ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ

METERIALS TESTING LABORATORY

ดร. ทวีชัย สำราญวานิช

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

2548

คำนำ

คู่มือปฏิบัติการทดสอบวัสดุนี้ได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชา 520331 ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับนิสิตทั้งภาคปกติและภาคพิเศษได้ใช้เรียนในการทดลองปฏิบัติการทดสอบวัสดุต่อไป

ทวีชัย สำราญวานิช

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

หลักเกณฑ์การปฏิบัติการทดลองของนิสิต การเขียนรายงานและการประเมินผล

การทดลองที่

M1 การทดสอบแรงดึงของลวดอัดแรง สลิงลวดอัดแรงและลวดตะแกรง (Tension test of PC wire, PC strand and wire mesh)

M2 การทดสอบแรงดึงของเหล็กเสริม (Tension test of reinforcing steel)

M3 การทดสอบแรงอัดของไม้ (Compression test of wood)

M4 การทดสอบแรงอัดของเหล็กรูปพรรณ (Compression test of structural steel)

M5 การทดสอบแรงดัดของไม้ (Flexure test of wood)

M6 การทดสอบแรงดัดของเหล็กรูปพรรณ (Flexure test of structural steel)

M7 การทดสอบแรงอัดและการดูดซึมของอิฐ (Compression and absorption test of brick)

M8 การทดสอบแรงดึงและการฉีกของไม้ (Tension and cleavage test of wood)

M9 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของไม้ (Shear strength test of wood)

M10 การทดสอบการกระแทกต่อไม้ (Impact test of wood)

M11 การทดสอบการถอนของรอยต่อสลักเกลียวกับไม้ (Test of timber bolted joint)

M12 การทดสอบการถอนของตะปู (Nail withdrawal test)

หลักเกณฑ์การปฏิบัติการทดลองของนิสิต การเขียนรายงานและการประเมินผล

1. หลักเกณฑ์ในการปฏิบัติการทดลองของนิสิต

1.1 นิสิตทุกคนต้องมีคู่มือปฏิบัติการทดสอบวัสดุ

1.2 นิสิตต้องทำปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่มตามที่อาจารย์กำหนดให้ โดยนิสิตต้องศึกษารายละเอียดการทดลองล่วงหน้าก่อนวันที่ทำการทดลอง

1.3 นิสิตต้อง**เข้าทำปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองครบทุกปฏิบัติการ**

1.4 นิสิตทุกคนต้องบันทึกผลการทดลองที่ได้ให้ครบถ้วน ตามที่หนังสือคู่มือปฏิบัติการการทดลองระบุ

1.5 นิสิตต้องทำปฏิบัติการทดลองด้วยความระมัดระวัง และปฏิบัติตามคำแนะนำที่อาจารย์และเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิคอย่างเคร่งครัด

1.6 นิสิตต้อง**ส่งรายงานผลปฏิบัติการภายใน 1 อาทิตย์หลังจากวันที่ทำการทดลองเสร็จ** ยกเว้นกรณีที่อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการได้กำหนดเป็นอย่างอื่น หากส่งช้ากว่ากำหนด นิสิตจะถูกตัดคะแนนวันละ 1 คะแนน

2. การเขียนรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง

นิสิตทุกคนต้องส่งรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง โดย**รายงานทุกเล่มให้นิสิตเขียนด้วยลายมือตนเองเท่านั้น (ห้ามพิมพ์ส่ง)** และต้องเขียนด้วยลายมือที่อ่านง่ายและชัดเจน กระดาษที่ใช้เขียนให้ใช้กระดาษขนาด A4 รายงานแต่ละเล่มต้องเย็บเล่มด้านข้างให้เรียบร้อย และประกอบด้วยหัวข้อเรียงตามลำดับดังนี้

1. ปกหน้า

ให้ใช้หน้าแรกของแต่ละการทดลองในปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ซึ่งนิสิตต้องกรอกชื่อ-สกุล รหัสประจำตัวนิสิต กลุ่ม วันที่ทำการทดลอง วันที่ส่งรายงาน และอาจารย์ผู้ควบคุมและตรวจรายงานให้ครบถ้วน

2. วัตถุประสงค์ของการทดลอง (Objectives) วัสดุ (Materials) และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (Equipment)

ในส่วนนี้อยู่ในหน้าแรกของแต่ละการทดลองในปฏิบัติการเทคโนโลยีคอนกรีตให้ถ่ายเอกสารมาประกอบรายงาน หากนิสิตมีข้อมูลเพิ่มเติม เช่น อุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มเติม ให้ระบุเพิ่มเติมด้วย

3. วิธีการทดสอบ (Testing procedure)

วิธีการทดสอบแสดงอยู่ในแต่ละการทดลองในปฏิบัติการเทคโนโลยีคอนกรีต ให้ถ่ายเอกสารประกอบรายงาน

4. ผลการทดลอง (Results)

ให้แสดงผลการทดลองตามตารางหรือบันทึกที่ให้ไว้ในคู่มือปฏิบัติการ โดยนิสิตต้องถ่ายเอกสารตารางบันทึกผลการทดลองจากคู่มือปฏิบัติการและใส่ผลการทดลองให้ครบถ้วน และในกรณีที่ต้องมีการแสดงผลการทดลองด้วยกราฟ **นิสิตต้องสร้างกราฟด้วยมือเท่านั้น** โดยให้ใช้กระดาษกราฟเท่านั้น ห้ามใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างกราฟและพิมพ์ออกมา

<u>การแสดงผลด้วยกราฟ</u>

การแสดงผลด้วยกราฟช่วยให้ผู้อ่านสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ได้ง่ายขึ้น กระดาษกราฟที่ใช้กันในด้านวิศวกรรมศาสตร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ กระดาษกราฟแบบธรรมดา (Linear graph paper) และกระดาษกราฟแบบกึ่งล็อค (Simi-log paper) การแสดงผลด้วยกราฟมีข้อพึงปฏิบัติดังนี้

3.1 เลือกมาตราส่วนบนแกนทั้งสองของกราฟให้เหมาะสม ค่าที่จุดตัดระหว่างแกนตั้งและแกนนอนไม่จำเป็นต้องเป็นศูนย์เสมอไป อาจจะเริ่มจากค่าใดๆ ได้ตามแต่จะเห็นควร เพื่อที่จะได้เส้นกราฟที่อ่านง่ายและชัดเจน นอกจากนี้ค่าเริ่มแรกบนแกนทั้งสองไม่จำเป็นต้องเท่ากัน แต่ต้องเขียนตัวเลขกำกับให้ชัดเจน

3.2 กราฟทุกกราฟต้องมี ชื่อของกราฟเพื่อแสดงรายละเอียดของกราฟนั้นเสมอ

3.3 นิสิตต้องแสดงค่าที่ได้จากการทดสอบลงบนกราฟเป็นจุดต่างๆ จากนั้นจึงลากเส้นที่เข้าได้ดีที่สุด (Best fit) ผ่านจุดเหล่านั้น โดยอาจจะเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งแล้วความสัมพันธ์ แต่ทุกเส้นต้องเป็นเส้นเรียบ (Smooth curve)

5. ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of calculation)

ตัวอย่างการคำนวณมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นิสิตแสดงถึงที่มาของผลลัพธ์ที่แสดงในตารางต่างๆ การแสดงตัวอย่างการคำนวณจะต้องเรียงตามลำดับก่อนหลังตามที่ใช้ในการคำนวณจริง พร้อมทั้งแสดงสมการที่ใช้ในการคำนวณตลอดต้องแสดงหน่วยให้ถูกต้องและชัดเจน และต้องเป็นระบบหน่วยเดียวกันตลอดในรายงาน

6. อภิปรายผลการทดลอง (Discussion)

นิสิตต้องอภิปรายผลการทดลองได้ว่าผลที่ได้มีความถูกต้องเพียงใด และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการทดลองมีอะไรบ้าง ในการอภิปรายผลนั้นนิสิตต้องค้นคว้าความรู้จากหนังสืออื่นๆ เพิ่มเติม ตลอดจนใช้ความรู้และหลักทฤษฎีต่างๆ ที่ได้เรียนมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น และนิสิตต้องสามารถบอกได้ว่าผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิศวกรรมโยธาได้อย่างไรบ้าง

7. สรุปผลการทดลอง (Conclusion)

นิสิตต้องสรุปถึงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดว่า ได้อะไรบ้าง มีข้อสังเกตอะไรบ้าง เขียนให้สั้นและได้ใจความ การสรุปผลเป็นส่วนหนึ่งของรายงานที่สำคัญมาก เพราะบุคคลทั่วไปจะสนใจส่วนนี้ของรายงานก่อน และในรายงานที่มีบทคัดย่อ ผู้อ่านก็จะอ่านทั้งบทคัดย่อและบทสรุปก่อน เพื่อต้องการทราบว่าการทดสอบได้ผลอย่างไร และเมื่อพบจุดที่สนใจ จึงจะกลับไปดูรายละเอียด เช่น วิธีการทดสอบ การเตรียมตัวอย่าง และวิธีการทดสอบในส่วนอื่นๆ เป็นต้น

8. เอกสารอ้างอิง (Reference)

รายชื่อของเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่ใช้ประกอบการค้นคว้าเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติม จะต้องนำมารวบรวมไว้ในส่วนที่เป็นเอกสารอ้างอิง ซึ่งเป็นส่วนสุดท้าย รายละเอียดของเอกสารที่แต่ง การเขียนเอกสารอ้างอิง มีรูปแบบการเขียนสามารถศึกษาได้จาก หนังสือรายงานทั่วไป

3. การประเมินผล

ผลงานปฏิบัติการ จำนวนทั้งหมด 12 ครั้ง ครั้งละ 10 คะแนน รวมเป็น 120 คะแนน โดยพิจารณาจาก

- การทำปฏิบัติการ ความตั้งใจในการทำงาน และความตรงต่อเวลา
- รายงานผล โดยพิจารณาความถูกต้องของการทดลอง การคำนวณ การวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดลอง และการสรุปผลการทดลอง ตลอดจนการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสารอ้างอิงเพื่อประกอบในรายงาน และความตรงต่อเวลาในการส่งรายงาน

520331 ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ (Materials Testing Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อ-สกุลของนิสิต…… …รหัส ……กลุ่มที่…….

วันที่ทำการทดลอง……วันที่ส่งรายงาน……ตรวจโดย…… ……...

การทดลองที่ M1

การทดสอบแรงดึงของลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยว ลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียวและลวดตะแกรงเหล็ก

(Tension test of PC wire, PC strand and wire mesh)

วัตถุประสงค์ (Objectives)

เพื่อศึกษาพฤติกรรมและคุณสมบัติของลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยว ลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว และลวดตะแกรง ภายใต้แรงดึงโดยตรง จนกระทั่งถึงจุดวิบัติ

ตัวอย่างทดสอบ (Specimens)

ตัวอย่างทดสอบยาวประมาณ 100 เซนติเมตร ดังนี้

1. ลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยว (PC wire)
2. ลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว (PC strand)
3. ลวดตะแกรงเหล็ก (Wire mesh)

เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)

1. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine, UTM) ขนาด 150 ตัน ยี่ห้อ Instron

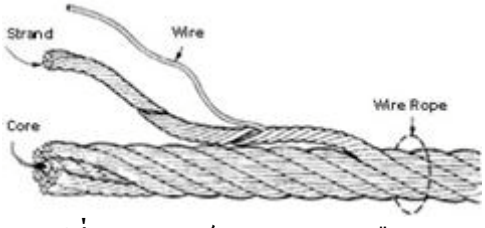
2. ตลับเมตร
3. ตาชั่งวัดน้ำหนัก

<u>เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง</u>

ลวดเหล็กอัดแรง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยว (PC wire) และลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว (PC strand) โดยลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียวได้มาจากการนำลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยวมาพันประกอบกันเป็นเกลียวเส้นรอบแกน และถ้านำเอาลวดอัดแรงชนิดตีเกลียวมามัดพันเกลียวจะได้เป็นเชือกลวด (Wire rope)

โครงสร้างของเชือกลวด (Wire rope)

เชือกลวด (Wire rope) ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ลวดเดี่ยว (Wire) ลวดตีเกลียว (Strand) และแกน (Core) ดังรูปที่ M1-1



รูปที่ M1-1 องค์ประกอบของเชือกลวด

จำนวนเส้นลวดของลวดตีเกลียวแต่ละเกลียวของเชือกลวดจะแตกต่างกัน ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยเชือกลวดจะระบุเป็น จำนวนเกลียวของลวดตีเกลียว และจำนวนลวดในลวดตีเกลียวแต่ละเกลียว เช่น 6x19 หมายถึง เชือกลวดเหล็กกล้าที่มีจำนวนลวดตีเกลียว 6 เกลียว และในแต่ละเกลียวจะประกอบด้วยลวดเหล็กจำนวน 19 เส้น

นอกจากนี้ขนาดของลวดตีเกลียวในแต่ละเกลียวมีทั้งที่มีขนาดเท่ากัน และต่างกัน โดยมีรูปแบบการใช้งานอยู่ 5 แบบใหญ่ๆ ดังนี้ (ดูรูปที่ M1-2)

1. Ordinary: เป็นแบบที่ลวดมีขนาดเท่ากันหมด ซึ่งการใช้งานที่นิยมที่สุดจะใช้ลวดเหล็ก 7 เส้นในลวดตีเกลียว 1 ขด (7-wire strand)

2. Seale (สัญลักษณ์ S): เป็นแบบที่ลวดตีเกลียว 2 ชั้นรอบแกน โดยขนาดของลวดในลวดตีเกลียวชั้นนอกจะใหญ่กว่าด้านใน เพื่อผลของความต้านทางการเสียดสี และขนาดลวดด้านในที่เล็กกว่าจะเพิ่มความสามารถในการยืดหยุ่น (Flexibility)

3. Warrington (สัญลักษณ์ W): เป็นแบบที่ลวดตีเกลียวมีทั้งขนาดใหญ่และเล็กรวมกันในชั้นนอกของลวดตีเกลียวส่วนชั้นในของลวดตีเกลียว ประกอบด้วยลวดขนาดเดียวกัน และมีจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนลวดชั้นนอก

4. Filler wire (สัญลักษณ์ Fi): เป็นแบบที่ลวดตีเกลียวทั้ง 2 ชั้นมีขนาดเท่ากัน โดยจำนวนลวดเหล็กชั้นนอกจะมากกว่าชั้นใน 2 เท่า และมีลวดเล็กๆ แทรกอยู่ในช่องว่างของทั้ง 2 ชั้น และมีจำนวนเท่ากับจำนวนลวดเหล็กชั้นใน

5. Combination: เป็นรูปแบบการตีเกลียวที่ผสมกันระหว่างแบบ Seale, Warrington และ Filler wire

Ordinary **Seale** **Warrington** **Filler wire**

Seale Filler Wire **Filler Wire Seale** **Warrington Seale** **Seale Warrington Seale**

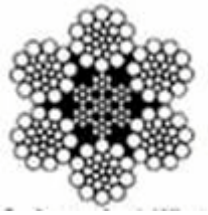
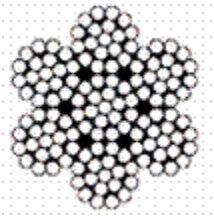
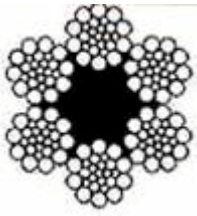
รูปที่ M1-2 รูปแบบของลวดตีเกลียว

สำหรับแกนของเชือกลวดเหล็กกล้าจะทำหน้าที่รักษารูปทรงของเชือกลวดเหล็กกล้าให้กลม และรักษาให้ลวดตีเกลียวอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมในระหว่างการใช้งาน ซึ่งส่วนใหญ่แกนที่เลือกใช้จะมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ ได้แก่ (ดูรูปที่ M1-3)

1. แกนที่เป็นเชือกลวดเหล็กกล้า (Independent wire rope core: IWRC) แกนที่เป็นเชือกลวดเหล็กกล้าจะเพิ่มความแข็งแรง ช่วยต้านทานต่อการกระแทก และต้านทานต่อความร้อนได้สูงที่สุด ซึ่งการใช้งาน IWRC จะใช้เป็นแกนขนาดเล็ก สำหรับผลิตเชือกลวดเหล็กกล้าขนาดใหญ่

2. แกนที่เป็นลวดตีเกลียว (Wire strand core: WSC) จะมีความต้านทานต่อความร้อนมากกว่าแกนที่เป็นไฟเบอร์ และเพิ่มความแข็งแรงให้กับเชือกลวดประมาณ 15% แต่ทำให้มีความยืดหยุ่นที่น้อยกว่าแกนที่เป็นไฟเบอร์

3. แกนที่เป็นไฟเบอร์ (Fiber core: FC) ส่วนใหญ่ใช้เป็น Polypropylene (PP) หรือ Polyvinylchloride (PVC) ซึ่งมีข้อได้เปรียบคือเพิ่มให้ความยืดหยุ่น (Flexibility) ให้สูงขึ้น และช่วยรองรับแรงค่าความเค้นที่เกิดจาก shock loads นอกจากนี้ยังป้องกันความเสียหายจากการกัดกร่อน (เนื่องจากไม่ดูดซับความชื้น) ผุ (rot) และทนต่อสภาพกรดหรือด่างอ่อนๆ ได้

Independent wire rope core (IWRC) **Wire strand core (WSC)** **Fiber core (FC)**

รูปที่ M1-3 รูปแบบแกนของเชือกลวด

รูปแบบการตีเกลียวของเชือกลวดเหล็กกล้า

การออกแบบลักษณะการตีเกลียวประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1. ทิศทางของการตีเกลียว (Lay direction for rope) โดยมีทั้งการตีเกลียวทางซ้าย และทางขวา

2. ทิศทางของลวดในลวดตีเกลียวแต่ละเกลียว (Type of rope lay) ซึ่งโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบตีเกลียวธรรมดา (Regular lay) และแบบแลงส์ (Lang lay)

2.1 แบบตีเกลียวธรรมดา (regular lay) ซึ่งลวดจะเรียงตัวตรงไปตามความยาวของเชือกลวดเหล็กกล้า (ลวดวางตัวในแนวที่ขวางกับทิศทางการตีเกลียว) การเรียงตัวแบบนี้ทำให้มีโอกาสเกิดรอยแตก (kiln) น้อย และมีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายจากแรงกระชาก หรือการบิดตัวก็จะน้อยด้วย เชือกลวดเหล็กกล้าแบบนี้ถูกนำไปใช้งานหลากหลายที่สุด โดยจะมีความสามารถต้านทานต่อแรงกด (Crushing) มากกวางแบบแลงส์ และจะไม่มีการบิดตัวในขณะที่ใช้งานภายใต้แรงกระทำที่รุนแรง เมื่อปลายข้างหนึ่งของเชือกลวดไม่ได้ถูกยึดให้อยู่กับที่

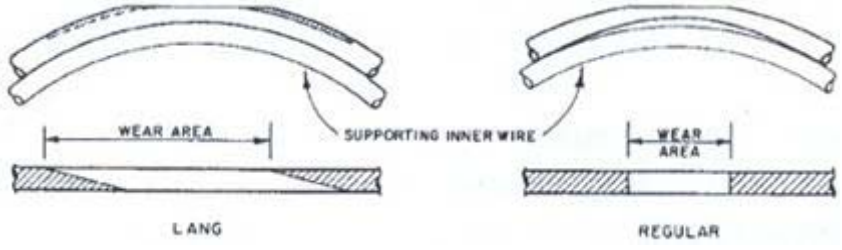
Right regular lay **Left regular lay**

รูปที่ M1-4 ทิศทางของลวดตีเกลียวในเชือกลวดแบบตีเกลียวธรรมดา

2.2 แบบแลงส์ (Lang lay) ซึ่งลวดจะเรียงตัวทำมุมขวางกับแนวตามยาวของเชือกลวด (ลวดวางในแนวเดียวกับทิศทางของการตีเกลียว) เชือกลวดเหล็กกล้าแบบนี้มีข้อได้เปรียบที่สำคัญ 2 ประการ คือ จะมีความต้านทานต่อความล้า และการสึกหรอจากจากเสียดสีในขณะใช้งานที่ดีกว่าเชือกลวดเหล็กกล้าแบบธรรมดา (Regular lay) และเนื่องจากบริเวณพื้นที่ผิวของลวดเหล็กแต่ละเส้นมีมากกว่า ดังนั้นเวลาที่อยู่ภายใต้สภาวะการใช้งานที่เชือกลวดเหล็กกล้าต้องถูกดัดโค้ง จึงมีแรงดัดโค้งมากระทำน้อยกว่า ดังนั้นจะพบว่าเชือกลวดเหล็กกล้าแบบแลงส์จะมีความยืดหยุ่นดีกว่า และมีอายุการใช้งานภายใต้สภาวะที่มีแรงดัดโค้งมากระทำเป็นหลัก ได้นานกว่าแบบธรรมดา (Regular lay) ได้ประมาณ 15-20% แต่มีโอกาสที่เกิดรอยแตก (Kiln) มากกว่า และทนต่อแรงกระแทกได้น้อยกว่าแบบธรรมดา

Right lang lay **Left lang lay**

รูปที่ M1-5 ทิศทางของลวดตีเกลียวในเชือกลวดแบบแลงส์



รูปที่ M1-6 พื้นที่สึกหรอระหว่างการใช้งานเชือกลวดเหล็กกล้าแบบ Regular lay และแบบ Lang lay

<u>วิธีการทดลอง (Testing procedure)</u>

<u>ตอนที่ 1</u> การทดสอบแรงดึงของลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยว (PC wire)

1. ทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักของตัวอย่างลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยวให้เรียบร้อย จากนั้นนำตัวอย่างติดตั้งบนเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM) ที่รูปแบบการทดสอบเป็นแบบแรงดึง (Tension mode) โดยยึดตัวอย่างให้แน่นด้วยหัวยึดจับไฮดรอลิกส์ทั้งด้านบนและด้านล่าง และมีระยะห่างระหว่างหัวยึดจับประมาณ 50-70 เซนติเมตร จากนั้นทำการวัดความยาวของตัวอย่างระหว่างหัวยึดจับ (Gauge length of PC wire)
2. ทำการดึงตัวอย่าง โดยการควบคุมอัตราการดึง 10 มิลลิเมตรต่อนาที (Displacement control) สังเกตลักษณะของตัวอย่างในขณะที่รับแรงดึงจนกระทั่งตัวอย่างถึงจุดวิบัติ (ตัวอย่างขาดออกจากกัน)
3. บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load) ที่จุดวิบัติ และวัดความยาวของตัวอย่างที่ขาดและนำมาต่อกันด้วยตลับเมตร
4. นำค่าแรงดึง (Load) และระยะการยืดตัว (Deformation) ของตัวอย่างที่ได้จากบันทึกด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ไปพล๊อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain) ต่อไป

<u>ตอนที่ 2</u> ทดสอบแรงดึงของลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว (PC strand)

1. วาดภาพแสดงลักษณะของลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว และสังเกตลักษณะการพันลวด
2. ทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักของตัวอย่างลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียวให้เรียบร้อย จากนั้นนำตัวอย่างติดตั้งบนเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM) ที่รูปแบบการทดสอบเป็นแบบแรงดึง (Tension mode) โดยยึดตัวอย่างให้แน่นด้วยหัวยึดจับไฮดรอลิกส์ทั้งด้านบนและด้านล่าง และมีระยะห่างระหว่างหัวยึดจับประมาณ 50-70 เซนติเมตร จากนั้นทำการวัดความยาวของตัวอย่างระหว่างหัวยึดจับ (Gauge length of PC strand)
3. ทำการดึงตัวอย่าง โดยการควบคุมอัตราการดึง 10 มิลลิเมตรต่อนาที (Displacement control) สังเกตลักษณะของตัวอย่างในขณะที่รับแรงดึง บันทึกค่าแรงดึงที่ลวดเส้นแรกขาด และสังเกตตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างถึงจุดวิบัติ (ตัวอย่างขาดออกจากกัน)
4. บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load) ที่จุดวิบัติ และวัดความยาวของตัวอย่างที่ขาดและนำมาต่อกันด้วยตลับเมตร

<u>ตอนที่ 3</u> ทดสอบแรงดึงของลวดตะแกรงเหล็ก (Wire mesh)

1. ทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักของตัวอย่างลวดตะแกรงเหล็กให้เรียบร้อย (ได้จากตะแกรงเหล็ก) จากนั้นนำตัวอย่างติดตั้งบนเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM) ที่รูปแบบการทดสอบ

เป็นแบบแรงดึง (Tension mode) โดยยึดตัวอย่างให้แน่นด้วยหัวยึดจับไฮดรอลิกส์ทั้งด้านบนและด้านล่าง และมีระยะห่างระหว่างหัวยึดจับประมาณ 50-70 เซนติเมตร จากนั้นทำการวัดความยาวของตัวอย่างระหว่างหัวยึดจับ (Gauge length of wire mesh)

2. ทำการดึงตัวอย่าง โดยการควบคุมอัตราการดึง 10 มิลลิเมตรต่อนาที (Displacement control) สังเกตลักษณะของตัวอย่างในขณะที่รับแรงดึงจนกระทั่งตัวอย่างถึงจุดวิบัติ (ตัวอย่างขาดออกจากกัน)
3. บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load) ที่จุดวิบัติ และวัดความยาวของตัวอย่างที่ขาดและนำมาต่อกันด้วยตลับเมตร
4. นำค่าแรงดึง (Load) และระยะการยืดตัว (Deformation) ของตัวอย่างที่ได้จากบันทึกด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ไปพล๊อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain) ต่อไป

ผลการทดลอง (Results)

1. การทดสอบแรงดึงของลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยว

วันที่ทำการทดลอง (Date of test) ……..

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen), L	m
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง (Diameter of specimen), D	cm
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง (Cross sectional area of specimen), $A_t = \pi D^2/4$	cm^2
น้ำหนักของตัวอย่าง (Weight of specimen), W	kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weight per length), W/L	kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge length before test), L_i	cm
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge length after test), L_f	cm
ค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load), P_{tu}	KN
รูปลักษณะการชำรุดของตัวอย่าง และตำแหน่งการชำรุด	
หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength), $\sigma_{tu} = P_{tu} / A_t$	kg/cm^2
หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain), $\varepsilon_{tu} = (L_f-L_i) /L_i = \Delta /L_i$	
ร้อยละการยืด (Percentage of elongation), $(L_f-L_i) /L_i * 100 = \Delta /L_i * 100$	%

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

แรงดึง (Tensile force), kg	ระยะยืด (Elongation length), cm	หน่วยแรงดึง (Tensile stress), kg/cm^2	หน่วยการยืด (Tensile strain)

2. การทดสอบแรงดึงของลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว

วันที่ทำการทดลอง (Date of test) ……..

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

จำนวนลวดในมัดเกลียว (Number of wires in strand), N	เส้น
ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen), L	m
เส้นผ่านศูนย์กลางปรากฏ (Nominal diameter) ของลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยวเส้นเดียว, D	cm
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างลวดเหล็กอัดแรงชนิดเกลียวที่ได้จากผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยวทั้งหมด $A_{tN} = (\pi D^2/4) \times N$	cm^2
น้ำหนักของตัวอย่าง (Weight of specimen), W	kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weight per length), W/L	kg/m
ค่าแรงดึงเมื่อมีการขาดของลวดเส้นแรก (Load when the first wire breaks)	KN
ค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load), P_{tu}	KN
รูปลักษณะการชำรุดของตัวอย่าง และตำแหน่งการชำรุด	
หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength), $\sigma_{tu} = P_{tu} / A_{tN}$	kg/cm^2
ประสิทธิภาพของลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว (Efficiency of PC strand)	%

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……………………………..

แรงดึง (Tensile force), kg	ระยะยืด (Elongation length), cm	หน่วยแรงดึง (Tensile stress), kg/cm^2

3. การทดสอบแรงดึงของลวดตะแกรงเหล็ก

วันที่ทำการทดลอง (Date of test) ……..

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen), L	m
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง (Diameter of specimen), D	cm
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง (Cross sectional area of specimen), $A_t = \pi D^2/4$	cm^2
น้ำหนักของตัวอย่าง (Weight of specimen), W	kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weight per length), W/L	kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge length before test), L_i	cm
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge length after test), L_f	cm
ค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load), P_{tu}	KN
รูปลักษณะการชำรุดของตัวอย่าง และตำแหน่งการชำรุด	
หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength), $\sigma_{tu} = P_{tu} / A_t$	Kg/cm^2
หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain), $\varepsilon_{tu} = (L_f - L_i) / L_i = \Delta / L_i$	
ร้อยละการยืด (Percentage of elongation), $(L_f - L_i) / L_i * 100 = \Delta / L_i * 100$	%

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

แรงดึง (Tensile force), kg	ระยะยืด (Elongation length), cm	หน่วยแรงดึง (Tensile stress), kg/cm^2	หน่วยการยืด (Tensile strain)

ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of calculation)

1. การทดสอบแรงดึงของลวดเหล็กอัดแรงชนิดเดี่ยว

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง, D …… cm

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง, A_t …… cm^2

ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง, L_i …… cm

ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง, L_f …… cm

หน่วยแรงดึง (Tensile stress) และหน่วยการยืด (Tensile strain) ที่แรงดึงหนึ่งๆ

พิจารณาที่ แรงดึง = …… kg

หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength)

พิจารณาที่ แรงดึงสูงสุด = …… kg

หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain)

พิจารณาที่ ระยะยืดสูงสุด = …… cm

2. การทดสอบแรงดึงของลวดเหล็กอัดแรงชนิดตีเกลียว

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง, A_{tN} …… cm^2

หน่วยแรงดึง (Tensile stress) และหน่วยการยืด (Tensile strain) ที่แรงดึงหนึ่งๆ

พิจารณาที่ แรงดึง = …… kg

หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength)

พิจารณาที่ แรงดึงสูงสุด = …… kg

ประสิทธิภาพของลวดเหล็กอัดแรงชนิดที่เกลียว (Efficiency of PC strand)

3. การทดสอบแรงดึงของลวดตะแกรงเหล็ก

ชื่อตัวอย่าง (Specimen name) ……..

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง, D …… cm

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง, A_t …… cm^2

ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง, L_i …… cm

ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง, L_f …… cm

หน่วยแรงดึง (Tensile stress) และหน่วยการยืด (Tensile strain) ที่แรงดึงหนึ่งๆ

พิจารณาที่ แรงดึง = …… kg

หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength)

พิจารณาที่ แรงดึงสูงสุด = …… kg

หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain)

พิจารณาที่ ระยะยืดสูงสุด = …… cm

วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

520331 ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ (Materials Testing Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อ-สกุลของนิสิต…… …รหัส ……กลุ่มที่…….

วันที่ทำการทดลอง……วันที่ส่งรายงาน……ตรวจโดย…… ……...

การทดลองที่ M2

การทดสอบแรงดึงของเหล็กเสริม

(Tension test of reinforcing steel)

<u>วัตถุประสงค์ (Objectives)</u>

เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมและคุณสมบัติเหล็กเสริมภายใต้แรงดึง ณ ช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ช่วงพลาสติก (Inelastic) จุดประลัย (Ultimate) และจุดวิบัติ (Failure)

<u>ตัวอย่างทดสอบ (Specimens)</u>

ตัวอย่างทดสอบยาวประมาณ 100 เซนติเมตร ดังนี้

1. เหล็กกลม (Round bar, RB) ชั้นคุณภาพ SR24
2. เหล็กข้ออ้อย (Deformed bar, DB) ชั้นคุณภาพ SD30 หรือ SD40

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)</u>

1. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine, UTM) ขนาด 150 ตัน ยี่ห้อ Instron

2. ตลับเมตร
3. ตาชั่งวัดน้ำหนัก

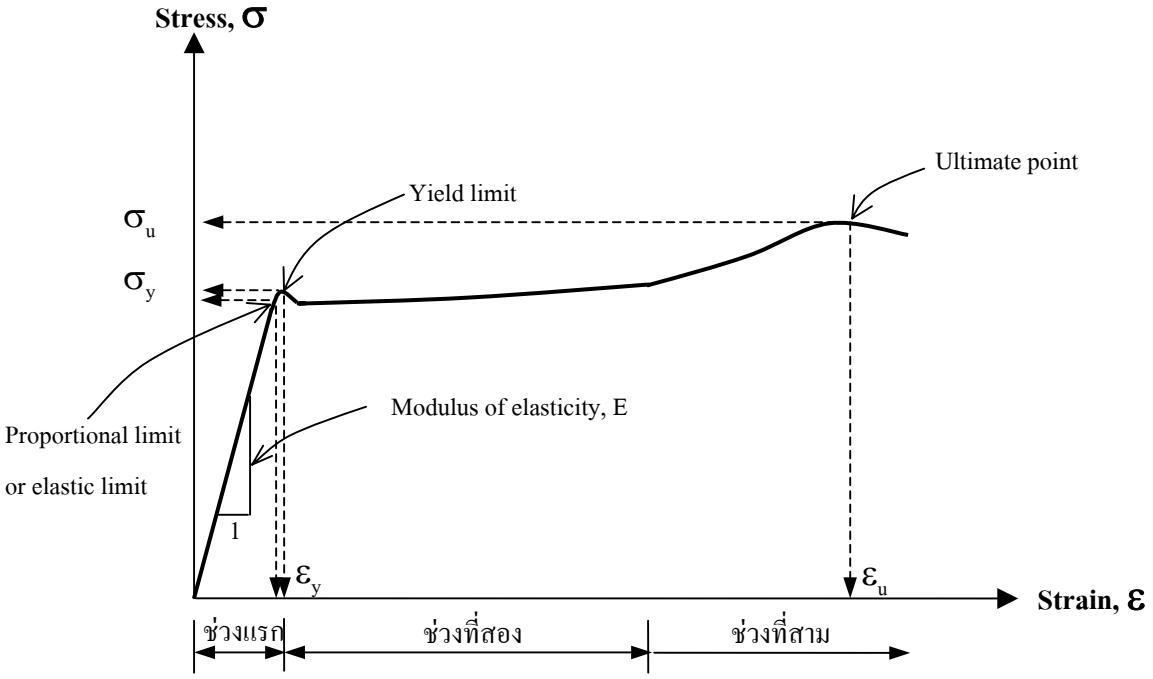
<u>เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง</u>

เหล็กเสริมเป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญที่ใช้ก่อสร้างเป็นองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก เหล็กเสริมมีความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดึงได้เท่ากัน ดังนั้นในการทดสอบเชิงกลต่างๆ เกี่ยวกับเหล็กเสริมจึงมักทดสอบโดยการดึง

ในการทดสอบโดยการดึงเหล็กเสริม ในขณะที่เกิดความเค้นดึง (Tensile stress) ตัวอย่างทดสอบจะยืดออกไปเรื่อยๆ ตามขนาดของความเค้นที่เพิ่มขึ้น ระยะที่ยืดออกต่อหน่วยความยาวเดิมของตัวอย่างเราเรียกว่า ความเครียดดึง (Tensile strain)

ความเค้น (Stress, σ) = แรงดึง / พื้นที่หน้าตัด = P/A

ความเครียด (Strain, ε) = ระยะยืด / ความยาวตั้งต้น = ΔL/L



รูปที่ M2-1 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Stress กับ Strain ของเหล็กเสริม

ในการทดสอบโดยการดึงในขณะที่เกิดความเค้นดึง ตัวอย่างทดสอบจะยืดออกไปเรื่อยๆ ตามขนาดของความเค้นที่เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด แสดงได้ในกราฟ ความเค้น(แกนตั้ง) กับความเครียด (แกนนอน) ข้างต้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ช่วงแรก ความสัมพันธ์จะเป็นสัดส่วนโดยตรง ขอบเขตความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด ในช่วงที่เป็นเส้นตรงอยู่เรียกว่า พิกัดเส้นตรง (Proportional limit) และในช่วงนี้เหล็กเสริมมีคุณสมบัติเป็นวัสดุยืดหยุ่น (Elastic) ซึ่งหมายถึงไม่มีการเสียรูปถาวรเกิดขึ้น ค่าความเค้นสูงสุดของช่วงยืดหยุ่นนี้เกิดขึ้นที่พิกัดยืดหยุ่น (Elastic limit) และค่าความชันของกราฟในช่วงนี้คือ โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)

ช่วงที่สอง เมื่อความเค้นสูงกว่าพิกัดเส้นตรง เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดจะไม่เป็นเส้นตรง โดยความเครียดจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าเดิม และที่จุดๆ หนึ่ง ความเครียดเพิ่มขึ้นในขณะที่ความเค้นไม่เพิ่มขึ้นเลย ตำแหน่งดังกล่าวเรียกว่า จุดคราก (Yield point) และความเค้นดังกล่าวเรียกว่า ความเค้นคราก (Yield stress)

ช่วงที่สาม เมื่อความเค้นเพิ่มขึ้นถึงจุดครากและแรงดึงยังคงกระทำต่อไปความเครียดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และถึงระดับค่าหนึ่งความเค้นจะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งเรียกพฤติกรรมนี้ว่า แกร่งขึ้นด้วยความเครียด (Strain hardening) ให้แรงกระทำต่อไปความเค้นจะเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ซึ่งมีค่าสูงสุดเรียกว่า กำลังประลัย (Ultimate strength) ในการตัวอย่างจะเกิดคอคอดและขาดออกจากกันในตำแหน่งดังกล่าว

<u>วิธีการทดลอง (Testing procedure)</u>

1. ทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนักของตัวอย่างเหล็กเสริมให้เรียบร้อย จากนั้นนำตัวอย่างติดตั้งบนเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM) ที่รูปแบบการทดสอบเป็นแบบแรงดึง (Tension mode) โดยยึดตัวอย่างให้แน่นด้วยหัวยึดจับไฮดรอลิกส์ทั้งด้านบนและด้านล่าง และมีระยะห่างระหว่างหัวยึดจับประมาณ 50-70 เซนติเมตร จากนั้นทำการวัดความยาวของตัวอย่างระหว่างหัวยึดจับ (Gauge length of reinforcing steel)
2. ทำการดึงตัวอย่าง โดยการควบคุมอัตราการดึง 10 มิลลิเมตรต่อนาที (Displacement control) สังเกตลักษณะของตัวอย่างในขณะที่รับแรงดึงจนกระทั่งตัวอย่างถึงจุดวิบัติ (ตัวอย่างขาดออกจากกัน)
3. บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load) ที่จุดวิบัติ และวัดความยาวของตัวอย่างที่ขาดและนำมาต่อกันด้วยตลับเมตร
4. นำค่าแรงดึง (Load) และระยะการยืดตัว (Deformation) ของตัวอย่างที่ได้จากบันทึกด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ไปพล๊อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain) ต่อไป และหาค่าโมดูลัสการยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ด้วย

<u>ผลการทดลอง (Results)</u>

วันที่ทำการทดลอง (Date of test) ……..

ชื่อตัวอย่างของ **เหล็กกลม** ……..

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen), L	m
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างก่อนการทดสอบ, D_i	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างหลังการทดสอบ, D_f	cm
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนการทดสอบ, $A_i = \pi D_i^2/4$	cm^2
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างหลังการทดสอบ, $A_f = \pi D_f^2/4$	cm^2
น้ำหนักของตัวอย่าง (Weight of specimen), W	kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weight per length), W/L	kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge length before test), L_i	cm
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge length after test), L_f	cm
ค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load), P_{tu}	KN
รูปลักษณะการชำรุดของตัวอย่าง และตำแหน่งการชำรุด	
หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength), $\sigma_{tu} = P_{tu} / A_t$	kg/cm^2
หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain), $\varepsilon_{tu} = (L_f-L_i) /L_i = \Delta /L_i$	
ร้อยละการยืด (Percentage of elongation), $(L_f-L_i) /L_i * 100 = \Delta /L_i * 100$	%
ร้อยละการลดลงของพื้นที่หน้าตัด (Percentage of area reduction), $(A_i-A_f) /A_i * 100$	%

ชื่อตัวอย่าง ……………………………..

แรงดึง (Tensile force), kg	ระยะยืด (Elongation length), cm	หน่วยแรงดึง (Tensile stress), kg/cm^2	หน่วยการยืด (Tensile strain)

วันที่ทำการทดลอง (Date of test) ……..

ชื่อตัวอย่างของ **เหล็กข้ออ้อย** ……..

ความยาวของตัวอย่าง (Length of specimen), L	m
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างก่อนการทดสอบ, D_i	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างหลังการทดสอบ, D_f	cm
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนการทดสอบ, $A_i = \pi D_i^2/4$	cm^2
พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างหลังการทดสอบ, $A_f = \pi D_f^2/4$	cm^2
น้ำหนักของตัวอย่าง (Weight of specimen), W	kg
น้ำหนักต่อความยาวของตัวอย่าง (Weight per length), W/L	kg/m
ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบแรงดึง (Gauge length before test), L_i	cm
ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบแรงดึง (Gauge length after test), L_f	cm
ค่าแรงดึงสูงสุด (Maximum load), P_{tu}	KN
รูปลักษณะการชำรุดของตัวอย่าง และตำแหน่งการชำรุด	
หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength), $\sigma_{tu} = P_{tu} / A_t$	kg/cm^2
หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain), $\varepsilon_{tu} = (L_f-L_i)/L_i = \Delta/L_i$	
ร้อยละการยืด (Percentage of elongation), $(L_f-L_i)/L_i * 100 = \Delta/L_i * 100$	%
ร้อยละการลดลงของพื้นที่หน้าตัด (Percentage of area reduction), $(A_i-A_f)/A_i * 100$	%

ชื่อตัวอย่าง ……………………………..

แรงดึง (Tensile force), kg	ระยะยืด (Elongation length), cm	หน่วยแรงดึง (Tensile stress), kg/cm^2	หน่วยการยืด (Tensile strain)

<u>ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of calculation)</u>

ชื่อตัวอย่าง **เหล็กกลม** ……..

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างก่อนทดสอบ, D_i …… cm

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างหลังทดสอบ, D_f …… cm

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ, A_i …… cm^2

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างหลังทดสอบ, A_f …… cm^2

ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบ, L_i …… cm

ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบ, L_f …… cm

<u>หน่วยแรงดึง (Tensile stress) และหน่วยการยืด (Tensile strain) ที่แรงดึงหนึ่งๆ</u>

พิจารณาที่ แรงดึง = …… kg

<u>หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength)</u>

พิจารณาที่ แรงดึงสูงสุด = …… kg

<u>หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain)</u>

พิจารณาที่ ระยะยืดสูงสุด = …… cm

<u>ร้อยละการยืด (Percentage of elongation)</u>

<u>ร้อยละการลดลงของพื้นที่หน้าตัด (Percentage of area reduction)</u>

<u>โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)</u>

ชื่อตัวอย่าง **เหล็กข้ออ้อย** ……..

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างก่อนทดสอบ, D_i …… cm

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างหลังทดสอบ, D_f …… cm

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างก่อนทดสอบ, A_i …… cm^2

พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างหลังทดสอบ, A_f …… cm^2

ช่วงความยาวของตัวอย่างก่อนทดสอบ, L_i …… cm

ช่วงความยาวของตัวอย่างหลังทดสอบ, L_f …… cm

<u>หน่วยแรงดึง (Tensile stress) และหน่วยการยืด (Tensile strain) ที่แรงดึงหนึ่งๆ</u>

พิจารณาที่ แรงดึง = …… kg

<u>หน่วยแรงดึงสูงสุด (Tensile strength)</u>

พิจารณาที่ แรงดึงสูงสุด = …… kg

<u>หน่วยการยืดสูงสุด (Ultimate tensile strain)</u>

พิจารณาที่ ระยะยืดสูงสุด = …… cm

<u>ร้อยละการยืด (Percentage of elongation)</u>

<u>ร้อยละการลดลงของพื้นที่หน้าตัด (Percentage of area reduction)</u>

<u>โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)</u>

วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

520331 ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ (Materials Testing Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อ-สกุลของนิสิต…… …รหัส ……กลุ่มที่…….

วันที่ทำการทดลอง……วันที่ส่งรายงาน……ตรวจโดย…… ……...

การทดลองที่ M3

การทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากและขนานเสี้ยน

(Compression test of wood in perpendicular and parallel to grain)

<u>วัตถุประสงค์ (Objectives)</u>

เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของไม้ภายใต้แรงอัดทั้งในแนวตั้งฉากกับเสี้ยน (Perpendicular to the grain) และในแนวขนานเสี้ยน (Parallel to the grain) ดังนี้

1. ความแข็งแรงยืดหยุ่น (Elastic strength)
   1.1 ขอบเขตพิกัดเส้นตรง (Proportional limit)
   1.2 จุดคลาก (Yield point)
2. โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)

<u>ตัวอย่างทดสอบ (Specimens)</u>

ตัวอย่างไม้ทรงปริซึม ที่มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง หนึ่งๆ

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)</u>

1. เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression machine) ขนาด 300 ตัน

2. เวอร์เนียร์ (Vernier)
3. เครื่องวัดการเสียรูป (Dial gauge)
4. ตาชั่งวัดน้ำหนัก
5. แผ่นเหล็ก (Steel plate)

<u>เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง</u>

ไม้ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยแบบท่อกลวง ซึ่งเรียงซ้อนกันอยู่ ความแข็งแรงของไม้ในแนวต่างๆ จึงไม่เท่ากัน ไม้จะทนแรงอัดในแนวขนานกับเสี้ยน (Compression of wood parallel to the grain) ได้ดีกว่าในแนวตั้งฉากกับเสี้ยน (Compression of wood perpendicular to the grain) เมื่อแรงอัดขนานกับเสี้ยน ความแข็งแรงของไม้จะขึ้นอยู่กับแรงที่ทำให้เส้นใยแตกหัก และเมื่อแรงอัดตั้งฉากกับเสี้ยน ความแข็งแรงของไม้จะขึ้นอยู่กับแรงที่ทำให้เส้นใยแบนราบลง

ในการทดสอบไม้มักจะพบว่าความเค้นอัดประลัย (Maximum crushing stress) ของไม้ที่ถูกอัดขนานกับเสี้ยน จะมีขนาดพอๆ กับความเค้นดัดที่พิกัดเส้นตรง (Bending stress at proportional limit) ของไม้นั้นที่มีความชื้นเท่ากัน ดังนั้นเพื่อประหยัดไม้ที่ใช้ทดลอง บางครั้งอาจหาความเค้นอัดของไม้โดยการอัดไม้สั้นๆ แทนการดัดไม้ยาวๆ นอกจากนี้ไม้ที่มีพิกัดยืดหยุ่น (Elastic limit) ที่ค่อนข้างต่ำ และมีจุดคราก (Yield point) ที่ไม่แน่นอน จะสามารถทนการเสียรูปได้มากพอควรก่อนที่จะวิบัติ

ความต้านทานของไม้ต่อแรงอัดในแนวตั้งฉากกับเสี้ยน ยังขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงที่ทำมุมกับวงปี (Annual growth rings) อีกด้วย ถ้าแรงอัดนั้นทำมุมตั้งฉากกับวงปี ความต้านทานที่พิกัดเส้นตรงจะมีค่าสูงสุด และจะมีค่าต่ำสุดเมื่อแรงอัดทำมุม 45 องศากับวงปี

<u>วิธีการทดลอง (Testing procedure)</u>

ตอนที่ 1 แรงอัดตั้งฉากกับเสี้ยน (Compression of wood perpendicular to the grain)

1. วัดขนาดของไม้ละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร บันทึกตำหนิ (Defects) ของไม้และวาดรูปไม้พร้อมแสดงวงปีด้วย (ความหนาของไม้ ให้วัดที่ตำแหน่งที่จะให้แรงอัดกระทำ)
2. วางไม้บนแผ่นฐานของเครื่องทดสอบแรงอัด แล้ววางแผ่นเหล็ก (Steel plate) กดทาบบนไม้และปรับเครื่องทดสอบแรงอัดให้แตะบนแผ่นเหล็กพอดี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องวัดการเสียรูป (Dial gauge)
3. เดินเครื่องให้หน้ากดของเครื่องมาสัมผัสกับผิวหน้าของไม้ แล้วปรับหน้าปัดของ Dial gauge ให้เข็มชี้ที่ศูนย์ ซึ่งให้เป็นค่าเริ่มต้น
4. เพิ่มแรงอัดให้สม่ำเสมอในอัตราความเร็ว 0.3 มิลลิเมตร/นาที อ่านและบันทึกค่าการเสียรูปของไม้ทุกๆ ช่วง 200 กิโลกรัม จนกระทั่งอ่านค่าการเสียรูปไปได้ถึง 2.5 มิลลิเมตร
5. ตัดเนื้อไม้จากไม้ตัวอย่าง ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร (บริเวณใกล้ๆ กับจุดวิบัติ) แล้วนำไปชั่งและอบหาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้

ตอนที่ 2 แรงอัดขนานกับเสี้ยน (Compression of wood parallel to the grain)

1. หน้าตัดของไม้จะต้องได้ฉากกับแนวของชิ้นตัวอย่าง
2. วัดขนาดของไม้ละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร
3. จัดไม้ให้อยู่กลางฐานของเครื่องทดสอบแรงอัด

4. เดินเครื่องให้หน้ากดของเครื่องมาสัมผัสกับผิวหน้าของไม้ แล้วปรับหน้าปัดของ Dial gauge ให้เข็มชี้ที่ศูนย์ ซึ่งให้เป็นค่าเริ่มต้น
5. เพิ่มแรงอัดให้สม่ำเสมอในอัตราความเร็ว 0.6 มิลลิเมตร/นาที อ่านและบันทึกค่าการเสียรูปของไม้ทุกๆ ช่วง 200 กิโลกรัม จนกระทั่งไม้แตกหักลง
6. วาดรูปไม้แสดงลักษณะการวิบัติของไม้ โดยให้มีสัดส่วนคล้ายของจริง และแสดงลายของไม้ด้วย
7. ตัดเนื้อไม้จากไม้ตัวอย่าง ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร (บริเวณใกล้ๆ กับจุดวิบัติ) แล้วนำไปชั่งและอบหาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้

<u>ผลการทดลอง (Results)</u>

คำนวณค่าต่างๆ ที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์ เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง (Stress) กับความเครียด (Strain) ของไม้ตัวอย่างแต่ละท่อน และหาค่าหรือแสดงจุดพิกัดเส้นตรง และจุดครากไว้ที่กราฟ และในแต่ละกราฟให้หาหน่วยแรงที่การเสียรูป ณ ที่จุดเยื้อง 0.1% พร้อมทั้งวาดรูปแสดงลักษณะการวิบัติของไม้แต่ละชิ้น

ตอนที่ 1 Compression test of wood perpendicular to the grain

วันที่ทำการทดลอง (Date of test) ……..

ขนาดตัวอย่าง (กว้าง x ยาว x สูง) …….. cm

วาดรูปของตัวอย่างพร้อมระบุขนาด

พื้นที่ของแผ่นเหล็กที่วางกดบนไม้ที่ทดสอบ (cm^2) ……..

ความหนาของไม้ก่อนทำการทดสอบ (cm) ……..

ความหนาของไม้หลังทำการทดสอบ (cm) ……..

ตัวอย่างที่	1	2	ค่าเฉลี่ย
ขนาดหน้าตัด (cm x cm)			
จำนวนรอบของวงปีไม้			
น้ำหนักไม้ก่อนอบ (กรัม)			
น้ำหนักไม้หลังอบ (กรัม)			
กำลังที่จุดคลาก (kg/cm^2)			
กำลังที่จุดประลัย (kg/cm^2)			
โมดูลัสการยืดหยุ่น (kg/cm^2)			
ปริมาณความชื้นของไม้ (%)			

ตัวอย่างที่ 1					ตัวอย่างที่ 2				
Load (kg)	Stress (kg/cm^2)	Dial gauge reading	Deformation (cm)	Strain	Load (kg)	Stress (kg/cm^2)	Dial gauge reading	Deformation (cm)	Strain

<u>หมายเหตุ</u> การหาค่า Deformation จากค่า Gauge reading ทำได้โดย ดูบนหน้าปัดของ gauge ที่ใช้ จะมีระบุว่า 1 ช่องของ Gauge reading มีค่าเท่ากับเท่าไร เช่น 1 ช่อง = 0.001" = 0.0254 mm เป็นต้น

ตอนที่ 2 Compression test of wood parallel to the grain

วันที่ทำการทดลอง (Date of test) ……..

ขนาดตัวอย่าง (กว้าง x ยาว x สูง) ……..

วาดรูปของตัวอย่างพร้อมระบุขนาด

ความสูงของตัวอย่างไม้ (cm) ……

พื้นที่หน้าตัดของไม้ (cm^2) ……

ตัวอย่างที่ 1					ตัวอย่างที่ 2				
Load (kg)	Stress (kg/cm^2)	Dial gauge reading	Deformation (cm)	Strain	Load (kg)	Stress (kg/cm^2)	Dial gauge reading	Deformation (cm)	Strain

<u>หมายเหตุ</u> การหาค่า Deformation จากค่า Gauge reading ทำได้โดย ดูบนหน้าปัดของ gauge ที่ใช้ จะมีระบุว่า 1 ช่องของ Gauge reading มีค่าเท่ากับเท่าไร เช่น 1 ช่อง = 0.001" = 0.0254 mm เป็นต้น

ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of calculation)

1. Compression of wood perpendicular to the grain

1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ของไม้

$$\text{Moisture content} = \frac{\text{Original weight} - \text{Oven} - \text{dry weight}}{\text{Oven} - \text{dry weight}} \times 100 = \frac{\text{Weight}_{\text{water}}}{\text{Weight}_{\text{dry}}} \times 100$$

= = %

1.2 ความเค้น (Stress)

$$\text{Stress} = \frac{\text{Load}}{\text{Area}}$$

= = kg/cm^2

1.3 ความเครียด (Strain)

$$\text{Strain} = \frac{\text{Deformation}}{\text{Thickness of specimen before test}}$$

= =

1.4 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)

Modulus of elasticity = ความชันของ Stress-strain curve ในช่วงยืดหยุ่น (Elasticity)

= = kg/cm^2

2. Compression of wood parallel to the grain

2.1 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ของไม้

$$\text{Moisture content} = \frac{\text{Original weight} - \text{Oven} - \text{dry weight}}{\text{Oven} - \text{dry weight}} \times 100 = \frac{\text{Weight}_{\text{water}}}{\text{Weight}_{\text{dry}}} \times 100$$

= = %

2.2 ความเค้น (Stress)

$$\text{Stress} = \frac{\text{Load}}{\text{Area}}$$

= = kg/cm^2

2.3 ความเครียด (Strain)

$$\text{Strain} = \frac{\text{Deformation}}{\text{Thickness of specimen before test}}$$

= =

2.4 โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)

Modulus of elasticity = ความชันของ Stress-strain curve ในช่วงยืดหยุ่น (Elasticity)

= = kg/cm^2

วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

520331 ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ (Materials Testing Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อ-สกุลของนิสิต…… …รหัส ……กลุ่มที่…….

วันที่ทำการทดลอง……วันที่ส่งรายงาน……ตรวจโดย…… ……...

การทดลองที่ M4

การทดสอบแรงอัดของเหล็กรูปพรรณ

(Compression test of structural steel)

<u>วัตถุประสงค์ (Objectives)</u>

เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของเหล็กรูปพรรณภายใต้แรงอัด และหาคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กดังนี้

- หาน้ำหนักที่ทำให้เหล็กเริ่มเกิดการโค้งงอ (Buckling load) และหน่วยแรงอัดสูงสุด (Maximum compressive stress) ที่เหล็กสามารถรับได้ก่อนการวิบัติของตัวอย่างทดสอบแต่ละชนิด
- ศึกษาลักษณะการวิบัติภายใต้แรงกดอัดของตัวอย่างทดสอบแต่ละชนิด
- ศึกษาเปรียบเทียบ Buckling load ที่ได้จากการทดลองกับที่คำนวณได้จากทฤษฎีของออยเลอร์ (Euler theory)

<u>ตัวอย่างทดสอบ (Specimens)</u>

ตัวอย่างเหล็กรูปพรรณ ทรงกล่องสี่เหลี่ยม หรือ I-shape

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)</u>

1. เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression machine) ขนาด 300 ตัน

2. เวอร์เนียร์ (Vernier)
3. เครื่องวัดการเสียรูป (Dial gauge)

<u>เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง</u>

เสาเป็นองค์อาคารรับแรงอัดที่ปลายทั้งสองข้าง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะขึ้นอยู่กับความยาวและพื้นที่หน้าตัด คือ

1. เสาที่สั้นและภาคตัดใหญ่ เรียกว่าเสาสั้น (Short column) การวิบัติจะเกิดจากความเค้นกด (Compressive stress) มากกว่าความเค้นคลาก (Yield stress) หรือความเค้นเนื่องจากแรงดัด
2. เสาที่ยาวและภาคตัดเล็ก เรียกว่าเสายาว (Long column) การวิบัติจะเกิดเนื่องจากการโค้งงอก่อนที่ความเค้นกดในชิ้นส่วนจะเท่ากับความเค้นคลาก

เมื่อน้ำหนักที่กระทำกับเสามีค่าน้อยกว่า น้ำหนักที่ทำให้เกิดการโค้งงอ (Buckling load) เสาจะอยู่ในสภาวะสมดุลเสถียร (Stable equilibrium) นั่นคือเมื่อเสาเกิดการโค้งงอเนื่องจากน้ำหนัก (ที่น้อยกว่า Buckling load) การโค้งงอของเสาจะหายไปเมื่อเอาน้ำหนักออก

เมื่อน้ำหนักที่กระทำกับเสามากกว่า Buckling load เสาจะอยู่ในสภาวะสมดุลไม่เสถียร (Unstable equilibrium) นั่นคือเสาพร้อมที่จะไม่สมดุลเสมอ และถ้ามีแรงกระทำในแนวราบเพียงเล็กน้อยจะทำให้เกิดการวิบัติเนื่องจากการโค้งงอ

<u>วิธีการทดลอง (Testing procedure)</u>

1. ติดตั้งตัวอย่างทดสอบในเครื่องทดสอบแรงอัด โดยตัวอย่างต้องอยู่ในแนวแกนของแรงที่กระทำ
2. ติดตั้ง Dial gauge ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวอย่างทดสอบทั้ง 4 ด้าน และปรับค่าเริ่มต้นที่ศูนย์
3. เพิ่มแรงให้ตัวอย่างทดสอบอย่างต่อเนื่องและอ่านค่าแรงที่กระทำเมื่อตัวอย่างเริ่มมีการเสียรูปซึ่งจะเป็นค่า Buckling load หลังจากนั้นเพิ่มแรงไปเรื่อย ๆ จนตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติและอ่านค่าแรงสูงสุดก่อนที่จะเกิดการวิบัติ บันทึกค่าการเสียรูปที่จุดวิบัติ
4. แสดงภาพลักษณะการวิบัติและแสดงค่าการเสียรูปประกอบในภาพด้วย

ผลการทดลอง (Results)

คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ระบุไว้ในจุดประสงค์ ตามรูปแบบตารางที่กำหนดไว้ และเปรียบเทียบผลการทดลองกับค่าที่คำนวณได้จาก Euler Theory

ตัวอย่างที่ 1					ตัวอย่างที่ 2				
Load (kg)	Stress (kg/cm^2)	Dial gauge reading	Deformation (cm)	Strain	Load (kg)	Stress (kg/cm^2)	Dial gauge reading	Deformation (cm)	Strain

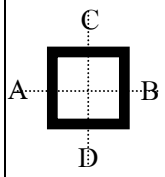
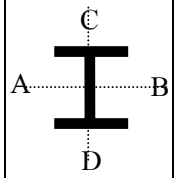
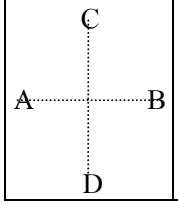
<u>หมายเหตุ</u> การหาค่า Deformation จากค่า Gauge reading ทำได้โดย ดูบนหน้าปัดของ gauge ที่ใช้ จะมีระบุว่า 1 ช่องของ Gauge reading มีค่าเท่ากับเท่าไร เช่น 1 ช่อง = 0.001" = 0.0254 mm เป็นต้น

การทดลองที่ M4

การทดสอบแรงอัดของเหล็กรูปพรรณ (Compression test of structural steel)

วันที่ทดสอบ ……..

ตัวอย่าง ……..

Cross section of specimen	Side A		Side B		Side C		Side D		Buckling load (kg)	Maximum load (kg)	Remark
	Gauge Reading	Deformation (mm)	Gauge Reading	Deformation (mm)	Gauge Reading	Deformation (mm)	Gauge Reading	Deformation (mm)			
											
											
											

การทดลองที่ M4

การทดสอบแรงอัดของเหล็กรูปพรรณ (Compression test of structural steel)

วันที่ทดสอบ ……..

ตัวอย่าง ……..

Specimen	Dimension (in mm)	Sectional Area (cm^2)	Moment of inertia (cm^4)		Buckling load (kg)	Buckling stress (kg/cm^2)	Maximum load (kg)	Maximum stress (kg/cm^2)	Euler load (kg)	Euler stress (kg/cm^2)	Sketch type of failure
			I_x	I_y							

ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of calculation)

ตัวอย่าง: …… ……

1. น้ำหนักที่ทำให้เกิดการโค้งงอ (Buckling load) = ……..kg
2. น้ำหนักสูงสุดก่อนการวิบัติ (Maximum load) = ...……...kg
3. หน่วยแรงอัด (Compressive stress)

หน่วยแรงอัด = แรงที่กระทำ / พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ

ดังนั้น

หน่วยแรงอัดที่ Buckling load = ... kg/cm^2

หน่วยแรงอัดสูงสุดก่อนวิบัติ = …… kg/cm^2

4. Buckling load ที่คำนวณจากสูตรของออยเลอร์ (Euler's formula)

$$P_e = \frac{N\pi EI}{L^2} = \frac{\pi EI}{L_e^2}$$

โดยที่ P_e = Euler load (kg) ซึ่งคือ Buckling load ที่คำนวณจากสูตรของออยเลอร์

L = Length of specimen (cm)

L_e = Effective length of specimen (cm)

N = จำนวนเท่าของกำลังของเสาเทียบกับกำลังของเสาที่มีสภาพการยึดปลายเสาทั้งสองด้านเป็น hinge รายละเอียดดังตารางข้างล่างนี้

สภาพการยึดปลายเสา (End condition)	**N**	**L_e**
Fixed ends	4	L/2
One end fixed, the other hinged	2	0.7L
Both ends hinged	1	L
One end fixed, the other free	1/4	2L

E = Modulus of elasticity (ใช้ 2,040,000 kg/cm^2 สำหรับเหล็ก)

I = Moment of inertia (cm^4) (ให้อ่านค่าจากตารางเหล็ก)

ดังนั้น P_e = …….. kg (ในการทดลองนี้ N = 4)

วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

520331 ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ (Materials Testing Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อ-สกุลของนิสิต…… …รหัส ……กลุ่มที่…….

วันที่ทำการทดลอง……วันที่ส่งรายงาน……ตรวจโดย…… ……...

การทดลองที่ M5

การทดสอบแรงดัดของไม้

(Flexure test of wood)

วัตถุประสงค์ (Objectives)

เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของไม้ภายใต้แรงดัด และหาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ดังนี้

1. หาหน่วยแรงที่พิกัดเส้นตรง ณ ขอบนอกของรูปตัด (Proportional limit stress at outer fiber)
2. หน่วยแรงเฉือนสูงสุด (Maximum shearing stress)
3. โมดูลัสแตกหัก (Modulus of rupture)
4. โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)
5. กำลังงานเฉลี่ยถึงกำลังประลัย (Average total work to ultimate load)

ตัวอย่างทดสอบ (Specimens)

ตัวอย่างไม้ทรงปริซึม ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร

เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)

1. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine, UTM) ขนาด 30 ตัน ยี่ห้อ Tenius Olsen

2. ตลับเมตร
3. ตาชั่งวัดน้ำหนัก
4. แผ่นเหล็ก (Steel plate)

วิธีการทดลอง (Testing procedure)

1. วัดขนาดหน้าตัดของไม้ละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร บันทึกตำหนิความเสียหายของไม้และวาดรูปแสดงวงปีด้วย
2. จัดไม้ให้อยู่บนฐานรองรับ 2 จุด โดยมีระยะห่างระหว่างฐานรองรับประมาณ 25 เซนติเมตร หรือระยะตามที่อาจารย์ผู้สอนกำหนด และมีน้ำหนักกดลงตรงกึ่งกลางช่วง (Three-point bend test) โดยวางแผ่นเหล็กใต้น้ำหนักที่กระทำ เพื่อช่วยการกระจายน้ำหนักบนไม้ให้สม่ำเสมอ
3. ติดตั้งเครื่องวัดการเสียรูปตรงความยาวกึ่งกลางของตัวอย่างทดสอบ และอ่านค่าเริ่มต้นศูนย์เมื่อหน้ากดมาสัมผัสไม้
4. เพิ่มแรงดันต่อเนื่องด้วยอัตราความเร็วประมาณ 2.5 มิลลิเมตร/นาที จนไม้แตกหัก จดบันทึกระยะการโก่งตัวทุกๆ 25 หรือ 50 กิโลกรัม
5. วาดรูปไม้แสดงลักษณะการวิบัติ
6. ตัดเนื้อไม้จากไม้ตัวอย่าง ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร บริเวณใกล้ๆ กับจุดวิบัติแล้วนำไปชั่งและอบหาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้

ผลการทดลอง (Results)

1. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการเสียรูปที่กึ่งกลาง (แกนนอน) กับแรงที่กระทำ (แกนตั้ง) โดยแสดงค่า Load ที่พิกัดเส้นตรง (Load at P.L.) และค่า load ที่สูงสุด (Maximum load)
2. คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ระบุไว้ในจุดประสงค์ ตามรูปแบบตารางที่กำหนดให้
3. วาดรูปแสดงลักษณะการวิบัติคร่าวๆ

การทดสอบแรงดัดของไม้ (Flexure test of wood)

วันที่ทดสอบ ……..

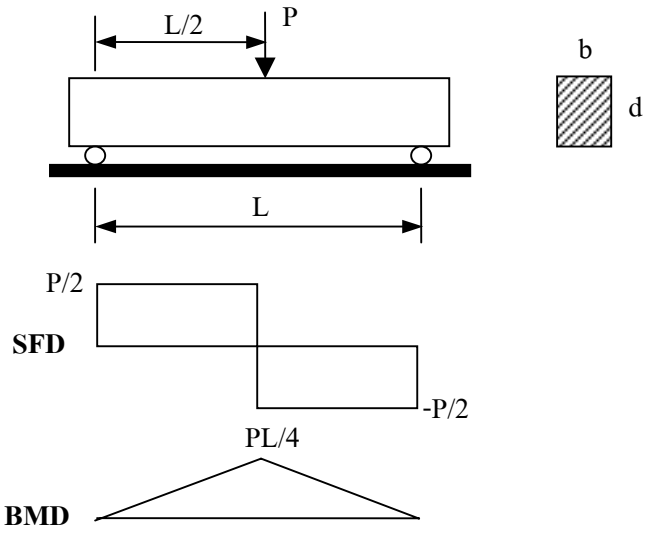
ตัวอย่าง ……..

Specimen	Weight (g)	Width (cm)	Depth (cm)	Length (cm)
No. 1				
No. 2				

Load (kg)	Specimen No. 1		Load (kg)	Specimen No. 2	
	Guage reading	Deflection (mm)		Guage reading	Deflection (mm)
P_{max} (kg)			P_{max} (kg)		
Sketch type of failure			Sketch type of failure		

<u>หมายเหตุ</u> การหาค่า Deflection จากค่า Gauge reading ทำได้โดย ดูบนหน้าปัดของ gauge ที่ใช้ จะมีระบุว่า 1 ช่องของ Gauge reading มีค่าเท่ากับเท่าไร เช่น 1 ช่อง = 0.001" = 0.0254 mm เป็นต้น

การทดสอบแรงดัดของไม้ (Flexure test of wood)



Results	Specimen		Remark
	No.1	No.2	
Stress at outer fiber at P.L. (kg/cm^2)			
Maximum shearing stress (kg/cm^2)			
Modulus of rupture (kg/cm^2)			
Modulus of elasticity (kg/cm^2)			
Average total work to ultimate load (kg-cm)			

ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of calculation)

1. Stress in outer fiber at proportional limit (P.L.)

$= \frac{3}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$ (Use P at P.L.) (Derivation from; $\sigma = My/I$)

=

= kg/cm^2

2. Maximum shearing stress

$= \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{max}}{b \cdot d}$ (At neutral axis) (Derivation from; $\tau = VQ/Ib$)

=

= kg/cm^2

3. Modulus of rupture

$= \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{max} \cdot L}{b \cdot d^2}$

=

= kg/cm^2

4. Modulus of elasticity, E

$= \frac{PL^3}{48\Delta I}$ (Use P and Δ at P.L.)

(Derivation from; $\Delta = PL^3/48EI$ หรือหาจากความชันของกราฟระหว่างการเสียรูปที่กึ่งกลาง (Δ) กับแรงที่กระทำ (P) ในช่วง Elastic โดยความชัน = $L^3/48EI$)

=

= kg/cm^2

5. Average total work to ultimate load

$= \frac{1}{2} \cdot P_{max} \cdot \Delta_{max}$

=

= kg-cm

วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

520331 ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ (Materials Testing Laboratory)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อ-สกุลของนิสิต…… …รหัส ……กลุ่มที่…….

วันที่ทำการทดลอง……วันที่ส่งรายงาน……ตรวจโดย…… ……...

การทดลองที่ M6

การทดสอบแรงดัดของเหล็กรูปพรรณ

(Flexure test of structural steel)

<u>วัตถุประสงค์ (Objectives)</u>

เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมของเหล็กรูปพรรณภายใต้แรงดัน และหาคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กดังนี้

1. หาหน่วยแรงที่พิกัดเส้นตรง ณ ขอบนอกของรูปตัด (Proportional limit stress at outer fiber)
2. โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)
3. แรงเฉือนสูงสุด (Maximum shearing stress)
4. กำลังงานเฉลี่ยถึงกำลังประลัย (Average total work to ultimate load)

<u>ตัวอย่างทดสอบ (Specimens)</u>

ตัวอย่างเหล็กรูปพรรณ ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์ (Equipment)</u>

1. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine, UTM) ขนาด 30 ตัน ยี่ห้อ Tenius Olsen

2. ตลับเมตร
3. ตาชั่งวัดน้ำหนัก

<u>เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง</u>

เหล็กโครงสร้างโดยทั่วไปอาจจำแนกเป็นหลายชนิด เช่นเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel), เหล็กกล้ากำลังสูง (High strength steel), เหล็กกล้าผสมบางกำลังสูง (High-strength low-alloy steel) และเหล็กกล้าชุบแข็ง (Quenched and tempered steel) เป็นต้น แต่ชนิดที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ Carbon steel

เหล็กโครงสร้างจะผลิตออกมาเป็นเหล็กรูปพรรณ (Shapes) และเหล็กแผ่นม้วนกลม (Flat-rolled) เหล็กท่อน (Bars), เหล็กแผ่น (Plates) และเหล็กแบน หรือ เหล็กแถบ (Sheets or strips) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างและความหนาของเหล็กแผ่นนั้นๆ ส่วนเหล็กรูปพรรณส่วนมากจะเป็นรูปเหล็กฉาก (Angle) , เหล็กรางน้ำหรือเหล็กรูปตัว C (Channel) , เหล็กรูปตัว I (I-shapes) , เหล็กรูปตัว H (H-shapes) , เหล็กรูปตัว T (T-shapes) และเหล็กกลวง

ในการระบุคุณสมบัติกำลังดึงของเหล็กโครงสร้างจะระบุเป็นกำลังคลาก (Yield stress) ไว้เป็นค่าต่ำสุด (Minimum value) เนื่องจากข้อบังคับ (Specification) ระบุไว้ว่า ชิ้นส่วนที่ถูกทดสอบจะต้องสอดคล้องกับค่าดังกล่าว ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตเหล็กโครงสร้าง จะต้องควบคุมคุณสมบัติของเหล็กโดยให้ค่าถัวเฉลี่ยของหน่วยแรงคลากมีค่าสูงว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดให้

เหล็กโครงสร้างได้ถูกนำมาออกแบบเป็นองค์ประกอบของอาคารที่รับแรงในลักษณะต่างๆ เช่น โครงสร้างรับแรงดึง (Tension), รับแรงอัด (Compression), รับแรงบิด (Torsion) และรับแรงดัด (Bending) เป็นต้น ในการทดลองนี้จะศึกษาพฤติกรรมเชิงกลของเหล็กรูปพรรณภายใต้การรับแรงดัด (Flexural) โดยการดัดของคานเกิดขึ้นขนานกับแนวระนาบของน้ำหนักโดยปราศจากการบิด เราเรียกว่าการดัดแบบง่าย และองค์ประกอบที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการออกแบบองค์อาคารรับแรงดัด ได้แก่ หน่วยแรงเฉือน (Shearing stress) การยู่ของเหล็กแผ่น (Web-crippling) การแอ่นหรือระยะโก่ง (Deflection) และหน่วยแรงดัด (Bending stress) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นสามารถหาได้ดังนี้

สำหรับหน่วยแรงเนื่องจากโมเมนต์ดัด (Flexural stress formula)

$$f_b = \frac{My}{I} = \frac{M}{S}$$

โดยที่ f_b = หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้น

M = โมเมนต์ของแรงดัด (Bending moment)

I = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัด (Moment of inertia)

y = ระยะห่างจากแกนสะเทิน (Neutral axis) ถึงขอบริมนอก

S = โมดูลัสของพื้นที่หน้าตัด (Section modulus) = I / y

สำหรับหน่วยแรงเนื่องจากแรงเฉือน (Shearing stress formula)

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

โดยที่ τ = หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

V = แรงเฉือน (Shear force)

Q = โมเมนต์พื้นที่สถิต (Static moment of area)

I = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัด (Moment of inertia)

b = ความกว้างของหน้าตัดคาน

<u>วิธีการทดลอง (Testing procedure)</u>

1. วัดขนาดหน้าตัดของเหล็กละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร
2. จัดเหล็กให้อยู่บนฐานรองตอนปลาย 2 จุด และมีน้ำหนักกดลงตรงกลาง (ระยะห่างระหว่างจุดรองรับ 40-45 เซนติเมตร)
3. ติดตั้งเครื่องวัดการเสียรูปที่ตำแหน่งกึ่งกลางความยาวของตัวอย่าง และอ่านค่าเริ่มต้นศูนย์เมื่อหน้ากดมาสัมผัสเหล็ก
4. เพิ่มแรงดันต่อเนื่องกันด้วยอัตราความเร็วประมาณ 2.5 มิลลิเมตร/นาที จนเหล็กวิบัติ บันทึกระยะการโก่งตัวทุก 100 กิโลกรัม

<u>ผลการทดลอง (Results)</u>

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเสียรูปที่กึ่งกลาง (แกนนอน) กับ Load ที่กระทำ (แกนตั้ง) โดยแสดงค่า Load ที่พิกัดเส้นตรง (Load at P.L.) ค่า Load สูงสุด (Maximum load) คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ระบุไว้ในจุดประสงค์ ตามรูปแบบตารางที่กำหนดให้

การทดลองที่ M6

การทดสอบแรงดัดของเหล็กรูปพรรณ (Flexure test of structural steel)

วันที่ทดสอบ ……..

ตัวอย่าง ……..

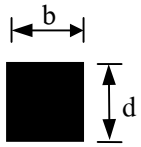
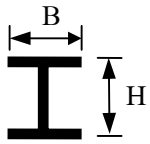
Load P (kg)	Gauge Reading	Deflection , Δ (mm)
P_{max} (kg)		
Sketch type of failure		

หมายเหตุ การหาค่า Deflection จากค่า Gauge reading ทำได้โดย ดูบนหน้าปัดของ gauge ที่ใช้ จะมีระบุว่า 1 ช่องของ Gauge reading มีค่าเท่ากับเท่าไร เช่น 1 ช่อง = 0.001" = 0.0254 mm เป็นต้น

การทดลองที่ M6

การทดสอบแรงดัดของเหล็กรูปพรรณ (Flexure test of structural steel)

Properties of structural steel

Specimen	Dimension (in mm)	Weight per length (kg/m)	Cross sectional area (cm^2)	Moment of inertia (cm^4)		Remark
				I_x	I_y	
Rectangular shape 						
I- SHAPE 						

REMARK: คุณสมบัติของเหล็กดูจากตารางเหล็ก

Results	Specimen		Remark
	Rectangular	I-SHAPE	
Stress at outer fiber at P.L. (kg/cm^2)			
Maximum shearing stress (kg/cm^2)			
Modulus of elasticity (kg/cm^2)			
Average total work to ultimate load (kg-cm)			

ตัวอย่างการคำนวณ (Sample of calculation)

For rectangular shape:

1. Stress in outer fiber at proportional limit (P.L.)

$= \frac{3}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$ (Use P at P.L.) (Derivation from ; $\sigma = My/I$)

=

= kg/cm^2

3. Maximum shearing stress

$= \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{max}}{b \cdot d}$ (At neutral axis) (Derivation from ; $\tau = VQ/Ib$)

=

= kg/cm^2

4. Modulus of elasticity, E

$= \frac{PL^3}{48\Delta I}$ (Use P and Δ at P.L.)

(Derivation from; $\Delta = PL^3/48EI$ หรือหาจากความชันของกราฟระหว่างการเสียรูปที่กึ่งกลาง (Δ) กับแรงที่กระทำ (P) ในช่วง Elastic โดยความชัน = $L^3/48EI$)

=

= kg/cm^2

5. Average total work to ultimate load

$= \frac{1}{2} \cdot P_{max} \cdot \Delta_{max}$

=

= kg-cm

วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง