การทดลองที่ 11

การทดสอบกำลังด้านแรงอัดของคอนกรีต

(Compressive Strength Test)

1. บทนำ

กำลังต้านทานแรงหรือการรับแรง เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต ซึ่งมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน เช่น กำลังต้านทานแรงอัดเป็นต้น งานคอนกรีตทั่วไปนิยมทำการทดสอบหากำลังยึดเหนี่ยว และกำลังต้านทานแรงอัดเป็นต้น งานคอนกรีตทั่วไปนิยมทำการทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดเป็นหลัก เพื่อนำผลไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของงานและยังใช้เป็นตัวบ่งบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติด้านอื่นได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะกำลังต้านทานแรงอื่น ๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังต้านทานแรงอัด

การทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบรูปลูกบาศก์ตามมาตรฐานอังกฤษ หรือรูปทรงกระบอกตามมาตรฐานอเมริกัน ซึ่งบ่มชื้นตามระยะเวลาที่กำหนด จนกระทั่งแตก แล้วทำการคำนวณหาค่าความต้านทานแรงอัดประลัย มีหน่วยเป็น กก./ตร.ซม หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

ก้อนตัวอย่างมาตรฐานที่ทำเพื่อทดสอบกำลังอัดที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายมี 2 รูปทรงคือ

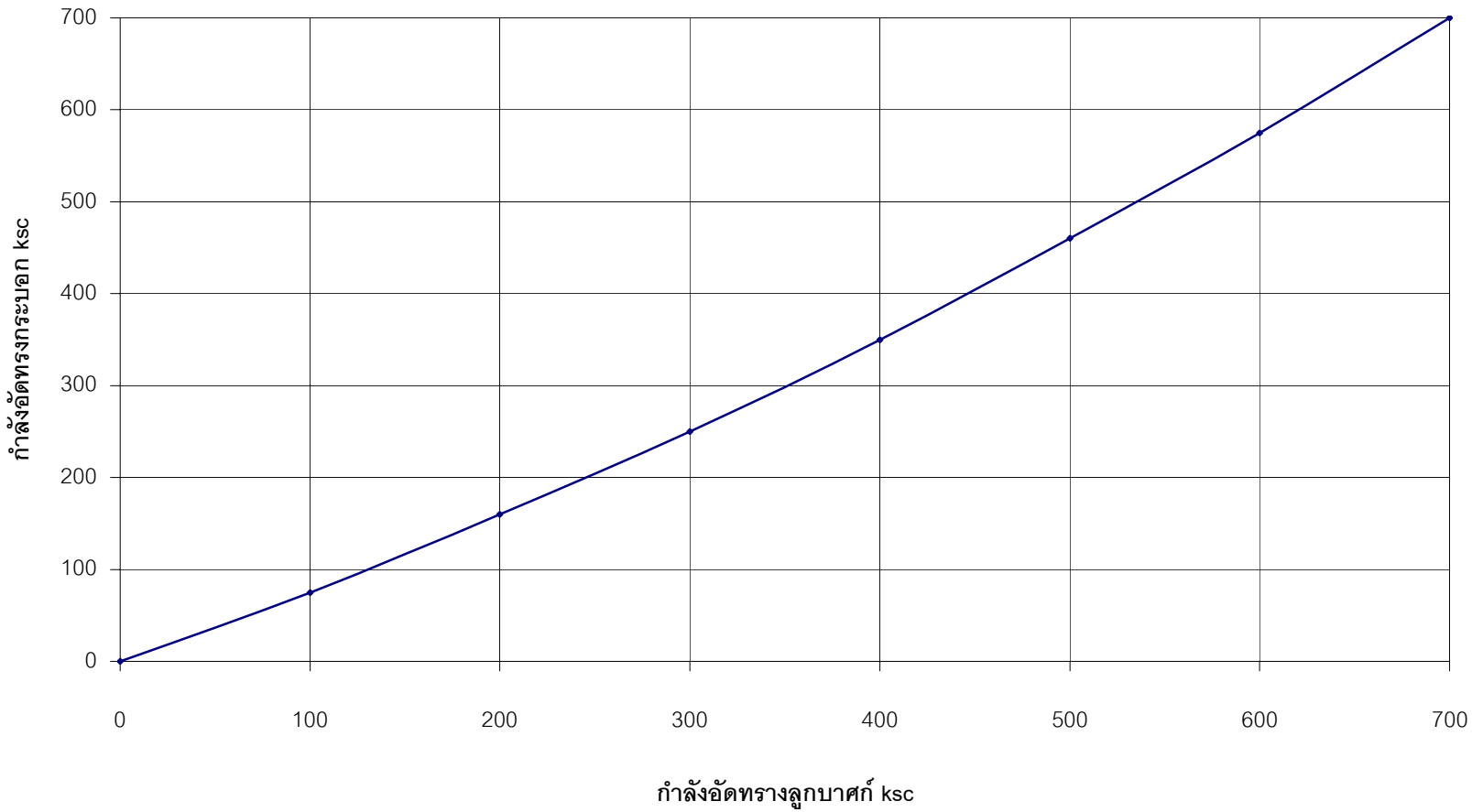
1. *รูปทรงกระบอก* เป็นการทดสอบตามมาตรฐานอเมริกา ขนาดที่ใช้คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.
2. *รูปทรงลูกบาศก์* เป็นการทดสอบตามมาตรฐานอังกฤษขนาดที่ใช้คือขนาด 15x15x15 ซม.

กำลังอัดของ 2 รูปทรงนี้จะแตกต่างกัน ถึงแม้จะใช้ส่วนผสมของคอนกรีตเดียวกัน โดยกำลังอัดด้วยตัวอย่างรูปทรงกระบอกจะมีค่าน้อยกว่ากำลังอัดของตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบ

1. แรงเสียดทานระหว่างผิวของก้อนตัวอย่างกับแผ่นรองกดก่อให้เกิด Confining Stress ซึ่งจะมีผลทำให้ค่ากำลังอัดของรูปทรงลูกบาศก์ที่ได้สูงกว่าความเป็นจริง
2. องค์ประกอบเรื่องความชะรูด กล่าวคือเนื่องจากรูปทรงกระบอกมีความมาสูงมากกว่าด้านกว้างทำให้ผลด้าน Confining Stress ลดลงอย่างมาก

ตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (มาตรฐาน วสท.) ได้ให้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์กับกำลังอัดรูปทรงกระบอก

การแปลงกำลังอัดทรงลูกบาศก์เป็นกำลังอัดทรงกระบอก



ในทางปฏิบัตินั้นผิวด้านบนของก้อนตัวออย่างรูปทรงกระบอกมักจะไม่เรียบ ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ ดังนั้นก่อนการทดสอบจะต้องทำการ Cap ก้อนตัวอย่างทั้ง 2 ด้านด้วยกำมะถันเสียก่อน ส่วนก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์นั้นไม่ต้อง Cap ก้อนตัวอย่างเพราะมีผดิวด้านข้างอีก 4 ด้านเรียบที่สามารุนำมาทดสอบได้

ก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ CAP หัวและไม่ CAP หัว

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อกำลัง</u>

1. **คุณสมบัติของวัสดุผสม**

- **ปูนซีเมนต์** เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลที่สำคัญมาก ทั้งนี้เพราะว่าปูนซีเมนต์แต่ละประเภท จะห่อให้เกิดกำลังของคอนกรีตที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ นอกจากนี้แม้ว่าจะเป็นปูนซีเมนต์ประเภทเดียวกัน แต่มีความละเอียดแตกต่างกันแล้ว อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตก็จะแตกต่างไปด้วยคือ ถ้าปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากก็จะให้กำลังสูง โดยเฉพาะหลังจากที่แข็งตัวไปแล้วไม่นาน

- **มวลรวม** มวลรวมมีผลต่อกำลังของคอนกรีตเพียงเล็กน้อย เพราะมวลรวมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มักมีความแข็งแรงมากกว่าซีเมนต์ อย่างไรก็ดีมวลรวมหยาบที่เป็นหินย่อย ซึ่งมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุมหรือผิวหยาบจะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตดีกว่าพวกกรวกที่มีผิวเกลี้ยง ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมก็มีผลต่อกำลังของคอนกรีตเช่นกัน เพราะคอนกรีตที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดใหญ่จะต้องการปริมาณน้ำน้อยกว่ามวลรวมขนาดเล็ก สำหรับคอนกรีตที่มีความสามารถเทได้เท่ากัน ดังนั้นคอนกรีตที่ใช้มวลรวมขนาดใหญ่ จึงมักให้กำลังดีกว่า ส่วนขนาดคละของมวลรวมจะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตในแง่ที่ว่า คอนกรีตที่ใช้มวลรวมที่มีส่วนขนาดคละไม่เหมาะสม คือมีส่วนละเอียดมากเกินไปนั้น จะต้องการปริมาณน้ำมากกว่ามวลรวมที่มีส่วนคละที่ดี เพื่อให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้เท่ากัน อีกทั้งยังก่อให้เกิดฟองอากาศแทรกตัวอยู่ในเนื้อคอนกรีตเป็นจำนวน

มากกว่าส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำลงได้ นอกจากนี้ความสะอาดของมวลรวมก็จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีต เช่นกัน

- **น้ำ** น้ำมีผลต่อกำลังของคอนกรีตตามความใส และปริมาณของสารเคมีหรือเกลือแร่ที่ผสมอยู่ น้ำที่เกลือคลอไรด์ผสมอยู่ จะทำให้อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตในระยะต้นสูง น้ำขุ่นหรือน้ำที่มีสารแขวนลอยปนอยู่ จะทำให้กำลังของคอนกรีตต่ำลงซึ่งอาจจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสารแขวนลอยนั้น

2. การทำคอนกรีต

- **การชั่งตวงส่วนผสม** หากใช้การตวงโดยปริมาตรจะมีโอกาสผิดพลาดมากกว่าการชั่งส่วนผสมโดยน้ำหนัก ซึ่งหากอัตราผสมคอนการีตผิดไปจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงได้ อัตราส่วนผสมจะมีอิทธิพลต่อกำลังของคอนกรีตโดยตรง โดยเฉพาะอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์
- **การเทคอนกรีตเข้าแบบหล่อและการอัดแน่น** จะมีอิทธิพลต่อกำลังของคอนกรีต เพราะ หากคอนกรีตเกิดการแยกตัวในขณะลำเลียง หรือเท จะมีผลทำให้กำลังของคอนกรีตมีค่าไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การทำให้คอนกรีตแน่นตัวหากทำได้ไม่เต็มที่ก็จะทำให้เกิดรูโพรงขึ้นในเนื้อนคอนกรีต มีผลทำให้กำลังของคอนกรีตมีค่าลดลงได้ หรือหากใช้วิธีทำให้คอนกรีตแน่นตัวที่ไม่เหมาะสม ก็สามารถทำให้เกิดการแยกตัวขึ้นในเนื้อคอนกรีตได้ ส่งผลให้กำลังของคอนกรีตมีค่าไม่สม่ำเสมอ

3. การบ่มคอนกรีต

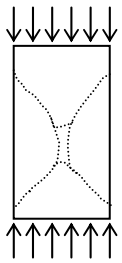
- **ความชื้น** จะมีอิทธิพลต่อกำลังของคอนกรีต เพราะปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันระหว่างปูนซีเมนต์และนั้นจะค่อยเป็นค่อยไป นับตั้งแต่ปูนซีเมนต์เริ่มผสมกับน้ำเป็ฯซีเมนต์เพสต์ และซีเมนต์เพสต์จะมีกำลังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้ามีความชื้นอยู่ตลอดเวลาถ้าซีเมนต์เพสต์ในคอนกรีตำม่มีความชื้นอยู่คอนกรีตก็จะไม่มีการเพิ่มกำลังอีกต่อไป ดังนั้นเมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวจึงควรทำการบ่มด้วยความชื้นทันที
- **อุณหภูมิ** ถ้าหากอุณหภูมิสูงในขณะบ่มก็จะทำให้อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตถูกเร่งให้เร็วขึ้น ทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงกว่าคอนกรีตที่ได้รับการบ่มในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า
- **เวลาที่ใช้ในการบ่ม** ถ้าหากสามารถบ่มคอนกรีตมีให้ชื้อนอยู่ตลอดเวลาได้ยิ่งนานเท่าใดก็จะยิ่งได้กำลังของคอนกรีตเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

การที่กำลังอัดไม่เป็นไปตามข้อกำหนด คือได้ค่าต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนดนี้ อาจมีสาเหตุมาจากหลายๆ ประการอันได้แก่

1. ใช้สัดส่วนผสมที่ไม่เหมาะสม
2. ควบคุมปริมาณน้ำไม่ดีพอ
3. ควบคุมปริมาณฟองอากาศไม่ดี
4. การผสมไม่ดีพอ
5. มีสารอินทรีย์ต่างๆ มาเกินข้อกำหนด
6. ใช้หินทรายที่สกปรก
7. ใช้น้ำยาผสมคอนกรีตที่ไม่มีประสิทธิภาพ
8. ไม่ได้ปรับความชื้นในมวลรวม
9. การอัดแน่นไม่ถูกต้อง
10. การบ่มไม่เพียงพอ
11. การลำเลียงและการทดสอบไม่ถูกต้อง
12. อุณหภูมิผันแปรไป

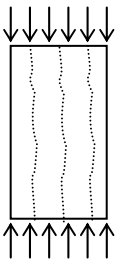
ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างคอนกรีต

ลักษณะการชำรุดแตกหักของก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่รับแรงอัด มักแตกออกเป็นรูปกรวยคู่ (Shear Failure) โดยมีปลายกรวยอยู่ที่กึ่งกลางของทรงกระบอก ดังแสดงในรูป(ก.) โดยเกิดจากการถูกเฉือนในระนาบที่เอียงกับแรงกด อันเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง วัสดุผสมและความเสียดทานภายใน ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่าง อาจเป็นการแตกแบบแยกออก(Spliting Failure)ดังรูป(ข.) หรืออาจเป็นการรวมของลักษณะการแตกของทั้ง 2 แบบ(Combination Shear and Spliting Failure)ดังรูป(ค.)



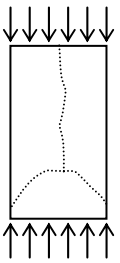
(ก.)

Shear or cone failure



(ข.)

Spliting or columnar failure



(ค.)

Combination Shear and Spliting Failure

2.จุดประสงค์

เพื่อหากำลังต้านทานแรงอัดของคอนครีต โดยใช้แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกตามมาตรฐานอเมริกัน หรือแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์มาตรฐานอังกฤษ

3.เครื่องมือทดสอบและวัสดุทดสอบ

เครื่องมือทดสอบ

1. แบบหล่อแท่งทดสอบ ตามมาตรฐานของอเมริกัน เป็นแบบหล่อรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 ± 0.75 มิลลิเมตร สูง 300 ± 3 มิลลิเมตร

2. แบบหล่อแท่งทดสอบ ตามมาตรฐานอังกฤษเป็นแบบหล่อรูปลูกบาศก์ มีขนาด 15 x15 x 15 ซม.

3. แท่งกระทุ้ง (Tamping rod) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร ปลายกลมมน

4. เครื่องเคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบ(Capping device) (ใช้เฉพาะแบบหล่อรูปทรงกระบอก)

ตัวอย่างทดลอง

1. แท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก จำนวน 6 แท่ง หรือแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปบาศก์ จำนวน 6 แท่ง

4.วิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

1. ประกอบแบบหล่อเข้าด้วยกัน ขันน๊อตให้ยึดแน่น ใช้ผ้าชุบน้ำมันทาภายในบาง ๆ เพื่อป้องกัน ไม่ให้คอนกรีตติดกับแบบ แล้วนำแบบหล่อนี้ไปวางบนพื้นราบ

2. เทคอนกรีตที่ผสมแล้ว (ตามส่วนผสมที่คำนวณได้) ใส่ลงในแบบหล่อโดยแบ่งใส่เป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นมีปริมาตรประมาณ 1/3 ของปริมาตรของแบบหล่อรูปทรงกระบอกกระทุ้งคอนกรีตชั้นละ 25 ครั้ง โดยใช้ด้านปลายมนของเหล็กกระทุ้งให้ทั่วพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตและให้ลึกเลยเข้าไปในคอนกรีตชั้นล่างเล็กน้อย ชั้นบนต้องใส่คอนกรีตให้สูงกว่าขอบแบบตลอดเวลาที่กระทุ้ง หลังจากนั้นปาดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ แล้วปิดด้วยกระจกหรือกระดาษอาบน้ำมันเพื่อป้องกันน้ำระเหยทิ้งไว้ 24 ชั่งโมง จึงถอดแบบหล่อออกแล้วนำแท่งคอนกรีตไปบ่มทันทีจนถึงเวลาที่ต้องการทดสอบ ปกติใช้เวลา 7 วัน และ 28 วัน

3. นำแท่งทดสอบมาทำความสะอาดเช็ดให้แห้ง แล้วทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการวัด 2 ครั้ง ในแนวตั้งฉากกัน พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักของแท่งทดสอบ

4. ทำการเคลือบผิวหน้าแท่งทดสอบ โดยใช้กำมะถันผสมผงแร่ (อัตราส่วน 3:1) ซึ่งนำมาหลอมที่อุณหภูมิ 180 – 210^{o} C จนกลายเป็นของเหลวเหนียว เทกำมะถันเหลวลงในแบบหล่อในปริมาณพอเหมาะ แล้วยกแท่งทดสอบ ลงในแบบหล่ออย่างระมัดระวังโดยใช้แท่งทดสอบอยู่ในแนวดิ่ง ตั้งฉากกับผิวหน้าเคลือบ การเคลือบควรทำให้บางที่สุดเท่าที่ทำได้ และไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้น (ใช้เฉพาะแบบหล่อรูปทรงกระบอก)

การทดสอบ

นำแท่งทดสอบที่เคลือบผิวหน้าแล้วมาติดตั้งเครื่อง Compressometer แล้วจึงยกไปวางบนแท่นกดสัมผัสหน้าแท่นทดสอบตั้งเกย์ Compressometer ไว้ที่ขีด 0 แล้วจึงเดินเครื่องอย่างสม่ำเสมอในอัตราประมาณ 1.43 – 3.47 กก./ซม.^{2} วินาที บันทึกค่าต่าง ๆ ไว้เพื่อนำไปพล๊อต Stress-Steain Curve ต่อไปเมื่อกดแท่งทดสอบจนถึง Yeild Point แล้ว ให้ถอดเครื่อง Compressmeter ออก แล้วค่อย ๆ เพิ่มน้ำหนักจนแตก บันทึกน้ำหนักสูงสุดที่แท่งทดสอบสามารถรับได้ และ Sketch ลักษณะการแตกแท่งทดสอบด้วย (ใช้เฉพาะแบบหล่อรูปทรงกระบอก)

5. การคำนวณ

1. กำลังอัดวัสดุ $\frac{P}{A}$

6. ตัวอย่างข้อมูลและผลการทดลอง

ขนาดใหญ่สุดของหิน	¾ นิ้ว (ประมาณ 20 มม.)
ชนิดของปูนซีเมนต์	Portland cement type 1
Water cement ratio	0.51
ค่าการยุบตัวของคอนกรีต	7.5 - 12.5
วันที่หล่อตัวอย่าง	31 กันยายน พ.ศ. 2546

หาหน่วยแรงอัดประลัย

ทรงกระบอก

ตัวอย่าง	อายุ (วัน)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	น้ำหนักกดสูงสุด(กก.)	หน่วยแรงอัดประลัย(กก./ซม)
1.	7	15.0	30.4	13.382	176.715	49500	280.11
2.	7	15.3	30.4	13.483	183.854	51250	278.75
3.	7	15.4	29.8	14.011	186.265	48000	257.70
4.	14	15.4	30.4	14.115	191.134	57300	307.63
5.	14	15.0	30.6	13.425	176.715	54250	307.00
6.	14	15.6	30.2	14.005	191.134	42100	220.30

ทรงลูกบาศก์

ตัวอย่าง	อายุ (วัน)	ขนาดหน้าตัด (ซม.)	ความสูง (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	น้ำหนักกดสูงสุด(กก.)	หน่วยแรงอัดประลัย(กก./ซม)
1.	7	15.2 x 15.3	15.4	8.602	232.56	67500	290.25
2.	7	14.2 x 15.6	15.5	8.507	221.52	55500	250.54
3.	7	15.0 x 15.5	15.5	8.649	232.50	65450	281.5
4.	14	15.4 x 15.4	30.4	8.80	237.16	64250	270.91
5.	14	15.8 x 15.5	30.6	8.72	244.90	81750	333.81
6.	14	16.8 x 15.5	30.2	9.22	260.40	81000	311.06

7.ตัวอย่างการคำนวณ

ทรงกระบอก

$$\frac{P}{A} = (49500/176.715) = 280.11$$

ทรงลูกบาศก์

$$\frac{P}{A} = (67500/232.56) = 290.25$$

การทดลองที่ 11

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ข้อมูลและผลการทดลอง

ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่..... ตรา.....

ขนาดใหญ่สุดของมวลหยาบ(หิน).....นิ้ว

Water Cement Ratio (w/c).....

ค่าการยุบตัว (Slump Test) ของคอนกรีต.....เซนติเมตร

วันที่ทำการหล่อตัวอย่างทดสอบ.....

ก. การหาค่าหน่วยแรงอัดประลัย

COMPRESSION TEST OF CONCRETE

FOR: TESTED BY:
PROJECT: REF NO.:
SAMPLE: DATE:

No.	Diameter			Height	Weight	Age	Ultimate	Ultimate	Remarks
	1	2	Averrage	(cm.)	(kg.)	(day)	(kg.)	(kg.)	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

ข. การหาค่า Stress – Strain Curve

Load		Dial Gauge	Specimen No.		Specimen No.	
Kg.	Lb.	x 10^{-4} in	Stress x 10^{-4} in	Strain x 10^{-4} in	Stress x 10^{-4} in	Strain x 10^{-4} in

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....