840 วัดระยะย้อนกลับมาทาง P.I. Sta. 0+464.342 ให้เท่ากับ 88.753 ม. (Ts.) ตอกตะปูผูกปอขาวไว้ จะเป็นจุด TS.Sta 0+751.247

2.2 นำกล้องวัดมุมมาตั้งที่จุด TS.Sta 0+751.247 ตั้งค่ามุมราบ 0 ° ที่ P.I. Sta 0+840

- หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบ เป็น 0 ° 25 ′ 4.44 ″ (ระวังมุมทวนเข็มนาฬิกา) วัดระยะจาก TS.Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็งกล้อง 23.732 ม. จะเป็น Sta. 0+775 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบ เป็น 1 ° 45 ′ 37.8 ″ วัดระยะจาก TS.Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็งกล้อง 48.711 ม. จะเป็น Sta. 0+800 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบ เป็น 2 ° 40 ′ 0.12 ″ วัดระยะจาก TS.Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็งกล้อง 59.948 ม. จะเป็น Sta. 0+811.247(SC.Sta) ตอกตะปูผูกปอแดง-ขาวไว้

2.3 นำกล้องวัดมุมมาตั้งที่จุด SC.Sta ตั้งค่ามุมราบ 180 ° ที่ TS. Sta 0+751.247 กระดกกล้องกลับค่ามุมราบจะเป็น 0 °

- หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบ เป็น 1 ° 50 ′ 1.44 ″ วัดระยะจาก SC.Sta. 811.247 ไปตามแนวเล็งกล้อง 13.751 ม. จะเป็น Sta. 0+825 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ เป็น 5 ° 10 ′ 1.44 ″ วัดระยะจาก Sta. 0+825 ไปตามแนวเล็งกล้อง 24.986 ม. จะเป็น Sta. 0+850 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- ตั้งค่ามุมราบ เป็น 7 ° 15 ′ 4.8 ″ วัดระยะจาก Sta. 0+850 ไปตามแนวเล็งกล้อง 15.629 ม. จะเป็น CS. Sta. 0+865.632 ตอกตะปูผูกปอแดง-ขาวไว้

2.4 ที่ PI.Sta. 0+840 วัดระยะไปทาง PI.Sta. 1+034 ให้เท่ากับ 88.753 (TS.) ตอกตะปูผูกปอขาวไว้ จะเป็นจุด ST.Sta.0+925.632

2.5 นำกล้องวัดมุมมาตั้งที่จุด TS.Sta 0+751.247 ตั้งค่ามุมราบ 0 ° ที่ P.I. Sta 0+840

- หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบ เป็น 0 ° 25 ′ 4.44 ″ (ระวังมุมทวนเข็มนาฬิกา) วัดระยะจาก TS.Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็งกล้อง 23.732 ม. จะเป็น Sta. 0+775 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้
- หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบ เป็น 1 ° 45 ′ 37.8 ″ วัดระยะจาก TS.Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็งกล้อง 48.711 ม. จะเป็น Sta. 0+800 ตอกตะปูผูกปอแดงไว้

หมุนกล้องตั้งค่ามุมราบ เป็น 2 ° 40 ′ 0.12 ″ วัดระยะจาก TS.Sta (จุดตั้งกล้อง) ไปตามแนวเล็งกล้อง 59.948 ม. จะเป็น Sta. 0+811.247(SC.Sta) ตอกตะปูผูก

ปอแดง-ขาวไว้

2.6 การตรวจสอบการวางโค้ง

2.7 การตรวจสอบการวางโค้ง

2.6.1 ตรวจสอบ Sta. CS.Sta 0.865.632 ที่วางจาก SC.Sta. ในข้อ2.3 กับที่วางจาก

ST.Sta.ในข้อ 2.5 ทับกันเป็นจุดเดียวกันหรือไม่ หากไม่ทับกันเป็นจุดเดียวกัน แสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบใหม่

2.6.2 วัดระยะจาก PI.Sta 0+840 ถึง Ext.Sta. (จุดกึ่งกลางโค้ง) เท่ากับค่า ES จากการออกแบบ = 8.567 ม. หรือไม่ หากไม่เท่ากันแสดงว่ามีการวางโค้งผิดพลาด ต้องตรวจสอบใหม่

3. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลน

จากแบบแปลนที่ลงที่หมายไว้แล้ว

3.1 ที่ PI.Sta 0+800 วัดระยะตามแนวย้อนกลับทาง Sta 0+657 เท่ากับระยะ TS.= 88.753 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแบบแปลน จะเป็นจุด TS.Sta. จุดด้วยดินสอไว้

3.2 ที่ PI.Sta 0+840วัดระยะตามแนวทางไปทาง Sta1+034 เท่ากับระยะ TS.= 88.753 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแบบแปลน จะเป็นจุด ST.Sta. จุดด้วยดินสอไว้

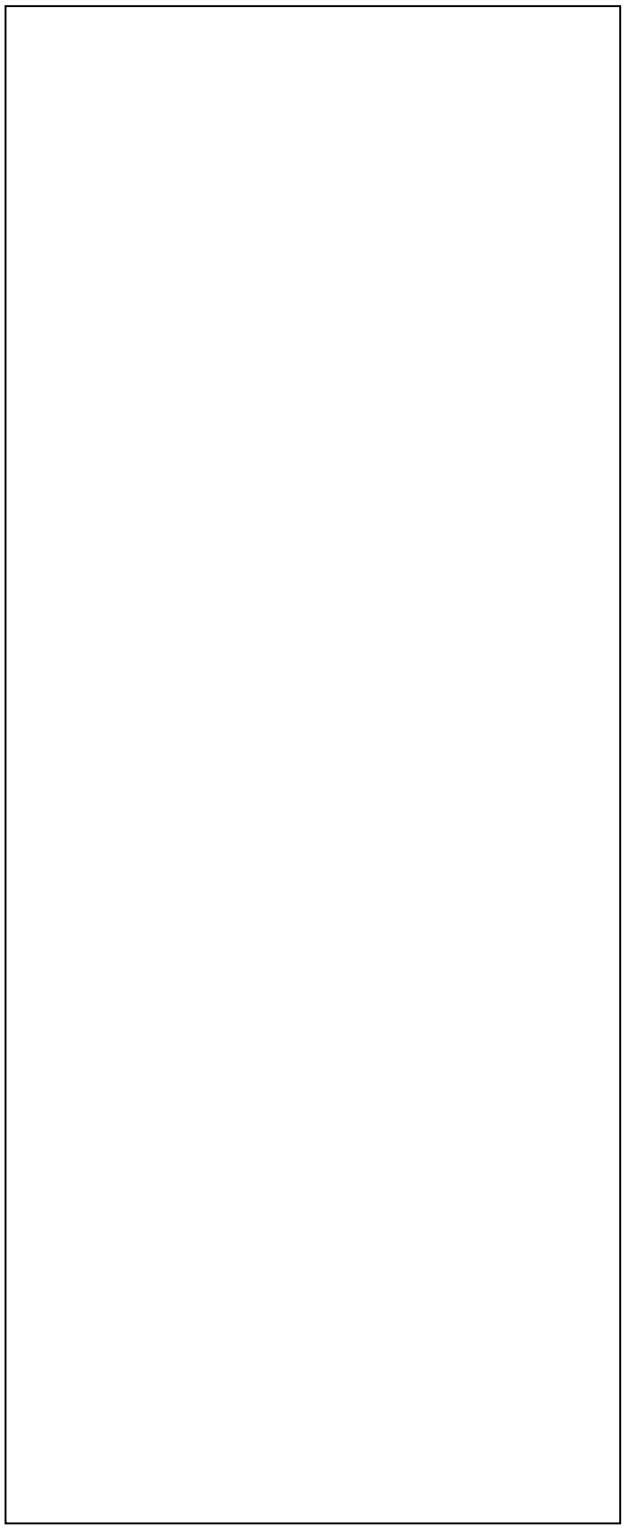
3.3 แบ่งครึ่งง่ามมุม (180 ° 30 ° 30 ′ 10 ″) / 2 วัดระยะจาก PI.Sta 0+840 ตามแนวเส้นแบ่งครึ่งมุม เท่ากับค่า ES.= 8.567 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันกับแบบแปลน จุดด้วยดินสอไว้

3.4 ดัดโค้งกระดูกงู ให้ผ่านจุด 3 จุด จาก 3.1 – 3.3 ที่จุดไว้จะได้แนวศูนย์กลางทางในช่วงโค้งนี้

3.5 วัดระยะจากจุด TS.Sta. ไปตามแนวโค้งในข้อ 3.4 เป็นระยะทางตรง 59.948 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกัน สัมผัสกับโค้งจะเป็น SC.Sta. 0.811.247

3.6 วัดระยะจากจุดST.Sta.ย้อนกลับมาตามแนวโค้งในข้อ3.4 เป็นระยะทางตรง59.948 ม. เข้ามาตราส่วนเดียวกันสัมผัสกับโค้ง จะเป็น CS.Sta. 0+865.632

3.7 เขียนข้อมูลโค้งลงในแบบแปลน ส่วนรายการคำนวณโค้งอยู่ในสมุดรายการคำนวณ



ข้อควรระวัง

1. การตั้งกล้องในการวางโค้ง มีหลายครั้ง ดังนั้นการกำหนด จุด Sta.ต่างๆ จะต้องใช้ที่หมายเล็กๆ และอยู่บนแนวเดียวกัน หากใช้ตะปูหรือที่หมายใหญ่ๆ จะทำให้ค่ามุมที่รังวัดเกิดความคลาดเคลื่อนได้

2. การเปิดค่ามุมเห มุมเหย่อย ต้องระมัดระวังว่าเป็นการเปิดค่ามุมตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา แต่หากเป็นกล้องอิเล็กทรอนิกส์ ก็กดค่ามุมทวนเข็มนาฬิกาได้ ถ้าเป็นกล้องวัดมุม Mechanical ค่ามุมทวนเข็มนาฬิกา จะเปลี่ยนไปจากาข้อมูลที่คำนวณได้ โดยจะต้องนำข้อมูลที่คำนวณได้ไปหักออกจาก 360° เสียก่อนจึงจะได้ค่าอ่านมุมที่ต้องการ

ข้อเสนอแนะ

1. จากการวางโค้งที่จุด TS.Sta, SC.Sta, CS.Sta หากมีเวลานักศึกษาลองวางโค้งจากจุด ST. Sta, CS.Sta, SC.Sta ย้อนกลับก็จะเกิดทักษะและความชำนาญมากขึ้น

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 6**
หน่วยที่ 6 โค้งเปลี่ยนแนว	
เรื่อง การวางโค้งเปลี่ยนแนว	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การเลือกแบบโค้งเปลี่ยนแนว ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

2. การออกแบบโค้งเปลี่ยนแนว ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

3. การวางโค้งเปลี่ยนแนวในสนาม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

4. การตรวจสอบการวางโค้งเปลี่ยนแนว ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

5. การนำข้อมูลโค้งเขียนลงในแบบแปลน ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

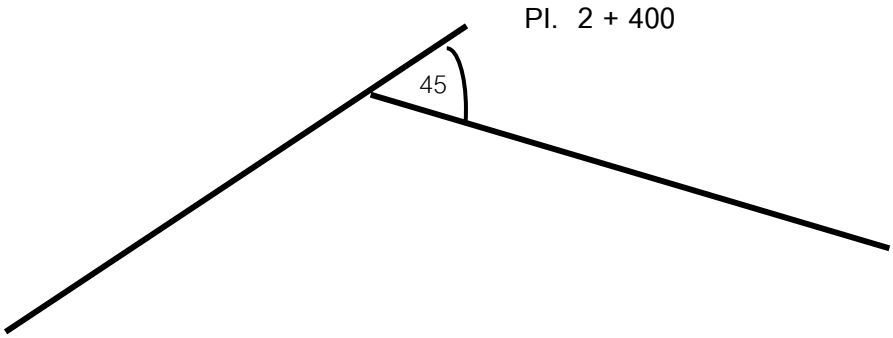
ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง					**ใบงานที่ 6**
หน่วยที่ 6 โค้งเปลี่ยนแนว					
เรื่อง การวางโค้งเปลี่ยนแนว					**จำนวน 4 คาบ**
ชื่อผู้เรียน……. **ชั้น**……. **กลุ่ม**…….	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การเลือกแบบโค้งเปลี่ยนแนวได้อย่างเหมาะสม 5. การออกแบบโค้งเปลี่ยนแนว 6. การวางโค้งเปลี่ยนแนวในสนาม 7. การตรวจสอบการวางโค้งเปลี่ยนแนว 8. การลงที่หมายแผนที่ของโค้งเปลี่ยนแนว 9. การสะอาดในการปฏิบัติงาน 10. ตรวจ เก็บ และทำความสะอาดเครื่องมือ หลังการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม……..น. สิ้นสุด…….น. รวม……..นาท ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ……ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 6

เรื่อง TRANSITION SPIRAL CURVE

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

จากรูป จงตอบคำถามข้อ 1.1 – 1.10



กำหนด $\Delta S = 40^\circ\ 00'\ 00''$

$\ominus S = \frac{1}{4}$ $\Delta S = 10^\circ\ 00'\ 00''$

LS = 80.000 ม. A = 25.00 ม.

ต้องการออกแบบโค้งให้มีความเร็วสูง เป็นโค้งเปลี่ยนแนว

1.1 จากข้อมูล Dc มีค่าเท่าไร

ก. $10^\circ\ 00'\ 00''$ ข. $20^\circ\ 00'\ 00''$

ค. $25^\circ\ 00'\ 00''$ ง. $30^\circ\ 00'\ 00''$

1.2 ΔS มีค่าเท่าไร

ก. $10^\circ\ 00'\ 00''$ ข. $20^\circ\ 00'\ 00''$

ค. $25^\circ\ 00'\ 00''$ ง. $30^\circ\ 00'\ 00''$

1.3 L มีค่าเท่าไร

ก. 80.00 ม. ข. 160.00 ม.

ค. 229.183 ม. ง. 140.00 ม.

1.4 Rc มีค่าเท่าไร

ก. 180.00 ม. ข. 197.464 ม.

ค. 205.426 ม. ง. 229.183 ม.

1.5 Total Length มีค่าเท่าไร

ก. 240.00 ม. ข. 229.183 ม.

ค. 160.00 ม. ง. 80.00 ม.

1.6 Es มีค่าเท่าไร

ก. 9.634 ม. ข. 11.418 ม.

ค. 13.472 ม. ง. 15.945 ม.

1.7 TS. Sta คือข้อใด

ก. 2 + 158.350 ข. 2 + 276.202

ค. 2 + 312.100 ง. 2 + 325

1.8 ST. Sta คือข้อใด

ก. 2 + 516.202 ข. 2 + 480.00

ค. 2 + 456.10 ง. 2 + 398.35

1.9 SC. Sta คือข้อใด

ก. 2 + 238.350 ข. 2 + 356.202

ค. 2 + 392.100 ง. 2 + 405

1.10 CS. Sta คือข้อใด

ก. 2 + 318.350 ข. 2 + 376.100

ค. 2 + 436.202 ง. 2 + 485

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 เหตุใด Transition Spiral Curve จึงสามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วสูง

.....

.....

2.2 งานที่นิยมใช้ Transition Spiral Curve ออกแบบแทนโค้งวงกลมคือ

.....

.....

2.3 TS หมายถึง

.....

.....

2.4 SC หมายถึง

.....

.....

2.5 CS หมายถึง

.....

.....

2.6 ST หมายถึง

.....

.....

2.7 $\ominus$S หมายถึง

.....

.....

2.8 ΔS หมายถึง

.....

.....

2.9 การหาค่า P, K, XC, YC ทำได้โดย

.....

.....

2.10 การวางโค้ง Spiral curve ในสนามทำได้โดย

.....

.....

หน่วยที่ 7
การยกโค้ง (Superelevation)

หัวเรื่อง

เรื่องที่ 7.1 การยกโค้ง
เรื่องที่ 7.2 การขยายโค้ง
เรื่องที่ 7.3 ใบงานการยกโค้ง

สาระสำคัญ

1. เมื่อรถวิ่งเข้าโค้ง จะเกิดแรงหนีศูนย์กลางกระทำกับตัวรถ แรงหนีศูนย์กลางนี้สามารถทำให้ สมดุลย์ได้ด้วยแรงสองแรง คือ แรงเนื่องจากการยกขอบถนน และแรงเนื่องจากความเสียดทาน

2. รถเมื่อวิ่งเข้าโค้ง ล้อหลังของรถจะใช้รัศมีน้อยกว่าล้อหน้า จึงต้องขยายช่องจราจรให้มากกว่า ทางตรง เพื่อให้ความห่างของรถที่สวนกันห่างเท่ากับมาตรฐานกับรถที่วิ่งในทางตรง และมีความเร็วคงที่

3. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ในการยกโค้งจากการวางโค้งไว้แล้ว นำมาออกแบบการยกโค้ง คำนวณและนำข้อมูลที่ได้ไปยกโค้งในสนาม

จุดประสงค์การเรียน – การสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกลักษณะการยกโค้งแบบต่าง ๆ ได้
2. คำนวณหาจุดต่าง ๆ ในการยกโค้งได้
3. อธิบายวิธีการยกโค้งได้
4. อธิบายวิธีการขยายโค้งได้

เรื่องที่ 7.1
การยกโค้ง (Superelevation)

ในขณะรถวิ่งในโค้ง จะเกิดแรงหนีศูนย์กลางกระทำกับตัวรถ และหากแรงนี้มากพอจะทำให้รถพลิกคว่ำ หรือ “แหกโค้ง” ได้ ดังนั้น ในการออกแบบทางโค้ง สิ่งที่สำคัญที่สุดที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณา คือ การยกขอบถนน และการจัดระยะในการยกขอบถนน (Transition Length) ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับความเร็วของรถ และรัศมีเลี้ยวโค้ง จึงจะทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ขับรถมากที่สุด อัตราการยกขอบถนนสามารถคำนวณได้

จากสูตร $$e + f = \frac{V^2}{127R}$$

ในเมื่อ

e	=	อัตราการยกขอบถนน
f	=	สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างล้อรถกับผิวถนน
v	=	ความเร็วของรถ (กม./ชม.)
R	=	รัศมีความโค้ง (ม.)

กล่าวอีกนัยหนึ่ง แรงหนีศูนย์กลางสามารถสมดุลย์ได้ด้วยแรงสองแรง คือ แรงเนื่องจากการยกขอบถนนและแรงเนื่องจากความเสียดทาน โดยทั่วไปการทดลองในการปฏิบัติหากพิจารณาเฉพาะแรงเนื่องจากการยกขอบถนนจะได้ว่า

$$e = \frac{0.004\,v^2}{R} \text{ ม./ม.}$$

(และ 0.10 ม./ม. เป็นค่าสูงสุด)

ในขณะเดียวกัน บริเวณทางโค้งเมื่อรถเลี้ยวโค้ง ล้อของรถจะเลยเข้ามาด้านในโค้งและล้ำเข้ามาในผิวจราจรของรถที่สวนมาก เป็นบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุรถชนกันได้ง่าย จึงจำเป็นต้องขยายผิวจราจรบริเวณโค้งให้กว้างขึ้น (Widening) ความกว้างของผิวจราจรที่ขยายขึ้นอยู่กับรัศมีเลี้ยวโค้ง ความเร็วของรถ ขนาดของรถ ความกว้างของช่องจราจรเดิม

ตารางที่ 7.1.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรถ, รัศมีโค้ง สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน, ค่าการยกโค้ง

Design Seed, V	Radius, R		สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน		Superelevation, S.E (M/H)	
(KPH.)	Desirable	Min	ลาดยางหรือผิวคอนกรีต	ลูกรัง	Desirable	Max
40	50	40	0.19	0.14	0.06	0.12
50	90	70	0.17	0.12	0.06	0.12
60	130	105	0.16	0.11	0.06	0.10
80	225	195	0.14	0.10	0.06	0.10
100	440	330	0.12	0.09	0.06	0.10
120	670	495	0.11	0.08	0.06	0.10

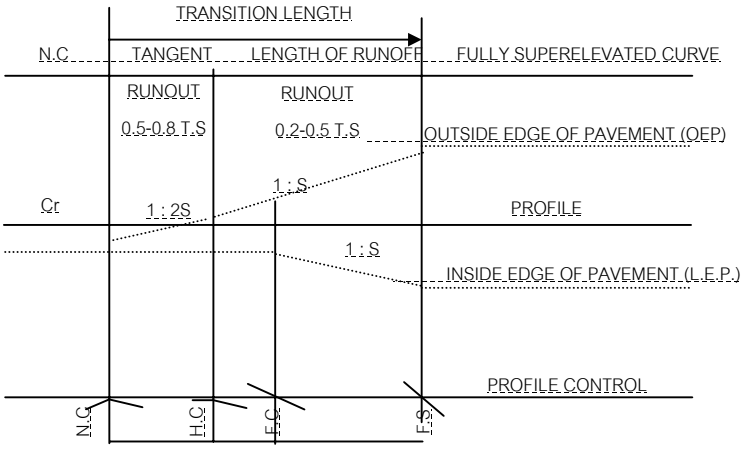
ข้อกำหนดกรมทางหลวง ให้ใช้ค่า S.E. สูงสุดไม่เกิน 0.10 ม./ม.

การยกโค้ง ทำได้ 3 วิธี

1. โดยการหมุนผิวจราจรรอบศูนย์กลางทาง (Revolt Pavement About Its Center Line) ใช้ในกรณีที่คันทางไม่สูง ไม่ต่ำจนเกินไป วิธีนี้เป็นที่นิยมกันทั่วไป

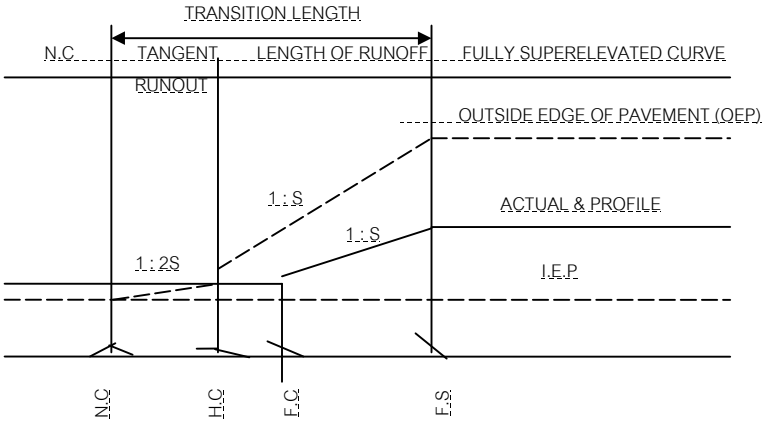
สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

Fs	=	ew	x	=	(HC)(2S)
HC	=	Cr/100 x W/2	Y	=	(HC)(S)
Ts	=	x + y + z	z	=	(FS – HC)(S)



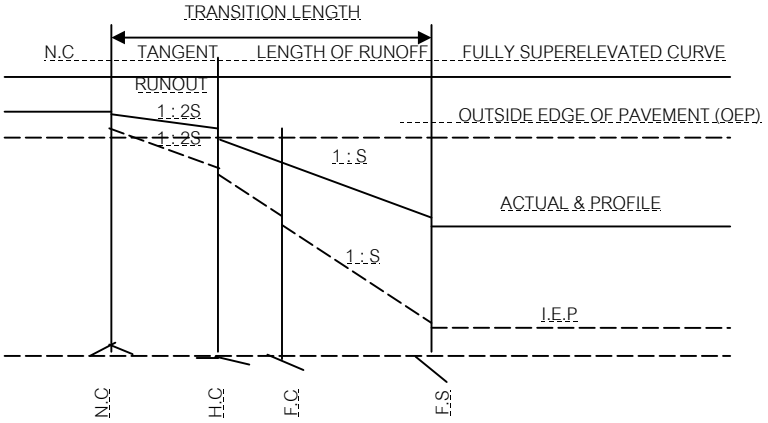
รูปที่ 7.1.1 แสดงลักษณะการหมุนผิวจราจรรอบศูนย์กลางทาง

2. หมุนผิวจราจรรอบขอบใน (Revolt Pavement About Inner Edge of Pavement) ใช้ในกรณีที่คันทางค่อนข้างต่ำ ระดับน้ำอยู่สูง



รูปที่ 7.1.2 แสดงลักษณะการหมุนผิวจราจรรอบขอบใน

3. กรณีหมุนผิวจราจรรอบขอบนอก (Revolt Pavement About Outer Edge of Pavement) ใช้ในกรณีทีคันทางค่อนข้างสูง ระดับน้ำต่ำ หรือในงานภูเขา



รูปที่ 7.1.3 แสดงลักษณะการหมุนผิวจราจรรอบขอบใน

N.C = Normal Crown คือ จุดเริ่มต้นการยกโค้ง

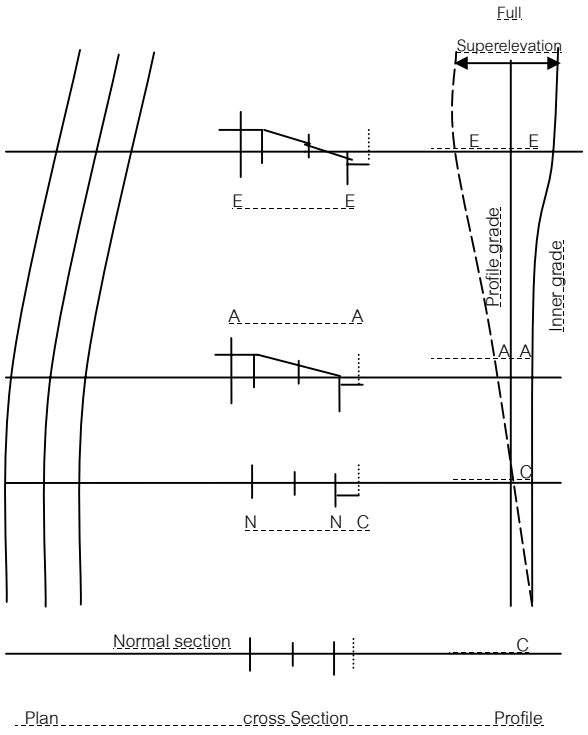
H.C = Half Crown การยกโค้งด้านนอกโค้ง ครึ่งของผิวจราจรให้อยู่ในลักษณะราบเรียบ (Flat)

F.C = Full Crown การยกครึ่งผิวจราจรด้านนอกโค้งเอียง

F.S = Full Superelevation

วิธีที่ 1 เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะในทางปฏิบัติทำง่าย และให้ความถูกต้องดีกว่า ฉะนั้นในที่นี้จะกล่าวเฉพาะวิธีที่ 1 เท่านั้น

การหมุนผิวจราจรรอบศูนย์กลางทาง (Revolt Pavement About Its Center Line)



รูปที่ 7.1.4 แสดงลักษณะการยกโค้งโดยหมุนผิวจราจรรอบศูนย์กลางทาง

จากรูป แสดงรูปตัดของถนน แสดงโค้งซึ่งเลี้ยวไปทางขวา ดังนั้นจึงต้องยก Pavement ทางด้านซ้ายให้สูงขึ้นเพื่อที่ขจัดแรงหนีศูนย์กลาง

a = จุดสุดยอดของ Pavement หรือที่จุด Profile Grade

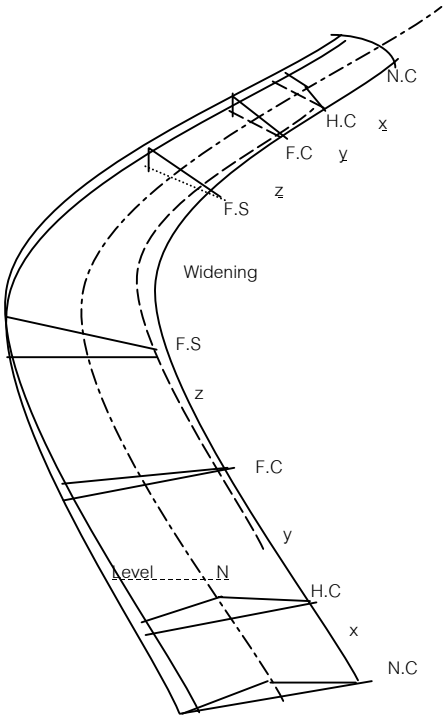
N% = Crown slope (Cr.)

1. จากรูปตัดของแนว 0 0 Cr. เท่ากัน (Normal Crown = N.C = -N%)

2. จากรูปตัดของแนว N N Cr. ไม่เท่ากัน LT. = 0% และ RT. = -N% อยู่ในฐานะที่เรียกว่า Half Crown (H.C) คือยกระดับเพียงครึ่งหนึ่งของทาง (ข้างเดียว)

3. จากรูปตัดของ A A Cr. มีความลาดเอียงเท่ากันคือ LT. = +N% และ RT. = -N% อยู่ในฐานะที่เรียกว่า Full Crown (F.C) คือยกระดับของทางข้างหนึ่งและลดระดับข้างหนึ่ง

4. จากรูปตัดของ E E ให้ยกโค้งด้าน LT. ขึ้นสูงสุด ให้เท่ากับค่า e (อัตราการยก S.E) และให้กดโค้งด้านในเท่ากับ e เช่นเดียวกัน อยู่ในฐานะที่เรียกว่า Full Superelevation (F.S) ซึ่งจะมีช่วงระยะยกโค้งเต็มอัตราอยู่ระหว่าง F.S ทั้งสอง



รูปที่ 7.1.5 แสดงการยกโค้งตั้งแต่งเริ่มต้นจนสิ้นสุด

ตัวอย่างการคำนวณ SUPERELEVATION (S.E)

กำหนดให้โค้งราบโค้งหนึ่ง มีค่า P.I Sta. 7+624.511 Δ - 80° 00′ 00″ RT. D= 142° 00′ จากการออกแบบโค้งได้ P.C Sta. 7+590.654 P.T Sta. 7+646.992 R=40.349 ม. กำหนดให้ Crown Slope (Cr) = 4% ผิวจราจรกว้าง 6.00 ม. ความเร็วของรถที่วิ่งผ่านโค้งนี้ 30 กม./ชม. ให้คำนวณหาข้อมูลการยกโค้ง ในโค้งนี้

วิธีทำ

1. หาค่า slop (S)

จากสูตร S = 75+1.5 V

= 75 + 1.5 x 30

= 120

2. หาค่า S.E (Superelevation)

$$S.E = \frac{.004v^2}{R}$$

$$= \frac{.004 \times 30^2}{40.349}$$

= 0.09 ม./ม. O.K. (<0.10 ม./ม.)

3. หาค่าความยาวของ Transition Length (T.S)

3.1 HC $= \frac{cr}{100} \times \frac{w}{2}$

$= \frac{4}{100} \times \frac{600}{2}$

= 0.12 ม.

3.2 F.S = exw

= 0.09 x 6.00

= 0.54 ม.

3.3 ระยะ X = H.C x 2S

= 0.12 x (2x120)

= 28.80 ม.

3.4 ระยะ Y = H.C x S

= 0.12 x 120

= 14.40 ม.

3.5 ระยะ Z $= \left(\frac{F.S}{2} - H.C\right)S$

$= \left(\frac{0.54}{2} - 0.12\right) \times 120$

= 18.00 ม.

T.S = x + y + z = 28.80 + 14.40 + 18 = 61.20

4. หา S.E Attained

ทดลองใช้ 0.7 T.S

P.C Sta.	7+590.654	-
0.7 T.S	42.84	
N.C Sta.	7+547.814	+
X	28.80	
H.C Sta.	7+576.614	+
Y	14.40	
F.C Sta.	7+591.014	+
Z	18.00	
F.S Sta.	7+609.014	

5. หา S.E Removed

P.T Sta.	7+646.992	+
0.7 T.S	42.84	
N.C Sta.	7+689.832	-
X	28.80	
H.C Sta.	7+661.032	-
Y	14.40	
F.C Sta.	7+646.632	-
Z	18.00	
F.S Sta.	7+628.632	

6. Check

F.S Sta. 7+628.632 (S.E Removed)

F.S Sta. 7+609.014 (S.E Attained)

ระยะ Full Superelevation = 19.618 ม. จะต้องมากกว่า $\frac{L}{3}$

$$19.618 > \frac{56338}{3}$$

19.618 ม. > 18.779 ม. O.K.ถ้าน้อยกว่าต้องออกแบบใหม่

7. การคำนวณหาระดับของไหล่ทางด้านนอกและด้านในโค้ง

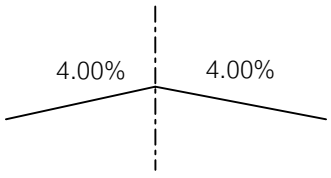
7.1 Elev. ที่ Sta. 7+547.814 จุด Normal Crown (N.C) คือจุดเริ่มต้นขอ ง S.E Attained และจุดสุดท้ายของ S.E Removed Sta. 7+689.832 Elev. เท่ากัน

$$= \quad \text{Elev. CL} \quad - \left(\frac{Cr}{100} \times \frac{W}{2} \right)$$

$$= \quad 100.00 - \left(\frac{4}{100} \times \frac{6}{2} \right)$$

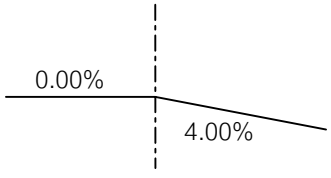
Elev. ของไหล่ทางด้านนอกและด้านใน = 99.88 ม.

Elev. CL = 100.00



NC

7.2 Elev. ที่ Sta. 7+557.814 Sta. นี้อยู่ในช่วงระยะ X (NC –HC) ห่างจาก Sta. N.C = 10.00 ม.



ช่วงของ X มีความยาว 28.80 ม. มีความต่างระดับของไหล่ถนนด้านนอก

(จุด N.C และ H.C) มีระดับต่างกัน N.C $= \left(\frac{Cr}{100} \times \frac{W}{2} \right) = \left(\frac{4}{100} \times \frac{6}{2} \right)$

จากจุด Sta. 7+547.814 - 7+557.814 ห่างกัน 10 ม.

ช่วงทาง X ยาว 28.80 ม. ยกระดับเพิ่ม = 0.12 ม.

ถ้าช่วงทางยาว 10.00 ม. ยกระดับเพิ่ม = $\frac{0.12 \times 10}{28.80}$ = 0.042 ม.

∴ Elev. ของไหล่ทางด้านนอกที่ Sta. 7+557.594 = 99.88 + 0.042

= 99.922 ม.

7.3 Elev. ที่ Sta. 7+567.814 Sta. นี้อยู่ในช่วงระยะ x (NC-HC) ห่างจาก Sta. N.C = 20 ม.

∴ Elev. ของไหล่ทางด้านนอกจะต้องยกระดับเพิ่มอีก = $\frac{0.12 \times 20}{28.80}$ = 0.083 ม.

= 99.88 + 0.083 ม.

= 99.963 ม.

7.4 Elev. ที่ Sta. 7+576.614 จุด Half Crown (H.C) ไหล่ทางด้านนอกจะมีระดับ

= ระดับที่ CL

= 100.00 ม.

7.5 Elev. ที่ Sta. 7+582.814 Sta. นี้อยู่ในช่วง Y (N.C – F.C) ซึ่งระยะ Y ยาว 14.40 ม. ของทางด้านนอกของ H.C และ F.S มีระดับต่างกัน

= $\frac{Cr}{100} \times \frac{W}{2} = \frac{4}{100} \times \frac{6}{2}$ = 0.12 ม.

Sta. 7+576.614 – 7+582.814 ห่างกัน 6.20

ช่วงทาง Y ยาว 14.40 ม. ยกระดับเพิ่ม 0.12 ม.

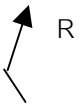
ช่วงยาว 6.20 ม. ยกระดับเพิ่ม $\frac{0.12 \times 6.2}{14.40}$ = 0.052 ม.

∴ ไหล่ทางด้านนอกจะมีระดับ = Elev. ที่ Sta. ก่อน + ความสูงที่เพิ่ม

= 100 + 0.052

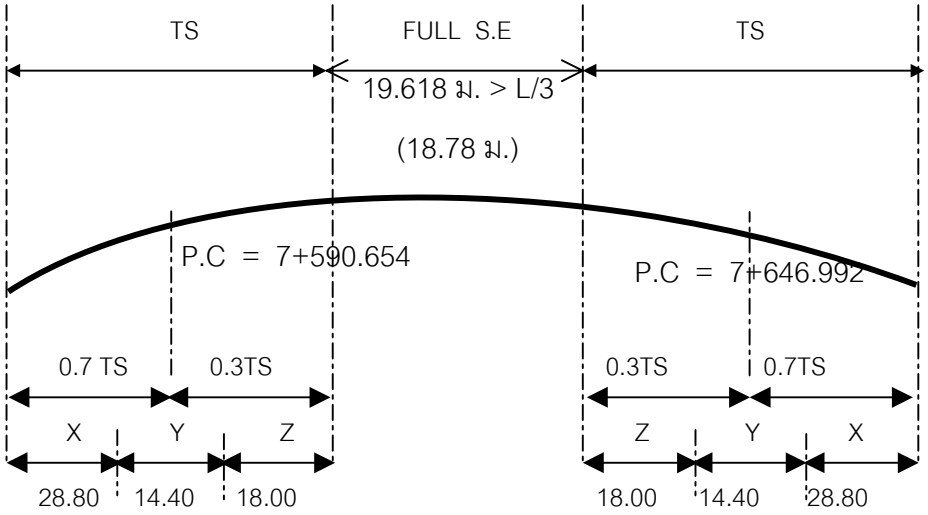
= 100.052 ม.

ตารางที่ 7.1.2 ตารางแสดงการยกโค้งในสนาม

Sta	Lt.	CL	Rt.	Remark
N.C Sta. 7+547.81	99.880	100.000	99.880	S.E ATTAINED
7+550	99.889	100.000	99.880	
7+557	99.993	100.000	99.880	
N.C Sta. 7+576.614	100.000	100.000	99.880	
F.C Sta. 7+591.014	100.120	100.000	99.880	L  R
7+600	100.195	100.000	99.805	
F.S Sta. 7+609.014	100.270	100.000	99.730	
7+625	100.270	100.000	99.730	
F.S Sta. 7+628.632	100.270	100.000	99.730	S.E REMOVED
F.C Sta. 7+646.632	100.120	100.000	99.880	
7+650	100.092	100.000	99.880	
H.C Sta. 7+661.032	100.000	100.000	99.880	
7+675	99.942	100.000	99.880	
N.C Sta. 7+689.832	99.88	100.000	99.880	

ตารางที่ 7.1.3 ตารางแสดงข้อมูลโค้ง

CURVE DATA P.I Sta. 7+624.511	
Δ = 80° -00′ -00″ RT.	E = 12.323 ม.
D = 140° -00′ 00″	Speed = 30 KPH
R = 40.349 ม.	S.E = 0.09 ม./ม.
T = 33.857 ม.	Wn = 1.50 ม.
L = 56.338 ม.	T.S = 61.20 ม.
S.E Attained Sta. 7+547.814 To Sta. 7+609.014	
S.E Removed Sta. 7+628.532 To Sta. 7+689.932	



รูปที่ 7.1.6 แสดงข้อมูลระยะต่าง ๆ จากการคำนวณ

- การยกโค้ง ใน compound Curve ก็คำนวณในลักษณะเดียวกับ Simple Curve
- การยกโค้ง Reversed Curve ก็คำนวณหาทำนองเดียวกัน หากมีจุดที่เหลื่อมกันให้เฉลี่ยค่าระดับเข้าหากัน

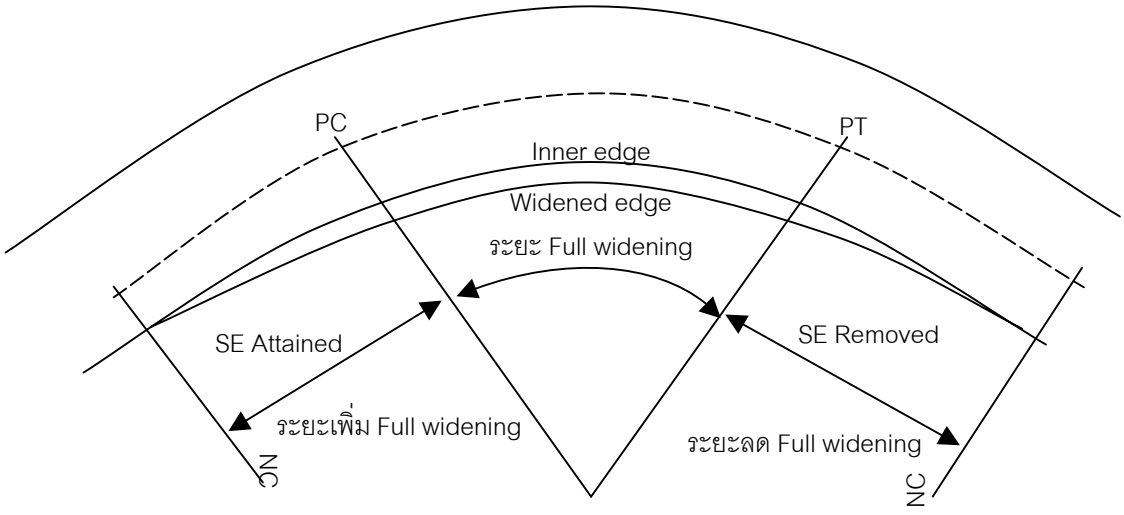
เรื่องที่ 7.2
การขยายโค้ง (WIDENING)

จุดประสงค์ในการขยายช่องทางจราจรในโค้งนั้นมีเหตุผล 2 ประการ ด้วยกันคือ

1. เนื่องจากเวลารถวิ่งเข้าโค้งนั้นล้อหลังของรถจะใช้รัศมีน้อยกว่าล้อหน้า เพราะฉะนั้นจึงต้องขยายช่องทางจราจรให้มากกว่าทางตรง เพื่อให้ความห่างของรถที่สวนหัน ห่างเท่ากับมาตรฐานที่รถวิ่งในทางตรง และเพื่อให้ความเร็วคงที่เหมือนกับที่วิ่งในทางตรง
2. เพื่อให้คนขับขี่ที่รู้สึกเกิดความปลอดภัยไม่เคร่งเครียดในขณะขับรถเข้าโค้ง

การขยายช่องจราจรใน Circular Curve จะกระทำที่ขอบในของผิวจราจร ในขณะที่เส้น Center line ยังเป็นโค้งวงกลมอยู่เช่นเดิม ซึ่งจะมีศูนย์กลางเดียวกับเส้นขอบผิวจราจรด้านนอก

เส้นขอบเมื่อขยายออกมา ให้ลักษณะของโค้งเป็นโค้งผสม (Compound Curve) และจุดเริ่มต้นทำ Widening จะต้องทำก่อนถึงจุด PC ดังในรูป ปกติจุดเริ่มทำ Widening จะเป็นจุดเดียวกันกับจุดเริ่มทำ Supereleation เพื่อให้ง่ายในการปฏิบัติงานและมีความปลอดภัย เพราะคิดว่าเมื่อมีการยกโค้งก็ต้องมีการลื่นไถล การทำ widening ก็เป็นการเผื่อการลื่นไถลเหมือนกัน และที่จุด PC และ PT นั้นให้เป็นจุด Full widening ค่าที่กำหนดให้ในตารางจะเป็น Full widening คือรวมค่า widening จากหลาย ๆ ช่องจราจรแล้ว (ปกติ 2 ช่องจราจร)



รูปที่ 7.2.1 แสดง Widening ใน Simple curve

- การคำนวณหาค่า Widening ค่อนข้างจะยุ่งยากพอสมควร ส่วนใหญ่มักนิยมใช้ตาราง สำเร็จรูปที่มีการคำนวณไว้เรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 7.2.1 WIDENING (METERS)

WDG.M

DEGREE OF CURVE	RADOIS-M	DESIGN SPEED – KP. H.							
		30	40	50	60	70	80	90	100
1	5729.58		0.30	030	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
2	2864.79		0.30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	1909.86		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
4	1432.39		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.75	0.75
5	1145.92		0.50	0.50	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75
6	945.93		0.50	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75
7	818.51		0.50	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75
8	716.20		0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
9	636.62		0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
10	572.96		0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
11	520.87		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	1.00
12	477.46		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	1.00
13	440.74		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	1.00
14	409.26		0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	1.00	1.00
15	381.97		0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	1.00	1.00
16	358.10		0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	1.00	
17	337.03		0.75	0.75	0.75	1.00	1.00	1.00	
18	318.31		0.75	0.75	0.75	1.00	1.00	1.00	
19	301.56		0.75	0.75	0.75	1.00	1.00		
20	286.48		0.75	0.75	0.75	1.00	1.00		
21	272.84		0.75	0.75	1.00	1.00	1.00		
22	260.44		0.75	0.75	1.00	1.00	1.00		
23	249.11		0.75	0.75	1.00	1.00	1.00		
24	236.73		0.75	1.00	1.00	1.00			
25	226.18		0.75	1.00	1.00	1.00			
26	220.37		1.00	1.00	1.00	1.00			
27	212.21		1.00	1.00	1.00	1.00			
28	204.63		1.00	1.00	1.00	1.00			
29	197.57		1.00	1.00	1.00	1.00			
30	190.98		1.00	1.00	1.00	1.00			
31	184.82		1.00	1.00	1.00				
32	179.05		1.00	1.00	1.00				
33	173.62		1.00	1.00	1.00				
34	168.52		1.00	1.25	1.25				
35	163.70		1.00	1.25	1.25				
36	159.15		1.00	1.25	1.25				
37	154.80		1.00	1.25	1.25				
38	150.78		1.00	1.25	1.25				
39	146.91		1.00	1.25	1.25				
40	143.84		1.00	1.25	1.25				
41	139.74		1.00	1.25					
42	136.42		1.00	1.25					
43	133.25		1.25	1.25					
44	130.22		1.25	1.25					
45	127.32		1.25	1.25					
46	124.56		1.25	1.25					
47	121.91		1.25	1.25					
48	119.37		1.25	1.25					
49	116.93		1.25	1.25					

สูตรของ AASHTO

AASHTO ได้ปรับปรุงสูตรให้เหมาะสมกับความเป็นจริงเพื่อใช้ในการออกแบบ ดังรูปข้างล่าง เป็นการออบแบบสำหรับ Single unit truck (SU) หรือรถบรรทุก 6 ล้อ หรือ 10 ล้อ

$W = W_C - W_n \qquad W_C = 2(U + C) + F_A + Z$

W = WIDENING FOR 2-LANE PAVEMENT ON CURVE, FT.

W_C = WIDTH OF 2-LANE PAVEMENT ON CURVE, FT.

W_n = WIDTH OF 2- LANE PAVEMENT ON TANGENT, FT.

U = TRACK WIDTH OF VEHICLE (OUT-TO-OUT TIRES), FT.

C = LATERAL CLEARANCE PER VEHICLE ; ASSUMED 2, 2.5

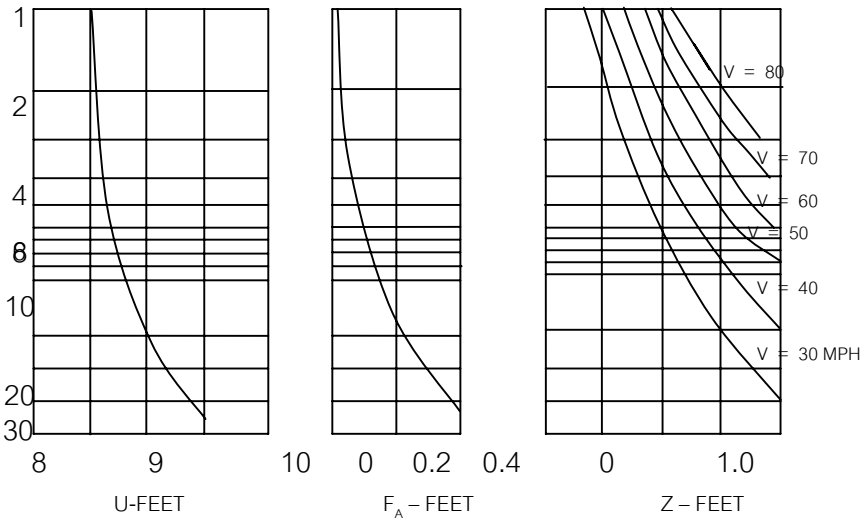
8 3 FT. FOR W_n OF 20, 22 8 24 FT., RESPECTIVELY.

F_A = WIDTH OF FRONT OVERHANG, FT.

Z = EXTRA WIDTH ALLOWANCE FOR DIFFICULTY OF

DRIVING ON CURVES, FT.

ELEMENTS OF PAVEMENT WIDENING



$$U = U + R - \sqrt{R^2 - L^2} = R + 8.5 - \sqrt{R^2 - 400}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R = \sqrt{R^2 + 176} - R$$

$$Z = V/\sqrt{R}$$

U = TRACK WIDTH ON TANGENT (OUT-TO-OUT) 8.5 FT. FOR SU

R = RADIUS ON CENTERLINE OF 2-LANE PAVEMENT, FT.

L = WHEEL BASE, 20 FT. FOR SU

A = FRONT OVERHANG, 4 FT. FOR SU

V = DESIGN SPEED OF HIGHWAY, MPH

รูปที่ 7.2.2 แสดง Widening สำหรับรถบรรทุก

PAVEMENT WIDENING ON CURVES

BASIS OF DERIVATION

เรื่องที่ 7.3	**ใบงานที่** 7	
วิชา การสำรวจเส้นทาง **ชื่อหน่วย** การยกโค้ง		**หน่วยที่** 7 **สอนครั้งที่** 10 **จำนวนคาบรวม** 40
ชื่องาน การยกโค้ง		**จำนวนคาบ** 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายถึงส่วนต่าง ๆ ของการยกโค้ง เพื่อรับแรงหนีศูนย์กลางได้
2. สามารถคำนวณหาส่วนต่าง ๆ และออกแบบการยกโค้งได้
3. สามารถยกโค้งในสนามได้

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. กล้องระดับพร้อมขาตั้ง	จำนวน	1	ชุด
2. เทปวัดระยะ	จำนวน	1	เส้น
3. ไม้วัดระดับ	จำนวน	1	อัน
4. ค้อนปอนด์	จำนวน	1	เต้า
5. หลักไม้	จำนวน	1	อัน
6. ร่ม	จำนวน	1	คัน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. คำนวณ – ออกแบบการยกโค้ง

จากการวางโค้งวงกลม ที่ P.I Sta. 1+034 ตามใบงานที่ 3 ได้ข้อมูลดังนี้ คือ $\Delta = 40^{\circ}20'40''$ RT., T = 36.542 ม. R = 99.467 ม. L = 70.039 ม., P.C Sta. 0+997.458, P.T Sta. 1+067.497

- กำหนดความเร็วของรถในช่วงโค้ง 40 กม. / ชม. (V) Crown Slope 2.5% ความกว้างถนน (W) = 12.00 Profile Grad 100.000 ม.

1.1 หา s

$$S = 75+1.5\,V$$
$$= 75+(1.5 \times 40)$$
$$= 135$$
$$1 : S = 1 : 135$$
$$1 : 2S = 1 : 270$$

1.2 หา e (S.E)

$$e = \frac{0.004v^2}{R}$$

$$= \frac{0.004 \times 40^2}{99.467} = 0.064 \text{ ม./ม.}$$

1.3 หาระดับขอบและกึ่งกลางของถนน (N.C) จาก 1.5%

จาก ระยะราบ 100 ม. ระยะดิ่ง 15 ม.

ระยะราบ $\frac{12}{2} = 6$ ม. ระยะดิ่ง $\frac{1.5 \times 6}{100} = 0.09$

$\therefore$ ระดับขอบทั้ง 2 ข้าง = 100.00 – 0.09 = 99.910 ม.

1.4 หา T.S

$X = (H.C)(2S)$

$$H.C = \frac{Cr\%}{100} \times \frac{W}{2} = \frac{1.5}{100} \times \frac{12}{2} = 0.09$$

$X = (0.09)(270) = 24.30$ ม.

$Y = (H.C)(S)$

$= (0.09)(135) = 12.150$ ม.

$$Z = \left(\frac{FS}{2} - H.C\right) \times S$$

$FS = ew = 0.064 \times 12 = 0.768$

$$Z = \left(\frac{0.768}{2} - 0.09\right) \times 135 = 39.69 \text{ ม.}$$

$T.S = X + Y + Z = 24.30 + 12.150 + 39.69$

$= 76.140$ ม.

1.5 หา S.E Attained

P.C Sta 0+997.458 -

0.7 T.S = 53.298

N.C Sta 0+944.160 +

X = 24.30

H.C Sta. 0+968.460 +

Y = 12.150

F.C Sta 0+980.61 +

Z = 39.69

F.S Sta 1+020.300

1.5 หา S.E Removed

P.C Sta 1+067.497 +

0.7 T.S = 53.298

N.C Sta 1+120.795 -

X = 24.30

H.C Sta. 1+096.495 -

Y = 12.150

F.C Sta 1+084.345 -

Z = 39.69

F.S Sta 1+044.655

1.6 Check

F.S Sta 1+044.655 $\rightarrow$ P.T

F.S Sta 1+020.300 $\rightarrow$ P.C

(1+044.655) - (1+020.300) > $\frac{L}{3}$ (L =70.039)

$$24.355 > \frac{70.039}{3}$$

24.355 > 23.346 O.K.

1.7 นำช่วง Sta. ต่าง ๆ ไปคำนวณหาค่าระดับการยกโค้งและใส่ตารางการยกโค้ง

Sta.	LT	CL	RT	Remark
N.C Sta. 0+944.160	99.910	100.000	99.910	S.E Attained
0+950	99.932	100.000	99.910	
H.C Sta. 0+968.46	100.000	100.000	99.910	
0+975	100.048	100.000	99.910	R
F.C Sta. 0+980.61	100.090	100.000	99.910	L
1+000	100.234	100.000	99.766	
F.S Sta. 1+020.30	100.284	100.000	99.616	
1+025	100.284	100.000	99.616	
F.S Sta 1+044.655	100.284	100.000	99.616	S.E Removed
1+050	100.244	100.000	99.656	
1+075	100.159	100.000	99.841	
F.C Sta 1+084.345	100.090	100.000	99.910	
H.C Sta.1+096.495	100.000	100.000	99.910	
1+100	99.987	100.000	99.910	
N.C Sta. 1+120.795	99.910	100.000	99.910	

2. การยกโค้งในสนาม

2.1 ที่จุด P.C Sta. 0+997.458 (หาตำแหน่งจุดยกโค้งที่สำคัญ)

- วัดระยะย้อนกลับ 53.298 ม. จะเป็น N.C Sta 0+944.160
- ที่ N.C Sta. 0+944.160 วัดระยะไปข้างหน้า 24.30 ม. จะเป็นจุด H.C Sta. 0+968.46
- ที่ H.C Sta. 0+968.460 วัดระยะไปข้างหน้า 12.150 ม.จะเป็นจุด F.c Sta. 0+980.610
- ที่ F.CSta.0+980.610 วัดระยะต่อไปข้างหน้า 39.69 ม.จะเป็นจุด F.S Sta. 1+020.300

2.2 ที่จุด P.T Sta. 1+067.497

- วัดระยะไปข้างหน้า 53.298 ม. จะเป็นจุด N.C Sta. 1+120.795
- ที่ N.C Sta. 1+120.795 วัดระยะย้อนกลับ 24.300 ม. จะเป็นจุด H.C Sta. 1+096.495
- ที่ H.C Sta. 1+096.495 วัดระยะย้อนกลับ 12.150 ม. จะเป็นจุด F.C Sta. 1+084.345
- ที่ F.C Sta. 1+084.345 วัดระยะย้อนกลับ 39.690 ม. จะเป็นจุด F.S Sta. 1+044.655

2.3 จาก Sta. ต่าง ๆ ใน 2.1 – 2.2 ตอกหลักไม้ยาวพอประมาณ ที่ศูนย์กลางทาง, วัดออกฉากทางซ้ายและทางขวาข้างละ 6.00 ม. ตอกหลักไม้ให้แน่นทั้ง 3 จุด ทุก ๆ Sta.

2.4 ตั้งกล้องระดับบริเวณโค้งสอง BS. ไปที่ BM. ที่อยู่ใกล้สุด (BM. 3/1 Elev. 99.850) สมมุติอ่านค่า BS. ได้ 1.500 ม. จะได้ HI. ของกล้องจาก

Elev. + BS = HI.

HI = 99.850 + 1.500

= 101.350

2.5 ส่องให้ค่าระดับที่ Sta. ต่าง ๆ โดยนำ Elev. ของจุดต่าง ๆ ที่คำนวณได้จากการยกโค้งให้ หักออกจาก HI. ก็จะเป็นค่า FS. หรืออ่านค่าที่ต้องตอกหลักให้แน่น แล้วนำไม้วัดระดับไป ตั้งบนหลักนั้น ให้ตอกหลักลงจนกว่าจะอ่านได้เท่าที่คำนวณไว้ ก็จะได้ค่าระดับที่ต้องการ

จากสูตร HI. - FS. = Elev.

FS. = HI. – Elev.

2.6 สังเกตหลักใดที่ตอกแล้วไม่แน่น ให้เปลี่ยนหลักใหม่อาจจะต้องใช้หลักที่ยาวกว่าเดิมเมื่อเสร็จทุก Sta. แล้ว สังเกตดูว่า เกิดการลาดเอียงของพื้นถนนที่ให้ระดับก่อสร้างหรือไม่

3. การนำข้อมูลการยกโค้งเขียนลงในแบบแปลน

- โดยการนำข้อมูลช่วง Sta. S.E Attained และช่วง Sta. S.E Removed เขียนลงในตารางข้อมูลการวางโค้งด้านล่าง ส่วนข้อมูลการยกโค้งบันทึกไว้ในสมุดรายการคำนวณ

เพื่อความสะดวกรวดเร็วนำค่าทีจะต้องอ่านได้ที่ Sta. ต่าง ๆ ใส่ตาราง

ค่าอ่านไม้วัดระดับ

STA	LT	CL	RT	LEMARK
N.C Sta. 0+946.160	1.440	1.350	1.440	S.E ATTAINED
0+950	1.418	1.350	1.440	
H.C Sta. 0+968.46	1.350	1.350	1.440	
0+975	1.302	1.350	1.440	
F.C Sta. 0+980.61	1.260	1.350	1.440	
1+000	1.116	1.350	1.584	
F.S Sta. 1+020.30	1.066	1.350	1.734	
1+025	1.066	1.350	1.734	
F.S Sta. 1+044.655	1.066	1.350	1.734	S.E REMOVED
1+050	1.106	1.350	1.694	
1+075	1.191	1.350	1.509	
F.C Sta. 1+084.345	1.260	1.350	1.440	
H.C Sta. 1+096.495	1.350	1.350	1.440	
1+100	1.363	1.350	1.440	
N.C Sta. 1+120.795	1.440	1.350	1.440	

ข้อควรระวัง

1. การส่องค่าระดับหลัก เมื่อตอกหมุดลงเพื่อให้อ่านได้ตามที่คำนวณไว้ คนส่องกล้องต้องคอยตรวจสอบตลอดเวลา เมื่อใกล้ค่าที่คำนวณไว้ ต้องระมัดระวังอย่าให้ตอกลงลึกมากเกินกว่าค่าอ่านเพราะ การถอนหลักขึ้น หลักจะโยกไม่แน่น ต้องเริ่มตอกหลักใหม่

2. การย้ายกล้องต้องระมัดระวัง การทำ TP. และคำนวณหา HI. และหาค่าอ่านที่จะให้ระดับหลักทุกครั้งที่ย้ายกล้อง

ข้อเสนอแนะ

1. การกำหนดค่า BM. เพื่อใช้เป็นค่าการให้ระดับหลัก ถ้าเป็นการฝึกปฏิบัติอาจจะสมมุติให้ใกล้เคียงกับค่าระดับที่จะให้ เพื่อจะได้เตรียมหลักไม้ไม่ยาวมากนัก

2. หากมีหลักไม้ไม่เพียงพอ อาจจะให้ค่าระดับเฉพาะ Sta. ที่สำคัญ ๆ ก็ได้ Sta. ที่ใกล้กันก็อาจจะให้ค่าระดับแค่ Sta. เดียว จากการคำนวณเป็นการหาค่าระดับอย่างละเอียดทุก Sta.

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 7**
หน่วยที่ 7 การยกโค้ง	
เรื่อง การยกโค้ง	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การเลือกโค้งและวิธีการยกโค้ง ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
2. การคำนวณ – ออกแบบการยกโค้ง ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
3. การยกโค้งในสนาม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
4. การตรวจสอบการยกโค้งในสนาม ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
5. การนำข้อมูลการยกโค้งเขียนในแบบแปลน ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง					**ใบงานที่ 7**
หน่วยที่ 7 การยกโค้ง					
เรื่อง การยกโค้ง					**จำนวน 4 คาบ**
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การเลือกโค้งและวิธีการยกโค้ง 5. การกำหนดและตรวจสอบข้อมูลการยกโค้ง 6. การยกโค้งในสนาม 7. การตรวจสอบการยกโค้งในสนาม 8. การนำข้อมูลการยกโค้งลงที่หมายแผนที่ 9. ความสะอาดในการปฏิบัติงาน 10. ตรวจ เก็บ และทำความสะอาดเครื่องมือหลังการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....**น. สิ้นสุด**.....**น.รวม**.....**นาที ได้คะแนน** (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**					

แบบฝึกหัดที่ 7

เรื่อง การยกโค้ง, ขยายโค้ง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

- ความเร็วของรถในโค้ง 60 กม. / ชม., Crow Slop 2% ความกว้างถนน 8.00 ม. Profile Grade 100.00 ม.

Δ = 19° 40′ 00″ Rt. R = 344.727 ม. P.C Sta. 2+80.249 P.T Sta. 2+198.575, L = 118.326 ม.

จงตอบคำถามข้อ 1.1 – 1.10 เลือกใช้ 0.5 TS ในการออกแบบ

1.1 Slope 1 : 25 หมายถึงข้อใด

ก. 1 : 100 ข. 1 : 165

ค. 1 : 200 ง. 1 : 330

1.2 ค่า e เป็นเท่าไร

ก. 0.010 ม./ม. ข. 0.022 ม./ม.

ค. 0.042 ม./ม. ง. 0.10 ม./ม.

1.3 ะดับที่ขอบถนนทั้งสองข้าง ก่อนยกโค้งเป็นเท่าไร

ก. 99.920 ข. 99.958

ค. 99.980 ง. 100.000

1.4 NC. Sta. ทางด้าน SE. Attained คือข้อใด

ก. 2+107.309 ข. 2+92.789

ค. 2+79.589 ง. 2+53.198

1.5 FS. Sta. ทางด้าน SE. Attained คือข้อใด

ก. 2+107.309 ข. 2+92.789

ค. 2+79.589 ง. 2+53.198

1.6 NC. Sta. ทางด้าน S.E Remove คือข้อใด

ก. 2+171.515 ข. 2+186.035

ค. 2+199.235 ง. 2+225.635

1.7 H.C Sta. ทางด้าน S.E Remove คือข้อใด

ก. 2 + 171.515 ข. 2+186.035

ค. 2+199.235 ง. 2+225.635

1.8 ค่าระดับที่ H.C Sta คือข้อใด

ก. 100, 100, 99.920 ข. 100.168, 100, 99.832

ค. 100.08, 100, 99.850 ง. 99.998, 100, 99.92

1.9 ค่าระดับที่ FS. Sta. คือข้อใด

ก. 100, 100, 99.920 ข. 100.168, 100, 99.832

ค. 100.08, 100, 99.850 ง. 99.998, 100, 99.92

1.10 ค่าระดับที่ FS. Sta. คือข้อใด

ก. 100, 100, 99.92 ข. 100.168, 100, 99.832

ค. 100.08, 100, 99.92 ง. 99.998, 100, 99.92

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 การยกโค้ง โดยหมุนผิวจราจรรอบศูนย์กลางทาง.....

.....

2.2 การยกโค้งโดยหมุนผิวจราจรรอบขอบใน.....

.....

2.3 การยกโค้งโดยหมุนผิวจราจรรอบขอบนอก.....

.....

2.4 ระยะการยกโค้งตั้งแต่เริ่มยกจนถึงยกเต็ม คือช่วง.....

.....

2.5 ระยะการยกโค้ง ตั้งแต่ยกเต็มจนถึงสิ้นสุดการยก คือช่วง.....

.....

2.6 การตรวจสอบระยะการยกโค้งต่าง ๆ ทำได้โดย.....

.....

2.7 จุดประสงค์การขยายโค้ง คือ.....

.....

2.8 ระยะเพิ่ม Widening หมายถึง.....

.....

2.9 ระยะลด Widening หมายถึง.....

.....

2.10 ระยะ Full widening หมายถึง.....

.....

หน่วยที่ 8
การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 8.1 การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง

เรื่องที่ 8.2 ใบงานการเก็บรายละเอียดสองข้างทาง

สาระสำคัญ

1. สองข้างทางที่แนวทางผ่าน ภูมิประเทศย่อมแตกต่างกันไป อาจจะมีสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น จำเป็นต้องแสดงรายละเอียดต่างๆในแบบแปลนแนวทางเพื่อใช้เป็นข้อพิจารณาในการออกแบบแนวทาง ให้ได้แนวทางที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและหลีกเลี่ยงปัญหาอุปสรรคที่จะเกิดขึ้น

2. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ในการเก็บรายละเอียดสองข้างทาง การบันทึกข้อมูลลงสมุดสนาม การลงที่หมายแผนที่ในแบบแปลนแนวทาง การตรวจสอบตำแหน่ง ขนาดและทิศทางในการลงที่หมายรายละเอียดสองข้างทาง

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการเก็บรายละเอียดสองข้างทางได้
2. สรุปวิธีการเก็บรายละเอียดสองข้างทางได้
3. นำวิธีการเก็บรายละเอียดสองข้างทางไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 8.1

การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง

แนวทางที่วางย่อมจะผ่านภูมิประเทศต่างๆกัน เช่น อาคารบ้านเรือน ทุ่งนา ป่าไม้ ฯลฯ ผู้สำรวจจะต้องเก็บรายละเอียดเหล่านี้เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการออกแบบถนน การเก็บรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ทั้งที่เกิดโดยธรรมชาติ (Nature) เช่นภูเขา ป่าไม้ แม่น้ำ ลำธาร ฯลฯ และที่มนุษย์สร้างขึ้น (man - made artificail) เช่น อาคาร บ้าน เรือน ถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ ทางแยก ฯลฯ

สิ่งต่างๆที่ต้องเก็บรายละเอียดตามข้างต้นนี้ ทุกสิ่งมีความสำคัญที่จะต้องใช้พิจารณาในการออกแบบทั้งนั้น เช่น ใช้เป็นข้อพิจารณาในการออกแบบแนวทางให้ได้แนวทางที่เหมาะสมกับสภาพของสิ่งเหล่านั้นถูกต้องตามหลักวิชาการ และประหยัด ใช้เป็นข้อพิจารณาในการหาราคาของถนนในบางส่วน การเก็บรายละเอียดของพื้นที่นี้จะเก็บไปตามเส้น Base line ที่หน่วยวางแนวทางทำไว้ สำหรับขอบเขตของการเก็บแล้วแต่สภาพความเหมาะสม การเก็บรายละเอียดนี้เป็นหน้าที่ของ Topographic party

1. คำแนะนำในการสำรวจรายละเอียดสองข้างทาง

คำแนะนำต่อไปนี้จะช่วยให้ผู้สำรวจได้อย่างถูกต้องตามความประสงค์ของฝ่ายออกแบบ ดังนี้คือ

1. ให้ทำการสำรวจในส่วนที่จะกันไว้เป็นเขตทาง ตามมาตรฐานของทางสายนั้นๆ สถานที่สำคัญเช่น โรงเรียน วัด ที่ทำการราชการ ฯลฯ ถึงแม้จะอยู่นอกเขตทางก็ให้ทำการสำรวจและลงในแผนที่โดยประมาณไว้ด้วย ถ้ามีระยะไกลเกินกว่าที่จะลงในแผนที่ ได้ใช้ตัวเลขกำกับไว้

2. ทางร่วมทางแยก ทางตัดผ่าน ทำการสำรวจออกไปจากจุดตัดอย่างน้อย 150 เมตร หรือตามความเหมาะสม และบริเวณข้างทางแยกให้สำรวจกันเขตทางไว้ด้วย และบอกว่าทางนั้นๆ ไปไหน ประมาณระยะทางกี่ ก.ม.

3. สำรวจรายละเอียดต่างๆ เช่นลักษณะภูมิประเทศ และสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เป็นต้นว่า อาคารบ้านเรือน ทางร่วม ทางแยก พร้อมทั้งบอกสถานที่ ขนาดและส่วนประกอบต่างๆให้ชัดเจนด้วย

4. ต้นไม้ใหญ่ที่ต้องเสียค่าโค่น ขุด และขนย้าย ต้องบอกที่ตั้งขนาดและเส้นผ่าศูนย์กลางด้วย

5. บอกระยะทางของเขตตำบล อำเภอ และจังหวัดพร้อมชื่อด้วย

6. บอกชื่อสายทางพร้อมหมายเลขด้วย (ถ้ามี) ตามความกว้างของคันทาง ความกว้างและชนิดผิวทาง ทางร่วมต่างๆพร้อมทั้งระยะ ก.ม. ด้วย

7. วัดเขตทางเดิมว่าระยะ ก.ม.ใด อยู่ห่างจากศูนย์กลางทางเท่าใด และตรวจสอบกับหลักฐานของแขวง ฯ ด้วย

8. ท่อกลมต้องวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง หนา ยาว จำนวนแถว ตำแหน่งที่ตั้งและสภาพของท่อในขณะนั้นท่อ box ต้องวัดขนาดกว้าง สูง ยาว จำนวนแถว ตำแหน่งที่ตั้งและสภาพสะพาน ต้องบอกชนิด , ลักษณะความกว้างยาวของตัวสะพาน ความกว้างผิวจราจร ตำแหน่งตอม่อ ตำแหน่งที่ตั้งและสภาพของสะพานและควรหาหลักฐานต่างๆ จากแขวง ฯ เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง ถ้ามีเหตุขัดข้อแย้ง หรือผิดพลาดเกิดขึ้นจากหลักฐาน ให้หมายเหตุลงในแบบให้ชัดเจน

9. ถ้าภูมิประเทศที่แนวทางผ่านเป็นภูเขา ควรต้องประมาณระยะของห้วย สันเขา กิ่วเขา ยอดเขา จมูกเขาที่อยู่นอกเขตทางมาด้วย เพื่อประกอบการเขียนแผนที่ เกี่ยวกับเส้นชั้นความสูงได้ถูกต้องใกล้เคียงยิ่งขึ้น

10. ทางในเมือง หรือทางที่ผ่านเขตชุมนุมชน ควรสำรวจให้ละเอียดเพิ่มขึ้นอีก คือท่อระบายน้ำ ท่อประปา เสาไฟฟ้าและสายเคเบิ้ล ฯลฯ เป็นต้นด้วย

11. สิ่งใดที่พิจารณาแล้วเห็นว่ามีประโยชน์หรือเสียประโยชน์ในการสร้าง หรือออกแบบทางให้สำรวจเก็บรายละเอียดมาด้วย

12. การจดรายละเอียด ต้องทำให้ละเอียดถี่ถ้วน ถูกต้อง ชัดเจน พอที่ผู้อื่นใช้นำไปเขียนได้โดยไม่มีข้อสงสัย และเข้าใจดี

2. รายการของสิ่งต่าง ๆ ที่สำคัญ และต้องเก็บรายละเอียด

. **ตำแหน่ง ขนาดของ**

1. อาคาร บ้านเรือน และสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ เช่น ประตูน้ำ เขื่อน ถังประปา ฯลฯ
2. ท่อระบายน้ำทั้งท่อกลมและท่อเหลี่ยม
3. สะพานไม้และคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. ร้ัวไม้ ร้ัวอิฐ สังกะสี ลวดหนาม ลวดตาข่าย
5. สิ่งปลูกสร้างเพื่อการจราจร เช่น วงเวียน เกาะ
6. แม่น้ำลำคลอง ลำธาร พร้อมทิศทางการไหลของน้ำและชื่อลำน้ำ
7. บ่อน้ำ สระน้ำ
8. ต้นไม้โดด ๆ ที่เก็บเป็นต้นได้
9. บริเวณต่างๆ เช่น วัด โรงเรียน ป่าช้า ที่ลุ่ม หนอง บึง บริเวณที่เป็นหิน (แสดงชนิดของหินด้วย) ฯลฯ

ข. ตำแหน่งของ

1. เครื่องหมายจราจร เช่น หลักโค้ง หลักกิโลเมตร หลักเขตขยายทาง หลักป้ายจราจรต่าง ๆ
2. เสาโคมไฟ เสาไฟฟ้าแรงสูงพร้อมแนวสายไฟ
3. เสาโทรเลข โทรศัพท์ร้อมแนวสาย
4. หมุดระดับ
5. ทางรถไฟ
6. ท่อประปาพร้อมขนาด
7. ท่อระบายน้ำอื่น ๆ

ค. ลักษณะของภูมิประเทศ

1. เส้นเขา ไหล่เขา หุบเหว (แสดงขอบเขต)
2. ป่า (บอกชนิดของป่า)
3. สวน (สวนอะไร แสดงขอบเขต)
4. นา (แสดงขอบเขต)
5. ทุ่งหญ้า
6. หาดทราย
7. ไร่

ง. อื่น ๆ

1. ตำแหน่งของผิวจราจร ขอบไหล่ทาง ขอบถนน
2. ชนิดของผิวจราจรของถนน
3. ตำแหน่งของร่องน้ำข้างทาง
4. Station ของ PC , PT , POT และ ทุก Sta 25 เมตร
5. ขอบเขตของการเก็บรายละเอียด จากเส้น Base Line หรือ Center Line ออกไปข้างละเท่ากับเขตขยายทาง ในกรณีที่เก็บตามเส้น Spur Line ก็ให้เก็บออกไปจนคลุมสิ่งที่ต้องการเก็บ เช่น ลำคลอง ก็ให้คลุมไปจนเลยตลิ่งคลองเข้าไป และถ้าเป็นถนนทางแยกที่ทำ Spur Line เข้าไปก็เก็บให้คลุมถนน และถ้ามีอาคารอยู่ติดถนนก็เก็บคลุมอาคารเหล่านั้นด้วย

3. วิธีการเก็บรายละเอียดสองข้างทาง

การเก็บรายละเอียดมีหลายวิธี ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของงาน เครื่องมือที่ใช้และความชำนาญของช่างผู้ปฏิบัติ โดยทั่วไปนิยมใช้กันอยู่ 3 วิธีคือ

3.1 การเก็บรายละเอียดโดยใช้เทปวัดระยะ

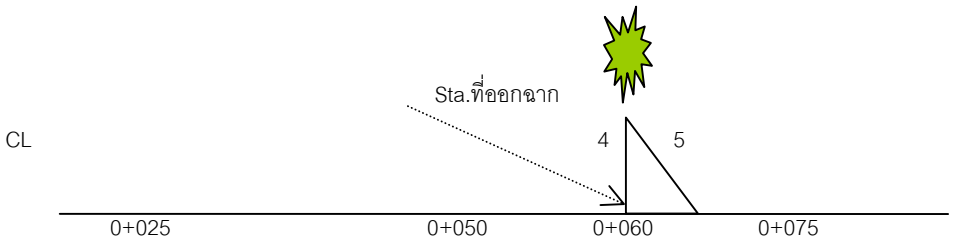
3.2 การเก็บรายละเอียดโดยใช้เครื่องส่องมุมฉาก

3.3 การเก็บรายละเอียดโดยใช้กล้องกล้องวัดมุมกับเทปวัดระยะ

3.1 การเก็บรายละเอียดโดยใช้เทปวัดระยะ

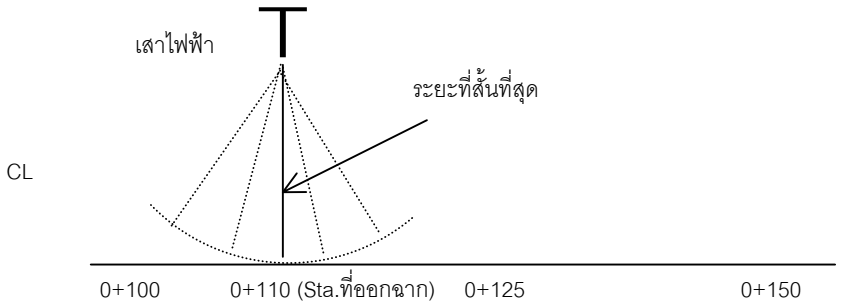
เส้นต่างๆที่ใช้ในการเก็บรายละเอียด มีดังนี้คือ

1.เส้นระยะฉาก (offset) เป็นเส้นที่วัดจากวัตถุที่จะเก็บรายละเอียด มายังศูนย์กลางแนวทางที่ตั้งฉากกัน โดยจับเทปให้เป็นรูปสามเหลี่ยม มีด้านเป็นอัตราส่วน 3:4:5 จะได้ระยะฉากที่ต้องการ นิยมใช้กับวัตถุที่เป็นต้นไม้ เสาไฟฟ้า เป็นต้น



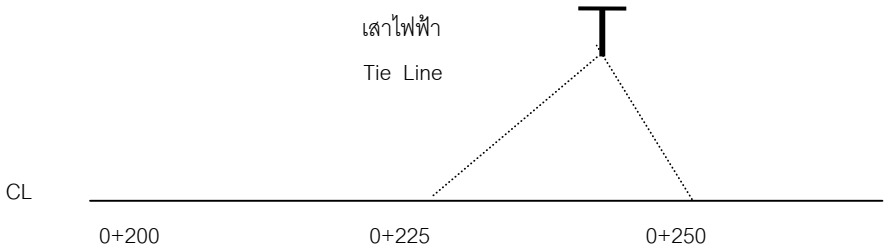
รูปที่ 8-1 แสดงการ offset

2.เส้นฉาก (Swing offset) คล้ายกับเส้นระยะฉากในข้อ 1 แต่วิธีการเหวี่ยงเทปหาระยะที่สั้นที่สุดระหว่างวัตถุกับแนวเส้นตรงจะเป็นมุมฉาก



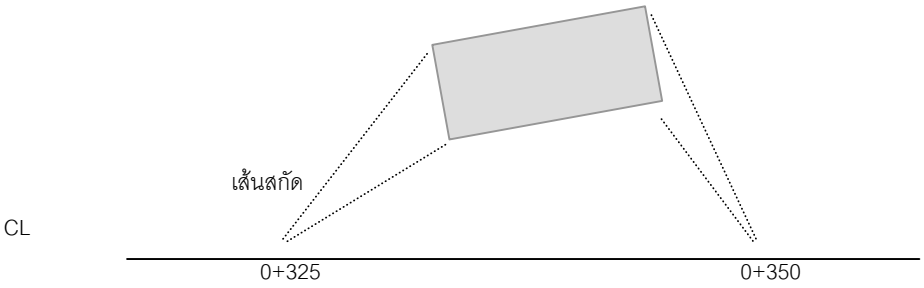
รูปที่ 8-2 แสดงวิธีการหา Swing offset

3.เส้นสกัด โยงยึดระหว่างจุด 2 จุด (Tie) ไปยังวัตถุที่ต้องการจะเก็บรายละเอียด



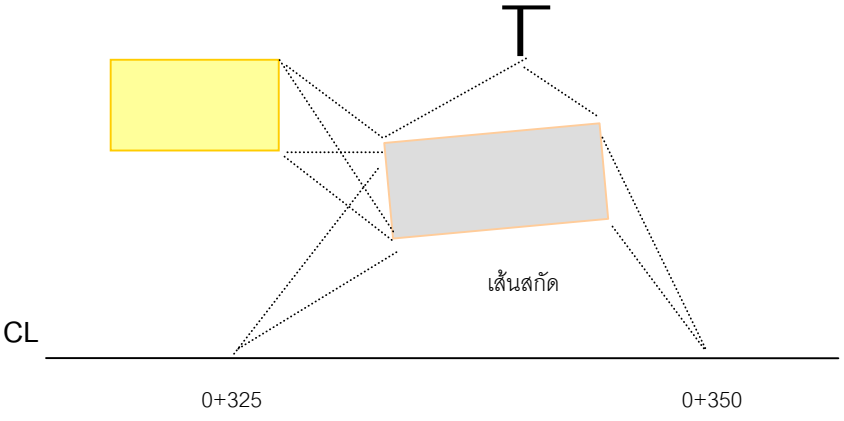
รูปที่ 8-3 แสดงวิธีการเก็บรายละเอียดโดยใช้เส้นสกัด

นอกจากนี้ ยังนิยมใช้เส้นสกัดเก็บรายละเอียดอาคาร , สระน้ำ หรือวัตถุที่มีขนาดกว้าง ,ยาว ด้วยดังรูป



รูปที่ 8-4 แสดงการเก็บรายละเอียดอาคารโดยใช้เส้นสกัด

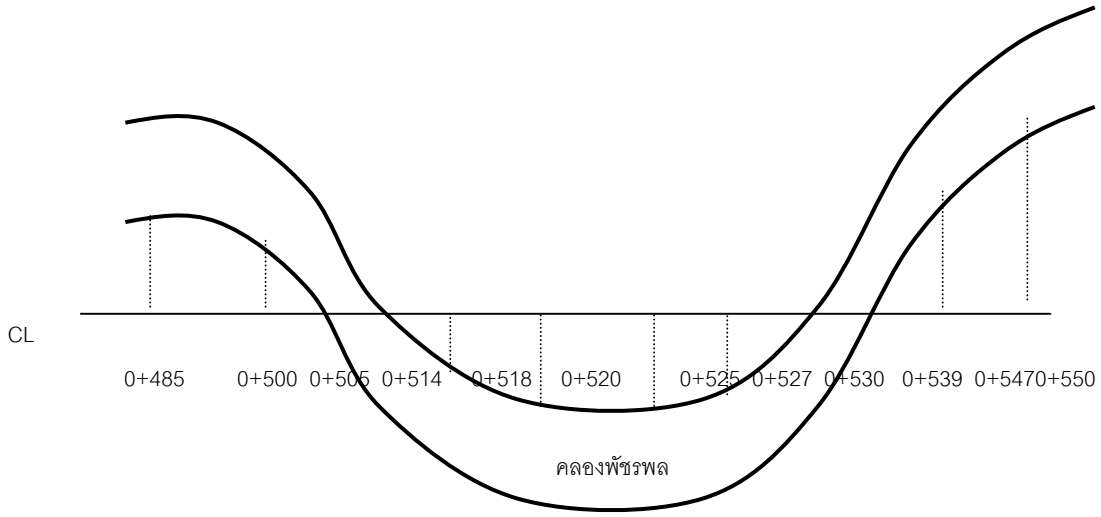
4. การใช้เส้นสกัดเก็บรายละเอียดโยงยึดต่อเนื่องกัน เมื่อไม่สามารถมองเห็นวัตถุที่อยู่ด้านหลังอาคาร แต่จำเป็นต้องเก็บรายละเอียดนิยมใช้ตัวอาคารโยงยึดต่อเนื่องกันไป



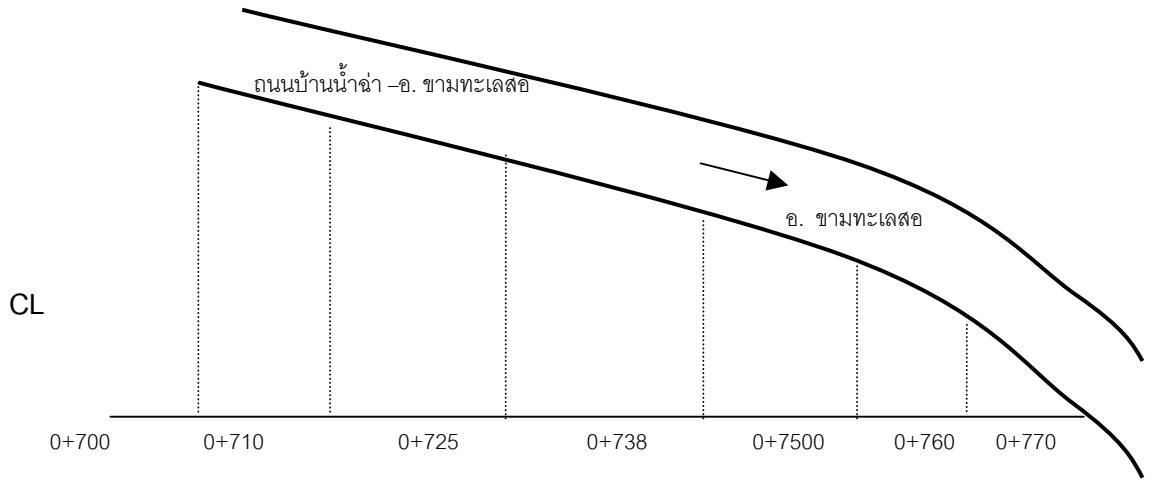
รูปที่ 8-5 แสดงการเก็บรายละเอียดโยงยึดระหว่างตัวอาคารเดียวกัน

5.) **การเก็บรายละเอียดของทางน้ำ ถนน หรือแนวเขตที่มีส่วนโค้งไม่สม่ำเสมอโดยใช้วิธี** Offset

สำหรับทางน้ำ ถนน หรือ แนวเขตที่โค้งกลับไปกลับมา ไม่สม่ำเสมอ คงเก็บรายละเอียดโดยใช้เส้นแยก ดังตัวอย่างข้างล่างนี้



รูปที่ 8-6 แสดงวิธีการเก็บรายละเอียดของทางน้ำ



รูปที่ 8-7 แสดงวิธีการเก็บรายละเอียดถนน

3.2 การเก็บรายละเอียดโดยใช้เครื่องส่องมุมฉาก (Optical Square)

การใช้เครื่องส่องมุมฉากประกอบกับเทปวัดระยะ ใช้ทำนองเดียวกันกับการออกฉากด้วยวิธี Offset แต่การใช้เครื่องส่องมุมฉากจะทำได้สะดวกรวดเร็วและถูกต้องแน่นอนกว่า เครื่องส่องมุมฉากสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเก็บรายละเอียดโดยเฉพาะ คือ การหามุมฉากโดยประมาณของสิ่งต่าง ๆ ในภูมิประเทศ ที่ทำกับเส้นสำรวจ (Traverse , Chain of Tape line) หรือกับเส้นฐานที่เราสร้างขึ้น (Base line) หรือหามุมฉากของสิ่ง 2 อย่าง ที่กระทำต่อกัน ณ จุดที่เรายืนอยู่ สิ่งที่จะเก็บนั้นอยู่ห่างจากเส้นสำรวจ ไม่ควรเกินกว่า 40 เมตร เพราะถ้าระยะยาวมากกว่านี้ ค่าจะผิดพลาดมาก นอกจากทำมุมฉากแล้วเครื่องส่องมุมฉากบางชนิดยังสามารถทำมุม 180 องศา คือ เล็งได้ทั้งซ้ายและขวาในเวลาพร้อม ๆ Optical Square ประกอบด้วยกระจก 5 เหลี่ยม (Pentagonal Prism) มีทั้งแบบชั้นเดียวและ 2 ชั้น ถ้าแบบชั้นเดียวมีแท่ง Prism 1 ตัว ทำมุมได้ 90 องศา แต่ถ้าแบบ 2 ชั้นจะมี Prism 2 ตัว วางซ้อนกันดังรูป ทำมุม 90 องศา ได้ทั้งซ้ายและขวา (คือ ทำมุมได้ 180 องศา) และมองตรงไปข้างหน้า Optical square จะให้ความละเอียดมากกว่า Cross – Staff และใช้สะดวกกว่ามากมีขนาดกระทัดรัดนำติดตัวไปได้ง่าย จึงนิยมกันโดยทั่วไปในการเก็บรายละเอียด

รูปที่ 8 – 8 เครื่องส่องมุมฉาก (Optical square)

1. เครื่องส่องมุมฉาก
2. ภาพที่ปรากฏในเครื่องส่องมุมฉาก และไม้หลักเล็งแนว ที่เห็นนอกเครื่อง
3. แสดงการวัดมุมฉากระหว่างกำแพงกับไม้หลักเล็งแนว
4. ภาพขณะที่ยังไม่ได้ฉาก
5. ภาพแสดงการจับฉาก ซ้าย-ขวาทำมุม 180 องศา

หลักการ จากรูป 8–9 ถ้าส่องให้ C และ D ทับกันแสดงว่า C และ D ทำมุมฉากซึ่งกันและกัน พิสูจน์ใน Δ ABG

มุม ABG = 180 – (45 + α) = 135 - α

BAG = FAH = α ตามกฎการสะท้อนของแสง

รูปที่ 8 –9 หลักการของ Optical Square

HAB = 180 – 2α

และHBA = 180 – 2 (135 - α)

= 2α - 90

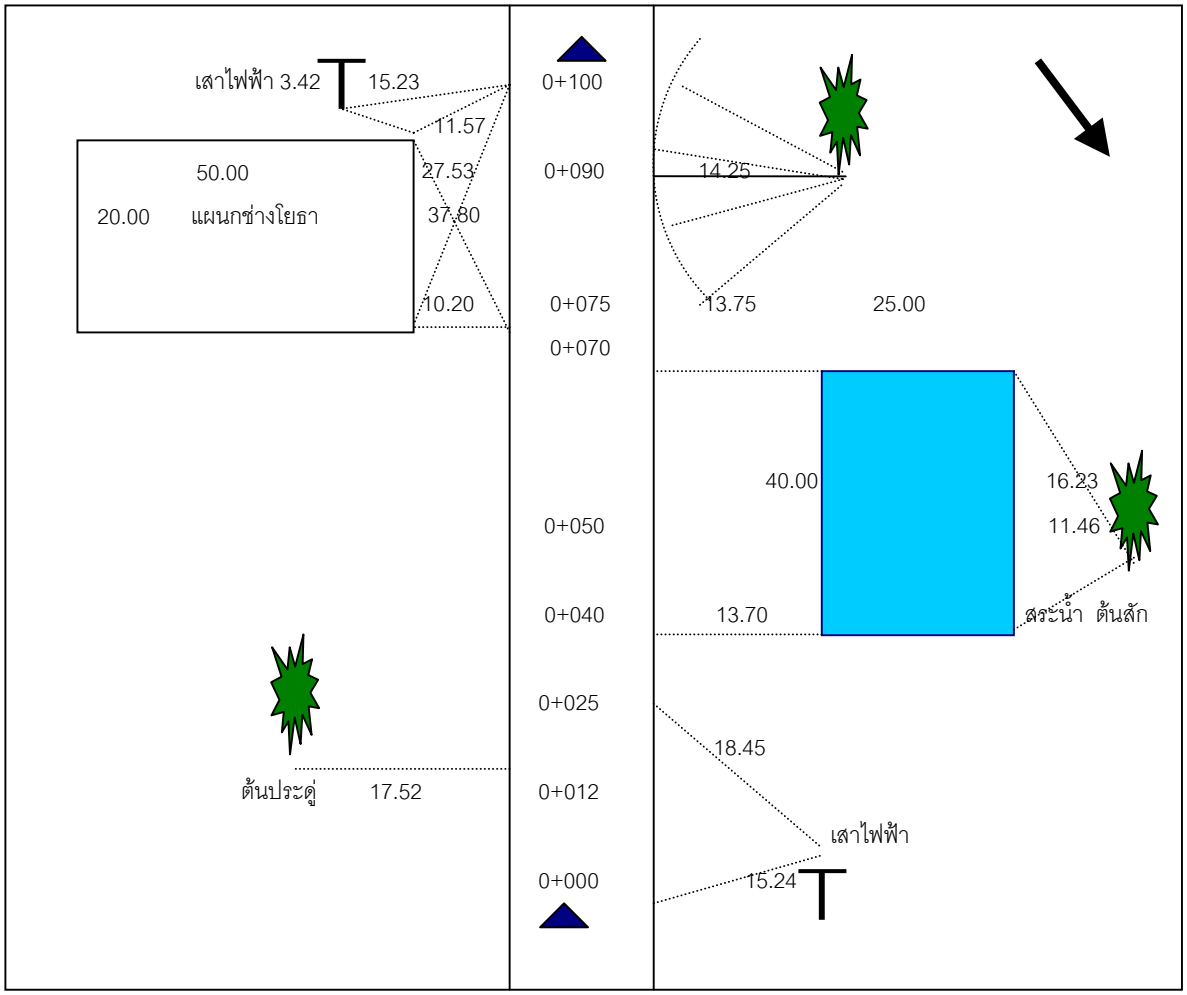
$\therefore$ BHA = 180 – (2α - 90) – (180 - 2α)

= 90 องศา

เครื่องส่องมุมฉากซึ่งใช้ในการหาจุดที่สังเกตต่างๆ ที่ต้องการเก็บรายละเอียด เช่นมุมอาคาร ทำมุมฉากกับเส้นวงรอบ ซึ่งทำได้โดยการปักไม้เล็งแนวไว้ที่หมุดวงรอบ หมุดหนึ่งหมุดใดที่ใกล้กับสิ่งที่เก็บรายละเอียด และปักไม้เล็งแนวอีกอันหนึ่ง ณ จุดที่เป็นมุมจากเคร่าๆก่อน แล้วจึงยกเครื่องส่องมุมฉากขึ้นส่อง โดยเดินหน้าหรือถอยหลัง จนกระทั่งเห็น Pole ทั้งสองอันทับเป็นอันเดียวกัน (Coincidence) ซึ่งแสดงว่าจุดนั้นเป็นจุดฉาก แล้วปักที่หมายไว้เพื่อวัดระยะต่อไป การหาระยะตั้งฉากโดยใช้ Optical square นี้ไม่ควรจะยาวเกิน 40 เมตร

การจดรายการรังวัด

ในการจัดรายการรังวัดนั้น จะกรอกรายการตามแบบฟอร์ม หรือเขียนภาพหวัดแสดงทิศระยะ กำกับ หรือจะใช้ทั้ง 2 วิธีประกอบกันก็ได้ ขอให้มีรายละเอียดเพียงพอที่จะนำมาดำเนินการในขั้นต่อไปในที่ทำการได้สะดวกเท่านั้น การจดรายการรังวัดที่ทำด้วยเข็มทิศและกล้องเรามักจะจดแยกกันระหว่าง รายการรังวัดวงรอบ และรายการรังวัดเก็บรายละเอียดแต่ให้สัมพันธ์กัน นั่นคือถ้ารายละเอียดต่าง ๆ ในภูมิประเทศอยู่ทางด้านซ้ายของเส้นฐานก็ต้องอยู่ทางซ้ายของหมุดวงรอบที่ใช้เก็บรายละเอียด ซึ่งบันทึกลงในสมุดสนาม ทั้งนี้เพื่อการสะดวกหรือการทำแผนที่ในภายหลัง ดังนั้นการจดสมุดสนามสำหรับเก็บรายละเอียด เราจึงมักเริ่มต้นจากส่วนล่างไปหาส่วนบนของกระดาษดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 8-10 แสดงการจดสมุดสนามในการเก็บรายละเอียด

วิธีการปฏิบัติงานในสนาม

1. ขึงเทปในระหว่าง Station 25 เมตร บน Base lineให้ต้นเทปอยู่ที่จุด Station เริ่มต้นโดยวางทาบไว้บนพื้นและปัก Pole ไว้ที่ Station ที่อยู่ปลายเทป.

2. Rodman คนหนึ่งจะถือ Optical square ซึ่งต้องมีดิ่งทิ้งให้ตรงจุดที่ตั้งฉากกับจุดของสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการเก็บ โดยเล็งผ่าน Optical square ไปยัง Pole แล้วเดินไปตามเทปที่วางทาบบนพื้นดิน โดยให้ปลายดึงจาก Optical square อยู่บนเทป เดินหน้าหรือถอยหลังจนเห็น จุดที่ต้องการทับกับ Pole เมื่อเล็งที่ Optical square ทิ้งดิ่งลงมาที่เทปอ่านค่า Station บนเทปจะได้ Station ที่ตั้งฉากกับจุดต้องการเล็ง ทำเครื่องหมายแสดง Station นี้บนผิวพื้นดิน

3. หา Station ที่ตั้งฉากกับจุดที่ต้องการเก็บต่อ ๆ มา โดยทำวิธีเดียวกับข้อ 2 จนหมดระยะเทปที่ขึงไว้

4. เริ่มวัดระยะของจุดที่ต้องการเก็บว่าห่างจาก Base line เท่าใดโดย Rodman คนหนึ่งถือต้นเทปไปยังจุดนั้น ๆ และ Rodman อีกคนหนึ่งถือสายเทปที่ Station ตั้งฉากกับจุดนี้บน Base line และอ่านระยะห่าง ระยะที่ได้เป็นระยะ offset

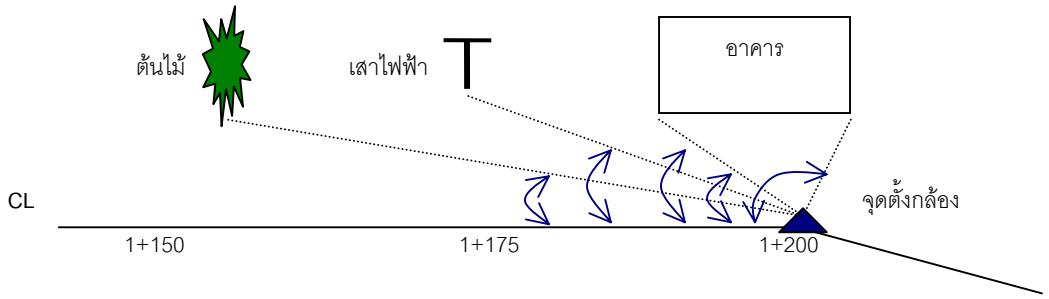
5. ผู้บันทึกข้อมูลบันทึกค่า Station ที่ตั้งฉากกับจุดนั้นและระยะของจุดห่างจาก Base line

6. Rodman วัดระยะห่างของจุดต่าง ๆ ไป และผู้บันทึกข้อมูลก็บันทึกไว้ เขียนรูปลักษณะของสิ่งต่าง ๆ พร้อมทั้งรายละเอียดลงในสมุดสนาม

7. เมื่อกำหนดช่วงเทปที่ขึงในระยะ 25 เมตรแล้ว ก็ทำช่วง Station ต่อไป โดยวิธีเดียวกันตั้งแต่ ข้อ 1 มาตามลำดับ

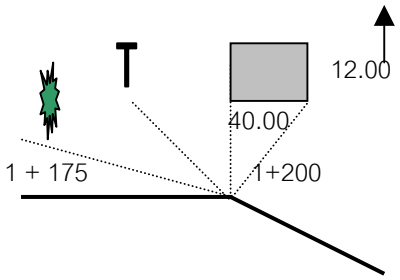
3.3 การเก็บรายละเอียดโดยใช้กล้องวัดมุมกับเทปวัดระยะ

การเก็บรายละเอียดโดยใช้กล้องวัดมุม ทำได้หลายวิธี เช่น การวัดมุมและวัดระยะจากหมุดที่รู้ตำแหน่งและทิศทางแล้ว การเล็งสกัดจากกล้อง 2 เครื่อง การวัดระยะจากหมุดหนึ่งและวัดมุมจากหมุดหนึ่ง แต่วิธีที่นิยมกันคือ การวัดมุมและวัดระยะจากหมุดที่รู้ตำแหน่งและทิศทางแล้ว โดยการวัดมุมจะตั้งค่ามุมราบ 0 องศา ไปยังแนวทาง แล้วเปิดมุมไปยังวัตถุที่ต้องการเก็บรายละเอียด ทำการวัดระยะควบคู่กันไป



รูปที่ 8-11 แสดงการเก็บรายละเอียดด้วยกล้องวัดมุม

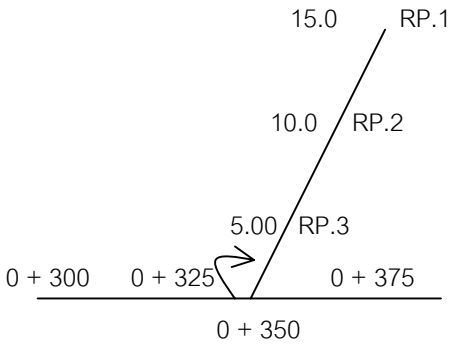
ตารางที่ 8-1 แสดงการบันทึกข้อมูลการเก็บรายละเอียดด้วยกล้องวัดมุม

จุดตั้งกล้อง	ที่หมายเล็ง	ค่ามุมราบ	ระยะ(ม.)	Remarks
PI 1 + 200	1 + 175	00°-00′-00″	-	
	ต้นไม้	30 – 40 – 20	40.50	
	เสาไฟฟ้า	50 – 10 – 40	37.60	
	มุมอาคาร 1	110 – 20 – 50	31.40	
	มุมอาคาร 2	160 – 30 – 00	38.20	

การทำ Spur Line ด้วยกล้องวัดมุม

กล้องวัดมุมนอกจากจะใช้วัดมุมเก็บรายละเอียดแล้ว ยังใช้สำหรับทำหมุดหมายพยาน หรือการทำ Spur Line เพื่อสร้างหมุดหมายพยานหรือสร้างเส้นสำรวจเพิ่มเติม เพื่อเก็บรายละเอียดเมื่อแนวทางนั้นไม่สามารถเก็บรายละเอียดได้ทั้งหมด

ตารางที่ 8-2 แสดงการทำ Spur Line ด้วยกล้องวัดมุม

Sta.	Description	RMKS.	
0 + 400		RN	
0 + 375		RN	
0 + 350	RP, LT, POT	RN	
0 + 325		RN	
0 + 300	RCP. CULVERT	RN	
0 + 275		RN	
0 + 200		RN	

การทำหมุดพยาน

1. หมุดพยานควรใช้ไม้เนื้อแข็งขนาด 2 x 2 นิ้ว หรือ 2 x 3 นิ้ว ตอกเป็นหมุด หรือไม้บนรากไม้ใหญ่หรือบนสิ่งคงทนถาวรอื่น ๆ พร้อมทั้งตอกตะปูเป็นจุดหมาย

2. ควรทำนอกเขตทางระยะห่างของหมุดประมาณ 4 เมตรขึ้นไป

3. ทำให้ตั้งฉากกับแนวทางหรือใกล้เคียงตามแนวความจำเป็น และความเหมาะสม พร้อมทั้งบอกค่าของมุมที่กำกับแนวทางด้วย

4. ถ้าทำข้างเดียวควรทำอย่างน้อย 3 ตัว ถ้าทำสองข้าง ควรทำอย่างน้อยข้างละ 2 ตัว

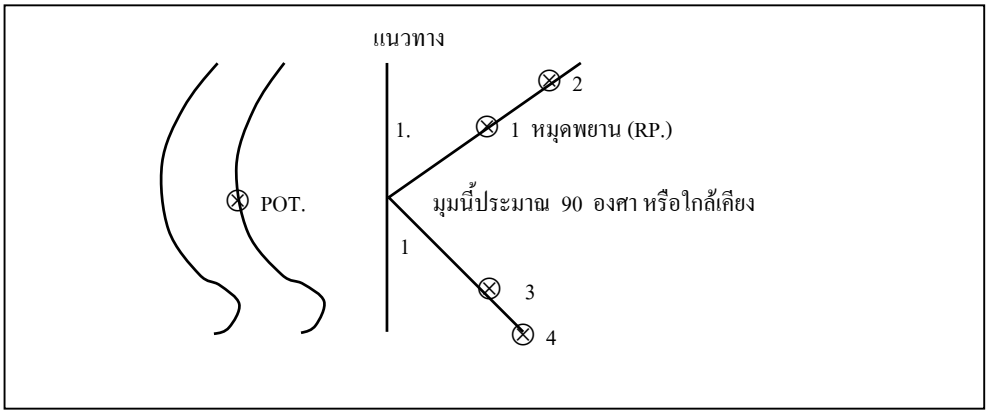
5. หลังถนนราบ ตรง ควรทำห่างกันไม่เกิน 300 เมตร
   ที่ราบในป่า ควรทำห่างกันไม่เกิน 200 เมตร
   ภูเขา ควรทำห่างกันไม่เกิน 150 เมตร

6. ถ้าภูมิประเทศเป็นไหล่เขามีลาดชัน อาจทำหมุดพยานได้อีกวิธีหนึ่ง ดังนี้

   6.1 รังวัดมุม 1 ตอกหมุด 1 และ 2
   รังวัดมุม 2 ตอกหมุด 3 และ 4

   6.2 การวัดระยะจากหัวหมุดถึงอีกหัวหมุดเลย ไม่ต้องเป็นระยะราบที่เคยวัด

   6.3 การหาจุด POT. จะต้องใช้กล้องวัดมุม 2 ชุด ตั้งที่หมุดพยาน 1 หรือ 2 หรือ 3 หรือ 4 เล็งแนว 1 – 2 และ 3 – 4 ตัดกัน จุดตัดจะเป็นจุดที่ต้องการ



รูปที่ 8-12 การทำหมุดพยาน

ระยะหมุดพยาน

1. ใช้เทปที่มีความกว้างน้อย เบา มีความยืดหดน้อย ยาว 25 เมตร

2. วัดระยะให้ละเอียดถึง 0.5 เซนติเมตร

3. กำหนดจุดที่วัดระยะด้วยแนวกล้องวัดมุม ถ้าระยะที่จะวัดเกิน 25 เมตร หรือสูงเกินกว่าจะใช้ลูกดิ่งวัดได้ ต้องตอกหมุดพลางช่วยในการวัดระยะให้ถูกวิธีด้วย ในที่ ๆ มีสิ่งกีดขวางเทป หรือจุดที่จะวัดระยะ 2 จุด ไม่อยู่ในระดับเดียวกัน ต้องใช้ลูกดิ่งประกอบในการวัดยกหัวและท้ายเทปตรงจุดทั้งสองให้อยู่ในระดับเดียวกัน โดยประมาณ

เรื่องที่ 8.2	**ใบงานที่** 8	
วิชา	**การสำรวจเส้นทาง**	**หน่วยที่** 8
ชื่อหน่วย	**การเก็บรายระเอียดสองข้างทาง**	**สอนครั้งที่** 11 **จำนวนคาบรวม** 44
ชื่องาน	**การเก็บรายระเอียดสองข้างทาง**	**จำนวนคาบ** 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถนำวิธีการเก็บรายละเอียดสองข้างทาง ไปใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรายละเอียดสองข้างทาง มาลงที่หมายแผนที่ได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถนำวิธีการตรวจสอบขนาดและตำแหน่งของแผนที่แนวทางได้อย่างถูกต้อง

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1.	กล้องวัดมุม พร้อมขาตั้ง	จำนวน	1	ชุด
2.	เทบวัดระยะ	จำนวน	1	เส้น
3.	ห่วงคะแนน	จำนวน	1	อัน
4.	หลักเล็งแนว(Pole)	จำนวน	2	อัน
5.	ค้อน	จำนวน	1	เต้า
6.	ลูกดิ่ง	จำนวน	1	ลูก
7.	สมุดสนาม	จำนวน	1	เล่ม
8.	เครื่องเขียนและอุปกรณ์	จำนวน	1	ชุด

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

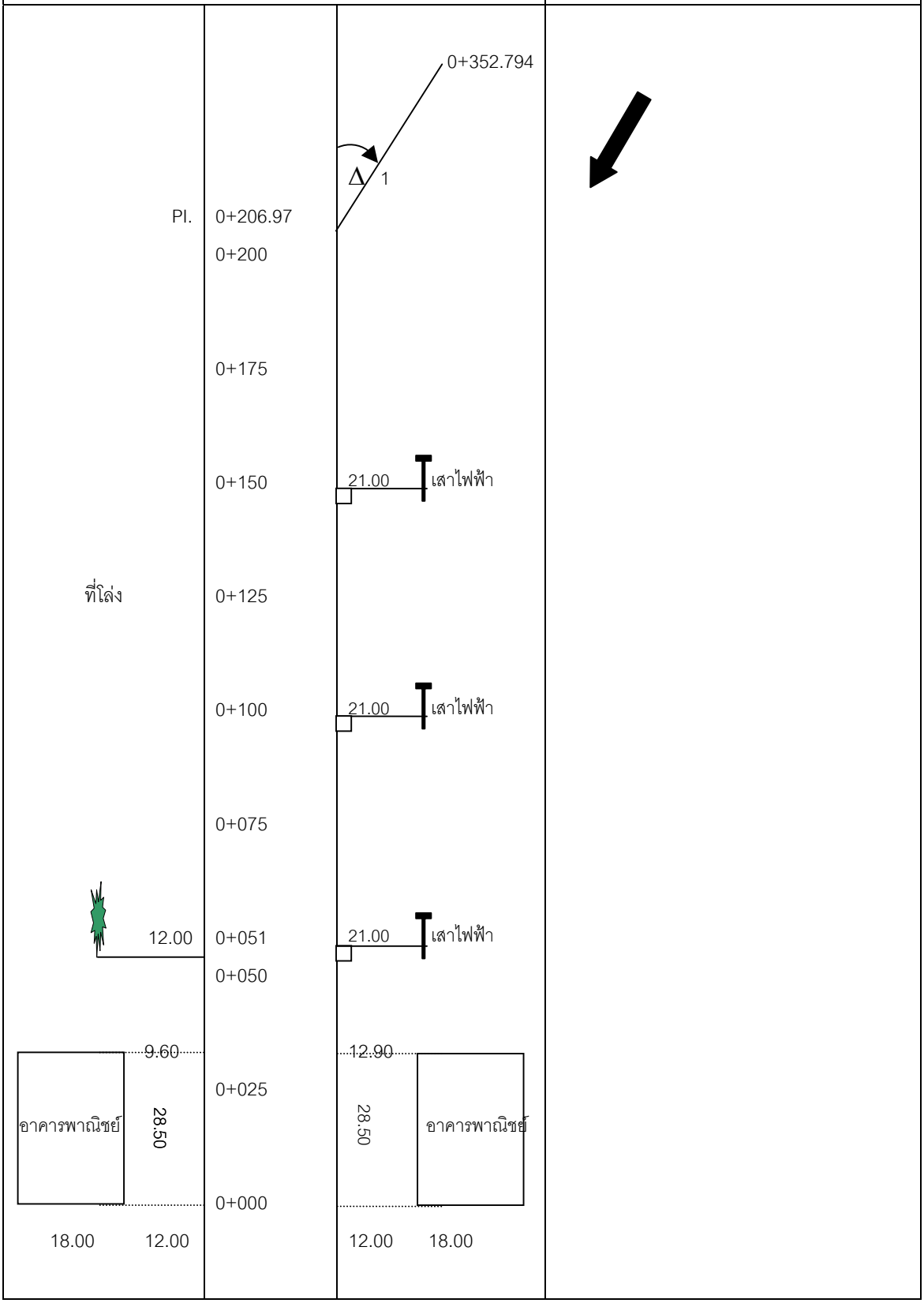
ในการปฏิบัติงานเก็บรายละเอียดสองข้างทางนั้น จะปฏิบัติงานได้จะต้องมีการวางแนวทาง วางโค้ง เสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นจะมีหมุด Sta. ต่างๆอยู่ตามแนวทาง ในการเก็บรายละเอียดให้นักศึกษา ฝึกใช้ทั้ง 3 วิธี

1. การเก็บรายละเอียดในสนาม

1.1 เก็บรายละเอียดช่วง Sta. 0 + 000 – P.I Sta. 0 + 206.97

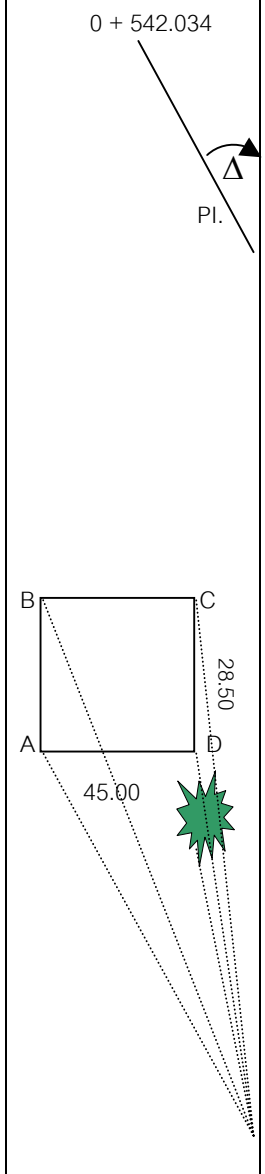
การจดสมุดสนามการเก็บรายละเอียด หน้าที่ 1

DESCRIPTION	REMARKS



1.2 **เก็บรายละเอียดช่วง** Sta. 0 + 206.97 – 0 + 352.794

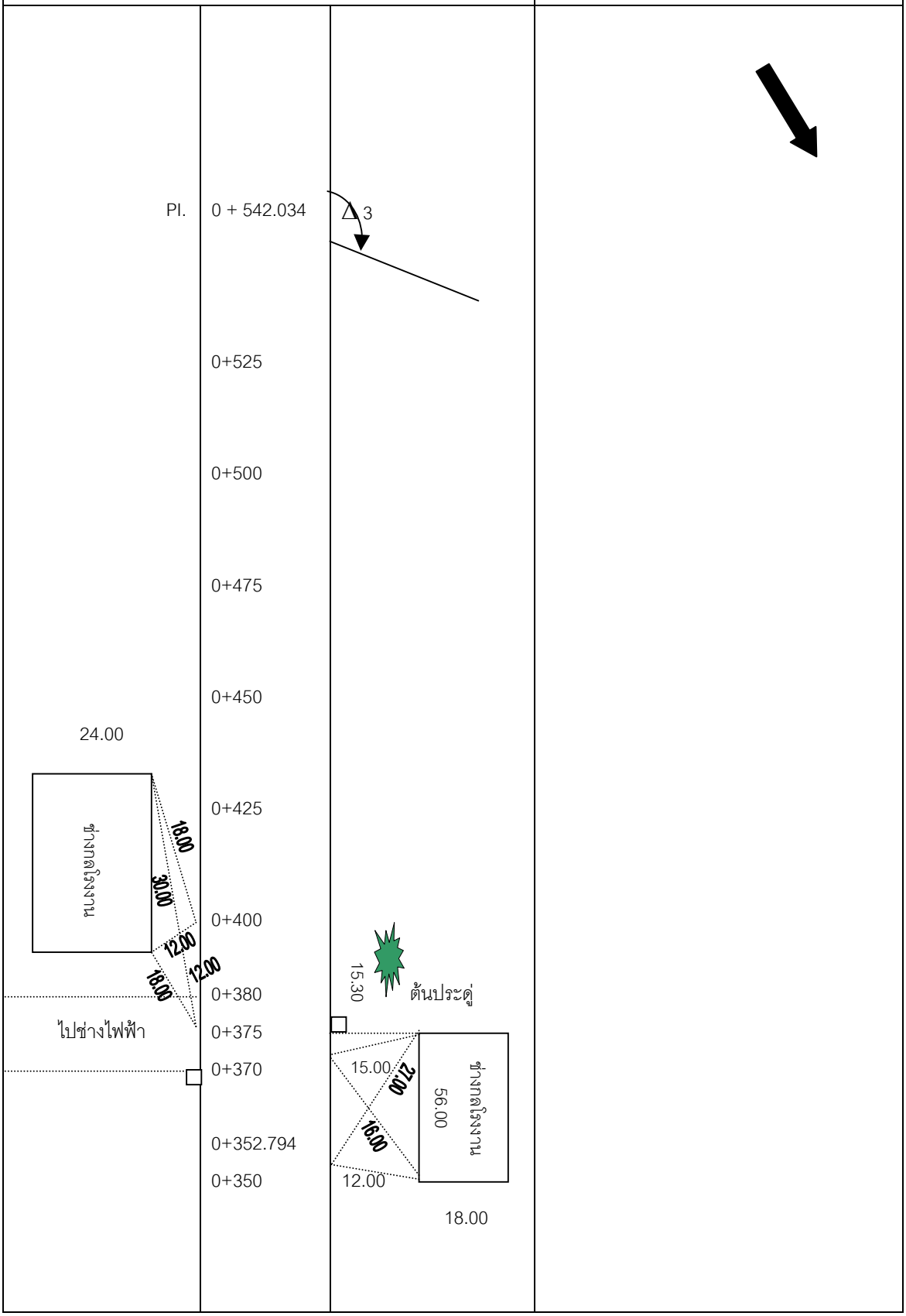
การจดสมุดสนามการเก็บรายละเอียด หน้าที่ 2

DESCRIPTION			REMARKS
	0+352.794 0+350 0+325 0+300 0+275 0+250 0+225 0+206.97		

1.3 **เก็บรายละเอียดช่วง** Sta. 0 + 352.794 – 0 + 542.034

การจดสมุดสนามการเก็บรายละเอียด หน้าที่ 3

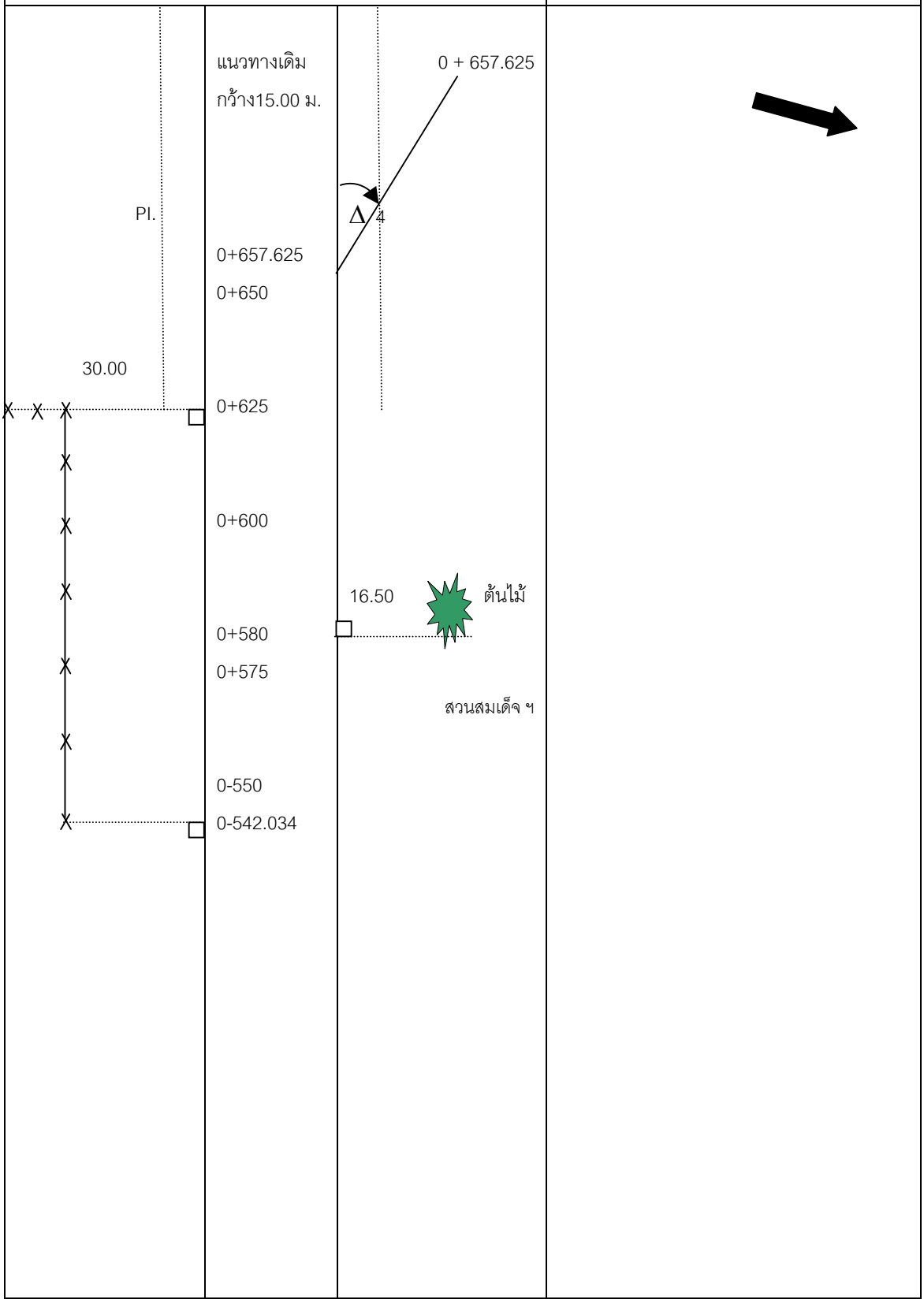
DESCRIPTION	REMARKS



1.4 เก็บรายละเอียดช่วง Sta. 0 + 542.034 – 0 + 657.625

การจดสมุดสนามการเก็บรายละเอียด หน้าที่ 4

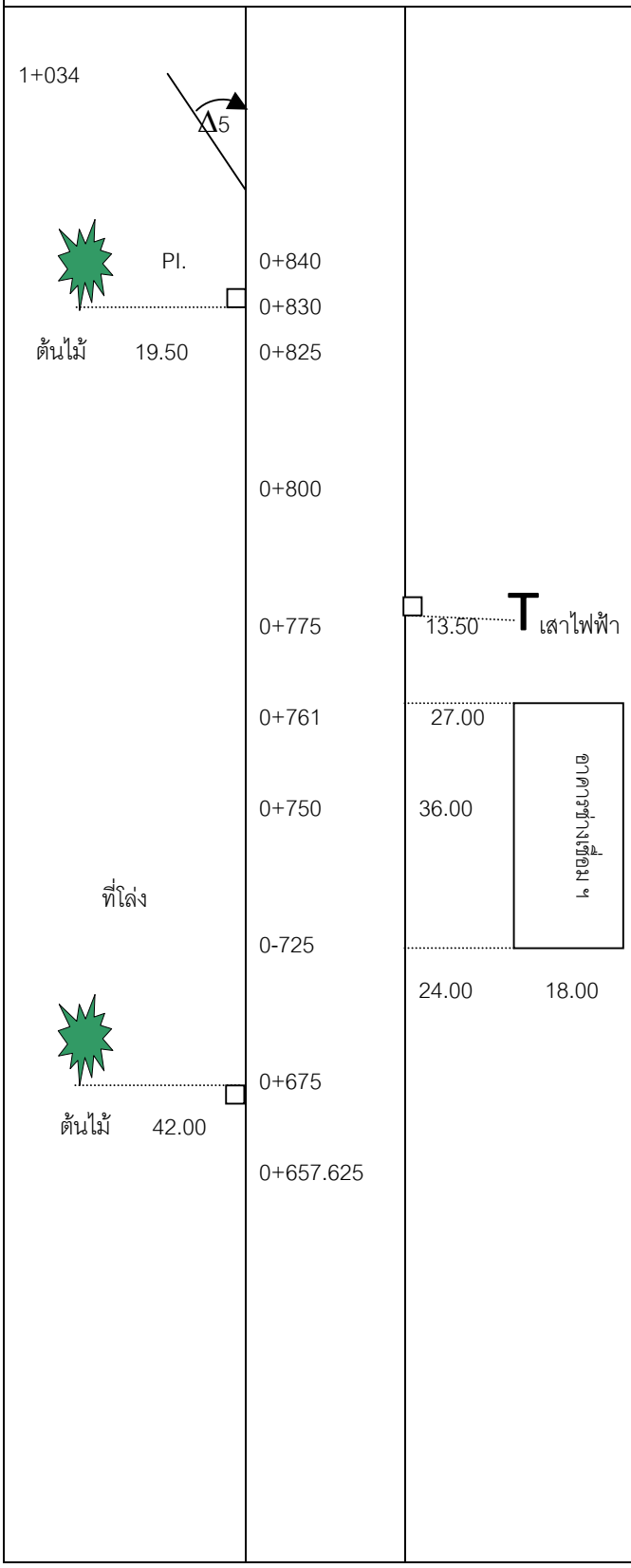
DESCRIPTION	REMARKS



1.5 เก็บรายละเอียดช่วง Sta. 0 + 657.625 – 0 + 840

การจดสมุดสนามการเก็บรายละเอียด หน้าที่ 5

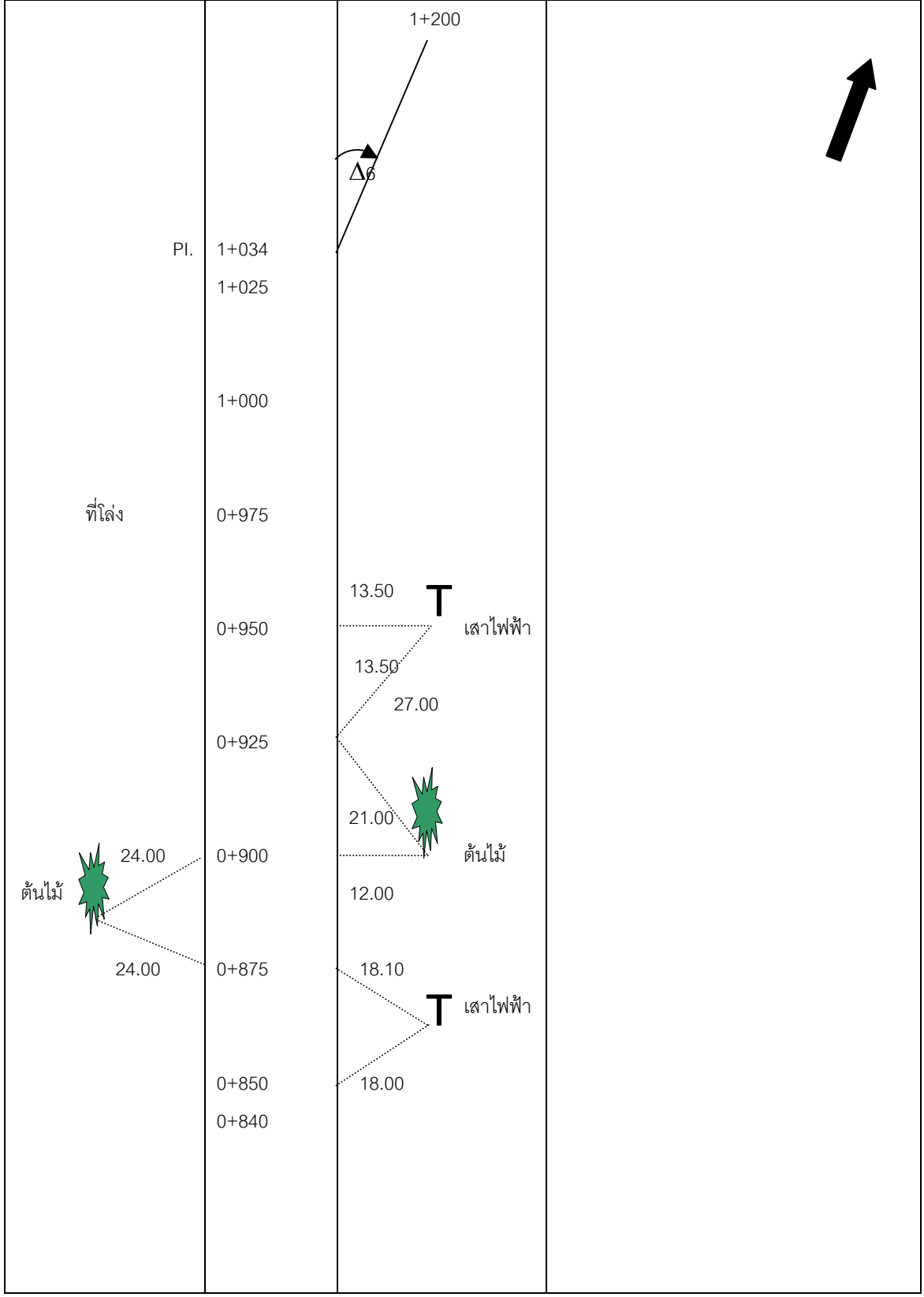
DESCRIPTION	REMARKS



1.6 เก็บรายละเอียดช่วง Sta. 0 + 840 – 1 + 034

การจดสมุดสนามการเก็บรายละเอียด หน้าที่ 6

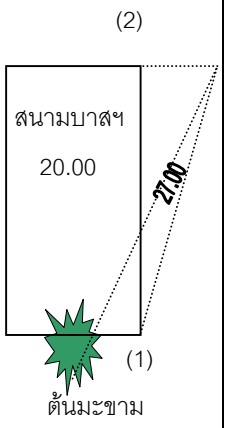
DESCRIPTION	REMARKS



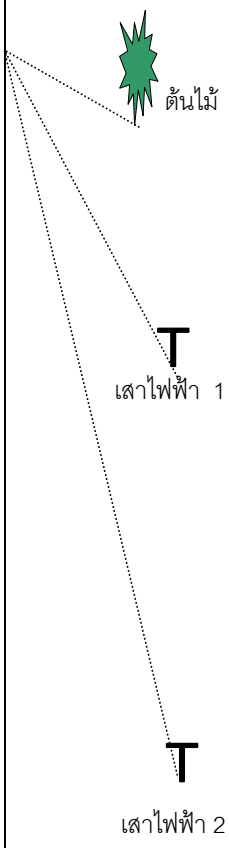
1.7 เก็บรายละเอียดช่วง Sta. 1 + 034 – 1 + 200

การจดสมุดสนามการเก็บรายละเอียด หน้าที่ 7

DESCRIPTION



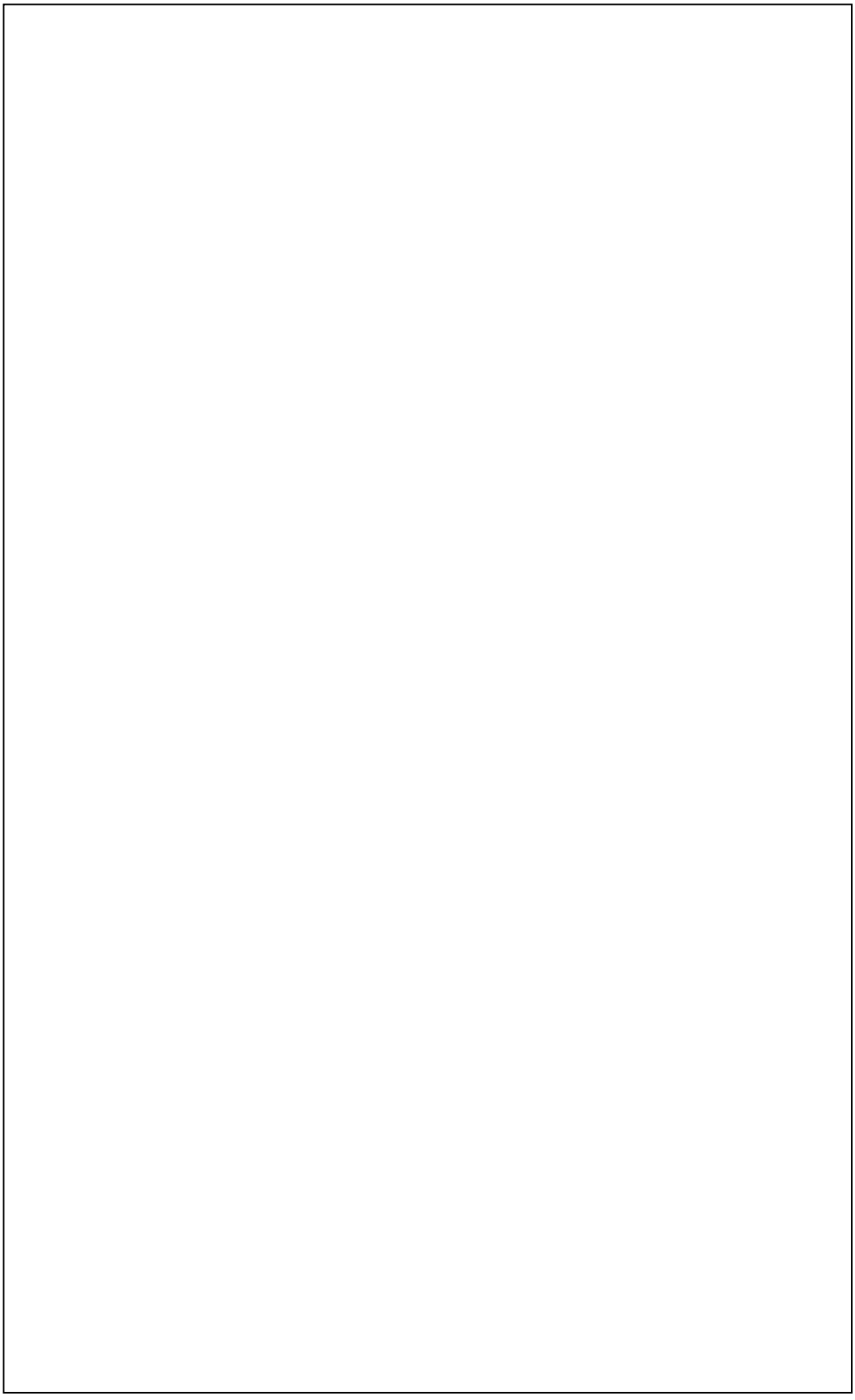
1+200
1+175
1+150
1+125
1+100
1+075
1+050
1+034



REMARKS

จุดตั้งกล้อง	ที่หมายเล็ง	ค่ามุมราบ	ระยะ (ม.)
1+200	1+034	00°00′00″	-
	สนามบาสฯ 1	28 01 00	34.50
	ต้นมะขาม	30 02 00	43.50
	สนามบาสฯ 2	82 05 00	18.00
	ต้นไม้ 1	320 08 00	18.05
	เสาไฟฟ้า 1	348 20 00	48.01
	เสาไฟฟ้า 2	354 30 00	123.01

รายละเอียดแนวทางสายแยกมิตรภาพ - ป้อมยาม



2. การนำข้อมูลรายละเอียดสองข้างทางเขียนลงในแบบแปลน

2.1 การกำหนดมาตราส่วนใช้มาตรส่วนเดียวกันกับแปลน

2.2 การลงรายละเอียด ที่เก็บมาด้วยวิธีการ Offset หรือระยะฉาก ต้องใช้ไม้บรรทัดองศา หรือจานองศาช่วย โดยดูตำแหน่งที่ออกฉากในแปลนให้ตรงกับที่เก็บในสนาม ใช้จานองศาวัด 90° ตั้งฉากกันแนวทาง ออกไปทางซ้ายหรือขวา เป็นระยะเท่าไร เข้ามาตราส่วนให้เรียบร้อยแล้ว ลงที่หมายตำแหน่งของวัตถุที่เก็บมาในแบบแปลน

2.3 การลงรายละเอียดที่เก็บมาด้วยจับวิธีการสกัด โดยใช้วงเวียนหรือ Divider กางให้เท่ากับระยะที่สกัดมาจากภูมิประเทศ โดยเข้ามาตราส่วนให้เรียบร้อย ดูตำแหน่ง Sta. ที่วัดสกัด ให้ตรงในแบบแปลน แล้วกางวงเวียนเป็นรัศมีวงกลมไว้บนแบบแปลน จากนั้นดูเส้นที่สกัดมาเส้นที่ 2 ปฏิบัติทำนองเดียวกัน รัศมีของวงกลมจะตัดกันเป็นตำแหน่งของงวัตถุที่เก็บมาจากสนาม เขียนสัญลักษณ์ลงให้ตรงตามตำแหน่ง

2.4 การลงรายละเอียด ที่เก็บมาโดยใช้กล้องวัดมุมกับเทปวัดระยะลงที่หมายโดยใช้จานองศาวัดค่ามุมจากด้านที่ตั้งค่ามุมราบเป็น 0 องศา ตำแหน่งจะต้องตรงกับสนาม อ่านค่ามุมที่จานเมื่อทาบบนแบบแปลน โดยให้แนว 0°อยู่บนแนวศูนย์กลางทาง อ่านค่ามุมบนจานองศา แล้วขีดทิศทางด้วยดินสอเป็นแนวยาวออกไป ระยะที่วัดได้มาเข้ามาตราส่วน วัดไปตามแนวดินสอนั้น ก็จะได้ตำแหน่งที่วัดมาจากสนาม ลงที่หมายในแบบแปลนได้ตามตำแหน่ง

2.5 เมื่อลงที่หมายเสร็จสิ้นแล้ว ให้เขียนสัญลักษณ์แผนที่ลงที่หมายให้ถูกต้องตรงกัน อาจจะใช้ตัวเลขหรือสัญลักษณ์ก็ได้

2.6 เขียนเส้นคู่ ตามขนาดความกว้างของถนน และเขตทางโดยวัดจากแนวศูนย์กลางทาง ออกไปข้างละ 6.00 เมตร เป็นความกว้างของทาง (กำหนด 12.00 เมตร) และวัดออกไปข้างละ 15.00 เมตร เป็นความกว้างของเขตทาง (กำหนดเขตทาง 30.00 เมตร ตามตัวอย่างที่แสดงจะไม่แสดงเขตทางไว้ เนื่องจากใช้กระดาษ A4 ลงที่หมาย หากเขียนลงไปจะทำให้ข้อมูลอื่นๆ เขียนไม่หมด สำหรับชิ้นงานของ นักศึกษา ให้ใช้กระดาษขนาด A2 สามารถลงที่หมายได้ทั้งหมด)

ข้อควรระวัง

1. การเก็บรายละเอียดและบันทึกลงสมุดสนาม จะต้องให้อ่านง่ายและชัดเจน เพราะคนบันทึกอาจจะไม่ใช่คนที่ลงตำแหน่งที่หมายแผนที่ก็ได้
2. การเปลี่ยนวิธีการเก็บรายละเอียด เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและเครื่องมือ – อุปกรณ์ที่ใช้ การบันทึกข้อมูลจะต้องระมัดระวังจะเกิดการสับสนได้

ข้อเสนอแนะ

1. พยายามเก็บรายละเอียดให้ได้ตามข้อกำหนดมากที่สุด เพื่อการวางแผนงานออกแบบ
2. เมื่อลงที่หมายแผนที่แล้ว ให้นักศึกษานำแบบที่ลงที่หมายแล้ว เดินสำรวจบริเวณแนวทางอีกครั้งหนึ่งสังเกตดูว่ารายละเอียดในภูมิประเทศที่สำคัญๆ ปรากฏอยู่ในแบบแปลนหรือไม่หากไม่มีต้องเก็บรายละเอียดเพิ่มเติม

ใบผลการปฏิบัติ		
วิชา	**การสำรวจเส้นทาง**	**ใบงานที่** 8
หน่วยที่	8 **การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง**	
เรื่อง	**การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง**	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การเลือกวิธีการเก็บรายละเอียดสองข้างทาง ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

2. การบันทึกข้อมูล ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

3. การนำข้อมูลลงที่หมายแผนที่ ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

4. การตรวจสอบตำแหน่งรายละเอียดต่างๆ ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

5. การใช้มาตราส่วนแผนที่ ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง					**ใบงานที่ 8**
หน่วยที่ 8 การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง					
เรื่อง การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง					**จำนวน 4 คาบ**
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การเลือกใช้วิธีการเก็บรายละเอียดได้เหมาะสม 5. การบันทึกข้อมูลลงสมุดสนาม 6. การนำข้อมูลลงที่หมายแผนที่ในแบบแปลนแนวทาง 7. การลงตำแหน่งที่หมายได้ถูกต้อง 8. การตรวจสอบความถูกต้องของมาตราส่วนแผนที่ 9. ความสะอาดในการปฏิบัติงาน 10. ตรวจ เก็บและทำความสะอาดเครื่องมือหลังการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 8

เรื่อง การเก็บรายละเอียดสองข้างทาง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 ข้อใดที่มีความสำคัญที่สุดในการเก็บรายละเอียด

ก. ท่อระบายน้ำ ข. เจดีย์

ค. รั้ว ง. ต้นไม้

1.2 ในการวัดระยะ Offset จากเสาไฟฟ้า มายังเส้นศูนย์กลางทาง เพื่อเก็บรายละเอียดเสาไฟฟ้า โดยจับเทป เป็นรูปสามเหลี่ยม โดยระยะที่จัดตามแนวได้ 6 เมตร ดึงเส้นเฉียงไปยังเสาไฟฟ้า 10 เมตร ระยะฉากจากเสาไฟฟ้า มายัง เป็นเท่าไร

ก. 4 เมตร ข. 6 เมตร

ค. 8 เมตร ง. 10 เมตร

1.3 ดึงระยะจากต้นมะขามต้นหนึ่งมายังแนวศูนย์กลางทางได้ 4 ค่า ระยะใดน่าจะเป็นระยะฉาก

ก. 15.32 เมตร ข. 15.31 เมตร

ค. 15.34 เมตร ง. 15.36 มตร

1.4 วิธีเก็บรายละเอียด ที่ดึงระยะจากจุดที่รู้ตำแหน่ง 2 จุด ไปยังวัตถุที่จะเก็บรายละเอียด เรียกวิธีนี้ว่าอะไร

ก. Offset ข. Swing Offset

ค. Tie line ง. Optical square

1.5 “การเดินหน้าหรือถอย จนกระทั่งเห็น Pole ทั้งสอบอันทับเป็นอันเดียวกัน แสดงว่าจุดนั้นเป็นจุดฉาก” ลักษณะนี้เป็นการเก็บรายละเอียด โดยวิธีใด

ก. Offset ข. Swing Offset

ค. Tie line ง. Optical square

1.6 เส้นที่สร้างขึ้นเพื่อทำเป็นหมุดหมายพยาน หรือใช้เก็บรายละเอียดเพิ่มเติม เราเรียกเส้นนั้นว่าอะไร

. Spur Ling ข. Center Line

ค. Tie Line ง. Reference Line

1.7 การลงที่หมายแผนที่ ที่ต้องใช้ไม้โปรแทรกเตอร์ หรือจานองศา ช่วยในการลงที่หมายคือการเก็บรายละเอียดวิธีใด

ก. Offset ข. Theodolite

ค. Tie line ง. ถูกทั้ง ก และ ข

1.8 การลงที่หมายแผนที่ ที่ใช้วงเวียนช่วยในการลงที่หมาย คือการเก็บรายละเอียดวิธีใด

ก. Offset ข. Swing Offset

ค. Tie line ง. Optical square

1.9 รายละเอียดที่เป็นทางหรือลำน้ำที่คดเคี้ยว ควรใช้การเก็บรายละเอียดวิธีใด จึงจะเหมาะสมที่สุด

ก. Offset ข. Swing Offset

ค. Tie line ง. Optical square

1.10รายละเอียดที่ซ้อนกันอยู่ด้านหลังอาคาร ควรเก็บโดยวิธีใด

ก. ใช้การโยงยึดจากตัวอาคาร ข. Theodolite

ค. Offset ง. Optical Squase

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 Offset หมายถึง .....

.....

.....

2.2 Swing Line หมายถึง .....

.....

.....

2.3 Tie Line หมายถึง .....

.....

.....

2.4 Optical Square วิธีการใช้คือ.....

.....

.....

2.5 การใช้ Theodolite เก็บรายละเอียด.....

.....

.....

2.6 Spur Line หมายถึง .....

.....

.....

2.7 การลงที่หมายโดยวิธี Offset .....

.....

.....

2.8 การลงที่หมายโดยวิธี Tie Line.....

.....

.....

2.9 การลงที่หมายโดยวิธีมุมและระยะ.....

.....

.....

2.10การลงรายละเอียดเขตทาง , คันทาง.....

.....

.....

หน่วยที่ 9
การถ่ายระดับ B.M. (Bench Mark)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 9.1 การถ่ายระดับ B.M.

เรื่องที่ 9.2 ใบงานการถ่ายระดับ B.M.

สาระสำคัญ

1. การกำหนดระดับก่อสร้าง งานก่อสร้างที่เป็นแนวทางยาว ๆ จะต้องมีค่าระดับไว้ใช้อ้างอิงในการให้ระดับก่อสร้างซึ่งหมุดระดับที่สร้างขึ้นนี้ คือหมุดหลักฐานการระดับ (B.M) ซึ่งจะสร้างหมุดนี้ทุก ๆ ระยะประมาณ 500 เมตร หมุดต่าง ๆ เหล่านี้ จะต้องมีความสัมพันธ์กัน โดยการถ่ายระดับ B.M.

2. ในการฝึกปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ในการถ่ายระดับ B.M. การสร้างหมุด B.M. การถ่ายระดับ B.M. การคำนวณตรวจสอบค่าระดับและการนำค่าระดับและตำแหน่ง B.M. ต่าง ๆ เขียนลงในแบบแปลน

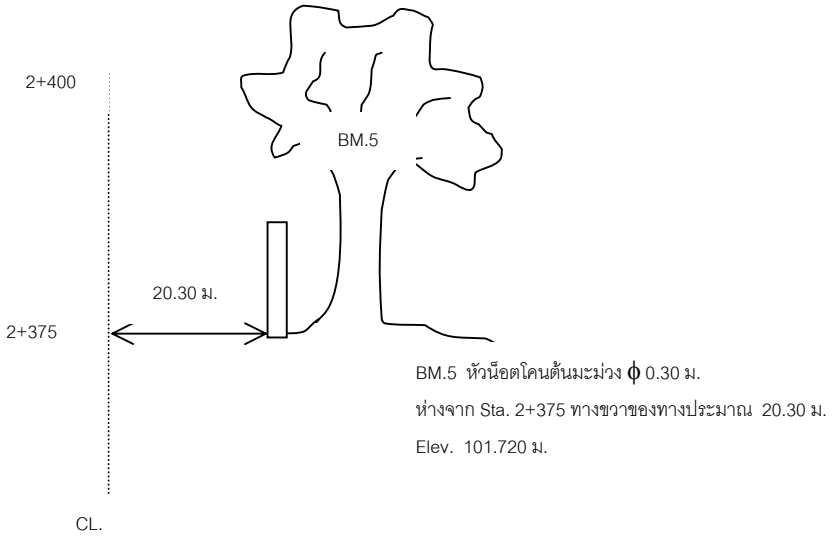
จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการถ่ายระดับ B.M. แบบต่างๆ รวมทั้งการปรับแก้ได้
2. สรุปวิธีการถ่ายระดับ B.M. แบบต่าง ๆ ได้
3. นำวิธีการถ่ายระดับ B.M. ไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 9.1
การถ่ายระดับหมุดหลักฐานการระดับ (BENCH MARK = BM.)

หมุดหลักฐานการระดับเป็นหมุดที่ใช้อ้างอิง ในการกำหนดค่าระดับก่อสร้าง อาจจะเป็นหมุดที่ไว้ชั่วคราว (Temporary Bench Mark = BMT.) โดยเลือกจุดที่เป็นถาวรวัตถุ เช่น รากไม้ โดยใช้ตะปูเล็ก หรือตะปูคอนกรีต ตอกติดกับรากไม้ที่โคนต้น โดยเลือกขนาดต้นที่ใหญ่พอสมควร และอยู่ห่างจากบริเวณก่อสร้าง โดยไม่ถูกรบกวน หรืออาจจะเลือกคอสะพาน มุมอาคารคอนกรีต หรือศูนย์กลางทางเป็นหมุดชั่วคราวก็ได้ การกำหนดค่าระดับสมมตินิยมกำหนดเป็น 100,000 เมตร หรือค่าระดับใกล้เคียงโดยดูจากเส้นชั้นความสูงจากแผนที่ภูมิประเทศ หมุดหลักฐานการระดับชั่วคราวนี้ ทำขึ้นเพื่อใช้สำหรับงานหนึ่งงานใดโดยเฉพาะ

หมุดหลักฐานการระดับถาวร (Principal Bench Mark = MBP.) โดยทั่วไปมักจะหล่อเป็นแท่งคอนกรีตฝังลึกป้องกันการยุบหรือทรุดตัว ปลายบนจุมีแท่งทองเหลืองรูปหัวมนฝังอยู่ค่าระดับจะถ่ายระดับมาจากพื้นหลักฐานการระดับสมบูรณ์ ที่ถ่ายระดับมาจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level = M.S.L.) ซึ่งใช้สำหรับงานวิศวกรรมการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป

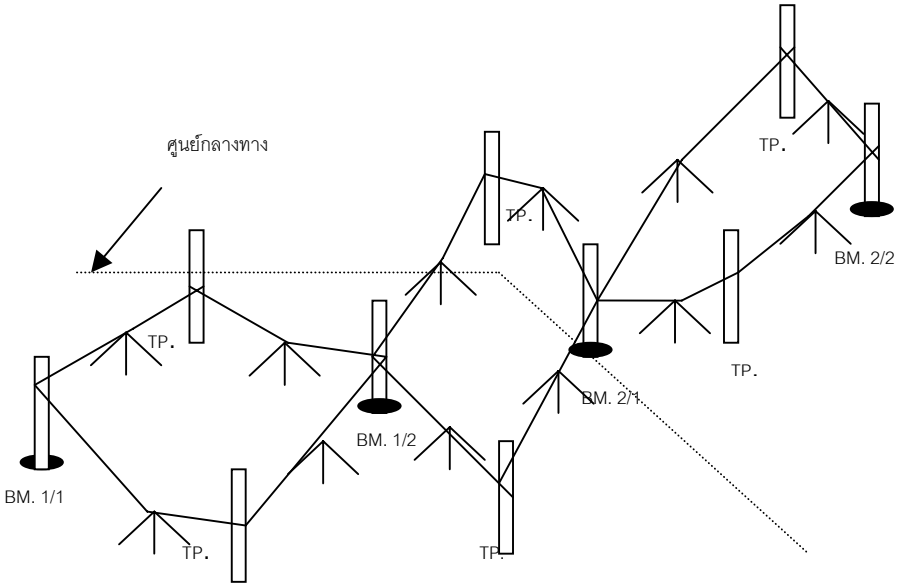


รูปที่ 9.1 แสดงการสร้างหมุดหลักฐานการระดับชั่วคราว

วิธีการถ่ายระดับหมุดหลักฐานการระดับ นิยมใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ

1. การทำระดับแบบไป - กลับ

หมุดระดับที่สร้างขึ้นควรทำทุกๆ ระยะ 500 เมตร และชื่อหมุดมักจะใช้ชื่อระยะทางที่เป็นกิโลเมตรเป็นชื่อหมุด เช่น MB. ½ หมายถึง MB. ช่วง กิโลเมตร 1 ตัวที่ 2



รูปที่ 9.2 แสดงการถ่ายระดับแบบไป-กลับ

ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางที่ 9.1 แสดงสมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 1/1 – MB. ½

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 1/1 – MB ½ ระยะทาง 500 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ 1/1	1.479	101.479	-	100.000	-หัวน๊อตโคนต้นตะขบป่า ∅0.15 ม.
TP.1	1.233	101.430	1.282	100.197	กม. 0+010 ห่างแนวสำรวจไปทางขวา
TP.2	1.177	101.246	1.343	100.087	32.00 ม. ระดับ 100.000 (สมมติ)
MB ½	-		0.616	100.648	
	∈3.889		∈3.241		

ตรวจสอบการคำนวณ

∈ BS. - ∈FS. = Last. Elev. – First. Elev.

3.889-3.241 = 100.648 – 100.000

0.648 = 0.648 OK.

ให้ใช้ค่า BM. 1/1 คือ Elev. 100.000 เป็นค่า Fixed คำนวณค่า BM. ½ อีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 9.2 แสดงสมุดสนามการถ่ายระดับ BM. ½ - BM 1/1

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 1/1 – MB ½ ระยะทาง 500 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ 1/1	0.677	101.331	-	100.654	-หัวน๊อตโคนต้นตะขบป่า ∅0.15 ม.
TP.1	1.521	101.456	1.393	100.938	กม. 0+508 ห่างแนวสำรวจไปทางขวา
TP.2	1.242	101.505	1.196	100.263	20.00 ม.
MB 1/1	-		1.505	100.000	Fixed.
	∈3.440		∈3.241		

- คำนวณค่าระดับ BM. ½ โดยคำนวณย้อนกลับจาก BM. 1/1 (Fixed)

หรือ - คำนวณค่าระดับ BM. ½ โดยใช้สูตร

จาก ∈. - ∈FS. = Lat. Elev. – First. Elev.

Elev. = Last. Elev + ∈F.S - ∈B.S

= 100.00+4.094-3.440

= 100.654 ม.

ตรวจสอบผลงาน

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Pemissible Error) เกณฑ์งานชั้นที่ 3= ±12 มม. $\sqrt{K}$ = ระยะทางเป็น กม. เมื่อระยะทาง BM. 1/1 - BM. ½ = 500 ไป – กลับ = 1000 ม.

$= \frac{1000}{1000} = 1$ กม.

∴ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = ±12 มม. $\sqrt{1}$

= ±12 มม. = 0.012

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 100.684 – 100.654

= 0.006 ม. < 0.012 ม. OK.

∴ ค่าระดับของ BM. ½ $= \frac{100.648+10.654}{2}$

= 100.651 ม.

ตารางที่ 9.3 แสดงสมุดสนามการถ่ายระดับ

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 1/1 – MB ½ ระยะทาง 500 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ 1/1	1.348	101.999	-	100.651	
TP.1	1.474	102.05	1.423	100.576	
MB 2/1	-		0.863	100.639	
	∈2.822		∈2.286		

ตรวจสอบการคำนวณ

∈ BS. - ∈FS. = Last. Elev. – First. Elev.

1.852– 2.37 = 101.639 – 101.184

-0.545 = -0.545 OK.

ให้ใช้ค่า BM. 2/1 คือ Elev. 101.184 เป็นค่า Fixed คำนวณค่า BM. 2/2 อีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 9.4 แสดงสมุดสนามการถ่ายระดับ BM. 2/1 – BM$^{1/2}$

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 1/1 – MB ½ ระยะทาง 500 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM. 2/1	1.015	102.195	-	101.180	
TP.1	1.742	102.514	1.423	100.772	
MB 1/2	-		0.863	100.651	Fixed.
	∈1.757		∈2.286		

- คำนวณค่าระดับ BM. 2/1 โดยคำนวณย้อนกลับจาก BM. ½

หรือ - คำนวณค่าระดับ BM. 2/1 โดยใช้สูตร

จาก ∈BS. - ∈FS. = Last. Elev. – First. Elev.

First. Elev. = Last. Elev + ∈FS. - ∈Bs.

= 100.651+2.286-1.757

= 101.180

ตรวจสอบผลงาน

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Pemissible Error) เกณฑ์งานชั้นที่ 3= $\pm$12 มม. $\sqrt{K}$ เมื่อ K = ระยะทางเป็น กม. เมื่อระยะทาง BM. 1/1 - BM. ½ = 500 ไป – กลับ = 1000 ม.

$\therefore$ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = $\pm$12 มม. $\sqrt{1}$

= $\pm$12 มม. = 0.012

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 101.187 – 101.180

= 0.007 ม. < 0.012 ม. OK.

$\therefore$ ค่าระดับของ BM. ½ = $\frac{101-187-101.180}{2}$

= 101.184 ม.

ตารางที่ 9.5 แสดงสมุดสนามการถ่ายระดับ

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 2/1 – MB 2/2 ระยะทาง 500 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ 2/1	0.836	102.02	-	101.184	
TP.1	1.016	101.939	1.097	100.923	
MB 2/1	-		1.300	100.639	
	∈1.852		∈2.397		

ตรวจสอบการคำนวณ

∈ BS. - ∈FS. = Last. Elev. – First. Elev.

2.822– 2.286 = 101.187 – 100.651

0.536 = 0.536 OK.

ให้ใช้ค่า BM. 1/1 คือ Elev. 101.184 เป็นค่า Fixed คำนวณค่า BM. 2/2 อีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 9.6 แสดงสมุดสนามการถ่ายระดับ BM. 2/2 – BM 2/1

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 2/2 – MB 2/1 ระยะทาง 500 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM. 2/2	1.366	101.996	-	101.630	
TP.1	1.474	1.2.047	1.423	100.573	
MB 1/2	-		0.863	101.184	Fixed.
	∈2.840		∈2.286		

- คำนวณค่าระดับ BM. 2/2 โดยคำนวณย้อนกลับจาก BM. 2/1

หรือ - คำนวณค่าระดับ BM. 2/2 โดยใช้สูตร

จาก ∈BS. - ∈FS. = Lat. Elev. – First. Elev.

First Elev. = Last. Elev + ∈FS. - ∈Bs.

= 101.184+2.286-2.840

= 101.630 ม.

ตรวจสอบผลงาน

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Pemissible Error) เกณฑ์งานชั้นที่ 3= $\pm$12 มม. $\sqrt{K}$ เมื่อ K = ระยะทางเป็น กม. เมื่อระยะทาง BM. 2/1 - BM. 2/2 = 500 ไป – กลับ = 1000 ม.

$\therefore$ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = $\pm$12 มม. $\sqrt{1}$

= $\pm$12 มม. = 0.012 ม.

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 100.639 100.630

= 0.009 ม. < 0.012 ม. OK.

$\therefore$ ค่าระดับของ BM. ½ = $\frac{101.639-100.630}{2}$

= 100.635 ม.

∴ ค่าระดับของ BM. ที่นำไปใช้งาน

BM. 1/1 = 100.00 ม.

BM. 1/2 = 100.651 ม.

BM. 2/1 = 101.184 ม.

BM. 2/2 = 100.635 ม.

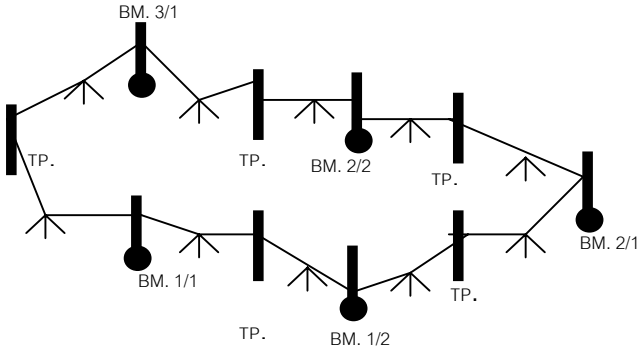
หมายเหตุ

1. หากมีแนวทางที่ยาวหลาย ๆ กิโลเมตร ก็ใช้หลักการเดียวกับสร้าง BM. ต่างๆ ขึ้นตลอดแนวทาง

2. ในการตรวจสอบผลงานหากค่าความผิดมากกว่าเกณฑ์ที่ยอมให้จะต้องเดินสายการระดับใหม่

2. การทำระดับแบบวงจรระดับ (Leveling Circuit)

- การทำระดับวิธีนี้นิยมให้ในกรณีที่แนวทางคดโค้งหรือวกเข้ามาใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้น ดังรูป



รูปที่ 9.3 แสดงการถ่ายระดับแบบวงจรระดับ

ตารางที่ 9.7 แสดงสมุดสนามการถ่ายระดับแบบวงจรระดับ

STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM. 1/1	1.975	101.975	-	100.000	-หัวน็อตโคนต้นตะขบป่า ∅0.10 ม. กม. 0+003
TP.1	2.455	101.668	2.762	99.213	ห่างแนวไปทางขวา 22.25 ม. ระดับ 100.0
MB 1/2	0.837	101.491	1.014	100.654	-หัวน็อตโคนต้นมะม่วง ∅0.60 ม. กม. 0+510
TP. 2	2.700	101.573	2.618	98.873	ห่างแนวไปทางขวา 18.50 ม.
BM. 2/1	0.561	101.751	0.383	101.190	-หัวน็อตโคนต้นมะขาม ∅0.90 ม. กม. 1+010
TP. 3	2.550	101.878	2.423	99.328	ห่างแนวไปทางขวา 32.00 ม.
BM. 2/2	1.396	102.040	1.234	100.644	-หัวน็อตโคนต้นตะขบป่า ∅0.30 ม. กม. 1+490
TP. 4	2.557	102.267	2.330	99.710	ห่างแนวไปทางขวา 27.20 ม.
BM. 3/1	2.472	102.469	2.270	99.997	-หัวน็อตโคนต้นตะขบป่า ∅0.25 ม. กม. 2+000
TP. 5	2.91	102.505	2.355	100.114	ห่างแนวไปทางขวา 21.70 ม.
BM. 1/1	-		2.49	100.015	
∈	19.894		19.879		

ตรวจสอบการคำนวณ

∈ BS. - ∈FS. = Last. Elev. – First. Elev.

19.894 – 19.879 = 100.015 – 100.000

0.015 = 0.015 OK.

ตรวจสอบผลงาน

- ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (เกณฑ์งานชั้นที่ 3) = $\pm$12 มม. $\sqrt{K}$

K = ระยะทางเป็น กม. 0.507 + 0.500 + 0.480 + 0.510 + 0.403

= 2.4 กม.

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = $\pm$12 มม. $\sqrt{2.4}$

= 18.59 มม. = 0.019 ม.

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 0.015 < 0.019 ม. O.K

การปรับแก้ค่าระดับ

โดยการเปรียบเทียบกับระยะทางทั้งหมดต่อความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นและระยะทางในแต่ละช่วงโดยคิดระยะทางสะสมตั้งแต่จุดเริ่มต้น ก็จะหาค่าแก้ได้จากสูตรคือ

$$\text{ค่าปรับแก้} = \frac{\text{ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น X ระยะทางถึง BM.}}{\text{ระยะทางรวมทั้งหมด}}$$

$$= \frac{0.015 \times \text{ระยะทางสะสม}}{2.4}$$

ตารางที่ 9.8 แสดงการปรับแก้วงจรระดับ

STA	ระยะทาง (กม.)	ระยะทาง สะสม	Elev. ที่ คำนวณได้	ค่าแก้ (-)	ค่า Elev. ที่ ปรับแก้แล้ว
BM. 1/1	-	-	100.000	0	100.000
BM. ½	0.507	0.507	100.654	0.003	100.651
BM. 2/1	0.500	1.007	101.190	0.006	101.184
BM. 2/2	0.480	1.487	100.644	0.009	100.635
BM. 3/1	0.510	1.997	99.997	0.012	99.985
BM. 1/1	0.403	2.400	100.015	0.015	100.000

เกณฑ์ตรวจรับงานระดับแบ่งเป็นชั้นต่างๆ ดังนี้คือ

งานชั้นที่ 1 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ $\pm$4 มม. $\sqrt{K}$

งานชั้นที่ 2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ $\pm$8 มม. $\sqrt{K}$

งานชั้นที่ 3 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ $\pm$12 มม. $\sqrt{K}$

งานชั้นที่ 4 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ $\pm$25 มม. $\sqrt{K}$

เมื่อ K คือระยะทางการทำระดับเป็นกิโลเมตร

ในงานก่อสร้างทั่วๆ ไป เกณฑ์ของงานระดับจะอยู่ในงานชั้นที่ 3 คือ $\pm$12 มม. $\sqrt{K}$

รายละเอียดแนวทางสายแยกมิตรภาพ - ป้อมยาม

.

เรื่องที่ 9.2	**ใบงานที่** 9
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**หน่วยที่** 9
	สอนครั้งที่ 12
ชื่อหน่วย การถ่ายระดับ BM.	**จำนวนคาบรวม** 48
ชื่องาน การถ่ายระดับ BM.	**จำนวนคาบ** 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถบอกวิธีการถ่ายระดับ BM. แบบต่างๆ รวมทั้งการปรับแก้ได้
2. สามารถสรุปวิธีการถ่ายระดับ BM. แบบต่างๆได้
3. สามารถนำวิธีการถ่ายระดับ BM. ไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. กล้องระดับพร้อมขา จำนวน 1 ชุด
2. ไม้วัดระดับ จำนวน 2 อัน
3. ร่ม จำนวน 1 คัน
4. ฐานรองไม้วัดระดับ จำนวน 2 อัน
5. ค้อน จำนวน 1 เต้า
6. สมุดสนาม จำนวน 1 เล่ม

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. เลือก BM. ตามแนวทางที่วางไว้
   - BM. 1/1 ค่าระดับที่โคนเสาไฟฟ้า sta. 0+050 ทางขวาทาง 12.50 ม. Elev. สมมติ 100.000 ม.
   - BM. ½ ค่าระดับบนหัวตะปู โคนต้นประดู่ ∅ 0.15 ม. sta. 0+380 ทางขวา 15.30 ม.
   - BM. 2/1 ค่าระดับบนหัวตะปู โคนต้นมะขาม ∅0.10 ม. sta. 1+185 ทางซ้ายทาง 10.70 ม.
2. ถ่ายระดับ หาค่า BM. ½ และ BM. 2/1

2.1 ถ่ายระดับหาความสูงต่างระหว่าง BM. 1/1 กับ BM. ½ โดยเดินระดับ ไป-กลับ ตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ของงานชั้นที่3หรือไม่หากค่าความคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์จะต้องเริ่มปฏิบัติงานใหม่ หากอยู่ในเกณฑ์ของงานก็ปรับแก้ค่า BM. ½ แล้วนำไปใช้งานต่อไป เมื่อได้ค่า BM. 2/1 ที่ปรับแก้แล้วก็ใช้ค่า BM. ½ เป็นค่าแรกออก ถ่ายระดับหาความสูง ต่างระหว่าง BM. ½ โยใช้หลักการเดียวกันกับข้อ 2.1

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 1/1 – MB ½ ระยะทาง 380 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ 1/1	0.242	100.424	-	100.000	-ค่าระดับที่โคนเสาไฟฟ้า sta. 0+050 ทางขวาทาง12.50ม.Elev. 00.00 (Assumed)
TP.1	0.500	100.424	0.500	99.924	
TP.2	0.650	100.874	0.200	100.224	
TP. 3	0.150	100.324	0.700	100.174	
MB 1/2	-	-	0.400	99.924	- ค่าระดับบนตัวตะปู โคนต้นประดู่ ∅ 0.15 ม. sta.0+380ทางขวาทาง15.30 ม.
	∑1.724		∑1.800		

ตรวจสอบการคำนวณ

$\sum$ BS. - $\sum$FS. = Last. Elev. – First. Elev.

1.724-1.800.1.1 = 99.924 – 100.000

-0.076 = -0.076 OK.

การถ่ายระดับ BM. ½ - BM. 1/1

ให้ใช้ค่า BM. 1/1 คือ 100.000 เป็นค่า Fixed คำนวณหาค่า BM. ½ อีกครั้ง

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. ½ – MB 1/1 ระยะทาง 380 เมตร					
STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ ½	0.210	100.126	-	99.916	
TP.1	0.500	99.700	0.962	99.200	
TP.2	0.400	99.400	0.700	99.000	
TP. 3	0.900	100.100	0.200	99.200	
MB 1/1	-	-	0.100	100.000	- Fixed
	∑2.010		∑1.926		

ตรวจสอบการคำนวณ

$\sum$ BS. - $\sum$FS. = Last. Elev. – First. Elev.

2.10 – 1.926 = 100.000 - 99.916

0.084 = 0.084 OK.

- ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = $\pm$12 มม. $\sqrt{K}$ (เกณฑ์งานชั้นที่ 3)

ระยะทาง 380 ม. = 760 ม.

= 0.760 กม.

= $\pm$12 มม. $\sqrt{0.760}$

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 99.924 – 99.916

= 0.008 < 0.012 ม.

$\therefore$ ค่า BM ½ ที่นำมาใช้งาน = $\frac{99.924 - 99.916}{2}$

= 99.92 ม.

- ใช้ค่า BM. ½ เป็นค่าแรกออก ถ่ายระดับหาค่าความสูง BM. 2/1

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. ½ – MB 2/1 ระยะทาง 805 เมตร

STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ ½	0.450	100.370	-	99.920	
TP.1	0.550	100.520	0.400	99.970	
TP.2	0.287	100.420	0.387	100.133	
TP. 3	0.565	100.565	0.420	100.000	
MB 2/1	-		0.360	100.205	- ค่าระดับบนตัวตะปู โคนต้นมะขาม$\varnothing$ 0.10 ม. sta.1+185 ทางซ้ายทาง 10.70 ม.
	$\in$1.852		$\in$1.567		

ตรวจสอบการคำนวณ

∈ BS. - ∈FS. = Last. Elev. – First. Elev.

1.852– 1.567 = 100.205 - 99.920

0.285 = 0.285 OK.

ให้ใช้ค่า BM. ½ คือ Elev. 99.920 เป็นค่า Fixed คำนวณหาค่า BM. 2/1 อีกครั้งหนึ่ง

สมุดสนามการถ่ายระดับ MB. 2/1 – MB ½ ระยะทาง 805 เมตร

STA	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM/ ½	0.675	100.870	-	100.195	
TP.1	0.730	100.939	0.661	100.209	
TP.2	0.606	100.682	0.863	100.076	
MB 2/1	-		0.762	99.920	Fixed
	∈2.011		∈2.286		

- คำนวณหาค่าระดับ BM. 2/1 โดยคำนวณย้อนกลับจาก BM. ½ (Fixed)

หรือ - คำนวณค่าระดับ BM. 2/1 โดยสูตร

จาก ∈ BS. - ∈FS. = Last. Elev. – First. Elev.

First. Elev. = Last. Elev. – ∈ BS. - ∈FS.

= 99.920 + 2.286 – 2.011

= 100.195 ม.

- ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = $\pm$12 มม. $\sqrt{K}$ (เกณฑ์งานชั้นที่ 3)

ระยะทาง 805 ม. = 1610 ม.

= 1.61 กม.

= $\pm$12 มม. $\sqrt{1.61}$

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 100.205 – 100.195

= 0.01 < 0.015 ม.

$\therefore$ ค่า BM 2/1 ที่นำมาใช้งาน = $\frac{100.205+100.195}{2}$

= 100.200 ม.

3. นำค่าระดับที่คำนวณได้ เขียนลงในแบบแปลน โดยเขียนลงให้ตรงตำแหน่ง จากข้อ 1

และแสดงค่าระดับพร้อมทั้งรายละเอียดลงในแบบแปลน คือ

- BM. 1/1 ค่าระดับที่โคนเสาไฟฟ้า sta. 0+050 ทางขวาทาง 12.50 ม. Elev. 100.000 ม. (Assumed)
- BM. ½ ค่าระดับบนหัวตะปู โคนต้นประดู่ ∅ 0.15 ม. sta. 0+380 ทางขวา 15.30 ม. Elev. 99.920 ม.
- BM. 2/1 ค่าระดับบนหัวตะปู โคนต้นมะขาม ∅0.10 ม. sta. 1+185 ทางซ้ายทาง 10.70 ม. Elev. 100.200 ม.
-

ข้อควรระวัง

1. จุด TP. ที่เลือกควรเป็นจุดที่แข็งแรงไม่ทรุดง่ายและควรใช้ Foot Plate รองไม้วัดระดับ
2. การอ่านไม้วัดระดับ ต้องปรับสายใยให้ชัดเจน เพื่อขจัดภาพเหลื่อม
3. กล้องที่ใช้เป็นกล้องระบบอะไรต้องศึกษาก่อน หากเป็นระบบอัตโนมัติเมื่อตั้งฟองกลมแล้ว ก็ส่องอ่านค่าได้เลย หากเป็นกล้องระบบที่มีควงยกระดับฟองยาว จะต้องปรับ Tilting Screw ทุกครั้งก่อนอ่าน โดยฟองยาวที่ปรากฏเมื่ออยู่กึ่งกลางจะเห็นรูปลักษณะเขาความตรงกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรหลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานช่วงแดดจัด เพราะการหักเหของแสงจะทำให้การอ่านค่าผิดพลาดได้

2. ควรทำไม้หน้าและไม้หลังให้เท่ากัน เพื่อแก้กล้องที่มี [1]Collimation Error ที่ยังไม่ได้ปรับแก้ , ความโค้งของโลก, การหักเหของแสง เนื่องจากค่าไม้หลังจะนำมาบวก ค่าไม้หน้าจะนำมาลบ หากไม้หน้า – ไม้หลังเท่ากัน ค่าที่เกิดจากความผิดดังกล่าวจะหักล้างกันหมดไป ก็จะได้ค่าที่ถูกต้อง

[1]Collimation Error หมายถึง ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากแกนของกล้องไม้ขนานกับแกนของหลอดระดับ

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 9**

หน่วยที่ 9

เรื่อง การถ่ายระดับ BM.

ผลการปฏิบัติงาน

1. การเลือก BM. ต่างๆ ตามรายทาง

❑ ใช้ได้

❑ ไม่เหมาะสม

2. การบันทึกข้อมูลการถ่ายระดับ B.M

❑ ใช้ได้

❑ ไม่เหมาะสม

3. การคำนวณหาค่าระดับ BM. ต่าง ๆ ตามรายทาง

❑ ใช้ได้

❑ ไม่เหมาะสม

4. การตรวจสอบการคำนวณ และความถูกต้องของงาน

❑ ใช้ได้

❑ ไม่เหมาะสม

5. การเขียนตำแหน่ง และค่าระดับลงใน แบบแปลน

❑ ใช้ได้

❑ ไม่เหมาะสม

บันทึก

……

……

……

……

……

……

……

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง					**ใบงานที่** 9
หน่วยที่ 9 การถ่ายระดับ BM.					
เรื่อง การถ่ายระดับ BM.					**จำนวน** 4 **คาบ**
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การเลือก BM. ตามรายทางได้อย่างเหมาะสม 5. การบันทึกข้อมูล 6. การคำนวณค่าระดับ 7. การตรวจสอบการคำนวณ 8. การตรวจสอบความถูกต้องงาน 9. การเขียนตำแหน่งและค่าระดับลงในแบบแปลน 10. ตรวจ เก็บ และทำความสะอาดเครื่องมือหลังการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....**น.สิ้นสุด**..... **น.รวม**..... **นาทีได้คะแนน** (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**					

แบบฝึกหัดที่ 9

เรื่อง การถ่ายระดับ BM.

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 เหตุใดจึงต้องถ่ายระดับ BM. แบบไป – กลับ

. เพื่อความแน่นอน

. เพื่อตรวจสอบการคำนวณ

. เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการถ่ายระดับ

. เพื่อตรวจสอบค่าระดับ

1.2 เกณฑ์ของงานระดับ ที่ต้องการความละเอียดมากที่สุด คือข้อใด

ก. ± 2 มม. $\sqrt{K}$ ข. ± 4 มม. $\sqrt{K}$

ค. ± 8 มม. $\sqrt{K}$ ง. ± 12 มม. $\sqrt{K}$

1.3 หากแนวทางคดโค้ง วกเข้ามาใกล้กับจุดเริ่มต้น ควรหาค่าระดับ BM. ตามขายทาง โดยวิธีใด

. ถ่ายระดับไปเที่ยวเดียวก็พอ ข. ถ่ายระดับแบบไป – กลับ

ค. ถ่ายระดับแบบโครงข่ายระดับ ง. ถ่ายระดับแบบวงจรระดับ

1.4 สูตรที่ใช้ในการตรวจสอบค่าระดับคือข้อใด

ก. $\in$ BS. - $\in$FS. = Last. Elev. – First. Elev.

ข. $\in$ BS. + $\in$FS. = Last. Elev. + First. Elev.

ค. $\in$ BS. - $\in$FS. = Last. Elev. – First. Elev.

ง. $\in$ FS. - $\in$BS. = Last. Elev. – First. Elev.

จากตารางข้อมูลที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อ 1.5-1.7

sta	BS.	HI.	FS.	Elev.	Remark
BM. 1	1.520	51.403	-	49.883	
TP. 1	1.535	41.473	1.465	49.938	
TP. 2	1.472	51.730	1.215	50.258	
TP. 3	1.650	51.660	1.720	50.010	
BM. 2	-	-	1.460	50.200	
	6.177		5.860		

First Elev. = 50.200 + 5.860 – 6.177

= 49.883

1.5 ค่า Elev. ของ TP. 2 คือเท่าไร

ก. 49.883 ม. ข. 49.983 ม.

ค. 50.010 ม. ง. 50.258 ม.

1.6 ค่า Elev. ของ BM. 1 คือเท่าไร

ก. 49.883 ม. ข. 49.983 ม.

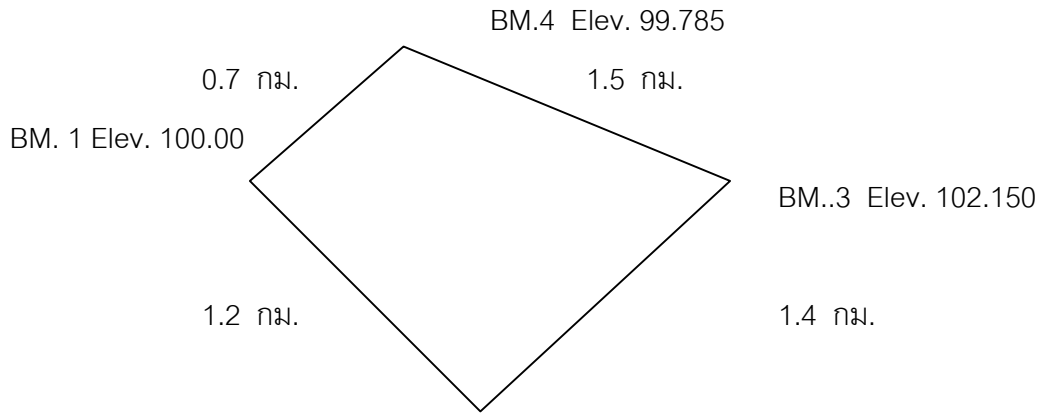
ค. 50.010 ม. ง. 50.258 ม.

1.7 ค่าความสูงของการตั้งกล้อง (HI) ครั้งที่ 3 คือเท่าไร

ก. 51.403 ข. 51.473

ค. 51.660 ง. 51.730

จากการถ่ายระดับ BM. โดยวิธีวงจรระดับ ได้ข้อมูลดังรูป โดยถ่ายออกจาก BM. 1 Elev. 100.000 และเข้าบรรจบ BM. 1 ได้ Elev. 100.035 จงตอบคำถามข้อ 1.8-1.10



1.8 ค่า Elev. ของ BM. 2 ที่ปรับแก้แล้ว คือข้อใด

ก. 101.181 ข. 101.191 ค. 101.201 ง. 101.220

1.9 ค่า Elev. ของ BM. 3 ที่ปรับแก้แล้ว คือข้อใด

ก. 102.131 ข. 102.140 ค. 102.167 ง. 102.189

1.10 ค่า Elev. ของ BM. 4 ที่ปรับแก้แล้ว คือข้อใด

ก. 99.756 ข. 99.775 ค. 99.755 ง. 99.815

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 BMT. หมายถึง……..

……

2.2 BMP. หมายถึง…….

……

2.3 M.S.L. หมายถึง…….

……

2.4 เหตุที่ต้องทำระดับ BM. แบบไป – กลับ เพราะ……...

…….

.

2.5 การตรวจสอบการคำนวณ ทำดังนี้คือ……..……..

……

2.6 การตรวจสอบผลงาน ทำดังนี้คือ……...

……

2.7 วงจรระดับ นิยมใช้ในบริเวณงานทางที่……..…….

……

2.8 การปรับแก้ค่าระดับ สำหรับงานระดับแบบวงจรระดับหาได้โดย……..……..

……

……

2.9 งานก่อสร้างทั่วๆ ไป มีเกณฑ์ของงานระดับอยู่ที่……...

……

2.10 จากการปฏิบัติงานการถ่ายระดับ B,M จะเกิดความคลาดเคลื่อนในการทำระดับขึ้น สาเหตุของความคลาดเคลื่อนเกิดจาก……..……

..

……

……

หน่วยที่ 10
การทำระดับตามยาว (Profile Levelling)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 10.1 การทำระดับตามยาว

เรื่องที่ 10.2 ใบงานการทำระดับตามยาว

สาระสำคัญ

1. เมื่อวางแนวทางที่จะทำการก่อสร้างแล้ว จำเป็นจะต้องรู้ค่าระดับความสูงของภูมิประเทศตามแนวทางนั้น เพื่อประโยชน์ในการออกแบบ การกำหนดระดับในการก่อสร้าง จึงมีความจำเป็นต้องหาระดับตามยาว

2. ในการฝึกปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ในการทำระดับตามยาว การหาค่าระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศ การกำหนดจุดเพิ่มเติมตามรายการที่มีค่าความต่างระดับมาก การให้ BM แรกออกและเข้าบรรจบ การคำนวณและปรับแก้ค่าระดับ การนำค่าตามยาวที่หมายในกระดาษกราฟ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการทำระดับตามยาวและการคำนวณปรับแก้ค่าระดับได้
2. เขียนค่าระดับตามยาวในกระดาษกราฟได้
3. นำวิธีการทำระดับตามยาวไปใช้งานได้ถูกต้อง

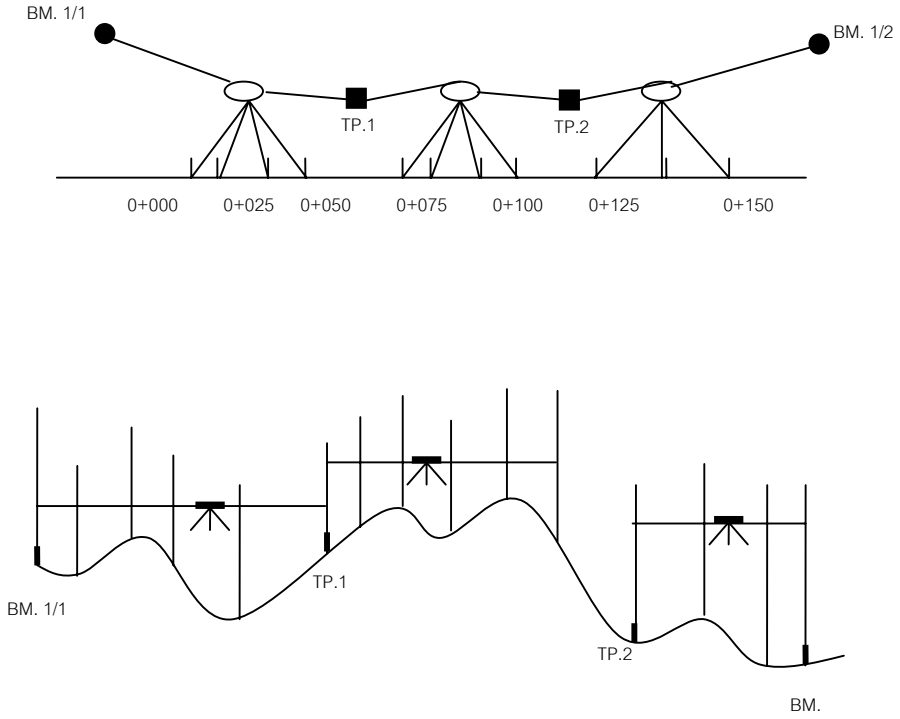
เรื่องที่ 10.1 การทำระดับยาว (PROFILE LEVELLING)

การทำระดับตามยาว คือ การหาค่าระดับของหมุดหรือจุด (Station) ซึ่งอยู่ห่างกันเป็นช่วงสั้นๆ ไปตามศูนย์กลางของแนวสำรวจ ซึ่งห่างกันช่วงละ 25 ม. บริเวณที่เป็นภูเขาอาจจะห่างกัน 10 ม. หรือ 12.50 ม. รวมทั้งจุดที่มีการเปลี่ยนความลาดเอียง (Slope) อย่างเห็นได้ชัดและจุดที่เปลี่ยนทิศทางของแนวค่าระดับเหล่านั้นนำมาเขียนรูปตัดตามแนวยาวบนกระดาษแบบโดยใช้มาตราส่วนในทางตั้ง 1 : 100 ทางราบ 1 : 1000 หรือให้อัตราส่วนทางฐานะทางดิ่งเป็น 1 :100 ซึ่งมีการวิเคราะห์เพราะทดสอบแล้วว่าจะให้รูปลักษณ์ที่ใกล้เคียงกับภูมิประเทศที่เป็นจริงมากที่สุด หรืออาจจะใช้มาตราส่วนอื่นตามความเหมาะสมได้

จากรูปตัดที่เขียนขึ้นนี้จะใช้ศึกษาสิ่งต่างๆ เกี่ยวกับการกำหนดระดับก่อสร้างด้วยใบงานสำรวจแนวทางมีหลักการดังนี้

1. หาค่าระดับตามยาวบนถนนเดิมทำทุก 25 ม. และหาค่าระดับของดินเดิมทุก 560 ม.
2. บนพื้นดิน (ไม่มีถนน) ให้ทำระดับตามยาวทุก 25 ม. แต่ถ้าภายใน 25 ม. ระดับดินแตกต่างกันมากก็ให้กำหนดจุด เพิ่มขึ้นตามที่เห็นสมควร เช่น ร่องน้ำ ลำห้วย หรือหุบเขา (หุบเขาจะทำระดับตามยาว ทุก 10 ม. หรือ 12.50 ม.)
3. สับรางรถไฟที่แนวทางผ่านคอสะพานและกลางหลังสะพาน หลังท่อกลมหลังท่อ Box Culvert ต้องส่องหาค่าระดับด้วย
4. หาค่าระดับน้ำสูงสุด (Higth Water Level, H.W.L.) ตามสะพาน หลังและที่มีน้ำท่วมทุกแห่งจากการสังเกตคราบน้ำตามต้นไม้ สอบถามชาวบ้าน หรือดูสถิติน้ำท่วมที่แขวงการทาง แผนที่ทุกแผ่นต้องมีค่าระดับน้ำสูงสุด
5. เมื่อผ่านร่องน้ำให้ทำละเอียดขึ้น โดยจะทำระดับตามยาวทุก 10 ม. หรือ 12.50 ม.
6. ก่อนละหลังลำห้วยลำคลอง แม่น้ำ บึง 100 ม. ให้ทำระดับตามยาว ระยะ 50 ม.
7. ตัวลำห้วย ลำคลองและแม่น้ำให้ทำระดับตามยาวทุกๆ 2 ม. หรือแล้วแต่เห็นสมควรและต้องหารายละเอียดต่างๆ ตามแบบ พร้อมทั้งวาดรูปแม่น้ำให้ใกล้เคียงความเป็นจริงด้วย
8. การสำรวจถนนย่านชุมชน หรือในเมืองจะต้องหาค่าระดับของสิ่งก่อสร้างต่างๆ ที่ปรากฏไว้ด้วย เช่น ระดับหลังท่อระบายน้ำ ปากบ่อพัก ท่อร้อยสายโทรศัพท์ เป็นต้น
9. การอ่านค่าไม้วัดระยะสำหรับการทำระดับตามยาว ให้อ่านละเอียดถึงเพียง ซม. ไม่จำเป็นต้องอ่าน มม. จะทำให้เสียเวลาโดยใช่เหตุ
10. ผ่าน BM ให้เข้าตรวจสอบกับ BM ด้วยทุกครั้ง ความผิดพลาดต้องไม่เกินเกณฑ์ของงานที่กำหนด
11. ตัวเลขจากการปฏิบัติงานสนาม และจากการคำนวณจะต้องมีการตรวจสอบด้วยทุกครั้ง

การทำรูปตัดตามแนวยาวจะต้องมีการถ่ายระดับ (BM) การตั้งกล้องแต่ละครั้งอาจอ่านค่าไม้กลาง (Intermediate For Sight = IFS) หลายค่า



รูปที่ 10.1.1 แสดงลักษณะการทำระดับตามยาว

เมื่อตั้งกล้องแล้ว อ่านค่าไม้วัดระดับหลังที่หมุดหลักฐานการระดับ (BM) และอ่านค่าไม้กลาง ตั้งไม้ วัดระดับชิดหมุด ซึ่งตอกไว้ในแนวศูนย์กลางของแนวสำรวจ จนกระทั่งถึงจุดที่อยู่ใกล้กับจุดที่ใช้เป็นจุดถ่าย ถ่ายระดับ และปฏิบัติเช่นเดียวกับการตั้งกล้องครั้งแรก

วิธีการคำนวณหาความสูงของแนวเล็ง (HI) ของการตั้งกล้องแต่ละครั้ง และหาค่าระดับของจุด (Station) ต่างๆ ดังนี้

ค่าระดับแกนกล้อง HI. = Elevation + BS.

เมื่อคำนวณถึงช่อง FS. ให้บวก (หรือลบ) ด้วยค่าแก้ (EC.) ที่หาได้จากการคำนวณก็จะได้ค่าระดับที่ต้องการ

ตารางที่ 10.1.1 แสดงการคำนวณหาค่าระดับตามยาว

STA	BS.	HI.	IFS.	FS.	EC.(+)	Con Elev.	Remark
BM.1/1	2.950	102.950				100.000	หัวน็อตโคนต้นตะขบป่า
0+000			0.420			102.520	∅ 0.15 ม. กม.0+010
ดินเดิม			0.220			102.73	ทางขวาทาง 32.00 ม.
(0+015)							
(0+025)			1.370			101.580	
0+050			2.850			100.100	
TP.1	2.75	104.51		1.200	0.01	101.760	
0+075			2.23			102.280	
ดินเดิม			1.400			103.11	
(0+085)							
H.W.L			2.47			102.040	
(0+095)							
(0+100)			1.37			103.14	
TP.2	0.425	101.64		3.305	0.01	101.215	
0+125			1.150			100.490	
ดินเดิม			0.300			101.340	
(0+138)							
0+150			1.110			100.23	
BM.1/2				0.999	0.01	100.651	หัวน็อตโคนต้นตะขบป่า
	6.125			5.504			∅ 0.15 ม. กม.0+010
							ทางขวาทาง 32.00 ม.

รายการคำนวณ

คำนวณหา Elev. BM ½ ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จากสูตร BS. – FS. = Last Elev.

6.125 – 5.504 = Last Elev. – 100.00

Last Elev = 6.125 – 5.504 + 100.00 = 100.621 (Fixed = 100.651)

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น (Error) = 100.651 - 100.621 = 0.030

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = $\frac{\text{Error}}{\text{N}} = \frac{0.30}{3} = 0.01$

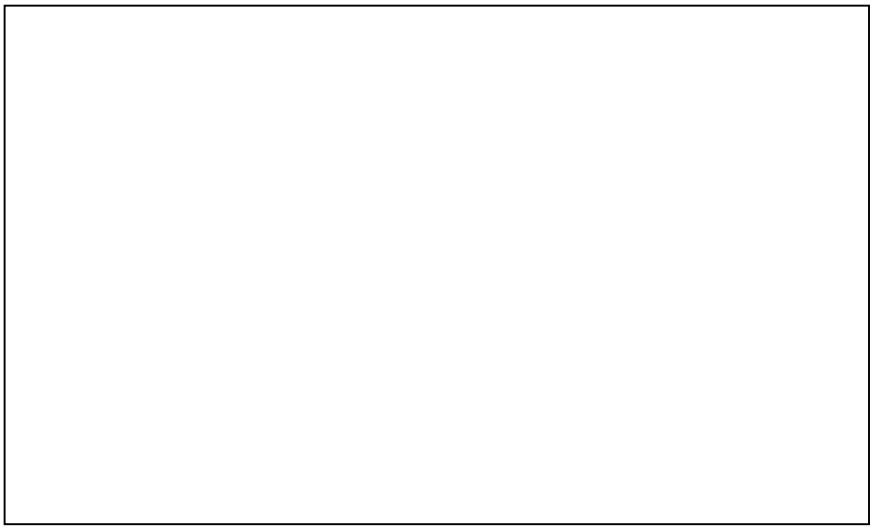
การตรวจสอบค่าระดับควรจะมีการตรวจสอบโดยการทำระดับเข้าสู่ฐานการระดับ (BM) ถ้าหมุดหลักฐานการระดับอยู่ในบริเวณจุดสุดท้ายของแนวการทำระดับตามยาวก็จะเข้าบรรจบที่หมุดหลักฐานการระดับนี้ ค่าต่างระหว่างผลรวมของไม้หลังและผลรวมของไม้หน้า จะต้องเท่ากับค่าต่างระดับของหมุดสุดท้ายและหมุดแรกออกเพื่อเป็นการตรวจสอบการคำนวณและค่าต่างระดับของ BM กับระดับที่คำนวณได้ จะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าการทำระดับไม่เข้าบรรจบที่หมุดระดับต่อไปก็ทำการตรวจสอบโดยการทำระดับกลับไปยังหมุดระดับเริ่มแรก และหาค่าความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบ ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนเข้าบรรจบมีค่าเกิดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้จะต้องทำระดับใหม่ทั้งหมด

การเขียนรูปตัดตามยาว จะเขียนลงในกระดาษกราฟหรือแผ่นระดับตามยาวใช้มาตราส่วนในแนวราบ 1 : 1000

แนวตั้ง 1 : 100 การกำหนดฐานระดับของระดับตามยาวให้เลือกใช้ค่าระดับเป็นตัวเลขลงตัว เลือกให้เหมาะสมกับกระดาษที่ใช้

การเขียนรูปตัดตามยาว เลือกให้เหมาะสมกับกระดาษที่ใช้

1. เขียนระยะ Sta. ต่างๆ ลงในกระดาษ ในช่วงกระดาษกราฟใช้มาตราส่วน 1 : 1000
2. เขียนค่าระดับหลังทางและดินเดิมตาม Sta. ต่าง
3. กำหนดค่าระดับของเส้นฐานระดับเป็นเลขลงตัว ที่เหมาะสมพอเหมาะกับกระดาษมาตราส่วน 1 : 100
4. เขียนค่าระดับและลากเส้นต่อจุด
5. เขียนมาตราส่วนที่ใช้



รูปที่ 10.1.2 แสดงการเขียนรูปตัดตามยาว

เรื่องที่ 10.2	ใบงานที่ 10	
วิชา การสำรวจเส้นทาง ชื่อหน่วย การทำระดับตามยาว		หน่วยที่ 10 สอนครั้งที่ 13 จำนวนคาบรวม 52
ชื่องาน การทำระดับตามยาว		จำนวนคาบ 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถบอกวิธีการถ่ายระดับตามยาว รวมทั้งการคำนวณปรับแก้หาค่าระดับตามยาวได้
2. สามารถสรุปวิธีการถ่ายระดับตามยาวได้
3. สามารถนำวิธีการถ่ายระดับตามยาวไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. กล้องระดับพร้อมขา จำนวน 1 ชุด
2. ไม้วัดระดับ จำนวน 2 อัน
3. Foot pate จำนวน 2 อัน
4. ร่ม จำนวน 1 คัน
5. ค้อน จำนวน 1 เต้า
6. เทปวัดระยะ จำนวน 1 เส้น
7. ห่วงคะแนน จำนวน 5 อัน
8. กระดาษเขียนกราฟ พร้อมอุปกรณ์เครื่องเขียน

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. **ค่าระดับตามยาวตามแนวทางที่วางไว้ โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นโครงการ**
   - 1.1 ตั้งกล้องระดับบริเวณจุดเริ่มต้นโครงการ (0+000) เดินหน้าตามแนวทางไปพอสมควรและต้องมองเห็น BM. 1/1 ที่ใช้เป็นหมุดแรกออก
   - 1.2 ส่อง B.S. ที่ BM 1/1 จำคำนวณหา HI ของกล้อง
   - 1.3 ส่ง IFS ที่ศูนย์กลางทาง ตั้งแต่ 0+000, 0+0+025, 0+050, 0+075, 0+100 และกำหนดหมุด TP เมื่อระยะไกลพอสมควร ส่อง FS ที่ TP.I ค่าระดับของจุดต่างๆ จะหาได้จาก HI - IFS

ตารางการต่างระดับ จาก BM 1/1 - BM1/2

STA	BS.	HI.	IFS.	FS.	EC.(+)	Con Elev.	Remark
BM.1/1	1.500	101.500				100.00	
0+000			1.350			100.15	
0+025			1.200			100.30	
0+050			1.220			100.28	
0+075			1.300			100.20	
0+100			1.400			100.10	
TP.1	1.470	101.561		1.407	.002	100.091	
0+125			1.770			99.791	
0+150			1.870			99.691	
0+175			1.800			99.761	
0+200			1.790			99.771	
0+225			1.740			99.821	
0+250			1.690			99.871	
TP.2	1.640	101.492		1.707	.002	99.852	
0+275			1.540			99.952	
0+300			1.460			100.032	
0+325			1.580			99.912	
0+350			1.640			99.782	
0+375			1.710			99.692	
0+400			1.800			99.920	
BM 1/2							
	4.610			4.684			

รายการคำนวณ

คำนวณหา Elev. BM ½ ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จากสูตร εBS. – εFS. = Last Elev. – First Elev.

4.610 - 4.684 = Last Elev. – 100.00

Last Elev = 4.610 - 4.684 + 100.000 = 99.926

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น (Error) = 99.926 – 99.920 = 0.006

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = $\frac{\text{Error}}{\text{N}} = \frac{0.006}{3} = 0.002$

ตรวจสอบผลงาน

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Permissible Error) เกณฑ์ของงานชั้นที่ 3 = $\pm$ 12 มม. $\sqrt{k}$

เมื่อ k = ระยะทางเป็น กม. = 400 ม. = $\frac{400}{1000}$ = 0.40 กม.

$\therefore$ ความคลาดที่ยอมให้ = $\pm$ 12 มม. $\sqrt{k}$

= $\pm$ 12 มม. $\sqrt{.4}$

= 7.6 ม.ม. = 0.0076 ม.

$\therefore$ ความคลาดที่เกิดขึ้น < ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

0.006 ม. < 0.0076 ม. O.K.

ตารางการถ่ายระดับ จาก BM 1/2 - BM2/1

STA	BS.	HI.	IFS.	FS.	EC.(+)	Con Elev.	Remark
BM.1/2	0.520	100.44	-	-		99.920	
0+425			0.870			99.57	
0+450			1.020			99.42	
0+475			1.140			99.30	
0+500			1.280			99.16	
0+525			1.430			99.01	
0+550			1.580			98.86	
0+572			1.710			98.73	
0+600			1.790			98.65	
0+625			1.850			98.59	
0+650			1.920			98.52	
0+675			1.800			98.64	
0+700			1.670			98.77	
0+725			1.590			98.85	
TP.1	1.150	100.13		1.462	.002	98.98	
0+750			1.010			99.12	
0+775			0.870			99.26	
0+800			0.780			99.35	
0+825			0.660			99.47	
0+850			0.580			99.55	
0+875			0.490			99.64	
TP.2	1.410	100.940		0.602	.002	99.53	
0+900			1.230			99.71	
0+925			1.140			99.80	
0+950			1.070			99.87	
0+975			1.010			99.93	
1+000			0.890			100.05	
1+025			0.970			99.97	
TP.3				0.952	.002	99.99	

STA	BS.	HI.	IFS.	FS.	EC.(+)	Con Elev.	Remark
TP.3	1.520	101.510				99.990	
1+050			1.620			99.89	
1+075			1.670			99.84	
1+100			1.720			99.79	
1+125			1.730			99.78	
1+150			1.800			99.71	
1+175			1.870			99.64	
1+200			2.000			99.51	
BM.2/1				1.312	0.002	99.200	
	4.600			4.328			

รายการคำนวณ

คำนวณหา Elev. BM 2/1 ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จากสูตร BS. –FS. = Last Elev. – Firsth Elev

4.600 - 4.328 = Last Elev. – 99.920

Last Elev = 4.600 – 4.328 + 99.920 = 100.192

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น (Error) = 100.200 – 100.192 = - 0.008

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = $\frac{\text{Error}}{\text{N}} = \frac{0.008}{4} = 0.002$

การตรวจสอบผลงาน

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Permissible Error) เกณฑ์ของงานชั้นที่ 3 = $\pm$ 12 มม. $\sqrt{k}$

เมื่อ k = ระยะทางเป็น กม. = (1+200) – (0+425) = 775 ม.

= $\frac{775}{1000}$ = 0.775 กม.

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = $\pm$ 12 มม. $\sqrt{k}$

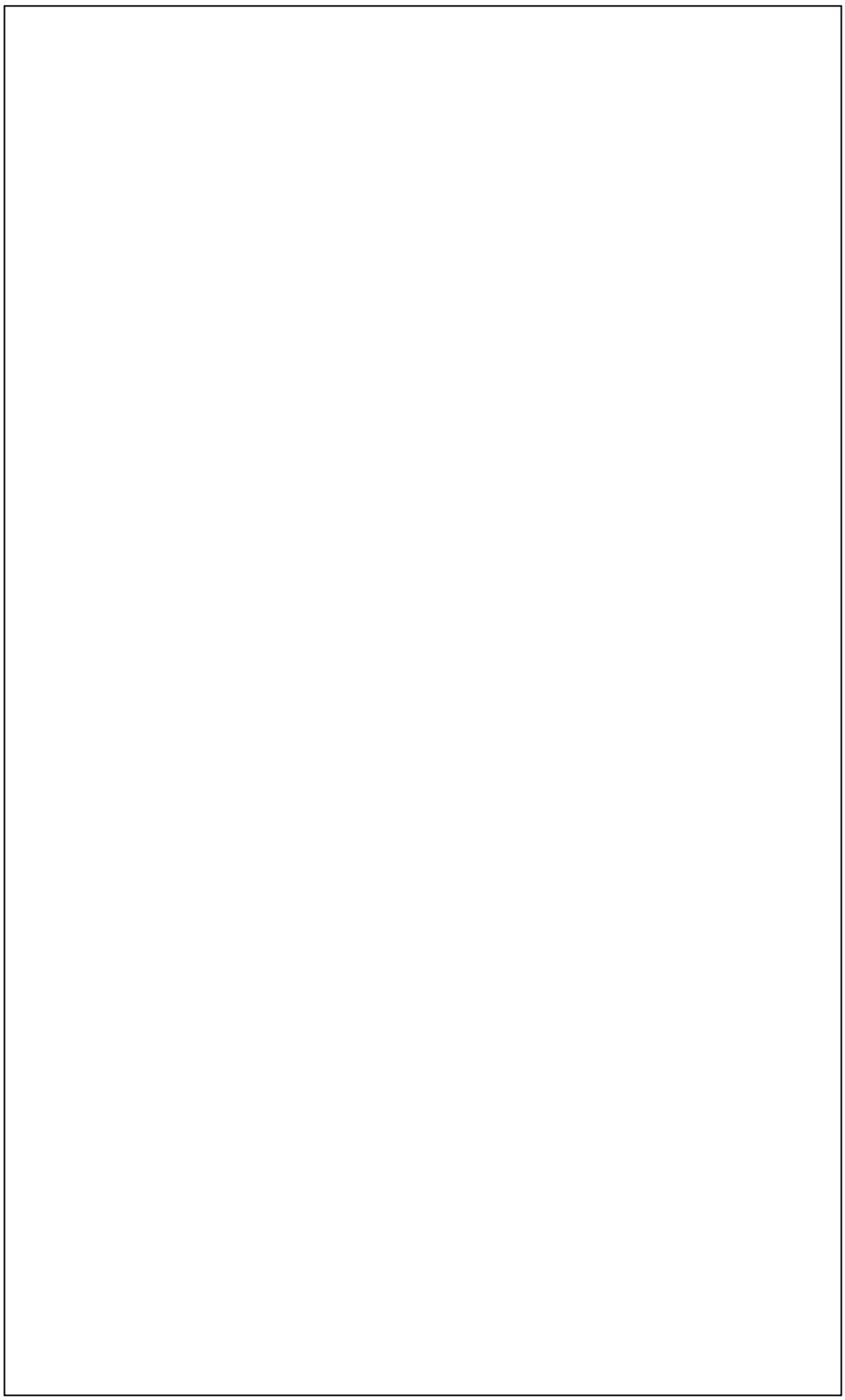
= $\pm$ 12 มม. $\sqrt{0.775}$

= 10.6 ม.ม. = 0.0106

$\therefore$ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น < ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

0.008 < 0.0106 O.K.

แบบแปลนแนวทางสายแยกมิตรภาพ – ป้อมยาม



2. การเรียนรูปตัดตามยาว

2.1 กำหนดมาตราส่วนให้เหมาะสม โดยทั่วไปนิยมใช้มาตราส่วนในแนวราบ 1 : 1,000 แนวตั้ง 1 : 100 (ตามตัวอย่างนี้จะให้มาตราส่วนให้เหมาะสมกับกระดาษโดยใช้มาตราส่วนแนวราบ 1 : 5000 แนวตั้ง 1 : 200 และลงที่หมายช่วง Sta. ละ100.00 ม.

2.2 เขียนระยะ Sta. ต่างๆ ลงในกระดาษกราฟในแนวราบ

2.3 เขียนค่าระดับหลังทางและดินเดิมตาม Sta. ต่างๆ

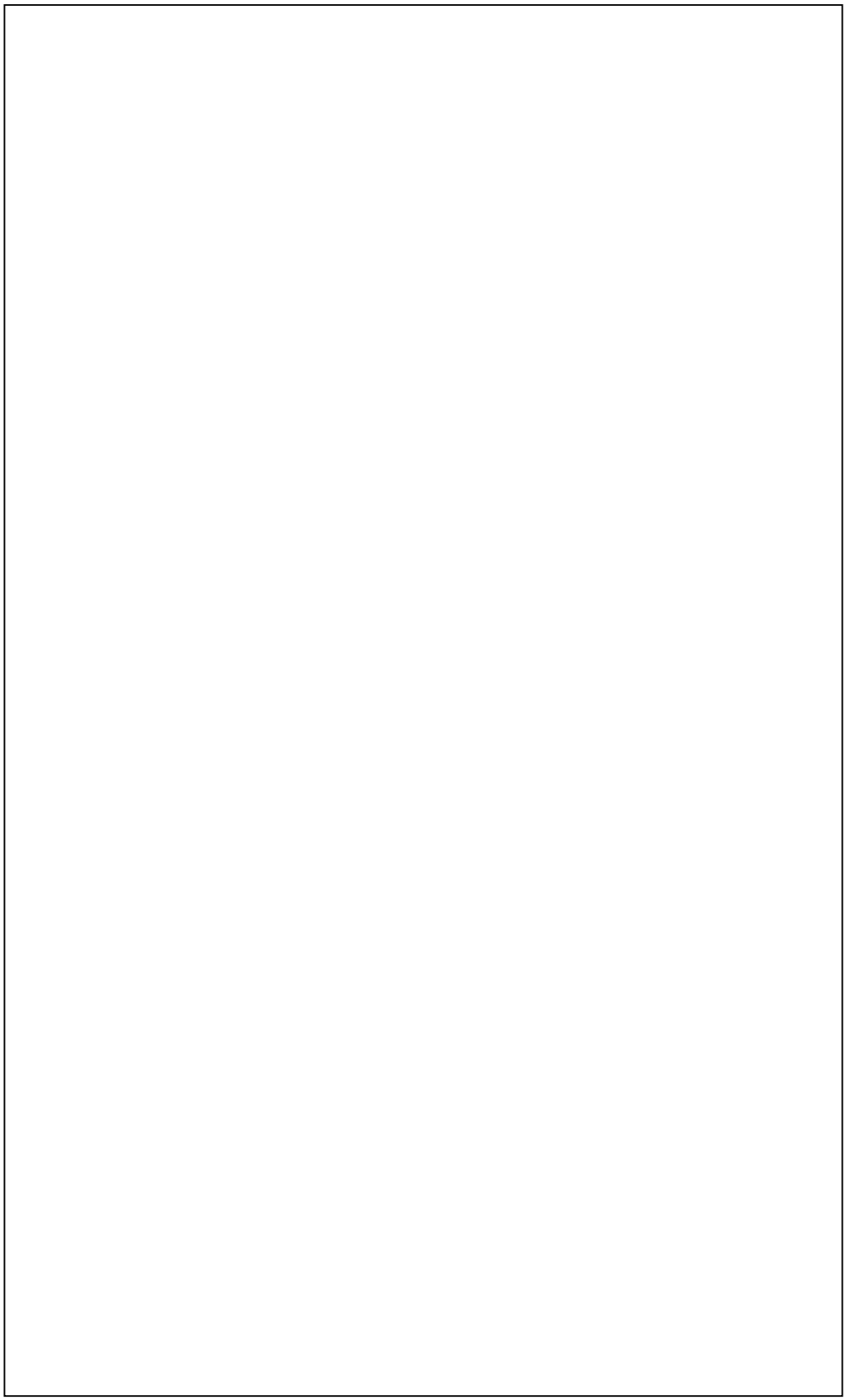
2.4 กำหนดค่าระดับของเส้นฐานระดับในแนวตั้ง โดยกำหนดเป็นเลขจำนวนเต็ม ค่าระดับจะต้องครอบคลุมค่าระดับต่ำสุดและสูงสุดที่คำนวณได้

2.5 ลงที่หมายค่าระดับให้ตรงกับ Sta. ต่างๆ

2.6 ลากเส้นต่อจุดโดยใช้ Free Hand ลากผ่านจุดต่างๆ จะเป็นลักษณะความสูง-ต่ำของแนวทาง

2.7 เขียนหัวข้อโครงการ มาตราส่วนและรายละเอียดโครงการลงในแบบ

ระดับแนวทางสามแยกมิตรภาพ-ป้อมยาม



ข้อควรระวัง

1. การตั้งไม้ระดับตามช่วง Sta. หากมีการเปลี่ยนภูมิประเทศ ซึ่งเป็นเนิน หรือร่องน้ำ ซึ่งอยู่ระหว่างช่วง Sta. จะต้องเก็บค่าระดับไว้ด้วย เพราะเมื่อเขียนกราฟจะได้ตรงกับสภาพภูมิประเทศจริง หากข้ามจุดเปลี่ยนระดับแล้ว เมื่อเขียนกราฟจะได้เส้นระดับที่ผิดพลาดไปจากความเป็นจริง จะทำให้การออกแบบ กำหนดระดับก่อสร้างผิดพลาดไป

ข้อเสนอแนะ

1. ค่าไม้หลังกับค่าไม้หน้า ควรอ่านให้ละเอียดกว่าค่าไม้กลาง เพราะจุดเปลี่ยนกล้องจะเป็นจุดถ่ายระดับและจุดตรวจสอบผลงาน

2. เมื่อเดินระดับผ่าน BM. ต่างๆ ที่มีอยู่เป็นช่วงๆ ให้ส่องเข้าไปยัง BM. นั้นๆ เป็นการเสร็จสิ้นระดับตอนหนึ่งๆ ทำการตรวจสอบผลงานได้

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	ใบงานที่ 10
หน่วยที่ 10	
เรื่อง การทำระดับตามยาว	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การปฏิบัติงานสนาม ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม
2. การบันทึกข้อมูล ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม
3. การคำนวณและปรับแก้ ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม
4. ความละเอียดถูกต้องของงาน ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม
5. การลงที่หมายระดับตามยาว ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม

บันทึก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง **หน่วยที่** 10 **เรื่อง** การทำระดับตามยาว					**ใบงานที่** 10 **จำนวน** 4 **คาบ**
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การบันทึกข้อมูล 5. การคำนวณค่าระดับและปรับแก้ 6. การตรวจสอบการคำนวณ 7. การตรวจสอบความถูกต้องของงาน 8. การกำหนดมาตราส่วนในการลงที่หมาย 9. การลงที่หมายค่าระดับในแบบระดับตามยาว 10. ตรวจเก็บและทำความสะอาดเครื่องมือหลักการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....**น.สิ้นสุด**..... **น.รวม**.....**นาที ได้คะแนน** (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....**ผู้ประเมิน**					

แบบฝึกหัดที่ 10

เรื่อง การทำระดับตามยาว

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 ขั้นตอนใดถูกต้องที่สุด

ก. วางแนว, ทำ BM. , ทำระดับ ข. ทำ BM. , ทำระดับ , วางแผน

ค. ทำ BM. , วางแนว, ทำระดับ ง. วางแผน, ทำระดับ , ทำ BM.

1.2 จุดใดที่ไม่จำเป็นต้องเก็บค่าระดับในการทำระดับตามยาว

ก. ระดับน้ำสูงสุด ข. จุดบนพื้นราบ

ค. จุดตาม Station ที่ทำไว้ ง. จุดที่พื้นดินเปลี่ยนแปลง

1.3 การคำนวณค่าความสูงตาม Station ต่างๆ คำนวณได้จากข้อใด

ก. HI + B.S – IFS ข. HI + FS. + IFS

ค. HI + FS ง. HI - IFS

1.4 การตรวจสอบผลการคำนวณค่าระดับตามยาว ใช้สูตรใด

ก. εBS. – εFs. = Last. Elev. – First Elev.

ข. εFS. – εBs. = Last. Elev. – First Elev.

ค. εBS. – εFs. = First. Elev. – Last Elev.

ง. ถูกทุกข้อ

1.5 รูปตัดตามยาว แสดงให้เห็นสิ่งใดบ้าง

ก. แนวทาง ข. รายละเอียดภูมิประเทศ

ค. หมุด BM ง. ความสูงของพื้นดิน

จากข้อมูลในตาราง จงตอบคำถามข้อ 1.6 – 1.10

STA	BS.	HI.	IFS.	FS.	EC.(+)	Con.Elev.	Remark
BM.1	2.100	-	-	-	-	50.500	
1+100			1.750				
1+025			1.680				
1+050			1.540				
TP.1	1.542			1.600			
1+075			1.460				
1+100			1.380				
1+125			1.560				
1+150			1.660			51.01	

1.6 ค่า Elev. ของ BM.2 ที่ได้จากการปฏิบัติงานคือข้อใด

ก. 514.010 ม. ข. 51.016 ม.

ค. 51.061 ม. ง. 51.610 ม.

1.7 ความคลาดเคลื่อนจากการปฏิบัติงาน เป็นเท่าไร

ก. 0.00 ม. ข. 0.006 ม.

ค. 0.051 ม. ง. 0.60 ม.

1.8 ค่า HI ของการตั้งกล้อง ครั้งที่ 2 คือ ข้อใด

ก. 52.600 ข. 52.359

ค. 52.539 ง. 52.542

1.9 ค่า Elev. ของ TP.1 คือข้อใด

ก. 50.997 ข. 51.000

ค. 51.003 ง. 51.006

1.10 ค่า Elev. ของ Sta. 1+100 คือข้อใด

ก. 51.159 ข. 51.162

ค. 51.216 ง. 51.612

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 Profile Leveling หมายถึง

.....

.....

2.2 จุดที่จะต้องหาค่าระดับความยาวคือ

.....

.....

2.3 เหตุที่เรียกว่าไม้กลาง (Intermediate for sight = IFS) เพราะ

.....

.....

2.4 การหาค่าที่ระดับที่สูงหรือต่ำ ที่มีอยู่ Sta. แต่ละช่วง หาโดย

.....

.....

2.5 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากการทำระดับ

.....

.....

2.6 การกำหนดมาตราส่วนทางราบในการเขียนรูปตัดตามยาว หาโดย

.....

.....

2.7 การกำหนดมาตราส่วนทางดิ่งในการเขียนรูปตัดตามยาว หาโดย

.....

.....

2.8 การกำหนดค่าระดับของเส้นฐานระดับในการเขียนรูปตัดตามยาว

.....

.....

2.9 การลงที่หมายค่าระดับตามยาว

.....

.....

2.10 การนำรูปตัดตามยาว ไปใช้งาน

.....

.....

หน่วยที่ 11
การทำระดับตามขวาง (Cross - Section Levelling)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 11.1 การทำระดับตามขวาง

เรื่องที่ 11.2 ใบงานการทำระดับตามขวาง

สาระสำคัญ

1. เมื่อกำหนดระดับก่อสร้างตามแนวทางแล้ว ในการก่อสร้างจะต้องมีความกว้างของคันทาง หรือท้องคลอง ปากคลอง หรืองานก่อสร้างอื่นๆ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการขุดหรือถม จึงต้องมีการหาปริมาณงานดินนี้ ดังนั้นจึงต้องทราบค่าระดับดินเดิมในทางขวางเสียก่อน เพื่อนำมาขึ้นรูปหน้าตัดของสิ่งก่อสร้าง หางานดินตัดหรือดินถมได้

2. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ในการทำระดับตามขวาง การหาค่าระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศในทางขวางกับแนวทางการกำหนดจุดพิ่มเติมในการขวางที่มีความสูงต่างกันมาก การใช้ค่า BM. แรกและเข้าบรรจบ การคำนวณและปรับแก้ค่าระดับ การนำค่าระดับตามขวางลงที่หมายในกระดาษกราฟ

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการทำระดับตามขวาง การคำนวณ - ปรับแก้ค่าระดับได้
2. คำนวณและเขียนค่าระดับตามขวางได้
3. นำวิธีการทำระดับตามขวางไปใช้งานได้ถูกต้อง

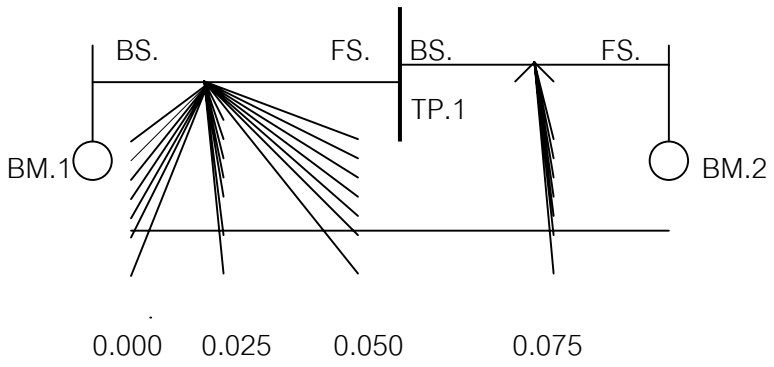
เรื่องที่ 11.1

การทำระดับตามขวาง (Cross - Section Leveling)

การทำระดับตามขวางคือ การหาค่าระดับผิวดินหรือคันทางในแนวตั้งได้ฉากกับแนวศูนย์กลางทาง เพื่อประโยชน์ในการนำมาหาปริมาณงานดินถมหรือดิน และใช้รวมกันกับรูปตัดตามยาว ทำให้สามารถเขียนเส้นชั้นความสูงได้มีหลักการดังนี้

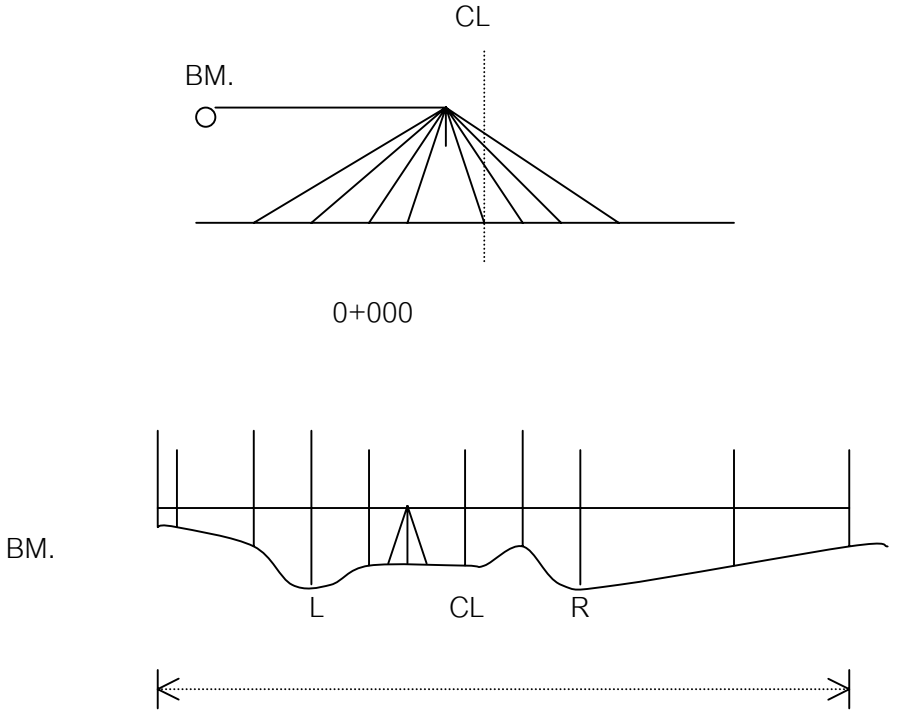
1. ทำออกเป็นมุมฉากกับแนวทางทั้งสองข้างถ้าอยู่ในโค้งทำตั้งฉากกับแนวเส้นสัมผัสที่จุดนั้น ๆ
2. ในภูมิประเทศเป็นที่ราบ ทำทุก ๆ ระยะ 25 ม. หรือตามความเหมาะสม
3. ในภูมิประเทศที่เป็นภูเขา ทำทุก ๆ 10 ม. หรือตามความเหมาะสม
4. ทำรูปตัดของคอสะพาน ท่อกล่องสี่เหลี่ยม ท่อกลม และที่ริมฝั่งน้ำทั้งสองด้าน
5. หาค่าระดับตามรูปตัดขวางทุก ๆ ที่มีภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงแต่ละจุดห่างกันไม่เกิน 10 ม.
6. ให้ทำรูปตัดขวางอย่างน้อยจนถึงเขตทาง
7. ให้ทำรูปตัดขวางของพื้นที่มีอยู่เดิม จะต้องหาค่าระดับทุก ๆ จุดที่เปลี่ยนแปลงและร่องน้ำทั้งสองข้างทางเพื่อนำมาเขียนเป็นรูปร่างของถนนได้อย่างละเอียดถูกต้อง
8. การวัดระยะให้ใช้เทปวัดระยะดึงจากศูนตย์กลางแนวสำรวจให้ได้ระดับพอประมาณ การรังวัดทำรูปตัดขวางนั้นมีวิธีการทำและจดข้อมูลในสนามได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับภูมิประเทศของบริเวณที่จะทำการรังวัด

วิธีการรังวัด จะใช้ค่าระดับและระยะต่าง ๆ ที่ได้จากการทำระดับตามยาว เป็นหมุดหลักฐานการระดับ (BM) ของแต่ละช่วงระยะนั้น ๆ



รูปที่ 11.1.1 แสดงลักษณะการทำระดับตามขวาง

1. ตั้งกล้องห่างหมุดระยะที่ต้องการทำการรังวัดพอประมาณ
2. ส่องกล้องอ่านค่าระดับที่จุดศูนย์กลางของระยะเริ่มทำการรังวัด ซึ่งที่จุดศูนย์กลางนี้รู้ค่าระดับแล้วจากการทำระดับตามยาว
3. วัดระยะออกตั้งฉากกัน ไปทางซ้ายและขวา จนถึงจุดเปลี่ยนความลาดเอียง (Slope) ตั้งไม้วัดระดับและอ่านค่าไม้วัดระดับจุดค่าอ่านไม้วัดระดับที่อ่านได้แบบระยะในสมุดสนามทำการรังวัดจุดต่อ ๆ ไป ถึงเขตทางหรือมากกว่าแล้วแต่ความเหมาะสม แต่ไม่ควรน้อยกว่า 2. ม. จุดที่ตั้งไม้วัดระดับแต่ละจุดห่างกันไม่ควรเกิน 10 ม.
4. รูปตัดขวางที่มีคันทางเดิมควรระวังการรังวัดที่จุดขอบไหล่ทาง (Toe Slope) ควรทำการรังวัดให้แน่นอนทั้งระดับและระยะตากศูนย์กลางถ้ามีร่องน้ำข้างทางควรทำให้ละเอียดตามความลาดเอียงของร่องน้ำให้ถูกต้องที่สุด
5. เมื่อเสร็จใน Sta หนึ่งแล้วให้ทำการรังวัดใน Sta ต่อไป เป็นการเช่นเดียวกับในข้อ 2 ถึง 4
6. ให้ย้ายกล้องต่อไป เมื่อมีระยะห่างมากเกินไปจนไม่สามาถึควยคุมการวัดระยะและดูการตั้งไม้วัดระดับตามความลาดเอียงที่เปลี่ยนไปให้ถูกต้องได้เพียงพอ



รูปที่ 11.1.2 แสดงการหารูปตัดตามขวาง

ตัวอย่าง สมุดสนาม (เมื่อกำหนดระยะขวางเท่ากัน)

Sta.	BS.	HI.	FS.	EC.	Elev.	L			CL	R		
BM.1	2.650	102.6			100.000	9	6	3	0	3	6	9
0+000						0.550	0.410	0.450	0.430	0.470	0.580	0.600
						102.1	102.24	102.20	102.20	102.18	102.07	102.05
0+025						1.300	01.280	1.254	102.20	1.200	1.170	1.150
						101.3	101.37	101.40	101.43	101.45	101.48	101.50
0+050						1.350	1.420	1.395	1.370	1.355	1.300	1.320
						101.3	101.23	101.25	101.28	101.29	101.35	101.33
0+075						2.000	13.955	1.900	1.850	1.805		
						100.6	100.69	100.75	100.80	100.84		
TP.1	1.450	103.594	0.504	0.002	102.144							
0+100						2.285	2.260	1.900	1.850	1.805		
						101.3	100.69	100.75	100.80	100.84		
0+125						0.270	0.250	0.220	0.190	0.140	0.135	0.100
						103.3	103.34	103.33	103.40	103.38	103.45	103.49
0+150						1.550	1.500	1.495	1.495	1.470	1.430	1.450
						102.0	102.09	102.09	102.12	102.12	102.16	102.14
0+175						1.400	1.365	1.35	1.310	1.305	1.270	1.250
						102.1	102.22	102.24	102.28	102.28	102.32	102.34
TP.2	2.240	105.517	0.315	0.002	103.277							
0+200						1.552	1.730	1.920	2.150	2.230	2.550	2.830
						103.9	103.78	103.59	103.37	103.19	102.96	102.58
0+225						0.625	1.317	1.917	2.767	3.317	3.817	4.217
						104.8	140.20	103.60	102.75	102.20	101.70	101.30
0+250						0.514	0.720	1.217	1.967	2.767	3.567	4.117
						105.0	104.79	104.30	103.55	102.75	101.95	101.40
BM.2			0.520	0.002	104.995							
$\sum$	6.340		1.339									

จากสูตร $\sum$BS. – $\sum$FS. = Last Elev. – First Elev.

6.34 – 1.339 = Last Elev. – 100.00

Last Elev = 4100.00 + 6.34 – 1339 = 105.001

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 105.001 – 104.995 = + 0.006 ม.

ค่า BM.2 จากการปฏิบัติงานคงที่ เป็นบวก ตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ของงานหรือไม่

จากเกณฑ์ของงานชิ้นที่ = $\pm$ 12 ม.ม. $\sqrt{k}$ = $\pm$ 12 $\sqrt{0.250}$

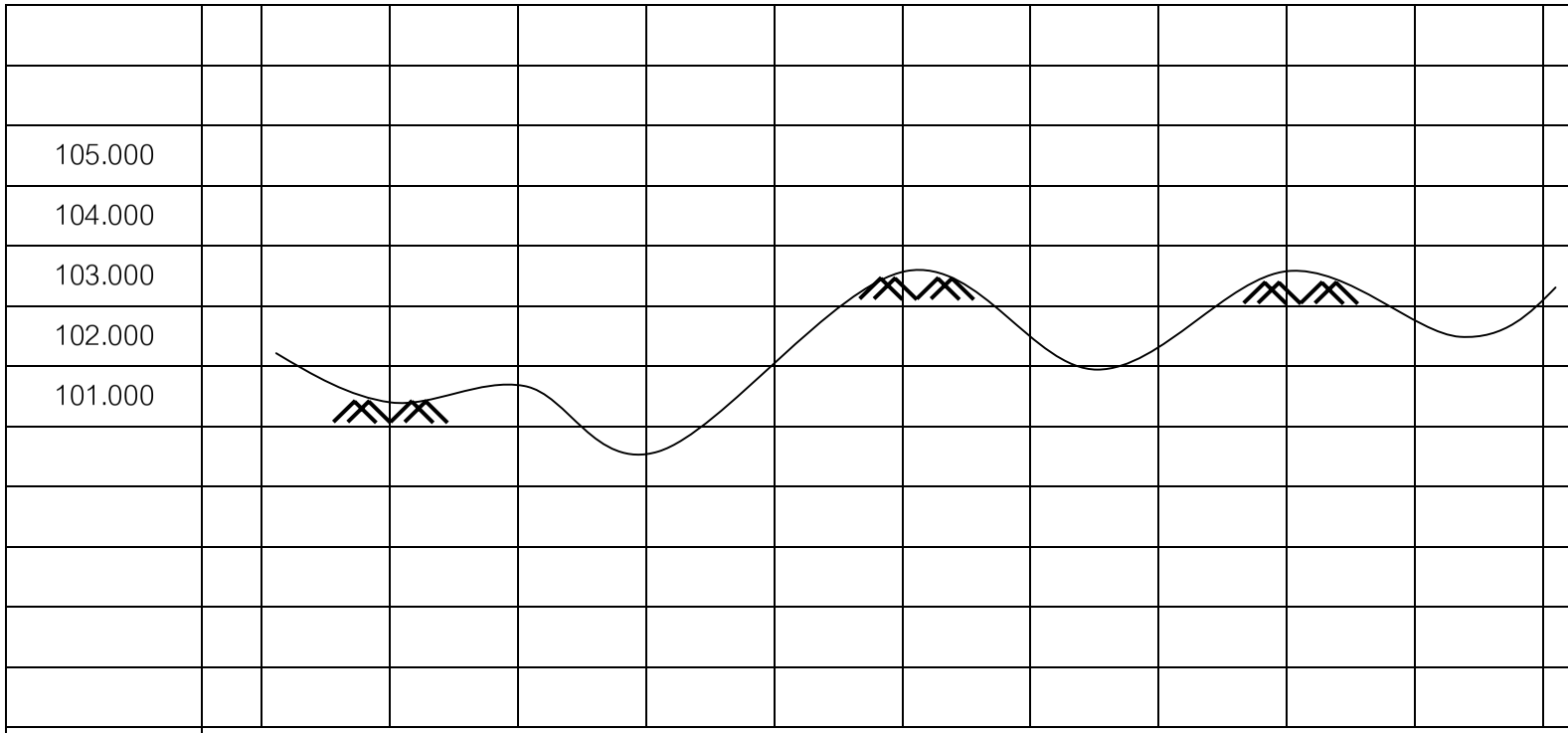
= 0.006 ม. (k = ระยะทางเป็น กม.)

ความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ของงาน

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = Error / n

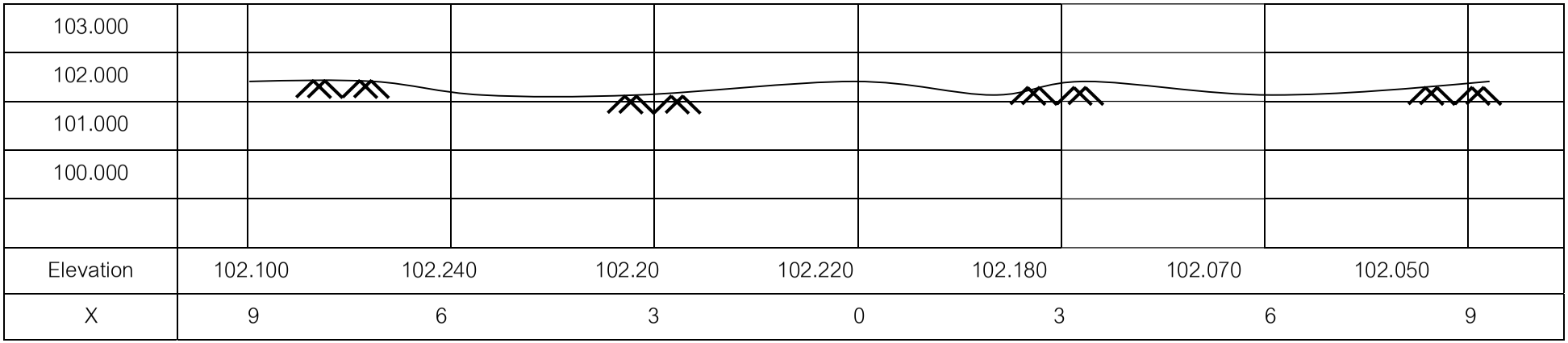
= 0.006 / 3 = 0.002 ม.

การลงที่หมายระดับตามยาว จากการทำ CROSS – Section



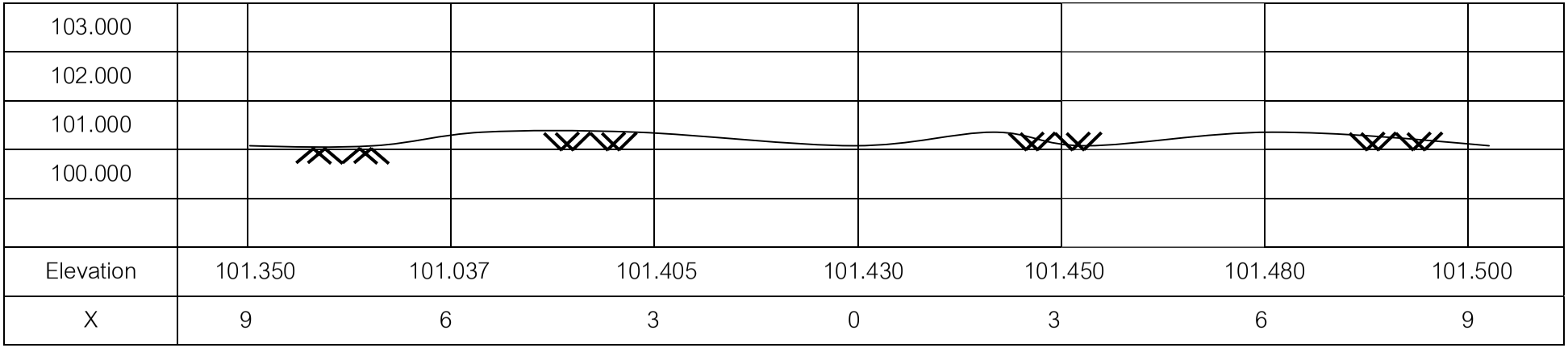
Elevation	102.22	101.43	101.280	100.800	101.364	103.404	102.124	102.284	103.367	102.750	103.550
Station	0+000	0+025	0+050	0+ 075	0+100	0+125	0+150	0+175	0+200	0+225	0+250

L CL R



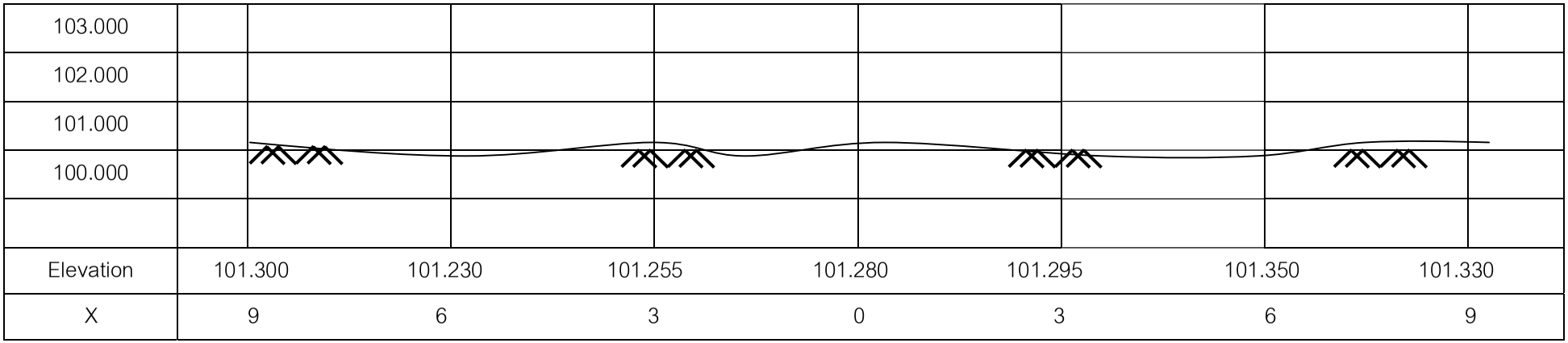
0+000

L CL R



0+000

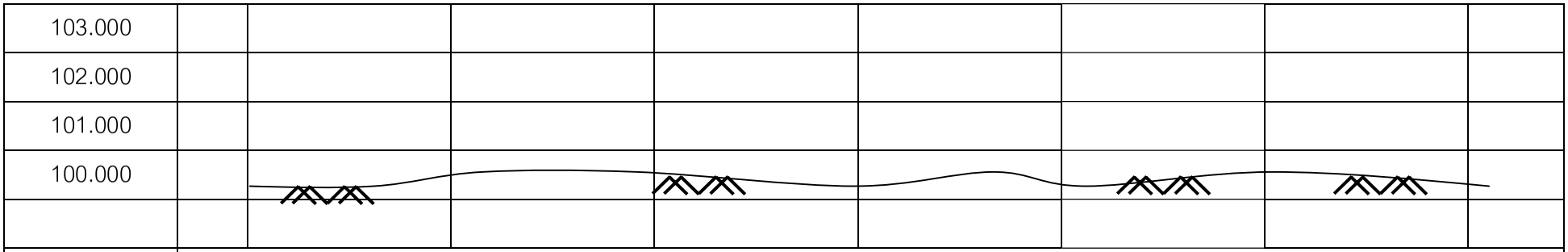
L CL R



103.000							
102.000							
101.000							
100.000							
Elevation	101.300	101.230	101.255	101.280	101.295	101.350	101.330
X	9	6	3	0	3	6	9

0+050

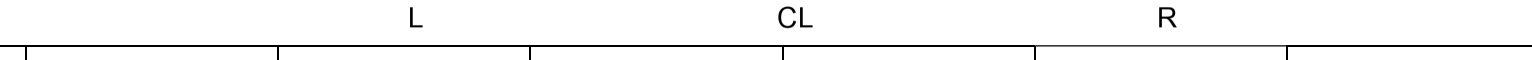
L CL R



103.000							
102.000							
101.000							
100.000							
Elevation	100.650	100.695	100.750	100.800	100.845	100.900	100.950
X	9	6	3	0	3	6	9

0+075

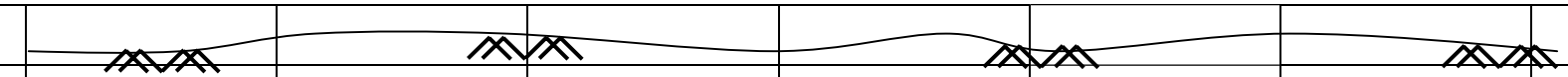
L CL R



103.000							
102.000							
101.000							
100.000							
Elevation	101.309	101.334	101.339	101.364	101.389	101.394	101.409
X	9	6	3	0	3	6	9

0+100

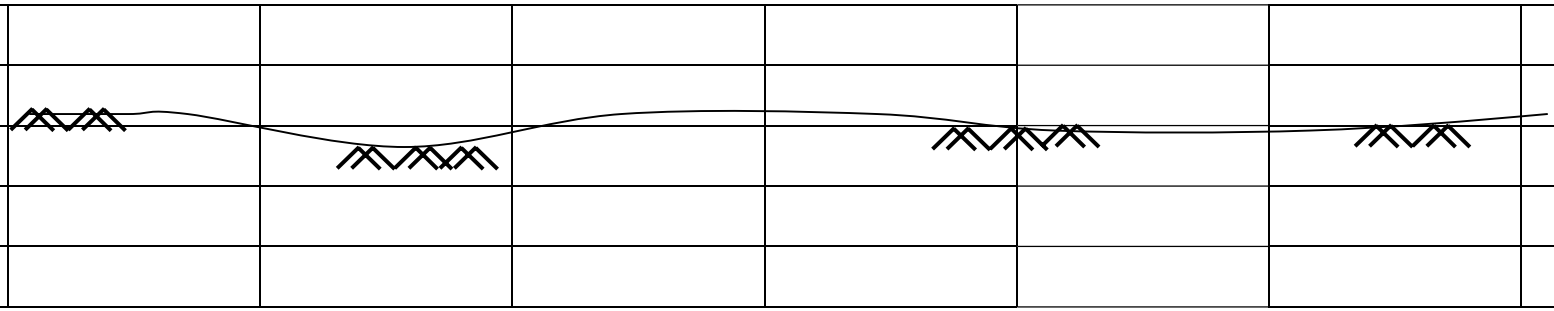
L CL R



103.000							
102.000							
101.000							
100.000							
Elevation	103.324	103.344	103.374	103.404	103.454	106.459	103.494
X	9	6	3	0	3	6	9

0+125

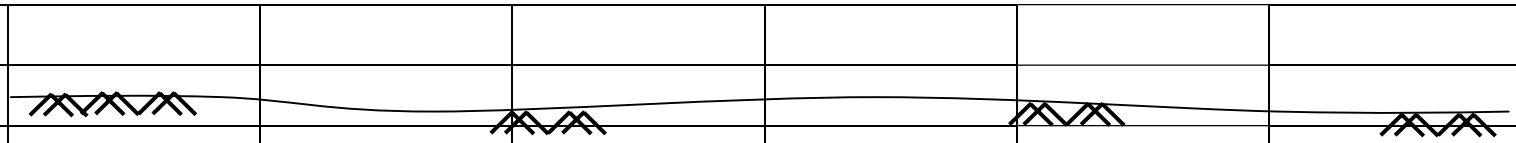
L CL R



103.000							
102.000							
101.000							
100.000							
Elevation	102.044	102.094	102.990	102.104	102.144	102.164	102.144
X	9	6	3	0	3	6	9

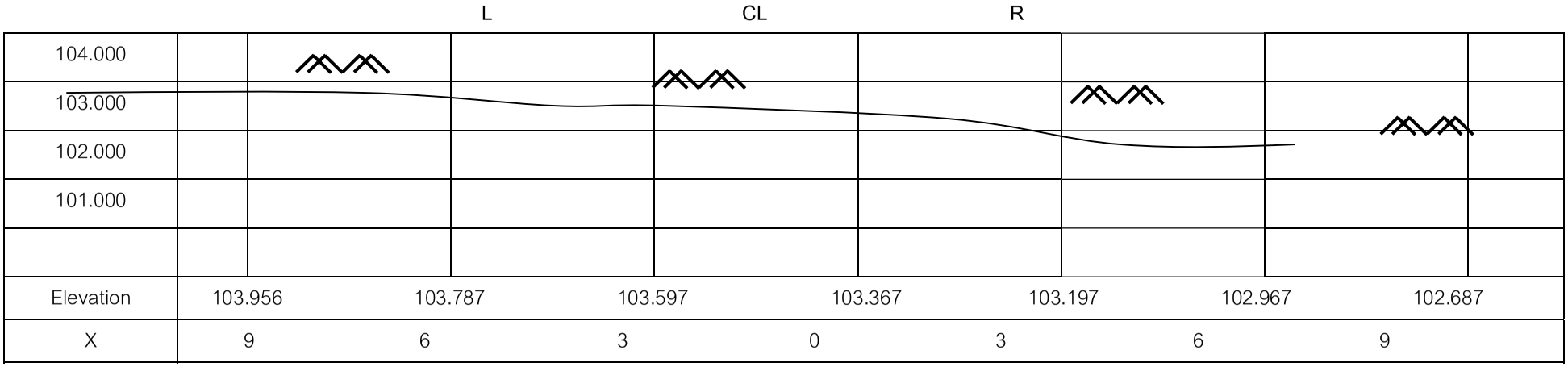
0+150

L CL R



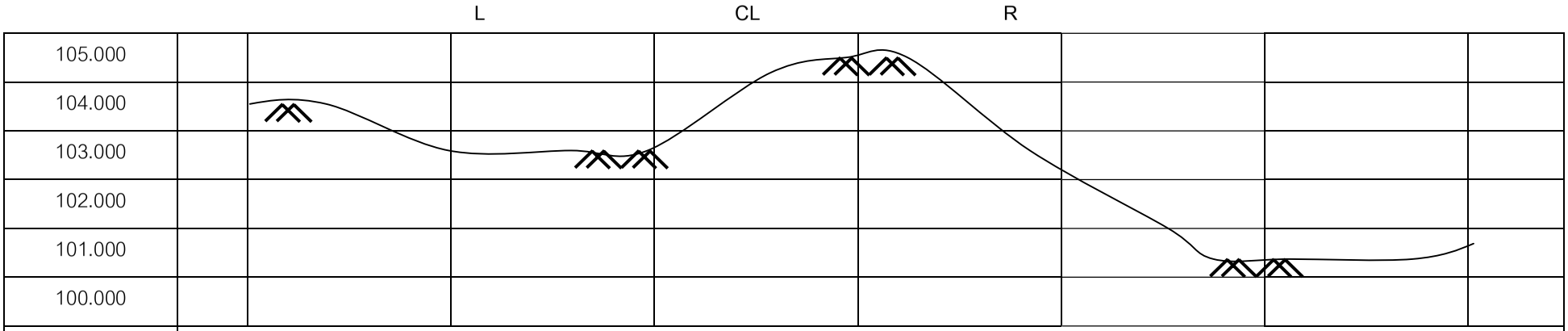
103.000							
102.000							
101.000							
100.000							
Elevation	102.194	102.229	102.244	102.284	102.289	102.324	102.344
X	9	6	3	0	3	6	9

0+175



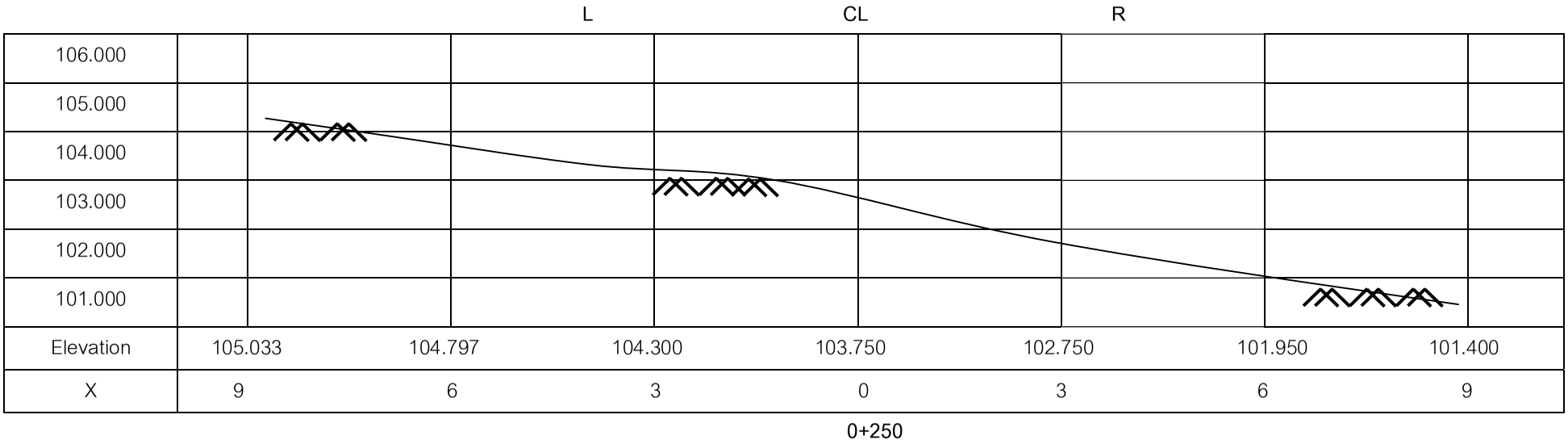
Elevation	103.956	103.787	103.597	103.367	103.197	102.967	102.687
X	9	6	3	0	3	6	9

0+200



Elevation	104.892	104.200	103.600	105.750	102.200	101.700	101.300
X	9	6	3	0	3	6	9

0+225


L
CL
R
106.000
105.000
104.000
103.000
102.000
101.000
Elevation
105.033
104.797
104.300
103.750
102.750
101.950
101.400
X
9
6
3
0
3
6
9

0+250

ตารางที่ 11.1.1 แสดงการคำนวณหาค่าระดับตามขวางเมื่อกำหนดระยะขวางไม่เท่ากัน

STA	BS.	HI.	FS.	EC.	Elev.	L	CL	R
BM.	2.950	102.95			100.000			
0+000						0.361/10.00 0.25/7.30	0.43/10	0.62/5.20 0.57/10.00
						(102.64) (102.70)	(102.52)	(102.33) (102.10)
ดินเดิม						0.75/10.00 0.19/8.10	0.22/0	0.27/3.50 0.85/10.00
						(102.20) (102.76)	(102.73)	(102.66) (102.10)
0+025						0.45/10. 1.35/2.70	1.37/0	1.40/4.62 1.95/10.00
						(102.50) (101.60)	(101.58)	(101.55) (101.00)
0+050						2.05/10.00 2.71/4.70	2.85/0	2.93/3.400 2.70/7.00
						(100.900) (100.24)	(100.10)	(100.02) (100.225)
								3.15/10.00 99 (99.80)
TP.1	2.750	104.51	1.200	0.01	101.760			
0+075						1.66/10.00 2.20/6.20	2.23/0	2.31/5.10 3.09/10.00
						(102.85) (102.31)	(102.28)	(102.20) (101.50)
ดินเดิม 0+085						0.76/10.00 1.36/3.90 (103.75) (103.15)	1.40/0 (103.11)	1.48/4.700 1.91/10.00 (103.03) (102.600)
H.W.L 0+095						2.01/10.90 2.41/6.10 (102.50) (120.10)	2.47/0 102.40	2.50/5.80 3.06/10.00 (102.01) (101.40)
0+100						1.18/10.00 0.71/7.40	1.31/0	1.40/6.30 2.11/10.00
						(103.33) (103.80)	(103.20)	(103.11) (102.40)
						1.26/3.45 (103.25)		
TP.2	0.425	101.64	3.305	0.01	101.215			
0+125						0.65/10.00 1.10/5.50 (100.99) (100.54)	1015/0 (101.34)	1.26/7.40 1.60/10.00 (101.38) (100.00)
ดินเดิม 0+138						0.04/10.00 0.33/6.70 (101.60) (101.31)	0.30/0 (101.34)	0.39/6.10 0.64/10.00 (101.25) 101.00)
0+150						0.066/10. 00 1.07/4.50 (100.98) (100.57)	100.53	1.22/5.20 1.60/10.00 (100.42) (100.04)
BM.1/2			0.999	0.01	100.651	Fixed,		
	6.125		5.504					

รายการคำนวณ

คำนวณหา Elev. BM. 1/2 ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จากสูตร BS. - FS. = Last Elev. - First Elev.

Last Elev. = First Elev. +BS. FS.

= 100.000 + 6.125 = 5.504

= 1000.621 (Fixed = 100.651)

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น EC. = 100.651 - 100.621

= - 0.030

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = $\frac{EC.}{N}$

EC = Error of Closure

N = Number = จำนวนครั้งที่ตั้งกล้อง

$EC/N = \frac{0.30}{N} = 0.01$

นำค่าแก้คือ 0.01 ไปใส่ในช่อง EC. เนื่องจากค่าที่ได้มาน้อยจึงนำมาบวกเข้าไปที่ช่องหลัง FS. จากนั้นก็คำนวณหา Elev. ที่ Station ต่าง ๆ

จากจุด Elev. + ES. = HI.

HI. - FS. หรือ IFS. = Eiev.

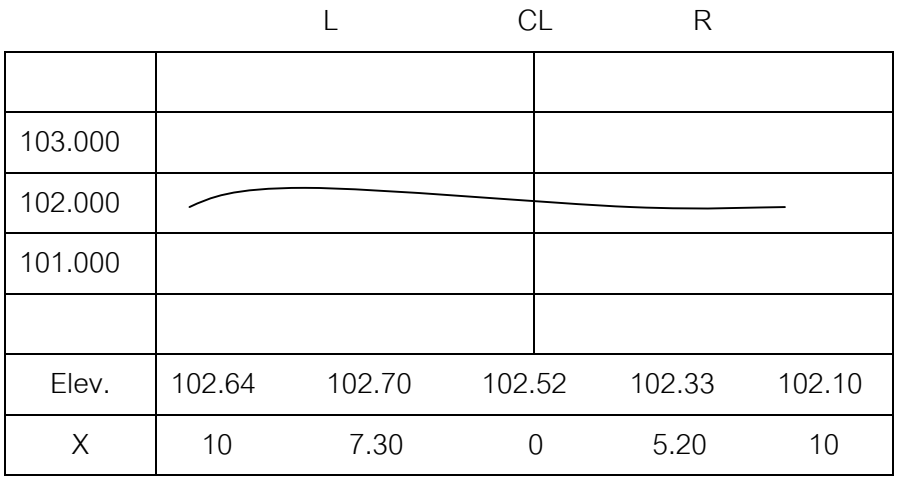
ก็จะหาค่าระดับของทุก ๆ จุดได้

ลำดับขั้นการเขียนรูปหน้าตัด

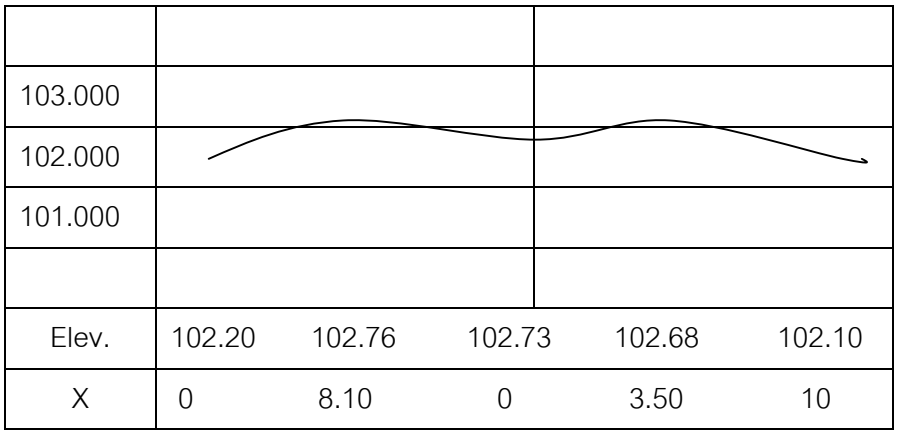
1. ต้องสำรวจสนามให้เรียบร้อยถูกต้องเสียก่อนตลอดจนตรวจการคำนวณค่าระดับของ Sta. ต่าง ๆ
2. กำหนดแนวศูนย์กาลางในกระดาษกราฟ
3. เขียนค่าระดับทางซ้ายมือของกระดาษกราฟด้วยมาตราส่วน 1:100
4. ต้องวัดระยะความห่างของแต่ละ Station ให้ห่างกันพอสมควร เพื่อเขียนระดับชั้นงานดินและเขียนชื่อ Station ประมาณดินระหว่าง Station
5. เริ่มเขียนค่าระยะตามแนวแกน X และค่าระดับตามแนวแกน Y เหมือนการเขียนระดับตามยาว

รูปที่ 11.1.3 แสดงลักษณะการเขียนรูปตัดตามขวาง

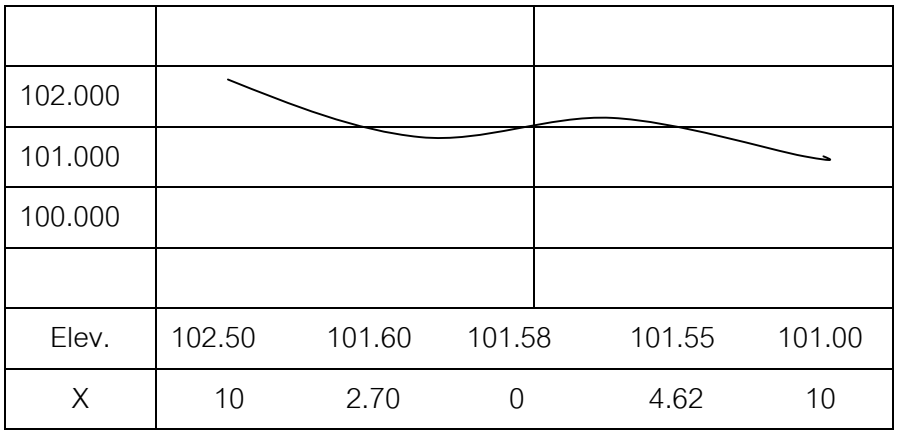
เพื่อความเหมาะสมกับกระดาษในที่นี้จะใช้มาตราส่วน H,1:2000 V,1:100



0+000

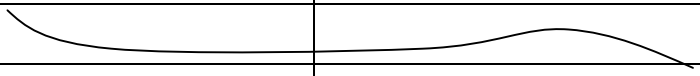


ดินเดิม (0+015)

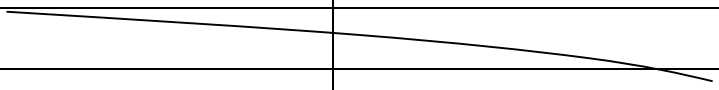


0+025

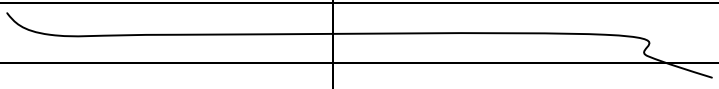
L CL R

101.000						
100.000						
99.000						
Elev.	100.90	00.24	100.10	100.02	100.2	99.8
X	10	4.70	0	3.40	7.30	10

0+050

102.000					
101.000					
Elev.	102.85	102.31	102.28	102.20	101.50
X	10	6.20	0	5.10	10

0+075

103.000					
103.000					
102.000					
Elev.	103.75	103.15	103.11	103.03	102.60
X	10	3.90	0	4.70	10

ดินเดิม (0+085)

L CL R

103.00					
102.00					
101.00					
Elev.	102.50	102.10	102.04	102.01	101.40
X	10	6.10	0	6.30	10

H.W.L.(0+095)

104.00						
103.00						
102.00						
Elev.	103.33	103.80	103.25	103.20	103.11	102.40
X	10	7.40	3.45	0	6.30	10

0+100

102.000					
101.000					
100.000					
Elev.	100.99	100.54	101.34	100.35	100.00
X	10	5.50	0	7.40	10

0+125

เรื่องที่ 11.2	**ใบงานที่** 11	
วิชา	**การสำรวจเส้นทาง**	**หน่วยที่** 11
ชื่อหน่วย	**การทำระดับตามขวาง**	**สอนครั้งที่** 14
		จำนวนคาบรวม 56
ชื่องาน	**การทำระดับตามขวาง**	**จำนวนคาบ** 4

จุดประสงค์เชิงพฤตกรรม

1. สามารถบอกวิธีกาถ่ายระดับตามขวาง รวมทั้งการคำนวณปรับแก้ หาค่าระดับตามขวางได้
2. สามารถสรุปวิธีการถ่ายระดับตามขวางไปใช้งานได้ถูกต้อง
3. สามารถนำวิธีการถ่ายระดับตามขวางไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1.	กล้องระดับพร้อมขา	จำนวน	1	ชุด
2.	ไม้วัดระดับ	จำนวน	2	อัน
3.	Foot Pate	จำนวน	2	อัน
4.	ร่ม	จำนวน	1	อัน
5.	ค้อน	จำนวน	1	เต้า
6.	เทปวัดระยะ	จำนวน	1	เส้น
7.	ห่วงคะแนน	จำนวน	5	อัน
8.	กระดาษเขียนกราฟ พร้อมอุปกรณ์เครื่องเขียน			

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. กาค่าระดับตามขวาง ตามแนวทางที่วางไว้ โดยเริ่มจามจุดเริ่มต้นโครงการ และระยะขวางออกไปทางซ้ายที่ 5, 10, 15 และทางขวาที่ 5, 10, 15 ม.

1.1 ตั้งกล้องระดับบริเวณจุดเริ่มต้อนโครงการ (0+000) เดินหน้าตามแนวทางไปพอสมควร โดยจะต้องมองเห็น BM.1/1 และระยะขวาง ทั้งซ้ายและขวา จากเส้นศูนย์กลางทาง

1.2 ส่อง BS. ที่ BM.1/1 จะคำนวณหา HI. ของกล้อง

1.3 ส่อง IFS. ที่ศูนย์กลางทาง ที่ Sta. 0+000 ให้เป็น 0 แบะส่องที่ระยะขวางอกไปทางซ้ายที่ 5, 10, 15 แบะทาง ขวา ที่ 5, 10, 15 ม. และย้ายมาที่ Sta. 0+025 ส่องยังมองเห็น ก็ส่องที่ Sta. 0+050 , 0+075 , 0+100 และส่องระยะขวางทำนองเดียวกัน เมื่อระยะไกลพอสมควร จำเป็นจะต้องย้ายกล้อง กำหนดหมุด TP.1 ส่อง FS. ที่ TP.1 ค่าระดับของจุดต่าง, จะหาได้จาก HI.1 - IFS.

1.4 ย้ายกล้อง เดินหน้าตามแนวทาง ให้เลยบริเวณจุด TP.1 ไปไกลเท่าที่จะมองเห็นชัดเจน ตั้งกล้องส่อง BS. ที่ TP.1 จะได้ HI. ของกล้อง และส่อง IFS. ที่ศูนย์กลางทาง และระยะขวางทางซ้าย - ขวา โดยเริ่มที่ Sta. 0+125 , 0+150 , 0+175 , 0+200 , 0+250 และกำหนดหมุด TP.2 เมื่อระยะไกลพอสมควร ส่อง FS. ที่ TP.2 ค่าระดับของจุดต่าง ๆ จะหาได้จาก HI.2 - IFS.

1.5 ย้ายกล้องปฏิบัติการทำนองเดียวกันกับ ข้อ 1.4

1.6 ทำดังนี้เรื่อย ๆ ไปจนใกล้กับ BM.1/2 ส่อง FS. เข้าบรรจบ BM.1/2 เป็นการเสร็จสิ้นรายการระดับช่วงแรก คำนวณค่าระดับต่าง ๆ และตรวจสอบผลวานการทำระดับ จากผลการปฏิบัติงาน กับค่า Elev. ของ BM.1/2

1.7 ใช้ BM.1/2 เป็นหมุดแรกออก ส่อง IFS. ที่ศูนย์กลางและระยะขวาง ต่อเนื่องจากสายการระดับช่วงแรก ดำเนินงานเป็นสายการระดับช่วงที่สอง เข้าบรรจบที่ BM.2/1 โดยใช้หลักการเดียวกัน

1.8 คำนวณ ตรวจสอบ หาค่าระดับ

สมุดสนามจาก BM.1/1 - BM.1/2												
Sta.	BS.	HI.	FS.	EC.	Elev.	L			CL	R		
BM.1/1	1.500	101.500			100.000	15	10	5	0	5	10	15
0+000						1.240 100.260	1.260 100.240	1.280 100.220	1.350 100.150	1.390 100.110	1.410 100.090	1.440 100.060
0+025						1.090 100.410	1.100 100.400	1.150 100.350	1.200 100.30	1.260 100.240	1.290 100.210	1.320 100.180
0+050						1.130 100.370	1.170 100.330	1.200 100.300	1.220 100.28	1.240 100.260	1.260 100.240	1.300 100.200
0+075						1.220 100.280	1.250 100.250	1.290 100.210	1.300 100.20	1.350 100.150	1.390 100.110	1.420 100.080
0+100						1.300 100.200	1.320 100.180	1.350 100.150	1.400 100.10	1.800 99.700	1.860 99.640	1.920 99.580
TP.1	1.470	101.561	1.407	0.002	100.091							
0+125						1.621 99.940	1.741 99.820	1.751 99.810	1.770 99.791	1.871 99.690	1.921 99.640	2.021 99.540
0+150						1.631 99.931	1.731 99.830	1.791 9.770	1.870 99.691	1.891 99.670	1.931 99.630	2.001 99.560
0+175						1.591 99.970	1.691 99.870	1.761 99.800	1.800 99.761	1.871 99.690	1.881 99.680	1.981 99.580
0+200						1.541 10.020	1.671 99.890	1.701 99.860	1.790 99.771	1.811 99.750	1.871 99.690	1.951 99.610
0+225						1.461 100.100	1.621 99.940	1.681 99.880	1.740 99.821	1.771 99.790	1.821 99.740	1.941 99.620
0+250						1.391 100.170	1.551 100.010	1.621 99.940	1.690 99.871	1.751 99.810	1.781 99.780	1.901 99.660
TP.2			1.707	0.002	99.852							

สมุดสนาม												
Sta.	BS.	HI.	FS.	EC.	Elev.	L			CL	R		
TP.2	1.640	101.492			99.852	15	10	5	0	5	10	15
0+275						1.292 100.200	1.402 100.090	1.482 100.010	1.540 99.952	1.612 99.880	1.672 99.820	1.822 99.670
0+300						1.212 100.280	1.302 100.190	1.362 100.130	1.460 100.032	1.572 99.920	1.662 99.830	1.812 99.680
0+325						1.262 100.230	1.412 100.080	1.462 100.030	1.580 99.912	1.672 99.820	1.772 99.720	1.862 99.630
0+350						1.392 100.100	1.512 99.980	1.592 99.900	1.640 99.852	1.722 99.770	1.772 99.720	1.862 99.630
0+375						1.442 100.050	1.602 99.890	1.652 99.840	1.710 99.782	1.792 99.700	1.822 99.670	1.912 99.580
0+400						1.512 99.980	1.652 9.840	1.702 99.790	1.800 99.692	1.832 99.660	1.872 99.620	1.922 99.570
BM.1/2			1.570	.002	99.920							
	4.610			4.684								

- **<u>รายการคำนวณ</u>**

คำนวณหา Elev. BM.1/2 ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จากสูตร □BS. - □FS. = Last. Elev. - First. Elev.

4.610 - 4.684 = Last. Elev. - 100.000

Last. Elev. = 4.610 - 4.684+ 100.000 = 99.926

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 99.926 - 99.920 = +0.006

ความคลาดเคลื่อน/การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = Error / N = $0.00^{6}/_{3}$ = -0.002

- **<u>ตรวจสอบผลงาน</u>**

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้จากเกณฑ์ของงานชั้นที่ 3 = + - 12 มม. $\sqrt{K}$

เมื่อ K = ระยะทางเป็น กม. = 400 ม. = $^{400}/_{1000}$ = 0.40 กม.

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = + - 12 มม. $\sqrt{K}$ = + -12 มม. -4 = 7.6 มม. = 0.0076 ม.

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น < ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

0.006 ม. < 0.0076 ม. O.K.

สมุดสนามจาก BM.1/2 - BM.2/1												
Sta.	BS.	HI.	FS.	EC. (+)	Elev.	L			CL	R		
BM.1/2	0.520	100.440			99.920	15	10	5	0	5	10	15
0+425						0.560 99.880	0.650 99.790	0.700 99.740	0.870 99.570	0.890 99.550	0.940 99.500	1.100 99.370
0+450						0.720 99.720	0.800 99.640	0.850 99.590	1.020 99.42	1.040 99.400	1.090 99.350	1.220 99.220
0+475						0.820 99.620	0.920 99.520	0.970 99.470	1.140 99.30	1.150 99.290	1.210 99.230	1.330 99.110
0+500						0.970 99.470	1.070 99.370	1.120 99.320	1.280 99.160	1.290 99.150	1.360 99.080	1.450 98.990
0+525						1.120 99.320	1.220 99.220	1.270 99.170	1.430 99.01	1.440 99.000	1.510 98.930	1.600 98.840
0+550						1.270 99.170	1.370 99.070	1.420 99.020	1.580 98.86	1.580 98.860	1.670 98.770	1.750 98.650
0+575						1.400 99.040	1.500 98.940	1.550 98.890	1.710 98.73	1.710 98.730	1.800 98.640	1.880 98.560
0+600						1.480 98.960	1.580 98.860	1.630 98.810	1.790 98.65	1.790 98.650	1.880 98.560	1.960 98.480
0+625						1.540 98.900	1.640 98.800	1.690 98.750	1.850 98.59	1.850 98.59	1.940 98.500	2.020 98.420
0+650						1.610 98.830	1.710 98.730	1.760 98.680	1.920 98.52	1.920 98.520	2.010 98.430	2.090 98.350
0+675						1.490 98.950	1.590 98.850	1.640 98.800	1.800 98.64	1.800 98.640	1.890 98.550	1.970 98.470
0+700						1.370 99.070	1.490 98.950	1.540 98.900	1.670 98.770	1.690 98.750	1.770 98.670	1.840 98.600
0+725						1.290 99.150	1.410 99.030	1.470 98.970	1.590 98.85	1.61 98.830	1.710 98.730	1.760 98.680
TP.1			1.462	.002	98.980							

สมุดสนาม												
Sta.	BS.	HI.	FS.	EC. (+)	Elev.	L			CL	R		
TP.1	1.150	100.130			98.980	15	10	5	0	5	10	15
0+750						0.710 99.420	0.830 99.300	0.890 99.24	1.010 99.12	1.030 99.100	1.130 99.000	1.180 98.950
0+775						0.590 99.540	0.710 99.420	0.780 99.350	0.870 99.26	0.920 99.210	1.010 99.120	1.080 99.050
0+800						0.480 99.650	0.610 99.520	0.680 99.450	0.780 99.35	0.820 99.310	0.910 99.220	0.950 99.180
0+825						0.400 99.730	0.530 99.600	0.580 99.550	0.660 99.47	0.690 99.400	0.810 99.320	0.860 99.270
0+850						0.310 99.820	0.430 99.700	0.480 99.650	0.580 99.55	0.630 99.500	0.690 99.440	0.770 99.360
0+875						0.210 99.920	0.330 99.800	0.380 99.750	0.490 99.64	0.530 99.600	0.590 99.540	0.660 99.470
TP.2	1.410	100.940	0.602	0.002	99.530							
0+900						0.940 100.000	1.070 99.870	1.120 99.820	1.230 99.71	1.260 99.680	1.300 99.640	1.350 99.590
0+925						0.880 100.060	1.050 99.890	1.100 99.840	1.140 99.80	1.220 99.720	1.250 99.690	1.340 99.600
0+950						0.820 100.120	0.940 100.000	1.020 99.920	1.070 99.87	1.150 99.790	1.200 99.740	1.290 99.650
0+975						0.690 100.250	0.840 100.100	0.890 100.050	1.010 99.93	1.100 99.840	1.140 99.800	1.250 99.690
1+000						0.640 100.300	0.720 100.220	0.790 100.150	0.890 100.05	0.990 99.950	1.090 99.850	1.240 99.700
1+025						0.690 100.250	0.830 100.110	0.910 100.030	0.970 99.97	1.040 99.900	1.100 99.840	1.2580 99.690
TP.3			0.952	0.002	99.990							

สมุดสนาม												
Sta.	BS.	HI.	FS.	EC. (+)	Elev.	L			CL	R		
TP.3	1.520	101.510			99.990	15	10	5	0	5	10	15
0+050						1.320	1.480	1.570	1.620	1.680	1.710	1.830
						100.190	100.03	99.940	99.89	99.830	99.800	99.68
1+075						1.460	1.550	1.610	1.670	1.700	1.750	1.870
						100.050	99.96	99.90	99.84	99.810	99.760	99.640
1+100						1.470	1.610	1.630	1.720	1.750	1.800	1.880
						10.040	99.900	99.880	99.790	99.760	99.710	99.630
1+125						1.520	1.620	1.690	1.730	1.800	1.810	1.910
						99.990	99.890	99.820	99.780	99.71	99.70	99.600
1+150						1.580	1.680	1.740	1.800	1.840	1.880	1.950
						99.930	99.830	99.770	99.710	99.670	99.630	99.560
1+175						1.650	1.750	1.810	1.870	1.910	1.950	2.020
						99.860	99.760	99.700	99.64	99.60	99.560	99.490
1+200						1.780	1.860	1.910	2.000	2.010	2.090	2.160
						99.730	99.650	99.600	99.510	99.500	99.420	99.350
BM.2/1			1.312	0.002	100.200							
$\sum$	4.600		$\sum$4.328									

รายการคำนวณ : คำนวณหา Elev. BM.2/1 ที่ได้จากการปฏิบัติงาน

จากสูตร $\sum$BS. - $\sum$FS. = Last. Elev. - First. Elev.

4.600 - 4.328 = Last. Elev. - 99.920

Last. Elev. = 4.600 - 4.328 + 99.920 = 100.192

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น = 100.200 - 100.192 = -0.008

ความคลาดเคลื่อน / การตั้งกล้อง 1 ครั้ง = Error / N = 0.008/4 = +0.002

<u>การตรวจสอบผลงาน</u>

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้จากเกณฑ์ของงานชั้นที่ 3 = $\pm$ 12 มม. $\sqrt{k}$

เมื่อ k = ระยะทางเป็น กม.= (1+200) - (0+425) = 775 ม. = 775/1000 = 0.775 กม.

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ = $\pm$ 12 มม. $\sqrt{k}$ 0.775 = 10.6 มม. = 0.0106 ม.

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น < ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

0.008 < 0.0106 OK.

2. **วิธีการเขียนรูปตัดตามขวาง**

2.1 การกำหนดให้ใช้มาตราส่วนทางตั้งของระดับความยาวมาลงที่หมาย ค่าระดับตามขวาง โดยให้ใช้มาตราส่วนทางราบและทางตั้งของระดับตามขวางเป็นมาตราส่วนเดียวกัน โดยทั่วไปนิยมใช้มาตราส่วน 1 : 100 ในตัวอย่างนี้จะลงที่หมายด้วยมาตราส่วน 1: 200 เพื่อให้เหมาะสมกับกระดาษ

2.2 ตรวจดูสมุดสนามว่า Elev. สูงสุดและต่ำสุด ในแต่ละ Sta. มีค่าต่างกันเท่าไร เพื่อที่จะได้ กำหนดค่าตัวเลขและตำแหน่งให้เหมาะสมกับกระดาษ

2.3 กำหนด Center Line, Right ในกระดาษกราฟ

2.4 เขียนค่าระยะทางตามขวาง, ค่าระดับ ในกระดาษกราฟ ด้วยมาตราส่วน 1: 200 ของแต่ละ Station

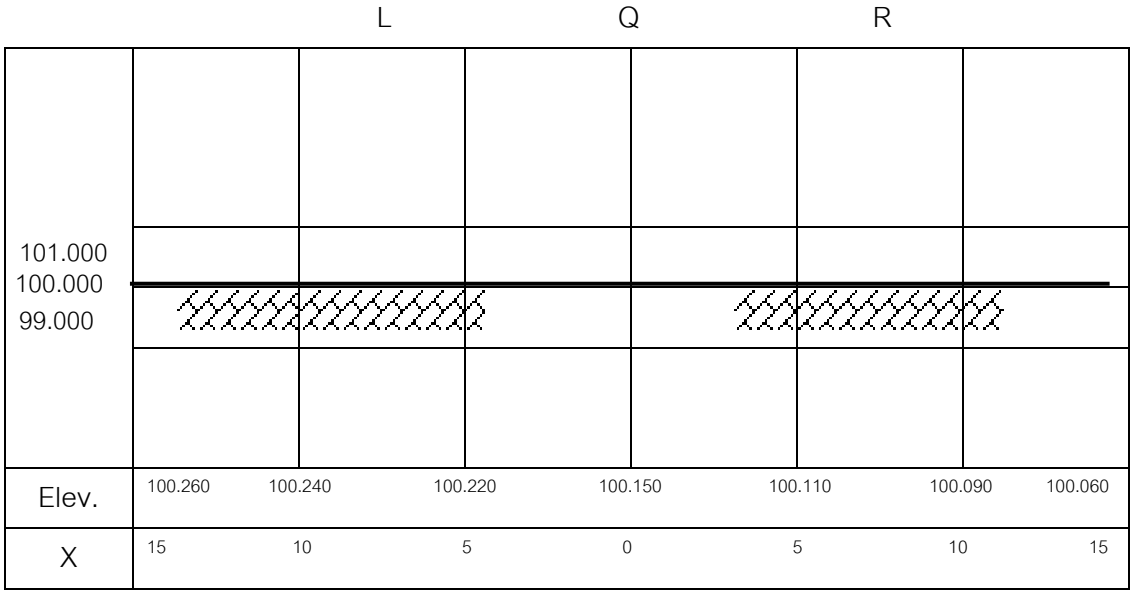
2.5 ให้ระยะห่างของแต่ละ Station ห่างกันพอควร เพื่อเขียนรูปหน้าตัดของงาน, ชื่อ, Station, ประมาณงานดินระหว่าง Station เพื่อความเหมาะสม ในที่นี้จะลงที่หมายทุก ๆ ระยะ 100 ม. (หากนักศึกษาลงฝึกปฏิบัติให้ลงที่หมายทุก ๆ 25 ม.)

2.6 เขียนค่าระดับตามแนวแกน X และค่าระดับตามแนวแกน Y เหมือนกับการเขียนระดับตามยาว

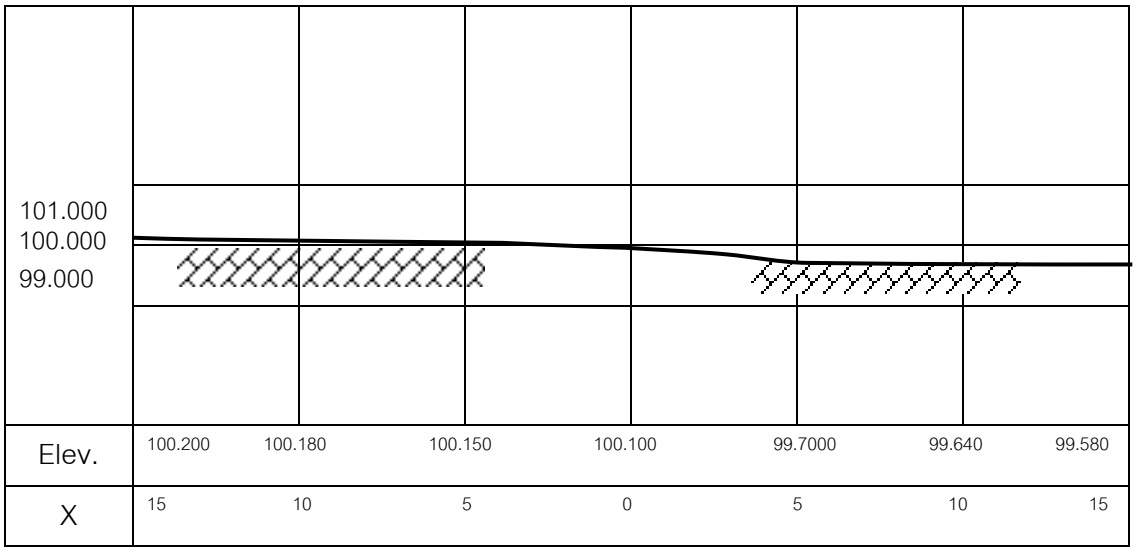
CROSS SECTION แนวทางสามแยกมิตรภาพ – ป้อมยาม

Sta 0 + 000 – 1 + 200

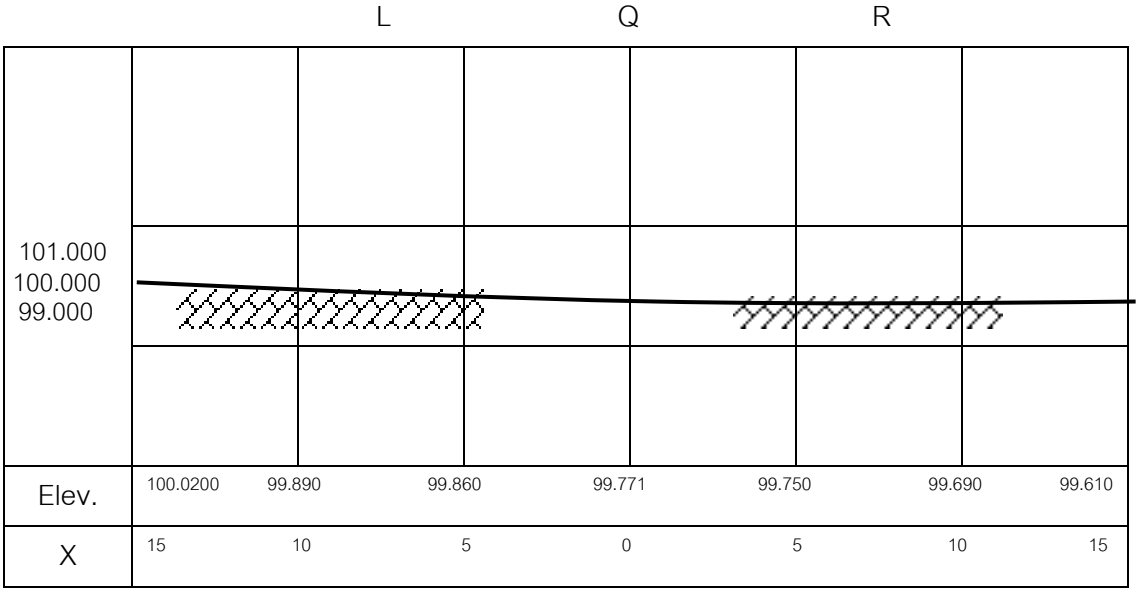
Scale 1 : 200



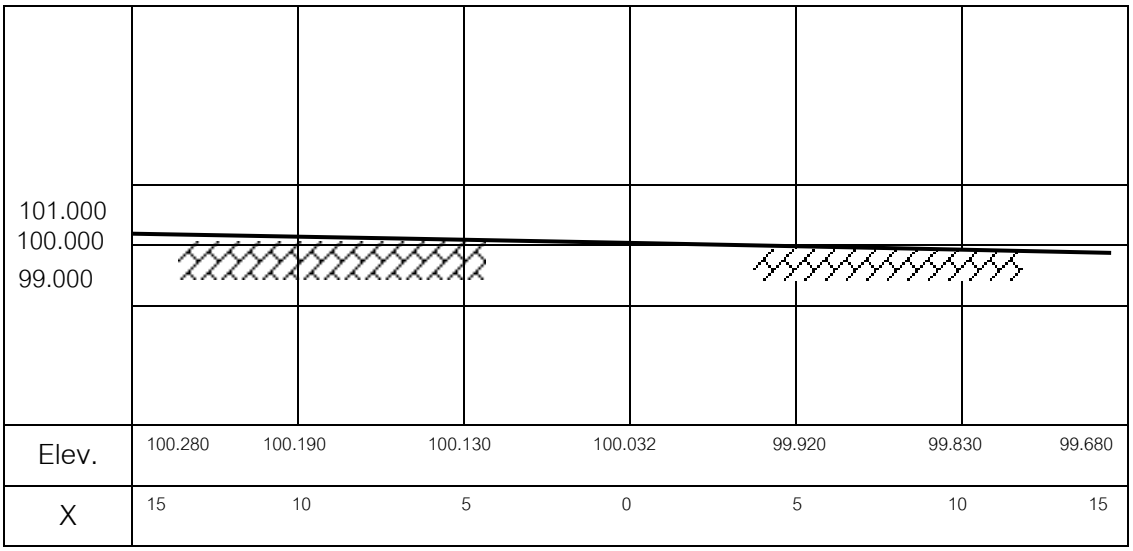
0 + 000



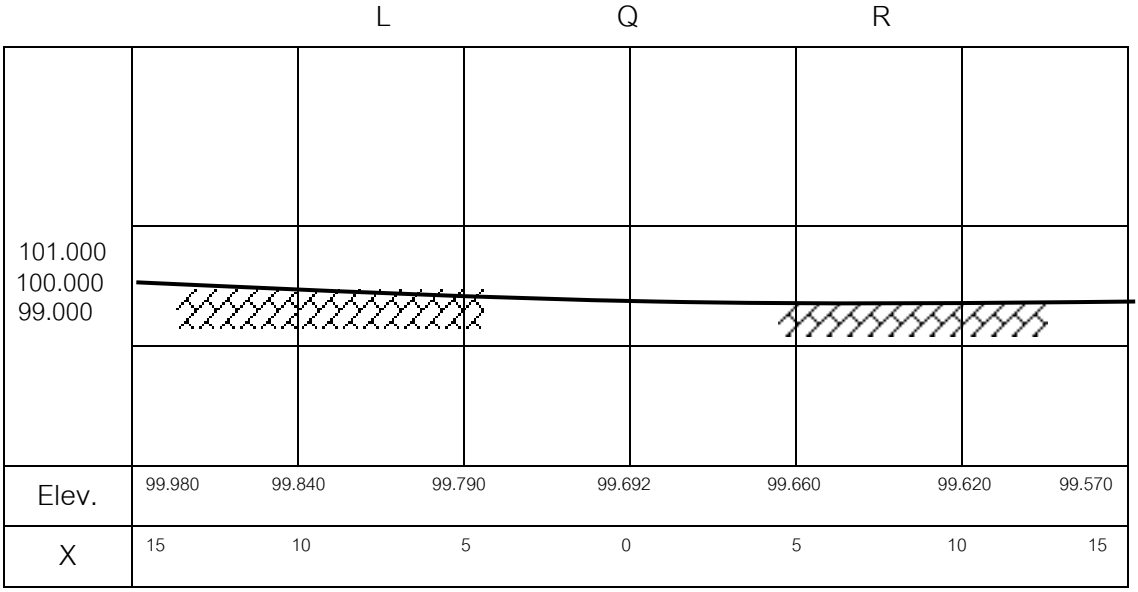
0 + 100


L
Q
R
101.000
100.000
99.000
Elev.
100.0200
99.890
99.860
99.771
99.750
99.690
99.610
X
15
10
5
0
5
10
15

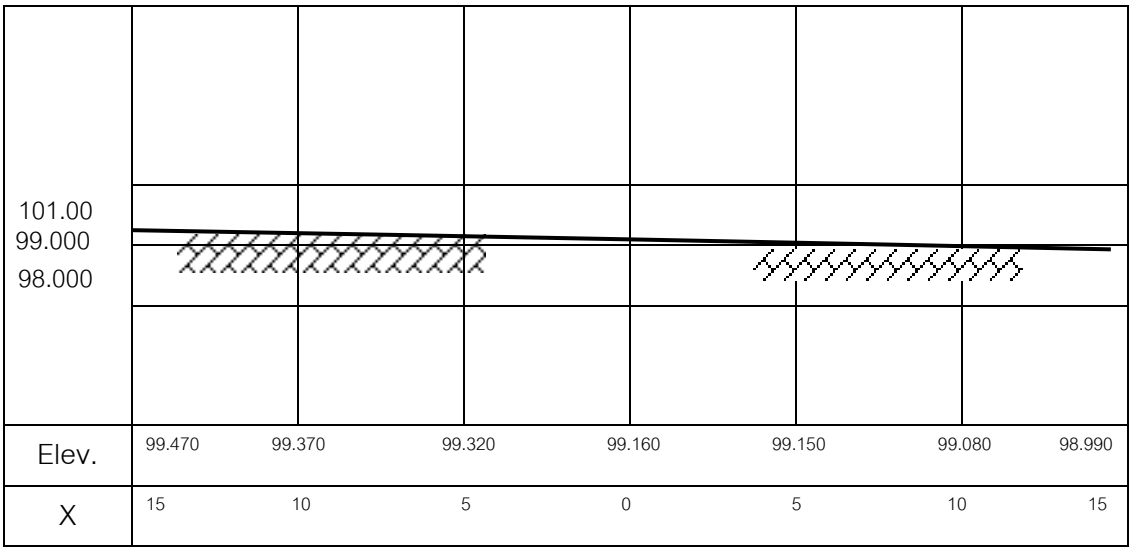
0 + 200


101.000
100.000
99.000
Elev.
100.280
100.190
100.130
100.032
99.920
99.830
99.680
X
15
10
5
0
5
10
15

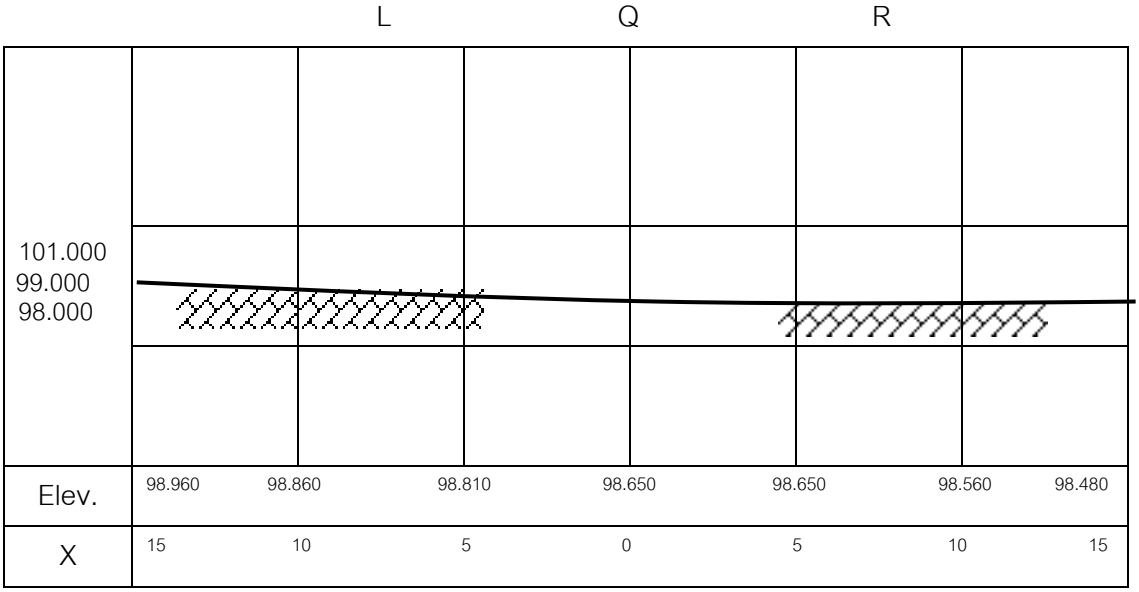
0 + 300


L
Q
R
101.000
100.000
99.000
Elev.
99.980
99.840
99.790
99.692
99.660
99.620
99.570
X
15
10
5
0
5
10
15

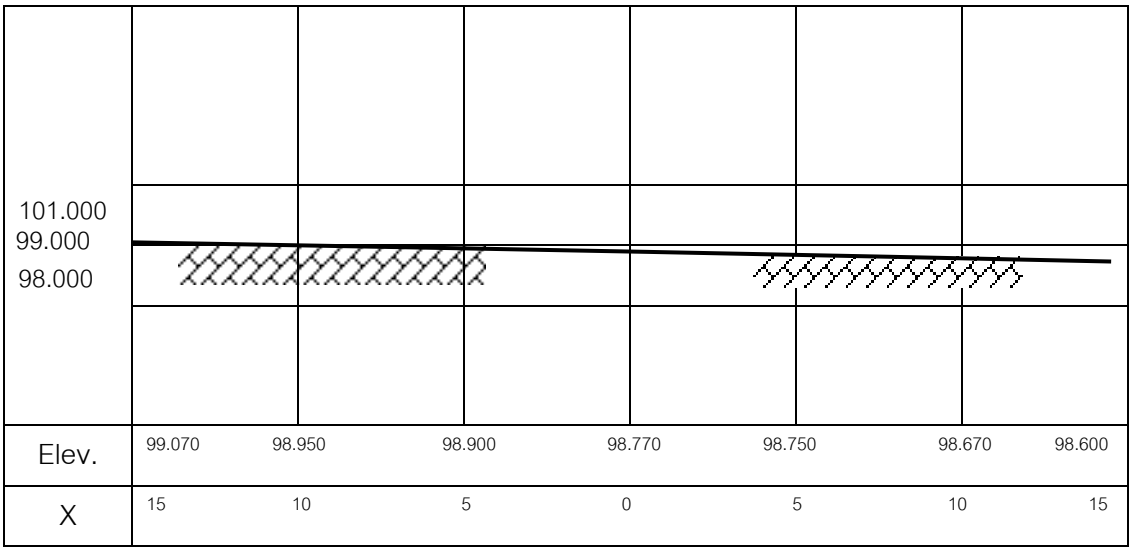
0 + 400


101.00
99.000
98.000
Elev.
99.470
99.370
99.320
99.160
99.150
99.080
98.990
X
15
10
5
0
5
10
15

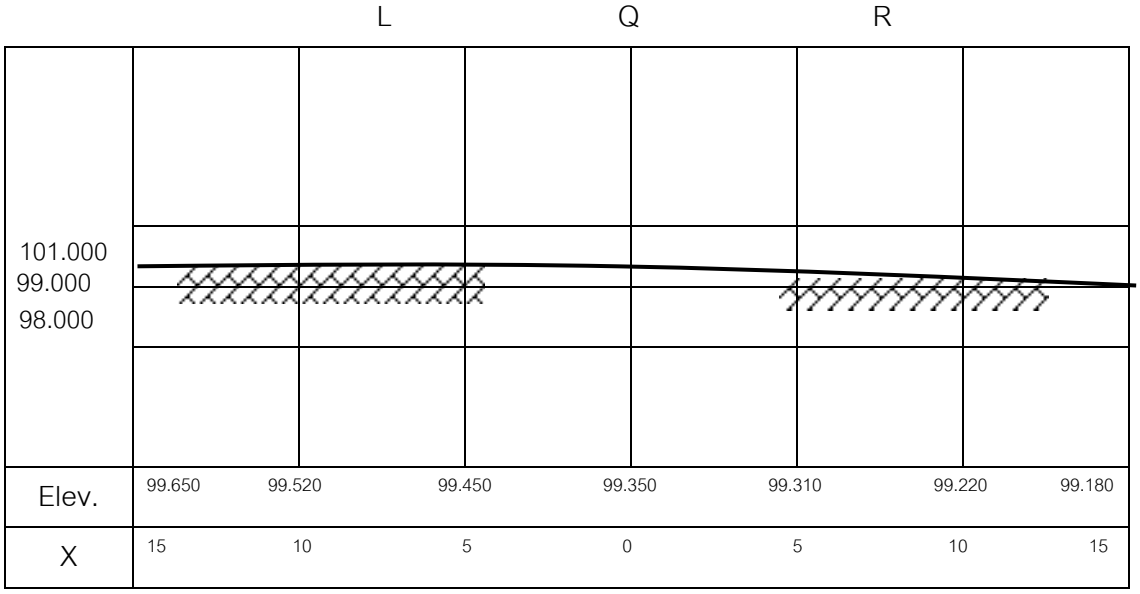
0 + 500


L
Q
R
101.000
99.000
98.000
Elev.
98.960
98.860
98.810
98.650
98.650
98.560
98.480
X
15
10
5
0
5
10
15

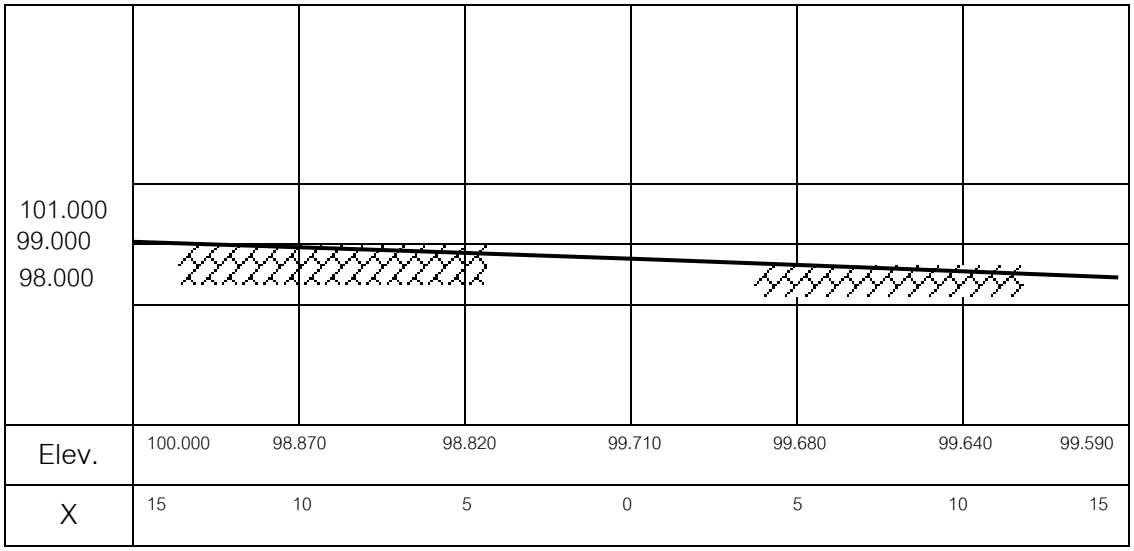
0 + 600


101.000
99.000
98.000
Elev.
99.070
98.950
98.900
98.770
98.750
98.670
98.600
X
15
10
5
0
5
10
15

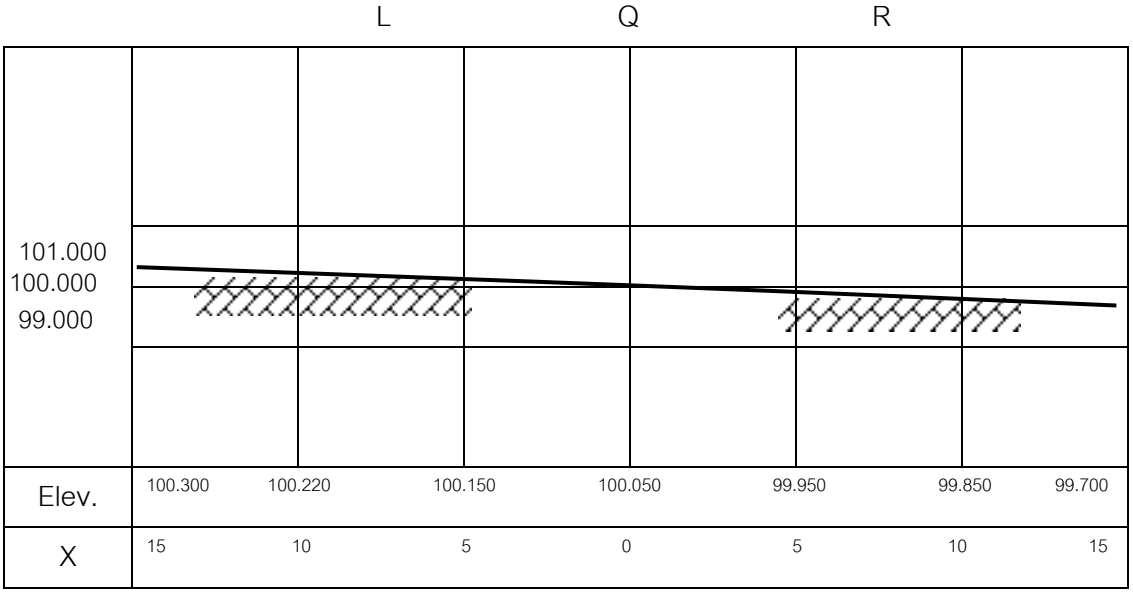
0 + 700


L
Q
R
101.000
99.000
98.000
Elev.
99.650
99.520
99.450
99.350
99.310
99.220
99.180
X
15
10
5
0
5
10
15

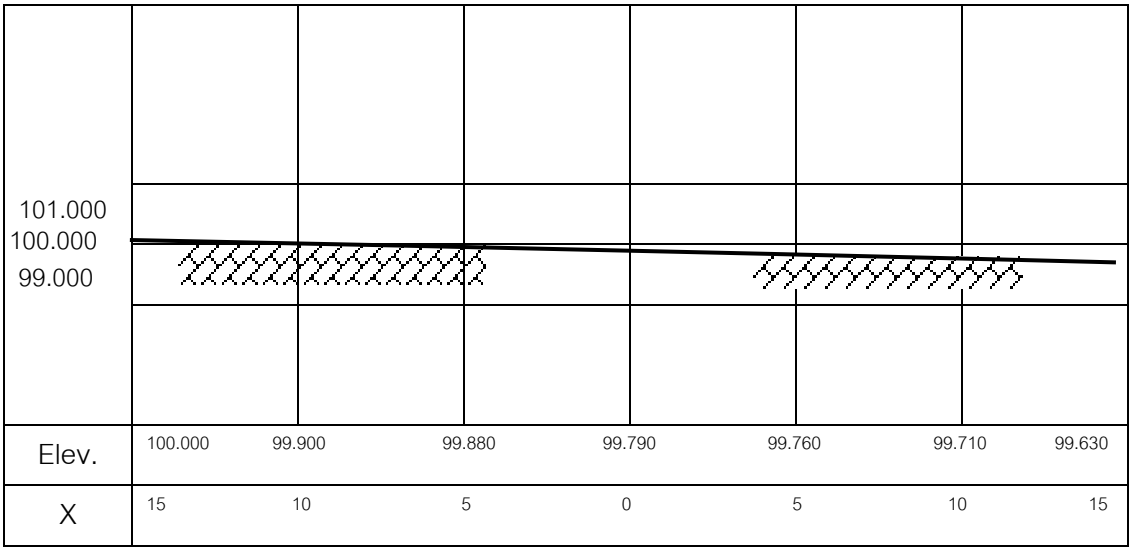
0 + 800


101.000
99.000
98.000
Elev.
100.000
98.870
98.820
99.710
99.680
99.640
99.590
X
15
10
5
0
5
10
15

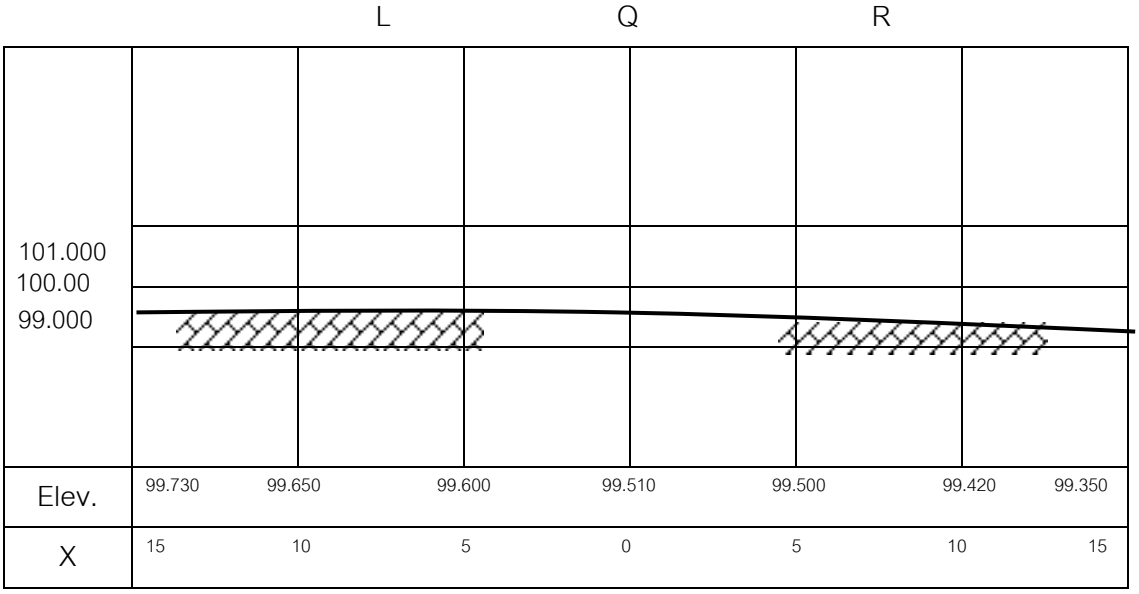
0 + 900


L
Q
R
101.000
100.000
99.000
Elev.
100.300
100.220
100.150
100.050
99.950
99.850
99.700
X
15
10
5
0
5
10
15

1 + 000


101.000
100.000
99.000
Elev.
100.000
99.900
99.880
99.790
99.760
99.710
99.630
X
15
10
5
0
5
10
15

1 + 100


L
Q
R
101.000
100.00
99.000
Elev.
99.730
99.650
99.600
99.510
99.500
99.420
99.350
X
15
10
5
0
5
10
15

1 + 200

ข้อควรระวัง

1. การตั้งไม้วรระระดับตามช่วง Sta. และระยะขวาง หากมีการเปลี่ยนลักษณะภูมิประเทศหรือเป็นร่องน้ำ จะต้องเก็บค่าระดับไว้ด้วย เพราะเมื่อเขียนกราฟจะได้เส้นที่ตรงกับสภาพภูมิประเทศจริง หากข้ามจุดเปลี่ยนระดับแล้วเมื่อเขียนกราฟจะได้จุดที่ไม่ตรงกับสภาพที่เป็นจริงทำให้การหาปริมาณงานดินจากพื้นที่หน้าตัดผิดพลาดได้

ข้อเสนอแนะ

1. ค่าไม้หลังกับค่าไม้หน้าควรอ่านให้ละเอียดกว่าค่าไม้กลางเพราะจุดเปลี่ยนกล้องจะเป็นจุดถ่ายระดับ และเป็นจุดตรวจสอบผลงาน
2. เมื่อเดินระดับผ่าน BM. ต่าง ๆ ที่มีอยู่เป็นช่วง ๆ ให้ส่องเข้าไปยัง BM. นั้น เป็นการเสร็จสิ้นระดับตอนหนึ่ง ๆ ทำการตรวจสอบผลงานได้
3. การทำระดับตามยาวและตามขวาง สามารถทำไปพร้อมกันได้ โดยนำค่าที่ศูนย์กลางทางทุก Station ลงมาที่หมายจะได้ค่าระดับที่ศูนย์กลางทาง (Profile Levelling) ตลอดแนวทางแต่ในช่วงแรกของการฝึกปฏิบัติยังไม่ควรทำไปพร้อมกัน เพราะจะเกิดการสับสนและผิดพลาดได้หากมีความเข้าใจและชำนาญทั้ง 2 วิธีแล้วก็สามารถทำไปพร้อมกันได้ เพราะจะประหยัดเวลาค่าใช้จ่าย ค่าความต่าง ๆ ระหว่างการทำระดับตามยาวและตามขวางก็จะไม่เกิด เนื่องจากจุดต่าง ๆ ทำไปพร้อมกัน

ใบผลการปฏิบัติ			
วิชา	การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่**	11
หน่วยที่	11		
เรื่อง	การทำระดับตามขวาง		

ผลการปฏิบัติงาน

1.	การปฏิบัติงาน	☐ ใช้ได้
		☐ ไม่เหมาะสม
2.	การบันทึกข้อมูล	☐ ใช้ได้
		☐ ไม่เหมาะสม
3.	การคำนวณและปรับแก้	☐ ใช้ได้
		☐ ไม่เหมาะสม
4.	ความละเอียดถูกต้องของงาน	☐ ใช้ได้
		☐ ไม่เหมาะสม
5.	การลงที่หมายระดับตามขวาง	☐ ใช้ได้
		☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบประเมินผล					
วิชา **การสำรวจเส้นทาง** **หน่วยที่** 11 **เรื่อง** **การทำระดับตามขวาง**					**ใบงานที่** 11 **จำนวน** 4 **คาบ**
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การบันทึกข้อมูล 5. การคำนวณค่าระดับและปรับแก้ 6. การตรวจสอบการคำนวณ 7. การตรวจสอบความถูกต้องของงาน 8. การลงที่หมายค่าระดับ ในแบบระดับตามขวาง 9. ความสะอาด ถูกต้อง ของการลงที่หมายในแบบระดับตามขวาง 10. ตรวจ เก็บและทำความสะอาดเครื่องมือหลังการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงาน เริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม...นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 11

เรื่อง: การทำระดับตามขวาง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 จุดใดไม่จำเป็นต้องเก็บค่าระดับ ในการทำระดับตามขวาง

ก. ระดับน้ำสูงสุด ข. คอสะพาน

ค. จุดตาม Station ที่ทำไว้ ง. จุดที่พื้นดินเปลี่ยนแปลง

1.2 การออกระยะขวางตั้งฉากกับแนวทาง ควรออกอย่างน้อยสุดเท่าใด

ก. เท่ากับความกว้างของคันทาง ข. เท่ากับความกว้างของเขตทาง

ค. 2 , 4 , 6 ม. ง. 5 , 10 , 15 ม.

1.3 การคำนวณความสูงตาม Station ต่างๆ คำนวณได้จากข้อใด

ก. HI+BS-IFS ข. HI-FS+IFS

ค. HI-FS ง. HI-IFS

1.4 รูปตัดตามขวางแสดงให้เห็นสิ่งใดบ้าง

ก. ระดับพื้นดิน ข. ระดับพื้นดินตามยาวตามแนวทาง

ค. ระดับพื้นตามแนวขวางกับแนวทาง ง. รายละเอียดภูมิประเทศ

1.5 จุดประสงค์ของการทำรูปตัดตามขวางเพื่ออะไร

ก. เพื่อกำหนดระดับก่อสร้าง ข. เพื่อต้องการทราบรายละเอียดภูมิประเทศ

ค. เพื่อต้องการหาปริมาณงานดิน ง. เพื่อต้องการทราบทิศทางการไหลของน้ำ

จากข้อมูล ในตาราง จงตอบคำถามข้อ 1.6 - 1.10

Sta.	Bs.	HI.	Fs.	Ec. (-)	Elev.	L	C_L	R
BM.1	1.450		-	-	102.144	7	0	7
1+500						2.260	2.230	2.200
1+600						0.250	0.190	0.135
1+700						1.500	1.495	1.430
TP.1	2.240		0.315					
1+800						1.730	2.150	2.550
1+900						1.317	2.767	3.817
2+000						0.720	1.967	3.567
BM.2	-	-	0.520		104.995	Fixed		

1.6 ค่า Elev. ของ BM.2 ที่ได้จากการปฏิบัติงานคือข้อใด

ก. 104.993 ข. 104.995

ค. 104.999 ง. 105.000

1.7 ความคลาดเคลื่อนจากการปฏิบัติงาน เป็นเท่าไร

ก. 0.00 ม. ข. 0.004 ม.

ค. 0.006 ม. ง. 0.008 ม.

1.8 ความคลาดเคลื่อนของงานชั้นที่ 3 ในที่นี้ยอมให้ผิดพลาดได้เท่าไร

ก. 4 มม. ข. 6.5 มม.

ค. 8.5 มม. ง. 12 มม.

1.9 TP.1 มีค่า Elev. เท่ากับข้อใด

ก. 103.279 ข. 103.277

ค. 103.275 ง. 103.270

1.10 ค่าElev. ที่ Sta. 1+900 ที่ศูนย์กลางทาง เป็นเท่าไร

ก. 101.700 ข. 101.957

ค. 102.160 ง. 102.750

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 CROSS - Section Levelling หมายถึง……..……..

……..

2.2 จุดที่ต้องหาค่าระดับตามขวาง คือ……..

……..

2.3 การวัดระยะขวาง ในบริเวณทางโค้ง ทำได้โดย……..

……..

2.4 การรังวัดที่จุดขอบไหล่ทางเดิม (Toe Slope) ทำโดย……

……..

2.5 การบันทึกสมุดสนาม มี….วิธี คือ ……..…….. ……

……..

2.6 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อน จากากรทำระดับตามขวาง ทำได้โดย……

……..

2.7 การกำหนดมาตราส่วน ของการลงที่หมายตามขวาง……

……..

2.8 การลงที่หมายค่าระดับตามขวาง……

……..

2.9 การนำรูปตัดตามขวาง ไปใช้งาน……
……
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปตัดตามยาวและรูปตัดตามขวาง……..
……

หน่วยที่ 12
การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

หัวเรื่อง

เรื่องที่ 12.1 การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

เรื่องที่ 12.2 การพิจารณาช่องระบายน้ำ

เรื่องที่ 12.3 ใบงานการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

สาระสำคัญ

1. เมื่อแนวทางผ่านไปในภูมิประเทศ การไหลของน้ำที่มีผลกระทบต่อคันทางเมื่อคันทางไปขวางทิศทางการไหล จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาทิศทางการไหลของน้ำ โดยพิจารณาจากเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

2. การเลือกขนาดของท่อหรือสะพานที่จะใช้สำหรับระบายน้ำ จะต้องมีการสำรวจร่องน้ำไหล เลือกทำสะพานหรือท่อแล้วจึงออกแบบสะพานหรือท่อ

3. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ในการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง ควรพิจารณาทิศทางการไหลของน้ำ และการกำหนดตำแหน่งท่อลอด

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทางได้
2. ลงตำแหน่งรูปตัดตามขวาง และเขียนเส้นชั้นความสูงได้
3. นำวิธีการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทางไปใช้งานได้ถูกต้อง
4. บอกวิธีการพิจารณาร่องน้ำได้
5. เลือกขนาดของท่อหรือสะพานที่จะใช้สำหรับระบายน้ำได้
6. นำวิธีการพิจารณาช่องระบายน้ำไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 12.1
การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

จุดประสงค์การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง เพื่อพิจารณาการไหลของน้ำที่มีผลกระทบต่อคันทางและพิจารณาตำแหน่งใส่ท่อลอด BOX Culvert หรือสะพาน เพื่อช่วยในการไหลของน้ำผ่านคันทางได้

ขั้นตอนการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

1. จากข้อมูลการวางแนวทาง ลงที่หมายพิกัดแนวทางตรง แนวโค้ง ในกระดาษเขียนแบบต้นร่างตามมาตราส่วนที่กำหนด ส่วนมากนิยมใช้มาตราส่วน 1:1000 (ตัวอย่างกำหนด Sta. 0 + 000 – 0 +250)

2. ลงตำแหน่งจุดต่างๆ ที่ทำระดับตามขวางกับแนวทาง ที่ช่วง Sta. ต่างๆ ตามที่ระดับ CROSS SECTION ตามตัวอย่างออกช่วงที่ละ 5, 10, 15, 20 ทั้งซ้ายมือและขวามือของศูนย์กลางทาง ตามมาตราส่วนที่กำหนด และเป็นมาตราส่วนเดียวกันกับแนวทาง

3. เขียนค่าระดับตามขวางที่ออกข้าง ทั้งซ้ายและขวา ที่ Station ต่างๆ ที่ลงตำแหน่งไว้แล้วในข้อที่ 2

4. ลากเส้นด้วยดินสอที่ช่วงออกข้างแต่ละช่วงเข้าหากัน และลากเส้นระหว่าง Station ที่ระยะขวางเดียวกันหากัน จะเกิดเป็นสี่เหลี่ยมขึ้นหลายๆ รูปตลอดแนวทาง

5. ลากเส้นทแยงมุมด้วยดินสอเบาๆ ทุกมุมและทุกรูปของสี่เหลี่ยมในข้อ 4 เพื่อพิจารณาค่าระดับเส้นชั้นความสูงที่ลากผ่านได้ถูกต้อง

6. กำหนดค่าความต่างระหว่างเส้นชั้นความสูง (Contour Interval) โดยพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศหรือตามที่กำหนด ตัวอย่างกำหนด C.I. = 0.05 ม. กำหนดค่าระดับที่เลขจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงกับค่า 100.25 ค่าน้อยกว่า เช่น 99.95, 99.90, 99.85, 99.75, 99.70, 99.65 จนกว่าจะถึงค่าที่ต่ำที่สุด แล้วเริ่มต้นที่มุมใดมุมหนึ่งของรูปเหลี่ยมที่มีค่าระดับจุดอยู่แล้ว กำหนดจุดค่าระดับที่อยู่ในช่วง แล้วพิจารณาต่อไปเรื่อยๆ จะมีค่าไปทางด้านไหนและกำหนดค่าไปเรื่อยๆ จนจรดขอบกระดาษ แล้วพิจารณาค่าระดับอื่นๆ ต่อไปเรื่อยๆ จนได้ค่าระดับดิบดินเดิมตลอดเขตทาง

7. พิจารณาเส้นชั้นความสูงที่เขียนไว้แล้วทั้งแนวทาง จะสามารถมองเห็นทิศทางการไหลของน้ำที่มีผลกระทบต่อคันทางได้

8. กำหนดตำแหน่งใส่ท่อลอดเพื่อเป็นทางน้ำไหล

9. นำกระดาษไขทาบกับกระดาษต้นแบบ ลากเฉพาะเส้นชั้นความสูง คันทาง และรายละเอียดคันทาง ตำแหน่งใส่ท่อลอด ก็จะได้รายละเอียดในเขตทางที่ต้องการ

ตารางที่ 12.1.1 แสดงข้อมูลการทำ Cross – Section

Sta.	BS.	HI.	FS.	EC.	Elev.	L				CL	R			
BM.1	1.75	101.75	-	-	100.	20	15	10	5	0	5	10	15	20
0+000						1.82	1.87	1.92	1.98	2.06	2.08	2.12	2.18	2.19
						99.93	99.98	99.83	99.77	99.69	99.69	99.63	99.57	99.56
0+025						1.78	1.83	1.88	1.95	1.99	2.06	2.07	2.13	2.17
						99.97	99.92	99.87	99.80	99.76	99.69	99.68	99.62	99.58
0+050						1.73	1.80	1.86	1.89	1.98	2.00	2.06	2.08	2.14
						100.02	99.95	99.89	99.86	99.77	99.75	99.69	99.67	99.61
TP.1	2.10	101.495	2.35	.005	99.395									
0+075						1.395	1.475	1.555	1.615	1.675	1.705	1.755	1.815	1.875
						100.10	100.02	99.94	99.88	99.82	99.79	99.74	99.68	99.62
0+100						1.325	1.405	1.485	1.555	1.625	1.685	1.715	1.785	1.835
						100.17	100.09	99.94	99.88	99.82	99.79	99.74	99.68	99.62
0+125						1.265	1.315	1.405	1.485	1.545	1.615	1.675	1.735	1.825
						100.23	100.18	100.09	100.01	99.5	99.88	99.82	99.76	99.67
TP.2	2.58	102.095	1.975	.005	99.516									
0+150						1.815	1.835	1.905	1.965	2.065	2.175	2.265	2.325	2.415
						100.28	100.26	100.19	100.13	100.03	100.03	99.83	99.77	99.68
0+175						1.865	1.905	2.015	2.065	2.185	2.275	2.315	2.365	2.425
						100.23	100.16	100.08	100.03	99.91	99.82	99.78	99.73	99.67
0+200						7.955	2.035	2.115	2.195	2.245	2.325	2.375	2.405	2.465
						100.28	100.26	100.19	100.13	100.03	99.92	99.83	99.77	99.68
TP.3	1.38	100.90	1.57	.005	100.52									
0+225						1.83	1.93	2.01	2.06	2.12	2.20	2.23	2.26	2.32
						100.05	99.97	99.89	99.84	99.78	99.70	99.67	99.64	99.58
0+250						1.92	2.01	2.06	2.11	2.21	2.24	2.28	2.31	2.33
						99.98	99.89	99.84	99.79	99.69	99.66	99.62	99.59	99.57
BM.2	-	-	1.65	.005	100.265									
	7.81		7.545		(100.245)									

7.81 – 7.545 = 100.265 – 100.00

0.265 = 0.265 O.K.

ความคลาดเคลื่อน = 100.265 – 100.245 = 0.02

ค่าแก้ = Error /N = 0.02/4 = 0.005

ตารางที่ 12.1.2 ตีตารางตาม Station และการออก Croos – Section

20	15	10	5	0	5	10	15	20

L 0+000 R

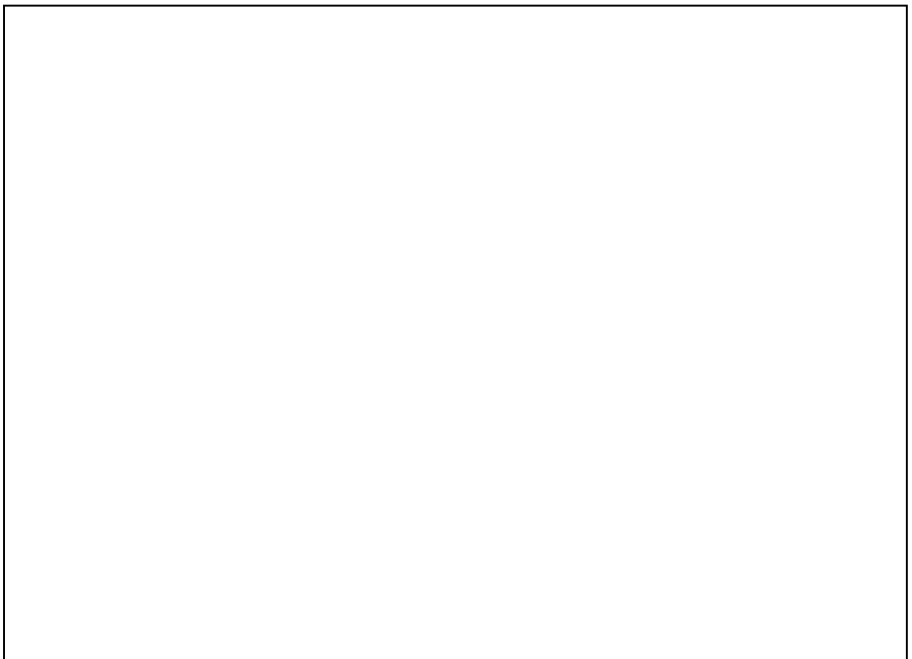
ตารางที่ 12.1.3 ลงที่หมายค่าระดับ – ลากเส้นทะแยงมุมด้วยดินสอเบาๆ ทุกมุมและทุกรูปสี่เหลี่ยม

	99.98	99.89	99.84	99.79	99.69	99.66	99.62	99.59	99.57
100.005		99.89	99.89	99.84	99.78	99.70	99.67	99.64	99.58
100.14		100.06	99.98	99.90	99.85	99.77	99.72	99.69*	99.63
100.23		100.16	100.08	100.03	99.91	99.82	99.78	99.73	99.63
100.28		100.26	100.19	100.13	100.03	99.92	99.83	99.76	99.68
100.23		00.18	100.09	100.01	99.95	99.88	99.82	99.76	99.67
100.17		100.09	100.01	99.94	99.87	99.81	99.78	99.71	99.66
100.10		100.02	99.94	99.88	99.85	99.79	99.74	99.68	99.62
100.02		99.95	99.89	99.86	99.77	99.75	99.69	99.67	99.61
99.97		99.92	99.87	99.80	99.76	99.69	99.68	99.62	99.58
99.93		99.88	99.83	99.77	99.63	99.67	99.63	99.60	99.56

ตารางที่ 12.1.4 ลากเส้น Contour กำหนด C.L. = 0.05 ม.

ตารางที่ 12.1.5 คัดลอกเฉพาะเส้น Contour

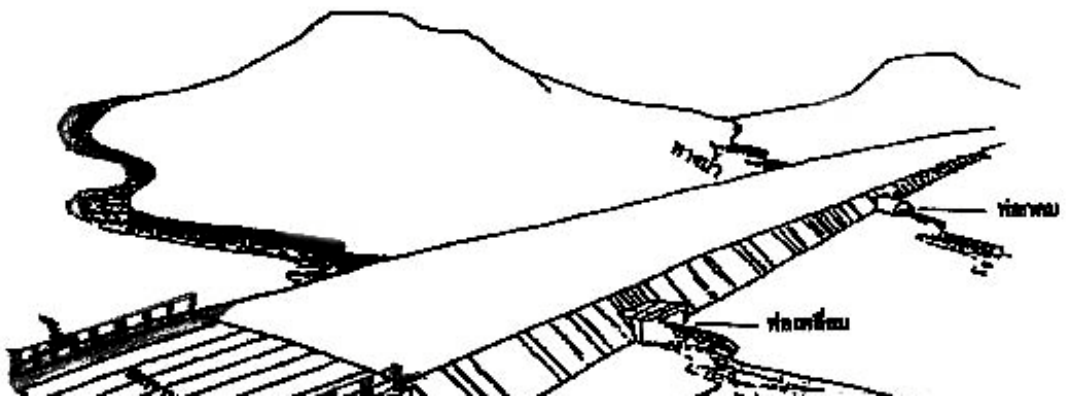
ตารางที่ 12.1.6 พิจารณาทิศทางการไหลของน้ำ และกำหนดตำแหน่งท่อลอด



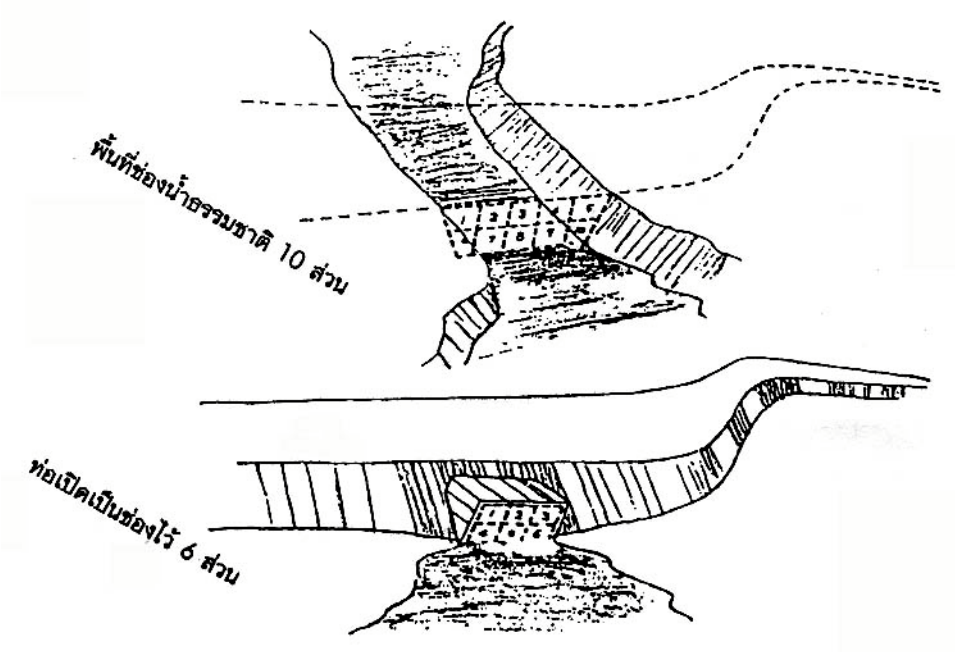
เรื่องที่ 12.2

การพิจารณาช่องระบายน้ำ

เมื่อถนนตัดผ่านน้ำตามธรรมชาติ เช่น ลำห้วย หรือลำเหมือง จะต้องใส่ท่อหรือสะพาน เพื่อให้น้ำไหลจากข้างหนึ่งของถนนได้ไม่ให้น้ำกัดเซาะตัวถนนเสียหาย หรือเอ่อล้นท่วมถนน ทำให้รถผ่านไม่ได้ ดังนั้น จึงควรเลือกขนาดของท่อหรือสะพาน ให้มีขนาดใหญ่พอให้น้ำไหลได้สะดวก ถ้าใช้ท่อเล็กไปน้ำจะไหลไม่ทันและเอ่อทางด้านเหนือน้ำ กัดเซาะถนนในบริเวณนั้น ชำรุดเสียหายได้



รูปที่ 12.2.1 แสดงถนนตัดผ่านลำน้ำ



รูปที่ 12.2.2 พื้นที่ที่ต้องเว้นเป็นช่องให้น้ำไหลผ่าน

ข้อแนะนำเพื่อใช้ประกอบการเลือกขนาดของท่อหรือสะพานที่จะใช้สำหรับระบายน้ำ ซึ่งพอจะแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การสำรวจร่องน้ำ ก่อนจะตัดสินใจเปิดช่องน้ำตอนใด จะต้องเดินสำรวจดูให้ตลอดแนวที่เลือกไว้นั้นเสียก่อนว่า ที่ใดบ้างที่จำเป็น ที่ใดบ้างที่เป็นทางน้ำโดยชัดเจน แต่ละแห่งที่เดินดูนั้นให้ตรวจดูรายละเอียดเกี่ยวกับร่องน้ำให้มากที่สุด เช่นความกว้างและความลึกของลำคลอง มีน้ำตลอดปีหรือไม่ หรือมีน้ำมาในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อนำมาพิจารณาว่าใช้ท่อขนาดใด หรือจะใช้สะพานถ้าเป็นสะพานควรยาวเท่าใด ดินท้องคลองแข็งหรืออ่อนสำหรับใช้กำหนดแบบของฐานราก ระดับน้ำทั้งในหน้าน้ำและหน้าแล้วสำหรับใช้กำหนดระดับหลังสะพานหรือท่อ ว่าควรอยู่ที่ระดับใด บริเวณใกล้เคียงลำน้ำเดียวกันนี้มีสะพานหรือท่อเดิมขนาดเท่าใดและใช้การได้ดีหรือไม่ เป็นต้น

2. การเลือกสร้างสะพานหรือท่อ เมื่อได้เดินสำรวจเก็บรายละเอียดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว นำมาสรุปรวมกันเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเลือกทำสะพานหรือท่อ โดยยึดหลังดังนี้คือ

ก. ร่องน้ำที่กว้างไม่เกิน 5.00 เมตร มีน้ำไหลเฉพาะฤดูฝนแล้งน้ำแห้งหรือมีน้ำน้ำไหลน้อยให้พิจารณาใส่ท่อ ขนาดของท่อที่จะใช้นี้ ควรให้มีพื้นที่ที่เปิดเป็นช่องน้ำให้น้ำไหลผ่านไม่น้อยกว่า 6 ใน 10 ส่วนของร่องน้ำเดิม แต่ในกรณีที่มีหรือเรืองหางยาววิ่งฤดูน้ำ ก็อาจจะต้องทำสะพานแทนท่อ

ข. ร่องน้ำกว้างเกินกว่า 5.00 เมตรขึ้นไป มีน้ำไหลตลอดปี หน้าแล้งน้ำไหลน้อยหรือน้ำแห้ง ให้พิจารณาทำสะพานข้าม โดยศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการออกแบบสะพาน คสล.

ค. ที่ลุ่มหรือท้องน้ำ น้ำที่ไหลอาจเกิดจากน้ำในแม่น้ำล้นตลิ่งท่วมเข้ามาหรือเป็นที่ที่น้ำขังอยู่เป็นเวลานานให้ฝังท่อเป็นระยะ ๆ ทุกระยะประมาณ 500 เมตร ตามความเหมาะสม เพื่อระบายน้ำสองข้างถนนให้ระดับเท่ากันตลอดไม่ท่วมสูงข้างใดข้างหนึ่ง ทำให้ถนนเสียหายได้ ขนาดของท่อที่ใช้ควรมีพื้นที่ที่เปิดเป็นช่องไว้ไม่น้อยกว่าครึ่งตารางเมตร

3. แบบสะพานหรือท่อ สะพานหรือท่อที่จะสร้างนี้ ควรสร้างให้สามารถรับน้ำหนักรถที่จะใช้วิ่งได้โดยปลอดภัย และใช้งานได้ตลอดทั้งปี รูปแบบของสะพานหรือท่อสำหรับถนน ย่อมแตกต่างกันออกไปในถนนแต่ละประเภท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ลักษณะขนาดและน้ำหนักของรถที่จะใช้วิ่ง วัสดุเครื่องมือเครื่องใช้ตลอดจนแรงงานสำหรับก่อสร้าง เป็นต้น

เรื่องที่ 12.3	ใบงานที่ 12	
วิชา การสำรวจเส้นทาง ชื่อหน่วย การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง		หน่วยที่ 12 สอนครั้งที่ 15 จำนวนคาบรวม 60
ชื่องาน การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง		จำนวนคาบ 4

จุดประสงค์เชิงพฤตกรรม

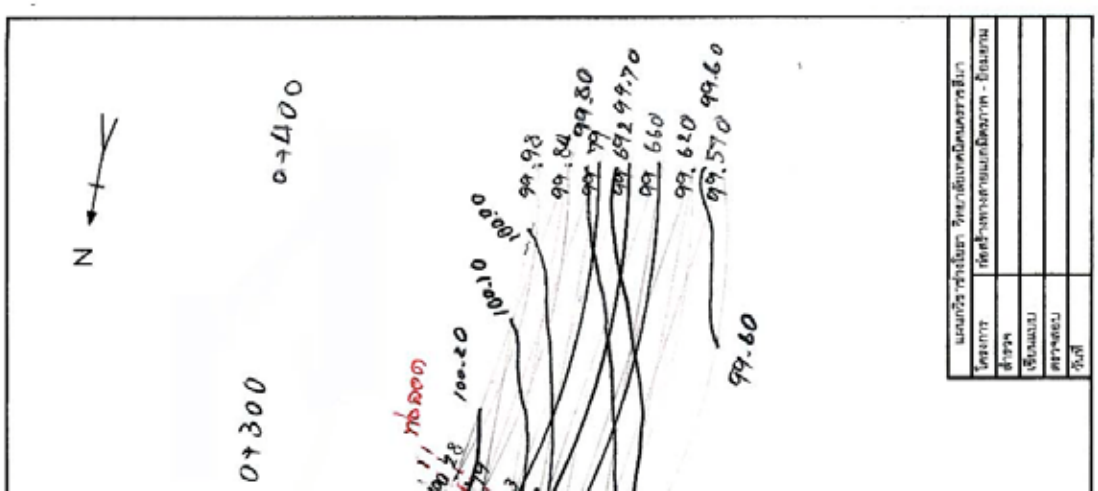
1. สามารถบอกวิธีการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทางได้
2. สามารถสรุปวิธีการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทางได้
3. สามารถเลือกตำแหน่งท่อลอดเพื่อระบายน้ำที่ตัดผ่านคันทาง ได้ถูกต้อง

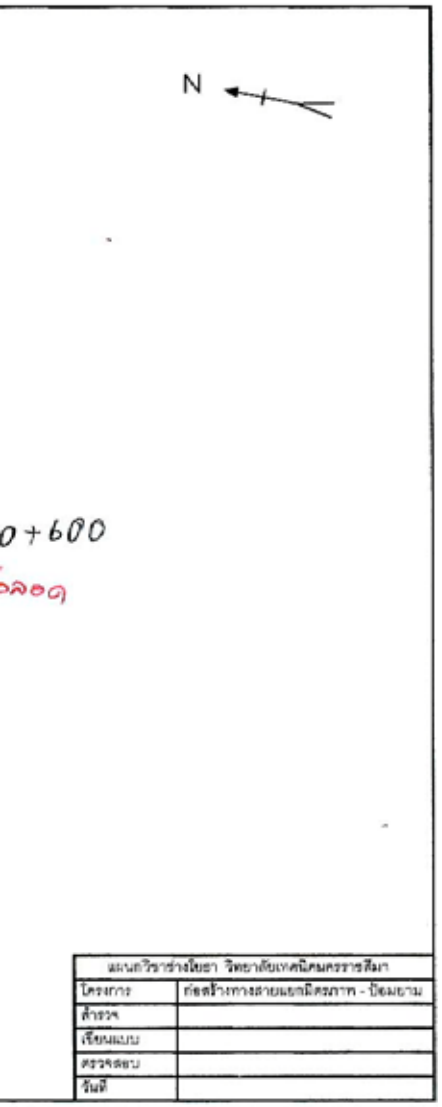
เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. สมุดสนามการทำระดับตามขวาง จากใบงานที่ 11
2. แบบแปลนแนวทาง (ต้นร่าง)
3. อุปกรณ์เครื่องเขียน

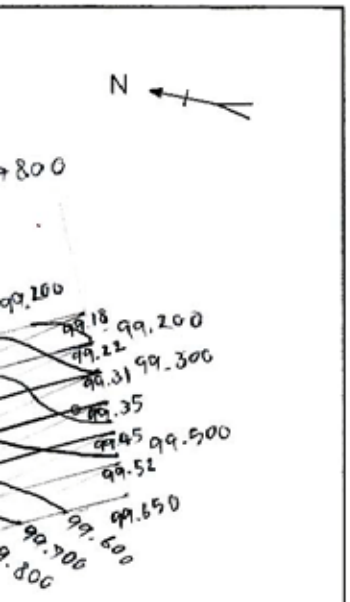
ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. ตรวจสอบข้อมูลจากการทำ Cross–Section แนวทางSta 0+000–1+200จากใบงานที่ 1
2. ตีตารางตาม Station และการออก Cross - Section จากแบบต้นร่างแปลนแนวทาง (ตามตัวอย่างจะขยายเป็นช่วง ๆ ช่วงละ 400 ม.
3. ลงที่หมายค่าระดับ จากการทำ Cross – Section ให้ตรงตาม Station
4. จากข้อ 3 จะเกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ หลาย ๆ รูประหว่าง Station และระยะออกขวาง ลากเส้นทแยงมุมด้วยดินสอเบา ๆ ทุกมุมและทุกรูปของรูปสี่เหลี่ยม
5. กำหนดC.I.=0.10 ม.กำหนดค่าระดับที่เป็นเลขจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงกับค่าระดับที่สอง เช่น 100.00,100.100 ,100.200 ,100.300 ,100.400,100.500ฯลฯ และค่าน้อยกว่า เช่น 99.900, 99.800, 99.700, 99.600, 99.500 เป็นต้นเริ่มต้นที่มุมใดมุมหนึ่งของรูปเหลี่ยมที่มีค่าระดับจุดอยู่แล้วกำหนดจุดค่าระดับที่อยู่ในช่องแล้วพิจารณาต่อไปเรื่อย ๆ จะมีค่าไปทางด้านไหนและกำหนดค่าไปเรื่อยๆ จนจรดขอบกระดาษ แล้วพิจารณาค่าระดับอื่น ๆ ต่อไปเรื่อย ๆ จนได้เส้นระดับดินเดิมตลอดเขตทาง
6. พิจารณาทิศทางการไหลของน้ำและกำหนดตำแหน่งท่อลอด
7. นำกระดาษไขทาบกับกระดาษต้นร่าง คัดลอกเฉพาะเส้นชั้นความสูง คันทาง และรายละเอียดคันทาง และตำแหน่งท่อลอดก็จะได้รายละเอียดในเขตทางที่ต้องการ





แผนกวิชาช่างโยธา วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา	
โครงการ	ก่อสร้างทางสายแยกมิตรภาพ - ป่อมยาม
สำรวจ	
เขียนแบบ	
ตรวจสอบ	
วันที่	



แผนกวิชาช่างโยธา วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา	
โครงการ	ก่อสร้างทางสายแยกมิตรภาพ - ปักธงชัย
สำรวจ	น.ต.ณรงค์.ว ธัญวงศ์
เรียนแบบ	
ตรวจสอบ	ด ณรงค์
วันที่	๒๐ ก.ค. ๔๖

CURVE DATA	
PI1. Sta. 0 + 542.034	PI2. Sta. 0 + 857.625
Δ1 = 91°24'12"	Δ2 = 67°24'30"
T1 = 36.542 ม.	T2 = 55.77 ม.
D1 = 99.13°	D2 = 99.13°
R1 = 56.35 ม.	R2 = 56.35 ม.
E1 = 20.20 ม.	E2 = 21.365 ม.
L1 = 83.088 ม.	L2 = 49.63 ม.
PC. Sta 0 + 292.234	
POC. Sta 0 + 375.322	
PT. Sta 0 + 464.342	

สัญลักษณ์

1	ยาดารพาณิชย์
2	แผนกวิชาช่างกลโรงงาน
3	ยาดารข้านวยการ
4	แผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะแผ่น
	ต้นไม้
T	เสาไฟ
×——×	แนวรั้ว

แผนกวิชาช่างโยธา วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา	
โครงการ	ก่อสร้างทางสายแยกมิตรภาพ - ป้อมยาม
สำรวจ	นศ.ปวส.2 ช่างโยธา
เขียนแบบ	นายเดกสรร ทองสุข
ตรวจสอบ	อ.พิชยพล นามประทีป
วันที่	- ก.พ. 46

ใบผลการปฏิบัติ			
วิชา	การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่**	12
หน่วยที่	12		
เรื่อง	การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง		

ผลการปฏิบัติงาน

1. การลงที่หมายระดับตามขวาง	Δ ใช้ได้
	Δ ไม่เหมาะสม
2. การกำหนดช่วงห่างระหว่างเส้นชั้นความสูง	Δ ใช้ได้
	Δ ไม่เหมาะสม
3. การเขียนเส้นชั้นความสูง	Δ ใช้ได้
	Δ ไม่เหมาะสม
4. การเลือกตำแหน่งท่อลอด	Δ ใช้ได้
	Δ ไม่เหมาะสม
5. การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง	Δ ใช้ได้
	Δ ไม่เหมาะสม

บันทึก

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ใบประเมินผล	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่** 12
หน่วยที่ 12	
เรื่อง การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง	**จำนวน** 4 **คาบ**

ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น** ..... **กลุ่ม**	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ 4. การลงที่หมาย CROSS – Section ในแบบแปลน 5. การใช้มาตราส่วนในแบบระดับตามขวาง 6. การกำหนดช่วงห่างระหว่างเส้นชั้นความสูงได้เหมาะสม 7. การเขียนเส้นชั้นความสูงได้ถูกต้อง 8. การเลือกตำแหน่งท่อลอด 9. การเขียนเส้นชั้นความสูงในแบบแปลน 10. ตรวจ เก็บและทำความสะอาดเครื่องมือ หลังการปฏิบัติงาน					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 12

เรื่อง การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 จุดประสงค์การเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง ข้อใดถูกที่สุด

ก. เพื่อพิจารณาการไหลของน้ำ

ข. เพื่อพิจารณาตำแหน่งใส่ท่อลอด

ค. เพื่อพิจารณาการไหลของน้ำที่มีต่อผลกระทบต่อคันทาง

ง. เพื่อช่วยในการไหลของน้ำผ่านคันทาง

1.2 ข้อใดที่เกี่ยวกับการเขียนเส้นชั้นความสูงในเขตทาง

ก. แนวทาง ข. BM

ค. ระดับความขวาง ง. ตำแหน่งท่อลอด

1.3 C.I. = 0.10 ม. หมายความว่าอย่างไร

ก. ค่าระดับ 0.10 ม. ข. ระยะขวาง 0.10 ม.

ค. ความคลาดเคลื่อน 0.10 ม. ง. ช่วงต่างระหว่างเส้นชั้นความสูง 0.10 ม.

1.4 สาเหตุที่ลากเส้นทะแยงมุมด้วยดินสอเบา ๆ ของรูปสี่เหลี่ยมในการเขียนระดับตามขวาง เพื่อสิ่งใด

ก. เพื่อพิจารณาค่าความสูงว่าลากผ่านได้หรือไม่

ข. เพื่อลงรายละเอียด

ค. เพื่อกำหนดตำแหน่งท่อ

ง. เพื่อทิศทางการไหลของน้ำ

1.5 หากไม่พิจารณาตำแหน่งท่อลอด จากเส้นชั้นความสูง จะเกิดสิ่งใดขึ้น

ก. ไม่จำเป็นต้องใส่ท่อลอด

ข. การไหลของน้ำไม่ผ่านคันทาง

ค. การลงตำแหน่งท่อไม่ตรงกับทิศทางการไหลของน้ำ

ง. การลงตำแหน่งท่อไม่ตรงกับความต้องการของชาวบ้าน

1.6 บริเวณใด ที่ควรใช้ช่วงต่างระหว่างเส้นชั้นความสูงมากที่สุด

ก. ภูเขา ข. ที่เนิน

ค. ทุ่งนา ง. ที่ราบลุ่ม

1.7 พื้นที่ในบริเวณเส้นชั้นความสูง ที่บรรจบตัวเองแล้วพื้นที่นั้นมีลักษณะเช่นไร

ก. หากเส้นในสูงกว่าจะเป็นภูเขา ข. หากเส้นในต่ำกว่าจะเป็นหุบเขา

ค. เป็นพื้นราบ ง. เป็นวงกลม

1.8 ค่าของเส้นชั้นความสูง บอกโดยวิธีใด

ก. ขนาดของเส้น ข. เขียนตัวเลข

ค. แรเงา ง. ใช้สีของเส้น

1.9 ข้อใดไม่ใช่วิธีการเขียนเส้นชั้นความสูง

ก. เริ่มเขียนจากขอบของแผนที่ไปทีละเส้น

ข. ไม่เขียนเส้นชั้นความสูงตัดผ่านอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

ค. สัญลักษณ์รูปตัว V จะใช้กลับหัวชี้ไปทางต้นน้ำ

ง. เส้นชั้นความสูง อาจหยุดอยู่กลางแผนที่ได้

1.10 แผนที่ที่มีเส้นชั้นความสูง เรียกว่าแผนที่ชนิดใด

ก. แผนที่แผนราบ ข. แผนที่ลายเส้น

ค. แผนผังบริเวณ ง. แผนที่ภูมิประเทศ

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 คุณสมบัติของเส้นชั้นความสูง คือ.....

.....

2.2 การเขียนเส้นชั้นความสูงโดยวิธีประมาณ.....

.....

2.3 ประโยชน์ของเส้นชั้นความสูง.....

.....

2.4 ข้อพิจาณาตำแหน่งท่อลอด.....

.....

2.5 การสำรวจร่องน้ำ.....

.....

2.6 การเลือกสร้างสะพานหรือท่อ กรณีร่องน้ำกว้างไม่เกิน 5.00 ม. .....
.....

2.7 การเลือกสร้างสะพานหรือท่อ กรณีร่องน้ำกว้างเกิน 5.00 ม. .....
.....

2.8 การเลือกสร้างสะพานหรือท่อบริเวณที่ลุ่มหรือท้องนา.....
.....

2.9 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงการเลือกท่อลอดออกแบบก่อสร้าง.....
.....

2.10 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงการเลือกสะพานออกแบบก่อสร้าง.....
.....

หน่วยที่ 13
โค้งดิ่ง (Vertical Curve)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 13.1 การกำหนดระดับก่อสร้าง (Grade Line)

เรื่องที่ 13.2 โค้งดิ่ง (Vertical Curve)

เรื่องที่ 13.3 ใบงานการวางโค้งดิ่ง

สาระสำคัญ

1. ระดับของแนวทางมักจะไม่ราบเรียบ สูงๆต่ำๆ ไปตามสภาพภูมิประเทศ หากผ่านภูเขาจะเห็นได้ชัดเจน การกำหนดระดับก่อสร้างมักจะกำหนดไปตามสภาพภูมิประเทศ เพื่อประหยัดงานดินตัด-ดินถมหรือน้ำท่วมถึงก็ต้องกำหนดระดับก่อสร้างให้สูงกว่าระดับน้ำที่จะท่วมถึงหรือการกำหนดความลาดเอียงจะต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ที่จะทำให้รถวิ่งไต่ขึ้นเนินได้ เป็นต้น
2. การกำหนดระดับก่อสร้างที่มีความลาดเอียง จะทำให้เกิดมุมหักเหในทางดิ่งขึ้น นำส่วนหนึ่งของวงกลมมาเป็นส่วนหนึ่งของแนวดิ่งที่จุดหักเหในทางดิ่งส่วนจะเป็นโค้งวงเล็กหรือวงใหญ่ขึ้นอยู่กับการกำหนดระยะความยาวของโค้งนั้นๆ และชนิดของโค้งดิ่งที่เลือกออกแบบ
3. ในการฝึกปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดทักษะความชำนาญและประสบการณ์ในการวางโค้งทางดิ่ง การกำหนดระดับก่อสร้างการหาเปอร์เซนต์ความลาดเอียงการออกแบบและคำนวณค่าระดับบนโค้งดิ่งการวางโค้งดิ่งในสนามและการนำข้อมูลโค้งดิ่งเขียนลงในแบบระดับตามยาว

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการกำหนดระดับก่อสร้างได้
2. กำหนดระดับก่อสร้างได้
3. บอกวิธีการวางโค้งดิ่งแบบต่างๆได้
4. ออกแบบและคำนวณโค้งดิ่งแบบต่างๆได้
5. นำวิธีการวางโค้งดิ่งไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 13.1
การกำหนดระดับก่อสร้าง (Grade Line)

การเลือกระดับของ Grade โดยทั่วๆไป จะต้องเลือกให้ได้กับเงื่อนไข 2 ประการ คือ ความลาดชันของ grade ต้องไม่เกินความลาดชันสูงสุดตามข้อกำหนด และงานดินจะต้องมีน้อยที่สุด

ก่อนที่จะออกแบบ Grade Line จะต้องพิจารณาถึงจุดบังคับต่างๆ ที่ Grade Line ผ่าน เช่น จุดเริ่มต้น จุดปลายทาง ระดับของทางที่แนวทางผ่าน ระดับของทางรถไฟที่ตัดผ่าน ระดับสะพาน ฯลฯ โดยละเอียด

1. ค่าของ Grade Line จะต้องไม่มากกว่าค่าสูงสุดที่กำหนดให้ โดยกรมทางหลวงกำหนด Grade Line ไว้ไม่เกิน 10%
2. ค่าระดับของคันทางจะต้องอยู่สูงกว่าคันนา (ถ้าแนวทางผ่านท้องนา) ไม่น้อยกว่า0.05 เมตร
3. ระหว่างจุดบังคับ ควรเลือก Grade Line ที่ทำให้มีงานดินและการขนย้ายดินน้อยที่สุด ซึ่งจะทำการหาได้โดยใช้ Mass Diagram (รายละเอียดหน่วยที่ 15)
4. เส้น Grade Line ไม่ควรเป็นช่วงสั้น ๆ และหักไปมา
5. เส้น Grade Line ไม่ควรหักลงเป็นแอ่ง เพราะจะทำให้ผู้ขับรถไม่สามารถมองเห็นรถหรือสิ่งกีดขวางซึ่งอาจมีได้
6. ถ้าเส้น Grade Line เป็นลูกคลื่นด้านที่ลาดลงอาจมีประโยชน์สำหรับรถที่บรรทุกหนักทำให้มีแรงส่งสำหรับที่จะขึ้นเนินถัดไป แต่ไม่ควรให้มีมาซึ่งจะทำให้รถทั่วไปไม่สามารถที่จะทำความเร็วได้
7. เส้น Grade Line ที่ชันมาก เช่นที่ขึ้นเขา ควรให้มีความลาดชันที่เชิงเขามากที่สุดแล้วลดความลาดลงที่ยอดเขา
8. ไม่ควรออกแบบ Reverse Vertical Curve สั้น ๆ หรือ Sag Vertical Curve ที่จุดที่เป็นดินตัด และ Crest Vertical Curve ที่เป็นดินถม เพราะการระบายน้ำตามแนวทางตามความยาวจะกระทำได้ยาก
9. ในตอนที่ผ่านหมู่บ้าน ให้หลีกเลี่ยงที่จะออกแบบ Grade Line แล้วเกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สิน ต่าง ๆ เช่นการถม หรือขุด ให้ระดับต่างกับบริเวณของชาวบ้านมาก
10. ถ้าพื้นดินเดิมเป็นดินที่ไม่เหมาะเป็นชั้นรองพื้นทาง Grade Line ไม่ควรอยู่ชิดดินเดิม ควรให้อยู่สูงกว่า หรือต่ำกว่า (โดยการตัดเอาดินนั้นออกหรือเอาดินดีมาถมให้สูง
11. เส้น Grade Line ควรมีความชันไม่น้อยกว่า 0.35% นอกจาก จะเห็นว่าบริเวณนั้นมีการระบายน้ำที่ดี ซึ่งอาจจะให้ความลาดต่ำกว่านี้ก็ได้

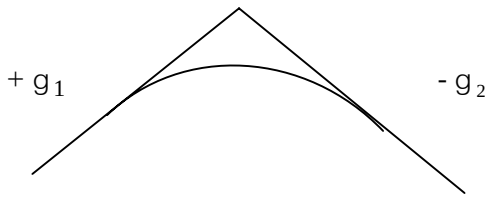
12. ถ้าเป็นไปได้ ควรวางจุดตัดของลาด (P.V.I.) ไว้ที่หลักระยะจำนวนคู่เพื่อสะดวก และง่ายต่อการคำนวณ
13. ระดับคันทางจะต้องสูงจากหลังท่อระบายน้ำ ไม่น้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำ
14. สำหรับสะพานข้ามลำน้ำ จะต้องมีช่องลอดจากระดับน้ำสูงสุด ไปถึงส่วนที่ต่ำที่สุดของสะพานไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อให้วัตถุที่ลอยมาตามน้ำผ่านไปได้สะดวก
15. ไม่ควรออกแบบโค้งตั้งสั้นๆ หลายๆ อันต่อเนื่องกันไป พยายามให้โค้งตั้งยาวที่สุดเท่าที่จะทำได้
16. ความยาวของ Crest Vertical Curve จะต้องยาวไม่น้อยกว่าระยะที่สั้นที่สุดที่ผู้ขับขี่จะมองเห็นได้โดยปลอดภัย เมื่อไม่มีการแซง
17. สำหรับ Sag Vertical Curve จะต้องยาวไม่น้อยกว่า 130 เมตร ถ้าสมมติว่า การเลือกแนวทางและ Grade Line ให้เข้ากับ Factors ต่างๆ ได้แล้ว เส้นทางที่ดีที่สุดครั้งสุดท้ายที่จะได้คือ เส้นทางที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับงานดินน้อยที่สุด ซึ่งมักจะต้องออกแบบให้งานติดตัด เท่ากับงานดินถม และการขนย้ายดินมีน้อยที่สุด

เรื่องที่ 13.2
โค้งดิ่ง

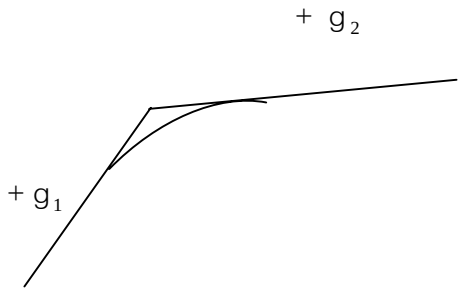
โค้งดิ่ง (Vertical Curve) เป็นโค้งในแนวตั้งเชื่อมต่อระหว่างเส้นระดับก่อสร้าง (Grade Line) สองเส้นระดับก่อสร้างเอียงขึ้น หรือลง ตามลักษณะภูมิประเทศ มี 2 ลักษณะ คือ

1. โค้งคว่ำ (Crest Vertical Curve)

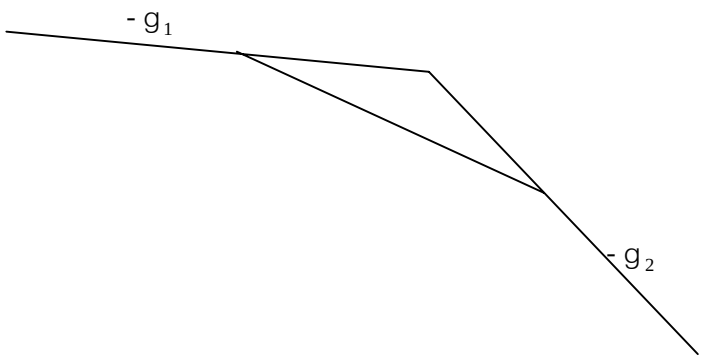
1.1 เส้นระดับก่อสร้างขึ้น (Upgrade = + g_1 %) ตามเส้นระดับก่อสร้างลง (Downgrade = - g_2 %)



1.2 เส้นระดับก่อสร้างขึ้น (Upgrade = + g_1 %) ตามเส้นระดับก่อสร้างลง (Downgrade = + g_2 %)

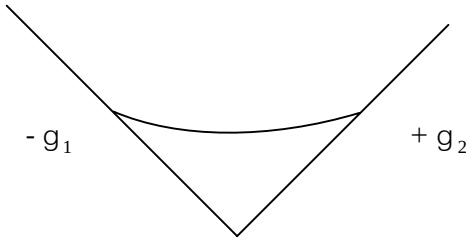


1.3 เส้นระดับก่อสร้างลง (Downgrade = - g_1 %) ตามเส้นระดับก่อสร้างลง (Downgrade = - g_2 %)

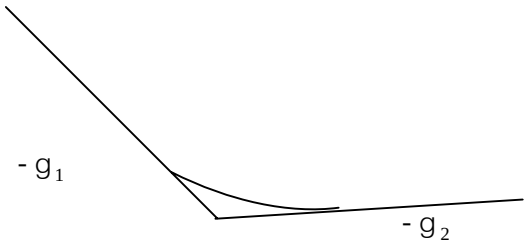


2. โค้งหงาย (Sag Vertical Curve)

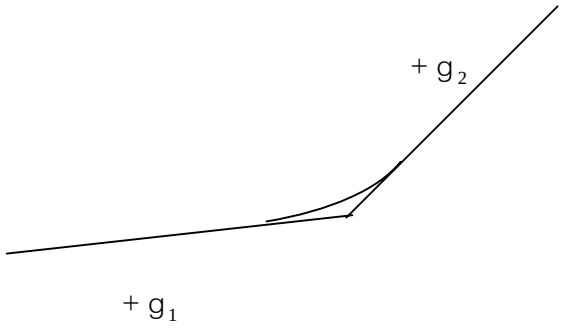
2.1 เส้นระดับก่อสร้างลง ตามด้วยเส้นระดับก่อสร้างขึ้น



2.2 เส้นระดับก่อสร้างลง ตามด้วยเส้นระดับก่อสร้างลง



2.3 เส้นระดับก่อสร้างขึ้น ตามด้วยเส้นระดับก่อสร้างขึ้น



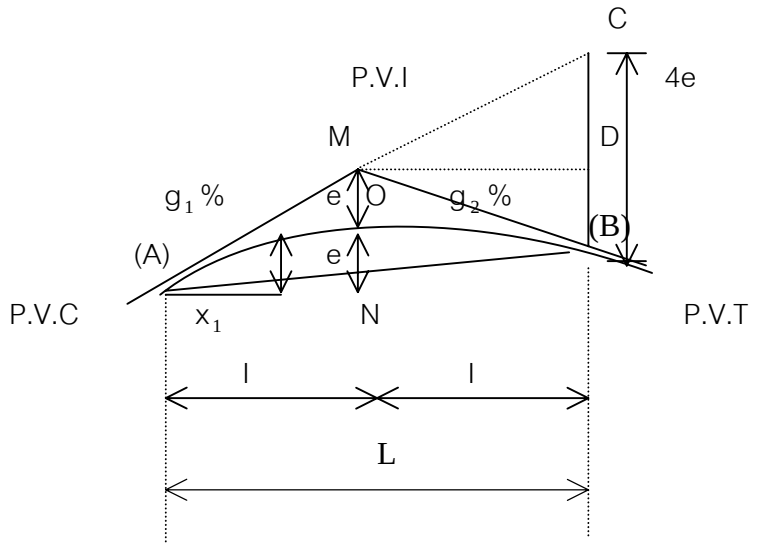
จาก 2 ลักษณะดังกล่าว โค้งดิ่ง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

. Symmetrical Curve โค้งที่ระยะเส้นสัมผัสเท่ากัน 2 ข้าง

. Unsymmetrical Curve โค้งที่ระยะเส้นสัมผัส 2 ข้าง ไม่เท่ากัน

ก. SYMMETRICAL CURVE

SYMMETRICAL CURVE หมายถึงโค้งที่มีระยะสัมผัส (Tangent Line) เท่ากันทั้งสองข้าง หรือมี l เท่ากัน



รูปที่ 13.2.1 แสดงส่วนประกอบของ SYMMETRICAL CURVE

กำหนดให้ P.V.C (A) = จุด Origin

y = Vertical Offset ใด ๆ

A = $g_2 - g_1$ (Algebraic Difference in Grade)

X = ระยะราบใด ๆ

AM MB = เส้นสัมผัส (เส้นเกรด)

g_1 g_2 = Percent Grade Agradient)

L = ความยาวของโค้งตั้งทั้งหมด = VC

e = Vertical Offset

O = จุดกึ่งกลางโค้ง

λ = $\frac{1}{2}$ L

MO $\approx$ ON

e $\approx$ $\frac{1}{2}$ MN

สูตรในการคำนวณ

$$e = \frac{(g_2 - g_1)\,L}{800} = \frac{AL}{800} \quad \text{.....(1)}$$

$$y = \frac{(g_2 - g_1)\,\chi^2}{200L} \quad \text{.....(2)}$$

$$y = \frac{\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2 A\chi^2}{200L} \quad \text{.....(3)}$$

$$y = e \quad \text{.....(4)}$$

การคำนวณหาค่าระดับบนโค้งดิ่ง

ก่อนที่จะหาค่าระดับบนโค้งจะต้องคำนวณหา Grade Eleveation ของเส้นสัมผัสของ Sta. ต่าง ๆ เสียก่อน ต่อไปก็คำนวณหาค่า y ที่จุดนั้น ๆ ค่า y นี้จะใช้สมการที่ (2) หรือ (4) ก็ได้ สำหรับค่า e จะมีทั้งบวกและลบ ถ้าค่า e มีค่าเป็นลบว่าโค้งนั้นเป็นโค้งแบบ Crest Vertical Curve (โค้งคว่ำ ถ้า e มีค่าเป็นบวกก็แสดงว่าโค้งนั้นเป็นชนิด Sag Vertical Curve (โค้งหงาย) ค่า e นี้จะทำให้ค่า y มีค่าเป็นบวกและลบ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าระดับ

$$y = \frac{1}{2}\left[\frac{(g_2 - g_1)\,x^2}{100L}\right]$$

หรือ $$y = e\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$$

ค่าระดับบนโค้ง = ค่าระดับบนเส้นสัมผัส $\pm y$

หรือ $E_X = E_T \pm y$

ค่าระดับบนโค้ง = ค่าระดับของจุด Origin $\pm \frac{gx}{100} \pm y$

หรือ $E_X = E_a \pm \frac{gx}{100} \pm y$

โดยการคำนวณตามสูตรหรือวิธี Offset

กรณีที่ 1 ให้ A (หรือจุด P.V.C หรือ B.V.C = Beginning Of Vertical Curve) เป็นจุด Origin เพียงจุด

เดียวเพราะฉะนั้นระยะ x จะเท่ากับ O ถึง L ซึ่งก็คือระยะถึงจุด P.V.T (หรือ E.V.C = End Of Vertical Curve)

$$\text{สูตรที่ใช้ } y = e\left[\frac{x}{\lambda}\right]^2$$

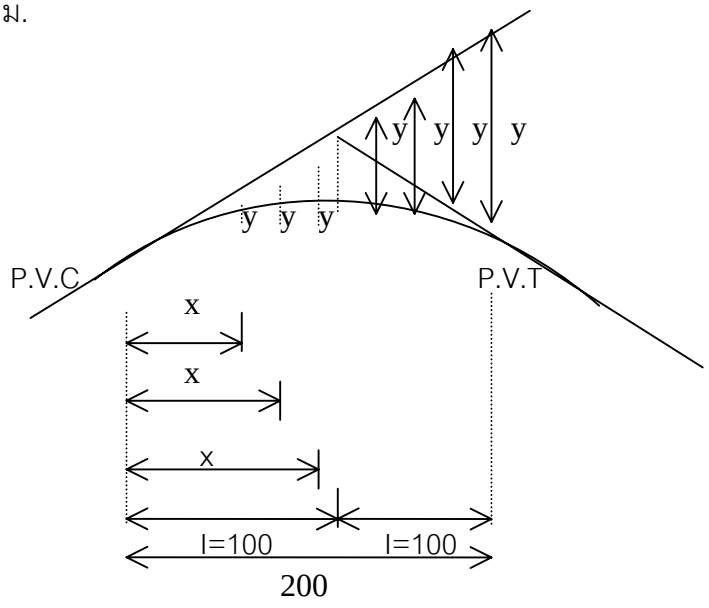
$$e = \frac{(g_2 - g_1)\,L}{800} = \frac{AL}{800}$$

$$E_x = E_a \pm \frac{gx}{100} \pm y$$

ตัวอย่างที่ 1 เส้นระดับก่อสร้างมีค่าระดับ + 1% (Upgrade) และ -2% (Downgrade) ตามลำดับ ตัดกันที่

จุด P.V.I Sta. 5 + 500 ค่าระดับ เท่ากับ 100.0 ม. กำหนดให้ L = 200.0 ม. จงคำนวณหาค่าระดับบนโค้ง

ทุก ๆ 25.00 ม.



รูป 13.2.2 แสดงการออกแบบโค้งคว่ำโดยคิด P.V.C เป็นจุด Origin

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่า x แล้วคำนวณหาค่าระดับบนเส้นระดับก่อสร้างหรือค่าระดับบนเส้นสัมผัสวิธีนี้จะใช้ g_1 % ตลอดระยะของ L ส่วน g_2 % จะใช้ในการหาค่า g_1 เป็นบวก เพราะฉะนั้นค่า $\frac{g_1 x}{100}$ จึงมีค่าบวกนำค่าที่ได้ใส่ในช่องที่ 4

100

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่า $\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$ ในช่องที่ 3 ของตารางที่ 3

ขั้นที่ 3 คำนวณหาค่า e และค่า y

$$e = \frac{(g_2 - g_1)L}{800}$$

$$= \frac{(-2-1)200}{800} = -0.750 \text{ ม.}$$

$$\therefore y = -0.750\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$$

ขั้นที่ 4 คำนวณหาระดับบนโค้ง (E) = ET + y

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบการคำนวณโดยการคำนวณหาค่า Second Difference ซึ่งจะต้องเท่ากันทุกตัว

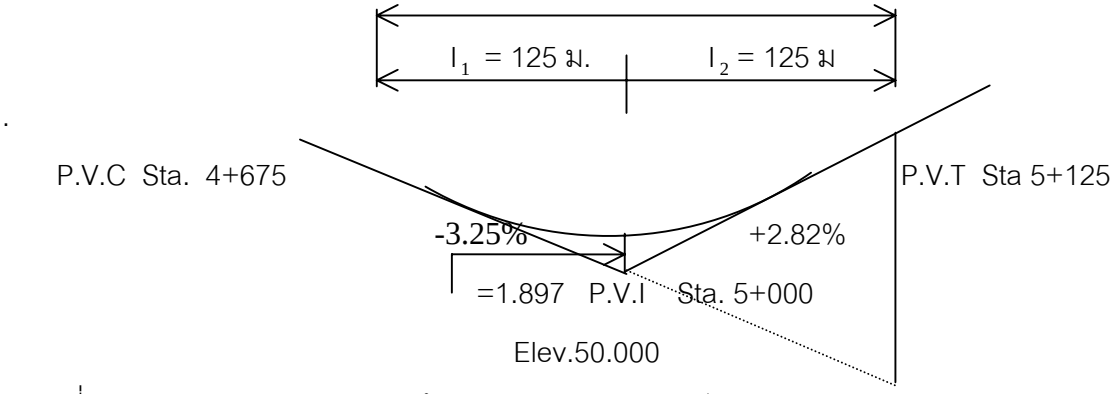
ตารางที่ 13.2.1 แสดงข้อมูลการวางโค้งคว่ำโดยคิด P.V.C เป็นจุด Origin

STA	X ม.	$\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev. on Grade	Offset Y = 0.75 $\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev. on Curve E x	First Diff.	Second Diff.

P .V.C5+400	-	-	99.000	-	99.000		
5+425	25	0.0625	99.250	-0.047	99.203	+0.230	-0.094
5+450	50	0.2500	99.500	-0.187	99.313	+0.109	-0.094
5+475	75	0.5625	99.750	-0.421	99.329	+0.015	-0.094
P.V.I5+500	100	1.0000	100.00	-0.750	99.250	-0.079	-0.094
5+525	125	1.5625	100.250	-0.175	99.078	-0.172	-0.094
5+550	150	2.2500	100.500	-1.688	98.812	-0.266	-0.094
5+575	175	3.0625	100.750	-2.297	98.453	-0.359	-0.094
P.V.T5+600	200	4.0000	101.000	-3.000	98.000	-0.453	-0.094

ตัวอย่างที่ 2 จากข้อมูลที่กำหนดให้ จงคำนวณหา Elev.on Curve ทุก ๆ 25 ม.

L = 250 ม.



รูปที่ 13.2.3 แสดงการออกแบบโค้งหงาย โดยคิด P.V.C เป็นจุด Origin

$$e = \frac{(g_2 - g_1)\,xL}{800}$$

$$e = \frac{(2.82 - (-3.25)) \times 250}{800} = 1.897$$

$$y = e\left[\frac{x}{L}\right]^2 = 1.897$$

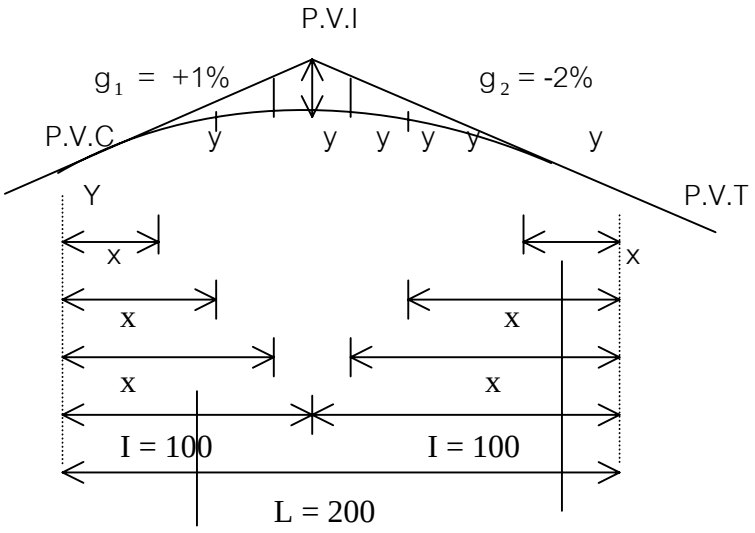
แทนค่าในสูตร เมื่อ x = ระยะต่าง ๆ จะได้ y

ตารางที่ 13.2.2 แสดงข้อมูลการวางโค้งหงาย โดยคิด P.V.C เป็นจุด Origin

Sta.	X (ม.)	$(X / l)^2$	Eiev.on Grade	Y	Eiev.on Curve	RMK
P.V.C Sta. 4+875	-	-	54.063	-	54.063	

	+900	25	0.040	53.250	0.076	53.326	
	+925	50	0.160	52.438	0.304	54.742	
	+950	75	0.360	51.625	0.683	52.308	
	+975	100	0.640	50.813	1.214	52.027	
P.V.I Sta.	5+000	125	1.000	50.000	1.897	51.897	
	+025	150	1.440	49.188	2.732	51.920	
	+050	175	1.960	48.375	3.718	52.093	
	+075	200	2.560	47.563	4.586	52.149	
	+100	225	3.240	46.750	6.146	52.896	
P.V.I Sta.	5+125	250	4.000	45.938	7.588	53.526	

กรณีที่ 2 ให้จุ A (หรือจุด P.V.C) และจุด B (หรือ P.V.T) เป็นจุด Origin ทั้งสองจุด เพราะฉะนั้น ระยะ x จะนับจากทั้งสองจุดไปพบกันที่จุด P.V.I การหาค่าระดับของ Grade Line ก็นับจากทั้งสองจุด โดยใช้ทั้ง g_1 % หรือ g_2 %



รูป 13.2.4 แสดงการคิด P.V.C และ P.V.T เป็นจุด Origin

สูตรที่ใช้

$$y = e\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$$

$$e = \frac{(g_2 - g_1)\,L}{800}$$

$$E_X = E_a \pm \frac{gx}{100} \pm y$$

E_X = ค่าระดับของโค้งที่ระยะ x ใด ๆ

การคำนวณ

ขั้นที่ 1 คำนวณหาระดับบนเส้นระดับก่อสร้างจะต้องหาค่าระดับที่จุด P.V.C และ P.V.T เสียก่อนโดยคิดจาก P.V.I

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่า $\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$

ขั้นที่ 3 หาค่า e, และค่า y

ขั้นที่ 4 หาค่าระดับของโค้ง

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบการคำนวณโดยการคำนวณหา First Diff และ Second Diff.

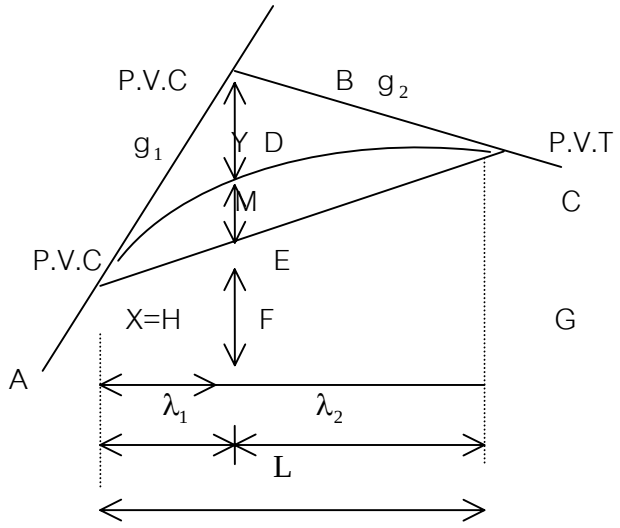
ตารางที่ 13.2.3 แสดงข้อมูลการวางโค้งโดยคิด P.V.C และ P.V.T เป็นจุด Origin]

STA	X ม.	$\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev.on Grade	Offset $Y = 0.75\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2 2$	Elev.on Curve (E_X)	First Diff	Second Diff.
P.V.C5+400	0	0	99.00	0	99.000		
5+425	25	0.0625	99.250	-0.047	99.203	+203	-93
5+450	50	0.2500	99.500	-0.187	99.313	+110	-95
5+475	75	0.5625	99.750	-0.421	99.329	+015	-94
P.V.I5+500	100	1.0000	100.000	-0.750	99.250	-079	-93
5+525	75	0.5625	99.500	-0.421	99.079	-172	-94
5+550	50	0.2500	99.000	-0.187	98.812	-266	-93

5+575	25	0.0625	98.500	-0.047	98.453	-359	-94
P.V.T5+600	0	0	98.000	0	98.000	-453	

ข. UNSYMMETRICAL CURVE

หมายถึง Vertical Curve ที่มีระยะ ไม่เท่ากันในที่นี้สมมติให้เท่ากับ λ_1 และ λ_2 และ Gradeint เท่ากับ g_1 และ g_2



รูปที่ 13.2.5 แสดงส่วนประกอบของ UNSYMMETRICAL CURVE

การหาค่าระดับบนโค้ง Unsymmetrical Curve

การคำนวณโค้งจะเหมือนกับ Symmetrical Curve และการคำนวณจะให้ P.V.C และ P.V.T เป็นจุด Origin ทั้งสองจุด เพราะฉะนั้น x ก็จะนับออกจาก Origin ทั้งสองสูตรที่ใช้มี ดังนี้

$$y_1 = e\left[\frac{\chi_1}{\lambda_1}\right]^2$$

$$y_2 = e\left[\frac{\chi_2}{\lambda_2}\right]^2$$

$$ET = Ea \pm \frac{gx}{100}$$

$$Ex = Ea \pm \frac{gx}{100} \pm y$$

Ea = ค่าระดับของหมุด Origin

เนื่องจากว่า โค้งนี้จะไม่นิยมใช้ในการออกแบบ โดยเฉพาะโค้งคว่ำ เพราะเวลารถวิ่ง อาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของรถ พยายามจะไปในแนวเส้นตรง แต่เนื่องจากโค้งมีความลาดลงผิดปกติทำให้รถลอยขึ้นและตกลงมามีอาการเช่น การขึ้นสะพานโค้งด้วยความเร็วสูง เราจะรู้สึกเสียวไส้เวลารถวูบลงมา แต่ถ้าเป็นโค้งหงายก็จะไม่มีปัญหาอะไรมากนัก การใช้ Unsymmetrical Curve นี้จะใช้เมื่อต้องการลดงานดิน

ตัวอย่างที่ 1 เส้นระดับก่อสร้าง มี Gradient –0.4 % และ –0.1% P.V. Ista. 1+300 Grade Elevation เท่ากับ 50.00 ม. กำหนดให้ L = 150 ม. (λ = 50 ม. , λ= 100 ม.) จงคำนวณหาค่าระดับบนโค้งทุก ๆ 25 ม.

$$e = \frac{(g_2 - g_1)\, l_1 l_2}{200\,(l_1 + l_2)} = \frac{(-1-(-4)50 \times 100}{200 \times 150}$$

$$= 0.500$$

$$y_1 = \left[\frac{\chi_1}{L_1}\right]^2 e = 0.50(25/50)^2 = 0.125$$

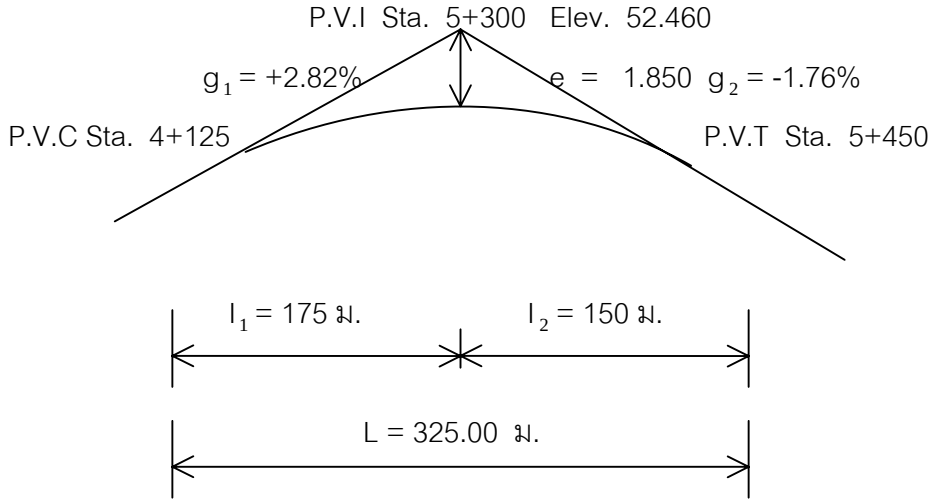
$$y_2 = \left[\frac{\chi_2}{L_2}\right]^2 e = 0.50(25/100)^2 = 0.031$$

ตารางที่ 13.2.4 แสดงข้อมูลการออกแบบโค้งหงาย Unsymmetrical Curve

Sta.		X ม.	$(x/l)^2$	Elev.on Grade	Y	Elev.on Curve	Remark
P.V.C	1+250	-	-	52.000	-	52.000	
	1+275	25	0.250	51.000	0.125	51.125	

P.V.I	1+300	50	1.000	50.000	0.500	50.500	
P.V.I	1+300	100	1.000	50.000	0.500	50.500	
	1+325	75	0.563	50.250	0.281	50.531	
	1+350	50	0.250	50.500	0.125	50.625	
	1+375	25	0.063	50.750	0.031	50.781	
P.V.T	1+400	-	-	51.000	-	51.000	

ตัวอย่างที่ 2 จากข้อมูลที่กำหนดให้จงคำนวณหา Elev.on Curve ทุก ๆ 25 ม.



รูปที่ 13.2.6 แสดงการคำนวณหาโค้งคว่ำแบบ Unsymmetrical Curve

$$e = \frac{(g_2 - g_1)l_1 l_2}{200(l_1 + l_2)}$$

$$= \frac{(-1.76 - (+2.82)) \times 175 \times 150}{200(325)} = -1.850$$

y_1 เมื่อ $x_1 = 25$ $= e(x_1/l_1)^2 = -1.850\ (25/175)^2 = -0.038$

y_2 เมื่อ $x_2 = 25 = e(x_1/l_1)^2 = -1.850\ (25/150)^2 = -0.051$

ตารางที่ 13.2.5 แสดงข้อมูลการออกแบบโค้งคว่ำ Unsymmetrical Curve

Sta.	X ม.	$(x/l)^2$	Elev.on Grade	Y	Elev.on Curve	Remark
P.V.C Sta 5+125	-	-	53.525	-	53.525	
5+150	25	0.020	54.230	-0.038	54.192	
5+175	50	0.082	54.935	-0.151	54.784	
5+200	75	0.184	55.640	-0.340	55.300	
5+225	100	0.327	56.345	-0.604	55.741	
5+250	125	0.510	57.050	-0.944	56.106	
5+275	150	0.735	57.755	-1.356	56.396	
P.V.I Sta. 5+300	175	1.000	58.460	-1.850	56.610	Check
P.V.I Sta . 5+300	150	1.000	58.460	-1.850	56.610	Check
5+325	125	0.694	58.020	-1.284	56.736	
5+350	100	0.444	57.580	-0.822	56.758	
5+375	75	0.250	57.140	-0.462	56.675	
5+400	50	0.111	56.700	-0.206	56.494	
5+425	25	0.028	56.260	-0.051	56.209	
P.V.T Sta. 5+450	-	-	55.820	-	55.820	

เรื่องที่ 13.3	ใบงานที่ 13
วิชา การสำรวจเส้นทาง ชื่อหน่วย โค้งดิ่ง	หน่วยที่ 13 สอนครั้งที่ 16-17 จำนวนคาบรวม 68
ชื่องาน การวางโค้งทางดิ่ง	จำนวนคาบ 8

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถบอกถึงส่วนต่าง ๆ ของโค้งดิ่งได้
2. สามารถสรุปวิธีการคำนวณหาส่วนต่าง ๆ ของโค้งดิ่งได้
3. สามารถนำวิธีการวางโค้งทางดิ่งไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. กล้องระดับความพร้อมขาตั้ง จำนวน 1 ชุด
2. เทปวัดระยะ จำนวน 1 เส้น
3. ค้อนปอนด์ จำนวน 1 เต้า
4. ไม้วัดระดับ จำนวน 1 อัน
5. หลักไม้ 1"×1"×2" จำนวน 7 หลัก
6. ร่ม จำนวน 1 คัน

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. การกำหนดระดับก่อสร้าง เพื่อเป็นการฝึกปฏิบัติให้ครบตามรายการจึงกำหนดระดับก่อสร้าง ให้เป็น ± 0% ลาดเอียงลง (-) ลาดเอียงขึ้น (+) โดยมีทั้งงานดินตัน-ดินถม และคำนวณหาเปอร์เซนต์ความ ลาดเอียง ดังนี้คือ

   1.1 จาก Sta 0+000 – 0+300 กำหนดระดับก่อสร้างที่ Elev. 101.000 ไม่มีความลาดเอียง ± 0% และ P.V.I Sta. คือ 0+300

   1.2 จาก P.V.T Sta 0+300 – 0+600 กำหนด Sta. 0+600 เป็น P.V.I Sta. ที่ Elev. 97.000 ดังนั้น จึงคำนวณหาความลาดเอียงจากระยะทางราบ 300 ม. (0+600-0+300) ระยะดิ่ง 4 ม. (101.00-97.00)

   ระยะทางราบ100 ม. ระยะดิ่ง $\frac{100 \times 4}{300}$ = 3 % เป็นลบ (-)

1.3 จาก P.V.I Sta 0+600-0+900 กำหนด Sta 0+900 เป็น P.V.I Sta ที่ Elev. 100.000 ดังนั้นคำนวณหาความลาดเอียงจากระยะทางราบ 300 ม. (0 + 900 – 0 + 600) ระยะดิ่ง 3 ม. (100.000-97.00) ระยะทางราบ 100 ม. ระยะดิ่ง $\frac{100 \times 3}{300}$ = 1% เป็นบวก (+)

1.4 จาก P.V.I Sta 0+900 – 1+200 กำหนดระดับก่อสร้างที่ Elev. 100.000 ไม่มีความลาดเอียง ±0%

2. ออกแบบโค้งทางดิ่ง โดยออกแบบโค้งทางดิ่งเป็น 3 โค้งดังนี้ คือ

2.1 ที่ P.V.C Sta.0+300 ออกแบบโค้งเป็น Symmetrical Curve กำหนด L = 150 ม. $\lambda_1 = \lambda_2 = 75.00$ ม. คำนวณโดยยึด P.V.C Sta เป็นจุดหมุน

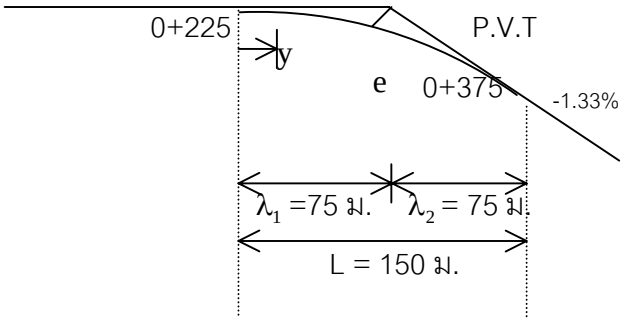
2.2 ที่ P.V.I Sta 0+600 ออกแบบโค้งเป็น Symmetrical Curve กำหนด L = 200 $\lambda_1 = \lambda_2 = 100.00$ ม. คำนวณโดยยึด P.V.C และ P.V.T เป็นจุดหมุน

2.3 ที่ P.V.I Sta 0+900 ออกแบบโค้งเป็น Unsymmetrical Curve กำหนด L= 150 ม. $\lambda_1 =$ 100 ม. $\lambda_2 = 50$ ม.

3. การคำนวณโค้งทางดิ่ง

3.1 ที่ P.V.I 0+300

± 0% P.V.C 0+300

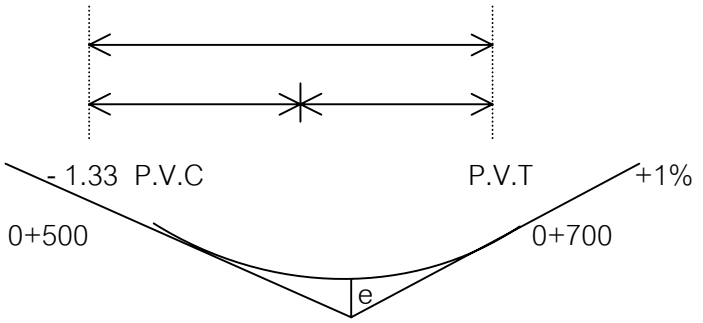


$$e = \frac{(g_2 - g_1)L}{800} = \frac{(-1.33-0)150}{800} = -0.25 \text{ ม.}$$

$$\therefore Y = -0.25\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$$

STA		X ม.	$\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev.on Grade	Offset $Y = -0.25\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev.on Curve
P.V.C	0+225	-	-	101.000	-	101.000
	0+250	25	0.1111	101.000	-0.028	100.972
	0+275	50	0.4444	101.000	-0.111	100.889
P.V.I	0+300	75	1.0000	101.000	-0.25	100.750
	0+325	100	1.7778	101.000	-0.444	100.556
	0+350	125	2.7778	101.000	-0.694	100.306
P.V.T	0+375	150	4.0000	101.000	-1.000	100.000

3.2 ที่ P.V.I 0+600

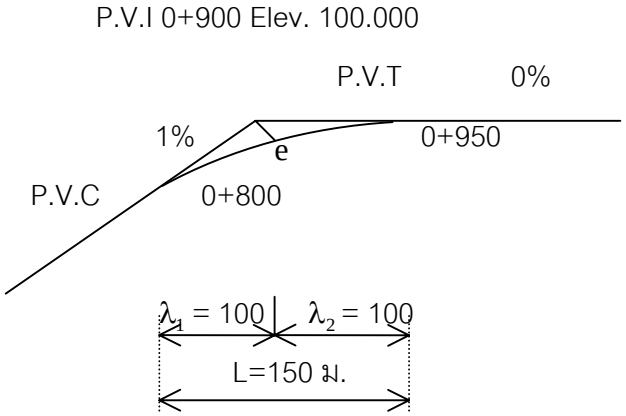


$$e = \frac{(g_2 - g_1)L}{800} = \frac{[1-(-1.33)]\times 200}{800} \times 200 = 0.5825$$

$$\therefore\ Y = 0.5825\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$$

STA		X ม.	$\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev.on Grade	Offset Y = 0.5825 $\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev.on Curve
P.V.C	0+500	0	0	98.332	0	98.332
	0+525	25	0.625	97.999	0.036	98.035
	0+550	50	0.250	97.666	0.146	97.812
	0+575	75	0.5625	97.333	0.328	97.661
P.V.I	0+600	100	1.000	97.000	0.583	97.583
	0+625	75	0.5625	97.250	0.328	97.578
	0+650	50	0.250	97.500	0.146	97.646
	0+675	25	0.0625	97.750	0.036	97.786
P.V.T	0+700	0	0	98.000	0	98.000

3.3 ที่ P.V.I 0+900



$$e = \frac{(g_2 - g_1)\lambda_1\lambda_2}{200(\lambda_1 + \lambda_2)} = \frac{(0 - 1)(100)(50)}{200(100+50)}$$

$$= -0.167$$

$$y_1 = \left[\frac{\chi_1}{\lambda_1}\right]^2 .e \quad , \quad y_2 = \left[\frac{\chi_2}{\lambda_2}\right]^2 .e$$

STA		X ม.	$\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$	Elev.on Grade	Offset Y	Elev.on Curve
P.V.C	0+800	-	-	99.000	-	99.000
	0+825	25	0.0625	99.250	-0.010	99.240
	0+850	50	0.250	99.500	-0.042	99.458
	0+875	75	0.5625	99.750	-0.094	99.656
P.V.I	0+900	100	1.000	100.000	-0.167	99.833
P.V.I	0+900	50	1.000	100.000	-0.167	99.833
	0+925	25	0.25	100.000	-0.042	99.958
	0+950	-	-	100.000	-	100.000

4. การให้ระดับหลักโค้งทางดิ่ง

ฝึกปฏิบัติให้ระดับหลักโค้งดิ่งตลอดเส้นทาง หรือ เลือกฝึกปฏิบัติ Symmetrical Curve ก็ได้เพราะใช้หลักการเดียวกัน พิจารณาดูสภาพพื้นที่แนวทางผ่านว่าจะตอกหลักไม้ให้ระดับได้หรือไม่และจะเกิดความสูญเสียแก่พื้นที่หรือไม่ในที่นี้จะเลือกฝึกปฏิบัติงานสนามตามรายการคำนวณโค้งที่ 1 P.V.I Sta0+300

4.1 จากแนวเส้นตรงที่ผ่านเนินดิน ตั้งแต่ Sta. 0+225 ถึง Sta. 0+375 จำนวน 7 Sta. ตั้งตอกหลักไม้ให้แน่นพอประมาณ

4.2 พิจารณา BM. ที่อยู่ใกล้สุด คือ ½ BM. ½ Elev. 99.920 ม.

4.3 ตั้งกล้องระดับอ่านค่า BS. ที่ BM. ½ ได้ 1.244 จะได้ค่า HI. ของกล้อง

= Elev. + BS.

= 99.920 + 1.244

= 101.164

4.4 คำนวณค่าอ่านได้ที่ Sta. ต่าง ๆ จาก

HI. – FS. = Elev.

FS. = 101.164 – Elev.on Curve ที่ Sta. ต่าง ๆ

Sta.		Elev.On Curve	Reading (C.L)
P.V.C Sta	0+225	101.000	0.164
	0+250	100.972	0.192
	0+275	100.889	0.275
	0+300	100.750	0.414
	0+325	100.556	0.608
	0+350	100.306	0.858
P.V.T Sta	0+375	100.000	1.164

ค่าระดับที่ไหล่ทางขึ้นอยู่กับ Crown Slope ในชั้นนี้จะหาเฉพาะชั้น Subgrade เท่านั้น หากขึ้นชั้นต่อ ๆ ไปจะพิจารณาถึง Crown Shope ด้วยและในที่นี้จะหาเฉพาะที่ศูนย์กลางทางเท่านั้น

ส่องกล้องไปที่ Sta. ต่าง ๆ ตอกหลักลงไป นำไม้วัดระดับวางบนหัวหลัก อ่านค่าให้ได้เท่ากับค่า Reading ที่ Sta. นั้น ๆ

สังเกตดูว่าเมื่อให้ระดับหลักทุก Sta. แล้วค่าระดับที่หัวหลักเป็นโค้งที่ต่อเนื่องกันหรือไม่ (Smooth Curve)

5. การลงที่หมายเส้นระดับก่อสร้างและโค้งทางดิ่งในแบบระดับตามยาว

5.1 นำแบบระดับตามยาว เขียนเส้นระดับที่กำหนดขึ้น ลงในแบบ

5.2 ตรงจุดหักเห (P.V.I) แต่ละจุด เมื่อคำนวณโค้งดิ่งได้แล้ว ให้กำหนดจุด P.V.C,P.V.T และค่า e ลงที่หมายในแบบตามมาตราส่วน แล้วใช้โค้งกระดูกงูลากเส้นสัมผัสกับแนวเส้นตรง

5.3 นำค่าระดับ Elev.on Curve เขียนลงในแบบระดับตามยาวให้ตรง Sta. ที่ช่อง Construction Elevation (Con.Elev.)

5.4 ลงตำแหน่งและระดับท่อลอดให้ตรงกับแบลนแนวทาง

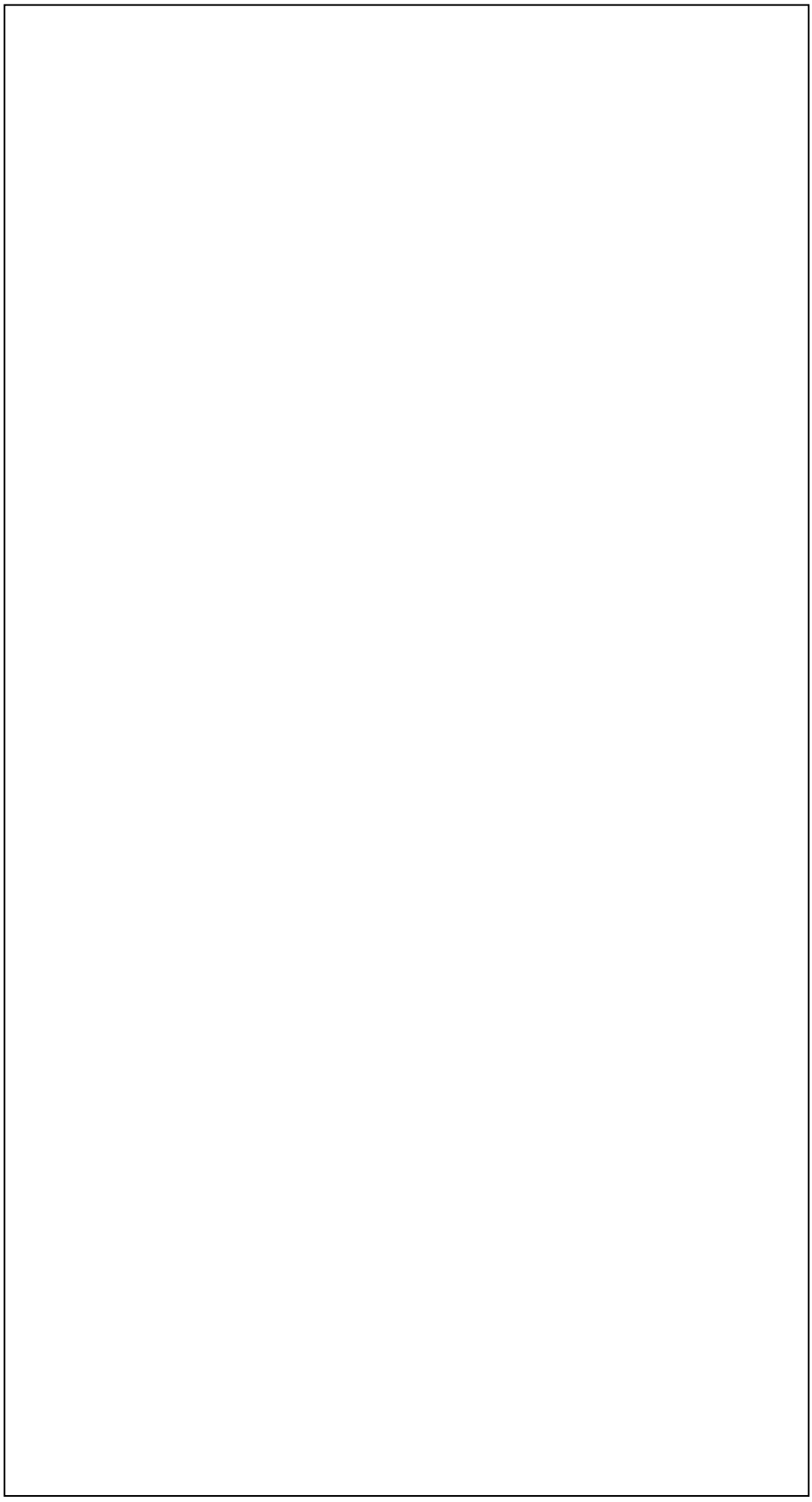
ข้อควรระวัง

1. การส่องค่าระดับหลัก เมื่อให้ตอกลง เพื่อให้ อ่านได้ตามที่คำนวณไว้ คนส่องกล้องต้องคอยตรวจ สอบตลอดเวลา เมื่อใกล้ค่าที่คำนวณไว้ ต้องระมัดระวัง อย่าให้ตอกลงลึกมากเกินกว่าค่าอ่าน เพราะการถอนหลักขึ้น หลักจะโยก ไม่แน่น ต้องเริ่มตอกและให้ระดับใหม่
2. การย้ายกล้องต้องระมัดระวัง การทำ TP. จะต้องคำนวณหา HI. และหาค่าอ่านที่จะให้ระดับหลักทุกครั้งที่ย้ายกล้อง

ข้อเสนอแนะ

1. การกำหนดค่า BM. เพื่อใช้เป็นค่าในระดับหลัก ถ้าเป็นการฝึกปฏิบัติอาจจะสมมติให้ใกล้เคียงกับค่าระดับที่จะให้ เพื่อจะได้เตรียมหลักไม้ ไม่ยาวมากนัก
2. หากพื้นที่การฝึกปฏิบัติมีจำกัด และช่วง Sta. ของระยะทางยาวเกินไป ให้ย่อส่วนลงเป็น Sta. ละ 10 ม. ก็ได้
3. หากมีเวลาเพียงพอ ควรให้นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติให้ระดับหลักตลอดแนวทางเลยก็ได้

Profile แนวทางสามแยกมิตรภาพ-ป้อมยาม



ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	ใบงานที่ 13
หน่วยที่ 13 โค้งดิ่ง	
เรื่อง การวางโค้งทางดิ่ง	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การกำหนดระดับก่อสร้าง ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม

2. การออกแบบโค้งทางดิ่ง ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม

3. การคำนวณโค้งทางดิ่ง ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม

4. การให้ระดับหลักโค้งทางดิ่ง ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม

5. การลงที่หมายเส้นระดับก่อสร้างและโค้งทางดิ่งในแบบระดับตามยาว ❑ ใช้ได้ ❑ ไม่เหมาะสม

บันทึก

……

……

……

……

……

……

……

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 13**				
หน่วยที่ 13					
เรื่อง การวางโค้งทางดิ่ง	**จำนวน 8 คาบ**				
ชื่อผู้เรียน ..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การกำหนดระดับก่อสร้าง 5. การออกแบบโค้งทางดิ่ง 6. การคำนวณโค้งทางดิ่ง 7. ตรวจสอบความถูกต้องรายการคำนวณ 8. การนำค่าระดับ BM. ตามรายทาง มาให้ระดับก่อสร้าง 9. การให้ระดับหลักโค้งทางดิ่ง 10. การลงที่หมายโค้งทางดิ่งในแบบระดับตามยาว					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 13

เรื่อง โค้งดิ่ง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 ค่า Grade Line สูงสุด กรมทางหลวง กำหนดไว้เท่าไร

ก. 5% ข. 7%

ค. 8% ง. 10%

1.2 หากแนวทางผ่านทุ่งนา ค่าระดับของคันทาง ควรอยู่สูงกว่าคันนาไม่น้อยกว่าเท่าไร

ก. 0.50 ม. ข. 1.00 ม.

ค. 1.50 ม. ง. เท่ากับคันนา

1.3 หากแนวทางผ่านลำน้ำ จำเป็นต้องสร้างสะพาน สะพานควรอยู่สูงจากระดับน้ำสูงสุดเท่าไร

ก. 0.50 ม. ข. 1.00 ม.

ค. 1.50 ม. ง. เท่ากับระดับน้ำสูงสุด

1.4 Sag Vestical Curve ต้องมีความยาวไม่น้อยกว่าเท่าใด

ก. 100.00 ม. ข. 120 ม.

ค. 130 ม. ง. 150 ม.

1.5 ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

. จุดตัดของ P.V.I ควรอยู่ที่หลักระยะจำนวนคู่

. ระดับคันทางจะต้องสูงกว่าท่อระบายน้ำไม่น้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

. เส้น Grade Line ควรเป็นช่วงสั้น ๆ หักไปมา

. Grade Line ที่ชั้นมาก ที่เชิงเขาควรให้ชั้นมาก ๆ แล้วลดความลาดลงที่ยอดเขา

1.6 Crest Vertical Curve หมายถึงโค้งดิ่งประเภทใด

ก. โค้งคว่ำ ข. โค้งหงาย

ค. โค้งที่มีระยะเส้นสัมผัสเท่ากัน ง. โค้งที่มีระยะเส้นสัมผัสไม่เท่ากัน

1.7 ถ้าค่า e เป็นลบ (-) แสดงว่าโค้งนี้เป็นโค้งแบบ

ก. โค้งคว่ำ ข. โค้งหงาย

ค. โค้งที่มีระยะเส้นสัมผัสเท่ากัน ง. โค้งที่มีระยะเส้นสัมผัสไม่เท่ากัน

1.8 โค้งที่มีระยะเส้นสัมผัสไม่เท่ากัน หมายถึงข้อใด

ก. Sag Vertical Curve ข. Crest Vertecal Curve

ค. Unsymmetrical Curve ง. Symmetrical Curve

1.9 การคำนวณที่ต่อ Q_1 ออกไป จนเท่ากับ L และยึด P.V.C เป็นจุดหมุนเป็นการคำนวณแบบ

ก. Sag Vertical Curve ข. Crest Vertecal Curve

ค. Unsymmetrical Curve ง. Symmetrical Curve

1.10 การคำนวณหา First Diff และ Second Diff มีจุดประสงค์เพื่ออะไร

ก. คำนวณหาค่าระดับ On grade และ On Curve

ข. คำนวณหาค่าระดับที่ P.V.C และ P.V.T

. เพื่อตรวจสอบการคำนวณ

. เพื่อคำนวณหาค่า $\left[\frac{\chi}{\lambda}\right]^2$

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 เงื่อนไข 2 ประการในการกำหนดระดับก่อสร้าง คือ.....

.....

2.2 จุดบังคับที่ต้องพิจารณา ก่อนกำหนดระดับก่อสร้าง คือ.....

.....

2.3 การกำหนดระดับก่อสร้างที่จะไม่ให้เกิดความเสียแก่ทรัพย์สินของชาวบ้านเพื่อถนนผ่านหมู่บ้านทำได้โดย.....

.....

2.4 การกำหนดระดับก่อสร้างเพื่อแนวทางผ่านลำน้ำ ต้องพิจารณาถึง.....

.....

2.5 ลักษณะของโค้งคว่ำ มีดังนี้ คือ .....

.....

2.6 ลักษณะของโค้งหงาย มีดังนี้ คือ .....

.....

2.7 การหาเปอร์เซนต์ความลาดเอียง หาได้โดย.....

.....

2.8 การคำนวณหาค่าระดับบนโค้ง เมื่อยึด P.V.C เป็นจุดหมุน .....

.....

2.9 การคำนวณหาค่าระดับบนโค้ง เมื่อยึด P.V.C และ P.V.T เป็นจุดหมุน.....

.....

2.10 การนำข้อมูลโค้งดิ่งไปลงที่หมายในแบบระดับตามยาว.....

.....

หน่วยที่ 14
การหาปริมาณงานดิน

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 14.1 การหาเนื้อที่

เรื่องที่ 14.2 การหาปริมาตร

เรื่องที่ 14.3 ใบงานการหาปริมาณงานดิน

สาระสำคัญ

1. การเนื้อที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปหน้าตัดพื้นที่ดิน หรือหน้าตัด CROSS –SECTION แนวทางที่จะขึ้นรูปชั้น Subgrade ซึ่งมีรูปหน้าตัดที่แตกต่างกัน การหาเนื้อที่มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปหน้าตัดและความละเอียดของงานที่ต้องการ

2. เมื่อหาเนื้อที่หน้าตัดของรูปแปลงที่ดิน หรือรูปหน้าตัดแนวทางแต่ละ Station ออกมาแล้ว การหาปริมาตรงานดินสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การหาปริมาตรจากรูปทรงเรขาคณิต การหาปริมาตรโดยวิธีพื้นที่หัวท้ายเฉลี่ย การหาปริมาตรโดยวิธีปริซึม การหาปริมาตรโดยวิธีบ่อยืม การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง เป็นต้น

3. ในการฝึกปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ในการหาปริมาตรงานดิน การขึ้นรูปหน้าตัดงานดินชั้น Subgrade การคำนวณหาเนื้อที่หน้าตัด และการคำนวณหาปริมาตรงานดินที่ใช้ในชั้น Subgrade

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการหาปริมาณงานดินแบบต่างๆ ได้
2. คำนวณหาเนื้อที่ ปริมาตร รูปหน้าตัดแบบต่างๆ ได้
3. ขึ้นรูปหน้าตัดงานดิน Station ต่างๆ ได้
4. คำนวณหาปริมาณงานดินงานทางได้
5. นำวิธีการหาปริมาณงานดิน ไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 14.1

การหาเนื้อที่

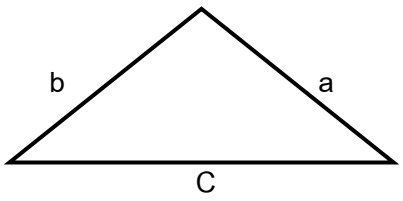
ในการหาปริมาณงานดินจำเป็นที่จะต้องรู้พื้นฐานหรือเนื้อที่หน้าตัดเสียก่อนจึงจะคำนวณหางานดินได้ การหาเนื้อที่มีหลายวิธีจะเลือกใช้โดยคำนึงถึงความสะดวก ความเหมาะสม ประการสำคัญอยู่ที่ความละเอียดของงานที่ต้องการ มีหลายวิธีคือ

1. **การหาเนื้อที่โดยแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยม**

ก. รู้ด้านสามด้านของรูปสามเหลี่ยม

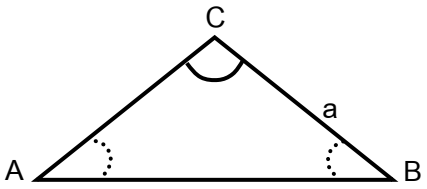
เนื้อที่ = $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

เมื่อ s = $\frac{1}{2}(a+b+c)$



ข. รู้มุม 3 มุม กับระยะ 1 ด้าน

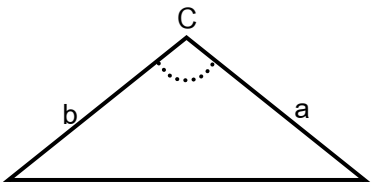
เนื้อที่ = $\frac{(a^2)xSinBxSinC}{2xSinA}$



ค.รู้ด้านสองด้านกับมุมในระหว่างด้าน

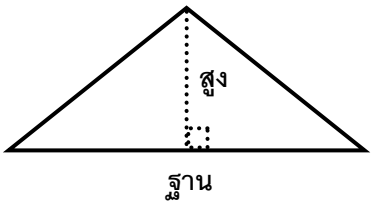
เนื้อที่ = $\frac{1}{2}\times abSinC$

เมื่อ C เป็นมุมระหว่างด้าน ab



ง. รู้ระยะเส้นฐานกับความสูง

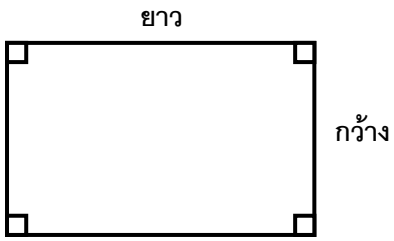
เนื้อที่ = $\frac{1}{2}\times$สูง$\times$ฐาน



2. การหาเนื้อที่จากรูปสี่เหลี่ยม

ก. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

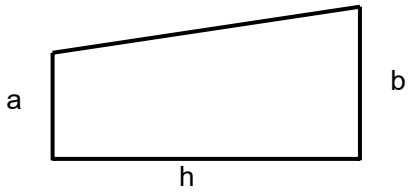
เนื้อที่ = กว้าง×ยาว หรือ ด้าน×ด้าน



ข. รูปสี่เหลี่ยมคางหมู

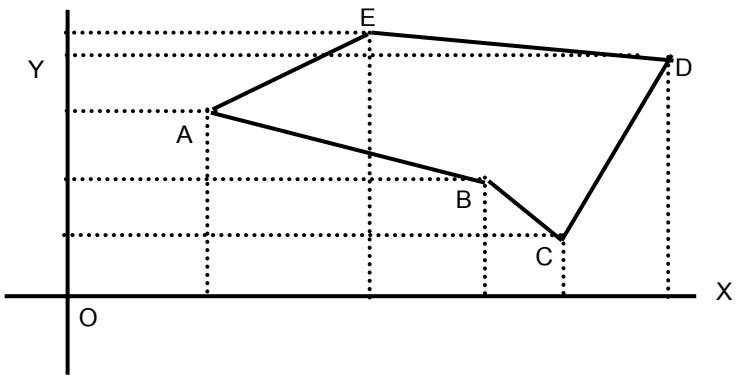
เนื้อที่ = $\frac{1}{2}$ × สูง × ผลบวกของด้านคู่ขนาน

= $\frac{1}{2} \times h \times (a+b)$



3. การหาเนื้อที่ด้วยระบบพิกัด (Area By Coordinate)

การคำนวณหาเนื้อที่ด้วยระบบพิกัดฉาก เป็นการหาเนื้อที่ที่มีความละเอียดถูกต้องการออกโฉนดที่ดินก็ใช้วิธีนี้ เพราะสามารถค้นหาจุดต่างๆ ที่สูญหายได้ ใช้กับงานวงจรรอบปิด โดยการรังวัดมุมภายในวงรอบ คำนวณหามุมภาคของทิศ หรือมุมทิศ ของทุกด้าน คำนวณหาระยะตั้ง (Lititude) และระยะราบ (Departure) คำนวณค่าพิกัดฉากของหมุดต่างๆ และคำนวณหาเนื้อที่



รูปที่ 14.1.1 แสดงลักษณะการหาเนื้อที่โดยระบบพิกัดฉาก

เนื้อที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่ต้องการทราบ โดยจุดรวมต่างๆ จะทราบพิกัดฉากทุกจุดแล้ว หากได้จากค่าพิกัดทางราบของแต่ละมุมคูณกับผลต่างของระยะทางตั้งของจุดที่ตามมากับจุดที่อยู่ก่อนหน้านั้นตามเครื่องหมาย ครึ่งหนึ่งของผลรวมของผลคูณคือเนื้อที่ของรูปสี่เหลี่ยมตามต้องการ

จากรูปจะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เนื้อที่ (ABCDE)

$$= \frac{1}{2}\left[X_A(Y_B - Y_E) + X_B(Y_C - Y_A) + X_C(Y_D - Y_B) + X_B(Y_E - Y_C) + X_E(Y_A - Y_{D)}\right]$$

เขียนในรูปสมการทั่วไปจะได้เนื้อที่

$$= \frac{1}{2}\left[X_1(Y_2 - Y_n) + X_2(Y_3 - Y_1) + ... + X_n(Y_1 - Y_{n-1})\right]$$

หรือเนื้อที่ $= \frac{1}{2}\left[X_1Y_2 - X_1Y_n + X_2Y_3 - X_2Y_1 + ... + X_nY_1 - X_nY_{n-1}\right]$.....(1)

จากสมการ (1) เขียนในรูปกฎของการคูณไขว้ โดยการเขียนค่าพิกัดของจุดในรูปของเศษส่วนโดยให้ค่าพิกัดทางราบเป็นพิเศษ ค่าพิกัดทางตั้งเป็นส่วน เวียนทวยเข็มนาฬิกา ตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปตามลำดับทีละจุดจนเข้าบรรจบหมุดเดิม (หากเวียนตามเข็มนาฬิกาค่าจะติดลบ)

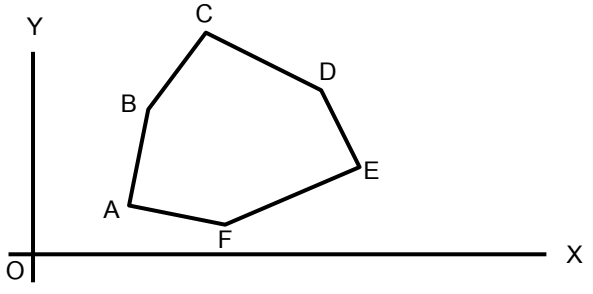
$$\frac{X_1}{Y_1} \quad \frac{X_2}{Y_2} \quad \frac{X_3}{Y_3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad \frac{X_n}{Y_n} \quad \frac{X_1}{Y_1}$$

จากนั้นคำค่าพิกัด X และ Y คูณกันเป็นคู่ๆ คูณลงให้มีค่าเป็นบวก คูณขึ้นให้มีค่าเป็นลบ ผลรวมของผลคูณ จะเป็นสองเท่าของเนื้อที่ นำ 2 หารจะได้เนื้อที่ตามต้องการ

เนื้อที่ $= \frac{1}{2}X_1Y_2 + X_2Y_3 + ... + X_nY_1 - X_2Y_1 - X_3Y_2 - ..... - X_1Y_n$.....(2)

ตัวอย่าง จากข้อมูลที่กำหนดให้จงคำนวณหาเนื้อที่โดยพิกัดฉาก

Sta. **พิกัด**	A	B	C	D	E	F
X	300	400	600	1000	1200	800
Y	300	800	1200	1000	100	100



วิธีทำ

สูตรหาเนื้อที่ ABCDEF $= \frac{1}{2}\left[\begin{matrix}300(100-800)+400(300-1200)+600(800-1000)+1000\\(1200-400)+1200(1000-100)+800(400-300)\end{matrix}\right]$

$= \frac{1}{2}(1{,}960{,}000-690{,}000)$

$= 635{,}000$ ม.^{2}

$= \frac{635{,}000}{1600} = 396.875$ ไร่

= 396 ไร่ 3 งาน 50 ตารางวา

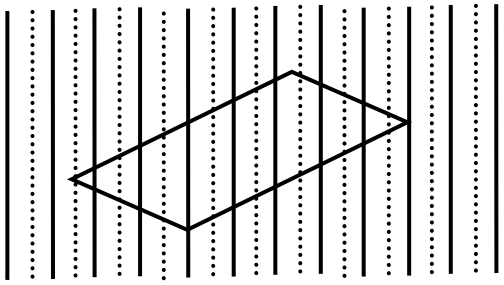
4. การหาเนื้อที่โดยการวัดจากแผนที่

การหาเนื้อที่โดยวิธีนี้มักจะมีข้อผิดพลาดจากการเขียนมาตราส่วนรูปแผนที่ เมื่อวัดระยะจากแผนที่ก็จะทำให้คลาดเคลื่อนไปได้ดังนั้น วิธีการนี้จะใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก และใช้ตรวจสอบการคำนวณจากวิธีอื่นๆ มีหลายวิธีที่จะเลือกใช้ตามความเหมาะสม ดังนี้คือ

ก. โดยการแบ่งเนื้อที่บนแผนที่ออกเป็นสามเหลี่ยมหลายๆ รูป วัดระยะด้านทั้งสามของแต่ละรูป แล้วนำมาคำนวณหาเนื้อที่

ข. โดยการใช้สเกลหวีหรือการสอบแสเนื้อที่ สเกลหวีนี้จะเป็นวัสดุโปร่งใสมีขนาด20–30 ซม. ตรงกลางแบ่งเป็นช่องเท่าๆ กัน ขนาด½หรือ 5 มิลิเมตร มีเส้นประแบ่งกึ่งกลางช่องสำหรับมากคีบจับริมซ้ายขวาของมาตราส่วนสเกลหวี จะกำหนดระยะความกว้างของเนื้อที่ไว้ตามมาตราส่วนต่างๆ

วิธีการสอบแสเนื้อที่ โดยการนำมาตราส่วนสเกลหวีทาบลงบนรูปแผนที่ ปรับมาตราส่วนสเกลหวีให้แนวเส้นแบ่งช่อง (เส้นทึบ) ทับมุมเขตในรูปแผนที่ทุกมุม กางปากคีบจับระยะตามแนวเส้นแบ่งครึ่งกึ่งกลางช่อง (เส้นประ) ตามความกว้างของรูปแผนที่ ตั้งแต่ช่องแรกจนถึงช่องสุดท้าย ความกว้างของปากคีบกางได้เท่าไร นำมาจับระยะหาเนื้อที่ตามช่องมาตราส่วนที่กำหนดไว้ก็จะได้เนื้อที่ออกมาตามต้องการ



รูปที่ 14.1.2 แสดงลักษณะการหาเนื้อที่โดยการสอบแสเนื้อที่

ในหลักการเดียวกันนี้ หากมีการเขียนรูปในตารางกราฟ เราก็สามารถหาเนื้อที่ออกมาได้เช่นเดียวกัน

ค. โดยการใช้เครื่องมือวัดเนื้อที่ (PLANIMETER)

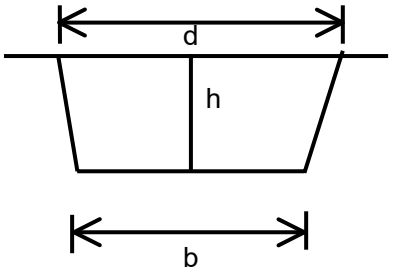
PLANIMETER เป็นเครื่องมือที่ใช้หาเนื้อที่ของพื้นราบ ซึ่งเขียนขึ้นตามมาตราส่วนที่กำหนด รูปที่จะหาจะเป็นรูปชนิดใดก็ได้ โดยการลาก Tracing Point ไปตามของเขตของพื้นที่จากหมุดเริ่มต้นตามเข็มนาฬิกาแล้วเข้าสมาบรรจบที่หมุดเดิม โดยมี Tracing Arm เป็นแขนหมุดได้รอบจุด Hinge ปรับให้สั้นยาวตามมาตราส่วนของแผนที่ เมื่อเริ่มต้นค่าอ่านจาก Vernier เป็นศูนย์เมื่อลากกรอบรูปเข้าบรรจบ ก็อ่านค่าออกมาได้เนื้อที่เลย

ปัจจุบันมีเครื่องมือวัดเนื้อที่ แบบ Digital เป็น Electronic Planimeter ใส่ข้อมูลมาตราส่วนของแผนที่ลงในเครื่อง เลือกหน่วยที่ต้องการ เช่น $cm.^2$, m^2 , km^2 , ft^2 เป็นต้น จากนั้นก็ลากรอบรูปตามเข็มนาฬิกาจับบรรจบจุดเดิม อ่านเนื้อที่ได้จากหน้าปัทม์ของเครื่อง Digital Planimeter ได้เลย

5. การหาพื้นที่จากรูปหน้าตัด (Cross Section)

เมื่อเขียนรูปตัดตามขวาง และขึ้นรูปหน้าตัดลาดคันทาง รูปตัดจะมีหลายลักษณะคือ

ก. พื้นที่หน้าตัดระดับเดียว

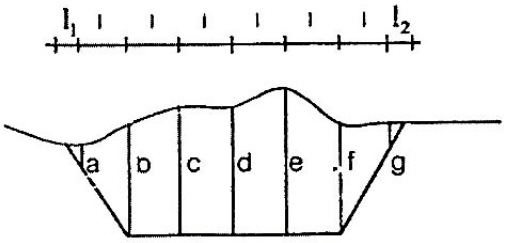


พ.ท.หน้าตัด

$= \frac{1}{2} \times$ สูง $\times$ ผลบวกของด้านคู่ขนาน

$= \frac{1}{2} \times h \times (a+b)$

ข. Irregular Section (Stripping Method)



พ.ท.หน้าตัด $= \frac{1}{2} a l_2 + \left(a/2 + b + c + d + e + f + g/2 \right) + \frac{1}{2} g l_2$

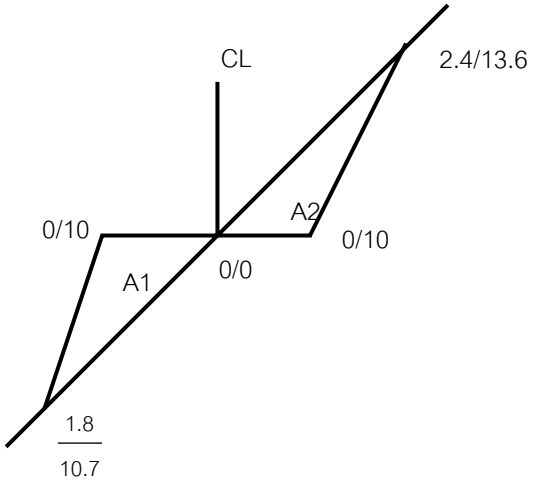
ค. Area By Coordinate

พ.ท. 2A = Y1 Y2 Y3 Y4 Y1 / X1 X2 X3 X4 X1

คูณขึ้นมีค่าเป็นบวก

คูณลงมีค่าเป็นลบ

ตัวอย่างที่ 1



$2A1 = \frac{0}{0} \frac{1.8}{10.7} \frac{0}{10} \frac{0}{0}$

$= (0 + 0 + 0) - 0 - 0 - 18 - 0$

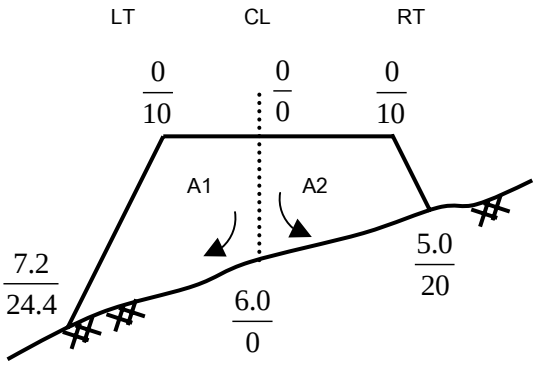
$2A1 = -18$ ม.^{2} A1 $= -9$ ม.^{2} $=$ Af

$2A2 = \frac{0}{0} \quad \frac{0}{10} \quad \frac{2.4}{13.6} \quad \frac{0}{0}$

$= (0 + 24 + 0) - 0 - 0 - 0$

$= 24$, A2 $= 12$ ม.^{2} $=$ AC

ตัวอย่างที่ 2



$$2A1 = \frac{0}{0} \times \frac{6}{0} \times \frac{7.2}{24.4} \times \frac{0}{10} \times \frac{0}{0}$$

$$= (0 + 0 + 0) - 0 - 146.4 - 72$$

$$= -218.4$$

$$A1 = -109.2 \text{ ม.}^2$$

$$2A2 = \frac{0}{0} \times \frac{6}{0} \times \frac{5}{20} \times \frac{0}{10} \times \frac{0}{0}$$

$$= (0 + 0 + 0) - 0 - 120 - 50 - 0$$

$$= -170$$

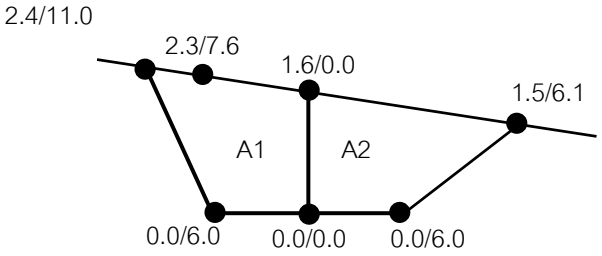
$$A2 = -85 \text{ ม.}^2$$

$$= A1 + A2 = 109.2 + 85$$

$$= 194.2 \text{ ม.}^2 \quad \text{Ans.}$$

ตัวอย่าง การให้ค่าพิกัดจากรูปหน้าตัดแบบต่างๆ

1. **รูปตัดของดินตัด** (Excavation Section)

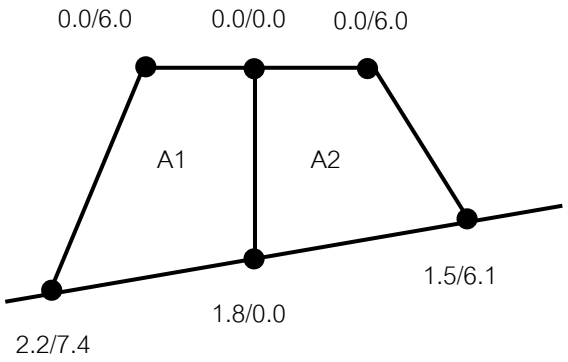


ถนนกว้าง 12.00 ม.

-พิกัด $\frac{0.0}{0.0}$ ที่เส้นระดับก่อสร้าง

รูปที่ 14.1.3 แสดงลักษณะการให้ค่าพิกัดจากรูปหน้าตัด ดินตัด

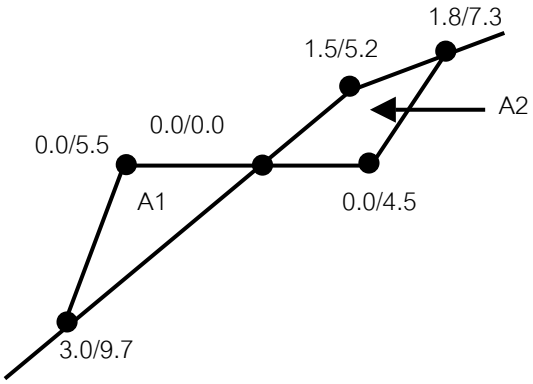
2. **รูปตัดของดินถม** (Embankment Section)



- ถนนกว้าง 12.00 ม.
- พิกัด $\frac{0.0}{0.0}$ ที่เส้นระดับก่อสร้าง

รูปที่ 14.1.4 แสดงลักษณะการให้ค่าพิกัดจากรูปหน้าตัด ดินถม

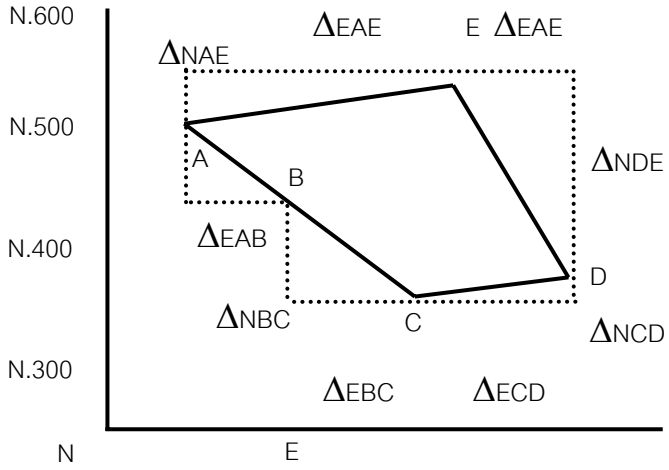
3. **รูปตัดข้างเนิน** (Sidehill Section)



- ถนนกว้าง 12.00 ม.
- พิกัด $\frac{0.0}{0.0}$ ที่เส้นระดับก่อสร้าง

รูปที่ 14.1.5 แสดงลักษณะการให้ค่าพิกัดจากรูปหน้าตัด ดินถม

ตัวอย่าง การหาเนื้อที่แปลงที่ดินจากการทำวงรอบ (Traverse)



A	500.500,	500.000
B	464.105,	606.973
C	392.826,	718.663
D	396.823,	854.248
E	523.509,	743.924

N = 523.509 – 392.826 = 130.683

E = 854.248 – 500.000 = 345.248

ตารางที่ 14.1.1 แสดงการคำนวณวงรอบหาเนื้อที่ดิน

STA	มุมที่รังวัด	ค่าแก้	มุมที่แก้แล้ว	ภาคของทิศ	ระยะ	LAT	ค่าแก้ +	DEP	ค่าแก้ +	พิกัดฉาก		ผลบวกพิกัดฉาก	Double Area	
										N	E	ออก - หัก	+	-
A	25° 44'29"	+12'	25° 56'29"							500.000	500.000			
				110° 26'14"	105.13	-36.709	+0.814	98.512	8.641			1106.973		39734.796
B	19° 45'51"	+12'	194° 57'51"							464.105	606.973			
				125° 24'5"	124.71	-72.244	+0.965	101.653	10.137			1325.638		94490.008
C	14° 31'2"	+12'	143° 13'12"							392.826	718.663			
				88° 37'7"	125.52	3.026	+0.971	125.483	10.102			1572.911	6286.925	
D	14° 31'2"	+12'	46° 33'34"							396.823	854.248			
				315° 10'41"	176.68	125.319	+1.367	-124.543	14.219			1598.172	202466.018	
E	46° 21'34"	+12'	129° 56'29"							523.509	743.924			
				264° 29'45"	268.81	-25.573	+2.063	255.381	21.457			1243.924		29244.653
A	12° 21'4"		25° 56'29"							500.000	1243.924			
B				110° 26'14"										
	539° 00'00"		540°		798.65	-6.181		-64.276					208752.9430	163469.457

มุมภายในรูปสี่เหลี่ยม = 180(N-2)

= 180(5-2)

= 540°

Error = 540 – 539 = 1°

-ความคลาดเคลื่อนทางตั้ง/1 ม. = $\frac{6.181}{798.65}$ = 0.0077393

-ความคลาดเคลื่อนทางราบ/1 ม. = $\frac{64.176}{798.65}$ = 0.0804808

ค่าแก้ = $\frac{1^{o}}{5}$ = $\frac{60^{o}}{3}$ = 12°

163469.457 = 45283.486 ÷ 2

= 22641.743 ม.^{3} ÷ 1600

= 14.151 ไร่

= 14 ไร่ 0 งาน 60 ตร.ว.เรือ

เรื่องที่ 14.2

การหาปริมาตร

การหาปริมาตรจากรูปทรงเลขาคณิต

1. **ปริมาตร = กว้าง × ยาว × สูง (หรือหนา หรือความลึก)**

หากพื้นที่ไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็หาปริมาตรโดย

ปริมาตร = พื้นที่ฐาน × สูง (หนา หรือความลึก)

ซึ่งพื้นที่บานจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม , สามเหลี่ยม หรือวงกลมก็ได้เมื่อหาพื้นที่ฐานได้แล้ว ก็นำไปคูณกับความลึกที่ขุดดิน หรือกลบดิน ก็จะได้ปริมาตรดินออกมา

ตัวอย่าง จากข้อมูลการรังวัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูได้ดังรูป ต้องการถมดินสูง 2.00 ม. จะใช้ปริมาณดินเท่าไร

วิธีทำ

ปริมาตร = พื้นที่ฐาน × สูง

พื้นที่ฐาน = $\frac{1}{2}$ × สูง × ผลบวกของด้านขนาน

= $\frac{1}{2}$ × 20.00 × (30.00 + 25.00)

= $\frac{1}{2}$ × 20.00 × 55.00

= 500 ม.^{2}

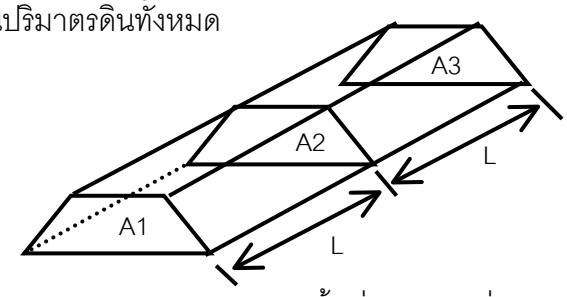
ถมสูง = 2.00 ม.

ปริมาตร = 550 × 2.00

= 1,100 ม.^{3}

2. **การหาปริมาตรโดยพื้นที่หัวท้ายเฉลี่ย** (end Area Method)

เป็นการหาปริมาณงานดินตัดหรือดินถม จากรูปตัดขวางที่ได้หาเนื้อที่แล้ว นำค่าเนื้อที่ Station แรก และ Station สุดท้ายมาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วยระยะทางจาก Station แรก ถึง Station สุดท้ายก็จะได้ปริมาตรดินออกมา จะใช้วิธีนี้เมื่อ Station ที่อยู่ระหว่างกลางเนื้อที่ไม่แตกต่างกันมากนักหนาเนื้อที่ระหว่าง Station แตกต่างกันมาก ก็จะหาโดยคิดเนื้อที่เฉลี่ยระหว่าง Station ถึง Station คูณด้วยระยะห่าง Station ก็จะได้ปริมาตรดินออกมาเป็นตอนๆ แล้วนำปริมาตรดินแต่ละตอนรวมกัน ก็จะเป็นปริมาตรดินทั้งหมด



รูปที่ 14.2.1 แสดงลักษณะการหาปริมาตรโดยวิธีพื้นที่หัวท้ายเฉลี่ย

เมื่อ V = ปริมาตรทั้งหมด

A = พื้นที่หน้าตัด

L = ความยาวช่วงพื้นที่

N = จำนวนพื้นที่หน้าตัด

3. การหาปริมาตรโดยวิธีปริซึม (Prismoidal Method)

วิธีนี้จะถูกต้องมากกว่าวิธีคิดพื้นที่หัว – ท้ายเฉลี่ย แต่จะยุ่งยากมากกว่า ปริซึมเป็นรูปทรงตัน มีหน้าตัดขนานกัน 2 หน้า โดยจะถูกแบ่งเป็นรูปปิรามิด (Phyamid) ปลายๆ รูปแต่ละรูปจะมีฐานเป็นหน้าสุดท้าย (End Face) และหน้าด้านข้าง (Side Face) ของรูปปริซึม หาปริมาตรโดยคิดรูปทรงปริซึม จะเท่ากับ $\frac{1}{3}$ × พื้นที่ฐาน × สูง จะได้ปริมาตรของแต่ละรูปนำมารวมกันก็จะได้ปริมาตรทั้งหมดของรูปปริซึม

รูปที่ 14.2.2 แสดงลักษณะการหาปริมาตรโดยวิธีปริซึม

เมื่อ V = ปริมาตรทั้งหมด

A = พื้นที่หน้าตัด

N = จำนวนพื้นที่หน้าตัด (จำนวนคี่)

4. การหาปริมาตรของบ่อยืม (Borrow Pit)

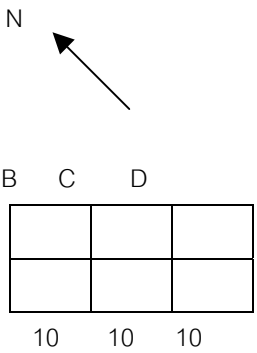
เป็นการหาปริมาตรดินตัดหรือดินถม ของดินหรือลูกรัง จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ในปริมาตรที่เท่ากัน จึงเรียกว่า บ่อยืม นิยมใช้ 2 วิธี

4.1 โดยวิธีการสร้างตารางกริด (Grid Method)

โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางกริด แล้วส่องหาค่าต่างระดับของพื้นที่ ก็จะหาค่าความลึกที่ขุด หรือถมได้ ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 14.2.1 แสดงการหาค่าระดับการทำบ่อยืม

STA	BS.	HI.	IFS.	FS.	Elev.	Remark
BM.1	2.150	12.150			10.000	
AI			1.51		10.640	
BI			1.42		10.730	
CI			1.63		10.520	
DI			1.40		10.750	
A2			1.50		10.650	
B2			1.61		10.540	
C2			1.32		10.830	
D2			1.82		10.330	
A3			1.66		10.490	
B3			1.22		10.930	
C3			1.46		10.690	
D3			1.53		10.620	
BM.1				2.154	9.996	
	$\sum$2.150			$\sum$2.154		



BM.1 หัวตะปูบนฝาน้ำอัดลม
ศูนย์กลางทาง กม.ที่ 2+500
ถนนสายนครสวรรค์ –พิษณุโลก
Elev. สมมติ 10.00 ม.

ตรวจสอบการคำนวณ

$\sum$BS. + $\sum$FS. = Last.Elev. – First.Elev.

2.154 – 2.150 = 9.996 – 10.000

-0.004 = -0.004 O.K.

หาค่าระดับเฉลี่ยทั้งแปลง = 10.640 + 10.730 + 10.520 + 10.750 + 10.650
10.540 + 10.830 + 10.330 + 10.490 + 10.930
10.690 + 10.620/12

$$= \frac{127.72}{12} = 10.643 \text{ ม.}$$

สมมติว่าต้องการถมระดับที่แปลงนี้ที่ระดับ 12.00 ม.

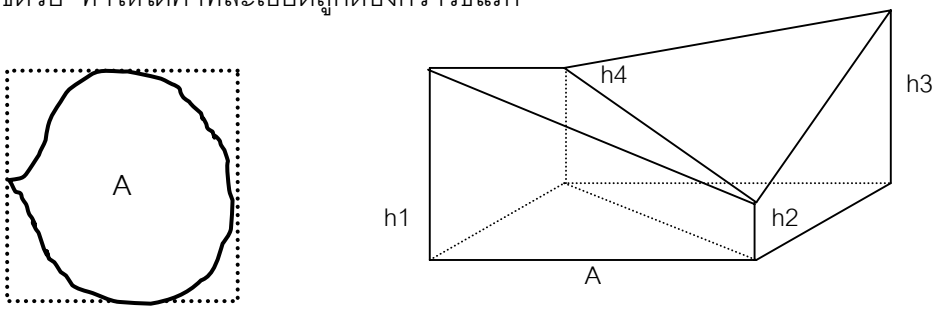
ความสูงที่จะถม = 12.00 + 10.643 ม.
= 1.357 ม.

ปริมาตรงานคิดที่ใช้ถม = เนื้อที่ฐาน × สูง
= (20 × 30) × 1.357
= 814.2 ลูกบาศก์เมตร ($ม.^3$)

หากเป็นดินขุดก็จะต้องหาระดับที่ขุดว่าลึกเท่าไร เทียบกับค่าระดับดินเดิม ก็จะได้ความลึกที่ขุดคูณกับเนื้อที่ฐานก็จะหาปริมาณดินออกมาได้เช่นเดียวกัน

4.2 การหาปริมาตรบ่อยืมโดยคิดเนื้อที่ฐาน

หลักการหาระดับพื้นที่เช่นเดียวกับวิธีแรก แต่การคิดเนื้อที่ฐาน อาจแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยม หรือสี่เหลี่ยม และความถี่ของจุดระดับความสูง ที่นำมาใช้คำนวณ จะต้องคิดน้ำหนักการใช้ด้วย ทำให้ได้ค่าที่ละเอียดถูกต้องกว่าวิธีแรก



รูปที่ 14.2.3 แสดงการหาน้ำหนักของความสูง

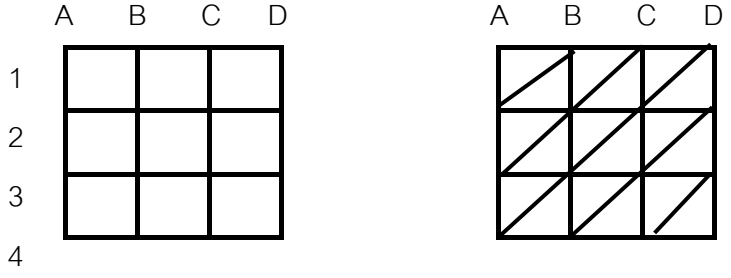
เมื่อ V = ปริมาตรทั้งหมด
A = พื้นที่หน้าตัด
h = ความสูง
n = จำนวนครั้งของความสูง

สูตรที่ใช้คำนวณ

เนื้อที่ฐานรูปสาเหลี่ยม $V = A\dfrac{\sum_{m}^{1}(nh)}{3} = A\left[\dfrac{n_1h_1 + n_2h_2 + ... + n_mh_m}{3}\right]$

เนื้อที่ฐานรูปสาเหลี่ยม $V = A\dfrac{\sum_{m}^{1}(nh)}{4} = A\left[\dfrac{n_1h_1 + n_2h_2 + ... + n_mh_m}{4}\right]$

ตัวอย่างการคำนวณ ต้องการขุดดินของพื้นที่ จนถึงระดับ 1.00 ม. กำหนดข่ายตารางห่างกัน 10 ม. จงคำนวณหาปริมาตรดินขุดโดยวิธีเนื้อที่ฐานรูปสี่เหลี่ยมและวิธีเนื้อที่ฐานรูปสามเหลี่ยม



ข้อมูลระดับของจุดบนพื้นดินตามข่ายตาราง

จุด	ระดับ (ม.)
A1	2.5
A2	2.4
A3	2.4
A4	2.2
B1	2.4
B2	2.5
B3	2.3
B4	2.3

จุด	ระดับ (ม.)
C1	2.6
C2	2.7
C3	2.6
C4	2.5
D1	2.6
D2	2.3
D3	25
D4	2.4

ตารางที่ 14.2.2 แสดงการคำนวณโดยคิดฐานรากสี่เหลี่ยมและฐานรูปสามเหลี่ยม

จุด	H	ฐานรูปสี่เหลี่ยม		ฐานรูปสามเหลี่ยม	
		n	nh	n	nh
A1	1.5	1	1.5	1	1.5
A2	1.4	2	2.8	3	4.2
A3	1.4	2	2.8	3	4.2
A4	1.2	1	1.2	2	2.4
B1	1.4	2	2.8	3	4.2
B2	1.5	4	6.0	6	9.0
B3	1.3	4	5.2	6	7.8
B4	1.3	2	2.6	3	3.9
C1	1.3	2	3.2	3	4.8
C2	1.7	4	6.8	6	10.2
C3	1.6	4	6.4	6	9.6
C4	1.5	2	3.0	3	4.5
D1	1.6	1	1.6	2	3.2
D2	1.3	2	2.6	3	3.9
D3	1.5	2	3.0	3	4.5
D4	1.4	1	1.4	1	1.4
		รวม	52.9	รวม	79.3

การคำนวณ

1. วิธีเนื้อที่ฐานสี่เหลี่ยม

$$V = A\frac{\sum_{m}^{1}(nh)}{16} = A\left[\frac{n_1h_1 + n_2h_2 + ... + n_{16}h_{16}}{4}\right]$$

$$= (10\times10)\ (\frac{52.9}{4})$$

$$= 1{,}322.5 \text{ ม.}^3$$ Ans.

2. วิธีเนื้อที่ฐานรูปสามเหลี่ยม

$$V = A\frac{\sum_{16}^{1}(nh)}{3} = A\left[\frac{n_1h_1 + n_2h_2 + ... + n_{16}h_{16}}{3}\right]$$

$$= (\frac{1}{2}\ 10\times10)\ (\frac{79.3}{3})$$

$$= 1{,}321.7 \text{ ม.}^3$$ Ans.

5. การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง

การคำนวณปริมาตรได้โดย

1) วิธีคิดเนื้อที่หัวท้ายเฉลี่ยและ/หรือ
2) วิธีคิดแบ่งแบบแท่งปริซึม

ตัวอย่างที่ 1 รูปตัดขวางระยะห่างกัน 20 ม. มีขนาดเนื้อที่ 120 70 30 40 และ 50 ตร.ม. ตามลำดับ จงคำนวณหาปริมาตร โดยวิธีคิดเนื้อที่หัวท้ายเฉลี่ยและวิธีคิดแบบแท่งปริซึม

1) วิธีคิดเนื้อที่หัวท้ายเฉลี่ยและ/หรือ

$$V = L(\frac{A_1A_3}{2} + A_2 + A_3 + A_4)$$

$$= 20(\frac{120+50}{2} + 70 + 30 + 40)$$

$$= 4{,}5000 \text{ ม.}^3$$ Ans.

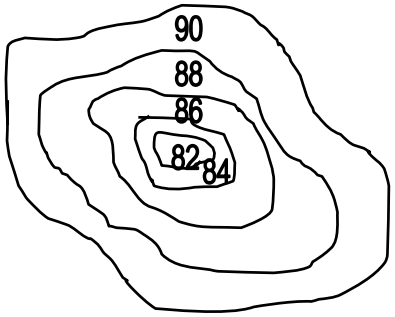
2) วิธีคิดแบ่งแบบแท่งปริซึม

$$V = \frac{L}{3}(A_1 + A_5) + 4(A_2 + A_4) + (A_3)$$

$$= \frac{20}{3}(120+50) + 4(70+40) + 2(30)$$

$$= 4{,}467 \text{ ม.}^3$$ Ans.

ตัวอย่างที่ 2 เนื้อที่ซึ่งเป็นทะเลสาบ มีข้อมูลของเส้นชั้นความสูงและเนื้อที่ภายในเขตดังนี้



เส้นชั้นความสูง (ม.)	เนื้อที่ในเขต (ตร.ม.)
90	3150
88	2460
86	1630
84	840
82	210

จงคำนวณหาปริมาตรน้ำในทะเลสอบถึงระดับ 90 ม. โดยวิธีคิดเนื้อที่หัวท้ายเฉลี่ยและวิธีคิดแบ่งแท่งปริซึม

การคำนวณ

1) วิธีคิดเนื้อที่หัวท้ายเฉลี่ยและ/หรือ

$$V = L\left(\frac{A_1 A_5}{2} + A_2 + A_3 + A_4\right)$$

$$= 20\left(\frac{3150 + 210}{2} + 2460 + 1630 + 840\right)$$

= 13,220 ม.^{3} Ans.

2) วิธีคิดแบ่งแบบแท่งปริซึม

$$V = \frac{L}{3}(A_1 + A_5) + 4(A_2 + A_4) + (A_3)$$

$$= \frac{20}{3}(3{,}150 + 210) + 4(460 + 840) + 2(1{,}630)$$

= 13,213 ม.^{3} Ans.

นอกจากนี้ยังมีการคิดงานดิน งานประเภทอื่นๆ อีก เช่น

1. งานดินขุดดินฐานราก หน่วยนับเป็น ม.^{3} และปริมาณการปริมาตรงานขุดดินโดยคิดให้ขอบหลุมตั้งฉากกับระนาบก้นหลุม และห่างจากขอบฐานราก ข้างละ 0.25 ม.

ความลึกของหลุมถ้าไม่ระบุให้กำหนดว่าหลุมลึกถึงก้นหลุม 1.00 ม. (รวมความลึกของชั้นคอนกรีตหยาบและทรายถมแน่น)

2. งานถมดิน หน่วยนับเป็น ม.^{3} หรือ ม.^{2} (ซึ่งระบุความลึก)

- ตรวจสอบระดับดินเดิม
- ปริมาตรดินถมที่ได้เป็น “คิวแน่น” หาปริมาตร “คิวแหลม” โดยคิดเพิ่มอีก 50%
- ตรวจดูรายการก่อสร้างว่า การบดอัดมีการกำหนดความหนาแน่นหรือไม่ (ถ้ามีค่าแรงงานจะสูงขึ้น ซึ่งต้องรวมค่าใช้จ่ายในการทดสอบด้วย)

3. งานถางป่า ขุดตอ หน่วยนับเป็น ตร.ม. , ไร่

- ตรวจสอบสถานที่ทิ้งเศษต้นไม้

4. งานขุดดินเพื่อวางท่อ

- ต้องใช้แผ่นเหล็กกันดินพัง (Sheet Plie) หรือไม่ ถ้าต้องใช้ จะใช้ขนาดใดจะซื้อหรือเช่า
- ใช้รถขุด (Back Hoe) ต้องคิดเผื่อขุดลึกเกินไปอีกอย่างน้อย 10 ซม. ซึ่งทำให้ต้องคิดวัสดุถมกลับเพิ่มมากกว่าเดิม
- ดินเดิมที่ขุดขึ้นมา ถ้าไม่ใช้ในการถมกลับ จะนำไปที่ใด

6. การหาการทรุดตัวและพองตัวของดิน

6.1 คิดโดยประมาณ

ดินธรรมชาติเมื่อขุดขึ้นมาจะเกิดการพองตัวขึ้น (Swell) ทำให้ปริมาณของดินดูเพิ่มมากขึ้นจากดินแน่นตามธรรมชาติ เป็นดินหลวม เช่น

ทราย เมื่อขุดขึ้นมาจะพองตัว เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 10%

ดินทั่วไป เมื่อขุดขึ้นมาจะพองตัว เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20 – 40%

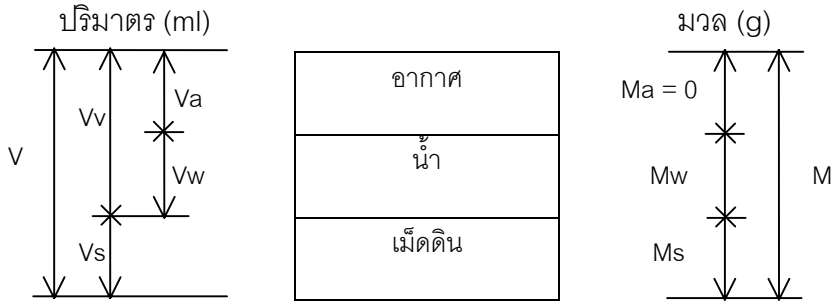
ดินเหนียว เมื่อขุดขึ้นมาจะพองตัว เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 25 – 70%

หิน เมื่อขุดขึ้นมาจะพองตัว เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 50 – 100%

ดังนั้น เมื่อมีการขุดดินและเคลื่อนย้ายดิน จะต้องคิดปริมาณดินเหลว จะต้องคิดถึงการทรุดตัวของดิน จึงจะประมาณราคางานดินได้ถูกต้องหรือใกล้เคียง ดังนั้นเมื่อคิดปริมาณดินถมได้แล้ว จะต้องคิดเปอร์เซ็นต์การบดอัด (Compacted) เพิ่มเติมโดยทั่วไปมักคิดจากดินพองตัว เพราะต้องการถมดินให้แน่นเหมือนกับดินธรรมชาติ

6.2 คิดอย่างละเอียดโดยการหาอัตราส่วนช่องว่างของเม็ดดิน (Void Ratio = e)

จากมวลดินที่จะนำมาถมดินมักจะเป็นดินชั้น ในเม็ดดินจะประกอบไปด้วยน้ำ – อากาศ ดังแผนภาพ อัตราส่วนช่องว่างของเม็ดดิน $= e = \frac{V_V}{V}$



รูปที่ 14.2.6 แสดงส่วนประกอบของเม็ดดิน

การหาคุณสมบัติต่างๆ ของดิน จะต้องทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์ ของดินที่จะนำมาถมและความอัดแน่นของดินถมที่ต้องการเสียก่อน

ตัวอย่างการคำนวณ

การสร้างเขื่อนดิน ต้องการได้ดินหลังจากกรบดอัดแล้ว มีอัตราส่วนช่องว่างเป็น 0.85 ใกล้สถานที่ก่อสร้างเขื่อนมีบ่อยืมดินที่ได้ทดสอบหาค่าอัตราส่วนช่องว่างไว้แล้ว คือ บ่อ A, B และ C มีค่าเป็น 0.95, 1.90 และ 1.65 ตามลำดับ

ถ้าดินต้องการใช้เมื่อมีอัตราส่วนช่องว่างเป็น 0.85 เท่ากับ 500,000 ม.^{3} อยากทราบว่าจะต้องใช้ดินจากบ่อ A, B และ C เป็นจำนวนเท่าไร

การคำนวณให้ V_1, V_2, และ V_3 เป็นปริมาตรที่ต้องการของดินจากบ่อ A, B และ C ตามลำดับ V เป็นปริมาตรของดินที่ต้องการทั้งหมด

จาก $\frac{V}{1+e} = \frac{V_1}{1+e_1} = \frac{V_2}{1+e_2} = \frac{V_3}{1+e_3} = ...$

พิจารณาบ่อ A

$$\frac{V}{1+e} = \frac{V_1}{1+e_1}$$

$$V_1 = \frac{V}{l+e}(l+e_1) = \frac{(500,000)(1+0.95)}{1+0.85} = 527,027.03 \text{ ม.}^3$$

พิจารณาบ่อ B

$$\frac{V_2}{1+e_2} = \frac{V}{1+e}$$

$$V_2 = \frac{V}{l+e}(l+e_1) = \frac{(500,000)(1+0.95)}{1+0.85} = 527,027.03 \text{ ม.}^3$$

พิจารณาบ่อ C

$$\frac{V_3}{1+e_3} = \frac{V}{1+e}$$

$$V_3 = \frac{V}{l+e}(l+e_3) = \frac{(500,000)(1+1.65)}{1+0.85} = 716,216.22 \text{ ม.}^3$$

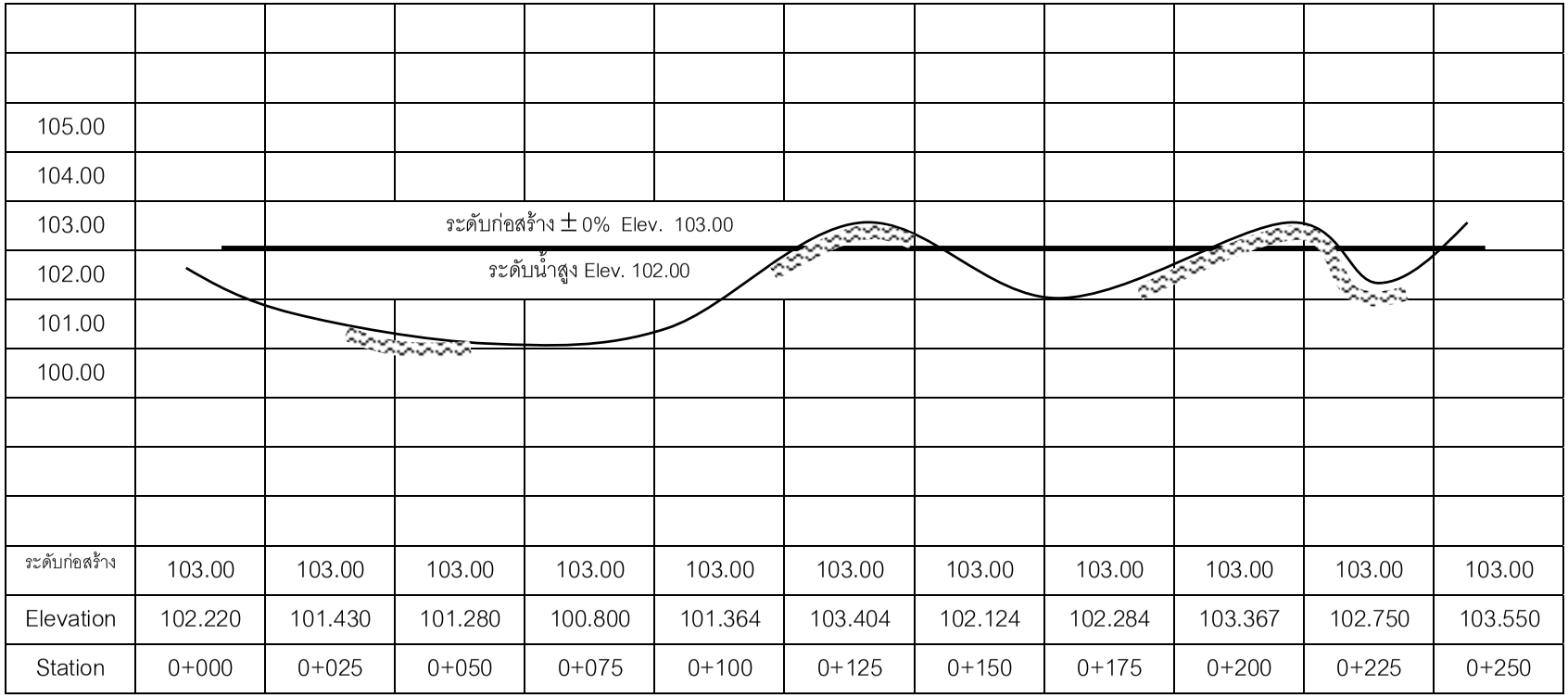
$\therefore$ จะต้องใช้ดิน จากบ่อ A = 527,027.03 ม.^{3}

B = 527,027.03 ม.^{3}

C = 716,216.22 ม.^{3}

PROFILE แนวทางสาย ถนนสุรนารี – เทคนิค

Sta. 0 + 000 – 0 + 250



ระดับก่อสร้าง	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00	103.00
Elevation	102.220	101.430	101.280	100.800	101.364	103.404	102.124	102.284	103.367	102.750	103.550
Station	0+000	0+025	0+050	0+075	0+100	0+125	0+150	0+175	0+200	0+225	0+250

มาตราส่วน H 1 : 100

V 1 : 100

103.000		2 : 1	5 / 0	Subgrade	5 / 0	2 :1	
102.000				0 / 0			
101.000		6.52/0.76		0 / 0.78		6.86/0.93	
100.000							
				F – 9.4432			
Elevation	102.100	102.240	102.200	102.220	102.180	102.070	102.050
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 000

103.000		2 : 1	5/0	Subgrade	5/0	2 :1	
102.000							
101.000		8.26/1.63					
100.000				0/0		8.04/0.52	
				F – 20.6705			
Elevation	101.350	101.370	0.01405	101.430	101.450	101.480	101.500
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 025

			5 / 0	Subgrade	5 / 0		
103.000		2 : 1		0 / 0		2 :1	
102.000							
101.000							
100.000		8.54/1.77		0/1.72		8.3/1.65	
				F – 23.0324			
Elevation	101.300	101.230	101.255	101.280	101.295	101.350	101.330
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 050

103.000			5/0	Subgrade	5/0		
102.000		2 : 1				2 :1	
101.000				0/0			
100.000		9-61/2.305		0/2.2		9.2/2	
				F – 31.7035			
Elevation	100.650	100.695	100.750	100.800	100.845	100.900	100.950
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 075

103.000			5 / 0	Subgrade	5 / 0		
102.000		2 : 1		0 / 0		2 :1	
101.000							
100.000		8.332/1.666		0/1.636		8.212/1.606	
				F – 21.713			
Elevation	101.309	101.334	101.339	101.364	101.389	101.394	101.409
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 100

		5.668/0.334		0/0.404	5.918/0.459		
103.000				Subgrade			
102.000			5/0	0/0	5/0		
101.000							
100.000							
				C-4.3229			
Elevation	103.324	103.344	103.374	103.404	103.454	106.459	103.494
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 125

103.000			5 / 0	Subgrade	5 / 0		
102.000		2 : 1		0 / 0		2 :1	
101.000		6.812/0.906		0/0.876		6.672/0.836	
100.000							
				F – 9.385			
Elevation	102.044	102.094	103.099	102.104	102.144	102.164	102.144
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 150

103.000		2 : 1	5 / 0	Subgrade	5 / 0	2 : 1	
102.000				0/0.716			
101.000		6.542/0.771				6.352/0.676	
100.000							
				F – 8.2336			
Elevation	102.194	102.229	102.224	102.284	102.289	102.324	102.344
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 175

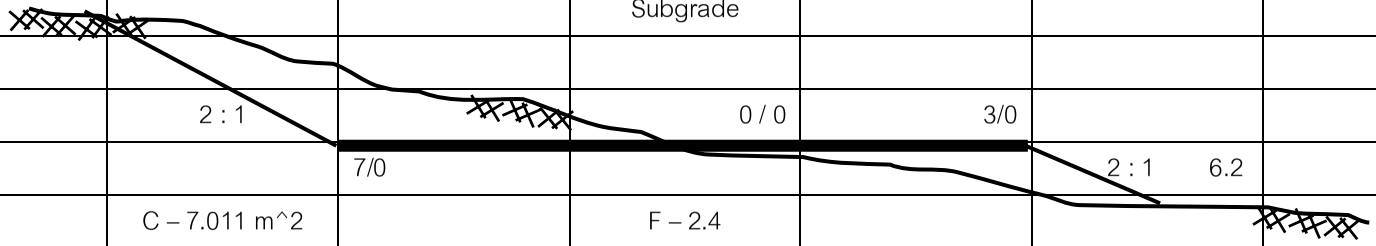
103.000		6.574/0.787		Subgrade			
102.000		2 : 1		0/0.367			
101.000			5 / 0	0 / 0	5 / 0		
100.000							
				C – 4.0913			
Elevation	103.956	103.787	103.597	103.367	103.197	102.967	102.687
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 200

103.000		7.784/1.892		Subgrade			
102.000					6 / 0		
101.000		2 : 1	4 / 0	0 / 0		2 : 1	
100.000							
		C – 3.784 m^2		F – 5.10			
Elevation	104.892	104.200	103.600	104.750	102.200	101.700	101.300
X	9	6	3	0	3	6	9

0 + 225

	11.006/2.003						
103.000				Subgrade			
102.000							
101.000		2 : 1		0 / 0	3/0		
100.000			7/0			2 : 1 6.2	
		C – 7.011 m^2		F – 2.4			
Elevation	105.033	104.797	104.300	103.550	102.750	101.950	101.400
X	9	6	3	0	3	6	9



0 + 250

การคำนวณหาเนื้อที่หน้าตัด

Sta. 0+000 (งานดินถม = Fill = F)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.73}$ $\frac{6.52}{0.76}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 5.0856 + 308 + 0 = 8.8856
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 8.8856 – 0 = 8.8856

2A1 = 8.8856, A1 = $\frac{8.8856}{2}$

A1 = 4.4428 ม.^{2}

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{6.86}{0.93}$ $\frac{0}{0.73}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 4.65 + 5.3508 + 0 = 10.0008
- ผลต่าง = 10.0008 – 0 = 10.0008

2A2 = 10.0008, A2 = $\frac{10.0008}{2}$

A2 = 5.0004 ม.^{2}

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 4.4428 + 5.0004 = 9.4432 ม.^{2}

Sta. 0+025 (งานดินถม)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{1.57}$ $\frac{8.26}{1.63}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 12.9682 + 8.15 + 0 = 21.1182
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 21.1182 – 0 = 21.1182

2A1 = 21.1182, A1 = $\frac{21.1182}{2}$

A1 = 10.5591 ม.^{2}

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{8.04}{1.52}$ $\frac{0}{1.57}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 7.6 + 12.6628 + 0 = 20.2228
- ผลต่าง = 20.2228 – 0 = 20.2228

2A2 = 80.2228, A2 = $\frac{20.2228}{2}$

A2 = 10.1114 ม.^{2}

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 10.5591 + 10.1114 = 20.6705 ม.^{2}

Sta. 0+050 (งานดินถม)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.78}$ $\frac{6.52}{0.76}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 14.6888 + 8.85 + 0 = 23.5388
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 23.5388 – 0 = 23.5388

2A1 = 23.5388, A1 = $\frac{23.5388}{2}$

A1 = 11.7694 ม.^{2}

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{8.3}{1.65}$ $\frac{0}{1.72}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 8.25 + 14.276 + 0 = 22.526
- ผลต่าง = 22.526 - 0 = 22.526

2A2 = 22.526, A2 = $\frac{22.526}{2}$

A2 = 10.263 ม.^{2}

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 11.7694 + 11.263 = 23.0324 ม.^{2}

Sta. 0+075 (งานดินถม)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{2.2}$ $\frac{9.61}{2.305}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 21.142 + 11.525 + 0 = 32.667
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 32.667 – 0 = 32.667

2A1 = 32.667 , A1 = $\frac{32.667}{2}$

A1 = 16.3335 ม.^{2}

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{8.3}{1.65}$ $\frac{0}{1.72}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 10.5 + 20.24 + 0 = 30.74
- ผลต่าง = 30.74 – 0 = 30.74

2A2 = 30.74 , A2 = $\frac{30.74}{2}$

A2 = 15.37 ม.^{2}

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 16.3335 + 15.37 = 31.7035 ม.^{2}

Sta. 0+100 (งานดินถม)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{1.636}$ $\frac{8.332}{1.666}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 13.6312 + 8.33 + 0 = 21.9612
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 21.9612 – 0 = 21.9612

2A1 = 21.9612 , A1 = $\frac{21.9612}{2}$

A1 = 10.9806 ม.^{2}

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{9.61}{1.606}$ $\frac{0}{1.63}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 8.03 + 13.4348 + 0 = 21.4648
- ผลต่าง = 21.4648 – 0 = 21.4648

2A2 = 21.4648 , A2 = $\frac{21.4648}{2}$

A2 = 10.7324 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 10.9806 + 10.7324 = 21.7130 ม^2

Sta. 0+125 (**งานดินถม** = Cut = C)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{5.668}{0.334}$ $\frac{5}{0.404}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 1.67 + 2.2899 + 0 = 3.9599
- ผลต่าง = 3.9599 – 0 = 3.9599

2A1 = 3.9599

A1 = $\frac{3.9599}{2}$ = 1.9799 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.404}$ $\frac{5.918}{0.459}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 2.3909 + 2.295 + 0 = 4.6895
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 4.6895 – 0 = 4.6895

2A2 = 4.6895

A2 = $\frac{4.6895}{2}$ = 2.3429 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 1.9799 + 2.3429 = 4.3229 ม^2

Sta. 0+150 (งานดินถม)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0.876}$ $\frac{4.812}{0.906}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 4.215 + 4.53 + 0 = 8.745
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 8.745 – 0 = 8.745

2A1 = 8.745

A1 = $\frac{8.745}{2}$ = 4.373 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{6.672}{0.836}$ $\frac{5}{0.876}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 4.18 + 5.84 + 0 = 10.025
- ผลต่าง = 10.025 – 0 = 10.025

2A2 = 10.025

A2 = $\frac{10.025}{2}$ = 5.012 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 4.373 + 5.012 = 9.385 ม^2

Sta. 0+175 (งานดินถม)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{1}{0.716}$ $\frac{6.542}{0.771}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 4.681 + 3.855 + 0 = 8.5391
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 8.5391 – 0 = 8.5391

2A1 = 8.5391

A1 = $\frac{8.5391}{2}$ = 4.2696 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{9.352}{0.676}$ $\frac{0}{0.716}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 3.38 + 4.548 + 0 = 7.928
- ผลต่าง = 7.928 – 0 = 7.928

2A2 = 7.928

A2 = $\frac{7.928}{2}$ = 3.964 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 4.2696 + 3.964 = 8.22336 ม^2

Sta. 0+200 (งานดินตัด)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{6.574}{0.787}$ $\frac{0}{0.367}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 3.935 + 2.413 + 0 = 6.348
- ผลต่าง = 6.348 – 0 = 6.348

2A1 = 6.348

A1 = $\frac{6.348}{2}$ = 3.174 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.367}$ $\frac{5}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 1.835 + 0 = 1.835
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 1.835 – 0 = 1.835

2A2 = 1.835

A2 = $\frac{1.835}{2}$ = 0.917 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A = A1 + A2 = 3.174 + 0.917= 4.091 ม^2

Sta. 0+225

งานดินตัด

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{4}{0}$ $\frac{7.784}{1.892}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 7.568 + 0 = 7.568
- ผลต่าง = 7.568 – 0 = 7.568

2A1 = 7.568

A1 = $\frac{7.568}{2}$ = 3.784 ม^2

งานดินถม

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{9.4}{1.7}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 10.20 + 0 = 10.20
- ผลต่าง = 10.20 – 0 = 10.20

2A2 = 10.20

A2 = $\frac{10.20}{2}$ = 5.10 ม^2

Sta. 0+250

งานดินตัด

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{7}{0}$ $\frac{11.006}{2.003}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 14.021 + 0 = 14.021
- ผลต่าง = 14.021 – 0 = 14.021

2A1 = 14.021

A1 = $\frac{14.021}{2}$ = 7.011 ม^2

งานดินถม

2A2 = $\frac{0}{0}$ ✕ $\frac{3}{0}$ ✕ $\frac{6.2}{1.6}$ ✕ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 4.80 + 0 = 4.80
- ผลต่าง = 4.80 – 0 = 4.80

2A2 = 4.80

A2 = $\frac{4.80}{2}$ = 2.4 $ม^2$

การหาปริมาณงานดิน (โดยวิธี Ended Area)

ตารางแสดงการหาปริมาณงานดิน

ปริมาตร = $\frac{A1+A2}{2}$ X ระยะทาง

Sta.	เนื้อที่หน้าตัด (ต.ร.ม.)			ผลรวมเนื้อที่หน้าตัด		ปริมาตร (ลบ.ม.)	
	ดินถม (ต.ร.ม.)	ดินตัด (ต.ร.ม.)	ระยะทาง (ม.)	ดินถม (ต.ร.ม.)	ดินตัด (ต.ร.ม.)	ดินถม (ต.ร.ม.)	ดินตัด (ต.ร.ม.)
0+000	9.4432	0					
0+025	20.6705	0	25	30.1137	-	376.412	-
0+050	23.0324	0	25	43.7029	-	546.286	-
0+075	31.7035	0	25	54.7359	-	684.199	-
0+100	21.713	0	25	53.4165	-	667.706	-
0+125	0	4.3229	25	21.713	4.3229	271.413	54.036
0+150	9.385	0	25	9.385	4.3229	117.313	54.036
0+175	8.2336	0	25	17.6186	-	220.233	-
0+200	0	4.0913	25	8.2336	4.0913	102.92	51.141
0+225	5.100	3.784	25	5.100	7.8753	63.75	98.414
0+250	2.400	7.011	25	7.500	10.795	93.75	134.938
					รวม	3143.982	392.565

ปริมาณงานดินถม 3143.982 ลบ.ม.

ปริมาณงานดินขุด 392.565 ลบ.ม.

เรื่องที่ 14.3 ใบงานที่ 14	
วิชา การสำรวจเส้นทาง ชื่อหน่วย การหาปริมาณงานดิน	หน่วยที่ 14 สอนครั้งที่ 18 จำนวนคาบรวม 72
ชื่องาน การหาปริมาณงานดิน	จำนวนคาบ 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถขึ้นรูปหน้าตัดงานดินชั้น Subgrade ได้
2. สามารถคำนวณหาเนื้อที่หน้าตัดงานดิน Station ต่างๆ ได้
3. สามารถคำนวณหาปริมาตรงานดิน งานทางได้
4. สามารถนำวิธีการหาปริมาณงานดิน ไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. แบบระดับตามยาว ที่ลงที่หมายระดับก่อสร้างตลอดแนวทางแล้ว (จากใบงานที่ 13)
2. แบบระดับตามขวาง จากใบงานที่ 11
3. เครื่องคำนวณ
4. อุปกรณ์เครื่องเขียน

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. การขึ้นรูปหน้าตัดคันทาง

1.1 น้ำค่าระดับก่อสร้างจากแบบ Profile ดูค่าระดับก่อนสร้างชั้น Subgradeที่ Sta.ต่างๆ

1.2 นำแบบ CROSS – SECTOPN มาลงที่หมาย (ตามตัวอย่างนี้ จะลงที่หมาย Sta. ละ 100 ม.) โดยดูค่าระดับก่อสร้างจากแบบ Profile ให้ตรง Sta. กับแบบ CROSS – Section แล้วจุดค่าระดับ Profile Grade ให้ Elev. ตรงกัน ลงในแบบ CROSS – Section ที่ตำแหน่งศูนย์กลางทาง

1.3 จากจุดระดับที่ตำแหน่งศูนย์กลางทาง วัดระยะในแนวราบออกไปข้างละ 6.00 ม. (คันทางกว้าง 12.00 ม.) จะเป็นค่าระดับคันทางชั้น Subgrade

1.4 ปฏิบัติตั้งแต่ข้อ 1.1 – 1.3 ทุกๆ Sta.

2. **การเขียนลาดคันทาง** (Side Slope) ความลาดเอียงของลาดคันทาง อัตราส่วน 2 : 1 (ราบ : ดิ่ง) นิยมใช้กันมากเพราะเป็นอัตราส่วนที่ทำให้คันทางมั่นคงและแข็งมากที่สุด

2.1 กรณีเป็นดินถม เส้นระดับจะอยู่สูงกว่าระดับดินเดิมที่ปลายทั้งสองข้าง ให้วัดลงในแนวดิ่ง 1 ส่วน (หรือ 1 ซม.) แล้ววัดออกข้างในแนวราบ 2 ส่วน (หรือ 2 ซม.) จากนั้นลากเส้นที่ปลายของเส้นระดับ ลากมายังนุดที่ออกข้างในแนวราบ 2 ส่วน โดยลากผ่านจุดให้ไปจรดกับดินเดิม หากจุดอยู่ต่ำกว่าดินเดิม ก็ลากจรดแค่คันเดิม ทำดังนี้ที่ปลายทั้งสองข้างก็จะได้ลาดคันทาง อัตราส่วน 2:1

2.2 กรณีเป็นดินตัด เส้นระดับจะอยู่ต่ำกว่าดินเดิม ที่ปลายทั้งสองข้าง ให้วัดขึ้นในแนวดิ่ง 1 ส่วน (หรือ 1 ซม.) แล้ววัดออกข้างในแนวราบ 2 ส่วน (หรือ 2 ซม.) จากนั้นลากเส้นที่ปลายของเส้นระดับ ลากไปยังจุดที่ออกข้างในแนวราบ 2 ส่วน โดยลากผ่านจุดให้ไปจรดดินเดิม หากจุดอยู่สูงกว่าดินเดิม ก็ลากจรดแค่ดินเดิม ก็จะได้ลาดคันทางที่มีอัตราส่วน 2:1

3. **การลงพิกัด** $\frac{x}{y}$ รูปหน้าตัดที่ Sta.ต่างๆ โดยพิจารณาจากค่าระดับที่ศูนย์กลางทางให้ $\frac{x}{y} = \frac{0}{0}$

จากนั้นก็พิจารณาจุดที่เปลี่ยนแปลงค่าระดับ อยู่ในแกน X และห่างจากเส้นศูนย์กลางเท่าไร แล้วพิจารณาค่าระดับในแกน y โดยยึดค่าระดับคันทางชั้น Subgrade เป็นศูนย์ ขึ้นหรือลงเท่าไร ในส่วนแกน y โดยทั้งแกน X และแกน y ไม่ต้องใส่เครื่องหมาย

4. **การคำนวณหาเนื้อที่หน้าตัด** โดยแบ่งครึ่งรูปหน้าตัดออกเป็นสองส่วน นำค่าพิกัดเขียนวนตามเข็มนาฬิกา แล้วคำนวณหาเนื้อที่

Sta. 0+000 (งานดินถม = Fill = F)

2A1 = $\frac{0}{0} \times \frac{0}{0.85} \times \frac{8.60}{0.77} \times \frac{6}{0} \times \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 7.31+ 4.62 + 0 = 11.93
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 11.93 – 0 = 11.93

2A1 = 11.93

A1 = $\frac{11.93}{2}$ = 5.965 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{8.80}{0.91}$ $\frac{0}{0.85}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 5.46 + 7.48+ 0 = 12.94
- ผลต่าง = 12.94 – 0 = 12.94

2A2 = 12.94, A2 = $\frac{12.94}{2}$

A2 = 6.470 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 5.956 + 6.470 = 12.435 ม^2

Sta. 0+100 (**งานดินถม** = Fill = F)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.90}$ $\frac{8.60}{0.84}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 7.74+ 5.04 + 0 = 12.78
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 12.78 – 0 = 12.78

2A1 = 12.78, A1 = $\frac{12.78}{2}$

A1 = 6.390 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{10.70}{1.36}$ $\frac{0}{0.90}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 8.16 + 9.63 + 0 = 17.79
- ผลต่าง = 17.79 – 0 = 17.79

2A2 = 17.790, A2 = $\frac{17.790}{2}$

A2 = 8.895 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 6.390 + 8.895 = 15.285 ม^2

Sta. 0+200 (**งานดินถม** = Fill = F)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.90}$ $\frac{8.60}{0.84}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 11.3068+ 6.66 + 0 = 17.9668
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 17.9668 – 0 = 17.9668

2A1 = 17.9668, A1 = $\frac{17.9668}{2}$

A1 = 8.9834 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{10.20}{1.30}$ $\frac{0}{1.229}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 7.80 + 12.5358 + 0 = 20.3358
- ผลต่าง = 20.3358 – 0 = 20.3358

2A2 = 20.3358, A2 = $\frac{20.3358}{2}$

A2 = 10.1679 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 8.9834 + 10.1679 = 19.1513 ม^2

Sta. 0+300 (**งานดินถม** = Fill = F)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.718}$ $\frac{7.70}{0.59}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 5.5286+ 3.54 + 0 = 9.0686
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 9.0686 – 0 = 9.0686

2A1 = 9.0686, A1 = $\frac{9.0686}{2}$

A1 = 4.5343 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{8.80}{0.90}$ $\frac{0}{0.718}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 5.40 + 6.3184 + 0 = 11.7184
- ผลต่าง = 20.3358 – 0 = 11.7184

2A2 = 11.7184, A2 = $\frac{11.7184}{2}$

A2 = 5.8592 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 4.5343 + 5.8592 = 10.3935 ม^2

Sta. 0+400 (**งานดินตัด** = Cut = C)

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{8}{1}$ $\frac{11}{0.20}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0+ 11 + 0 = 11
- คูณลง = 0 + 6 + 1.6 + 0 = 7.6
- ผลต่าง = 11.0 – 7.6 = 3.40

2A1 = 3.40, A1 = $\frac{3.40}{2}$

A1 = 1.70 ม^2

A2 = $\frac{1}{2}$ X ฐาน X สูง

= $\frac{1}{2}$ X 4.20 X 1

= 2.10 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 1.70 + 2.10 = 3.80 ม^2

Sta. 0+500 (**งานดินตัด** = Cut = C)

2A1 = $\frac{0}{0} \searrow\nearrow \frac{6}{0} \searrow\nearrow \frac{9.60}{1.038} \searrow\nearrow \frac{6}{0.828} \searrow\nearrow \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0+ 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 6.228 + 7.9488 + 0 = 14.1768
- ผลต่าง = 14.1768 – 0 = 14.1768

2A1 = 14.1768, A1 = $\frac{14.1768}{2}$

A1 = 7.0884 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0} \searrow\nearrow \frac{0}{0.828} \searrow\nearrow \frac{8.50}{0.768} \searrow\nearrow \frac{6}{0} \searrow\nearrow \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 7.038 + 4.608 + 0 = 11.646
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 11.646– 0 = 11.646

2A2 = 11.6464, A2 = $\frac{11.6464}{2}$

A2 = 5.823 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 7.0884 + 5.823 = 12.9114 ม^2

Sta. 0+600 (**งานดินตัด** = Cut = C)

2A1 = $\frac{0}{0} \searrow\nearrow \frac{6}{0} \searrow\nearrow \frac{10.20}{1.277} \searrow\nearrow \frac{0}{1.067} \searrow\nearrow \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0+ 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 7.662+ 10.8834 + 0 = 18.5454
- ผลต่าง = 18.5454– 0 = 18.5454

2A1 = 18.5454, A1 = $\frac{18.5454}{2}$

A1 = 9.2727 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0} \times \frac{0}{1.067} \times \frac{9.40}{0.977} \times \frac{6}{0} \times \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 10.0298+ 5.862 + 0 = 15.8918
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 15.8918 – 0 = 15.8918

2A2 = 15.8918, A2 = $\frac{15.8918}{2}$

A2 = 7.9459 $ม^2$

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 9.2727 + 7.9459 = 17.2186 $ม^2$

Sta. 0+700 (**งานดินตัด** = Cut = C)

2A1 = $\frac{0}{0} \times \frac{6}{0} \times \frac{8.80}{0.92} \times \frac{0}{0.77} \times \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0+ 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 5.52+ 6.776 + 0 = 12.296
- ผลต่าง = 12.296 – 0 = 12.296

2A1 = 12.296, A1 = $\frac{12.296}{2}$

A1 = 6.148 $ม^2$

2A2 = $\frac{0}{0} \times \frac{0}{0.77} \times \frac{8.30}{0.70} \times \frac{6}{0} \times \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 6.391+ 4.2 + 0 = 10.591
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 10.591 – 0 = 10.591

2A2 = 10.591, A2 = $\frac{10.591}{2}$

A2 = 5.2955 $ม^2$

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 6.148 + 5.2955 = 11.4435 $ม^2$

Sta. 0+800 (**งานดินตัด** = Cut = C)

2A1 = $\frac{0}{0} \times \frac{6}{0} \times \frac{7.70}{0.48} \times \frac{0}{0.35} \times \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0+ 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 2.88+ 2.695 + 0 = 5.575
- ผลต่าง = 5.575 – 0 = 5.575

2A1 = 5.575, A1 = $\frac{2.575}{2}$

A1 2.7875 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0} \times \frac{0}{0.35} \times \frac{7.10}{0.30} \times \frac{6}{0} \times \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 2.485 + 1.80 + 0 = 4.285
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 4.285 – 0 = 4.285

2A2 = 4.285, A2 = $\frac{4.285}{2}$

A2 = 2.1425 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 2.7875 + 2.1425 = 4.930 ม^2

Sta. 0+900 (**งานดินตัด และงานดินถม**)

$\times$ $\times$ $\times$ $\times$

งานดินถม

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.123}$ $\frac{6.20}{0.013}$ $\frac{0}{6}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0.7626+ 0 .078+ 0 = 0.8406
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 0.8406 – 0 = 0.8406

2A1 = 0.8406, A1 = $\frac{0.8406}{2}$

A1 = 0.4203 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{6.70}{0.153}$ $\frac{0}{0.123}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 0.918 + 0.8241 + 0 = 1.7421
- ผลต่าง = 1.7421 – 0 = 1.7421

2A2 = 1.7421, A2 = $\frac{1.7421}{2}$

A2 = 0.871 ม^2

เนื้อที่งานดินถม = A1 + A2 = 0.4203 + 0.871 = 1.2913 ม^2

งานดินตัด

A3 = $\frac{1}{2}$ X ฐาน X สูง

= $\frac{1}{2}$ X 3.75 X 0.80

= 1.50 ม^2

A4 = $\frac{1}{2}$ X 3.00 X 0.70

= 1.05 ม^2

เนื้อที่งานดินตัด = A3 + A4 = 1.50 + 1.05 = 2.55 ม^2

Sta. 1+000 **(งานดินตัด)**

A1 = $\frac{1}{2}$ X ฐาน X สูง

= $\frac{1}{2}$ X 5.00 X 1.40

= 3.50 $ม^2$

A2 = $\frac{1}{2}$ X 3.00 X 0.70

= 1.05 $ม^2$

เนื้อที่งานดินตัด = A1 + A2 = 3.50 + 1.05 = 4.55 $ม^2$

Sta. 1+100 **(งานดินตัด และงานดินถม)**

งานดินถม

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.21}$ $\frac{6.20}{0.12}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 1.302 + 0 .72+ 0 = 2.022
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 2.022 – 0 = 2.022

2A1 = 2.022, A1 = $\frac{2.022}{2}$

A1 = 1.011 $ม^2$

2A2 = $\frac{0}{0} \times \frac{6}{0} \times \frac{6.90}{0.24} \times \frac{0}{0.21} \times \frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 1.44 + 1.449 + 0 = 2.889
- ผลต่าง = 2.889 – 0 = 2.889

2A2 = 2.889, A2 = $\frac{2.889}{2}$

A2 = 1.4445 ม^2

เนื้อที่งานดินถม = A1 + A2 = 1.011 + 1.4445 = 2.4555 ม^2

งานดินตัด

A3 = $\frac{1}{2}$ X ฐาน X สูง

= $\frac{1}{2}$ X 4.00 X 1.00

= 2.00 ม^2

A4 = $\frac{1}{2}$ X ฐาน X สูง

= $\frac{1}{2}$ X 2.40 X 0.50

= 0.60 ม^2

เนื้อที่งานดินตัด = A3 + A4 = 2.00 + 0.60 = 2.60 ม^2

Sta. 1+200 (**งานดินถม** = Fill = F)

งานดินถม

2A1 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.49}$ $\frac{7.20}{0.38}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 3.528 + 2.28+ 0 = 5.808
- คูณลง = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- ผลต่าง = 5.808 – 0 = 5.808

2A1 = 5.808, A1 = $\frac{5.808}{2}$

A1 = 2.904 ม^2

2A2 = $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0.49}$ $\frac{7.20}{0.38}$ $\frac{6}{0}$ $\frac{0}{0}$

- คูณขึ้น = 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- คูณลง = 0 + 3.24 + 4.018 + 0 = 7.258
- ผลต่าง = 7.258 – 0 = 7.258

2A2 = 7.258, A2 = $\frac{7.258}{2}$

A2 = 3.629 ม^2

เนื้อที่หน้าตัด = A1 + A2 = 2.904 + 3.629 = 6.533 ม^2

5. **หาปริมาณงานดิน (โดยวิธี** Ended Area)

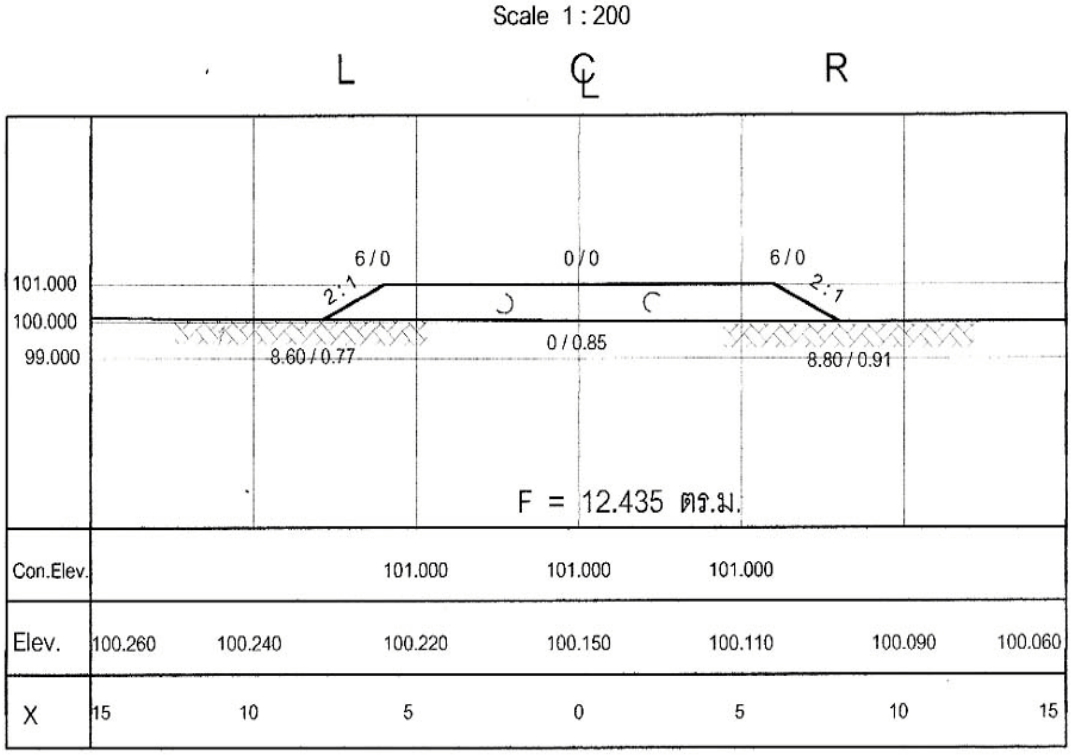
ปริมาตร = $\frac{A1+A2}{2}$ X **ระยะทาง**

Sta.	เนื้อที่หน้าตัด (ต.ร.ม.)			ผลรวมเนื้อที่หน้าตัด		ปริมาตร (ลบ.ม.)	
	ดินถม (ต.ร.ม.)	ดินตัด (ต.ร.ม.)	ระยะทาง (ม.)	ดินถม (ต.ร.ม.)	ดินตัด (ต.ร.ม.)	ดินถม (ต.ร.ม.)	ดินตัด (ต.ร.ม.)
0+000	12.435	0					
0+100	15.285	0	100	27.720	-	1386.00	-
0+200	19.1513	0	100	34.4363	-	1721.815	-
0+300	10.3935	0	100	29.5448	-	1477.24	-
0+400	0	3.80	100	10.3935	3.80	519.675	190.00
0+500	0	12.9114	100	-	16.7114	-	835.57
0+600	0	17.2186	100	-	30.13	-	1506.50
0+700	0	11.4435	100	-	28.6621	-	1433.105
0+800	0	4.930	100	-	16.3735	-	818.675
0+900	1.2913	2.550	100	1.2913	7.480	64.565	374.00
0+000	0	4.550	100	1.2913	7.100	64.565	355.00
0+100	2.4555	2.600	100	2.4555	7.150	122.775	357.50
0+200	6.533	0	100	8.9885	2.600	449.425	130.00
					รวม	5806.06	6000.35

ปริมาณงานดินถม 5806.06 ลบ.ม.

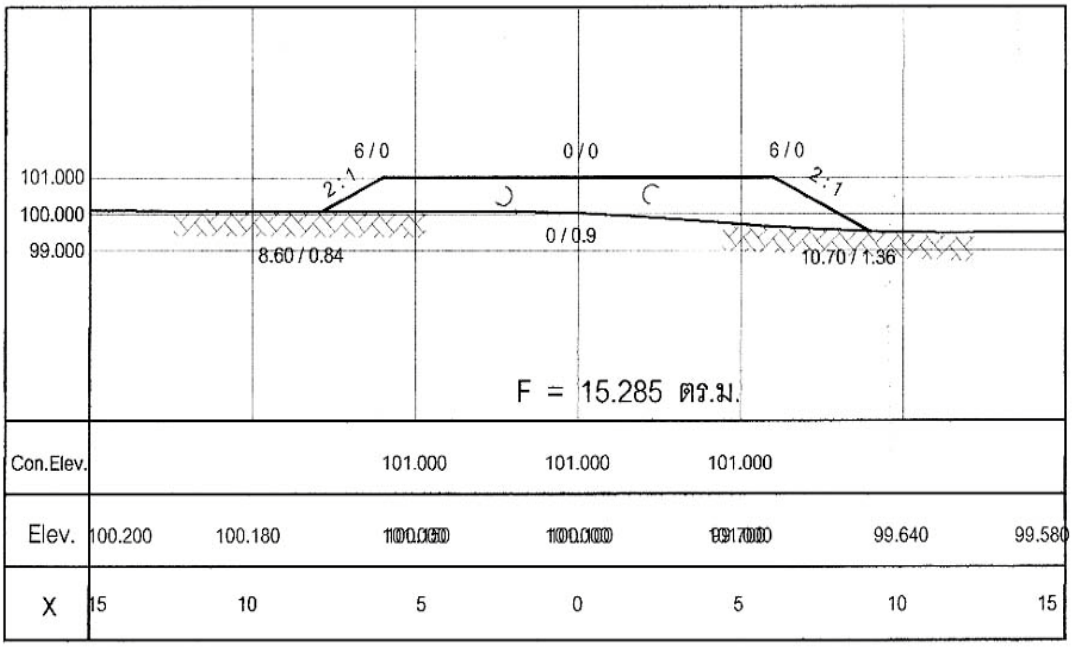
ปริมาณงานดินขุด 6000.36 ลบ.ม.

6. นำข้อมูลเนื้อที่หน้าตัดคำนวณได้แต่ละ Sta. เขียนลงในแบบรูปตัดคันทาง(CROSS – SECTION)



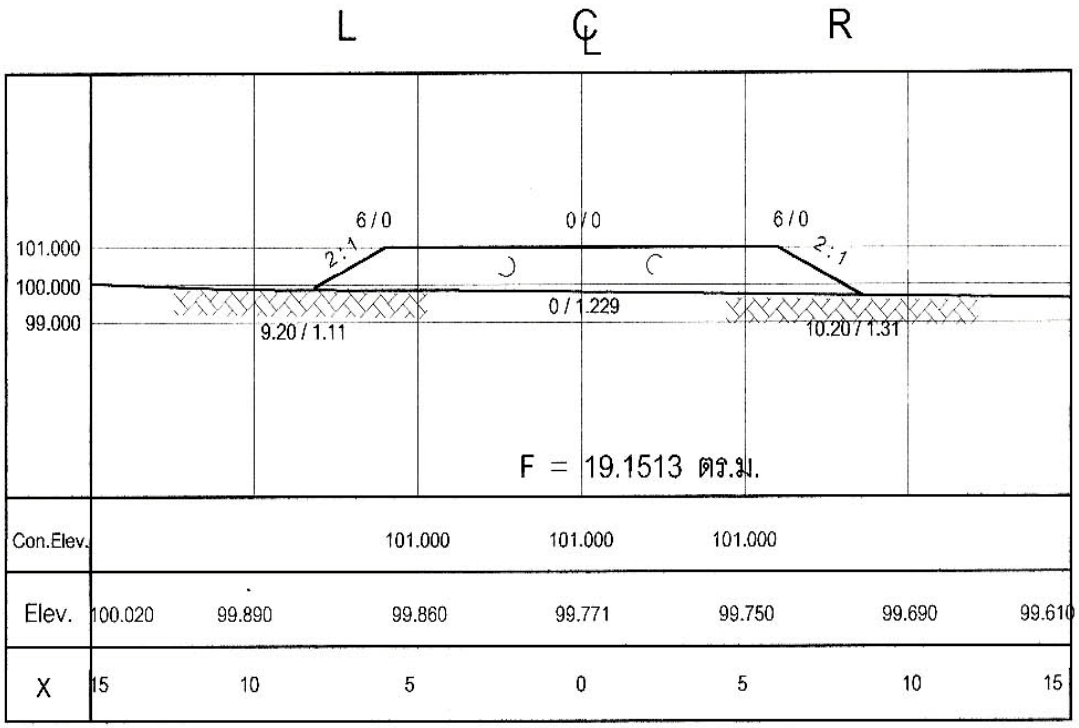
Con.Elev.			101.000	101.000	101.000		
Elev.	100.260	100.240	100.220	100.150	100.110	100.090	100.060
X	15	10	5	0	5	10	15

0+000



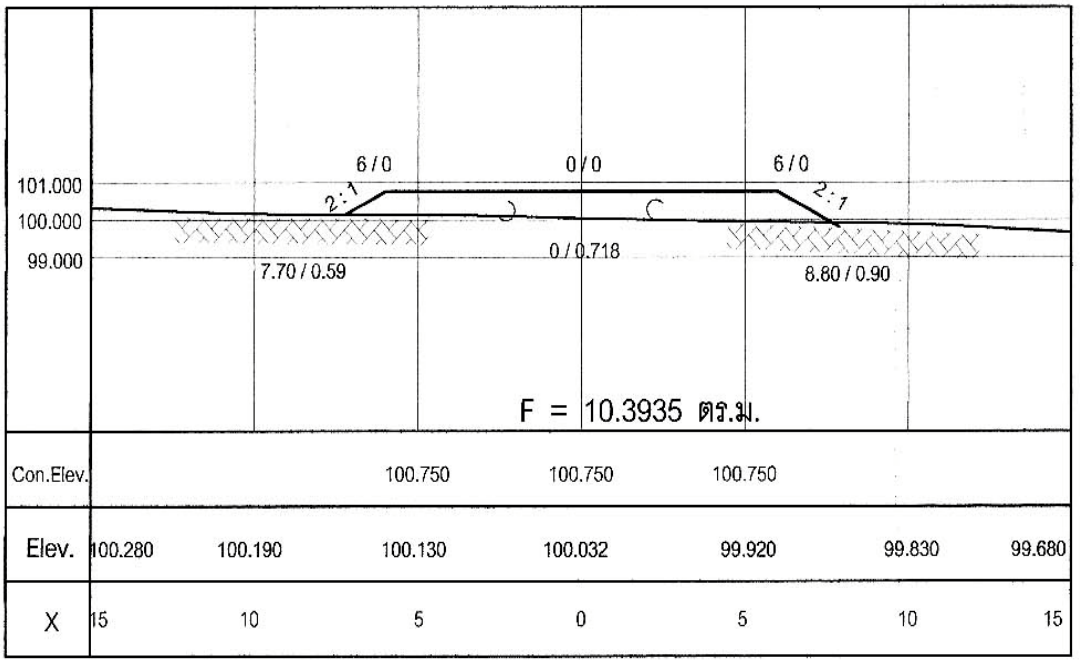
Con.Elev.			101.000	101.000	101.000		
Elev.	100.200	100.180	[illegible]	[illegible]	[illegible]	99.640	99.580
X	15	10	5	0	5	10	15

0+100



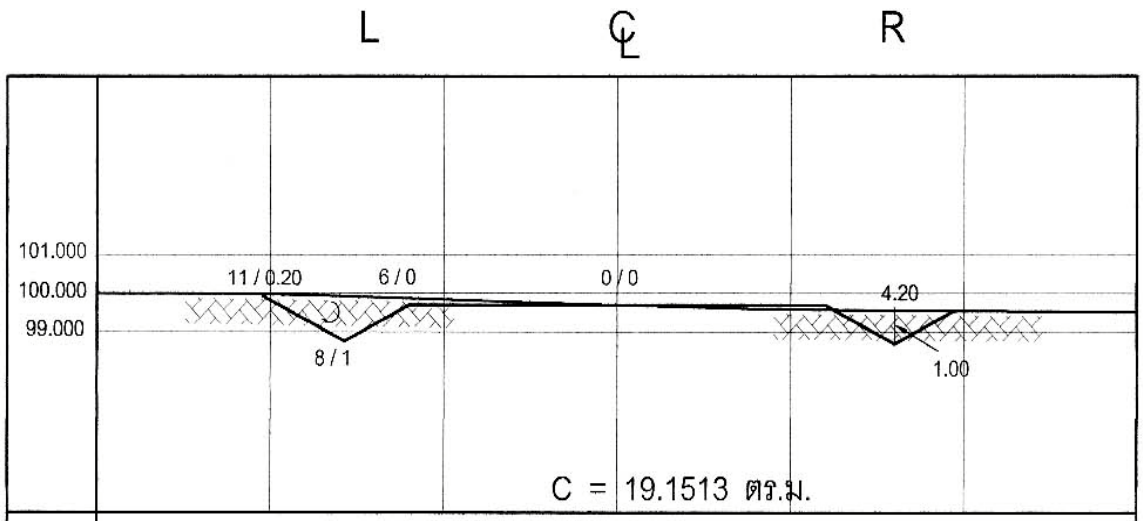
Con.Elev.			101.000	101.000	101.000		
Elev.	100.020	99.890	99.860	99.771	99.750	99.690	99.610
X	15	10	5	0	5	10	15

0+200



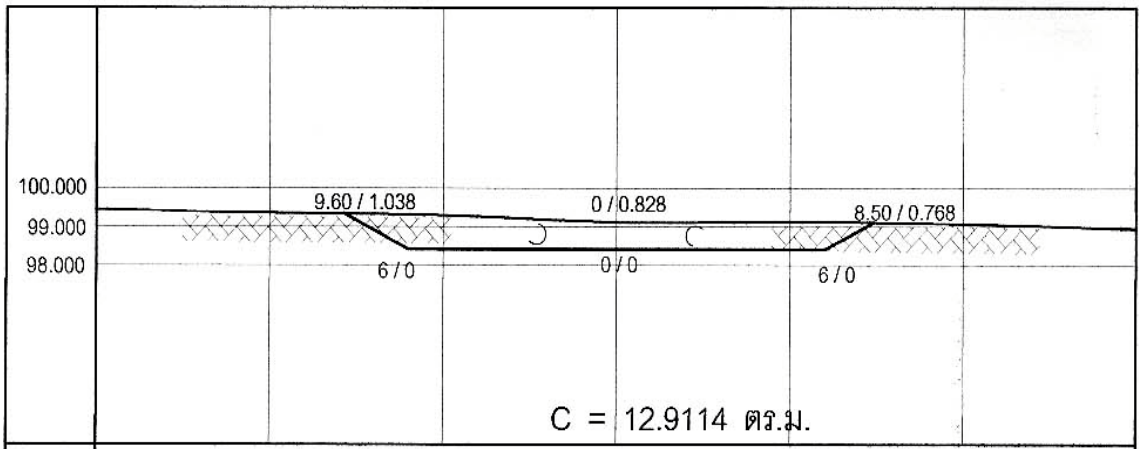
Con.Elev.			100.750	100.750	100.750		
Elev.	100.280	100.190	100.130	100.032	99.920	99.830	99.680
X	15	10	5	0	5	10	15

0+300



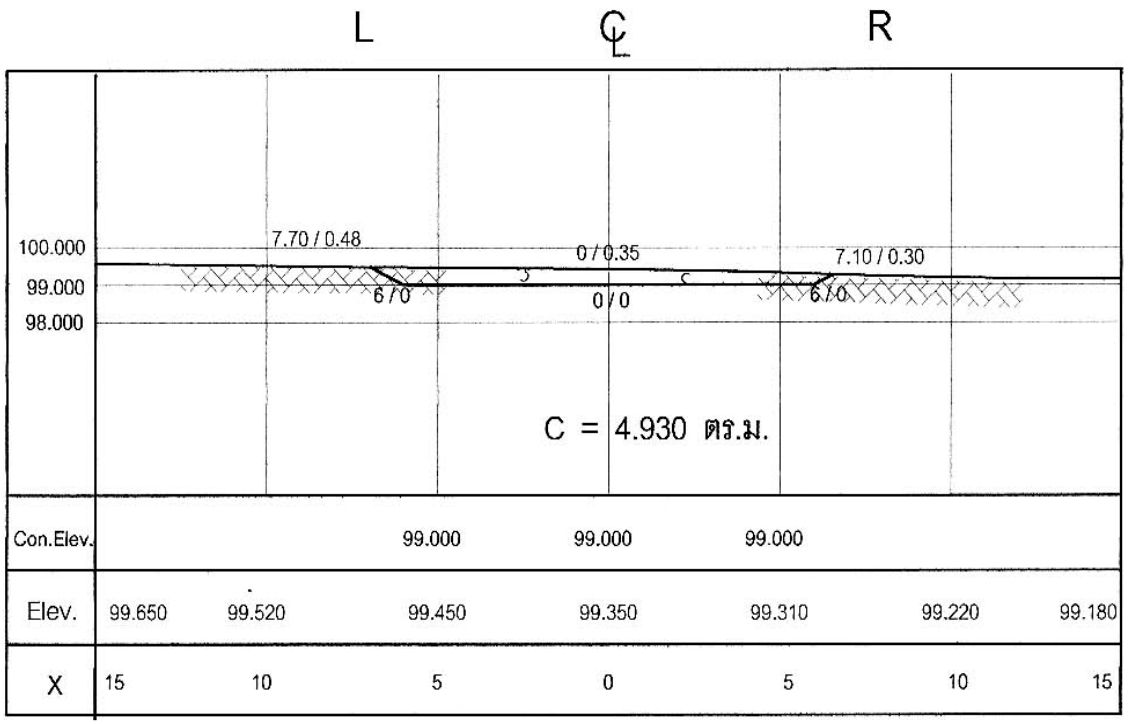
Con.Elev.			99.667	99.667	99.667		
Elev.	99.980	99.840	99.790	99.692	99.660	99.620	99.570
X	15	10	5	0	5	10	15

0+400



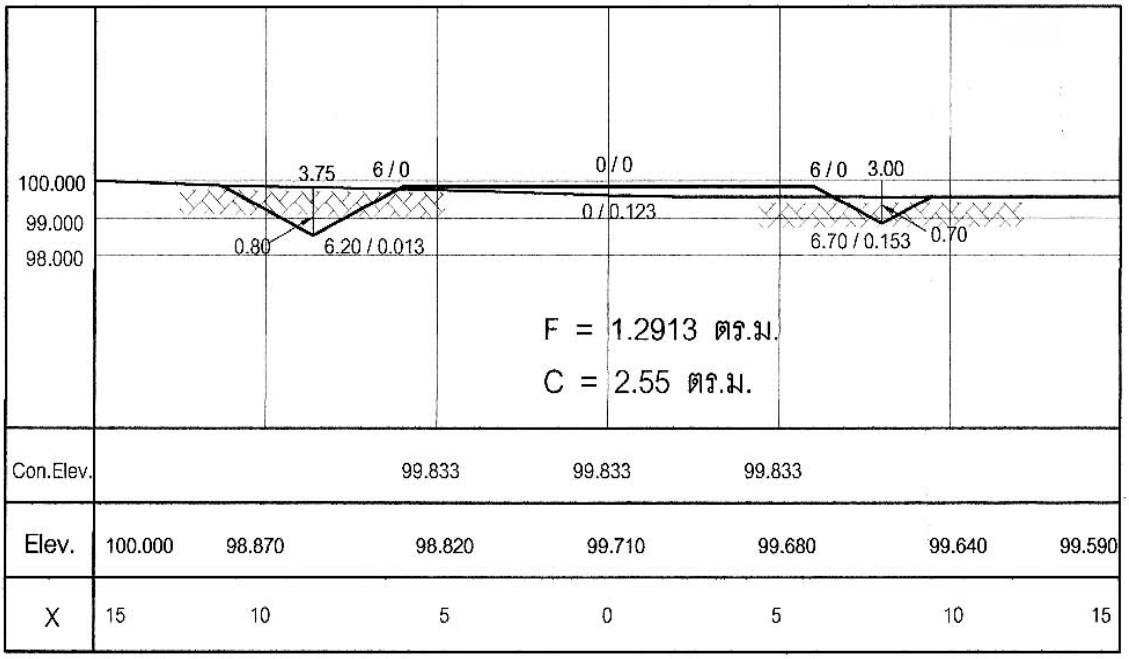
Con.Elev.			98.332	98.332	98.332		
Elev.	99.470	99.370	99.320	99.160	99.150	99.080	98.990
X	15	10	5	0	5	10	15

0+500



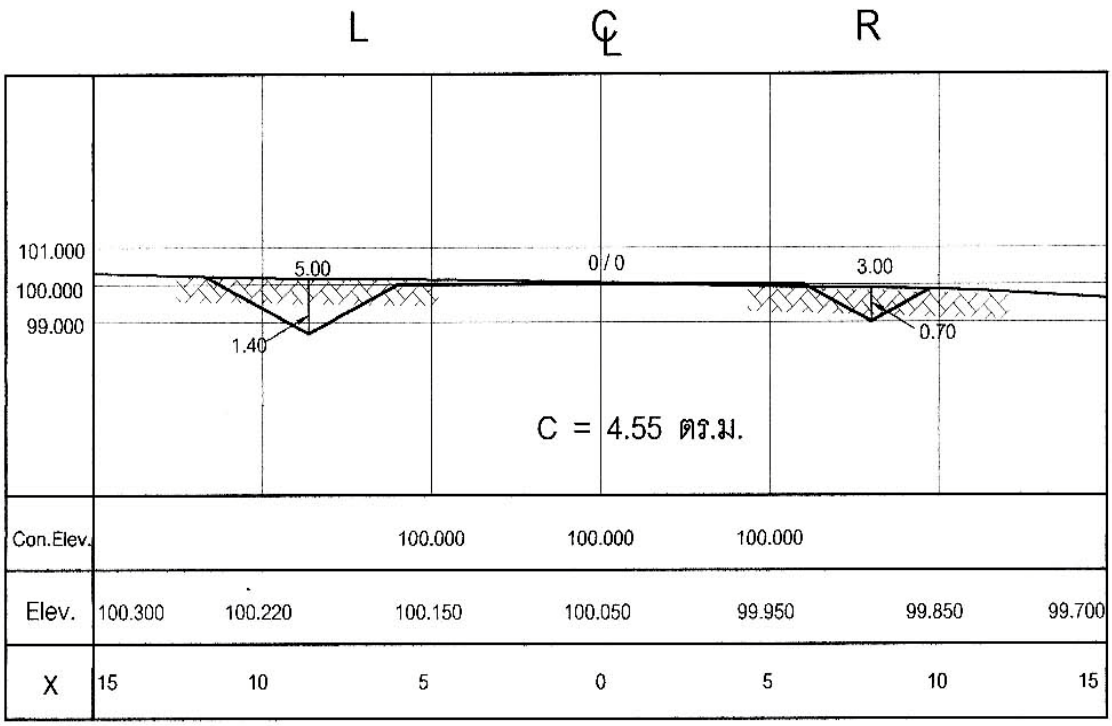
Con.Elev.			99.000	99.000	99.000		
Elev.	99.650	99.520	99.450	99.350	99.310	99.220	99.180
X	15	10	5	0	5	10	15

0+800



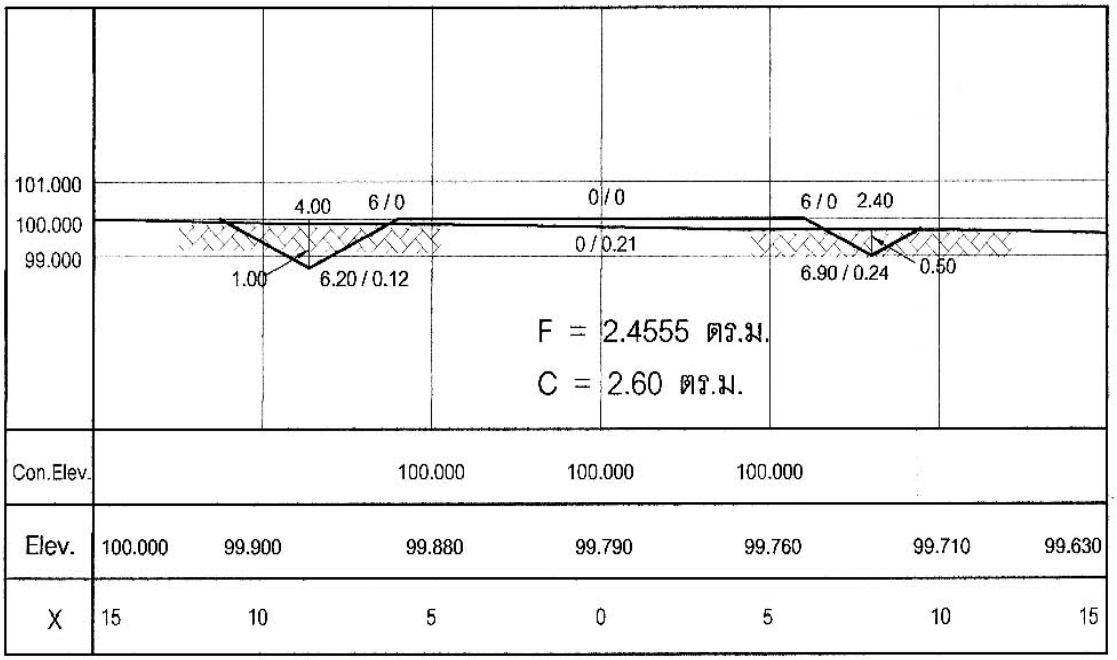
Con.Elev.			99.833	99.833	99.833		
Elev.	100.000	98.870	98.820	99.710	99.680	99.640	99.590
X	15	10	5	0	5	10	15

0+900



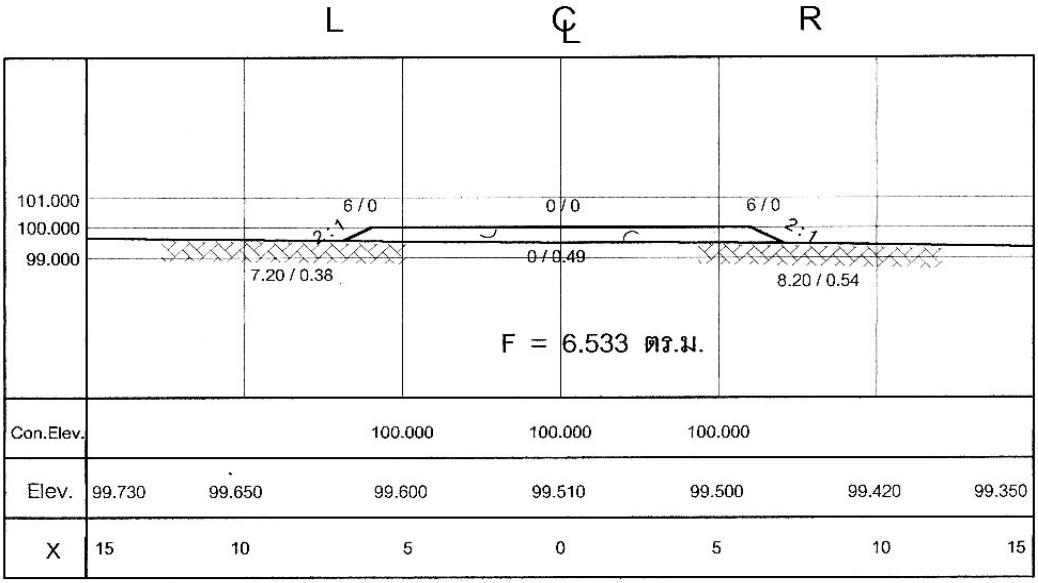
Con.Elev.			100.000	100.000	100.000		
Elev.	100.300	100.220	100.150	100.050	99.950	99.850	99.700
X	15	10	5	0	5	10	15

1+000



Con.Elev.			100.000	100.000	100.000		
Elev.	100.000	99.900	99.880	99.790	99.760	99.710	99.630
X	15	10	5	0	5	10	15

1+100



Con.Elev.			100.000	100.000	100.000		
Elev.	99.730	99.650	99.600	99.510	99.500	99.420	99.350
X	15	10	5	0	5	10	15

1+200

ข้อควรระวัง

1. ชั้น Subgrade เป็นชั้นงานดิน ยังไม่จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึง Crown slope
2. ค่าระดับก่อสร้างที่อยู่บน Vertical Cerve หากไม่ตรง Sta. ต้องคำนวณหาค่าระดับจากเส้น Grade Line ใหม่

ข้อเสนอแนะ

1. หากต้องการผลงานที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงควรขึ้นรูปหน้าตัดทุก Sta. ที่เปลี่ยนค่าระดับ และทุกๆ 25 ม.
2. การขึ้นรูปหน้าตัดให้รวดเร็ว อาจจะตัดกระดาษแข็งเป็นรูปหน้าตัดมาตรฐานแล้วนำไปทาบให้ตรงจุด Profile Grade ในแบบ Cross Section ก็จะขึ้นรูปได้เร็วขึ้น

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่** 14
หน่วยที่ 14	
เรื่อง การหาปริมาณงานดิน	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การขึ้นรูปหน้าตัดคันทาง ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
2. การเขียน Side Slope ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
3. การลงพิกัด X / Y รูปหน้าตัดที่ Sta. ต่างๆ ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
4. การคำนวณเนื้อที่หน้าตัด ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม
5. การคำนวณหาปริมาณงานดิน ☐ ใช้ได้ ☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง				**ใบงานที่ 14**	
หน่วยที่ 14 การหาปริมาณงานดิน					
เรื่อง การหาปริมาณงานดิน				**จำนวน 4 คาบ**	
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				**รวม**
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การนำค่าระดับก่อสร้างจากแบบ Profile มาลงที่หมายใน CROSS – SECTION ที่ Sta. ต่างๆ 5. การเขียนความกว้างของคันทาง 6. การเขียน Side Slope 7. การลงพิกัด X/Y ที่รูปหน้าตัดที่ Sta. ต่างๆ 8. การคำนวณเนื้อที่หน้าตัด 9. การคำนวณหาปริมาณงานดิน 10. การเขียนเนื้อที่หน้าตัดในแบบรูปตัดคันทาง					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 14

เรื่อง การหาปริมาณงานดิน

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 จากการรังวัดด้าน 3 ด้าน ขอแปลงที่ดิน ได้ดังนี้ คือ 30.50, 47.20 และ 50.40 ม. แปลงที่ดินนี้มีเนื้อที่เท่าไร

ก. 7.3.000 ม.^{2} ข. 703.027 ม.^{2}

ค. 703.207 ม.^{2} ง. 703.720 ม.^{2}

1.2 จากการรังวัดมุมทั้ง 3 ของรูปแปลงที่ดิน และวัดระยะเส้นฐาน 1 เส้น ได้ข้อมูลดังนี้คือ 47° , 52°, 81° ระยะ 36.20 ม. (ตรงข้ามมุม 81°) แปลงที่ดินนี้มีเนื้อที่เท่าไร

ก. 382.00 ม.^{2} ข. 382.23 ม.^{2}

ค. 382.32 ม.^{2} ง. 382.64 ม.^{2}

1.3 จากการรังวัดด้านสองด้าน และมุสมในระหว่างด้านทั้งสอง ได้ข้อมูลดังนี้คือ 75.20, 68.40 ม. และมุม 50° แปลงที่ดินนี้มีเนื้อที่เท่าไร

ก. 1970.14 ม.^{2} ข. 1970.40 ม.^{2}

ค. 3940.29 ม.^{2} ง. 3940.92 ม.^{2}

1.4 จากการรังวัดเส้นฐานและความสูงของแปลงที่ดิน ได้ข้อมูลดังนี้ คือ 70.40 และ 39.85 ม. ที่ดินแปลงนี้มีเนื้อที่เท่าไร

ก. 935.15 ม.^{2} ข. 935.51 ม.^{2}

ค. 1402.72 ม.^{2} ง. 2805.44 ม.^{2}

1.5 จากการรังวัดด้านคู่ขนานกันของรูปสี่เหลี่ยมรูปหนึ่ง ได้ 65 และ 70 ม. และเส้นทั้งสองห่างกัน 40 ม. ที่ดินแปลงนี้มีเนื้อที่เท่าไร

ก. 2600 ม.^{2} ข. 2700ม.^{2}

ค. 2800 ม.^{2} ง. 4550 ม.^{2}

1.6 คำนวณเนื้อที่ได้ 2000 ม.^{2} คิดเป็นเนื้อที่เป็นไร่ – งาน – ว้า คือข้อใด

ก. 1 ไร่ 0 งาน 0 ว้า ข. 1 ไร่ 0 งาน 5 ว้า

ค. 1 ไร่ 0 งาน 80 ว้า ง. 1 ไร่ 1 งาน 0 ว้า

1.7 การหาเนื้อที่ได้โดยการลาก Tracing Point ไปตามขอบเขตของพื้นที่โดยเริ่มต้นตามเข็มนาฬิกาแล้วเข้ามาบรรจบที่หมุดเดิมเป็นการหาเนื้อที่โดยวิธีใด

ก. วิธีการสอบแสเนื้อที่ ข. การใช้เครื่องมือ Planimeter

ค. วิธีปริซึม ง. Borrow Pit

1.8 จากพิกัด $\frac{x}{y}$ ของรูปแปลงที่ดิน $\frac{0}{0}$, $\frac{0}{1}$, $\frac{5}{1.2}$, $\frac{6}{1.4}$ ที่ดินแปลงนี้มีเนื้อที่เท่าใด

ก. 2.6 ม.^{2} ข. 5.2 ม.^{2}

ค. 7.0 ม.^{2} ง. 12.2 ม.^{2}

1.9 Sta. 0+000 มีหน้าตัด 4.0913 ม.^{2} (C) Sta. 0+025 มีหน้าตัด 5.100 ม.^{2} (F) , 3.784 (C) ช่วงระหว่าง Sta.นี้ มีปริมาณดินถม (F) เท่าใด

ก. 63.75 ม.^{2} ข. 98.414 ม.^{2}

ค. 127.5 ม.^{2} ง. 196.828 ม.^{2}

1.10 จากข้อ 1.9 ช่วงระหว่าง Sta. นี้มีปริมาณดินตัด (C) เท่าใด

ก. 63.75 ม.^{2} ข. 98.414 ม.^{2}

ค. 127.5 ม.^{2} ง. 196.828 ม.^{2}

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 การหาเนื้อที่เมื่อรู้ด้านสามด้านของรูปสามเหลี่ยม หาโดย

.....

.....

.....

2.2 การหาเนื้อที่ด้วยระบบพิกัดฉาก หาได้โดย

.....

.....

.....

2.3 วิธีการสอบแสเนื้อที่ หาโดย

.....

.....

.....

2.4 การหาปริมาตร โดยวิธีพื้นที่หัวท้ายเฉลี่ย หาได้โดย

.....

.....

.....

2.5 การหาปริมาตร โดยวิธีปริซึม หาได้โดย

.....

.....

.....

2.6 การหาปริมาตรของบ่อยืม มีจุดประสงค์เพื่อ

.....

.....

.....

2.7 การหาปริมาตรบ่อยืมโดยคิดเนื้อที่ฐานรูปสามเหลี่ยมต่างกับเนื้อที่ฐานรูปสี่เหลี่ยม คือ

.....

.....

.....

2.8 8 % การเกิดการพองตัวของดินชนิดต่างๆ เช่น

.....

.....

.....

.....

2.9 การขึ้นรูปหน้าตัดคันทาง ทำโดย

.....

.....

.....

.....

2.10 Side Slope 2 : 1 มีวิธีการเขียนดังนี้ คือ

.....

.....

.....

หน่วยที่ 15
การเคลื่อนย้ายมวลดิน
(MASS HAUL DIAGRAM)

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 15.1 การเคลื่อนย้ายมวลดิน

เรื่องที่ 15.2 ใบงานการเคลื่อนย้ายมวลดิน

สาระสำคัญ

1. งานทางในชั้น Subgrade จะเกี่ยวข้องกับงานดินตัก ดินถม ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวางแผนงานที่ดีเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายมวลดินที่ตัดออก และการนำดินเข้ามาถม หากมีการวางแผนงานที่ดีแล้ว จะช่วยให้ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย เกี่ยวกับงานดินเป็นอย่างมาก
2. ในการฝึกปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญและประสบการณ์ในการเคลื่อนย้ายมวลดิน การเขียนกราฟมวลดินการคำนวณค่าขนย้ายมวลดิน

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

1. บอกวิธีการเคลื่อนย้ายมวลดินได้
2. เขียนกราฟมวลดินและพิจารณาลักษณะของกราฟมวลดินได้
3. คำนวณค่าขนย้ายมวลดินได้
4. นำวิธีการเคลื่อนย้ายมวลดินไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 15.1
การเคลื่อนย้ายมวลดิน (Mass Haul Diagram)

ในการเลือกระดับก่อสร้างของถนน ควรจะเลือกเส้นที่ทำให้มีงานดินน้อยที่สุดนั่นคือมีงานขุดและงานถมต้องพอดี และระยะที่ขนย้ายดินที่ขุดขึ้นมาไปถมต้องไม่ยาวเกินไปนัก

แต่ในทางปฏิบัติมีองค์ประกอบหลายอย่างในการออกแบบระดับก่อสร้างของถนน เช่นอาจจะต้องทำระดับหลังถนนให้สูงเพื่อไม่ให้น้ำท่วมถนนในฤดูน้ำหลาก เป็นต้น

Mass – Haul Diagram ซึ่งประกอบการออกแบบหาเส้นระดับก่อสร้างและในการขนย้ายดินในการก่อสร้างถนน

งานที่เกี่ยวกับงานดินมีอยู่ด้วยกัน 3 อย่างคือ งานขุด งานขนย้ายดินและงานถมค่าขุดดินและค่าถมดินจะขึ้นอยู่กับปริมาตรของดิน แต่ค่าขนย้ายดินขึ้นอยู่กับระยะทางของถนนการขนย้ายดินในระยะทางสั้น ๆ ค่าขนย้ายดินมักจะเป็นค่าใช้จ่ายที่รวมอยู่ในค่าขุดดินด้วย ระยะทางที่ ค่าขนย้ายดินคิดรวมอยู่ในค่าขุดนี้ เรียกว่า Free Haul แต่ถ้างานขุดขนย้ายดินที่เกินระยะนี้เรียกว่า ระยะที่ที่ขนเกินระยะนี้เรียกว่า Over Haul ซึ่งจะต้องคิดค่าใช้จ่ายในการขนย้ายด้วย

ระยะ Free Haul อาจจะเป็น 150 เมตร จนถึง 300 เมตร ถ้าใช้เครื่องจักร Heavyearth Moving Plan ในการขนย้ายดิน ระยะ Free Haul อาจจะยาวถึง 1 กิโลเมตร หรือ 3 กิโลเมตรก็ได้

องค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งที่จะต้องนำมาคิดคือ การพองตัวและการยุบตัวของดิน ปริมาตรของดินเมื่อขุดออกมาแล้วจะมากกว่าปริมาตรที่มีอยู่ในพื้นดิน และปริมาตรจะลดลงอีกเมื่อถูกบดอัด (Compact)

ตารางที่ 15.1.1 แสดงปริมาตรของวัสดุก่อสร้างชนิดต่าง ๆ ภายหลังการขุดขึ้นมา และภายหลังการบดอัดโดยปริมาตรเดิมก่อนขุดเท่ากับ 1

	Volume after excuxation	Volume after Copation
Rock	1.70	1.35
Chalk	1.80	1.40
Clay	1.20	0.90
Light Sandy Soil	0.95	0.89
Gravel	1.00	0.92
Volume in excavation = 1.00		

ในบางครั้งการหาปริมาตรดินถม จะต้องคิดถึงการทรุดตัวของพื้นดินเดิมด้วย ซึ่งในบางแห่งอาจจะมีการทรุดตัวเป็นเมตร ๆ

การคำนวณ Mass - Haul Diagram จะแสดงด้วยตัวอย่างต่อไปนี้

1. เมื่อคำนวณหาปริมาตรของดินถม และดินขุดได้แล้ว (จากสูตร End Area) และเมื่อนำปริมาตรนี้มาคำนวณ Mass Diagram จะต้องคิดการหดตัว (Shrinkage) ของดินถม เมื่อถูกบดอัดด้วย ในที่นี้ให้เท่ากับ 10 % ดังนั้นปริมาตรของดินถมที่จะต้องใช้จึงต้องคูณด้วย 1.1
2. รวมปริมาตรของดิน ตัด (Cut) และ ถม (Fill) เข้าด้วยกันโดยเริ่มตั้งแต่ Sta. 0+000 (ดูช่อง Accumulative Mass) โดยให้ปริมาตรดินขุด (Cut) เป็นบวก และปริมาตรดินถม (fill) เป็นลบ
3. ลงที่หมายระดับดับตามยาวของพื้นดินและของถนน (Grade Line)
4. ใช้มาตราส่วนทางแนวนอนเท่ากัน (ซึ่งแทนระยะทาง) กับการลงที่หมาย Mass Haul Curve โดยใช้ระยะทางเป็นแกนนอนและ Accumulative Mass เป็นแกนตั้ง

Sta.	Cut	Fill (10%)	Accumulative Mass
0+000	-	-	-
0+100		183.5	-183.5
0+200		622.2	-805.7
0+300		1034.7	-1840.4
0+400		1268.2	-3108.6
0+500		1231.5	-4304.1
0+600		919.1	-5295.2
0+700		502.8	-5762.0
0+800	20.6	163.6	-5905.0
0+900	190.2	12.0	-5726.8
1+000	615.7		-5111.1
1+100	941.5		-4169.6
1+200	1150.0		-3019.6
1+300	1500.0		-1519.6
1+400	1772.7		+253.1
1+500	1754.6		+2007.7
1+600	1504.4		+3548.1
1+700	1261.3		+4810.4

Sta.	Cut	Fill (10%)	Accumulative Mass
1+800	931.8		+5742.2
1+900	546.5		+6288.7
2+000	203.1	30.6	+6461.2
2+100	101.0	278.5	+6283.7
2+200	18.0	586.2	+5715.5
2+300		1005.3	+4710.2
2+400		1377.4	+3332.8
2+500		1676.0	+1656.8
2+600		1860.3	-203.5
2+700		1971.4	-2120.6
2+800		1893.0	-3959.6
2+900		1611.2	-5570.8
3+000		1338.2	-6909.2
3+100		1002.9	-7911.9
3+200		652.7	-8564.6
3+300		357.2	-8921.8
3+400	39.2	150.0	-9032.6
3+500	235.8	51.8	-8848.6
3+600	465.2		-8383.4
3+700	711.5		-7671.9
3+800	904.4		-6767.5
3+900	904.4		-5863.1
4+000	757.0		-8106.1
4+100	516.5		-4589.6
4+200	280.2	90.4	-4399.8
4+300	126.7	316.1	-4589.2
4+400	98.4	640.0	-5130.8
4+500	20.0	770.6	-5881.4
4+600		7890.0	-6670.4

การพิจารณา Mass Diagram จะพบว่ามีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เส้นกราฟขึ้นแสดงถึงการขุด และเส้นกราฟที่เอียงลงแสดงถึงบริเวณดินถม
2. จุดสูงสุดและต่ำสุดของ Mass Curveจะตรงกับจุดที่ Grade line ตัดกับ Profileของพื้นดิน
3. ถ้าลากเส้นในแนวนอนตัด Mass Curve (เช่น BC ; DE) งานดินถมและขุดระหว่าง Station ที่เป็นจุดตัดนี้จะเท่ากัน และเส้นในแนวนอนนี้เรียกว่า Balance line
4. เส้นกราฟที่อยู่ต่ำกว่าเส้น Base Line (เส้น 0) แสดงว่าช่วงนั้นจะต้องขนดินจากทางขวาถมทางซ้าย ถ้าเส้นกราฟอยู่เหนือเส้นBaseline แสดงว่าในช่วงนั้นจะต้องขนดินจากซ้ายไปขวา

เนื่องจาก Ordinate ที่จุดใด ๆ คือผลรวมของงานดินขุดและถมตั้งแต่จุดเริ่มต้น ดังนั้นตำแหน่งของOrdinate ขึ้นกับ Ordinate ของจุดเริ่มต้น เช่นถ้าเริ่มคิด Mass diagram ตั้งแต่จุด B ดังนั้น Ordinate ที่ B จะเป็น 0

หลังจากการ Plot Mass Diagram แล้ว สิ่งที่จะทำต่อคือการลากเส้น Balance line (เส้น BC;DE) งานดินภายในช่อง Balance Line จะสมดุลย์ นั่นคือดินที่ขุดออกจะไปทำคันถนนได้พอดี แต่ช่วงบริเวณที่อยู่ระหว่าง Balance Line 2 อัน เช่นระหว่าง CD หรือ EF จะไม่สมดุลย์ จะต้องขุดดินไปทิ้ง หรือเอาดินจากบ่อยืมภายนอกมถม

ระยะหรือความยาวของเส้น Balance Line และตำแหน่งที่จะลาก ขึ้นอยู่กับค่าขนค่าขุดและบริเวณที่สามารถหาดินภายนอกมาถมได้ หรือบริเวณที่จะนำดินไปทิ้งโดยไม่ต้องขนดินไปถม เป็นระยะทางไกล ๆ (ไม่เกิน Free Haul) ระยะของ Balance Line ไม่ควรไกลจนทำให้ค่าขนดินเกินค่าขุดดิน ดังนั้น Balance Line ที่ยาวที่สุดจะทำให้ค่าขนดิ่นเท่ากับค่าขุดดินพอดี (เพราะถ้ายาวกว่านี้ แทนที่จะขนมาถม ถ้าขุดเอาในบริเวณนั้น หรือเอาดินข้างทางมาถมจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า)

ตัวอย่าง สมมติค่าขุดดินรวมทั้งค่าขนย้ายดินในระยะไม่เกิน 300 ม.เป็นเงิน 50 บาท/$ม^3$ ถ้าขนย้ายดินเกินระยะนี้จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น 8 บาท/$ม^3$ /100 ม.

ดังนั้นระยะที่ยาวที่สุดที่ขนย้ายดินไปถมได้อย่างประหยัด = 300 + (8*100)

= 1100 ม.

ซึ่งในระยะทาง 1100 ม. จะเสียค่าใช้จ่าย = 50+58

= 108 บาท / $ม^3$

ซึ่งถ้าจะต้องขนย้ายดินไปไกลกว่านี้ ค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะแพงกว่าการขุดดินบริเวณอื่น (ไม่เกิน 300 เมตร) มาถม เพราะจะเสียค่าใช้จ่ายเพียง 108 บาท / 3 ม. (ขุดสองครั้ง คือขุดทิ้ง หนึ่งครั้ง และขุดมาถมอีกหนึ่งครั้ง)

การดำเนินค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับงานดินแสดงไว้ในรูป โดยลากเส้น 2 เส้น ในแนวระดับเส้นหนึ่งยาว 300 เมตร (ระยะ Free Haul) อีกเส้นหนึ่งยาว 1100 เมตร (ระยะที่ยาวที่สุดที่ยังขนดินขุดไปถมได้อย่างประหยัด)

จากรูปจะเห็นว่า ถึงแม้ว่าตั้งแต่ Sta.0+000 ถึง Sta.1+300 งานดินจะสมดุลย์แต่ไม่เป็นการประหยัดที่จะดันดินที่ขุดได้มาถมในช่วงนี้ตั้งแต่ Sta.0+000 ถึง Sta.0+100 ซึ่งเอาดินจาก ภายนอก (900 เมตร) มาถมจะถูกกว่า

ค่าใช้จ่ายในการขุดมาถม = 900*50

= 45000 บาท

เส้น Free Haul ตัด Mass Haul ที่ Sta.0+500 ถึง Sta.0+800 งานดินในช่วงนี้ ที่จะต้องขุดคือ ตั้งแต่ Sta.0+650 ถึง Sta.0+800 = 1200 ม. ซึ่งจะต้องนำมาถมทำดันทางตั้งแต่ Sta.0+500 ถึง Sta.0+650 ได้พอดี

ค่าใช้จ่ายในการขุดขนดินช่วงนี้ = 1200*50

= 60000 บาท

เส้น Balance Line ที่ยาว 1100 ม. ตัด Curve ตั้งแต่ Sta. 0+100 ถึง Sta. 1+200 ปริมาตรดินที่ขุดมาตั้งแต่ Sta. 0+800 ถึง Sta. 1+200 = 3800 ม. ซึ่งจะถูกดันไปถมทางระหว่าง Sta.0+100 ถึง Sta. 0+500ได้พอดี

การคิดค่าขนย้ายดินในช่วงนี้คิดโดยหาระยะ Over Haul เฉลี่ย โดยวิธี Center of Mass โดยการลากเส้นแนวระดับกึ่งกลางระหว่างเส้น Free Haul กับเส้น Balance line ซึ่งในที่นี้ตัด Mass Diagram ที่ Sta. 0+300 กับ Sta. 1+000

ดังนั้นระยะที่จะต้องไถดินขุดไปถมโดยเฉลี่ย = 1000-300

= 700 ม.

ระยะ Over Haul = 700-300

= 400 ม.

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการขุดและการขนย้ายดิน ระหว่าง Sta. 0+800 ถึง Sta. 1+200 จะเป็น

- ค่าขนย้ายดินในระยะ 300 ม. = 3800 * 50

= 190000 บาท

- ค่าขนย้ายดินในระยะ 400 ม. = 3800 * 400/100 * 8

= 121600 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นในช่วงนี้ = 190000 + 121600

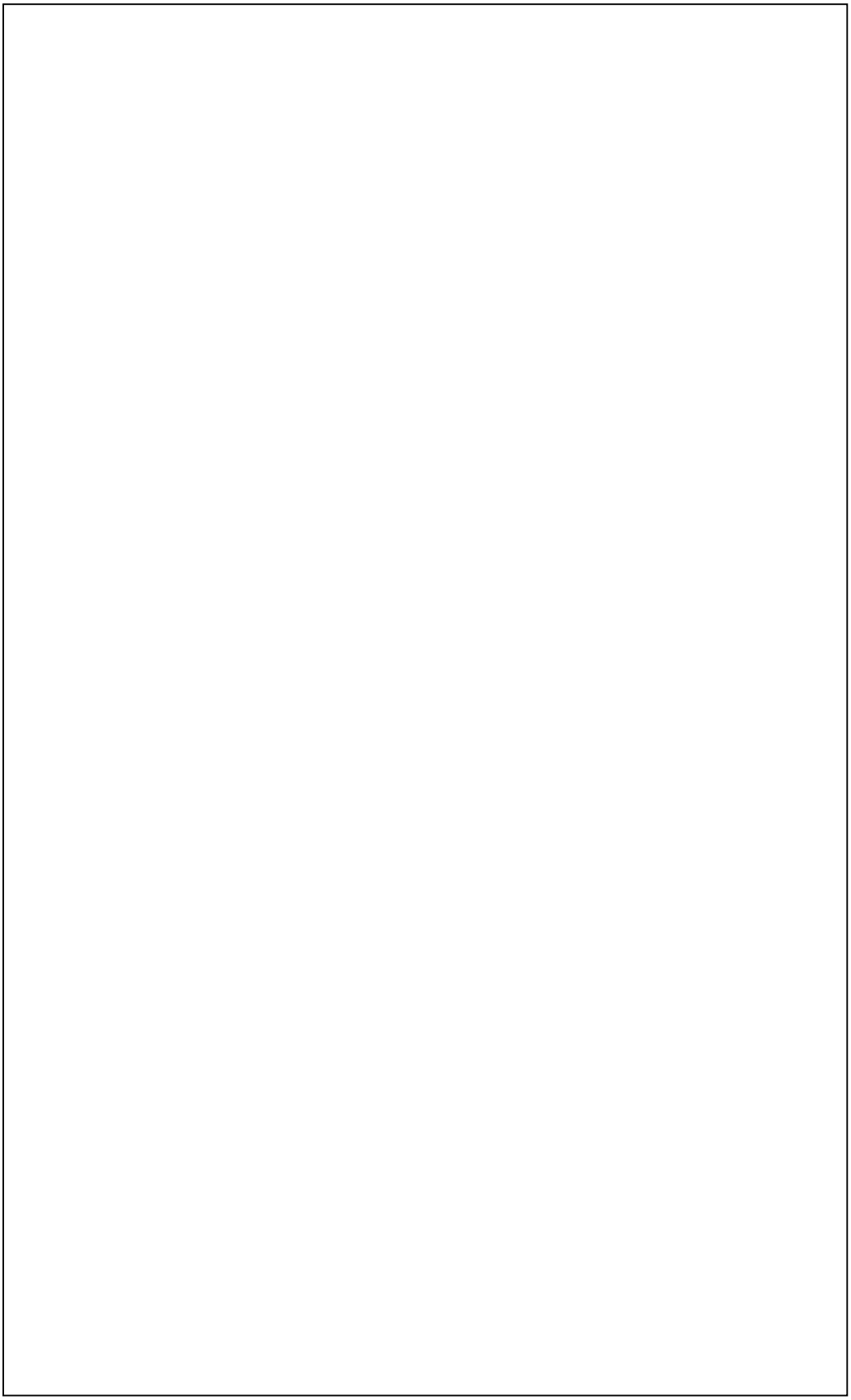
= 311600 บาท

ในการคิดค่าใช้จ่ายในช่วงต่อ ๆ ไปก็กระทำเช่นเดียวกัน

จะเห็นได้ว่า Mass Diagram มีประโยชน์อย่างมากในการออกแบบหา Grade line ขุดดินที่ไหน และขนย้ายไปในการก่อสร้างถนนจาก Mass Diagram จะสามารถทราบได้ทันทีเลยว่า จะเริ่มขุดดินที่ไหน และขนย้ายไปในทิศทางได บริเวณใดบ้างที่จะต้องนำดินภายนอกมาถม หรือบริเวณใดบ้างที่จะต้องขุดไปทิ้ง เพื่อประกอบในการวางแผนในการบริหารงานดินและในการ ออกแบบถนน จึงเป็นหน้าที่ของผู้สำรวจในระหว่างการทำ Reconnaissance Survey หรือในการทำ Preliminary Survey ต้องจดบันทึกแหล่งวัสดุ แหล่งที่สามารถนำดินไปทิ้งได้

พื้นที่ระหว่างเส้น Balance Line กับ Mass Curve จะเป็นเครื่องชี้ถึงปริมาณงานดิน ถ้าพื้นที่น้อย งานดินที่จะต้องทำก็น้อยลง ซึ่งค่าใช้จ่ายก็จะน้อยลงด้วย ถ้า Balance line สองเส้นสามารถเขียนติดต่อกันได้ (BC กับ DE) จะพบว่างานดินน้อยที่สุดเมื่อเส้นทั้งสองยางเท่ากัน

PROFILE



เรื่องที่ 15.2	**ใบงานที่** 15
วิชา การสำรวจเส้นทาง **ชื่อหน่วย** การเคลื่อนย้ายมวลดิน	**หน่วยที่** 15 **สอนครั้งที่** 19 **จำนวนคาบรวม** 76
ชื่องาน การเคลื่อนย้ายมวลดิน	**จำนวนคาบ** 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถเขียนกราฟมวลดิน และพิจารณาลักษณะของกราฟมวลดินได้
2. สามารถคำนวณค่าขนย้ายมวลดินได้
3. สามารถนำวิธการเคลื่อนย้ายมวลดิน ไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. แบบระดับตามขวางและรายการคำนวณหาปริมาณงานดิน (จากใบงานที่ 14)
2. แบบระดับความยาวและระดับก่อสร้าง (จากใบงานที่ 13)
3. กระดาษกราฟ
4. เครื่องคำนวณ
5. อุปกรณ์เครื่องเขียน

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. จากรายการคำนวณปริมาณงานดิน ตามใบงานที่ 14 หาปริมาตรของดินถมและดินขุด (จากสูตร Ended Area) เมื่อนำปริมาตรนี้มาคำนวณ Mass Diagram จะต้องคิดการหดตัวของดินถมเมื่อถูกบดอัดด้วย ในที่นี่ให้เท่ากับ 20% ดังนั้นปริมาตรของดินถมที่จะต้องใช้จึงต้องคูณ 1.20
2. รวมปริมาตรของดินตัดและถมเข้าด้วยกัน โดยเริ่มตั้งแต่ Sta 0+000 (ดูช่อง Accumulative Mass) โดยให้ปริมาตรดินขุด เป็นบวกและปริมาตรดินถมเป็นลบ
3. ลงที่หมายระดับตามยาวของพื้นดินและระดับก่อสร้าง
4. ใช้มาตราส่วนทางแนวนอนเท่ากันกับการลงที่หมายระดับตามยาว โดยใช้ระยะทางเป็นแกนนอนและ Accumulative Mass เป็นแกนตั้ง

Sta.	Cut (m2)	Fill (20%)	Accumulative Mass
0+000	-	-	-
0+100	-	1663.2	-1663.2
0+200	-	2066.2	-3729.4
0+300	-	1772.7	-5502.1
0+400	190	623.6	-5935.7
0+500	835.57	-	-5100.1
0+600	1506.5	-	-3593.6
0+700	1433.1	-	-2160.5
0+800	818.7	-	-1341.8
0+900	374.0	77.5	-1045.3
1+000	355.0	77.5	767.8
1+100	357.5	147.3	557.6
1+200	130.0	539.3	966.9

5. ลากเส้นในแนวนอน สมมติคค่าขุดดินรวมทั้งค่าขนย้ายดินในระยะไม่เกิน 300 ม. เป็นเงิน 50 บาท /ม.^{3} ถ้าขนย้ายดินเกินระยะนี้จะต้องเสียค่าใช้จ่าย 3 บาท / ม.^{3} /100 ม.

∴ ระยะยาวที่สุดที่ขนย้ายดินไปถมได้อย่างประหยัด

= 300 + (3*100)

= 600 ม.

ซึ่งในระยะทาง 600 ม. จะเสียค่าใช้จ่าย = 50 + 53 = 103 บาท/ม.^{3}

∴ ลากเส้นในแนวนอน xy ความยาว 300 ม. ตัด Mass Curve และเส้นในแนวนอน BC ความยาว 600 ม.

6. ลากเส้นดิ่งที่ปลาย X,Y,B,C ขึ้นไปตัดกับเส้นระดับความยาว จะพบว่า

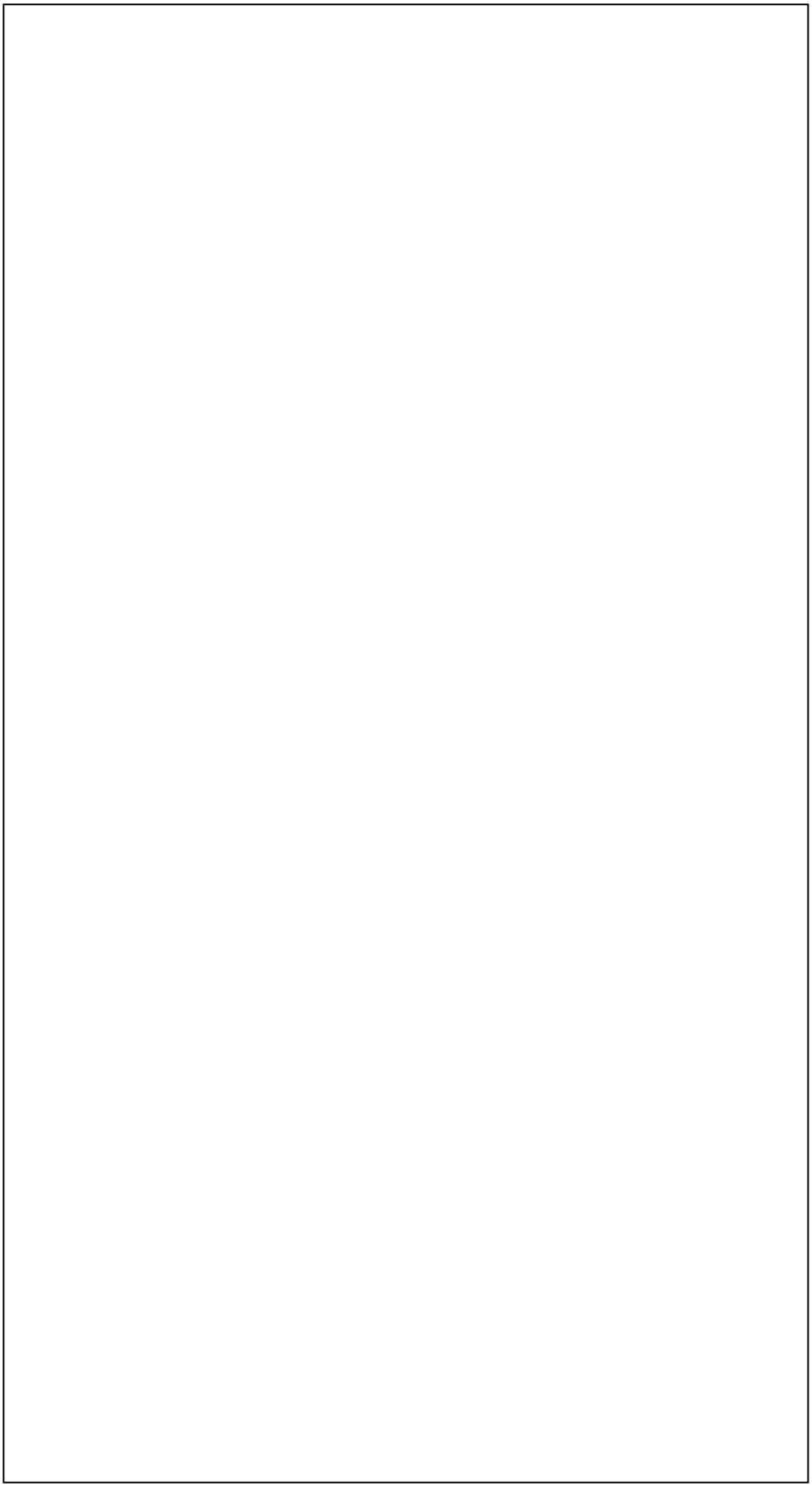
- ระยะ Free Haul ตั้งแต่ Sta. 0+250 – 0+550 เป็นงานดินตัด ตั้งแต่ Sta. 0+425 +0550 และเป็นงานดินถมตั้งแต่ Sta 0+250 0+425 เป็นงานดินทั้งหมด 1900 ม.^{3} (ดูจากกราฟ BC ตัดกับค่าปริมาณงานดินด้ายซ้ายมือ)

- ระยะ Over Haul ที่เป็นดินตัด ตั้งแต่ Sta 0+550-0+725 และเป็นงานดินถม ตั้งแต่ Sta 0+125-0+250 เป็นงานดิน ทั้งหมด 3200 ม.^{3} ที่ต้อง ขนย้าย (ดูจากกราฟ XY ตัดกับค่าปริมาณงานดินด้ายซ้ายมือ)

- ระยะตั้งแต่ Sta 0+000-0+125 ต้องนำดินมาถมโดยใช้ดินถมจากบ่อยืม (Borrow Pit)

- ระยะตั้งแต่ Sta 0+725-0+900 เป็นงานดินตัดต้องนำไปทิ้ง (Waste) หากนำไปถมที่ Sta 0+000-0+125 จะเป็นการขนย้ายที่ระยะทางไกลเกินไปเป็นการไม่ประหยัด

PROFILE



7. คำนวณประมาณราคาค่าใช้จ่าย

- Borrow Pit จาก Sta. 0+000-0+125 คิดงานดินจาก Mass Curve เท่ากับ 1900 ม.^{3}

∴ ค่าใช้จ่ายในการขุดดินมาถม

- ช่วง Free Haul ตั้งแต่ Sta. 0+125-0+550 เป็นงานดินขุด ตั้งแต่ Sta. 0 + 425 - 0 + 550 และเป็นงานดินถม ตั้งแต่ Sta. 0+250-0+425 จำนวน 1900 ม.^{3}

∴ ค่าใช้จ่ายในการขุดขนย้ายดินช่วงนี้ = 1900*50

= 95,000 บาท

ช่วง Over Haul ระยะที่ต้องไถดินขุดไปถมไปถมโดยเฉลี่ย

= 0+725-0+125

= 600 ม.

∴ ระยะ Over Haul = 600-300

= 300 ม.

∴ ค่าขนย้ายดินในช่วงนี้ = 3200*300/100*3

= 28,800

- รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นในช่วงนี้ = 95,00+95,000+28,800

= 218,800 บาท

8. หากมีงานดินที่ต้องขุดทิ้งจำนวนมาก อาจจะกำหนดระดับก่อสร้างใหม่ เพื่อวางแผนการเคลื่อนย้ายมวลดินไปพร้อมกันเลยก็ได้

ข้อควรระวัง

1. การเขียน Mass Curve ต้องระมัดระวังการใช้มาตราส่วนให้ดี เพราะ Mass Curve สามารถหาปริมาณงานดินได้จากกราฟ

2. การคิดการหดตัวของดินเมื่อถูกบดอัด จะต้องศึกษาลักษณะของดินให้ดีก่อนว่าจะใช้กี่เปอร์เซนต์ เพราะจะทำให้ปริมาตรของดินที่ใช้ถมเปลี่ยนแปลงไป

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ข้อมูลระยะ Free Haul, Over Haul ราคาค่าขนย้าย ควรสอบถามข้อมูลปัจจุบันจากผู้รับเหมางานดินหรือกรมทางหลวง เป็นต้น

2. ต้องระมัดระวังการเปลี่ยนระดับก่อสร้างใหม่ เพื่อให้ประหยัดงานดินจะต้องคำนึงถึงระดับน้ำท่วมถึงและระดับท่อลอดด้วย

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 15**
หน่วยที่ 15 การเคลื่อนย้ายมวลดิน	
เรื่อง การเคลื่อนย้ายมวลดิน	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การลงที่หมาย Mass Haul Curve	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
2. การกำหนดระยะ Free Haul	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
3. การกำหนดระยะ Over Haul	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
4. การแปลความหมาย Mass Haul Curve	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
5. การประมาณราคาค่าขนย้าย	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง			**ใบงานที่ 15**		
หน่วยที่ 15 การเคลื่อนย้ายมวลดิน					
เรื่อง การเคลื่อนย้ายมวลดิน			**จำนวน 4 คาบ**		
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				รวม
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การนำข้อมูลรายการคำนวณและแบบระดับตามขวางหาปริมาณงานดิน 5. การนำแบบระดับ ระดับตามยาวและระดับก่อสร้างมาใช้ในงาน 6. การลงที่หมาย Mass Haul Curve 7. การกำหนดระยะ Free Haul 8. การกำหนดระยะ Over Haul 9. การแปลความหมาย Mass Haul Curve 10. การประมาณราคาค่าขนย้าย					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 15

เรื่อง การเคลื่อนย้ายมวลดิน

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 การขนย้ายดินในระยะทางสั้นๆ ระยะทางค่าขนย้ายดินคิดรวมในค่าขุด ระยะนี้เรียกว่าอะไร

ก. Over Haul ข. Free Haul

ค. Mass Diagram ง. Borrow Pit

1.2 ระยะการขุดและการขนย้ายดิน ที่ต้องคิดค่าใช้จ่ายในการขนย้าย ระยะนี้เรียกว่าอะไร

ก. Over Haul ข. Free Haul

ค. Mass Diagram ง. Borrow Pit

1.3 เส้นในแนวนอนที่ตัด Mass Curve ทำให้งานดินถมและดินขุดเท่ากัน เรียกเส้นในแนวนอนนี้ว่าอะไร

ก. Over Haul ข. Free Haul

ค. Balance Line ง. Base Line

1.4 Borrow Pit จะถูกใช้ในกรณีใด

. ระยะที่เกิน Over Haul ที่เป็นดินถม

. ระยะที่เกิน Over Haul ที่เป็นดินตัด

. ระยะที่อยู่ในช่วง Over Haul ที่เป็นดินถม

. ระยะที่อยู่ในช่วง Over Haul ที่เป็นดินตัด

1.5 ปริมาตรของวัสดุชนิดใด เมื่อขุดแล้วปริมาตรลดลง

ก. หิน ข. ดินเหนียว

ค. กรวด ง. ทราย

1.6 ปริมาตรของวัสดุชนิดใด เมื่อขุดแล้วปริมาตรเพิ่มมากที่สุด

. Rock ข. Chalk

ค. Clay ง. Gravel

1.7 ปริมาตรของวัสดุชนิดใด เมื่อบดอัดแล้วจะเหลือปริมาตรน้อยที่สุด

. Rock ข. Chalk

ค. Clay ง. Gravel

1.8 พื้นที่ระหว่าง Balance Line กับ Mass Curve ถ้ามีพื้นที่น้อยหมายความว่าอย่างไร

ก. งานดินมีน้อย ข. งานดินมีมาก

ค. ค่าใช้จ่ายน้อย ง. ค่าใช้จ่ายสูงมาก

1.9 ถ้าเส้น Balance Line สองเส้นระหว่างดินตัดกับดินถม เขียนติดต่อกันได้งานดินจะน้อยที่สุดเมื่อใด

ก. เส้นทั้งสองอยู่ในระดับเดียวกัน
ข. เส้นทั้งสองตั้งฉากกัน
ค. เส้นทั้งสองขนานกัน
ง. เส้นทั้งสองยาวเท่ากัน

1.10หากคำนวณหางานดินถมได้ 2000 ม. คิดการหดตัวเมื่อถูก Compact เท่ากับ 30% จะต้องใช้ดินถมเท่าไร

ก. 1400 ม.
ข. 2030 ม.
ค. 2300 ม.
ง. 2600 ม.

2. จงเติมคำลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 การกำหนดระดับก่อสร้างของถนน ควรคำนึงถึง.....
.....
.....

2.2 งานที่เกี่ยวข้องกับงานดิน มีดังนี้คือ.....
.....
.....

2.3 Free Haul หมายถึง.....
.....
.....

2.4 Over Haul หมายถึง.....
.....
.....

2.5 การพองตัวของดิน เกิดขึ้นจาก.....
.....
.....

2.6 การยุบตัวของดิน เกิดขึ้นจาก.....
.....
.....

2.7 Accumulative Mass หมายถึง.....
.....
.....

2.8 Balance line หมายถึง.....

.....

.....

2.9 ลักษณะของ Mass Diagram.....

.....

.....

2.10 พื้นที่ระหว่าง Balance line กับ Mass Curve แสดงถึง.....

.....

.....

หน่วยที่ 16
การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง

หัวข้อเรื่อง

เรื่องที่ 16.1 การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง

เรื่องที่ 16.2 ใบงานการตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง

สาระสำคัญ

1. การก่อสร้างทาง เมื่อมีการสำรวจเส้นทาง ออกแบบเส้นทางคำนวณงานดิน และเขียนแบบเส้นทางแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการสำรวจเพื่อการก่อสร้างทางให้เป็นไปตามรูปแบบ โดยการกำหนดตำแหน่งหลักศูนย์กลางทาง, หลักไหล่ทาง, หลักเขตคันทาง, หลักเขตทาง, หลักหมายพยาน และหลักระดับก่อสร้าง เป็นต้น

2. ในการฝึกปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญ และประสบการณ์ในการกำหนดตำแหน่งในสนาม ให้ตำแหน่งและทิศทางเป็นไปตามรูปแบบ การใช้ค่าระดับ BM ตามรายทางมากำหนดระดับหลักก่อสร้าง เพื่อให้ระดับของชั้นทางเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด

จุดประสงค์การเรียนการสอน (สมรรถนะการเรียนรู้)

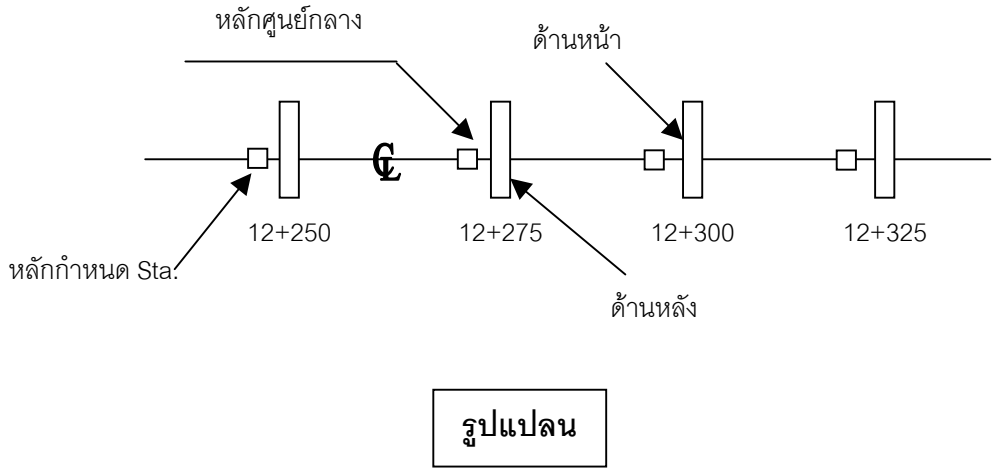
1. บอกวิธีการกำหนดตำแหน่งหลักต่างๆ ในการก่อสร้างทางและการให้ระดับหลักชั้นทางได้
2. กำหนดตำแหน่งและให้ระดับหลักได้
3. ตรวจสอบตำแหน่งและระดับหลักก่อสร้างได้
4. นำวิธีการตรวจสอบผลงานการก่อสร้างทางไปใช้งานได้ถูกต้อง

เรื่องที่ 16.1

การตรวจสอบตำแหน่งและระดับงานทาง

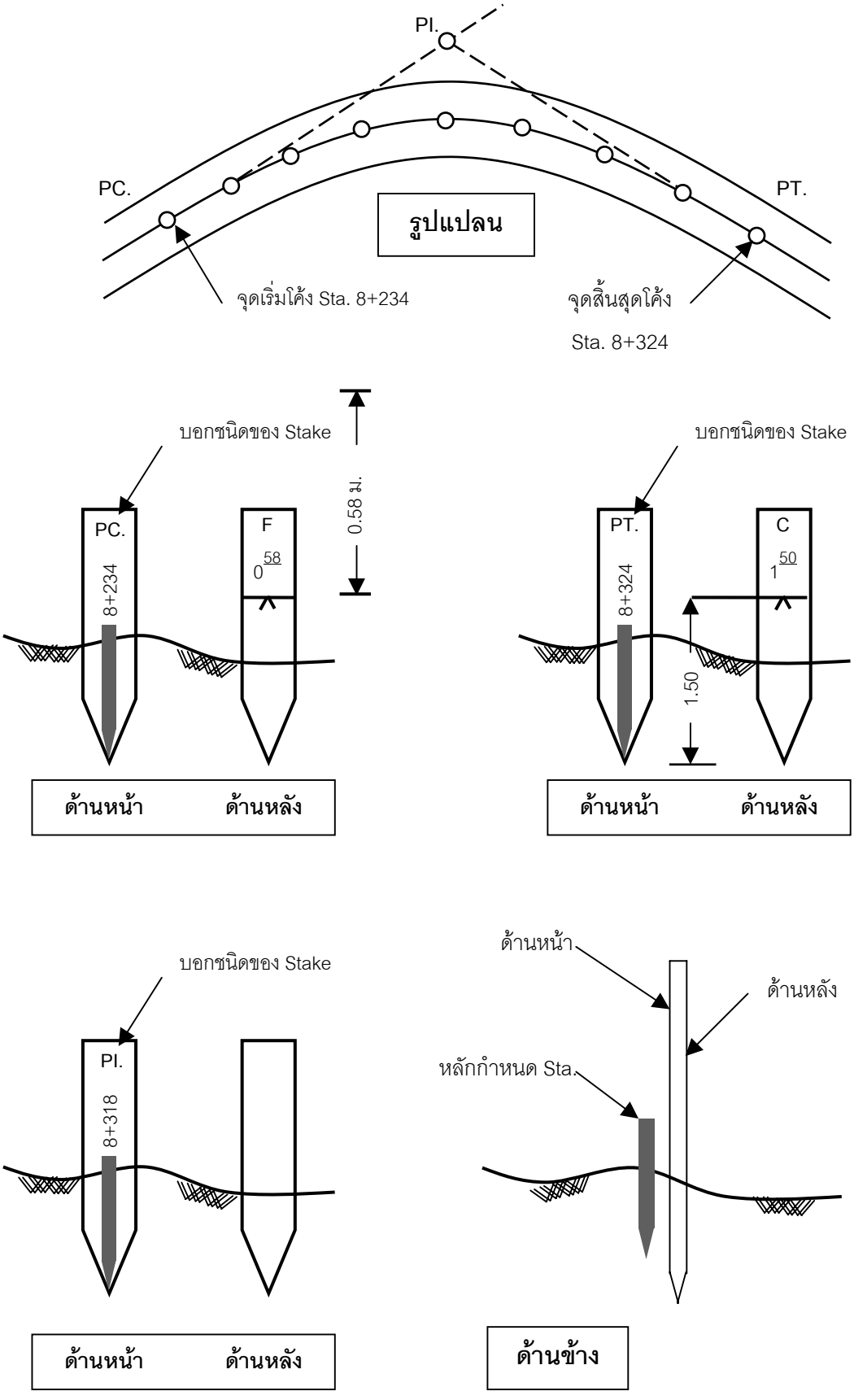
การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง จะเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบตำแหน่งและระดับงานทาง โดยหลักไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างทาง เป็นหลักที่กำหนดต่าง ๆ ที่ได้จากแบบก่อสร้าง เช่น ค่าระดับดินตัด หรือดินถม ระยะทางจากศูนย์กลางถนนเป็นต้น หลักไม้หลัก ๆ แบ่งได้ดังนี้

1. **หลักศูนย์กลาง** (Center Line Stake) เป็นหลักไม้ขนาด 1x1 นิ้ว เพื่อกำหนดระยะทาง และ 1x3 นิ้ว เพื่อบอกว่า ณ ตำแหน่งนี้อยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นเป็นระยะทางเท่าไร มีงานตัดหรือถมเท่าไร ดังภาพ



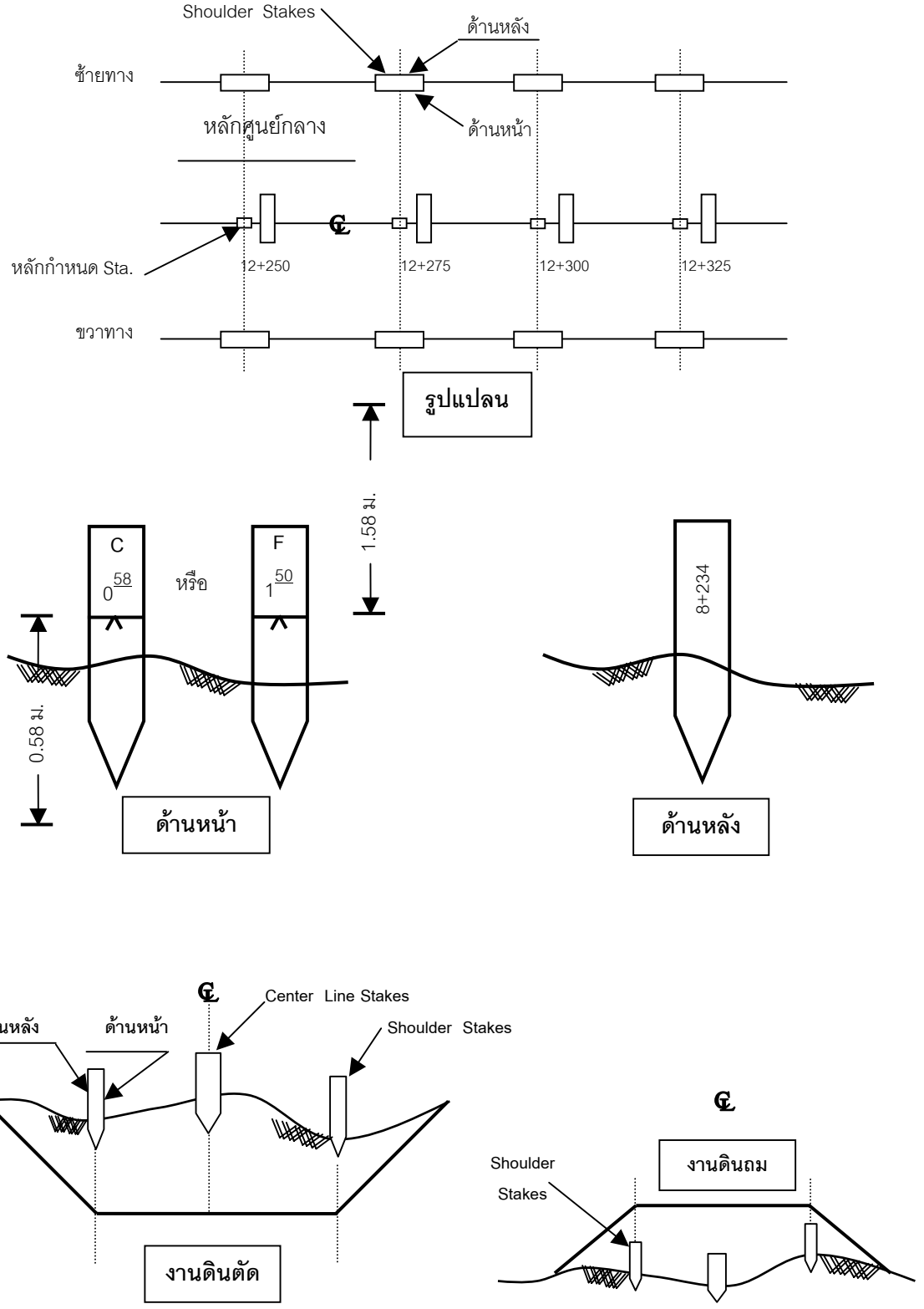
รูปที่ 16.1.1 แสดงหลักศูนย์กลาง

หลักศูนย์กลาง ในบริเวณที่เป็นโค้ง



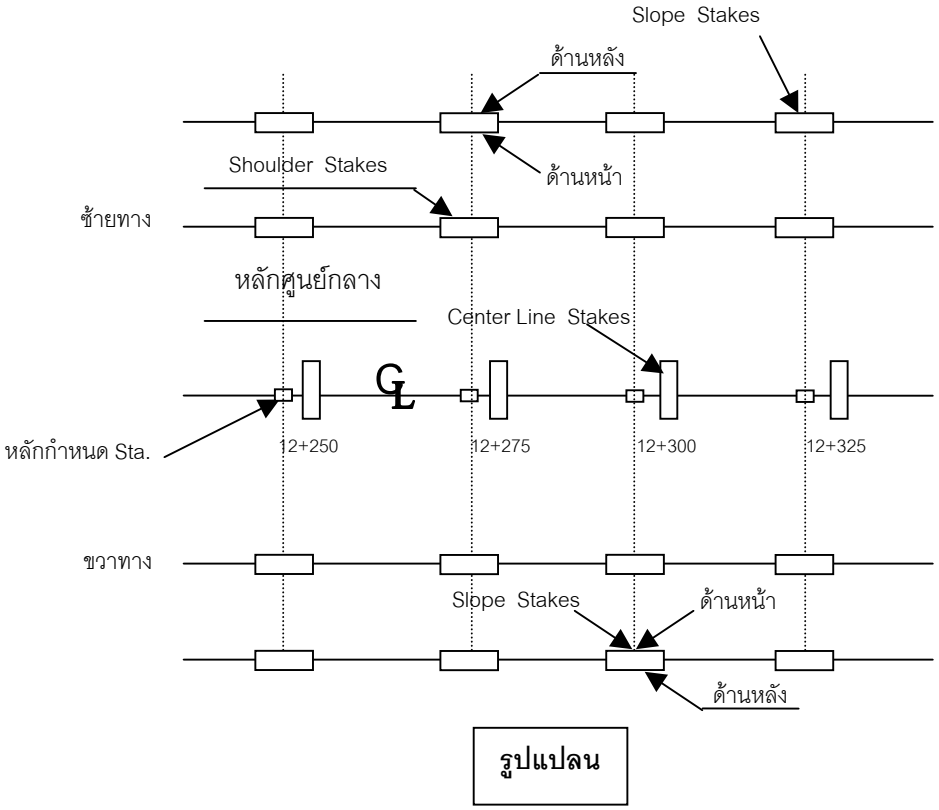
รูปที่ 16.1.2 แสดงหลักศูนย์กลางในบริเวณที่เป็นส่วนโค้ง

2. **หลักไหล่ทาง** (Shoulder Stakes) เป็นหลักไม้ขนาด 1x3 นิ้ว ตอกไว้เพื่อกำหนดตำแหน่งของไหล่ทาง และมีรายละเอียดต่าง ๆ เขียนกำกับไว้ด้วย

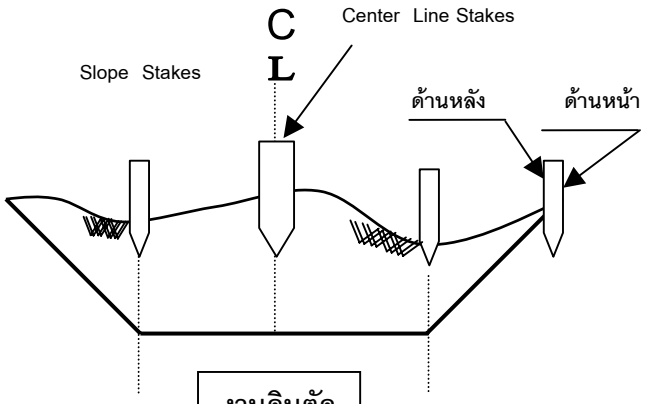


16.1.3 แสดงหลักไหล่ทาง

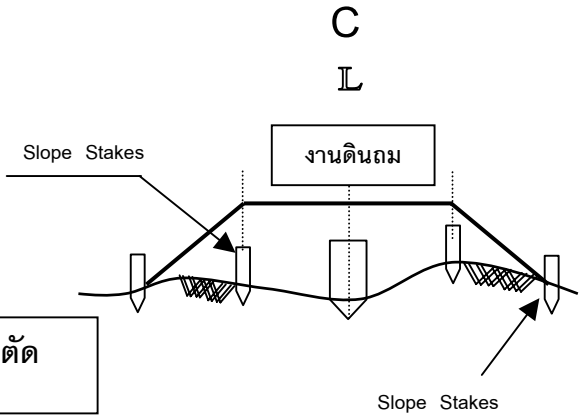
3. **หลักเขตคันทาง** (Slope Stakes) เป็นหลักไม้ขนาด 1x3 นิ้ว ปัก ณ ตำแหน่งที่ความลาดเอียงด้านข้าง (Side Slope)ติดกับดินเดิม โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ เขียนกำกับ ไว้ด้วย



รูปแปลน



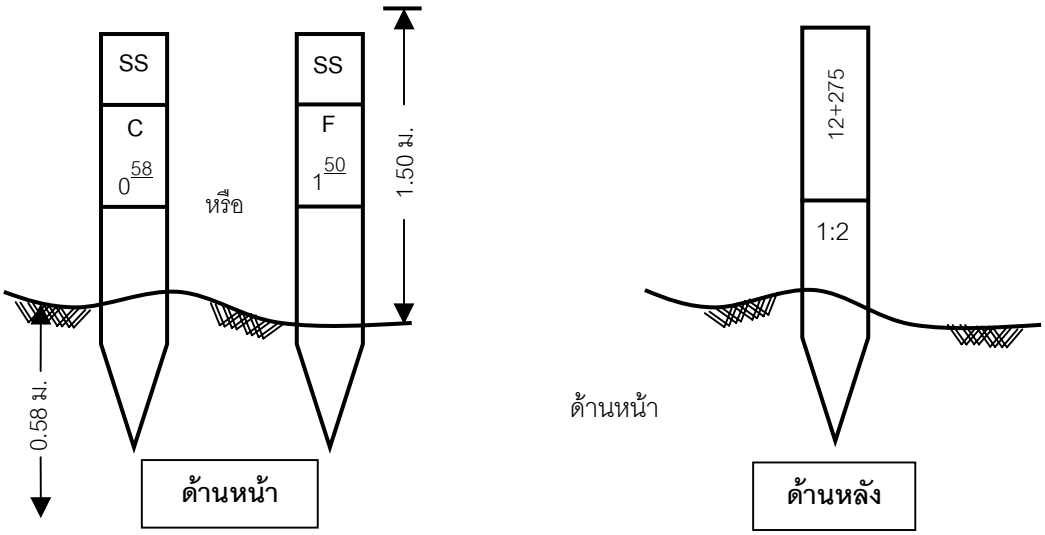
งานดินตัด



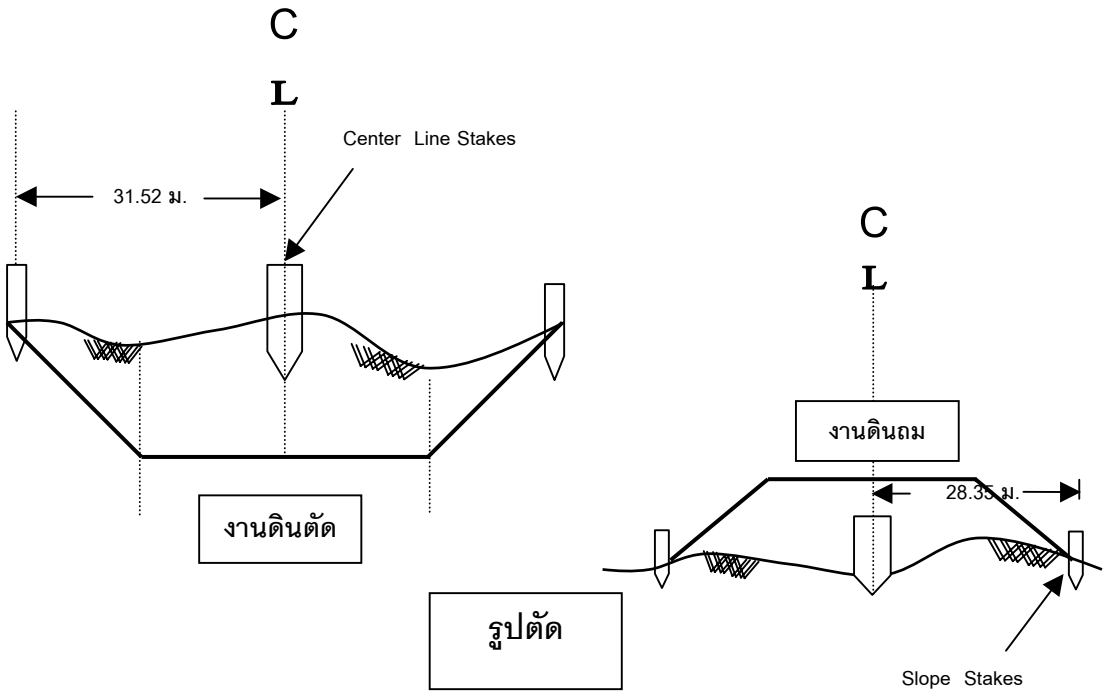
รูปตัด

16.1.4 แสดงหลักเขตคันทาง

การเขียน Slope Stake

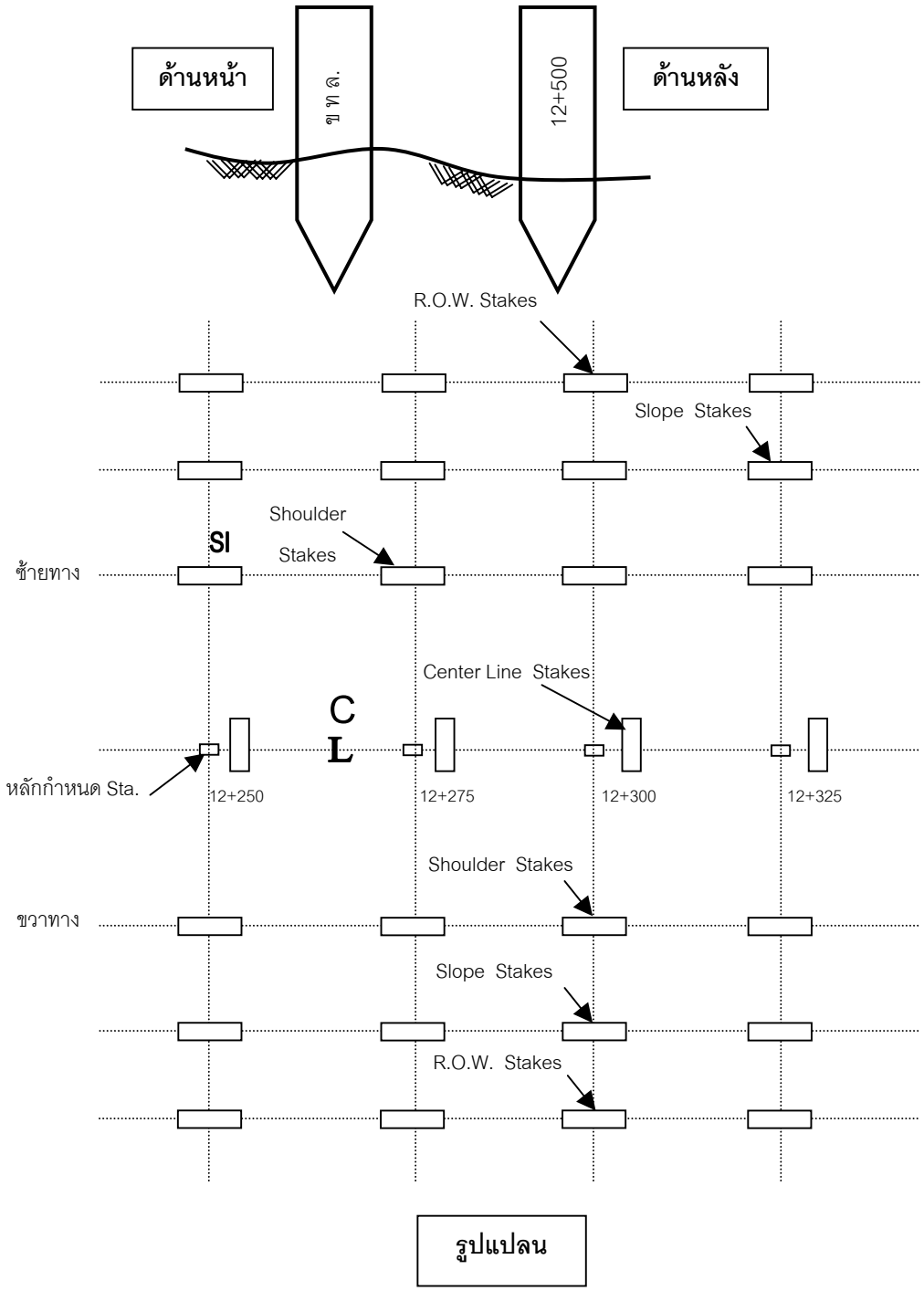


การปัก Slope Stakes



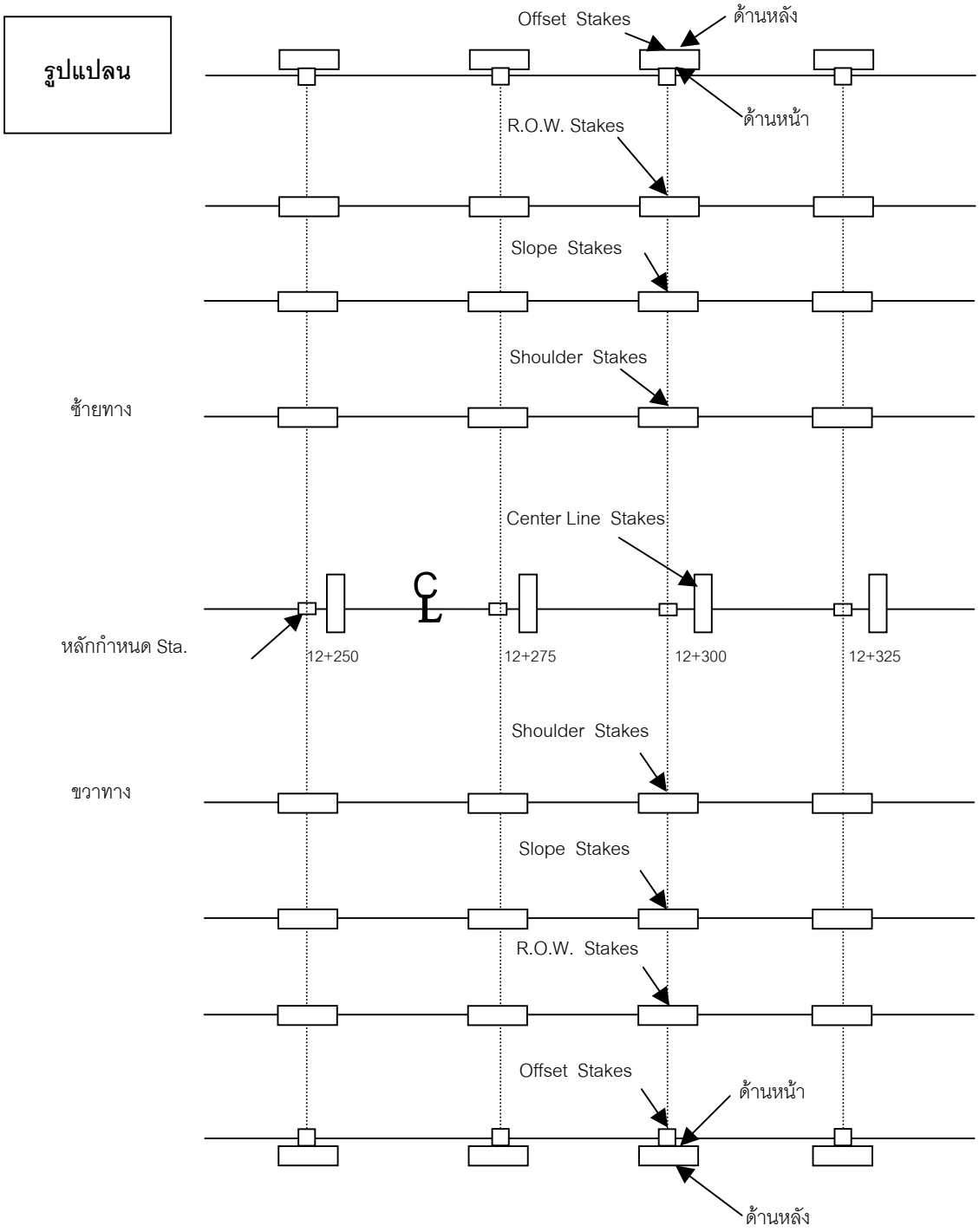
รูปที่ 16.1.5 แสดงการเขียนหลักเขตคันทาง

4. **หลักเขตทาง** (Right of Way Stakes) เป็นหลักไม้เพื่อกำหนดขอบเขตของทางหลวง ป้องกันไม่ให้ทำการก่อสร้างล้ำออกนอกเขตทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้



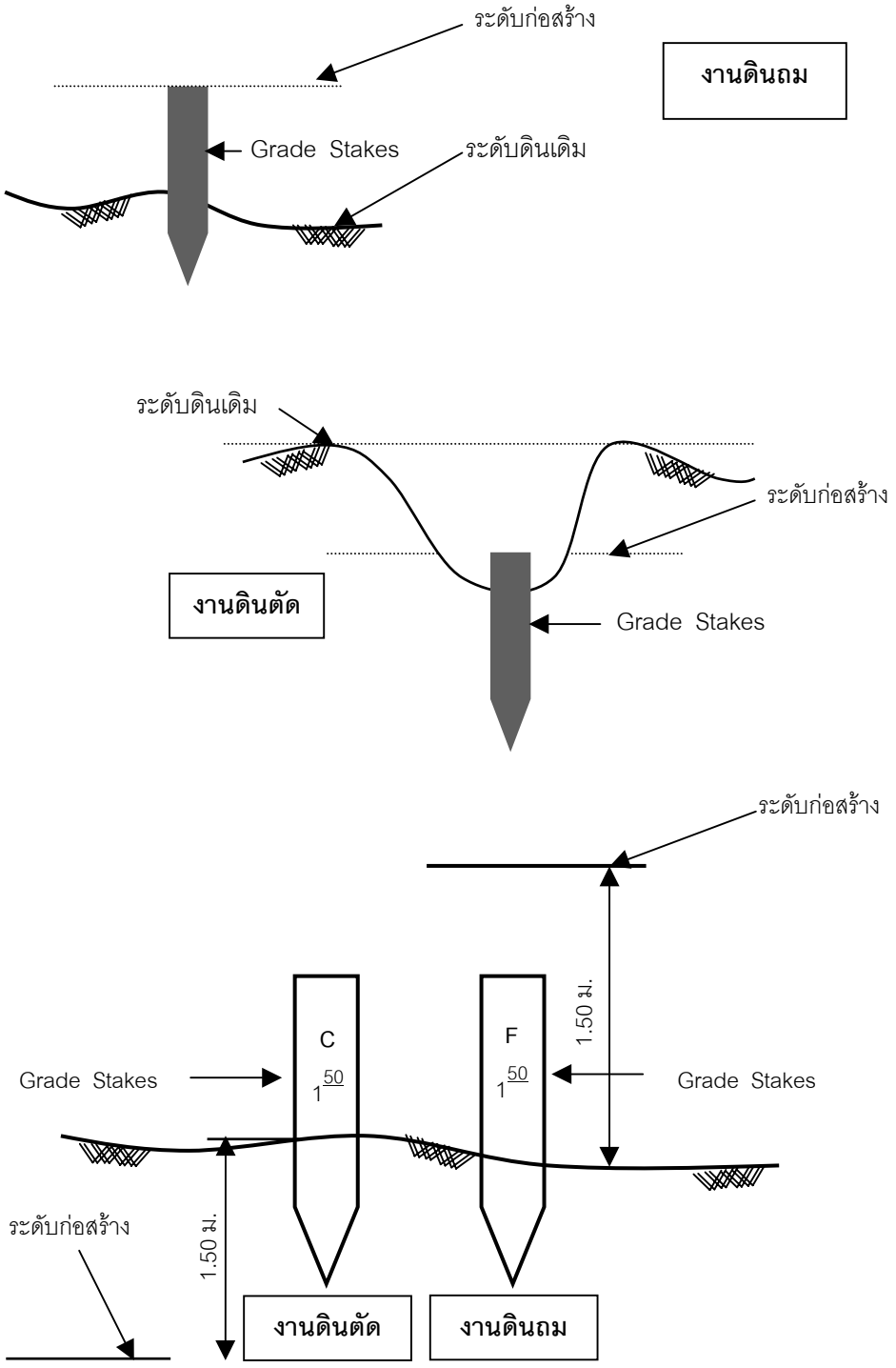
รูปที่ 16.1.6 แสดงหลักเขตทาง

5. **หลักหมายพยาน** (Offset Stakes) เป็นหลักไม้ที่มีรายละเอียดต่าง ๆ ของลาดคันทาง เนื่องจากว่า ในขณะที่ทำการก่อสร้างหลักไม้ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ จะศูนย์หายเมื่อมีการถากถาง (Cleaning) ดังนั้นเพื่อเป็นการสะดวกในการที่จะกำหนดตำแหน่งใหม่อีกครั้ง จึงต้องทำหลักหมายพยานเอาไว้ ตำแหน่งหลักหมายพยาน กำหนดโดยหลักไม้ 1x1 นิ้ว รายละเอียด กำหนดโดยหลักไม้ 1x3 นิ้ว ตำแหน่งที่ปักหลักมีดังนี้



รูปที่ 16.1.7 แสดงหลักหมายพยาน

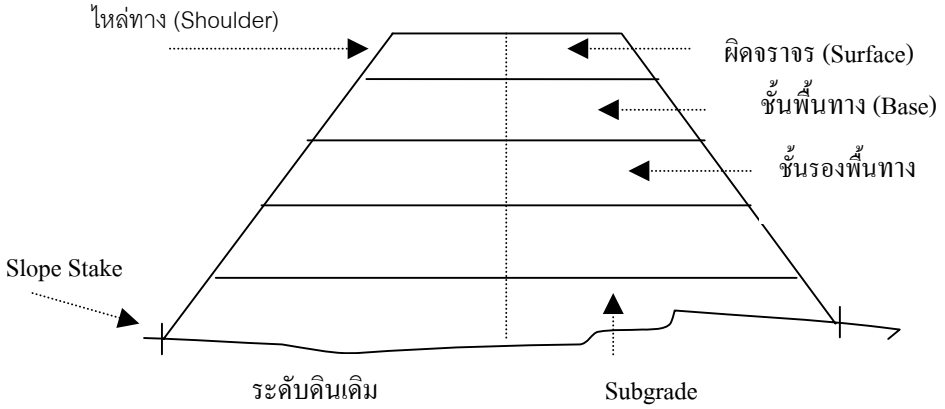
6. **หลักระดับก่อสร้าง** (Grade Stakes) เป็นหลักไม้ที่ใช้กำหนดระดับก่อสร้าง ถ้าเป็นงานดินตัด (Cut) หรืองานดินถม (Fill) ไม่มาก จะใช้หลักไม้ขนาด 1x1 นิ้ว เป็นตัวกำหนด โดยคิดระดับที่หัวหลักที่ตอกแน่นและทาสีแดง แต่ถ้างานดินตัดหรืองานดินถม มากจะกำหนดโดยการเขียนบอกไว้หลักไม้ขนาด 1x3 นิ้ว ดังภาพตัวอย่าง



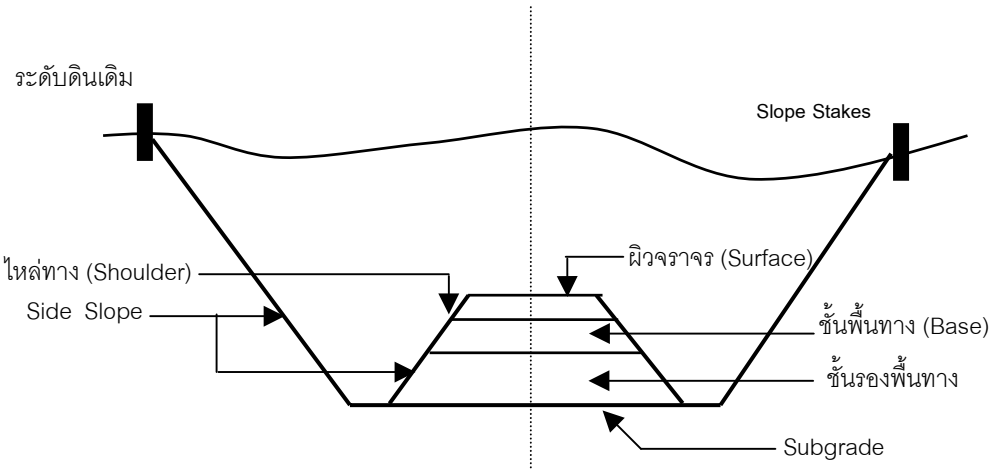
รูปที่ 16.1.8 แสดงหลักระดับก่อสร้าง

การเขียนรูปหน้าตัดและหาเนื้อที่หน้าตัด

รูปตัดถนน (กรณีเป็นดินถม)



รูปตัดของถนน (กรณีเป็นดินตัด)



- Subgrade เป็นค่าระดับก่อสร้างที่กำหนดขึ้นจากระดับตามยาว (Profile Grade) ถ้าเป็นดินถมจะต้องนำดินหรือวัสดุคัดเลือกมาถมให้แน่น และได้ระดับจะขึ้นต่อ ๆ ไปได้ หากเป็นดินตัดก็สามารถตัดออกให้ได้ค่าระดับออกให้ได้ระดับที่ Subgrade เลย
- Subbase เป็นชั้นรองพื้นทาง ส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็นวัสดุจำพวก ลูกรัง
- Basse ชั้นพื้นทางใช้วัสดุที่ดีกว่าชั้นรองพื้นทางและการบดอัดก็ดีกว่าด้วย เช่น วัสดุจำพวกหินคลุก หรือทรายขึ้นอยู่กับประเภทของถนน
- Surface ผิวจราจรอาจจะเป็นถนนลาดยางชั้นเดียวหรือสองชั้น หรือผิวจราจรแบบ Asphaltic Concrete

หรือ ถนนคอนกรีต

เมื่อกำหนดระดับก่อสร้างในระดับตามยาวแล้ว นำค่าระดับที่ได้เรียกว่า Profile Grade เขียนลงในรูปตัดตามขวางโดยตรวจสอบให้ Sta. ตรงกัน การเขียนรูปโดยการนำค่าระดับจาก Profile Grade มาลงตำแหน่งที่หมายที่รูปตัดตามขวาง ที่ศูนย์กลาง (Center Line) เมื่อกำหนดจุดได้แล้ว วัดออกไปทางซ้ายและขวาเท่าๆ กัน จะได้ความกว้างของคันทางเช่น กำหนดคันทางกว้าง 10.00 ม. ก็วัดออกไปทางซ้ายและขวา ดูค่าความเอียง (Slope) ของลาดคันทางที่กำหนด เช่น กำหนดเป็น 2:1 หมายถึง ระยะทางราบ 2 ส่วน ระยะดิ่ง 1 ส่วน แล้วลากเส้นจากจุดไหล่ทางผ่านต่อไปจรดดินเดิม ถ้าเป็นดินถมจะลากลง ถ้าเป็นดินตัดจะลากขึ้นเป็นความกว้างของคันทางซึ่งจะต้องคำนวณหางานดินตัด - ดินถมต่อไป

การหาเนื้อที่หน้าตัด

การหาเนื้อหาตัด ทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมและน่าเชื่อถือมากที่สุด ใช้หลักการของพิกัดฉาก โดยการคูณไขว้ ผลต่างของการคูณขึ้นและคูณลง จะเป็น 2 เท่าของเนื้อที่

ขั้นตอนแรก ใส่ค่าพิกัดที่จุดเปลี่ยนค่าระดับในแกน x ! y โดยกำหนดที่จุดระดับก่อสร้างตามยาว (Profile Grade) แต่ละ Sta. เป็น 0/0 จากนั้น แบ่งเนื้อที่ออกเป็น 2 ส่วน ฝั่งซ้ายและขวา ใส่ค่าพิกัดที่จุดเปลี่ยนต่าง ๆ โดยไม่ต้องคิดเครื่องหมาย แล้วคำนวณหาเนื้อที่แต่ละรูป เสร็จแล้วจึงนำมารวมกัน

กรณีที่เป็นหน้าตัดลาดเชิงเนินจะมีทั้งดินตัดและดินถมจุดพิกัด 0/0จะอยู่ที่ระดับ Subgrade ตัดกับผิวดินเดิม การคำนวณจะเป็นการหาทั้งดินตัดละดินถม

การกำหนดตำแหน่งและระดับ

โดยการศึกษาจากรูปตัดคันทางใน CROSS-SECTION ก็จะทราบความกว้างของผิวจราจร, ไหล่ทาง, คันทาง และตำแหน่งของความลาดเอียง (Slope Stake), เขตทางได้จากแบบรูปตัดนี้ หากดูในแนวตั้งก็จะทราบระดับความสูงของผิวทาง ความหนาของชั้นทางต่างๆ เป็นต้น

เรื่องที่ 16.2	**ใบงานที่** 16
วิชา การสำรวจเส้นทาง **ชื่อหน่วย** การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง	**หน่วยที่** 16 **สอนครั้งที่** 20 **จำนวนคาบรวม** 80
ชื่องาน การตรวจสอบตำแหน่งและระดับงานทาง	**จำนวนคาบ** 4

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถบอกถึงวิธีการตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง
2. สามารถสรุปวิธีการตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง
3. สามารถนำวิธีการตรวจสอบผลงานก่อสร้างทางไปใช้งานได้ถูกต้อง

เครื่องมือ / อุปกรณ์

1. กล้องระดับพร้อมขาตั้ง	จำนวน 1 ชุด
2. เทปวัดระยะ	จำนวน 1 เส้น
3. ค้อนปอนด์	จำนวน 1 เต้า
4. ไม้วัดระดับ	จำนวน 1 อัน
5. ร่ม	จำนวน 1 คัน
6. หลักไม้	ให้เพียงพอต่อจำนวน Sta.

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. การกำหนดตำแหน่งคันทาง, ลาดคันทาง และการให้ระดับหลักงานดินชั้น Subgrade

1.1 กรณีดินถม (Sta. 0 + 000) โดยศึกษาจากแบบรูปตัด CROSS-SECTION

1.1.1 กำหนดศูนย์กลางทาง จากการวางแนวทาง ตอกหมุด ศูนย์กลางทางให้แน่น

1.1.2 วัดระยะจากศูนย์กลางทาง ออกไปข้างละ 6 ม. ตอกหมุดให้แน่น จะได้ความกว้างของเขตคันทาง

1.1.3 ดูรูปตัดตามขวางที่ Sta. 0 + 000 ตรวจสอบระยะทางจากหลักเขตคันทางไปจุดลาดคันทางโดยดูอัตราส่วนราบ : ดิ่ง หรือลาดเอียงด้านข้างที่กำหนดเช่น 2 : 1 หมายถึง ดิ่ง 1 ส่วน ราบ 2 ส่วน เช่นด้านซ้ายระดับดินเดิม 100.230 ระดับ Subgrade 101.000 ดังนั้นจะได้ผลต่างทางดิ่งเท่ากับ 101.000 – 100.230 เท่ากับ 0.77

จากอัตราส่วน ราบ : ดิ่ง = 2 : 1

ทางดิ่ง 1 ม. ทางราบ 2 ม.

ทางดิ่ง 0.77 ม. ทางราบ $\frac{0.77 \times 2}{1}$ = 1.54 ม.

ดังนั้นต้องวัดระยะจากหลักเขตคันทางออกไปทางซ้ายอีก 1.54 ม. เป็นจุดลาดคันทาง

ทางด้านขวา ค่าระดับดินเดิมที่เขตคันทางเป็น 100.09

ความต่างระดับ Subgrade 101.00 – 100.09 เท่ากับ 0.91

จากอัตราส่วน 1 ม. ทางราบ 2 ม.

ทางดิ่ง 0.91 ม. ทางราบ $\frac{0.91 \times 2}{1}$ = 1.82 ม.

ดังนั้นต้องวัดระยะจากหลักเขตคันทางออกไปทางขวาอีก 1.82 ม. เป็นจุดลาดคันทาง

1.1.4 Sta. ต่างๆ ที่เป็นดินถม ก็ใช้หลักการเดียวกันกับ ข้อ 1.1.1-1.1.3 และต้องเขียนรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ไว้ที่หลักด้วย

1.1.5 เมื่อได้ตำแหน่งหน้าตัดของจุดต่างๆแล้ว ตั้งกล้องระดับ ส่องไปที่ BM.1 Elev.100.000 อ่านค่า BS. สมมติอ่านได้ 3.195

HI = 100.000 + 3.195

= 103.195

- ส่งไปที่หลักศูนย์กลางทาง และเขตคันทาง ทางซ้าย และขวา โดยคำนวณค่าที่อ่านจาก

HI = Elev.

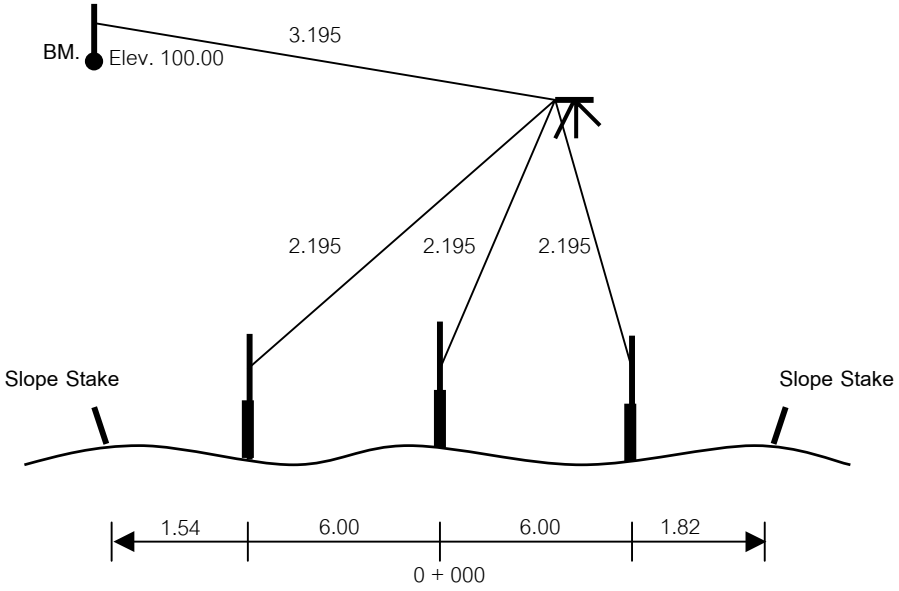
FS = HI – Elev.

= 103.195 – 101.000

= 2.195

ดังนั้น จะต้องตอกหลักทั้งสาม โดยตั้งไม้วัดระดับหัวหลักอ่านค่าให้เท่ากับ 2.0195 จึงได้ค่าระดับหลักที่ต้องการ หากอ่านค่าได้น้อยกว่า 2.195 ต้องค่อยๆ ตอกหลักลงจนกว่าจะอ่านค่าได้ 2.195 จะได้ค่าระดับที่ต้องการ

- สำหรับจุดที่ลาดคันทาง ไม่จำเป็นจะให้ระดับเพราะเป็นจุดตำแหน่งดินเดิม ที่งานถมดินจะลาดเอียงไปถึง



1.2 กรณีดินตัด (Sta. 0 + 500)

1.2.1 กำหนดศูนย์กลางทาง จากการวางแนวทาง ตอกหมุดศูนย์กลางทางให้แน่น

1.2.2 วัดระยะจากศูนย์กลางทาง ออกไปข้างละ 6.00 ม. ตอกหมุดให้แน่น จะได้ความกว้างของเขตคันทาง

1.2.3 ดูรูปตัดตามขวางที่ Sta. 0 + 500 ตรวจสอบระยะจากหลักเขตคันทางไปจุดลาดคันทาง โดยดูอัตราส่วน ราบ : ดิ่ง หรือลาดเอียงด้านข้างที่กำหนด เช่น 2 : 1 หมายถึง ดิ่ง 1 ส่วน ราบ 2 ส่วน เช่นด้านซ้ายระดับดินเดิม 99.37 ระดับชั้น Subgrade 98.332 จะได้ค่าผลต่างทางดิ่ง เท่ากับ 99.37 – 98.332 = 1.038

จากอัตราส่วนราบ : ดิ่ง = 2 : 1

ทางดิ่ง 1 ม. ทางราบ 2 ม.

ทางดิ่ง 1.038 ม. ทางราบ $\frac{2\times1.038}{1}$ = 2.076 ม.

ดังนั้น ต้องวัดระยะจากหลักเขตคันทาบออกไปทางซ้ายอีก 2.076 ม. เป็นจุดลาดคันทาง

ทางด้านขวา ค่าระดับดินเดิมที่เขตคันทางเป็น 99.10 ค่าระดับ Subgrade 98.332 จะได้ผลต่างทางดิ่ง เท่ากับ

99.10 – 98.332 = 0.768

จากอัตราส่วนราบ : ดิ่ง = 2 : 1

ทางดิ่ง 1 ม. ทางราบ 2 ม.

ทางดิ่ง 0.768 ม. ทางราบ $\frac{2 \times 0.768}{1}$ = 1.536 ม.

ดังนั้น ต้องวัดระยะจากเขตคันทางออกไปทางขวา อีก 1.536 ม. เป็นจุดที่ลาดคันทาง

1.2.4 Sta. ต่างๆ ที่เป็นดินตัด ก็ใช้หลักการเดียวกันกับข้อ 1.2.1 – 1.2.3 และต้องเขียนรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ไว้ที่หลักด้วย

1.2.5 เมื่อได้ตำแหน่งของจุดต่างๆ ที่เป็นดินตัดแล้ว ตั้งกล้องระดับส่องไปที่ BM. อยู่ใกล้ที่สุด เป็น BM.1/2 Elev. 99.92 อ่านค่า BS. สมมติได้ 0.607 ม.

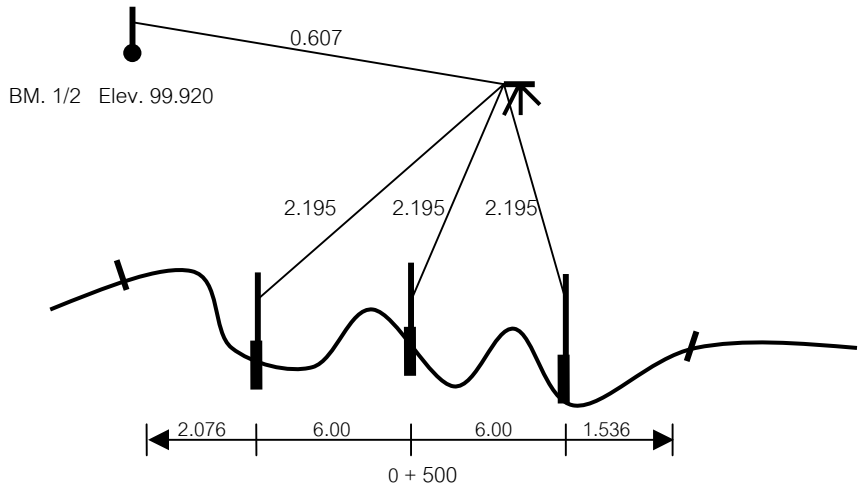
HI = 99.92 + 0.607 = 100.527

FS = 100.527 – 98.332

= 2.195

ดังนั้น จะต้องตอกหลักทั้งสาม โดยตั้งไม้วัดระดับ ที่หัวหลักอ่านค่าให้กับ 2.195 จึงได้ค่า ระดับที่ต้องการ หากอ่านค่าได้น้อยกว่า 2.195 ต้องค่อยๆ ตอกหลักลงจนกว่าจะอ่านค่าได้ 2.195 ถ้าอ่านได้มากกว่า 2.195 จะต้องเปลี่ยนหลักใหม่ให้ยาวกว่าเดิมและค่อยๆ ตอกลงไปจนกว่าจะอ่านค่าได้ 2.195 สำหรับจุดที่ลาดคันทางไม่จำเป็นต้องให้ระดับเพราะเป็นจุดตำแหน่งดินเดิมที่งานดินตัดจะขุดลาดเอียงไปถึง

1.2.6 Sta. ต่างๆ ก็ใช้หลักการเดียวกันกับ Sta. 0 + 500 กรณีที่เป็นดินตัดทำดังนี้จนตลอดแนวทาง



2. หากระยะการส่องให้ค่าระดับไกลพอสมควรแล้ว ก็ทำ TP. ส่อง FS. ไปยัง TP. นั้น นำ HI – FS ก็จะได้ค่า Elev. ของ TP.

ย้ายกล้องส่อง BS. ไปที่ TP. เดิม ก็จะได้ค่า HI ของกล้องครั้งใหม่ นำค่า Elev. ของ Sta. ต่างๆ มาคำนวณหา FS. ที่จะส่องให้ค่าระดับ Sta. ต่างๆ ได้ หรือหากมี BM. ที่อยู่ตามรายทาง ที่อยู่ใกล้ๆ ก็เริ่มข้อ 1.1.5 หรือ 1.2.5 ใหม่เลยก็ได้

3. เมื่อส่องให้ค่าระดับเสร็จสิ้นเป็นช่วงๆ แล้ว ก่อนเคลื่อนย้ายหรือเก็บกล้อง จะต้องตรวจสอบค่าระดับ โดยการส่อง FS. เข้า BM. ที่ใกล้สุด คำนวณหาค่า BM. ว่าเกิดความคลาดเคลื่อนเท่าไร อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ หากผิดเกินเกณฑ์ที่กำหนดต้องทำการส่องให้ระดับหลักใหม่

4. การให้ระดับนี้เป็นการให้ระดับก่อสร้างชั้น Subgrade การชั้นนี้ทำการก่อสร้างเสร็จแล้ว ก็ก่อสร้างชั้นต่อไป คือชั้นรองพื้นทาง (Subbose), ชั้นพื้นทาง (Base) ก็ใช้หลักการการให้ระดับทำนองเดียวกัน

ข้อควรระวัง

1. แบบแสดงรูปตัดของถนน จะต้องเป็นค่าระดับหรือตำแหน่งเดิมกับที่ให้วางตำแหน่งต่างๆ เพราะค่าระดับในแบบกับพื้นที่จริงจะต้องตรงกัน เพื่อนำมาคำนวณหาระยะการลาดเอียงต่างๆ

2. การทำระดับตามขวาง ระยะออกฉากไปทางซ้ายและขวา ควรให้ตรงกับช่วงความกว้างของคันทางเพราะจะได้ระดับของคันทางคิดลาดเอียงด้านข้างได้ตรงกับสภาพจริง

ข้อเสนอแนะ

เมื่อเขียนรูปตัดตามยาว รูปตัดตามขวางของดินเดิมแล้ว การกำหนดเส้นระดับก่อสร้างควรให้มีทั้งงานดินตัดและดินถม และการกำหนดความกว้างของคันทาง ความลาดเอียงด้านข้างควรคำนึงถึงความเหมาะสมกับพื้นที่ที่จะฝึกปฏิบัติงานด้วย

ใบผลการปฏิบัติงาน	
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่** 16
หน่วยที่ 16 **การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง**	
เรื่อง การตรวจสอบตำแหน่งระดับงานทาง	

ผลการปฏิบัติงาน

1. การกำหนดตำแหน่งคันทาง	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
2. การกำหนดตำแหน่งลาดคันทาง	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
3. การใช้ค่า BM. ตามรายทาง	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
4. การให้ระดับหลัก	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม
5. การตรวจสอบค่าระดับ	☐ ใช้ได้
	☐ ไม่เหมาะสม

บันทึก

ใบประเมินผล					
วิชา การสำรวจเส้นทาง	**ใบงานที่ 16**				
หน่วยที่ 16 การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง					
เรื่อง การตรวจสอบตำแหน่งและระดับงานทาง	**จำนวน 4 คาบ**				
ชื่อผู้เรียน..... **ชั้น**.....**กลุ่ม**.....	**ระดับคะแนน**				รวม
รายการ	4	3	2	1	
1. การตรงต่อเวลา 2. การแต่งกาย 3. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 4. การกำหนดตำแหน่งคันทาง 5. การคำนวณหาตำแหน่งลาดคันทาง 6. การกำหนดตำแหน่งลาดคันทาง 7. การใช้ค่า BM. ตามรายทาง 8. การคำนวณค่าอ่านระดับหลัก 9. การให้ระดับหลัก 10. การตรวจสอบค่าระดับ					
เวลาปฏิบัติงานเริ่ม.....น. สิ้นสุด.....น. รวม.....นาที ได้คะแนน (10)					
รวมคะแนน					
ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน					

แบบฝึกหัดที่ 16

เรื่อง การตรวจสอบผลงานก่อสร้างทาง

1. จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด

1.1 หลักไม้ที่บอกระยะทางและบอกว่าตำแหน่งนี้อยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นเท่าไร หลักนี้คือหลักอะไร

ก. หลักศูนย์กลาง ข. หลักไหล่ทาง

ค. หลักเขตคันทาง ง. หลักหมายพยาน

1.2 หลักที่ตอกไว้เพื่อกำหนดตำแหน่งของไหล่ทางและมีรายละเอียดต่างๆ เขียนกำกับไว้ด้วย หลักนี้คือหลักอะไร

ก. หลักศูนย์กลาง ข. หลักไหล่ทาง

ค. หลักเขตคันทาง ง. หลักหมายพยาน

1.3 หลักที่ปัก ณ ตำแหน่งความลาดเอียงด้านข้างติดกับดินเดิม และมีรายละเอียดต่างๆ เขียนกำกับไว้ด้วย หลักนี้คือหลักอะไร

ก. หลักศูนย์กลาง ข. หลักไหล่ทาง

ค. หลักเขตคันทาง ง. หลักหมายพยาน

1.4 หลักที่ปักเพื่อกำหนดขอบเขตของทางหลวง ป้องกันไม่ให้ทำการก่อสร้าง ล้ำออกนอกเขตทาง หลักนี้คือ หลักอะไร

ก. หลักศูนย์กลาง ข. หลักไหล่ทาง

ค. หลักเขตคันทาง ง. หลักหมายพยาน

1.5 หลักต่างๆ ขณะก่อสร้างเมื่อสูญหาย จะกำหนดตำแหน่งใหม่อีกครั้ง เพื่อความสะดวก ต้องอาศัยหลักอะไรบ้าง

ก. หลักศูนย์กลาง ข. หลักระดับก่อสร้าง

ค. หลักเขตคันทาง ง. หลักหมายพยาน

1.6 หลักไม้ที่บอกระดับงานดินตัดหรือดินถม คือหลักอะไร

ก. หลักเขตทาง ข. หลักระดับก่อสร้าง

ค. หลัก BM. ง. หลักหมายพยาน

1.7 ชั้นทาง Subgrade วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นอะไร

ก. ดินหรือวัสดุคัดเลือก ข. ลูกรัง

ค. หินคุก ง. ทราย

1.8 ลูกรัง เป็นวัสดุที่ใช้ในชั้นอะไรของงานทาง

ก. Base ข. Subbase

ค. Subgrade จ. Surface

1.9 ในชั้น Base ของถนนคอนกรีต นิยมใช้วัสดุประเภทใดเป็นพื้นทาง

ก. วัสดุคัดเลือก ข. ลูกรัง

ค. หินคลุก ง. ทราย

1.10 ในชั้น Base ของถนนลาดยาง นิยมใช้วัสดุประเภทใดเป็นพื้นทาง

ก. วัสดุคัดเลือก ข. ลูกรัง

ค. หินคลุก ง. ทราย

2. จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

2.1 หลักศูนย์กลาง หมายถึง……..

……..

……..

2.2 หลักไหล่ทาง หมายถึง……..

……..

……..

2.3 หลักเขตคันทาง หมายถึง……..

……..

……..

2.4 หลักเขตทาง หมายถึง……..

……..

……..

2.5 หลักหมายพยาน หมายถึง……..

……..

……..

2.6 หลักระดับก่อสร้าง หมายถึง……..

……..

……..

2.7 Subgrade หมายถึง……..

……..

……..

2.8 ลาดคันทาง 2 : 1 หาได้โดย……..

……..

……..

2.9 การหาเนื้อที่หน้าตัด……..

……..

……..

2 . 1 0

การกำหนดตำแหน่งและระดับ……..

……..

……..

บรรณานุกรม

1. กองสำรวจ, สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท, การสำรวจออกแบบเส้นทาง. กรุงเทพฯ : สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท, 2539.
2. เจิมศักดิ์ หัวเพชร. วิชาการสำรวจ. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ , 2525.
3. เจิมศักดิ์ หัวเพชร. วิชาการสำรวจ. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ , 2531.
4. เจิมศักดิ์ หัวเพชร. วิชาการสำรวจเส้นทาง. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ , ม.ป.ป.
5. ชลประทาน, กรม. การสำรวจหาระดับคลองส่งน้ำ. กรุงเทพฯ : กองสำรวจภูมิประเทศ กรมชลประทาน, ม.ป.ป.
6. ชลประทาน, กรม. การสำรวจหาระดับอ่างเก็บน้ำ. กรุงเทพฯ : กองสำรวจภูมิประเทศ กรมชลประทาน, ม.ป.ป.
7. ดิลก ศรีนาวิน, ผศ. การสำรวจพื้นฐาน. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2537.
8. ทางหลวง, กรม. การสำรวจ. กรุงเทพฯ : กรมทางหลวง, 2530.
9. ทรัพยากรธรณี, กรม. การรังวัดชั้นต้น. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี, 2511.
10. “ปี 42” มีงบสร้างทาง 22 โครงการ” . ข่าวช่าง.27. (321) : 43 ; ธันวาคม 2541.
11. พรเทพ ราชอัคคี,ผศ. วิศวกรรมสำรวจชั้นสูง.นครนายก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ , 2545.
12. ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจ. กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์การพิมพ์, 2524.
13. ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์การพิมพ์, 2528.
14. ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจเส้นทาง. กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์การพิมพ์, 2534.
15. โยธาธิการ, กรม. มาตรฐานงานช่าง. กรุงเทพฯ : กรมโยธาธิการ, 2532.
16. วัชรินทร์ วิทยกุล. การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2527.
17. อนันต์ สันตยากร. การสำรวจ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, ม.ป.ป.
18. อาชีวศึกษา, กรม. การสำรวจและรังวัดพื้นที่. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2527.
19. Evett, Jack B. Surveying. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1979.
20. McCormac, Jack C. Surveying. New Jersey : Prentice – Hall Inc., 1985.