รายงานการวิจัย

โครงการ

"การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กและไม้แปรรูป"

โดย

นายคูณ อติกรจุฬาศิริ รหัส 291901

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SPECIAL PROJECT ประจำปีการศึกษา 2532

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027100

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SPECIAL PROJECT ในหลักสูตรของภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ในรายงานนี้ได้ทำในหัวข้อเรื่อง "การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กและไม้แปรรูป" ซึ่งเป็นการนำคอนกรีตเสริมเหล็กมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้แทนไม้แปรรูปที่เป็นส่วนของโครงสร้าง โครงสร้างไม้ที่ใช้แบ่งเป็นประเภท เช่น ไม้กระดาน, ฝา, ตง, คาน, ขื่อ, อะเส, แป หรือเสา แต่ในรายงานนี้ เป็นการกล่าวถึงเฉพาะ แป เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการเริ่มต้นที่จะนำผลิตภัณฑ์คอนกรีตเสริมเหล็กมาใช้แทนไม้ จึงทำในส่วนของโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกไม่มาก และมีขนาดหน้าตัดไม่ใหญ่นัก

แปคอนกรีตเสริมเหล็กนี้ จะทำขนาดหน้าตัดเท่าหรือใกล้เคียงกับไม้แปรรูปซึ่งมีขนาดหน้าตัด $1\frac{1}{2}$" 3" การทำโครงการนี้จะเป็นการกล่าวถึงในเรื่องต่าง ๆ คือ

- กำลังการรับน้ำหนักของแป ค.ส.ล. และไม้แปรรูป
- ความยาวสูงสุดของแป ค.ส.ล. ที่นำไปใช้ในงานทั่ว ๆ ไป โดยไม่ทำให้การโก่งในแนวดิ่งเกิดกว่าค่าที่กำหนด
- การเปรียบเทียบด้านราคาของผลิตภัณฑ์แป ค.ส.ล. ที่ทำการผลิต และไม้แปรรูปขนาด $1\frac{1}{2}$" x 3"
- เปรียบเทียบคุณสมบัติในด้านอื่น ๆ เช่น อายุการใช้งาน, ความเหมาะสมในการใช้งาน

ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงการกล่าวเฉพาะหัวข้อที่สำคัญ การนำผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปนี้ไปใช้อาจจะยังมีความไม่เหมาะสมนัก แต่ก็หวังว่าจะมีการพัฒนากันต่อไป.

คุณ อติกรจุฬาศิริ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02709

สารบัญ

	หน้า
หน้าอนุมัติ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทนำ	1
ทฤษฎีและคุณสมบัติต่าง ๆ ของไม้	2
ทฤษฎีและคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีต	25
วัตถุประสงค์และขอบข่ายของโครงงาน	35
การทดสอบ	38
ขั้นตอนการทดสอบ	40
เครื่องมือ, วัสดุ และวิธีทดสอบ	41
การคำนวณ Mix Design	42
ตารางผลการทดสอบ	48
กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังการรับน้ำหนักของแปชนิดต่าง ๆ	50
ตารางแสดงค่าโมเมนต์สูงสุด	56
การวิเคราะห์ผลการทดสอบ	61
การเปรียบเทียบเรื่องราคา	63
การติดตั้งแปคอนกรีตเสริมเหล็ก	65
ภาพถ่ายแสดงโครงงาน	67
สรุป	73
บรรณานุกรม	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ

ภาคเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง อนุมัติให้นับรายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

.....

(อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

กรรมการตรวจวัดผลงาน .....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล)

..... กรรมการ
(อาจารย์อำนวย พานิชกุลพงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์เกษม อมันตกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ศรีกริช หิรัญมาศ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ศิลปชัย จานสุวรรณ)

3/5/33
..... กรรมการ
(อาจารย์วิบูลย์ วุฒิญาณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำรายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าได้รับความช่วยเหลือในเรื่องคำแนะนำ คำปรึกษาต่าง ๆ รวมทั้งข้อที่ควรคำนึงต่าง ๆ เพื่อให้โครงการนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี จากบุคคลต่าง ๆ ดังนี้

อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ
- อาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำชี้แนะและข้อควรแก้ไข

อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล
- อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาตลอดจนคำชี้แนะให้ปรับปรุง

คุณกิตติ อุยพานิชยนต์
- หัวหน้าห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ผู้ให้ข้อมูลที่สำคัญและคำแนะนำในการริเริ่มโครงการ

คุณวิสาวัฒย์ สัยละมัย
- นักวิเคราะห์โครงการ วท. ผู้ให้ข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ในโครงการวิจัยนี้

คณะเจ้าหน้าที่ประจำ SHOP
- ผู้ให้ความสะดวกในการทำงานโครงการนี้

เพื่อน ๆ และ น้อง ๆ
- ผู้ให้ความร่วมมือด้านกำลังกายและความคิดในการทำโครงการนี้

คุณ อติกรจุฬาศิริ

เมษายน 2533.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ไม้ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่ามหาศาล ปริมาณเหลือให้ใช้มีจำนวนน้อยลงและอาจจะไม่เพียงพอในอนาคตการใช้วัสดุใด ๆ มาแทนผลิตภัณฑ์ไม้ นับได้ว่าเป็นการทดแทนที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นเหล็ก, พลาสติก, เซรามิค เป็นต้น แต่วัสดุแต่ละอย่างก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ในที่นี้จะเป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์คอนกรีตซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำขึ้นได้ไม่ยากและทำได้โดยทั่วไป เนื่องจากมีวัสดุหรือวัตถุดิบขายตามท้องตลาด สามารถนำมาใช้แทนไม้แปรรูปในโครงสร้างได้ในบางแห่ง แต่ก็จะมีข้อเสียอยู่บ้าง แต่เนื่องจากข้อดีที่คนทั่วไปสามารถทำขึ้นใช้ได้ไม่ยาก และคุณสมบัติอื่นก็เป็นที่น่าพอใจ นำไปใช้เป็นส่วนโครงสร้างของอาคารบ้านเรือนโดยใช้การคำนวณในลักษณะของคานคอนกรีตโดยทฤษฎีอีลาสติก

ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ทำขึ้นนี้ จะทำขึ้นโดยเป็นส่วนโครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่สูงนัก เพื่อเป็นการทดสอบให้เห็นในการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของไม้และคอนกรีตเสริมเหล็ก ลักษณะของชิ้นงานผลิตภัณฑ์นี้จึงทำเป็นส่วนของแปคอนกรีตเสริมเหล็กโดยมีขนาดหน้าตัดเท่าหรือใกล้เคียงกัน แล้วทำการทดสอบดูผลกำลังรับแรงดัดและระยะโก่งที่ยอมให้

จากรายงานการวิจัยในเรื่องผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตนี้ ได้มีผู้วิจัยก่อนหน้านี้และประสบผลสำเร็จในการนำไปใช้งานได้ดี โดยแสดงผลงานนี้ไว้ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มีคุณกิตติ เป็นผู้วิจัย แต่ลักษณะของแป มีความแตกต่างไปจากลักษณะที่ทำในโครงงานนี้ คือ ลักษณะแปที่ทำโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยได้ทำในลักษณะของคานรูปตัว L โดยใช้ปีกคานรับส่วนของหลังคาหรือกระเบื้อง แต่ลักษณะแปที่ทำนี้เป็นคานลักษณะหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดเท่าหรือใกล้เคียงกับขนาดของไม้แปรรูปที่นิยมใช้ทำเป็นแป โดยมีขนาดหน้าตัดเป็น $1\frac{1}{2}$" x 3" แล้วทำการทดสอบความสามารถในการรับโมเมนต์ดัดโดยเครื่องมือทดสอบวัสดุ ทำการทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กกับไม้แปรรูป โดยผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีการเสริมเหล็กรับแรงดัด 3 ขนาด ขนาดละ 6 ตัวอย่างรวม 18 ตัวอย่าง และทดสอบไม้ 2 ชนิด ชนิดละ 6 ตัวอย่าง รวม 12 ตัวอย่าง ภายใต้การควบคุมการทดสอบความสามารถในการรับแรงดัดโดยระยะโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้ ($\frac{L}{360}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนุษฎีและคุณสมบัติต่าง ๆ ของไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้ (Timber)

ไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นเอง มนุษย์นำไม้มาใช้เพื่อจุดมุ่งหมายต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นอาวุธ รวมทั้งนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง โดยทั่วไปโครงสร้างไม้เป็นโครงสร้างชั่วคราวมีอายุการใช้งานประมาณ 20 ถึง 30 ปี และอาจมีอายุที่ยาวนานมากขึ้นอีก ถ้าอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ดีเช่น อยู่ในสภาพที่แห้งเสมอ หรือเปียกเสมอ แต่ถ้าอยู่ในสภาพไม่เหมาะสม เช่น เปียกชื้นอยู่ตลอดเวลา อายุการใช้งานก็จะสั้นลง

ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมมากชนิดหนึ่ง ตราบเท่าที่ยังมีแหล่งวัตถุดิบอยู่คือป่าไม้ แต่ในปัจจุบันและอนาคตข้างหน้าป่าไม้เริ่มลดลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องตระหนักถึงผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาใช้แทนไม้ตามความเจริญขึ้นของวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มีการนำคอนกรีตและเหล็กมาใช้แทนไม้มากขึ้น โดยจะต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและสะดวกในการใช้ให้ดียิ่งขึ้นไปตามลำดับ

เนื่องจากไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมมาก จึงเป็นที่นิยมใช้โดยมีความสามารถในการรับแรงสั่นสะเทือน, น.น.เบา, มีลวดลายที่งดงามตามธรรมชาติ สามารถใช้งานง่าย เช่น การตอกตะปู การเลื่อย การต่อไม้ สะดวกในการประกอบและรื้อถอน

ถึงแม้ว่าไม้จะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมมากเพียงใด แต่ความต้องการใช้ไม้ก็มีมากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งมีผลทำให้ขาดแคลนไม้แปรรูปขึ้นได้ในอนาคต เนื่องจากป่าไม้ถูกทำลายไปมาก การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อทดแทนการใช้ไม้แปรรูป จึงต้องทำให้สะดวกและใกล้เคียงกับคุณสมบัติของไม้ให้มากที่สุด หรือ พัฒนาความสะดวกในการใช้เป็นการทดแทนข้อดีของไม้นั้น ๆ

ความต้องการใช้ไม้

ประเทศไทยมีความต้องการไม้เพื่อใช้ในการก่อสร้างและกิจการอื่น ๆ มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยมา ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้เจริญเติบโตขึ้นมากจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลงทุนของนักธุรกิจ ทั้งในและต่างประเทศ จึงมีการก่อสร้างเพิ่มขึ้นด้วย ประกอบกับจำนวนประชากรที่มีค่อนข้างมากที่มีการใช้ไม้เพื่อการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ถึงแม้ว่าจะใช้คอนกรีตเสริมเหล็กมาแทนก็ตาม แต่ในบางส่วนของอาคาร เช่น แป จันทัน วงกบประตู - หน้าต่าง ก็ยังมีส่วนประกอบของไม้อยู่ และในระหว่างการก่อสร้างก็จะต้องมีการใช้ไม้ เช่น ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีต ค้ำยันแบบ เป็นต้น

ความต้องการใช้ไม้ย่อมมีการใช้ที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ แต่ปริมาณไม้ที่ทำออกได้กลับลดลง จึงเป็นที่คาดว่าในอนาคตประเทศไทยจะต้องประสบปัญหาการขาดแคลนไม้ใช้สอยอย่างหนัก เว้นแต่จะมีการพยามแก้ไขสถานการณ์ให้ดีขึ้น อาจเป็นการปรับปรุงป่าเสื่อมโทรม และมีการควบคุมการใช้ไม้ - การตัด - การปลูกทดแทน หรือการนำเข้าจากภายนอกประเทศ เช่น พม่า, ลาว แต่การนำเข้าก็ต้องขึ้นอยู่กับสถานการณ์ทางการเมืองระหว่างประเทศ และเมื่อป่าไม้ต่าง ๆ มีปริมาณลดลง การหาผลิตภัณฑ์อื่นมาทดแทน ก็จะเป็นทางออกที่ดี เพื่อใช้แทนไม้แปรรูปที่เป็นที่ต้องการใช้ภายในประเทศได้

<u>ผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปและวัสดุที่มีไม้เป็นองค์ประกอบ</u>

โรงผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปแยกออกเป็นงานได้ ดังนี้

1. อุตสาหกรรมไม้อัด
2. อุตสาหกรรมไม้วีเนียร์ เป็นการทำไม้แผ่นบาง ขนาด 2-9 มม. ซึ่งนำไปประกอบไม้อัดหรือใช้กรุผิวหน้าเครื่องเฟอร์นิเจอร์
3. อุตสาหกรรมไม้แบบสำเร็จ ได้แก่ ไม้บัว ไม้คิ้ว ประตู และหน้าต่าง ฝาไสกบ ไม้เซาะร่อง ไม้ทับแนว ขาโต๊ะ และ อื่น ๆ
4. อุตสาหกรรมผลิตเครื่องเรือน ได้แก่ งานเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ ตู้ เตียง เก้าอี้

ในปีหนึ่ง ๆ ประเทศไทยใช้ไม้สำหรับงานก่อสร้างและผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า 3 ล้านลูกบาศก์เมตร มีการชดเชยโดยสั่งไม้จากต่างประเทศเข้ามาจนมีไม้ใช้กันอย่างเต็มที่ มีราคาไม่สูงมากนัก ประมาณจำนวนที่สั่งจากต่างประเทศถึง 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 95% ของไม้ที่กำลังมีใช้อยู่

จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปที่มีใช้ภายในประเทศ ต้องอาศัยไม้จากการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นหลัก การหาผลิตภัณฑ์อื่นมาทดแทนผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปก็อาจจะช่วยลดการใช้ไม้แปรรูปลงได้บ้าง

ไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง

ไม้เนื้ออ่อน คือไม้ที่มีน้ำหนักเบา ความฉ่วงจำเพาะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับไม้เนื้อแข็ง คุณสมบัติต่ำกว่า และไม่มีความทนทาน ยกเว้นได้รับการอาบน้ำยา ถูกใช้เป็นส่วนที่ไม่สำคัญของโครงสร้างหรือใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราว (Secondary members)

ไม้เนื้อแข็ง คือ ไม้ที่มีน้ำหนักมาก ความฉ่วงจำเพาะสูงมีคุณสมบัติที่ดีและมีความทนทาน ถูกใช้เป็นส่วนสำคัญของโครงสร้าง (Primary members)

มาตรฐาน ว.ส.ท. แบ่งชนิดของไม้ออกเป็น 5 จำพวก

1. ไม้เนื้ออ่อนมาก ได้แก่ กะท้อน จำปาป่า จิกนม เฝิง ยมหอม ยางขาว และส่องสลึง มีฉ.พ. อยู่ระหว่าง 0.44-0.70 มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 450-690 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2. ไม้เนื้ออ่อน ได้แก่ กราด กระเจา กะบาก ตะบูนขาว ทำมัง พญาไม้ พะยอม ยางแดง สัก อินทนิล มี ฉ.พ. อยู่ระหว่าง 0.62-0.87 มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 550-870 กก. ต่อ ลบ.ม.

3. ไม้เนื้อปานกลาง ได้แก่ กว้าว ตะเคียนทอง ตะเคียน หนู ตะแบก ตาเสือ นนทรี พลวง มะค่าแต้ ยุง รกฟ้า เหียง มี ฉ.พ.อยู่ระหว่าง 0.69-1.14 มีน้ำหนักประมาณ 690-1,130 กก.ต่อ ลบ.ม.

4. ไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ กันเกรา แดง ตะคร้อไข่ ตะคร้อหนาม ตะบูนดำ เต็ง ประดู่ มะเกลือเลือด มะค่าโมง ยมหิน รัง เลียงมัน สักขี้ควาย เสลา หลุมพอ แอก เคี่ยม มี ฉ.พ. อยู่ระหว่าง 0.72-1.15 มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 720-1,100 กก. ต่อ ลบ.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไม้เนื้อแข็งมาก ได้แก่ กะพี้เขาควาย เยลึง ซากดีนนก บุนนาค มี ฉ.พ. อยู่ระหว่าง 0.99 - 1.12 มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 990 ถึง 1,120 กก. ต่อ ลบ.ม.

ตารางที่ ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้

ประเภทของไม้	หน่วยแรงดัดหรือแรงดึงขนานเสี้ยน กก./ซม.^{2}	โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นโดยประมาณ กก./ซม.^{2}	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}		หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยน กก./ซม.^{2}
			ขนานเสี้ยน	ตั้งฉากเสี้ยน	
ไม้เนื้ออ่อนมาก	60	78900	45	12	6
ไม้เนื้ออ่อน	80	94100	60	16	8
ไม้เนื้อปานกลาง	100	112300	75	22	10
ไม้เนื้อแข็ง	120	136300	90	30	12
ไม้เนื้อแข็งมาก	150	189000	110	40	15

ไม้แปรรูปที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป สามารถแยกได้ ดังนี้

1. ไม้สัก มีหลายชนิด มีลักษณะคล้ายกัน เช่น สักทอง สีเหลืองสวย ไม้สักขี้ควาย มีสีคล้ำ ลายสับสนกว่า กำลังของไม้สูงพอประมาณค่อนข้างเปราะเนื้อละเอียด ง่ายต่อการใช้เครื่องมือ นิยมใช้ทำเครื่องเรือน

2. ไม้ยาง (Dipterocarpus alatus) นิยมใช้กับงานก่อสร้าง มีจำนวนมาก หาซื้อง่าย ราคาต่ำ แต่เหมาะกับงานในร่ม เป็นไม้ที่แห้งช้า มียางมาก ยืดหดง่ายตามภูมิอากาศ

3. ไม้เต็ง (Shorea obtusa) เนื้อไม้ค่อนข้างแห้ง ละเอียด ทนต่อดินฟ้าอากาศ แห้งช้า เมื่อหดตัวมักแตกเป็นลายงา เลื่อยตัดเมื่อไม้แห้งได้ยาก เหมาะกับงานภายนอกและส่วนของอาคารที่ต้องรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไม้รัง (Penlacme Siamensis) คุณสมบัติคล้ายไม้เต็ง

5. ไม้แดง (Xylia kerrii) มีความแข็งแรง ทนทาน เนื้อแน่น มีสีแดง เนื้อมีลวดลายสวย ตัด เจาะยาก ใช้ทำโครงสร้างอาคารและเครื่องเรือนชนิดพิเศษ รับน้ำหนักได้มาก การยึดหดไม่มาก

6. ไม้ตะเคียน (Hopea odorata) ปลวกไม่ค่อยทำลายแต่แห้งยาก เลื่อยแต่งค่อนข้างยาก มีความเหนียวหยุ่นได้มาก ใช้ทำวงกบ ประตู หน้าต่าง ทำตง และโครงสร้าง

7. ไม้ตะแบก (Lagerestroemia calyculata) มีเนื้อละเอียด ใสและขึ้นเงา ตกแต่งง่ายเหมาะในการก่อสร้างบ้านและ ด้ามเครื่องมือ

8. ไม้มะค่าโมง (Afzelia xylocarpa) มีความแข็งแรงทนทาน สำหรับทำขื่นและราวบันได ใช้ทำเป็นโครงสร้างได้ดี

9. ไม้เหียง (Dipterocarpus obsusifolius) มีเสี้ยนตรง แข็งแรง ทนทานปานกลาง แห้งช้า ไม่ค่อยแตกร้าว เลื่อยแต่งง่าย ใช้สร้างบ้านเรือนได้ดี

โครงสร้างของเนื้อไม้

ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โครงสร้างของเนื้อไม้เป็นเสี้ยนที่มีรูปร่างเป็นหลอดกลวงจำนวนมากติดต่อกันทั้งทางด้านความยาวและด้านข้าง ลักษณะมีความแตกต่างไปจากวัสดุก่อสร้างอื่น จึงไม่อาจใช้สูตรและทฤษฎีเดียวกับที่ใช้ออกแบบด้วยวัสดุอื่นได้ เพื่อให้สามารถใช้ไม้ได้อย่างเหมาะสม จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องโครงสร้างของเซลล์เนื้อไม้ โครงสร้างของเซลล์มีผลต่อความแข็งแรง ความคงทน การผึ่งไม้ และ การสงวนไม้

เนื้อไม้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ มี เซลลูโลส (Cellulose) อยู่ประมาณ 60% อันเป็นส่วนที่ประกอบเป็นผนังของเสี้ยนไม้ อีกประมาณ 28% เป็นลิกนิน (Lignin) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานเสี้ยนไม้เข้าไว้ด้วยกัน นอกนั้นเป็นส่วนประกอบจากสารอื่น ๆ ความยาวของเสี้ยนไม้ มากกว่าความกว้างหลายเท่า ความยาวของเสี้ยนไม้ประมาณ 1 มิลลิเมตร ในไม้เนื้อแข็ง และประมาณ 3 มิลลิเมตรในไม้เนื้ออ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังในด้านกลสมบัติต่าง ๆ ของไม้ขึ้นอยู่กับขนาดของส่วนสัดทางความหนาของผนังของเสี้ยนไม้มากกว่าส่วนสัดทางความยาวของเสี้ยนไม้

เมื่อต้นไม้ถูกตัดและนำมาใช้เป็นไม้แล้วภายในเซลล์ของไม้ส่วนใหญ่จะว่าง ในลักษณะเช่นนี้ เมื่อไม้ได้รับความเค้นจะเหมือนกับท่อกลวงกลุ่มหนึ่งได้รับความเค้น ความแข็งแรงของแต่ละเซลล์จะขึ้นอยู่กับความหนาของผนังเซลล์ ต้นไม้จะทนความเค้นที่กระทำขนานเสี้ยน (Parallel with the grain) ได้ดี กล่าวคือขนานไปตามยาวของเซลล์ได้ดี แต่ทนทานได้น้อย ถ้าความเค้นกระทำตั้งฉากกับเสี้ยน (Perpendicular to Grain) การหดตัวส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นตามขวางของเซลล์ ส่วนตามยาวจะมีการหดตัวน้อยมาก เซลล์ที่มีผนังหนาจะหดตัวมากกว่าเซลล์ที่มีผนังบาง ฉะนั้นไม้ที่มีเซลล์ผนังหนาจะมีความลำบากในการผึ่งไม้โดยการอบ (Kiln - dry) และไม้จะงอง่าย ในระหว่างการผึ่งไม้

<u>ลำต้นของไม้ประกอบด้วย</u>

1. ไส้ไม้ (Pith) อยู่บริเวณกลางลำต้น เกิดขึ้นมาพร้อมกับการเจริญของลำต้นในทางความสูง แต่ขนาดจะไม่ใหญ่ขึ้น ให้กำลังต่ำจัดเป็นตำแหน่งของไม้ชนิดหนึ่ง

2. ไม้แก่น (Heartwood) เป็นส่วนที่อยู่ถัดไส้ไม้ออกมา เป็นส่วนที่เซลล์ไม่ทำงานในการส่งอาหารแล้ว มีสีเข้ม เป็นโครงของลำต้น ให้กำลังสูง

3. กระพี้ไม้ (Sapwood) เป็นไม้ถัดจากไม้แก่นออกมา มีสีอ่อน เป็นส่วนที่ต้นไม้ส่งอาหารจากรากไปยังใบไม้เพื่อปรุงอาหาร

4. เยื่อเจริญ (Cambium Layer) เป็นชั้นบาง ๆ ถัดจากกระพี้ไม้ออกมา เป็นส่วนที่สร้างเนื้อไม้ และเปลือกไม้ขึ้นมา

5. เปลือกชั้นใน (Inner Bark) มีลักษณะชื้นแฉะ อ่อน เป็นส่วนที่ส่งอาหารที่ปรุงแล้ว จากใบไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของลำต้นให้เจริญเติบโต

6. เปลือกชั้นนอก (Outer Bark) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มลำต้นไว้ประกอบด้วยเยื่อไม้ที่แห้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วงรอบปี (Annual Ring) เป็นวงแสดงความเจริญของไม้ในรอบปีหนึ่งปีมีลักษณะเป็นวงรอบ ๆ แกนไม้ ส่วนที่มีสีจางแสดงความเจริญในช่วงอุดมสมบูรณ์ และมีสีเข้มแสดงความเจริญในช่วงแห้งแล้งในรอบปี การนับจำนวนวงรอบปีจะบอกอายุของไม้ได้

<u>คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้</u>

ความรู้เกี่ยวกับสมบัติกลของไม้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการใช้ไม้และในการเลือกไม้อย่างถูกต้องกับความต้องการทางโครงสร้าง เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ไม้มีสมบัติทางกลที่แตกต่างกันมากตามไม้ที่ต่างหมู่กัน แม้ไม้ต่างต้นในหมู่เดียวกันยังแตกต่างกัน และแม้กระทั่งระหว่างไม้จากต่างส่วนของลำต้นเดียวกัน

<u>ความแข็งแรงของไม้</u>

1. ไม้จะทนทานความเค้นอัดไปตามขนานกับเสี้ยนได้มากกว่าทางขวางเสี้ยน

2. ไม้ที่มีอัตราการเติบโตมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงตามชนิดของไม้

3. เนื่องจากไม้ที่มี ค.พ.มากกว่า 1 แสดงว่า ควรจะจมน้ำ แต่ไม้ลอยน้ำได้เนื่องจากมีอากาศบรรจุอยู่ในเซลล์ไม้

4. แรงอัดที่กระทำตั้งฉากกับเสี้ยนจะทำให้ไม้พังและแบนลง เซลล์ที่มีผนังบางจะแบนลงก่อน

5. การพังอาจเกิดขึ้นโดยการโก่งหัก (Buckling) แบบใช้เป็นเสาหรือเส้นใยจะถูกคัด (Bend) ด้วย

6. การรับแรงดึงของไม้จะมากกว่าการรับแรงอัดประมาณ 3 เท่า แต่ให้นำการรับแรงอัดเป็นตัวกำหนดความแข็งแรงของไม้

7. ไม้ต้านทานไฟได้ที่อุณหภูมิ 149 °C (300 °F) ไม้จึงจะไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักไม้

น.น.ของไม้ที่ใช้ในการคำนวณออกแบบขึ้นอยู่กับสภาพของไม้ สำหรับไม้อบแห้งและใช้ในที่ร่ม ใช้ น.น. ของไม้ที่มีความชื้น 12% ถ้าไม้ที่นำมายังมิได้อบแห้งหรือผึ่งให้แห้งสำหรับไม้ที่มีขนาดเล็กกว่า 3 นิ้วให้ใช้ น.น.ที่มีความชื้น 20% และไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 นิ้วให้ใช้น้ำหนักของไม้สดที่มีความชื้นมากกว่า 30%

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

เป็นกลสมบัติที่มีค่าแตกต่างกันตามชนิดของไม้ ไม้ไทยมีค่าความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปจนถึง 1.20 เป็นกลสมบัติที่มีความสัมพันธ์โดยเป็นปฏิภาคกับกลสมบัติอื่น ๆ ของไม้แต่ละชนิด

หน่วยแรงดัด (Bending Stress)

เป็นกลสมบัติที่ใช้สำหรับคำนวณออกแบบโครงสร้างประเภทคานและตง ซึ่งมีแรงดัดจากน้ำหนักที่ถ่ายมาจากพื้นไม้ ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่ให้กำลังของแรงดัดสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกลสมบัติอื่น ๆ จากการทดลองพบว่าเมื่อความลึกของคานและตงเกิน 30 ซม. กำลังของแรงดัดจะลดลง และเมื่อรูปตัดที่มิใช่สี่เหลี่ยมผืนผ้า เช่นรูปตัด I และรูปตัด T กำลังของแรงดัดก็จะลดลงด้วย กำลังของแรงดัดของไม้แห้งอาจมีค่าสูงถึง 1.5 เท่าของไม้เปียก

โมดูลัสแตกหัก (Modulas of Rupture)

เป็นการวัดหน่วยแรงดัด เมื่อถูกแรงดัดประลัยกระทำ คำนวณจากสูตรของแรงดัดโดยแทนค่าด้วยแรงดัดประลัย การที่ไม่เรียกว่าเป็นหน่วยแรงดัดสูงสุด ก็เพราะค่าที่คำนวณได้นี้เกินขอบเขตของสมมติฐานที่ใช้พิสูจน์สูตรของแรงดัด เป็นกลสมบัติที่ใช้พิจารณากำหนดค่าหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของไม้สำหรับออกแบบคานและตง

โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

เป็นกลสมบัติที่ต้านทานต่อการโก่งของคานในแนวดิ่ง (Deflection) ไม้ที่ยังไม่ได้ผึ่งให้แห้งจะมีส่วนโก่งในแนวดิ่งมากกว่าไม้ที่ผึ่งให้แห้งแล้ว ส่วนโก่งของคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02710

ในแนวดิ่งนี้คำนวณได้จากสูตรโดยตรง สำหรับน้ำหนักบรรทุกที่มีชั่วขณะเป็นครั้งคราว แต่ถ้าเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่มีระยะเวลานานค่าของส่วนโก่งในแนวดิ่งของคานและตงจะเพิ่มขึ้น

หน่วยแรงอัดในแนวขนานเสี้ยน (Compressive Stress Parallel to Grain)

เป็นกลสมบัติที่ใช้ในการออกแบบสำหรับโครงสร้างที่เป็นเสาและที่อื่นรับแรงอัด กำลังของไม้แบบนี้เป็นความต้านทานของเสี้ยนไม้ในทางยาวคล้ายกับเสากลวงขนาดเล็ก ๆ ของเสี้ยนไม้ โดยเสี้ยนไม้แต่ละเส้น จะทำหน้าที่เป็นลำกลวง (- Hollow Column) เล็ก ๆ ที่ถูกค้ำจุน และให้ความค้ำจุนแก่เสี้ยนไม้อื่น ๆ ที่อยู่รอบข้าง ถ้าหน่วยแรง (Stress) เพิ่มขึ้นจนถึงจุดแตกสลาย (Failure) เสี้ยนไม้ที่ทำหน้าที่ค้ำจุนเหล่านี้จะโก่งหรืองอแบบเดียวกับการแตกสลายของคานและเสาขนาดใหญ่ ซึ่งมีผลทำให้กำลังของแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนสูงกว่าในแนวตั้งฉากเสี้ยน

หน่วยแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยน (Compressive Stress Perpendicular-to Grain)

เป็นกลสมบัติที่ใช้ในการออกแบบสำหรับโครงสร้างที่มีแรงกระทำเป็นจุดเช่น บนคานที่มีเสาหรือปลายตงวางอยู่ กำลังของแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนนี้ยอมให้ใช้ได้ภายในขอบเขตของหน่วยแรงที่ยืดยืดหยุ่น เพราะเลยจุดนี้ไปแล้วผนังของเสี้ยนไม้จะยุบตัวมาก โดยที่แรงอัดไม่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งการหดตัวของไม้จนความหนาเหลือเพียงหนึ่งในสามของความหนาเดิม ช่องว่างในเซลล์ของมันจะถูกแทนที่ ซึ่งเป็นผลทำให้ไม้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และความสามารถในการรับแรงอัดของมันจะเพิ่มขึ้นเป็นหลายเท่าจากแรงอัดเดิม ในทางปฏิบัติ จะถือเอาการเสียรูป (Deformation) ของมันเป็นขีดกำหนด (Limit) ในการหาแรงหรือหน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable - Stress) หน่วยแรงอัดขวางเสี้ยนจะมาเกี่ยวข้องกับการออกแบบคาน โดยเฉพาะคานที่มีช่วงสั้นแต่รับน้ำหนักมาก ซึ่งคานประเภทนี้ ความต้านทานต่อแรงบด (Bearing Capacity) จะเป็นตัวคุมในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังของแรงอัดที่ทำมุมกับเสี้ยนไม้ (Compression Oblique to Grain)

เป็นกลสมบัติที่ใช้กับการออกแบบโครงสร้างบางประเภท เช่น สำหรับหาขนาดของแหวนรองที่ปลายคานที่เฉียง แต่ทำมุมฉากกับปลายเหล็กห่อนรับแรงดึง - (Tension Rod) ในคานโครง (Trussed Beam) เป็นแรงอัดหรือแรงกดที่ทำมุมกับเสี้ยนไม้ นอกจากนี้ยังใช้ในการพิจารณาหากำลังของสลักเกลียสำหรับแรงที่ทำมุมกับเสี้ยนไม้อีกด้วย ค่าของหน่วยแรงอัดที่ทำมุมกับเสี้ยนไม้คำนวณได้จากสูตร Hankinson

หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน (Tensile Stress Parallel to Grain)

เป็นกลสมบัติที่ให้ค่าสูงสุดของไม้ ในการออกแบบจะใช้ค่าเดียวกับหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ เพราะในการก่อสร้างจริง ๆ แล้วจะใช้ไม้สำหรับก่อสร้างที่รับแรงอัด และแรงดึงขนานเสี้ยนที่มีมาตรฐานเดียวกันเสมอ

หน่วยแรงดึงตั้งฉากเสี้ยน (Tensile Stress Perpendicular to Grain)

กลสมบัติของไม้ชนิดนี้เกือบจะไม่ได้ใช้ในการออกแบบนอกจากในท่อนไม้โค้งที่จะต้องพิจารณาแรงดึงตั้งฉากเสี้ยน ซึ่งเป็นหน่วยแรงประกอบ (Secondary Stress) ปกติแล้วใช้ค่าหน่วยแรงปลอดภัยหนึ่งในสาม ของหน่วยแรงเฉือนที่ปลอดภัยของไม้

หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยน (Shearing Stress Along Grain)

เป็นกลสมบัติที่ใช้ต้านทานต่อการแยกออกจากกัน (Slide) ของครึ่งบนและครึ่งล่างของรูปตัดของคานไม้ ปกติมีค่ามากที่สุดที่ถึงกลางความลึกที่บริเวณปลายคานและตง

การฉีกของไม้ (Cleavage)

เป็นการวัดความต้านทานต่อการฉีกของไม้ในแนวขนานเสี้ยน วัดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดแรงต่อหน่วยความกว้างของชิ้นตัวอย่างไม้มาตรฐานใช้เป็นสิ่งเปรียบเทียบความต้านทานต่อการแตกของไม้ชนิดต่าง ๆ เมื่อตอกตะปู

ความแข็ง (Hardness)

เป็นความต้านทานของไม้ต่อการกดเป็นรอย (Indentation) ใช้เป็นการเปรียบเทียบคุณภาพของไม้ชนิดต่าง ๆ ว่า ชนิดใดเหมาะสมกับงานมากกว่า

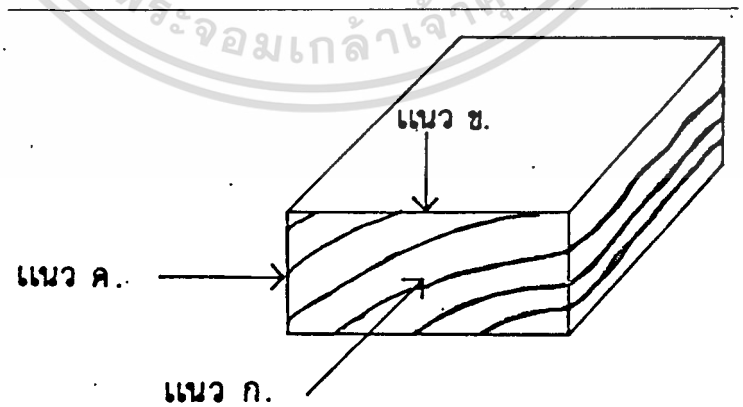
ค่ากลสมบัติของไม้สามารถแปรเปลี่ยนได้ง่าย กลสมบัติของไม้ชิ้นหนึ่งอาจแตกต่างไปจากไม้อีกชิ้นหนึ่งได้มากกว่า 100% ทั้งนี้เนื่องจากค่ากลสมบัติของไม้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่ ชนิดของไม้ ตำหนิในเนื้อไม้ ค่าปริมาณความชื้นในไม้ น้ำหนักความถ่วงจำเพาะ และแนวเสี้ยนไม้

ค่าหน่วยแรงที่ใช้ในการออกแบบจะยึดถือแนวหลัก 3 แนวคือ

ก) แนวขนานเสี้ยน (Parallel to Grain)

ข) แนวตั้งฉากเสี้ยน และตั้งฉากกับวงปี (Perpendicular and Radial to Grain)

ค) แนวตั้งฉากเสี้ยนและสัมผัสวงปี (Perpendicular and Tangential to Grain)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่าหน่วยแรงในแนว ข.และ แนว ค. มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก จึงถือให้ใช้เป็นค่าหน่วยแรงเดียวกัน เพื่อความสะดวกและประหยัดเวลาในการออกแบบ ดังนั้น ค่าหน่วยแรงที่สำคัญของไม้มีอยู่ 2 แนวด้วยกันคือ แนวขนานเสี้ยนและแนวตั้งฉากเสี้ยน

มาตรฐานไม้ก่อสร้าง

ไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างต้องเป็นไม้ดี ปราศจากตัวมอด มีหน้าเรียบเลื่อยได้เหลี่ยม ได้ฉาก ขนานเมื่อแปรรูปแล้วต้องใกล้เคียงกัน ไม้ก่อสร้างแบ่งออกเป็นชั้นตามชนิดและขนาดของตำหนิ คือ ไม้ก่อสร้างชั้น 1 ไม้ก่อสร้างชั้น 2 ไม้ก่อสร้างชั้น 3 และไม้ด้อยคุณภาพ โดยกำหนดมาตรฐานสำหรับไม้ชั้น 2 ส่วนไม้ก่อสร้างชั้นอื่น ๆ ก็เทียบเอาจากมาตรฐานของไม้ชั้น 2 นี้

ไม้ก่อสร้างชั้น 2 จะต้องมีตำหนิไม่เกินที่ระบุ ดังนี้

1. ตาไม้ ขนาดของตาไม้ให้ถือค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางที่กว้างที่สุดและแคบที่สุด ผลบวกของเส้นผ่าศูนย์กลางของตาทั้งหมดที่อยู่ในช่วงครึ่งกลาง (Middle half) ของความยาวคาน จะต้องไม่เกินขนาดความกว้างของไม้ที่มีตานั้น และขนาดของตาสูงสุดจะยอมได้ไม่เกินตารางดังนี้

ตาราง ขนาดของตาไม้

ขนาดไม้ (นิ้ว)	ขนาดสูงสุดของตา (นิ้ว)	
	บนหน้าแคบและ $\frac{1}{4}$ จากแต่ละขอบของหน้ากว้าง	บนครึ่งกลางของหน้ากว้าง
3	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
4	1	1
6	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
8	$1\frac{3}{4}$	2
10	2	$2\frac{1}{2}$
12	$2\frac{1}{8}$	3
14	$2\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$
16	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$

หมายเหตุ ตาหลุด ตาผุ รูมอด (ที่ไม่มีตัว) ยอมให้มีได้ในขนาดเดียวกับตาดีซึ่งยึดแน่นกับเนื้อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. <u>รอยแตก ร้าว</u> ความกว้างของรอยแตก ร้าว วัดที่ปลายไม้ตามแนวดิ่ง ยอมให้ได้ไม่เกินตารางดังนี้

ตาราง ขนาดรอยแตกของไม้

ขนาดไม้ (นิ้ว)	ความกว้างสูงสุดของรอยแตก ร้าว (นิ้ว)	
	ไม้เปียก	ไม้แห้ง
3	$\frac{3}{4}$	1
4	1	$1\frac{1}{4}$
6	$1\frac{1}{2}$	2
8	2	$2\frac{5}{8}$
10	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$
12	3	4
14	$3\frac{1}{2}$	$4\frac{5}{8}$
16	4	$5\frac{1}{4}$

3. <u>เสี้ยนขวาง</u> มุมของเสี้ยนขวางจะต้องไม่ชันกว่า 1 ใน 15 กับแนวขอบไม้ทางยาว

4. <u>กระพี้</u> ยอมให้มีได้สำหรับการก่อสร้างชั่วคราว ถ้าเป็นสิ่งก่อสร้างถาวรจะต้องมี เนื้อที่บนไม้ทั้ง 4 หน้าไม่เกิน 15% หรือต้องอาบน้ำยากันผุก่อนใช้

<u>ไม้ก่อสร้างชั้น 1</u> ยอมให้มีตำหนิได้เพียงครึ่งหนึ่งของไม้ก่อสร้างชั้น 2 แต่ไม่ยอมให้มีตาหลุด ตาผุ และมุมของเสี้ยนขวางต้องไม่ชันกว่า 1 ใน 20 กับขอบไม้ทางยาว

<u>ไม้ก่อสร้างชั้น 3</u> มีตำหนิได้ถึงหนึ่งเท่าครึ่งของไม้ก่อสร้างชั้น 2 และมุมของเสี้ยนขวางยอมให้ชันได้ถึง 1 ใน 12 กับขอบไม้ทางยาว

<u>ไม้ด้อยคุณภาพ</u> ไม้ที่มีคุณภาพต่ำกว่าไม้ก่อสร้างชั้น 3 ถือว่าเป็นไม้ด้อยคุณภาพ เหมาะสำหรับสิ่งก่อสร้างชั่วคราว เช่น ค้ำยัน นั่งร้าน ไม้แบบ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนปลอดภัยสำหรับไม้ก่อสร้าง (Safety Factor)

เนื่องจากกลสมบัติของไม้มีค่าไม่แน่นอน ความแตกต่างระหว่างค่ากลสมบัติของไม้ขึ้นอยู่กับหลายสาเหตุ เช่น ตำหนิต่าง ๆ ที่ทำให้ไม้เสียกำลัง สภาวะแวดล้อมที่จะนำไม้ไปใช้ ช่วงเวลาที่ไม้จะต้องรับน้ำหนัก ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างไม้ จึงต้องมีการลดค่ากลสมบัติของไม้ลงมาซึ่งเรียกว่า ค่าส่วนปลอดภัย ดังแสดงตามตาราง ดังนี้

ตาราง ค่าส่วนปลอดภัยของไม้

ชนิดหน่วยแรงที่ยอมให้	ส่วนปลอดภัย สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2		
	งานในร่ม	งานกลางแจ้ง	งานในที่เปียกชื้น
แรงดัดในคาน แรงดึงขนานเสี้ยน	6.5	8	9
แรงเฉือนตามเสี้ยน	9	9	9
แรงเฉือนตามแนวนอนในคาน	13	13	13
แรงอัดขนานเสี้ยน	5.75	6.5	7.75
แรงอัดตั้งฉากเสี้ยน	2.5	3.5	3.75

ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ทุกชนิดของไม้ก่อสร้างชั้น 1 ชั้น 3 และไม้ด้อยคุณภาพให้คูณด้วย 1.17, 0.83 และ 0.75 ตามลำดับ กับค่าที่ได้จากไม้ก่อสร้างชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกคุณลักษณะของไม้ที่ใช้ในงานก่อสร้าง

การใช้ในงาน	ความแข็งแรง กก./ซม.^{2}	ความทนทาน (ปี)
3.1 ไม้ก่อสร้างรับแรงมาก		
ใช้ภายในอาคาร	สูงกว่า 1,175	สูงกว่า 7.5
ใช้ภายในอาคารไม่มีระบบกันปลวก	1,000-1,175	สูงกว่า 6.0
ใช้ภายในอาคารมีระบบกันปลวก	1,000-1,175	สูงกว่า 2.0
3.2 ไม้ก่อสร้างรับแรงปานกลาง		
ใช้ภายนอกอาคาร	1,000-1,175	สูงกว่า 6.0
ใช้ภายในไม่มีระบบกันปลวก	600-1,000	สูงกว่า 6.0
ใช้ภายในมีระบบกันปลวก	600-1,000	สูงกว่า 2.0
3.3 ไม้ก่อสร้างรับแรงน้อย		
ใช้ภายนอกอาคาร	600-800	8.0
ใช้ภายในอาคาร	ต่ำกว่า 600	6.0

การแบ่งประเภทและขนาดของไม้แปรรูปสำหรับโครงสร้าง

1. ไม้กระดาน, ฝา, เพดาน, ทับแนว และ ระแนง ขนาดความหนาจะน้อยกว่าความกว้างมาก โดยจะมีขนาดดังนี้

ความหนา 12 มม. (1/2 นิ้ว) , 19 มม. (3/4 นิ้ว) และ 25 มม. (1 นิ้ว)

ความกว้าง 50 มม. (2 นิ้ว) , 100 มม. (4 นิ้ว) , 150 มม. (6 นิ้ว) , 200 มม. (8 นิ้ว) , 250 มม. (10 นิ้ว) และ 300 มม. (12 นิ้ว)

2. ไม้ตง , คาน, ขื่อ, อะเส และ แป จะมีขนาด เป็นส่วนที่รับแรงดัด จะมีขนาด

ความหนา 25 มม. (1 นิ้ว) , 36 มม. ($1\frac{1}{2}$ นิ้ว) , 50 มม. (2 นิ้ว) , 62 มม. ($2\frac{1}{2}$ นิ้ว) , 75 มม. (3 นิ้ว), 100 มม. (4 นิ้ว), 125 มม. (5 นิ้ว) , 150 มม. (6 นิ้ว) และ 200 มม. (8 นิ้ว)

ความกว้าง 100 มม. (4 นิ้ว), 125 มม. (5 นิ้ว), 150 มม. (6 นิ้ว) , 200 มม. (8 นิ้ว) , 250 มม. (10 นิ้ว) และ 300 มม. (12 นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไม้เสา เสาจะมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีขนาดตั้งแต่ 75 มม. (3 นิ้ว) , 100 มม. (4 นิ้ว), 125 มม. (5 นิ้ว), 150 มม. (6 นิ้ว) , 200 มม. (8 นิ้ว) สำหรับขนาดที่ใหญ่กว่านี้อาจจะมีขายหรือต้องสั่งทำ

ขนาดของไม้ที่ใช้ทั่วไปในงานก่อสร้างส่วนมากยังขาดมาตรฐานแน่นอน คือขนาดไม่สม่ำเสมอและเท่ากันทั่วไป ขนาดของไม้ขึ้นอยู่กับโรงเลื่อยที่ผลิตขึ้นมา ซึ่งยังขาดการควบคุมและมาตรฐานที่แน่นอน

การทำไม้แปรรูป

เริ่มต้นด้วยการทำไม้ให้เป็นซุงก่อน โดยการตัดต้นไม้ไม่ให้เป็นท่อน แล้วนำเข้าไปตัดซอยที่โรงเลื่อย มีวิธีการทำแตกต่างกันไปตามภูมิประเทศ จะต้องทราบถึงการโค่นการหักล้ม การหนุนไม้ และการหันเหให้เลื่อนไปสู่โรงเลื่อยซอยต่อไป

ในเส้นทางที่จะนำซุงเข้าสู่โรงงาน จะต้องผ่านการปอกเปลือกทำการล้างผิวให้สะอาด ขั้นต้นจะเลื่อยหัวซุงก่อนด้วย headsaw ด้วยเลื่อย bandsaw หรือ Circular Saw ซุงจะถูกซอยออกเป็นแผ่น (boards) หรือไม้กระดาน มีความหนาและความยาวตามขนาดที่เหมาะสมกับงานที่จะใช้ขนาดของหน้าไม้ต่อไป

ความเสียหาย, ตำหนิ และองค์ประกอบที่กระทบกระเทือนต่อความแข็งแรงของไม้

ความเสียหายในไม้ คือการผิดปกติในไม้ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรง ความทนทาน และการใช้งานของไม้ลดลง ตาไม้ (Knot) เป็นความเสียหายของไม้ที่สำคัญที่สุด ตาไม้เป็นส่วนที่กิ่งแตกแขนงจากลำต้นหรือจากกิ่ง ตาไม้จะเริ่มจากไส้ของลำต้น ตาไม้เริ่มต้นด้วยขนาดเล็กที่ไส้ของลำต้น และมีขนาดโตขึ้นเรื่อยไปจนถึงเปลือกบนด้านรับแรงดึงของคานใกล้จุดที่มีความเค้นสูงสุด ตาไม้จะมีผลอย่างสำคัญต่อน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่คาดจะรับได้ แต่ถ้าตาไม้อยู่บนด้านรับแรงอัดจะมีผลไม่มากเท่า และตาไม้จะมีผลเล็กน้อยต่อแรงเฉือนไม่ว่าจะอยู่ ณ ตำแหน่งใดของคานนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากตาไม้ ยังมีความเสียหายอื่น โดยทั่วไป ดังนี้

- เชค (shake) เป็นรอยแยกตามเสี้ยน ปกติเกิดขึ้นระหว่างวงปีของการเติบโต อาจเกิดจากการกระทำของลมต่อต้นไม้ รอยแตกที่มีตลอดจากหน้าหนึ่งไปยังอีกหน้าหนึ่งของไม้ชิ้นหนึ่ง เรียกว่า เชคทะลุ (through shake) หรือ - Split

- เช็ค (Check) คือรอยแยกตามความยาวของไม้ ส่วนใหญ่ตัดข้ามวงปีของการเติบโต เช็คปกติเกิดจากการผึ่งไม้ และเป็นผลจากการหดตัวไม่สม่ำเสมอ

ไม้ที่มีเชคหรือเช็ค จะทำให้ความต้านทานต่อแรงเฉือนลดน้อยลง ดังนั้น จึงมีผลโดยตรงต่อไม้ที่รับแรงเบน เชคไม่มีผลมากนักต่อไม้ที่รับแรงอัดตามยาวของไม้ แต่จะทำให้แรงยึด (bond) ระหว่างวงปีของไม้ลดน้อยลง

การหดตัว การงอ และการแตกในการทำไม้ให้แห้ง

การหดตัว (Shrinkage) ของไม้ในการทำแห้ง เกิดขึ้นได้เนื่องจากการทำให้ความชื้นในไม้หายออกไปจากผนังเซลล์ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในเซลล์ไม้ทำให้ปริมาตรของไม้เปลี่ยนแปลงไป เมื่อความชื้นระเหยไปผนังเซลล์ของไม้จะบางลง การหดตัวของไม้ตามยาวเกือบจะไม่มีเลย การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไม้จะเป็นสัดส่วนโดยประมาณกับความหนาเดิมของผนังเซลล์

การที่โครงสร้างของไม้ไม่สม่ำเสมอทำให้การหดตัวเป็นไปโดยไม่สม่ำเสมอด้วย การงอ (Warping) เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของไม้แห้งได้ไม่เท่ากัน หรือเกิดจากการหดตัวไม่เท่ากัน เนื่องจากไม้มีโครงสร้างที่ไม่สม่ำเสมอ

การแตกของไม้ในการทำให้แห้ง (checking) เป็นผลมาจากไม้ไม่สามารถรับความเครียดที่เกิดจากการหดตัวที่ไม่เท่ากัน รอยแตกขนาดเล็กจะมีมากที่ปลายของไม้ เนื่องจากไม้แห้งเร็วที่หน้าตัดมากกว่าส่วนอื่น ส่วนการแตกตามด้านอื่นของท่อนไม้เป็นผลมาจากการหดตัวของไม้ส่วนนอกก่อนที่ส่วนในจะเริ่มลดความชื้น อย่างไรก็ตามรอยแตกเหล่านี้เป็นรอยแตกชั่วคราว เมื่อไม้ส่วนในแห้งและหดตัวแล้ว รอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกเหล่านี้จะปิดตัวเองจนไม่สามารถมองเห็นได้ แต่ก็ทำให้คุณภาพทางโครงสร้างของไม้ลดลง

อายุการใช้งานของโครงสร้างไม้ (Durability)

วัสดุก่อสร้างทุกชนิดจะมีอายุการใช้งานมากน้อยแตกต่างกันไปตามลักษณะสภาพของการใช้งาน และสิ่งที่จะทำให้เกิดเสื่อมสภาพซึ่งพอจะแยกสาเหตุออกได้ ดังนี้

1. การผุของไม้ ทำให้ไม้มีคุณสมบัติในการต้านทานต่อแรงต่าง ๆ ลดลง จนถึงกับเสื่อมสภาพการใช้งาน สาเหตุเนื่องจากเชื้อราที่อาศัยอยู่ในเนื้อไม้ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะ 4 ประการ คือ (1) มีอาหารสำหรับเชื้อราในการทำลายไม้ (2)-มีอุณหภูมิเหมาะสม (3) มีอากาศปริมาณน้อย และ (4) มีความชื้นเพียงพอ ถ้าขาดภาวะใด การทำลายของเชื้อราก็จะหมดไป ที่มีความชื้นน้อยกว่า 20% หรือมีอุณหภูมิสูง หรือจมน้ำอยู่ทั้งหมดไม่มีส่วนใดสัมผัสกับอากาศเลย หรืออยู่ในสภาพแห้งตลอดเวลาไม้จะไม่ผุ

วิธีที่ดีในการที่จะไม่ให้เชื้อราเติบโตในเนื้อไม้ก็โดยการทำให้อาหารของมันเป็นพิษ โดยการอาบน้ำยาไม้ ได้แก่น้ำยาเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ได้ผล อาจทำได้โดยใช้น้ำยาเคมีที่ร้อนแล้วจุ่มลงไปทั้งท่อน น้ำยาเคมีจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ในบริเวณผิวไม้เท่านั้น อีกแบบคือการใช้ความดันช่วยให้น้ำยาเคมีซึมแทรกเข้าไปในเนื้อไม้ได้ลึกกว่า ป้องกันไม้ผุได้ดีกว่า

2. ปลวก (Termites)

ปลวกทำลายไม้ด้วยการกินภายในของไม้ โดยให้คงเหลือแต่เปลือกนอกไว้เป็นการอำพราง มีไม้น้อยชนิดที่จะมีความต้านทานต่อการทำลายของปลวก สำหรับไม้ไทยมีไม้สัก ซึ่งมียางธรรมชาติป้องกัน การใช้สารเคมีสงวนไม้จึงเป็นการป้องกันปลวกได้ดีวิธีหนึ่ง

3. สัตว์เจาะไม้ในน้ำทะเล (Marine Borers)

ความเสียหายของโครงสร้างไม้ในน้ำทะเล และบางทีแม้กระทั่งในน้ำจืด อาจเนื่องจากสัตว์เจาะไม้ในน้ำทะเล สัตว์เจาะไม้ในน้ำทะเลที่สำคัญมี 2-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ เทเรโด และลิมโมเรีย เป็นการเจาะไม้เป็นรู เพื่ออยู่อาศัย โดยเจาะเป็นรูพรุนไปหมด จนเสียกำลังของไม้จนถึงมีการพังทลาย การป้องกันสัตว์เจาะไม้ในน้ำทะเลที่ดีที่สุดคือใช้ สารเคมีพวกครีโอโสท โดยใช้ความเข้มข้นมากขึ้น โดยให้ซึมลึกเข้าไปในเนื้อไม้มากที่สุด นอกจากนี้ก็ป้องกันโดยหุ้มด้วยคอนกรีตสำหรับเสาไม้ เสาเข็มไม้

ความต้านทานเพลิงของไม้

เมื่อไม้ถูกไฟความชื้นจะระเหย และ ณ อุณหภูมิ 93°C (200°F) สารที่ไม่ใช่ไม้จะระเหย การกลั่นทำลายจะเริ่ม ณ อุณหภูมิประมาณ 149°C (300°F) เกิดเป็นก๊าซติดไฟซึ่งไหม้ทำให้ไม้เป็นถ่าน เมื่ออุณหภูมิถึง 204°C (400°F) ไม้จะไหม้

ไม่อาจทำให้มีความต้านทานเพลิงดีขึ้นด้วยการใช้สารเคมีให้สารเคมีช่วยชะลอการติดไฟและการลุกไหม้ของไม้ให้ช้าลงเป็นการช่วยป้องกันอัคคีภัย โดยให้สารเคมีเข้าไปในไม้ภายใต้ความดัน นอกจากนี้อาจทาด้วยสีต้านทานเพลิงเพื่อลดการเผาไหม้ และไม่ให้เปลวเพลิงแผ่ออกไป

การออกแบบองค์อาคารรับแรงดัด

ส่วนอาคารที่ทำหน้าที่รับแรงดัดได้แก่ คาน, ตง, แป , จันทัน และอะเส เป็นต้น การออกแบบจะเหมือนกับการออกแบบคาน การคำนวณออกแบบคานและองค์อาคารรับแรงดัด จะคำนึงถึงหน่วยแรงที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อรับน้ำหนักปลอดภัยที่ต้องการจำเป็นต้องพิจารณาและตรวจสอบสิ่งต่อไปนี้

1. หน่วยแรงดัด (Flexural Fiber Stress)
2. หน่วยแรงเฉือนตามแนวนอน (Horizontal Shear Stress)
3. หน่วยแรงกดตั้งฉากเสี้ยน (Bearing Stress Perpendicular to Grain)
4. ระยะโก่งตามแนวดิ่ง (Deflection)
5. ระยะโก่งด้านข้าง (Lateral Deflection)
6. สัมประสิทธิ์ของความลึก (Depth Factor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

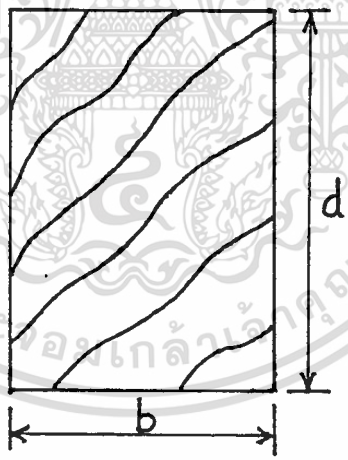
7. สัมประสิทธิ์ของรูปตัด (Form Factor)

ถ้าขนาดของคานที่เลือกมาใช้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานทั้ง 7 ข้อ ที่วางไว้ ขนาดของคานนั้นจะถูกต้อง และสามารถรับน้ำหนักที่ต้องการอย่างปลอดภัย ถ้าคานที่เลือกมาใช้มีรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าและความลึกไม่เกิน 30 ซม. จะพิจารณาเพียง 1 ถึง 5

เนื่องจากโครงงานที่ทำนี้เป็นส่วนของโครงสร้างรับแรงดัดที่มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จึงพิจารณาเฉพาะข้อ 1 ถึง 5

1. <u>หน่วยแรงดัด</u> (Flexural Fiber Stress)

โครงสร้างรับแรงดัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้างหรือหนาเท่ากับ b และความลึก d ค่า f_b จากสูตรของแรงดัด คือ



<u>รูปหน้าตัดของไม้</u>

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

โดยที่ f_b = หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นจริง กก./ซม.^{2}

M = โมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้นในคาน กก. - ซม.

S = โมดูลัสของรูปตัดของคาน ซม.^{3}

I = โมเมนต์อินเนอร์เชีย รองแกนสะเทิน ซม.^{4}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C = ระยะจากขอบไม้ตามแนวดิ่งถึงแกนสะเทิน ซม.^{4}

F_b = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ กก./ซม.^{2}

หรือจาก

$$F_b = \frac{6M}{bd^2}$$

2. <u>หน่วยแรงเฉือนตามแนวนอน</u> (Horizental Shear - tress)

เนื่องจากแรงเฉือนตามแนวตั้งฉากแนวเสี้ยนมีค่าแรงต้านทานสูง จึงพิจารณาเฉพาะหน่วยแรงเฉือนตามแนวขนานเสี้ยน จากสูตร ดังนี้

$$f_h = \frac{3V}{2bd} \quad F_h$$

F_h = หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยนที่ยอมให้ กก.ต่อ ซม.^{2}

f_h = หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยนที่เกิดขึ้นจริง กก.ต่อ-ซม.^{2}

V = แรงเฉือนที่ต้องการพิจารณา กก.

b, d = ความกว้าง, ความลึกของรูปตัดของคสน ซม.

3. <u>หน่วยแรงกดตั้งฉากเสี้ยน</u> (Bearing Stress Perpendicu - lar to Grain)

มีค่าสูงสุดบริเวณฐานรองรับและบริเวณที่มีแรงกระทำเป็นจุด หน่วยแรงกดที่เกิดขึ้นต้องมีค่าไม่สูงกว่า หน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนที่ยอมให้ตามตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้

ประเภทของไม้	หน่วยแรงดัดหรือแรงดึง ขนานเสี้ยน กก./ซม.^{2}	โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นโดยประมาณ กก./ซม.^{2}	หน่วยแรงอัด กก./ซม.^{2}		หน่วยแรงเฉือน ขนานเสี้ยน กก./ซม.^{2}
			ขนานเสี้ยน	ตั้งฉากเสี้ยน	
ไม้เนื้ออ่อนมาก	60	78900	45	12	6
ไม้เนื้ออ่อน	80	94100	60	16	8
ไม้เนื้อปานกลาง	100	112300	75	22	10
ไม้เนื้อแข็ง	120	136300	90	30	12
ไม้เนื้อแข็งมาก	150	189000	110	40	15

หน่วยแรงอัดตั้งฉากที่ยอมให้ มีค่าตามที่ตารางกำหนด เมื่อระยะแบกทาน (Bearing Length) ยาวไม่น้อยกว่า 15 ซม. ในกรณีที่ระยะแบกทานยาวน้อยกว่า 15 ซม. ค่าหน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนที่ยอมให้จะต้องคูณด้วยตัวคูณมีค่าเท่ากับ $\frac{L + 0.95}{L}$ โดย L เป็นระยะแบกทาน เป็น ซม.

4. <u>ระยะโก่งตามแนวดิ่ง</u> (Deflection)

โดยทั่วไปยอมให้มีได้ 1 ใน 360 ของช่วงคานสำหรับอาคาร และ 1 ใน 200 ของช่วงคาน สำหรับสะพานทางหลวง

สำหรับน้ำหนักแผ่

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{wL^4}{EI}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแรงกระทำเป็นจุด

$$\Delta = \frac{PL^3}{48\,EI}$$

เมื่อ Δ = ส่วนโก่งมากที่สุดในแนวดิ่งที่กลางคานไม่เกินกว่า 2.50 ม. (ซม.)

W = น้ำหนักแผ่สม่ำเสมอตลอดคาน กก. ต่อ ซม.

P = น้ำหนักกระทำเป็นจุดที่กลางคาน กก.

L = ช่วงคาน ซม.

E = โมดูลัสยืดหยุ่น กก. ต่อ ซม.^{2}

I = โมเมนต์เฉื่อยของรูปตัดคานรอบแกน 2 ซม.^{4}

5. <u>ระยะโก่งด้านข้าง</u> (Lateral Deflection)

ระยะโก่งด้านข้างของคานเกิดขึ้นเนื่องจากอัตราส่วนความลึกต่อความหนาของคาน ($\frac{d}{b}$) มีค่าสูง เมื่อคานรับน้ำหนักบรรทุกมาก ๆ หน่วยแรงอัดที่เกิดบนรูปตัดของคานเหนือแกนสะเทิน จะทำให้คานเกิดการโก่งทางด้านข้าง (Lateral Buckling) และคานไม่สามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับที่ออกแบบ และอาจทำให้ส่วนอื่นของอาคารเสียหายได้ การใช้ค้ำยันด้านข้างของคาน จึงเป็นวิธีแก้ที่ดีที่สุด

ข้อกำหนดในการใช้ค้ำยันด้านข้างของคานรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีดังนี้

ค่า $\frac{d}{b}$ เท่ากับ 2 ไม่ต้องใช้ค้ำยันด้านข้าง

3 ต้องยึดปลายคานให้อยู่ในตำแหน่ง

4 ต้องยึดปลายคานทั้งขอบบนและล่าง

5 ขอบคานด้านหนึ่งต้องถูกยึดตลอด เช่น ขอบบนของตงยึดติดกับพื้นไม้ตลอด

6. ต้องมีค้ำยันด้านข้างเป็นระยะ ๆ ค่า $\frac{d}{b}$ เท่ากับ 7 ขอบคานทั้งสองข้างต้องถูกยึดตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีและคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต (Concrete)

คุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัว

ความต้องการคอนกรีตที่แข็งตัว จะต้องมีกำลังตามความต้องการ มีความสม่ำเสมอ น้ำไม่ซึม และทนทานต่อลมฟ้าอากาศ, ความสึกหรอและตัวทำลายอื่น ๆ ได้ จะต้องไม่หดตัวมากเกินไปเมื่อถูกความเย็นและความแห้ง บางครั้งอาจต้องการคอนกรีตที่ทนทานต่อไฟและสารเคมี บางครั้งอาจต้องการคอนกรีตน้ำหนักเบา หรือลักษณะอื่น ๆ

กำลังต้านทานของคอนกรีต

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต กำลังต้านทานต่อแรงอัดเป็นกำลังที่ต้องการ และสำคัญที่สุด นอกจากนี้ยังมีความต้องการกำลังต้านทานต่อแรงดึง, ต่อแรงดัด, ต่อแรงเฉือน และกำลังยึดเหนี่ยว กำลังต้านทานเหล่านี้จะเป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานต่อแรงรับ

กำลังต้านทานต่อแรงอัด

เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต เป็นตัวบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติอื่นๆ เป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานแรงอัด ด้วยเหตุที่คอนกรีตมีกำลังต้านทานต่อแรงอัดมากกว่าแรงดึงหลายเท่า ในการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก จึงออกแบบโดยให้คอนกรีตรับเฉพาะแรงอัดเพียงอย่างเดียว ส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นให้เหล็กเสริมซึ่งหล่ออยู่ในคอนกรีตทำหน้าที่ต้านทาน

การทดสอบหาแรงอัดประลัยของคอนกรีตทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบมาตรฐาน (รูปทรงกระบอกหรือลูกบาศก์) ซึ่งบ่มขึ้นตามระยะเวลากำหนด ด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐานจนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตก น้ำหนักกดหรืออัดสูงสุดที่ได้หารด้วยเนื้อที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง จะเป็นค่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตนั้น ค่ากำลังต้านทานต่อแรงอัดนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมปริมาณน้ำ, อายุของแท่งทดสอบ, การบ่ม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังต้านทานต่อแรงดึง

ความต้านทานของคอนกรีตในด้านรับแรงดึงมีค่าต่ำมาก ประมาณ 10% ของกำลังรับแรงอัดประลัย และยังมีคุณสมบัติที่เปราะด้วย

กำลังต้านทานแรงดัดงอ

กำลังต้านทานของคอนกรีตมักถูกกำหนดโดยการทดสอบความต้านทานต่อแรงดัดงอจากคานตัวอย่างมาตรฐานที่ทำจากคอนกรีตล้วน โดยกำหนดอยู่ในรูปของโมดูลัส ของการแตกหัก (Modulus of Rupture) ซึ่งเป็นค่าแรงดึง (หรือแรงอัด) ที่สูงที่สุด ณ จุดที่เกิดการแตกหัก คำนวณได้จากสูตรแรงดัด $f = \frac{Mc}{I}$ จากการทดสอง พบว่าค่ากำลังต้านทานแรงดัดงอของคอนกรีต สูงกว่ากำลังต้านทานแรงดึงประมาณ 60 ถึง 100% ค่าโมดูลัสของการแตกหักอยู่ในช่วง 11 ถึง 23% ของกำลังต้านทานแรงอัด การใช้วัสดุผสมที่มีผิวหยาบขรุขระและมีเหลี่ยมมุม จะทำให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดงอสูงขึ้น

กำลังต้านทานแรงเฉือน

การเฉือนเป็นการกระทำของแรงสองแรง ซึ่งมีขนาดเท่ากันและขนานกัน โดยกระทำตรงกันข้ามบนระนาบซึ่งมีระยะห่างกันเล็กน้อย แรงเฉือนมักจะเกิดขึ้นพร้อมกับแรงดึงและแรงดัดเสมอ

แรงยึดเหนี่ยวต่อเหล็กเสริม

ความสำคัญอีกอย่างในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กให้รับแรงดัด ก็คือ ความต้านทานต่อการลื่นไถลของเหล็กเสริมที่หล่ออยู่ภายในเนื้อคอนกรีต แรงต้านทานนี้เกิดจากการยึดติดกันกับซีเมนต์เพสท์ที่แข็งตัวแล้ว จากความเสียดทานระหว่างผิวเหล็กกับคอนกรีต และจากแรงกดที่ข้อในเหล็กข้ออ้อย จานก่อสร้างระยะหลัง ๆ นี้ มักนิยมใช้เหล็กข้ออ้อยกันมาก ขนาดและระยะของข้อต้องเพียงพอที่จะเกิดกำลังยึดเหนี่ยวกับเนื้อคอนกรีต มาตรฐานการออกแบบมักกำหนดค่าแรงยึดเหนี่ยวเป็นเปอร์เซนต์ของกำลังอัดของคอนกรีต และขนาดของเหล็กเสริมที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตยังขึ้นอยู่กับชนิดของซีเมนต์ สารผสมเพิ่ม และอัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของเพสท์ คอนกรีตที่มีส่วนผสมของซีเมนต์มากจะมีแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มมากขึ้น การใช้สารกักกระจายฟองอากาศไม่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวมากขึ้น แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตในสภาวะที่แห้งจะมากกว่าในสภาวะที่ชื้น และแรงยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริมในแนวนอน จะน้อยกว่าในแนวตั้ง เพราะน้ำที่เกิดจากการเยิ้มอาจไปเกาะอยู่ใต้เหล็กเสริมตามแนวนอนได้ เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจึงเกิดเป็นรูโพรงใต้เหล็กเสริมนั้น ทำให้ลดกำลังยึดเหนี่ยวลง

<u>อิทธิพลที่มีต่อกำลังต้านทานของคอนกรีต</u>

กำลังต้านทานของคอนกรีตต่อแรงต่าง ๆ อาจเปลี่ยนแปลงได้จากอิทธิพลของตัวประกอบบางอย่างเช่น วัสดุที่ใช้ผสมทำคอนกรีต, อัตราส่วนผสม, สภาพการบ่ม และสภาพการบรรทุกน้ำหนัก เป็นต้น

<u>อิทธิพลของวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีต</u>

<u>ปูนซีเมนต์</u> ส่วนผสมทางเคมีมีผลต่อกำลังต้านทานของคอนกรีต ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่มีสารพวกปูนขาว (C_3S)มาก จะทำให้มีกำลังรับน้ำหนักได้เร็วกว่าปูนซีเมนต์ที่มีซิลิก้า (C_2S) มาก แต่กำลังของคอนกรีตเมื่ออายุมาก ๆ (ภายใต้การบ่มชื้นต่อเนื่องกัน) จะน้อยกว่า ส่วนปูนซีเมนต์ที่มีอลูมิน่า (C_3A) ผสมอยู่จะทำให้คอนกรีตมีกำลังรับน้ำหนักได้เร็วเช่นกัน ผงซีเมนต์ที่มีส่วนผสมทางเคมีเหมือนกัน แต่บดละเอียดกว่าจะให้กำลังรับน้ำหนักได้เร็วกว่าผงซีเมนต์ที่หยาบ แต่เมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้น ความแตกต่างในด้านกำลังรับน้ำหนักจะน้อยมาก ทั้งปูนซีเมนต์แต่ละประเภทที่มีอยู่เป็นปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

<u>วัสดุผสม</u> เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากันคอนกรีตที่ผสมด้วยวัสดุผสมที่มีเหลี่ยมมุมและผิวขรุขระมากจะให้ความแข็งแรงมากกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยวัสดุที่มีผิวเรียบและกลม แต่ในส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์คงที่ วัสดุผสมที่ขรุขระและเป็นเหลี่ยมมุมต้องการน้ำผสมมากขึ้นเล็กน้อยเพื่อให้ได้ความสามารถเท่าได้ ฉะนั้นในส่วนผสมที่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถเทได้เท่า ๆ กัน กับคอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบาจะไม่แข็งแรง และกำลังรับน้ำหนักจะแปรตามหน่วยน้ำหนัก ทำให้ในบางครั้งกำลังของคอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมเบานี้มีค่ากำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตมักไม่เกินกว่า 350 กก.ต่อ ซม.^{2}

น้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีต ปริมาณน้ำที่มากขึ้น จะทำให้คุณภาพหรือกำลังของคอนกรีตลดลง ชนิดของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตก็จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตเช่นกัน เมื่อใช้น้ำทะเลผสมคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่มีอายุ 28 วัน จะลดลงประมาณ 12%

สารเคมีผสมเพิ่ม เช่น สารกักกระจายฟองอากาศเมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์คงที่ สารกักกระจายฟองอากาศนี้จะลดกำลังของคอนกรีตลง แต่เมื่อใช้สารกักกระจายฟองอากาศแล้ว สามารถลดอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ลงได้ กำลังต้านทานของคอนกรีตจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้จำนวนฟองอากาศต้องอยู่ในช่วงที่แนะนำด้วย ส่วนสารเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่ซึ่งเป็นแคลเซี่ยมคลอไรด์ มีผลต่อกำลังของคอนกรีตมากเมื่อหล่อที่อุณหภูมิต่ำและเมื่ออายุของคอนกรีตน้อย ๆ ส่วนการใช้สารเคมีชนิดลดปริมาณน้ำ ถ้าเป็นไปตามคำแนะนำ กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นได้ถึง 15%

อิทธิพลของอัตราส่วนผสม

เมื่อคอนกรีตใช้วัสดุผสมอย่างเดียวกัน แต่ใช้อัตราส่วนผสมต่างกันจะทำให้กำลังต้านทานของคอนกรีตต่างกัน กรณีที่ใช้ปริมาณน้ำผสม เพื่อเพิ่มความสามารถเทได้ เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ยิ่งมาก กำลังต้านทานของคอนกรีตยิ่งลดลง ยืดหดตัวมากและมีรูโพรงมากขึ้น

อิทธิพลของการหล่อและการบ่ม

การหล่อชิ้นตัวอย่าง มีการกระทุ้งคอนกรีต การกระทุ้งไม่แน่นจะทำให้มีผลเกิดฟองอากาศและเป็นเหตุให้กำลังลดลง การกระทุ้งมากเกินไปมีผลทำให้เกิดการแยกตัว และกำลังลดลง

การบ่มซึ่งเกี่ยวข้องกับความชื้นและอุณหภูมิ มีผลต่อกำลังของคอนกรีตอย่างมาก คอนกรีตที่บ่มชื้นเป็นเวลานานจะมีกำลังมากขึ้น การปล่อยให้คอนกรีตแข็งตัว

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอากาศโดยไม่ให้ความชื้นเลย จะทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำกับซีเมนต์หยุดชะงักเป็นเหตุให้กำลังของคอนกรีตต่ำลง เมื่อหล่อคอนกรีตและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิซึ่งกำหนดให้ ยิ่งใช้อุณหภูมิสูงขึ้น (ไม่เกินขีดจำกัด) ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับซีเมนต์จะเร็วขึ้น ทำให้กำลังของคอนกรีตที่อายุ 28 วันมากขึ้น แต่เมื่ออายุมาก ๆ กำลังจะไม่แตกต่างกัน

การบ่มคอนกรีต (Curing)

1. พฤติกรรมของน้ำที่มีต่อคอนกรีต น้ำมีหน้าที่สำคัญอยู่ 2 อย่าง

ก. เข้าไปชุ่มในเนื้อของผงปูนซีเมนต์ และทำให้เปียกตามผิวเมล็ดทรายและหิน หล่อลื่นให้ทั้งหมดเหลาเพียงพอที่จะแผ่เข้าเต็มแบบให้แน่นและทั่ว ในกรณีนี้น้ำไปช่วยหล่อลื่นให้เมล็ดหรือก้อนหรือผงต่าง ๆ ลอยกลิ้งเข้าจัดตัวให้เต็มแบบได้ในเมื่อถูกเขย่าสั่นสะเทือนหรือกระทุ้งให้เข้าที่

ข. น้ำที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ซึ่งกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้ปูนซีเมนต์นั้นค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงให้เป็นวุ้นซึ่งเมื่อแห้งจะมีความเหนียวและแข็ง สามารถยึดเกาะเมล็ดทรายและหินให้ติดกันทั่วและค่อย ๆ แข็งขึ้นเป็นลำดับ กรรมวิธีนี้เกิดขึ้นตามวิธีการทางเคมีและเกิดขึ้นช้า ๆ ดังนั้นในระหว่างที่กำลังเกิดขึ้นนี้ คอนกรีตจะต้องได้น้ำอยู่ตลอดเวลาและอยู่นิ่ง ๆ (เหมือนดังเช่นการทำวุ้นฉะนั้น) และในระหว่างนั้นเนื่องจากกรรมวิธีทางเคมีจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายในเนื้อคอนกรีต น้ำที่ใช้ไปในการนี้มีจำนวนที่น้อย เทียบกับน้ำที่เราใส่ลงไป เพื่อทำให้คอนกรีตเหลวพอเทเข้าแบบได้ ฉะนั้นน้ำที่เกินไป ก็ทำหน้าที่หล่อลื่น ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อ ก. และเมื่อคอนกรีตเข้าไปอยู่ในแบบเรียบร้อยแล้ว น้ำนั้นจะไปแทรกอยู่ในเนื้อคอนกรีต จนกว่าจะแห้งระเหยไป ดังนั้นยิ่งมีน้ำมาก เนื้อคอนกรีตก็ยิ่งมีช่องที่น้ำไปแทรกอยู่มาก เมื่อน้ำระเหยไปแล้ว ถ้ามีโพรงเหลืออยู่ ทำให้คอนกรีตไม่ทึบแน่น ก็จะมีกำลังน้อยลงตามส่วน

อย่างไรก็ตาม เพราะเหตุว่าการแข็งของซีเมนต์นั้นเป็นไอย่างช้า ๆ แม้ในระยะเดือนหนึ่งแล้วก็ยังไม่แข็งเต็มที่ ดังนั้นในระหว่างที่กำลังแข็งตัวอยู่นี้ คอนกรีตจะต้องการน้ำให้มีหล่อเลี้ยงเนื้อปูนซีเมนต์อยู่เรื่อย ๆ เพื่อกรรมวิธีทางเคมี ถ้าน้ำแห้งไปก่อนกำหนดในระยะใด การแข็งตัวก็จะหยุดอยู่ในระยะนั้น และถ้ายิ่งอยู่ในระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ยังไม่มีแรงพอที่จะต้านทานการหดตัวอันเนื่องมาจากน้ำระเหยไป หรือเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ก็อาจเกิดการแตกร้าวขึ้นในเนื้อคอนกรีตหรือตามผิวที่แห้งก่อนนั้นได้ทุกเมื่อ ดังนั้นการที่ต้องคอยเก็บน้ำให้ชุ่มไว้จะโดยรดน้ำอยู่ตลอดเวลาหรือโดยกันไม่ให้น้ำที่มีอยู่เดิมระเหยไป ก็เท่ากับช่วยให้เนื้อคอนกรีตได้มีน้ำอยู่ เพื่อดำเนินกรรมวิธีทางเคมีไปจนสำเร็จมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การกระทำเช่นนี้ก็คือการบ่มคอนกรีตนั่นเอง

2. <u>การให้ความสำคัญในการบ่ม</u> มี 2 ประการ

ก. ให้เก็บความชื้นไว้ในคอนกรีต จนแน่ใจว่าน้ำจะเข้าทำปฏิกิริยากับซีเมนต์อย่างสมบูรณ์

ข. อุณหภูมิที่นำมาใช้ในการบ่มคอนกรีต ให้มีการกระทำทางเคมีอย่างสมบูรณ์ก็ควรรักษาอุณหภูมิให้ช่วยการก่อตัวตอนแรก โดยมีอุณหภูมิประมาณ 70 F และคงความชื้นเช่นนี้ไว้อย่างน้อย 3 วัน

3 วัน เป็นช่วงวิกฤติในชีวิตของคอนกรีต สำหรับในช่วงที่สั้นนี้ เมื่อซีเมนต์และน้ำรวมกันอย่างรวดเร็ว คอนกรีตอาจอยู่ในอันตราย คอนกรีตที่อายุ 7 วัน จะมีกำลังประมาณ 70% และวันสุดท้ายที่ 14 วัน กำลังประมาณ 85% ของกำลังคอนกรีตที่มีอายุ 28 วัน ซึ่งได้ออกแบบไว้ว่าใช้กับงานก่อสร้างได้

<u>อิทธิพลของสภาพการรับน้ำหนัก</u>

กำลังของคอนกรีตจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพการรับน้ำหนัก กำลังอัดของคอนกรีตที่กระทำในห้องทดลอง ได้จากการเพิ่มน้ำหนักกดลงทีละน้อย จนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตกภายในเวลาอันสั้น ซึ่งค่าที่ได้จะสูงกว่าตามสภาพการรับน้ำหนักจริง ๆ เพราะในสภาพทั่วไปคอนกรีตต้องรับแรงกระทำสม่ำเสมอเป็นเวลานาน หรืออาจต้องรับแรงกระทำซ้ำซากหรือแรงกระแทก ทำให้กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตลดต่ำลง

กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตที่รับน้ำหนักบรรทุกคงที่เป็นเวลานานหลาย ๆ ปี (Sustained Loading) จะมีค่าเพียง 70% ของกำลังรับน้ำหนักที่ได้จากการทดลองรับน้ำหนักในระยะเวลาอันสั้น ดังแสดงในตารางข้างล่าง เมื่อคอนกรีตรับน้ำหนักกระทำซ้ำซาก กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตจะลดลงประมาณ 5 ถึง 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผลของระยะเวลารับน้ำหนักที่มีต่อกำลังของคอนกรีต

ระยะเวลารับน้ำหนัก				กำลังรับน้ำหนักลดลง (%)
นาที	ชม.	วัน	ปี	
2				0
10				5
30				8
60	1			10
	4	0.17		12
		100		22
		365	1	23
			3	27
			30	31

คุณสมบัติยืดหยุ่นของคอนกรีต

มีความสำคัญต่อการเสียรูปของโครงสร้างคอนกรีตภายใต้น้ำหนักบรรทุก เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่ไม่มีการยืดหยุ่น เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ดังนั้น การเสียรูปอย่างถาวรอาจเกิดขึ้นภายใต้น้ำหนักบรรทุกน้อย ๆ พบว่าเมื่อน้ำหนักหรือแรงกระทำต่อโครงสร้างอยู่ในช่วงจำกัดยืดหยุ่น ซึ่งหน่วยการหดตัวเป็นสัดส่วนโดยตรงกับหน่วยแรงที่กระทำ คอนกรีตจะไม่เสียรูปมากนัก แต่เมื่อพ้นช่วงนี้แล้ว น้ำหนักหรือแรงที่กระทำจะทำให้เกิดการเสียรูปเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดก็เกิดการแตกหัก อัตราส่วนของหน่วยแรงต่อหน่วยการหดตัวเรียกว่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต หาได้จากเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและหน่วยการหดตัว ซึ่งได้จากการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต โดยทั่วไปเส้นสัมพันธ์นี้มีลักษณะเป็นรูปโค้งพาลาโบล่า การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต มีวิธีการหาต่าง ๆ ดังนี้

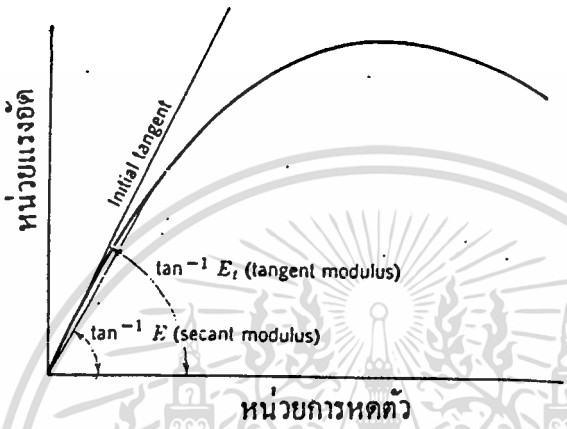
1. Initial Tangent Modulus คำนวณจากความลาดเอียงของเส้นสัมผัส ซึ่งได้จากการลากเส้นให้สัมผัสกับเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและหน่วยการหดตัว ณ จุดเริ่มต้น (Origin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Secant Modulus คำนวณจากความลาดเอียงของเส้นที่ลากจากจุดเริ่มต้นกับจุดใด ๆ บนเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วงแรงและหน่วยการหดตัวที่ต้องการหา

3. Tangent Modulus คำนวณจากความลาดเอียงของเส้นสัมผัสกับจุดใด ๆ บนเส้นสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและหน่วยการหดตัว

การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต



จากการทดลอง พบว่า ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ซึ่งอาจเขียนในรูปของสมการ ได้คือ

$$E_c = w^{1.5}\ 4270\sqrt{f'_c}\ \text{กก. ต่อ ซม.}^2$$

ในเมื่อ E_c = โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต กก.ต่อ ซม.^{2}

w = หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ตันต่อลูกบาศก์เมตร

f'_c = กำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอก เมื่ออายุ 28 วัน กก./ซม.^{2}

การล้าของคอนกรีต (Creep)

เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของคอนกรีตในลักษณะที่หน่วยการหดตัวเพิ่มขึ้นภายใต้น้ำหนักหรือแรงอัดคงตัวโดยบรรทุกค้างไว้เป็นเวลานาน สันนิษฐานว่าการล้าของคอนกรีตเกิดจากการหดตัวของช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต การไหลหนืด (Viscous flow) ของซีเมนต์เพสท์ การไหลของผลึก (crystalline flow) ในวัสดุผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากการซึมของน้ำจากเจล (Gel) เมื่อมีน้ำหนักภายนอกกระทำต่อคอนกรีต แต่ก็ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดเกี่ยวกับเรื่องนี้

อิทธิพลต่าง ๆ ที่มีต่อการล้าของคอนกรีต

1. น้ำหนักบรรทุกค้าง การล้าของคอนกรีตเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของน้ำหนักบรรทุก

2. ความแข็งแรงของคอนกรีต การล้าของคอนกรีตเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังความแข็งแรงของคอนกรีต ถ้าความแข็งแรงของคอนกรีตมีค่าสูง อัตราการล้าของคอนกรีตจะมีค่าต่ำ

3. ชนิดของปูนซีเมนต์ คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาจะเกิดการล้าของคอนกรีตมากกว่า คอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทแข็งตัวเร็ว

4. อัตราส่วนผสมของคอนกรีต คอนกรีตที่ใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ การล้าของคอนกรีตจะมีค่าต่ำด้วย

5. วัสดุผสม การล้าของคอนกรีตจะลดลงเมื่อใช้วัสดุผสมที่มีความละเอียดขึ้น

6. การบ่ม คอนกรีตที่ได้รับการบ่มชื้นตลอดเวลา จะมีอัตราการล้าต่ำกว่าคอนกรีตที่บ่มในอากาศ

7. อายุของคอนกรีต อัตราการล้าช้าของคอนกรีต จะลดลงเมื่ออายุของคอนกรีตเพิ่มขึ้น

คุณสมบัติอื่น ๆ ของคอนกรีต

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีต อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, น้ำหนักบรรทุก, อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์, ส่วนประกอบทางเคมีของซีเมนต์, ความชื้น และการยุบตัวของคอนกรีตผสมใหม่ คอนกรีตจะหดตัวเมื่ออยู่ในบริเวณที่ผิวเปิดและขยายตัวเมื่ออยู่ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีตถือว่าน้อยมาก สัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตเนื่องจากความร้อนมีค่าประมาณ 0.00001 ต่อองศาเซลเซียส การหดตัว (Shrinkage) ของคอนกรีต ซึ่งเกิดจากการระเหยของน้ำที่มีอยู่ในคอนกรีตมีค่าประมาณ 0.0002 ถึง 0.0005 ของปริมาตร เพื่อป้องกันการยึดหดของคอนกรีตที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งมีผลทำให้คอนกรีตแตกร้าว ก็จะใช้เหล็กเสริมต้านการยึดหดตัวช่วย และมีการบ่มคอนกรีตให้ชื้นตลอดเวลาในระยะแรก

หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วประมาณ 2200 กก.ต่อ ลบ.เมตร หน่วยน้ำหนักนี้ขึ้นอยู่กับ สัดส่วนของการผสม น้ำ และปริมาณอากาศที่อยู่ภายใน คอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมเบา จะมีหน่วยน้ำหนักประมาณ 1280 กก. ต่อ ลบ.เมตร ส่วนคอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมหนัก อาจจะหนักถึง 4000 กก.ต่อ ลบ.เมตร

คอนกรีตเป็นตัวนำความร้อนที่เลวไม่เหมือนกับเหล็ก ทนไฟได้ดี ความร้อนไม่มีผลต่อกำลังของคอนกรีตและความสามารถในการรับน้ำหนัก, ความหนา, ช่องว่าง, จำนวนน้ำ, ชนิดและขนาดของวัสดุผสมอาจทำให้การนำความร้อนของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงได้

ความทนทานของคอนกรีต นอกจากจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนผสมคอนกรีต คุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ และวิธีการทำคอนกรีตแล้ว (เช่นการผสม, การเท,การบ่ม) ยังเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากสภาวะของอากาศ เช่น ความร้อน, ความเย็นของลม และดิน ฟ้าอากาศ, การเปลี่ยนแปลงความชื้น, การเปลี่ยนอุณหภูมิ อาจทำให้คอนกรีตมีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงความชื้นจะช่วยให้รอยแตกร้าวกว้างขึ้นเป็นผลให้ผิวของคอนกรีตเสียคุณภาพในการหุ้มเหล็กเสริมมิให้ถูกความชื้น เหล็กเสริมในคอนกรีตจะเป็นสนิมและถูกกัดกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อนำมาใช้แทนไม้แปรรูป

การนำคอนกรีตเสริมเหล็กมาใช้แทนไม้แปรรูปนับว่าเป็นสิ่งที่เหมาะสมในสภาวะปัจจุบัน เนื่องจากสาเหตุของการขาดแคลนไม้แปรรูปภายในประเทศ อีกทั้งยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งอยู่ในสภาวะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการเมืองภายในประเทศและระหว่างประเทศของผู้ส่งออกไปนั้น ๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำผลิตภัณฑ์คอนกรีตเสริมเหล็กมาใช้แทนไม้แปรรูปซึ่งนับวันจะหายากและขาดแคลนได้ในอนาคต
2. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของวัสดุทั้งสอง คือไม้และคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีขนาดเท่าหรือใกล้เคียง
3. เปรียบเทียบอายุการใช้งาน, ลักษณะการใช้งาน รวมไปถึงราคาของวัสดุทั้งสองชนิดนี้
4. หาความเหมาะสมของการใช้งานวัสดุทั้งสอง ที่จะนำไปใช้ในงานต่าง ๆ
5. หาจำนวนเหล็กเสริมที่เหมาะสมที่สุดในผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ผลิตขึ้นมา ซึ่งมีเหล็กเสริม 3 ขนาด คือ ขนาด ϕ 6 mm., ϕ 9 mm. และ ϕ 12 mm.
6. ทำการสรุปในเรื่องความแข็งแรงของคอนกรีตที่กำหนด (จากการทำ Mix Design) ว่าเหมาะสมกับคุณสมบัติทางกลที่ต้องการเพียงใด
7. เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ทำขึ้นมานี้กับชนิดของไม้ที่มีอยู่ในการใช้งานโดยทั่วไป ว่ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกับไม้ชนิดใด ใช้งานในด้านใดได้บ้าง
8. เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของทั้งไม้และผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ทำขึ้นนี้

ขอบข่ายของงานผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็ก

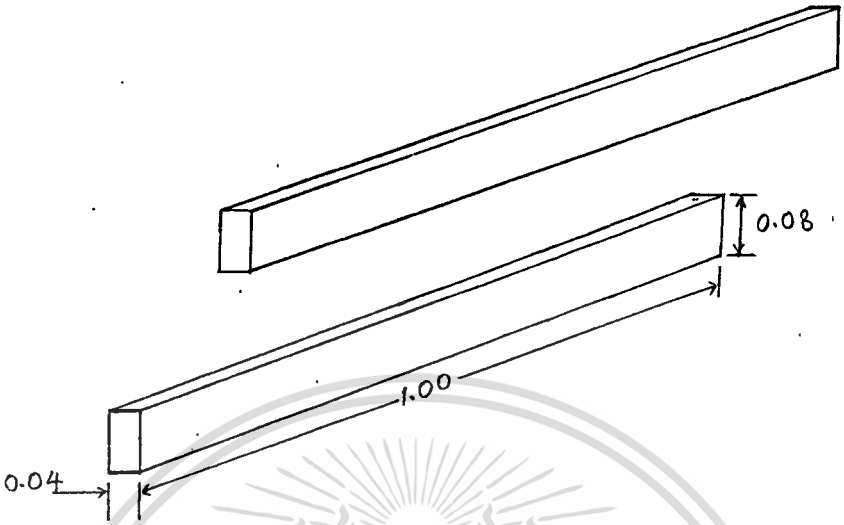
เป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตเสริมเหล็ก (ค.ส.ล.) ซึ่งออกแบบนำมาใช้เป็นแป (ส่วนโครงสร้างหลังคา) นำมาใช้แทนไม้แปรรูปซึ่งในอนาคตคาดว่าไม้แปรรูปอาจจะหายากขึ้นมากทุกที อีกทั้งยังเป็นการนำมากำจัดข้อเสียของไม้แปรรูป เช่น การคุกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

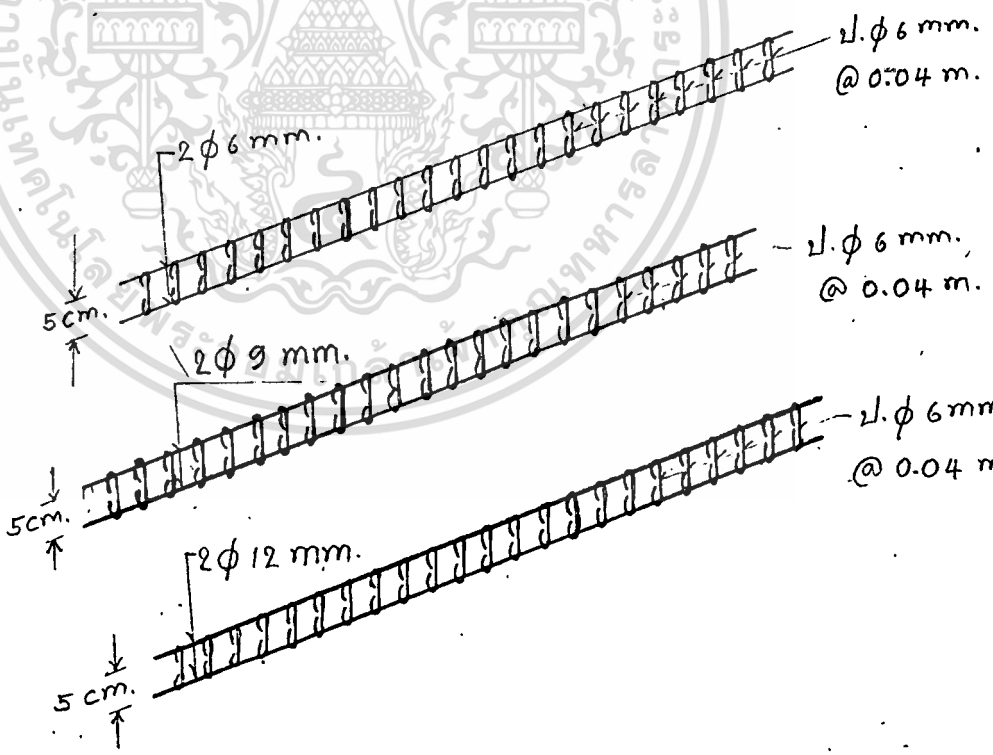
ซึ่งมีผลไปถึงอายุการใช้งานของโครงสร้างหลังคานั้น ๆ ด้วย หรือกำลังรับน้ำหนักของไม้แปรรูป อาจจะไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับโครงสร้างของไม้เป็นสำคัญ โครงสร้างของไม้นั้นจะขึ้นอยู่กับหมู่ (Species) ชื่อตัว (Genus) และชนิด (Variety) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับภาวะของการเจริญเติบโต (ลักษณะของอากาศและดิน) โครงสร้างของเนื้อไม้แต่ละส่วนเมื่อดูจากรูปตัดตามแกนลำต้น จะมีลักษณะผิดกัน (ความแข็งแรง, ความหนาแน่น, ความทนทาน, สี) ทำให้คุณสมบัติทางกลไม่สม่ำเสมอกันตลอด

การออกแบบผลิตภัณฑ์แปดอนกรีตเสริมเหล็กนี้ ทำการออกแบบตามทฤษฎี Working stress หรือ elastic ตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. โดยออกแบบเป็นคานหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่ากับไม้ ($1\frac{1}{2}$" x 3") หรือใกล้เคียง (4.00 x 8.00 ซม.) ยาว 1.00 เมตร สำหรับทำการทดสอบกำลังรับแรงดัดของคานที่เกิดขึ้นจริงและตรวจสอบค่าความโก่งโดยกำหนดจากทฤษฎีการออกแบบ elastic เหล็กเสริมรับแรงดัด (เหล็กแกนตามยาว) ใช้ 3 ขนาด คือ ø 6 mm. ø 9mm. และ ø 12 mm. มีเหล็กปลอกรับแรงเฉือนขนาด ø 6 mm. ตามกำหนดของมาตรฐาน ว.ส.ท. ในการออกแบบคาน เพื่อดูความเหมาะสมทั้งในเรื่องความแข็งแรงและราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็ก



รูป แสดงลักษณะของเหล็กเสริม 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์เชิงทฤษฎี

สมมติฐานของการออกแบบและพฤติกรรมของแปคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติต้านทานแรงอัดได้ดี แต่ต้านทานแรงดึงได้ต่ำมาก ส่วนเหล็กเสริมเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติต้านทานแรงดึงและแรงอัดได้ดี จึงให้คอนกรีตทำหน้าที่ต้านทานต่อแรงอัด ส่วนหน้าที่รับแรงดึงให้เหล็กทำหน้าที่รับแรงดึง และวัสดุทั้งสองเป็นไปตามกฎของฮุค

2. พฤติกรรมของแปคอนกรีตเสริมเหล็กมีพฤติกรรมเป็นคานโดยทำหน้าที่รับโมเมนต์ดัด และแรงเฉือน อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง

3. เหล็กเสริมทางด้านล่างทำหน้าที่ต้านทานต่อแรงดึงอันเนื่องมาจากโมเมนต์ดัด โดยเสริมเหล็กตามยาวของส่วนโครงสร้าง

4. เหล็กเสริมรับแรงเฉือนจะให้เหล็กปลอกทำหน้าที่เมื่อแรงเฉือนเกิดขึ้นสูงกว่าที่คอนกรีตจะต้านทานไว้ได้

5. ระนาบรูปตัด ยังคงเป็นระนาบทั้งก่อนและหลังการรับแรงดัด

6. หน่วยการยืดหรือหดตัวเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะที่ห่างจากแนวแกนสะเทิน

7. การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมเป็นไปอย่างสมบูรณ์

8. โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเท่ากับ $W^{1.5}\ 4270\ f_c$ กก.ซม.^{2} และของเหล็กเสริมเท่ากับ 2.04×10^6 กก./ซม.^{2}

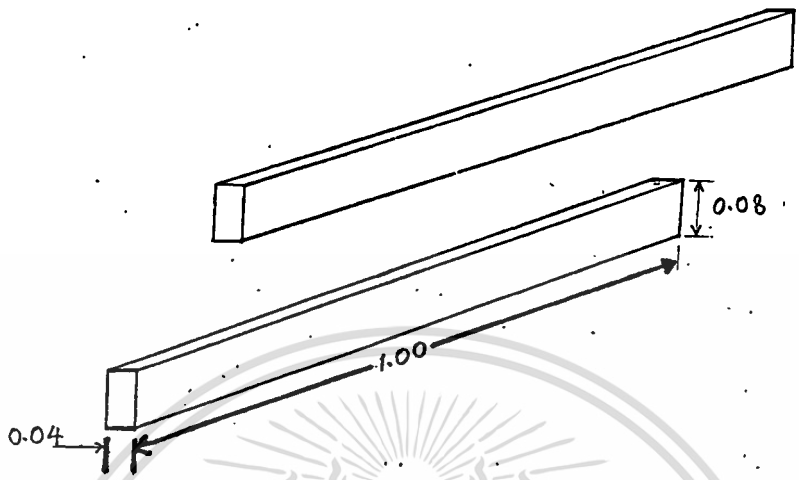
การทดสอบ

การทำการทดสอบนี้ จะกล่าวถึงคุณสมบัติทางกลศาสตร์บางประการ ซึ่งได้แก่ การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็ก ภายใต้ตัวควบคุม คือ ระยะโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้ซึ่งเท่ากับ L /360 เมื่อ L เป็น ช่วงความยาวของแป ค.ส.ล.

ผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำขึ้นนี้ มีขนาดหน้าตัดเท่ากับ แท่งตัวอย่างนี้ทำขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบหากำลังต้านทานต่อแรงดัดที่ระยะโก่งไม่เกิน L /360 โดยมีเหล็กเสริมตามแนวแกน 3 ขนาดคือ ø 6 มม. , ø 9 มม. และ ø 12 มม. โดยมี-

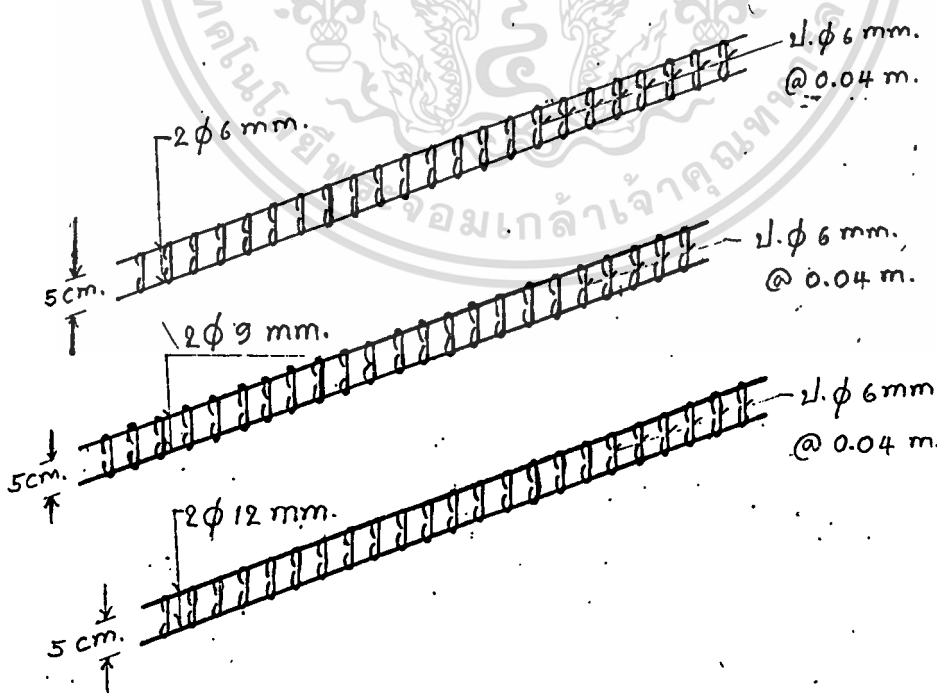
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดประสงค์ให้มีความสามารถต้านทานโมเมนต์ได้ต่างกันและเพื่อนำมาเปรียบเทียบความเหมาะสมในการใช้งาน ผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตนี้จะมีลักษณะดังรูปแสดง



รูป ผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็ก

และลักษณะของเหล็กเสริม ตามแนวแกนทั้ง 3 ขนาด มีลักษณะ ดังรูป



รูป แสดงลักษณะของเหล็กเสริม 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบ

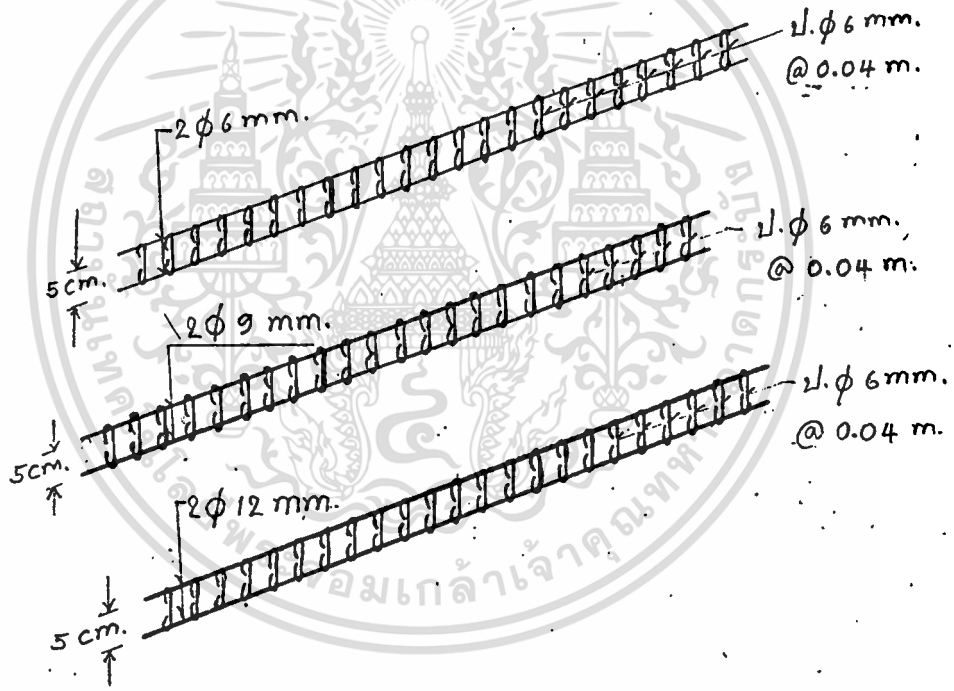
1. กำหนดขนาดหน้าตัดคานที่ใช้โดยให้มีขนาดใกล้เคียงกับไม้ ($1\frac{1}{2}$" x 3") กำหนดเหล็กเสริมที่ใช้มี 3 ขนาด คือ

ø 6 มม.

ø 9 มม.

ø 12 มม.

2. ลักษณะของเหล็กเสริมที่ใช้ จะมีลักษณะดังรูปที่ แล้วทำการคำนวณหาความต้านทานต่อโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนตามทฤษฎีอีลาสติก



รูป แสดงลักษณะของเหล็กเสริม 3 ขนาด

3. ทำการทดสอบ ความสามารถในการรับน้ำหนักเพื่อนำมาคำนวณหาโมเมนต์ดัด ของแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำขึ้น เปรียบเทียบกับไม้แปรรูปขนาด $1\frac{1}{2}$" x 3"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือ, วัสดุ และวิธีทดสอบ

1. เครื่องมือและวัสดุที่จะทำการทดสอบ

1.1 เครื่องทดสอบ

1.2 อุปกรณ์ทดสอบแรงอัด (Bending)

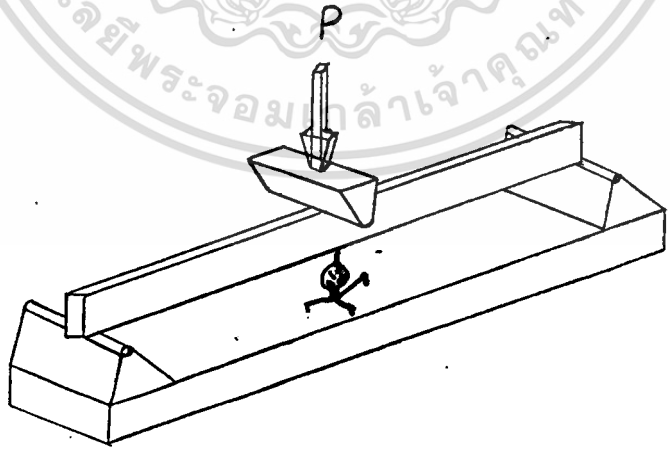
1.3 ไม้แปรรูปขนาดหน้าตัด $1\frac{1}{2}$" x 3" ใช้ 2 ชนิด คือ ไม้ยาง และไม้แดง ชนิดละ 6 ตัวอย่าง รวม 12 ตัวอย่าง

1.4 ผลิตภัณฑ์แปดอนกรีตเสริมเหล็กขนาดเท่าหรือใกล้เคียงกับไม้แปรรูปข้างต้น (4.00 x 8.00 ซม.) เสริมเหล็กตามแกน 3 ขนาด คือ ขนาด ø 6 มม., ø 9 มม. และ ø 12 มม. ขนาดละ 6 ตัวอย่าง

2. วิธีทำการทดสอบ

2.1 ทำการทดสอบไม้แปรรูปตัวอย่างโดยให้ไม้รับน้ำหนักเป็นจุดที่กึ่งกลางคาน และที่ปลายคานทั้งสองจะมีที่รองรับ คานจะรับน้ำหนักภายใต้การโก่งตามแนวดิ่งที่กำหนด คือ L/360 โดยใช้ Dial Gauge วัดโดยติดตั้งไว้ใต้คาน ดังรูป

2.2 ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์แปดอนกรีตเสริมเหล็กเช่นเดียวกับการทดสอบไม้แปรรูป



รูป แสดงลักษณะการทดสอบกำลังรับโมเมนต์ของแป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ Mix Design

1) กำหนดค่าความยุบตัว = 8 - 10 ซม. (10 ซม.)

2) ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบ = 10 มม. (1 ซม.)

3) ปริมาณน้ำที่ใช้ = 225 ลิตร/ลบ. เมตรของคอนกรีต

4) สำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดเฉลี่ย 350 กก./ซม.^{2} จะได้อัตราส่วนน้ำต่อ-ซีเมนต์ โดยน้ำหนักที่ต้องใช้ = 0.48

5) ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ = $\frac{225}{0.48}$ = 469 กก./ม.^{3}

6) ปริมาณวัสดุผสมหยาบ ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่นเท่ากับ-0.46

หน่วยน้ำหนักของหิน = 1800 กก./ม.^{3}

ฉะนั้น น้ำหนักของวัสดุผสมหยาบที่ใช้ = 0.46 x 1800

= 828 กก./ม.^{3} ของคอนกรีต

7) ปริมาณวัสดุผสมละเอียด

ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสม :

ปริมาตรของน้ำ = $\frac{225}{1000}$ = 0.225 ม.^{3}

ปริมาตรของซีเมนต์ = $\frac{469}{3.15 \times 1000}$ = 0.149 ม.^{3}

ปริมาตรของวัสดุหยาบ = $\frac{828}{2.68 \times 1000}$ = 0.309 ม.^{3}

ปริมาตรของฟองอากาศ = 0.01 x 1.0 = 0.001 ม.^{3}

ฉะนั้น ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย = 0.684 ม.^{3}

ปริมาตรทรายที่ต้องใช้ = 1 - 0.684 = 0.316 ม.^{3}

น้ำหนักของทรายแห้ง = 0.316 x 2.64 x 1000

= 834.5 กก./ม.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้น

น้ำหนักวัสดุผสมหยาบ (แห้ง) = 828 กก.

" ---------ละเอียด (เปียก) = 834.5 (1.06)

= 885 กก.

ฉะนั้นปริมาณน้ำที่ต้องใช้จริง = 225 - 834.5 (0.053)

= 181 กก.

ฉะนั้น คอนกรีต 1 ลบ. เมตร เมื่อค่า f_c = 350 กก./ซม.^{2} จะต้องใช้

น้ำ	=	181	กก.
ซีเมนต์	=	469	กก.
หิน (แห้ง)	=	828	กก.
ทรายหยาบ (ชื้น)	=	885	กก.
น้ำหนักรวม	=	2363	กก.

เมื่อทำการผสมคอนกรีตตาม Mix Design นี้แล้ว จะทำการหล่อลูกปูนทรงกระบอกเพื่อทำการทดสอบที่อายุ 21 วัน ได้กำลังอัดประลัย เพื่อนำไปคำนวณค่าการรับน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็กต่อไป ค่ากำลังอัดประลัยของลูกปูนทรงกระบอกจะได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ที่อายุ 21 วัน ค่ากำลังอัดประลัย = 363.13 กก./ซม.^{3}

" 2 ที่อายุ 21 " " ---------" = 266.02 "

การนำค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต (f_c) ที่ได้จากผลของลูกปูนทรงกระบอกตัวอย่างทั้งสองนี้ไปใช้ จะใช้ค่าน้อยคือ 266.02 กก./ซม.^{2} แต่จะใช้เพียง 250 กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีคำนวณการรับกำลังของแป ค.ส.ล.

f_c' = 250 ksc.

f_c = 112 ksc.

n = 8

f_s = 1200 ksc.

k = 0.427

j = 0.858

R = 20.52 ksc.

เมื่อ $\frac{1}{1+\frac{f_s}{nf_c}}$

$j = 1 - \frac{k}{3}$

ขนาดหน้าตัดคาน = 4.00 x 8.00 cm.

เนื่องจากมีเหล็กเสริมตามแนวแกน 3 ขนาด คือ

ϕ 6 mm.

ϕ 9 mm.

ϕ 12 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้เหล็กเสริมแนวแกน ø 6 mm.

หาตำแหน่งแนวแกนสะเทินจาก $k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$

เมื่อเสริมเหล็ก 0. ø 6mm.มี A_s = 0.283 ตร.ซม.

ค่า $d = 8 - 1.5 - \frac{0.6}{2}$

$= 6.2$ ซม.

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{0.283}{4.00 \times 6.2} = 0.0114$$

$$= \sqrt{2(8) \times (0.0114) + (8 \times 0.0114)^2} - (8) \times (0.0114)$$

$$= 0.3456$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 0.8848$$

โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต

$$M_c = \frac{1}{2} f_c kjbd^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 112 \times 0.3456 \times 0.8848 \times 4 \times (6.2)^2$$

$$= 26.33 \text{ กก. - ม.}$$

โมเมนต์ต้านทานโดยเหล็กเสริม

$$M_s = A_s f_s jd$$

$$= 0.283 \times 1200 \times 0.8848 \times 6.2$$

$$= 18.63 \text{ กก. - ม.}$$

คานเสริมเหล็กต่ำกว่าสมดุลย์ (under neinforced) คือโมเมนต์ต้านทานโดยเหล็กเสริมน้อยกว่าโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต

ฉะนั้นโมเมนต์ต้านทานของคานโดยปลอดภัย

$= 18.63$ กก. - ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้เหล็กเสริมตามแนวแกน ϕ 9 mm.

พ.ท. หน้าตัดเหล็กเสริม 1 - ϕ 9 mm., A_s = 0.636 ตร.ซม.

ค่า $d = 8 - 1.5 - \frac{0.9}{2}$

$= 6.05$ ซ.ม.

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{0.636}{4 \times 6.05} = 0.0263$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$= \sqrt{(2)\ (8)\ (0.0263) + (8 \times 0.0263)^2} - (8 \times 0.0263)$$

$$= 0.4714$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 0.8428$$

โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต

$$M_c = \frac{1}{2} f_c kjbd^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 112 \times 0.4714 \times 0.828 \times 4 \times (6.05)^2$$

$$= 32.58 \text{ กก. - ม.}$$

โมเมนต์ต้านทานโดยเหล็กเสริม

$$M_s = A_s f_s jd$$

$$= 0.636 \times 1200 \times 0.8423 \times 6.05$$

$$= 38.92 \text{ กก. - ม.}$$

โมเมนต์ต้านทานของคานโดยปลอดภัย = 32.58 กก. - ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้เหล็กเสริมตามแนวแกน ϕ 12 mm.

พ.ท. หน้าตัดเหล็กเสริม 1 - ϕ 12 mm., A_s = 1.13 ตร.ซม.

ค่า $d = 8 - 1.5 - \frac{1.2}{2} \approx 5.9$ ซม.

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{1.13}{4 \times 5.9} = 0.0479$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$= \sqrt{(2)\ (8)\ (0.0479) + (8 \times 0.0479)^2} - (8 \times 0.0479)$$

$$= 0.5724$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 0.8092$$

โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต

$$M_c = \tfrac{1}{2} f_c kjbd^2$$

$$\frac{1}{2} \times 112 \times 0.5724 \times 0.8092 \times 4 \times (5.9)^2$$

$$= 36.12 \quad \text{กก.} - \text{ม.}$$

โมเมนต์ต้านทานโดยเหล็กเสริม

$$M_s = A_s f_s jd$$

$$= 1.13 \times 1200 \times 0.8092 \times 5.9$$

$$= 64.74 \quad \text{กก.} - \text{ม.}$$

∴ โมเมนต์ต้านทานของคานโดยปลอดภัย = 36.12 กก. - ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลทดสอบกำลังรับน้ำหนักของแป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Properties of 6 mm. reinforced concrete samples

NO.	(1)	(2)	(3)	(4)
1	3.90*8.06	8.25	255.0	270.0
2	3.85*8.08	8.40	225.0	240.0
3	4.06*8.16	8.50	217.0	255.0
4	4.08*8.16	8.55	225.0	285.0
5	4.04*8.04	8.35	240.0	285.0
6	4.06*8.02	8.60	210.0	225.0
Avg.	4.00*8.08	8.44	228.7	260.0

Properties of 9 mm. reinforced concrete samples

NO.	(1)	(2)	(3)	(4)
1	4.10*8.03	8.60	285.0	540.0
2	4.02*8.04	8.50	300.0	525.0
3	4.04*8.15	8.70	285.0	420.0
4	4.00*8.02	8.40	255.0	600.0
5	4.18*8.06	8.60	330.0	645.0
6	4.08*8.06	8.50	315.0	510.0
Avg.	4.07*8.06	8.55	295.0	540.0

Properties of 12 mm. reinforced concrete samples

NO.	(1)	(2)	(3)	(4)
1	4.06*8.06	9.60	465.0	765.0
2	4.12*8.00	9.40	450.0	832.0
3	4.08*8.13	9.30	450.0	840.0
4	4.08*8.12	9.20	405.0	795.0
5	4.11*8.10	9.30	345.0	735.0
6	4.02*8.15	9.20	420.0	825.0
Avg.	4.08*8.09	9.33	422.5	798.7

(1) = Dimension of samples section (cm.*cm.)
(2) = Weight of samples (kg.)
(3) = Load at allowable defluction (L/360) (kg
(4) = Ultimate load (kg.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Properties of timber samples (Yang)

NO.	(1)	(2)	(3)	(4)
1	3.46*6.74	2.10	210.0	none test
2	3.71*6.78	2.05	165.0	none test
3	3.72*6.72	2.20	225.0	none test
4	3.14*6.97	2.05	225.0	none test
5	3.23*6.92	1.70	435.0	none test
6	3.53*6.79	1.85	443.0	705.0
Avg.	3.46*6.82	1.99	283.8	705.0

Properties of timber samples (Dang)

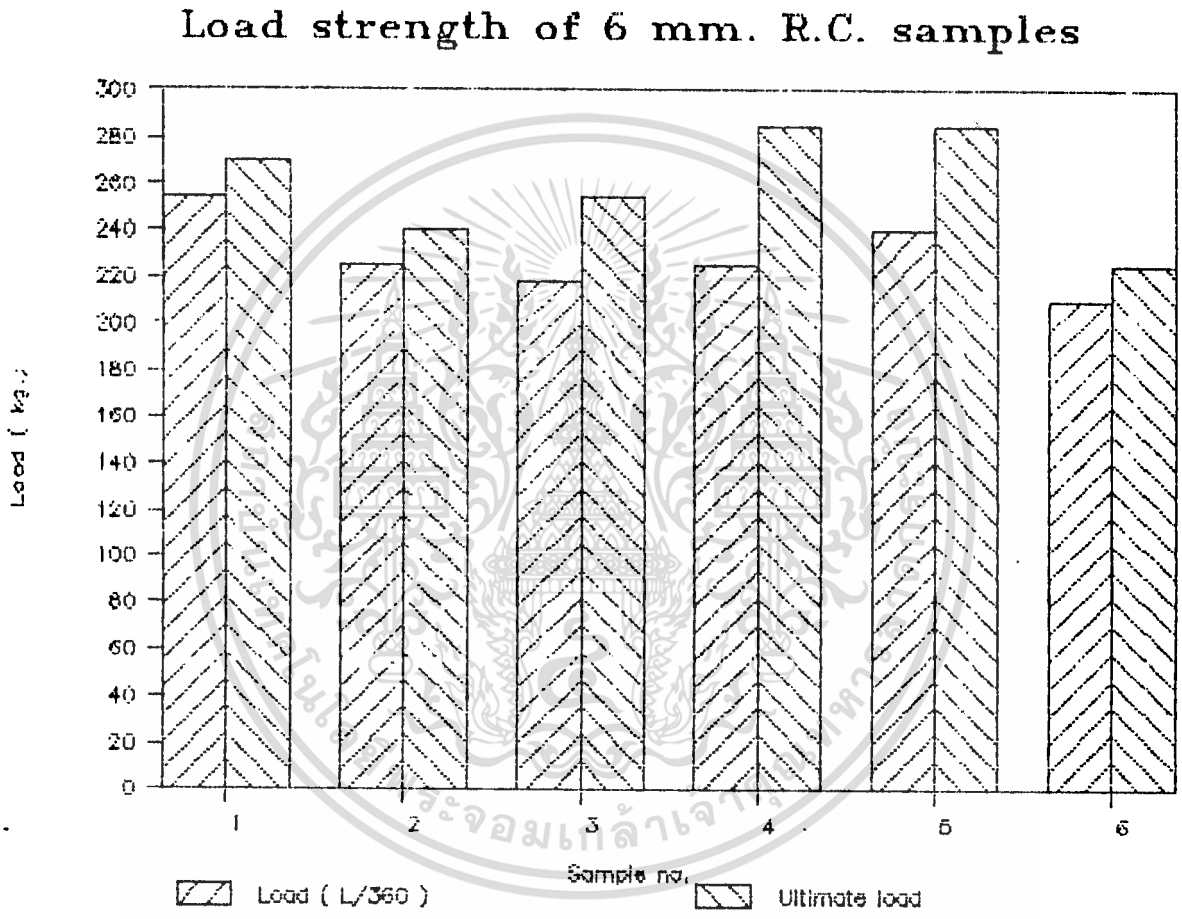
NO.	(1)	(2)	(3)	(4)
1	3.78*7.84	3.00	705.0	none test
2	3.54*8.02	2.95	150.0	none test
3	3.78*7.72	2.75	285.0	none test
4	4.18*8.29	2.80	645.0	none test
5	3.77*7.75	2.60	218.0	1170.0
6	3.94*8.24	2.85	255.0	none test
Avg.	3.83*7.98	2.83	376.3	1170.0

(1) = Dimension of samples section (cm.*cm.)
(2) = Weight of samples (kg.)
(3) = Load at allowable deflection (= L/360) (kg.
(4) = Ultimate load (kg.)

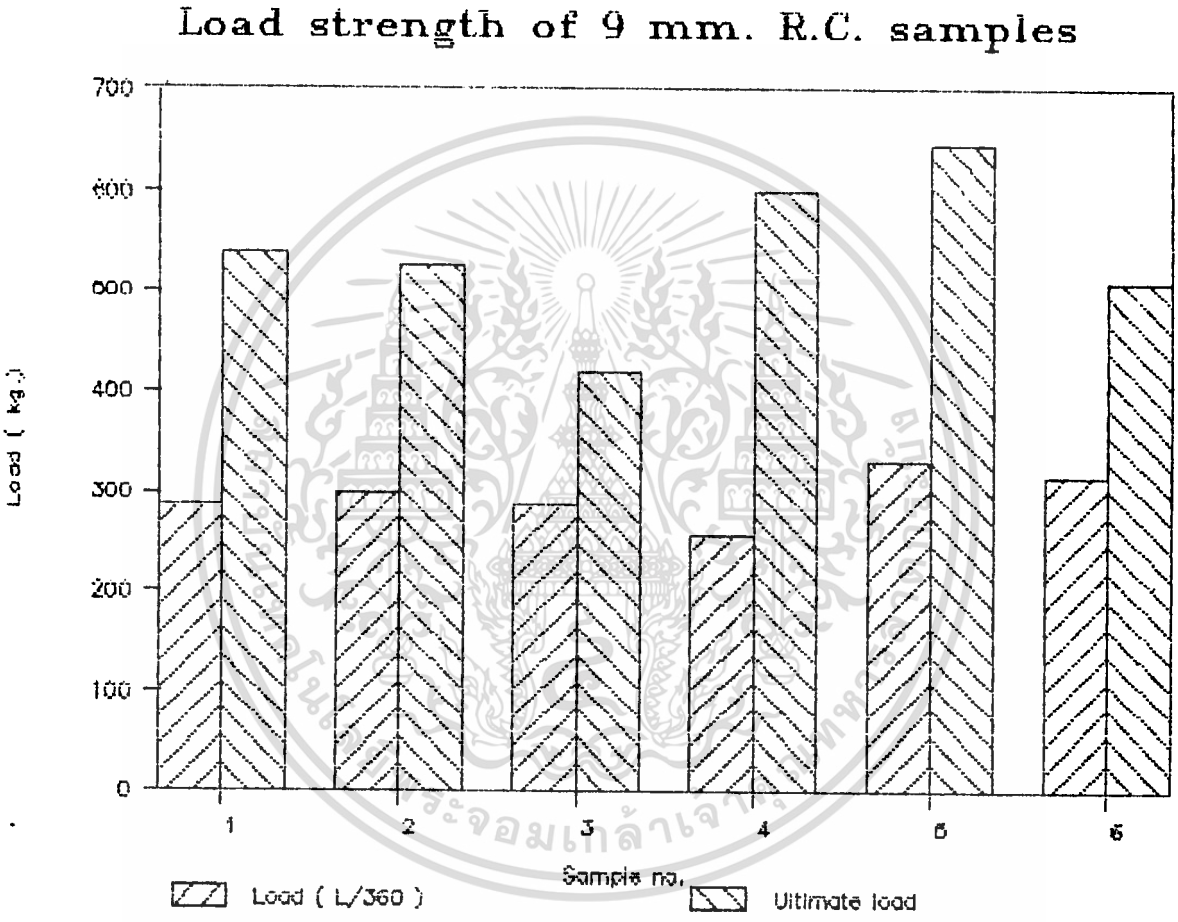
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักของแปต่าง ๆ

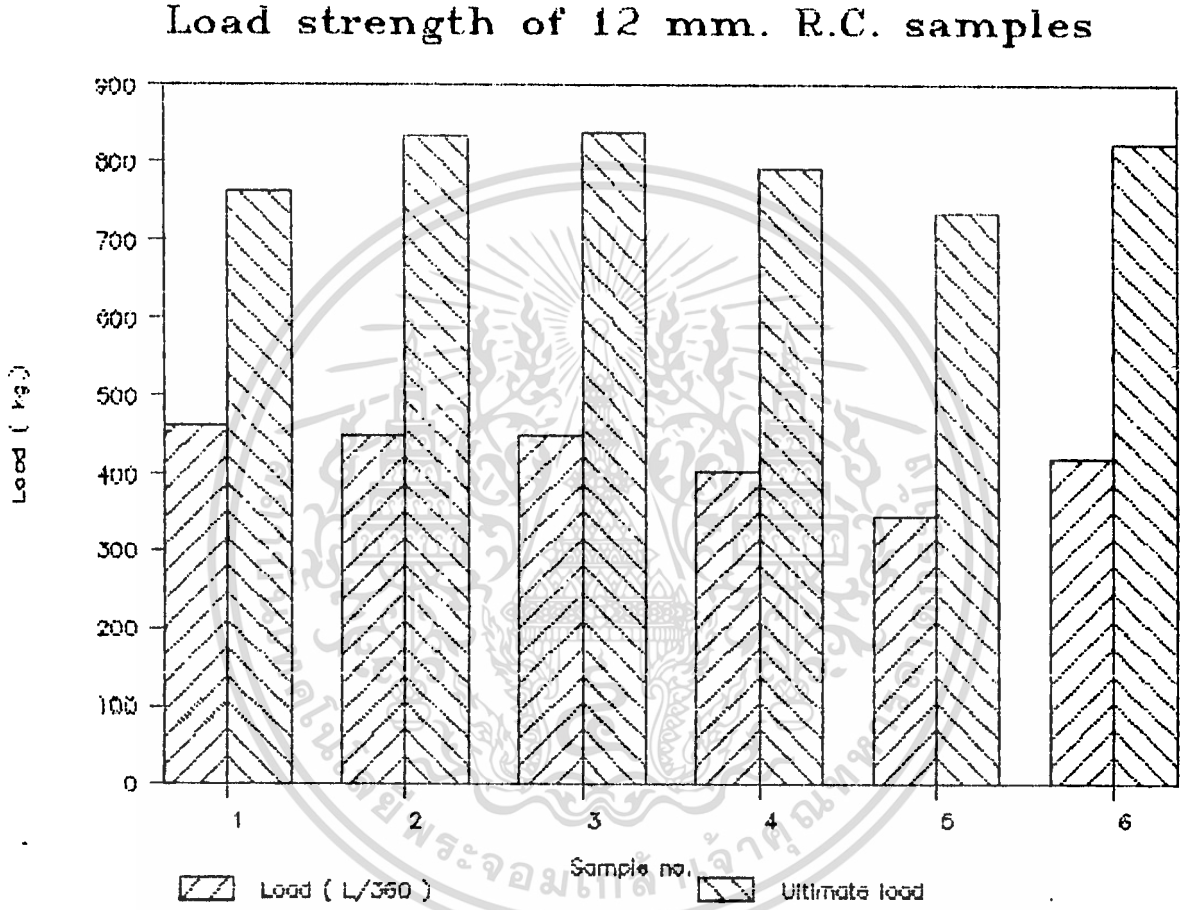
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



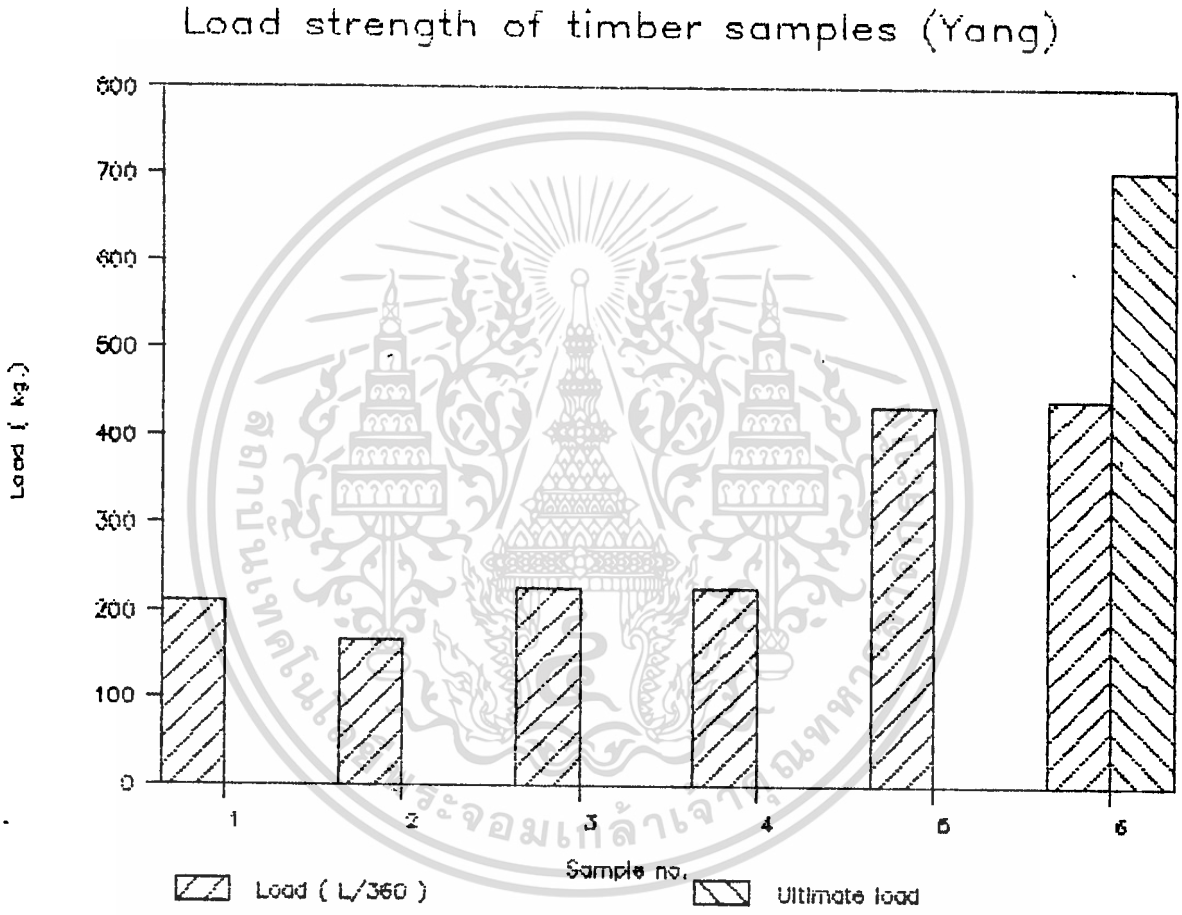
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



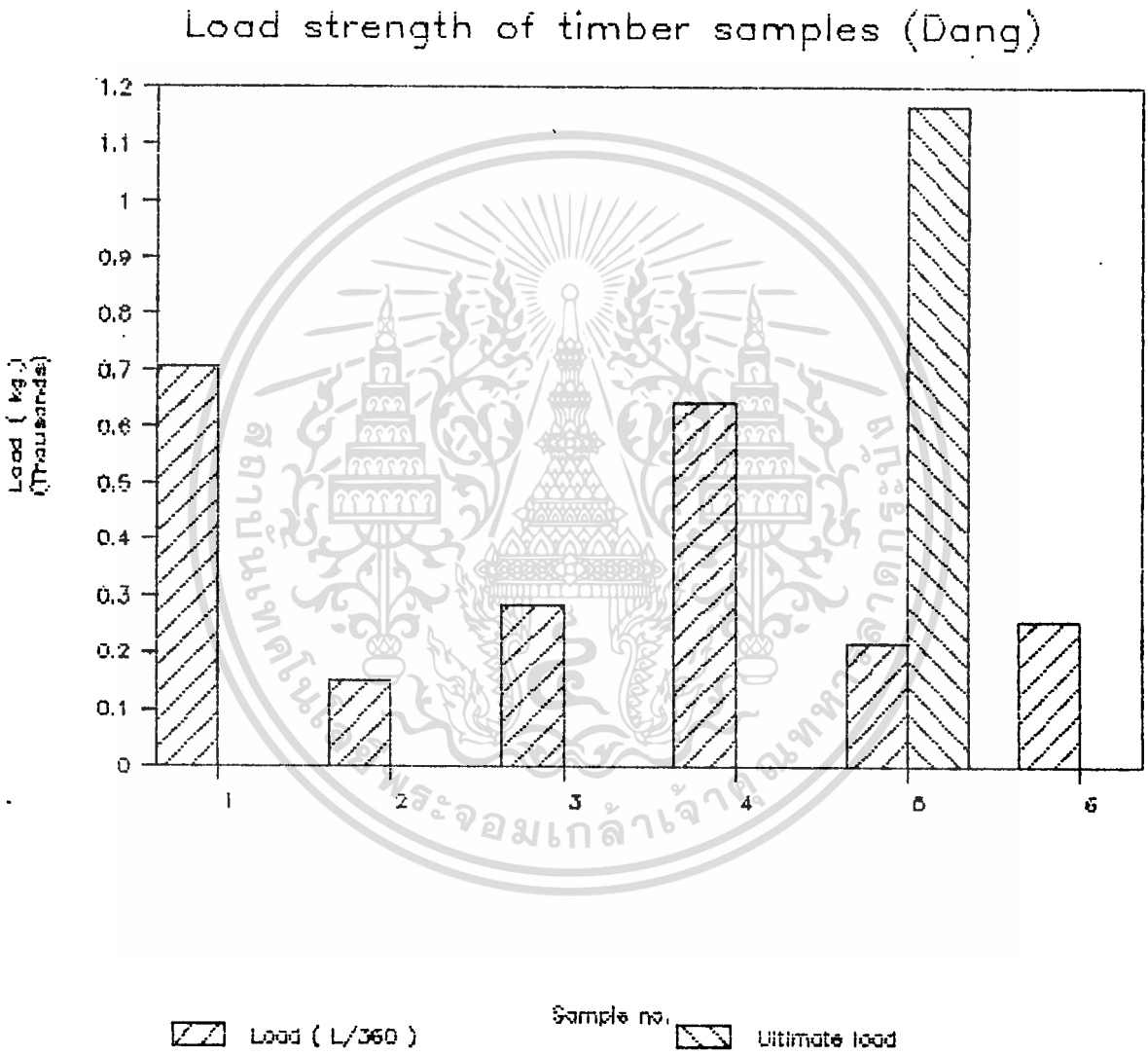
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง สามารถนำกำลังรับน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำขึ้น และของไม้แปรรูป ($1\frac{1}{2}$" x 3") มาคำนวณหาความต้านทานต่อโมเมนต์สูงสุดได้

เนื่องจากการทดสอบ ใช้น้ำหนักกระทำเป็นจุดที่กึ่งกลางคาน ดังนั้นค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดหาได้จากสูตร

$$M_{max} = \frac{PL}{4}$$

เมื่อ M_{max} = โมเมนต์ดัดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างรับได้ (กก. - ม.)

P = น้ำหนักกดเป็นจุด (กก.)

L = ช่วงความยาว (ม.)

ซึ่งได้ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดของชิ้นตัวอย่างดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าโมเมนต์สูงสุดจากการคำนวณผลของการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Properties of 6 mm. reinforced concrete samples

NO.	(3)	(4)	(5)	max.M = PL/4
1	255.0	270.0	1.00	63.75
2	225.0	240.0	1.00	56.25
3	217.0	255.0	1.00	54.25
4	225.0	285.0	1.00	56.25
5	240.0	285.0	1.00	60.00
6	210.0	225.0	1.00	52.50
Avg.	228.7	260.0	1.00	57.17

Properties of 9 mm. reinforced concrete samples

NO.	(3)	(4)	(5)	max.M = PL/4
1	285.0	540.0	1.00	71.25
2	300.0	525.0	1.00	75.00
3	285.0	420.0	1.00	71.25
4	255.0	600.0	1.00	63.75
5	330.0	645.0	1.00	82.50
6	315.0	510.0	1.00	78.75
Avg.	295.0	540.0	1.00	73.75

Properties of 12 mm. reinforced concrete samples

NO.	(3)	(4)	(5)	max.M = PL/4
1	465.0	765.0	1.00	116.25
2	450.0	832.0	1.00	112.50
3	450.0	840.0	1.00	112.50
4	405.0	795.0	1.00	101.25
5	345.0	735.0	1.00	86.25
6	420.0	825.0	1.00	105.00
Avg.	422.5	798.7	1.00	105.63

*** (3) = Load at allowable deflection (=L/360) (kg.)
(4) = Ultimate load (kg.)
(5) = Span of samples (m.)
max.M - Maximum moment (PL/4) (kg.-m.)
P - Load of (3)
L = Span of (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Properties of timber samples (Yang)

NO.	(3)	(4)	(5)	max.M = PL/4
1	210.0	none test	1.00	52.50
2	165.0	none test	1.00	41.25
3	225.0	none test	1.00	56.25
4	225.0	none test	1.00	56.25
5	435.0	none test	1.00	108.75
6	443.0	705.0	1.00	110.75
Avg.	283.8	705.0	1.00	70.96

Properties of timber samples (Dang)

NO.	(3)	(4)	(5)	max.M = PL/4
1	705.0	none test	1.00	176.25
2	150.0	none test	1.00	37.50
3	285.0	none test	1.00	71.25
4	645.0	none test	1.00	161.25
5	218.0	1170.0	1.00	54.50
6	255.0	none test	1.00	63.75
Avg.	376.3	1170.0	1.00	94.08

*** (3) = Load at allowable deflection (=L/360) (kg.
(4) = Ultimate load (kg.)
(5) = Span of samples (m.)
max.M = Maximum moment (PL/4) (kg.-m.)
P = Load of (3)
L = Span of (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบชิ้นตัวอย่าง สามารถนำมาคำนวณหาระยะช่วงความยาวมากที่สุดที่จะติดตั้งได้ (ระยะ Span) เมื่อ นน. บรรทุกแผ่กำหนดให้เป็น 100 กก./ม. การคำนวณจะเป็นดังนี้

1) <u>ชิ้นตัวอย่างที่เสริมเหล็ก ϕ 6 มม.</u>

จากผลการทดสอบ M = 57.19 กก.-ม. (ค่าเฉลี่ย)

w_1 = น.น. บรรทุกแผ่นที่แปต้องรับ กำหนดให้เท่ากับ 100 กก./ม.

จาก $M = \frac{1}{8} wl^2$

$$57.19 = \frac{1}{8} \times 100 \times L^2$$

$$L = 2.14 \text{ ม.}$$

∴ ระยะช่วงความยาวที่มากที่สุดของแป ค.ส.ล. = 2.14 ม.

<u>ตรวจสอบ deflection</u>

$$\Delta_{max} = \frac{5\ wL^4}{384\ EI}$$

เมื่อ ใช้ $E_c = 2.39 \times 10^5$ กก./ซม.^{2}

$$I = \frac{1}{12} \times 4 \times 8^3 = 170.67 \text{ ซม.}^4$$

$$\therefore \Delta_{max} = \frac{5 \times 1 \times (214)^4}{384 \times 2.39 \times 10^5 \times 170.67}$$

$$= 0.67 \text{ ซม.}$$

แต่ allowable deflection $(= \frac{L}{360})$

$$= \frac{214}{360}$$

$$= 0.59 \text{ ซม.} < \Delta_{max}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จะต้องเปลี่ยน Span จากการกำหนดค่า allowable deflection = L/ 360 โดยกำหนด w = 1.0 kg./cm.

จาก $\Delta_{max} = \frac{5\ w\ L^4}{384\ EI}$

$$L^4 = \frac{384\ EI}{5\ w} \cdot \Delta_{allow}$$

กำหนด $\Delta_{allow} = L/360$

จะได้ $L^4 = \frac{384 \times 2.39 \times 10^5 \times 170.67 \times L}{5 \times 360 \times w}$

$$L^3 = \frac{8.702 \times 10^6}{w}$$

หาระยะ Span (L) $= \sqrt[3]{\frac{8.702 \times 10^6}{1.00}}$

$= 2.05$ ม.

∴ ระยะช่วงความยาวแป ค.ส.ล. เมื่อเสริมเหล็ก ø 6 มม. จะมีระยะมากที่สุด เมื่อ น.น.

2) <u>ชิ้นตัวอย่างที่เสริมเหล็ก ø 9 มม.</u>

จากผลการทดสอบ M = 73.75 กก. - ม. (ค่าเฉลี่ย)

$w_1 = 100$ กก./ม.

$$M = \frac{1}{8} wL^2$$

$$73.75 = \frac{1}{8} \times 100 \times L^2$$

$= 2.43$ เมตร

ระยะโก่งที่เกิดขึ้น $= \frac{5 \times 1 \times (243)^4}{384 \times 2.39 \times 10^5 \times 170.67}$

$= 1.11$ ซม. $> \frac{L}{360}$ (0.68 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) <u>ชิ้นตัวอย่างที่เสริมเหล็ก ø 12 มม.</u>

จากผลการทดสอบ $M = 105.63$ กก. - ม. (ค่าเฉลี่ย)

$w_1 = 100$ กก./ม.

$$M = \frac{1}{8} w l^2$$

$$105.63 = \frac{1}{8} \times 100 \times L^2$$

$$L = 2.90 \text{ ม.}$$

ระยะโก่งที่เกิดขึ้น $$\Delta = \frac{5 \times 1 \times (290)^4}{384 \times 2.39 \times 10^5 \times 170.67}$$

$$= 2.26 \text{ ซม.} > \frac{L}{360}$$

จะเห็นว่า แป ค.ส.ล. นี้ที่เสริมเหล็กทั้ง 3 ขนาด เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกแผ่ขนาด 100 กก./ม. จะต้องมีช่วงความยาว (Span) ไม่เกิน 2.05 เมตร จึงจะมีระยะโก่งไม่เกิน L/360

นั่นคือ ความยาวของแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมเหล็กทั้ง 3 ขนาดนี้ถูกควบคุมโดยระยะโก่ง ในแนวดิ่งที่ยอมให้ (L/360) โดยขนาดของเหล็กที่เสริมซึ่งมีความต้านทานต่อแรงดึงเนื่องจากโมเมนต์ดัดของน้ำหนักบรรทุกจะทำหน้าที่ต้านทานโมเมนต์ร่วมกับคอนกรีตให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกเพียงพอไม่ให้เกิดการโก่งในแนวดิ่งเกินกว่าที่กำหนดให้ยอมให้เท่านั้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบจะได้ค่าต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. แปคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีเหล็กเสริมขนาด ø 6 มม. สามารถรับน้ำหนักได้น้อยกว่า แป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด ø 9 มม. และ ø 12 มม. ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากความต้านทานของเหล็กเสริมที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะต้านทานโมเมนต์จากน้ำหนักได้ดีกว่า

2. ค่ากำลังรับน้ำหนักของแป ค.ส.ล. ที่ระยะโก่งในแนวดิ่งไม่เกิน- L/360 กับค่ากำลังรับน้ำหนักประลัย จะมีความแตกต่างกันที่ขนาดของเหล็กเสริม นั่นคือ ขนาดของเหล็กเสริมที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยเพิ่มสูงขึ้นมากและมีค่าความแตกต่างกับค่ากำลังรับน้ำหนักที่ระยะโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้มากกว่า แป ค.ส.ล. ที่มีเหล็กเสริมขนาดเล็กกว่า

3. เมื่อเปรียบเทียบแป ค.ส.ล. กับไม้แปรรูปขนาด $1\frac{1}{2}$" x 3" ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน (ใช้ไม้แปรรูป 2 ชนิดคือ ไม้ยาง และไม้แดง) จะเห็นว่า กำลังรับน้ำหนักที่ระยะโก่งในแนวดิ่งที่กำหนด (L/360) ของไม้ยางมีค่าเฉลี่ย 283.83 กิโลกรัม เทียบกับแป ค.ส.ล. จะเทียบได้กับแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด ø 9 มม. ซึ่งแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด ø 9 มม. จะมีความสามารถรับกำลังได้มากกว่าเล็กน้อยคือ 295 กิโลกรัม ส่วนกำลังรับน้ำหนักของไม้แดง เมื่อระยะโก่งอยู่ในกำหนด (L/360) มีค่า 376.33 กิโลกรัม เทียบได้น้อยกว่าแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด ø 12 มม. ประมาณ 46.17 กิโลกรัม

4. กำลังรับน้ำหนักประลัยของไม้ยาง (ทดสอบ 1 ตัวอย่าง) ประมาณ 705 กิโลกรัม มีค่าสูงกว่าแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด ø 6 มม. และที่เสริมเหล็กขนาด ø 9 มม. ซึ่งมีค่า 260 กิโลกรัม และ540 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่ไม้ยางยังมีกำลังรับน้ำหนักประลัยน้อยกว่ากำลังรับน้ำหนักของแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด ø 12 มม. ซึ่งมีกำลังรับน้ำหนักประลัยเท่ากับ 798.75 กิโลกรัม ส่วนไม้แดงมีกำลังรับน้ำหนักประลัย 1170 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยของแป คอนกรีตเสริมเหล็กทั้ง 3 ขนาด

5. จากข้อ 3, และ 4 แสดงให้เห็นว่าไม้มีคุณสมบัติในการต้านทานกำลังรับน้ำหนักที่มีค่าสูง ๆ ได้ดีกว่าคอนกรีตเสริมเหล็กในขณะที่กำลังรับน้ำหนักที่ควบคุมโดยระยะโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้ (L/360) มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักที่ควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมโดยระยะโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้ที่ใกล้เคียงกันเป็นมาตรฐานเดียวกัน

6. ขนาดหน้าตัดของแป ค.ส.ล. มีขนาดค่อนข้างคงที่เมื่อเทียบกับไม้แปรรูป ทั้งนี้เนื่องจากการใช้แบบหล่อที่มีความแข็งแรงและกำหนดขนาดได้

7. กำลังรับน้ำหนักของไม้แปรรูปมีค่าไม่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับ แป ค.ส.ล. ซึ่งมีค่ากำลังรับน้ำหนักสม่ำเสมอใกล้เคียงกันมากกว่า

8. น้ำหนักของแป ค.ส.ล. จะหนักกว่าไม้ยางประมาณ 4.4 เท่า และหนักกว่าไม้แดงประมาณ 3.10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบเรื่องราคา

ค่าใช้จ่ายโดยประมาณของผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กเปรียบเทียบกับไม้แปรูปขนาด $1\frac{1}{2}$" x 3" คิดต่อขนาดแปคอนกรีตเสริมเหล็กยาว 1.00 เมตร โดย

ค่าวัสดุ

1)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง	3.23	บาท
2)	ทรายหยาบ	0.43	"
3)	หินเกล็ด	0.48	"
4)	น้ำ	0.01	"
5)	แบบไม้อัด (ใช้แบบได้ 5 ครั้ง)	2.79	"
6)	ลวดและตะปู	2.62	"
7)	เหล็กเส้น ขนาด 6 มม.	19.65	"
	ขนาด 9 มม.	27.96	"
	ขนาด 12 มม.	39.63	"

ค่าแรง

8)	เมื่อเสริมเหล็กขนาด 6 มม. ค่าแรงรวม	8.43	บาท
9)	" ----------" 9 มม. "------"	9.54	"
10)	"----------" 12 มม. "------"	11.10	"

ดังนั้น สามารถแยกราคาตามขนาดของเหล็กเสริมแป ได้ดังนี้

เมื่อเหล็กเสริมมีขนาด 6 มม. ราคา	37.64	บาท
" ----------" 9 มม. "	47.06	"
" ----------" 12 มม. "	60.29	"

แต่จากการคำนวณการหากำลังรับโมเมนต์ดัดของแป ค.ส.ล. ตัวอย่างเหล่านี้ เมื่อกำหนดน้ำหนักบรรทุก = 100 กก./ม. ความยาวแปที่หาได้ 2.05 เมตร โมเมนต์ที่เกิดขึ้นยังคงมีค่าน้อยกว่าโมเมนต์ที่แป ค.ส.ล. ที่มีขนาดเหล็กเสริม 6 มม. ได้รับจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ

ดังนั้นเราจึงนำเฉพาะแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด 6 มม. มาใช้เพราะมีราคาถูกที่สุด เมื่อเทียบกับแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด 9 มม. และ 12 มม. และมีความสามารถรับโมเมนต์ได้เทียงพอกับน้ำหนักบรรทุกขนาด 100 กก./ม. และช่วงความยาวแป มีค่า 2.05 เมตร

ส่วนราคาของไม้แปรรูปขนาด $1\frac{1}{2}$" x 3" (ไม้ยางไทย) คิดต่อ 1.00 เมตร

ไม้ยางไทย คิดต่อเมตร ๆ ละ 21 - 25 บาท

จะเห็นว่าราคาของผลิตภัณฑ์แป ค.ส.ล. ที่ทำขึ้นมานี้มีราคาสูงกว่าราคาของไม้ยาง (ไทย) ซึ่งนำไปใช้ในการทำเป็นแปของหลังคา

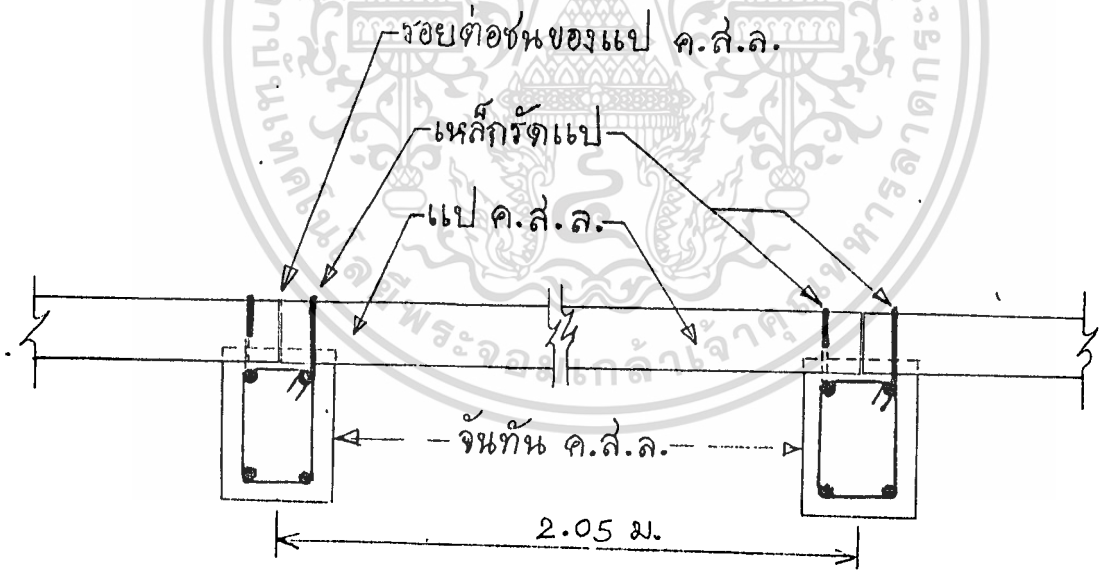
แต่เมื่อเปรียบเทียบการใช้งาน ค.ส.ล. มีระยะช่วงความยาวได้สูงสุดเท่ากับ 2.05 เมตร ในขณะที่แปไม้แปรรูป มีระยะได้สูงสุดเพียง 1.00 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งแปคอนกรีตเสริมเหล็ก

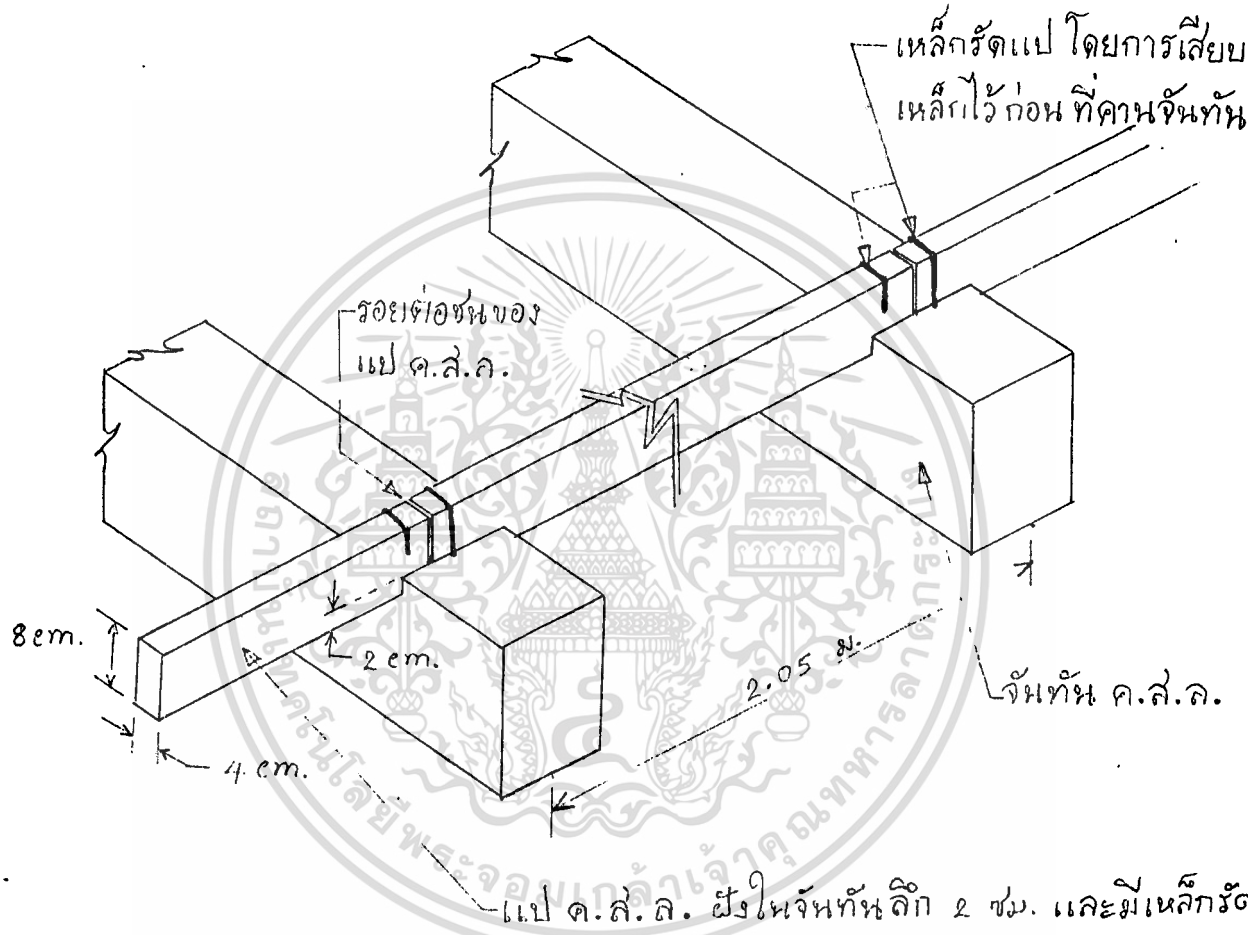
เนื่องจากแปมีน้ำหนักค่อนข้างมากจึงมีการติดตั้งแปคอนกรีตเสริมเหล็กนี้กับจันทันคอนกรีตเสริมเหล็กโดยฝังแปคอนกรีตเสริมเหล็กไว้ในจันทันลึกประมาณ 2 ซม. โดยแป ค.ส.ล. ที่จะฝังลงในจันทันนี้ทำโดยการกำหนดตำแหน่งไว้ที่จันทัน ค.ส.ล. เมื่อเวลาเทคอนกรีต คานจันทันก็จะทำการ Block Out ไว้เพื่อเป็นที่วางแป ค.ส.ล. เหล่านี้ ซึ่งจะมีการเสียเหล็กไว้ที่คานจันทันเพื่อใช้เป็นเหล็กรัดแปอีกทีหนึ่ง

ลักษณะการติดตั้งจะแสดงดังรูปในหน้าถัดไป และรายละเอียดการวางแป ค.ส.ล. กับจันทัน ค.ส.ล. เมื่อดูจากรูปตัดจะมีลักษณะดังนี้



รูปตัด แสดงรายละเอียดการติดตั้งแป ค.ส.ล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

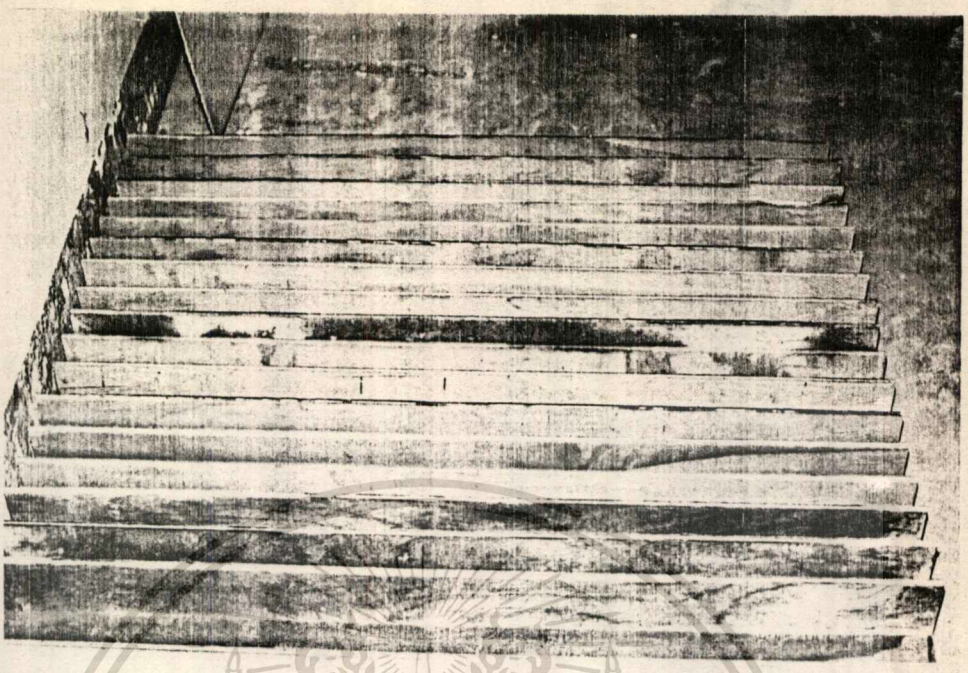


รูปแสดง การติดตั้งแปคอนกรีตเสริมเหล็ก

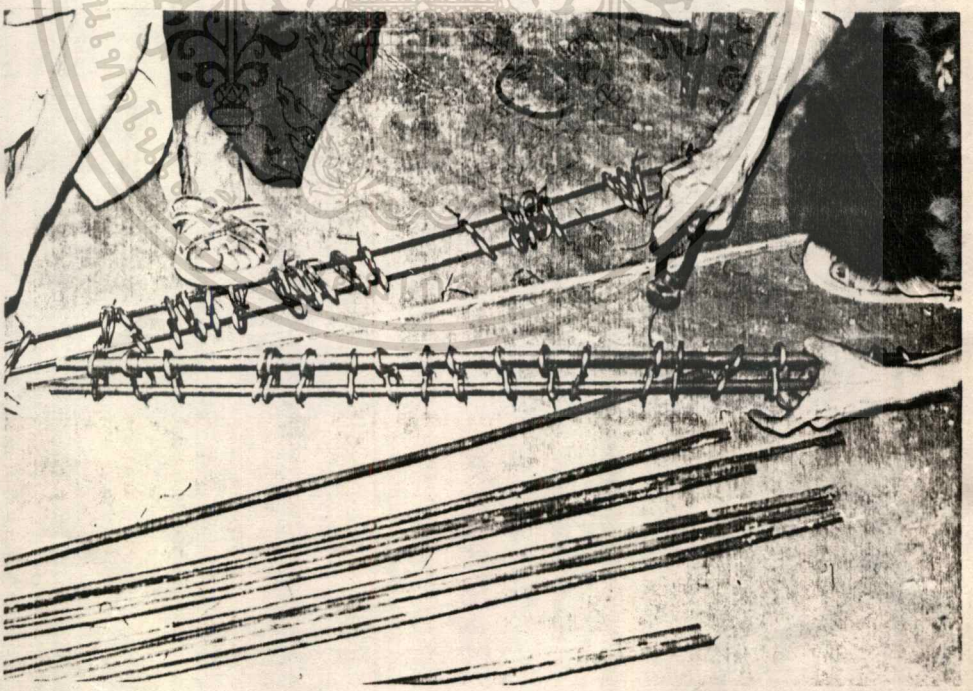
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพถ่ายแสดงโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

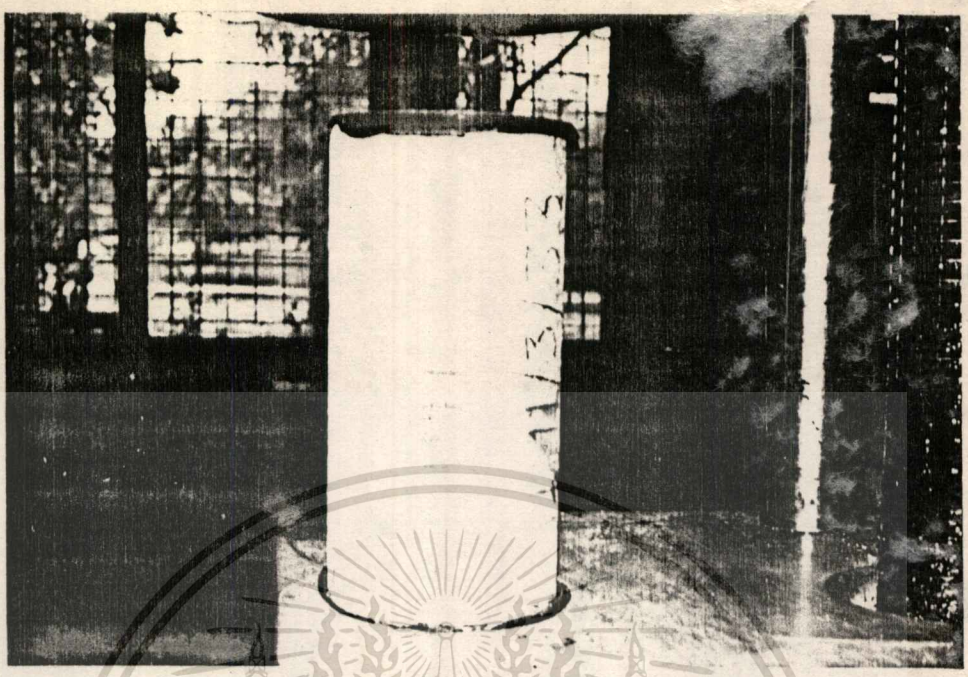


รูปที่ ๑ แบบหล่อคอนกรีตของแป ค.ส.ล. มีขนาดความยาว ๑.๐๐ ม. สามารถทำได้เป็นจำนวนมาก ๆ ได้



รูปที่ ๒ แสดงลักษณะของเหล็กเสริมของแป ค.ส.ล. และแสดงการ-ผูกเหล็ก

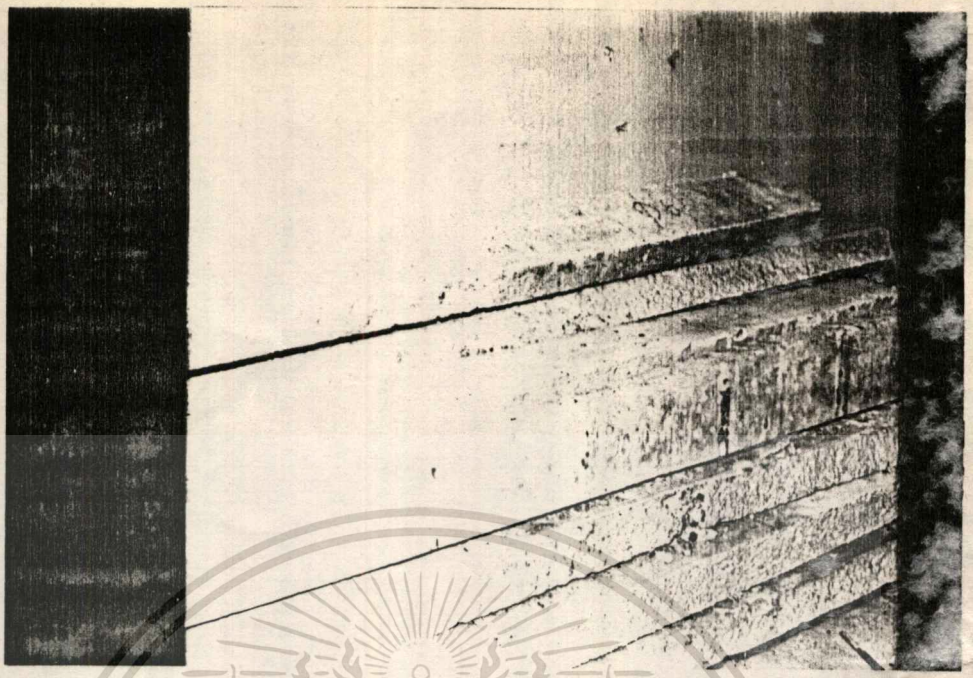
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓ หลังจากการเทคอนกรีตจะหล่อลูกปูนเพื่อนำไปทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต

รูปที่ ๔ การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ใช้ทำแท่ง ค.ส.ล. เพื่อนำไปใช้หาในเรื่องการคำนวณตามทฤษฎีการออกแบบ

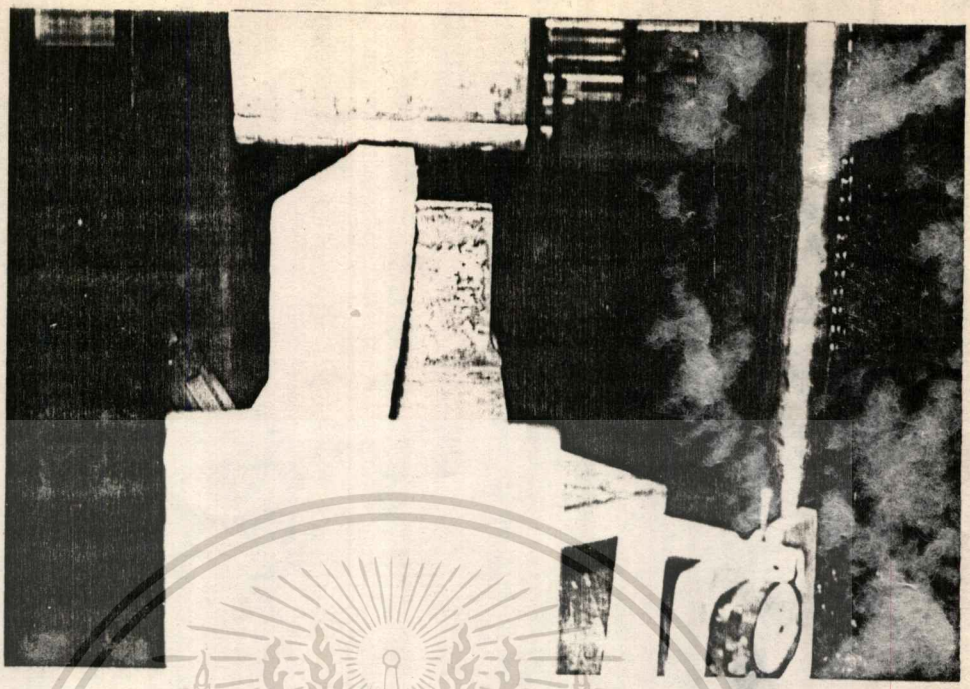
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



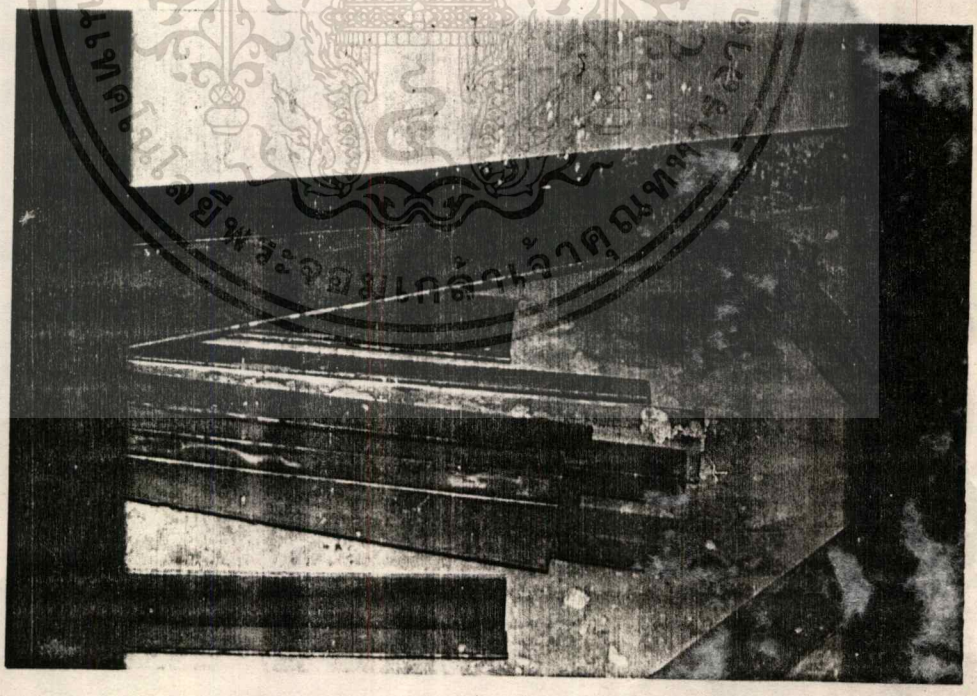
รูปที่ ๕ ลักษณะของแป ค.ส.ล.ที่มีขนาดหน้าตัด ๔ คูณ ๘ ซม.
ที่ทำการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนัก

รูปที่ ๖ ไม้แปรูปที่ทำการทดสอบเช่นเดียวกับแป ค.ส.ล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

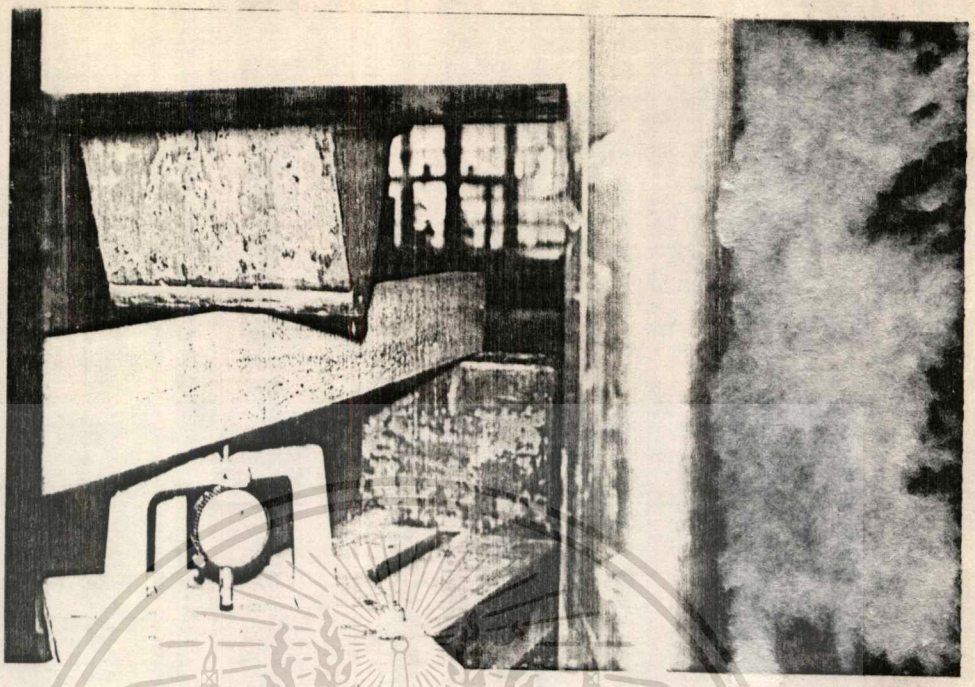


รูปที่ ๗ การทดสอบกำลังรับน้ำหนักเมื่อน้ำหนักกระทำเป็นจุดที่กึ่งกลาง-แป ค.ส.ล.

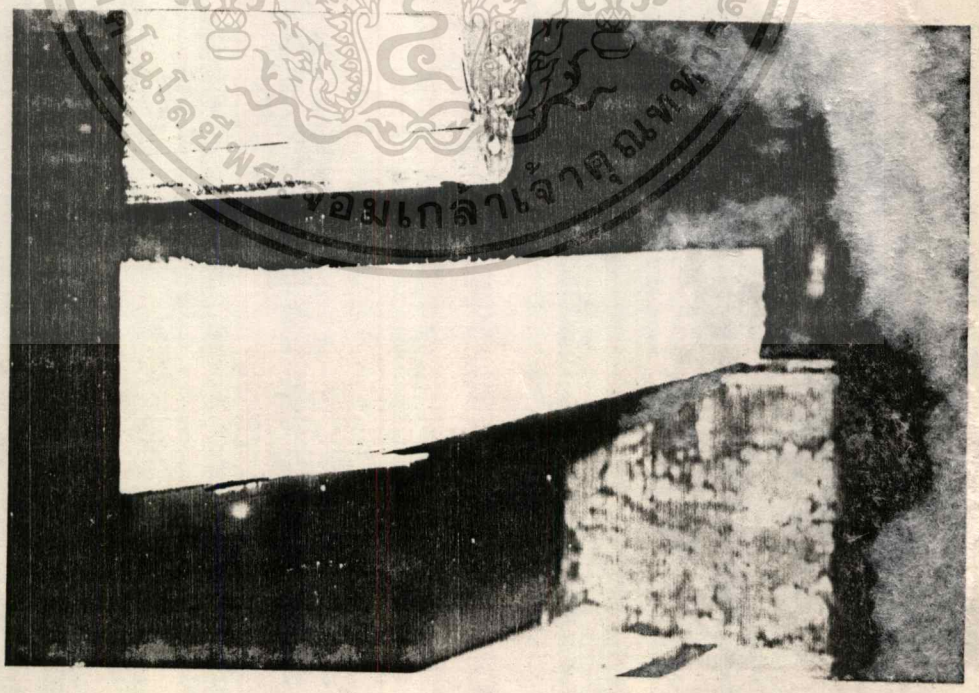


รูปที่ ๘ แบบของแป ค.ส.ล.เมื่อทำการถอดแบบแล้ว สามารถนำแบบมาใช้-ซ้ำได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

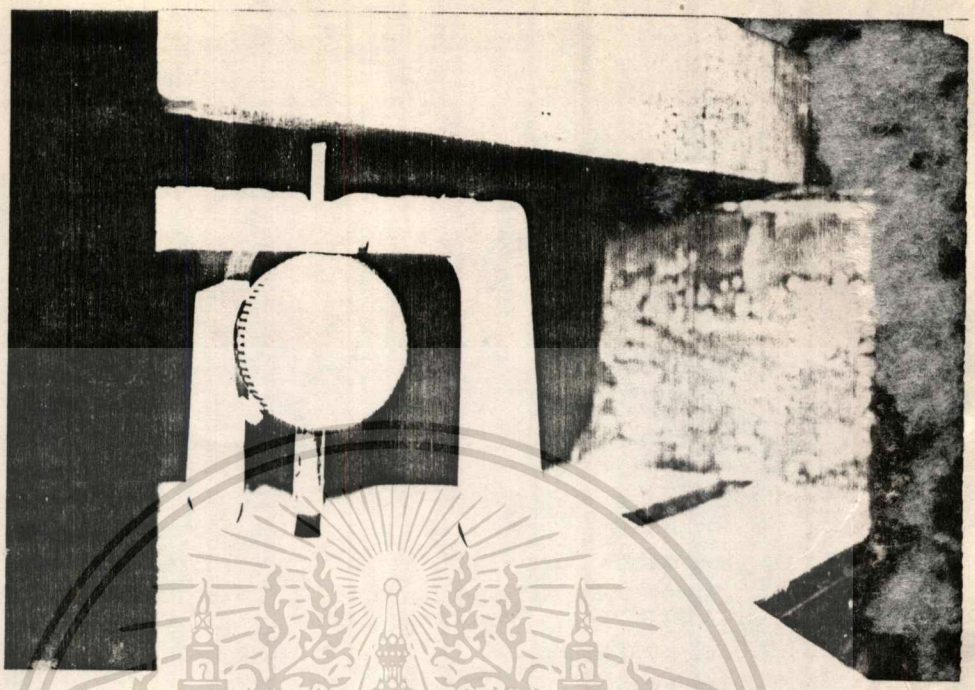


รูปที่ ๙ การทดสอบหากำลังรับน้ำหนักของไม้แปรรูป [illegible] หนักกระทำที่กึ่ง-
กลาง โดยที่มีตัวควบคุม คือ ระยะโก่งในแ [illegible] ที่เกิดขึ้นไม่เกิน
อัตราส่วนของช่วงความยาวคานต่อ ๓๖๐

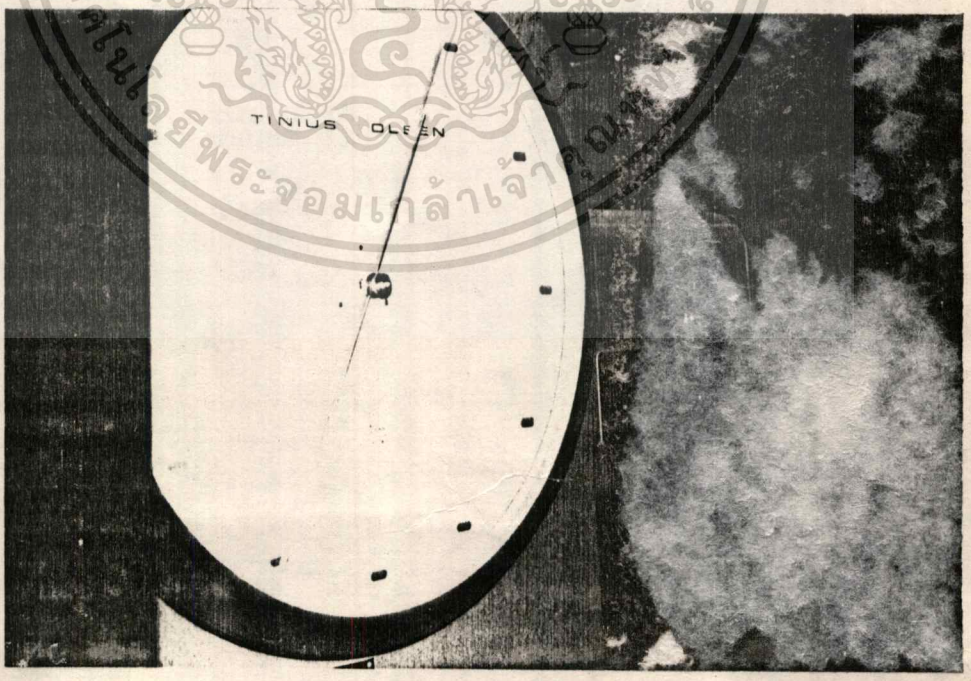


รูปที่ ๑๐ แสดงการกดคานของไม้แปรรูปจนถึงน้ำหนักประลัย เมื่อคลายน้ำ-
หนักออกคานไม้แปรรูปจะเสียรูปไปดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑๑ การกำหนดระยะโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้ จะใช้เครื่องมือวัด ไดอัล-เกจ เป็นเครื่องมือวัก



รูปที่ ๑๒ แสดงหน้าปัทม์ของเครื่องยูนิเวอร์แซล ที่แสดงค่าน้ำหนักที่กด โดย-ให้สัมพันธ์กับตัวควบคุมระยะโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การนำผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำขึ้นมาใช้นี้ จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็ก ว่ามีความสามารถรับน้ำหนักได้มากน้อยเพียงใด ในระยะช่วงความยาวที่กำหนดคือ 1.00 เมตร ส่วนกำลังรับน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดเหล็กเสริมขนาดใหญ่ จะสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่า แต่เมื่อเทียบกับไม้แปรูปที่ใช้ทำเป็นแป คือไม้ยาง จะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะเสริมเหล็กขนาดใดใน 3 ขนาด คือ 6 มม. , 9 มม. และ 12 มม. ก็ตาม กำลังรับน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีค่าสูงกว่า แต่เมื่อเทียบน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็กนี้กับไม้แปรูปที่มีขนาดเท่าหรือใกล้เคียงกันแล้ว แปคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีน้ำหนักมากกว่า 3-4 เท่า เมื่อความยาวเท่า ๆ กัน

การนำแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความยาวเพียง 1.00 เมตร มาใช้งาน จึงมีความไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ เพราะน้ำหนักมาก จันทันที่รองรับที่ใช้จะต้องเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย ดังนั้นจะต้องให้แปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำขึ้นมานี้มีความยาวเพิ่มขึ้นโดยให้มีการโก่งในแนวดิ่งไม่เกินการโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้ ($= L/360$) และการที่จะให้มีจันทัน ค.ส.ล. รองรับทุก ๆ ช่วงความยาวแป ค.ส.ล. ทุก ๆ เมตร เป็นการสิ้นเปลืองไม่เหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง จึงต้องคำนวณหาความยาวของแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่มากที่สุดที่ยอมให้ได้

จากการคาดคะเนโดยการคำนวณค่ากำลังรับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำขึ้นมาจะเห็นได้ว่ากำลังรับน้ำหนักของแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมเหล็กทั้ง 3 ขนาดเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัมต่อเมตร จะได้ความยาว 2.14 เมตร เมื่อเสริมเหล็กขนาด 6 มม. , ได้ความยาว 2.43 เมตร เมื่อเสริมเหล็กขนาด 9 มม., และได้ความยาว 2.90 เมตร เมื่อเสริมเหล็กขนาด 12 มม. แต่จากการตรวจสอบค่าการโก่งในแนวดิ่ง จะได้ค่าการโก่งที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าค่าการโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้ การกำหนดความยาวจึงต้องกำหนดจากค่าการโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้เป็นตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการหาความยาวของแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ขนาดหน้าตัด 4 ซม. 8 ซม. นี้จะได้ความยาวของแปคอนกรีตเสริมเหล็กยาว 2.05 เมตร เป็นความยาวเมื่อแปรับน้ำหนักบรรทุกขนาด 100 กิโลกรัมต่อเมตร แล้วค่าการโก่งในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นไม่เกินค่าการโก่งในแนวดิ่งที่ยอมให้

และจากการกำหนดขนาดของเหล็กเสริมแป ค.ส.ล. ที่มีขนาด 6 มม. เมื่อทำการทดสอบหาค่าโมเมนต์ จะได้โมเมนต์มีค่าเท่ากับ 57.19 กก. - ม. จากการกำหนดค่าน้ำหนักบรรทุกบนแป ค.ส.ล. นี้เท่ากับ 100 กก./ม. และหาขนาดความยาวของแป ค.ส.ล. ได้ยาวที่สุด 2.05 เมตร จะได้ค่าโมเมนต์ของแป ค.ส.ล.ที่เกิดขึ้นคือ

$$M = \frac{1}{8} w L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 100 \times (2.05)^2$$

$$= 52.53 \text{ กก. - ม.} \qquad 57.19 \text{ กก. -ม.}$$

นั่นคือเหล็กเสริมแปคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 6 มม. ที่ขนาดหน้าตัดแป 4 ซม. คูณ 8 ซม. ก็สามารถต้านทานโมเมนต์ที่เกิดขึ้นอย่างเพียงพอ จึงสามารถใช้ขนาดของแป ค.ส.ล. ที่เสริมเหล็กขนาด 6 มม. ก็เป็นการเพียงพอ

เมื่อต้องการแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำขึ้นนี้ให้มีความยาวมากขึ้น จะต้องเพิ่มขนาดหน้าตัดของแป ค.ส.ล. นี้โดยอาจให้มีความลึกของคานมากขึ้นกว่าขนาดความกว้างของคาน ทั้งนี้เพราะค่าการโก่งในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นนั้น จะมีค่าน้อยลงเมื่อขนาดหน้าตัดมีมากขึ้น ซึ่งอยู่ในรูปของโมเมนต์อินเนอร์เชีย (โมเมนต์ความเฉื่อย) ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$I = \frac{1}{12} bh^3$$

I = โมเมนต์ความเฉื่อย

b = ความกว้างของหน้าตัด

h = ความลึกของหน้าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าการโก่งในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นจะหาได้จาก

$$\Delta = \frac{5\ w L^4}{384 E I}$$

Δ = ค่าการโก่งในแนวดิ่งที่เกิดขึ้น

w = น้ำหนักบรรทุก

L = ช่วงความยาวของแปคอนกรีตเสริมเหล็ก

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของแป ค.ส.ล.

ดังนั้น การออกแบบเพื่อพัฒนาแปคอนกรีตเสริมเหล็กต่อไป จะเป็นการเพิ่มขนาดหน้าตัดโดยควรจะเพิ่มความลึกของแปมากกว่าความกว้างเพื่อให้แป ค.ล.ล. เพิ่มกำลังรับน้ำหนักสูงขึ้นมากกว่าการเพิ่มความกว้างของแป ค.ส.ล. เพราะการลดระยะโก่งในแนวดิ่งของแป ค.ส.ล. นี้จะควบคุมโดยค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของแป ค.ส.ล. และโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต แต่โมเมนต์ความเฉื่อยเป็นตัวควบคุมที่สามารถกำหนดได้ง่ายกว่า

การนำแปคอนกรีตเสริมเหล็กที่ได้ไปติดตั้ง จะต้องติดตั้งกับจันทัน ค.ส.ล. เช่น เดียวกัน ทั้งนี้เพราะแป ค.ส.ล. นี้มีน้ำหนักค่อนข้างมาก ขนาดของจันทัน ค.ส.ล. จะมีขนาดเท่าไหนขึ้นอยู่กับช่วงความยาวของจันทันนั้น การยึดแป ค.ส.ล. นี้เข้าด้วยกันเพื่อให้แปมีความยาวตลอดหลังคา จะทำโดยให้ข้อต่อของแปวางอยู่บนจันทันที่บากโดยการทำ Block out ไว้มีความลึกของรอยบากประมาณ 2 ซม. เพื่อให้แป ค.ส.ล. ฝังอยู่ในจันทันคอนกรีต มีเหล็กเสียบไว้รัดแปอีกทีหนึ่ง โดยเชื่อมเหล็กนี้ไว้กับคอนกรีตเสริมของคานจันทัน

ส่วนการเปรียบเทียบด้านราคานั้นจะได้ว่าราคาของผลิตภัณฑ์แปคอนกรีตเสริมเหล็กเมื่อคิดต่อเมตร จะเท่ากับ 37.64 บาท เมื่อเสริมเหล็กขนาด 6 มม. ส่วนไม้แปรูปขนาด $1\frac{1}{2}$" x 3" (ไม้ยางไทย) จะมีราคาคิดต่อเมตรเท่ากับ 21 - 25 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าแปคอนกรีตเสริมเหล็ก มีราคาแพง กว่าไม้แปรรูป แต่คุณลักษณะอื่น ๆ สามารถเปรียบเทียบได้ดังตาราง

ไม้	แป ค.ส.ล.
1) ผลิตจากโรงเลื่อย ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรขนาดใหญ่ ปริมาณการผลิตขึ้นอยู่กับสภาพของป่าไม้	1) สามารถผลิตได้ด้วยวิธีง่าย ๆ คนทั่วไปสามารถผลิตใช้เองได้
2) บางครั้งมีความขาดแคลน, บางครั้งมีปริมาณมากเกินพอ	2) ในอนาคตคาดว่าจะมีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กกันมากขึ้นเพื่อทดแทนไม้แปรรูป
3) มีน้ำหนักเบาและเป็นวัสดุที่ยืดหยุ่นดี ถือได้ว่าเป็นวัสดุก่อสร้างที่ดีมากชนิดหนึ่ง	3) มีน้ำหนักมาก การทำงานค่อนข้างยาก รวมไปถึงตัวจันทันที่รองรับแปด้วย จึงควรมีการพัฒนาข้อเสียนี้ให้ดีขึ้นต่อไป
4) เมื่อเกิดความเสียหายในไม้ เช่น การแตก, ตำหนิจากตาไม้จะกระทบกระเทือนต่อความแข็งแรงของโครงสร้างนั้นได้	4) ความเสียหายในคอนกรีตเสริมเหล็กส่วนใหญ่เกิดจากความควบคุมคุณภาพไม่ดีพอ ถ้าควบคุมคุณภาพให้ดีแล้วตำหนิหรือความเสียหายจะไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อย.
5) การผึ่งไม้ หรือการทำให้แห้งจะต้องทำอย่างถูกวิธี จึงจะไม่ทำให้เกิดการหดตัว การบิด, การงอและการแตกของไม้	5) เนื่องจากสามารถควบคุมคุณภาพได้ง่าย เพราะผลิตจากในโรงงานหรือในที่ควบคุมได้ ความเสียหายจึงสามารถแก้ไขได้
6) อายุการใช้งานของไม้ ถ้าโครงสร้างไม้ถูกใช้ให้เหมาะสมและมีสิ่งแวดล้อมที่ดี คือไม้ที่อยู่ในสภาพที่แห้งเสมอหรือเปียกเสมอไม้จะมีอายุการใช้งานที่ยืนยาวและ	6) อายุการใช้งานของคอนกรีตโดยทั่วไปแล้วจะมีประมาณ 20 ปีถึง 30 ปี ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานโครงสร้างนั้นๆ แต่ถ้าเทียบกับไม้แล้วถ้าอยู่ในสภาพการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้	แป ค.ส.ล.
ถาวร นอกจากนี้ไม้อาจมีอายุการใช้งานที่สั้นลงเนื่องจากสัตว์ทำลายเนื้อไม้ เช่น ปลวก, หรือ สัตว์เจาะไม้ในน้ำทะเล	ใช้งานที่เหมือนกัน คอนกรีตจะมีความคงทนมากกว่าเพราะการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถให้ทนต่อสภาวะดินฟ้าอากาศได้ดี
7) ความต้านทานต่อเพลิงของไม้ จะมีความต้านทานได้เมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงที่สุดมีค่า 204 °C (400 °F) ไม้จะไหม้	7) ความต้านทานต่อเพลิงของคอนกรีตจะทนต่อไฟได้ดี เพราะคอนกรีตเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ความร้อนไม่มีผลต่อกำลังของคอนกรีตและความสามารถในการรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. วินิต ช่อวิเชียร : "คอนกรีตเทคโนโลยี
2. วินิต ช่อวิเชียร : "คอนกรีตเสริมเหล็ก" พิมพ์ครั้งที่เจ็ด พ.ศ. 2530
3. วินิต ช่อวิเชียร : "การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก" พิมพ์ครั้งที่ 6 พ.ศ. 2527
4. รังษี นันทสาร : "การออกแบบโครงสร้างไม้" พิมพ์ครั้งที่ 7 พ.ศ.2530
5. ตระกูล อร่ามรักษ์ : "การออกแบบโครงสร้างไม้" พ.ศ. 2526
6. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) : "บ้านตัวอย่าง การพัฒนาชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับบ้านพักอาศัยในเขตเมือง" พ.ศ. 2532
7. พิภพ สุนทรสมัย : "วัสดุการก่อสร้าง"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้