งบวิจัย สกว. ปีงบประมาณ 2547-2548 RUMTT, RMUTR, KMUTT., Copyrigth2006

คู่มือการทดลอง เล่มที่ 2

Laboratory Manual No.2

การทดสอบวัสดุทางวิศวกรรมโยธา

Materials Testing in Civil Engineering

CivilLabPro Version 1.0

โครงการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับงานปฏิบัติการทดสอบวัสดุทางด้านวิศวกรรมโยธา

Development of Computer Programming for Civil Engineering Testing in Laboratory Project

งบประมาณการวิจัย ปีงบประมาณ 2547-2548
สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ (สกว.)

ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย

นายวิชา สุธาสิส (Mr.Wicha Sutasit)
ผู้จัดการบริษัทวิสแลนด์ จำกัด

นายสมศักดิ์ คำปลิว (Mr.Somsak Kampliew)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตอุเทนถวาย

คณะผู้จัดทำ

รศ.สุกิจ นามพิชญ์ (Ass.Proff.Sukij Nampich)
รองคณบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

นายชูศักดิ์ คีรีรัตน์ (Mr.Chusak Kererat)
หัวหน้าสาขาเทคโนโลยีโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตวังไกลกังวล

นายเอกรัตน์ รวยรวย (Mr.Ekarut Ruayruay)
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์โยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นายศุภสิทธิ พงศ์ศิวะสถิตย์ (Mr.Supasit Pongsiwasathit)
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์โยธา ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

นายสุธี ปิยะพิพัฒน์ (Mr.Suthee Piyapipat)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์โยธา ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

จัดพิมพ์เมื่อ 29 **มิถุนายน พ.ศ.** 2549

สารบัญ

	หน้า
M01: การหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง	1 - 10
M02: การหาค่าแรงอัดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง	11 - 23
M03: กำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ	25 - 39
M04: กำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย	40 - 54
M05: กำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ	55 - 70
M06: กำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริม	71 - 80
M07: คุณสมบัติรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว	81 - 87
M08: หาความชื้นของไม้	88 - 95
M09: กำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้	96 - 111
M10: กำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้	112 - 127
M11: กำลังต้านทานแรงดัดของไม้	128 - 143
M12: จุดต่อไม้ยึดด้วยสลักเกลียวแนวตั้งฉากเสี้ยน	144 - 156
M13: กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต	157 - 177
M14: กำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต	178 - 186
M15: กำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต	188 - 196
M16: แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	198 - 206

การทดสอบที่ 1

การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง
ABSORPTION TEST OF BRICKS

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

อิฐเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการก่อสร้างอาคาร บ้านพักอาศัย ฯลฯ เนื่องจากราคาถูก แข็งแรง ทนทาน และสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย เพราะวัสดุหลักที่นำมาใช้ทำอิฐคือ ดินเหนียว ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย อิฐจะถูกมาใช้ทำผนังของอาคาร ก่อเรียงกันในแนวตั้ง เพื่อใช้สำหรับบังแดด กันฝน ฯลฯ หากอิฐมีคุณสมบัติที่ไม่ดีพอ จะทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในผนัง สร้างความเสียหายให้กับอาคารได้

ความสามารถในการดูดซึมน้ำของอิฐอาจขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักคือ คุณสมบัติของดินเหนียวที่นำมาใช้ทำอิฐ และ กรรมวิธีในการผลิตอิฐ ในด้านคุณสมบัติของดินเหนียวซึ่งเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่มีอยู่ทั่วไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย แต่ละแหล่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่น ดินเหนียวปนดินทรายจะสามารถดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าดินเหนียวปนดินโคลน หรืออาจพูดได้ว่าดินเหนียวที่มีช่องว่างในเม็ดดินมากจะสามารถดูดซึมน้ำได้น้อย นั่นก็หมายความว่าน้ำสามารถซึมผ่านได้เร็วขึ้น ส่วนในด้านกรรมวิธีการผลิตอิฐซึ่งสามารถทำได้ทั้งด้วยมือและเครื่องจักร การทำให้อิฐแน่นย่อมมีวิธีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การดูดซึมน้ำของอิฐที่ทำด้วยวิธีต่าง ๆ แตกต่างกันออกไปด้วย ในทางวิศวกรรมจึงต้องทำการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง ว่าสามารถดูดซึมน้ำได้มากน้อยเพียงใด

อิฐโดยทั่วไปที่มีในประเทศไทยมีหลายประเภท เช่น อิฐมอญ อิฐทนไฟ อิฐมวลเบา ฯลฯ นำไปใช้ประโยชน์ในด้านที่แตกต่างกัน สำหรับในการทดสอบนี้จะกล่าวถึงเฉพาะอิฐก่อสร้างสามัญซึ่งจำแนกอิฐตามกระบวนการผลิต ออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- อิฐประเภทที่หนึ่ง วัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐได้แก่ ดินเหนียวหรือดินโคลน วัสดุอื่น เช่น แกลบ ทราย ขี้เลื่อย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันแล้วแต่ความเหมาะสม
    1. การทำด้วยมือ ใช้ดินเหนียวผสมกับทรายหรือแกลบหรือใช้ดินโคลนผสมกับแกลบ ย่ำผสมน้ำ อัดลงในแบบพิมพ์ไม้ซึ่งวางอยู่บนลานดินที่เรียบ โดยโรยเถ้าแกลบบนลานดินและภายในแบบพิมพ์ เพื่อกันไม่ให้ดินผสมติดแบบพิมพ์ ปาดให้เรียบ ยกแบบพิมพ์ไม้ออกผึ่งไว้กลางลานดินให้แห้งแล้วจึงนำเข้าเตาเผา

2. การทำด้วยเครื่องจักร ใช้ดินเหนียวผสมกับทราย หรือแกลบ นำเข้าเครื่อง พ่นน้ำ นวด อัด รีดออกมาเป็นแท่งยาว ตัดด้วยลวดเป็นแผ่นอิฐ ผึ่งให้แห้งแล้วจึงนำเข้าเตาเผา

- อิฐประเภทที่สอง วัสดุที่ใช้ในการทำได้แก่ ดินเหนียว วัสดุอื่น ๆ เช่น ทราย
  วิธีการทำ ใช้ดินเหนียวผสมกับทราย ย่ำผสมน้ำ อัดลงแบบไม้ ปาดให้เรียบ แล้วยกแบบไม้ออก หรือนำเข้าเครื่องนวด อัด รีดออกมาเป็นแท่งยาวตัดด้วยลวดเป็นก้อนขนาดใหญ่กว่าแผ่นอิฐเล็กน้อย ผึ่งก้อนดินที่เตรียมไว้นี้ให้มีความชื้นพอสมควร นำเข้าเครื่องอัดให้แน่นเป็นก้อนอิฐตามขนาดที่ต้องการ ผึ่งให้แห้งแล้วจึงนำเข้าเตาเผา

ตารางที่ 1.1 การดูดซึมน้ำของอิฐ

ประเภทที่	ยาว×กว้าง×หนา (mm.)	การดูดซึมน้ำสูงสุด ร้อยละของน้ำหนักอิฐ
1	140×65×40	25
	160×65×40	25
	190×90×40	25
2	190×90×65	15
	190×90×90	15

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

มอก. 77-2517 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 อิฐประเภทที่ 1 จำนวน 5 แผ่น ในที่นี้ใช้อิฐมอญผิวเรียบ

4.2 อิฐประเภทที่ 2 จำนวน 5 แผ่น ในที่นี้ใช้อิฐมอญมีร่องบากตรงกลาง

4.3 น้ำกลั่น จำนวนประมาณ 6 ลิตร

4.4 เตาอบ ที่มีอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 100±5 °C

4.5 ภาชนะสำหรับแช่อิฐ

4.6 ผ้าที่สามารถซับน้ำได้ขนาดไม่น้อยกว่า 20×20 ซม.

4.7 เตาไฟฟ้า

4.8 ตาชั่ง ที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 0.01 กรัม

4.9 ภาชนะสำหรับใช้ต้มอิฐ ขนาดของภาชนะต้องไม่น้อยกว่าที่อิฐ 5 ก้อนจะวางลงไปได้

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การอบตัวอย่างอิฐ นำอิฐประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 อย่างละ 5 แผ่น โดยใช้เวลาในการอบไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง น้ำหนักของอิฐจะคงที่ที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) แล้วปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง

5.2 การบันทึกน้ำหนักอิฐแห้ง, (W_1) ทำการชั่งอิฐทีละแผ่น โดยอ่านค่าละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักชิ้นทดสอบ

5.3 การบันทึกน้ำหนักอิฐที่ดูดซึมน้ำ, (W_2)

ในกรณีของอิฐประเภทที่หนึ่ง ให้นำอิฐทั้งห้าแผ่นแช่ลงในน้ำกลั่นจนท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ไม่ควรวางแผ่นอิฐให้ติดกับผิวภาชนะ) จากนั้นยกอิฐออกใช้ผ้าเปียกซับน้ำบนผิวทีละก้อนแล้วชั่งให้เสร็จภายใน 3 นาที

ในกรณีอิฐประเภทที่สอง ให้นำอิฐที่ชั่งน้ำหนักแล้ว จำนวนทั้งห้าแผ่น ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ไม่ควรวางแผ่นอิฐให้ติดกับผิวภาชนะที่ใช้ต้ม) จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วยกอิฐออกจากภาชนะ ใช้ผ้าเปียกซับน้ำบนผิวทีละก้อน แล้วชั่งให้เสร็จภายใน 3 นาที

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 บันทึกน้ำหนักอิฐแห้ง, (W_1)

6.2 การบันทึกน้ำหนักอิฐที่ดูดซึมน้ำ, (W_2)

6.3 คำนวณหาค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐในงานก่อสร้าง ABSORPTION TEST OF BRICKS
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

No.	Brick Type	Dimeinsion of Specimen (cm.×cm.×cm.)	Weigth of Dry Bricks, W_1 (gm.)	Weigth of Wet Bricks, W_2 (gm.)
1	2	190×90×65	336.75	383.61
2	1	160×65×40	331.63	383.55
3	1	160×65×40	332.54	385.15
4	2	190×90×65	335.49	384.16
5				
6				
7				
8				
9				
10				

8. ตัวอย่างการคำนวณ

อิฐประเภทที่หนึ่ง

เปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำ $= \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\%$

$= \frac{383.55 - 331.63}{331.61} \times 100\%$

$= 15.66 \quad \%$

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักของอิฐที่แห้ง (gm)

w_2 คือ น้ำหนักของอิฐที่ดูดซึมน้ำ (gm)

8. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐในงานก่อสร้าง ABSORPTION TEST OF BRICKS
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result:

No.	Brick Type	Dimeinsion of Specimen (cm.×cm.×cm.)	W_1 (gm.)	W_2 (gm.)	Absorption (%)
1	1	160×65×40	331.63	383.55	15.65
2	1	160×65×40	332.54	385.15	16.35
3	2	190×90×65	336.75	383.61	13.92
4	2	160×65×40	335.49	384.16	14.51
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Summary Percent Absorption

Average Percent Absorption Brick Type 1	Average Percent Absorption Brick Type 2
15.98 %	14.21 %

Remark: W_1 = Weigth of Dry Bricks

W_2 = Weigth of Wet Bricks

9. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐในงานก่อสร้าง ABSORPTION TEST OF BRICKS
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Ditermination

No.	Brick Type	Dimeinsion of Specimen (cm.×cm.×cm.)	Weigth of Dry Bricks, W_1 (gm.)	Weigth of Wet Bricks, W_2 (gm.)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐในงานก่อสร้าง ABSORPTION TEST OF BRICKS
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result:

No.	Brick Type	Dimeinsion of Specimen (cm.×cm.×cm.)	W_1 (gm.)	W_2 (gm.)	Absorption (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Summary Percent Absorption

Average Percent Absorption Brick Type 1	Average Percent Absorption Brick Type 2

Remark: W_1 = Weight of Dry Bricks

W_2 = Weight of Wet Bricks

การทดสอบที่ 2

การทดสอบหาค่าแรงอัดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง

COMPRESSION TEST OF BRICKS

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

โดยทั่วไปแล้วอิฐมักจะนำมาใช้ประโยชน์ 2 ด้าน คือ ใช้ในการทำผนังอาคาร หรือใช้ปูเป็นทางเดิน เมื่อคำนึงถึงลักษณะการรับแรงแล้วสามารถระบุได้ว่าการใช้งานอิฐทั้ง 2 ด้านอิฐจะรับแรงอัดเช่นเดียวกัน เช่นในกรณีของการนำไปทำผนัง อิฐจะรับน้ำหนักจากอิฐก้อนที่อยู่ด้านบนที่ถ่ายลงมา หรือในกรณีของการนำไปทำทางเท้า ก็จะรับน้ำหนักคนที่เดินสัญจรไปมา หรือนำหนักบรรทุกอื่น ๆ ดังนั้นในทางวิศวกรรมยังจึงเป็นที่ต้องทราบความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐแต่ละประเภท เพื่อให้สามารถนำอิฐไปใช้งานได้ถูกต้องและเหมาะสมกับประเภทของงานนั้น ๆ

สำหรับความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐ มอก. 77-2517 กำหนดค่าแรงอัดต่ำสุดของอิฐแต่ละประเภทไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แรงอัดต่ำสุดของอิฐ

ประเภทที่	ยาว×กว้าง×หนา (mm.)	แรงอัดต่ำสุด (MPa)
1	140×65×40	3.5
	160×65×40	3.5
	190×90×40	3.5
2	190×90×65	15.0
	190×90×90	15.0

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อหาค่าแรงอัดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

มอก. 77-2517 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 อิฐประเภทที่ 1 จำนวน 15 แผ่น

4.2 อิฐประเภทที่ 2 จำนวน 10 แผ่น

4.3 ปูนปลาสเตอร์

4.4 ภาชนะแช่อิฐ

4.5 มอตาร์ (mortar)

4.6 เครื่องทดสอบกำลังอัด

4.7 แผ่นกระจกขนาดประมาณ 200×200×6 ม.ม. จำนวน 2 แผ่น

4.8 ไม้อัดขนาดประมาณ 200×200×4 ม.ม. จำนวน 2 แผ่น

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 อิฐประเภทที่หนึ่ง ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ๆ ละ 5 แผ่น แล้วหาผลเฉลี่ย

5.1.1 นำอิฐทั้ง 15 แผ่นไปแช่น้ำโดยให้อิฐอยู่ในสภาพชื้น เพื่อป้องกันอิฐดูดน้ำจากปูนก่อ

5.1.2 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำให้พอเหมาะ

5.1.3 นำปูนปลาสเตอร์ไปละเลงบนแผ่นกระจกเรียบซึ่งวางอยู่ในระดับนอน นำอิฐแผ่นที่หนึ่งกดทางด้านแบนลงบนปูนปลาสเตอร์ให้ได้ระดับ โดยมีความหนาระหว่างแผ่นอิฐกับกระจกประมาณ 5 ม.ม.

5.1.4 ตัดปูนปลาสเตอร์ที่ล้นเกินขอบอิฐออกโดยรอบ

5.1.5 ละเลงปูนปลาสเตอร์ลงบนแผ่นอิฐนี้แล้วนำอิฐแผ่นที่สองกดทับลงไปให้ได้ระดับ โดยให้มีความหนาของปูนระหว่างแผ่นอิฐประมาณ 5 ม.ม. เช่นกัน

5.1.6 ทำลักษณะเช่นเดียวกันจนครบ 5 แผ่น โดยให้อิฐที่จะทำการทดสอบวางอยู่ในแนวเดียวกัน ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที

5.1.7 ละเลงปูนปลาสเตอร์บนแผ่นกระจกเรียบอีกแผ่นหนึ่งตามวิธีที่ได้ทำมาแล้ว

5.1.8 ยกอิฐที่ติดกันด้วยปูนปลาสเตอร์ทั้งห้าแผ่นออกจากแผ่นกระจกแผ่นแรกโดยระมัดระวัง พลิกกลับให้หน้าอิฐแผ่นบนวางกดลงบนปูนหลาสเตอร์ของกระจกแผ่นที่สอง ทิ้งไว้อย่างน้อย 3 ชั่วโมง เพื่อให้ปูนย์พลาสติกแห้งสนิท

5.1.9 นำเข้าเครื่องทดสอบหาความต้านทานแรงอัดทางด้านแบนของแผ่นอิฐ โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงอัด 2.0 เมกะนิวตันต่อตารางเมตรในระยะเวลา 1 นาที หรือประมาณ 20 ksc จนกระทั่งอิฐพังทลาย ให้บันทึกค่าแรงอัดสูงสุด

5.2 อิฐประเภทที่สอง ใช้อิฐจำนวน 10 แผ่น โดยทดสอบแต่ละแผ่นแล้วหาผลเฉลี่ย

5.2.1 นำอิฐไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.2.2 เช็ดน้ำที่ติดอยู่กับแผ่นอิฐออก แล้วใช้มอตาร์(Mortar) อุดปิดส่วนที่เป็นร่องของแผ่นอิฐให้เต็ม

5.2.3 นำไปบ่มไว้ในที่ที่มีอากาศชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เช็ดน้ำที่ติดอยู่ออก

5.2.4 นำเข้าเครื่องทดสอบโดยใช้ไม้อัดหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร รองชิ้นทดสอบไว้ทั้งข้างบนและข้างล่าง อัตราการเพิ่มแรงอัดให้ใช้ 14.0 เมกะนิวตันต่อตารางเมตรในระยะเวลา 1 นาทีหรือประมาณ 140 ksc จนกระทั่งอิฐพังทลาย ให้บันทึกค่าแรงอัดสูงสุด

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 Maximum Load

6.2 Compression Strength

6.3 Average Compression Strength

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบหาค่าแรงอัดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง COMPRESSION TEST OF BRICKS
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

No.	Bricks Type	Specimen (mm.×mm.×mm.)	Maximum Load (MN)
1	2	190×90×65	3.75
2	1	160×65×40	3.46
3	2	190×90×65	3.25
4	1	160×65×40	3.39
5			
6			
7			
8			
9			
10			

8. ตัวอย่างการคำนวณ

อิฐประเภทที่ 1 การทดสอบที่ 1

แรงอัดสูงสุด $= \dfrac{P_{max}}{Area}$

$= \dfrac{3.46 \times 1,000,000}{10,400}$ N/mm^2

$=$ 332.69 N/mm^2 (MPa)

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

	การทดสอบหาค่าแรงอัดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง COMPRESSION TEST OF BRICKS มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result:

No.	Brick Type	Specimen (mm.×mm.×mm.)	Area (mm^2.)	Max. Laod (MN.)	Compression (MPa)
1	1	160×65×40	10,400	3.46	332.69
2	1	160×65×40	10,400	3.39	325.96
3	2	190×90×65	17,100	3.75	219.30
4	2	190×90×65	17,100	3.25	190.06
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Summary Compression:

Average Compression of Brick Type 1 (MPa)	Average Compression of Brick Type 2 (MPa)
329.33	204.58

10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบหาค่าแรงอัดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง COMPRESSION TEST OF BRICKS	
	ชื่อหน่วยงาน:	
Project Name:		
Location :		Date of Test :
Test By :		Checked By :

Data Monitor Determination:

No.	Bricks Type	Specimen (mm.×mm.×mm.)	Maximum Load (MN)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบหาค่าแรงอัดของอิฐที่ใช้ในงานก่อสร้าง COMPRESSION TEST OF BRICKS
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result:

No.	Brick Type	Specimen (cm.×cm.×cm.)	Area (cm^2.)	Max. Laod (MN.)	Compression (MPa)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Summary Compression:

Average Compression of Brick Type 1 (MPa)	Average Compression of Brick Type 2 (MPa)

การทดสอบที่ 3

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS)

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

เหล็กเส้นกลมผิวเรียบจัดเป็นเหล็กในประเภทเหล็กผสม ประเภทเหล็กกล้าละมุน(Mild Steel) มีส่วนผสมหลักคือ แร่เหล็กและคาร์บอน อาจมีธาตุอื่นผสมลงไปเพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการ โดยทั่วไปแล้วเหล็กเส้นกลมผิวเรียบจะมีปริมาณคาร์บอนไม่เกิน 0.3% หากใส่คาร์บอนลงไปมากจะทำให้เหล็กมีความเปราะสูง

ลักษณะของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6 - 28 มิลลิเมตร ยาว 10 เมตร และ 12 เมตร มีชั้นคุณภาพอยู่ชั้น SR24 คือมีความสามารถในการรับกำลังที่จุดคลากได้ไม่น้อยกว่า 2400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร(kg/cm^2) โดยทั่วไปจะใช้สำหรับก่อสร้างอาคารขนาดเล็ก เช่นบ้านพักอาศัย โรงเรียน เป็นต้น ในอนาคตอันใกล้ สภาวิศวกรจะออกข้อกำหนดให้ใช้เหล็กเส้นกลมผิวเรียบเฉพาะเหล็กเสริมรองหรือเหล็กปลอก ไม่แนะนำให้ใช้เป็นเหล็กเสริมหลักหรือเหล็กแกนอีกต่อไป รายละเอียดและคุณสมบัติของเหล็กชนิดนี้แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดและคุณสมบัติของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	พื้นที่หน้าตัด ($ซม^2$)	น้ำหนักต่อเมตร (กก.)
RB6	6	0.283	0.222
RB9	9	0.636	0.499
RB12	12	1.131	0.888
RB15	15	1.767	1.387
RB19	19	2.835	2.226
RB22	22	3.801	2.984

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดและคุณสมบัติของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ (ต่อ)

ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	พื้นที่หน้าตัด ($ซม^2$)	น้ำหนักต่อเมตร (กก.)
RB25	25	4.909	3.853
RB28	28	6.158	4.834

ในกรณีที่นำเหล็กมาใช้ทำคานคอนกรีตเสริมเหล็ก มักจะออกแบบให้คอนกรีตรับแรงอัดและเหล็กเสริมทำหน้าที่รับแรงดึง ดังนั้นการทดสอบนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบ เพื่อตรวจสอบดูว่า เหล็กมีความสามารถตามที่กำหนดไว้หรือไม่

การคำนวณหาน้ำหนักต่อความยาวตามมาตรฐาน สามารถคำนวณหาได้จากการทราบน้ำหนักเท่ากับ 0.785 กิโลกรัม ต่อความยาว 1 เมตร

ดังนั้น น้ำหนักต่อความยาว (w/L) = $0.785 \times \frac{\pi}{4} \times D^2$

= $0.6165D^2$

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

นอกจากนี้ บางครั้งอาจพบเหล็กเส้นกลมที่มีภาคตัดขวางเป็นรูปวงรี ซึ่งทำให้หาขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่แน่นอนไม่ได้ สามารถคำนวณหาส้นผ่าศูนย์กลางได้ เมื่อทราบน้ำหนักของเหล็ก ดังนี้

$$D^2 = \frac{W}{0.6165}$$

หรือ $$D = \sqrt{\frac{W}{0.6165}} \quad (cm)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

W คือ น้ำหนักของเหล็ก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

พื้นที่ภาคตัดที่ระบุคำนวณได้จากสูตร

$$A = \frac{100W}{0.785L}$$

เมื่อ A = พื้นที่ภาคตัดขวางระบุเป็นตารางมิลลิเมตร

W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม

L = ความยาวเป็นเมตร

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

1.1. กำลังดึงที่ขีดจำกัดยืดหยุ่น (Tensile Strength at Proportional Limit)

1.2. กำลังดึงที่จุดคลาก (Yield Strength)

1.3. กำลังดึงที่จุดสูงสุด (Ultimate Tensile Strength)

1.4. โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

1.5. ร้อยละของการยืดหยุ่น (Percentage of Elongation)

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM A 617 Standard Testing Method for Axle-Steel Deformed and Plain Bars

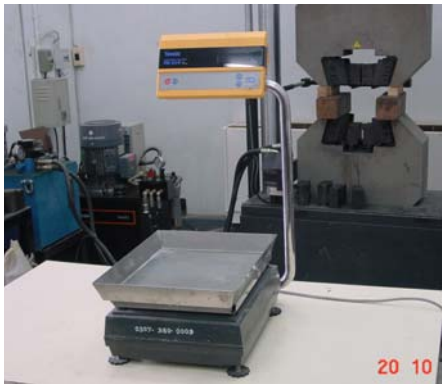
4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.3 เครื่องวัดการยืดตัว (Extensometer)

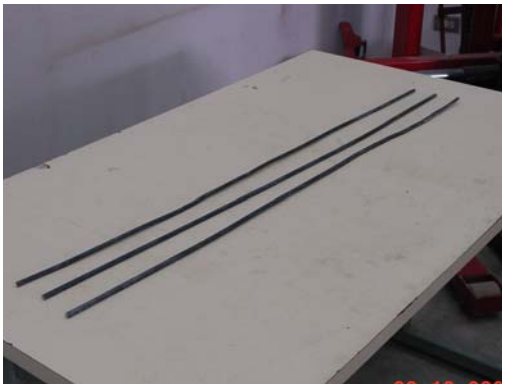
4.4 เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม



4.5 ตลับเมตร

4.6 เครื่องตัดเหล็ก

4.7 เหล็กเส้นกลมผิวเรียบขนาด 9 มิลลิเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง



5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 นำชิ้นตัวอย่างทดสอบไปชั่งหาน้ำหนักและวัดความยาวพร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.2 ใช้ Vernier วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ปรากฏจริง 3 จุด เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.3 ใช้สลักตอก ระยะ Gauge Length เท่ากับ 5D และระยะระหว่างหัวจับ เท่ากับ 5.5D

5.2 การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นตัวอย่างใส่ในเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine โดยให้ระยะหัวจับได้มาตรฐานที่กำหนด

5.2.2 ติด Extensometer เข้ากับชิ้นทดสอบ

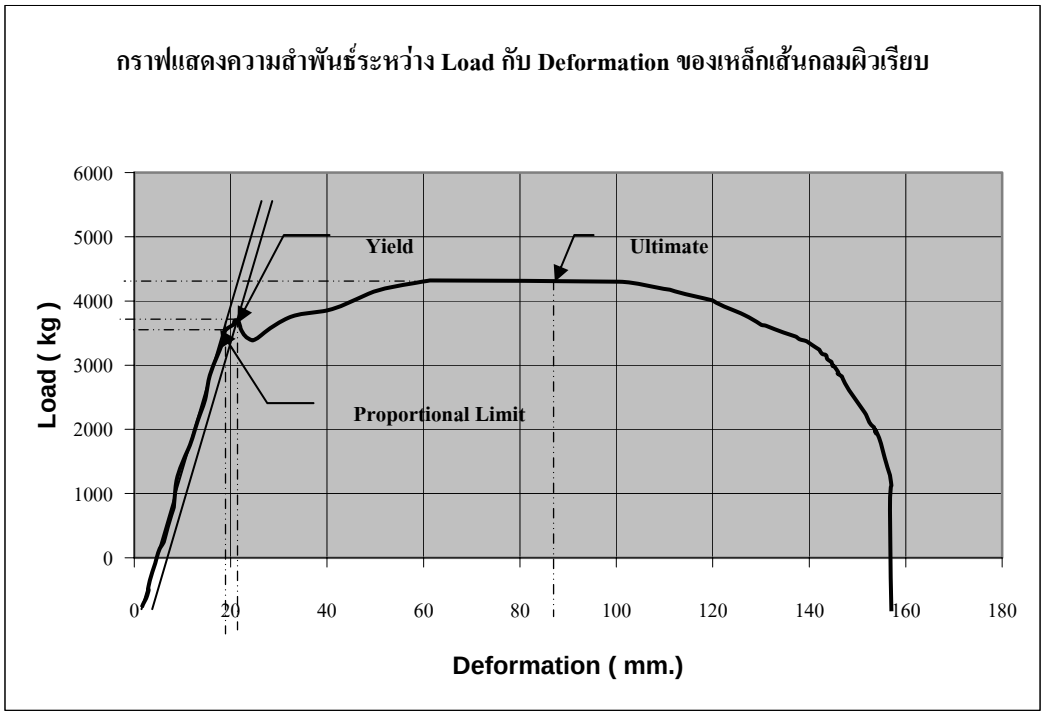
5.2.3 ออกแรงดึงด้วยอัตราความเร็ว 30 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที (300 ksc / วินาที)

5.2.4 บันทึกแรงที่กระทำ และ ค่า Deformation ที่เกิดขึ้นจนกระทั่งถึงจุดคราก จึงถอด Extensometerออก แล้วออกแรงดึงต่อไปจนกระทั้งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน

5.2.5 สังเกตตำแหน่งและลักษณะของรอยที่ขาด วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ขาด นำชิ้นทดสอบที่ขาดมาต่อเข้าด้วยกัน เพื่อบันทึกค่าการยืดตัว (Deformation Length) ในช่วง Gauge Length

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation พร้อมทั้งกำหนดจุด Proportional limit, Yield point และคำนวณหาคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการ



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 Cross-Section area = $\frac{W}{7.85L}$ cm2

6.2.2 Tensile Strength at P.L. = $\frac{Load\ at\ \text{Pr}oportional\ Limit}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

6.2.3 Yield Strength = $\frac{Load\ at\ Yield\ Piont}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

6.2.4 Ultimate Tensile Strength = $\frac{Ultimate\ Load}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

6.2.5 Modulus of Elasticity = $\frac{Stress\ at\ P.L.}{Strain\ At\ P.L.}$ ksc.

6.2.6 Percentage of Elongation = $\frac{Elongation}{Gauge\ Length}\times 100$ %

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Weight.....0.23.....kg.

Length.....0.552.....m.

Norminal Diameter.....9.....mm.

Gauge Length.....45.....mm.

Yeild Load.....kg.

Ultimate Load.....2546.....kg.

Diameter after Test.....4.3.....mm.

Deformated Length.....59.6.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
200	0.7
400	1.8
600	2.6
800	3.3
1000	4.3
1200	5.0
1400	6.0
1600	6.9
1800	12.0
2000	23.0
2200	
2400	
2600	
2800	
3000	
3200	
3400	
3600	
3800	
4000	

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS)
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Weight.....0.22.....kg.

Length.....0.545.....m.

Norminal Diameter.....9.....mm.

Gauge Length.....45.....mm.

Yeild Load.....2,230.....kg.

Ultimate Load.....3,292.....kg.

Diameter after Test.....4.7.....mm.

Deformated Length.....57.8.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
200	0.5
400	1.0
600	1.5
800	2.0
1000	2.5
1200	2.8
1400	3.1
1600	3.6
1800	4.0
2000	4.2
2200	4.5
2400	6.0
2600	12.0
2800	17.0
3000	24.0
3200	38.0
3400	
3600	
3800	
4000	

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.3.....

Weight.....0.23.....kg.

Length.....0.556.....m.

Norminal Diameter.....9.....mm.

Gauge Length.....45.....mm.

Yeild Load.....kg.

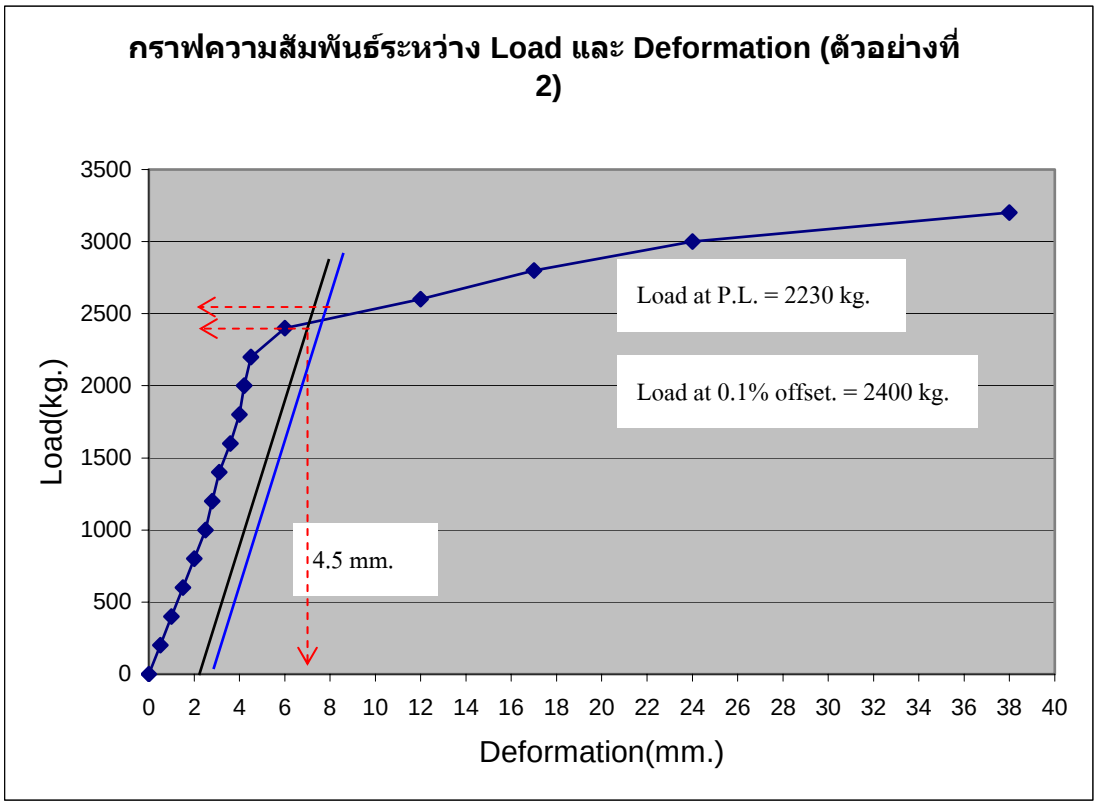
Ultimate Load.....2,930.....kg.

Diameter after Test.....4.8.....mm.

Deformated Length.....59.2.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
200	0.5
400	1.0
600	1.5
800	2.0
1000	2.5
1200	2.8
1400	3.0
1600	3.2
1800	3.6
2000	4.0
2200	4.5
2400	5.0
2600	5.5
2800	6.0
3000	13.0
3200	20.0
3400	28.5
3600	42.5
3800	
4000	

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No. 2)



1. Diameter by weigth = $\sqrt{\frac{W}{0.6165}}$

= $\sqrt{\frac{0.22}{0.6165}}$ = 0.579 cm

2. Weigth/Length = $0.6165D^2$

= $0.6165 \times (0.611)^2 = 0.22$ kg/m

3. Cross-Section area = $\frac{100W}{0.785L}$

= $\frac{0.22 \times 100}{0.785 \times 0.545}$

= 51.42 mm^2

= 0.514 mm^2

4. Tensile Strength at P.L. = $\frac{Load\ at\ Proportional\ Limit}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

= $\frac{2,230}{0.514}$ ksc.

= 4,338 ksc.

5. Yield Strength = $\frac{Load\ at\ Yield\ Piont}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

= $\frac{2,400}{0.514}$ ksc.

= 4669.2 ksc.

6. Ultimate Tensile Strength = $\frac{Ultimate\ Load}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

= $\frac{3,292}{0.514}$ ksc.

= 6404.6 ksc.

7. Modulus of Elasticity = $\frac{Stress\ at\ P.L.}{Strain\ At\ P.L.}$ ksc.

= $\frac{4,338.5}{4.5/45}$ ksc.

= 43,385 ksc.

8. Percentage of Elongation = $\frac{Elongation}{Gauge\ Length} \times 100$ %

= $\frac{12.8}{45} \times 100$ %

= 28.4 %

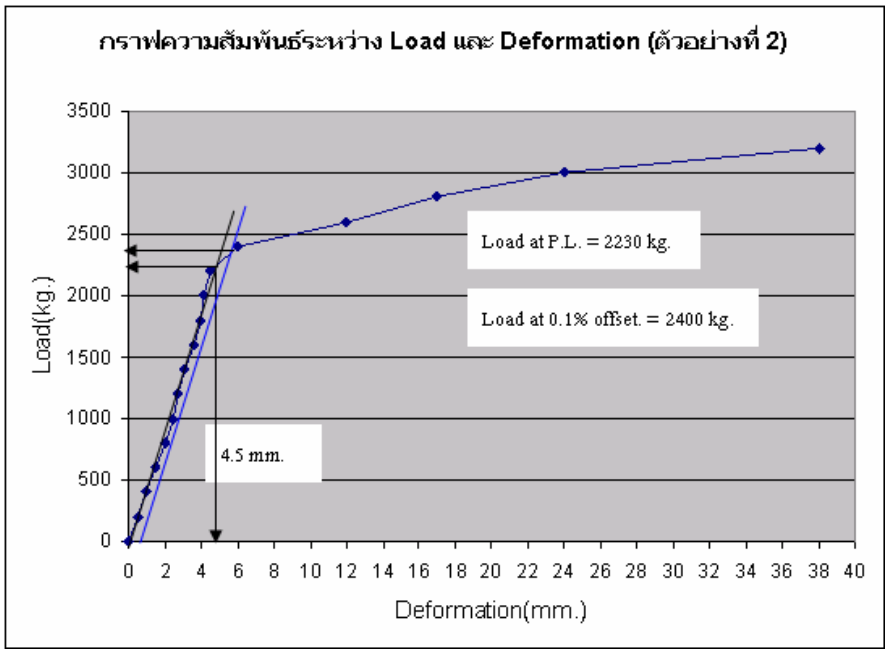
9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.2.....

Weight.....0.22.....kg.	Diameter by Weigth.....0.611.....mm.
Length.....0.545.....m.	Weigth per Length.....0.23.....mm.
Norminal Diameter.....9.....mm.	Cross-Section Area.....0.514.....mm.
Gauge Length.....45.....mm.	Tensile Strength at P.L..... 4,338.15.....mm.
Yeild Load.....2,230.....mm.	Yield Strength.....4,669.20.....mm.
Ultimate Load.....3,292.....mm.	Ultimate Tensile Strength.....6,404.60.....mm.
Diameter after Test.....47.....mm.	Modulus of Elasticity..... 43,385.....mm.
Deformated Length.....57.8.....mm.	Percentage of Elongation.....28.4.....%



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS)
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Weight.....kg.

Length.....m.

Norminal Diameter.....mm.

Gauge Length.....mm.

Yeild Load.....mm.

Ultimate Load.....mm.

Diameter after Test.....mm.

Deformated Length.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)

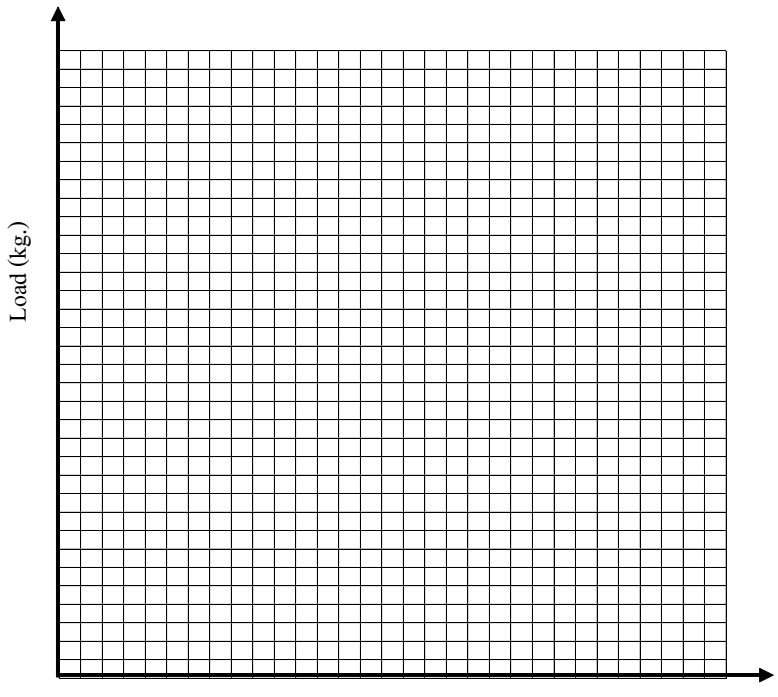
Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS)
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Weight.....kg.	Diameter by Weigth.....mm.
Length.....m.	Weigth per Length.....mm.
Diameter by Measuring.....mm.	Cross-Section Area.....mm.
Gauge Length.....mm.	Tensile Strength at P.L.....mm.
Yeild Load.....mm.	Yield Strength.....mm.
Maximium Load.....mm.	Ultimate Tensile Strength.....mm.
Diameter after Test..... mm.	Modulus of Elasticity.....mm.
Deformated Length..... mm.	Percentage of Elongation.....%



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

การทดสอบที่ 4

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย

TENSION TEST OF REINFORCEMENT (DEFORMED BARS)

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

คุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็กจัดเป็นคุณสมบัติทางกลที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากว่าเหล็กเส้นที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็กส่วนใหญ่จะทำหน้าที่รับแรงดึง ถึงแม้ว่าบางครั้งอาจจะใช้รับแรงกดก็ตาม แต่ถือว่าคุณสมบัติในการรับแรงดึงและแรงกดมีค่าเป็นอย่างเดียวกัน ดังนั้นจึงทดสอบเฉพาะคุณสมบัติในการรับแรงดึงเท่านั้น

ในการทดสอบคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็ก สภาพของชิ้นตัวอย่างทดสอบจะต้องเป็นไปตามสภาพของเหล็กเส้นสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้น โดยไม่กลึงและปรับปรุงคุณสมบัติด้วยกรรมวิธีทางความร้อน (Heat treatment) ยกเว้นเหล็กเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 38 มิลลิเมตร จะกลึงให้เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 30 มิลลิเมตร และให้ความยาวของส่วนที่กลึงไม่น้อยกว่า 5.5D

เหล็กข้ออ้อย หมายถึง เหล็กเส้นกลมที่มีบั้ง (Transverse Rids) และอาจมีครีบ (Longitudinal RBS) ที่ผิวเพื่อเสริมสร้างกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้นและเนื้อคอนกรีตเหล็กข้ออ้อยที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) มี 3 ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์ คือ SD30, SD40, SD50 ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดและคุณสมบัติของเหล็กข้ออ้อย

ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง ม.ม.	พื้นที่หน้าตัด ม.ม.^{2}	น้ำหนักต่อเมตร กก.
DB 10	10	78	0.617
DB 12	12	113	0.888
DB 16	16	201	1.578
DB 20	20	314	2.468
DB 25	25	419	3.858

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดและคุณสมบัติของเหล็กข้ออ้อย (ต่อ)

ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง ม.ม.	พื้นที่หน้าตัด ม.ม.^{2}	น้ำหนักต่อเมตร กก.
DB 28	28	616	4.834
DB 32	32	804	6.313

พื้นที่ภาคตัดที่ระบุคำนวณได้จากสูตร

$$A = \frac{100W}{0.785L}$$

เมื่อ A = พื้นที่ภาคตัดขวางระบุเป็นตารางมิลลิเมตร

W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม

L = ความยาวเป็นเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ คำนวณได้จากสูตร

$$D^2 = \frac{162W}{L}$$

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางระบุเป็นมิลลิเมตร

W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม

L = ความยาวเป็นเมตร

เส้นรอบวงระบุ คำนวณได้จากสูตร

$$C = 3.142D$$

เมื่อ C = เส้นรอบวงระบุเป็นมิลลิเมตร

D = เส้นผ่าศูนย์กลางระบุเป็นมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.2 ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดึงที่จุดครากและความยืดของเหล็กข้ออ้อย

สัญลักษณ์	ความต้านทานแรงดึง สูงสุด kg/mm^2	ความต้านทานแรงดึง ที่จุดคราก kg/mm^2	ความยืด ร้อยละ
SD 30	49	30	17
SD 40	57	40	15
SD 50	63	50	13

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลมข้ออ้อย

1.1. กำลังดึงที่ขีดจำกัดยืดหยุ่น (Tensile Strength at Proportional Limit)

1.2. กำลังดึงที่จุดคลาก (Yield Strength)

1.3. กำลังดึงที่จุดสูงสุด (Ultimate Tensile Strength)

1.4. โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

1.5. ร้อยละของการยืดหยุ่น (Percentage of Elongation)

1.6. ลักษณะของการแตกหัก (Type of Failure)

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM A 617 Standard Testing Method for Axle-Steel Deformed and Plain Bars

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.3 เครื่องวัดการยืดตัว (Extensometer)

4.4 เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.5 ตลับเมตร

4.6 เครื่องตัดเหล็ก

4.7 เหล็กเส้นกลมข้ออ้อยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 ม.ม. จำนวน 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 นำชิ้นตัวอย่างทดสอบไปชั่งหาน้ำหนักและวัดความยาวพร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.2 ใช้สลักตอกระยะ Gauge Length เท่ากับ 5D และระยะระหว่างหัวจับ เท่ากับ 5.5D

5.2 การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นตัวอย่างใส่ในเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine โดยให้ระยะหัวจับได้มาตรฐานที่กำหนด

5.2.2 ติด Extensometer เข้ากับชิ้นทดสอบ

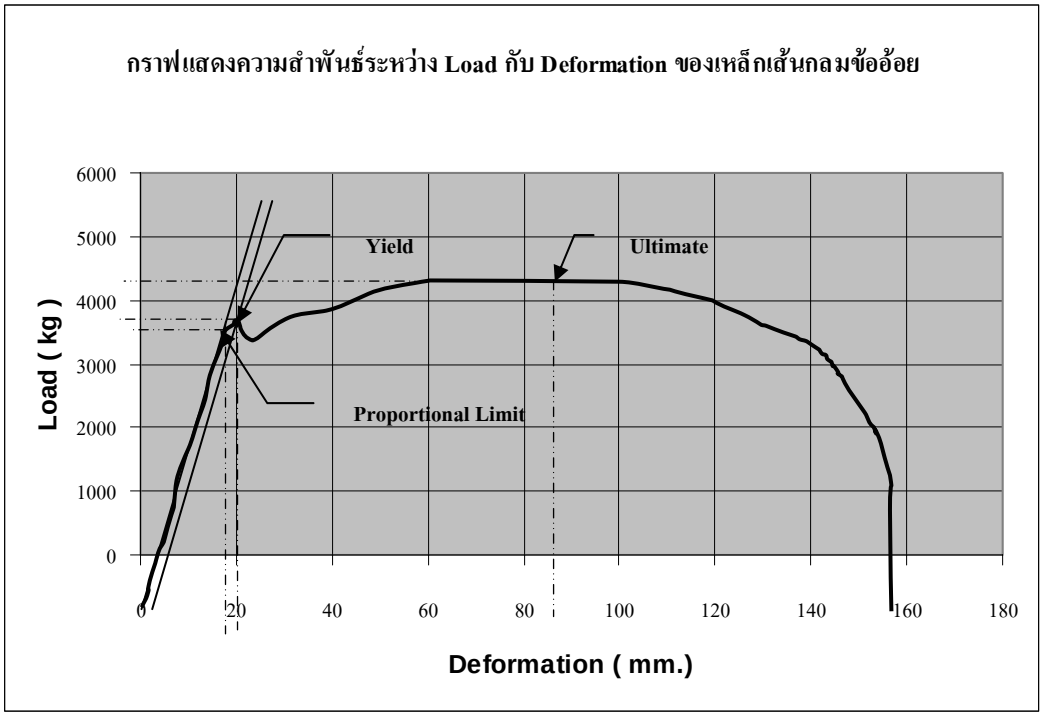
5.2.3 ออกแรงดึงด้วยอัตราความเร็ว 8 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที (80 ksc / วินาที)

5.2.4 บันทึกแรงที่กระทำ(Load) และ ค่าการยืดตัว (Deformation) ที่เกิดขึ้นจนกระทั่งถึงจุดคราก ถึงถอด Extensometer ออก และออกแรงดึงต่อไปจนกระทั้งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน และวัดระยะยืด (Deformation)

5.2.5 สังเกตตำแหน่งและลักษณะของรอยที่ขาด วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ขาด นำชิ้นทดสอบที่ขาดมาต่อเข้าด้วยกัน และวัดระยะยืด (Deformation) ในช่วงของ Gauge Length

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation พร้อมทั้งกำหนดจุด Proportional Limit, Yield Point และคำนวณหาคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการ



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 Cross-Section area = $\frac{W}{0.785L}$ mm^2

6.2.2 Tensile Strength at P.L. = $\frac{Load\ at\ Proportional\ Limit}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

6.2.3 Yield Strength = $\frac{Load\ at\ Yield\ Point}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

6.2.4 Ultimate Tensile Strength = $\frac{Ultimate\ Load}{Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

6.2.5 Modulus of Elasticity = $\frac{Stress\ at\ P.L.}{Strain\ At\ P.L.}$ ksc.

6.2.6 Percentage of Elongation = $\frac{Elongation}{Gauge\ Length}\times 100$ %

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (Deformated BARS) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Weight.....0.64.....mm.

Length.....0.732.....mm.

Norminal Diameter.....12.....mm.

Gauge Length.....60.....mm.

Yeild Load.....7,700.....kg.

Ultimate Load.....10,650.....kg.

Diameter after Test.....6.70.....mm.

Deformated Length.....75.50.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
800	1.5
1600	3.0
2400	4.0
3200	4.5
4000	6.0
4800	6.5
5600	7.5
6400	8.0
7200	10.0
8000	16.5
8800	21.5
9600	28.0
10400	41.5

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (Deformated BARS)
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Weight.....0.58.....mm.

Length.....0.671.....mm.

Norminal Diameter.....12.....mm.

Gauge Length.....60.....mm.

Yeild Load.....kg.

Ultimate Load.....8,336.....kg.

Diameter after Test.....7.00.....mm.

Deformated Length.....72.40.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
800	3.0
1600	5.5
2400	8.0
3200	9.0
4000	12.5
4800	14.5
5600	16.0
6400	18.0
7200	19.5
8000	51.5

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (Deformated BARS)
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.3.....

Weight.....0.59.....mm.

Length.....0.687.....mm.

Norminal Diameter.....12.....mm.

Gauge Length.....60.....mm.

Yeild Load.....kg.

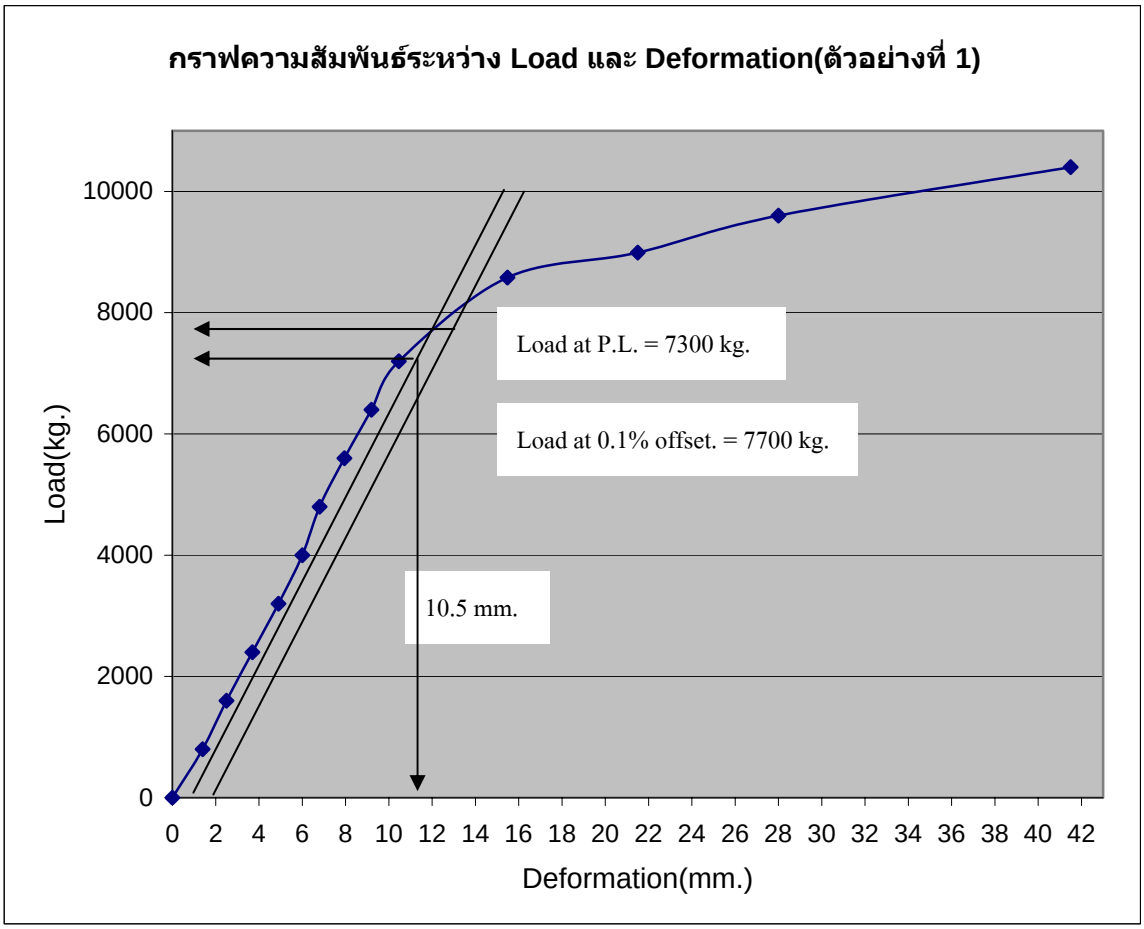
Ultimate Load.....8,832.....kg.

Diameter after Test.....6.30.....mm.

Deformated Length.....73.30.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
800	2.5
1600	5.5
2400	7.0
3200	9.0
4000	11.0
4800	12.5
5600	15.0
6400	16.5
7200	18.0
8000	19.0
8800	74

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Speciment No.1)



1. Diameter by weigth $= \sqrt{\frac{162W}{L}}$

$= \sqrt{\frac{162 \times 0.64}{0.732}}$ = 11.9 mm

2. Weigth per Length $= \frac{0.64}{0.732}$ = 0.874 kg/m

3. Cross-Section area $= \frac{100W}{0.785L}$

$= \frac{0.64 \times 100}{0.785 \times 0.732}$

$=$ 111.38 mm^2

2. Tensile Strength at P.L. $= \frac{Load\ \ at\ \ \text{Pr}oportional\ \ Limit}{Cross\text{-}Section\ \ Area}$

$= \frac{7,300}{1.11}$ = 6576.57 kg/cm^2

3. Yield Strength $= \dfrac{Load\ \ at\ \ Yield\ \ Point}{Cross\text{-}Section\ \ Area}$

$= \dfrac{7,700}{1.11}$

$= 6,936.93$ kg/cm^2.

4. Ultimate Tensile Strength $= \dfrac{Ultimate\ Load}{Cross\text{-}Section\ \ Area}$

$= \dfrac{10,650}{1.11}$

$= 9,594.59$ kg/cm^2.

5. Modulus of Elasticity $= \dfrac{Stress\ \ at\ \ P.L.}{Strain\ \ At\ \ P.L.}$

$= \dfrac{6576.57}{(10.5/60)}$

$= 37,580.40$ kg/cm^2.

6. Percentage of Elongation $= \dfrac{Elongation}{Gauge\ \ Length} \times 100$ %

$= \dfrac{15.5}{60} \times 100$ %

$= 25.83$ %

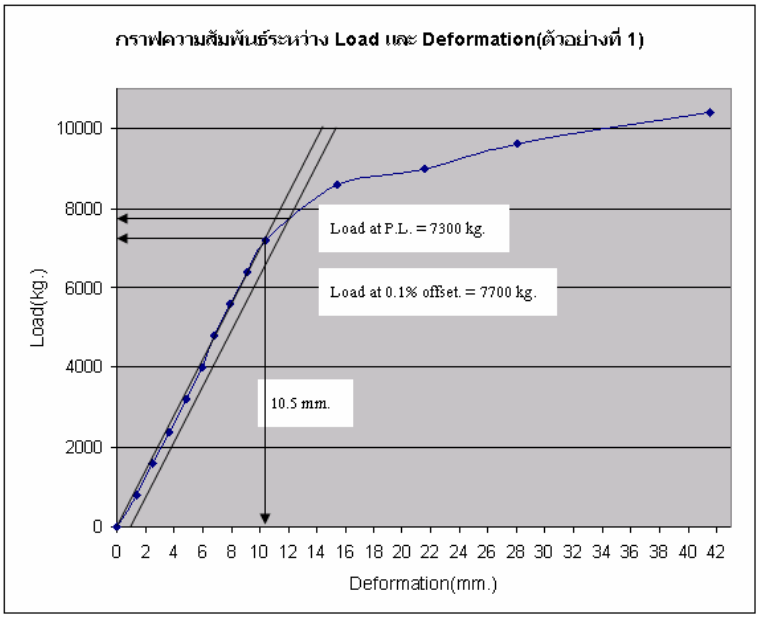
9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (Deformated BARS)
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.1.....

Weight..... 0.64.....mm.	Diameter by Weigth.....11.9.....mm.
Length..... 0.732.....mm.	Weigth per Length.....0.874.....kg/cm^2
Norminal Diameter.....12.....mm.	Cross-Section Area.....111.38.....mm.
Gauge Length.....60.....mm.	Tensile Strength at P.L..... 6,576.57.....mm.
Yeild Load.....7,700.....kg.	Yield Strength..... 6,936.93.....mm.
Ultimate Load.....10,650.....kg.	Ultimate Tensile Strength..... 9594.59.....mm.
Diameter after Test.....6.70.....mm.	Modulus of Elasticity..... 37580.40.....mm.
Deformated Length.....75.50.....mm.	Percentage of Elongation.....25.83.....%



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

10. บันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กข้ออ้อย TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (Deformated BARS)
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Weight.....kg.

Length.....m.

Norminal Diameter.....mm.

Gauge Length.....mm.

Yeild Load.....mm.

Ultimate Load.....mm.

Diameter after Test.....mm.

Deformated Length.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS)	
	ชื่อหน่วยงาน:	
Project Name:		
Location :		Date of Test :
Test By :		Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Weight.....kg. Diameter by Weigth.....mm.

Length.....m. Weigth per Length.....mm.

Narminal Diameter.....mm. Cross-Section Area.....mm.

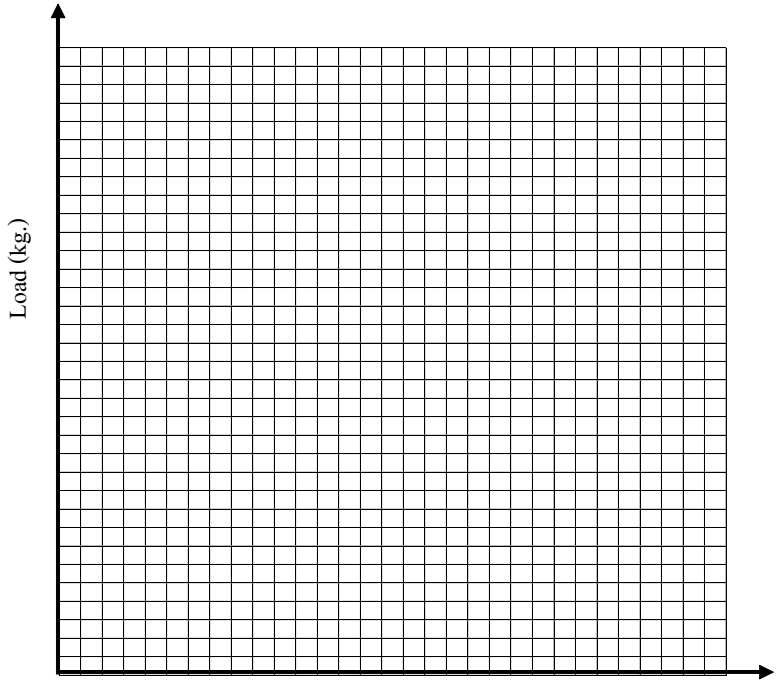
Gauge Length.....mm. Tensile Strength at P.L.....mm.

Yeild Load.....mm. Yield Strength.....mm.

Ultimate Load.....mm. Ultimate Tensile Strength.....mm.

Diameter after Test.....mm. Modulus of Elasticity.....mm.

Deformated Length.....mm. Percentage of Elongation.....%



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

การทดสอบที่ 5

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ
TENSILE TEST FOR STEEL PLATE

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

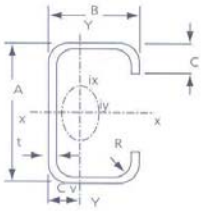
ในงานก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัย มักจะนำเหล็กรูปพรรณ มาสร้างโครงหลังคา เสา และอาคารขนาดใหญ่หลายแหล่งโครงสร้างหลักจะทำด้วยเหล็กรูปพรรณ สำหรับเหล็กรูปพรรณที่ขายในท้องตลาดนั้นมีหลายแบบและหลายขนาด ปกติแล้วแบบที่ต้องการ คือ แบบที่มีโมดูลัสหน้าตัดมากเมื่อเทียบกับพื้นที่หน้าตัดของมัน แบบหน้าตัดที่มีขายอยู่ในท้องตลาด คือ รูปหน้าตัดแบบตัว L, I, T, WF และ C

วิธีการระบุขนาดและชนิดของเหล็กรูปพรรณที่ใช้ในการเขียนแบบหรือใช้ในการคำนวณนั้น จะระบุขนาดและชนิดด้วยชื่อย่อ ซึ่งใช้กันเป็นมาตรฐานทั่วไป เช่น WF 350×49.6 หมายถึง หน้าตัดรูปปีกกว้าง WF (Wide Flange) ซึ่งมีความลึกโดยประมาณเท่ากับ 350 ม.ม. และมีน้ำหนักต่อความยาวหนึ่งเมตร เท่ากับ 49.6 กิโลกรัม, [125 × 13.4 หมายถึง หน้าตัดรูปเหล็กรางหรือร่อง (Channel) ซึ่งมีความลึกโดยประมาณเท่ากับ 125 ม.ม. และมีน้ำหนักต่อความยาวหนึ่งเมตรเท่ากับ 13.4 กิโลกรัม, L90×60×12 หมายถึง เหล็กฉากที่มีขาด้านยาวเท่ากับ 90 ม.ม. ขาด้านสั้นเท่ากับ 60 ม.ม. และมีความหนาเท่ากับ 12 ม.ม.

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าคุณสมบัติของเหล็กรูปพรรณรูปตัว C

STANDARD TIS 1228-2537 LIP CHANNEL STEEL

Dimension A x B x C	Thickness t	Calculate Weight	Cross section area	Center of Gravity		Secondary Moment of Area		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section		Center of Shear		Piece per Bundles
				Cx	Cy	Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy	Sx	Sy	
mm.	mm.	Kg./m.	cm. 2	cm.	cm.	cm. 4	cm. 4	cm.	cm.	cm. 3	cm. 3	cm.	cm.	
75x45x15	2.3	3.25	4.137	0	1.72	37.1	11.8	3.00	1.69	9.90	4.24	4.0	0	100
100x50x20	2.3	4.06	5.172	0	1.86	80.7	19.0	3.95	1.92	16.1	6.06	4.4	0	80
	3.2	5.50	7.007	0	1.86	107	24.5	3.90	1.87	21.3	7.81	4.4	0	
	4.0	6.71	8.548	0	1.86	127	28.7	3.85	1.83	25.4	9.13	4.3	0	
	4.5	7.43	9.469	0	1.86	139	30.9	3.82	1.81	27.7	9.82	4.3	0	
125x50x20	3.2	6.13	7.807	0	1.68	181	26.6	4.82	1.85	29.0	8.02	4.0	0	60
	4.0	7.50	9.548	0	1.68	217	33.1	4.77	1.81	34.7	9.38	4.0	0	
	4.5	8.32	10.59	0	1.68	238	33.5	4.74	1.78	38.0	10.00	4.0	0	
150x50x20	3.2	6.76	8.607	0	1.54	280	28.3	5.71	1.81	37.4	8.19	3.8	0	60
	4.5	9.20	11.72	0	1.54	368	35.7	5.60	1.75	49.0	10.50	3.7	0	



CHEMICAL COMPOSITION				MECHANICAL PROPERTIES		
C	Mn	P	S	TENSILE	YIELD	ELONGATION
MAX %	MAX %	MAX %	MAX %	STRENGTH	STRENGTH	%
0.25	-	0.05	0.05	400-510 N/mm²	245 N/mm² (min)	21

DIMENTION TOLERANCE
A AND B : ±1.5 mm.
C : ±2.0 mm.
THICKNESS : 2.3 = +0.25 mm.
: 3.2 = +0.30 mm.

WEIGHT : UNDER 600 kgs ±10%
: 600 -2,000 kgs ±7.5%
: OVER 2,000 kgs ±5%
LENGTH : +40 mm., -0 mm.

TIS 1228-2537

ที่มา: High Quality Steel Tube and Pipe บริษัทสามชัย สตีล อินดัสทรี จำกัด

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ

1.1 Ultimate Tensile Strength

1.2 Yield Strength

1.3 Percentage of Elongation

1.5 Modulus of Elasticity

1.6 Stress – Strain Diagram

1.7 Modulus of Resilience

1.8 Type and Character of Fracture

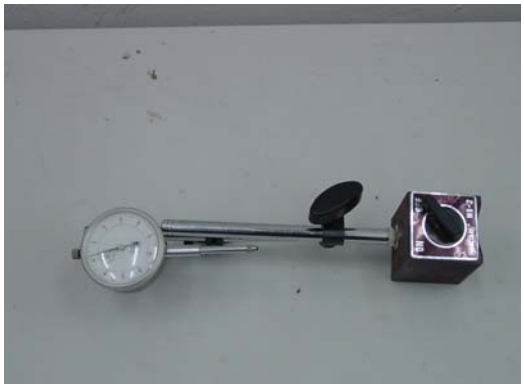
3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM A 615/A615M – 95a Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine)

4.2 เกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial Gauge)



4.3 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.4 ตลับเมตร

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่าง

5.1.1 ตัดชิ้นทดสอบแต่ละชุด ให้ใช้ชิ้นทดสอบ 3 ชิ้นซึ่งตัดมาจากเหล็กรูปพรรณชิ้นเดียวกันและแต่ละชิ้นต้องตัดมาจากแต่ละส่วนของเหล็กรูปพรรณ

5.1.2 ขนาดความยาวและกว้างของชิ้นทดสอบให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานในตารางที่ 5.1

5.1.3 สภาพของชิ้นทดสอบจะต้องเป็นไปตามสภาพเดิม โดยไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนแต่อย่างใด

5.1.4 ค่าความยาวของระยะพิกัดและระยะหัวจับให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชิ้นทดสอบกับความกว้าง ระยะพิกัด และระยะหัวจับ

ความหนาของชิ้นทดสอบ (ม.ม.)	กว้าง (ม.ม.)	ระยะพิกัด (ม.ม.)	ระยะหัวจับ (ม.ม.)
มากกว่า 27 ม.ม. ถึง 40 ม.ม.	40	250	265
มากกว่า 19 ม.ม. ถึง 27 ม.ม.		170	
มากกว่า 13 ม.ม. ถึง 19 ม.ม.	20	100	130
มากกว่า 10 ม.ม. ถึง 13 ม.ม.		85	
มากกว่า 7.5 ม.ม. ถึง 10 ม.ม.	12.5	60	80
มากกว่า 5.5 ม.ม. ถึง 7.5 ม.ม.		50	

5.2 การทดสอบ

5.2.1 ใช้เวอร์เนียร์วัดขนาดของชิ้นทดสอบ 3 จุด เพื่อนำไปคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดขวางของชิ้นทดสอบ

5.2.2 นำชิ้นตัวอย่างมากำหนดระยะพิกัด (Gauge Length) ทำเครื่องหมายด้วยการตอกด้วยสลักตามค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 5.1

5.2.3 นำชิ้นทดสอบใส่ในเครื่องทดสอบแรงดึง โดยให้ระยะหัวจับตามค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 5.1

5.2.4 ติดตั้งเกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial Gauge) และปรับให้เข็มชี้ที่ศูนย์

5.2.5 คำนวณอัตราการเพิ่มของแรงโดยกำหนดให้ไม่เกิน 3 kg/mm2/sec

5.2.6 เริ่มให้แรงดึงกระทำตามกำหนด เตรียมบันทึกค่าแรงและการยืดตัว โดยให้จดบันทึกค่าแรงและการยืดตัวในช่วง Proportional Limit ทั้งหมด 15 ค่า เมื่อเพิ่มแรงกระทำเป็นช่วง ๆ เท่ากัน ซึ่งค่าแรงแต่ละช่วงสามารถประมาณได้โดย นำเอาค่าแรง Proportional Limit ตามที่มาตรฐานกำหนด แบ่งออกเป็น 15 ค่า ให้มีช่วงห่างเท่ากันโดยประมาณ ทำการทดสอบจนกระทั่งถึงจุดคลาก(Yield) ซึ่งสามารถสังเกตได้โดยเมื่อเราให้แรงกระทำเพิ่มขึ้นอย่างคงที่สม่ำเสมอแต่เข็มบนหน้าปัดจะคงที่อยู่ขณะหนึ่ง แสดงว่าเหล็กตัวอย่างกำลังเกิดการคลาก เมื่อถึงจุดนี้ให้ถอด Dial Gauge ออกและเดินเครื่องต่อไปจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน

5.2.7 ให้ทำการบันทึกค่าแรงที่จุดคลาก (Load at Yield Point) และจุดที่ชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน (Ultimate Load)

5.2.8 นำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องทดสอบ แล้วนำมาต่อกันให้เหมือนลักษณะก่อนขาด แล้วทำการวัดระยะห่างระหว่าง จุด ที่ทำเครื่องหมาย Gauge Length เดิม

5.2.9 วัดความกว้างของชิ้นทดสอบและความหนาตรงส่วนที่ขาดเพื่อนำไปคำนวณ Area Reduction จากนั้นทำการวาดรูปและสังเกตลักษณะการขาดของตัวอย่าง

5.2.10 เขียน Stress – Strain Diagram จากผลที่ได้หลังจากการทดสอบทั้งแสดงวิธีคำนวณหาคุณสมบัติที่ต้องการด้วย

5.2.11 หากชิ้นทดสอบถูกดึงขาดออกจากกันนอกช่วงระยะพิกัดหรือ ภายในช่วงพิกัด แต่ห่างจากจุดพิกัดจุดใดจุดหนึ่ง เป็นระยะทางน้อยกว่า 1/4 ของความยาวพิกัด ให้ยกเลิกการทดสอบนั้นและทำการทดสอบใหม่ ด้วยชิ้นทดสอบจากชุดตัวอย่างเดียวกัน

6. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Samit Sorgpiriyakit	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Width of Specimen.....25.3.....mm.

Thickness of Specimen.....4.8.....mm.

Gauge Length.....53.60.....mm.

Yeild

Load.....4,000.....kg.

Ultinate Load.....4,558.....kg.

Deformated Length.....70.00.....mm.

Width of Specimen After Test.....22.16.....mm.

Thickness of Specimen After Test.....4.3.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
400	0.50
800	1.50
1200	2.00
1600	2.50
2000	2.80
2400	3.10
2800	3.30
3200	3.90
3600	4.00
4000	4.20
4400	27.00

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Samit Sorgpiriyakit	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Width of Specimen.....25.4.....mm.

Thickness of Specimen.....4.5.....mm.

Gauge Length.....54.80.....mm.

Yeild Load.....4050.....kg.

Ultimate Load.....4478…….kg.

Deformated Length.....70.00.....mm.

Width of Specimen After Test…….....23.20....mm.

Thickness of Specimen After Test...4.32.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
400	1.00
800	1.50
1200	2.00
1600	2.80
2000	2.90
2400	3.10
2800	3.30
3200	3.60
3600	3.90
4000	4.10
4400	28.50

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Samit Sorgpiriyakit	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of

Specimen.....No.3.....

Width of Specimen.....25.2.....mm.

Thickness of Specimen.....4.8.....mm.

Gauge Length.....53.00.....mm.

Yeild Load.....4150.....kg.

Ultimate Load.....4602.....kg.

Deformated Length.....70.60.....mm.

Width of Specimen After Test…….22.09....mm.

Thickness of Specimen After Test.....4.14.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
400	1.00
800	1.50
1200	2.00
1600	2.80
2000	2.90
2400	3.10
2800	3.30
3200	3.60
3600	3.90
4000	4.10
4400	28.50

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Samit Sorgpiriyakit	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

STRESS-STRAIN DATA:

Load	Specimen No.1			Specimen No.2			Specimen No.3		
(kg)	Dial(mm.)	Stress(ksc)	Strain	Dial(mm.)	Stress(ksc)	Strain	Dial(mm.)	Stress(ksc)	Strain
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	0.50	329.38	0.01	1.00	349.96	0.02	1.00	330.69	0.02
800	1.30	658.76	0.02	2.00	699.91	0.04	1.50	661.38	0.03
1200	2.00	988.14	0.04	2.50	1049.87	0.05	2.00	992.06	0.04
1600	2.50	1317.52	0.05	3.00	1399.83	0.05	2.80	1322.75	0.05
2000	2.90	1646.90	0.05	3.20	1749.78	0.06	2.90	1653.44	0.05
2400	3.50	1976.28	0.07	3.50	2099.74	0.06	3.10	1984.13	0.06
2800	4.00	2305.67	0.07	3.80	2449.69	0.07	3.30	2314.81	0.06
3200	4.30	2635.05	0.08	4.00	2799.65	0.07	3.60	2645.50	0.07
3600	4.70	2964.43	0.09	4.20	3149.61	0.08	3.90	2976.19	0.07
4000	6.00	3293.81	0.11	4.50	3499.56	0.08	4.10	3306.88	0.08
4400	27.00	3623.19	0.50	42.00	3849.52	0.77	28.50	3637.57	0.54

7. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No. 1)

1. Proportional Limit Strength = $\frac{Load\ at\ any\ Point\ in\ Prop.}{A_{(OriginalArea)}}$ ksc.

= $\frac{400}{121.44/100}$ ksc.

= 1152.83 ksc.

2. Yield Strength at 0.1% offset = 3350 ksc. (*from graph*)

3. Ultimate Strength = $\frac{Load\ at\ Breaking\ Point}{A_{(Original\ Area)}}$ ksc.

= $\frac{4558}{121.44/100}$ ksc.

= 3753.29 ksc.

4. Elongation (%) = $\frac{Final\ Length - Original\ Length}{Original\ Length} \times 100$

= $\frac{16.40}{53.60} \times 100$ %

= 30.60 %

5. Percentage of Area Reduction = $\frac{Original\ Area - Final\ Area}{Original\ Area} \times 100$

= $\frac{121.44 - 95.23}{121.44} \times 100$ %

= 21.58 %

6. Modulus of Elasticity = $\frac{Stress}{Strain}$

= $\frac{1152.83}{0.5/53.60}$ ksc.

= 12358.33 ksc.

7. Modulus of Resilience = Area under Stress-Strain Diagram at Proportional Limit

= $\frac{1}{2} \times (Stress\ at\ Prop) \times (Strain\ at\ Prop)$

= $\frac{1}{2} \times (1152.83) \times 0.11$ ksc.

= 63.41 ksc.

8. รายงานผลการทดลอง (ตัวอย่างที่ 1)

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Samit Sorgpiriyakit	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.1.....

Number of Specimen.....No.1.....

Width of Specimen.....25.3.....mm.

Thickness of Specimen.....4.8.....mm.

Gauge Length.....53.60.....mm.

Yeild Load.....4,000.....kg.

Ultimate Load.....4,558.....kg.

Deformated Length.....70.00.....mm.

Width of Specimen After Test.....22.16...mm.

Thickness of Specimen After Test..4.3.....mm.

Cross-Section Area Before test..121.44...mm^2

Cross-Section Area After test.....95.23....mm^2

Proportional Limit Strength..1,152.83...kg/cm^2

Yield Strength at 0.1% offset...3,350...kg/cm^2

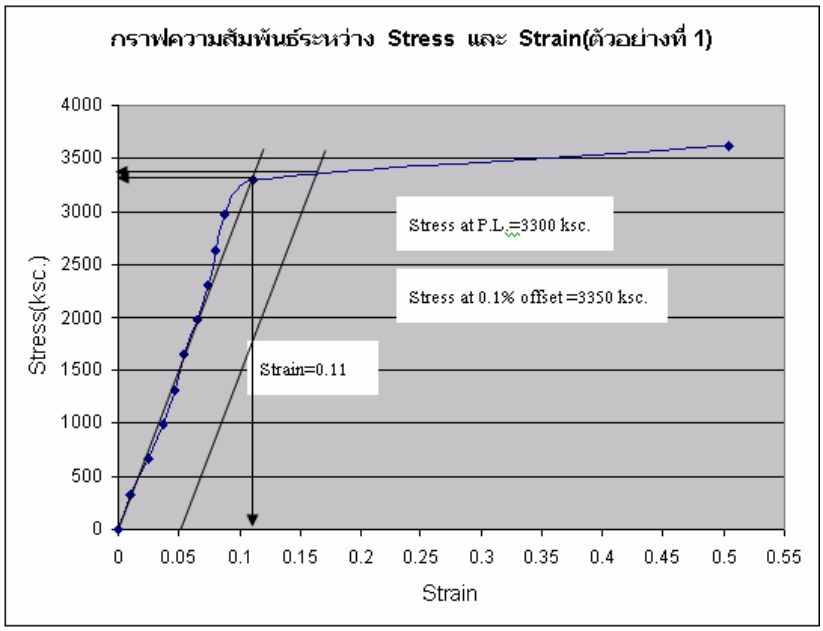
Ultimate Strength..... 3,753.29..... kg/cm^2

Percentage of Elongation.....30.60.....%

Percentage of Area Reduction....21.58.....%

Modulus of Elasticity.....12,358.33..... kg/cm^2

Modulus of Resilience.....63.41..... kg/cm^2



9. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....

Width of Specimen.....mm.

Thickness of Specimen.....mm.

Gauge Length.....mm.

Yeild Load.....kg.

Ultimate Load.....kg.

Deformated Length.....mm.

Width of Specimen After Test.....mm.

Thickness of Specimen After Test.....mm.

Load (kg)	Deformation (mm)

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

STRESS-STRAIN DATA:

Load (kg)	Specimen No.1			Specimen No.2			Specimen No.3		
	Dial(mm.)	Stress(ksc)	Strain	Dial(mm.)	Stress(ksc)	Strain	Dial(mm.)	Stress(ksc)	Strain

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ TENSION TEST OF STEEL PLATE
	ชื่อหน่วยงาน:

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Width of Specimen.....mm.

Thickness of Specimen.....mm.

Gauge Length.....mm.

Yeild Load.....kg.

Ultimate Load.....kg.

Deformated Length.....mm.

Width of Specimen After Test.....mm.

Thickness of Specimen After Test.....mm.

Cross-Section Area Before test.....mm^2

Cross-Section Area After test.....mm^2

Proportional Limit Strength.....kg/cm^2

Yield Strength at 0.1% offset.....kg/cm^2

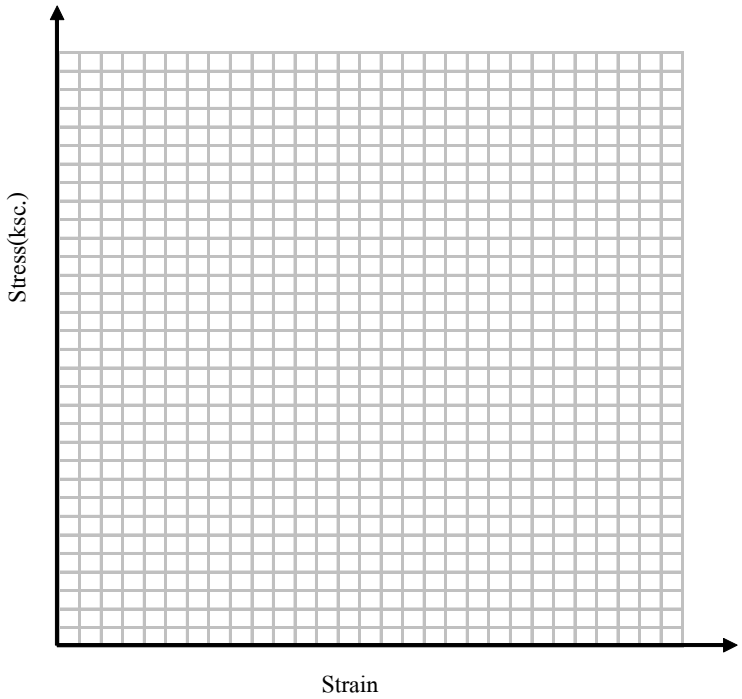
Ultimate Strength..... kg/cm^2

Percentage of Elongation.....%

Percentage of Area Reduction.....%

Modulus of Elasticity..... kg/cm^2

Modulus of Resilience..... kg/cm^2



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Stress และ Strain

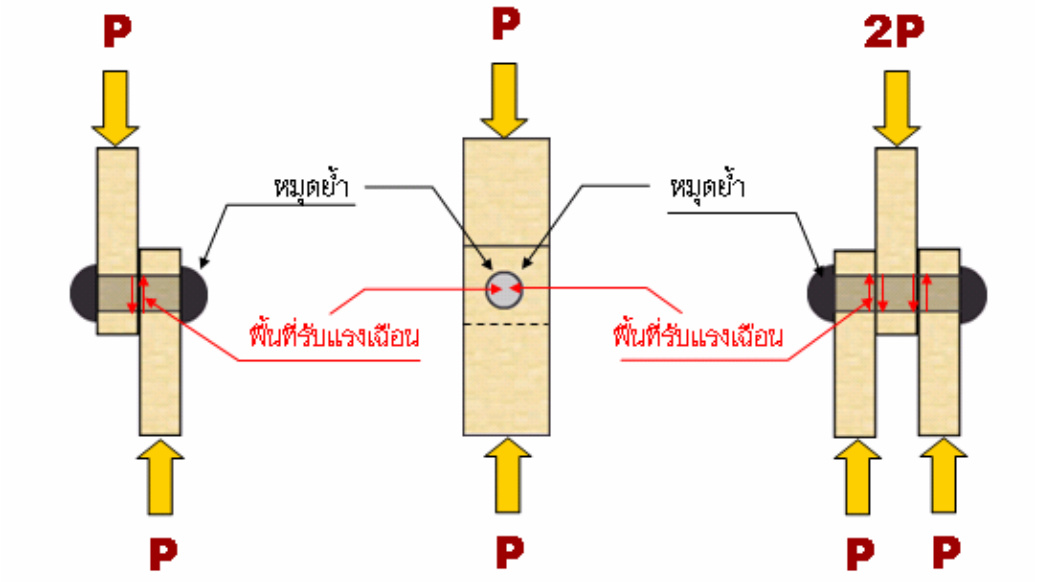
การทดสอบที่ 6

การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริม

DIRECT SHEAR TEST OF STEEL

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

แรงเฉือน (Shearing) เป็นพฤติกรรมของแรงอย่างหนึ่ง ที่กระทำขนานกับหน้าตัดของวัสดุแตกต่างจากแรงดึงและแรงอัดที่กระทำตั้งฉากกับระนาบของวัสดุ ในงานวิศวกรรมโครงสร้างที่รับแรงเฉือน ได้แก่ จุดต่อของโครงสร้างที่มีช่วงยาวและต่อกันแบบทาบหรือ เหล็กเสริมในโครงสร้างที่ทำหน้ารับแรงแรงเฉือนคือ เหล็กปลอกในคาน เป็นต้น แรงเฉือนที่เกิดโดยทั่วไปได้แก่ แรงเฉือนโดยตรง(Direct Shear) ซึ่งเกิดจากการกระทำของแรงในแนวขนานกับหน้าตัด แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน โดยถือว่าแรงกระทำผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัด หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นนี้ถือว่ามีค่าสม่ำเสมอตลอดหน้าตัด ซึ่งลักษณะของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นประเภทนี้ ได้แก่ แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในหมุดย้ำและสลักเกลียว อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ แรงเฉือนแบบหน้าเดียว ดังรูปที่ 6.1a และแรงเฉือนแบบสองหน้า ดังแสดงในรูปที่ 6.1c



รูปที่ 6.1a แรงเฉือนแบบหน้าเดียว (Single Shear)

รูปที่ 6.1b รูปด้านหน้า (Front View)

รูปที่ 6.1c แรงเฉือนแบบสองหน้า (Double Shear)

รูปที่ 6.1 แรงเฉือนโดยตรง (Direct Shear)

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shearing strength) ของเหล็กเสริม

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM A 616 Standard Testing Method for Rail-Steel Deformed and Plain Bars

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.3 ชุดทดสอบแรงเฉือน (Shear Tool) ของเหล็ก

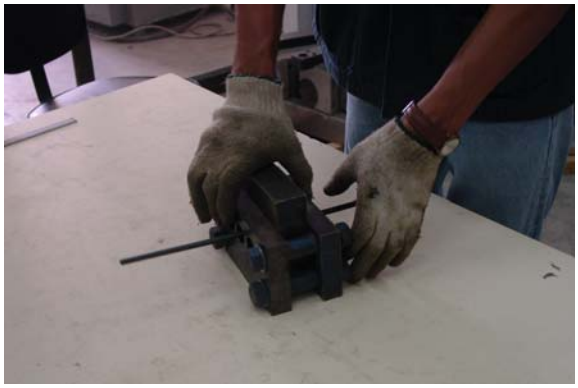
4.4 เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 และ 12 มิลลิเมตร อย่างละ 2 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งเหล็กทดสอบด้วย Vernier Caliper พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.2 นำเหล็กตัวอย่างไปใส่ในชุดทดสอบแรงเฉือน (Shear Tool) สำหรับทดสอบแบบแรงเฉือนหน้าเดียว (Single Shear) และแรงเฉือนแบบสองหน้า (Double Shear)



5.2 การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นตัวอย่างใส่ในเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine โดยให้หัวจับสัมผัสกับ ชุดทดสอบแรงเฉือน (Shear Tool)

5.2.2 ให้น้ำหนักกดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเกิดการแตกหัก

5.2.3 บันทึกแรงที่กระทำบันทึกค่าแรงสูงสุดและลักษณะของการขาดออกจากกันของชิ้นทดสอบ

6. การรายงานผลการทดสอบ

คำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

A	=	$\frac{\pi \times D^2}{4}$	$cm.^2$
Shearing Strength in Single Shear	=	P/A	ksc.
Shearing Strength in Double Shear	=	P/2A	ksc.

เมื่อ P = Maximum load (kg.)

A = Cross-Section Area (cm^2)

D = Diameter (cm.)

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริม DIRECT SHEAR TEST OF STEEL มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Determination

No.	Type	Diameter (cm)	Shear Strength (kg)	
			Single Shear	Double Shear
1	RB9	0.926	3006	5992
2	RB9	0.908	3095	6025
3	RB12	1.223	3002	6245
4	RB12	1.202	3015	5984
5				
6				
7				
8				
9				
10				

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No. 1)

Diameter = 9 mm.

Cross-Section Area, (A) = $\frac{\pi \times 0.926^2}{4}$ = 0.673 $cm.^2$

Shearing Strength in Single Shear = $\frac{3,006}{0.673}$ = 4465.780 ksc.

Shearing Strength in Double Shear = $\frac{5,992}{2 \times 0.673}$ = 4,450.924 ksc.

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริม DIRECT SHEAR TEST OF STEEL มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Single Shear

No.	Type	Diameter (cm)	Area (cm^2)	Shear Strength (ksc)	
				Max. Load	Shear Stress
1	RB9	0.926	0.673	3,006	4,465.780
2	RB9	0.908	0.647	3,095	4,782.107
3	RB12	1.223	1.174	3,002	2,556.749
4	RB12	1.202	1.134	3,015	2,658.329
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Summary Compression:

Type	Average Shear Strength (ksc)
RB9	4,623.94
RB12	2607.54

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริม DIRECT SHEAR TEST OF STEEL
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Double Shear

No.	Type	Diameter (cm)	Area (cm^2)	Shear Strength (ksc)	
				Max. Load	Shear Stress
1	RB9	0.926	0.673	5,992	8,903.67
2	RB9	0.908	0.647	6,025	9,312.21
3	RB12	1.223	1.174	6,245	5,319.42
4	RB12	1.202	1.134	5,984	5,245.15
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Summary Compression:

Type	Average Shear Strength (ksc)
RB9	9,107.94
RB12	5,282.29

10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริม DIRECT SHEAR TEST OF STEEL
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Determination:

No.	Type	Diameter (cm)	Shear Strength (kg)	
			Single Shear	Double Shear
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริม DIRECT SHEAR TEST OF STEEL
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: .....

No.	Type	Diameter (cm)	Area (cm^2)	Shear Strength (ksc)	
				Max. Load	Shear Stress
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Summary Compression:

Type	Average Shear Strength (ksc)

การทดสอบที่ 7

วิธีทดสอบคุณสมบัติรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว
TEST FOR PROPERTY OF WELDS

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

การเชื่อมเป็นวิธีการต่อแผ่นโลหะให้ติดกันโดยใช้ความร้อนเผาโลหะบริเวณที่จะต่อให้ละลาย แล้วใช้ลวดเชื่อมหลอมติดแผ่นโลหะนั้น วิธีการเชื่อมที่นิยมคือไฟฟ้าและแก๊ส แผ่นโลหะหลังจากเชื่อมแล้ว ความแข็งแรงบริเวณใกล้ ๆ รอยเชื่อมจะลดลง ทั้งนี้เพราะหน่วยแรงที่ค้างเหลืออยู่(Residual Steel)และการเปลี่ยนโมเลกุลภายในเนื้อโลหะอันเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นบนโลหะเป็นจุด ๆ ไม่สม่ำเสมอและการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ความแข็งแรงจะลดลงไม่มากนักสำหรับโลหะผสมคาร์บอนต่ำ(Low-Carbon Steel) แต่ถ้าเป็นโลหะที่ประสมคาร์บอนสูง(High-Carbon Steel) ความแข็งแรงจะลงลงมาก ซึ่งอาจแก้ได้โดยการเพิ่มและลดอุณหภูมิ(Heat-Treatment)แก่โลหะที่เชื่อม

<u>แบบของรอยเชื่อม</u>

1. การเชื่อมแบบต่อชน(Butt Weld) เป็นการเชื่อมแบบเอาปลายกับปลายโลหะชนกันเพื่อใช้สำหรับรับแรงอัด
2. การเชื่อมแบบต่อทาบ (Fillet Weld) เป็นการเชื่อมแผ่นโลหะที่ตั้งฉากกันหรือซ้อนกัน เหล็กที่เป็นตัวเชื่อมจะรับแรงดึง แรงอัดและแรงเฉือนได้ด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบนี้เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว Tension Test (ASTM E8-69) คือการทดสอบคุณสมบัติในการรับแรงดึงของรอยเชื่อม ซึ่งเกิดจากการเชื่อมแบบไฟฟ้า

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM E8-69 (Tension Test)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ Tension Test

1. Universal Testing Machine
2. หัวจับ (Grip) ใช้กับชิ้นทดสอบที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
3. Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

5. ขั้นตอนการทดสอบ

วิธีการทดสอบ Tension Test ของรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว

1. วัดขนาดชิ้นทดสอบ (ASTM E8-69) วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบที่จุดกึ่งกลางของรอยเชื่อม (ซึ่งจะต้องเป็นพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดของชิ้นทดสอบ) โดยให้มีความละเอียดถูกต้องในการวัดดังต่อไปนี้

- ขนาดหนา 5 ม.ม. หรือใหญ่กว่าให้วัดละเอียดถึง 0.025 ม.ม.
- ขนาดเล็กกว่า 5 ม.ม. แต่ไม่เล็กกว่า 2.5 ม.ม. ให้วัดละเอียดถึง 0.01 ม.ม.
- ขนาดเล็กกว่า 0.5 ม.ม. ให้วัดละเอียดถึง 1 เปอร์เซ็นต์

และในทุกกรณีให้มีความละเอียดไม่มากกว่า 0.0025 ม.ม.

2. นำชิ้นทดสอบที่วัดขนาดเรียบร้อยแล้วมาทำการทดสอบการรับแรงดึง โดยใส่เข้าเครื่องทดสอบแรงดึงแล้วเดินเครื่องดึงชิ้นทดสอบด้วยอัตราไม่เกิน 70 กก./ม.ม.2/นาที จนชิ้นทดสอบขาดจากกัน บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด(Maximum Load) แล้วคำนวณหากำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) ของรอยเชื่อม

3. ในกรณีที่ชิ้นทดสอบไม่ขาดตามรอยเชื่อม แต่ขาดที่ส่วนของเนื้อโลหะ หรือเหล็กเหนียว แสดงว่าพื้นที่หน้าตัดตรงรอยเชื่อมไม่ใช่พื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดของชิ้นทดสอบ ให้ทำการทดสอบใหม่

4. ผลการทดสอบการรับแรงดึง(Tensile Strength) ของรอยเชื่อม (Weld) ที่ผ่านการทดสอบจะต้องไม่ต่ำกว่า Tensile Strength ของเหล็กเหนียวที่เชื่อมต่อด้วยรอยเชื่อมนั้นตามที่กำหนด
5. ถ้าผลการทดสอบการวัดแรงดึงของรอยเชื่อมไม่ถูกต้องตามข้อ 5.1.4 ให้ทดสอบใหม่ด้วยชิ้นทดสอบจำนวนสองเท่าของจำนวนชิ้นทดสอบที่มีคุณสมบัติไม่ตรงตามกำหนด และถ้าผลการทดสอบซ้ำของชิ้นทดสอบชิ้นใดชิ้นหนึ่ง มีคุณสมบัติไม่ตรงตามกำหนด ให้ถือว่าตัวอย่างทั้งหมดไม่ผ่านการทดสอบ

6. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

	วิธีทดสอบคุณสมบัติรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว TEST FOR PROPERTY OF WELDS
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Mornitor Determination:

Specimen No.	1	2	3
Material	-	-	
Type of Welding	Butt Weld	Fillet Weld	
Dimension of Reduced Section(mm)	13.1×4.7	12.0×4.6	
Dimension of Rupture Section(mm)	13.1×4.5	7.2×2.8	
Maximum Load(kg)	2,147	2,192	
Type of Failure	At Weld	Out of Weld	

7. ตัวอย่างการคำนวณ

Specimen No. 1

Tensile Strength $= \dfrac{Maximum\ \ Load(kg.)}{Original\ Area(mm^2.)}$

$= \dfrac{2,147}{61.57}$

$= 34.87 \quad kg/mm^2$

8. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	วิธีทดสอบคุณสมบัติรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว TEST FOR PROPERTY OF WELDS มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Report Determination:

Specimen No.	1	2	3
Material	-	-	
Type of Welding	Butt Weld	Fillet Weld	
Dimension of Reduced Section(mm)	13.1×4.7	12.0×4.6	
Dimension of Rupture Section(mm)	13.1×4.5	7.2×2.8	
Maximum Load(kg)	2,147	2,192	
Type of Failure	Between Weld	Out of Weld	
Area of Reduced Section (mm^2)	61.57	55.20	
Tensile Strength of Production Weld (kg/mm^2)	34.87	39.71	

9. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	วิธีทดสอบคุณสมบัติรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว TEST FOR PROPERTY OF WELDS
	ชื่อหน่วยงาน
Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Mornitor Determination:

Specimen No.	1	2	3
Material			
Type of Welding			
Dimension of Reduced Section(mm)			
Dimension of Rupture Section(mm)			
Maximum Load(kg)			
Type of Failure			

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	วิธีทดสอบคุณสมบัติรอยเชื่อมของเหล็กเหนียว TEST FOR PROPERTY OF WELDS
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Jarai	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Report Determination:

Specimen No.	1	2	3
Material			
Type of Welding			
Dimension of Reduced Section(mm)			
Dimension of Rupture Section(mm)			
Maximum Load(kg)			
Type of Failure			
Area of Reduced Section (mm^2)			
Tensile Strength of Production Weld(kg/mm^2)			

การทดสอบที่ 8

การหาความชื้นของไม้

MOISTURE CONTENT OF WOOD

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

ไม้เป็นวัสดุทางวิศวกรรมที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย ซึ่งมีทั้งที่ใช้ภายในอาคารและภายนอกอาคารแต่ไม้มีคุณสมบัติที่สามารถดูดและคายความชื้นได้(Hygroscoppic Substance) ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาพฤติกรรมการดูดและคายความชื้นของไม้ เพื่อให้สามารถนำไม้มาใช้ในงานก่อสร้างได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นการทดสอบนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความชื้นในเนื้อไม้ที่แห้งในอากาศ และศึกษาถึงความชื้นในเนื้อไม้ ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการใช้งานในทางวัสดุวิศวกรรม

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

1. เพื่อศึกษาลักษณะการเรียงตัวของเสี้ยนไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน
2. เพื่อศึกษาวิธีการอบไม้และการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อไม้
3. เพื่อศึกษาการหดตัวของไม้ในทิศทางต่าง ๆ

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM D 2016-74(Reapproved 1983) Standard Testing Method for Moisture Content of Wood

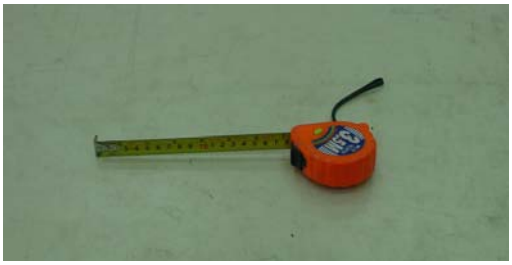
4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 ตู้อบไฟฟ้า

4.2 เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.3 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.4 ตลับเมตร



5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่าง

5.1.1 ไม้เนื้อแข็ง ขาด 2×2×2 นิ้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง

5.2 การทดสอบ

5.2.1 ใช้ปากกาลูกลื่นหรือปากกาเคมีชนิดกันน้ำ ทำการเขียนชนิดของไม้และหมายเลขบนชิ้นตัวอย่าง

5.2.2 นำตัวอย่างไม้ที่จะทำการทดสอบมาทำการวัดขนาดแต่ละหน้าของชิ้นตัวอย่างด้วย Vernier ให้ละเอียดถึงระดับ 1 ม.ม. พร้อมทั้งทำเครื่องหมายด้วยปากกาเคมีเพื่อให้ทราบว่าเป็นด้าน A หรือ B บันทึกขนาดตัวอย่างแต่ละชิ้นลงในตารางบันทึกผล

5.2.3 นำชิ้นตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก โดยอ่านค่าน้ำหนักให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม แล้วจดบันทึกผล

5.2.4 ทำการสังเกตลักษณะภายนอกของชิ้นตัวอย่าง อันได้แก่ สี ความเรียบของผิวไม้ การเรียงตัวของเสี้ยนไม้ และขนาดของเสี้ยน ทั้งด้านข้างและด้านหน้าตัด แล้วบันทึกค่าที่สังเกตได้ลงในตาราง และทำการสเกตซ์ภาพชิ้นตัวอย่าง โดยแสดงการเรียงตัวของเสี้ยนไม้ และวงปี(Annual Ring)

5.2.5 นำตัวอย่างไม้เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชม.

5.2.6 เมื่อครบกำหนดแล้วนำไม้ออกจากตู้อบ แล้วผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและวัดขนาดไม้แต่ละด้านตามที่อธิบายไว้ในขั้นตอนที่ 1 และ 2

5.2.7 ให้ทำการคำนวณหาค่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้แต่ละท่อน โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{Moisture} = \frac{Original\ \ Weight\ \ -\ \ Oven\ \ Dry\ \ Weight}{Oven\ \ Dry\ \ Weigh} \times 100$$

5.2.8 ให้นำไม้แต่ละท่อนมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวในแนวต่าง ๆ ของไม้ชนิดเดียวกันและไม้ต่างชนิดกัน โดยคำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวในแนวต่างๆ} = \frac{(Size\ \ Bofore\ \ Oven - Size\ \ After\ \ Oven)}{Size\ \ After\ \ Oven} \times 100\%$$

6. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การหาความชื้นของไม้ MOISTURE CONTENT OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Specimen	Before Oven				After Oven			
	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)
1	43.7	43.4	49.2	87.2	42.7	41.9	49.1	80.45
2	43.7	43.0	48.7	86.7	42.55	41.3	48.5	78.67
3	43.9	43.1	48.5	85.1	42.8	41.9	48.0	78.81

7. ตัวอย่างการคำนวณ

Specimen No. ไม้เต็ง 1

Moisture Content $= \frac{Original\,Weight - Oven\,Weight}{Oven\,Dry\,Weight} \times 100$

$= \frac{87.2 - 80.45}{80.45} \times 100$

$= 8.39 \quad \%$

Shrinkage $= \frac{(Size\,Bofore\,Oven - Size\,After\,Oven)}{Size\,After\,Oven} \times 100\%$

$= \frac{43.7 - 42.7}{42.7} \times 100\%$

$= 2.34 \quad \%$

8. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

	การหาความชื้นของไม้ MOISTURE CONTENT OF WOOD
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Specimen	Before Oven				After Oven			
	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)
1	43.7	43.4	49.2	87.2	42.7	41.9	49.1	80.45
2	43.7	43.0	48.7	86.7	42.55	41.3	48.5	78.67
3	43.9	43.1	48.5	85.1	42.8	41.9	48.0	78.81

Result:

Specimen	Shrinkage at width (%)	Shrinkage at Thickness (%)	Shrinkage at Leagth (%)	Moisture Content (%)
1	2.34	3.58	0.20	8.39
2	2.70	4.12	0.41	10.21
3	2.57	2.86	1.04	7.98
Average	2.54	3.52	0.55	8.86

9. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การหาความชื้นของไม้ MOISTURE CONTENT OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Specimen	Before Oven				After Oven			
	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)
1								
2								
3								

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การหาความชื้นของไม้ MOISTURE CONTENT OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน
Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Specimen	Before Oven				After Oven			
	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Length (mm)	Weight (gm)
1								
2								
3								

Result of Calculation:

Specimen	Shrinkage at width (%)	Shrinkage at Thickness (%)	Shrinkage at Length (%)	Moisture Content (%)
1				
2				
3				
Average				

การทดสอบที่ 9

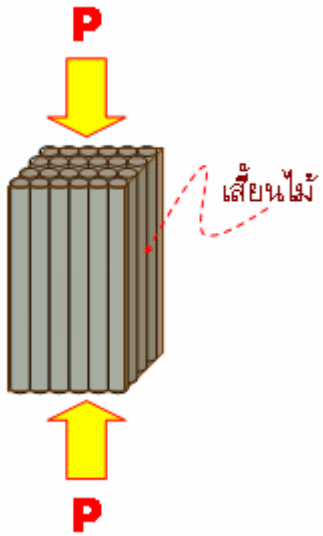
การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้

COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญเป็นวัสดุที่ทำงานได้ง่ายมีความคงทนและสวยงาม ไม่เป็นสนิม มีน้ำหนักเบา ไม้มีลักษณะเป็นวัสดุเส้นใย (Fiber Material) แบบท่อกลวงซึ่งเรียงซ้อนกันอยู่ เส้นใยของไม้จะมีความยาวขนานไปกับลำต้น ด้วยเหตุนี้ความแข็งแรงของไม้ในแนวต่าง ๆ จึงไม่เท่ากัน ความแข็งแรงไม้ในแนวขนานเสี้ยน (Parallel to Grain) จึงแตกต่างกับความแข็งแรงของไม้ในแนวตั้งฉากเสี้ยน (Perpendicular to Grain)

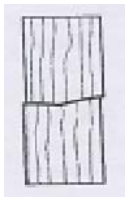
แรงอัดของไม้ในแนวขนานเสี้ยนขึ้นอยู่กับความต้านทานของเส้นใยเล็ก ๆ ที่รวมตัวกันขึ้นเป็นโครงสร้างไม้ เส้นใยแต่ละเส้นจะทำหน้าที่เสมือนเป็นเสากลวง (Hollow Column) เล็ก ๆ ดังรูปที่ 9.1 ที่ถูกค้ำจุนและให้ความค้ำจุนแก่เส้นใยอื่น ๆ ที่อยู่รอบข้าง ถ้าหน่วยแรง (Stress) เพิ่มขึ้นจนถึงจุดแตกหัก (Failure) เส้นใยที่ทำหน้าที่ค้ำจุนเหล่านี้จะโก่งหรืองอแบบเดียวกับการแตกหักของเสาที่มีขนาดใหญ่



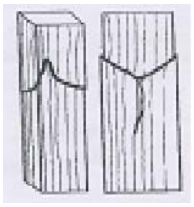
รูปที่ 9.1 ลักษณะการเรียงตัวของเสี้ยนไม้

ลักษณะของความเสียหายของไม้ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกดในแนวขนานเสี้ยนมีลักษณะดังต่อไปนี้

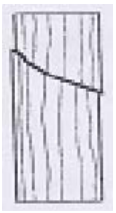
1. บดอัด (Crushing) เมื่อระนาบของการแตกหักอยู่ในแนวระดับ
2. แบบรูปลิ่ม (Wedge Split) เส้นที่ถูกผ่าออกอาจเป็นไปได้ทั้งแนววงปีหรือแนวสัมผัสกับวงปี
3. แบบเฉือน (Shearing) เกิดขึ้นเมื่อระนาบของการแตกทำมุมกับส่วนบนของชิ้นงานเกิน 45°
4. แบบผ่า (Splitting) เกิดขึ้นโดยลักษณะภายในของเนื้อไม้ไม่ดี ทำให้ไม้เกิดการแยกออกจากกัน
5. การแตกหักโดยการถูกอัดและเฉือนขนานเสี้ยน (Compression and Shearing Parallel to Grain) การวิบัติในลักษณะนี้ จะวิบัติในลักษณะเฉือนออกขวางเสี้ยน ทำมุมประมาณ 45 องศากับแนวราบ พร้อมกับมีการปริแตกออกของเนื้อไม้ด้วย
6. การแตกหักโดยการถูกบี้ตรงปลาย (Blooming or Rolling) การวิบัติลักษณะนี้ ส่วนปลายของไม้จะอยู่และเห็นเสี้ยนไม้บริเวณปลายแตกออกเป็นเส้น ๆ



บดอัด (Crushing)

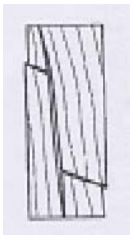


แบบรูปลิ่ม (Wedge Split)

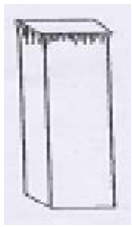


แบบเฉือน (Shearing)

แบบผ่า (Splitting)



การแตกหักโดยการถูกอัดและเฉือนขนานเสี้ยน (Compression and Shearing Parallel to Grain)



การแตกหักโดยการถูกบี้ตรงปลาย (Blooming or Rolling)

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงอัดของไม้ชนิดต่าง ๆ ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้

2.2 เพื่อศึกษาลักษณะการวิบัติของไม้ที่รับแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนไม้

2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทำต่อกำลังการรับแรงอัดของไม้ในแนวขนานเสี้ยนไม้

2.4 เพื่อหาคุณสมบัติของไม้รับแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนเสี้ยนไม้ ดังนี้

- Elastic Strength at Proportional Limit
- Yield Strength at 0.05% Offset

- Ultimate Strength
- Modulus of Elasticity

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM D 143 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

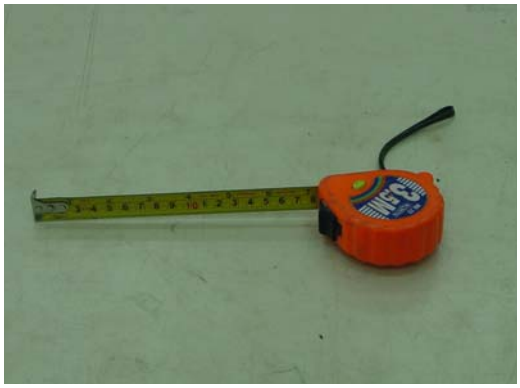
4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM)

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มม. และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มม.

4.3 เกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial Gauge)

4.4 เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.5 ตลับเมตร



4.6 ไม้เนื้อแข็งขนาด 2× 2× 8 นิ้ว ชนิดละ 3 ท่อน

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 ตัดตัวอย่างไม้ทดสอบให้มีขนาดและความยาว 2× 2× 8 นิ้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง และเขียนเลขลำดับชิ้นตัวอย่าง

5.1.2 ปรับแต่งผิวหน้าของไม้แต่ละด้านในมีความเรียบสม่ำเสมอและขนานกับด้านตรงข้าม โดยหน้าไม้แต่ละด้านต้องทำมุมฉากกันตลอดความยาว

5.1.3 ทำการวัดขนาดภาคตัดขวาง (Cross-Section) ของตัวอย่างไม้ทดสอบ โดยการวัดอย่างน้อยด้านละ 3 แห่ง คือปลายไม้ทั้งสองด้าน และกึ่งกลางไม้อีกหนึ่งจุด ให้มีระดับความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน

5.1.4 ทำการวัดความยาว (Length) ของชิ้นไม้ทดสอบ เช่นเดียวกันการวัดขนาดภาคตัวขวาง

5.1.5 ทำการกำหนดพิกัดความยาว (Gauge Length) ที่ชิ้นไม้ทดสอบให้มีพิกัดความยาวประมาณ 6 นิ้ว

5.1.6 ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ทดสอบ ให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

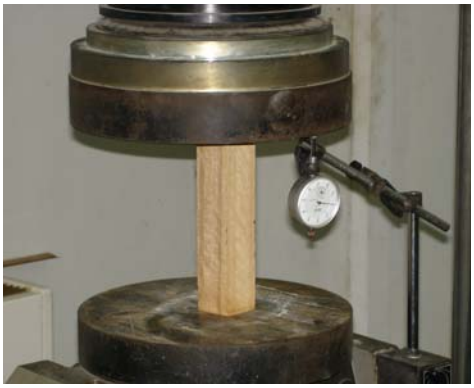
5.1.7 ทำการวาดรูปชิ้นไม้ทดสอบ และบันทึกตำหนิของไม้ด้วย

5.2 การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นไม้ทดสอบที่ได้เตรียมไว้วางบน Lower Bearing Plate ของเครื่องทดสอบในลักษณะที่ถูกต้อง โดยให้แนวเสี้ยนปรากฏอยู่ตามความยาวของไม้และผิวปลายเสี้ยนตั้งฉากกับแกนความยาวด้วย

5.2.2 เลื่อน Upper Bearing ของเครื่องทดสอบลงมาสัมผัสกับผิวด้านบนของชิ้นไม้ทดสอบ

5.2.3 ทำการปรับ Dial Gauge ของ Compressometer และค่าแรงกระทำที่เครื่อง Universal Testing Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์



5.2.4 ออกแรงกดทีละน้อยตลอดการทดสอบด้วยความเร็วคงที่ ที่ทำให้ หัวกดเคลื่อนไป 0.06 เซนติเมตรต่อนาที

5.2.5 บันทึกค่าการหดตัวของไม้ทดสอบจาก Dial Gauge ของ Compressometer ทุก ๆ น้ำหนักกระทำเท่ากับ 500 กิโลกรัม จนกระทั่งผ่านขีดจำกัดยืดหยุ่น (Proportional Limit) จึงถอด Compressometer ออกแล้วให้น้ำหนักกระทำต่อไปจนกระทั่งถึงจุดวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักกระทำสูงสุด (Ultimate Load) ไว้

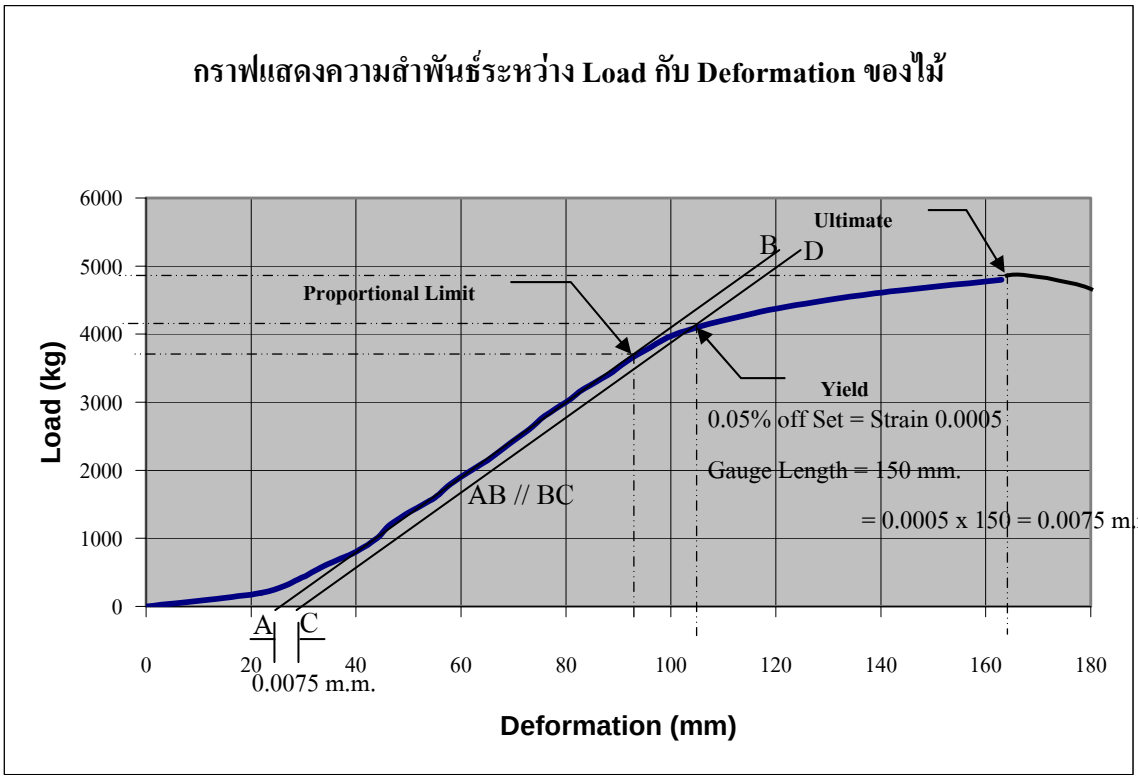
5.2.6 บันทึกลักษณะการวิบัติและวาดรูปไว้

5.2.7 นำชิ้นไม้ไปอบแห้งตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.2.8 เมื่อครบกำหนดแล้วนำไม้ออกจากตู้อบ ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่า Moisture Content

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load กับ Deformation พร้อมทั้งกำหนดจุด Proportional Limit และจุด Yield Point ในเส้นกราฟ



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

Elastic Strength at Proportional Limit $= \dfrac{Load\ at\ Proportional\ Limit}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Yield Strength 0.05 % offset $= \dfrac{Load\ at\ 0.05\ \%\ offset}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Ultimate Strength $= \dfrac{Ultimate\ Load}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Modulus of Elasticity (E) $= \dfrac{Stress\ at\ Proportion\ Limit}{Strain\ at\ Proportion\ Limit}$ ksc.

Moisture Content $= \dfrac{Original\ Weight\ -\ Oven\ Dry\ Weight}{Oven\ Dry\ Weigh} \times 100$

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.28.....cm.

Depth of Specimen.....4.27.....cm.

Length of Specimen.....15.....cm.

Original Weigth.....250.4.....gm.

Oven Dry Weigth.....245.1.....gm.

Pattern of Failure.....Wedge Split.....

Ultimate Load.....12,394.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
500	0.020
1000	0.035
1500	0.050
2000	0.060
2500	0.080
3000	0.095
3500	0.115
4000	0.130
4500	0.155
5000	0.170
5500	0.190
6000	0.220
6500	0.245
7000	0.260
7500	
8000	
8500	
9000	
9500	
10000	

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.27.....cm.

Depth of Specimen.....4.32.....cm.

Length of Specimen.....15.....cm.

Original Weigth.....278.7.....gm.

Oven Dry Weigth.....272.5.....gm.

Pattern of Failure.....Crushing.....

Untimate Load..... 18,697.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
500	0.015
1000	0.030
1500	0.045
2000	0.060
2500	0.080
3000	0.095
3500	0.110
4000	0.130
4500	0.150
5000	0.160
5500	0.180
6000	0.200
6500	0.215
7000	0.230
7500	0.250
8000	0.270
8500	0.290
9000	0.310
9500	0.325
10000	0.365

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.3.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.27.....cm.

Depth of Specimen.....4.28.....cm.

Length of Specimen.....15.....cm.

Original Weigth.....272.0.....gm.

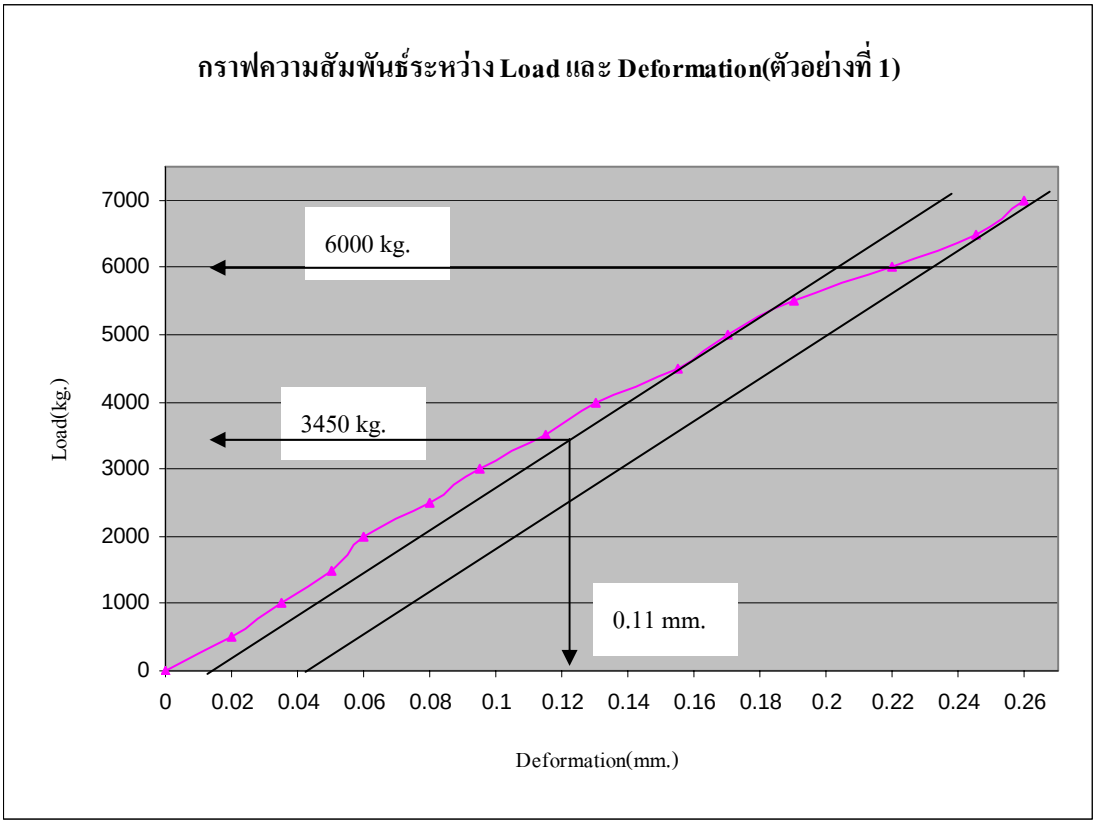
Oven dry Weigth.....265.6.....gm.

Pattern of Failure.....Shearing and Spirtting...

Ultimate Load..... 9,429.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
500	0.020
1000	0.040
1500	0.060
2000	0.090
2500	0.120
3000	0.140
3500	0.165
4000	0.185
4500	0.225
5000	0.235
5500	0.255
6000	0.280
6500	0.305
7000	0.325
7500	0.350
8000	0.375
8500	0.405
9000	0.435
9500	
10000	

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No.2)



Elastic Strength at Proportional Limit $= \dfrac{Load\ at\ Proportional\ Limit}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{3450}{18.28} = 188.73$ ksc.

Yield Strength 0.05 % offset $= \dfrac{Load\ at\ 0.05\ \%\ offset}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{6000}{18.28} = 328.22$ ksc.

Ultimate Strength $= \dfrac{Ultimate\ Load}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{12394}{18.28} = 678$ ksc.

Modulus of Elasticity (E) $= \dfrac{Stress\ at\ Proportion\ Limit}{Strain\ at\ Proportion\ Limit}$ ksc.

$= \dfrac{188.73}{0.11/60} = 102943.63$ ksc.

Moisture Content $= \dfrac{Original\ Weight - Oven\ Dry\ Weight}{Oven\ Dry\ Weigh} \times 100$ %

$= \dfrac{250.4 - 245.1}{245.1} \times 100 = 2.16$ %

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.28.....cm.

Depth of Specimen.....4.27.....cm.

Length of Specimen.....15.....cm.

Original Weigth.....250.4.....gm.

Oven Dry Weigth.....245.1.....gm.

Pattern of Failure.....Wedge Split.....

Ultimate Load.....12,394.....kg.

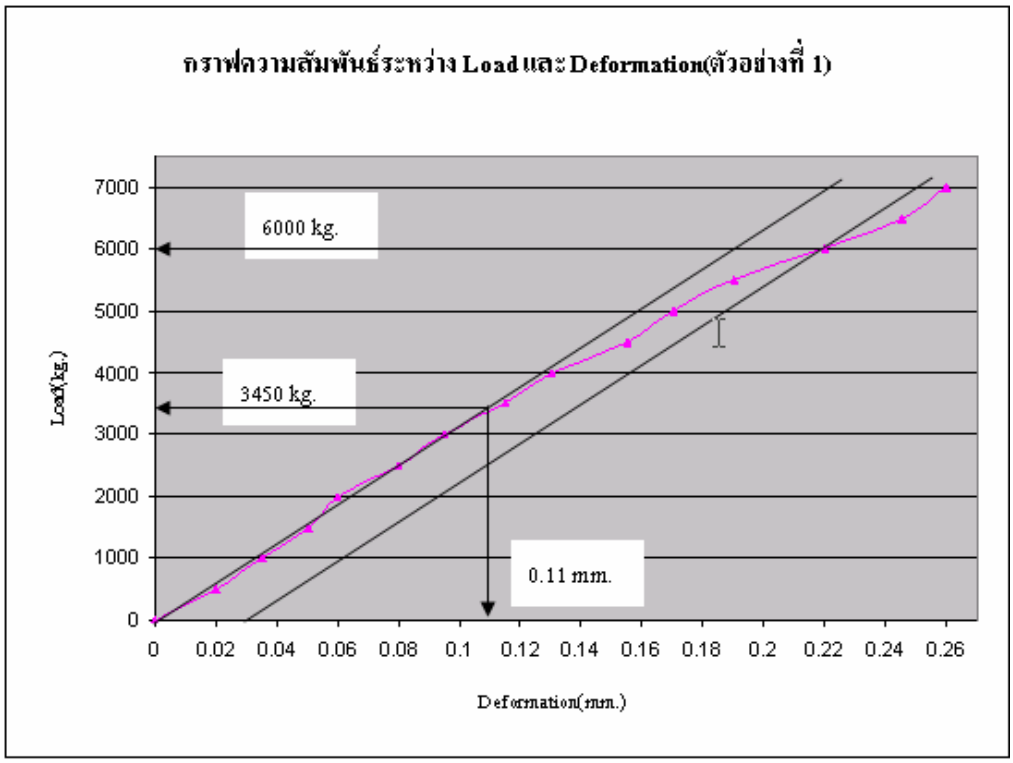
Elastic Strength at P.L.....188.73.....kg/cm^2

Yield Strength at 0.05% offset...328.22....kg/cm^2

Ultimate Strength.....678.....kg/cm^2

Modulus of Elasticity,E.....102,944.....kg/cm^2

Moisture Content.....2.16.....kg/cm^2



10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Width of Specimen.....cm.

Depth of Specimen.....cm.

Length of Specimen.....cm.

Original Weigth.....gm.

Oven Dry Weigth.....gm.

Pattern of Failure.....

Ultimate Load.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)

Material Testing Laboratory Program, CopyRigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Width of Specimen.....cm.

Depth of Specimen.....cm.

Length of Specimen.....cm.

Original Weigth.....gm.

Oven Dry Weigth.....gm.

Pattern of Failure.....

Ultimate Load.....kg.

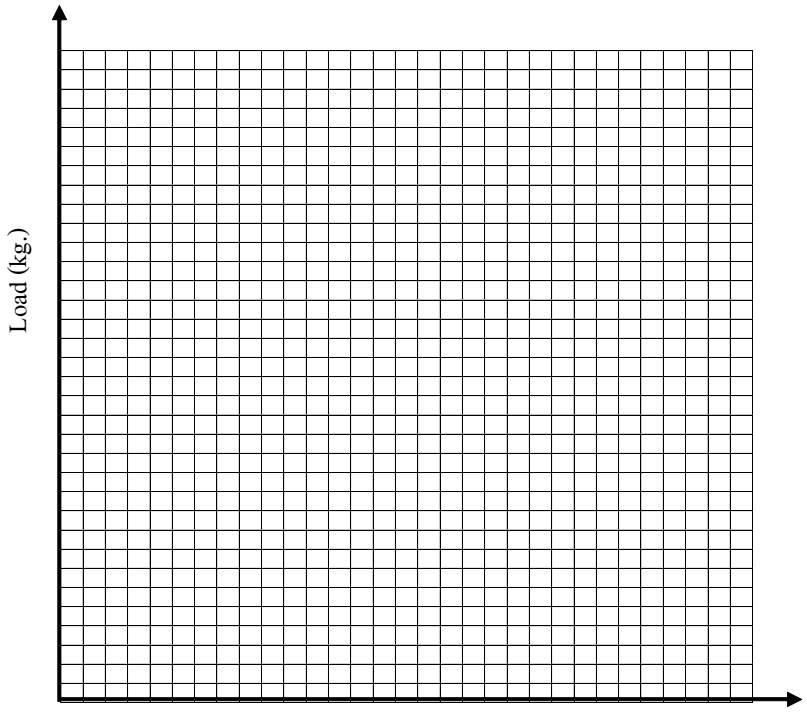
Elastic Strength at P.L.....kg/cm^2

Yield Strength at 0.05% offset.....kg/cm^2

Ultimate Strength.....kg/cm^2

Modulus of Elasticity,E.....kg/cm^2

Moisture Content.....kg/cm^2



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

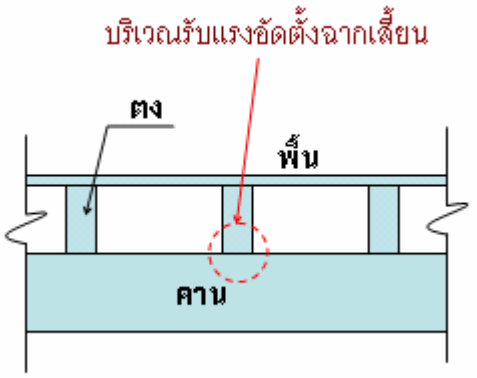
การทดสอบที่ 10

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้

COMPRESSION PERPENDICULAR TO GRAIN TEST OF WOOD

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

หน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน เป็นคุณสมบัติทางกลที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างที่มีแรงกระทำเป็นจุด เช่น บนคานที่มีเสาหรือปลายตงวางอยู่ ไม้หมอนทางรถไฟ กำลังรับแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนนี้ยอมให้ใช้ได้ภายในขอบเขตของหน่วยแรงที่ขีดยืดหยุ่น เพราะหากเลยจุดนี้ไปแล้วผนังของเสี้ยนไม้จะยุบตัวมากโดยที่แรงอัดไม่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งการหดตัวของไม้มากจนความหนาเหลือเพียงหนึ่งในสามของความหนาเดิมเมื่อเสี้ยนไม่ยุบตัวจนเต็มโพรงเสี้ยนไม้หมด แรงอัดก็จะเพิ่มขึ้นไม่มีที่สิ้นสุด และไม่อาจหาค่าของกำลังอัดสูงสุดตั้งฉากเสี้ยนได้ แต่อย่างไรก็ตาม กำลังของแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนไม้ที่มีค่าสูง ๆ ในช่วงหลังนี้ไม่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ เพราะไม้ได้เกิดการวิบัติแล้ว คือมีการยุบตัวและเสียรูปจนทำให้โครงสร้างที่ยึดอยู่หรือเกี่ยวข้องเกิดการทรุดตัวและเสียรูปตามไปด้วย



รูปที่ 10.1 แสดงการรับแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนในระบบ คาน ตง พื้น

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงอัดของไม้ชนิดต่าง ๆ ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้

2.2 เพื่อศึกษาลักษณะการวิบัติของไม้ที่รับแรงอัดในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้

2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทำต่อกำลังการรับแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้

2.4 เพื่อหาคุณสมบัติของไม้เมื่อรับแรงอัดในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้ ดังนี้

- Elastic Strength at Proportional Limit
- Yield Strength at 0.05% Offset
- Modulus of Elasticity

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM D 143 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

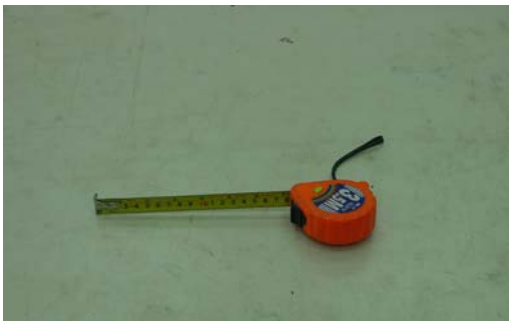
4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.3 เกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial Gauge)

4.4 เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.5 ตลับเมตร



4.6 ไม้เต็งขนาด 2×2×6 นิ้ว ชนิดละ 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

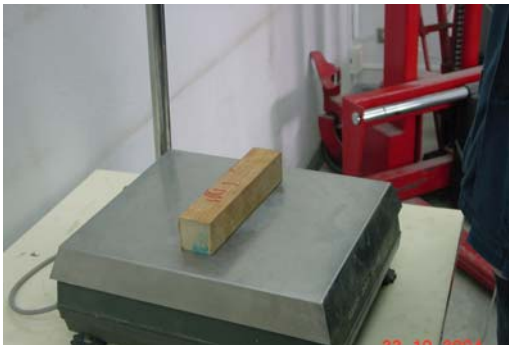
5.1.1 ตัดตัวอย่างไม้ทดสอบให้มีขนาดและความยาว 2×2×6 นิ้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง และเขียนเลขลำดับชิ้นตัวอย่าง

5.1.2 ปรับแต่งผิวหน้าของไม้แต่ละด้านในมีความเรียบสม่ำเสมอและขนานกับด้านตรงข้าม โดยหน้าไม้แต่ละด้านต้องทำมุมฉากกันตลอดความยาว

5.1.3 ทำการวัดขนาดภาคตัดขวาง (Cross - Section) ของตัวอย่างไม้ทดสอบ โดยการวัดอย่างน้อยด้านละ 3 แห่ง คือปลายไม้ทั้งสองด้าน และกึ่งกลางไม้อีกหนึ่งจุด ให้มีระดับความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน

5.1.4 ทำการวัดความยาวของชิ้นตัวอย่างไม้ทดสอบ เช่นเดียวกับการวัดขนาดภาคตัดขวาง

5.1.5 ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ทดสอบ ให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

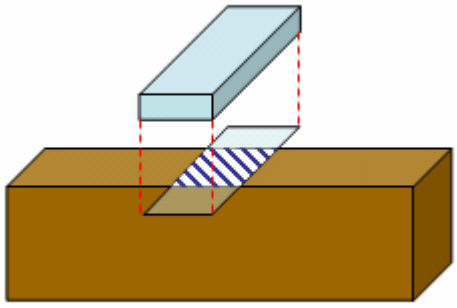


5.1.6 ทำการวาดรูปชิ้นไม้ทดสอบ และบันทึกตำหนิของไม้ด้วย

5.2 การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นไม้ทดสอบที่ได้เตรียมไว้วางบน Lower Bearing Plate ของเครื่องทดสอบในลักษณะวางนอน โดยให้ด้าน Radial Surface เป็นด้านที่รับแรง

5.2.2 วางแผ่นโลหะที่มีความกว้างประมาณ 2 นิ้ว ลงบนกึ่งกลางของไม้ทดสอบ โดยวางให้แกนยาวของไม้และแผ่นโลหะตั้งได้ฉากกัน



5.2.3 เลื่อน Upper Bearing ของเครื่องทดสอบลงมาสัมผัสกับผิวด้านบนของชิ้นไม้ทดสอบ

5.2.4 ทำการติดตั้ง Dial Gauge สำหรับวัดระยะหดของตัวอย่างไม้ในขณะทำการทดสอบ แล้วทำการปรับ Dial Gauge และค่าแรงกระทำที่เครื่อง Universal Testing Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์

5.2.5 ออกแรงกดทีละน้อยตลอดการทดสอบด้วยความเร็วคงที่ โดยให้หัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.03 เซนติเมตรต่อนาที

5.2.6 บันทึกค่าการหดตัวของไม้ทดสอบจากเกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial Gauge) ทุก ๆ น้ำหนักกระทำเท่ากับ 100 กก. จนกระทั่งผ่านขีดจำกัดยืดหยุ่น (Proportional Limit) จึงถอด เกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial Gauge) ออกแล้วให้น้ำหนักกระทำต่อไปจนกระทั่งถึงจุดวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักกระทำสูงสุด (Ultimate Load) ไว้

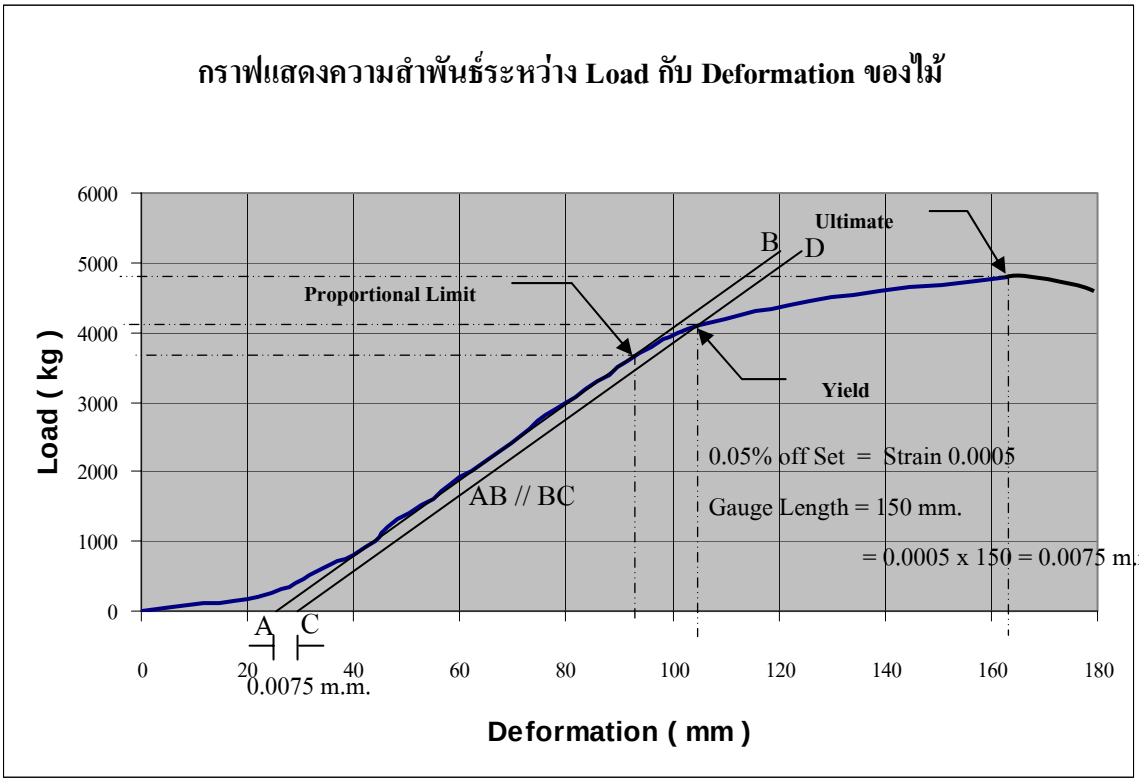
5.2.7 บันทึกลักษณะการวิบัติและวาดรูปไว้

5.2.8 นำชิ้นไม้ไปอบแห้งตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.2.9 เมื่อครบกำหนดแล้วนำไม้ออกจากตู้อบ ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่า Moisture Content

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load กับ Deformation พร้อมทั้งกำหนดจุด Proportional Limit และจุด Yield Point ในเส้นกราฟ



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

Elastic Strength at Proportional Limit $= \dfrac{Load\ at\ \text{Pr}oportional\ Limit}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Yield Strength 0.05 % offset $= \dfrac{Load\ at\ 0.05\ \%\ offset}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Modulus of Elasticity (E) $= \dfrac{Stress\ at\ \text{Pr}oportion\ Limit}{Strain\ at\ \text{Pr}oportion\ Limit}$ ksc.

Moisture Content $= \dfrac{Original\ Weight\ -\ Oven\ Dry\ Weight}{Oven\ Dry\ Weigh} \times 100$ %

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PERPENDICULAR TO GRAIN TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.28.....cm.

Depth of Specimen.....4.27.....cm.

Length of Specimen.....20.....cm.

Original Weigth.....250.4.....gm.

Oven Dry Weigth.....245.10.....gm.

Load (kg)	Deformation (mm)
100	0.015
200	0.030
300	0.050
400	0.065
500	0.090
600	0.110
700	0.125
800	0.145
900	0.170
1000	0.195
1100	0.220
1200	0.250
1300	0.285
1400	0.325
1500	0.385
1600	0.430
1700	0.500
1800	0.570
1900	0.630
2000	0.690
2100	0.760
2200	0.820
2300	0.890
2400	0.96
2500	1.02

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PERPENDICULAR TO GRAIN TEST OF WOOD
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.27.....cm.

Depth of Specimen.....4.32.....cm.

Length of Specimen.....20.....cm.

Original Weigth.....278.70.....gm.

Oven Dry Weigth.....272.50.....gm.

Load (kg)	Deformation (mm)
100	0.01
200	0.02
300	0.04
400	0.065
500	0.08
600	0.105
700	0.12
800	0.14
900	0.16
1000	0.18
1100	0.2
1200	0.22
1300	0.235
1400	0.26
1500	0.28
1600	0.3
1700	0.315
1800	0.34
1900	0.37
2000	0.39
2100	0.425
2200	0.46
2300	0.48
2400	0.5
2500	0.52

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PERPENDICULAR TO GRAIN TEST OF WOOD
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.3.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.27.....cm.

Depth of Specimen.....4.28.....cm.

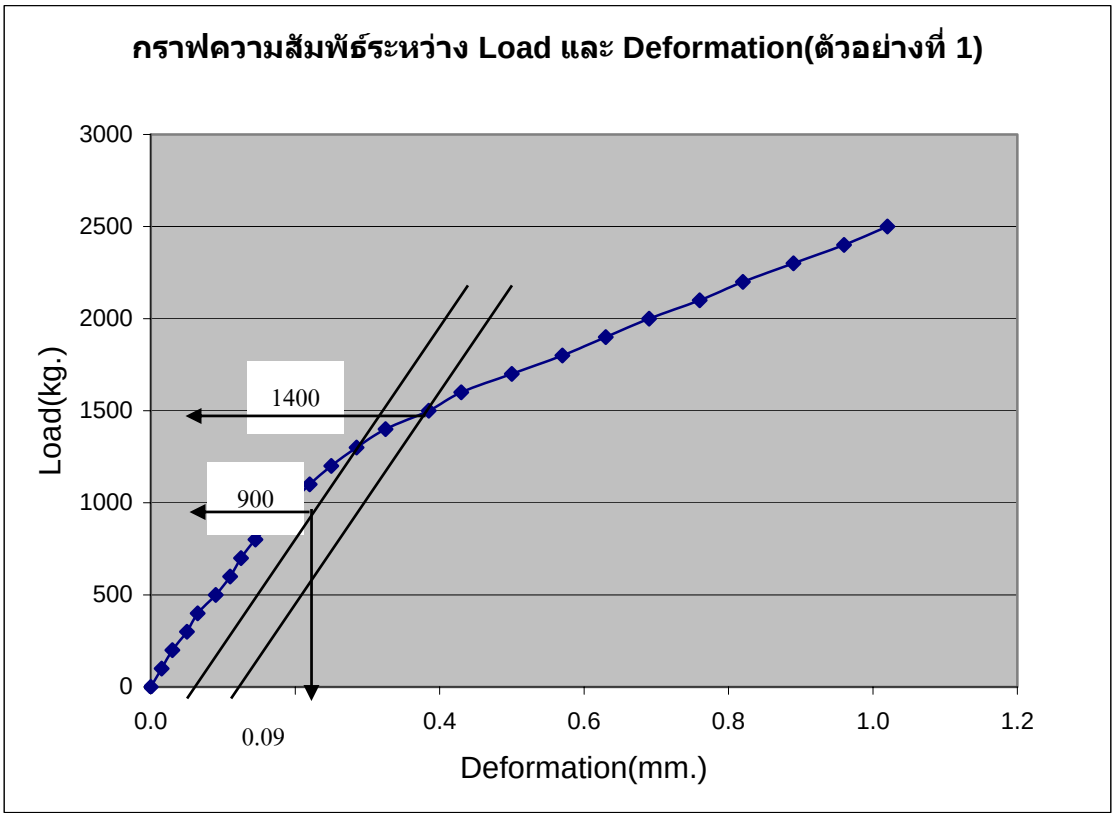
Length of Specimen.....20.....cm.

Original Weigth.....272.00.....gm.

Oven Dry Weigth.....265.60.....gm.

Load (kg)	Deformation (mm)
100	0.025
200	0.05
300	0.065
400	0.08
500	0.1
600	0.115
700	0.13
800	0.155
900	0.17
1000	0.19
1100	0.21
1200	0.22
1300	0.24
1400	0.255
1500	0.27
1600	0.29
1700	0.31
1800	0.33
1900	0.35
2000	0.365
2100	0.4
2200	0.42
2300	0.44
2400	0.465
2500	0.49

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No.1)



Elastic Strength at Proportional Limit $= \dfrac{Load\ at\ \text{Pr}oportional\ Limit}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{900}{4.28\times 5} = 42.05$ ksc.

Yield Strength 0.05 % offset $= \dfrac{Load\ at\ 0.05\ \%\ offset}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{1,400}{4.28\times 5} = 65.42$ ksc.

Modulus of Elasticity (E) $= \dfrac{Stress\ at\ \text{Pr}oportion\ Limit}{Strain\ at\ \text{Pr}oportion\ Limit}$ ksc.

$= \dfrac{42.05}{0.09/42.7} = 19950.34$ ksc.

Moisture Content $= \dfrac{Original\ \ Weight\ -\ Oven\ \ Dry\ \ Weight}{Oven\ \ Dry\ \ Weigh} \times 100\,\%$

$= \dfrac{250.4\text{-}245.1}{245.1} \times 100\,\% = 2.162\ \ \%$

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PERPENDICULAR TO GRAIN TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.28.....cm.

Depth of Specimen.....4.27.....cm.

Length of Specimen.....20.....cm.

Original Weigth.....250.4.....gm.

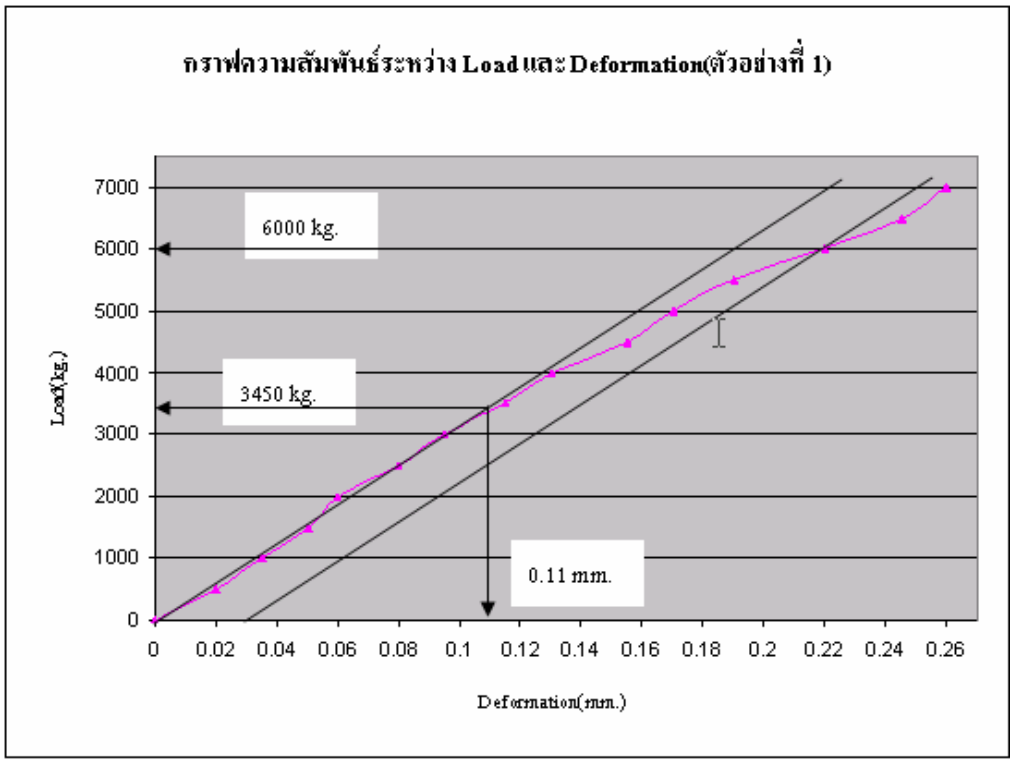
Oven Dry Weigth.....245.10.....gm.

Elastic Strength at P.L.....42.05....kg/cm^2

Yield Strength at 0.05% offset.....65.42....kg/cm^2

Modulus of Elasticity,E.....19,950.34....kg/cm^2

Moisture Content.....2.162....kg/cm^2



10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PERPENDICULAR TO GRAIN TEST OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Width of Specimen.....cm.

Depth of Specimen.....cm.

Length of Specimen.....cm.

Original Weigth.....gm.

Oven Dry Weigth.....gm.

Pattern of Failure.....

Ultimate Load.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้ COMPRESSION PERPENDICULAR TO GRAIN TEST OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Width of Specimen.....cm.

Depth of Specimen.....cm.

Length of Specimen.....cm.

Original Weigth.....gm.

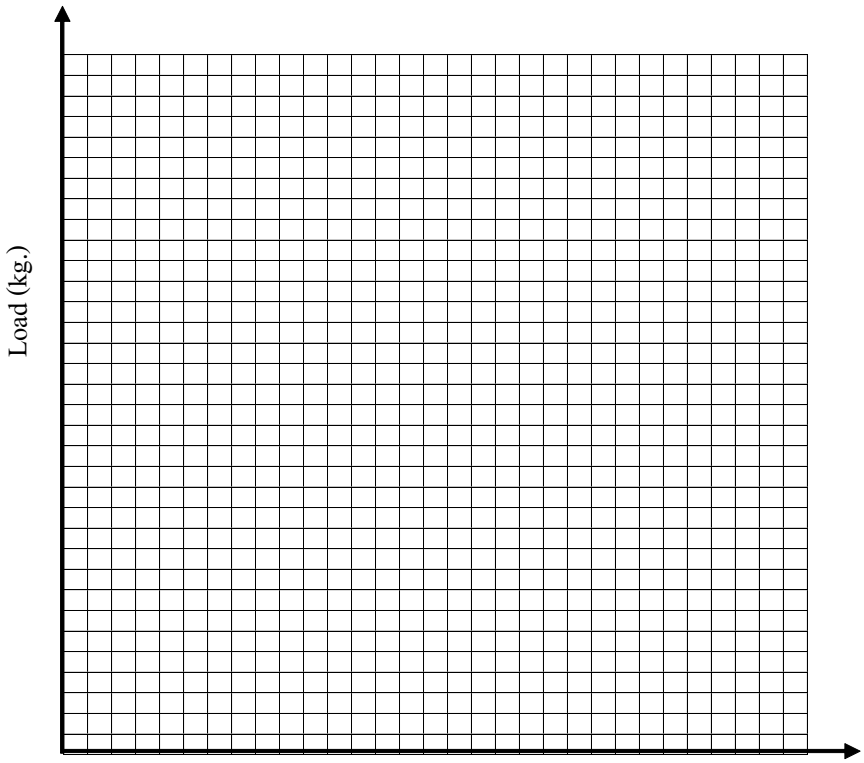
Oven Dry Weigth.....gm.

Elastic Strength at P.L.....kg/cm^2

Yield Strength at 0.05% offset.....kg/cm^2

Modulus of Elasticity,E.....kg/cm^2

Moisture Content.....kg/cm^2



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

การทดสอบที่ 11

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้

STATIC BENDING TEST OF WOOD

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

คุณสมบัติในการรับแรงดัดของไม้จัดเป็นสิ่งที่สำคัญมากเนื่องจากว่าชิ้นส่วนของโครงสร้างส่วนใหญ่จะรับแรงดัด เช่น คาน ตง แม้กระทั่งเสา ซึ่งหน้าที่หลักก็คือรับแรงอัด แต่ในบางครั้งก็อาจจะต้องรับแรงดัดด้วย ลักษณะของความเสียหายของไม้ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดัดมีลักษณะดังต่อไปนี้

(a) Simple Tension (Side View)

(b) Cross-Grain Tension (Side View)

(c) Splintering Tension (View of Tension Surface)

(d) Brash Tension (View of Tension Surface)

(e) Compression (Slide View)

(f) Horizontal Shear (Slide View)

รูปแสดงการวิบัติของไม้

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

1.1 เพื่อหาคุณสมบัติทางกลของไม้ในการรับแรงดัด

1.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของไม้เมื่อรับน้ำหนักจนถึง failure ได้แก่

- Bending Stress at Proportional Limit ,(σ_{PL})
- Modulus of Rupture ,(σ_r)
- Modulus of Resilience ,(R)
- Maximum Shearing Stress ,(τ)
- Average Total Work to Ultimate Load ,(W)
- Type of Failure

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM D 143 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

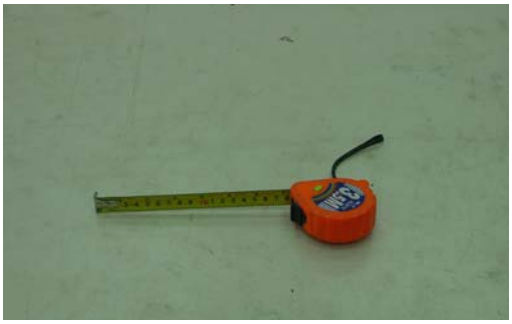
4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.3 เกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial Gauge)

4.4 เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.5 ตลับเมตร



4.6 ไม้เนื้อแข็งขนาด 2×2 ×30 นิ้ว ชนิดละ 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 ทำการวัดขนาดภาคตัดขวาง (Cross Section) ของตัวอย่างไม้ทดสอบ โดยการวัดอย่างน้อยด้านละ 3 แห่ง คือปลายไม้ทั้งสองด้าน และกึ่งกลางไม้อีกหนึ่งจุด ให้มีระดับความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน

5.1.2 ทำการวัดความยาว (Length) ของชิ้นไม้ทดสอบ เช่นเดียวกับการวัดขนาดภาคตัดขวาง

5.1.3 ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ทดสอบ ให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

5.1.4 ทำการวาดรูปชิ้นไม้ทดสอบ และบันทึกตำหนิของไม้ด้วย

5.2 การทดสอบ

5.2.1 จัดจุดรองรับ(Support) ให้ห่างกัน 50 เซนติเมตร แล้ววางชิ้นไม้ทดสอบลงบน Support โดยให้ Tangential Surface ด้านที่ใกล้แกนกลางอยู่บนเมื่อหัวกด เคลื่อนลง หรืออยู่ล่างเมื่อหัวกด เคลื่อนขึ้น

5.2.2 ปรับเครื่องเกจวัดการเคลื่อนที่ (Dial gauge) และเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์

5.2.3 ให้น้ำหนักลงอย่างช้า ๆ เพื่อให้หัวกด เคลื่อนลงด้วยอัตราเร็ว 2.5 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่า Central Deflection ที่เกิดขึ้นทุก ๆ ระยะที่น้ำหนักเพิ่มขึ้น 50 กิโลกรัม จนกระทั่ง Failure

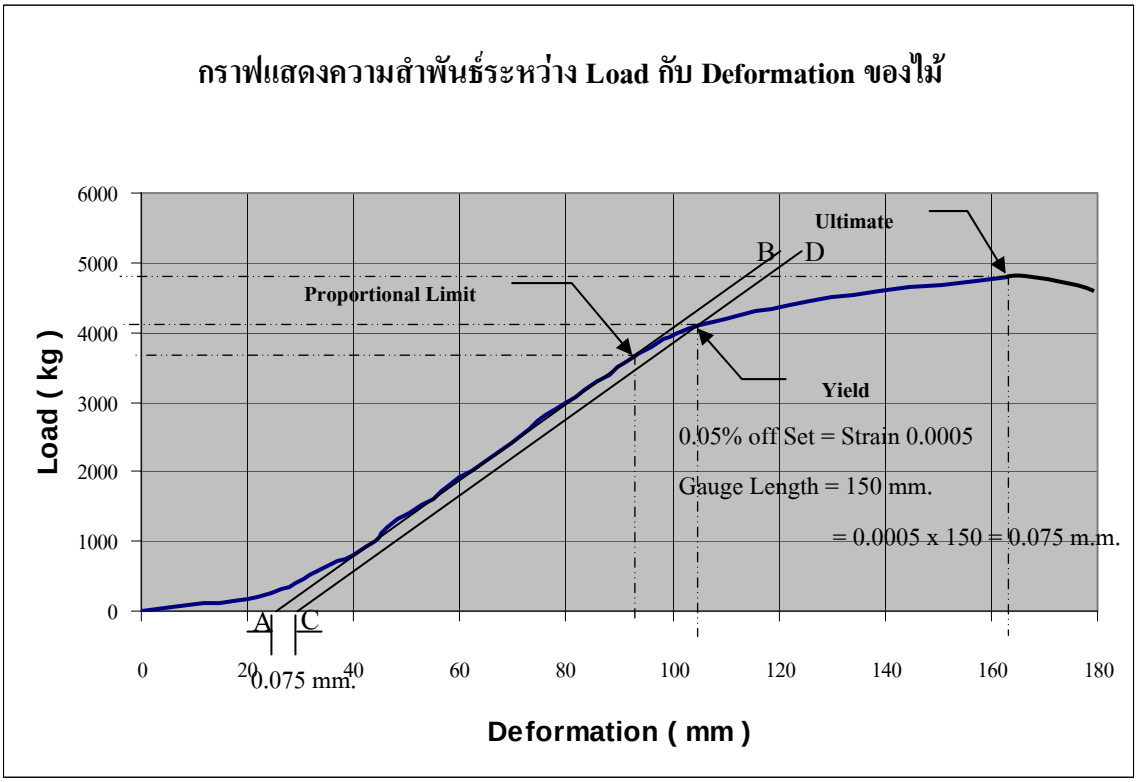
5.2.4 บันทึกลักษณะการวิบัติของตัวอย่างไม้ที่ทำการทดสอบ

5.2.5 ตัดชิ้นส่วนตรงบริเวณใกล้จุดที่เกิด Failure ที่เกิดขึ้น นำชิ้นไม้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.2.6 เมื่อครบกำหนดแล้วนำไม้ออกจากตู้อบ ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่า Moisture Content

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load กับ Deflection พร้อมทั้งกำหนดจุด Proportional Limit และจุด Yield Point ในเส้นกราฟ



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 Bending Stress P.L. , σ_{PL} = $\frac{3PL}{2bd^2}$ ksc.

6.2.2 Modulus of Rupture, σ_r = $\frac{3P_{max}L}{2bd^2}$ ksc.

6.2.3 Modulus of Elasticity (E) = $\frac{PL^3}{48\Delta I}$ ksc.

6.2.4 Modulus of Resilience (R) = $\frac{\sigma_{PL}^{\ 2}}{2E}$ ksc.

6.2.5 Maximum Shearing stress (τ) = $\frac{3P_{max}}{4bd}$ ksc.

6.2.6 Average Total Work to Ultimate Load (W) = $\frac{1}{2} \times P_{max} \times \Delta_{max}$ ksc.

6.2.7 Moisture Content = $\frac{Original\,Weight - Oven\,Weight}{Oven\ Dry\ Weight} \times 100$

เมื่อ P = Load at P.L. (kg.)

P_{max} = Maximum Load (kg.)

L = Span Length (cm.)

b = Width of Beam (cm.)

d = Depth of Beam (cm.)

Δ = Center Deflection at P.L. (cm.)

Δ_{max} = Maximum Center Deflection (cm.)

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ STATIC BENDING TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.23.....cm.

Depth of Specimen.....4.17.....cm.

Length of Specimen.....70.....cm.

Original Weight.....250.4.....gm.

Oven Dry Weight.....245.1.....gm.

Load (kg)	Deformation (cm)
0	0.000
100	0.055
200	0.116
300	0.182
400	0.253
500	0.328
600	0.410
700	0.506
800	0.616
900	0.686
1000	0.758
1050	0.848
1100	0.960
1150	1.077
1200	
1250	
1300	
1350	
1400	
1450	
1500	

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ STATIC BENDING TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.20.....cm.

Depth of Specimen.....4.27.....cm.

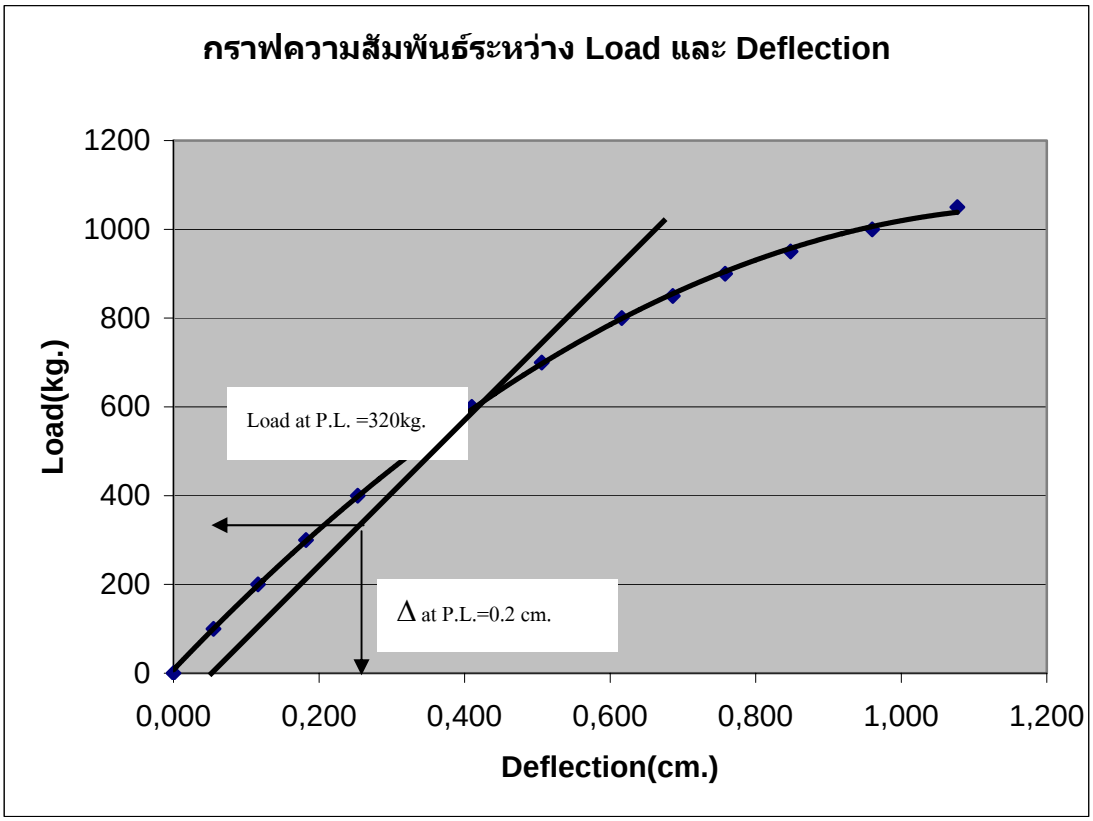
Length of Specimen.....70.....cm.

Original Weigth.....278.7.....gm.

Oven Dry Weigth.....272.5.....gm.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0.000
100	0.052
200	0.184
300	0.255
400	0.344
500	0.426
600	0.538
700	0.686
800	0.815
900	
1000	
1050	
1100	
1150	
1200	
1250	
1300	
1350	
1400	
1450	
1500	

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No.1)



Bending Stress P.L., σ_{PL} = $\frac{3PL}{2bd^2}$ ksc.

= $\frac{3\times320\times50}{2\times4.23\times4.17^2}$ ksc.

= 320.26 ksc.

Modulus of Rupture, σ_r = $\frac{3P_{max}L}{2bd^2}$ ksc.

= $\frac{3\times1,050\times50}{2\times4.23\times4.17^2}$ ksc.

= $1,070.62$ ksc.

Modulus of Elasticity (E) = $\frac{PL^3}{48\Delta I}$ ksc.

= $\frac{320\times50^3}{48\times0.20\times25.56}$ ksc.

$= \quad 163,015.12$ ksc.

Modulus of Resilience (R) $= \quad \frac{\sigma^2_{P.L.}}{18E}$ ksc.

$= \quad \frac{320.26^2}{18 \times 163,015.12}$ ksc.

$= \quad 0.035$ ksc.

Maximum Shearing stress (τ) $= \quad \frac{3P_{max}}{4bd}$ ksc.

$= \quad \frac{3 \times 1,050}{4 \times 4.23 \times 4.17}$ ksc.

$= \quad 44.64$ ksc.

Average Total Work to Ultimate Load (W) $= \quad \frac{1}{2} \times P_{max} \times \Delta_{max}$ kg-cm.

$= \quad \frac{1}{2} \times 1,050 \times 1.077$ kg-cm.

$= \quad 565.42$ kg-cm.

Moisture Content $= \quad \frac{Original\,Weight - Oven\,Weight}{Oven\,Dry\,Weight} \times 100$ %

$= \quad \frac{250.04 - 245.1}{245.1} \times 100$ %

$= \quad 2.01$ %

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ STATIC BENDING TEST OF WOOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Sakdee Roprou	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Teng.....

Width of Specimen.....4.23.....cm.

Depth of Specimen.....4.17.....cm.

Length of Specimen.....70.....cm.

Original Weight.....250.4.....gm.

Oven Dry Weight.....245.1.....gm.

Maximum Load.....1,050.....kg.

Maximum Deflection,Δmax.... 1.077.....cm.

Bending Stress at P.L.....320.26.....kg/cm^2

Modulus of Rupture.....1,070.62.....kg/cm^2

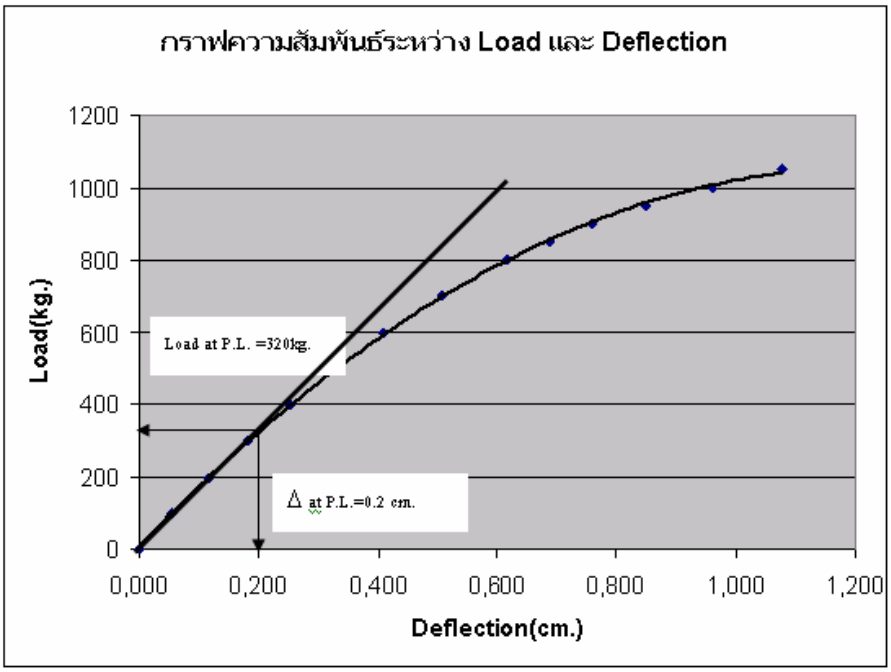
Modulus of Elasticity.....163,015.12....kg/cm^2

Modulus of Resilience.....0.035.....kg/cm^2

Maximum Shearing Stress.....44.64.....kg/cm^2

Average Total Work.....565.42.....kg-cm

Moisture Content.....2.01.....%



10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ STATIC BENDING TEST OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Width of Specimen.....cm.

Depth of Specimen.....cm.

Length of Specimen.....cm.

Original Weight.....gm.

Oven Dry Weight.....gm.

Load (kg)	Deformation (cm)

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของไม้ STATIC BENDING TEST OF WOOD
	ชื่อหน่วยงาน
Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Width of Specimen.....cm.

Depth of Specimen.....cm.

Length of Specimen.....cm.

Original Weight.....gm.

Oven Dry Weight.....gm.

Maximum Load.....kg.

Maximum Deflection, Δmax.....cm.

Bending Stress at P.L.....kg/cm^2

Modulus of Rupture.....kg/cm^2

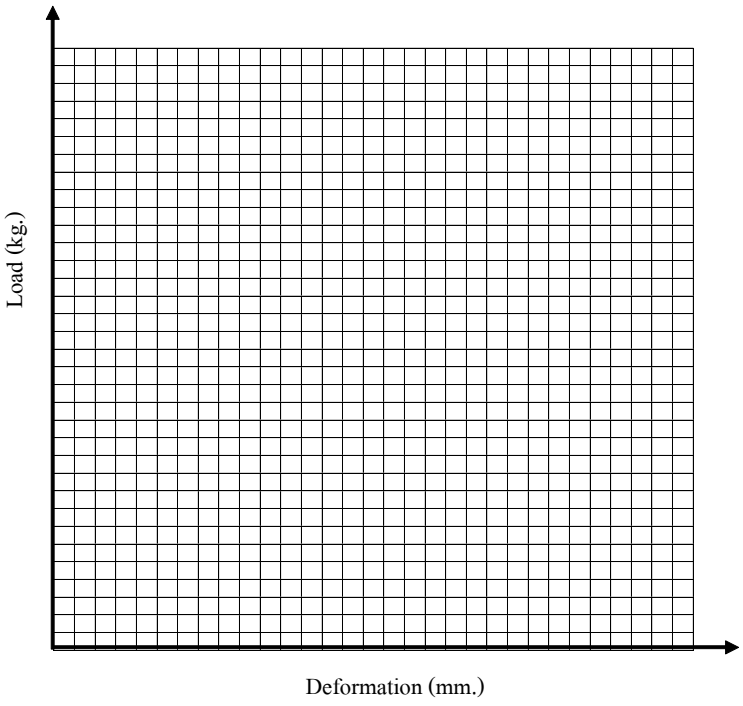
Modulus of Elasticity.....kg/cm^2

Modulus of Resilience.....kg/cm^2

Maximum Shearing Stress.....kg/cm^2

Average Total Work.....kg-cm

Moisture Content.....%



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

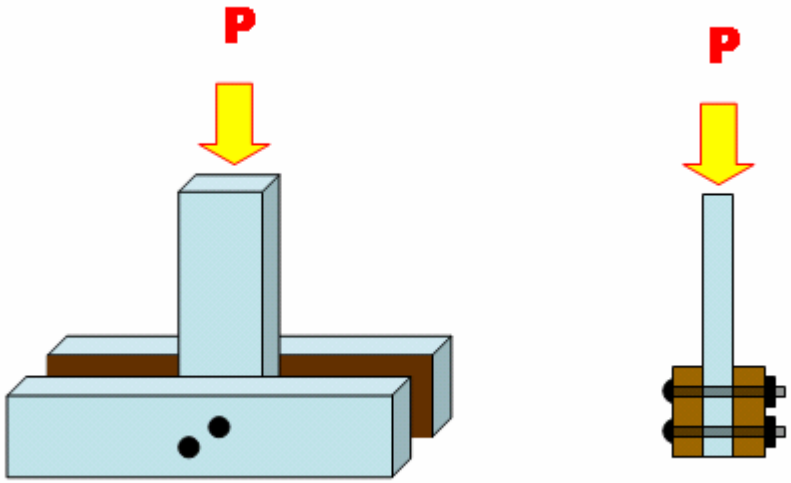
การทดสอบที่ 12

การทดสอบจุดต่อไม้ยึดด้วยสลักเกลียวแนวตั้งฉากเสี้ยน

TEST OF TIMBER BOLTED JOINT PERPENDICULAR TO GRAIN

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

สลักเกลียวใช้เป็นอุปกรณ์ยึดไม้สำหรับโครงสร้างไม้เพื่อต้านทานแรงทางข้างที่จุดต่อต่าง ๆ ในงานไม้ อาจใช้ต่อกันโดยใช้ไม้หรือโลหะ เช่น เหล็กเป็นแผ่นประกับก็ได้ กำลังต้านทานแรงทางข้างนี้ขึ้นอยู่กับแรงกด (Bearing) ระหว่างไม้และสลักเกลียว



รูปที่ 12.1 แสดงจุดต่อไม้ที่ยึดด้วยสลักเกลียว

จุดต่อไม้ด้วยสลักเกลียวนี้ เมื่อมีแรงทางข้างมากระทำจะทำให้รอยต่อเกิดคลากขึ้น(Slip) อัตราการคลากของจุดต่อนี้จะเป็นปฏิภาคกับอัตราการเพิ่มของแรงเฉพาะในช่วงแรก จุดสุดท้ายของช่วงนี้เรียกว่า

ขีดยืดหยุ่น หลังจากช่วงนี้อัตราการเพิ่มของการคลากจะเร็วขึ้นมากเมื่อเทียบกับในช่วงแรก กำลังของสลักเกลียวที่ปลอดภัย คือ เอาจุดที่ขีดยืดหยุ่นนี้

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรม จุดต่อของไม้ที่ยึดด้วยสลักเกลียว โดยทำในแนวตั้งฉากกับเสี้ยน (Perpendicular to Grain) รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติทางกลดังนี้

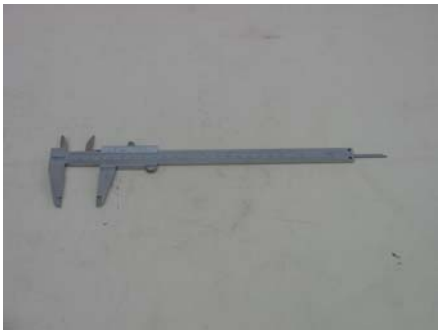
1. Load at Proportional Limit
2. Bearing Stress at Proportional Limit
3. Indicated Load at First Relaxation
4. Maximum Load Observed at a Total Slip of 15 mm.
5. Type of Joint Failure

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มิลลิเมตร และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร



4.3 ตลับเมตร

4.4 เครื่องมือวัดการยุบตัวของรอยต่อไม้ (Dial Gauge)

4.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่าง

5.1.1 ใช้ไม้เนื้อแข็งประกอบด้วยขนาด 2" x 4" x 40" จำนวน 1 ท่อน และขนาด 1 1/2" x 4" x 20" จำนวน 2 ท่อน และใช้สลักเกลียว ขนาด ϕ ½" , 5/8" , ¾" เพื่อเปรียบเทียบค่าของแรง ที่เกิดขึ้นในสลักเกลียวที่มีขนาดต่าง กัน

5.1.2 นำไม้ที่ตัดได้ขนาดที่ต้องการและสลักเกลียวมาประกอบกันเป็นตัวอย่างทดสอบดังรูป

5.2 การทดสอบ

5.2.1 ทำการวัดขนาดความกว้าง หนา ยาว ของชิ้นตัวอย่างให้ละเอียดถึง 0.1 มม. พร้อมทั้งเขียนเบอร์กำกับแต่ละท่อนตามลำดับ

5.2.2 ชั่งน้ำหนักให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

5.2.3 วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของน็อต(Bolt) รูน็อต (เจาะให้โตกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางน็อต 1/8")

5.2.4 นำไม้ตัวอย่าง 2" x 4" x 40" ใส่เข้าระหว่างกลางของไม้ขนาด 1 1/2." x 4" x 20" แล้วใส่น็อตเข้าไปตามที่เจาะรูไว้ ขันน็อตตัวเมียให้ตรึงพอประมาณไม่ต้องให้แน่นถึงขยับชิ้นตัวอย่างไม่ได้

5.2.5 นำชิ้นตัวอย่างที่พร้อมแล้วขึ้นวางบน Support บนแท่นเครื่อง

5.2.6 เคลื่อนหัวกดมาแตะสัมผัส จากนั้นปรับเกจวัดการเคลื่อนที่(Dial Gauge) และค่าของแรงที่เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine ให้อยู่ตำแหน่งเลขศูนย์

5.2.7 ให้แรงกดอย่างสม่ำเสมอและบันทึกค่าของแรง (Load) และระยะการโก่งตัวที่จุดกึ่งกลาง (Deflection) จนกระทั่งชิ้นทดสอบพังทลาย

6. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบจุดต่อไม้ยึดด้วยสลักเกลียวแนวตั้งฉากเสี้ยน TEST OF TIMBER BOLTED JOINT PERPENDICULAR TO GRAIN
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 06 March 2005
Test By : Mr.Aikachai Pattarawongpaibool	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Deng.....

Thickness of Specimen.....2.00.....(inch)

Width of Specimen.....5.00..... (inch)

Weight of Specimen.....4,477.4..... (gm)

Thickness of Splice Plated....1.50.....(inch)

Diameter of Bolt.....3/8..... (inch)

Diameter of Bolt Hole..... 4/8..... (inch)

Sketch Type of Joint Failure

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
400	0.17
800	0.57
1200	1.19
1600	1.90
2000	3.09
2400	3.90
2800	4.60
3200	5.40
3600	6.25
4000	7.17
4400	8.33
4800	9.35
5200	10.80
5600	
6000	
6400	
6800	
7200	
7600	
8000	

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบจุดต่อไม้ยึดด้วยสลักเกลียวแนวตั้งฉากเสี้ยน TEST OF TIMBER BOLTED JOINT PERPENDICULAR TO GRAIN
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 06 March 2005
Test By : Mr.Aikachai Pattarawongpaibool	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Type of Wood.....Deng.....

Thickness of Specimen.....2.00.....(inch)

Width of Specimen.....5.00..... (inch)

Weight of Specimen.....4,469.6..... (gm)

Thickness of Splice Plated.....1.50.....(inch)

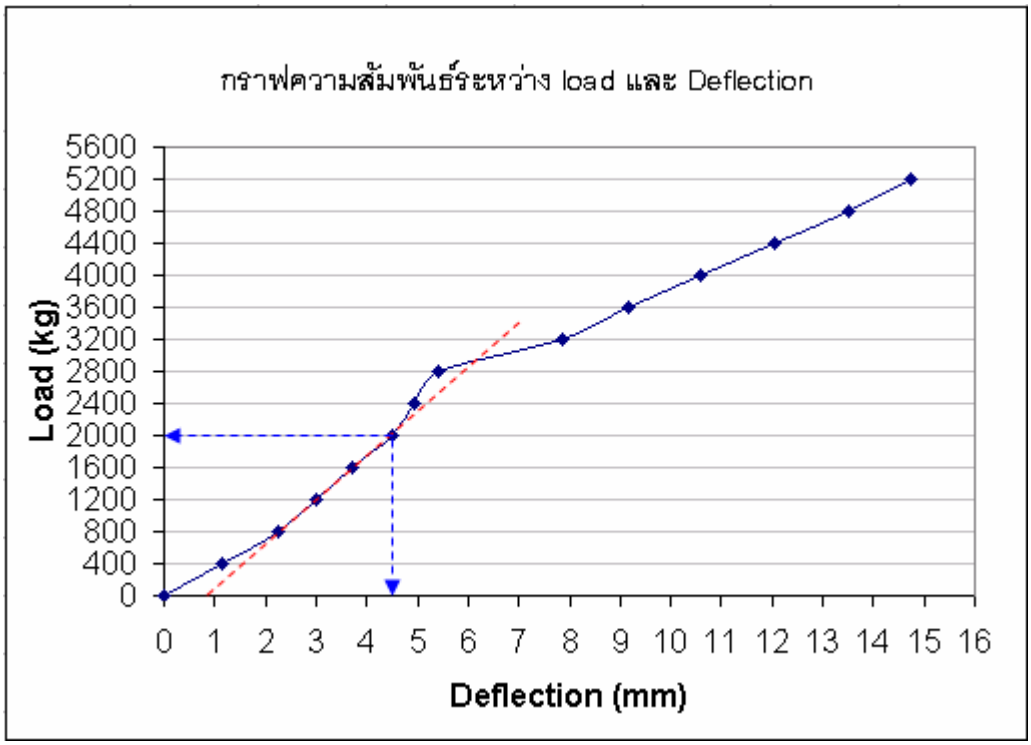
Diameter of Bolt.....3/8..... (inch)

Diameter of Bolt Hole..... 4/8..... (inch)

Sketch Type of Failure

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
400	1.15
800	2.25
1200	3.00
1600	3.73
2000	4.49
2400	3.33
2800	5.40
3200	7.87
3600	9.18
4000	10.58
4400	12.04
4800	13.50
5200	14.75
5600	16.65
6000	19.70
6400	
6800	
7200	
7600	
8000	

7. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No.2)



Load at the Proportional Limit (P_{PL})	=	kg.
Bending Stress at Proportional Limit	=	ksc.
Indicate Load at Frist Relexation	=	kg.
Maximum Load Obsurved at a Total slip of 15 mm	=	kg.

8. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบจุดต่อไม้ยึดด้วยสลักเกลียวแนวตั้งฉากเสี้ยน TEST OF TIMBER BOLTED JOINT PERPENDICULAR TO GRAIN
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 06 March 2005
Test By : Mr.Aikachai Pattarawongpaibool	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.1.....

Type of Wood.....Deng.....

Thickness of Specimen.....2.00....(inch)

Width of Specimen.....5.00..... (inch)

Weight of Specimen.....4,469.6.... (gm)

Thickness of Splice Plated...1.50.. (inch)

Diameter of Bolt.....3/8..... (inch)

Diameter of Bolt Hole... 4/8..... (inch)

Load at P.L.....(kg)

Ultimate Load.....6,070..... (kg)

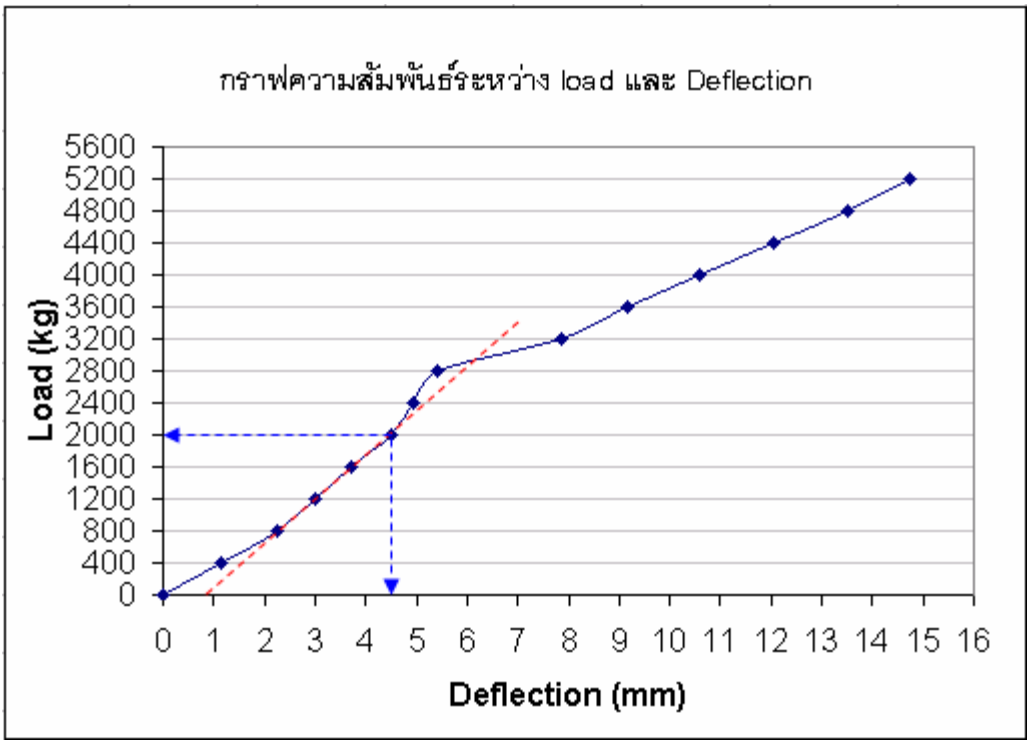
Bearing Stress at P.L..... (ksc)

Indicated Load at First -

Relaxation..... (kg)

Maximum Load Observed at a Total -

Slip 15 mm..... (kg)



9. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบจุดต่อไม้ยึดด้วยสลักเกลียวแนวตั้งฉากเสี้ยน TEST OF TIMBER BOLTED JOINT PERPENDICULAR TO GRAIN
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Thickness of Specimen.....(inch)

Width of Specimen..... (inch)

Weight of Specimen..... (gm)

Thickness of Splice Plated.....(inch)

Diameter of Bolt..... (cm)

Diameter of Bolt Hole..... (cm)

Sketch Type of Joint Failure

Load (kg)	Deformation (mm)

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบจุดต่อไม้ยึดด้วยสลักเกลียวแนวตั้งฉากเสี้ยน TEST OF TIMBER BOLTED JOINT PERPENDICULAR TO GRAIN
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Type of Wood.....

Thickness of Specimen.....(inch)

Width of Specimen..... (inch)

Weight of Specimen..... (gm)

Thickness of Splice Plated.....(inch)

Diameter of Bolt..... (cm)

Load at P.L.....(kg)

Ultimate Load..... (kg)

Bearing Stress at P.L..... (ksc)

Indicated Load at First -

Relaxation..... (kg)

Maximum Load Observed at a Total -

Slip 15 mm..... (kg)

การทดสอบที่ 13

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต
COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

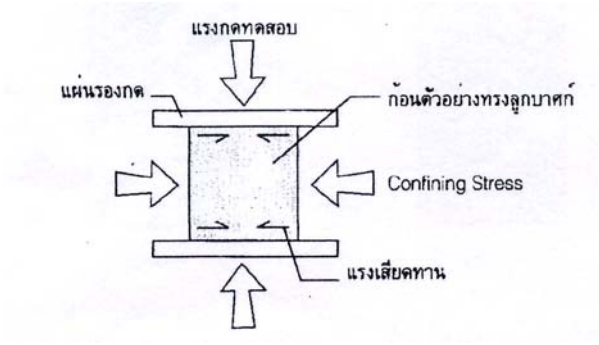
กำลังอัดของคอนกรีต เป็นคุณสมบัติสำคัญที่คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งหากมิได้มีการกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น จะถือว่าผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์ การทดสอบทำโดยการหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานแบ่งออกเป็น 2 มาตรฐาน คือ

1.1 รูปทรงลูกบาศก์ ตามมาตรฐานอังกฤษ BS 1881: Part 3 ขนาดที่ใช้คือ 15×15×15 ซม.

1.2 รูปทรงกระบอก ตามมาตรฐานอเมริกัน ASTM C 192 ขนาดที่ใช้คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

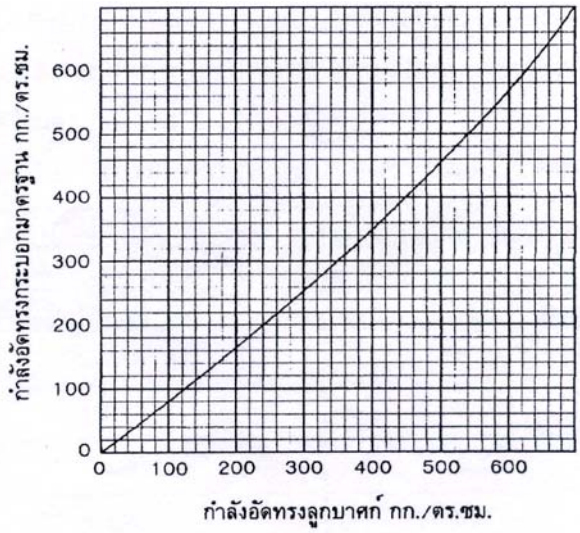
กำลังอัดของคอนกรีตทั้ง 2 รูปทรงนี้ จะให้ค่ากำลังอัดที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะใช้ส่วนผสมเดียวกันทำการบ่มภายใต้สภาวะเดียวกันและทดสอบที่อายุเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจาก

1. องค์ประกอบเรื่องความชะลูด กล่าวคือ รูปทรงกระบอกมีสัดส่วนความสูงต่อความกว้าง (Slenderness Ratio) มากกว่ารูปทรงลูกบาศก์ ซึ่งอัตราส่วนความชะลูดดังกล่าว ส่งผลให้กำลังอัดรูปทรงกระบอกต่ำกว่ารูปทรงลูกบาศก์
2. ขณะที่กดก้อนตัวอย่าง ก้อนตัวอย่างจะแตกออกด้านข้าง ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวของก้อนตัวอย่างกับแผ่นรองกด แรงเสียดทานดังกล่าว จะก่อให้เกิดแรงต้านทานต่อการแตกด้านข้างของก้อนตัวอย่างที่เรียกว่า Confining Stress ดังรูปที่ 13.1 โดยค่า Confining Stress นี้จะมีค่ามากถ้าผิวสัมผัสของก้อนตัวอย่างกับเครื่องกดมีค่ามาก ดังนั้นผลการทดสอบกำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์ จึงมีค่า Confining Stress สูงกว่ารูปทรงกระบอก



รูปที่ 13.1 ลักษณะแรงต้านต่อการแตกด้านข้าง (Confining Stress) ของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์กับกำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอก สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 13.2

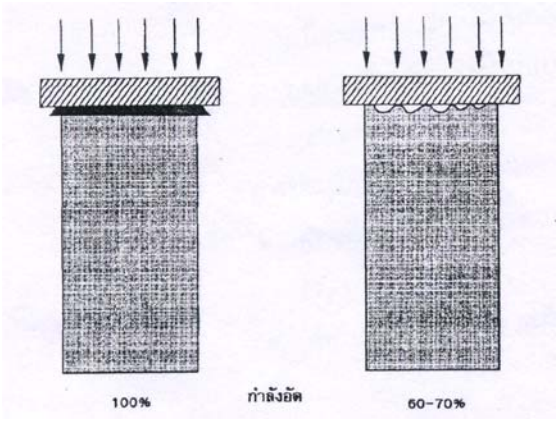


รูปที่ 13.2 การแปลงค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์เป็น กำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอก

ปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีต

1. การเตรียมตัวอย่าง คอนกรีตที่ได้รับการทำให้แน่น โดยการกระทุ้งด้วยเหล็ก จะให้ค่ากำลังต่ำกว่าจากการทำให้แน่นด้วยเครื่องเขย่า
2. ลักษณะของผิวคอนกรีต ในทางปฏิบัตินั้น ผิวด้านบนของก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกมักจะไม่เรียบ ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ ดังรูปที่ 13.2 จึงต้องมีการ Cap ผิวก้อนตัวอย่าง

ด้วย กำมะถันก่อนการทดสอย ส่วนก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์นั้น ไม่ต้อง Cap ก้อนตัวอย่างเพราะมีผิวด้านข้าง อีก 4 ด้านเรียบพอที่สามารถนำมาทดสอบได้



รูปที่ 13.3 ลักษณะการรับแรงของตัวอย่างทรงกระบอกที่ Cap และไม่ Cap

3. ขนาดและลักษณะของก้อนตัวอย่าง การใช้แท่งทดสอบรูปทรงกระบอกทีมีขนาดแตกต่างจากขนาดที่มาตรฐานกำหนดให้ความสูงเป็น 2 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลาง จะมีผลทำให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเกิดความแตกต่างกัน เช่น ก้อนตัวอย่างที่ได้จากการเจาะทดสอบ (Core Test) ถ้าความสูงที่เจาะออกมาสั้นกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง จะต้องปรับแก้กำลังคอนกรีตดังแสดงในตารางที่ 13.1

ตารางที่ 13.1 ผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่อกำลังอัด

สัดส่วนของความสูงต่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง (L/ D)	ค่าปรับแก้ของกำลังอัด
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

4. อัตราเร็วในการทดสอบ ถ้าใช้อัตราเร็วในการทดสอบสูง จะทำให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตสูงตามไปด้วย ดังนั้นจึงควรใช้อัตราการกดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.47-3.47 กิโลกรัม

ต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาทีสำหรับก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก และ 1.12-2.72 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาทีสำหรับก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์

5. ความชื้นของก้อนตัวอย่าง ก้อนตัวอย่างที่มีความชื้นจะให้ค่ากำลังที่ต่ำกว่าก้อนตัวอย่างที่แห้ง เพราะการขยายตัวของซีเมนต์เพสท์ อันเนื่องมาจากการดูดซึมน้ำส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์เพสท์กับมวลรวมลดลง โดยมาตรฐาน ASTM C 39 แนะนำให้ทำการทดสอบก้อนตัวอย่างสภาพชื้น ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผันแปรเนื่องมาจากระดับของความแห้งการประเมินผลกำลังอัดของคอนกรีตสำหรับกรณีทั่วไป
6. ค่าเฉลี่ยของกำลังจากการทดสอบ 3 ครั้งติดต่อกัน ต้องมีค่ามากกว่าค่ากำลังอัดที่กำหนด ($F'c$)
7. ค่ากำลังอัดแต่ละครั้ง จะมีค่าต่ำกว่ากำลังที่กำหนด ($F'c$) ได้ไม่เกิน 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกกับรูปทรงลูกบาศก์

2.2 เพื่อหาคุณสมบัติของคอนกรีตรูปทรงกระบอกกับรูปทรงลูกบาศก์เมื่อรับกำลังอัด ดังนี้

- Elastic Strength at Proportional Limit
- Yield Strength 0.01 % offset
- Ultimate Strength
- Initial Tangent Modulus of Elasticity
- Density

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM C 39 Standard Testing Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

BS 1881: PART 4 Method of testing Concrete for Strength

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบแรงอัด (Compression Machine)

4.2 อุปกรณ์วัดการหดตัวของคอนกรีตเนื่องจากรับแรงอัด (Compressometer)

4.3 อุปกรณ์ Cap หัวก้อนตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก

4.4 ตลับเมตร

4.5 เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม

4.6 Vernier Caliper มีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.7 ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 นำแท่งตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก(w) วัดขนาดก้อนตัวอย่าง (∅, L) จดบันทึกไว้

5.1.2 ทำการ Cap ผิวด้านหัวและท้ายของตัวอย่างคอนกรีตด้วยกำมะถัน หนาประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แข็งตัว

5.1.3 ทำการติดตั้ง Compressometer เพื่อวัดระยะหดตัวของก้อนตัวอย่างในขณะทำการทดสอบ สำหรับก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก

5.1.4 วัดพิกัดความยาวเริ่มต้น (Initial Gauge Length) ของ Compressometer

5.2 การทดสอบ

5.2.1 วางก้อนตัวอย่างลงบนเครื่องทดสอบโดยให้จุดศูนย์กลางของก้อนตัวอย่างและเครื่องทดสอบแรงอัดตรงกัน จากนั้นเลื่อน Upper Bearing Plate ของเครื่องทดสอบลงมาสัมผัสกับผิวด้านบนของแท่งตัวอย่างทดสอบ

5.2.2 ทำการปรับ Dial Gauge ของ Compressometer และค่าแรงกระทำที่ Compression Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์

5.2.3 เพิ่มแรงกดด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเท่ากับ 1.43-3.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาทีสำหรับทรงลูกกระบอกและ 1.12-2.72 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาทีสำหรับทรงลูกบาศก์

5.2.4 บันทึกค่านำหนักกับระยะการหดตัว จนกระทั่งเลยจุด Proportional Limit จึงถอด Compressometer ออกแล้วกดต่อไปจนกระทั่งตัวอย่างพังทลาย บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดที่ได้

5.2.5 บันทึกลักษณะการวิบัติและวาดรูปไว้

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

Elastic Strength at Proportional Limit $= \dfrac{Load\ at\ Proportional\ Limit}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Yield Strength 0.01 % offset $= \dfrac{Load\ at\ 0.01\ \%\ offset}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Ultimate Strength $= \dfrac{Ultimate\ Load}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

Initial Modulus of Elasticity ....,E_i $= Initial\ Slope\ of\ Stress-Strain\ Curve$

Density $= \dfrac{Weight}{Volume}$ kg./m^3

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Specimen Type.....Cylinder.....

Diameter of Specimen.....15.1.....cm.

Height of Specimen.....29.9.....cm.

Weigth of Specimen.....12.75.....kg.

Ultimate Load.....40,774.72.....kg.

Load (kg)	Deformation (Div)
0	0
6,116.20	15
10,703.36	30
15,290.52	45
18,858.30	60
22,935.78	75
26,503.56	90
30,071.35	105
34,658.51	120
36,697.24	135

Sketch Type of Failure

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Specimen Type.....Cylinder.....

Diameter of Specimen.....15.0.....cm.

Height of Specimen.....31.0.....cm.

Weigth of Specimen.....12.60.....kg.

Ultimate Load.....51,987.76.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
5,096.84	15
9,174.30	30
13,251.78	45
17,329.25	60
21,406.72	75
24,974.50	90
28,542.30	105
31,600.40	120

Sketch Type of Failure

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.3.....

Specimen Type.....Cylinder.....

Diameter of Specimen.....15.0.....cm.

Height of Specimen.....29.3.....cm.

Weigth of Specimen.....12.50.....kg.

Ultimate Load..... 44,852.19.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)
0	0
5096.84	15
9683.99	30
13761.46	45
17838.94	60
21407.20	75
25484.20	90
28542.30	105
31090.70	120
34658.51	135

Sketch Type of Failure

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.1.....

Specimen Type.....ube.....

Width of Specimen.....15.2.....cm.

Length of Specimen.....14.9.....cm.

Height of Specimen.....15.3.....cm.

Weigth of Specimen.....8.10.....kg.

Ultimate Load.....59,123.34.....kg.

Sketch Type of Failure

Load (kg)	Deformation (mm)

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.2.....

Specimen Type.....Cube.....

Width of Specimen.....15.0.....cm.

Length of Specimen....15.0.....cm.

Height of Specimen.....15.1.....cm.

Weigth of Specimen.....8.05.....kg.

Ultimate Load.....62,181.44.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)

Sketch Type of Failure

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....No.3.....

Specimen Type.....Cube.....

Width of Specimen.....15.2.....cm.

Length of Specimen...14.8.....cm.

Height of Specimen....15.3.....cm.

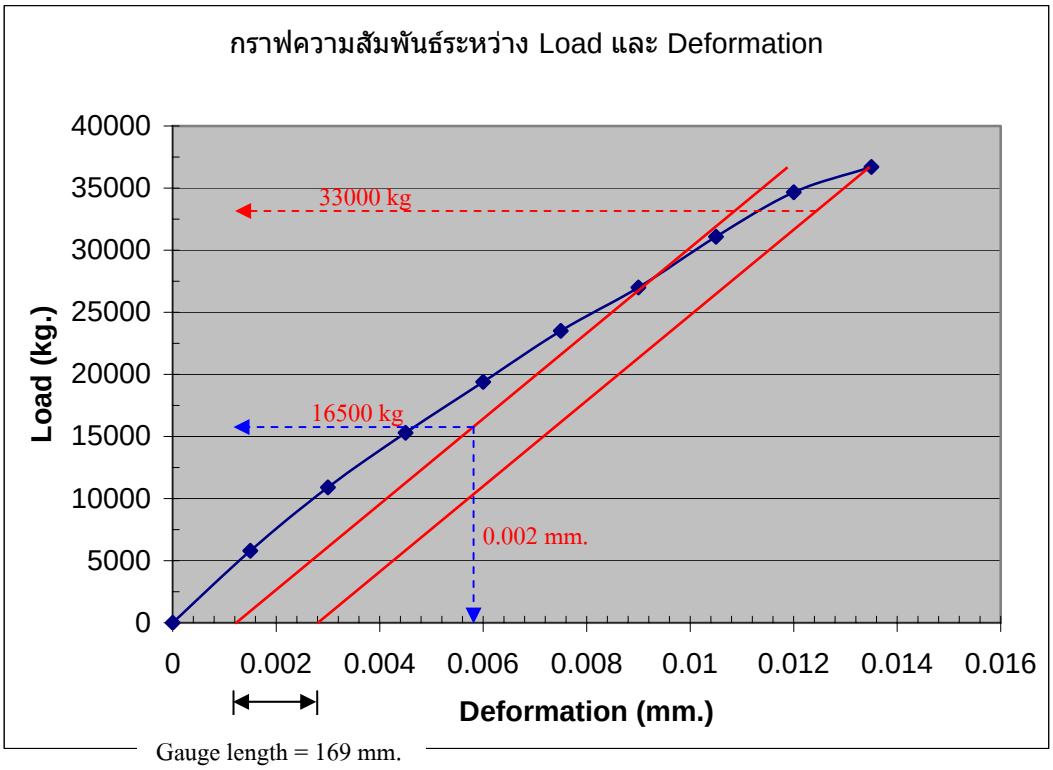
Weigth of Specimen.....8.00.....kg.

Ultimate Load.....76,452.60.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)

Sketch Type of Failure

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No. 1)



Gauge length = 169 mm.

Offset = 0.00169 mm.

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation (ตัวอย่างที่ 1; คอนกรีตทรงกระบอก)

คอนกรีตทรงกระบอก

Elastic Strength at Proportional Limit $= \dfrac{Load\ at\ Proportional\ Limit}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{16500}{177.8}$ ksc.

$= 92.8$ ksc.

Yield Strength 0.01 % offset $= \dfrac{Load\ at\ 0.01\ \%\ offset}{Average\ Cross\text{-}Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{33000}{177.8}$ ksc.

$= 185.6$ ksc.

Ultimate Strength $= \dfrac{Ultimate\ \ Load}{Average\ Cross-Section\ Area}$ ksc.

$= \dfrac{40774.72}{177.8}$ ksc.

$= 229.3$ ksc.

Initial Modulus of Elasticity ….,E_I $= Initial\ Slope\ of\ \ Stress-\ Strain\ Curve$

$= \dfrac{16500}{177.8} \div \dfrac{0.002}{16.9}$

$= 784167.6$ ksc.

Density $= \dfrac{Weight}{Volume}$ kg./m^3

$= \dfrac{12.75}{\frac{\pi \times 0.151^2}{4} \times 0.299}$ kg./m^3

$= 2381.2$ kg./m^3

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result: Number of Specimen.....No.1.....

Specimen Type.....Cylinder.....

Diameter of Specimen.....15.1.....cm.

Height of Specimen.....29.9.....cm.

Weigth of Specimen.....12.75....kg.

Ultimate Load.....40,774.72.....kg.

Cross-Section Area.....177.80.....cm^2

Volume of Specimen....5,316.22.....cm^3

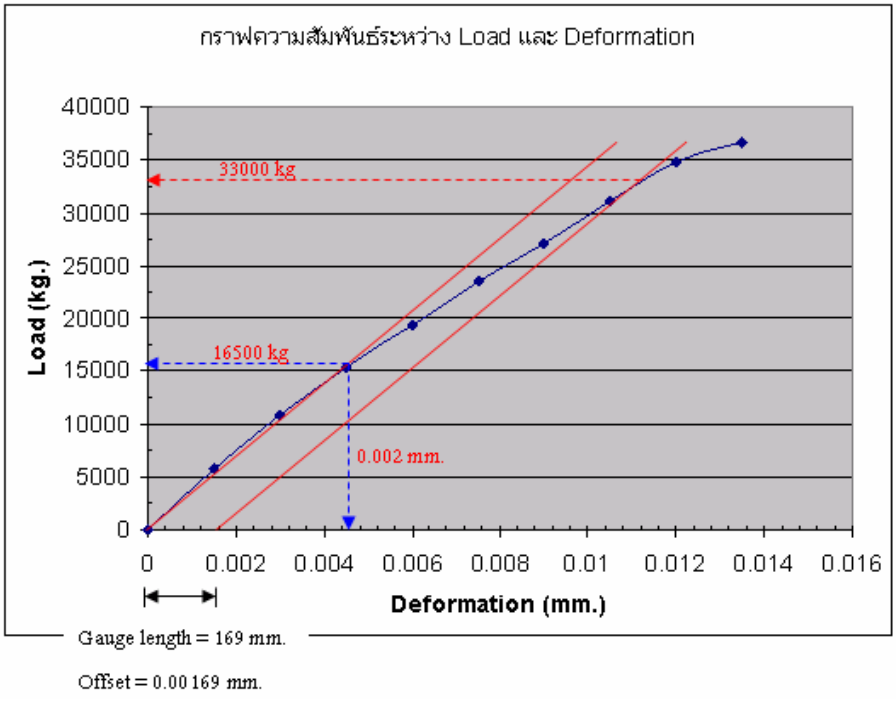
Desity of Specimen.....2,381.20.....kg/cm^3

Elastic Strength at P.L...92.80.....kg/cm^2

Yield Strength at 0.01% offset...185.60……..kg/cm^2

Ultimate Strength.....229.30.....kg/cm^2

Initial Modulus of Elasticity...784,167.60….. kg/cm^2



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

Number of Specimen.....

Specimen Type.....

Width of Specimen.....cm.

Length of Specimen.....cm.

Height of Specimen.....cm.

Weigth of Specimen.....kg.

Ultimate Load.....kg.

Load (kg)	Deformation (mm)

Sketch Type of Failure

Material Testing Laboratory Program, Copyrigth 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต COMPRESSION STRENGTH TEST OF CONCRETE
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result: Number of Specimen.....

Specimen Type.....

Diameter of Specimen.....cm.

Height of Specimen.....cm.

Weigth of Specimen.....kg.

Ultimate Load.....kg.

Cross-Section Area.....cm^2

Volume of Specimen.....cm^3

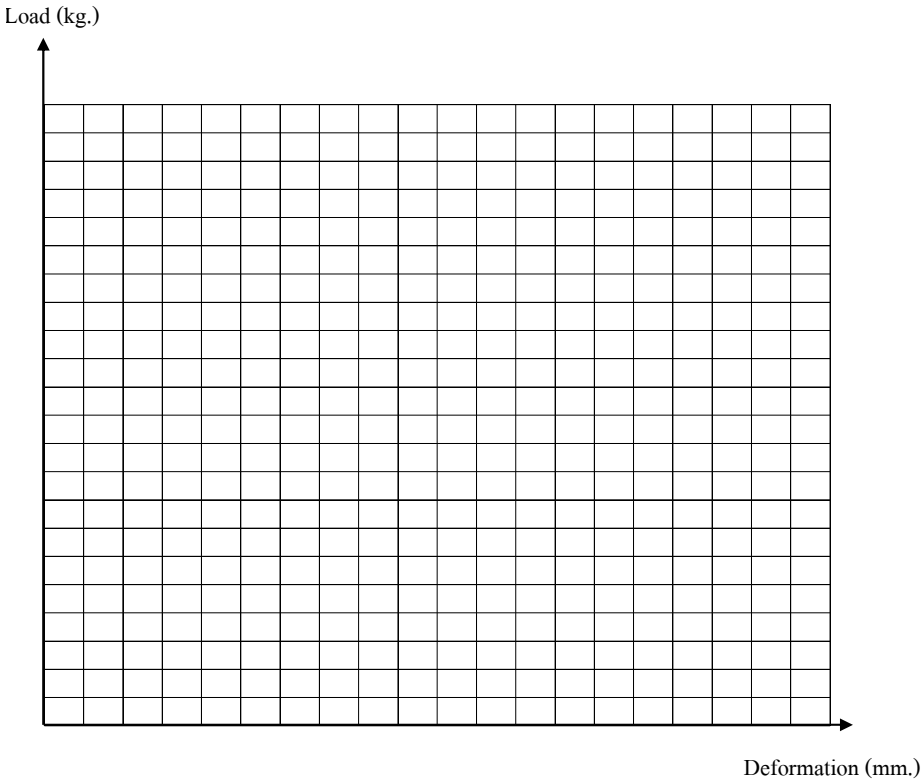
Desity of Specimen.....kg/cm^3

Elastic Strength at P.L.....kg/cm^2

Yield Strength at 0.01% offset.....kg/cm^2

Ultimate Strength.....kg/cm^2

Initial Modulus of Elasticity..... kg/cm^2



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation

การทดสอบที่ 14

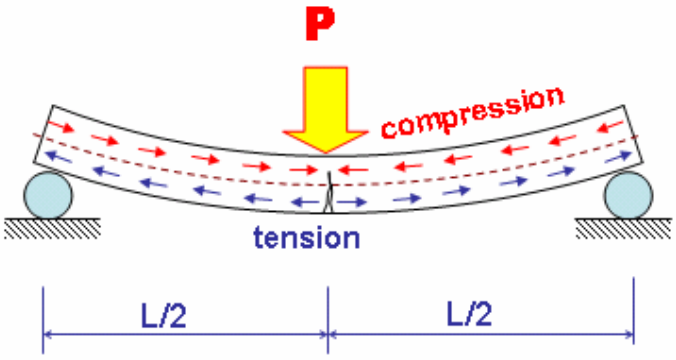
การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต

FLEXURAL STRENGTH TEST OF CONCRETE

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหากำลังรับแรงดัดของคอนกรีต โดยทดสอบกับคานคอนกรีต ที่วางบน Simple Support (Simple Beam) และใช้น้ำหนักกระทำแบบ Center – Point Loading ผลของค่ากำลังต้านทานแรงดัดจะอยู่ในรูปของโมดูลัสการแตกร้าว (Modulus of Rupture) โดยเป็น ค่าหน่วยแรงดึงสูงสุด ณ จุด แตกร้าวในคานที่ทำการทดสอบ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$f_b = \frac{Mc}{I}$$



รูปที่ 14.1 การให้น้ำหนักกระทำแบบ Center – Point Loading

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

2.1 เพื่อหาค่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีต (Flexural Strength) ของคานช่วงเดียว (Simple Beam)

2.2 ศึกษาและอธิบายลักษณะการ Failure

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM C 293-79 Standard testing Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center – Point Loading)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 ตลับเมตร

4.3 เครื่องชั่ง ที่มีความละเอียดถึง 1 กรัม

4.4 Vernier Caliper มีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 นำแท่งตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก วัดขนาดก้อนตัวอย่าง จดบันทึกไว้

5.2 การทดสอบ

5.2.1 ติดตั้ง Support เข้ากับเครื่องทดสอบ โดยมีระยะห่าง (Span Length) 45 เซนติเมตร

5.2.2 วางตัวอย่างคานคอนกรีตลงบน Support พร้อมทั้งนำแท่นกดด้านบน วางบนกึ่งกลางช่วง Span คาน

5.2.3 ให้น้ำหนักกดอย่างสม่ำเสมอระวังอย่าให้เกิดการกระแทก ในช่วงแรกให้น้ำหนักกดอย่างรวดเร็วจนถึงประมาณ 50 % ของน้ำหนักสูงสุด แล้วจึงให้น้ำหนักกดในอัตราที่ทำให้เกิด Fiber Stress ไม่เกิน 10.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที จนกระทั่งก้อนตัวอย่างพัง

5.2.4 บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุด และส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่าง เช่นความกว้าง ความลึก ของส่วนที่พังเพื่อนำไปคำนวณค่ากำลังดัด พร้อมทั้งวาดรูปลักษณะการพังของตัวอย่างการทดสอบ

6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 คำนวณค่ากำลังรับแรงดัด (Modulus of Rupture)

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

เมื่อ R = โมดูลัสการแตกร้าว (Middle one of Span)

P = น้ำหนักสูงสุด (Maximum Load)

L = ความยาวคาน (Span Length)

b = ความกว้างเฉลี่ยของคาน

d = ความลึกเฉลี่ยของคาน

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต FLEXURAL STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

No.	Dimension of Specimen (cm)			Span Length (L) (cm)	Weight (kg)	Maximum Load (kg)
	Width(B)	Depth(D)	Length			
1	10	15	59.4	45	21.208	2,131
2	10	15	60.3	45	20.796	1,894
3	10	15	59.6	45	21.574	2,065
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No. 1)

$$R = \frac{3\times 2,131\times 45}{2\times 10\times 15^2} \quad kg/cm^2$$

$$= 63.93 \quad kg/cm^2$$

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต FLEXURAL STRENGTH TEST OF CONCRETE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result Determination:

Specimen No.	Volume (cm3)	Weight (kg)	Density (kg/cm3)	Span Length (cm)	Max. Load (kg)	Modulus of Rupture (kg/cm2)
1	8,910	21.208	2,380.23	45	2,131	63.93
2	9,045	20.796	2,299.12	45	1,894	56.82
3	8,940	21.574	2,413.21	45	2,065	61.95
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Average Modulus of Rupture						60.90

10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต FLEXURAL STRENGTH TEST OF CONCRETE
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

No.	Dimension of Specimen (cm)			Span Length (L) (cm)	Weight (kg)	Maximum Load (kg)
	Width(B)	Depth(D)	Length			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต FLEXURAL STRENGTH TEST OF CONCRETE
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result:

Specimen No.	Volume (cm3)	Weight (kg)	Density (kg/cm3)	Span Length (cm)	Max. Load (kg)	Modulus of Rupture (kg/cm2)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Average Modulus of Rupture						

การทดสอบที่ 15

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต

TENSION TEST OF CONCRETE BY SPLITTING METHOD

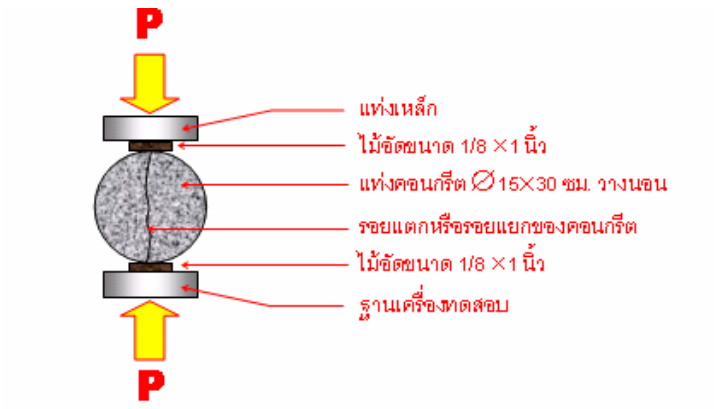
1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

ความต้านทานในด้านรับแรงดึงของคอนกรีตมีต่ำมาก คือประมาณ 10 % ของกำลังประลัย ถึงแม้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตจะไม่ได้รับแรงดึงโดยตรงก็ตาม แต่การทราบค่ากำลังดึงนี้จะช่วยการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตจากผลกระทบต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ การหดตัว และมีประโยชน์อย่างมากในงานคอนกรีตอัดแรง งานสิ่งก่อสร้างเก็บของเหลวเป็นต้น

วิธีการวัดค่าแรงดึงในคอนกรีตทำได้ 3 วิธี คือ

- Direct Tensile Test
- Flexural Strength Test
- Splitting Test

สำหรับการทดสอบครั้งนี้จะใช้วิธี Splitting Test ซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากให้ค่าสม่ำเสมอมากกว่า 2 วิธี ข้างต้น แต่ไม่ได้ค่ากำลังที่แท้จริง เพราะบริเวณปลายทั้งสองข้างจะเป็นบริเวณแรงอัด (Compression Zone) ค่าที่ได้จะสูงกว่าแรงดึงโดยตรงของคอนกรีต ประมาณ 15 % ผลการทดสอบทั้ง 3 วิธีให้ค่ากำลังที่แตกต่างกัน โดย Flexural Strength ให้ค่าสูงสุดและ Direct Tensile จะให้ค่าต่ำสุด



รูปที่ 15.1 แสดงการติดตั้งคอนกรีตเพื่อการทดสอบแบบ Splitting Test

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อหาค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

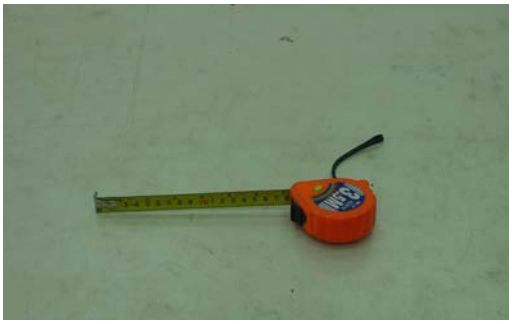
3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM C 496 Standard Testing Method for Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบแรงอัด Compression Machine

4.2 ตลับเมตร



4.3 เครื่องชั่ง ที่มีความละเอียดละเอียดถึง 0.01 กรัม

4.4 Vernier Caliper มีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มิลลิเมตร

4.5 คอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 นำแท่งตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก (w) วัดขนาดก้อนตัวอย่าง (∅,L) จดบันทึกไว้

5.2 การทดสอบ

5.2.1 นำแท่งคอนกรีตไปเข้าเครื่องทดสอบแรงอัด เพื่อหาค่า Tensile Strength ของคอนกรีต โดยการวางนอนมีไม้อัดขนาดความกว้าง 1 นิ้ว วางรองตามแนวยาวทั้งด้านบนและด้านล่าง

5.2.2 ทดสอบโดยการเพิ่มแรงกดด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเท่ากับ 1.43-3.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที

5.2.3 บันทึกค่าแรงกดสูงสุดและบันทึกลักษณะการพังของก้อนตัวอย่าง

6. การรายงานผลการทดสอบ

ค่า Tensile Strength คำนวณได้จาก

$$f_s = \frac{2P}{\pi DL}$$

เมื่อ f_s = Splitting Tensile Strength (ksc.)

P = แรงกดสูงสุด (kg.)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแท่งตัวอย่าง (cm.)

L = ความยาวของแท่งตัวอย่างกระบอก (cm.)

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต TENSION TEST OF CONCRETE BY SPLITTING METHOD
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Monitor Determination:

No.	Dimension of Specimen (cm)		Weight (kg)	Maximum Load (kg)
	Diameter (D)	Length (L)		
1	15	30	12.4	34,658.51
2	15.2	30	12.6	24,464.83
3	15	30	12.4	34,658.51
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

8. ตัวอย่างการคำนวณ (Specimen No. 1)

$$f_s = \frac{2P}{\pi DL} \text{ ksc.}$$

$$= \frac{2\times 34658.51}{\pi \times 15 \times 30} \text{ ksc.}$$

$$= 49.03 \text{ ksc.}$$

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต TENSION TEST OF CONCRETE BY SPLITTING METHOD มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result:

Specimen No.	Dimension		Volume (cm3)	Weight (kg)	Density (kg/cm3)	Max. Load (kg)	Tensile Strength (kg/cm2)
	Diameter (D)	Length (L)					
1	15	30	5303.57	12.4	2338.0	34,658.51	49.01
2	15.2	30	5445.94	12.6	2313.6	24,464.83	34.14
3	15	30	5303.57	12.4	2356.9	32,608.97	46.11
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Average of Tensile Strength							43.09

10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต TENSION TEST OF CONCRETE BY SPLITTING METHOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Monitor Determination:

No.	Dimension of Specimen (cm)		Weight (kg)	Maximum Load (kg)
	Diameter (D)	Length (L)		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต TENSION TEST OF CONCRETE BY SPLITTING METHOD
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Result:

Specimen No.	Dimension		Volume (cm3)	Weight (kg)	Density (kg/cm3)	Max. Load (kg)	Tensile Strength (kg/cm2)
	Diameter (D)	Length (L)					
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Average of Tensile Strength							

การทดสอบที่ 16

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม

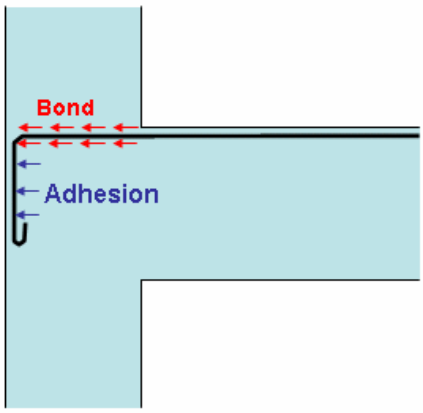
BOND PULL OUT TEST

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ

โครงสร้างคอนกรีตทั่วไปมักมีการเสริมเหล็กเพื่อช่วยในการรับแรง ดังนั้นกำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) ของคอนกรีตกับเหล็กเสริมที่เพียงพอจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถรับแรงหรือถ่ายแรงได้เต็มประสิทธิภาพตามที่ได้ออกแบบไว้

กำลังในการยึดเหนี่ยวเกิดจากการยึดติด (Adhesion) และแรงเสียดทาน (Friction) ของเหล็กเสริมกับซีเมนต์เพสต์ที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงยึดเหนี่ยว เช่น

- ขณะที่คอนกรีตได้รับการบ่มและแข็งตัวจะเกิดการหดตัว ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตลดลงส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง
- คอนกรีตมีการแตกร้าวหรือน้ำซึมผ่านได้ง่ายก็จะทำให้เกิดการกัดกร่อนเหล็กเสริมทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง
- ตำแหน่งในการเสริมเหล็ก เช่น บริเวณใต้เหล็กบนอาจมีช่องอากาศเนื่องจากการเยิ้ม ทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง
- การใส่สารผสมเพิ่ม เช่น สารกักกระจายฟองอากาศ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง



รูปที่ 16.1 แสดงการเกิด Bond และ Adhesion ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

นอกจากนี้ชนิดของซีเมนต์ ขนาดของเหล็กเสริม ชนิดของเหล็กเสริม หน้าที่ในการรับแรงของเหล็กเสริม (รับแรงดึง แรงอัดหรือแรงดัด) การจี้เขย่าบริเวณเหล็กเสริมและสภาวะแวดล้อมต่างก็มีผลกระทบต่อแรงยึดเหนี่ยวทั้งสิ้น

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวด้วยการดึง(Bond Pull Out Test) เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมในการเปรียบเทียบค่ากำลังในการยึดเหนี่ยวของคอนกรีต ซึ่งทำโดยการหล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 ซ.ม. แล้วฝังเหล็กเสริมไว้ เมื่อคอนกรีตมีอายุตามต้องการก็ทำการดึงเหล็กเสริมออกด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง วัดระยะเลื่อนไถลในขณะที่ออกแรงดึงท่อนเหล็กนั้น แล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างกำลังยึดเหนี่ยวกับระยะเลื่อนไถล การทดสอบกระทำจนกว่าแรงที่ใช้ดึงท่อนเหล็กมีค่าเท่ากับกำลัง ณ จุดครากของเหล็กนั้น หรือ เมื่อคอนกรีตเริ่มชำรุดแยกออกจากกัน หรือ จนกระทั่งระยะเลื่อนไถลมีค่ามากกว่า 2.5 ม.ม. การคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยว(Bond Strength) หาได้จากแรงดึงหารด้วยพื้นที่ผิวของเหล็กเสริมที่สัมผัสกับคอนกรีต

ในทางปฏิบัติถือว่า กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีต (Bond Strength) มีความสัมพันธ์กับกำลังอัดของคอนกรีต คือ เมื่อกำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นกำลังยึดเหนี่ยวจะเพิ่มขึ้นตาม และกำลังยึดเหนี่ยวของเหล็กข้ออ้อยจะมากกว่าเหล็กกลม และกำลังยึดเหนี่ยวจะลดลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ไม่เท่ากันของเหล็กและคอนกรีต

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

2.1 เพื่อศึกษาวิธีการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริม

2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 Universal Testing Machine (UTM) พร้อมอุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยว

4.2 แบบหล่อคอนกรีตขนาด 15×15×15 ซ.ม. พร้อมใส่เหล็กในแนวดิ่ง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างก้อนคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์

- ทำความสะอาดแบบหล่อ แล้วทาน้ำมันที่ผิวภายในทุกด้าน
- ตักคอนกรีตใส่แบบ โดยแบ่งเป็น 2 ชั้นเท่าๆ กัน แต่ละชั้นตำด้วยเหล็กตำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 ม.ม. 25 ครั้ง เมื่อตำชั้นสุดท้ายเสร็จให้ปาดผิวหน้าให้เรียบ
- วัดความยาวระยะฝังเหล็กข้ออ้อยหรือเหล็กกลม แล้วฝังเหล็กที่ต้องการทดสอบลงไป (ระยะฝังเหล็กต้องมีระยะห่างจากฐานแบบหล่อไม่น้อยกว่า 10 ม.ม.)
- การถอดแบบและการบ่มตัวอย่าง หลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้วเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 20 ชม. จึงถอดแบบออก ต่อจากนั้นนำก้อนตัวอย่างไปบ่มในห้องบ่มที่รักษาอุณหภูมิ 23 ± 1.7 องศาเซลเซียส และความชื้นไม่น้อยกว่า 95% จนครบ 28 วัน

5.2 การทดสอบ

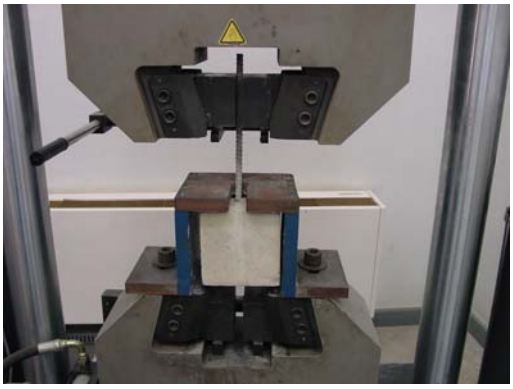
- ติดตั้งก้อนตัวอย่างเข้ากับชุดอุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยว

- จับยึดแท่งเหล็กเข้ากับหัวจับของเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine)

- วัดความยาวของเหล็กที่ปลายจนถึงส่วนที่ปลายอีกด้านที่สัมผัสคอนกรีตและจากหัวจับถึงด้านที่สัมผัสคอนกรีต

- เริ่มทดสอบโดยให้แรงดึงกระทำกับแท่งเหล็กด้วยอัตราเร็วไม่เกิน 22 กิโลนิวตันต่อนาที หรือ ที่อัตราเร็วไม่เกิน 1.27 ม.ม. ต่อนาที ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องทดสอบ

- ทำการทดสอบจนกระทั่ง แรงที่ใช้ดึงเหล็กถึงจุดคราก หรือ คอนกรีตเริ่มแตกร้าว หรือเมื่อระยะเลื่อนไถลมีค่ามากกว่า 2.5 ม.ม. บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด



6. การรายงานผลการทดสอบ

6.1 คำนวณหาค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด (Maximum Bond Strength)

Maximum Bond Strength = $\frac{P_{max}}{\pi DL}$ ksc.

6.2 เปรียบเทียบผลระหว่างเหล็กข้ออ้อยกับเหล็กเส้นกลม

7. ผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม BOND PULL OUT TEST มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Data Determination: Round Bar (RB)

Specimen No.	1	2	3	4	5	6
Age (days)	28	28	28			
Develop Length (cm)	12.88	12.69	12.92			
Nominal Diameter (mm)	12	12	12			
Compressive Strength of Concrete (ksc.)	350	350	350			
Yield Strength of Steel	2400	2400	2400			
Maximum Load (kg)	1277	1714	1385			

Data Determination: Deformed Bar (DB)

Specimen No.	1	2	3	4	5	6
Age (days)	28	28	28			
Develop Length (cm)	12.41	12.55	13.04			
Nominal Diameter (cm)	1.2	1.2	1.2			
Compressive Strength of Concrete (ksc.)	350	350	350			
Yield Strength of Steel	4000	4000	4000			
Maximum Load (kg)	4100	4073	4357			

8. ตัวอย่างการคำนวณ

Maximum Bond Strength (เหล็กเส้นกลมตัวอย่างที่ 1) $= \frac{P_{max}}{\pi DL}$ ksc.

$= \frac{1277}{\pi \times 1.2 \times 12.88}$ = 26.46 ksc.

9. รายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม BOND PULL OUT TEST
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result Determination: Round Bar (RB)

Specimen No.	1	2	3	4	5	6
Age (days)	28	28	28			
Develop Length (cm)	12.88	12.69	12.92			
Nominal Diameter (cm)	1.2	1.2	1.2			
Compressive Strength of Concrete (ksc)	350	350	350			
Yield Strength of Steel	2,400	2,400	2,400			
Maximum Load (kg)	1,277	1,714	1,385			
Maximum Bond Strength (ksc)						
Average Maximum Bond Strength (ksc)	1,458.67					

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

	การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม BOND PULL OUT TEST มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Project Name: RIT Research	
Location :	Date of Test : 15 May 2005
Test By : Mr.Winyu	Checked By : Mr.Ekarut Ruayruay

Result Determination: Round Bar (RB)

Specimen No.	1	2	3	4	5	6
Age (days)	28	28	28			
Develop Length (cm)	12.41	12.55	13.04			
Nominal Diameter (mm)	12	12	12			
Compressive Strength of Concrete (ksc)	350	350	350			
Yield Strength of Steel	4,000	4,000	4,000			
Maximum Load (kg)	4,100	4,073	4,357			
Maximum Bond Strength (ksc)						
Average Maximum Bond Strength (ksc)	4,176.67					

10. แบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบและแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบ

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม BOND PULL OUT TEST	
	ชื่อหน่วยงาน	
Project Name:		
Location :		Date of Test :
Test By :		Checked By :

Data Determination: Type of Steel……

Specimen No.	1	2	3	4	5	6
Age (days)						
Develop Length (cm)						
Nominal Diameter (cm)						
Compressive Strength of Concrete (ksc.)						
Yield Strength of Steel						
Maximum Load (kg)						

Material Testing Laboratory Program, Copyright 2004

ตราสัญลักษณ์หน่วยงาน	การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม BOND PULL OUT TEST
	ชื่อหน่วยงาน

Project Name:	
Location :	Date of Test :
Test By :	Checked By :

Data Determination: Type of Steel……

Specimen No.	1	2	3	4	5	6
Age (days)						
Develop Length (cm)						
Nominal Diameter (cm)						
Compressive Strength of Concrete (ksc)						
Yield Strength of Steel						
Maximum Load (kg)						
Maximum Bond Strength (ksc)						
Average Maximum Bond Strength (ksc)						