



แผนการสอน

วิชา ทดสอบวัสดุก่อสร้าง (Materials Testing Laboratory)

รหัสวิชา 30106-2011

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างโยธา

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2569

จัดทำโดย

นายวัฒนาวุฒิ อัมมวรรณ

แผนกวิชาช่างโยธา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

กระทรวงศึกษาธิการ

แผนจัดการเรียนรู้สมรรถนะอาชีพ
วิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง (Materials Testing Laboratory)
รหัสวิชา 30106-2011
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างก่อสร้าง

โดย

นายวัฒนวุฒิ อัมมวรรณ

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมโยธา

บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต Master of Business Administration (MBA)

คำนำ

แผนการสอนเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการสอนวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง (Materials Testing Laboratory) รหัสวิชา 30106-2011 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างก่อสร้าง

ข้าพเจ้าได้เรียบเรียงแผนการสอนมุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ รายวิชา มาตรฐานรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา โดยเน้นผู้เรียนเป็นจุดศูนย์กลาง ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม หลักการตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง และกิจกรรมการเรียนรู้การสอนเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบฐานสมรรถนะอาชีพแท้และบูรณาการกับปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ ตามที่สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากำหนด ข้าพเจ้าหวังว่าแผนการสอนฉบับนี้ คงจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามสมควรต่อไป

นายวัฒนาวุฒิ อัมมวรรณ

วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

ลักษณะรายวิชาตามหลักสูตร
รหัสวิชา 30106-2011 วิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง (Materials Testing Laboratory)
จำนวน 2 หน่วยกิต 3 ชม./สัปดาห์ เวลาเรียนต่อภาค 54 ชั่วโมง

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจเกี่ยวกับหลักการทดสอบวัสดุก่อสร้าง เหล็ก คอนกรีต ไม้ อิฐ โดยวิธีทดสอบแบบทำลายและ ไม่ทำลาย
2. เข้าใจเกี่ยวกับหลักการทดสอบวัสดุเลียนแบบธรรมชาติแบบทำลาย แบบไม่ทำลาย
3. สามารถปฏิบัติการทดสอบวัสดุก่อสร้างแบบทำลาย แบบไม่ทำลาย
4. ประยุกต์ใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และหลักการบริหารงานคุณภาพและเพิ่มผลผลิตในการทดสอบวัสดุก่อสร้างด้วยความซื่อตรงและปลอดภัยตามมาตรฐาน โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทดสอบวัสดุก่อสร้างและวัสดุเลียนแบบธรรมชาติแบบทำลาย แบบไม่ทำลาย วัสดุเหล็ก คอนกรีต ไม้ อิฐ
2. ทดสอบวัสดุก่อสร้างแบบทำลาย แบบไม่ทำลาย วัสดุเหล็ก คอนกรีต ไม้ อิฐ
3. สืบเสาะหาความรู้โปรแกรมสำเร็จรูป เกี่ยวกับการทดสอบสมบัติวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ทางอินเทอร์เน็ต

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทดสอบวัสดุก่อสร้างและวัสดุเลียนแบบธรรมชาติแบบทำลายแบบไม่ทำลาย วัสดุเหล็ก คอนกรีต ไม้ อิฐ

ที่	สมรรถนะประจำหน่วย	จำนวน ชั่วโมง
1.	แนะนำวิชา เกณฑ์การวัดผล - จุดประสงค์ของวิชา แนะนำคำรา - อุปกรณ์ที่ต้องใช้ประกอบการเรียนการสอน	4
	การทดสอบหาความชื้นของไม้ - คุณสมบัติในการดูดและคายความชื้นของไม้ - ชนิดของไม้ - ลักษณะการเรียงตัวของเส้นไม้	
2.	การหาแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้น - หาคุณสมบัติทางกลเมื่อรับแรงอัดในแนวตั้งฉากกับเส้นของไม้แต่ละชนิด - ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังการรับแรงอัดของในแนวตั้งฉากกับเส้น - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4
3.	การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในแนวนอนเส้นของไม้ - ลักษณะการรับแรงเฉือนในแนวนอนเส้นของไม้แต่ละชนิด - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4
4.	การทดสอบกำลังดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ - คุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลม - มาตรฐานของเหล็ก - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4
5	การทดสอบกำลังดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ - คุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลม - มาตรฐานของเหล็ก - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4

6.	การทดสอบกำลังดึงของเหล็กเส้นแบบข้ออ้อย - คุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลมแบบข้ออ้อย - มาตรฐานของเหล็ก - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4
7	การทดสอบกำลังดึงของเหล็กเส้นแบบข้ออ้อย - คุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลมแบบข้ออ้อย - มาตรฐานของเหล็ก - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4
	การทดสอบกำลังเฉือนของเหล็กแบบเฉือนเดียว (Single Shear) - คุณสมบัติของการรับแรงเฉือนแบบเฉือนเดียว - ความหมายของการทดสอบแบบเฉือนเดียว - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการปฏิบัติ - ปฏิบัติการทดสอบ	
8.	ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต - ปัจจัยในการพิจารณาหาปริมาณส่วนผสมของคอนกรีต - ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	4
	ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต - ปัจจัยในการพิจารณาหาปริมาณส่วนผสมของคอนกรีต - ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	
9.	การหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต - ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด	4
10.	การหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต - ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด	4

11.	การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอก - หากำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงกระบอก - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4
12.	การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์ - หากำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงลูกบาศก์ - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ	4
13.	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต - หากำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตทรงกระบอก - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ	4
14.	การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำและแรงค้ำของอิฐ - คุณสมบัติของอิฐที่ใช้ในการก่อสร้าง - การเตรียมตัวอย่าง - วิธีการทดสอบ - ปฏิบัติการทดสอบ	4
15	สอบปลายภาค	4
รวม		60

จำนวน 3 หน่วยกิต 4 ชม./สัปดาห์ เวลาเรียนต่อภาค 60 ชั่วโมง

[illegible]

เกณฑ์การวัดผล 70 : 30

	จิตพิสัย	20 %		
สอบ		30 %		
งานที่มอบหมาย		50 %		
รวม		100 %		
คะแนนระหว่างเรียน	ผลการเรียน	คะแนนระหว่างเรียน	ผลการเรียน	
0-49		0	50-54	1
55-59		1.5	60-64	2
65-69		2.5	70-74	3
75-79		3.5	80-100	4
เวลาเรียนไม่ถึง 80 %	ขร. (ขาดเรียน)			
ส่งงานไม่ครบ	มส. (ไม่สมบูรณ์)			
การจบหลักสูตร	เกรดเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า			2.00

	แผนการสอน	หน่วยที่ 1
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วย จุดประสงค์รายวิชา	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน แนะนำวิชา เกณฑ์การวัดผล		

การทดสอบวัสดุ

(MATERIALS TESTING LABORATORY)

1. จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้เข้าใจข้อกำหนด มาตรฐานการทดสอบวัสดุ
2. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงาน ทดสอบความแข็งแรงวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากการรับ แรงดึง แรงอัด แรงเฉือน แรงดัด และแรงกระแทก โดยการทดสอบแบบทำลายและไม่ทำลายและการวิเคราะห์ทางกลของวัสดุ
3. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความรอบคอบและปลอดภัย

2. มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจหลักการข้อกำหนด มาตรฐานวิธีการทดสอบวัสดุ
2. ทดสอบคุณสมบัติของเหล็กในงานก่อสร้าง
3. ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างทั่วไป
4. ทดสอบคุณสมบัติคอนกรีต
5. เขียนรายงานและสรุปผลการทดสอบ

3. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาหลักการปฏิบัติ การทดสอบ ข้อกำหนด มาตรฐานวิธีการทดสอบ คุณสมบัติและพฤติกรรมทางกายภาพและทางกลของวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น เหล็ก ไม้ อิฐ และวัสดุก่อสร้างอื่นๆ จากการดึง การอัด การเฉือน การดัด การกระแทก การทดสอบความแข็งแรงโดยการทดสอบแบบทำลายและไม่ทำลาย

การทดสอบวัสดุ

งานก่อสร้างอาคาร ประเภทคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือประเภทไม้ก็ตาม วัสดุที่ใช้จะต้องได้มาตรฐานที่ยอมรับได้ เพื่อความแข็งแรงมั่นคงและปลอดภัยสำหรับอาคาร ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างจึงควรมีการทดสอบอย่างถูกต้องตามมาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานต่างๆ กำหนดไว้หรือไม่ การทดสอบได้ทั้งคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม้ อิฐ และอื่นๆ โดยทดสอบออกมาในรูปของแรงดึง แรงอัด แรงเฉือน แรงดัด แรงฉีก เป็นต้น

คู่มือการทดสอบเล่มนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการประกอบการเรียนการสอนในวิชาการทดสอบวัสดุ (Material Testing) โดยมีเนื้อหาที่เน้นถึงความสำคัญที่ใช้ทดสอบการตรวจคุณภาพของวัสดุต่างๆ ทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ให้เป็นไปตามมาตรฐานของต่างประเทศ และในประเทศไทย เนื้อหาที่จะกล่าวถึงประกอบด้วย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบด้วยอุปกรณ์ หรือเครื่องทดสอบ การคำนวณผลการทดสอบและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือเล่มนี้คงมีประโยชน์ต่อนักศึกษาและผู้สนใจ หากมีประโยชน์อยู่บ้างขอมอบให้กับผู้ที่สนใจทุกท่าน แต่ถ้าหากคู่มือเล่มนี้มีสิ่งที่ต้องแก้ไข ผู้เรียบเรียงขอรับผิดชอบ และปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป

	แผนการสอน	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย การทดสอบหาความชื้นของไม้	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน การทดสอบหาความชื้นของไม้		

การทดสอบหาความชื้นของไม้

MOISTURE OF WOOD

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เพื่อหาความชื้นของไม้ในอุณหภูมิปกติ

เพื่อศึกษาลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน

เพื่อศึกษาวิธีการอบไม้

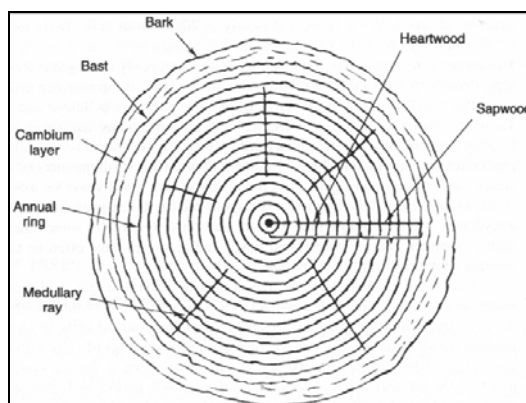
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ไม้ (Timber)

ไม้เป็นวัสดุพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างมาเป็นเวลานานแล้ว ในปัจจุบัน เนื่องจากป่าไม้มีจำนวนลดลงมาก ทำให้ไม้มีราคาแพง ซึ่งเป็นผลทำให้มีการนำวัสดุอื่นๆ เช่น เหล็กและคอนกรีต เป็นต้น มาใช้แทนไม้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ไม้ก็ยังคงเห็นอยู่ได้ทั่วไป โดยเฉพาะในการก่อสร้างที่อยู่อาศัย เนื่องจากไม้มีความสวยงาม

ลักษณะของเนื้อไม้

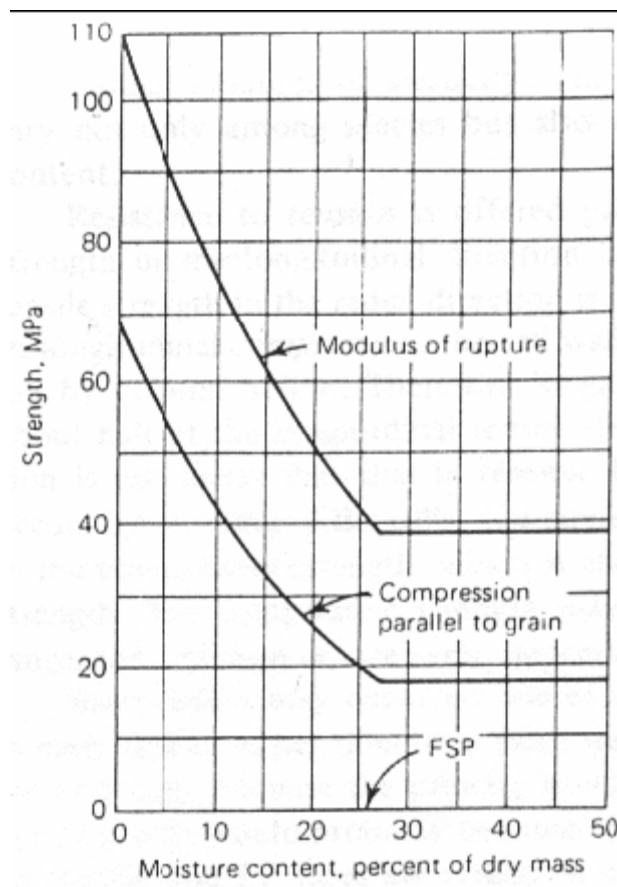
คุณสมบัติต่างๆ ของไม้ถูกกำหนดโดยลักษณะของเนื้อไม้ รูปที่ 6-7 แสดงหน้าตัดขวางของลำต้นไม้ เนื้อไม้ส่วนนอกสุดเรียกว่าเปลือกไม้ (bark) ถัดเข้ามาจะเป็นชั้นของเยื่อเจริญ (cambium layer) ของไม้ที่มีหน้าที่ในการสร้างเซลล์ (cell) ให้กับต้นไม้ม เนื้อไม้ชั้นถัดมาคือ กระพี้ (sap wood) ซึ่งเป็นชั้นสะสมอาหารของต้นไม้ม ชั้นของเนื้อไม้ภายในที่มีสีเข้มที่สุดเรียกว่า แกนไม้ (heart wood) ซึ่งเป็นชั้นไม้ที่มีความแข็งแรงและทนทาน ลายวงที่เป็นชั้นๆ ของกระพี้และแกนไม้คือ วงปี (annual ring) ของไม้ และลายเส้นที่อยู่แนวรัศมีของไม้เรียกว่า รัศมีไส้ (medullary ray) ส่วนของหน้าตัดขวางของลำต้นไม้ที่นำมาใช้ในการก่อสร้างคือ แกนไม้และกระพี้



รูปที่ 2.1 หน้าตัดขวางของลำต้นไม้

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังและความแกร่งของไม้

1. ชนิดของไม้
2. ปริมาณความชื้นของไม้ในสภาพสดจะอยู่ประมาณ 35-55% ความชื้นของไม้ที่นำมาใช้โดยทั่วไปควรมีค่าไม่เกิน 19% เมื่อไม้มีปริมาณความชื้นสูงจะทำให้ cellulose/lignin ของเส้นไม้มีความอ่อนตัวลง ซึ่งจะทำให้ไม้มีกำลังและความแกร่งลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นกราฟแสดงผลของปริมาณความชื้นต่อกำลังและความแกร่งของต้นสน Sitka นอกจากนั้นแล้ว การเปลี่ยนแปลงความชื้นในไม้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของไม้และทำให้เกิดการบิดงอของไม้ได้อีกด้วย
3. ความถ่วงจำเพาะ - กำลังและความแกร่งของไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณ cellulose ในไม้ ดังนั้น เมื่อไม้มีปริมาณความชื้นที่เท่ากันแล้ว ไม้ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าจะมีกำลังและความแกร่งมากกว่าไม้ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า
4. ระยะเวลาในการกระทำของแรง - ถ้าไม้ถูกกระทำโดยแรงที่มีค่าสูงพอและเป็นระยะเวลานานแล้ว ไม้จะเกิดการวิบัติโดยการคืบ (creep) ขึ้นได้ จากการทดสอบคานไม้ภายใต้การกระทำของแรงในลักษณะดังกล่าวพบว่า คานไม้อาจจะวิบัติที่ค่าหน่วยแรงเพียง 50% ของกำลังประลัย(ultimate strength) ของไม้ที่ได้รับการทดสอบในเวลาที่ยาวนาน



รูปที่ 2.2 ผลของปริมาณความชื้นต่อกำลังและความแกร่งของต้นสน Sitka

ข้อดีและข้อเสียในการใช้ไม้ในการก่อสร้าง

ข้อดี

1. ความสวยงาม
2. ความง่ายในการก่อสร้างและนำมาใช้ใหม่
3. อัตราส่วนของกำลังต่อน้ำหนักที่สูง
4. ป้องกันไม่ให้ความร้อนไหลเข้า-ออกโครงสร้างได้ดี
5. ทนทาน ถ้าโครงสร้างไม่ได้รับการออกแบบ ก่อสร้าง และดูแลรักษาที่เหมาะสม

ข้อเสีย

1. คุณสมบัติที่ไม่แน่นอน - คุณสมบัติของไม้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของไม้ จากส่วนหนึ่ง
1. ของต้นไม้ไปยังอีกส่วนหนึ่ง และจากพื้นที่ที่ต้นไม้เติบโต
2. การตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อม - อุณหภูมิและความชื้นจะทำให้ไม้มีการเปลี่ยนแปลงกำลัง
3. ความแกร่ง และขนาด
4. มีพฤติกรรมที่ขึ้นอยู่กับเวลา - ถ้าไม้ถูกกระทำโดยแรงที่มีค่าสูงพอและเป็นระยะเวลานานแล้ว
5. ไม้จะเกิดการวิบัติโดยการคืบ (creep) ได้ง่าย
6. ผุกร่อนได้ง่าย - ถ้าโครงสร้างไม้ไม่ได้รับการดูแลรักษาที่ดี

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

- 3.1. เครื่องชั่งอย่างละเอียดถึง 0.01 กรัม
- 3.2. เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)
- 3.3. ตู้อบไฟฟ้า

4. ขั้นตอนการทดสอบ

4.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

- 4.1.1 นำตัวไม้ขนาด $5 \times 5 \times 5$ cm จำนวน 3 ชิ้น
- 4.1.2 ชัดผิวให้เรียบทั้ง 4 ด้าน

4.2. การทดสอบ

- 4.2.1 วัดขนาดของชิ้นตัวอย่างทั้งหมดให้ละเอียด พร้อมทั้งเขียนเบอร์กำกับไว้
- 4.2.2 นำตัวอย่างไปชั่งหาความชื้นทั้งหมดให้ละเอียด (น้ำหนักไม้เดิม)
- 4.2.3 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ประมาณ 2-4 วัน

5. การรายงานผลการทดลอง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นของไม้} = \frac{\text{น้ำหนักไม้เดิม} - \text{น้ำหนักไม้แห้ง}}{\text{น้ำหนักไม้แห้ง}} \times 100$$

6. References

6.1 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การทดสอบวัสดุ. (แบบทำลาย)

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้

SPECIFIC GRAVITY OF WOOD

1.วัตถุประสงค์

☐

เพื่อศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของที่ภาวะอุณหภูมิห้อง และที่สภาวะอบแห้ง

2.ทฤษฎี

☐

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) เป็นกลสมบัติที่มีค่าแตกต่างกันตามชนิดของไม้ ไม้ไทยมีความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปจนถึง 1.20 เป็นกลสมบัติที่มีความสัมพันธ์ โดยเป็นปฏิภาคกับกลสมบัติอื่นๆ ของไม้แต่ละชนิดด้วย

☐

3.อุปกรณ์

1. ไม้ตัวอย่างขนาด 2×2×3ซม. โดยใช้ไม้ทั้งหมด 3 ประเภท คือ

ไม้ยาง 3 ตัวอย่าง

ไม้สัก 3 ตัวอย่าง

ไม้ตะเคียน 3 ตัวอย่าง

2. Vernier Caliper

3. เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม

4. ตู้อบ

4. วิธีการทดสอบ

1. ตัดตัวอย่างไม้ทดสอบให้มีขนาดและ ความยาว 2 × 2 × 2 นิ้ว จำนวน 3 ตัวอย่างและเขียนเลข ลำดับขึ้นตัวอย่าง

2. ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ทดสอบ ให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

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

4. นำชิ้นไม้ไปอบแห้งตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. รายการคำนวณ

Specific gravity of wood (room condition)

= Weight of specimen

Volume of specimen

Specific gravity dry = $\frac{\text{Specific gravity (room condition)} \times \text{Oven dry Weight}}{\text{Original Weight}}$

Original Weight

	แผนการสอน	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 3
	ชื่อหน่วย การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวนานกับเส้นไม้	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวนานกับเส้นไม้	

COMPRESSION TEST PARALLEL TO GRAIN OF WOOD

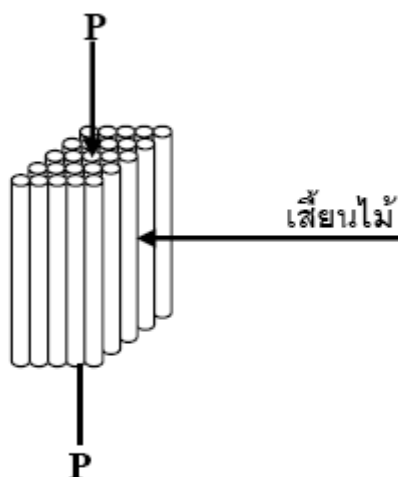
1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

- 1.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงอัดของไม้ชนิดต่าง ๆ ในแนวนานเทียบกับเส้นไม้
- 1.2 เพื่อศึกษาลักษณะการวิบัติของไม้ที่รับแรงอัดในแนวนานกับเส้นไม้
- 1.3 เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบท่อกำลังการรับแรงอัดของไม้ในแนวนานกับเส้นไม้
- 1.4 เพื่อหาคุณสมบัติของไม้รับแรงอัดในแนวนานกับเส้นไม้ ดังนี้
 - 1.4.1 Compressive Strength at Proportional Limit (PL σ)
 - 1.4.2 Yield Strength at 0.05% Offset
 - 1.4.3 Ultimate Compressive Strength (UC σ)
 - 1.4.4 Modulus of Elasticity (E)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญเป็นวัสดุที่ทำงานได้ง่ายมีความคงทนและสวยงาม ไม้เป็นสนิม มีน้ำหนักเบา ไม้มีลักษณะเป็นวัสดุเส้นใย (fiber Material) แบบทอกลวงซึ่งเรียงซ้อนกันอยู่ เส้นใยของไม้จะมีความยาวขนานไปกับลำต้น ด้วยเหตุนี้ความแข็งแรงของไม้ในแนวต่าง ๆ จึงไม่เท่ากัน ความแข็งแรงไม้ในแนวนานกับเส้น (Parallel to Grain) จึงแตกต่างกับความแข็งแรงของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้น (Perpendicular to Grain)

แรงอัดของไม้ในแนวนานขึ้นอยู่กับความต้านทานของเส้นใยเล็ก ๆ ที่รวมตัวกันขึ้นเป็นโครงสร้างไม้ เส้นใยแต่ละเส้นจะทำหน้าที่เสมือนเป็นเสา เล็ก ๆ ดังรูปที่ 1 ที่ถูกค้ำจุนและให้ความค้ำจุนแก่เส้นใยอื่น ๆ ที่อยู่รอบข้าง ถ้าหน่วยแรง (Stress) เพิ่มขึ้นจนถึงจุดแตกหัก (Failure) เส้นใยที่ทำหน้าที่ค้ำจุนเหล่านี้จะโก่งหรืออเบบแบบเดียวกับการแตกหักของเสาที่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 1 ลักษณะการเรียงตัวของเสี้ยนไม้

2.1 ลักษณะของความเสียหายของไม้ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกดในแนวนอนเสี้ยนมี 6 ลักษณะดังต่อไปนี้

2.1.1 การแตกหักโดยการบีบ (Crushing) การวิบัติในลักษณะนี้ระนาบการวิบัติจะเกิดขึ้นในแนวราบ โดยประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (a)

2.1.2 การแตกหักโดยการปริเป็นรูปลิ้น (Wedge Split) การวิบัติในลักษณะนี้ จะมีการวิบัติในลักษณะผ่าออกเป็นรูปลิ้น โดยรอยผ่าอาจจุผ่าออกในแนวรัศมีของวงปี (ขวางกับแนวเสี้ยน)หรืออาจจะผ่าออกในแนวสัมผัสกับวงปีก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (b)

2.1.3 การแตกหักโดยการเฉือน (Shearing) ระนาบของการวิบัติจะทำมุมประมาณ 45 องศา กับแนวระดับ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (c)

2.1.4 การแตกหักโดยการปริออก (Splitting) การวิบัติลักษณะนี้ เนื้อไม้จะถูกผ่าแยกออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (d)

2.1.5 การแตกหักโดยการถูกอัดและเฉือนขนานเสี้ยน (Compression and Shearing Parallel to Grain) การวิบัติในลักษณะนี้ จะวิบัติในลักษณะเฉือนออกขวางเสี้ยน ทำมุมประมาณ 45 องศา กับแนวราบ พร้อมกับมีการปริแตกออกของเนื้อไม้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (e)

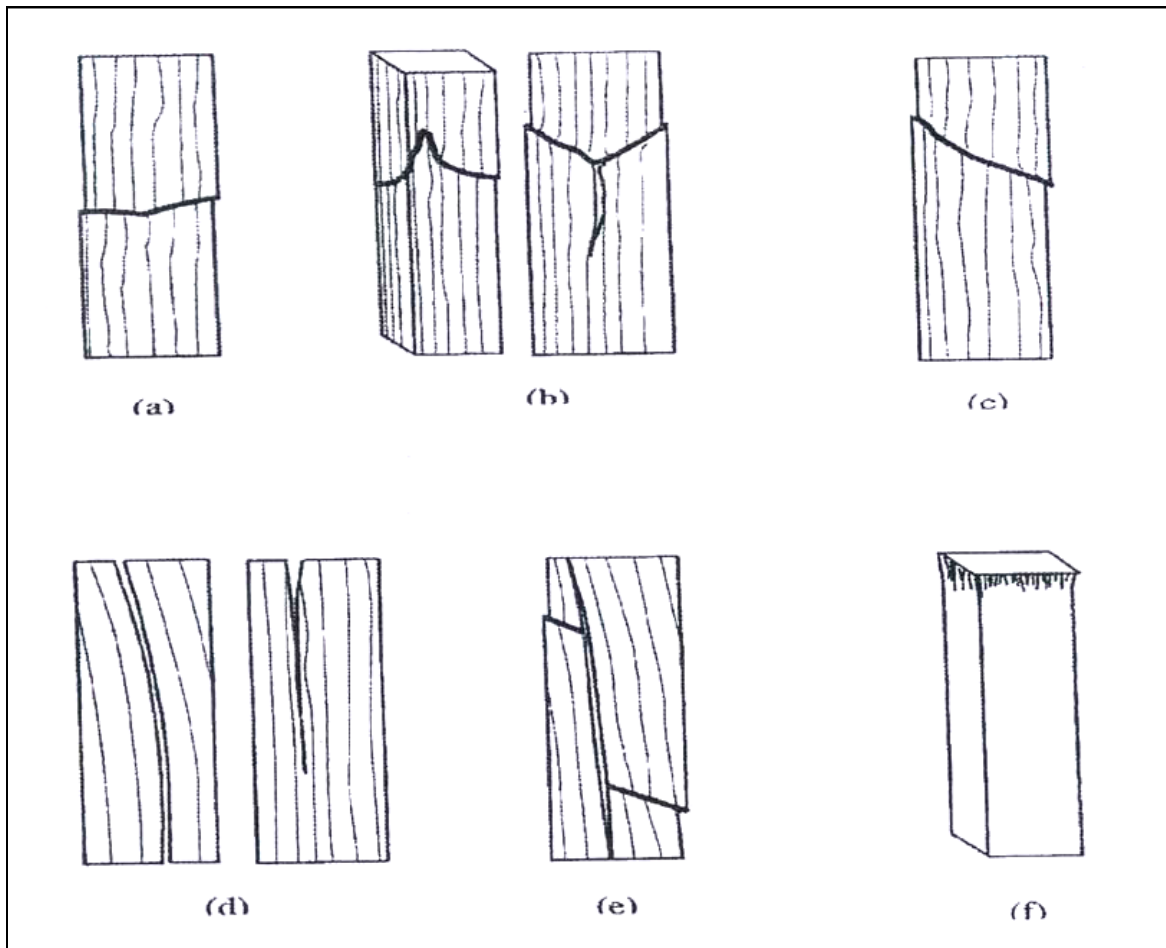
2.1.6 การแตกหักโดยการถูกบีบตรงปลาย (Brooming or Rolling) การวิบัติลักษณะนี้ส่วนปลายของ

ไม้

จะอยู่และเห็นเสี้ยนไม้บริเวณปลายแตกออกเป็นเส้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (f) โดยสาเหตุของการวิบัติแบบนี้มักเกิดการเตรียมตัวอย่างที่ไม่ดี หรือบริเวณปลายไม้รับน้ำหนักได้น้อยกว่าที่

ควร

จึงไม่ถือเป็นการแตกหักที่ยอมรับได้



รูปที่ 1.1

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM D 143-52 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

4.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 มม. และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.1 มม.

4.3 Compressometer

4.4 เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.5 ตลับเมตร

4.6 ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนขนาด 2 x 2 x 8 นิ้ว ชนิดละ 3 ท่อน

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

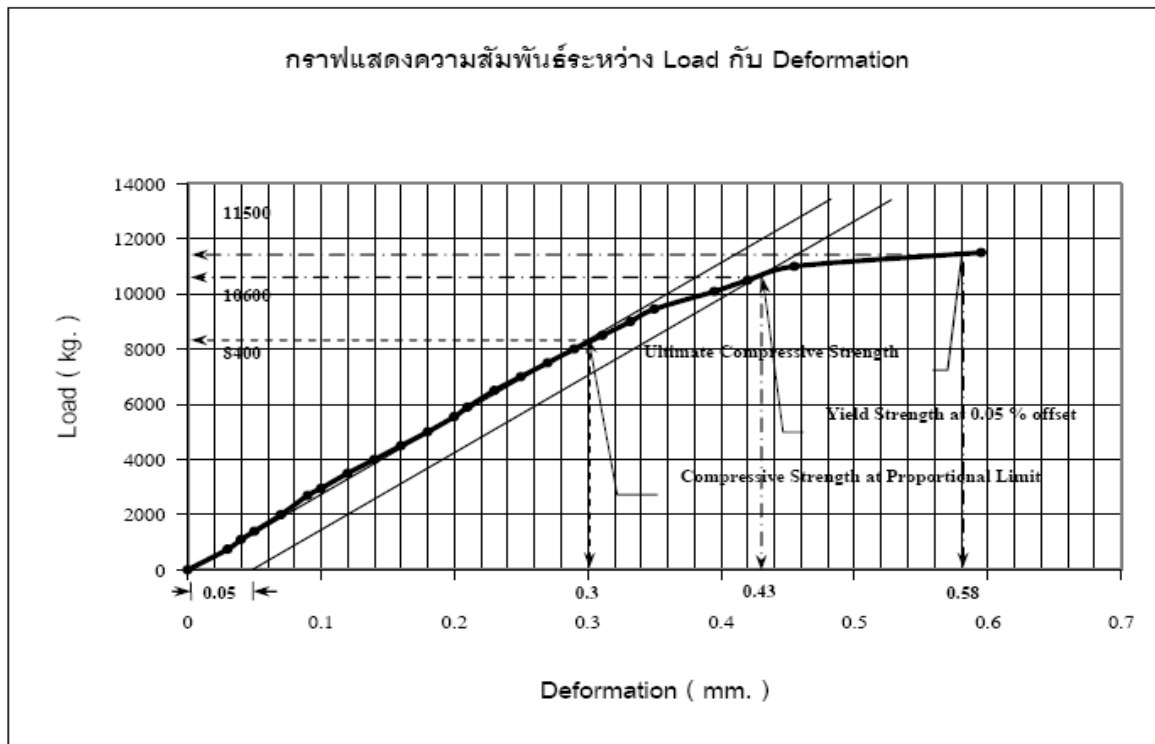
- 5.1.1 เลือกไม้ที่จะนำมาทดสอบ ที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร
- 5.1.2 ตัดตัวอย่างไม้ทดสอบ ให้มีขนาดและความยาว $2 \times 2 \times 8$ นิ้ว จำนวน 3 ตัวอย่างและเขียนเลขลำดับขึ้นตัวอย่าง
- 5.1.3 ปรับแต่งผิวหน้าของไม้แต่ละด้านให้มีความเรียบสม่ำเสมอและขนานกับด้านตรงข้ามโดยหน้าไม้แต่ละด้านต้องทำมุมฉากกันตลอดความยาว
- 5.1.4 ทำการวัดขนาดภาคตัดขวาง (Cross Section) ของตัวอย่างไม้ทดสอบ โดยการวัดอย่างน้อยด้านละ 3 แห่ง คือปลายไม้ทั้งสองด้าน และกึ่งกลางไม้อีกหนึ่งจุด ให้มีระดับความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน
- 5.1.5 ทำการวัดความยาว (Length) ของชิ้นไม้ทดสอบ เช่นเดียวกับการวัดขนาดภาคตัดขวาง
- 5.1.6 ทำการกำหนดพิสัยความยาว (Gauge Length) ที่ชิ้นไม้ทดสอบให้มีพิสัยความยาวประมาณ 6 นิ้ว
- 5.1.7 ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ทดสอบ ให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม
- 5.1.8 ทำการวาดรูปชิ้นไม้ทดสอบ และบันทึกคำอธิบายของไม้ด้วย
- 5.1.9 ทำการติดตั้ง Compressometer สำหรับวัดระยะหดตัวของตัวอย่างไม้ในขณะที่ทำการทดสอบ ณ ตำแหน่งที่ได้กำหนดพิสัยความยาวเริ่มต้น (Initial Gauge Length) ไว้แล้ว

5.2 การทดสอบ

- 5.2.1 นำชิ้นไม้ทดสอบที่ได้เตรียมไว้วางบน Lower Bearing Plate ของเครื่องทดสอบในลักษณะที่ถูกต้อง โดยให้แนวเส้นปรากฏอยู่ตามความยาวของไม้ และ ผิวปลายเส้นตั้งฉากกับแกนความยาวด้วย
- 5.2.2 เลื่อน Upper Bearing ของเครื่องทดสอบลงมาสัมผัสกับผิวด้านบนของชิ้นไม้ทดสอบ
- 5.2.3 ทำการปรับ Dial Gauge ของ Compressometer และค่าแรงกระทำที่เครื่อง Universal Testing Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์
- 5.2.4 ออกแรงกดที่ละน้อยตลอดการทดสอบด้วยความเร็วคงที่ ที่ทำให้หัวกดเคลื่อนไป 0.06 เซนติเมตรต่อนาที
- 5.2.5 บันทึกค่าการหดตัวของไม้ทดสอบจาก Dial Gauge ของ Compressometer ทุก ๆ น้ำหนักกระทำเท่ากับ 500 กิโลกรัม จนกระทั่งผ่านขีดจำกัดยืดหยุ่น (Proportional Limit) จึงถอด Compressometer ออกแล้วให้น้ำหนักกระทำต่อไปจนกระทั่งถึงจุดวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักกระทำ สูงสุด (Ultimate Load) ไว้
- 5.2.6 บันทึกลักษณะการวิบัติและวาดรูปไว้
- 5.2.7 นำชิ้นไม้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 5.2.8 เมื่อครบกำหนดแล้วนำไม้ออกจากตู้อบ ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่า Moisture Content

6. การรายงานผลการทดลอง

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



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 Compressive Strength at Proportional Limit (σ_{PL})

$$= \frac{\text{Load at Proportional Limit}}{\text{Average Cross - Section Area}} \quad \text{ksc.}$$

6.2.2. Yield Strength at 0.05% Offset

$$= \frac{\text{Load at 0.05\% Offset}}{\text{Average Cross - Section Area}} \quad \text{ksc.}$$

6.2.3 Ultimate Compressive Strength (σ_{UC})

$$= \frac{\text{Ultimate Load}}{\text{Average Cross - Section Area}} \quad \text{ksc.}$$

$$6.2.4 \text{ Modulus of Elasticity (E)} = \frac{\text{Stress at Proportional Limit}}{\text{Strain at Proportional Limit}} \quad \text{ksc.}$$

$$6.2.5 \text{ Moisture Content} = \frac{\text{Original Weight - Oven Dry Weight}}{\text{Original Weight - Oven Dry Weight}} \times 100 \quad \%$$

7. References

7.1 ASTM Standard Methods of Testing

7.2 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย) แผนกวิชาช่างก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

7.3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

	แผนการสอน	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วย การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้	

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้

COMPRESSION TEST PERPENDICULAR TO GRAIN OF WOOD

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

- 1.1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงอัดของไม้ชนิดต่าง ๆ ในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้
- 1.2. เพื่อศึกษาลักษณะการวิบัติของไม้ที่รับแรงอัดในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้
- 1.3. เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทำต่อกำลังการรับแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้
- 1.4. เพื่อหาคุณสมบัติของไม้เมื่อรับแรงอัดในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้ ดังนี้
 - 1.4.1 Compressive Strength at Proportional Limit (P.L. σ)
 - 1.4.2 Yield Strength at 0.05% Offset
 - 1.4.3 Modulus of Elasticity (E)
 - 1.4.4 Moisture Content

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หน่วยแรงอัดของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้ เป็นคุณสมบัติทางกลที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างที่มีแรง

กระทำเป็นจุด เช่น บนคานที่มีเสาหรือปลายคางวางอยู่ ไม้หมอนทางรถไฟ กำลังรับแรงอัดตั้งฉากกับเส้นนี้ยอมให้ใช้ได้ภายในขอบเขตของหน่วยแรงที่ขีดยึดหยุ่น เพราะหากเลยจุดนี้ไปแล้วผนังของเส้นไม้จะยุบตัวมาก โดยที่แรงอัดไม่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งการหลุดตัวของไม้มากจนความหนาเหลือเพียง 1 ใน 3 ของความหนาเดิม เมื่อเส้นไม้ยุบตัวจนเต็มโพรงเส้นไม้หมด แรงอัดก็จะเพิ่มขึ้นไม่มีที่สิ้นสุด และไม่อาจหาค่าของกำลังอัดสูงสุดตั้งฉากกับเส้นได้ แต่อย่างไรก็ตาม กำลังของแรงอัดตั้งฉากกับเส้นไม้ที่มีค่าสูง ๆ ในช่วงหลังนี้ไม่อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้เพราะไม้ได้เกิดการวิบัติแล้ว ก็มีการยุบตัวและเสียรูปจนทำให้โครงสร้างที่ยึดอยู่หรือเกี่ยวข้องเกิดการทรุดตัวและเสียรูปตามไปด้วย

โมดูลัสยืดหยุ่น เป็นคุณสมบัติทางกลที่ต้านทานต่อการโก่งของคานในแนวตั้ง ไม้ที่ยังไม่ได้ผึ่งแห้งจะมีส่วนโก่งในแนวตั้งมากกว่าไม้ที่ผึ่งแห้งแล้ว ส่วนโก่งของคานในแนวตั้งนี้คำนวณได้จากสูตรโดยตรง สำหรับน้ำหนักบรรทุกทุกที่มีช่วงขณะเป็นครั้งคราว แต่ถ้าเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่เป็นระยะเวลานาน ค่าการโก่งตัวในแนวตั้งของคานก็จะเพิ่มขึ้น

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM D 143 - 52 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 Dial Gauge

4.4 เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

4.5 ตลับเมตร

4.7 ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนขนาด 2 x 2 x 6 นิ้ว ชนิดละ 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 เลือกไม้ที่จะนำมาทดสอบที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร

5.1.2 ตัดตัวอย่างไม้ทดสอบให้มีขนาดและความยาว 2 x 2 x 6 นิ้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง และเขียนเลขลำดับขึ้นตัวอย่าง

5.1.3. ปรับแต่งผิวหน้าของไม้แต่ละด้านในมีความเรียบสม่ำเสมอ และขนานกับด้านตรงข้าม โดยหน้าไม้แต่ละด้านต้องทำมุมฉากกันตลอดความยาวทำการปรับ Dial Gauge และค่าแรงกระทำที่เครื่อง Universal Testing Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์

5.1.4 ทำการวัดขนาดภาคตัดขวาง (Cross Section) ของตัวอย่างไม้ทดสอบ โดยการวัดอย่างน้อยด้านละ 3 แห่ง คือปลายไม้ทั้งสองด้าน และกึ่งกลางไม้อีกหนึ่งจุดให้มีระดับความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน

5.1.5 ทำการวัดความยาวของชิ้นตัวอย่างไม้ทดสอบ เช่นเดียวกับการวัดขนาดภาคตัดขวาง

5.1.6 ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ทดสอบ ให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

5.1.7 ทำการวาดรูปชิ้นไม้ทดสอบ และบันทึกคำอธิบายของไม้ด้วย

5.2. การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นไม้ทดสอบที่ได้เตรียมไว้วางบน Lower Bearing Plate ของเครื่องทดสอบในลักษณะวางนอน โดยให้ด้าน Radial Surface เป็นด้านที่รับแรง

5.2.2 วางแผ่นโลหะที่มีความกว้างประมาณ 2 นิ้ว ลงบนกึ่งกลางของไม้ทดสอบ โดยวางให้แกนยาวของไม้และแผ่นโลหะตั้งฉากกัน

- 5.2.3 เลื่อน Upper Bearingของเครื่องทดสอบลงมาสัมผัสกับผิวด้านบนของชิ้นไม้ทดสอบ
- 5.2.4 ทำการติดตั้ง Dial Gauge สำหรับวัดระยะหดของตัวอย่างไม้ในขณะที่ทำการทดสอบ แล้วทำการปรับ Dial Gauge และค่าแรงกระทำที่เครื่อง Universal Testing Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์
- 5.2.5 ออกแรงกดทีละน้อยตลอดการทดสอบด้วยความเร็วคงที่ ที่ทำให้ หัวกดเคลื่อนที่ไป 0.03 เซนติเมตรต่อนาที
- 5.2.6 บันทึก Deflection ของไม้ทดสอบจาก Dial Gauge ของ Compressometer ทุก ๆ น้ำหนักกระทำเท่ากับ 100 กก.จนกระทั่งผ่านขีดจำกัดยืดหยุ่น (Proportional Limit) จึงถอด Compressometer ออกแล้ว
- ให้นำน้ำหนักกระทำต่อไปจนกระทั่งถึงจุดวิบัติ 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. การรายงานผลการทดลอง

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

6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1. Compressive Strength at Proportional Limit (PL σ)

$$= \frac{\text{Average Cross-Section Area.}}{\text{Load at Proportional Limit ksc}} \quad \text{ksc}$$

6.2.2. Yield Strength at 0.05% Offset = $\frac{\text{Average Cross-Section Area}}{\text{Load at 0.05\% Offset ksc.}}$ ksc

6.2.3. Modulus of Elasticity (E) = $\frac{\text{Strain at Proportional Limit}}{\text{Stress at Proportional Limit ksc.}}$ ksc

6.2.4. Moisture Content = $\frac{\text{Original Weight - Oven Dry Weight} \times 100}{\text{Oven Dry Weight}}$ %

7. References

- 7.1. ASTM Standard Methods of Testing
- 7.2. อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย) แผนกวิชาช่างก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
- 7.3. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

	แผนการสอน	หน่วยที่ 5
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของไม้ในแนวขนานกับเส้นไม้	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของไม้ในแนวขนานกับเส้นไม้	

การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของไม้ในแนวขนานกับเส้นไม้

SHEAR PARALLEL TO GRAIN TEST OF WOOD

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

- 1.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงเฉือนของไม้ชนิดต่าง ๆ ในแนวขนานกับเส้นไม้
- 1.2 เพื่อหาลำดับค่าต้านทานแรงเฉือนของไม้ในแนวขนานกับเส้นไม้
- 1.3 เพื่อศึกษาลักษณะการวิบัติของไม้ที่รับแรงเฉือนในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แรงเฉือนของไม้ เป็นคุณสมบัติทางกลที่ใช้ต้านทานต่อแรงที่ทำให้เกิดการ slide หรือ slip ออกจากกันของไม้ ซึ่งแยกได้เป็นสองชนิด คือ แรงเฉือนของไม้ในแนวขนานกับเส้นไม้ และแรงเฉือนของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้นไม้

แรงเฉือนของไม้ในแนวขนานกับเส้นไม้ เป็นคุณสมบัติทางกลที่มีบทบาทมาก เนื่องจากว่าไม้มีกำลังต้านทานการเฉือนแบบนี้ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นชิ้นส่วนของโครงสร้างอาจเกิดการพังเสียหาย (Failure) ด้วยแรงเฉือนนี้ ก่อนที่จะเกิด Failure อย่างอื่น ส่วนแรงเฉือนของไม้ในแนวตั้งฉากกับเส้น เราไม่ค่อยสนใจ เนื่องจากว่ามีค่าค่อนข้างสูง และส่วนใหญ่จะเกิดการ Failure อย่างอื่น ก่อนการ Failure โดยวิธีนี้

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

ASTM D 143 - 52 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 Shear Tool
- 4.4 เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม
- 4.5 ตลับเมตร
- 4.6 ไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนขนาด 2 x 2 x 2 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 ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ทดสอบ ให้มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม

5.1.3 ทำการวาดรูปชิ้นไม้ทดสอบ และบันทึกคำอธิบายของไม้ด้วย

5.2. การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นตัวอย่างไม้ทดสอบใส่ใน Shear Tool พร้อมทั้งจัด Shear Tool ให้อยู่ในแนว Center ของเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine

5.2.2 เลื่อน Upper Bearing ของเครื่องทดสอบลงมาสัมผัสกับ Shearing Compression Plateพอดี

5.2.3 ออกแรงกดทีละน้อยตลอดการทดสอบด้วยความเร็วคงที่ ที่ทำให้หัวกด เคลื่อนที่ไป 0.6 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่ง Failure

5.2.4 บันทึกค่า Maximum Load

5.2.5 บันทึกลักษณะการวิบัติของชิ้นตัวอย่างไม้ที่ใช้ในการทดสอบ

5.2.6 นำชิ้นไม้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5.2.7 เมื่อครบกำหนดแล้วนำไม้ออกจากตู้อบ ผึ่งลมให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่า

Moisture Content

6. การรายงานผลการทดลอง

6. การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$6.1 \text{ Shearing Strength} = \frac{\text{Max. Load}}{\text{Shearing Area}} \quad \text{ksc.}$$

$$6.2 \text{ Moisture Content} = \frac{\text{Original Weight} - \text{Oven Dry Weight}}{\text{Oven Dry Weight}} \times 100 \quad \%$$

7. References

- 7.1 ASTM Standard Methods of Testing
- 7.2 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย). แผนกวิชาช่างก่อสร้างสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
- 7.3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

	แผนการสอน	หน่วยที่ 6
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ	

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

TENSION TEST OF REINFORCEMENT BARS (ROUND BARS)

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

1.1 Tensile Strength at Proportional Limit

1.2 Yield Strength

1.3 Ultimate Tensile Strength

1.4 Modulus of Elasticity

1.5 Percentage of Elongation

1.6 ลักษณะของการ Failure

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็กจัดเป็นคุณสมบัติทางกลที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากเหล็กเส้นที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็กส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็นตัวรับแรงดึง ถึงแม้ว่าบางครั้งอาจจะใช้รับแรงกดก็ตาม แต่ถือว่าคุณสมบัติในการรับแรงดึง และแรงกดมีค่าเป็นอย่างเดียวกัน ดังนั้นจึงทดสอบเฉพาะคุณสมบัติในการรับแรงดึงเท่านั้น

ในการทดสอบคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็ก สภาพของชิ้นตัวอย่างทดสอบจะต้องเป็นไปตามสภาพของเหล็กเส้นสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้น โดยไม่กลึงและปรับปรุงคุณสมบัติด้วยการวิธีทางความร้อน (Heat treatment) ยกเว้นเหล็กเส้นกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 38 มิลลิเมตรจะกลึงให้เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 30 มิลลิเมตร และให้ความยาวของส่วนที่กลึงไม่น้อยกว่า 5.5D

การนำตัวอย่างของเหล็กเส้นกลมไปใช้ในการทดสอบ ควรทราบถึงรายละเอียดของเหล็กเส้นกลมมาตรฐานที่ผลิตออกมาจำหน่าย ดังแสดงในตารางที่ 1

ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง มม.	พื้นที่หน้าตัด ซม. ²	น้ำหนักต่อเมตร กก.
RB 6	6	0.283	0.222
RB 9	9	0.636	0.499
RB 12	12	1.131	0.888
RB 15	15	1.767	1.387
RB 19	19	2.835	2.226
RB 22	22	3.801	2.984
RB 25	25	4.909	3.853
RB 28	28	6.158	4.834

การคำนวณน้ำหนักต่อความยาวตามมาตรฐาน สามารถคำนวณได้จากการทราบน้ำหนักเท่ากับ 0.785 กิโลกรัม ต่อความยาว 1 เมตร

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น น้ำหนักต่อความยาว} &= 0.785 \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= 0.6165 D^2\end{aligned}$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง มีหน่วยเป็นเซนติเมตรนอกจากนี้ บางครั้งอาจพบเหล็กเส้นกลมที่มีภาคตัดขวางเป็นรูปวงรี ซึ่งทำให้หาขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่แน่นอนไม่ได้ สามารถคำนวณหาเส้นผ่าศูนย์กลางได้ เมื่อทราบน้ำหนักของเหล็ก ดังสูตร

$$\begin{aligned}D^2 &= \frac{W}{0.6165} \\ \text{หรือ } D &= \sqrt{\frac{W}{0.6165}}\end{aligned}$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

W คือ น้ำหนักของเหล็ก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

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 12 มิลลิเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

- 5.1.1 นำชิ้นตัวอย่างทดสอบไปชั่งหาน้ำหนักและวัดความยาว พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้
- 5.1.2 ใช้ Vernier Caliper วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปรากฏจริง 3 จุด เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้
- 5.1.3 ใช้สลักตอก ระยะ Gauge Length เท่ากับ 5 D และระยะระหว่างหัวจับ เท่ากับ 5.5

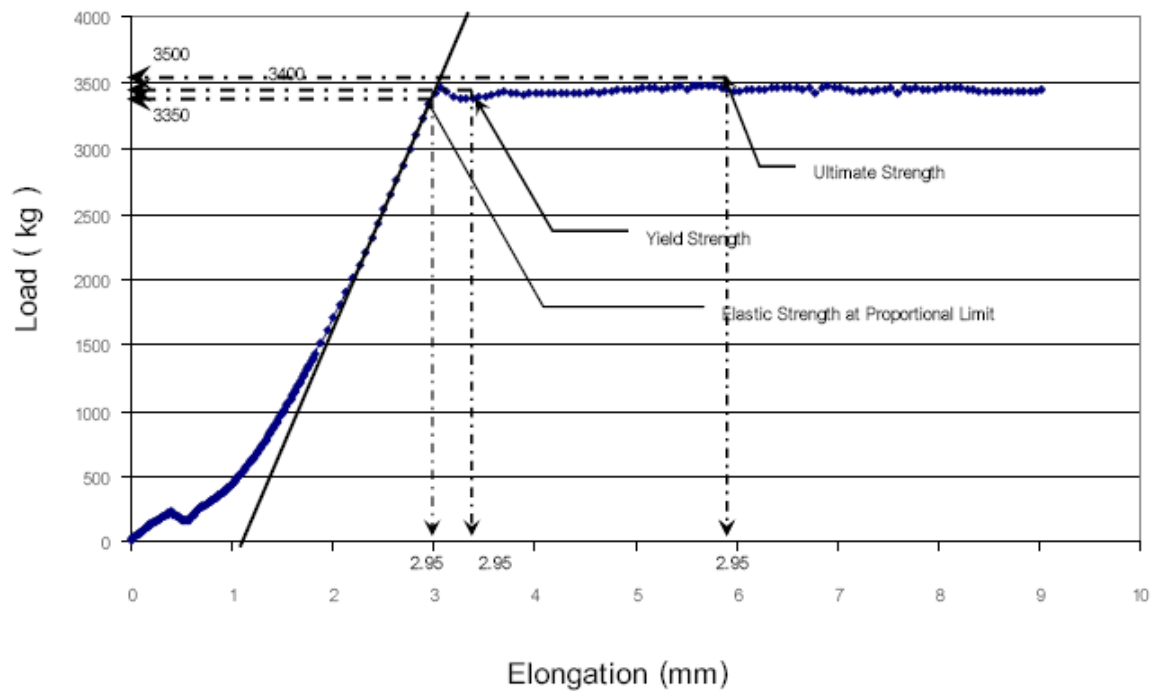
5.2. การทดสอบ

- 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(Yield) จึงถอด Extensometer ออก แล้วออกแรงดึงต่อไปจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน
- 5.2.5 สังเกตตำแหน่งและลักษณะของรอยที่ขาด วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ขาด นำชิ้นทดสอบที่ขาดมาต่อเข้าด้วยกัน และวัดช่วงของ Gauge Length ด้วย

6. การรายงานผลการทดลอง

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

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load กับ Elongation



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 Cross-Section Area = $\frac{W}{7.85L}$ cm.²

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

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

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

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

$$6.2.6 \text{ Elongation} = \text{ความยาวที่เพิ่มขึ้น} - \text{ความยาวเดิม (Gauge Length)} \quad \text{cm.}$$

$$6.2.7 \text{ Percentage of Elongation} = \frac{\text{Elongation}}{\text{Gauge Length}} \times 100 \quad \%$$

7.References

- 7.1 ASTM Standard Methods of Testing
- 7.2 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย). แผนกวิชาช่างก่อสร้างสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
- 7.3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

	แผนการสอน	หน่วยที่ 7
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 7
	ชื่อหน่วย การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นข้ออ้อย	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นข้ออ้อย	

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นข้ออ้อย

TENSION TEST OF REINFORCEMENT(DEFORMED BARS)

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นชนิดข้ออ้อย

1.1 Tensile Strength at Proportional Limit

1.2 Yield Strength

1.3 Ultimate Tensile Strength

1.4 Modulus of Elasticity

1.5 Percentage of Elongation

1.6 ลักษณะของการ Failure

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เหล็กข้ออ้อย หมายถึง เหล็กเส้นกลมที่มีปั้ง (Transverse Rids) และอาจมีครีป (Longitudinal RBS) ที่ผิว เพื่อเสริมสร้างกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้นและเนื้อคอนกรีตเหล็กข้ออ้อยที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมี 3 ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์ ดังนี้คือ SD 30, SD 40, SD 50,

ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง mm.	พื้นที่หน้าตัด mm ²	น้ำหนักต่อเมตร Kg.
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
DB 28	28	616	4.834
DB 32	32	804	6.313

พื้นที่ภาคตัดที่ระบุ คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ A = พื้นที่ภาคตัดขวางระบุเป็นตารางมิลลิเมตร

W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม

L = ความยาวเป็นเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางระบุเป็นมิลลิเมตร

W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม

L = ความยาวเป็นเมตร

เส้นรอบวงระบุ คำนวณได้จากสูตร

$$C = 3.142 D$$

เมื่อ C = เส้นรอบวงระบุเป็นมิลลิเมตร

D = เส้นผ่าศูนย์กลางระบุเป็นมิลลิเมตร

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

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 เหล็กเส้นข้ออ้อยผิวเรียบขนาด 12 มิลลิเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 นำชิ้นตัวอย่างทดสอบไปชั่งน้ำหนักและวัดความยาว พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.2 ใช้ Vernier Caliper วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปรากฏจริง 3 จุด เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.3 ใช้สลักตอก ระยะ Gauge Length เท่ากับ 5 D และระยะระหว่างหัวจับ เท่ากับ 5.5

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)

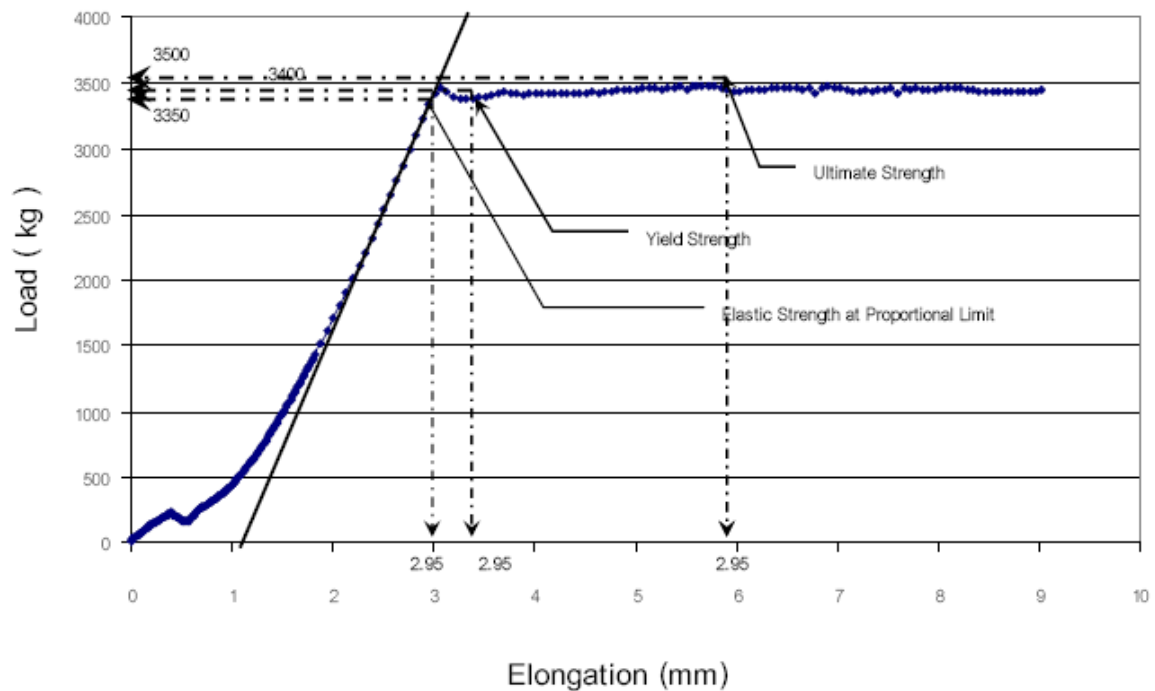
5.2.4 บันทึกแรงที่กระทำ และ ค่า Deformation ที่เกิดขึ้นจนกระทั่งถึงจุดคราก (Yield) จึงถอด Extensometer ออก แล้วออกแรงดึงต่อไปจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน

5.2.5 สังเกตตำแหน่งและลักษณะของรอยที่ขาด วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ขาด นำชิ้นทดสอบที่ขาดมาต่อเข้าด้วยกัน และวัดช่วงของ Gauge Length ด้วย

6. การรายงานผลการทดลอง

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

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load กับ Elongation



6.2 การคำนวณค่าต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 Cross-Section Area = $\frac{W}{7.85L}$ cm.²

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

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

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

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

$$6.2.6 \text{ Elongation} = \text{ความยาวที่เพิ่มขึ้น} - \text{ความยาวเดิม (Gauge Length)} \quad \text{cm.}$$

$$6.2.7 \text{ Percentage of Elongation} = \frac{\text{Elongation}}{\text{Gauge Length}} \times 100 \quad \%$$

7.References

7.1 ASTM Standard Methods of Testing

7.2 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย). แผนกวิชาช่างก่อสร้างสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

7.3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

	แผนการสอน	หน่วยที่ 8
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 8
	ชื่อหน่วย การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นข้ออ้อย	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นข้ออ้อย	

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเหล็กเส้นข้ออ้อย

TENSION TEST OF REINFORCEMENT(DEFORMED BARS)

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเหล็กเส้นชนิดข้ออ้อย

1.1 Tensile Strength at Proportional Limit

1.2 Yield Strength

1.3 Ultimate Tensile Strength

1.4 Modulus of Elasticity

1.5 Percentage of Elongation

1.6 ลักษณะของการ Failure

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เหล็กข้ออ้อย หมายถึง เหล็กเส้นกลมที่มีปั้ง (Transverse Rids) และอาจมีครีป (Longitudinal RBS) ที่ผิว เพื่อเสริมสร้างกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้นและเนื้อคอนกรีตเหล็กข้ออ้อยที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมี 3 ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์ ดังนี้คือ SD 30, SD 40, SD 50,

ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง mm.	พื้นที่หน้าตัด mm ²	น้ำหนักต่อเมตร Kg.
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
DB 28	28	616	4.834
DB 32	32	804	6.313

พื้นที่ภาคตัดที่ระบุ คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ A = พื้นที่ภาคตัดขวางระบุเป็นตารางมิลลิเมตร

W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม

L = ความยาวเป็นเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางระบุเป็นมิลลิเมตร

W = มวลระบุเป็นกิโลกรัม

L = ความยาวเป็นเมตร

เส้นรอบวงระบุ คำนวณได้จากสูตร

$$C = 3.142 D$$

เมื่อ C = เส้นรอบวงระบุเป็นมิลลิเมตร

D = เส้นผ่าศูนย์กลางระบุเป็นมิลลิเมตร

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

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 เหล็กเส้นข้ออ้อยผิวเรียบขนาด 12 มิลลิเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 นำชิ้นตัวอย่างทดสอบไปชั่งน้ำหนักและวัดความยาว พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.2 ใช้ Vernier Caliper วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปรากฏจริง 3 จุด เพื่อนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.3 ใช้สลักตอก ระยะ Gauge Length เท่ากับ 5 D และระยะระหว่างหัวจับ เท่ากับ 5.5

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)

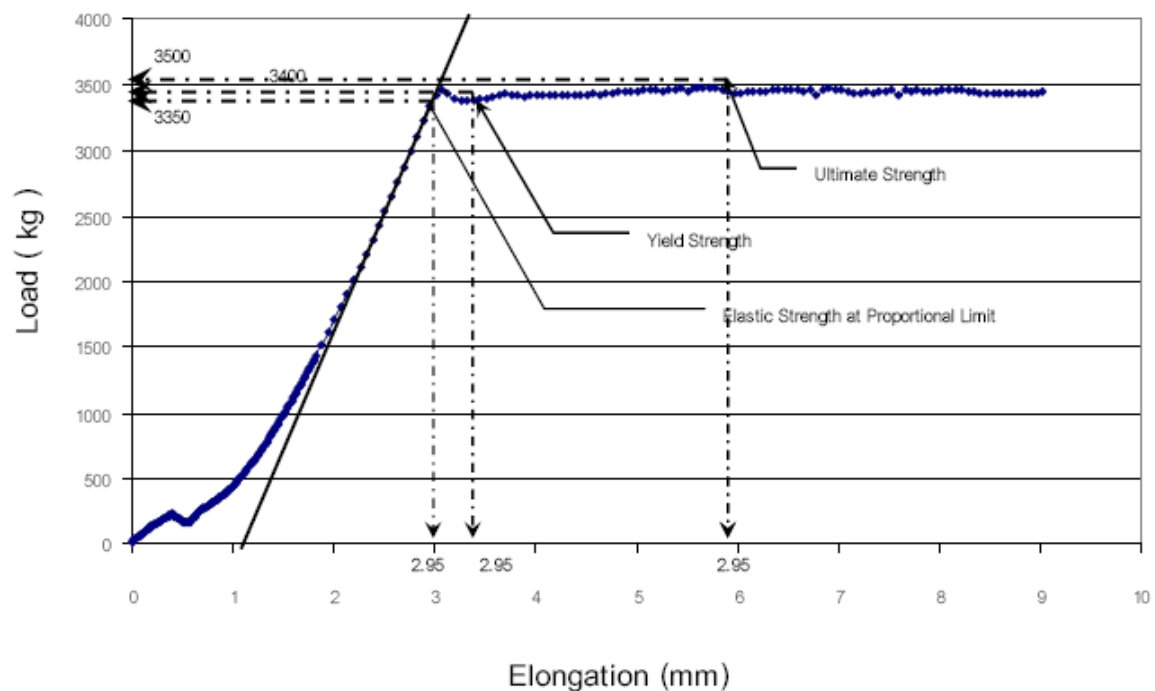
5.2.4 บันทึกแรงที่กระทำ และ ค่า Deformation ที่เกิดขึ้นจนกระทั่งถึงจุดคราก (Yield) จึงถอด Extensometer ออก แล้วออกแรงดึงต่อไปจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน

5.2.5 สังเกตตำแหน่งและลักษณะของรอยที่ขาด วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ขาด นำชิ้นทดสอบที่ขาดมาต่อเข้าด้วยกัน และวัดช่วงของ Gauge Length ด้วย

6. การรายงานผลการทดลอง

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

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Load กับ Elongation



6.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$6.2.1 \text{ Cross-Section Area} = \frac{W}{7.85L} \text{ cm.}^2$$

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

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

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

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

$$6.2.6 \text{ Elongation} = \text{ความยาวที่เพิ่มขึ้น} - \text{ความยาวเดิม (Gauge Length)} \text{ cm.}$$

$$6.2.7 \text{ Percentage of Elongation} = \frac{\text{Elongation}}{\text{Gauge Length}} \times 100 \text{ \%}$$

7.References

7.1 ASTM Standard Methods of Testing

7.2 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย). แผนกวิชาช่างก่อสร้างสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

7.3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

	แผนการสอน	หน่วยที่ 9
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 9
	ชื่อหน่วย การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริมแบบหน้าเดียว	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริมแบบหน้าเดียว	

การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเสริมแบบหน้าเดียว

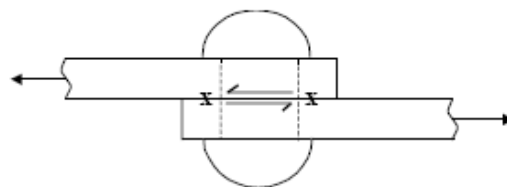
SINGLE DIRECT SHEAR TEST OF STEEL

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

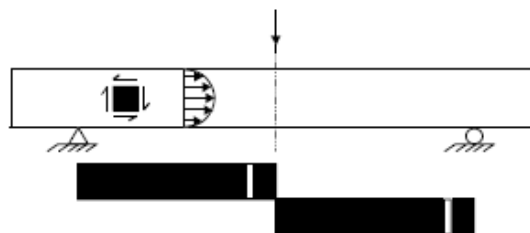
การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shearing Strength) ของเหล็กเสริมแบบแรงเฉือนหน้าเดียว (Single Shear)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

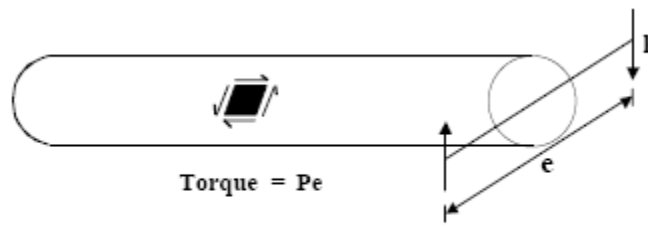
Shearing Stress เป็นพฤติกรรมของแรงอย่างหนึ่ง ซึ่งกระทำขนานกับหน้าตัดของวัสดุซึ่งแตกต่างไปจากแรงดึงและแรงอัดซึ่งกระทำตั้งฉากกับระนาบของวัสดุ หน่วยแรงเฉือนที่เกิดโดยทั่วไปสามารถแยกได้ดังนี้



(a) Direct (single) shear in a



(b) Shear in a homogeneous beam of rectangular



(c) Shear produced by torsional

3.1 แรงเฉือนซึ่งเกิดจากการกระทำของแรงในแนวนอนกับหน้าตัด แต่มีทิศทางตรงข้ามโดยถือ ว่าแรงกระทำผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัด หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นนี้ถือว่ามีค่าสม่ำเสมอตลอดหน้าตัด ซึ่งลักษณะของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นประเภทนี้ได้แก่ แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในหมุดย้ำและสลักเกลียว ดังรูปที่ a

3.2 หน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากแรงที่กระทำตั้งฉากกับแกนสะเทินของโครงสร้างคาน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนในแนวนอนตามแกนสะเทินของโครงสร้าง และ จะมีหน่วยแรงเฉือนมากที่สุดแกนสะเทิน และมีค่าเป็นศูนย์ที่ขอบผิวบนและล่างของหน้าตัดของโครงสร้าง ดังรูปที่ b

3.3 หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นโดยที่แรงไม่ได้กระทำแกนสะเทินและจุดศูนย์กลางของหน้าตัด แต่กระทำเป็นแรงคู่ควบรอบหน้าตัดของโครงสร้างนั้น ซึ่งหน่วยแรงเฉือนชนิดนี้เป็นผลเนื่องจากรงบิดที่กระทำต่อหน้าตัดของโครงสร้างนั่นเอง ดังรูปที่ c

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 Shear Tool for Steel

4.4 เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 และ 15 มิลลิเมตร อย่างละ 1 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

5.1.1 วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งเหล็กทดสอบด้วย Vernier Caliper พร้อมทั้งบันทึกค่าไว้

5.1.2 Specimen ไปใส่ใน Shear Tool สำหรับทดสอบแบบ Single Shear

5.2. การทดสอบ

5.2.1 นำชิ้นตัวอย่างใส่ในเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine โดยให้หัวจับสัมผัสกับ Shear Tool for Steel

5.2.2 ให้นำน้ำหนักลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเกิดการแตกหัก ระหว่างทดสอบให้สังเกตว่ามี Yield Point หรือไม่

5.2.3 ออกบันทึกแรงที่กระทำบนที่ค่าแรงสูงสุด และ ลักษณะของการขาดออกจากกันของชิ้นทดสอบ

6. การรายงานผลการทดลอง

6.1 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{Shearing Strength in Single Shear} = \frac{P}{A}$$

เมื่อ	P	=	Maximum load in Single Shear Test
	A	=	Cross-Section Area

7. References

7.1 ASTM Standard Methods of Testing

7.2 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย). แผนกวิชาช่างก่อสร้างสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

7.3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

	แผนการสอน	หน่วยที่ 10
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 10
	ชื่อหน่วย การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต		

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

หลักการในการออกแบบส่วนผสม

เป้าหมายหลักการของการหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตหรือการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต มีด้วยกัน 2 ประการ

- 1) เพื่อเลือกวัสดุผสมคอนกรีตที่เหมาะสมอันได้แก่ ปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ น้ำยาผสมคอนกรีต ให้ได้ตามข้อกำหนด และเลือกวัสดุประสงค์ของการใช้งาน
- 2) กำหนดหาสัดส่วนผสมของวัสดุนี้ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพและมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดและการใช้งานทั้งในสภาพคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ในราคาที่เหมาะสมที่สุด

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต

เป็นการหาอัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณของส่วนประกอบแต่ละอย่างของคอนกรีตเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความขึ้นเหนียวง่ายในการทำงาน และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว มีกำลัง และมีความคงทนตามต้องการในราคาที่ประหยัดที่สุด

ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับใช้ในงานขนาดเล็ก ที่ถือว่าไม่สำคัญมากนัก อาจกำหนดได้เลยโดยอาศัยข้อมูลหรือสถิติต่าง ๆ ที่ได้ปฏิบัติมาแล้วเป็นเกณฑ์ เช่น ใช้คอนกรีต 1 : 2 : 4 โดยปริมาณหรือโดยน้ำหนัก ซึ่งหมายถึงใช้ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน หิน 4 ส่วน เป็นต้น แต่ในงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่สำคัญควรออกแบบหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตที่จะใช้ตามสภาพของงาน ทั้งนี้เพื่อให้ได้กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ และในราคาประหยัด

การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต อาจทำได้โดยใช้วิธีทดลองผสม หรือวิธีของ ACI ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมาก แต่ในการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่กำหนดได้นั้น จะให้ได้ผลตามความต้องการย่อมเป็นไปได้ ทั้งนี้เพราะวัสดุผสมที่ใช้ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม และคุณสมบัติอาจไม่ตรงตามกำหนด การหาสัดส่วนผสมที่ดีที่สุด นอกจากการคำนวณอย่างเดียวแล้วต้องทำการทดลองผสมจริงด้วย เพื่อตรวจสอบและคอยปรับอัตราส่วนผสม จนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

นอกจากนี้การทดลองผสมในห้องปฏิบัติการ ก็อาจให้ผลไม่ตรงกับการนำไปผสมในงานต่าง ๆ เหตุผลเนื่องจากเครื่องผสมในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไป มีขนาดและลักษณะต่างจากที่ทำได้ใช้งานจริง อนึ่งในการปฏิบัติงานจริง ๆ ยังมีผลเนื่องจากการลำเลียง การเทและสภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมสิ่งเหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งสิ้น ดังนั้นการหาสัดส่วนผสมต้องใช้ทั้งความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของคอนกรีต รวมไปถึงข้อมูลจากการทดลองด้วย

นอกจากนี้การทดลองผสมในห้องปฏิบัติการ ก็อาจให้ผลไม่ตรงกับการนำไปผสมในงานต่าง ๆ เหตุผลเนื่องจากเครื่องผสมในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไป มีขนาดและลักษณะต่างจากที่ทำได้ใช้งานจริง อนึ่ง ในการปฏิบัติงานจริง ๆ ยังมีผลเนื่องจากการลำเลียง การเทและสภาวะอากาศสิ่งแวดล้อมสิ่งเหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งสิ้น ดังนั้นการหาสัดส่วนผสมต้องใช้ทั้งความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของคอนกรีต รวมไปถึงข้อมูลจากการทดลองด้วย

องค์ประกอบในการพิจารณาหาปฏิกิริยาส่วนผสมของคอนกรีต

การหาปฏิกิริยาส่วนผสมของคอนกรีต ควรคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ต่อไปนี้

กำลัง (Strength)

กำลังเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน เช่น กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือน เบาะกำลังยึดเหนี่ยว เป็นต้น แต่ที่ต้องการและสำคัญที่สุดเพื่อใช้พิจารณาเลือกวัสดุผสมคอนกรีตก็คือ กำลังรับแรงอัด โดยทั่วไปจะกำหนดค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงอัดที่ระยะเวลาหนึ่ง เช่น เมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน เป็นต้น ค่าเฉลี่ยนี้ควรให้มีค่าสูงกว่าที่จะใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้าง

ปริมาณอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์หรือที่เรียกว่า water-cement ratio มีผลต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมาก ถ้าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์มาก กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก็จะต่ำ ถ้าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์น้อยลง ค่ากำลังรับแรงอัดก็จะสูงขึ้นในการผสมคอนกรีตถ้าสามารถรักษาอัตราส่วนน้ำไว้ให้คงที่แล้ว แม้ส่วนผสมอื่น ๆ จะเปลี่ยนไปบ้าง กำลังของคอนกรีตจะไม่เปลี่ยนไปมากนัก ฉะนั้นจึงอาจกำหนดกำลังของคอนกรีตได้จากอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำและซีเมนต์ที่ใช้

ความทนทาน (Durability)

โดยทั่วไป คอนกรีตที่มีส่วนผสมอยู่ในภาวะปกติ จะมีความทนทานเป็นที่น่าพอใจ แต่ถ้าคอนกรีตอยู่ในสภาวะที่เปิดเผยรุนแรงต่าง ๆ เช่น โครงสร้างอาคารในน้ำทะเลความทนทานจะน้อยลง อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ก็มีผลต่อความทนทานของคอนกรีต สถาบันคอนกรีตของอเมริกาได้ให้ตารางอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผยต่าง ๆ

ขนาดโตสุดของวัสดุผสม

ในการทำงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ความกว้างของหน้าตัดที่จะเทคอนกรีต และระยะห่างของเหล็กเสริมจะเป็นตัวกำหนดขนาดโตสุดของวัสดุผสมที่จะใช้ โดยทั่วไปจะพยายามใช้วัสดุผสมที่มีขนาดโตที่สุดเท่าที่จะยอมให้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้วัสดุผสมที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ จะทำให้ผิวสัมผัสกับซีเมนต์ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักนั้นน้อยลง นั่นคือ ปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะใช้ก็น้อยลงด้วยทำให้ลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมลงด้วย เป็นเหตุให้กำลังของคอนกรีตสูงขึ้นและได้คอนกรีตราคาประหยัด อย่างไรก็ตามขนาดโตสุดของวัสดุผสมไม่ควรโตกว่า $\frac{1}{4}$ ของระยะห่างของช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม และต้องไม่เกินกว่า $\frac{1}{5}$ เท่าของด้านแคบที่สุดของโครงอาคารที่จะเท

นอกจากนี้ การเลือกขนาดโตะของวัสดุผสม ยังต้องพิจารณาไปถึงความสะดวกและความสามารถในการขนส่งวัสดุมายังสถานที่ผสมและเท ตลอดจนต้องคำนึงถึงราคาด้วย วัสดุผสมขนาดโตะ ๆ จะทำให้ต้องใช้บริเวณเก็บหินกว้างมากตลอดจนการจัดบริเวณ เมื่อทำการผสมก็จะยุ่งยากขึ้น ซึ่งไม่เป็นการประหยัดสำหรับงานขนาดเล็ก

ขนาดและลักษณะของวัสดุผสม

ส่วนขนาดละเอียดของหินและทรายมีผลต่อสัดส่วนการผสม ส่วนผสมที่มีทรายหยาบอยู่มากจะทำงานยาก แต่ถ้ามีทรายละเอียดอยู่มากก็จะทำให้ไม่ประหยัด ถ้าส่วนละเอียดของหินไม่ดีจะต้องใช้ทรายมากขึ้นเพื่อช่วยให้ทำงานได้ง่ายขึ้น ถ้าทรายขาดขนาดใดขนาดหนึ่งไป จะทำให้แต่งหน้ายากเพราะทรายละเอียดจะต้องไปอุดตามช่องว่าง การกระจายขนาดควรอยู่ภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐาน เพื่อจะได้คอนกรีตที่เหลวมีความสามารถเทได้โดยใช้ปริมาณน้ำผสมน้อยลงและได้กำลังตามต้องการ

ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุผสม อาทิเช่น ลักษณะผิว รูปร่าง ความละเอียด ความชื้น ความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนัก ตลอดจนสิ่งเจือปนมากับวัสดุมีผลโดยตรงกับอัตราส่วนระหว่างวัสดุผสมต่อซีเมนต์ ในการคำนวณหาสัดส่วนผสม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ ถึงชนิดและประเภทของวัสดุผสม หินที่มีลักษณะแผ่นบาง ไม่เหมาะสมที่ใช้ทำคอนกรีต หินที่มีผิวขรุขระจะต้องการน้ำในส่วนผสมมากขึ้น

ปริมาณของวัสดุผสมในคอนกรีต

ในการทำคอนกรีต มักเลือกใช้ปริมาณของวัสดุผสมให้สูง แต่อยู่ในเกณฑ์ที่จะเทและทำงานได้ง่าย โดยใช้ปริมาณน้ำต่ำ และให้ได้กำลังของคอนกรีตออกมาตามต้องการ หินและทรายที่ใช้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับ ขนาดโตะของวัสดุผสมนั้น ๆ และค่าความละเอียดของทราย

อัตราส่วนระหว่างทรายต่อหิน เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงส่วนผสมที่มีทรายมากเกินไป (หินน้อย) จะช่วยให้ทำงานง่าย แต่จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวง่าย ไม่ทนทานและไม่ประหยัดส่วนผสมที่มีหินมากเกินไป

(ทรายน้อย) จะทำให้คอนกรีตเป็นรูโพรง เนื้อไม่แน่น และทำงานยาก อัตราส่วนระหว่างทรายต่อหินควรอยู่ระหว่าง 33 ถึง 45 % สำหรับส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์มากเกินไปจะทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้ง่ายและไม่ทนทาน

ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุผสม อาทิเช่น ลักษณะผิว รูปร่าง ความละเอียด ความชื้น ความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนัก ตลอดจนสิ่งเจือปนมากับวัสดุมีผลโดยตรงกับอัตราส่วนระหว่างวัสดุผสมต่อซีเมนต์ ในการคำนวณหาสัดส่วนผสม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ ถึงชนิดและประเภทของวัสดุผสม

หินที่มีลักษณะแผ่นบาง ไม่เหมาะสมที่ใช้ทำคอนกรีต หินที่มีผิวขรุขระจะต้องการน้ำในส่วนผสมมากขึ้น

ปริมาณของวัสดุผสมในคอนกรีต

ในการทำคอนกรีต มักเลือกใช้ปริมาณของวัสดุผสมให้สูง แต่อยู่ในเกณฑ์ที่จะเทและทำงานได้ง่าย โดยใช้ปริมาณน้ำต่ำ และให้ได้กำลังของคอนกรีตออกมาตามต้องการ หินและทรายที่ใช้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับ ขนาดโตสุดของวัสดุผสมนั้น ๆ และค่าความละเอียดของทราย

อัตราส่วนระหว่างทรายต่อหิน เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงส่วนผสมที่มีทรายมากเกินไป (หินน้อย) จะช่วยให้ทำงานง่าย แต่จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวง่าย ไม่ทนทานและไม่ประหยัดส่วนผสมที่มีหินมากเกินไป

(ทรายน้อย) จะทำให้คอนกรีตเป็นรูโพรง เนื้อไม่แน่น และทำงานยาก อัตราส่วนระหว่างทรายต่อหิน ควรอยู่ระหว่าง 33 ถึง 45 % สำหรับส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์มากเกินไปจะทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้ง่าย และไม่ทนทาน

ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตโดยวิธีของ ACI

การคำนวณหาปฏิภาคส่วนผสมสำหรับงานคอนกรีตทั่วไปซึ่งหล่อในที่อาจดำเนินเป็นขั้น ๆ ตามวิธีการซึ่งเสนอโดยสถาบันคอนกรีตของอเมริกา (ACI 211.11 – 74) ดังต่อไปนี้ ซึ่งให้ผลค่อนข้างแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักและถูกต้อง ตามวิธีการนี้ต้องทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่ใช้ทำก่อน เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนัก โมดูลัสความละเอียด และเปอร์เซ็นต์การดูดซึม เป็นต้น อีกทั้งวัสดุผสมต้องมีส่วนขนาดละเอียดอยู่ในพิสัยที่กำหนดอีกด้วย

1. เลือกค่าความยวบยั่วที่เหมาะสมกับประเภทของงาน

เลือกค่าความยวบยั่วต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความชื้นเหลวพอทำงานได้สะดวก ในกรณีที่มีได้กำหนดค่าความยวบยั่วมาให้ หรือไม่มีข้อมูลในอดี ให้เลือกใช้จากตาราง 1 ซึ่งค่าความยวบยั่วที่เหมาะสมกับประเภทของงาน

2. เลือกขนาดโตสุดของหิน

ขนาดโตสุดของหิน ไม่ควรเกินกว่า $\frac{1}{5}$ ของส่วนที่แคบที่สุดของแบบ หรือ $\frac{1}{3}$ ของความหนาของแผ่นพื้น หรือ $\frac{3}{4}$ ของระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม

ขนาดโตสุดของหินที่เหมาะสมกับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ อาจเลือกได้ จากตารางที่ 2

3. ประมาณปริมาณน้ำที่ผสมและปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3 ให้ปริมาณน้ำที่ต้องการในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต เพื่อให้ได้ค่าการยวบยั่วตามที่กำหนด ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดโตสุดของหิน รูปร่างและส่วนขนาดละเอียดของวัสดุผสม ในตารางดังกล่าวยังให้ปริมาณฟองอากาศที่จะเกิดขึ้นในส่วนผสมสำหรับคอนกรีตที่มีและไม่มีสารทำให้เกิดการกระจายกักฟองอากาศ

4. เลือกอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์

อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับสภาพของคอนกรีตที่จะนำไปใช้งาน และกับกำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตที่ต้องการ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์กับกำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตสำหรับวัสดุผสมที่จะใช้ผสมทำคอนกรีต ก็ให้เลือกใช้ค่า

อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์จากตาราง 4 และ 5 ตารางที่ 4 ให้เลือกอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับประเภทงาน และสถานะแวดล้อมต่าง ๆ ส่วนตารางที่ 5 ให้เลือกอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ โดยน้ำหนักที่มากที่สุดสำหรับค่าเฉลี่ยของกำลังอัดประลัยคอนกรีตที่ต้องการและให้เลือกอัตราส่วนดังกล่าวที่ต่ำซึ่งหาได้จากสองตารางนี้

2. กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้

เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต และอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักแล้ว ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีตย่อมหาได้ ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำจากขั้นตอนที่ 3 หาค่าด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จากขั้นตอนที่ 4 อย่างไรก็ตามการกำหนดปริมาณปูนซีเมนต์ในหนึ่งหน่วยปริมาตรคอนกรีตมาให้ ก็ให้เลือกใช้ค่าที่มากที่สุดจากที่คำนวณหรือที่กำหนดให้

3. กำหนดปริมาณวัสดุผสมหยาบ

จากตารางที่ 6 แสดงปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่นในส่วนผสม (Bulk Volume of Dry-rodded Coarse Aggregate) ต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายและขนาดโตสุดของหินที่ใช้ปริมาณของวัสดุผสมหยาบเมื่อคิดเป็นน้ำหนักมีค่าเท่ากับปริมาตรของวัสดุผสมหยาบคูณด้วยหน่วยน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบ (Dry – rodded bulk density)

7. กำหนดปริมาณวัสดุผสมละเอียด

เมื่อคำนวณได้ค่าต่าง ๆ ของส่วนผสมจนถึงขั้นตอนที่ 6 แล้ว ปริมาณวัสดุผสมละเอียดจะหาได้

2 แบบ

ก) ประมวลจากหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสด (Weight Method)

น้ำหนักทราย = น้ำหนักของคอนกรีตสด - น้ำหนักของส่วนผสมต่าง ๆ (ยกเว้นทราย)

หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสด (Plastic Density) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$U = 10Ga (100 - A) - C (1 - Ga/ Gc) - W (Ga - 1)$$

เมื่อ

U = หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสด , กก. / ลบ. เมตร

Ga = ความถ่วงจำเพาะของหินและทรายรวมกัน ที่สถานะอิ่มตัวผิวแห้ง

Gc = ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ (ปกติใช้ 3.15)

A = ปริมาณฟองอากาศ , เปอร์เซนต์

W = ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม , กก. / ลบ. เมตร

C = ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ผสม , กก. / ลบ. เมตร

หน่วยน้ำหนักโดยประมาณของคอนกรีตสดที่มีและไม่มีสารกระจายกักฟองอากาศ ตามขนาดโตสุดของหินหาได้จากตารางที่ 7 ซึ่งคำนวณได้จากสมการข้างต้นโดยใช้ ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 330 กก. / ลบ. เมตร ความถ่วงจำเพาะของหินและทรายเท่ากับ 2.70 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมหาได้จากตารางที่ 3 เมื่อค่าการยุบตัว

เท่ากับ 8 ถึง 10 ซม. ในกรณีที่มีข้อมูลซึ่งต่างกันออกไป อาจปรับแก้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตสดได้ทำให้ไว้ในตารางที่ 7 ดังนี้เมื่อ ปริมาณน้ำแตกต่างกันไป 5 กก. (จากตารางที่ 3 เมื่อค่ายุบตัว 8 – 10 ซม.) ให้ปรับแก้หน่วยน้ำหนัก 8 กก. ในทางตรงข้าม เมื่อปริมาณปูนซีเมนต์ต่างกันไปทุก ๆ 20 กก. (จาก 300 กก.) ให้ปรับน้ำหนักอีก 3 กก. ในทางเดียวกัน เมื่อความถ่วงจำเพาะของหินและทราย แตกต่างกันออกไป ทุก ๆ 0.10 (จาก 2.70) ก็ล้ปรับแก้น้ำหนักอีก 70 กก. ในทางเดียวกัน

ข) ประมาณจากปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุ (Absolute Volume Method)

ปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุ (ซึ่งเป็นปริมาตรที่ไม่มีช่องว่างในเนื้อ) คำนวณได้จากความ

ถ่วงจำเพาะ (G) และน้ำหนักของวัสดุ (W) และหน่วยน้ำหนักของน้ำ (γ_w)

กล่าวคือ

$$\text{ปริมาตรเนื้อแท้} = \frac{W}{(G)(\gamma_w)}$$

ปริมาตรเนื้อแท้ของทราย = ปริมาตรของคอนกรีต – ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสมต่าง ๆ

8. ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของวัสดุผสม

เมื่อวัสดุผสมที่จะนำมาใช้งานมีความชื้นสูงกว่าในสภาวะอิ่มตัวและผิวแห้งจะต้องปรับแก้ส่วนผสมให้เข้ากับสภาพจริง โดยเพิ่มน้ำหนักของวัสดุผสมขึ้นเท่ากับน้ำหนักน้ำที่ติดมาและลดปริมาณน้ำในส่วนผสมออกในจำนวนเท่ากัน แต่ในกรณีที่วัสดุมีความชื้นต่ำกว่าสภาวะผิวแห้ง จะต้องปรับแก้ส่วนผสมในทางตรงข้ามกับที่กล่าวข้างต้น

9. การปรับส่วนผสมด้วยการทดลองผสม

ส่วนผสมของคอนกรีตที่คำนวณได้ เป็นเกณฑ์โดยประมาณทั้งสิ้น ซึ่งจะต้องตรวจสอบดูด้วยถึงผลที่ได้ทั้งในด้านกำลังของคอนกรีตและความยากง่ายในการทำงานโดยการทดลองผสมจริง จากนั้นตรวจสอบดูหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ปริมาณที่ใช้และปริมาณฟองอากาศ แล้วจึงปรับแก้ส่วนผสมต่าง ๆ ให้เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง

หากต้องการให้คอนกรีตมีค่าการยุบตัวเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ซม. จะต้องเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำในส่วนผสม 2 ลิตรต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะมีผลให้กำลังของคอนกรีตน้อยลงหรือมากขึ้นตามไปด้วย ฉะนั้นถ้าต้องการให้คอนกรีตมีกำลังคงเดิม จะต้องปรับแก้ปริมาณปูนซีเมนต์หรือหินและทรายรวมไปด้วย

หากต้องการให้คอนกรีตที่มีสารกักฟองอากาศมีปริมาณฟองอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลงร้อยละ 1 จะต้องลดหรือเพิ่มปริมาณน้ำในส่วนผสม 3 ลิตรต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

	แผนการสอน	หน่วยที่ 11
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 11
	ชื่อหน่วย เวลาการก่อตัวของคอนกรีต	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน เวลาการก่อตัวของคอนกรีต		

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต
(SETTING TIME OF CONCRETE)

ซึ่งมีประโยชน์เพราะทำให้ทราบว่าเมื่อระยะเวลาที่คอนกรีตสามารถเริ่มรับกำลังได้ทำให้สามารถวางแผนการทำงานเกี่ยวกับโครงสร้างคอนกรีตได้ถูกต้อง

ทฤษฎีการทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต

การก่อตัว (SETTING) และการแข็งตัว (HARDENING) ถือเป็นลักษณะทางกายภาพที่แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ ซึ่งการก่อตัวของคอนกรีตคือกระบวนการเริ่มแข็งตัวของคอนกรีตสดโดยมีระยะเวลาที่สำคัญอยู่ 2 ช่วง คือ

- 1 ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (INITIAL SETTING TIME) เป็นระยะเวลาที่บอกให้ทราบว่าภายในช่วงเวลาดังกล่าวนั้น คอนกรีตยังสามารถที่จะผสมเทอัดแน่นและแต่งผิวได้

(Limit of Handling)

ระยะเวลาก่อตัวสุดท้าย เป็นระยะเวลาที่คอนกรีตเริ่มเข้าสู่สภาพการแข็งตัวและเริ่มพัฒนากำลังอัด

(Beginning of Mechanical Strength)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบระยะเวลาการก่อตัว

1. เครื่องมือหาเวลาการก่อตัวของคอนกรีต
2. ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4
3. เหล็กค้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม.
4. แบบรูปทรงลูกบาศก์ 15 * 15 * 15 ซม.
5. ค้อนยาง ลูกยาง เทอร์โมมิเตอร์ เกรียงเหล็ก

วิธีทดสอบเวลาการก่อตัวของคอนกรีต

1. นำคอนกรีตร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4
2. นำส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เทลงแบบลูกบาศก์ที่เตรียมไว้โดยให้ความสูงต่ำกว่าขอบแบบประมาณครึ่ง ซม.
3. ใช้เหล็กค้ำให้ทั่วพื้นที่ ใช้ค้อนยางเคาะด้านข้างแบบเพื่อไล่ฟองอากาศออกจากส่วนผสม
4. วัดอุณหภูมิ
5. ปาดผิวหน้าให้เรียบ

6. วางทิ้งไว้เมื่อน้ำลอยขึ้นมาให้ใช้ลูกยางคูดน้ำออก

7. ยกแบบวางบนเครื่องทดสอบที่ใส่หั่วกดไว้เรียบร้อยแล้ว แล้วกดให้หั่วกดจมลงในเนื้อคอนกรีต 2.5 ซม. จดค่าน้ำหนักที่ขึ้นบนสเกล เวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนถึงเวลากดและขนาดของหั่วกด หั่วกดที่ให้มีการเลือกตั้งแต่พื้นที่ $1 \frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{20}$ $\frac{1}{40}$ ตร. นิ้ว ในการทดสอบจะเลือกหั่วกดให้เหมาะสมกับสภาพคอนกรีต โดยในช่วงแรกจะใช้หั่วกดขนาดใหญ่ และเมื่อเวลาผ่านไปคอนกรีตยิ่งแข็งตัวขึ้น จะเลือกหั่วกดขนาดเล็กลง ในการทดสอบต้องหาแรงต้านทานอย่างน้อย 6 จุด เพื่อนำมาเขียนกราฟ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การก่อตัว (Setting) และการแข็งตัว (Hardening) ถือเป็นลักษณะทางกายภาพที่แสดงให้เห็นขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ ซึ่งการก่อตัวของคอนกรีต คือ กระบวนการเริ่มแข็งตัวของคอนกรีตสดโดยมีระยะเวลาที่สำคัญ อยู่สองช่วงดังนี้

1. ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (INITIAL SETTING TIME) เป็นระยะเวลาที่บอกให้ทราบว่าจะภายในช่วงเวลาดังกล่าวนั้น คอนกรีตยังสามารถที่จะผสมเทอัดแน่นและแต่งผิวได้ (Limit of Handling)
2. ระยะเวลาก่อตัวสุดท้าย เป็นระยะเวลาที่คอนกรีตเริ่มเข้าสู่สภาพการแข็งตัวและเริ่มพัฒนากำลังอัด (Beginning of Mechanical Strength)

ค่าทั้งสองนี้เป็นค่าที่ถูกตั้งขึ้น โดยถูกการทดสอบหาความต้านทานการกด (Penetration Resistanch) ของมอร์ต้าที่ได้จากร่อนคอนกรีตผ่านตะแกรงมาตรฐานซึ่งการทดสอบทำโดยการเทมอร์ต้าลงในภาชนะมาตรฐานทรงลูกบาศก์ แล้ววัดแรงที่ใช้ในการกดหั่วกดให้จมลงไปนคอนกรีต 2.5 ซม. ต่อจากนั้นคำนวณหาค่าแรงกดต่อพื้นที่เพื่อนำมาเขียนกราฟ ระหว่างแรงต้านของเนื้อมอร์ต้าต่อพื้นที่กับระยะเวลาหลังผสมซึ่ง ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (INITIAL SETTING TIME) และระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time) คือระยะเวลาที่แรงต้านทานต่อพื้นที่เท่ากับ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (3.5 MPa) และ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (27.6 MPa) ตามลำดับ

ค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต (UNIT OF CONCRETE) คือค่าน้ำหนักของคอนกรีตในหนึ่งหน่วยปริมาตรโดยรวมปริมาตรอากาศด้วยมีประโยชน์สำหรับการเปลี่ยนค่าปริมาตรให้เป็นค่าน้ำหนักหรือค่าน้ำหนักเป็นค่าปริมาตรเพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณอากาศโดยวิธี GRAVIMETRIC

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักของคอนกรีต (UNIT OF CONCRETE) คือ

- จำนวนและหน่วยน้ำหนักของมวลรวมที่นำมาผสมทำคอนกรีตมวลรวมเบา (LIGHT WEIGHT AGGREGATE) ที่ใช้สำหรับคอนกรีตเบา เช่น EXPANDED CLAY AGGREGATE , EXPNDED SHALE , AGGREGATE หรือ PUMICE zมีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 60 – 1000 กก./ ลบ.ม ส่วนมวลรวมหนัก (HEAVY WEIGHT AGGREGATE) ที่ใช้สำหรับผลิตคอนกรีตหนัก เช่น MAGNETITER ,

BERITE หรือก้อนเหล็กมีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 2100 - 6100 กก./ลบ.ม และมวลรวมปกติที่ใช้สำหรับผลิตคอนกรีตทั่วไป เช่น หินปูนหรือกรวดมีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1100 – 1750 กก./ลบ.ม

- ฟองอากาศที่ถูกกักกระจาย () และปริมาณช่องว่างของน้ำที่ถูกกักอยู่ได้มวลรวมหรือเหล็กเสริมการที่คอนกรีตมีช่องว่างหรือปริมาณอากาศมากขึ้นทำให้เนื้อแท้ของคอนกรีตลดลงซึ่งจะส่งผลให้หน่วยน้ำหนักลดลงนั่นเอง
- อัตราส่วนน้ำหนักต่อซีเมนต์การที่คอนกรีตมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำนั้นจะมีเนื้อแน่นละส่งผลให้ค่าหน่วยน้ำหนักสูงขึ้นนั่นเอง

ชนิดของคอนกรีตเมื่อใช้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตเป็นเกณฑ์สามารถแบ่งออกเป็น

1. คอนกรีตทั่วไป (NORMAL WEIGHT CONCRETE) คือคอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักประมาณ 2400 กก/ลบ.ม ใช้สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป
2. คอนกรีตเบา (LIGHT WEIGHT CONCRETE) คือคอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักอยู่ในช่วง 300 – 1850 กก/ลบ.ม นิยมไปใช้ในงานก่อสร้างเช่นเสา พื้น คาน ผนัง และฐานรากโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดน้ำหนักของอาคาร
3. คอนกรีตหนัก (HEAVY WEIGHT CONCRETE) คือคอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักมากกว่า 3200 กก/ลบ.ม โดยทั่วไปจะใช้กับงานโครงสร้างที่ต้องป้องกันรังสี

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักถังเปล่าบันทึกค่าไว้
2. เติมน้ำให้เต็มถังและชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าปริมาตรของถังโดยความสัมพันธ์
$$V_c = \frac{\text{ปริมาณของถัง} - \text{น้ำหนักของถังเปล่า}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}}$$
3. ใส่คอนกรีตลงในภาชนะแบ่งเป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นต้อนตามข้อกำหนดที่ขึ้นกับขนาดถังและใช้ฆ้อนยางเคาะด้านข้าง 10 – 15 ครั้ง
4. ใช้เหล็กปาดหน้าคอนกรีตให้เรียบทำความสะอาดด้านข้าง
5. นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งบันทึกน้ำหนักที่ได้
6. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาหน่วยน้ำหนัก
7. คำนวณหาค่าปริมาณอากาศ

	แผนการสอน	หน่วยที่ 12
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 12
	ชื่อหน่วย ความสามารถที่ได้	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน ความสามารถที่ได้		

ความสามารถที่ได้ (Workability)

ความสามารถที่ได้ คือปริมาณงานที่ใช้ในการอัดคอนกรีตให้แน่นโดยปราศจากการแยกตัวจากการค้ำจำกัดความของความสามารถที่ได้ก็คือผลรวมของพลังงานหรือกำลังงานที่จะเอาชนะแรงเสียดทานระหว่างอนุภาค ที่จะก่อให้เกิดการอัดแน่นของคอนกรีตอย่างสมบูรณ์

โดยทฤษฎีพลังงานนี้จะต้องเอาชนะแรงเสียดทานภายในระหว่างอนุภาคของส่วนผสมในเนื้อคอนกรีต แต่ในทางปฏิบัติพลังที่ใส่เข้าไปนี้จะต้องเอาชนะทั้งแรงเสียดทานภายในระหว่างอนุภาค แรงเสียดทานระหว่างส่วนผสมคอนกรีตกับไม้แบบและเหล็กเสริม นอกจากนี้พลังงานบางส่วนจะสูญเสียในการเขย่าไม้แบบ และเขย่าคอนกรีตที่อัดแน่นเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะวัดค่าความสามารถที่ได้ของคอนกรีต สิ่งที่เราวัดได้เป็นวิธีของการประยุกต์มาใช้ให้เหมาะสมเท่านั้น เพราะว่ากำลังของคอนกรีตจะผันแปรหรือถูกกระทบโดยตรงโดยช่องว่างที่ปรากฏอยู่ในเนื้อคอนกรีตที่อัดแน่น ดังนั้นควรทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นั่นคือจะต้องทำให้คอนกรีตสดมีความสามารถที่ได้เพียงพอเพื่อให้คอนกรีตมีความสามารถอัดแน่นได้ดี

ความสามารถที่ได้ เป็นคุณสมบัติที่ต้องการอย่างหนึ่งของคอนกรีตสด ความสามารถที่ได้หมายถึงการที่คอนกรีตสามารถไหลเข้าแบบหล่อได้ดี ทำให้แน่นตัวได้ง่ายโดยใช้กำลังงานน้อย และคอนกรีตที่หล่อได้โดยปราศจากรูโพรงต่าง ๆ กล่าวคือ ช่องว่างระหว่างวัสดุผสมจะต้องมีซีเมนต์เพสต์บรรจุเต็ม เหล็กเสริมก็ต้องมีคอนกรีตหุ้มอยู่เป็นอย่างดี และจะต้องไม่มีการแยกส่วนผสมคอนกรีต

ความสามารถที่ได้ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับ

1.) ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ซึ่งอยู่ในเทอมของอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ กล่าวคือถ้าใช้น้ำมากเกินไป คอนกรีตจะเหลวและเทลงในแบบหล่อได้ง่ายก็จริง แต่กำลังความแข็งแรงของคอนกรีตจะลดลง เนื่องจากเนื้อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีรูโพรงหรือพรุนมาก ควรใช้ปริมาณน้ำให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้เกิดความสามารถได้ในขั้นนี้

2.) รูปร่างและส่วนขนาดของวัสดุผสม ถ้าใช้วัสดุผสมที่มีลักษณะที่มีลักษณะเป็นก้อนกลมจะทำให้ได้ความสามารถที่ได้ดีกว่าวัสดุผสมที่มีรูปเป็นเหลี่ยมมุม วัสดุที่มีความลดหลั่นของขนาดกละอยู่ในพิภพ ต้องการปริมาณน้ำผสมน้อย ทำให้ได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ มีคุณภาพดีและทำงานง่าย

3.) ปริมาณของซีเมนต์และชนิดของซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์มีผลมาจากอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ ถ้าใช้ซีเมนต์ที่ละเอียดจะมีผลทำให้ได้คอนกรีตที่เทเข้าแบบได้ง่ายกว่า

4.) ปริมาณสารกักกระจายฟองอากาศ ถ้าใช้ในปริมาณที่พอเหมาะคอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ง่าย แต่ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้กำลังคอนกรีตลดลงอีกทั้งความคงทนก็มิได้เพิ่มขึ้นอีก

5.) สารผสมเพิ่ม สารเคมีผสมเพิ่มชนิดประเภทลดน้ำและยืดเวลาการก่อตัว เช่น พวก Hydrate Lime , Bentonite และ Fly Ash จะช่วยให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ดีขึ้น ช่วยจัดการเยิ้มที่ผิวหน้าของคอนกรีต

6.) เวลาและอุณหภูมิ ถ้าทั้งคอนกรีตที่เพิ่งผสมเสร็จใหม่ ๆ ใช้นานเกินกว่า 15 นาที คอนกรีตจะมีความสามารถเทได้ต่ำลง หรืออาจแข็งตัวไปเลยก็ได้หากใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์น้อยเกินไป

การเทคอนกรีตในวันที่มีอากาศร้อนหรืออุณหภูมิสูง ควรเพิ่มปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีตให้มากขึ้นเล็กน้อย เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ และรักษา “ความสามารถเทได้” ของคอนกรีตให้คงที่

การทดสอบความสามารถเทได้

การทดสอบ “ความสามารถเทได้” ของคอนกรีต ไม่อาจทำได้โดยตรง แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติที่สามารถตรวจสอบได้ คือ ความชื้นเหลวของคอนกรีต ซึ่งเป็นเครื่องแสดงว่า คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ นั้นแห้ง กระด้าง พอดี เปียกหรือและ “ความสามารถเทได้” ของคอนกรีตจะได้มาตรฐานหากความชื้นเหลวของคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ นั้น เหมาะสมที่จะทำให้คอนกรีตมีความแน่นตัวดีตามสภาพของแต่ละงาน

ความชื้นเหลวของคอนกรีตขึ้นอยู่กับ การผสม การผันแปรของวัสดุ ลมฟ้าอากาศ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ของงานก่อสร้างที่มีอาจหลีกเลี่ยงได้ ฉะนั้น ความชื้นเหลวของคอนกรีตจะไม่คงที่แม้จะพยายามรักษาปริมาณวัสดุต่าง ๆ ให้คงที่อยู่เสมอกันก็ตาม แต่หากพยายามให้ส่วนขนาดของแต่ละปริมาณความชื้นของวัสดุมีความสม่ำเสมอ การเปลี่ยนแปลงของความชื้นเหลวของคอนกรีตก็จะลดลง ในทางปฏิบัติ คอนกรีตที่จะใช้จะต้องมีความชื้นเหลวสม่ำเสมอมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือ ผู้ที่ทำหน้าที่ทำการผสมควรเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เติมลงไปเครื่องผสมตามความจำเป็น

ปกติการวัดค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบหาความชื้นเหลวของคอนกรีต วิธีอื่น ๆ ได้แก่การทดสอบการไหลตัวของคอนกรีต (Flow Test) การทดสอบโดยการใส่การจมของลูกกลม (Ball Test) การทดสอบการอัดแน่น (Compacting

Factor Test) และ Remolding Test

การทดสอบหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)

เป็นวิธีที่ดีและสะดวกมากที่สุดสำหรับการทดสอบในสนาม เพราะว่าวิธีนี้ทำได้ง่าย และเครื่องมือที่ใช้ทำได้ไม่ยากนัก ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่วัดได้จะมีค่าน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต การวัดค่าความยุบตัวสำหรับสำหรับคอนกรีตที่ใช้ในงานต่าง ๆ ควรทำเป็นประจำ เพื่อจะได้เนื้อคอนกรีตที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอตลอด

ในงานธรรมดาที่ต้องเทคอนกรีตติดต่อกันตลอดวัน ควรกำหนดให้คอยวัดหาค่าความยุบตัว ตามเวลาและเหตุการณ์ดังต่อไปนี้

1.) ก่อนเริ่มทำงานคอนกรีตตอนเช้า
2.) ก่อนเริ่มทำงานคอนกรีตตอนบ่าย
3.) ก่อนเริ่มทำงานคอนกรีตตอนกลางคืน
4.) การใช้ทรายหรือหินกองใหม่

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความสามารถที่ได้ หรือความสามารถในการเทคอนกรีตลดลงแบบมาตรฐานที่ใช้

ASTM C 143

Standard Test Method of SLUMP OF PORTLAND CEMENT CONCRETE

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต ประกอบด้วย

- 1.) แบบสำหรับการหาค่าความยุบตัว เป็นโคนรูปทรงกรวยตัดซึ่งทำด้วยสังกะสีหรือโลหะบาง ๆ มีขนาดตามส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในด้านบน 10 ซม. และด้านล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. และสูง 30 ซม. มีหูจับและแผ่นเหล็กยื่นออกมาให้เท่าเหยียบทั้งสองข้าง
 - 2.) เหล็กกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. ปลายกลมมน
 - 3.) แผ่นเหล็กสำหรับรอง
- ซ้อนตัก เกรียงเหล็ก ตลับเมตร หรือไม้วัด

วิธีการทดสอบ

- 1.) นำอุปกรณ์จุ่มน้ำให้เปียก
 - 2.) วางแผ่นเหล็กลงกับพื้นราบ นำโคนขึ้นวางให้เท่าเหยียบปลายทั้งสองข้างใช้ซ้อนตักตักคอนกรีตใส่ลงในโคน โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน แต่ละชั้นให้มีปริมาณเท่า ๆ กัน ชั้นที่ 1 ใส่คอนกรีตในโคนสูงประมาณ 6 – 7 ซม. กระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้ง 25 ครั้ง โดยกระทุ้งให้ทั่วพื้นที่ ใส่คอนกรีตชั้นที่ 2 จนได้ส่วนสูงประมาณ 15 ซม.
 - 3.) กระทุ้งถึงผิวบนคอนกรีตชั้นแรกเพียงเล็กน้อย กระทุ้ง 25 ครั้ง ใส่คอนกรีตชั้นสุดท้ายให้เต็มกระทุ้ง 25 ครั้ง โดยกระทุ้งถึงผิวบนของคอนกรีตชั้นที่สองเพียงเล็กน้อย หลังจากนั้นปาดผิวหน้าของคอนกรีตให้เรียบรวมทั้งทำความสะอาดบริเวณโคนและแผ่นเหล็กรอง
 - 4.) ใช้มือทั้งสองข้างจับหูกรวย ค่อย ๆ ยกขึ้นไม่หมุน
 - 5.) วางกรวยลงข้าง ๆ คอนกรีตแล้ววัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยเทียบกับความสูงของกรวย
- ค่าการยุบตัวคือ ค่าระยะที่คอนกรีตยุบตัวจากเดิม โดยวัดที่จุดกึ่งกลางของคอนกรีตที่ยุบตัว ในการวัดให้วัดละเอียดถึง 0.5 ซม.

รูปแบบการยุบตัวของคอนกรีต

การยุบตัวของคอนกรีตโดยทั่วไปมี 3 แบบคือ

- 1.) การยุบตัวแบบถูกต้อง เป็นการยุบตัวของคอนกรีตภายใต้น้ำหนักของตัวคอนกรีต
- 2.) การยุบตัวแบบเฉือน เป็นการยุบตัวที่เกิดจากการเลื่อนไถลของคอนกรีตส่วนบน ในลักษณะเฉือนลงไปด้านข้าง
- 3.) การยุบตัวแบบล้น เป็นการยุบตัวที่เกิดจากคอนกรีตมีความเหลวมาก

ค่าความยุบตัวของคอนกรีตยิ่งน้อย กำลังของคอนกรีตที่ได้ก็ยิ่งสูงขึ้น แต่จะให้ได้กำลังอย่างสูงเต็มทีนั้นไม่ได้ เพราะคอนกรีตจะแห้งและกระด้างเกินไปจนเทเข้าแบบไม่ได้

อนึ่งคอนกรีตที่มีก้อนหินหรือกรวดขนาดโตกว่า 2 นิ้ว อยู่มาก การวัดค่าความยุบตัวโดยวิธีนี้จะใช้ไม่ได้ผลถูกต้องมากนักเพราะจะเทียบกันไม่ได้

ค่าความคลาดเคลื่อนในการยุบตัว

มาตรฐานทั่วไปกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนในค่าการยุบตัว มีค่า ± 2.5 ซม.

ค่าการยุบตัวสำหรับคอนกรีตชนิดต่าง ๆ

ชนิดของงานก่อสร้าง	ค่ายุบตัว (ซม.)
งานฐานราก	7.5 ± 2.5
แผ่นพื้น คาน พนัก ค.ส.ล	10.0 ± 2.5
เสา	10.0 ± 2.5
คาน ค.ส.ล. และผนังบาง ๆ	10.0 ± 2.5
ถนน งานสนามบิน	5.0 ± 2.5
งานที่ใช้คอนกรีตปั๊ม	10.0 ± 2.5
เสาเข็มเจาะระบบแห้ง	10.0 ± 2.5
งานเทคอนกรีตใต้น้ำ	มากกว่า 15

การทดสอบวีบี (Vebe Test)

ชื่อ Vebe นี้ได้มาจากชื่อของ V. Bahner ชาวสวีเดนผู้คิดค้นและพัฒนาวิธีการทดสอบนี้
มาตรฐานที่ใช้

BS 1881 : PART 104 : 1983

Method for Determination of VEBE TIME

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องมือมาตรฐานสำหรับการทดสอบ Vebe ที่ประกอบไปด้วย กรวยตัด ชุดเขย่ามาตรฐาน
2. เหล็กดำ
3. ช้อนตัก เกรียงเหล็ก
4. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดสอบ

1. วางกรวยสำหรับหาค่ายุบตัวที่กลางชุดเขย่าตักคอนกรีตสีแล้วดึงกรวยขึ้น
2. เลื่อนแผ่นแก้ววางลงบนคอนกรีต
3. เริ่มทำการเขย่าจนกว่าผิวของแผ่นแก้วสัมผัสกับคอนกรีต โดยสังเกตช่องอากาศใต้แผ่นแก้วจะค่อย ๆ ถูกกำจัดออกไป
4. จับเวลาตั้งแต่เริ่มเขย่าจนเสร็จ เป็นวินาที เวลาที่ได้คือเวลา วีบี

วิธี Vebe นี้เหมาะสำหรับทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น และเหมาะสำหรับคอนกรีตคอนกรีตที่ค่อนข้างแห้ง โดยเวลาวีบีอยู่ระหว่าง 5.30 วินาที วิธีนี้ไม่ควรใช้กับส่วนผสมคอนกรีตที่มีมวลรวมขนาดใหญ่เกิน 1 นิ้วครึ่ง นอกจากนี้การใช้ความชำนาญในการบอกถึงเวลาที่ผิวล่างของแผ่นแก้วสัมผัสกับคอนกรีตทั่วทั้งแผ่นทำให้เวลา Vebe ที่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้ทำการทดสอบ

วิธี Vebe นี้เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบ Compacting Factor แล้วพบว่าวิธี Compacting Factor อาจเกิดข้อผิดพลาดในคอนกรีตที่มีความแห้งมาก ๆ เนื่องจากคอนกรีตจะติดกรวยไม่ค่อยไหลลง แต่ Vebe นี้จะให้ค่าที่ดีกว่าและเป็นวิธีที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง ๆ อย่างมาก

	แผนการสอน	หน่วยที่ 13
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 13
	ชื่อหน่วย การทดสอบแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก	

การทดสอบแรงอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก

COMPRESSION TEST OF CONCRETE (CYLINDRICAL SHAPE SPECIMENT)

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

- 1.1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกกับรูปทรงลูกบาศก์
- 1.2. เพื่อหาคุณสมบัติของคอนกรีตรูปทรงกระบอกเมื่อรับกำลังอัด ดังนี้
 - Elastic Strength at Proportional Limit
 - Yield Strength 0.01 % offset
 - Ultimate Strength
 - Initial Tangent Modulus of Elasticity
 - Secant Modulus of Elasticity at 35,70,105,140 ksc.
 - Density

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กำลังอัดของคอนกรีต เป็นคุณสมบัติสำคัญที่คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งหากมิได้มีการกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น จะถือว่าผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์ การทดสอบทำโดยการหล่อก่อน

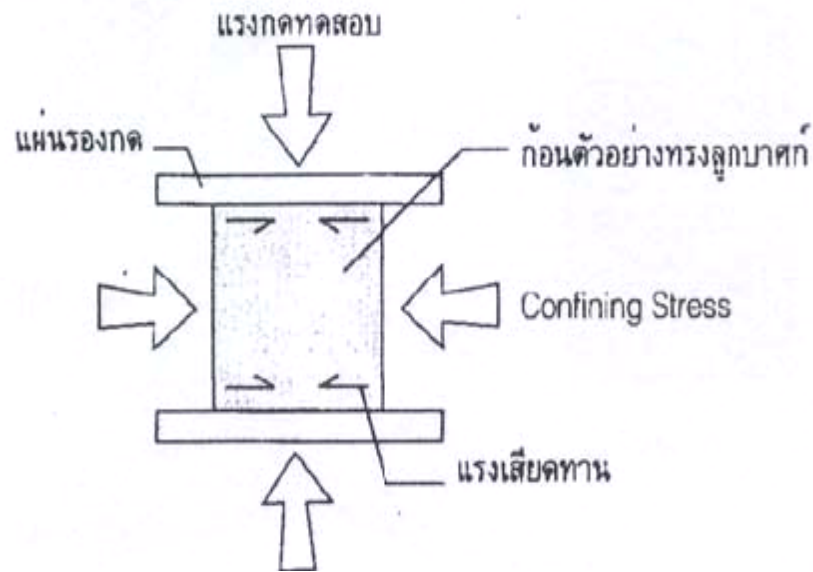
ตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานแบ่งออกเป็น 2 มาตรฐาน คือ

- 3.1 รูปทรงลูกบาศก์ ตามมาตรฐานอังกฤษ BS 1881:Part 3 ขนาดที่ใช้คือ 15x15x15 เซนติเมตร
- 3.2 รูปทรงกระบอก ตามมาตรฐานอเมริกัน ASTM C 192 ขนาดที่ใช้คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร

กำลังอัดของคอนกรีตทั้ง 2 รูปทรงนี้ จะให้ค่ากำลังอัดที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะใช้ส่วนผสมเดียวกัน ทำการบ่มภายใต้สภาวะเดียวกันและทดสอบที่อายุเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจาก

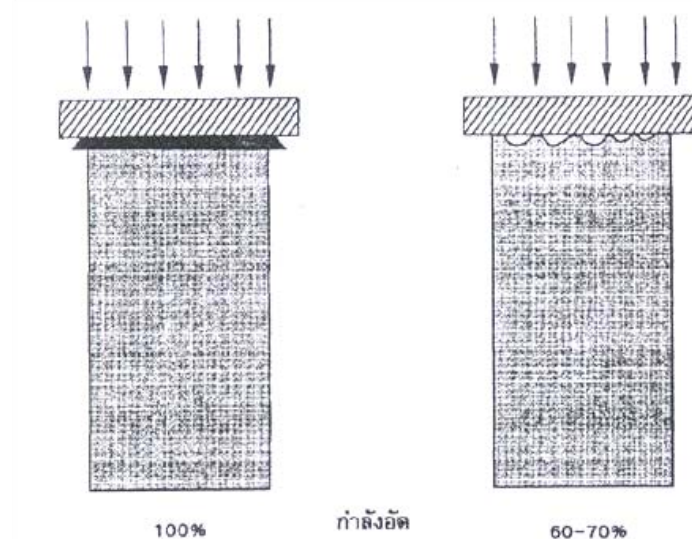
1. องค์ประกอบเรื่องความชะลูด กล่าวคือ รูปทรงกระบอกมีสัดส่วนความสูงต่อความกว้าง (Slenderness Ratio) มากกว่ารูปทรงลูกบาศก์ ซึ่งอัตราส่วนความชะลูดดังกล่าว ส่งผลให้กำลังอัดรูปทรงกระบอกต่ำกว่ารูปทรงลูกบาศก์

2. ขณะที่กดก้อนตัวอย่าง ก้อนตัวอย่างจะแตกออกด้านข้าง ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวของก้อนตัวอย่างกับแผ่นรองกด แรงเสียดทานดังกล่าว จะก่อให้เกิดแรงต้านทานต่อการแตกด้านข้างของก้อนตัวอย่างที่เรียกว่า Confining Stress ดังรูปที่ 13.1 โดยค่า Confining Stress นี้จะมีค่ามากถ้าผิวสัมผัสของก้อนตัวอย่างกับเครื่องกดมีค่ามาก ดังนั้นผลการทดสอบกำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์ จึงมีค่าสูงกว่ารูปทรงกระบอก



รูปที่ 13.1 ลักษณะแรงต้านต่อการแตกด้านข้าง (Confining Stress) ของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีต

1. การเตรียมตัวอย่าง คอนกรีตที่ได้รับการทำให้แน่น โดยการกระทุ้งด้วยเหล็ก จะให้ค่ากำลังต่ำกว่าจากการทำให้แน่นด้วยเครื่องเขย่า
2. ลักษณะของผิวคอนกรีต ในทางปฏิบัตินั้น ผิวด้านบนของก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกมักจะไม่เรียบ ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ ดังรูปที่ 12.2 จึงต้องมีการ Cap ผิวก้อนตัวอย่างด้วย กำมะถันก่อนการทดสอบ ส่วนก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์นั้น ไม่ต้อง Cap ก้อนตัวอย่างเพราะมีผิวด้านข้าง อีก 4 ด้านเรียบพอที่สามารถนำมาทดสอบได้



รูปที่ 12.2 ลักษณะการรับแรงของตัวอย่างทรงกระบอกที่ Cap และ ไม่ Cap

3. ขนาดและลักษณะของก้อนตัวอย่าง การใช้แท่งทดสอบรูปทรงกระบอกที่มีขนาดแตกต่างจากขนาดที่มาตรฐานกำหนดให้ความสูงเป็น 2 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลาง จะมีผลทำให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเกิดความแตกต่างกัน เช่น ก้อนตัวอย่างที่ได้จากการเจาะทดสอบ (Core Test) ถ้าความสูงที่เจาะออกมาสั้นกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง จะต้องปรับแก้กำลังคอนกรีตด้วย

ตารางที่ 13.1 ผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่อกำลังอัด

สัดส่วนของความสูงต่อ เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (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 ถ้าใช้อัตราเร็วในการกดทดสอบสูง จะทำให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตสูงตามไปด้วย ดังนั้นจึงควรใช้อัตราการกดมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 1.47-3.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที สำหรับก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก และ 1.12-2.72 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที สำหรับก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์

5. ความชื้นของก้อนตัวอย่าง ก้อนตัวอย่างที่มีความชื้นจะให้ค่ากำลังที่ต่ำกว่าก้อนตัวอย่างที่แห้งเพราะการขยายตัวของซีเมนต์เพสต์ อันเนื่องมาจากการดูดซึมน้ำส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวมลดลง โดยมาตรฐาน ASTM C 39 แนะนำให้ทำการทดสอบก้อนตัวอย่างสภาพชื้น ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผันแปรเนื่องมาจากระดับของความแห้งการประเมินผลกำลังอัดของคอนกรีตสำหรับกรณีทั่วไป

6. ค่าเฉลี่ยของกำลังจากการทดสอบ 3 ครั้งติดต่อกัน ต้องมีค่ามากกว่าค่ากำลังอัดที่กำหนด (F'_c)

7. ค่ากำลังอัดแต่ละครั้ง จะมีค่าต่ำกว่ากำลังที่กำหนด (F'_c) ได้ไม่เกิน 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

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

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.1. เครื่องทดสอบแรงอัด Compression Machine

4.2. Compressometer

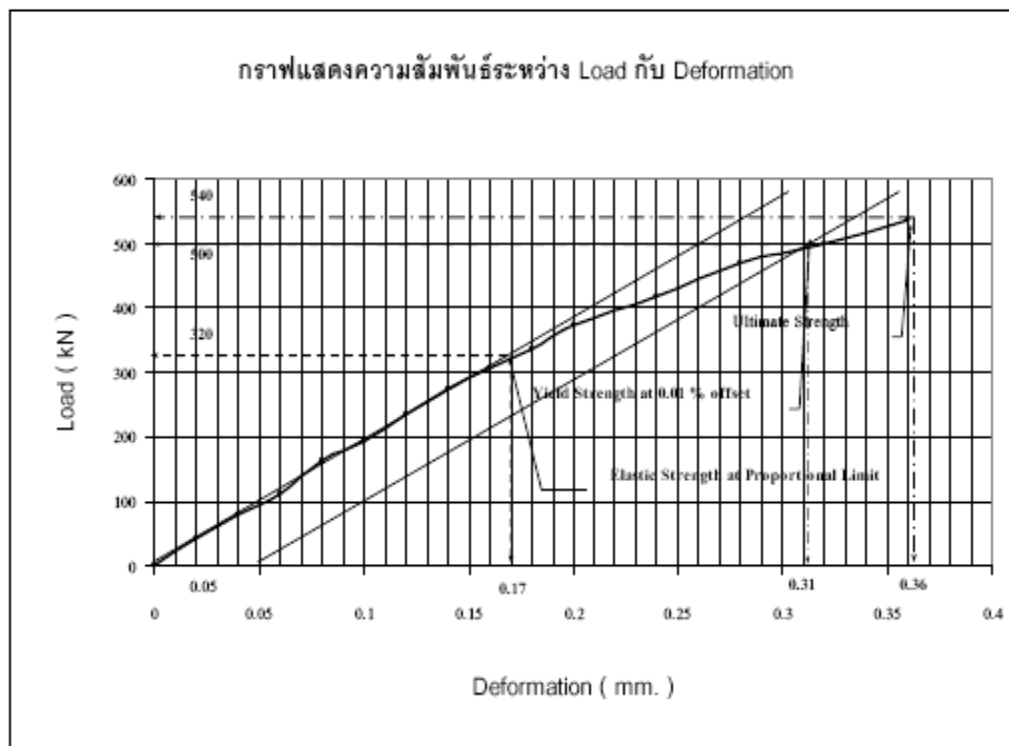
- 4.3. อุปกรณ์ Cap หัวก้อนตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก
- 4.4. ตลับเมตร
- 4.5. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม
- 4.6. ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตรจำนวน 3 ตัวอย่าง

5. ขั้นตอนการทดสอบ

- 5.1. การเตรียมตัวอย่างทดสอบ
 - 5.1.1. นำแท่งตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก วัดขนาดก้อนตัวอย่าง จดบันทึกไว้
 - 5.1.2. ทำการ Cap ผิวด้วยกัมมัน แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แข็งตัว เพื่อให้กำลังของกัมมันมีกำลังเท่าคอนกรีต
 - 5.1.3. ทำการติดตั้ง Compressometer เพื่อวัดระยะหดตัวของก้อนตัวอย่างในขณะทำการทดสอบ
 - 5.1.4. วัดพิสัยความยาวเริ่มต้น (Initial Gauge Length) ของ Compressometer
 - 5.2.5. บันทึกลักษณะการวิบัติและวาดรูปไว้
- 5.2. การทดสอบ
 - 5.2.1. วางก้อนตัวอย่างลงบนเครื่องทดสอบโดยให้เส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนตัวอย่าง และ ของเครื่องตรงกัน เลื่อน Upper Bearing Plate ของเครื่องทดสอบลงมาสัมผัสกับผิวด้านบนของตัวเครื่องทดสอบ
 - 5.2.2. ทำการปรับ Dial Gauge ของ Compressometer และค่าแรงกระทำที่ Compression Machine ให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์
 - 5.2.3. เพิ่มแรงกดด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเท่ากับ 1.43-3.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที
 - 5.2.4. บันทึกค่าน้ำหนักกับระยะการหดตัว จนกระทั่งถึงจุด Proportional Limit จึงถอด Compressometer ออกแล้วกดต่อไปจนกระทั่งตัวอย่างพัง บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดที่ได้
 - 5.2.5. บันทึกลักษณะการวิบัติและวาดรูปไว้

6. การรายงานผลการทดลอง

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



6.2 คำนวณค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$6.2.1. \text{ Elastic Strength at Proportional Limit} = \frac{\text{Load at Proportional Limit}}{\text{Average Cross - Section Area}} \quad \text{ksc.}$$

$$6.2.2. \text{ Yield Strength 0.01 \% offset} = \frac{\text{Load at 0.01 \% offset}}{\text{Average Cross - Section Area}} \quad \text{ksc.}$$

$$6.13. \text{ Ultimate Strength} = \frac{\text{Ultimate Load}}{\text{Average Cross - Section Area}} \quad \text{ksc.}$$

$$6.1.4. \text{ Initial Modulus of Elasticity } \dots, E_i = \text{Initial Slope of Stress - Strain Curve}$$

$$6.1.5. \text{ Secant Modulus of Elasticity at } \dots, E_s = \frac{\text{Stress at } \dots}{\text{Strain at } \dots} \quad \text{ksc.}$$

$$6.1.6. \text{ Density} = \frac{\text{Weight}}{\text{Volume}} \quad \text{kg/cm.}^3$$

7. References

7.1. ASTM Standard Methods of Testing

7.2 อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. การปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี. แผนกวิชาช่างก่อสร้างสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

7.3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

	แผนการสอน	หน่วยที่ 14
	ชื่อวิชา การทดสอบวัสดุก่อสร้าง	สอนครั้งที่ 14
	ชื่อหน่วย การทดสอบหาการดูดซึมและแรงคัดของอิฐ	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน	การทดสอบหาการดูดซึมและแรงคัดของอิฐ	

การทดสอบหาการดูดซึมและแรงคัดของอิฐ

ABSORPTION TEST AND TRANSVERSE TEST

1. วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

1. เพื่อหาค่าแรงอัดสูงสุดของอิฐแต่ละประเภท
2. เพื่อศึกษา
 - Modulus of Rupture
 - Crushing Strength
 - Percent of Absorption

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของอิฐและวัสดุก่อ

อิฐและวัสดุก่อ (Brick and Build Materials) หมายถึง วัสดุที่ผลิตเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบประเภทผนัง (Wall) ของอาคารทั่วไป ดังนั้นกำลังของอิฐจึงไม่จำเป็นต้องพิจารณามากนัก ถือว่าเป็นส่วนประกอบขององค์อาคารเท่านั้น ไม่ใช่โครงสร้างหลัก

การใช้อิฐเป็นส่วนประกอบขององค์อาคารนั้น เหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ เพื่อตกแต่งอาคารให้สวยงาม และปกป้องทรัพย์สินที่เก็บไว้ภายในอาคาร

รูปแบบของอาคารก่ออิฐเป็นผนังของอาคารมี 2 ลักษณะ ได้แก่

1 ผนังก่ออิฐฉาบปูน ได้แก่ การก่อผนังเต็มแผ่นด้วยอิฐ จากนั้นจึงทำการฉาบปูนให้ผิวเรียบสม่ำเสมอ จากนั้นจึงทาสีให้สวยงาม พบมากในอาคารบ้านเรือนในปัจจุบัน

2. ผนังก่ออิฐโชว์แนว ได้แก่ การก่อผนังเต็มแผ่นด้วยอิฐ จากนั้นมีการเซาะร่องแนวรอยต่อเพื่อให้แนวรอยต่อของอิฐรูปแบบต่างๆ

ประเภทของอิฐและวัสดุก่อ

โดยปกติอิฐและวัสดุก่อจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อิฐ (Brick) สามารถแยกย่อยออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

1.1 อิฐมอญ เป็นอิฐที่ได้จากการใช้วัสดุพวกดินเหนียวหรือดินดานมาผสมกับทรายและขี้เถ้า 捣กลบผสมเข้าด้วยกันและมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1.1.1 เริ่มด้วยการผสม ดินเหนียว ทราย ขี้เถ้า捣กลบเข้าด้วยกันด้วยการนวดกับน้ำให้มีสภาพเหมือนแป้งทำขนมเปียกๆ

1.1.2 นำเข้าพิมพ์ซึ่งขนาดใหญ่กว่าปกติ 10% เนื่องจากเมื่อนำไปเผาแล้วดินจะมีการหดตัว
ลง

1.1.3 นำไปตากแดดประมาณ 3-7 วันเพื่อให้ผิวแห้ง

1.1.4 นำเข้าเตาเผา เผาจนสุกได้ที่แล้วทิ้งให้เย็น

ขนาดที่ใช้กันในปัจจุบันมีขนาดกว้าง 7 ซม. ยาวประมาณ 15-15.5 ซม. หนาประมาณ 3.5-4 ซม.

1.2 อิฐมาตรฐาน ได้อิฐบางปะกง (บปก.) อิฐบางบัวทอง (บบท.) และอิฐสยาม (cm) มีขั้นตอน
การผลิตคล้ายๆ กับอิฐมอญ เพียงแต่รูปร่างขั้นตอนการอัดรูปจะเป็นไปอย่างมาตรฐานและระบบ
การเผาสมบูรณ์แบบกว่า

ขนาดของอิฐมาตรฐาน อิฐมาตรฐานที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปแล้วขนาดที่ผลิตออกมาจาก
เครื่องจะมีหน่วยเป็นนิ้ว มีขนาดยาว 9 นิ้ว กว้าง 4 นิ้ว และหนา 3 นิ้ว

1.3 อิฐทไฟ เป็นวัสดุที่ใช้ในกรณีพิเศษ และต้องการสภาพของอาคารที่ทนความร้อนจาก
เพลิงและแสงแดดสูงโดยไม่เกิดความเสียหาย เช่น เตาเผาอิฐ เมรุศพ เป็นต้น และมีขั้นตอนการผลิต
ดังนี้

1.3.1. นำดินทไฟ อิฐมินา 50 ซึ่งอาจมีแม่เหล็กหรือซิลิกาผสมกัน

1.3.2. อัดลงแบบหล่อ

1.3.3. นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิสูง

1.4 คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุที่ทำจากปูนซีเมนต์ผสมกับหินกรวดเม็ดเล็ก ทรายและน้ำผสมเข้า
ด้วยกัน จากนั้นนำไปใส่เครื่องอัดซึ่งเป็นแบบเหล็ก อัดให้แน่นแล้วนำไปเรียงบ่มในร่ม 7-14 วันจน
แข็งแรงพอจึงจะนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้

คอนกรีตบล็อกมีรูปร่างเป็นเหลี่ยม เป็นมุม ผิวเรียบ ไม่เย็นตัวหรือบดงอ มีความแข็งแรงทนทานดี

ขนาดขนาดของอิฐบล็อก โดยปกติจะมี 3 ขนาด แต่ละขนาดสามารถแบ่งย่อยเป็นแบบต่างๆ ดังนี้

1.4.1. ขนาด 3 นิ้ว (7 ซม.) มี 3 แบบ ได้แก่

- BW 701 Main Block

- BW 705 U Block

- BW 701 Half Block

1.4.2. ขนาด 4 นิ้ว (9 ซม.) มี 5 แบบ ได้แก่

- BW 910 Main Block

- BW 901 Main Block

- BW 903 Angle Block

- BW 915 U Block

- BW 912 Half Block

1.4.3. ขนาด 6 นิ้ว (14 ซม.) มี 5 แบบ ได้แก่

- BW 141 Main Block
- BW 142 Half Block
- BW 143 Angle Block
- BW 144 Half Block
- BW 145 U Block

คุณสมบัติของอิฐและวัสดุก่อ

กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

อิฐเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันมาตั้งแต่โบราณ ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปจะใช้อิฐก่อทำเป็นผนังค้ำยันความแข็งแรงของอิฐจึงขึ้นอยู่กับกำลังต้านทานแรงอัดโดยตรง

อย่างไรก็ตาม กำลังต้านทานแรงอัดของอิฐจะไม่มีผลต่อความมั่นคง (stable) ของอาคารหลักเนื่องจากการถ่ายแรงจากอิฐแต่ละแผ่นลงมาสู่ชั้นแถวล่าง ก่อนจะถ่ายลงคาน (Beam) ซึ่งโดยปกติน้ำหนักจากผนังก่ออิฐจะถือว่าเป็นน้ำหนักคงที่ (Dead Load) ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

- ซึ่งจะมีค่าประมาณ 180 kg/m^2 สำหรับผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูน และประมาณ 360 kg/m^2 สำหรับผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูน

คุณสมบัติการดูดซึมของอิฐในน้ำ (Water Absorption)

ปกติแล้วการดูดซึมของอิฐถือว่าเป็นเครื่องชี้วัดความทนของอิฐโดยมีสมมุติฐานว่าในอิฐที่มีค่าการดูดซึมน้ำสูงๆ แสดงว่าช่องว่างในเนื้อของอิฐต้องมีมาก นั่นคืออิฐที่มีความพรุน (Porosity) สูง เพื่อที่จะให้ความชื้นซึ่งในที่นี้คือน้ำไปแทรกในช่องว่าง (Void) ของอิฐ อิฐลักษณะนี้จะจึงมีความแข็งแรงน้อยเนื่องจากเมื่อรับกำลังภายนอกมากระทำในลักษณะแรงอัด ช่องว่างจะถูกบีบอัดให้ยุบตัวลงทำให้เกิดการพังทลายลงได้

ในทางตรงกันข้ามถ้ามีค่าการดูดซึมน้ำต่ำแสดงว่าในเนื้อของอิฐมีช่องว่างน้อย นั่นคือมีความพรุนต่ำ น้ำจึงไม่สามารถเข้าไปแทรกในช่องว่าง หรือเข้าไปแทรกได้ก็เป็นปริมาณน้อย ลักษณะเช่นนี้อิฐจะมีกำลังสูง เพราะเมื่อได้รับแรงอัดจากภายนอกมากระทำช่องว่างที่มีอยู่เล็กน้อยอาจจะยุบตัวลงมาแต่ก็ไม่เพียงพอที่จะทำให้อิฐเกิดการพังทลายเสียหายได้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 Testing Machine

3.2 Vernier Caliper ที่มีความคลาดเคลื่อนที่ไม่เกิน ± 0.05 มม. และมีความละเอียดในการวัดถึง 0.01 มม.

3.3 ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

4. ขั้นตอนการทดสอบ

4.1. การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

4.1.1. อิฐมอญผิวเรียบ 3 ก้อน

4.1.2. อิฐมอญผิวเป็นร่อง 3 ก้อน

4.1.3. อิฐ บ.ป.ก. 3 ก้อน

4.1.4. อิฐบล็อก 3 นิ้ว 3 ก้อน

4.2. การทดสอบ

4.2.1. วัดขนาดและชั่งน้ำหนักของชิ้นการทดสอบ พร้อมทั้งสังเกตข้อบกพร่องที่แท้จริง แสดงให้เห็น ส่วนปรกพร่อง (Defect)

4.2.2. การทดสอบภาคตัดขวาง (Transverse Test) วางอิฐลงบนฐานรองรับซึ่งมีระยะห่าง 7 ซม. เริ่มให้น้ำหนักกดลงไปในอัตราสม่ำเสมอจนกระทั่งอิฐแตก ใช้อัตราไม่เกิน 1000 กก./นาทิจำกัด หรืออัตราที่หัวกดไม่เกิน 0.05 นิว/นาทิจำกัด โดยที่ทดสอบที่ด้านหน้าของอิฐจำนวน 2 ก้อน ส่วนอีก 2 ก้อนให้ทดสอบที่ด้านหลัง

4.2.3. การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐ (Absorption) นำอิฐ 4 ก้อนที่ได้จากการทดสอบ Transverse Test มาทำให้แห้ง และชั่งน้ำหนักไว้และชั่งอีกครั้งเมื่อแช่ลงในน้ำครึ่งชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของอิฐ การชั่งนั้นเมื่อนำขึ้นจากน้ำต้องเช็ดด้วยผ้าชื้นและชั่งภายใน 5 นาที

5. การรายงานผลการทดลอง

ความสามารถในการดูดซึม เป็นความแสดงถึงความคงทนของอิฐที่ใช้ในการก่อสร้าง อิฐที่มีความพรุนมากเมื่อแช่น้ำจะลดความแข็งแรงลง

$$5.1. \text{ Modulus of Rupture} = \frac{3}{2} \times \frac{W(S)}{b(d^2)} = \dots\dots\dots ksc$$

W = Center breaking load (kg)

S = Span length (cm)

b = Width of brick (cm)

d = Depth of brick (cm)

$$5.2. \text{ Compression Test} = \frac{\text{Max-load}}{\text{Compression-area}} = \dots\dots\dots ksc$$

$$5.3. \text{ Percentage of absorption} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

W₁ = weight of dry brick

W₂ = Weight of wet brick

After $\frac{1}{2}$ and 24 hour

6. References

6.1 อุคมวิทย์ กาญจนวงศ์. การทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย)