การศึกษาโครงสร้างคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทย เพื่อทดแทนไม้นำเข้า

COMPOSITE WOOD-STEEL TRUSS FROM LOCAL LUMBER FOR SUBSTITUTE IMPORTED TIMBER

นายวงศกร สว่างวงษ์
WONGSAKRON SAWANGWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2563
KMITL-2020-AR-M-006-007

การศึกษาโครงสร้างคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทย เพื่อทดแทนไม้นำเข้า

COMPOSITE WOOD-STEEL TRUSS FROM LOCAL LUMBER FOR SUBSTITUTE IMPORTED TIMBER

นายวงศกร สว่างวงษ์

WONGSAKRON SAWANGWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-AR-M-006-007

COMPOSITE WOOD-STEEL TRUSS FROM LOCAL LUMBER FOR SUBSTITUTE IMPORTED TIMBER

WONGSAKRON SAWANGWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN ARCHITECTURAL TECHNOLOGY

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-AR-M-006-007

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทยเพื่อทดแทนไม้นำเข้า
นักศึกษา	นายวงศกร สว่างวงษ์
รหัสประจำตัว	60602053
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
ปีการศึกษาที่	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์(ร่วม)	-

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทยเพื่อทดแทนไม้นำเข้าเป็นการวิจัยเชิงทดลองในลักษณะการทดสอบ โดยการศึกษางานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาไม้แปรรูปไทย เพื่อใช้ทดแทนไม้กลูลามิเนตทิมเบอร์(Glulam)จากต่างประเทศเพื่อผลิตคานโครงถักไม้-เหล็ก โดยศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องคานโครงถักไม้-เหล็กจากมาตรฐานและแคทตาล็อคต่างประเทศ โดยในเรื่องของโครงถักนั้นแจกแจงรายละเอียดได้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบ ลักษณะ และระยะต่างๆของโครงถักเพื่อการออกแบบชิ้นงานโครงถัก พร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้แปรรูปไทยเปรียบเทียบกับไม้กลูลามิเนตทิมเบอร์(Glulam) โดยใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบ

จากการศึกษาข้อมูลวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทำให้ทราบข้อมูลสำหรับการออกแบบโครงถักไม้-เหล็ก เพื่อการทดสอบการรับน้ำหนักของชิ้นงานที่ผ่านการออกแบบผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยหลักการไฟต์ไนต์อิลิเมนต์ เมื่อผ่านการทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วนั้นจะทำการคัดเลือกชิ้นงานผ่านกระบวนการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบของโครงสร้างพื้นในบ้านพักอาศัย

จากการทดสอบแรกเพื่อหาข้อสรุปรูปแบบคานโครงถักเพื่อใช้ในการทดสอบในขั้นต่อไประหว่างคานโครงพักซึ่งมีโครงค้ำยันแนวทแยง(Web) ขนาด 1นิ้ว และ 1½ นิ้ว พบว่า คานโครงถักไม้-เหล็กนั้นรูปแบบที่นำไปใช้สำหรับการทดสอบในขั้นต่อไป คือ 1 นิ้ว เนื่องด้วยน้ำหนักของโครงสร้างที่น้อยจึงทำให้คานโครงถักนั้นรับแรงเพิ่มขึ้นได้มากกว่า และเมื่อได้รูปแบบที่ได้จากการทดสอบแรกแล้วนั้นจะเข้าสู่การทดสอบเพื่อค้นหาไม้มีคุณเทียบเคียงหรือดีกว่าไม้กลูแลมต่อไป

เมื่อมาถึงการทดสอบคานโครงถักรูปแบบต่างๆจากไม้ประเภทต่างๆซึ่งเป็นการทดสอบหลักในงานวิทยานิพนธ์นี้แล้วนั้น พบว่าไม้ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงนั้น จะคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับทดแทนไม้กลูแลมนำเข้า โดยผลจากการทดสอบนั้นไม้กระถินเทพามีคุณสมบัติในการเสียรูปและรับแรงจากน้ำหนักสร้างได้ดีกว่าไม้กลูแลม และรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนคานในบ้านพักอาศัยคือคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร ความลึกโครง L/12 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30องศา และมีจำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับไม้กระถินเทพา

จากการทดสอบหลักนำมาสู่การทดสอบเพื่อการใช้งานจริงโดยใช้ไม้กระถินเทพาเพื่อทดแทนไม้กลูแลมในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยโดยใช้การทดสอบด้วยการจำลองพื้นในบ้านพักอาศัยขนาด 4x6 เมตร โดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 4 เมตร ความลึกโครง L/12 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30องศา เพื่อทดสอบหาค่าความแอ่นตัวจากน้ำจริงทางสถาปัตยกรรมยกตัวเช่น น้ำหนักกระเบื้อง น้ำหนักคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งผลสรุปจากการทดสอบคือ คานโครงถักไม้กระถินเทพานั้นมีการเสียรูปน้อยกว่ามาตรฐานทางวิศวกรรมจึงสรุปได้ว่าคานโครงถักไม้กระถินเทพานั้นมีความสามารถในการใช้งานในการแทนที่คานพื้นบ้านพักอาศัย

Thesis	Composite wood-steel truss from local timber for substitute import lumber
Student	Wongsakron Sawangwong
Student ID	60602053
Degree	Master of Architecture
Program	Architectural Technology
Year	2020
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Songkiat Teartisup
Thesis Co-Advisor	-

ABSTRAACT

This article is an experimental research to study the property and usage of processed Thai woods as a replacement of the imported glulaminate timber (Glulam) when used in wood-steel truss application. It also explores literatures that study standards and catalogues of wood-steel truss applications used overseas. This study of truss structure covers the pattern, characteristics and dimensions of truss design. This study also covers mechanical properties of Thai processed woods in comparison to imported glulaminate timber (Glulam) by comparing modulus of elsticity and specific gravity.

This study aims to reveal essential information for designing wood-steel truss by using load bearing test simulation software with finite element method. After simulating with the software, successful models will be selected based physical characteristics and mechanical properties whose information is used to arrive at the research outcome.

The research outcome has provided information for 2 variables that must be included in truss design process. This study provides data on 7 different wood types used in different truss patterns. This prior outcome reveals deformation value and axial load bearing results which can be used to draw a conclusion.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์ และอาจารย์ผู้ช่วย อาจารย์วัชรพงษ์ ประสานเกลียว ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาให้ด้านงานต่างๆ และคณะกรรมการตรวจการสอบวิทยานิพนธ์สำหรับคำแนะนำและแรงสนับสนุน

ขอขอบคุณบิดามารดา ภรรยา และเพื่อนๆที่ไดให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุน ทำให้สามารถผ่านปัญหาและอุปสรรคต่างๆจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปไดด้วยดี

สุดท้ายผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในอนาคตต่อไป

วงศกร สว่างวงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญภาพ VIII
สารบัญแผนภูมิ XII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญในการศึกษา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 5
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา 5
1.6 ขอบเขตงานวิจัย 6

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 7
2.1 โครงถักไม้-เหล็กในต่างประเทศ 7
2.2 แคทตาล็อคโครงถักไม้-เหล็กจากต่างประเทศ Red build catalogue 8
2.3 ไม้ประกับโครงสร้าง 11
2.2.1 ไม้ประกับโครงสร้างในประเทศไทย 11
2.2.2 ไม้ประกับโครงสร้างในต่างประเทศ 11
2.4 ไม้แปรรูปในประเทศไทย 13
2.4.1 ความหมายไม้แปรรูป 13
2.4.2 การนำไม้ไปใช้งาน 13
2.4.3 กลสมบัติไม้แปรรูปและมาตรฐานไม้ 14
2.4.4 ไม้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ 18
2.5 โครงถัก 19
2.5.1 ประเภทของโครงสร้าง รูปแบบของโครงถัก 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2 องค์ประกอบของโครงถัก....21
2.6 ระบบโครงสร้างและการใช้งาน....22
2.7 การวิเคราะห์โครงสร้าง....24
2.7.1 แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง....24
2.7.2 ฐานรองรับ....26
2.7.3 น้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้าง....27
2.8 โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง....24

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....30
3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา....30
3.2 กระบวนการวิจัย....30
3.3 การดำเนินการทดลอง....33
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล....34
3.5 การสรุปผลและเสนอแนะ....34

บทที่ 4 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษา....35
4.1 ข้อมูลคุณสมเชิงกลของไม้....35
4.2 รูปแบบของชิ้นงาน....35
4.2.1 การออกแบบชิ้นงานเบื้องต้น....35
4.2.2 การออกแบบชิ้นเพื่อการทดสอบ....37
4.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว....38
4.4 การทดสอบคานโครงถัก....43
4.4.1 การเสียรูป(Bending)....43
4.4.2 แรงตามแนวแกน (Axial load)....44
4.5 ตารางการเก็บข้อมูล....45
4.6 การเก็บข้อมูล....46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลคานโครงถักไม้-เหล็ก 57

5.1 การเสียรูปในคานโครงถัก 57

5.2 การรับแรงตามแนวแกน 60

5.3 ผลการวิเคราะห์คานโครงถัก.....64

5.3.1 การวิเคราะห์การเสียรูป(Bending).....64

5.3.2 การวิเคราะห์แรงตามแนวแกน (Axial load).....65

5.4 การทดสอบคานโครงถักเพื่อนการใช้งาน 69

บทที่ 6 การสรุปผลและเสนอแนะ 72

6.1 การสรุปผลการวิจัย 72

6.1.1 ไม้แปรรูปในประเทศที่เหมาะสมสำหรับคานโครงถักไม้เหล็ก 72

6.1.2 รูปแบบคานโครงถัก.....72

6.2 ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา 78

6.3 ข้อเสนอแนะ.....78

บรรณานุกรม.....79

ภาคผนวก.....81

ประวัติผู้เขียน.....149

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2.1 ตารางขนาดของหมุดเหล็ก(Pin) ที่ใช้ในโครงถักตามมาตรฐาน ICC....10
2.2 ตารางค่ากลสมบัติมาตรฐานไม้กลูแลมบางชนิด....12
2.3 ตารางประเภทของไม้จำแนกตามความแข็งแรง....16
2.4 ตารางค่ากลสมบัติของไม้เนื้ออ่อนแปรรูปไทย....16
2.5 ตารางค่ากลสมบัติของไม้เนื้อปานกลางแปรรูปไทย....17
2.6 ตารางค่ากลสมบัติของไม้เนื้อแข็งแปรรูปไทย....17
2.7 ตารางแสดงชวงใชงานเหมาะสมและขีดจำกัดโดยประมาณของระบบโครงสร้าง ที่ถ่ายเทน้ำหนัก....23
2.8 ตารางแสดงช่วงอัตราส่วนระหว่างช่วงพาดและความลึกในช่วงใช้งานที่เหมาะสมของระบบ แผ่นคาน ตง โครงถัก และโครงขอแข็ง....23
2.9 ตารางน้ำหนักบรรทุกจร(Live load)ต่างๆตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6....25
2.10 ตารางน้ำหนักบรรทุกคงที่(Dead load)ต่างๆ....25
4.1 ตารางแสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและความถ่วงจำเพาะของไม้แต่ละชนิด....35
4.2 ตารางแสดงจำนวนชิ้นส่วนของโครงค้ำยันแนวทแยงในคานโครงถักรูปแบบต่างๆ....37
4.3 ตารางแสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 6 เมตร(1 นิ้ว)....39
4.4 ตารางแสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 5 เมตร(1 นิ้ว)....40
4.5 ตารางแสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 4 เมตร(1 นิ้ว)....40
4.6 ตารางแสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 6 เมตร(1½ นิ้ว)....41
4.7 ตารางแสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 5 เมตร(1½ นิ้ว)....41
4.8 ตารางแสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 4 เมตร(1½ นิ้ว)....42
4.9 ตารางแสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูล....45
4.10 ตารางแสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร....49
4.11 ตารางแสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร....50
4.12 ตารางแสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร....50
4.13 ตารางแสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร....52
4.14 ตารางแสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร....53
4.15 ตารางแสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร....53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.1 ตารางแสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร 56

5.2 ตารางแสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร 57

5.3 ตารางแสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร 58

5.4 แสดงองศาโครงค้ำยันแนวทแยงที่เหมาะสมในคานโครงถักแต่ละประเภทเมื่อเทียบกับไม้กลูแลม 60

5.5 ตารางแสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 6 เมตร.....61

5.6 ตารางแสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 5 เมตร.....62

5.7 ตารางแสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตร.....63

5.8 แสดงจำนวนชิ้นส่วนของโครงค้ำยันแนวทแยงในคานโครงถักรูปแบบต่างๆ 65

5.9 แสดงตารางความสามารถในการรับแรงในโครงถักที่รับได้ของคานโครงถักไม้-เหล็กชนิดต่างๆ.66

5.10 แสดงตารางอัตราส่วนระหว่างค่าความสามารถการรับแรงต่อความยาวของเหล็กโครงถักไม้-เหล็กชนิดต่างๆ 67

5.11 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตรของไม้กลูแลมและไม้กระถินเทพา 68

6.1 แสดงตารางสรุปรูปแบบคานที่เหมาะสมในไม้แต่ละชนิด 74

6.2 แสดงคานโครงถักที่เหมาะสมในแต่ละชนิดไม้ช่วงพาด 4 เมตร 74

6.3 แสดงคานโครงถักที่เหมาะสมในแต่ละชนิดไม้ช่วงพาด 5 เมตร 75

6.4 แสดงคานโครงถักที่เหมาะสมในแต่ละชนิดไม้ช่วงพาด 6 เมตร 76

6.5 แสดงตารางสรุปน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยในคานโครงถักทั้งหมดในงานวิจัย.....77

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า
1.1 ร้อยละพื้นที่ป่าไม้กับจำนวนประชากรไทยตั้งแต่ปีพ.ศ.2505-พ.ศ.2560 1
1.2 โครงสร้างไม้ระบบ เสา คาน ตง พื้น 2
1.3 แสดงคานไม้กลูแลมและคานไม้ I joist 2
1.4 แสดงคานประกอบฟลิตช์(Flitch beam) 3
1.5 แสดงโครงข้อหมุนไม้-เหล็ก(Open steel web wood truss) 3
1.6 แสดงโครงข้อหมุนไม้-เหล็ก(Open steel web wood truss) 3
1.7 แสดงความสวยงามของโครงสร้างตานโครงถักไม้-เหล็ก(Open steel web wood truss) และการเดินงานระบบผ่านคานโครงถักไม้เหล็ก 4
2.1 หนังสือมาตรฐานการผลิต Open web steel joist โดย SJI 7
2.2 แคทตาล็อคจากบริษัท Red build 9
2.3 แสดงรูปแบบโครงถักของบริษัท Red build 9
2.4 แสดงรูปแบบการติดตั้งโครงถัก Red-S ตามแคทตาล็อคและมาตรฐาน ICC 10
2.5 แสดงการพิจารณาค่ากลสมบัติของไม้กลูแลมตามมาตรฐาน ANSI 12
2.6 แสดงแนวแรงต่างๆที่กระทำต่อไม้แปรรูป 15
2.7 แสดงโครงถักระนาบเดียว รูปแบบต่างๆ 20
2.8 แสดงรูปแบบโครงถักคอร์ดขนานแบบวอร์เรน(Warren flat truss) 20
2.9 แสดงลักษณะรูปแบบของโครงถัก 21
2.10 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports) 26
2.11 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports) 27
2.12 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย (Distributed Load) 28
2.13 ขั้นตอนการทำงานโดยใช้โปรแกรมSAP2000 29
4.1 รูปแบบโครงถักเบื้องต้นจากการทบทวนวรรณกรรม 36
4.2 รายละเอียดคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงค้ำ 30 36
4.3 รายละเอียดคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงค้ำ 30 36
4.4 รายละเอียดคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำ 30 37
4.5 แสดงรายละเอียดของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา 37

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.6 แสดงรายละเอียดของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา 38
4.7 แสดงแรงในคานโครงถัก 38
4.8 แสดงรูปแบบทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 38
4.9 แสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา 44
4.10 แสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา 44
4.11 แสดงแรงคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา 45
4.12 แสดงแรงคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา 45
4.13 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 46
4.14 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 46
4.15 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 46

4.16 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 47
4.17 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 47
4.18 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 47
4.19 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 47

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.20 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 48
4.21 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 48
4.22 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 48
4.23 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 49
4.24 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา 49
5.1 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพา ระยะโครง 60 ซม. ..69
5.2 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพารับน้ำหนักบรรทุกจริง 70
5.3 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพารับน้ำหนักบรรทุกตามกฎหมาย 70
5.4 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพาเสียรูปจากการทดสอบ 71
6.1 แสดงการเสียรูปและแรงตามแนวแกนของคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 4 เมตร ความลึกโครง L/12 และองศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา 73

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ หน้า

3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 30

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย(ขยาย).....31

3.3 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ.....32

3.4 การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ.....33

4.1 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร 42

4.2 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร 43

4.3 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร 43

4.4 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร 51

4.5 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร 51

4.6 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร 52

4.7 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร.....54

4.8 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร.....54

4.9 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร.....55

5.1 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร 57

5.2 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร 58

5.3 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร 59

5.4 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 6 เมตร.....61

5.5 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 5 เมตร.....62

5.6 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตร.....63

5.7 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตร.....65

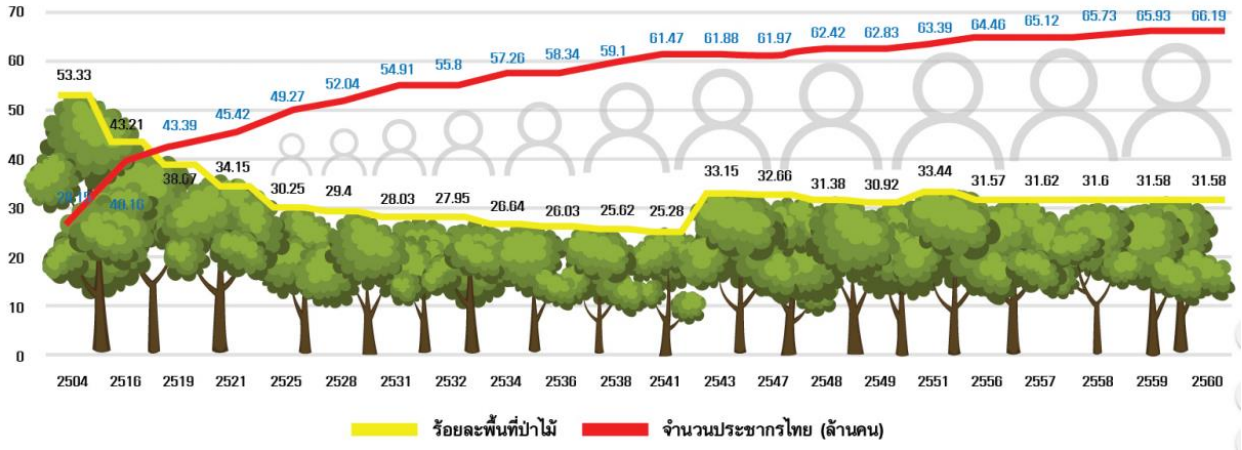
5.8 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตรระหว่างไม้กลูแลม และไม้ยูคาลิปตัส.....68

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โครงสร้างไม้เป็นโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทยมาอย่างยาวนาน ไม้ถูกนำมาใช้ก่อสร้างบ้านเรือนตั้งแต่สมัยโบราณจนมาถึงในยุคปัจจุบัน เรียกได้ว่าไม้หรือโครงสร้างไม้อยู่คู่กับวิถีชีวิตคนไทยมาอย่างยาวนาน แต่ในปัจจุบันโครงสร้างไม้ถูกทดแทนด้วยโครงสร้างชนิดอื่นๆ เนื่องด้วยหลากหลายปัจจัย อาทิเช่นป่าไม้มีจำนวนลดลง ราคาของไม้ ลักษณะทางกายภาพของไม้ในเรื่องของการรับน้ำหนักฯ โดยปัจจัยหลักๆที่เห็นได้ชัดคือป่าไม้มีจำนวนน้อยลง

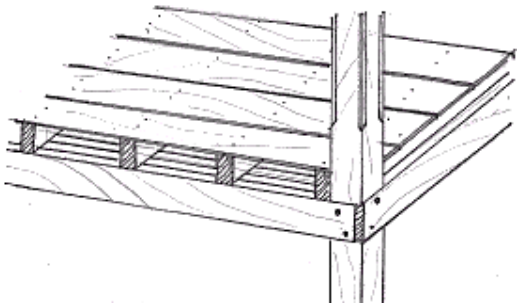
บทความสถานการณ์ป่าไทยมูลนิธิสืบนาคะเสถียร(2560) ให้ข้อมูลไว้ว่าป่าไม้จะลดลง1.8ไร่ต่อการเพิ่มขึ้นของประชากร1คนเฉลี่ยจากระยะเวลา56ปีโดยการเพิ่มของจำนวนประชากรทำให้การใช้ทรัพยากรเพิ่มขึ้นในหลายๆด้าน การสร้างที่อยู่อาศัย การทำเกษตรเพื่อยังชีพทำให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าเพิ่มเติม อุปสงค์อุปทานในการต้องการการใช้ไม้ไม่ส่าอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ เฟอร์นิเจอร์ และพลังงานฯลฯ



ภาพที่1.1 แสดงร้อยละพื้นที่ป่าไม้กับจำนวนประชากรไทยตั้งแต่ปีพ.ศ.2505-พ.ศ.2560
ที่มา บทความสถานการณ์ป่าไทย โดยมูลนิธิสืบนาคะเสถียร

การก่อสร้างอาคารด้วยไม้ลดลงเป็นอย่างมาก ด้วยเรื่องของป่าไม้มีจำนวนลดลง การเข้ามาทดแทนไม้จากป่าปลูกยังไม่เพียงพอ ทำให้ไม้มีราคาที่สูงมากขึ้น ปัจจุบันการมีบ้านไม้เป็นของตนเองได้นั้นต้องเป็นคนมีฐานะในระดับหนึ่งในสังคมของตนเอง ซึ่งแตกต่างอย่างมากกับในสมัยอดีต เหตุผลในเรื่อง

ของราคานั้นถือได้ว่ามีส่วนในเรื่องของการตัดสินใจใช้ไม้ในก่อสร้างเป็นอย่างมาก เนื่องจากการก่อสร้างบ้านไม้นั้นใช้เทคนิควิธีการดั้งเดิม แบบเสา คาน ตง พื้น ขื่อ อะเส เป็นไม้แทบทั้งสิ้น



ภาพที่ 1.2 แสดงโครงสร้างไม้ระบบ เสา คาน ตง พื้น
ที่มา เอกสารเผยแพร่ในงานประชุมใหญ่ทางวิศวกรรม(2545-2546) วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ไม้หรือโครงสร้างไม้เกิดข้อเปรียบเทียบกับวัสดุในการก่อสร้างอื่นๆนอกจากเรื่องของราคา อาทิ เช่น ความแข็งแรง ช่วงพาด การบำรุงรักษา เป็นต้น แตกต่างจากการก่อสร้างในต่างประเทศ การใช้ไม้เพื่อการก่อสร้างอาคารนั้นได้ถูกพัฒนาทั้งในแง่ของเทคโนโลยีวัสดุ และเทคโนโลยีการก่อสร้างทำให้ไม้สามารถใช้งานไม้และโครงสร้างไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเพิ่มประสิทธิภาพของช่วงพาดในโครงสร้างไม้ มีการพัฒนาไปในหลายรูปแบบอาทิเช่น กลูลามิเนตทิมเบอร์(กลูแลม)หรือไม้ประกอบ คานคอมโพสิต(Composite beam)หรือคานประกอบจากไม้และวัสดุอื่น โครงถักไม้ เป็นต้น จากที่กล่าวมาในประเทศไทยเองนั้นไม่สามารถพบโครงสร้างพิเศษเหล่านี้ได้ทั่วไป แต่ในทางกลับกันต่างประเทศนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งโครงสร้างไม้บางประเภทมีความเป็นไปได้ในการผลิตแบบครัวเรือน และเมื่อผลิตแล้วสามารถลดปริมาณไม้ที่ใช้ ขั้นตอนการติดตั้ง และจำนวนช่างลงได้

ภาพที่ 1.3 แสดงคานไม้กลูแลมและคานไม้ I joist
ที่มา Red built catalogue

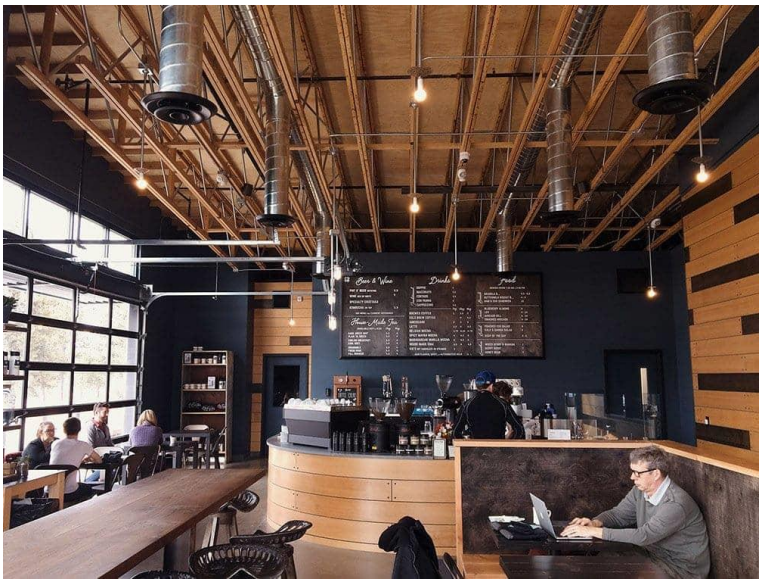
ภาพที่ 1.4 แสดงคานประกอบฟลิตซ์(Flitch beam)
ที่มา Red built catalogue

ภาพที่ 1.5 แสดงโครงข้อหมุนไม้-เหล็ก(Open steel web wood truss)
ที่มา Red built catalogue

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์(2543) ได้กล่าวไว้ในบทความนวัตกรรมการก่อสร้างบ้านในศตรวรรษที่ 21 ว่าในประเทศที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มพัฒนาแล้วจะพยายามพัฒนาวัสดุก่อสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิมให้คงความสำคัญควบคู่กับสังคม โดยความหลากหลายจะช่วยให้เกิดการแข่งขัน พัฒนา และสร้างดุลยภาพทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมไปด้วย

ภาพที่ 1.6 แสดงโครงข้อหมุนไม้-เหล็ก(Open steel web wood truss)
ที่มา Red built catalogue

นอกเหนือจากประสิทธิภาพในการก่อสร้างด้วยคานโครงถักแล้วนั้น คานโครงถักไม้เหล็กยังสร้างความสวยงามอีกทั้งเพิ่มความสะดวกในการก่อสร้าง เนื่องด้วยการก่อสร้างนั้นจะก่อสร้างด้วยวิธีการประกอบหรือ Prefabricate construction และยังนำมาซึ่งความสะดวกในการติดตั้งงานระบบต่างๆ เนื่องจากรูปแบบของโครงถักพร้อมให้มีการเดินท่อและสายไฟต่างๆอีกด้วย



ภาพที่ 1.7 แสดงความสวยงามของโครงสร้างตานโครงถักไม้-เหล็ก(Open steel web wood truss) และการเดินงานระบบผ่านคานโครงถักไม้เหล็ก
ที่มา Red built catalogue

จากความสำคัญดังที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการพัฒนาในเทคโนโลยีการก่อสร้างด้วยไม้ จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาถึงการผลิตโครงถักไม้เหล็กเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในประเทศ แต่เนื่องจากเป็นความรู้ด้านเทคโนโลยีจากต่างประเทศจึงต้องเทียบเคียงมาตรฐานต่างๆจากต่างประเทศ โดยประยุกต์ใช้ไม้แปรรูปในประเทศเพื่อทดแทนไม้กลูแลมนำเข้าในการผลิตโครงข้อหมุนไม้-เหล็ก เพื่อเป็นตัวเลือกสำหรับการใช้ไม้เพื่อการก่อสร้างอาคารไม้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาไม้แปรรูปในประเทศไทยเพื่อนำมาทดแทนไม้กลูแลมนำเข้าจากต่างประเทศในการผลิตโครงสร้างคานโครงถักไม้-เหล็ก

1.2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของโครงข้อหมุนไม้-เหล็กรูปแบบที่เหมาะสมจากไม้แปรรูปในประเทศและไม้กลูแลมต่างประเทศเพื่อใช้ในการก่อสร้างคานรับน้ำหนักพื้นในบ้านพักอาศัย

1.2.3 เพื่อทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้งานของโครงสร้างคานโครงถักไม้-เหล็กเพื่อใช้ในการก่อสร้างคานรับน้ำหนักพื้นในบ้านพักอาศัย

1.3 สมมติฐานในการวิจัย

1.3.1 ไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างมีคุณสมบัติในการรับน้ำหนัก เพื่อใช้ทดแทนไม้กลูแลมในการประกอบโครงข้อหมุนไม้-เหล็ก

1.3.2 การเปลี่ยนองค์ประกอบ ของโครงถักคานไม้-เหล็กคือช่วงพาด ความลึก และองศาค้ำยันทแยง ส่งผลต่อการออกแบบทั้งเรื่องของการรับน้ำหนักและการติดตั้งในงานก่อสร้าง

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 ศึกษาข้อมูลจากทฤษฎี เอกสาร หนังสือ หรือบทความที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโครงถักไม้-เหล็ก

1.4.2 ทดสอบประสิทธิในการรับน้ำหนักของโครงสร้างโครงถักรูปแบบต่างๆด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.4.4 วิเคราะห์ข้อมูลจาการทดลอง เพื่อคัดเลือกการผลิตชิ้นงานจริงสำหรับการทดสอบการรับน้ำหนัก

1.4.4 ผลิตและทดสอบการรับน้ำหนักของโครงถักไม้-เหล็ก ทั้งจากไม้แปรรูปในประเทศไทยและไม้กลูแลมจากต่างประเทศ

1.4.6 สรุปผลและเปรียบเทียบผลการทดลองโครงถักไม้-เหล็ก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงค่าคุณสมบัติทางกลของไม้ชนิดต่างๆในประเทศ รวมถึงไม้จากต่างประเทศ

1.5.2 สามารถนำข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโครงถักไม้-เหล็กต่อไปในอนาคต

1.5.3 ใช้เป็นองค์ความรู้เพื่อประยุกต์โครงถักไม้-เหล็กเพื่อใช้ประโยชน์ในประเทศไทย

1.6 ขอบเขตงานวิจัย

กำหนดการศึกษาเนื้อหาเพื่อให้เป็นแนวทางที่สามารถตอบสมมติฐานและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ดังนี้

1.6.1.1 จากการทบทวนวรรณกรรมทำให้ทราบว่าในประเทศไทยนั้นยังไม่มีมาตรฐานในการผลิตคานโครงถักไม้-เหล็ก และมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอยู่น้อย จึงใช้มาตรฐานการผลิตคานโครงถักไม้-เหล็กตามมาตรฐานต่างประเทศ เพื่อนำมาประยุกต์และทดลองการผลิตคานโครงถักเพื่อการทดสอบในงานวิจัย

1.6.1.2 จากการทบทวนวรรณกรรมจึงแยกการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ โดยแยกการทดลองออกดังนี้

- ทดสอบการรับน้ำหนักของโครงถักรูปแบบต่างๆกล่าวคือความลึก ช่วงพาด และของ องศาของโครงทะแยงจากไม้แปรรูปในประเทศไทยและไม้กลูแลมจากต่างประเทศผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้านต่างๆ เพื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการคัดเลือกเข้าสู่ผลิตและทดสอบการรับน้ำหนักจริงต่อไป

- ทดสอบการรับน้ำหนักชิ้นงานจริงของโครงถักไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปไทยและจากไม้กลูแลมต่างประเทศ เพื่อการสรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ต่อไป

1.6.2 ด้านเนื้อหาการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแบ่งการวิเคราะห์ 2 ช่วง กล่าวคือ

1.6.2.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการรับน้ำหนักของโครงถักไม้-เหล็กรูปแบบต่างๆจากไม้แปรรูปในประเทศไทยและไม้กลูแลมจากต่างประเทศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพการรับน้ำหนัก

1.6.2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการผลิตและติดตั้งของชิ้นงานจริง หลังจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการรับน้ำหนัก

1.6.2.3 การวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบและสรุปผลจากการทดสอบการรับน้ำหนักชิ้นงานโครงถักไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปไทยและจากไม้กลูแลมต่างประเทศที่ผลิตขึ้นจากการวิเคราะห์

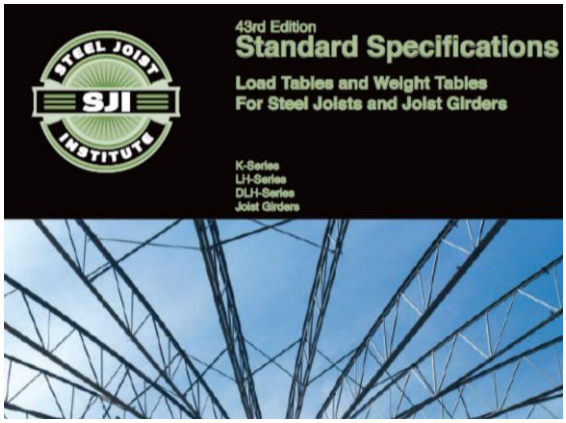
บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 โครงถักไม้-เหล็กในต่างประเทศ

ในต่างประเทศนิยมการใช้โครงถักไม้-เหล็กด้วยหลายๆปัจจัย อาทิเช่น สภาพอากาศ, ความสะดวก หรือเทคโนโลยีในการผลิต เป็นต้น แต่กล่าวคือการผลิตโครงถักไม้-เหล็กนั้นมีมาตรฐานควบคุม โดยจะควบคุมการผลิตชิ้นส่วนเหล็กที่เป็นVertical member หรือ Web โดยมีผู้ออกมาตรฐานการควบคุมคือ The steel joist institute(SJI)

รายละเอียดในมาตรฐานของ SJI นั้นอนุญาตให้ใช้เหล็กรีด หรือเหล็กปลอก(Strip) คือ เหล็กเส้นกลม เหล็กฉาก หรือเหล็กรีดรูปแบบพิเศษ ยึดตรึง(Rivet)หรือเชื่อมกันกัน แต่ปัจจุบันการผลิตนั้นใกล้เคียงกับในอดีตมากกว่าทั้งในโครงจันทัน (Upper chord) โครงขื่อ (Lower chord) โครงท่อนยึดทะแยง (Diagonal chord) หรือบางครั้งในโครงค้ำยัน(Web)ต่างๆ ในทุกวันนี้บ่อยครั้งที่โครง(Chords)ของตงเหล็ก(Steel joists)ถูกผลิตขึ้นโดยใช้เหล็กฉากเชื่อมประกบ 2 ชิ้น และโครงค้ำยัน(Web)ถูกผลิตจากเหล็กกลมกลวง แต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานการผลิตของ SJI นั้นมีข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพ และอนุญาตสามารถให้ใช้รูปแบบอื่นๆได้ในการผลิตโดยออกแบบของของบริษัทนั้นๆเองโดยถ้าการออกแบบยังคงยึดตามมาตรฐานการผลิต

โดยปัจจุบันนอกจากการใช้เหล็กฉากเชื่อมประกบ 2 ชิ้นเพื่อใช้เป็นโครง(Chords)ต่างๆแล้วนั้น ยังมีการพัฒนานำไปใช้กับการใช้โครงไม้(Wood chord) เพื่อเพิ่มสถานะอื่นๆ เช่น ความสวยงาม น้ำหนัก เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 แสดงหนังสือมาตรฐานการผลิต Open web steel joist โดย SJI
ที่มา: The steel joist institute(SJI)

ในจุดนี้เองผู้วิจัยจึงสนในการผลิตโครงถักไม้-เหล็ก เพื่อบ้านพักอาศัยในประเทศไทย เนื่องด้วยความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้าง และยังสามารถพัฒนาสู่ระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างอีกด้วย โดยรูปแบบโครงถักไม้-เหล็กนั้นมีหลากหลายตามแต่บริษัทใดจะคิดค้นผลิต แต่ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบจากบริษัท RedBuilt LLC (“RedBuilt”) ในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีรูปแบบการผลิตง่ายต่อการทำความเข้าใจและผลิต

2.2 แคทตาล็อคโครงถักไม้-เหล็กจากต่างประเทศ Red build catalogue

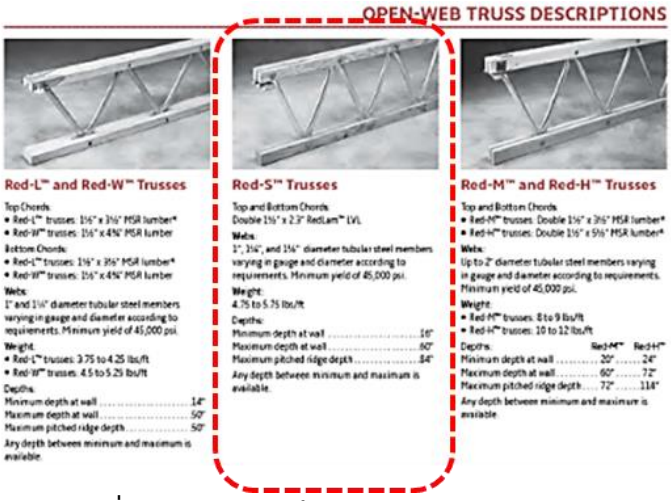
สำหรับข้อมูลในส่วนของโครงถักประกอบไม้-เหล็กจากแคทตาล็อคนั้น ใช้ข้อมูลจากบริษัท Red built จากประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อศึกษาและใช้กำหนดรูปแบบโครงถักไม้-เหล็กเพื่อการทดสอบ โดยบริษัท Red built นั้น ได้รับมาตรฐานจาก ICC(International code council) โดยใช้โครงถักแบบคอร์ดขนานแบบวอร์เรน(Warren flat truss) และมีรูปแบบโครงถักจำแนกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

- โครงถัก Red-L และ Red-W มีองค์ประกอบของโครง คือ
  ไม้กลูแลม 1½ x 3½-4½ นิ้ว เป็นจันทัน(Upper chord)
  ไม้กลูแลม 1½ x 3½-4½ นิ้ว เป็นขื่อ(Lower chord)
  ท่อเหล็ก 1 - 1½ นิ้ว เป็นโครงค้ำยันแนวทแยง(Web)
  ความลึกโครงถักตั้งแต่ 14 – 50 นิ้ว (35 – 125 เซนติเมตร)
- โครงถัก Red-S มีองค์ประกอบของโครง คือ
  ไม้กลูแลมประกบคู่ 1½ x 2.3 นิ้ว เป็นจันทัน(Upper chord) และขื่อ(Lower chord)
  ท่อเหล็ก 1 - 1½ นิ้ว เป็นโครงค้ำยันแนวทแยง(Web)
  ความลึกโครงถักตั้งแต่ 16 – 60 นิ้ว (40 – 150 เซนติเมตร)
- โครงถัก Red-L และ Red-W มีองค์ประกอบของโครง คือ
  ไม้กลูแลมประกบคู่ 1½ x 3½-5½นิ้ว เป็นจันทัน(Upper chord) และขื่อ(Lower chord)
  ท่อเหล็ก 1 - 2 นิ้ว เป็นโครงค้ำยันแนวทแยง(Web)
  ความลึกโครงถักตั้งแต่ 24 – 72 นิ้ว (60 – 180 เซนติเมตร)

ภาพที่2.2 แสดงแคทตาล็อคจากบริษัท Red build

ที่มา: Red build Catalog

โดยในงานวิจัยจะใช้โครงถัก Red-S เนื่องจากมีความสะดวกต่อผลิตการก่อสร้างบ้านพักอาศัย เนื่องด้วยไม่ไม่ความยุ่งยากในการใช้แรงงานฝีมือประเภทช่างไม้ เพราะเป็นใช้ไม้กลูแลมประกบคู่ต่างจากโครงถัก Red-L และ Red-W ที่ต้องอาศัยการผ่ากึ่งกลางไม้เพื่อติดตั้งโครงค้ำยันแนวทแยง (Web) และไม่ใช้โครงถัก Red-L และ Red-W เนื่องจากความลึกและช่วงพาดที่เกินความจำเป็นในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยทั่วไปในประเทศไทย



ภาพที่ 2.3 แสดงรูปแบบโครงถักของบริษัท Red build

ที่มา: Red build Catalog

ในเรื่องรอยต่อของของจุดเชื่อม(Joint)นั้น อยู่ในมาตรฐานของ ICC(International code council)

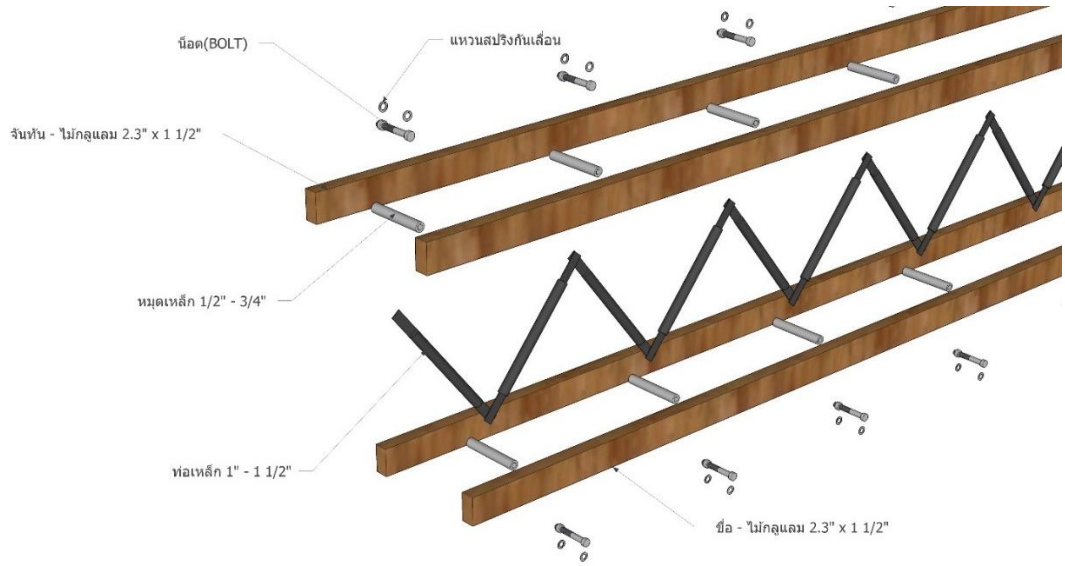
โดยจะใช้หมุดเหล็กโดยมีขนาด ½ - ¾ นิ้ว ก่อนที่จะทำการยึดด้วยสกรู(Bolt) พร้อมกับแหวนสปริงกันเลื่อน

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดของหมุดเหล็ก(Pin) ที่ใช้ในโครงถักตามมาตรฐาน ICC

ที่มา: มาตรฐาน ICC ESR-1774(International code council ESR-1774)

NOMINAL MEMBER SIZE (inches)	NET DIMENSIONS AT 19 PERCENT MOISTURE (inches)	PIN DIAMETER (inches)	NET AREA COMPRESSION (square inches)	NET AREA TENSION (square inches)	SECTION MODULUS (cubic inches)
Red-L					
One 2×4	$1^1/_2 \times 3^1/_2$	$^3/_8$	4.87[1]	3.66[1]	1.20
One 2×4	$1^1/_2 \times 3^1/_2$	$^5/_8$	3.38[1]	2.73[1]	1.09
Red-W					
One 2×5	$1^1/_2 \times 4^3/_4$	$^3/_8$	5.06[1]	5.06[1]	1.67
One 2×5	$1^1/_2 \times 4^3/_4$	$^5/_8$	3.83[1]	3.83[1]	1.56
Red-S					
2 members	$1^1/_2 \times 2.30$	$^1/_2$	5.40	5.40	2.62
2 members	$1^1/_2 \times 2.30$	$^3/_4$	4.65	4.65	2.56
Red-M					
Two 2×4	$1^1/_2 \times 3^1/_2$	$^5/_8$	10.50	8.62	6.09
Two 2×4	$1^1/_2 \times 3^1/_2$	1	10.50	7.50	5.98
Red-H					
Two 2×6	$1^1/_2 \times 5^1/_2$	$^3/_4$	16.50	14.25	15.09
Two 2×6	$1^1/_2 \times 5^1/_2$	$1^1/_4$	16.50	12.75	14.95

จากข้อมูลในส่วนของรูปแบบในการผลิตโครงถักของบริษัท Red built นั้น และมาตรฐานจาก ICC(International code council) ทำให้สามารถสร้างรูปแบบของโครงถักได้ตามภาพที่



ภาพที่ 2.4 แสดงรูปแบบการติดตั้งโครงถัก Red-S ตามแคทตาล็อคและมาตรฐาน ICC

ที่มา: ผู้วิจัย

2.3 ไม้ประกับโครงสร้าง (Glue laminated timber-GLUELAM)

2.3.1 ไม้ประกับโครงสร้าง (Glue laminated timber-GLUELAM) ในประเทศ

เนื่องจากโครงถักไม้-เหล็กในประเทศนิยมใช้งานเหล็กกับไม้ประกับโครงสร้าง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าไม้กลูแลม(Glulam) แต่เนื่องด้วยในประเทศไทยนั้นไม้กลูแลมนั้นยังไม่เป็นที่นิยมและมีการผลิตเพื่อใช้งานค่อนข้างน้อย จึงต้องศึกษาถึงการผลิตเบื้องต้นและกลสมบัติของไม้กลูแลมโดยใช้ข้อมูลจากทั้งในประเทศและต่างประเทศ

หนังสือวัสดุทดแทนไม้-สำนักวิจัยและพัฒนาป่าไม้ กรมป่าไม้(2555) ได้กล่าวถึงไม้กลูแลมไว้ดังนี้ ไม้ประกับโครงสร้างหรือไม้กลูแลม เป็นการนำแผ่นไม้แปรรูปมาประกอบติดกันเพิ่มความหนาด้วยกาวเรซินโดยมีแนวเสี้ยนของไม้ทุกแผ่นยาวไปในทางเดียวกับความยาวของไม้ประกับ มักใช้กับงานโครงสร้างในรูปคานและเสา

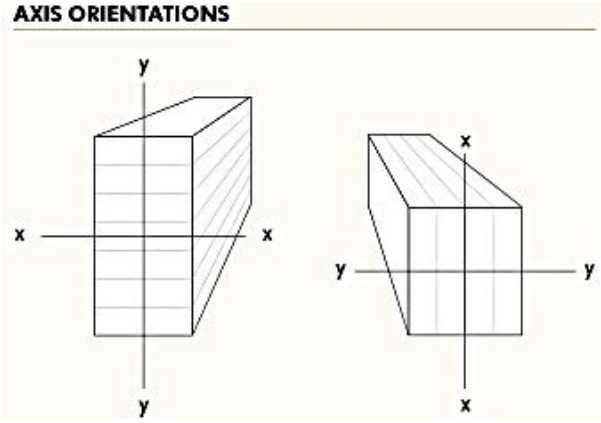
จิราณี กุลวรรณวิจิตร(2551) ได้กล่าวถึงไม้ประกับโครงสร้างหรือไม้กลูแลมไว้ในบทความ **ไม้ประกอบ..กู้โลก?-ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ(2551)** ไว้ว่าไม้ประกับโครงสร้างหรือไม้กลูแลมเป็นการนำแผ่นไม้บางมาประกบกันเช่นเดียวกันกับไม้อัด แต่ต่างกันที่การจัดเรียงไม้ ซึ่งต้องให้แนวเสี้ยนของไม้ทุกชั้นเรียงตามแนวเดียวกัน สามารถเพิ่มจำนวนชั้นได้ตามความหนาที่ต้องการ ความแข็งแรงของไม้บางประกบจะขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ และชนิดของกาวที่ใช้ ถ้าผลิตจากไม้แปรรูปนิยมนำมาใช้งานในงานก่อสร้าง โดยทั่วไปการทำไม้บางประกบสามารถใช้ไม้ขนาดเล็กหรือสั้นมาอัดต่อกันจนสามารถผลิตเป็นไม้ขนาดใหญ่ หรืออัดให้เป็นแบบโค้งงอได้

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบถึงกระบวนการผลิตไม้ประกับโครงสร้าง(Glue laminated timber-GLUELAM) ขั้นต้นจึงทำการศึกษาข้อมูลต่อยอดจากข้อมูลต่างๆในประเทศ เพื่อได้ข้อมูลเพิ่มเติม

2.3.2 ไม้ประกับโครงสร้าง (Glue laminated timber-GLUELAM) ในต่างประเทศ

ANSI-American National Standards Institute ได้ออกมาตรฐานสำหรับ**ไม้กลูแลม หรือก็คือ Standard specification for structural glued laminated tımber (2015)** ได้กล่าวถึงไม้กลูแลมโครงสร้าง ไว้ว่า ไม้กลูแลมสามารถผลิตได้โดยใช้ไม้ที่หลากหลายเริ่มตั้งแต่ไม้เนื้ออ่อนเป็นต้นไป โดยอาศัยการทดสอบตาม **ASTM International หรือ American Society for Testing and Materials** หากเป็นไม้ที่มีกลสมบัติสูงกว่าไม้เนื้ออ่อนก็ให้เทียบตามมาตรฐานANSI

โดยมาตรฐานกลูแลม **(Standard specification for structural glued laminated timber)** นั้นใช้หลักในการจารณาไม้กลูแลมจากการผลิตเพื่อตอบสนองแรง 2 แบบคือ ไม้กลูแลมประสานแนวนอน และไม้กลูแลมประสานแนวตั้ง ทั้ง2ชนิดนั้ถูกออกแบบเพื่อแรงที่ต่างกัน แต่ปัจจัยพิจารณากลสมบัตินั้นเหมือนกันโดยใช้แนวแกน x และแกน y เป็นตัวพิจารณาตามรูป



ภาพที่ 2.5 แสดงการพิจารณาค่ากลสมบัติของไม้กลูแลมตามมาตรฐาน ANSI

ที่มา: Standard specification for structural glued laminated timber (2015)

เมื่อได้ปัจจัยกลสมบัติตามแกนแล้วจึงได้มาตรฐานของค่ากลสมบัติต่างๆของไม้กลูแลมจากการทดสอบเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงตารางค่ากลสมบัติมาตรฐานไม้กลูแลมบางชนิด

ที่มา: Standard specification for structural glued laminated timber (2015)

	Bending About X-X Axis Loaded Perpendicular to Wide Faces of Laminations						
	Extreme Fiber in Bending				Modulus of Elasticity		
	Bottom of Beam Stressed in Tension (Positive Bending)	Top of Beam Stressed in Tension (Negative Bending)	Compression Perpendicular to Grain	Shear Parallel to Grain	For Deflection Calculations		For Stability Calculations
Stress Class	F_{bx}^{+} (psi)	$F_{bx}^{-(a)}$ (psi)	$F_{c\perp x}$ (psi)	$F_{vx}^{(d)}$ (psi)	$E_{x\,true}$ (10^6 psi)	$E_{x\,app}$ (10^6 psi)	$E_{x\,min}$ (10^6 psi)
16F-1.3E	1600	925	315	195	1.4	1.3	0.69
20F-1.5E	2000	1100	425	195[f]	1.6	1.5	0.79
24F-1.7E	2400	1450	500	210[f]	1.8	1.7	0.90
24F-1.8E	2400	1450[b]	650	265[c]	1.9	1.8	0.95
26F-1.9E[g]	2600	1950	650	265[c]	2.0	1.9	1.00
28F-2.1E SP[g]	2800	2300	805	300	2.2[i]	2.1[i]	1.09
30F-2.1E SP[g][h]	3000	2400	805	300	2.2[i]	2.1[i]	1.09

จากมาตรฐานค่ากลสมบัติจะสังเกตได้ว่ามีการบอกถึงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นให้พิจารณาจึงใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นพิจารณาเปรียบเทียบกับไม้แปรรูปในประเทศไทย โดยใช้ค่าของแกนx(x-x)ตาม

มาตรฐานของANSI เนื่องจากงานวิจัยนี้พิจารณาถึงการออกแบบคานหรือเพื่อรับน้ำหนักแทนคานเป็นหลัก โดยค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำสุด-สูงสุดอยู่ในช่วง 1,100,000 – 2,200,000 psi เมื่อแปลงหน่วยแล้วจะมีค่าเท่ากับ 98,428- 154,675 กก./ตร.ซม.

2.4 ไม้แปรรูปในประเทศไทย

การศึกษาข้อมูลไม้แปรรูปเป็นการศึกษาถึงประเภทชนิดของไม้แปรรูป ขนาดและข้อมูลทรงด้านคุณสมบัติทางกลของไม้แปรรูป

2.4.1 ความหมายไม้แปรรูป

กวี หวังนิเวศน์กุล (2553) ไม้แปรรูป คือ ไม้ที่ผ่านกระบวนการเลื่อยและตัดให้ได้ขนาดและรูปร่างตามมาตรฐานตามต้องการ

รศ.ดร.พิภพ สุนทรสมัย(2548) ไม้แปรรูป คือ ไม้ที่มีการตัดซอยให้มีขนาดลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้าบางทีอาจมีหน้ากว้างมากและมีความหนาน้อยเรียกไม้พื้นหรือแผ่นไม้นอกจากนี้ก่อนนำไปใช้กับงานก่อสร้างจะต้องตัด อัด ไสให้ได้ขนาดตามที่ได้กำหนดตามแบบและลักษณะการคำนวณ

กล่าวคือไม้ที่นำมาทดลองในงานวิจัยคือไม้ที่อยู่ในลักษณะของไม้แปรรูป โดยไม้แปรรูปที่ใช้ในการทดลอง คือไม้แปรรูปที่ผ่านการตัด ไส ให้มีขนาดตามท้องตลาด และขนาดเทียบเคียงกับไม้สนนำเข้าจากต่างประเทศ โดยไม้สนนำเข้าคือผ่านการอัด ก่อนแล้วจึงตัดไสให้มีขนาดเพื่อนำมาใช้งานจริง

2.4.2 การนำไม้ไปใช้งาน

สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ (2541) ได้กล่าวถึง การนำไม้แปรรูปมาประกอบเป็นอาคารแต่ละส่วนโครงสร้างไม้จะมีชื่อเรียกต่างๆกัน แม้ว่าจะทำหน้าที่เหมือนกันก็ตาม เนื่องจากอยู่ต่างตำแหน่งกัน ไม้ที่เหมาะสมกับงานก่อสร้างซึ่งนิยมใช้กันในปัจจุบัน จำแนกออกตามลักษณะการใช้งาน กล่าวคือ ไม้ก่อสร้างทั่วไป, ไม้บานวงกบประตู-หน้าต่าง, ไม้ฝา-เพดาน, ไม้พื้น, ไม้บันได, ไม้ทำเสาเข็ม, ไม้แบบคอนกรีต, ไม้ทำโครงหลังคา, ไม้ทำคาน, ไม้ที่ใช้ทำเสา โดยงานวิจัยนี้มุ่งประเด็นไปที่ ไม้2ประเภท โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ไม้ก่อสร้างทั่วไป ไม้ชนิดนี้ ได้แก่ ไม้สัก ไม้ตะแบก ไม้พะยอม ไม้เต็ง ไม้นนทรี ไม้ยางแดง เป็นต้น

- ไม้ทำคาน-ตง ได้แก่ไม้เนื้อแข็งทั่วไปที่ใช้ทำพื้นภายนอก ซึ่งไม้ที่เหมาะที่สุด คือ ไม้เต็ง ไม้รัง

เมื่อสังเกตข้อมูลของไม้ก่อสร้างทั่วไป และไม้ทำคาน จะมีไม้ที่รู้จักหรือเคยใช้งานอยู่หลากหลาย เช่น ไม้สัก ไม้มะค่า ไม้ยางแดง ไม้แดง ไม้เต็ง ไม้รัง เป็นต้น โดยข้อมูลในส่วนนี้แสดงให้เห็นถึงไม้ที่สามารถหาซื้อได้เพื่อนำมาก่อสร้างอาคารต่างๆ รวมทั้งไม้ที่สามารถนำมาทำการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้

สำนักวิชาการปาไม้ กรมปาไม้ (2541) ไม้แปรรูปที่จำหน่ายภายในประเทศแบงออกเป็นชนิดและขนาดตามความนิยมในวงการคาไมและการกอสรางทั่วๆ ไปดังนี้

1. ไม้ฝา ขนาดหนา 1/2” ถึง 3/4“ กว้าง 4” ถึง 6“ และ 8” ถึง 10”
2. ไม้พื้นขนาดหนา 1”
3. ไม้คาน หนา ขนาด 1 1/2” ถึง 2” กว้าง 3”,4”,5”,6”,8”,10” และ 12”
4. ไม้เสา ขนาดหนา 4” x 4”, 5” x 5”, และ 6” x 6”
5. ไม้ระแนง ขนาดหนา 1” x 1”
6. ไม้กลอน ขนาดหนา 1/2” ถึง 3/4” x 2” ถึง 3” และ 1” ถึง 2” x 1 1/2” ถึง 2”

ความยาวของไม้ทุกชนิดแบงออกเป็น 4 ชนิด ได้แก

1. 2.00 ถึง 2.50 เมตร
2. 3.00 ถึง 5.50 เมตร
3. 6.00 ถึง 7.50 เมตร
4. 8.00 เมตรขึ้นไป

ไม้คานบ้านพักอาศัยนั้นนิยมช่วงพาดระหว่าง 4-6 เมตร หนา1 1/2” ถึง 2” และ 2 1/2” โดยงานวิจัยจะใช้ช่วงพาดที่ 4 เมตร และ 5 เมตร เนื่องจากไม้ยาว 6 เมตรขึ้นไปนั้นหาได้ยากตามท้องตลาด จึงไม่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปในประเทศไทย

2.4.3 กลสมบัติไม้แปรรูปและมาตรฐานไม้

- กลสมบัติของไม้แปรรูป

กวี หวังนิเวศน์กุล (2553) ไม้ที่เรานำมาใช้ในการก่อสร้าง มีหลายประเภท การรับกำลังก็แตกต่างกันออกไป การเลือกใช้ไม้ให้ถูกต้องตามลักษณะงานก่อสร้าง จะก่อให้เกิดความปลอดภัยและเหมาะสมกับประเภทของงานนั้นๆ โดยกลสมบัติของไม้ที่จำเป็นต่อการก่อสร้าง 9 หลักเกณฑ์ ดังนี้

1.น้ำหนักไม้

2. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

3. หน่วยแรงดัด (Bending Stress) เป็นกลสมบัติที่ใช้กับการออกแบบโครงสร้างประเภทคานเพื่อให้สามารถกำหนดหน้าตัดที่เหมาะสม ที่จะนำมารองรับน้ำหนักบรรทุก

4. โมดูลัสแตกหัก (Modulus of Rupture)

5. โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

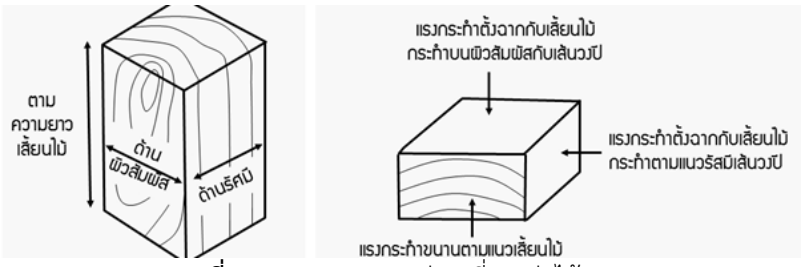
6. หน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน (Compressive Stress Parallel to Grain)

7. หน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (Compressive Stress Perpendicular to Grain)

8. หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน (Tensile Stress Parallel to Grain)

9. หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยน (Shearing Stress along Grain)

เมื่อกล่าวถึงกลสมบัติของไม้นั้น งานวิจัยจะมุ่งเป้าในเรื่องของหน่วยแรงดัด(Bending Stress) เพื่อใช้ในการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(Modulus of Elasticity)



ภาพที่ 2.6 แสดงแนวแรงต่างๆที่กระต่อไม้แปรรูป
ที่มา ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย(2548)

- มาตรฐานของไม้แปรรูปในประเทศไทย

จากกลสมบัติของไม้ทำให้เกิดหลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อนไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้ จากข้อมูลในหนังสือ **ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย(2548)** กล่าวถึงคุณสมบัติทางกลสมบัติ (Mechanical properties) นั้นเกี่ยวข้องกับ แรง(Stress) ที่มากระทำต่อไม้ ซึ่งมี 4 ลักษณะด้วนกันคือ แรงบีบ(Compressive stress) แรงดึง(Tensile stress) และแรงเชือด(Shear stress) และ แรงดัด (Bending stress) ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้ไม้โค้งงอจนหัก เป็นแรงที่รวมเอาแรงทั้ง 3 ชนิดแรกเข้าด้วยกัน ความสามารถที่ไม้ต้านทานต่อแรงที่มากระทำจะเรียกว่า ความแข็งแรง(Strength) แรง ดัดสามารถทำให้ไม้หัก เสียรูปโดยสิ้นเชิง แรงดัดเป็นแรงที่มีปัจจัยต่างๆในสิ่งก่อสร้างมาเกี่ยวข้องอยู่เป็นอันมาก แรงดัดสูงสุดที่ทำให้ไม้หัก เรียกว่า แรงประลัยหรือสัมประสิทธิ์ในการหัก(Modulus of rupture) ความต้านทานของไม้ต่อแรงประลัยนี้ เรียกว่า ความแข็งแรงของไม้ในการดัด ซึ่งยอมรับและใช้กันเป็นมาตรฐานของความแข็งแรงของไม้ในการแบ่งไม้ออกเป็นประเภทไม้เนื้ออ่อนไม้เนื้อแข็ง โดยให้ไม้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยถือเอาค่าความแข็งแกร่งในการดัดของไม้แห้ง และความทนทานธรรมชาติของไม้นั้นเป็นเกณฑ์

ตารางที่ 2.3 แสดงประเภทของไม้จำแนกตามความแข็งแรง

ที่มา: ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย(2548)

ประเภทไม้	ความแข็งแรง (กก/ม^2)	ความทนทาน (ปี)
ไม้เนื้อแข็ง	>1,000	> 6 ปี
ไม้เนื้อปานกลาง	600-1,000	2-6ปี
ไม้เนื้ออ่อน	< 600	< 2 ปี

โดยค่าความแข็งแรงของไม้ได้ถูกจัดแยกไว้ในตาราง จากการทดลองจำนวนทั้งสิ้น 228 ชนิด แต่ได้มีคัดแยกไม้ที่สามารถหาได้ตามท้องตลาดในปัจจุบันจากไม้ทั้งหมดที่กรมป่าไม้ได้ทำการทดสอบ ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่ากลสมบัติของไม้เนื้ออ่อนแปรรูปไทย

ที่มา: กวี หวังนิเวศน์กุล

ชื่อไม้	ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนัก กก. ต่อ ลบ.ม.	หน่วยแรงดัดที่จุด P.L. และหน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน	โมดูลัสความยืดหยุ่น กก.ซม^2	หน่วยแรงอัดที่จุด P.L. กก.ซม^2		หน่วยแรงเฉือนประลัยขนานเสี้ยน กก.ซม^2	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ กก.ซม^2	โมดูลัสความยืดหยุ่นโดยประมาณ กก.ซม^2 (E)	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ กก.ซม^2		หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยนที่ยอมให้ กก.ซม^2 (H)
					ขนานเสี้ยน	ขวางเสี้ยน				ขนานเสี้ยน C//	ขวางเสี้ยน C⊥	
กราด	0.87	870	656	92,563	296	105	149	80	94,100	60[2]	16[3]	8
กระเจา	0.71	700	648	88,956	246	104	142					
กระบาก	0.74	740	770	105,017	217	62	80					
ตะบูนขาว	-	590	649	89,438	365	99	148					
ทำมัง	0.56	550	662	95,374	-	42	164					
พญาไม้	0.67	570	645	87,152	310	63	101					
พะยอม	0.82	730	717	94,099	340	97	135					
ยางแดง	-	760	739	113,651	367	65	166					
สัก	0.62	630	641	81,573	327	80	134					
อินทนิล	0.65	640	697	92,720	340	77	157					

ตารางที่ 2.5 แสดงค่ากลสมบัติของไม้เนื้อปานกลางแปรรูปไทย

ที่มา: กวี หวังนิเวศน์กุล

ชื่อไม้	ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนัก กก. ต่อ ลบ.ม.	หน่วยแรงดัดที่จุด P.L. และหน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน	โมดูลัสความยืดหยุ่น กก.ซม^2	หน่วยแรงอัดที่จุด P.L. กก.ซม^2		หน่วยแรงเฉือนประลัยขนานเสี้ยน กก.ซม^2	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ กก.ซม^2	โมดูลัสความยืดหยุ่นโดยประมาณ กก.ซม^2 (E)	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ กก.ซม^2		หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยนที่ยอมให้ กก.ซม^2 (H)
					ขนานเสี้ยน	ขวางเสี้ยน				ขนานเสี้ยน C//	ขวางเสี้ยน C⊥	
กว้าว	0.69	690	806	97,770	378	120	136	100	112,300	75[3]	22[3]	10
ตะเคียนทอง	0.77	760	816	104,940	354	116	123					
ตะเคียนหนู	0.86	860	841	94,503	288	170	76					
ตะแบก	0.72	720	808	112,556	374	105	175					
ตาเสือ	0.74	750	867	124,100	500	102	82					
นนทรี	0.82	810	813	107,931	346	113	68					
พลวง	0.94	940	939	129,683	351	99	134					
มะค่าแต้	0.99	990	954	125,806	357	231	208					
ยูง	0.75	720	806	120,586	364	68	174					
รกฟ้า	1.14	1,130	854	111,315	334	155	192					
เหียง	0.90	900	816	102,754	358	119	211					

ตารางที่ 2.6 แสดงค่ากลสมบัติของไม้เนื้อแข็งแปรรูปไทย

ที่มา: กวี หวังนิเวศน์กุล

ชื่อไม้	ความถ่วงจำเพาะ	น้ำหนัก กก. ต่อ ลบ.ม.	หน่วยแรงดัดที่จุด P.L. และหน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน	โมดูลัสความยืดหยุ่น กก.ซม^2	หน่วยแรงอัดที่จุด P.L. กก.ซม^2		หน่วยแรงเฉือนประลัยขนานเสี้ยน กก.ซม^2	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ กก.ซม^2	โมดูลัสความยืดหยุ่นโดยประมาณ กก.ซม^2 (E)	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ กก.ซม^2		หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยนที่ยอมให้ กก.ซม^2 (H)
					ขนานเสี้ยน	ขวางเสี้ยน				ขนานเสี้ยน C//	ขวางเสี้ยน C⊥	
กันเกรา	0.93	920	999	154,865	388	125	80	120	136,300	90[4]	30[4]	12
แดง	1.05	1,050	1,193	153,129	538	219	120					
ตะคร้อไข่	1.11	1,080	1,189	148,141	442	232	135					
ตะคร้อหนาม	1.11	1,110	960	138,533	350	230	163					
ตะบูนดำ	-	880	1,038	114,880	494	154	199					
เต็ง	1.07	1,070	924	115,464	443	184	146					
ประดู่	0.82	840	1,163	128,488	495	201	164					
มะเกลือเลือด	1.02	1,020	1,131	137,613	425	235	144					
มะค่าโมง	0.85	850	996	101,721	463	121	167					
ยมหิน	0.86	870	1,088	131,629	350	174	139					
รัง	1.15	1,060	1,108	153,607	496	182	176					
เสียวมัน	0.98	990	1,155	161,506	463	172	202					
สักขี้ควาย	0.88	880	1,063	131,968	467	184	146					
เสลา	0.72	720	966	113,791	450	118	131					
หลุมพอ	-	850	1,070	137,543	596	103	140					
แอ็ก	0.78	870	1,060	136,953	388	136	151					
เคี่ยม	-	960	-	-	-	-	-					

2.4.4 ไม้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ

ในหนังสือ **คู่มือประชาชน การปลูกไม้มีค่าทางเศรษฐกิจ(2562)** ได้กล่าวไว้ว่า ไมมีคาทางเศรษฐกิจ หรือ ไมเศรษฐกิจ (Economic Trees) เปนทางเลือกหนึ่งที่จะทำใหมีพื้นที่ปาไมเพิ่มขึ้น 26 ล้านไร หรืออาจมากกวานั้น เพียงแตรัฐตองใหการสงเสริม และสนับสนุนใหภาคประชาชน ภาคเอกชน ปลูกไมมีคาทางเศรษฐกิจในพื้นที่นอกเขตปาไมใหไดอยางจริงจัง และตองกำหนดทิศทางในการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจใหเกิดขึ้นอยางเปนรูปธรรม

โดยไดกำหนดทิศทางการสงเสริมการปลูกไมมีคาทางเศรษฐกิจใหกับเกษตรกรที่สนใจ และหันมาใหความสำคัญกับการปรับเปลี่ยนอาชีพจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยว มาปลูกไมมีคาทางเศรษฐกิจควบคูหรือเปนอาชีพหลักแทน อีกทั้งยังกำหนดแนวทางทั้งดานการสงเสริมการตลาด และอำนวยความสะดวกในการขออนุญาตตางๆ โดยภาครัฐไดเรงแกไขขอบังคับ กฎหมาย กฎระเบียบที่เปนอุปสรรค ตอการปลูกไมเศรษฐกิจนอกเขตปานั้น ใหมีการสนับสนุน สงเสริม อำนวยความสะดวก ใหมีการปลูกการจัดการการตัด การแปรรูปเปนผลิตภัณฑ รวมถึงการสงออกไปขายในตลาดตางประเทศ พรอมทั้งพัฒนาระบบการรับรองมาตรฐานไมมีคาทางเศรษฐกิจที่ไดรับการยอมรับจากตางประเทศ หรือ Forest Certification

ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมจะพบไม้เศรษฐกิจที่มีความน่าสนใจ เมื่อเทียบกับกลสมบัติของไม้แปรรูปดังนี้

- ไม้สัก
- ไม้ยูคาลิปตัส
- ไม้กระถินเทพา
- ไม้นนทรี
- ไม้ยางพารา

โดยจะเพิ่มในส่วนของไม้ก่อสร้างที่พบได้ทั่วไป คือ ไม้แดง

ซึ่งเมื่อแยกไม้ตามความแข็งแรงออกเป็นไม้ 3 ประเภทอันได้แก่ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อปานกลาง และไม้เนื้อแข็ง จะเห็นได้ว่ามีไม้ที่ในปัจจุบันนิยมใช้ในงานก่อสร้างอยู่หลากหลายในส่วนของไม้เนื้ออ่อนที่พบได้บ่อยคือ ไม้สัก และไม้ยางแดง ไม้เนื้อปานกลางคือ ไม้นนทรี และไม้ตะแบก สุดท้ายในส่วนไม้เนื้อแข็งคือ ไม้เต็ง ไม้รัง และไม้แดง ซึ่งจากข้อมูลและกลสมบัตินี้ จึงใช้ค่าดังกล่าวเป็นกฎเกณฑ์ในการเลือกไม้แปรรูปในประเทศจากไม้เนื้ออ่อนไปจนถึงไม้เนื้อแข็งโดยพิจารณาจากการนำไปใช้งานในทางโครงสร้างกล่าวคือ ไม้โครงสร้างทั่วไป และไม้คาน พร้อมกับพิจารณาจากไม้ที่ใช้ทั่ว จึงเลือกไม้เพื่อการพิจารณา 7 ชนิด คือ

1. **ไม้เนื้ออ่อน – ไม้สัก ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 81,573 กก./ตร.ซม. ไม้ยางพารา ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 113,651 กก./ตร.ซม.**
2. **ไม้เนื้อปานกลาง – ไม้นนทรี ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 107,931 กก./ตร.ซม. ไม้กระถินเทพา ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 112,556 กก./ตร.ซม.**
3. **ไม้เนื้อแข็ง – ไม้แดง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 153,129 กก./ตร.ซม. ไม้ยูคาลิปตัส ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 115,464 กก./ตร.ซม.**
4. **ไม้กลูแลม ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 77,337- 154,675 กก./ตร.ซม.**

เมื่อได้ผลการทดลองแล้วจะคัดเลือกไม้ที่มีความใกล้เคียงกับไม้กลูแลมในประเทศไทยเพื่อนำไปใช้ในการผลิตโครงถักไม้-เหล็กในงานวิจัยต่อไป

2.5 โครงถัก

2.5.1 ประเภทของโครงสร้าง รูปแบบของโครงถัก

2.5.1.1 ประเภทของโครงถัก

1. แบ่งตามวัสดุ ได้แก่ โครงถักไม้ (Wooden truss) โครงถักเหล็ก (Steel truss) โครงถักคอนกรีต(Reinforced concrete truss) และ โครงถักองค์ประกอบ (Composite truss)

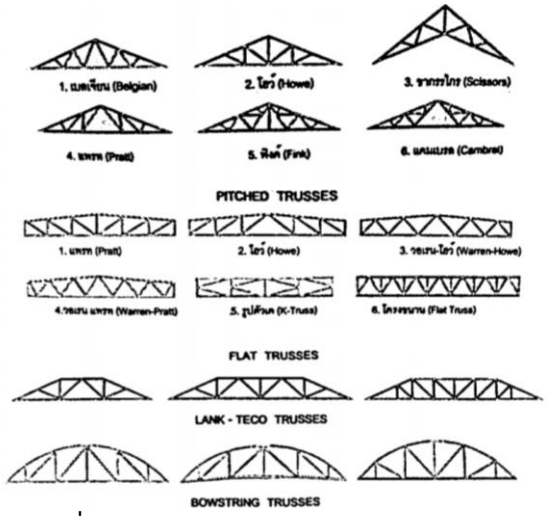
2. แบ่งตามรูปแบบ หรือ ลักษณะทางกายภาพของโครงสร้าง เช่น โครงถักรูปจั่ว โครงถักรูปแบน และ โครงถักรูปโค้ง

3.แบ่งตามลักษณะการถ่ายแรง หรือ ตามระบบโครงสร้าง เช่น โครงถักทางเดียวโครงถักหลายระนาบ โครงถักรูปตาราง โครงถักรูปโดม (Dome) รูปโค้ง (Arch) โวลท์ (Vault) หรือ โค้งแบบประทุน (Barrel vault)อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วนิยมแบ่งโครงถักออกเป็น 3 ชนิด คือ10

- โครงถักทางเดียว (Linear truss)
- โครงถักหลายระนาบ (Double layer truss)
- โครงถักแบบพิเศษ (Complicated truss)

2.5.1.2 รูปแบบของโครงถัก

1. โครงรูปแบบคันธนู (Bowstring truss)
2. โครงรูปจั่ว (Gable truss/Pitch truss)
3. โครงแบบคอร์ดขนาน (Flat Truss)



ภาพที่ 2.7 แสดงโครงถักระนาบเดียว รูปแบบต่างๆ
ที่มา: จรัญพัฒน์ ภวนันท์(2542)

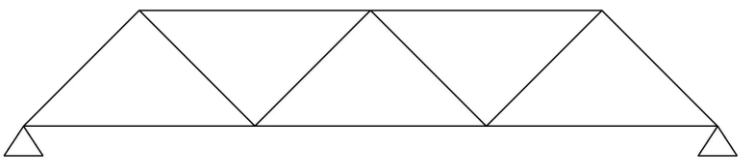
2.5.1.3 ลักษณะของโครงถัก

ชนินทร์ ทิพยโอภาส(2543) กล่าวว่า โครงถักแบบคอร์ดขนาน แบ่งลักษณะตามแรงโดยแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1. โครงถักแบบแพรท(Pratt Truss)
2. โครงถักแบบวอร์เรน(Warren truss)
3. โครงถักแบบฮาวน์ (Howe truss)

โดย **ชนินทร์ ทิพยโอภาส(2543)** กล่าวถึงข้อมูลในส่วนนี้ว่า โครงถักชิ้นส่วนทแยงจะถูกจัดสลับให้ทำหน้าที่ค้ำยันและยึดจุดต่อของคอร์ดบนและคอร์ดล่าง โดยชิ้นส่วนที่ต้องนำมาต่อที่จุดเดียวกันน้อยกว่าจึงมีข้อได้เปรียบเสียเปรียบในด้านการทำจุดต่อของโครงสร้าง และนำไปใช้ในโครงสร้างของสะพานด้วยโครงถักแบบ วอร์เรนนี้ ชิ้นส่วนคอร์ดบนเป็นตัวรับแรงอัดต้องเอาใจใส่ต่อชิ้นส่วนเหล่านี้เพื่อหลีกเลี่ยงการโค้งงอโดยการเสริมความแข็งแรงให้

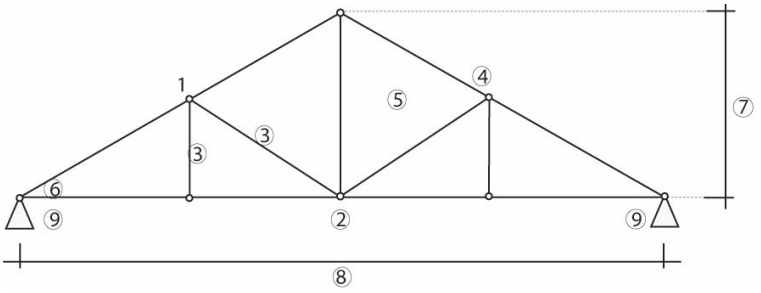
งานวิจัยนี้เลือกโครงถักคอร์ดขนานแบบวอร์เรน(Warren flat truss) แบบไม่มีโครงค้ำยันแนวตั้ง เนื่องจากข้อต่อหรือข้อหมุนมีจำนวนน้อยความสะดวกในการติดตั้งของการก่อสร้างบ้านพักอาศัย อีกทั้งยังตรงตามแคทตาล็อคในต่างประเทศที่จะอธิบายต่อไป



ภาพที่ 2.8 แสดงรูปแบบโครงถักคอร์ดขนานแบบวอร์เรน(Warren flat truss)
ที่มา ชนินทร์ ทิพยโอภาส

2.5.2 องค์ประกอบของโครงถัก

2.5.2.1 องค์ประกอบของโครงถัก(Truss) ชนินทร์ ทิพยโอภาส (2543) โครงถัก คือ โครงสร้างที่ชิ้นส่วนที่รับแรงดึงมายึดต่อกันในรูปลักษณะสามเหลี่ยมต่อกันจนเกิดลักษณะเป็นโครงและถ่ายทอดน้ำหนักลงสู่จุดรองรับ โดยรูปสามเหลี่ยมชิ้นส่วนต่างๆจะเกิดแรงปฏิกิริยาแรงอัด และแรงดึงต่อต้านทำให้ไม่เปลี่ยนรูปร่างเป็นโครงสร้างที่ใช้พาดช่วงยาว ๆ โดยไม่ต้องมีเสาระหว่างกลาง ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ในการออกแบบอาคารที่จะนำไปใช้ได้แก่ โครงหลังคา โครงสะพาน คานโครงสร้างสำหรับโครงหลังคาเป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักของเครื่องมุงเช่น น้ำหนักของกระเบื้อง แรงลม และน้ำหนัก ของโครงหลังคา เป็นต้นองค์ประกอบของโครงถักภายในโครงถักแต่ละโครงถักจะมีองค์ประกอบที่เหมือน ๆ กัน ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะรูปแบบของโครงถัก
ที่มา ชนินทร์ ทิพยโอภาส

1. Upper Chord หรือ Top member คือ ชิ้นส่วนรับแรงด้านบนโครงซึ่งแรงที่เกิดขึ้นภายในสามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่รับแรงอัด และส่วนที่รับแรงดึงขึ้นอยู่กับรูปแบบของโครงสร้างและจุดรองรับ

2. Lower Chord หรือ Bottom member คือ ชิ้นส่วนที่รับแรงด้านล่างโครง ซึ่งเกิดแรงที่เกิดภายในสามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่รับแรงอัด และ ส่วนที่รับแรงดึงขึ้นอยู่กับรูปแบบของโครงสร้างและจุดรองรับ

3. Web หรือ Vertical member (Post) และ Diagonal member คือ ชิ้นส่วนรับแรงทั้งแนวตั้งและแนวทแยงแรงที่เกิดขึ้นภายในนอกจาสามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่รับแรงอัด และส่วนที่รับแรงดึงบางครั้งโครงอาจไม่มีหน้าที่รับแรงเลย

4. Panel Joint คือ ข้อต่อหรือ ข้อหมุนที่รับแรงจากปลายชิ้นส่วนรับแรงและทำหน้าที่กระจายแรงต่อไปยังชิ้นส่วนต่อเนื่องหรือจุดSupport โดยตามทฤษฎีแล้วควรมีรูปร่างเป็นรงกลมคล้ายลูกบอลสามารถหมุนได้รอบ แต่ในการก่อสร้างจริงทำได้ยากจึงให้ยึดตรงข้อต่อนี้ได้ ทั้งนี้เพราะไม่ทำให้ผลในแรงผิดไปมาก

5. Panel คือ ช่องในกรอบหนึ่ง ๆ ภายในโครงถัก

6. Pitch คือ มุมของความชัน มุมแหลม

7. Rise คือ ความสูงของโครงถักในบางโครงอาจมีความหมายเหมือนความลึก

8. Span คือ ช่วงพาดกว่างของโครงถัก

9. Support คือ จุดรองรับน้ำหนักของโครงถัก ต้องพิจารณาให้ดีด้วยในระหว่างการออกแบบ และก่อสร้าง

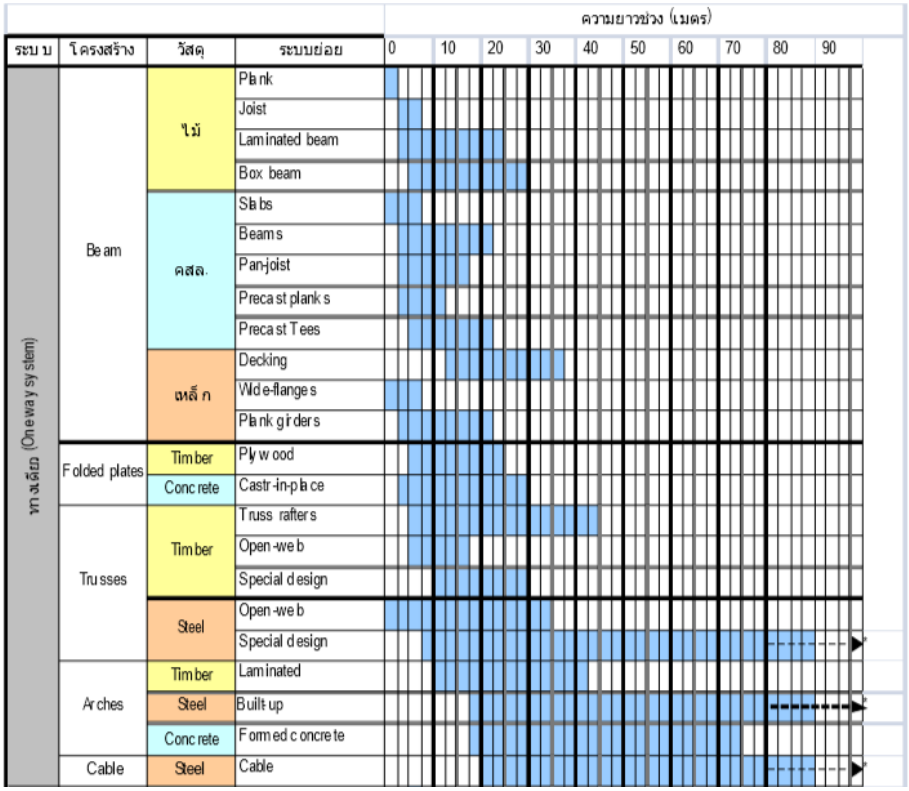
รองศาสตราจารย์.ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ได้กล่าวไว้ในเอกสารประกอบการสอนวิชาทฤษฎีโครงสร้างไว้ว่า รูปแบบของคานโครงถักที่ประหยัดวัสดุที่สุดคือรูปแบบที่ชิ้นสวนของโครงข่อหมุนในแนวทแยง (Web) ทำมุมเอียงระหว่าง 45 ถึง 60 องศากับแนวนอน ดังนั้นถ้าความยาวของ span ของสะพานมีคามากขึ้นแลว ความลึกของbridge truss ก็จะมีคามากขึ้นด้วยซึ่งจะสงผลใหความยาวของ panels ของ bridge truss มีคามากขึ้นและน้ำหนักของระบบพื้นของสะพานก็จะมีคามากขึ้นตามไปด้วย

จากการข้อมูลเรื่องไม้แปรรูป ในการสอบโครงถักไม้-เหล็ก ไม้แปรรูปจะนำมาใช้เป็น Upper chord และ Lower chord ในส่วนของ Web หรือ Vertical member นั้นจะใช้เป็นเหล็ก เพื่อนำโครงถักไม้-เหล็ก และองศาโครงค้ำยัน(Web)ที่ดีอยู่ที่ 45 ถึง 60 องศา แต่ในงานวิจัยจะใช้องศาโครงค้ำยันที่ 30 องศา เพิ่มขึ้นมา

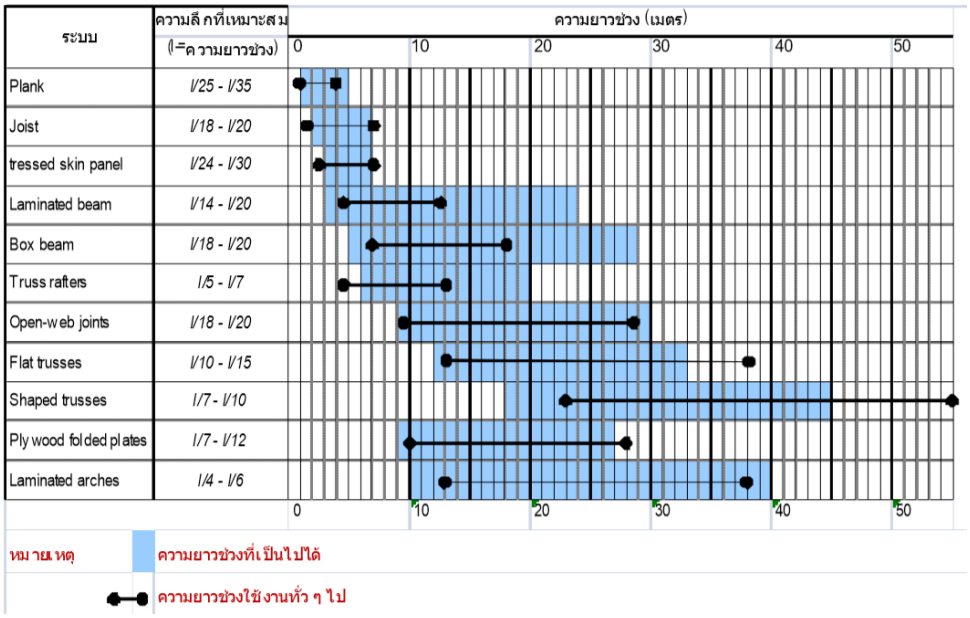
2.6 ระบบโครงสร้างและการใชงาน

รศ.สถาพร โภคา(2551) ได้กล่าวไว้ในหนังสือความรูพื้นฐานเรื่อง อาคาร และโครงสร้าง อาคารแตละหลัง อาจเลือกระบบโครงสร้างที่แตกต่างกันไดหลายระบบโดยคำนึงถึงดุลยภาพ ได้แก ความต่องการ ทางสถาปตยกรรม เชน รูปทรง พื้นที่ใชสอย ความเป็นไปได้ในเชิงวิศวกรรม หมายถึงรูปทรง หรือขนาดของอาคาร ซึ่งอยู่ใน วิสัยที่จะก่อสร้างได้ มั่นคงแข็งแรง รับน้ำหนัก หรือต้านทานแรงได้ ประหยัด มีเสถียรภาพ ทนทาน ในเชิงวิศวกรรม ปัจจัยพื้นฐานที่ต่องพิจารณา ได้แก มิติ หรือสัดสวนขององคอาคาร และวัสดุ แม้สถาปนิกจะทราบความเหมาะสม หรือ ข่อจำกัดขององคอาคาร หรือระบบโครงสร้างแต่ละประเภทอยู่บ้าง แต่หากได้ข้อแนะนำจากวิศวกรอย่างถูกตองแลวก็จะทำใหออกแบบอาคารได้ถูกตองเหมาะสม

ตารางที่ 2.7 แสดงชวงใช้งานเหมาะสมและขีดจำกัดโดยประมาณของระบบโครงสร้างที่ถ่ายเทน้ำหนัก
ที่มา: บทความความรูพื้นฐานเรื่อง อาคาร และโครงสร้าง(2551)



ตารางที่ 2.8 แสดงช่วงอัตราส่วนระหว่างช่วงพาดและความลึกในช่วงใช้งานที่เหมาะสมของระบบแผ่น คาน ตง โครงถัก และโครงขอแข็ง
ที่มา: บทความความรูพื้นฐานเรื่อง อาคาร และโครงสร้าง(2551)



ข้อมูลในส่วนของระบบโครงสร้างและการใช้งานนั้น ใช้เพื่อการออกแบบการทดลองโดยหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนความลึกโครงถักและช่วงพาดของโครงถัก ซึ่งสามารถมีอัตราส่วนของความลึกโครงถัก = ความยาวช่วงพาด/10 จนไปถึง ความลึกโครงถัก = ความยาวช่วงพาด/20 เพื่อเป็นสร้างต้นแบบสำหรับการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.7 การวิเคราะห์โครงสร้าง

2.7.1 แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง แรงที่กระทำต่อโครงสร้างโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง

แรงกระทำหมายถึง น้ำหนักของโครงสร้างเองหรือน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้าง ซึ่งน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้างยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load)
- น้ำหนักบรรทุกจร (Live load)

กวี หวังนิเวศน์กุล (2552) ได้กล่าวไว้ในหนังสือ “การออกแบบโครงสร้างเหล็กและไม้เบื้องต้น” เกี่ยวกับเรืองน้ำหนักที่น้ำหนักบรรทุกทีใช้ออกแบบ แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือกระทำต่อโครงสร้างไว้ว่า

- น้ำหนักบรรทุกคงที่ หมายถึง น้ำหนักบรรทุกทีมีลักษณะคงที ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่มีการเคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนแปลงขนาด ซึงส่วนใหญ่จะเป็นชิ้นส่วนของโครงสร้างอาคารเป็นหลัก เช่น ฐานราก เสา คาน พื้น หลังคาผนัง กระเบืองปูพื้น เป็นต้น
- น้ำหนักบรรทุกจร หมายถึง น้ำหนักบรรทุกทีเป็นลักษณะมีการเคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนแปลงขนาดน้ำหนักได้ตลอดเวลาหรือบรรทุกอยูชั่วคราว เช่น น้ำหนักบรรทุกของผู้คนทีเข้าไปใช้ในอาคารนั้นๆ ตู้เก็บเอกสารอุปกรณ์สำนักงาน รถยนต์ แรงลม เป็นต้น

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(วสท.) (2550) ได้กล่าวถึงเรือง น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง ไว้ในหนังสือ “มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก” ไว้ว่า โครงสร้างต้องรับน้ำหนักคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร การคิดน้ำหนักคงที่และเกณฑ์การคิดน้ำหนักบรรทุกจรเป็นไปตามที่กำหนดในบทบัญญัติสำหรับอาคารที่สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(วสท.) ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 2.9 แสดงน้ำหนักบรรทุกคงที่(Dead load)ต่างๆ

ที่มา: หนังสือการวิเคราะห์โครงสร้าง(พ.ศ.2558) โดย ผศ.ดร.สุนิต สุภาพ

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุก	หน่วย
คอนกรีตล้วน	2,300	กก./ลบ.ม.
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2,400	กก./ลบ.ม.
เหล็ก	7,850	กก./ลบ.ม.
ไม้	500	กก./ลบ.ม.
อิฐ	1,900	กก./ลบ.ม.
โครงหลังคา	10-30	กก./ตร.ม.
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	14	กก./ตร.ม.
กระเบื้องคอนกรีต	50	กก./ตร.ม.
เหล็กรีดลอน	14	กก./ตร.ม.
สังกะสี	5	กก./ตร.ม.
ฝ้าเพดาน	14-26	กก./ตร.ม.
กำแพงอิฐมอญ	180-360	กก./ตร.ม.
กำแพงอิฐบล็อก	100-200	กก./ตร.ม.

ตารางที่ 2.10 แสดงน้ำหนักบรรทุกจร(Live load)ต่างๆตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6

ที่มา: กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527)

ประเภทและส่วนต่าง ๆ ของอาคาร		หน่วยน้ำหนักบรรทุก (กก./ตร.ม.)
1.	หลังคา	30
2.	กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3.	ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4.	ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรม และห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล	200
5.	สำนักงาน ธนาคาร	250
6.	(ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน และโรงพยาบาล	300
	(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
7.	(ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่งหรือรถจักรยานยนต์	400
	(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	400
8.	(ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
	(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุด และหอสมุด	500
9.	ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
10.	ที่จอดหรือเก็บรถบรรทุกเปล่า	800

โดยผู้วิจัยใช้น้ำหนักบรรทุกจร(Live load) ในส่วนของบ้านพักอาศัย และน้ำหนักคงที่(Dead load)ของไม้และเหล็ก เพื่อนำข้อมูลไปทดสอบต้นแบบในการรับน้ำหนักผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

นอกจากข้อมูลในส่วนของรูปแบบโครงถักแล้ว ยังมีข้อมูลในส่วนของการรับน้ำหนักในระยะช่วงพาดและความลึกของโครงถักนะระยะต่างๆตามตารางที่ โดยข้อมูลในส่วนนี้จะใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2. แรงต้านทานแรงกระทำ (Reactive Force)

แรงต้านทานแรงกระทำ เป็นแรงที่เกิดขึ้นบริเวณฐานรองรับ เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยทั่วไปจะเรียกว่า แรงปฏิกิริยา (Reaction) ซึ่งแรงปฏิกิริยาจะกระทำในแนวตั้งฉากและแนวขนานกับฐานรองรับ นอกจากนี้แล้วยังมีโมเมนต์ดัดอีกหนึ่งตัวที่เกิดขึ้นคล้ายกับแรงปฏิกิริยาโดยโมเมนต์ดัดจะต้านทานต่อการหมุนหรือการดัดโค้งของโครงสร้างอันเนื่องมาจากแรงกระทำ

2.7.2 ฐานรองรับ (Supports)

ฐานรองรับของโครงสร้างจริงมีหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท ให้โครงสร้างเกิดการสมดุล มีความมั่นคง แข็งแรงในการวิเคราะห์หาค่าแรงต่างๆ ของโครงสร้าง เพื่อออกแบบส่วนต่างๆ ของอาคาร จะต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์ และเครื่องหมายสำหรับฐานรองรับแต่ละแบบ เพื่อความเข้าใจที่ตรงกันและสะดวกในการคำนวณ ชนิดของฐานรองรับสำหรับโครงสร้างโดยทั่ว ๆ ไปแบ่งออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

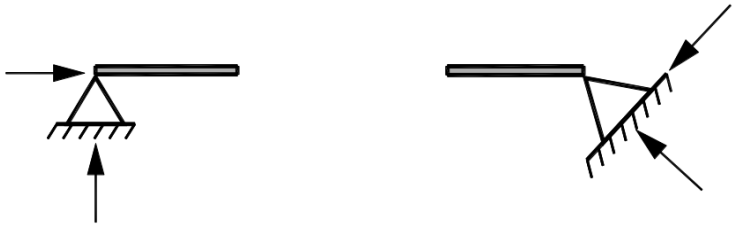
1. ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports)

ฐานรองรับแบบนี้ยอมให้เกิดการหมุนได้รอบแกน ค่าของโมเมนต์ดัดที่ฐานรองรับแบบนี้จึงเป็นศูนย์ หรือที่รองรับแบบนี้ไม่สามารถรับโมเมนต์ดัดได้นั่นเอง นอกจากนี้ฐานรองรับแบบนี้ยังยอมให้มีการเคลื่อนที่ได้ตามแนวขนานกับฐานรองรับ จึงไม่สามารถรับแรงตามแนวขนานกับฐานรองรับหรือตามแนวนอนได้ เพราะฉะนั้นฐานรองรับแบบนี้จึงสามารถรับแรงได้เพียงแรงเดียว คือ แรงตามแนวตั้งฉากกับฐานรองรับ หรือตามแนวดิ่งเท่านั้น

ภาพที่ 2.10 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports)
ที่มา เอกสารประกอบการเรียนกลศาสตร์โครงสร้าง 2

2. ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)

ฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ หรือบางครั้งเรียกว่า ฐานรองรับแบบบานพับ ซึ่งฐานรองรับแบบนี้จะไม่ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ทั้งในแนวขนานและตั้งฉากกับฐานรองรับ แต่จะยอมให้เกิดหมุนได้รอบแกน ดังนั้นฐานรองรับแบบนี้จึงสามารถรับแรงได้ 2 แรง คือ แรงตามแนวขนานกับฐานรองรับหรือแนวนอน และแรงตามแนวตั้งฉากกับฐานรองรับหรือแนวดิ่ง แต่ไม่สามารถรับโมเมนต์ดัดได้หรือโมเมนต์ดัดมีค่าเป็นศูนย์



ภาพที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์ของฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้ (Hinge Supports)
ที่มา เอกสารประกอบการเรียนกลศาสตร์โครงสร้าง 2

3. ฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Supports)

ฐานรองรับแบบนี้จะยึดแน่นอยู่กับที่ไม่ยอมให้มีการหมุนหรือมีการเคลื่อนที่ใดๆ ทั้งสิ้นดังนั้นจึงสามารถรับแรงได้ทั้งแนวขนานกับฐานรองรับ แนวตั้งฉากกับฐานรองรับ และยังสามารถรับโมเมนต์ดัดได้อีกด้วย

2.7.3 น้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้าง (Load)

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างอาจเป็นน้ำหนักของตัวโครงสร้างเองหรือน้ำหนักภายนอกที่มากระทำ เช่น น้ำหนักของผู้คนที่ใช้อาคาร น้ำหนักสิ่งของต่างๆ แรงลม เป็นต้น น้ำหนักบรรทุกบนโครงสร้างที่จะใช้สำหรับการวิเคราะห์หาค่าแรงต่างๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก

1. น้ำหนักกระทำเป็นจุด (Point Load หรือ Concentrated Load)

น้ำหนักที่กระทำเป็นจุด เป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างบนพื้นที่ที่มีขนาดเล็กๆ จนถือว่าเป็นจุดได้ เช่น น้ำหนักจากแปถ่ายลงบนจันทัน น้ำหนักจากคานถ่ายลงสู่เสา เป็นต้น

2. น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย (Distributed Load)

น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย เป็นน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างเป็นบริเวณกว้าง อาจจะเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดของโครงสร้าง ก็ได้ เช่น น้ำหนักของผนังที่ถ่ายลงบนคาน น้ำหนักของกระเบื้องถ่ายลงบนแป หรือแรงลมที่กระทำต่อผนังของอาคาร เป็นต้น

ภาพที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์ของน้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจาย (Distributed Load)

ที่มา เอกสารประกอบการเรียนกลศาสตร์โครงสร้าง 2

2.7.4 สมการสมดุล (Equilibrium Equations)

ในทางสถิตยศาสตร์การสมดุล(Equilibrium) หมายถึง สภาวะที่วัตถุหรือโครงสร้างอยู่นิ่งกับที่ไม่มีการเคลื่อนที่ใดๆ เมื่อมีแรงมากระทำภายใต้สภาวะสมดุลนี้ตามกฎข้อที่สามของนิวตัน

กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างคือ ในการวิเคราะห์โครงสร้างงานวิจัยนี้จะกำหนดฐานรองรับแบบหมุนเคลื่อนที่ได้ (Roller Supports) และฐานรองรับแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ไม่ได้(Hinge Supports) ซึ่งเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์คานช่วงเดียวธรรมดา (Simple Beam) เพื่อให้เกิดสมการสมดุล (Equilibrium Equations) สำหรับวิเคราะห์แรงโครงถัก

2.8 โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง

โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างในการทำวิจัยครังนี้ เพื่อให้ทราบรูปแบบและค่าการแอ่นตัวของคาน ซึ่งโปรแกรม SAP2000 สามารถทดสอบแล้วทราบค่าการแอ่นตัวของคานพร้อมทั้งรูปแบบการแอ่นตัวของคาน ซึ่งได้มีวรรณกรรมทีเกี่ยวข้องดังนี้

เสริมพันธ์ เอียมจะบก (2554)กล่าวว่า โปรแกรม SAP2000 เป็นโปรแกรมเฉพาะทางด้านวิศวกรรมโครงสร้าง ทีช่วยในการวิเคราะห์และการออกแบบด้วยการสร้างแบบจำลองโครงสร้าง 3มิติ เพื่อศึกษาแรงกระทำที่เกิดขึ้นกับโครงสร้าง ลดการสูญเสียในเรื่องของเวลาและบุคลากรลงได้ โดยโปรแกรม SAP2000 สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่งานโครงสร้างขนาดเล็ก ไปจนถึงงานโครงสร้าง3มิติ ที่มีความสลับซับซ้อนได้

กออิศรา ประชาอาทร (2553) กล่าววา โปรแกรม SAP2000 เป็นโปรแกรมทีใช้หลักการFinite element ในการแกปัญหาและคำนวณชิ้นส่วนของโครงสร้าง โดยมีความสามารถในการคำนวณที่น่าเชื่อถือโดยทั่วไปโครงสร้างคานเป็นโครงสร้างสองมิติหรือสามมิติแต่ชิ้นส่วนของโครงสร้างนันจะต้องใช้เอลิเมนต์มิติเดียว ส่วนโครงสร้างลักษณะอื่นๆ อาจจำเป็นต้องเลือกใช้เอลิเมนต์สองมิติหรือสามมิติ

-โครงสร้างของโปรแกรม SAP2000

1) CREATE MODEL ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนแรกสำหรับการทำงาน โดยต้องทำการเตรียมโครงสร้างที่นำมาวิเคราะห์เป็นแบบจำลอง โดยกาหนดพิกัดต่างๆของโครงสร้าง ซึ่งการสร้างสามารถกระทำได้จากการนำ template ที่มีอยู่แล้วในโปรแกรมมาทำการดัดแปลง หรือ ่จากการเขียนรูปโครงสร้างขึ้นใหม่โดยใช้คำสั่ง Draw และ Edit

2) DEFINE ขั้นตอนการนิยามคุณสมบัติต่างๆของโครงสร้างที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ เช่น คุณสมบัติวัตถุ หน้าตัดของชิ้นส่วน ชนิดของนำหนักบรรทุก ชนิดของจุดต่อ ฯลฯ

3) ASSIGN ขั้นตอนการกาหนดคุณสมบัติ ที่นิยามขึ้นในขันตอนการ DEFINE ให้กับชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้าง เช่น

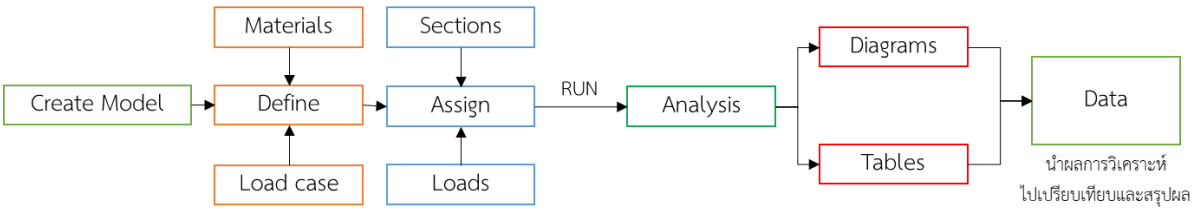
- การกำหนดหน้าตัดให้กับชิ้นส่วนโครงสร้าง
- การกำหนดน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง

4) ANALYSIS ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ต้องการ

5) DISPLAY ขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ที่วิเคราะห์ได้เพื่อทำการตรวจสอบ

6) CHECK ANALYSIS ขั้นตอนการสั่งให้โปรแกรมตรวจสอบผลการวิเคราะห์ที่ได้กับข้อกาหนดในการออกแบบที่ต้องการใช้

7) ภายหลังจากการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์โครงสร้างเรียบร้อยแล้วสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบต่อไปได้



ภาพที่2.13 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้โปรแกรมSAP2000
ที่มา: กานต์กัญญพัชร ลีประเสริฐ(2556)

ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดข้างต้น จะนำไปสู่การผลิตโครงถักไม้-เหล็ก ด้วยไม้แปรรูปในประเทศไทย เพื่อนำไปทดสอบการรับน้ำหนัก หรือแรงดัดในโครงถักไม้-เหล็ก และนำไปเปรียบเทียบโครงถักไม้-เหล็กจากไม้กลูแลมนำเข้าจากต่างประเทศ และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแคทตาล็อคต่อไป

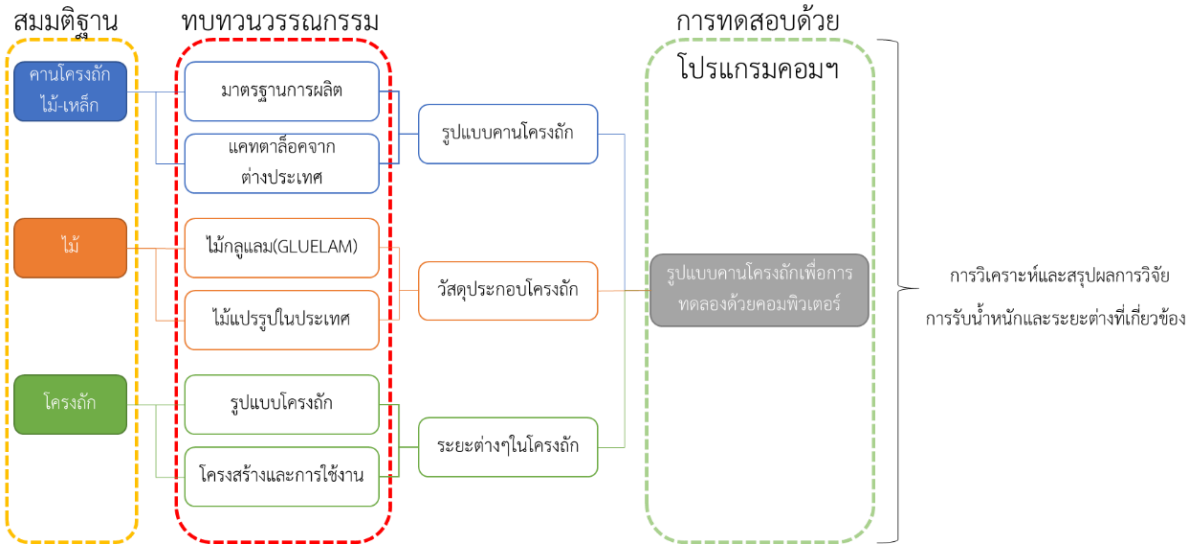
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในลักษณะการทดสอบ โดยการศึกษางานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาไม้แปรรูปไทยเพื่อใช้ทดแทนไม้สนต่างประเทศโดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไม้แปรรูปไทยทั้งก่อนและหลังการผลิตโครงถักไม้-เหล็ก ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับโครงถักไม้-เหล็กจากไม้สนต่างประเทศ จากการทบทวนวรรณกรรมที่ได้เตรียมการศึกษาไว้ นำไปสู่ขั้นตอนต่างๆ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา
3.2 กระบวนการวิจัย
3.3 การดำเนินการทดลอง
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

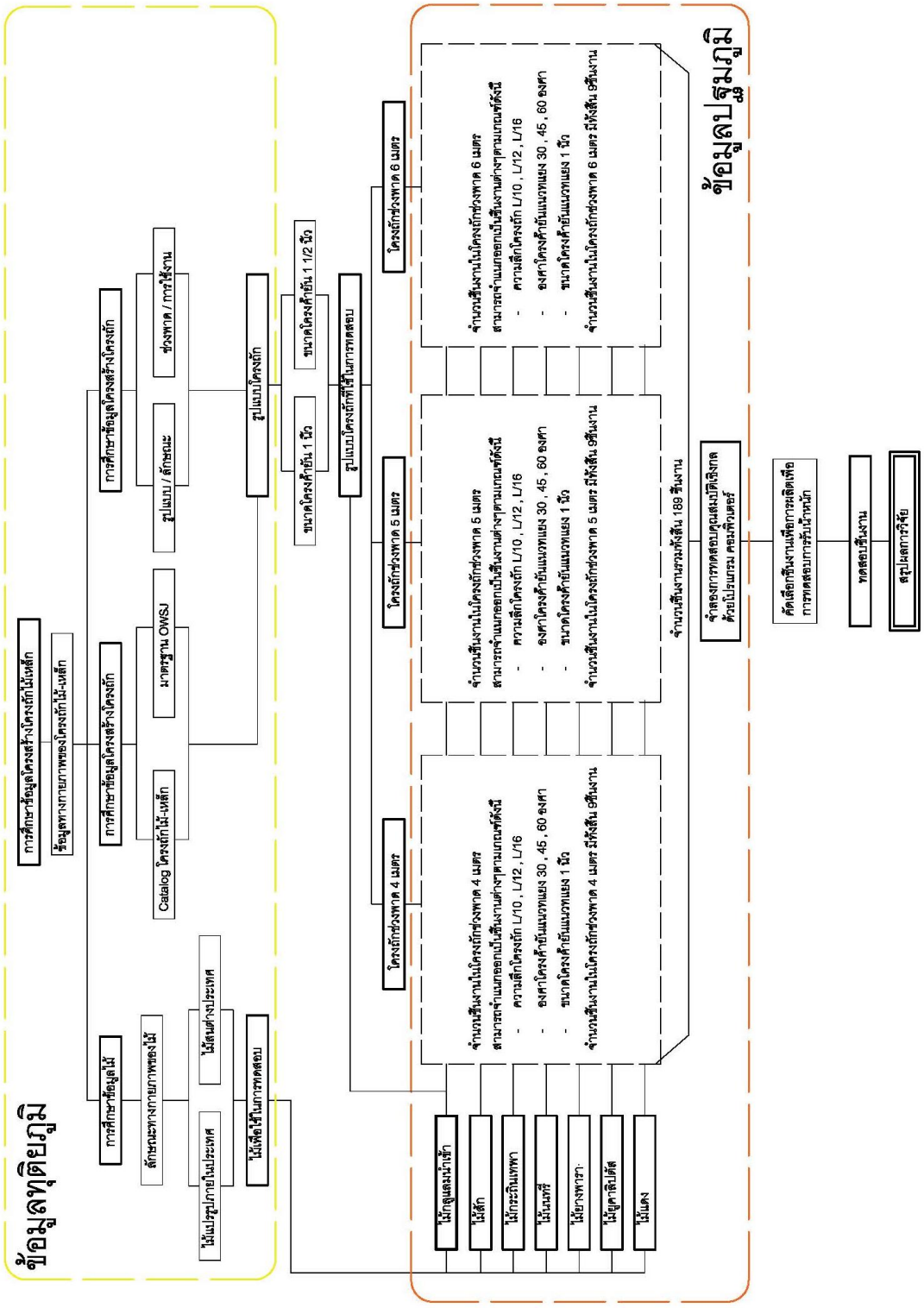
3.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

การวิจัยนี้เกิดจากการตั้งสมมติฐานในเรื่องของคานโครงถัก ไม้ และคานโครงถักไม้เหล็ก ซึ่งนำไปสู่การต่อยอดในการทบทวนวรรณกรรมเพื่อเพิ่มความเข้าใจในตัวแปรต่างๆข้างต้น เพื่อสรุปรูปแบบวัสดุ และระยะต่างๆในการทดสอบคานโครงถักไม้-เหล็ก เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย
ที่มา ผู้วิจัย

3.2 กระบวนการวิจัย



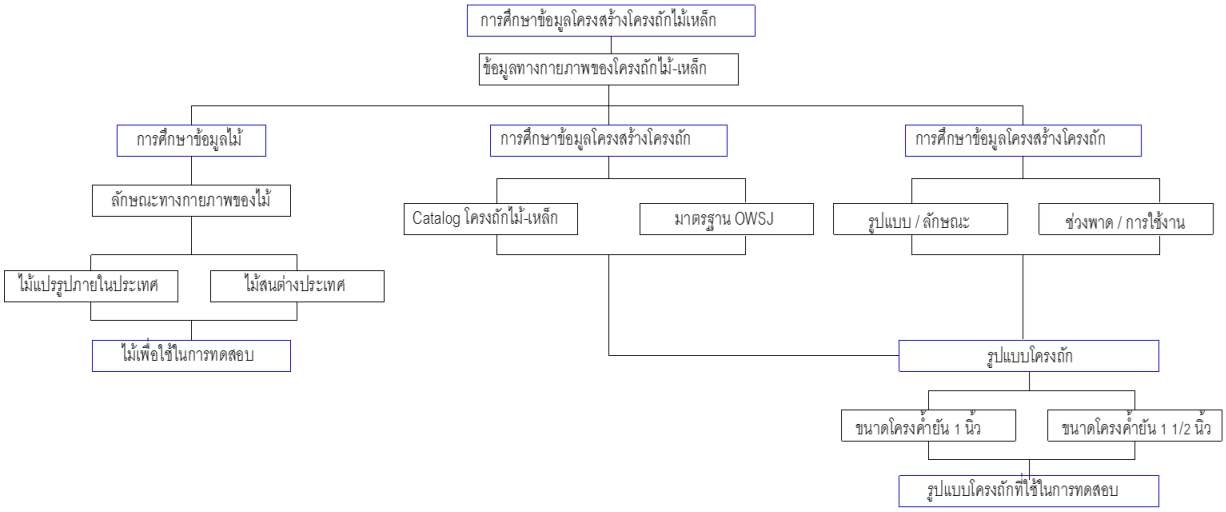
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย(ขยาย)

ที่มา ผู้วิจัย

3.2.1 การศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ

เป็นการศึกษาเอกสารวิชาการ บทความ วรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจับที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต เพื่อนำข้อมูลมาอ้างอิงในงานวิจัยให้มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือโดยแบ่งหัวข้อดังต่อไปนี้

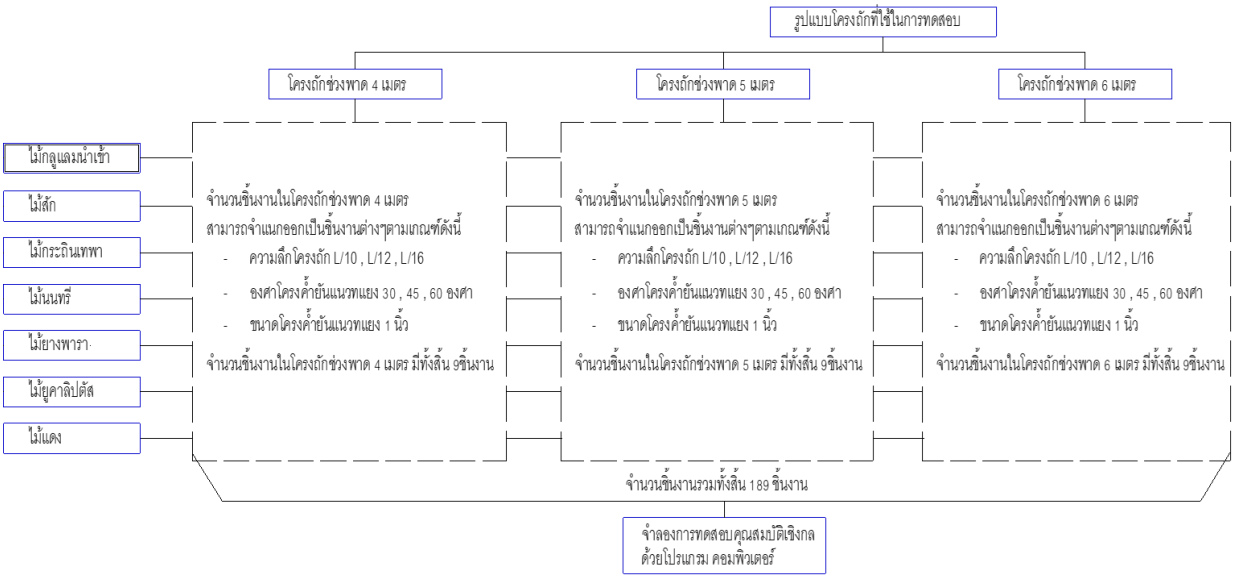
- ข้อมูลไม้ แบ่งออกเป็นข้อมูลไม้แปรรูปในประเทศ และไม้กลูแลม เพื่อคัดเลือกไม้แปรรูปที่นำมาใช้ในการทดสอบ
- ข้อมูลโครงสร้างโครงข้อหมุน แบ่งออกเป็น
  - โครงสร้างโครงข้อหมุน
  - มาตรฐานการผลิตจากต่างประเทศ SJI STANDARD
- แคทตาล็อคจากบริษัท Red-built ในสหรัฐอเมริกา



แผนภูมิที่ 3.3 แสดงการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ
ที่มา ผู้วิจัย

3.2.2 การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ

เป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบ โดยการข้อมูลจากการทดสอบโครงถักไม้โดยการเปลี่ยนองค์ประกอบต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้ในการผลิตชิ้นงานจริงเพื่อทดสอบ เปรียบเทียบและสรุปผลการทดลองต่อไป



แผนภูมิที่ 3.4 แสดงการศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ
ที่มา ผู้วิจัย

3.3 การดำเนินการทดลอง

1. การทดสอบใช้การทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรม เป็น 2 ชนิด ดังนี้

- ชนิดของไม้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ไม้แปรรูปในประเทศ และไม้กลูแลมนำเข้า
- รูปแบบของโครงถัก โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

- ช่วงพาด แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงพาด 4 เมตร ช่วงพาด 5 เมตร และช่วงพาด 6 เมตร โดยเป็นช่วงพาดนิยมในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย

- ความลึกโครง แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ความยาว/10 ความยาว/12 และความยาว/16 จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวเนื่องกับช่วงพาดและความลึกของโครงสร้าง

- องศาโครงค้ำยันแนวทแยง แบ่งออกเป็น 3 องศา คือ 30 45 และ 60 องศา ในการก่อสร้างนิยมใช้องศาโครงค้ำยันแนวทำแยงที่ 45 องศา แต่มีใช้ 30 และ 60 องศาในบางกรณี

จากตัวแปรทั้งหมดจะได้ชิ้นงานเพื่อการทดสอบในคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น 189 ชิ้นงานจากช่วงพาด 4 เมตร จำนวน 63 ชิ้น ช่วงพาด 5 เมตร จำนวน 63 ชิ้นงาน และ ช่วงพาด 6 เมตร จำนวน 63 ชิ้นงาน สำหรับการวิเคราะห์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ในการทดลองแรกเมื่อทำการทดสอบทั้ง 189 ชิ้นงานเพื่อหารูปแบบของโครงถักที่มีคุณสมบัติในการรับแรงหรือน้ำหนักบรรทุกเพียงพอหรือเทียบเท่ากับมาตรฐานต่างๆทั้งในและต่างประเทศ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วย2 ปัจจัย คือ

- ลักษณะทางกายภาพ กล่าวคือ จำนวนชิ้นส่วนในโครงถัก
- คุณสมบัติเชิงกล กล่าวคือ การรับน้ำหนักบรรทุก และการเลี่ยงความเสียหายในโครงถัก

2. ในการทดลองเพื่อสรุปผล เมื่อคัดเลือกโครงถักด้วยการวิเคราะห์ข้างต้น จึงทดสอบการรับน้ำหนักจากน้ำหนักโครงสร้างพื้นโดยผ่านโปรแกรมการทดสอบอีกครั้ง

3.5 การสรุปผลและเสนอแนะ

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะทำการสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลตาม วัตถุประสงค์ และสมมติฐานที่ได้วางไว้ โดยทำการสรุปผลจากการเปรียบเทียบระหว่างโครงถักไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศ และจากไม้สนนำเข้าว่าใกล้เคียงกันหรือไม่ หลังจากการสรุปผลการวิจัยแล้วผู้ดำเนินการวิจัยจะมีข้อเสนอแนะในงานวิจัย ข้อค้นพบ และประเด็นที่น่าสนใจ เพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจได้นำไปทำการวิจัยต่อไปในอนาคต

บทที่ 4
การเก็บข้อมูลจากการทดสอบทางคอมพิวเตอร์

การเก็บข้อมูลจากการทดสอบโดยผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดำเนินการโดยอาศัยข้อมูลดังนี้

4.1 ข้อมูลคุณสมเชิงกลของไม้

งานวิจัยนี้ใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น(E) ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าแรงดัดขนานเสี้ยน เป็นหลักในการแทนค่าในการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยค่าโมดูลัสยืดหยุ่นนั้นคือค่าความยืดหยุ่นของไม้ก่อนเกิดการแตกหัก ในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะค่าน้ำหนักของวัสดุซึ่งมีผลต่อการรับน้ำหนักที่ใช้วิเคราะห์ และค่าแรงอัดขนานเสี้ยนใช้เพื่อวิเคราะห์แรงในโครงสร้างคานโครงถัก

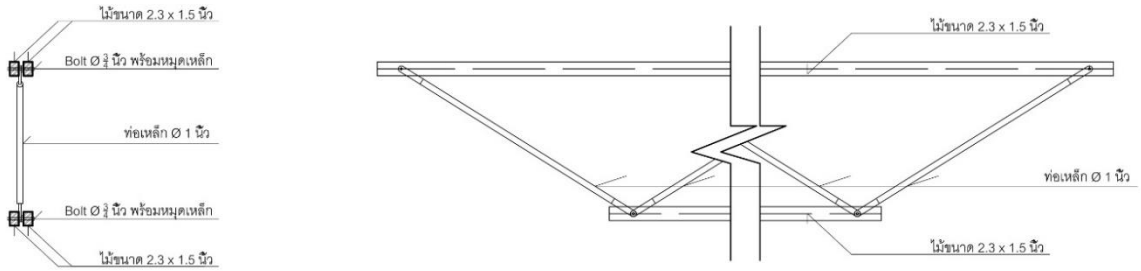
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและความถ่วงจำเพาะของไม้แต่ละชนิด
ที่มา กวี หวังนิเวศน์กุล

ชนิดไม้	โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) - กก./ตร.ซม.	ความถ่วงจำเพาะ	ค่าแรงอัดขนานเสี้ยน
ไม้กลูแลม	98,426	0.55	562
ไม้ยางพารา	96,000	0.62	478
ไม้กระถินเทพา	102,200	0.53	588
ไม้นนทรี	104,200	0.61	551
ไม้สัก	113,700	0.58	533
ไม้แดง	136,700	0.90	694
ไม้ยูคาลิปตัส	150,900	0.89	713

4.2 รูปแบบของชิ้นงาน

4.2.1 การออกแบบชิ้นงานเบื้องต้น จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถออกแบบชิ้นงานเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- จันทันบน และ จันทันล่าง (Upper and lower chords) ใช้ไม้ 2.3 x 1.5 นิ้ว
- โครงค้ำยันแนวทแยง (Webs) ใช้วัสดุท่อเหล็กกลม 1 นิ้ว
- น็อตและหมุดเหล็ก (Bolts and pins) ใช้ขนาด ¾ นิ้ว



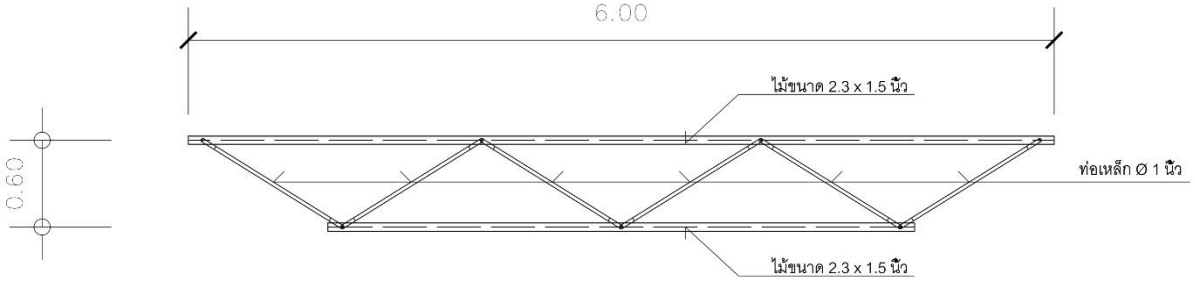
ภาพที่ 4.1 แสดงรูปแบบเบื้องต้นจากการทบทวนวรรณกรรมของคานโครงถักไม้-เหล็ก
ที่มา ผู้วิจัย

เมื่อนำข้อมูลจากการออกแบบเบื้องต้นมากำหนดสัดส่วนต่างๆจากการทบทวนวรรณกรรม โดยแยกเป็น

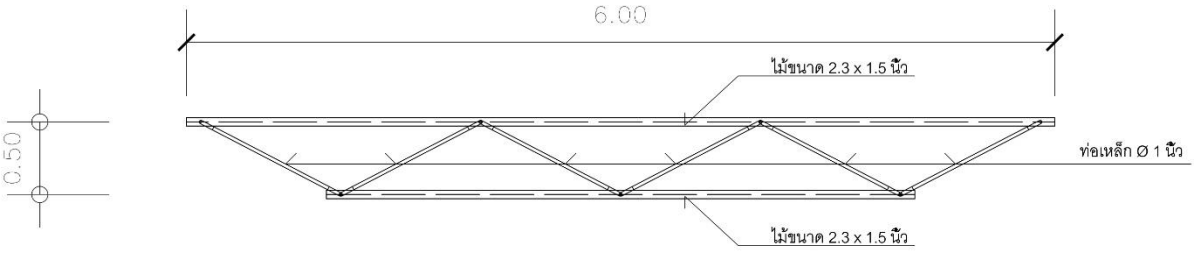
1. ความยาวช่วงพาด กำหนดความยาวช่วงพาดที่ระยะ 4 5 และ 6 เมตร

2. ความลึกโครง กำหนดความลึกโดยใช้สูตรในการคำนวณ คือ ความยาวช่วงพาด(L)/10 ความยาวช่วงพาด(L)/12 และความยาวช่วงพาด(L)/16

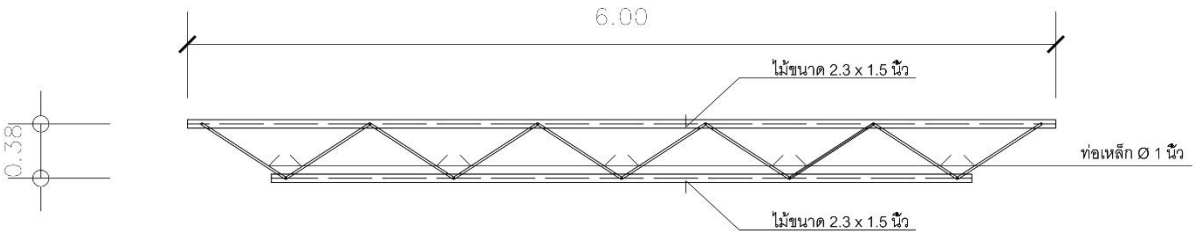
3. องศาของโครงค้ำยันทแยง (Webs) กำหนดองศาอยู่ที่ 30 45 และ 60 องศา



ภาพที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



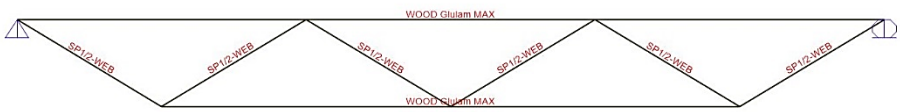
ภาพที่ 4.4 แสดงรายละเอียดของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

จากการกำหนดสัดส่วนทำให้ทราบถึงจำนวนชิ้นส่วน และจะนำข้อมูลในส่วนนี้เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป

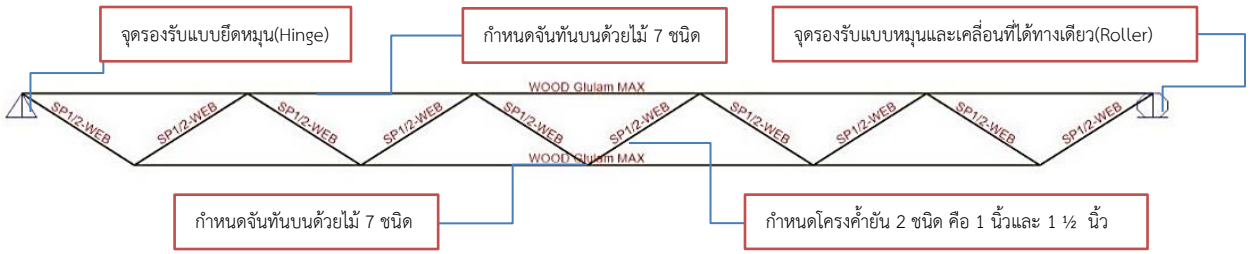
ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนชิ้นส่วนของโครงค้ำยันแนวทแยงในคานโครงถักรูปแบบต่างๆ
ที่มา ผู้วิจัย

ช่วงพาด 4, 5 และ 6 เมตร	
ประเภทคานโครงถัก	**จำนวนชิ้นส่วน(ชิ้น)**
30 องศา L/10	6
45 องศา L/10	10
60 องศา L/10	18
30 องศา L/12	6
45 องศา L/12	12
60 องศา L/12	20
30 องศา L/16	10
45 องศา L/16	16
60 องศา L/16	28

4.2.2 การออกแบบชิ้นงานในโปรแกรมทดสอบ จะเป็นการนำข้อมูลคุณสมบัติเชิงกลของไม้ชนิดต่างๆและรูปแบบชิ้นงานเบื้องต้น มาใช้ในการกำหนดแบบชิ้นงานและกำหนดค่าต่างๆ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างโดยระบบ Finite element ผ่านโปรแกรม SAP2000



ภาพที่4.5 แสดงรายละเอียดของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

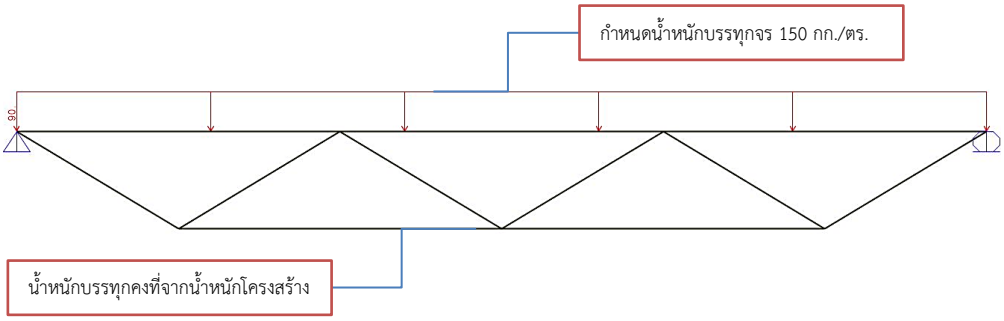


ภาพที่ 4.6 แสดงรายละเอียดของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

การกำหนดค่าแรงกระทำเพื่อใช้แทนค่าในการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม

- น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead load) คือน้ำหนักจากโครงสร้างโดยกำหนดจากวัสดุคานโครงถักที่ประกอบด้วยไม้ชนิดต่างๆ และองค์ประกอบเหล็ก เป็นหลักในการกำหนดค่า

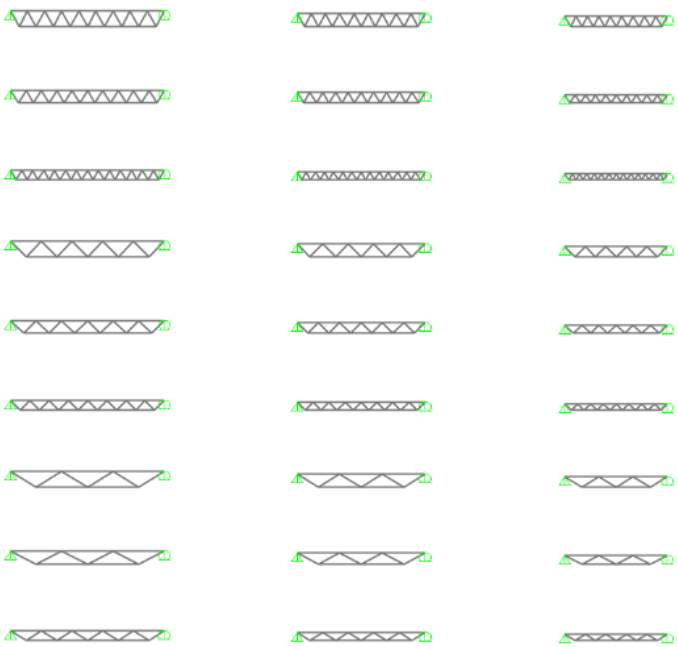
- น้ำหนักบรรทุกจร (Live load) น้ำหนักบรรทุกตามกฎหมาย เนื่องจากงานวิจัยต้องการที่จะศึกษาเพื่อบ้านพักอาศัยเป็นหลักจึงใช้ค่า 150 กิโลกรัม/ตร.ม. ในการกำหนดค่าโดยการกระจายแรงสม่ำเสมอ(Distributed loads0



ภาพที่ 4.7 แสดงแรงของคานโครงถัก
ที่มา ผู้วิจัย

4.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว

เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว เพื่อคัดเลือกขนาดเพื่อนำไปใช้งานในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ต่อไป โดยใช้ไม้กลูแลมเป็นจันทัน(Chord)เป็นหลักในการทดสอบในช่วงพาดและองศาต่างๆ



ภาพที่ 4.8 แสดงรูปแบบทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ
ที่มา ผู้วิจัย

เมื่อทำการทดสอบในโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว ได้ผลลัพธ์ดังนี้

- ช่วงพาด 6 เมตร

ตารางที่ 4.3 แสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 6 เมตร
ขนาดโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร – ไม้กลูแลม (1 นิ้ว)		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	40.99	0.018
45 องศา L/10	47.06	0.017
60 องศา L/10	54.87	0.019
30 องศา L/12	48.64	0.025
45 องศา L/12	58.93	0.023
60 องศา L/12	64.62	0.025
30 องศา L/16	71.51	0.038
45 องศา L/16	78.46	0.039
60 องศา L/16	86.91	0.043

- ช่วงพาด 5 เมตร

ตารางที่ 4.4 แสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 5 เมตร
ขนาดโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร – ไม้กลูแลม (1 นิ้ว)		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	34.09	0.013
45 องศา L/10	39.15	0.012
60 องศา L/10	45.11	0.013
30 องศา L/12	40.42	0.017
45 องศา L/12	48.99	0.016
60 องศา L/12	53.72	0.018
30 องศา L/16	59.55	0.027
45 องศา L/16	65.12	0.027
60 องศา L/16	72.20	0.030

- ช่วงพาด 4 เมตร

ตารางที่ 4.5 แสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 5 เมตร ขนาดโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร – ไม้กลูแลม (1 นิ้ว)		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	27.17	0.008
45 องศา L/10	31.22	0.008
60 องศา L/10	35.97	0.009
30 องศา L/12	32.18	0.011
45 องศา L/12	39.02	0.010
60 องศา L/12	42.79	0.011
30 องศา L/16	47.27	0.017
45 องศา L/16	51.72	0.017
60 องศา L/16	57.33	0.019

และทำการทดสอบซ้ำในโครงค้ำยันแนวทแยง 1½ นิ้ว ได้ผลลัพธ์ดังนี้

- ช่วงพาด 6 เมตร

ตารางที่4.6 แสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 6 เมตร ขนาดโครงค้ำยันแนวทแยง 1½ นิ้ว
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร – ไม้กลูแลม (1½ นิ้ว)		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	51.83	0.019
45 องศา L/10	55.67	0.018
60 องศา L/10	65.19	0.021
30 องศา L/12	61.27	0.026
45 องศา L/12	58.93	0.023
60 องศา L/12	75.52	0.028
30 องศา L/16	83.22	0.042
45 องศา L/16	88.95	0.043
60 องศา L/16	101.89	0.049

- ช่วงพาด 5 เมตร

ตารางที่ 4.7 แสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 5 เมตร
ขนาดโครงค้ำยันแนวทแยง 1½ นิ้ว
ที่มา ผู้วิจัย

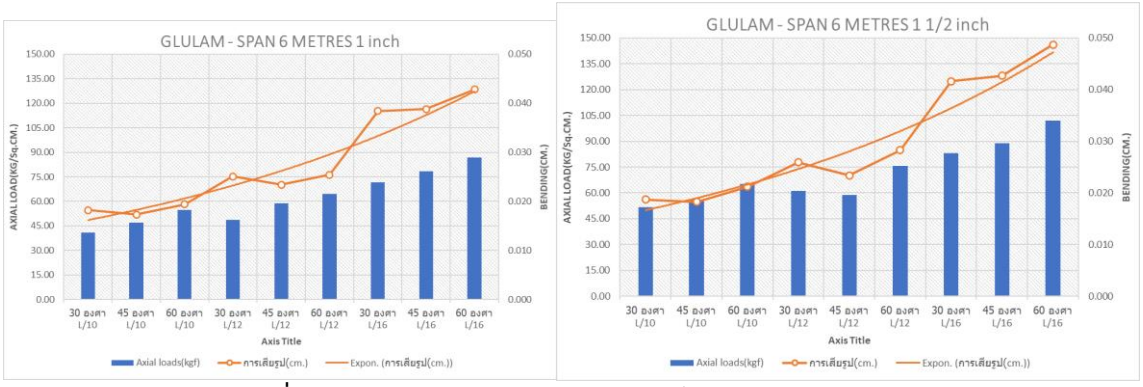
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร - ไม้กลูแลม (1½ นิ้ว)		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	34.09	0.013
45 องศา L/10	39.15	0.012
60 องศา L/10	45.11	0.013
30 องศา L/12	40.42	0.017
45 องศา L/12	48.99	0.016
60 องศา L/12	53.72	0.018
30 องศา L/16	59.55	0.027
45 องศา L/16	65.12	0.027
60 องศา L/16	72.20	0.030

- ช่วงพาด 4 เมตร

ตารางที่ 4.8 แสดงแรงตามแนวแกน และการเสียรูปในโครงถักช่วงพาด 5 เมตร ขนาดโครงค้ำยันแนวทแยง 1½ นิ้ว

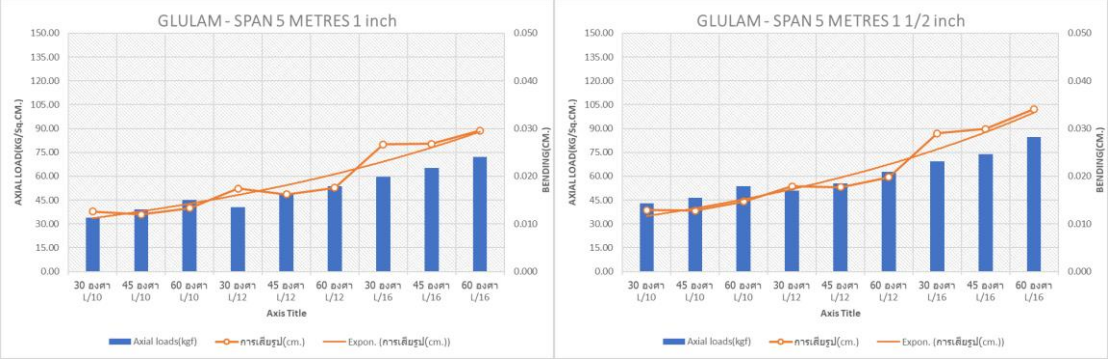
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร - ไม้กลูแลม (1½ นิ้ว)		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	27.17	0.008
45 องศา L/10	31.22	0.008
60 องศา L/10	35.97	0.009
30 องศา L/12	32.18	0.011
45 องศา L/12	39.02	0.010
60 องศา L/12	42.79	0.011
30 องศา L/16	47.27	0.017
45 องศา L/16	51.72	0.017
60 องศา L/16	57.33	0.019

เพื่อความง่ายต่อการศึกษาความแตกต่างระหว่างโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว ผู้วิจัยสร้างแผนภูมิเพื่อเปรียบเทียบระหว่างโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว เพื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละช่วงคาน



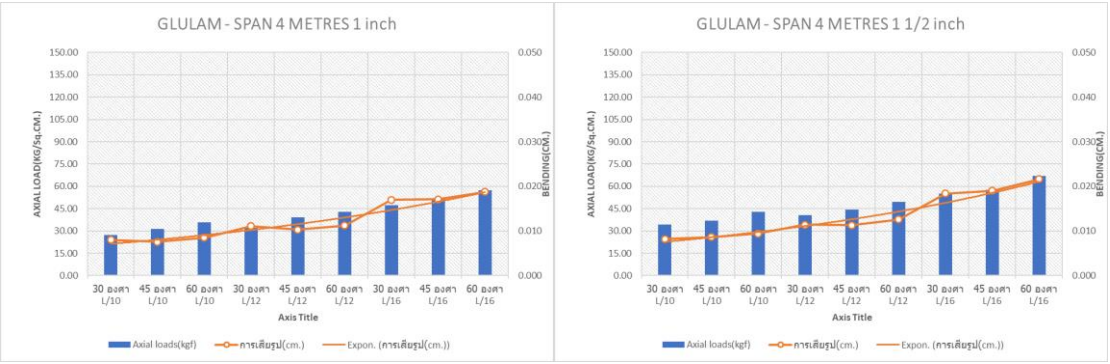
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร

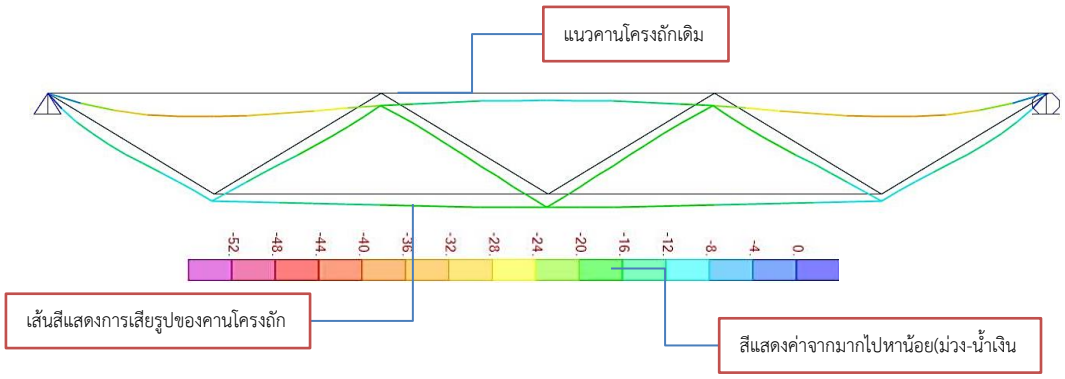
ที่มา ผู้วิจัย

เมื่อเปรียบเทียบจากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าโครงถักที่ใช้โครงค้ำยันแนวทแยง 1½ นิ้ว จะมีค่าแรงที่สูงกว่าโครงค้ำยันแนวทแยง 1 นิ้ว และ 1½ นิ้ว โดยที่การเสียรูปมากขึ้นเพียงเล็กน้อยเนื่องด้วยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในโครงสร้าง ซึ่งทำให้สามารถสรุปขนาดของโครงค้ำยันแนวทแยงเป็นขนาด 1 นิ้วเพื่อใช้ในการทดสอบชิ้นงานต่อไป

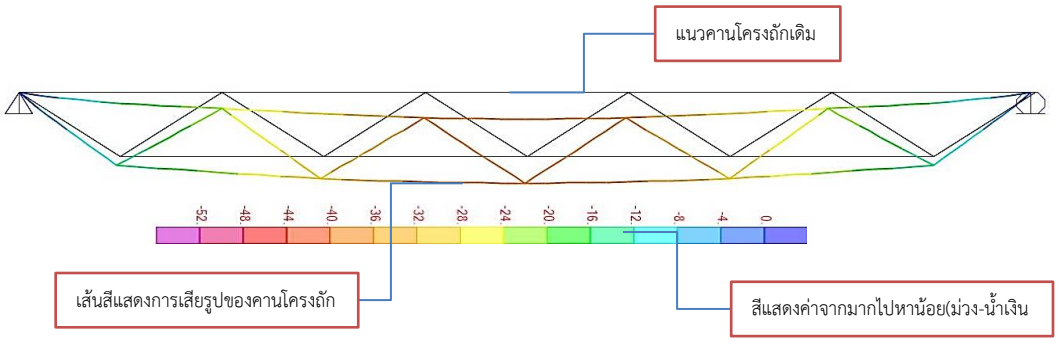
4.4 การทดสอบคานโครงถัก

เมื่อกำหนดรูปแบบคานโครงถักเรียบร้อยจึงทำการทดสอบในการรับน้ำหนักจากโครงสร้าง คือ น้ำหนักบรรทุกคงที่(Dead loads) และน้ำหนักบรรทุกจร(Live loads) ตามกฎหมายซึ่งอยู่ที่ 150 กิโลกรัม/ตร.ม. เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์โดยจะแยกเป็นการเก็บข้อมูลดังนี้

4.4.1 การเสียรูป(Bending) เมื่อวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมแล้วจะได้ค่าการเสียรูปของคานโครงถักชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์และสรุปผลได้ต่อไป



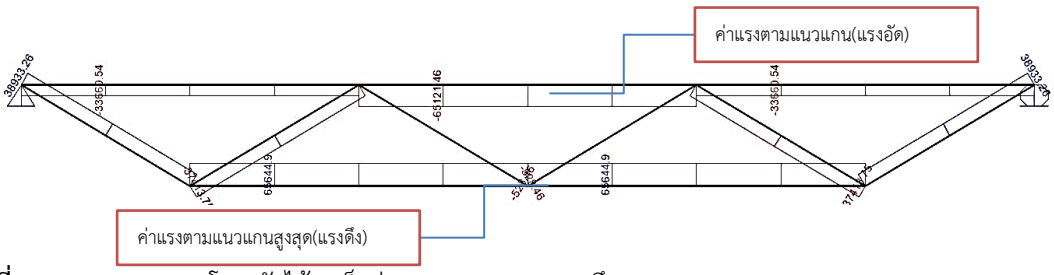
ภาพที่4.9 แสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



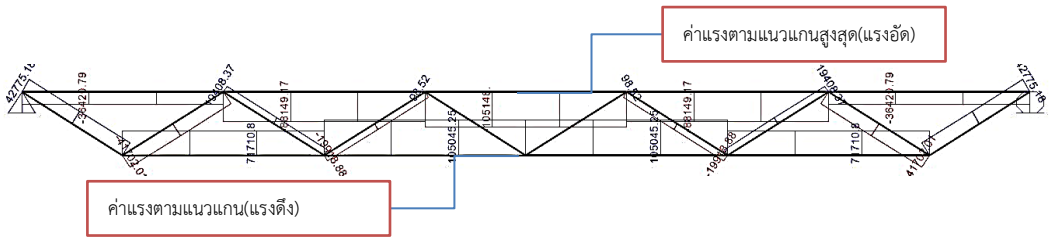
ภาพที่4.10 แสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

ซึ่งการแอ่นตัวสามารถสังเกตุเบื้องต้นได้จากสีของคานโครงถักในโปรแกรมทดสอบ(ภาพที่ 4.10) โดยสีแต่ละสีบ่งบอกถึงค่าการแอ่นตัวจากมากไปหาน้อย โดยในวิจัยจะใช้ค่าสูงสุดของการแอ่นตัวเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผล

4.4.2 แรงตามแนวแกน (Axial stress) นอกเหนือจากค่าการเสียรูปแล้วเมื่อวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมจะทราบถึงค่าแรงตามแนวแกนของโครงถักชนิดต่างๆ โดยจะใช้ค่าสูงสุดที่คานโครงถักมีเพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปผล



ภาพที่4.11 แสดงแรงคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



ภาพที่4.12 แสดงแรงคานโครงถักไม้-เหล็กช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

ค่าแรงภายในโครงถักงานวิจัยนี้จะเก็บค่าแรงที่เกิดขึ้นสูงสุดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

4.5 ตารางการเก็บข้อมูล

เมื่อได้ข้อมูลจากคานโครงถักชนิดต่างๆ แล้วจะนำข้อมูลที่เก็บได้จากการวิเคราะห์นำมาใส่ในตารางและสร้างแผนภูมิเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่4.9 แสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูล
ที่มา ผู้วิจัย

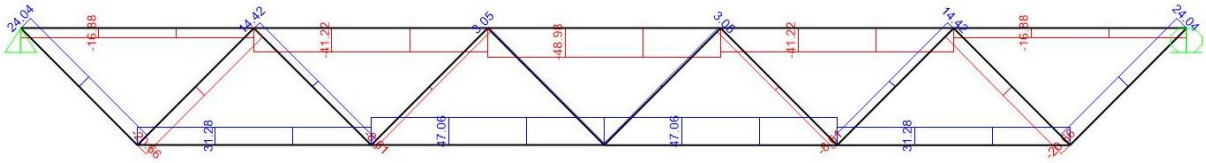
คานโครงถักช่วงพาด___เมตร ไม้___		
	Max axial loads (ksc.)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10		
45 องศา L/10		
60 องศา L/10		
30 องศา L/12		
45 องศา L/12		
60 องศา L/12		
30 องศา L/16		
45 องศา L/16		
60 องศา L/16		

4.6 การเก็บข้อมูล

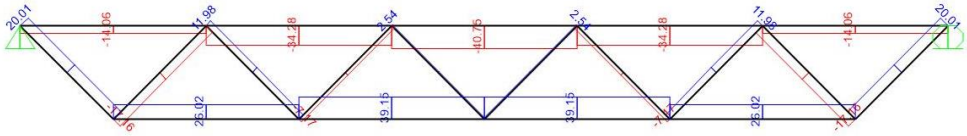
เมื่อได้รูปแบบและข้อมูลของคานโครงถักไม้-เหล็กจึงทำการวิเคราะห์(Analyst) ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยระบบ Finite elements โดยมีรูปแบบมาตรฐานคานโครงถักทั้งหมด 27 รูปแบบ โดยจะเปลี่ยนในการใส่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และค่าความถ่วงจำเพาะในไม้แต่ละชนิด ซึ่งจะพิจารณาจากไม้กลูแลมเป็นหลักในการวิเคราะห์และสรุปผล

จากการอธิบายในข้างต้นเมื่อวิเคราะห์(Analyst)แล้วนั้นจะได้ข้อมูล 2 ส่วนได้แก่

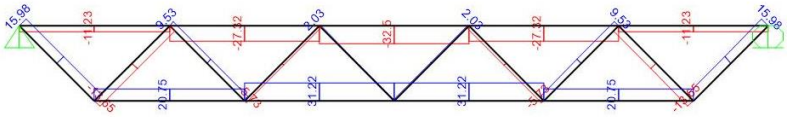
-แรงตามแนวแกน (Axial stress)



ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



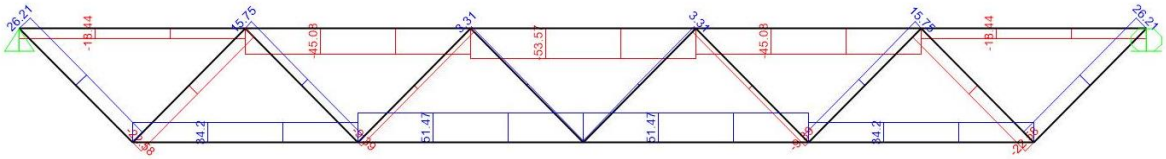
ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



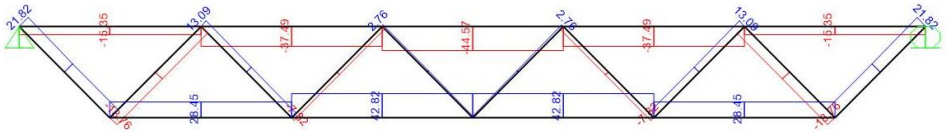
ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

จากภาพที่ 4.13 ถึง ภาพที่ 4.15 เป็นภาพแรงตามแนวแกนในคานโครงถักไม้กลูแลมความยาวช่วงพาดต่างๆโดยจะใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยค่าสูงสุดซึ่งจากผลการวิเคราะห์

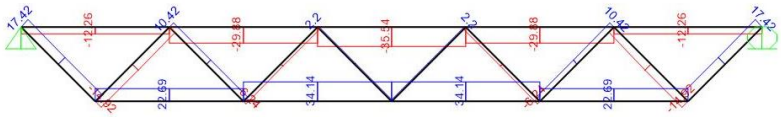
เมื่อเก็บข้อมูลจากไม้กลูแลมแล้วจะทำการเก็บข้อมูลในไม้แปรรูปชนิดต่างๆ ทั้ง 7 ชนิดโดยใช้รูปแบบคานโครงถักเช่นเดียวกัน โดยจะทำการเก็บข้อมูลทั้งโดยใช้ตารางข้อมูลและแผนภูมิต่อไป



ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

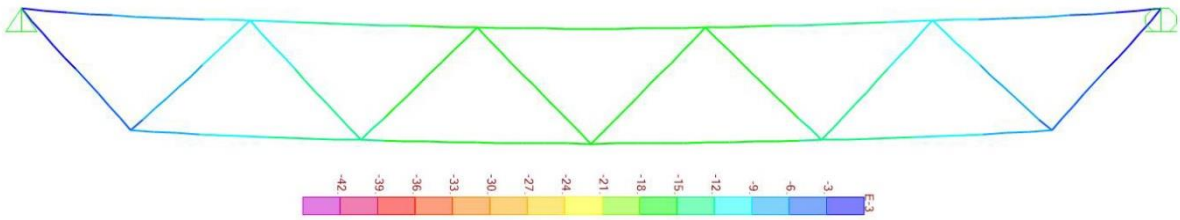


ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

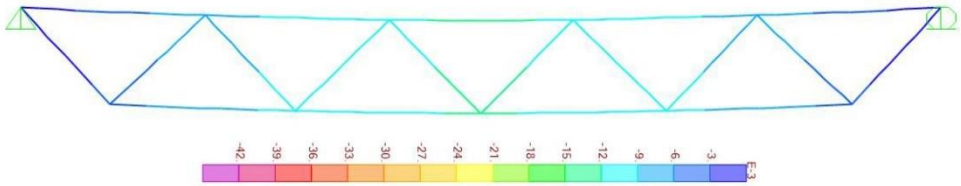


ภาพที่ 4.18 ตัวอย่างแสดงแรงตามแนวแกนคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

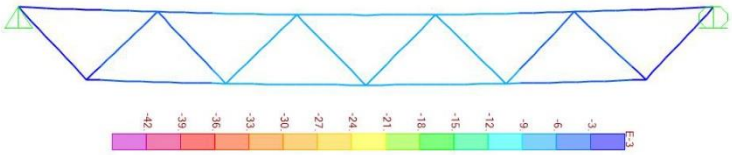
-การแอ่นตัวในคานโครงถัก (Bending)



ภาพที่ 4.19 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



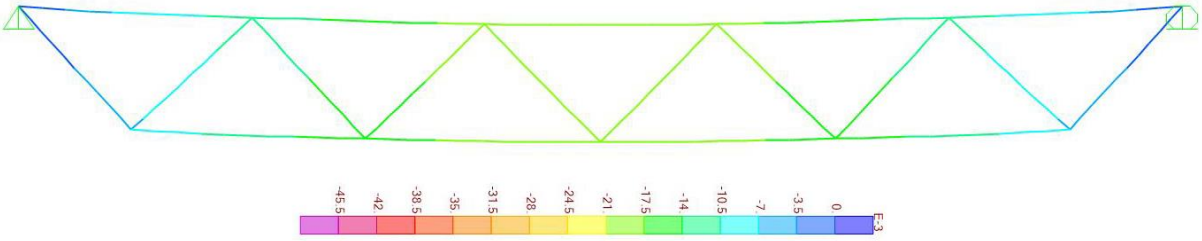
ภาพที่ 4.20 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



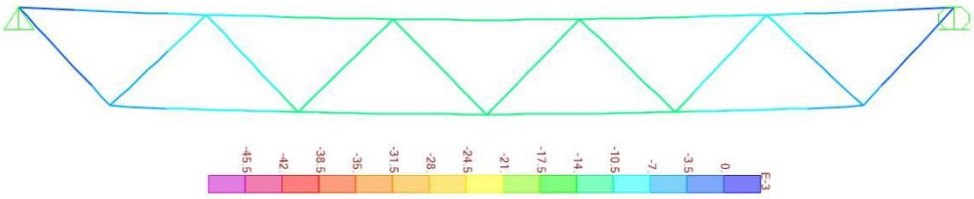
ภาพที่ 4.21 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

จากภาพที่ 4.19 ถึง ภาพที่ 4.21 เป็นภาพการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลมความยาวช่วงพาดต่างๆโดยจะใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยค่าสูงสุดซึ่งจากผลการวิเคราะห์

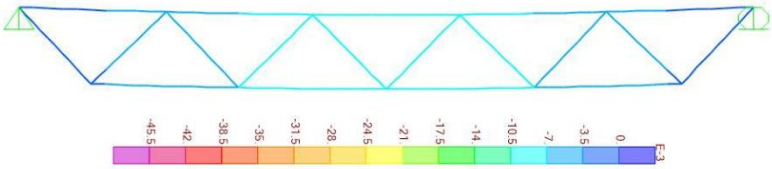
เมื่อเก็บข้อมูลจากไม้กลูแลมแล้วจะทำการเก็บข้อมูลในไม้แปรรูปชนิดต่างๆ ทั้ง 7 ชนิดโดยใช้รูปแบบคานโครงถักเช่นเดียวกัน โดยจะทำการเก็บข้อมูลทั้งโดยใช้ตารางข้อมูลและแผนภูมิต่อไป



ภาพที่ 4.22 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.23 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย



ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างแสดงการเสียรูปในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 และองศาโครงค้ำยัน 45 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางการเก็บข้อมูล

เมื่อได้ข้อมูลจากการวิเคราะห์(Analyst) ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลด้วยตารางในคานโครงถักช่วงพาดต่างๆและไม้ชนิดต่างๆ โดยในแบ่งข้อมูลเป็นความลึกคานและองศาโครงค้ำยันในช่วงพาดนั้นๆ และไม้ชนิดนั้นๆ

ตารางที่ 4.10 แสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร - ไม้กลูแลม		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	40.99	0.018
45 องศา L/10	47.06	0.017
60 องศา L/10	54.87	0.019
30 องศา L/12	48.64	0.025
45 องศา L/12	58.93	0.023
60 องศา L/12	64.62	0.025
30 องศา L/16	71.51	0.038
45 องศา L/16	78.46	0.039
60 องศา L/16	86.91	0.043

ตารางที่4.11 แสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

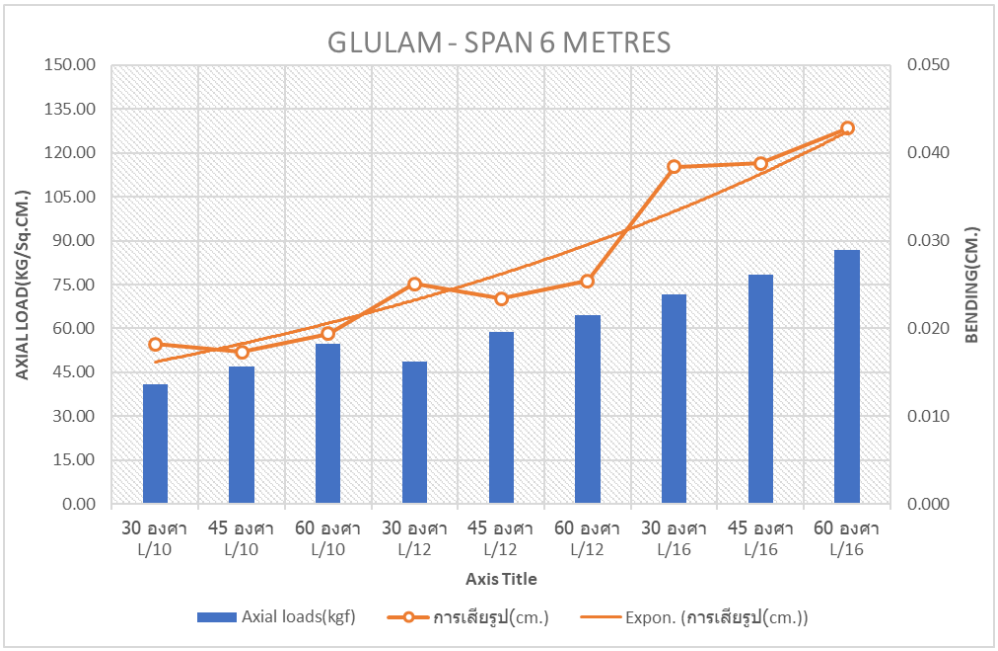
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร - ไม้กลูแลม		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	34.09	0.013
45 องศา L/10	39.15	0.012
60 องศา L/10	45.11	0.013
30 องศา L/12	40.42	0.017
45 องศา L/12	48.99	0.016
60 องศา L/12	53.72	0.018
30 องศา L/16	59.55	0.027
45 องศา L/16	65.12	0.027
60 องศา L/16	72.20	0.030

ตารางที่ 4.12 แสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

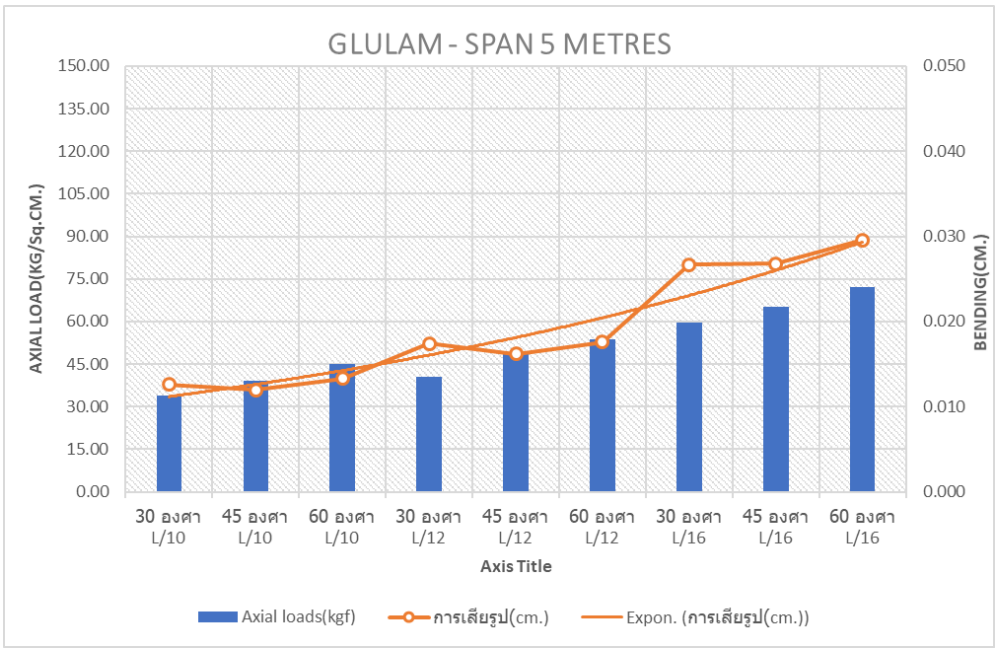
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร - ไม้กลูแลม		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	27.17	0.008
45 องศา L/10	31.22	0.008
60 องศา L/10	35.97	0.009
30 องศา L/12	32.18	0.011
45 องศา L/12	39.02	0.010
60 องศา L/12	42.79	0.011
30 องศา L/16	47.27	0.017
45 องศา L/16	51.72	0.017
60 องศา L/16	57.33	0.019

ซึ่งเมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดจึงนำข้อมูลไปสร้างแผนภูมิเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ต่อไป

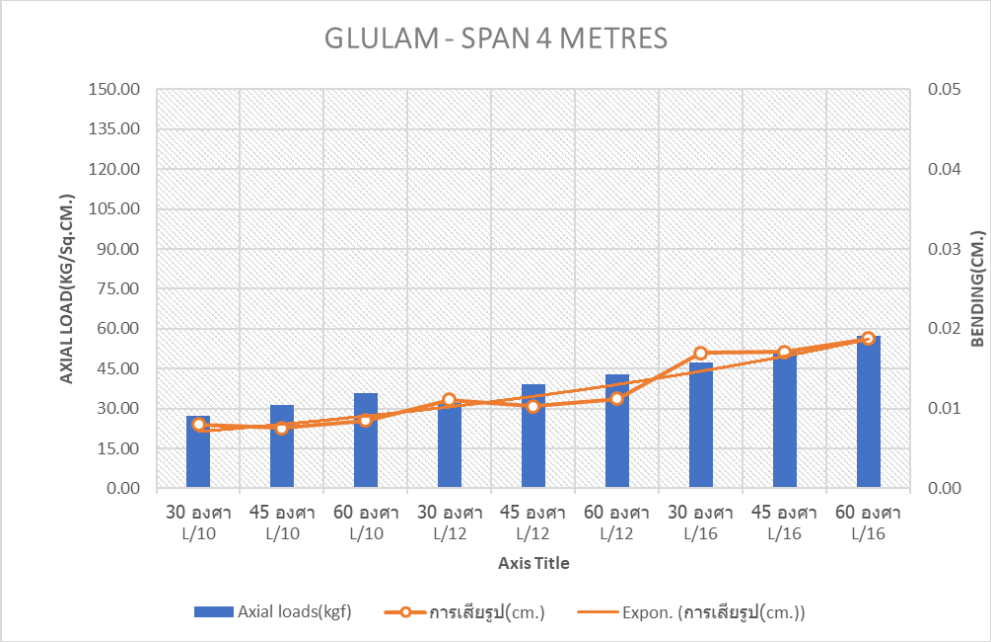
แผนภูมิแสดงข้อมูล



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

และเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผู้วิจัยจำทำการบันทึกข้อมูลและสร้างแผนภูมิข้อมูลของไม้แปรรูปทั้งหมดที่จำการวิจัย

ตารางที่ 4.13 แสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร - ไม้ยางพารา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	44.96	0.020
45 องศา L/10	51.47	0.020
60 องศา L/10	59.45	0.022
30 องศา L/12	53.40	0.028
45 องศา L/12	64.46	0.027
60 องศา L/12	70.18	0.029
30 องศา L/16	78.48	0.044
45 องศา L/16	85.83	0.044
60 องศา L/16	94.41	0.048

ตารางที่ 4.14 แสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

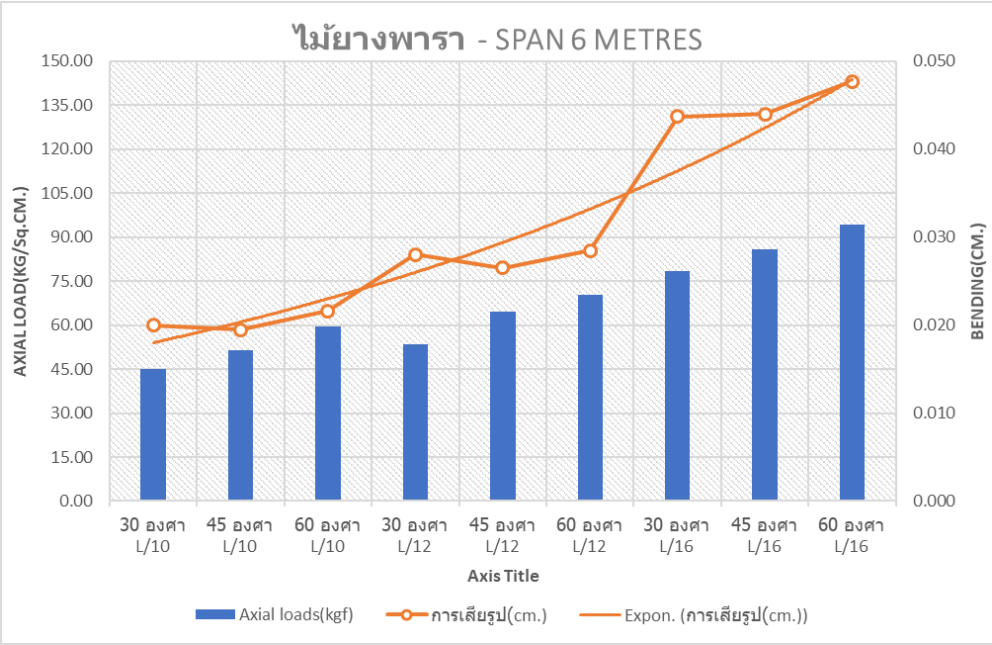
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร - ไม้ยางพารา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	37.39	0.014
45 องศา L/10	42.82	0.014
60 องศา L/10	48.92	0.015
30 องศา L/12	44.48	0.020
45 องศา L/12	53.58	0.018
60 องศา L/12	58.35	0.020
30 องศา L/16	65.37	0.030
45 องศา L/16	71.24	0.030
60 องศา L/16	78.35	0.033

ตารางที่ 4.15 แสดงตารางการเก็บบันทึกข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร - ไม้ยางพารา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	29.81	0.009
45 องศา L/10	34.14	0.009
60 องศา L/10	39.01	0.009
30 องศา L/12	35.32	0.013
45 องศา L/12	42.68	0.012
60 องศา L/12	46.48	0.013
30 องศา L/16	51.89	0.019
45 องศา L/16	56.58	0.019
60 องศา L/16	62.21	0.021

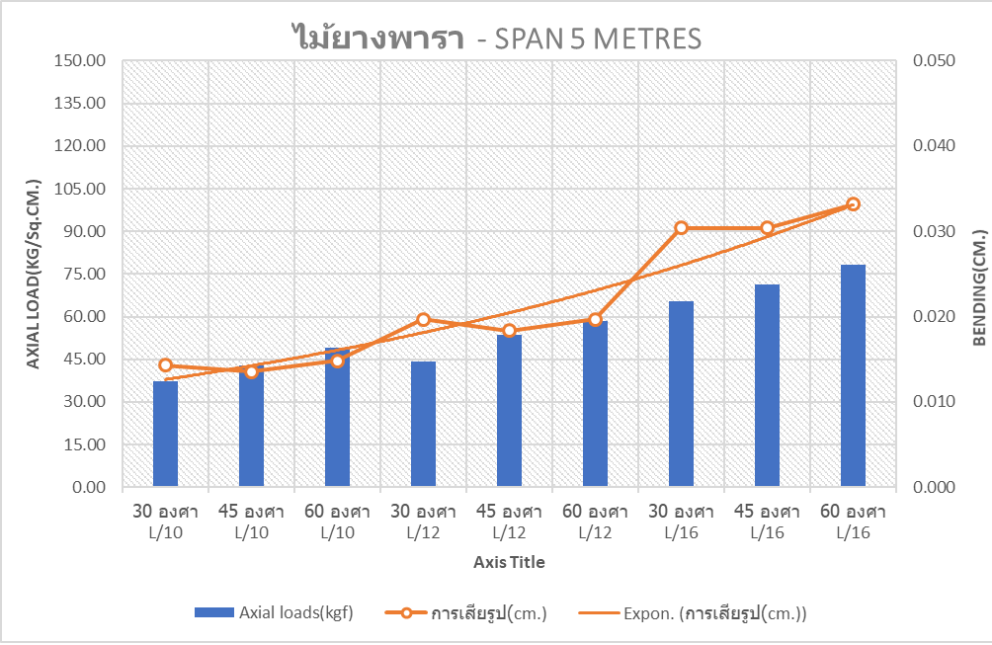
ซึ่งเมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดจึงนำข้อมูลไปสร้างแผนภูมิเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ต่อไป

แผนภูมิแสดงข้อมูล



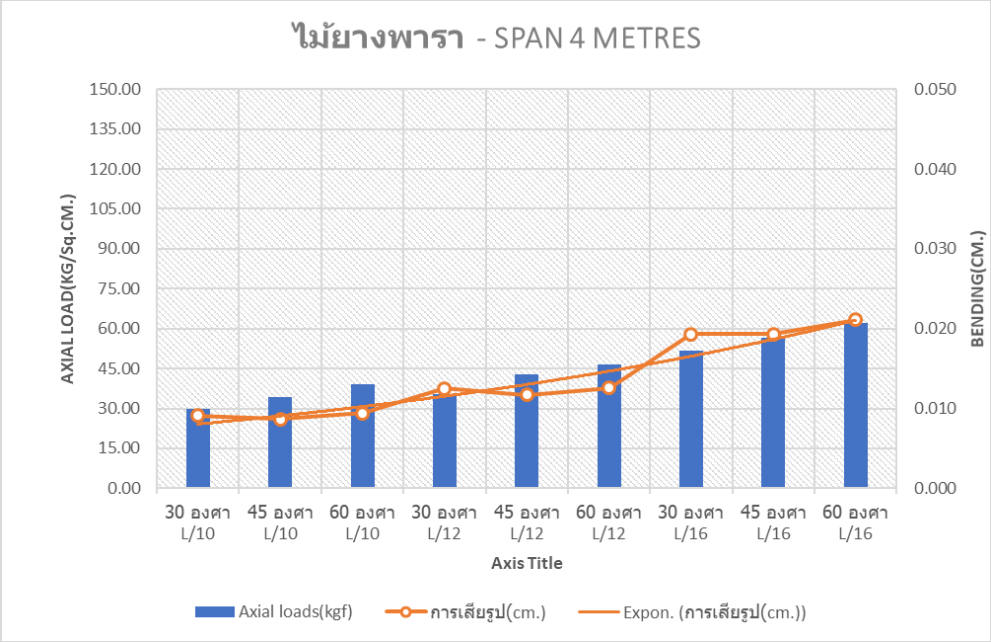
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงแผนภูมิข้อมูลของคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 4 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

เมื่อได้ข้อมูลจากการวิเคราะห์(Analyst)ทั้งหมดแล้วนั้น ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้บันทึกและสร้างแผนภูมิไว้เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป

บทที่ 5
การวิเคราะห์ข้อมูลคานโครงถักไม้-เหล็ก

การวิเคราะห์ข้อมูลนำข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจากการทดสอบทางคอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์โดยแบ่งเป็นการเสียรูปในคานโครงถักและแรงตามแนวแกนในความยาวช่วงพาดต่างๆ โดยจะพิจารณาเปรียบเทียบกับไม้กลูแลม

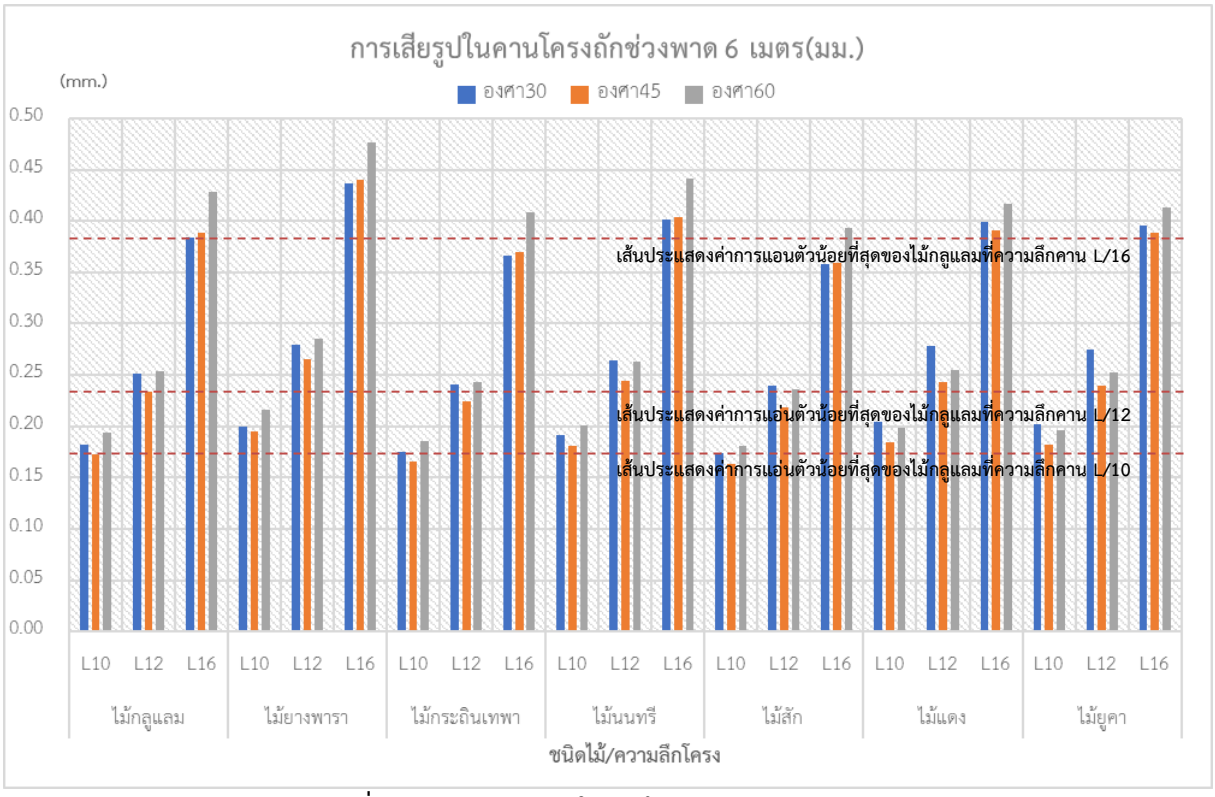
5.1 การเสียรูปในคานโครงถัก

เมื่อได้ข้อมูลการแอ่นตัวของคานโครงถักงานวิจัยนี้จึงนำข้อมูลการแอ่นตัวของคานโครงถักทั้งหมดในแต่ละช่วงพาด มาศึกษาวิเคราะห์โดยแบ่ง เป็น 3 ช่วงพาดดังนี้

การเสียรูปในคานโครงถัก 6 เมตร

ตารางที่ 5.1 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

การเสียรูปในคานโครงถักไม้-เหล็ก - ช่วงพาด 6 เมตร(มม.)																						
ชนิดไม้	ไม้กลูแลม			ไม้ยางพารา			ไม้กระถินเทพา			ไม้นนทรี			ไม้สัก			ไม้แดง			ไม้ยูคา		
ความลึกโครง / องศาโครง	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16
องศา30	0.18	0.25	0.38	0.20	0.28	0.44	0.18	0.24	0.37	0.19	0.26	0.40	0.17	0.24	0.36	0.20	0.28	0.40	0.20	0.28	0.40
องศา45	0.17	0.23	0.39	0.20	0.27	0.44	0.17	0.22	0.37	0.18	0.24	0.40	0.16	0.22	0.36	0.18	0.24	0.39	0.18	0.24	0.39
องศา60	0.19	0.25	0.43	0.22	0.29	0.48	0.19	0.24	0.41	0.20	0.26	0.44	0.18	0.24	0.39	0.20	0.26	0.42	0.20	0.25	0.41



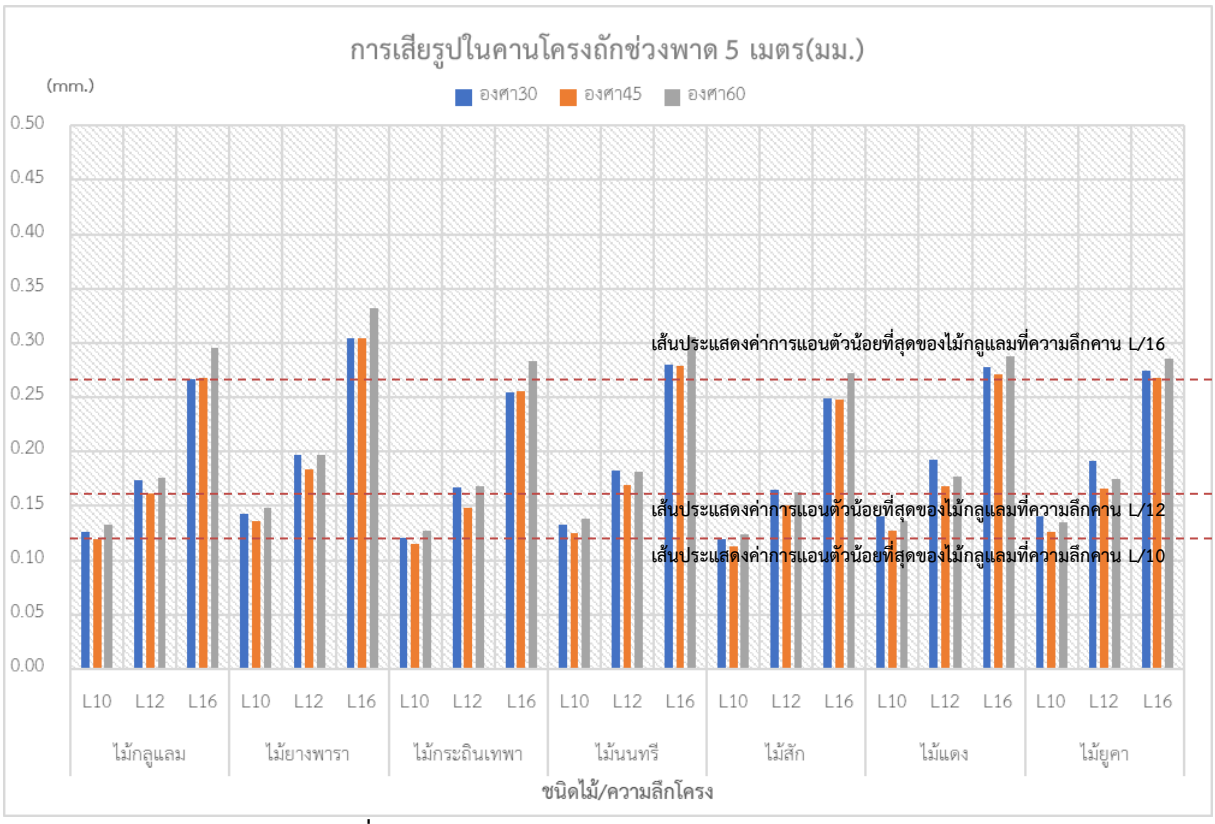
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้กลูแลมเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบคานโครงถักในแต่ละความลึกและชนิดแล้วนั้นจะเห็นได้ว่าไม้ที่มีคุณสมบัติการแอ่นตัวที่น้อยกว่าหรือใกล้เคียงไม้กลูแลม ได้แก่ ไม้กระถินเทพา ไม้สัก โดยไม้อื่นๆมีการแอ่นตัวที่สูงกว่าไม้กลูแลม

การเสียรูปในคานโครงถัก 5 เมตร

ตารางที่ 5.2 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

การเสียรูปในคานโครงถักไม้-เหล็ก - ช่วงพาด 5 เมตร(มม.)																						
ชนิดไม้	ไม้กลูแลม			ไม้ยางพารา			ไม้กระถินเทพา			ไม้นนทรี			ไม้สัก			ไม้แดง			ไม้ยูคา		
ความลึกโครง / องศาโครง	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16
องศา30	0.13	0.17	0.27	0.14	0.20	0.30	0.12	0.17	0.26	0.13	0.18	0.28	0.12	0.17	0.25	0.14	0.19	0.28	0.14	0.19	0.28
องศา45	0.12	0.16	0.27	0.14	0.18	0.30	0.12	0.15	0.26	0.13	0.17	0.28	0.11	0.15	0.25	0.13	0.17	0.27	0.13	0.17	0.27
องศา60	0.13	0.18	0.30	0.15	0.20	0.33	0.13	0.17	0.28	0.14	0.18	0.31	0.12	0.16	0.27	0.14	0.18	0.29	0.14	0.18	0.29



แผนภูมิที่ 5.2 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

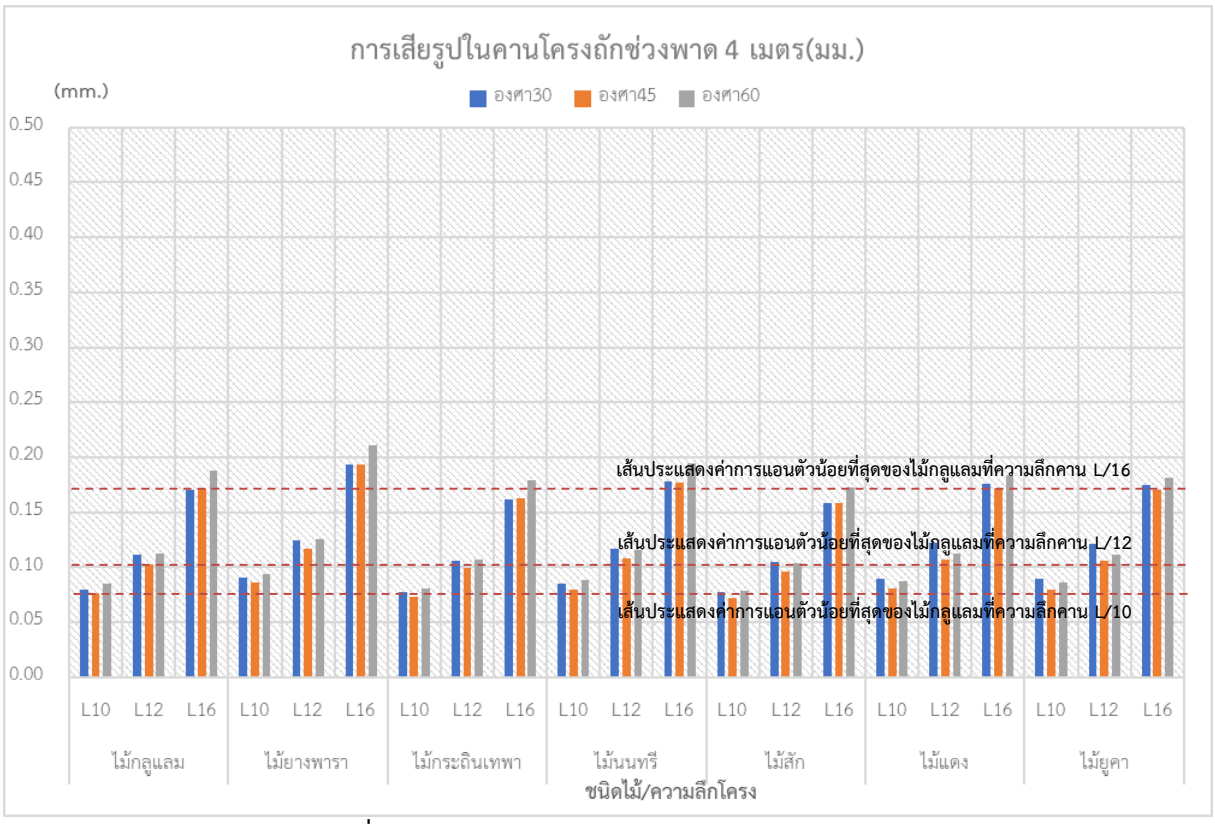
การเสียรูปในคานโครงถัก 5 เมตรนั้น ไม้ที่ยังมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับไม้กลูแลม ได้แก่ ไม้กระถินเทพา ไม้สัก โดยมีไม้อื่นๆลดระดับการแอ่นตัวลง

การเสียรูปในคานโครงถัก 4 เมตร

ตารางที่ 5.3 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

การเสียรูปในคานโครงถักไม้-เหล็ก - ช่วงพาด 4 เมตร(มม.)																							
ชนิดไม้	ไม้กลูแลม			ไม้ยางพารา			ไม้กระถินเทพา			ไม้นนทรี			ไม้สัก			ไม้แดง			ไม้ยูคา		
ความลึกโครง / องศาโครง	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16
องศา30	0.08	0.11	0.17	0.09	0.13	0.19	0.08	0.11	0.16	0.09	0.12	0.18	0.08	0.11	0.16	0.09	0.12	0.18	0.09	0.12	0.18
องศา45	0.08	0.10	0.17	0.09	0.12	0.19	0.07	0.10	0.16	0.08	0.11	0.18	0.07	0.10	0.16	0.08	0.11	0.17	0.08	0.11	0.17
องศา60	0.09	0.11	0.19	0.09	0.13	0.21	0.08	0.11	0.18	0.09	0.12	0.19	0.08	0.10	0.17	0.09	0.11	0.18	0.09	0.11	0.18



แผนภูมิที่ 5.3 แสดงการเสียรูปในคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

การเสียรูปในคานโครงถัก 4 เมตรนั้น ไม้แต่ละชนิดมีความใกล้เคียงกัน โดยมีไม้ที่มีการเสียรูปน้อยที่สุดคือไม้กระถินเทพา

เมื่อได้ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถสร้างตารางความเหมาะสมขององศาโครงค้ำยันแนวทแยงและความลึกคานของคานโครงถักไม้-เหล็กทั้ง 3 ช่วงพาด เพื่อความสะดวกต่อการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป โดยตารางนี้จะแสดงถึงความความลึกโครงและองศาของคานโครงถักที่มีค่าการแอ่นตัวเทียบเคียงกับไม้กลูแลมซึ่งเกณฑ์ที่ของไม้กลูแลมใช้คือในความลึกคานL/10 องศาโครงค้ำยันแนวทแยงคือ 45 องศา ความลึกคาน L/12 องศาโครงค้ำยันแนวทแยงคือ 45 องศา และความลึกคาน L/16 องศาโครงค้ำยันแนวทแยงคือ 30 องศาในทุกๆช่วงพาด

ตารางที่ 5.4 แสดงองศาโครงค้ำยันแนวทแยงที่เหมาะสมในคานโครงถักแต่ละประเภทเมื่อเทียบกับไม้กลูแลม
ที่มา ผู้วิจัย

องศาโครงค้ำยันแนวทแยงที่เหมาะสมในแต่ละรูปแบบของคานโครงถัก				
ชนิดไม้	**ช่วงพาด**	**ช่วงพาด 4 เมตร** องศาที่เหมาะสม	**ช่วงพาด 5 เมตร** องศาที่เหมาะสม	**ช่วงพาด 6 เมตร** องศาที่เหมาะสม
ไม้กลูแลม	L/10	45	45	45
	L/12	45	45	45
	L/16	30	30	30
ไม้ยางพารา	L/10	45	45	45
	L/12	45	45	45
	L/16	45	30	30
ไม้กระถินเทพา	L/10	30	30	30
	L/12	45	30	45
	L/16	30	30	30
ไม้นนทรี	L/10	45	45	45
	L/12	45	45	45
	L/16	45	45	30
ไม้สัก	L/10	30	30	30
	L/12	30	30	45
	L/16	30	30	30
ไม้แดง	L/10	45	45	45
	L/12	45	45	45
	L/16	45	45	45
ไม้ยูคาลิปตัส	L/10	45	45	45
	L/12	45	45	45
	L/16	45	45	45
		- องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
		- องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
		- องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 60 องศา		

5.2 แรงตามแนวแกน

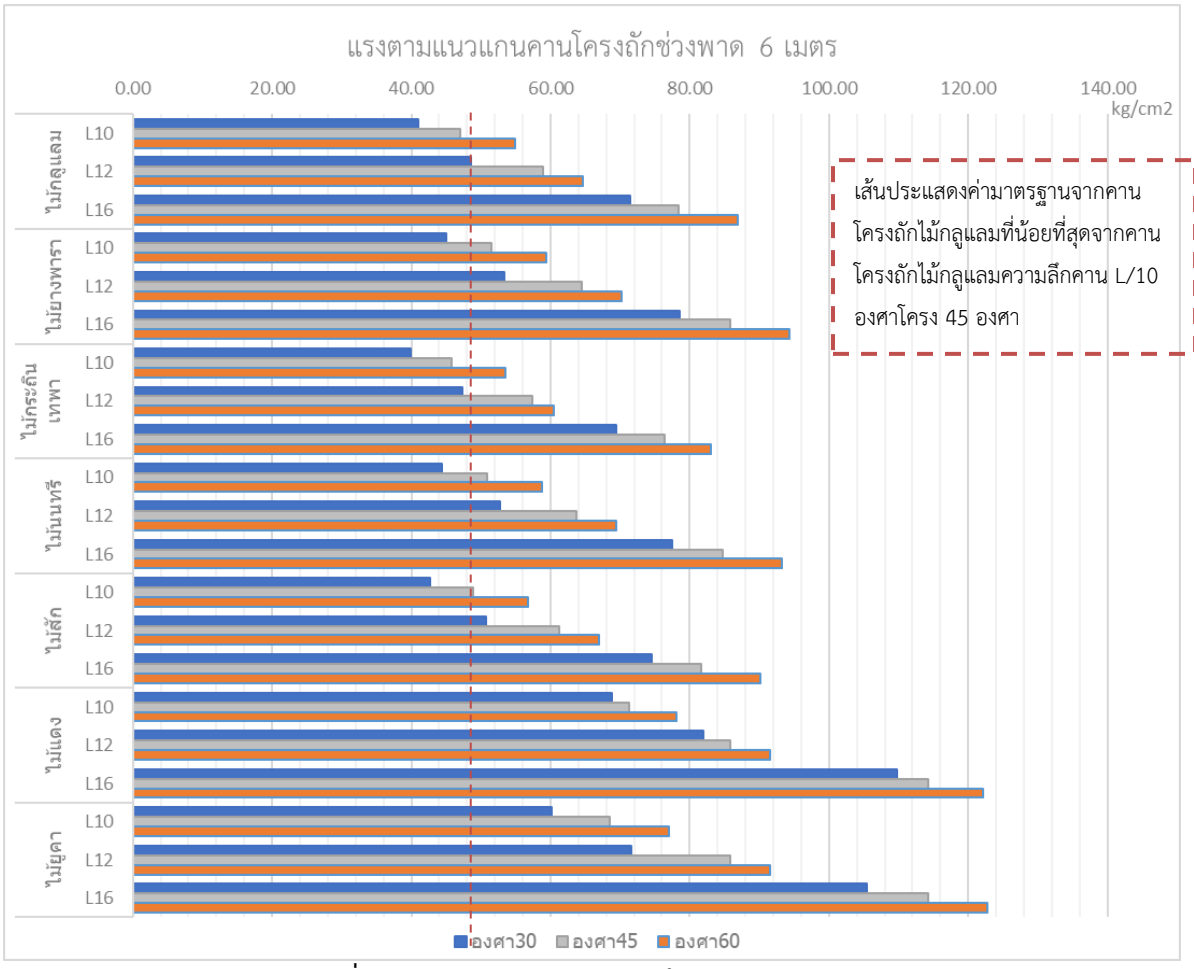
เมื่อได้เกณฑ์มาตรฐานเริ่มต้นที่น้อยที่สุดจากตารางการแอ่นตัวของไม้กลูแลมคือ คานโครงถักลึก L/10 และมีองศาโครงค้ำยันแนวทแยงที่ 45 องศา จึงนำมาเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการวิเคราะห์แรงในโครงถักทุกประเภทเพื่อค้นหาแรงในคานโครงถักที่น้อยที่สุดเพื่อรองรับน้ำหนักที่มากขึ้นกล่าวคือโดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับค่าแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุดที่รับได้ในไม้แต่ละชนิด โดยจะแสดงให้เห็นในตาราง (Stenght%)

แรงตามแนวแกนคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร

ตารางที่5.5 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 6 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

การรับแรงตามแนวแกนคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร																						
ชนิดไม้	ไม้กลูแลม			ไม้ยางพารา			ไม้กระถินเทพา			ไม้นนทรี			ไม้สัก			ไม้แดง			ไม้ยูคา		
แรงอัดขนานเสี้ยน(ksc.)	562.00			478.00			588.00			551.00			533.00			694.00			713.00		
ความลึกโครง / องศาโครง	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)
องศา30	40.99	48.64	71.51	44.96	53.40	78.48	39.85	47.28	69.51	44.38	52.71	77.49	42.67	50.66	74.50	68.85	81.90	109.71	60.19	71.64	105.40
Stenght(%)	7.29	8.66	12.72	9.41	11.17	16.42	6.78	8.04	11.82	8.05	9.57	14.06	8.01	9.50	13.98	9.92	11.80	15.81	8.44	10.05	14.78
องศา45	47.06	58.93	78.46	51.47	64.46	85.83	45.80	57.35	76.35	50.84	63.66	84.78	48.95	61.29	81.62	71.23	85.75	114.24	68.45	85.75	114.24
Stenght(%)	8.37	10.49	13.96	10.77	13.49	17.96	7.79	9.75	12.99	9.23	11.55	15.39	9.18	11.50	15.31	10.26	12.36	16.46	9.60	12.03	16.02
องศา60	54.87	64.62	86.91	59.45	70.18	94.31	53.56	60.50	83.06	58.79	69.38	93.25	56.83	66.99	90.08	78.03	91.60	122.19	77.08	91.60	122.83
Stenght(%)	9.76	11.50	15.46	12.44	14.68	19.73	9.11	10.29	14.13	10.67	12.59	16.92	10.66	12.57	16.90	11.24	13.20	17.61	10.81	12.85	17.23



แผนภูมิที่ 5.4 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 6 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

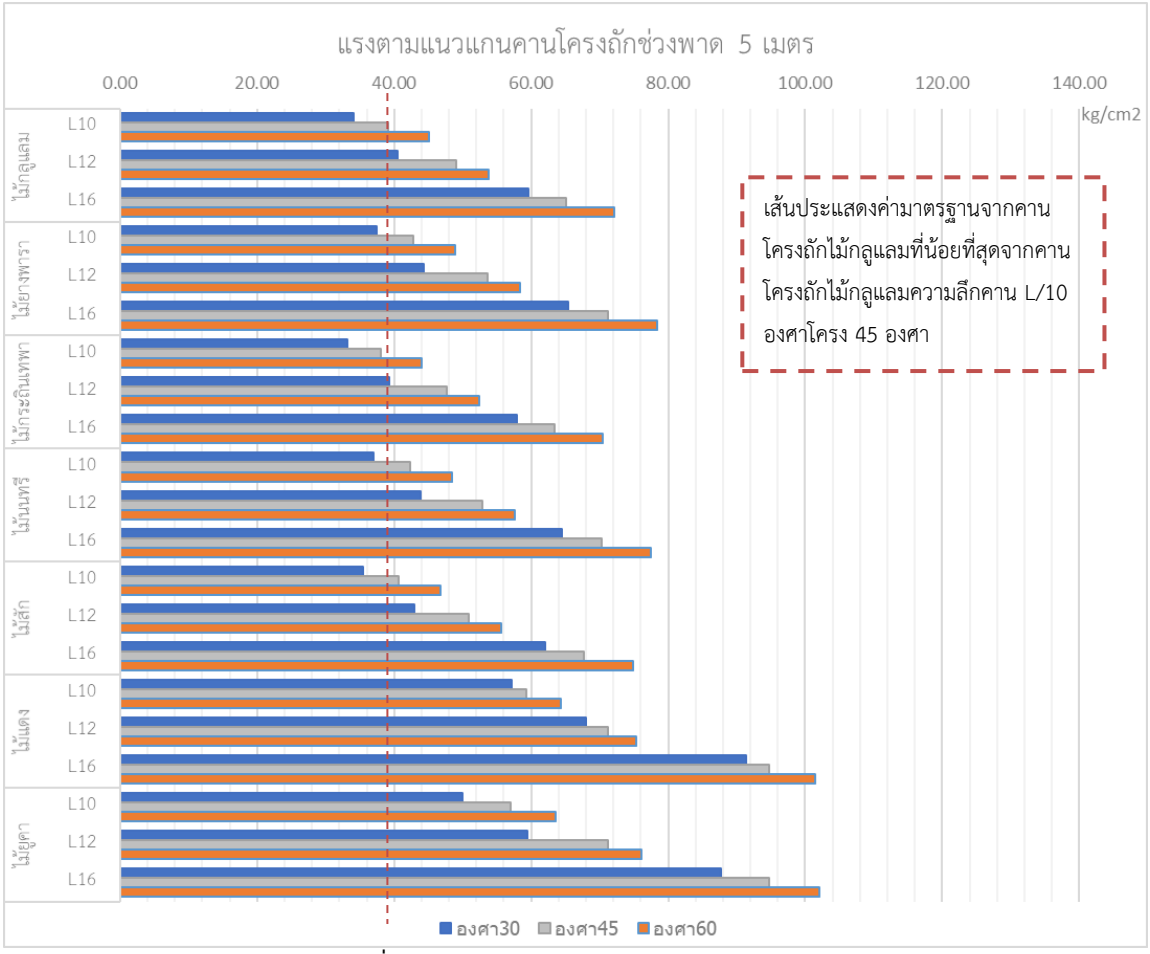
เมื่อมาถึงข้อมูลของแรงตามแนวแกนของคานโครงถัก ช่วงพาด 6 เมตรแล้วนั้น ไม้ที่มีความสามารถในแรงได้มากที่สุดคือไม้กระถินเทพาและไม้สัก

แรงตามแนวแกนคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร

ตารางที่ 5.6 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 5 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

การรับแรงตามแนวแกนคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร																					
ชนิดไม้	ไม้กลูแลม			ไม้ยางพารา			ไม้กระถินเทพา			ไม้นนทรี			ไม้สัก			ไม้แดง			ไม้ยูคา		
แรงอัดขนานเสี้ยน(ksc.)	562.00			478.00			588.00			551.00			533.00			694.00			713.00		
ความลึกโครง / องศาโครง	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)
องศา30	34.09	40.42	59.55	37.39	44.38	65.37	33.14	39.29	57.89	36.91	43.80	64.53	35.49	42.97	62.03	57.22	68.01	91.37	50.04	59.51	87.76
Stenght(%)	6.07	7.19	10.60	7.82	9.28	13.68	5.64	6.68	9.84	6.70	7.95	11.71	6.66	8.06	11.64	8.24	9.80	13.17	7.02	8.35	12.31
องศา45	39.15	48.99	65.12	42.82	53.58	71.24	38.10	47.67	63.37	42.29	52.93	70.37	40.72	50.95	67.74	59.25	71.28	94.81	56.93	71.28	94.81
Stenght(%)	6.97	8.72	11.59	8.96	11.21	14.90	6.48	8.11	10.78	7.68	9.61	12.77	7.64	9.56	12.71	8.54	10.27	13.66	7.98	10.00	13.30
องศา60	45.11	53.72	72.20	48.92	58.35	78.35	44.02	52.40	70.44	48.38	57.68	77.47	46.74	55.70	74.83	64.38	75.38	101.50	63.59	76.15	102.03
Stenght(%)	8.03	9.56	12.85	10.23	12.21	16.39	7.49	8.91	11.98	8.78	10.47	14.06	8.77	10.45	14.04	9.28	10.86	14.63	8.92	10.68	14.31



แผนภูมิที่ 5.5 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 5 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

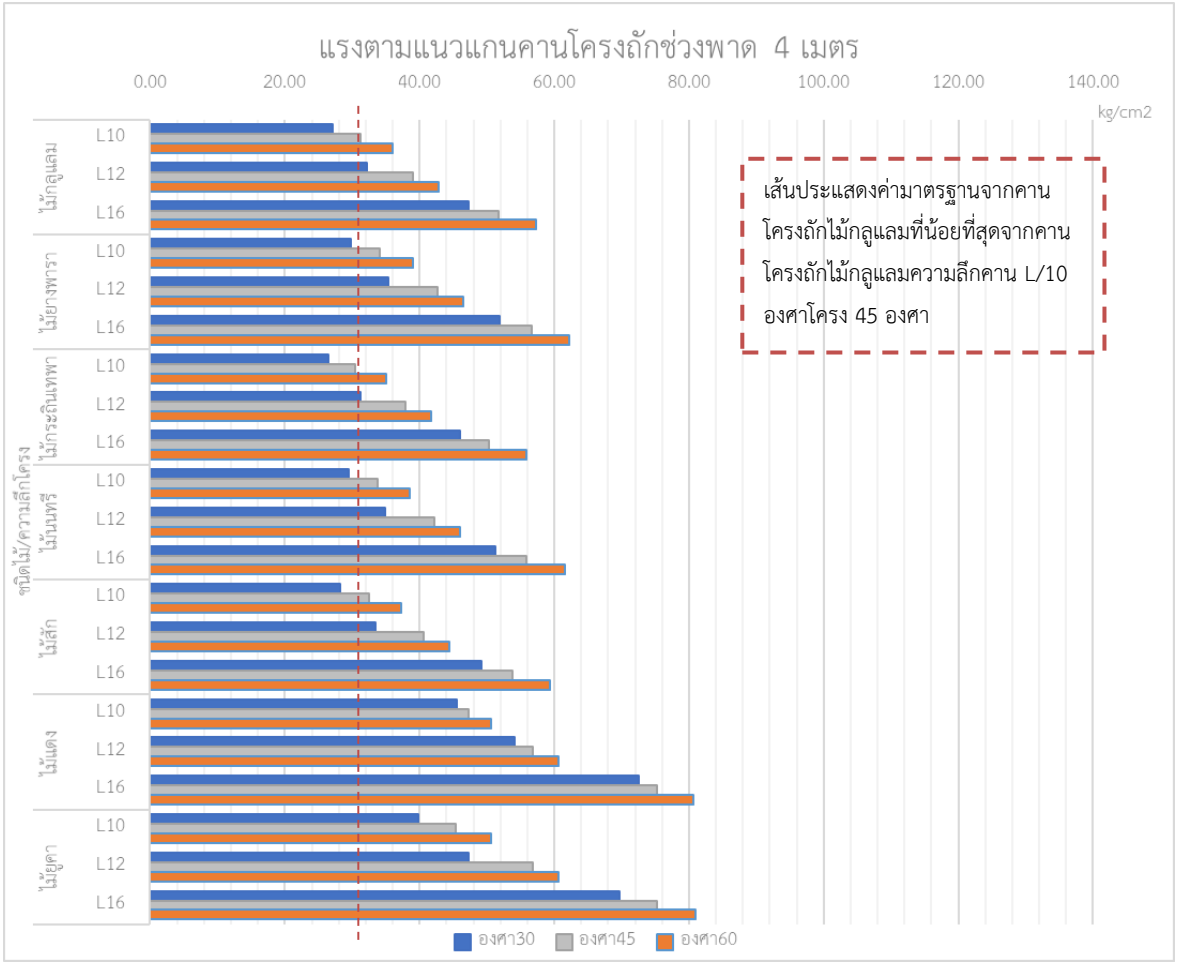
แรงตามแนวแกนของคานโครงถัก ช่วงพาด 5 เมตร ข้อมูลยังคงคล้ายกันกับช่วงพาด 6 เมตร แต่ไม้ทุกชนิดมีค่าแรงใกล้เคียงกันมากขึ้น

แรงตามแนวแกนคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร

ตารางที่ 5.7 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

การรับแรงตามแนวแกนคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร																					
ชนิดไม้	ไม้กลูแลม			ไม้ยางพารา			ไม้กระถินเทพา			ไม้นนทรี			ไม้สัก			ไม้แดง			ไม้ยูคา		
แรงอัดขนานเสี้ยน(ksc.)	562.00			478.00			588.00			551.00			533.00			694.00			713.00		
ความลึกโครง / องศาโครง	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)	L/10 (ksc.)	L/12 (ksc.)	L/16 (ksc.)
องศา30	27.17	32.18	47.27	29.81	35.32	51.89	26.42	31.27	45.95	29.42	34.86	51.23	28.28	33.50	49.24	45.56	54.05	72.53	39.88	47.35	69.64
Stenght(%)	4.83	5.73	8.41	6.24	7.39	10.86	4.49	5.32	7.81	5.34	6.33	9.30	5.31	6.29	9.24	6.56	7.79	10.45	5.59	6.64	9.77
องศา45	31.22	39.02	51.72	34.14	42.68	56.58	30.38	37.97	50.33	33.72	42.15	55.88	32.46	40.58	53.80	47.25	56.76	75.29	45.38	56.76	75.29
Stenght(%)	5.55	6.94	9.20	7.14	8.93	11.84	5.17	6.46	8.56	6.12	7.65	10.14	6.09	7.61	10.09	6.81	8.18	10.85	6.37	7.96	10.56
องศา60	35.97	42.79	57.33	39.01	46.48	62.21	35.10	41.74	55.93	38.57	45.95	61.51	37.27	44.37	59.41	50.69	60.65	80.58	50.69	60.65	81.00
Stenght(%)	6.40	7.61	10.20	8.16	9.72	13.01	5.97	7.10	9.51	7.00	8.34	11.16	6.99	8.32	11.15	7.30	8.74	11.61	7.11	8.51	11.36



แผนภูมิที่ 5.6 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตร

ที่มา ผู้วิจัย

แรงตามแนวแกนของคานโครงถัก ช่วงพาด 4 เมตร มีความใกล้เคียงกันเป็นอย่างมากที่แตกต่างคือไม้เนื้อแข็งเนื่องด้วยน้ำหนักโครงสร้าง โดยไม้ที่มีความสามารถในการรับแรงได้มากคือไม้กระถินเทพาและไม้สัก

5.3 ผลการวิเคราะห์คานโครงถัก

5.3.1 การวิเคราะห์การแอ่นตัว

ในการวิเคราะห์การเสียรูปในคานโครงถักนั้นตามมาตรฐานการเสียรูปหรือระยะโก่งตัวที่ยอมรับได้(Max deflection) ทางวิศวกรรมนั้นมีค่าเท่ากับ

ระยะโก่งตัวที่ยอมรับได้(Max deflection) = Length/360

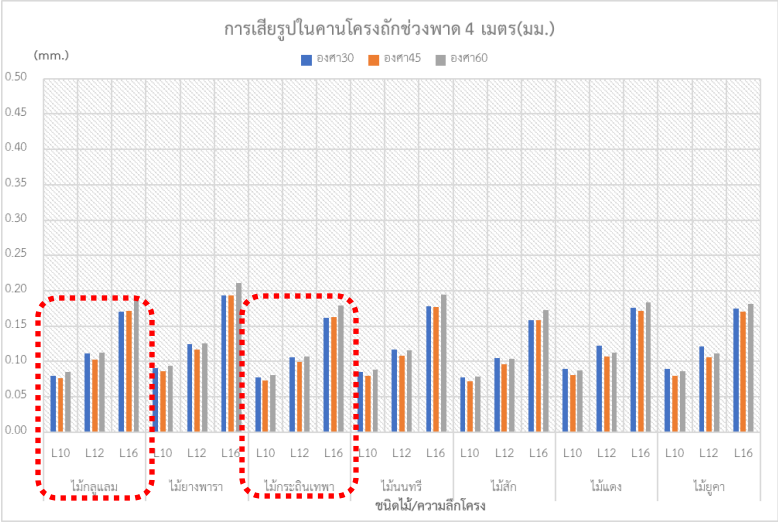
เมื่อพิจารณาจากช่วงพาดในงานวิจัยนี้คือช่วงพาด 4, 5 และ 6 เมตรตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าระยะโก่งตัวที่ยอมรับได้ดังนี้

- คานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร ระยะโก่งตัวที่ยอมรับได้ คือ 11.11 มม.
- คานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร ระยะโก่งตัวที่ยอมรับได้ คือ 13.88 มม.
- คานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร ระยะโก่งตัวที่ยอมรับได้ คือ 16.66 มม.

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการเสียรูปของคานโครงถักไม้เหล็กแล้วในงานวิจัยแล้วนั้น ค่าสูงสุดของการเสียรูปในคานโครงถักไม้-เหล็ก คือ คานโครงถักไม้ขเหล็กจากไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 และองศาโครงค้ำยัน 60 องศา มีค่าอยู่ที่ 0.48 มม. ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้จากมาตรฐานทางวิศวกรรมว่าคานโครงถักไม้-เหล็กจากไม้ทุกชนิดในงานวิจัยมีค่าระยะโก่งตัวที่ยอมรับได้อยู่ในมาตรฐานทั้งหมด

และเมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองแล้วทำให้สามารถสังเกตุได้ถึงการเสียรูปและแรงของไม้ในช่วงพาดต่างโดยช่วงพาด 4 และ 5 เมตร ของไม้ต่างๆนั้นมีความใกล้เคียงกัน ส่วนในช่วงพาด 6 เมตรนั้นไม้ที่มีความใกล้เคียงกับไม้กลูแลม คือไม้กระถินเทพา และไม้สัก ซึ่งหากพิจารณาจากการอภิปรายผลแล้วนั้นช่วงพาด 4 เมตรนั้นสามารถใช้ไม้ได้หลากหลายเนื่องจากมีค่าการเสียรูปน้อยและไม่ต่างจากไม้กลูแลมมากนักในทุกๆไม้ที่ใช้ทดสอบ

หากพิจารณาเพื่อใช้ในการก่อสร้างคานในบ้านพักอาศัยทั่วไปแล้วนั้นช่วงพาด 4 เมตรนั้นสามารถใช้งานไม้ได้หลากหลายกว่าช่วงพาด 5 เมตร



แผนภูมิที่ 5.8 แสดงการเสียรูปของโครงถักช่วงพาด 4 เมตร
ที่มา ผู้วิจัย

และไม้ที่เหมาะสมนั้นยังคงเป็นไม้จำพวกไม้ซึ่งมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงและน้ำหนักจำเพาะต่ำ ได้แก่ไม้กระถินเทพาซึ่งจะนำไม้กระถินเทพาไปวิเคราะห์ในส่วนของแรงตามแนวแกนต่อไป

5.3.2 การวิเคราะห์แรงตามแนวแกน

การวิเคราะห์แรงตามแนวแกนนั้นจะอาศัยข้อมูลในส่วนของแรงที่สามารถรับได้เพิ่มจากข้อมูลค่าแรงในโครงถักที่เป็นเปอร์เซ็นต์(Strength%) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ารับแรงสูงสุดของไม้ทั้ง 7 ชนิดในในตารางที่ 5.5 – 5.7 ซึ่งเป็นแรงภายในที่มีอยู่ในคานโครงถัก แล้วจากจึงนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการใช้เหล็กโครงค้ำยันแนวทแยงโดยใช้ความยาวของเหล็กเป็นกำหนด โดยในแต่ละช่วงพาดมีจำนวนชิ้นส่วนที่เท่ากันแต่แตกต่างกันที่ความยาวโดยรวมของเหล็กที่ใช้ทั้งหมด โดยสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ตารางที่5.8 แสดงจำนวนชิ้นส่วนของโครงค้ำยันแนวทแยงในคานโครงถักรูปแบบต่างๆ
ที่มา ผู้วิจัย

ช่วงพาด 4, 5 และ 6 เมตร	
ประเภทคานโครงถัก	จำนวนชิ้นส่วน
30 องศา L/10	6
45 องศา L/10	10
60 องศา L/10	18
30 องศา L/12	6
45 องศา L/12	12
60 องศา L/12	20
30 องศา L/16	10
45 องศา L/16	16
60 องศา L/16	28

ตารางที่5.9 แสดงตารางความสามารถในการรับแรงในโครงถักที่รับได้ของคานโครงถักไม้-เหล็กชนิดต่างๆ ที่มา ผู้วิจัย

ตารางความสามารถในการรับแรงในโครงถักที่รับได้										
ชนิดไม้	ความสามารถในการรับแรง(%)	คานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร			คานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร			คานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร		
		L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16	L/10	L/12	L/16
ไม้กลุแสม	โครงค้ำองศา30(ksc.)	521.01	513.36	490.49	527.91	521.58	502.45	534.83	529.82	514.73
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	6.99	6.70	7.06	5.83	5.59	5.89	4.66	4.47	4.71
	โครงค้ำองศา45(ksc.)	514.36	503.07	483.54	522.85	513.01	496.88	530.78	522.98	510.28
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	8.48	8.47	8.48	7.07	7.07	7.07	5.65	5.66	5.66
	โครงค้ำองศา60(ksc.)	507.13	497.39	475.09	516.89	508.28	489.80	526.03	519.21	504.67
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	12.35	11.66	12.09	10.29	9.71	10.07	8.24	7.77	8.06
ไม้ยางพารา	โครงค้ำองศา30(ksc.)	433.04	424.60	399.52	440.61	433.62	412.63	448.19	442.68	426.11
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	6.99	6.70	7.06	5.83	5.59	5.89	4.66	4.47	4.71
	โครงค้ำองศา45(ksc.)	426.53	413.54	392.17	435.18	424.42	406.76	443.86	435.32	421.42
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	8.48	8.47	8.48	7.07	7.07	7.07	5.65	5.66	5.66
	โครงค้ำองศา60(ksc.)	418.55	407.82	383.69	429.08	419.65	399.65	438.99	431.52	415.79
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	12.35	11.66	12.09	10.29	9.71	10.07	8.24	7.77	8.06
ไม้กระถินเทพา	โครงค้ำองศา30(ksc.)	548.15	540.72	518.49	554.86	548.71	530.11	561.58	542.05	542.05
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	6.99	6.70	7.06	5.83	5.59	5.89	4.66	4.47	4.71
	โครงค้ำองศา45(ksc.)	542.20	530.65	511.65	549.90	540.33	524.63	557.62	550.03	537.67
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	8.48	8.47	8.48	7.07	7.07	7.07	5.65	5.66	5.66
	โครงค้ำองศา60(ksc.)	534.44	527.50	504.94	543.98	535.60	517.56	552.90	546.26	532.07
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	12.35	11.66	12.09	10.29	9.71	10.07	8.24	7.77	8.06
ไม้นนทรี	โครงค้ำองศา30(ksc.)	506.62	498.29	473.51	514.09	507.20	486.47	521.58	516.14	499.78
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	6.99	6.70	7.06	5.83	5.59	5.89	4.66	4.47	4.71
	โครงค้ำองศา45(ksc.)	500.16	487.34	466.23	508.71	498.08	480.64	517.28	508.85	495.12
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	8.48	8.47	8.48	7.07	7.07	7.07	5.65	5.66	5.66
	โครงค้ำองศา60(ksc.)	492.21	481.62	457.75	502.62	493.32	473.54	512.43	505.05	489.49
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	12.35	11.66	12.09	10.29	9.71	10.07	8.24	7.77	8.06
ไม้สัก	โครงค้ำองศา30(ksc.)	490.33	482.34	458.51	490.33	482.34	458.51	504.72	499.50	483.76
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	6.99	6.70	7.06	5.83	5.59	5.89	4.66	4.47	4.71
	โครงค้ำองศา45(ksc.)	484.05	471.71	451.39	484.05	471.71	451.39	500.54	492.42	479.21
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	8.48	8.47	8.48	7.07	7.07	7.07	5.65	5.66	5.66
	โครงค้ำองศา60(ksc.)	476.17	466.01	442.92	476.17	466.01	442.92	495.73	488.64	473.59
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	12.35	11.66	12.09	10.29	9.71	10.07	8.24	7.77	8.06
ไม้แดง	โครงค้ำองศา30(ksc.)	625.15	612.10	584.29	636.78	625.99	602.63	648.44	639.95	621.47
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	6.99	6.70	7.06	5.83	5.59	5.89	4.66	4.47	4.71
	โครงค้ำองศา45(ksc.)	622.77	608.25	578.76	634.75	622.72	599.19	646.75	637.24	618.71
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	8.48	8.47	8.48	7.07	7.07	7.07	5.65	5.66	5.66
	โครงค้ำองศา60(ksc.)	615.97	602.40	571.81	629.62	618.62	592.50	643.31	633.35	613.42
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	12.35	11.66	12.09	10.29	9.71	10.07	8.24	7.77	8.06
ไม้ยูคา	โครงค้ำองศา30(ksc.)	652.81	641.36	607.60	662.96	653.49	625.24	673.13	665.65	643.36
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	6.99	6.70	7.06	5.83	5.59	5.89	4.66	4.47	4.71
	โครงค้ำองศา45(ksc.)	644.55	627.25	598.76	656.07	641.72	618.19	667.62	656.24	637.72
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	8.48	8.47	8.48	7.07	7.07	7.07	5.65	5.66	5.66
	โครงค้ำองศา60(ksc.)	635.92	621.40	590.17	649.41	636.85	610.97	662.31	652.36	632.00
	ความยาวรวมของเหล็ก(ม.)	12.35	11.66	12.09	10.29	9.71	10.07	8.24	7.77	8.06

เมื่อได้ตารางข้อมูลความสามารถในการรับแรงในโครงถักที่รับได้(ตารางที่...) มาแล้วนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงอัตราส่วนทียบกับความยาวของเหล็กเพื่อคำนึงถึงความคุ้มทุนในการผลิตคานโครงถักแต่ละชนิดเนื่องจากความยาวเหล็กที่มากขึ้นหมายถึงราคาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง ซึ่งจะได้ข้อมูลตามตารางที่...

ตารางที่5.10 แสดงตารางอัตราส่วนระหว่างค่าความสามารถการรับแรงต่อความยาวของเหล็กโครงถักไม้-เหล็กชนิดต่างๆ

ที่มา ผู้วิจัย

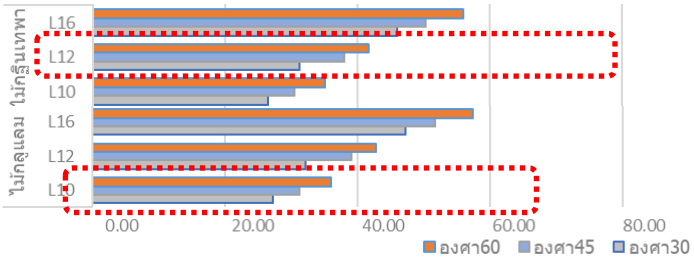
ตารางอัตราส่วนระหว่างค่าความสามารถการรับแรงต่อความยาวของเหล็ก(ksc/m)										
ชนิดไม้	ความสามารถในการรับแรง	คานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร			คานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร			คานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร		
		L10	L12	L16	L10	L12	L16	L10	L12	L16
ไม้กฤษณา	โครงค้ำองศา30	74.54	76.62	69.47	90.55	93.31	85.31	114.77	118.53	109.28
	โครงค้ำองศา45	60.66	59.39	57.02	73.95	72.56	70.28	93.94	92.40	90.16
	โครงค้ำองศา60	41.06	42.66	39.30	50.23	52.35	48.64	63.84	66.82	62.61
ไม้ยางพารา	โครงค้ำองศา30	61.95	63.37	56.59	75.58	77.57	70.06	96.18	99.03	90.47
	โครงค้ำองศา45	50.30	48.82	46.25	61.55	60.03	57.53	78.56	76.91	74.46
	โครงค้ำองศา60	33.89	34.98	31.74	41.70	43.22	39.69	53.28	55.54	51.59
ไม้กระถินเทพา	โครงค้ำองศา30	78.42	80.70	73.44	95.17	98.16	90.00	120.51	121.26	115.09
	โครงค้ำองศา45	63.94	62.65	60.34	77.78	76.43	74.20	98.69	97.18	94.99
	โครงค้ำองศา60	43.27	45.24	41.77	52.86	55.16	51.40	67.10	70.30	66.01
ไม้นนทรี	โครงค้ำองศา30	72.48	74.37	67.07	88.18	90.73	82.59	111.93	115.47	106.11
	โครงค้ำองศา45	58.98	57.54	54.98	71.95	70.45	67.98	91.55	89.90	87.48
	โครงค้ำองศา60	39.85	41.31	37.86	48.85	50.81	47.02	62.19	65.00	60.73
ไม้สัก	โครงค้ำองศา30	70.15	71.99	64.94	84.10	86.29	77.84	108.31	111.74	102.71
	โครงค้ำองศา45	57.08	55.69	53.23	68.47	66.72	63.85	88.59	87.00	84.67
	โครงค้ำองศา60	38.56	39.97	36.64	46.28	47.99	43.98	60.16	62.89	58.76
ไม้แดง	โครงค้ำองศา30	89.43	91.36	82.76	109.22	111.98	102.31	139.15	143.17	131.95
	โครงค้ำองศา45	73.44	71.81	68.25	89.78	88.08	84.75	114.47	112.59	109.31
	โครงค้ำองศา60	49.88	51.66	47.30	61.19	63.71	58.84	78.07	81.51	76.11
ไม้ยูคา	โครงค้ำองศา30	93.39	95.73	86.06	113.71	116.90	106.15	144.45	148.92	136.59
	โครงค้ำองศา45	76.01	74.06	70.61	92.80	90.77	87.44	118.16	115.94	112.67
	โครงค้ำองศา60	51.49	53.29	48.81	63.11	65.59	60.67	80.38	83.96	78.41

โดยข้อมูลในส่วนนี้(ตารางที่ 5.10) นั้นจะทำให้สามารถทราบถึงรูปแบบของคานที่มีความสามารถในการรับแรงเทียบกับความยาวของเหล็กโครงค้ำยันแนวทแยง หรือก็คืออัตราส่วนระหว่างทั้ง 2 ชนิด โดยจะใช้ค่าอัตราส่วนที่สูงเป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้โครงถักชนิดต่างๆ

และเมื่อนำข้อมูลจากการวิเคราะห์การแอ่นตัวแล้วนั้นงานวิจัยนี้จึงเจาะลึกลงไปในรายละเอียดของไม้กระถินเทพาช่วงพาด 4 เมตร โดยเปรียบเทียบกับไม้กลูแลมเป็นเหลักโดยจะใช้ค่าแรงในแนวแกนของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกโครง L/10 และ องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา ซึ่งมากจากค่าการแอ่นตัวน้อยที่สุดของคานโครงถักไม้กลูแลมในช่วงพาด 4 เมตร

ตารางที่5.11 แสดงแรงตามแนวแกนของโครงถักช่วงพาด 4 เมตรของไม้กลูแลมและไม้กระถินเทพา
ที่มา ผู้วิจัย

ชนิดไม้	ไม้กลูแลม			ไม้กระถินเทพา		
แรงดัดขนานเสี้ยน	562.00			588.00		
องศา\ช่วงพาด	L10	L12	L16	L10	L12	L16
องศา30	27.17	32.18	47.27	26.42	31.27	45.95
Stenght(%)	4.83	5.73	8.41	4.49	5.32	7.81
องศา45	31.22	39.02	51.72	30.38	37.97	50.33
Stenght(%)	5.55	6.94	9.20	5.17	6.46	8.56
องศา60	35.97	42.79	57.33	35.10	41.74	55.93
Stenght(%)	6.40	7.61	10.20	5.97	7.10	9.51

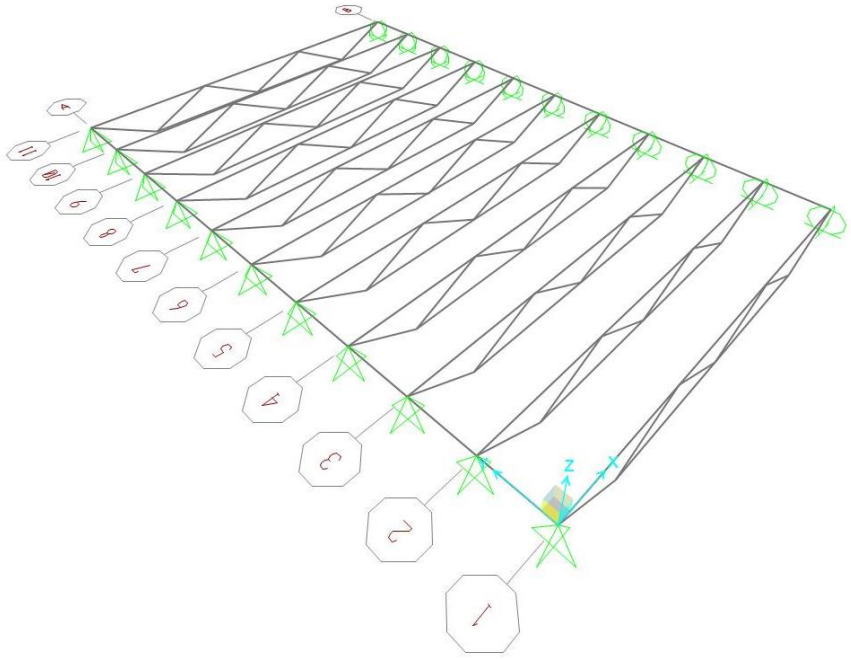


แผนภูมิที่ 5.8 แสดงแรงตามแนวของโครงถักช่วงพาด 4 เมตรระหว่างไม้กลูแลม และไม้ยูคาลิปตัส
ที่มา ผู้วิจัย

ซึ่งสามารวิเคราะห์ข้อมูลค่าแรงตามแนวแกนของคานโครงถักในงานวิจัยได้ว่า คานโครงถักไม้กลูแลมนั้นมีค่าแรงตามแนวแกนในคานโครงถักอยู่ที่ 5.55% กล่าวคือจะทำให้คานโครงถักสามารถรับแรงได้เพิ่ม 94.45% ในขณะที่คานโครงถักไม้กระถินเทพามีค่าแรงตามแนวแกนในรูปแบบคานที่เหมาะสม กล่าวคือ โครงถักลึก L/12 โดยข้อมูลดังกล่าวมาจากความคุ้มในการผลิตหรือก็คือแรงที่รับได้เพิ่มกับความยาวของเหล็ก(ตารางที่ 5.9) จะเห็นว่าแรงตามแนวแกนในคานโครงถักกระถินเทพา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 และองศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา จะอยู่ที่ 5.32% หรือก็คือสามารถรับแรงได้เพิ่มถึง 94.68% ซึ่งมากกว่าไม้กลูแลมดังที่กล่าวถึงข้างต้น

5.4 การทดสอบคานโครงถักเพื่อการใช้งาน

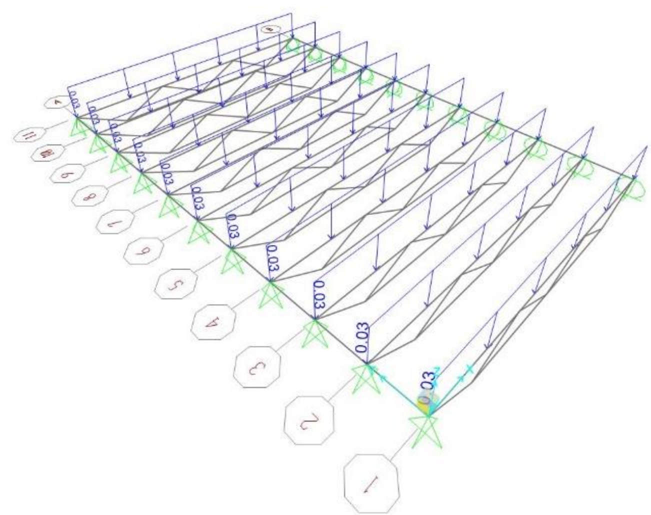
เพื่อพิจารณาการใช้งานคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง ผู้วิจัยจึงดำเนินทดสอบคานโครงถักโดยนำคานโครงถักสร้างเป็นรูปแบบพื้น 4x6 เมตร เพื่อทดสอบการรับน้ำหนักอีกครั้ง



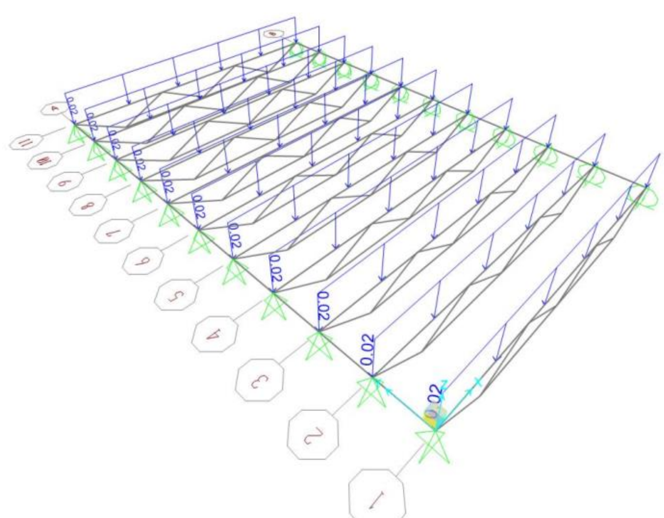
ภาพที่ 5.1 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพา ระยะโครง 60 ซม.
ที่มา ผู้วิจัย

โดยการกำหนดน้ำหนักในการทดสอบแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead loads) คือ ไม้กระถินเทพา และ ท่อเหล็กกลวง 1½ นิ้ว
- น้ำหนักบรรทุกจร (Live loads) คือ น้ำหนักตามกฎหมายที่ 150 กก./ตร.ม.
- น้ำหนักจากผิวงานสถาปัตยกรรม (Architectural finishing loads) คือ ไม้อัด osb 15 มม.(มีค่าเท่ากับ 0.1 กก./ตร.ม.) และคอนกรีตหนา 10 ซม.(240 กก./ตร.ม.)

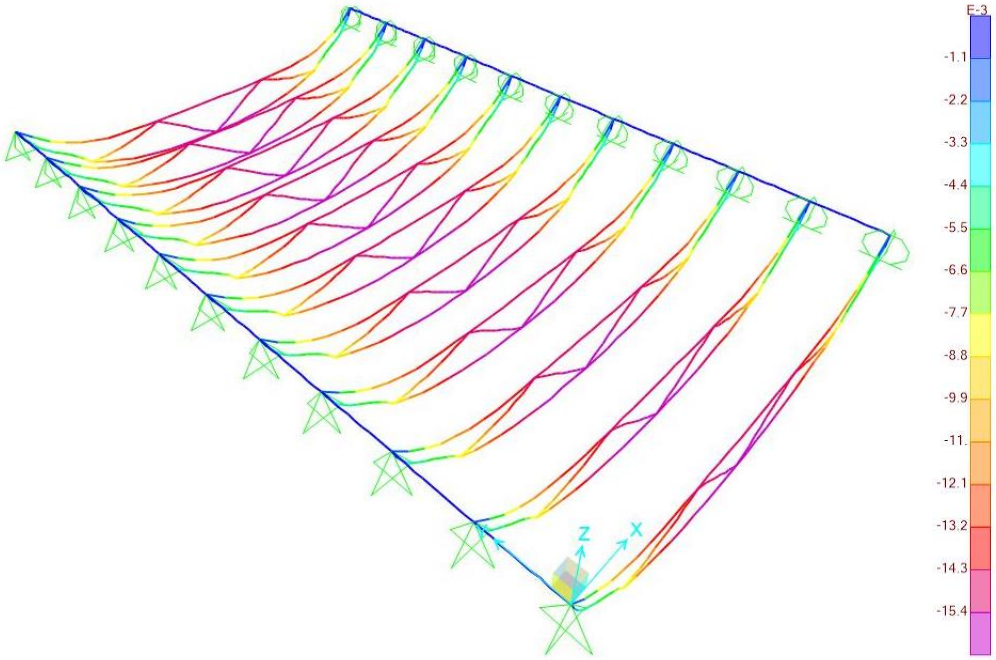


ภาพที่ 5.2 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพารับน้ำหนักบรรทุกจริง
ที่มา ผู้วิจัย



ภาพที่ 5.3 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพารับน้ำหนักบรรทุกตามกฎหมาย
ที่มา ผู้วิจัย

เมื่อกำหนดค่านำหนักทั้งหมดแล้วจึงดำเนินการทดสอบเพื่อตรวจเช็คและวิเคราะห์ผล



ภาพที่ 5.4 แสดงพื้นคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรโดยใช้คานโครงถักไม้กระถินเทพาเสียรูปจากการทดสอบ
ที่มา ผู้วิจัย

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าการเสียรูปของคานโครงถักหลังจากที่มีน้ำบรรทุกต่างๆแล้วนั้น มีการเสียรูปเพียง 0.0366 ซม. เพียงเท่านั้น

บทที่ 6
การสรุปผลและเสนอแนะ

6.1 การสรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยการศึกษาคานโครงถักไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทยเพื่อการก่อสร้างคานพื้นในบ้านพักอาศัยนั้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1.1 ไม้แปรรูปในประเทศที่เหมาะสมสำหรับคานโครงถักไม้เหล็ก

จากผลการทดสอบจากงานวิจัยสามารถสรุปไม้แปรรูปจากไม้ที่คัดเลือกมาทำการทดสอบคือ ไม้กระถินเทพา ซึ่งไม้กระถินเทพานั้นไม้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นอยู่ในระดับปานการแต่มีค่าความถ่วงจำเพาะที่ต่ำเฉกเช่นเดียวไม้กลูแลม โดยมีไม้สักเป็นที่มีความใกล้เคียงกันแต่อย่างที่ทราบโดยทั่วกันคือไม้สักมีราคาที่สูงการมีการนำมาใช้งานในบ้านพักอาศัยน้อย เพื่อตอบโจทย์ที่สามารถนำไม้ไปใช้ได้อย่างทั่วถึงนั้นไม้กระถินเทพาจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

หากกล่าวโดยสรุปแล้วนั้นนอกเหนือจากไม้กระถินเทพา ไม้ที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นและค่าความถ่วงจำเพาะเทียบเคียงกับไม้กลูแลมจะมีความเหมาะสมในการใช้งาน

6.1.2 รูปแบบคานโครงถัก

จากผลการทดสอบสามารถสรุปประเด็นต่างๆได้ดังนี้

- ช่วงพาด

พิจารณาจากความเป็นจริงในปัจจุบัน ไม้ช่วงพาด 6 เมตรนั้นหาได้ยากในท้องตลาด ไม้ช่วงพาด 4 และ 5 เมตรจึงเหมาะสมในการใช้งานที่มากกว่า โดยช่วงพาด 4 และ 5 เมตรจากผลการทดสอบคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตรมีค่าการเสียรูปที่ใกล้เคียงกันในทุกๆไม้ที่ทำการทดสอบ จึงสามารถสรุปผลจากงานวิจัยได้ว่าช่วงพาด 4 เมตรเป็นช่วงที่เหมาะสม

- ความลึกคานโครงถัก

เมื่อได้ช่วงพาดคานโครงถักที่ 4 เมตรจากผลการทดสอบแล้วนั้นความลึกคานโครงถักในช่วงพาด 4 เมตรนั้น ความลึกคานที่ L/10 นั้นมีความแข็งแรงมากที่สุดแต่จะนำมาซึ่งค่าก่อสร้องที่สูงขึ้นจากทั้งคานโครงถักและเรื่องของความสูงอาคารที่มากขึ้น

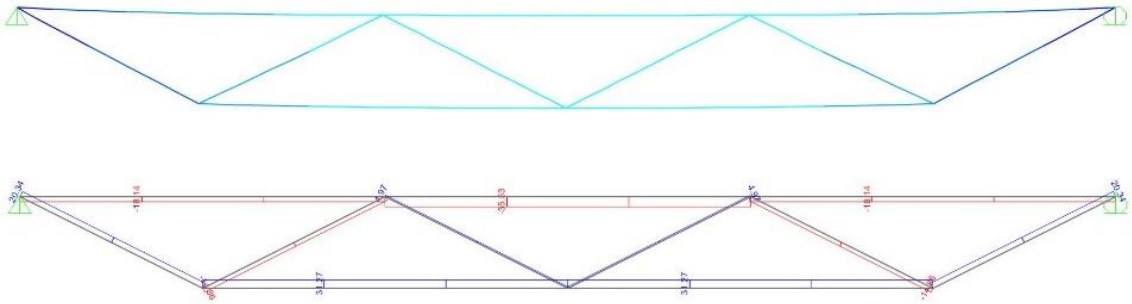
ความลึกที่ L/12 จึงเป็นเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจขึ้นมา แต่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมจากการวางองศาโครงค้ำยันแนวทแยงเพิ่มเติมโดยจะสรุปในลำดับถัดไป

- องศาโครงค้ำยันแนวทแยง

จากการสร้างรูปแบบของคานโครงถักทั้งหมดทำให้ทราบถึงจำนวนโครงค้ำยันแนวทแยงในแต่ละรูปแบบคานซึ่งนำมาเป็นหนึ่งในปัจจัยในการพิจารณาเนื่องด้วยจำนวนของโครงนั้นก็หมายราคาก่อสร้างที่ตามมา โดยองศาโครงค้ำยันแนวทแยงที่มีการเสียรูปที่น้อยและมีค่าแรงตามแนวแกนที่น้อยจากการทดสอบ คือ 45 องศา แต่ในขณะเดียวกันจำนวนชิ้นส่วนมีมากถึง 10 ชิ้น

องศาโครงค้ำยันแนวทแยงที่ 30 องศาในคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 นั้นมีความสามารถเทียบเคียงกับ 45 องศา แต่มีชิ้นส่วนเพียง 6 ชิ้น จะเห็นได้ว่ามีความต่างกันอยู่พอสมควร

กล่าวสรุปจากผลการทดสอบคานโครงถักไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปที่เหมาะสมจากผลการทดสอบและมีจำนวนชิ้นส่วนที่น้อยคือ คานโครงถักไม้กระถินเทพาะ ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 และองศาโครงค้ำยันแน้วทะแยงที่ 30 องศา



ภาพที่ 6.1 แสดงการเสียรูปและแรงตามแนวแกนของคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 4 เมตร ความลึกโครง L/12 และองศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา
ที่มา ผู้วิจัย

แต่เพื่อการนำไปใช้งานในช่วงไม้ที่หลากหลายจึงได้ทำตารางสรุปในแต่ละช่วงพาดจากค่าอัตราส่วนของความสามารถในการรับแรงเพิ่มเติมกับความยาวของเหล็ก ซึ่งหมายถึงความคุ้มทุนในการก่อสร้างโดยจะสามารถเลือกรูปแบบจากไม้แต่ละชนิดตามตารางที่ 6.1 โดยที่เปรียบเทียบจากตารางที่ 5.4 และ ตารางที่ 5.10

ตารางที่6.1 แสดงตารางสรุปรูปแบบคานที่เหมาะสมในไม้แต่ละชนิด

ตารางสรุปรูปแบบคานโครงถักในไม้แต่ละประเภท				
ชนิดไม้	**ชนิดโครงถัก**	**ช่วงพาด 4 เมตร**	**ช่วงพาด 5 เมตร**	**ช่วงพาด 6 เมตร**
ไม้กลูแลม	องศาโครง	30	30	30
	ความลึก	L/16	L/16	L/16
ไม้ยางพารา	องศาโครง	45	30	45
	ความลึก	L/16	L/16	L/10
ไม้กระถินเทพา	องศาโครง	30	30	30
	ความลึก	L/10	L/12	45
ไม้นนทรี	องศาโครง	30	45	45
	ความลึก	L/16	L/10	L/10
ไม้สัก	องศาโครง	30	30	30
	ความลึก	L/12	L/12	L/16
ไม้แดง	องศาโครง	45	45	45
	ความลึก	L/10	L/10	L/10
ไม้ยูคาลิปตัส	องศาโครง	45	45	45
	ความลึก	L/10	L/10	L/10

และจะสามารถสรุปคานโครงถักไม้-เหล็กในไม้แต่ละชนิดซึ่งเปรียบเทียบเพิ่มเติมกับค่าการแอ่นตัวโดยยึดจากคานโครงถักไม้กลูแลมในแต่ละช่วงพาดเป็นหลักในการสรุปรูปแบบคานโครงถักที่เหมาะสมได้ดังนี้

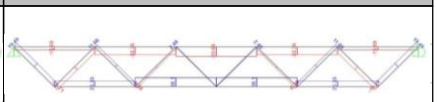
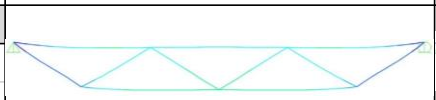
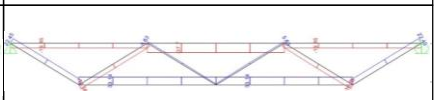
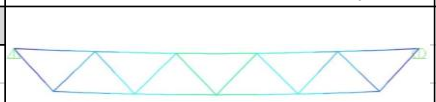
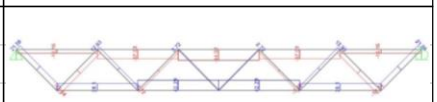
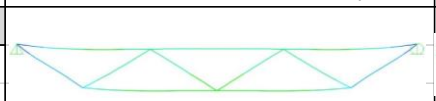
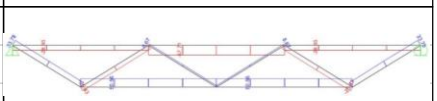
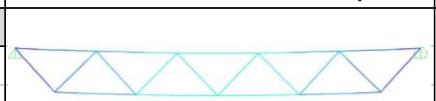
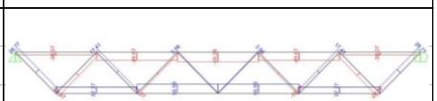
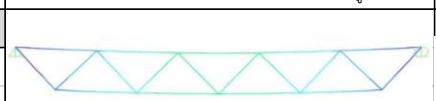
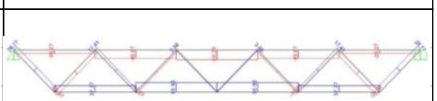
- ช่วงพาด 4 เมตร

ตารางที่ 6.2 แสดงคานโครงถักที่เหมาะสมในแต่ละชนิดไม้ช่วงพาด 4 เมตร

ช่วงพาด/ภาพจากการวิเคราะห์	ช่วงพาด 4 เมตร	
	การเสียรูป	แรงตามแนวแกน
คานโครกถักไม้ยางพารา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 0.9 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 6.24%
คานโครกถักไม้กระถินเทพา		
ความลึกคาน L/12		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.1 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 5.32%
คานโครกถักไม้นนทรี		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 0.8 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 5.34%
คานโครกถักไม้สัก		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 0.8 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 5.31%
คานโครกถักไม้แดง		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 0.9 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 6.56%
คานโครกถักไม้ยางพารา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 0.9 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 5.59%

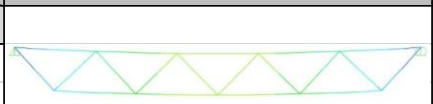
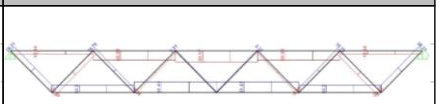
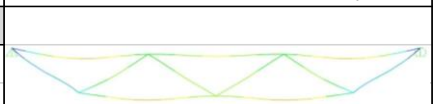
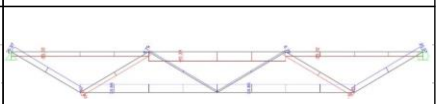
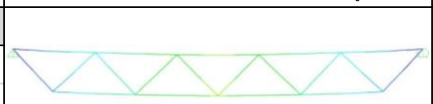
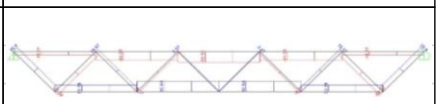
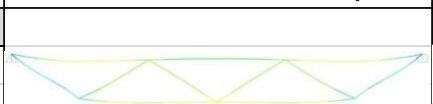
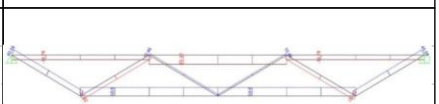
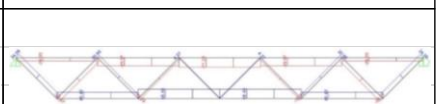
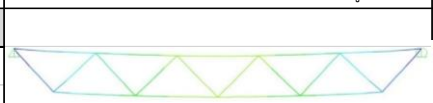
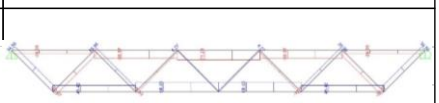
- ช่วงพาด 5 เมตร

ตารางที่ 6.3 แสดงคานโครงถักที่เหมาะสมในแต่ละชนิดไม้ช่วงพาด 5 เมตร

ช่วงพาด/ภาพจากการวิเคราะห์ / คานโครงถักที่เหมาะสม	ช่วงพาด 5 เมตร	
	การเสียรูป	แรงตามแนวแกน
คานโครงถักไม้ยางพารา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.4 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 8.96%
คานโครงถักไม้กระถินเทพา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.2 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 5.64%
คานโครงถักไม้นนทรี		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.3 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 7.68%
คานโครงถักไม้สัก		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.1 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 7.64%
คานโครงถักไม้แดง		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.3 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 8.54%
คานโครงถักไม้ยางพารา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.3 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 7.98%

- ช่วงพาด 6 เมตร

ตารางที่ 6.4 แสดงคานโครงถักที่เหมาะสมในแต่ละชนิดไม้ช่วงพาด 6 เมตร

ช่วงพาด/ภาพจากการวิเคราะห์ / คานโครงถักที่เหมาะสม	ช่วงพาด 5 เมตร	
	การเสียรูป	แรงตามแนวแกน
คานโครงถักไม้ยางพารา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 2.0 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 10.77%
คานโครงถักไม้กระถินเทพา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.8 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 6.78%
คานโครงถักไม้นนทรี		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.8 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 9.25%
คานโครงถักไม้สัก		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 30 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 6 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.6 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 8.01%
คานโครงถักไม้แดง		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.8 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 10.26%
คานโครงถักไม้ยางพารา		
ความลึกคาน L/10		
องศาโครงค้ำยันแนวทแยง 45 องศา		
จำนวนชิ้นส่วน 10 ชิ้น	ค่าการเสียรูป 1.8 มม.	แรงตามแนวแกนเทียบกับแรงที่รัดได้(%) 9.60%

และสุดท้ายจากผลการวิเคราะห์ทำให้สามารถสร้างตารางสรุปน้ำบรรทุกปลอดภัย(ksc) เพื่อความสะดวกต่อการในไปใช้งานในการผลิตคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กในประเทศไทยโดยดูได้จากตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.5 แสดงตารางสรุปน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยในคานโครงถักทั้งหมดในงานวิจัย

ตารางน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย					
ช่วงพาด			ช่วงพาด 4 เมตร	ช่วงพาด 5 เมตร	ช่วงพาด 6 เมตร
ชนิดไม้	ความลึกคาน	องศาโครงค้ำ	(ksc)	(ksc)	(ksc)
ไม้กลุแลม	L/10	องศา 30	534.83	527.91	521.01
		องศา 45	530.78	522.85	514.36
		องศา 60	526.03	516.89	507.13
	L/12	องศา 30	529.82	521.58	513.36
		องศา 45	522.98	513.01	503.07
		องศา 60	519.21	508.28	497.39
	L/16	องศา 30	514.73	502.45	490.49
		องศา 45	510.28	496.88	483.54
		องศา 60	504.67	489.80	475.09
ไม้ยางพารา	L/10	องศา 30	448.19	440.61	433.04
		องศา 45	443.86	435.18	426.53
		องศา 60	438.99	429.08	418.55
	L/12	องศา 30	442.68	433.62	424.60
		องศา 45	435.32	424.42	413.54
		องศา 60	431.52	419.65	407.82
	L/16	องศา 30	426.11	412.63	399.52
		องศา 45	421.42	406.76	392.17
		องศา 60	415.79	399.65	383.69
ไม้กระถินเทพา	L/10	องศา 30	561.58	554.86	548.15
		องศา 45	557.62	549.90	542.20
		องศา 60	552.90	543.98	534.44
	L/12	องศา 30	542.05	548.71	540.72
		องศา 45	550.03	540.33	530.65
		องศา 60	546.26	535.60	527.50
	L/16	องศา 30	542.05	530.11	518.49
		องศา 45	537.67	524.63	511.65
		องศา 60	532.07	517.56	504.94
ไม้นนทรี	L/10	องศา 30	521.58	514.09	506.62
		องศา 45	517.28	508.71	500.16
		องศา 60	512.43	502.62	492.21
	L/12	องศา 30	516.14	507.20	498.29
		องศา 45	508.85	498.08	487.34
		องศา 60	505.05	493.32	481.62
	L/16	องศา 30	499.78	486.47	473.51
		องศา 45	495.12	480.64	466.23
		องศา 60	489.49	473.54	457.75
ไม้สัก	L/10	องศา 30	504.72	490.33	490.33
		องศา 45	500.54	484.05	484.05
		องศา 60	495.73	476.17	476.17
	L/12	องศา 30	499.50	482.34	482.34
		องศา 45	492.42	471.71	471.71
		องศา 60	488.64	466.01	466.01
	L/16	องศา 30	483.76	458.51	458.51
		องศา 45	479.21	451.39	451.39
		องศา 60	473.59	442.92	442.92
ไม้แดง	L/10	องศา 30	648.44	636.78	625.15
		องศา 45	646.75	634.75	622.77
		องศา 60	643.31	629.62	615.97
	L/12	องศา 30	639.95	625.99	612.10
		องศา 45	637.24	622.72	608.25
		องศา 60	633.35	618.62	602.40
	L/16	องศา 30	621.47	602.63	584.29
		องศา 45	618.71	599.19	578.76
		องศา 60	613.42	592.50	571.81
ไม้กระถินเทพา	L/10	องศา 30	673.13	662.96	652.81
		องศา 45	667.62	656.07	644.55
		องศา 60	662.31	649.41	635.92
	L/12	องศา 30	665.65	653.49	641.36
		องศา 45	656.24	641.72	627.25
		องศา 60	652.36	636.85	621.40
	L/16	องศา 30	643.36	625.24	607.60
		องศา 45	637.72	618.19	598.76
		องศา 60	632.00	610.97	590.17

6.2 ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา

- ไม้เนื้อแข็งที่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่สูงอาจไม่ใช่ไม้ที่เหมาะสมเสมอไป หากไม่พิจารณาถึงค่าความถ่วงจำเพาะ เนื่องด้วยน้ำหนักของโครงสร้างที่เพิ่มขึ้นสร้างภาระในการรับน้ำหนักที่มากขึ้นตามไปด้วย

6.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคานโครงถักของไม้ชนิดต่างๆ ในรูปแบบต่างๆแล้ว จากงานวิจัยการศึกษาคานโครงถักไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทยเพื่อการก่อสร้างคานพื้นในบ้านพักอาศัย มีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลการวิเคราะห์งานวิจัยมาจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการต่อยอดเพิ่มเติมสามารถนำข้อมูลไปพิจารณาเพิ่มต่อยอดกับการทดสอบชิ้นงานจริงเพิ่มเติม
2. การวิเคราะห์ผ่านกระบวนการ Finite element ในงานวิจัยนี้นั้นไม่ลงรายละเอียดในส่วนของจุดเชื่อมต่อในส่วนประกอบของคานโครงถัก สามารถต่อยอดข้อมูลในส่วนนี้ได้
3. จากการวิเคราะห์แยกชิ้นส่วน สามารถนำไปต่อยอดการทดลองรับน้ำหนักของโครงสร้างพื้นทั้งหมดได้
4. การเสียรูปในไม้ยูคาลิปตัสนั้นมีค่าที่น้อยอาจสามารถต่อยอดไปทางไม้เนื้อปานกลางหรือไม้เนื้ออ่อนที่มีระยะเวลาการปลูกน้อยกว่าได้

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ชวลิต นิตยะ, **โครงสร้างในงานสถาปัตยกรรม,** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

จรัญพัฒน์ ภูวนันท์. **การก่อสร้างด้วยเหล็ก.** กรุงเทพฯ : อี.ที. พับลัชชิ่ง. 2542

ชลธี อิ่มอุดม. **ระบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552

ชนินทร์ ทิพยโอภาส ,**โครงถักกับงานสถาปัตยกรรม**.พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542

กวี หวังนิเวศน์กุล. **วัสดุวิศวกรรมก่อสร้าง.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด เอ็ดดูเคชั่น, 2552

กวี หวังนิเวศน์กุล.**การออกแบบโครงสร้างเหล็กและไม้เบื้องต้น**,พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : รุ่งแสงการพิมพ์, 2552

แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่, **เอกสารประกอบการเรียนวิชากลศาสตร์โครงสร้าง 2,** เชียงใหม่ **:** แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่, 2546

คณะทำงานจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์, **เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมไม้และเครื่องเรือน,** สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม., 2554.

สำนักวิชาการกรมป่าไม้, **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไม้และไม้แปรรูป,** กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ, 2541.

กรมป่าไม้และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, **คู่มือสำหรับประชาชน การปลูกไม้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ**, พิมพ์ครั้งที่ 1. หางหุ้นสวนจำกัด พรี-วัน, 2562

ภานุมาศ พรทอง, ภูวเดช ไพศาลวัชรกิจ และ อภินันท์ ดวงสนิท. 2546. **เอกสารและสื่ออิเล็กทรอนิกส์การใช้งานโปรแกรม SAP2000 เพื่อประกอบการสอนวิชาโครงสร้าง.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บรรณานุกรม(ต่อ)

ภาษาอังกฤษ

Lauer, Kenneth R. **“Structural Engineering for Architects”**. New York : Mc-Graw-Hill. 1981.

Ching, Francis D.K. “**Building construction illustrated**” 5th edition. United states: Wiley, 2014.

Ben Cook, Jerry Maly. **“An Overview of Open Web Steel Joists”** Wiss, Janney, Elstner Associates Inc.., 2008

RedBuilt. **“Open-Web Trusses”**. RedBuillt wood enginerring company

Steel Joist Institute. 2010. **“Standard Specifications”** 43rd edition. Florence. Steel Joist Institute., 2014.

Bjorn Norman Sandaker, Arne Petter Eggen, **“The Structure: Basic of Architecture, Watson-Guptill Publication”**, New York, 1992

ภาคผนวก

คำชี้แจง ผลการทดสอบนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (ข้อมูลเหล่านี้ใช้ในการศึกษาเท่านั้น)

หัวข้อ : การศึกษาโครงสร้างคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทยเพื่อการก่อสร้างคานพื้นในบ้านพักอาศัย

ชื่อ-สกุล : นายวงศกร สว่างวงษ์ รหัสนักศึกษา 60602053 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

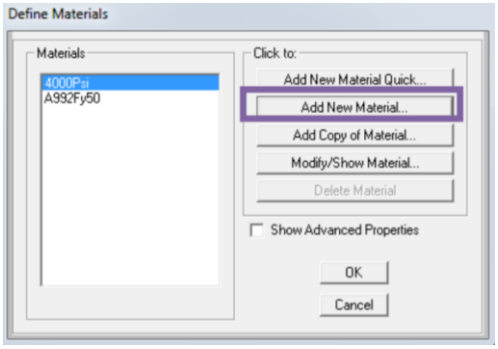
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ เที้ยธิทรัพย์

ขั้นตอนการทดสอบการวิเคราะห์การแอ่นตัวของคานด้วยโปรแกรม SAP2000

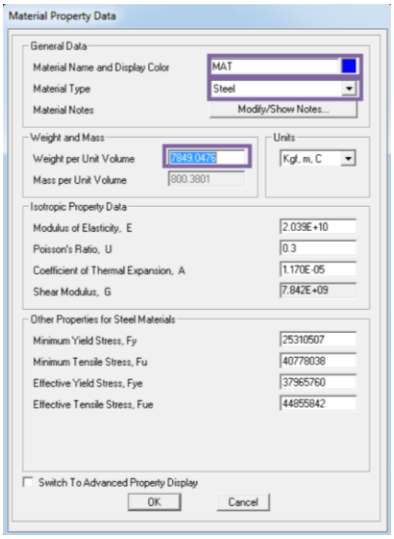
เมื่อสร้างแบบจำลองที่จะทดสอบเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดรายละเอียดแบบจำลอง เพื่อให้ได้ค่าการทดสอบที่ใกล้เคียงการใช้งานจริงมากที่สุด ซึ่งได้ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. กำหนดวัสดุ

– โดยใช้คำสั่ง Define > Materials > Add New Materials

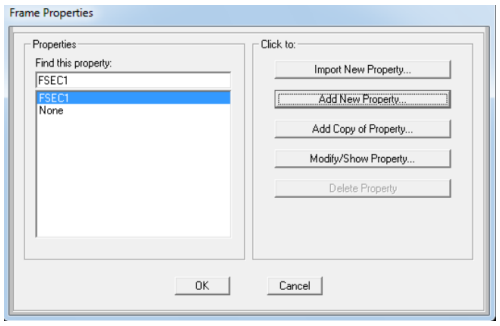


- กำหนดชื่อ Materials > กำหนดชนิด Materials > กำหนดคาเฉพาะตัว Materials

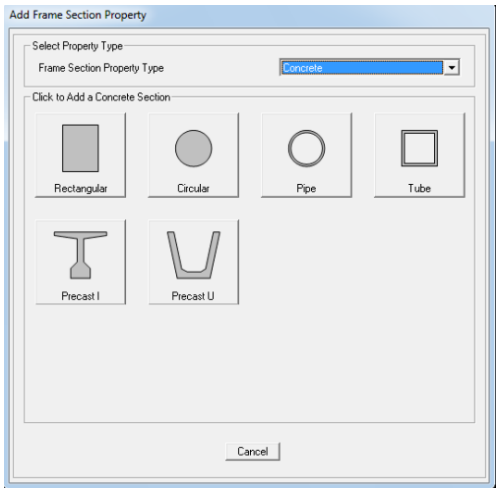


2. กำหนดขนาดวัสดุ

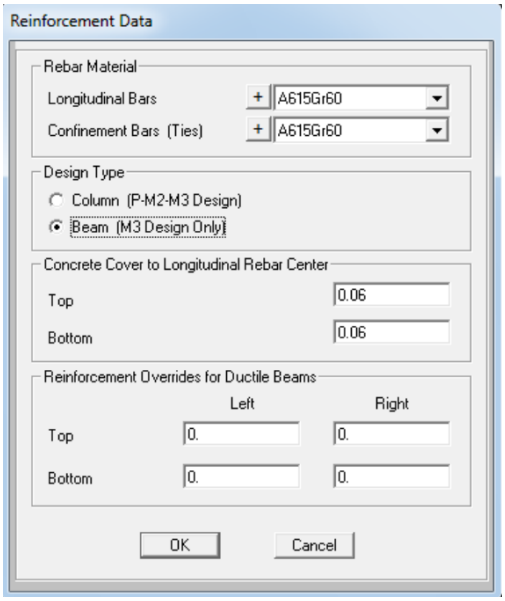
- โดยใช้คำสั่ง Assign > Frame > Frame Section > Add New Property



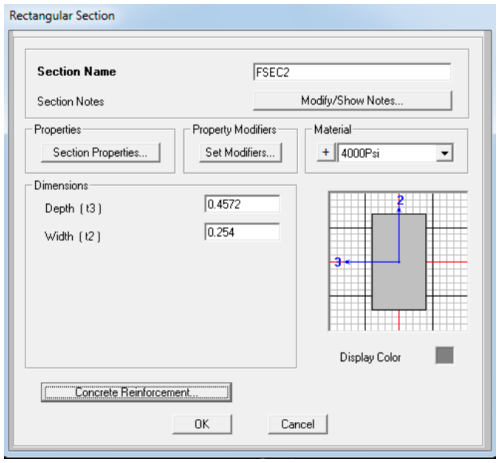
- กำหนดชนิดของวัสดุและเลือกรูปแบบของวัสดุที่ทำการทดสอบ



- กำหนดชนิดของโครงสร้างที่ทำการทดสอบ



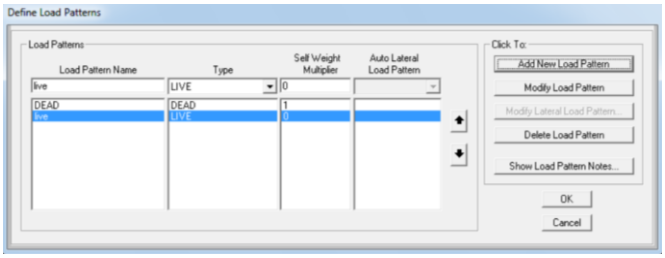
- กำหนดขนาดของวัสดุ



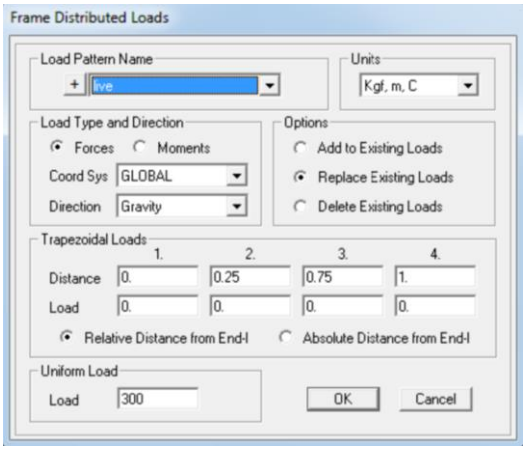
3) กำหนดน้ำหนักบรรทุก

- โดยใช้คำสั่ง Define > Load Pattern

- กำหนดชื่อและลักษณะของแรง



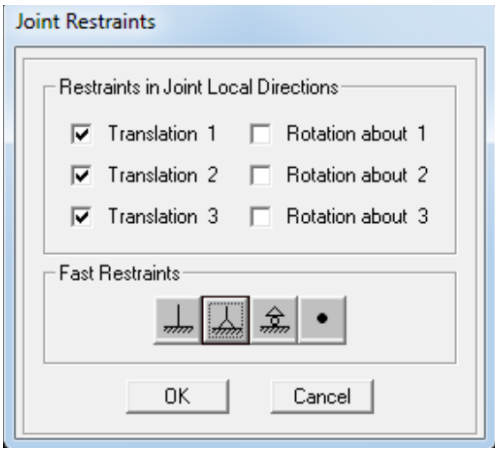
- เลือก Assign > Frame Load > Distributed กำหนดแรงที่กระทำตอคาน



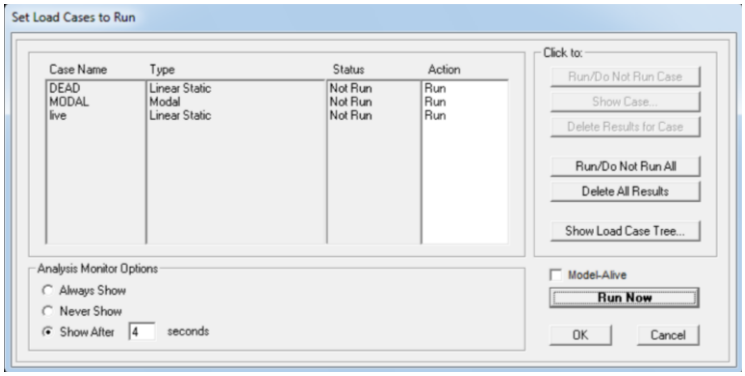
4) กำหนดฐานรองรับ

- โดยเลือก Assign > Joint > Restraints

- เลือกชนิดฐานรองรับ



- และวิเคราะหแบบจำลอง

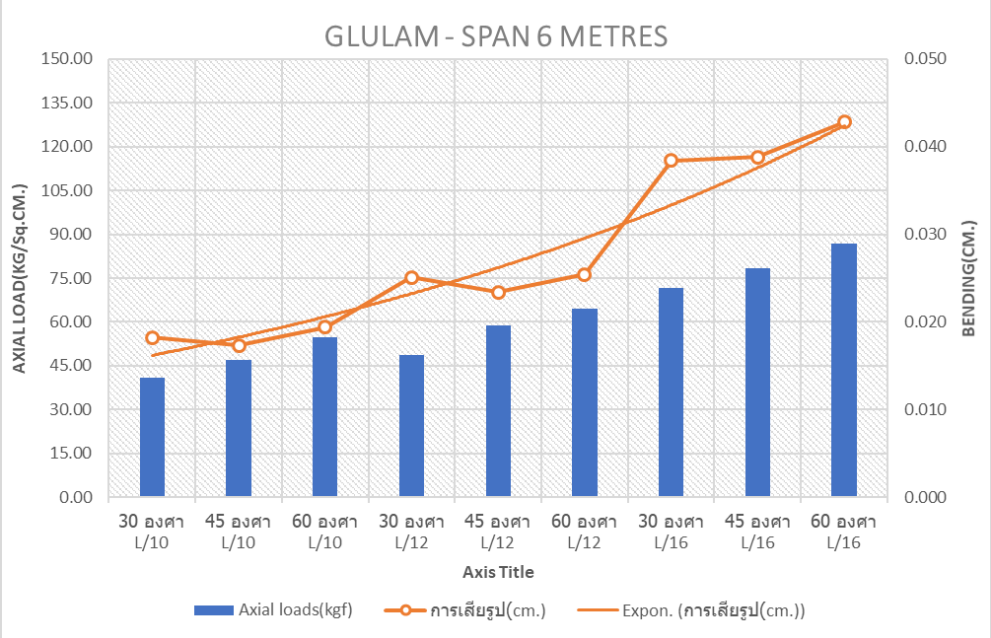


การเก็บข้อมูลของไม้กลูแลมช่วงพาด 6 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลมช่วงพาด 5 เมตร

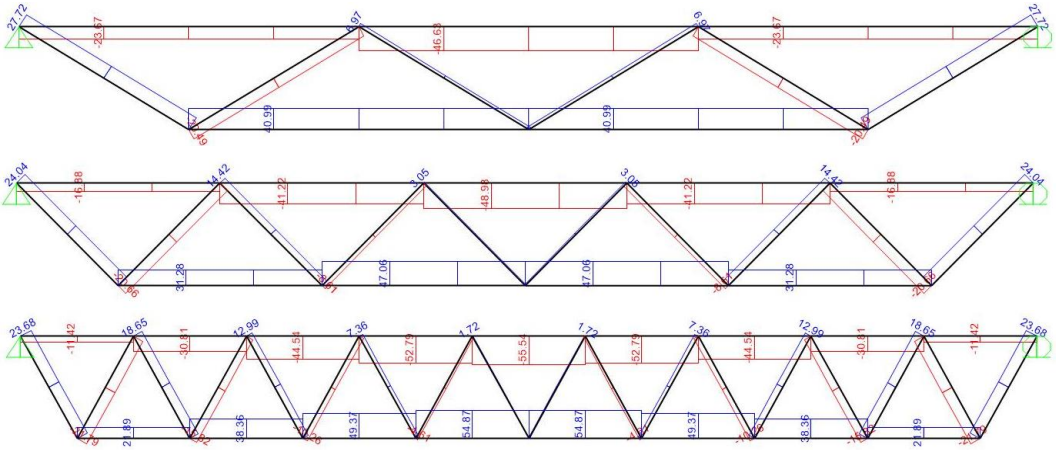
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร - ไม้กลูแลม		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	40.99	0.018
45 องศา L/10	47.06	0.017
60 องศา L/10	54.87	0.019
30 องศา L/12	48.64	0.025
45 องศา L/12	58.93	0.023
60 องศา L/12	64.62	0.025
30 องศา L/16	71.51	0.038
45 องศา L/16	78.46	0.039
60 องศา L/16	86.91	0.043

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลมช่วงพาด 6 เมตร

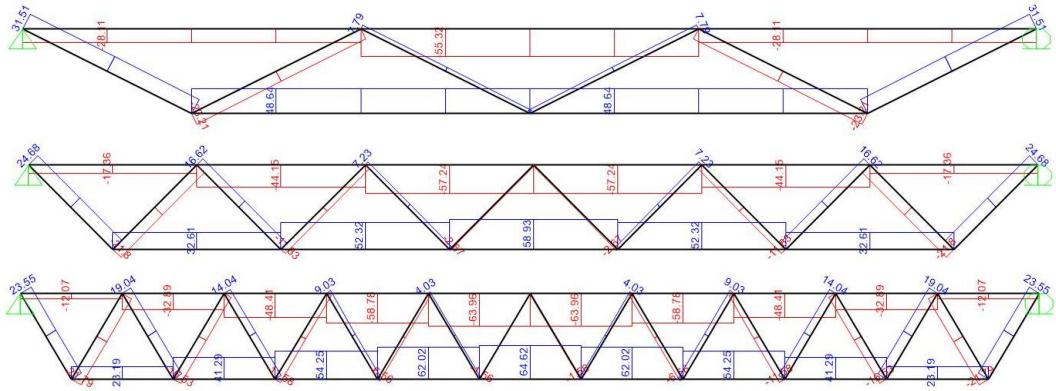


ภาพจากการทดสอบ

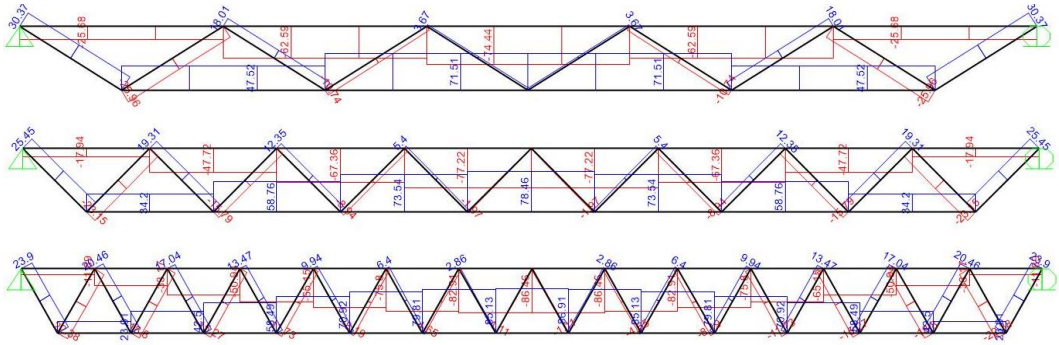
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



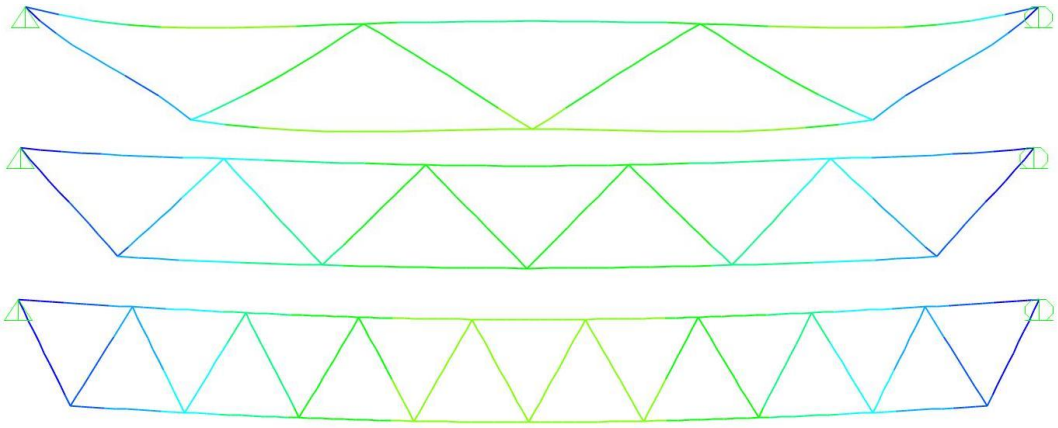
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



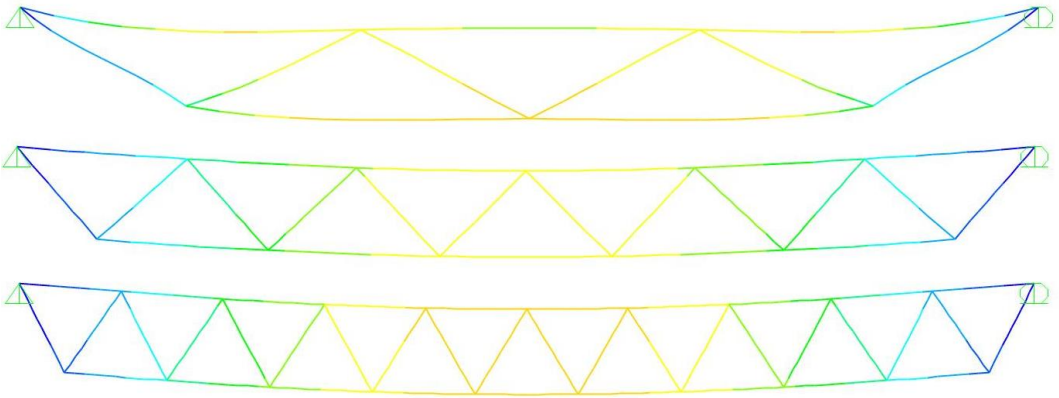
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



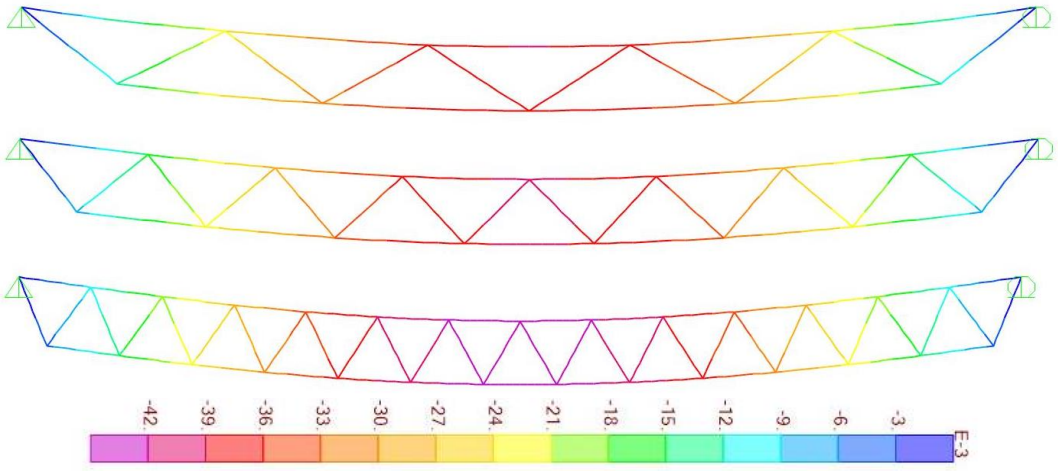
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

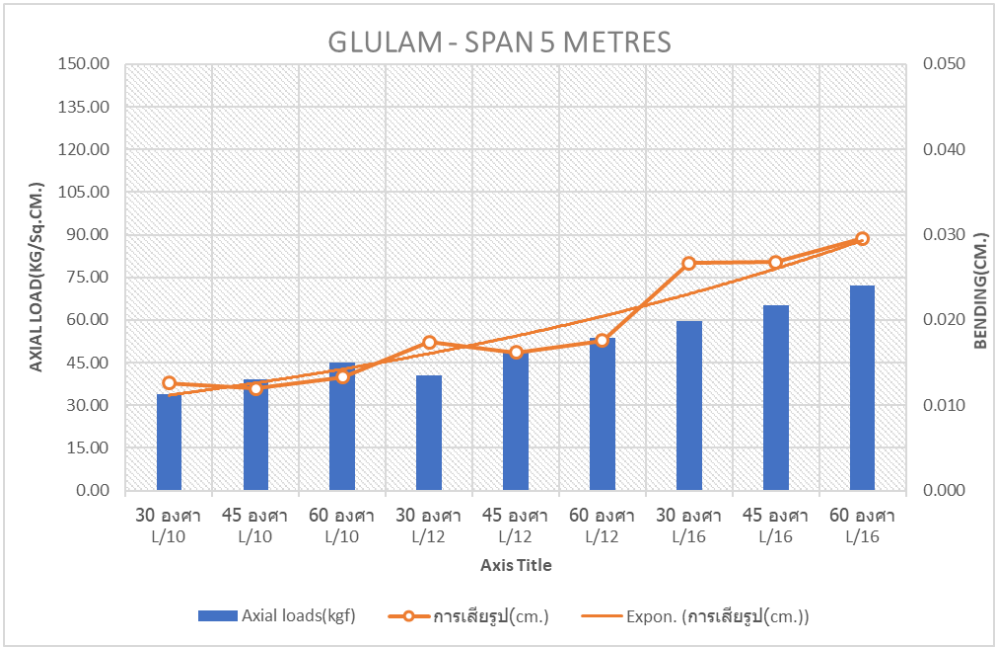


การเก็บข้อมูลของไม้กลูแลมช่วงพาด 5 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลมช่วงพาด 5 เมตร

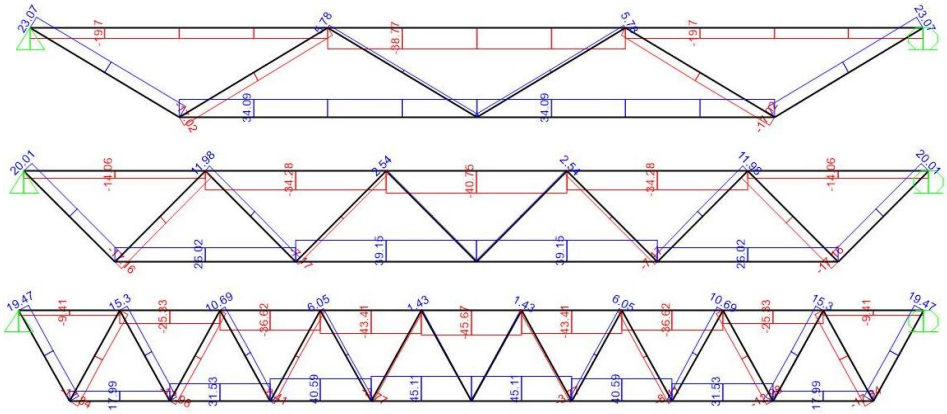
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร - ไม้กลูแลม		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	34.09	0.013
45 องศา L/10	39.15	0.012
60 องศา L/10	45.11	0.013
30 องศา L/12	40.42	0.017
45 องศา L/12	48.99	0.016
60 องศา L/12	53.72	0.018
30 องศา L/16	59.55	0.027
45 องศา L/16	65.12	0.027
60 องศา L/16	72.20	0.030

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลมช่วงพาด 5 เมตร

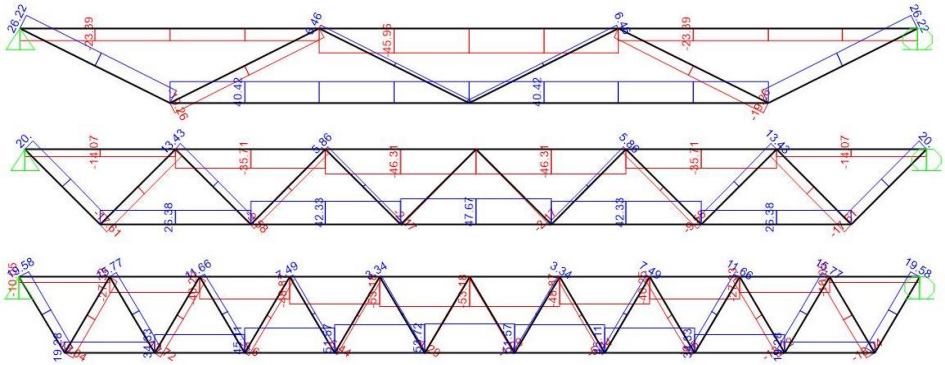


ภาพจากการทดสอบ

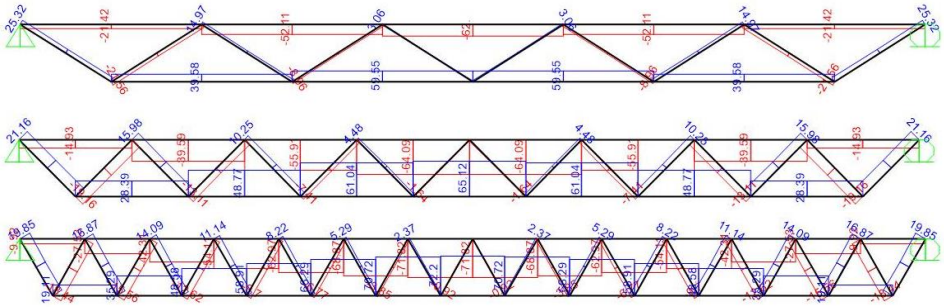
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



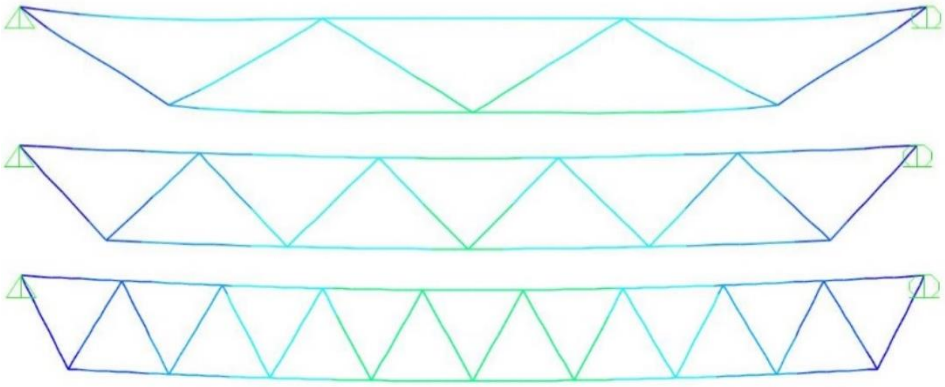
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



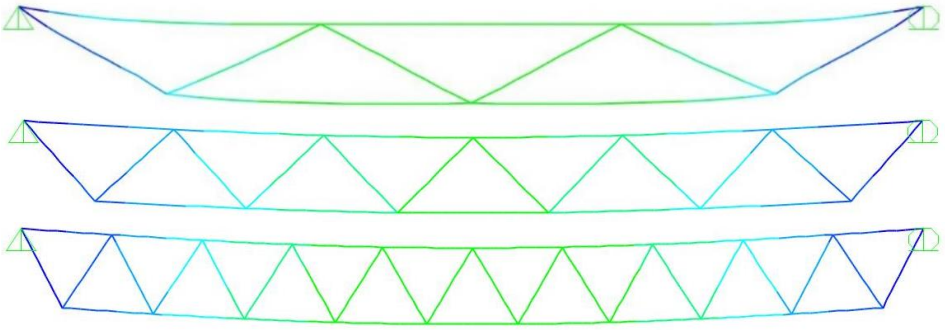
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



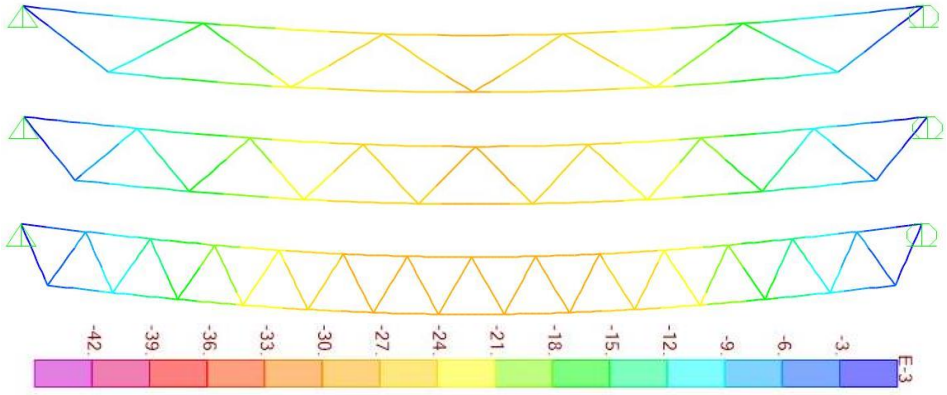
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

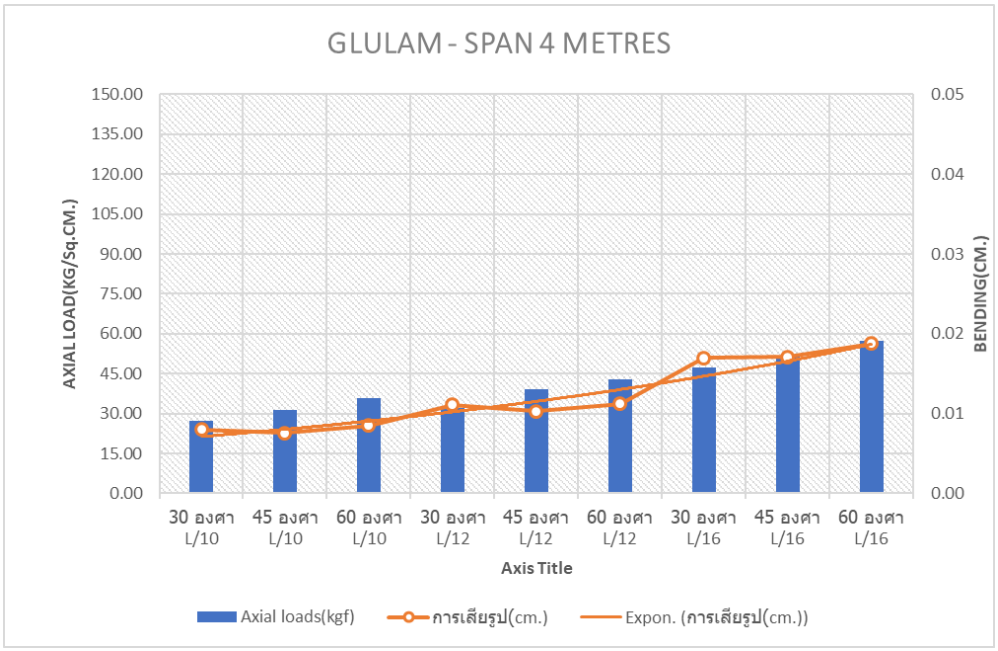


การเก็บข้อมูลของไม้กลูแลมช่วงพาด 4 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลมช่วงพาด 4 เมตร

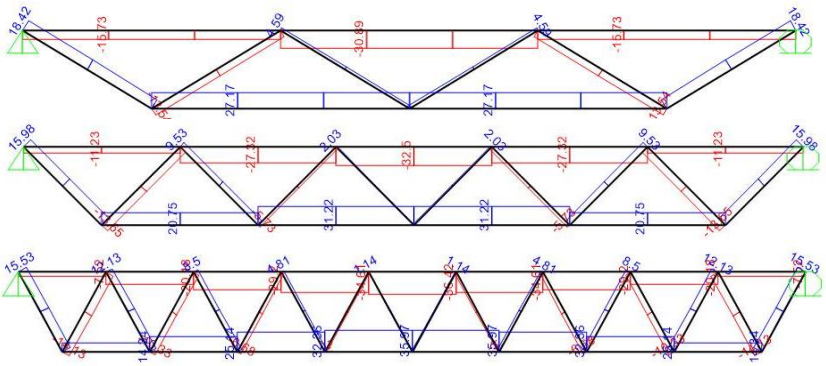
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร - ไม้กลูแลม		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	27.17	0.008
45 องศา L/10	31.22	0.008
60 องศา L/10	35.97	0.009
30 องศา L/12	32.18	0.011
45 องศา L/12	39.02	0.010
60 องศา L/12	42.79	0.011
30 องศา L/16	47.27	0.017
45 องศา L/16	51.72	0.017
60 องศา L/16	57.33	0.019

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กลูแลมช่วงพาด 4 เมตร

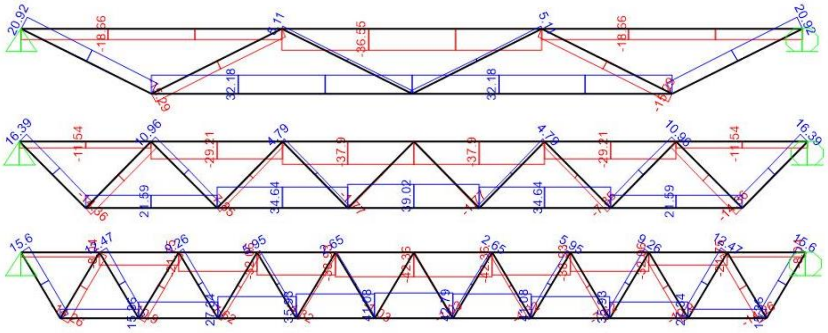


ภาพจากการทดสอบ

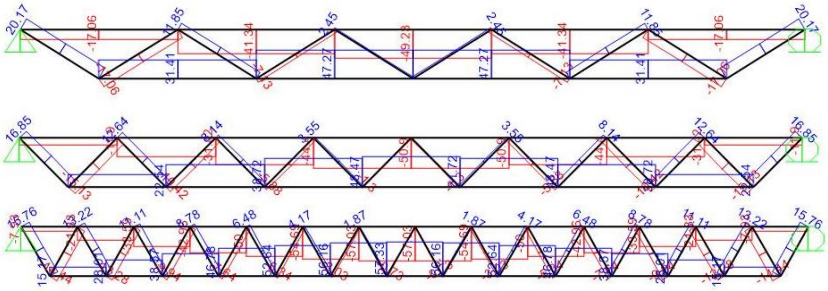
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



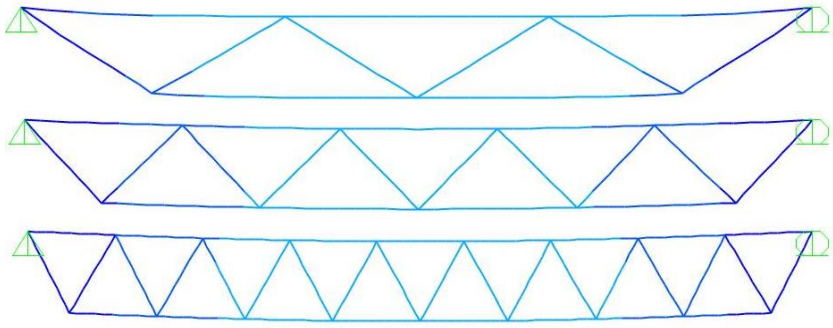
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



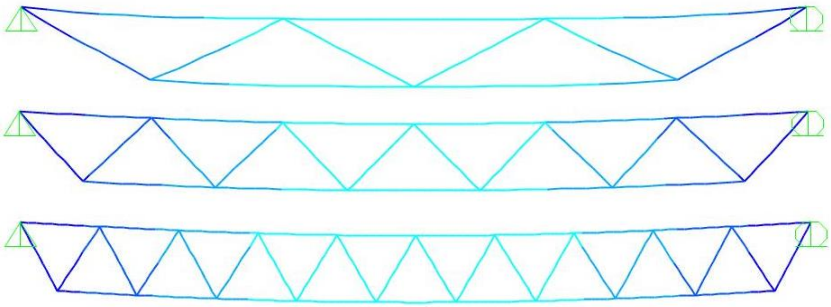
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



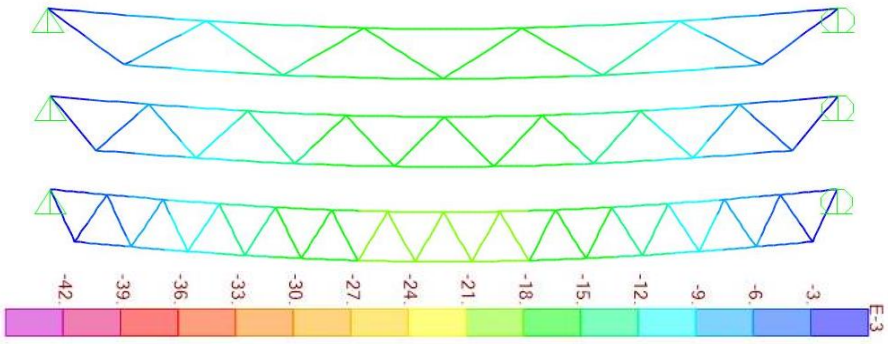
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กลูแลม ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

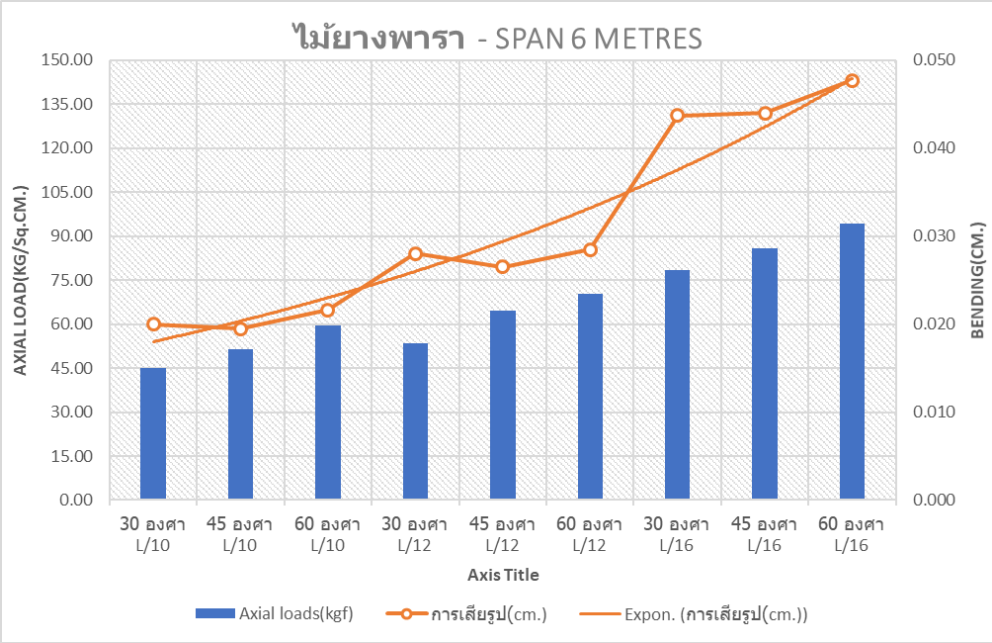


การเก็บข้อมูลของไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร

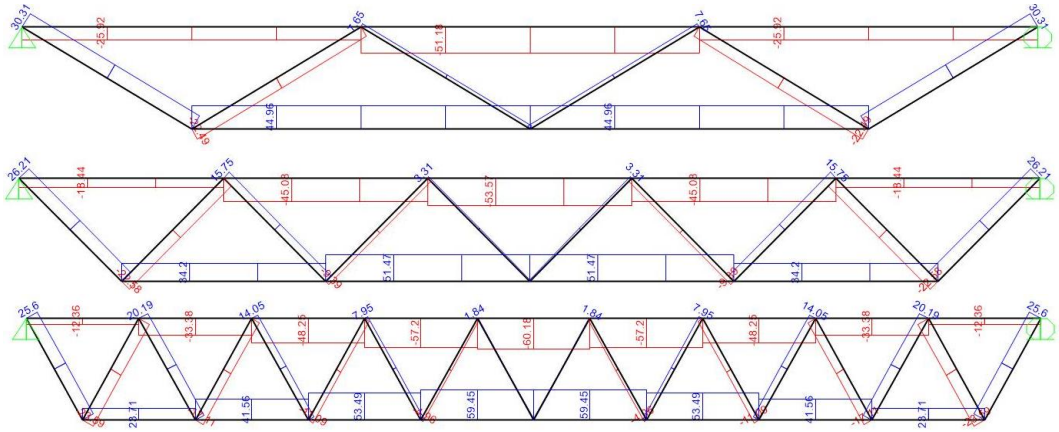
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร - ไม้ยางพารา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	44.96	0.020
45 องศา L/10	51.47	0.020
60 องศา L/10	59.45	0.022
30 องศา L/12	53.40	0.028
45 องศา L/12	64.46	0.027
60 องศา L/12	70.18	0.029
30 องศา L/16	78.48	0.044
45 องศา L/16	85.83	0.044
60 องศา L/16	94.31	0.048

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร

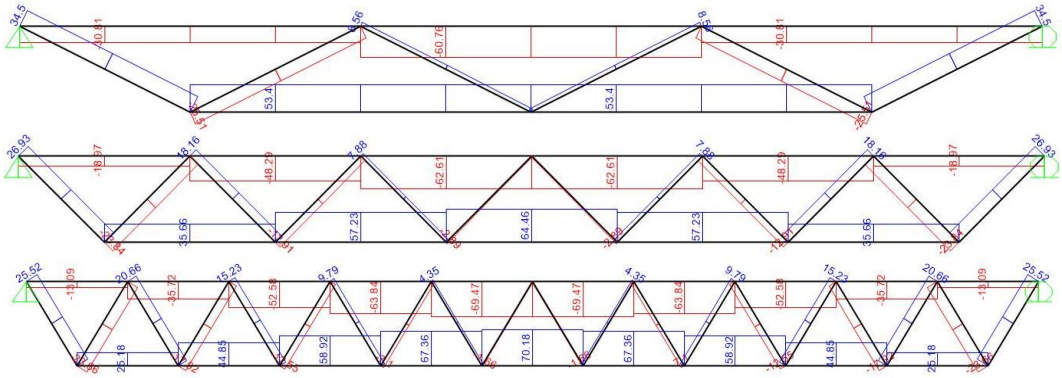


ภาพจากการทดสอบ

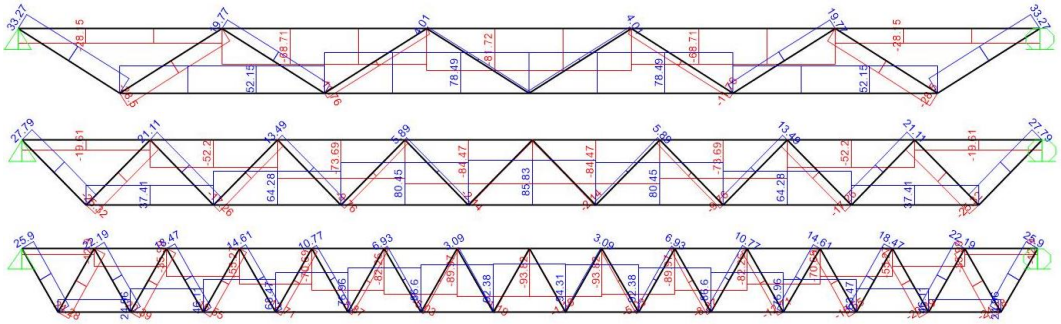
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



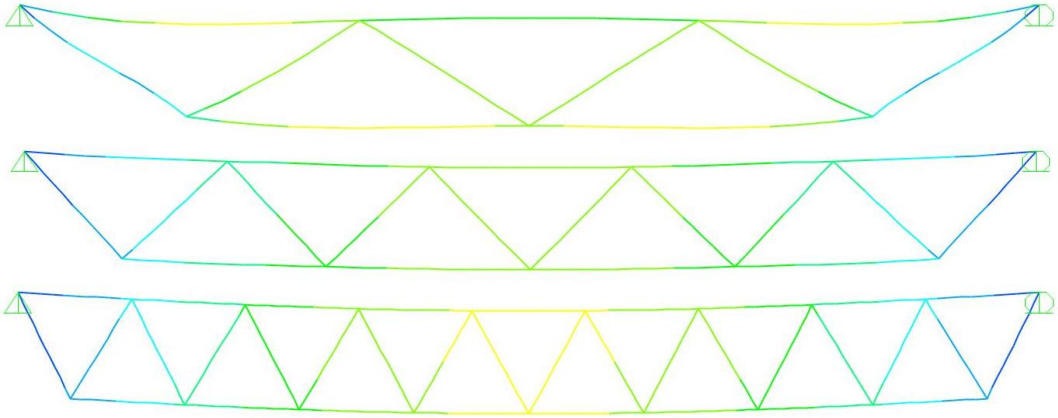
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



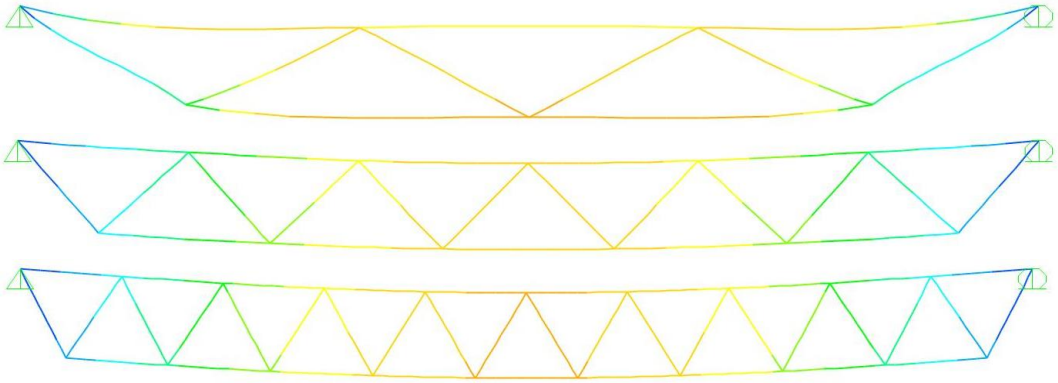
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



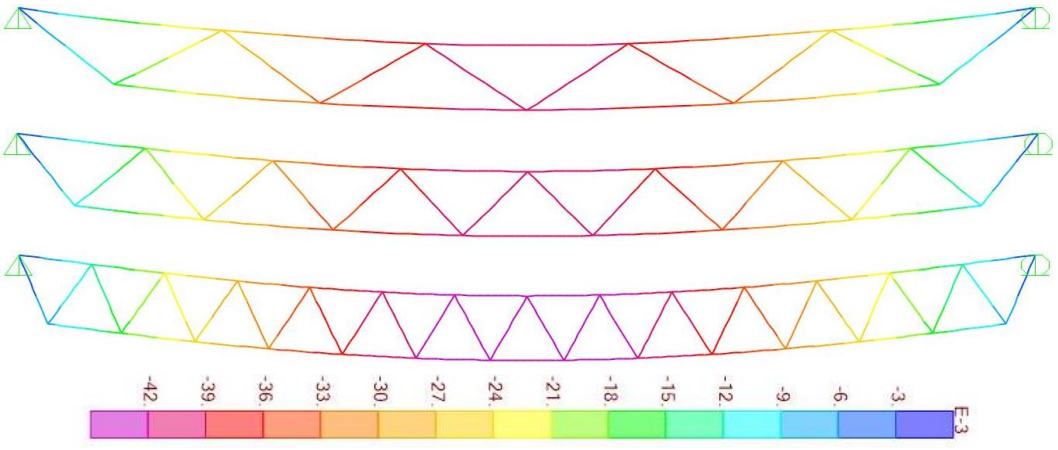
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

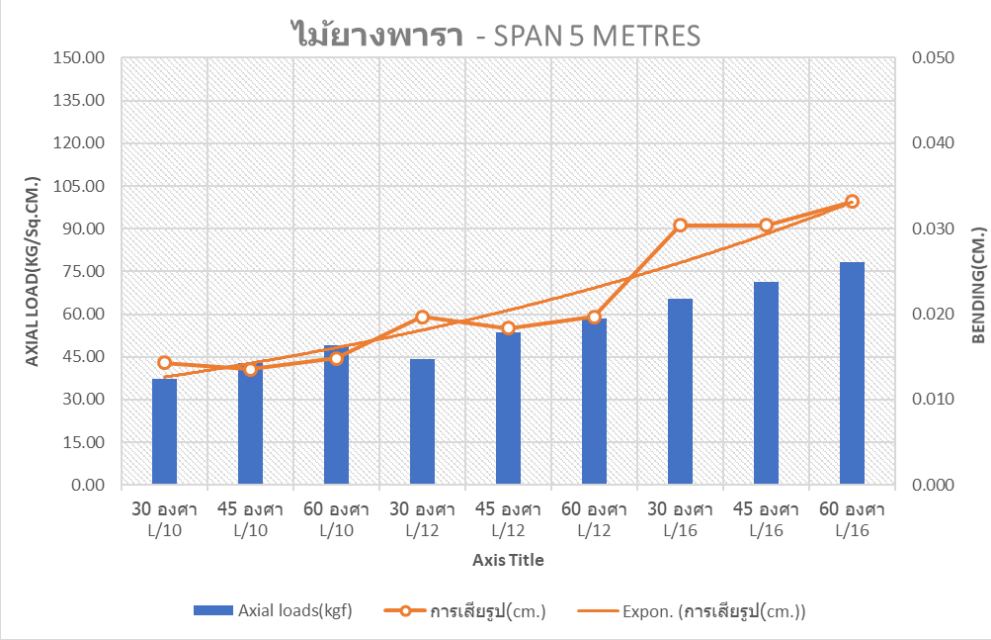


การเก็บข้อมูลของไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร

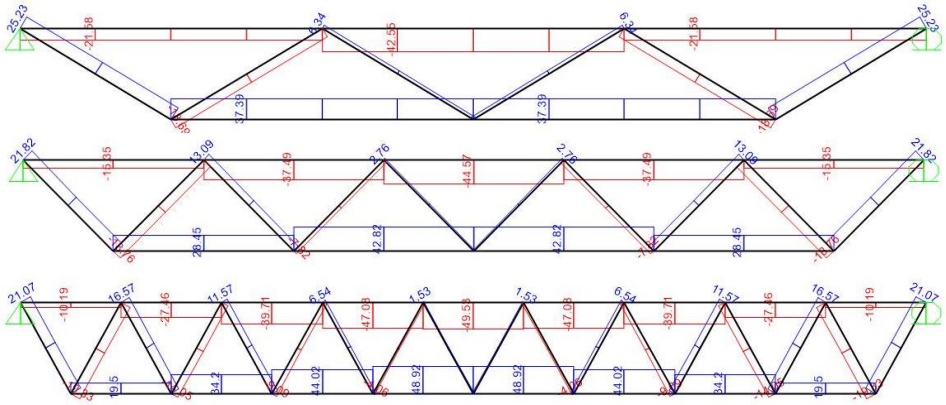
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร - ไม้ยางพารา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	37.39	0.014
45 องศา L/10	42.82	0.014
60 องศา L/10	48.92	0.015
30 องศา L/12	44.38	0.020
45 องศา L/12	53.58	0.018
60 องศา L/12	58.35	0.020
30 องศา L/16	65.37	0.030
45 องศา L/16	71.24	0.030
60 องศา L/16	78.35	0.033

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร

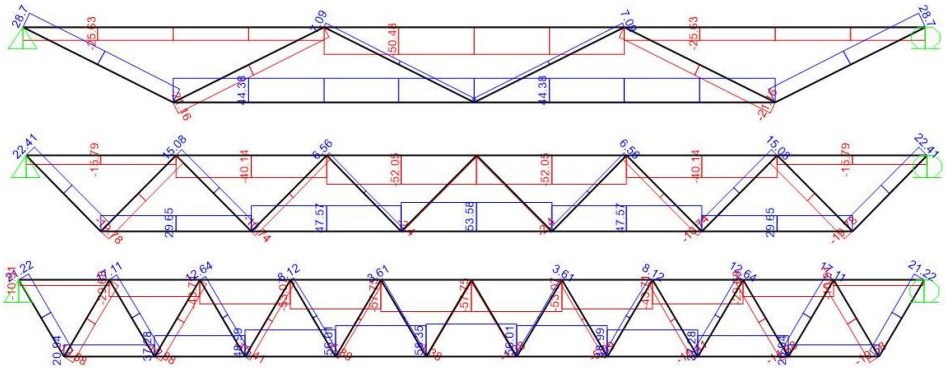


ภาพจากการทดสอบ

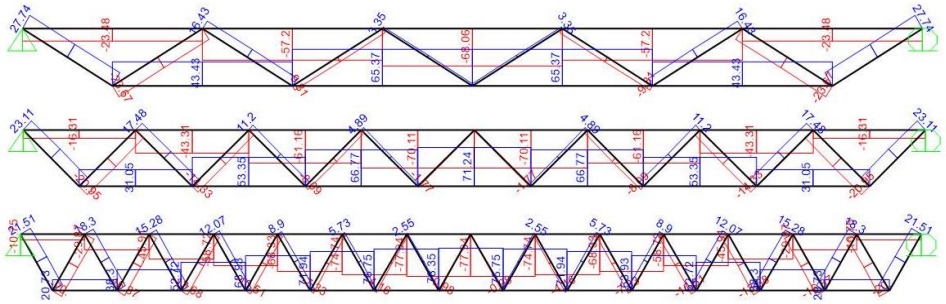
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



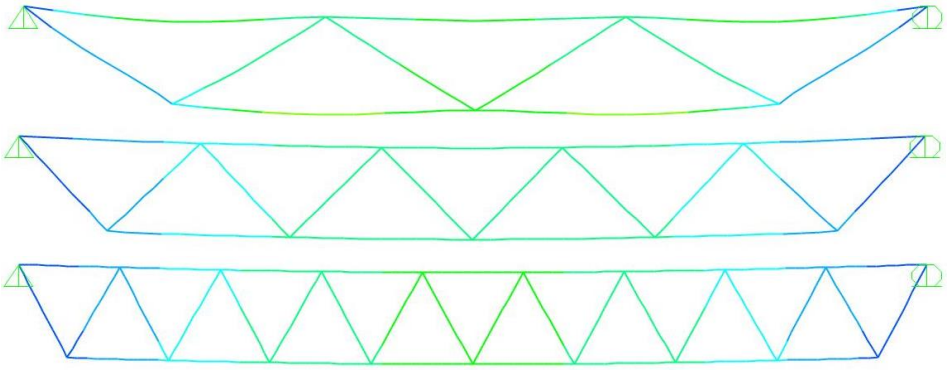
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



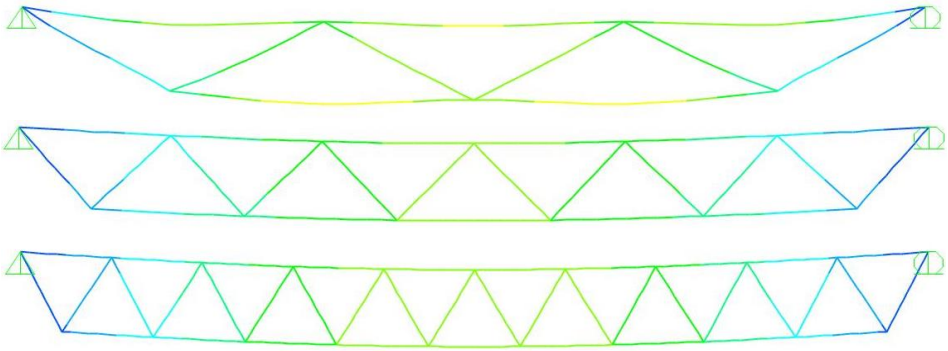
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



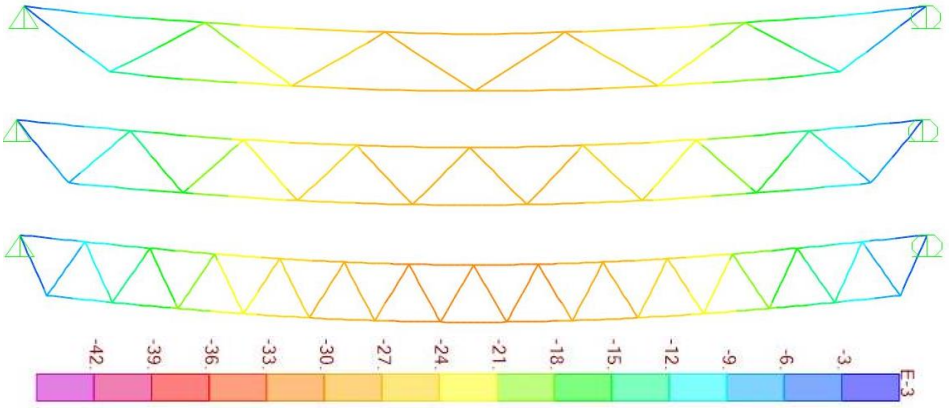
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



การเก็บข้อมูลของไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร

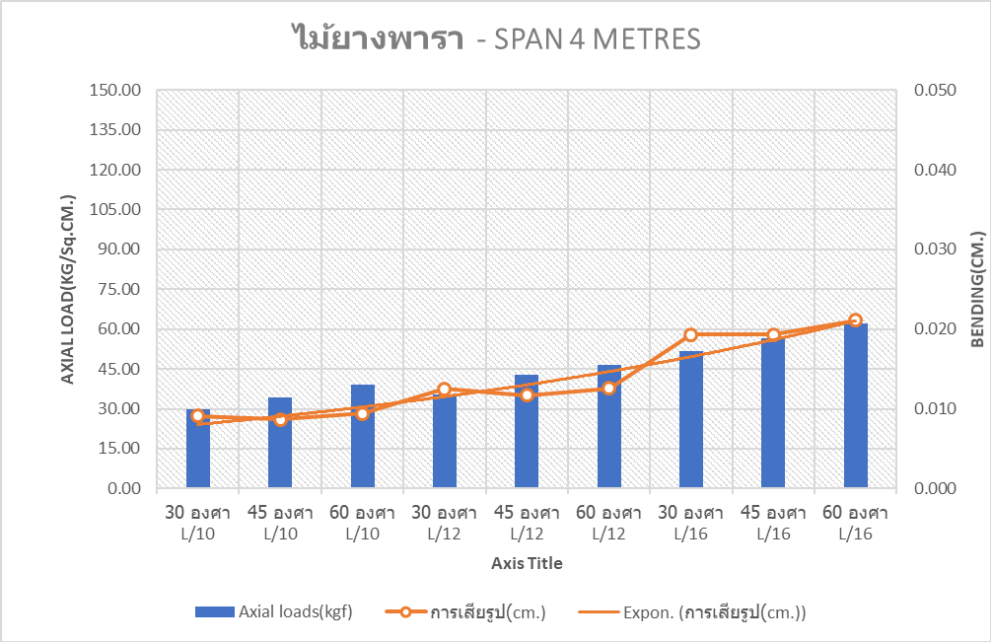
ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร

ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร – ไม้ยางพารา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	29.81	0.009
45 องศา L/10	34.14	0.009
60 องศา L/10	39.01	0.009
30 องศา L/12	35.32	0.013
45 องศา L/12	42.68	0.012
60 องศา L/12	46.48	0.013
30 องศา L/16	51.89	0.019
45 องศา L/16	56.58	0.019
60 องศา L/16	62.21	0.021

ตารางที่ แสดง

ที่มา ผู้ดำเนินงานวิจัย

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร

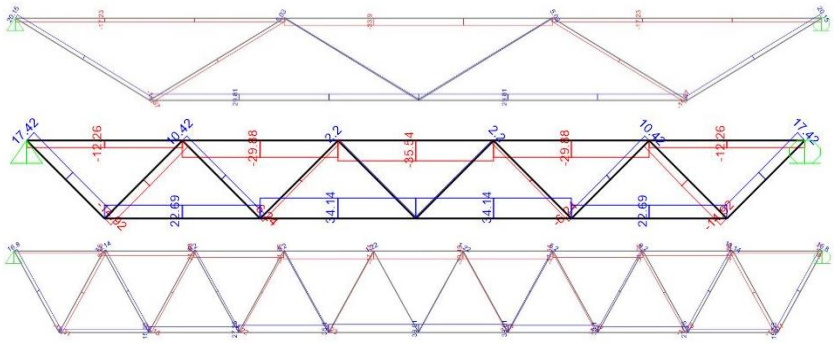


แผนภูมิที่ แสดง

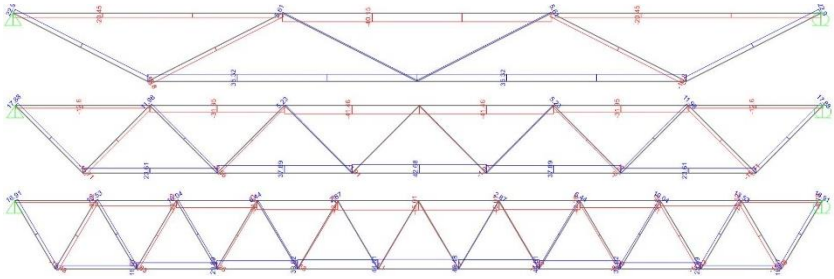
ที่มา ผู้ดำเนินงานวิจัย

ภาพจากการทดสอบ

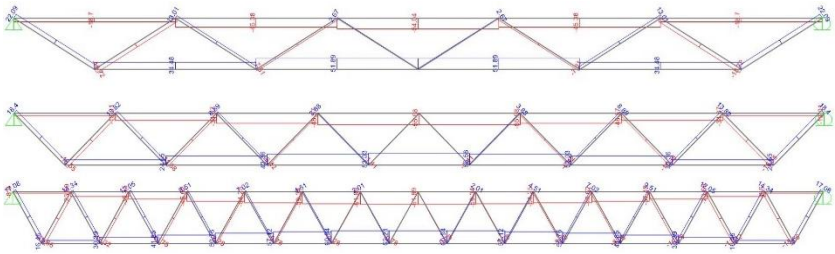
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



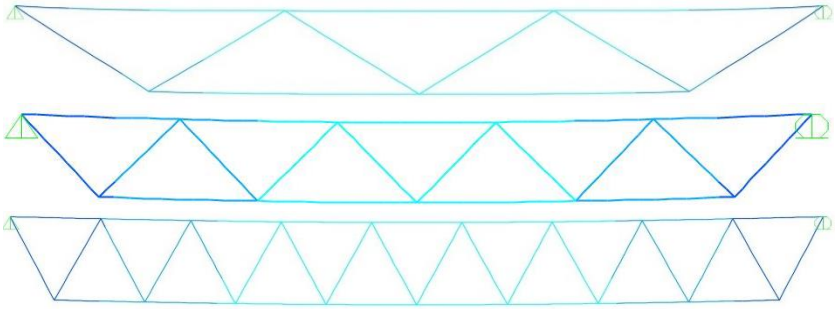
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



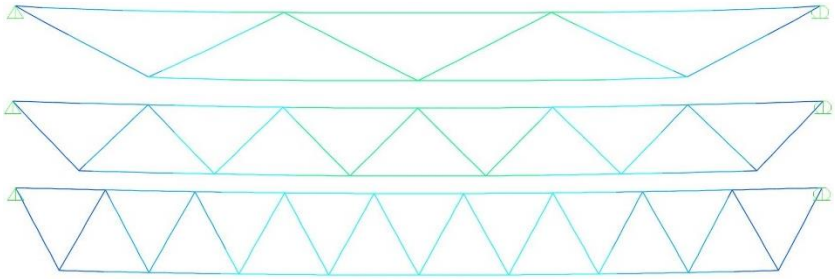
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยางพารา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



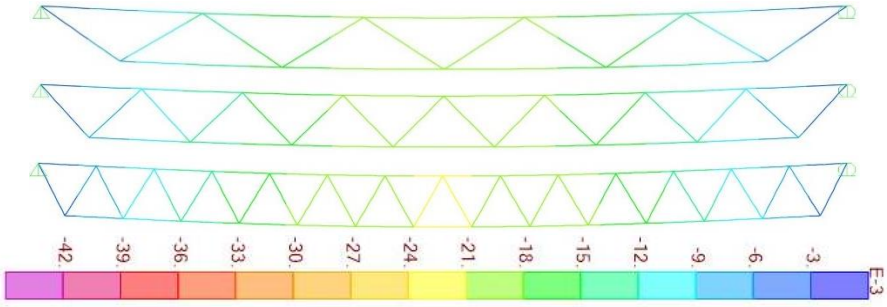
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

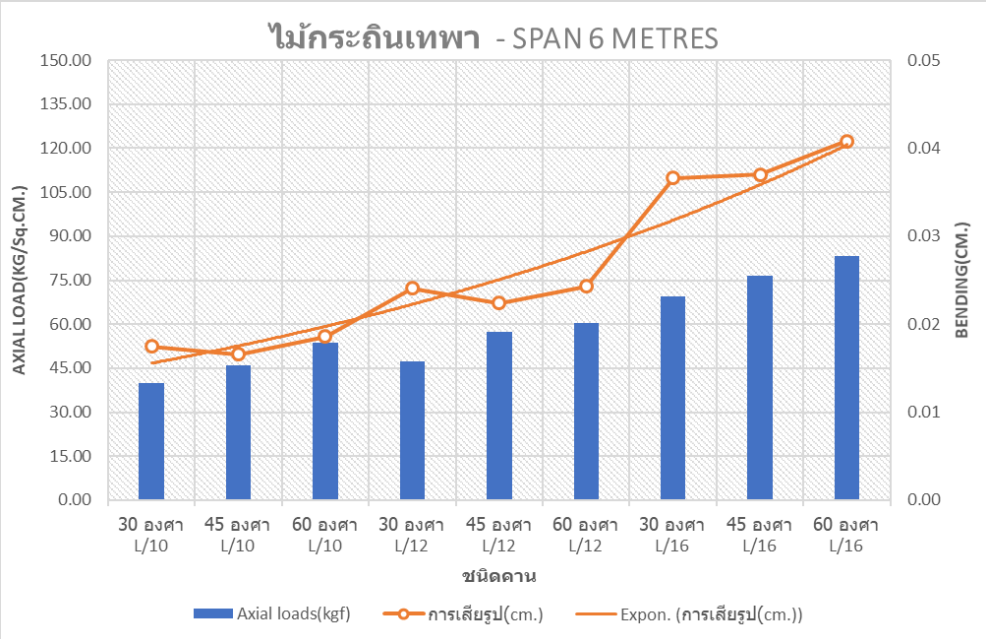


การเก็บข้อมูลของไม้ยางพาราช่วงพาด 6 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 6 เมตร

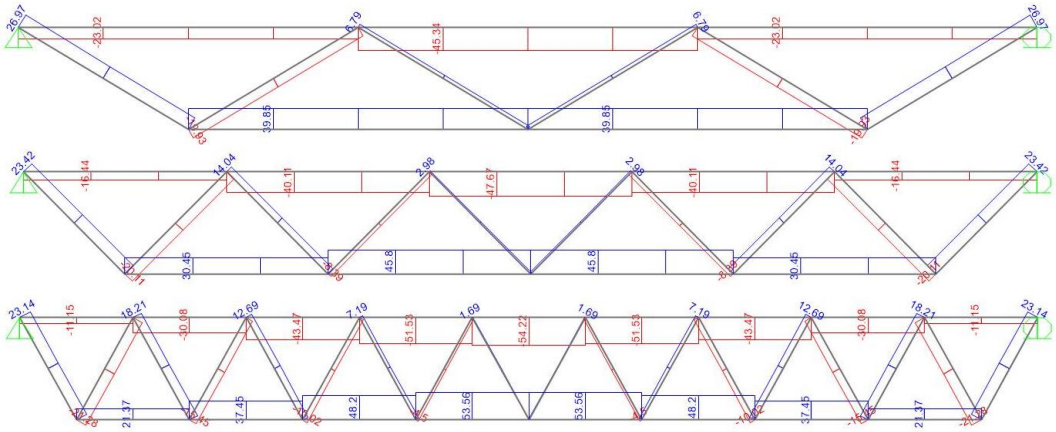
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร – ไม้กระถินเทพา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	39.85	0.018
45 องศา L/10	45.80	0.017
60 องศา L/10	53.56	0.019
30 องศา L/12	47.28	0.024
45 องศา L/12	57.35	0.022
60 องศา L/12	60.50	0.024
30 องศา L/16	69.51	0.037
45 องศา L/16	76.35	0.037
60 องศา L/16	83.06	0.041

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 6 เมตร

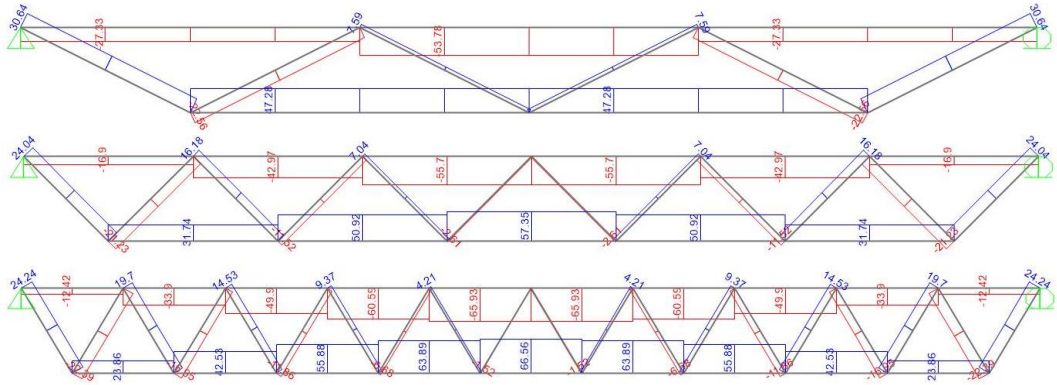


ภาพจากการทดสอบ

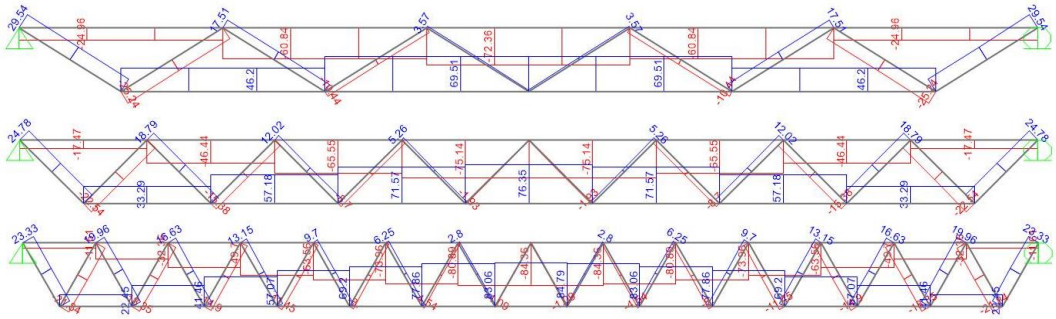
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



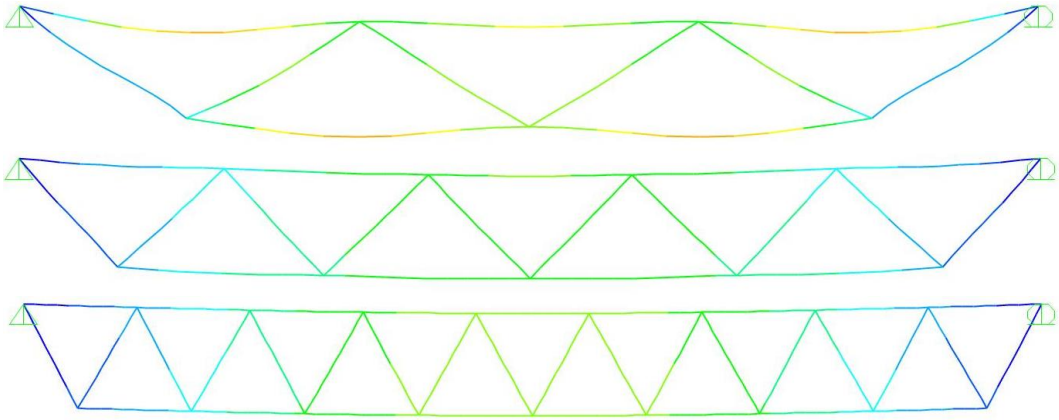
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



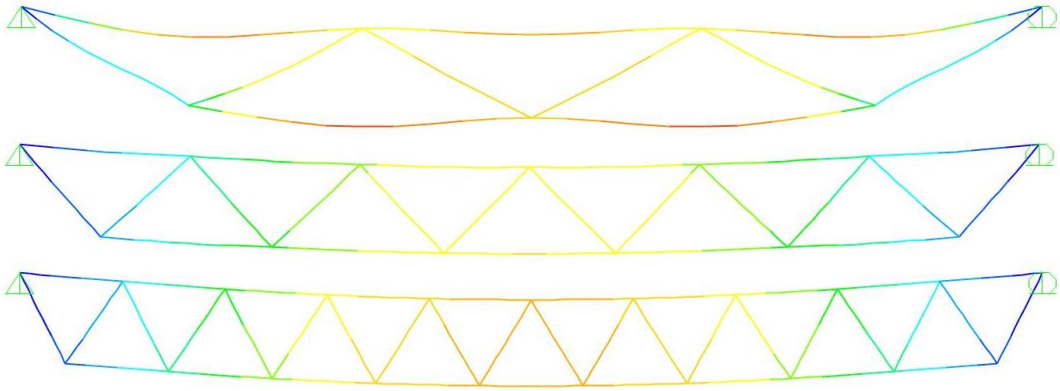
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



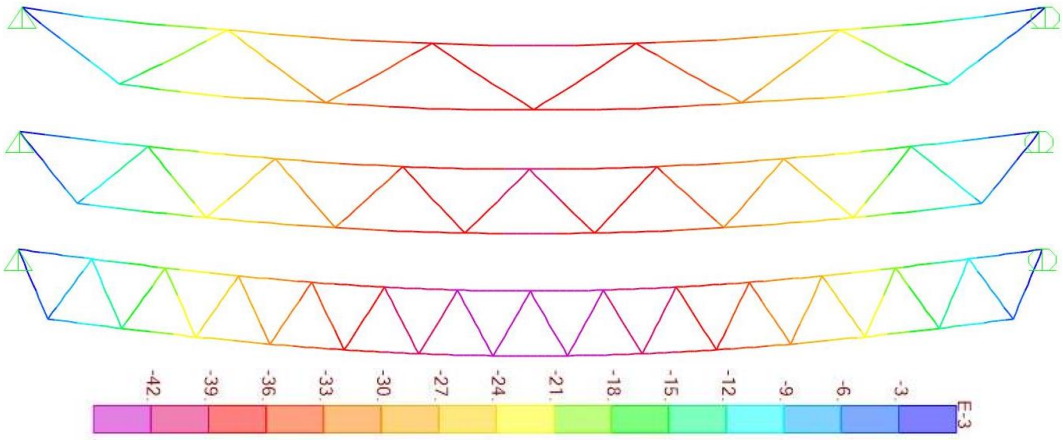
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

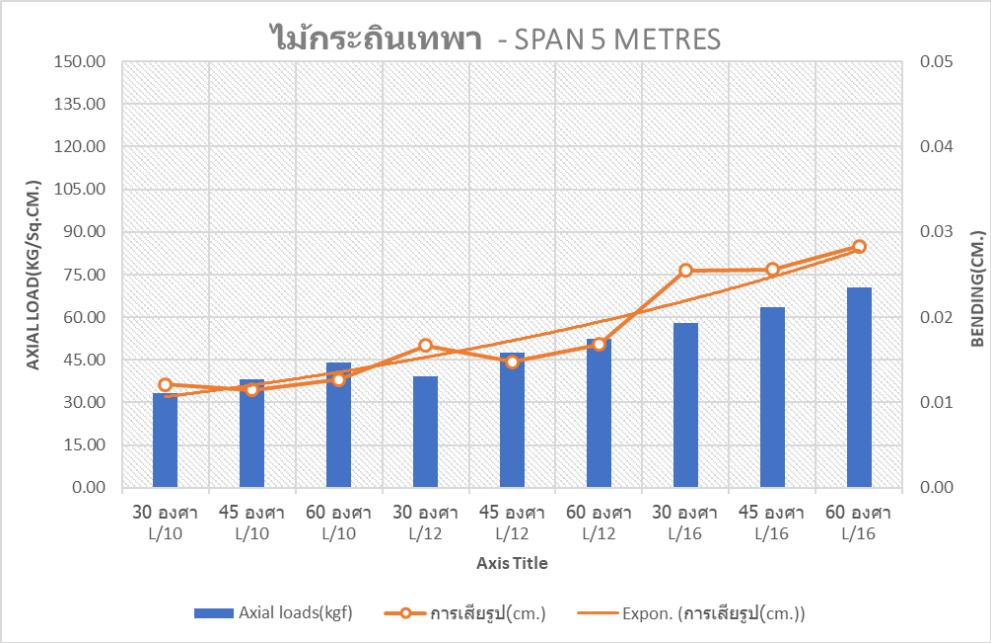


การเก็บข้อมูลของไม้ยางพาราช่วงพาด 5 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 5 เมตร

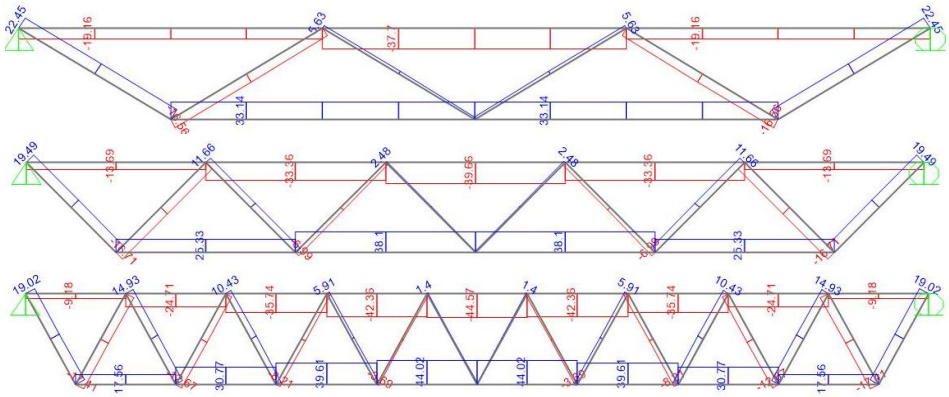
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร – ไม้กระถินเทพา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	33.14	0.012
45 องศา L/10	38.10	0.012
60 องศา L/10	44.02	0.013
30 องศา L/12	39.29	0.017
45 องศา L/12	47.67	0.015
60 องศา L/12	52.40	0.017
30 องศา L/16	57.89	0.026
45 องศา L/16	63.37	0.026
60 องศา L/16	70.44	0.028

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 5 เมตร

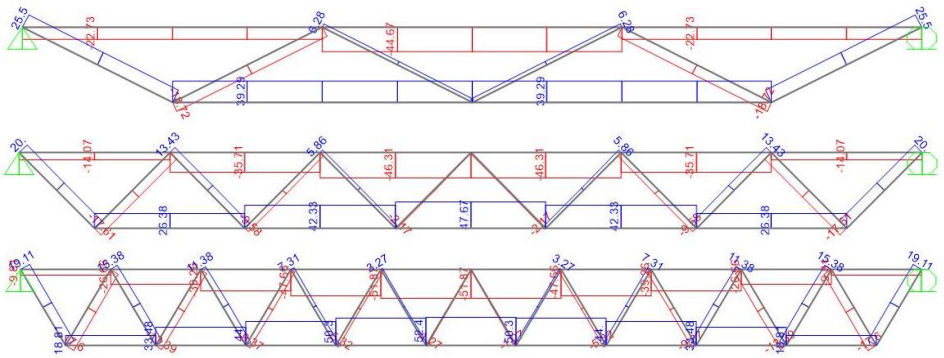


ภาพจากการทดสอบ

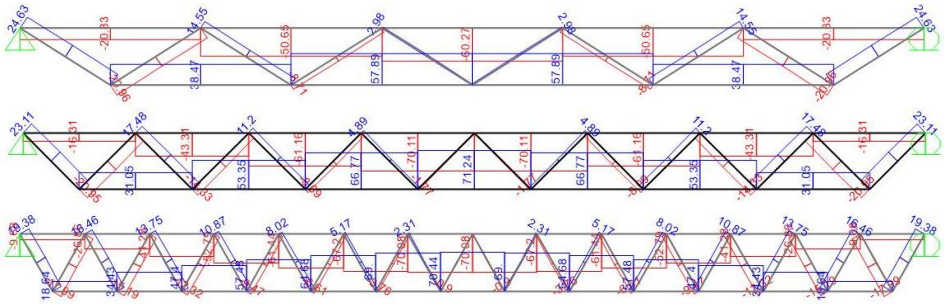
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



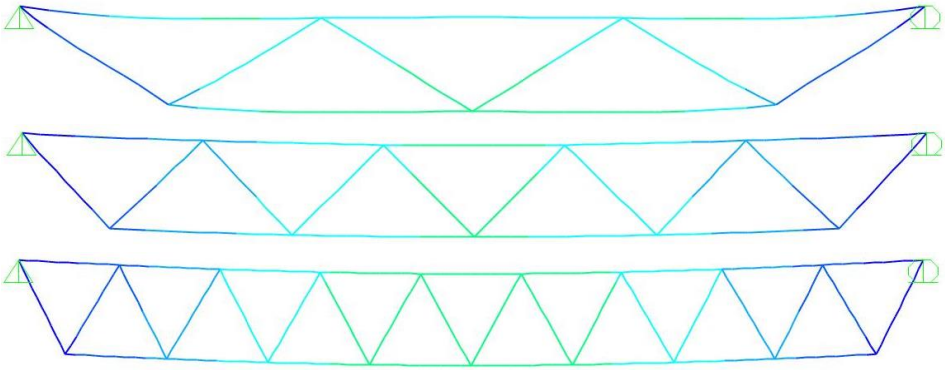
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



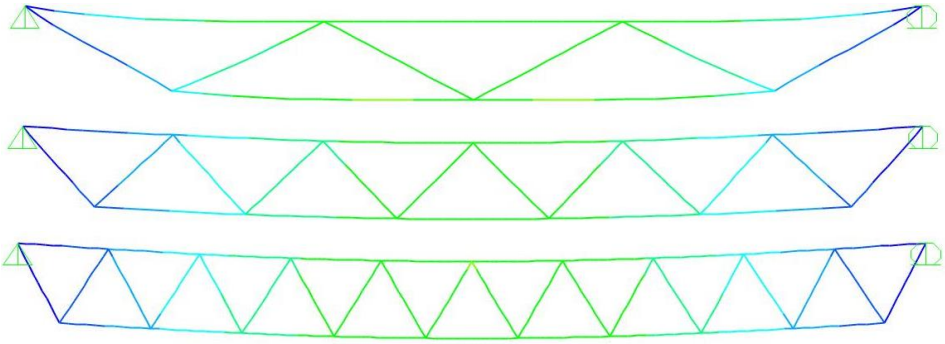
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



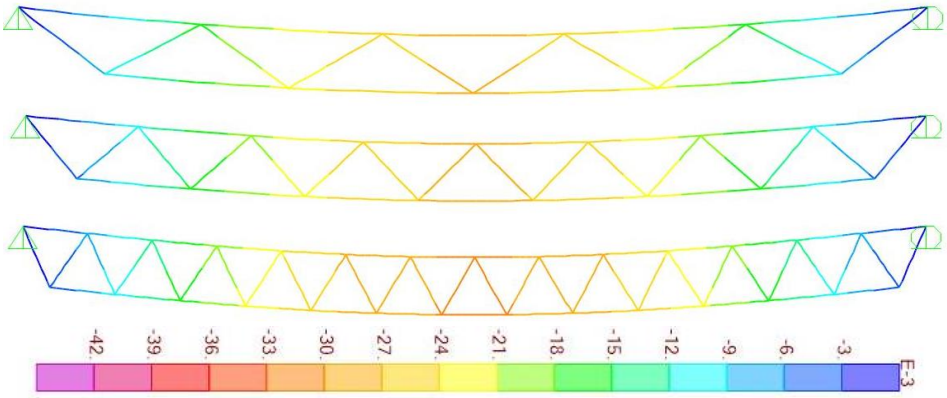
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

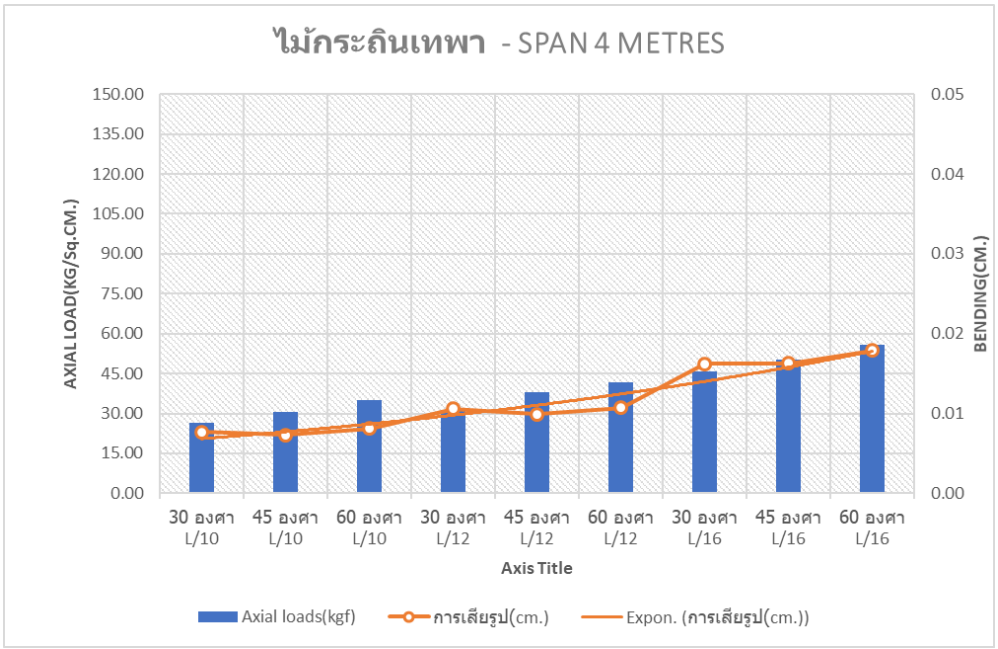


การเก็บข้อมูลของไม้ยางพาราช่วงพาด 4 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 4 เมตร

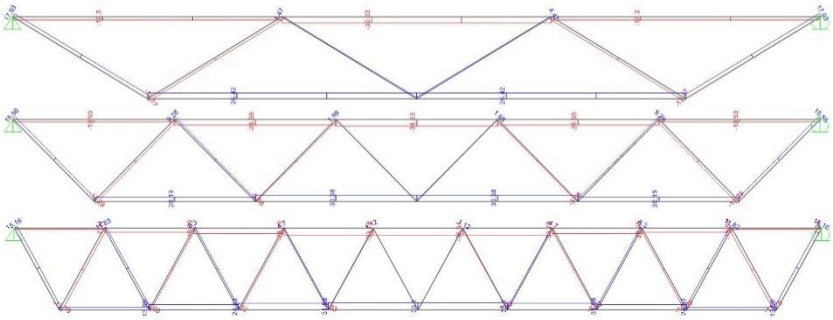
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร – ไม้กระถินเทพา		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	26.42	0.008
45 องศา L/10	30.38	0.007
60 องศา L/10	35.10	0.008
30 องศา L/12	31.27	0.011
45 องศา L/12	37.97	0.010
60 องศา L/12	41.74	0.011
30 องศา L/16	45.95	0.016
45 องศา L/16	50.33	0.016
60 องศา L/16	55.93	0.018

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้กระถินเทพาช่วงพาด 4 เมตร

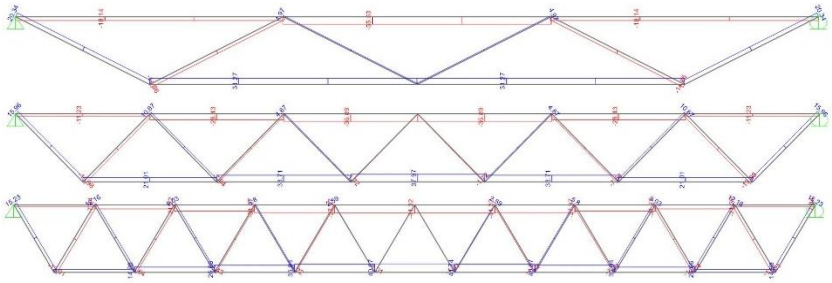


ภาพจากการทดสอบ

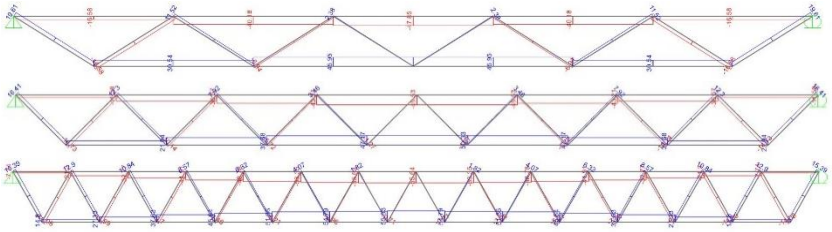
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



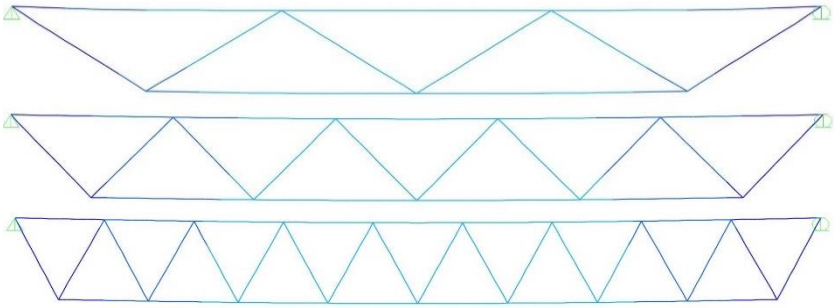
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



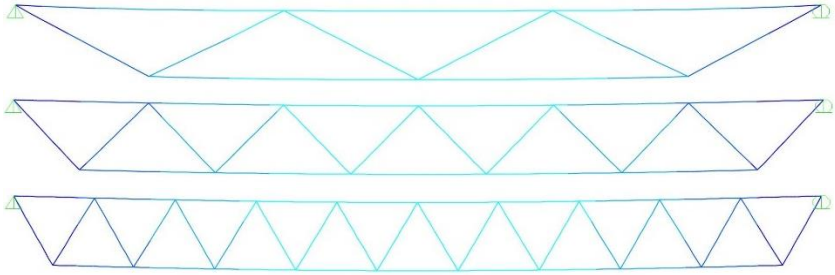
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



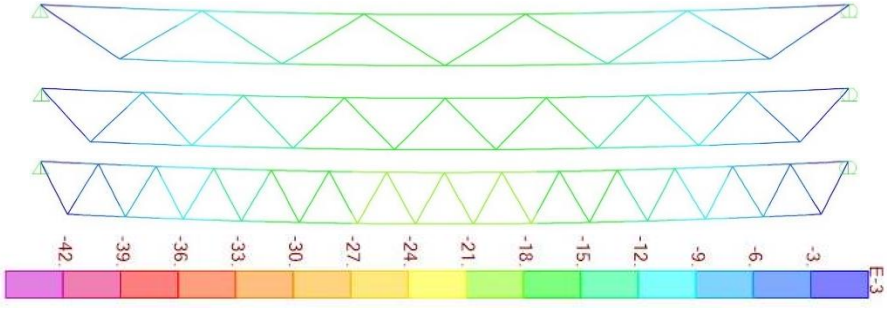
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้กระถินเทพา ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

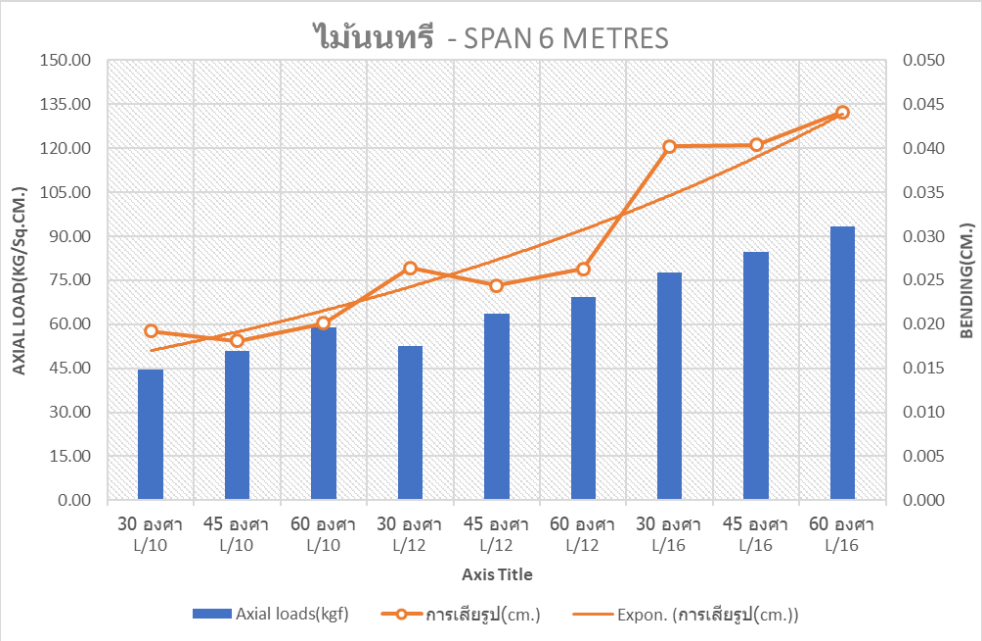


การเก็บข้อมูลของไม้นนทรีช่วงพาด 6 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้นนทรีช่วงพาด 6 เมตร

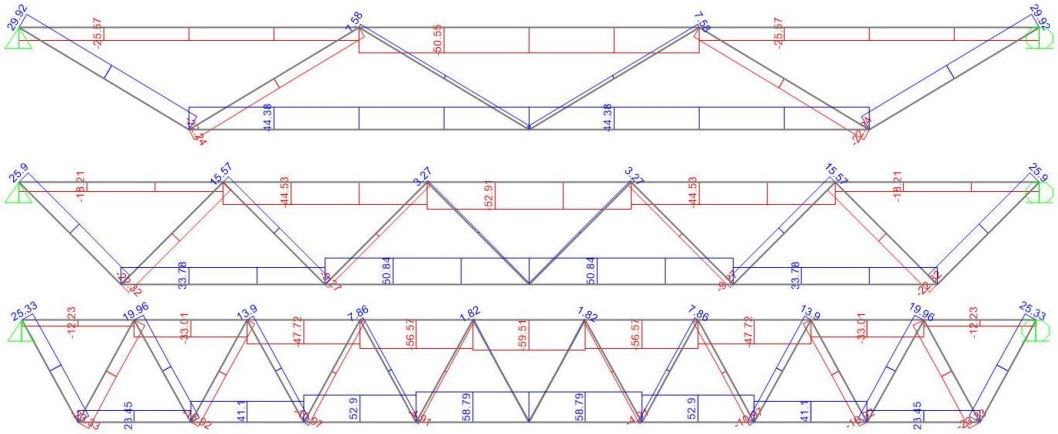
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร - ไม้นนทรี		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	44.38	0.019
45 องศา L/10	50.84	0.018
60 องศา L/10	58.79	0.020
30 องศา L/12	52.71	0.026
45 องศา L/12	63.66	0.024
60 องศา L/12	69.38	0.026
30 องศา L/16	77.49	0.040
45 องศา L/16	84.78	0.040
60 องศา L/16	93.25	0.044

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้นนทรีช่วงพาด 6 เมตร

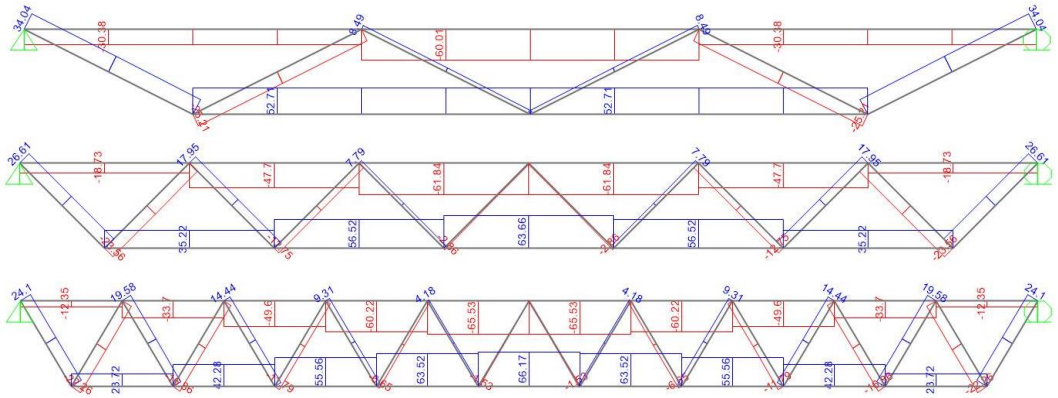


ภาพจากการทดสอบ

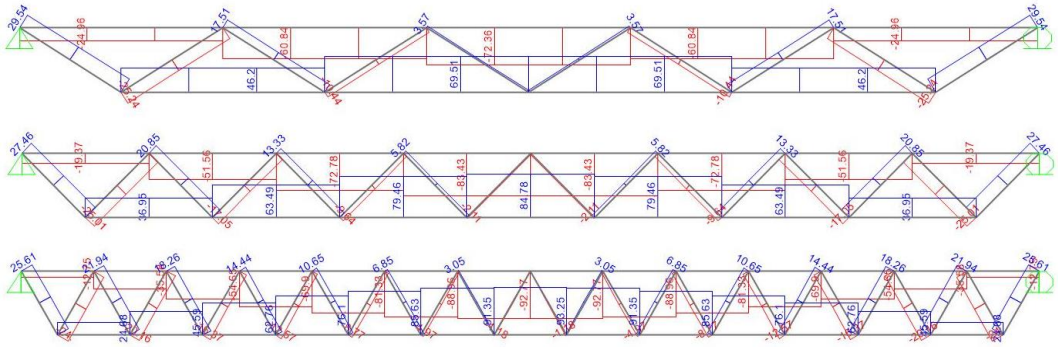
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



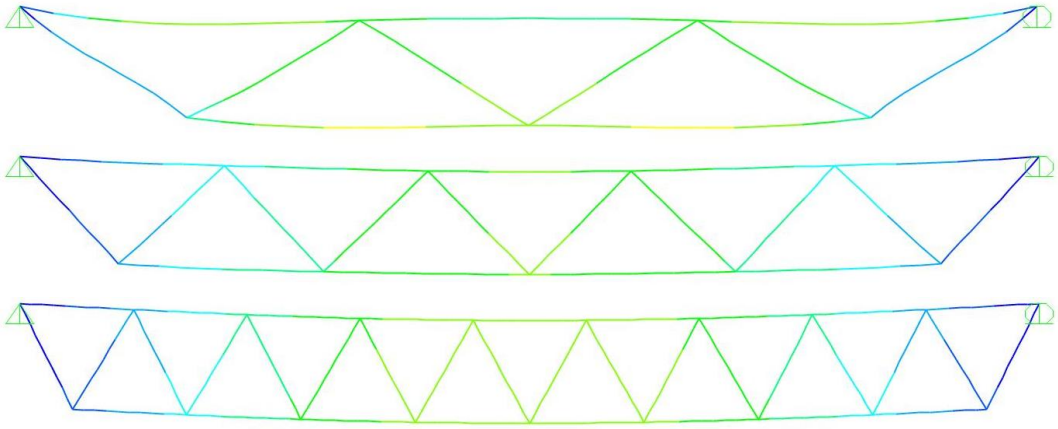
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



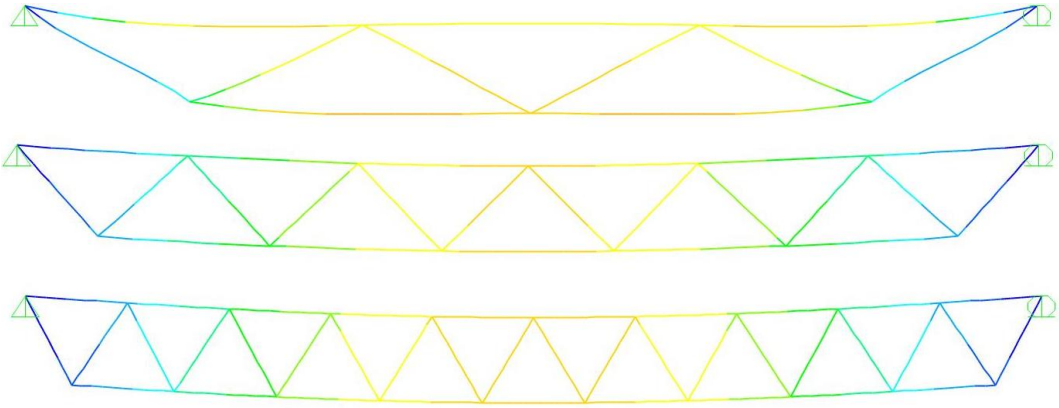
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



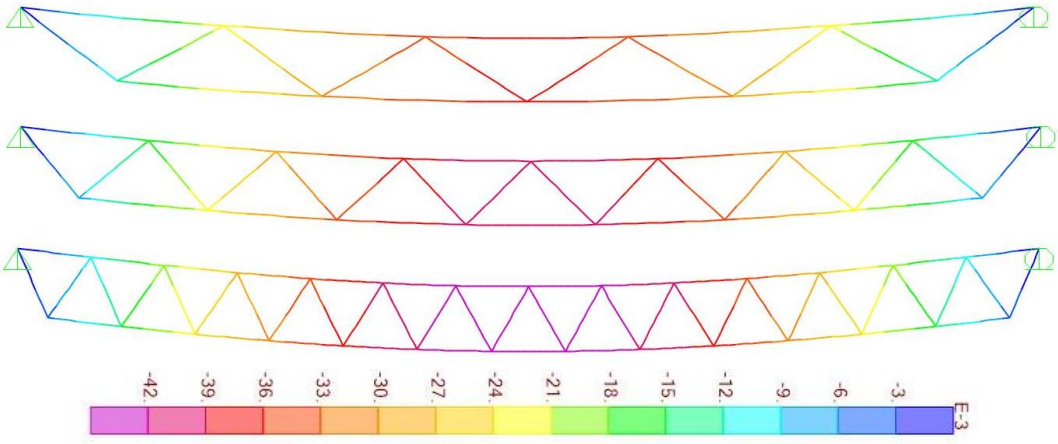
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

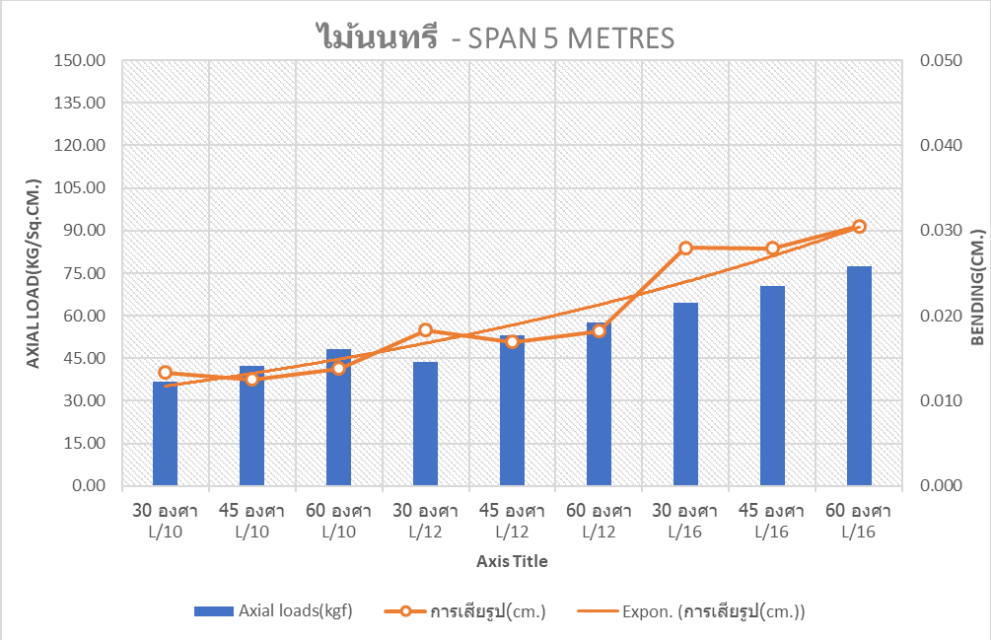


การเก็บข้อมูลของไม้นนทรีช่วงพาด 5 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้นนทรีช่วงพาด 5 เมตร

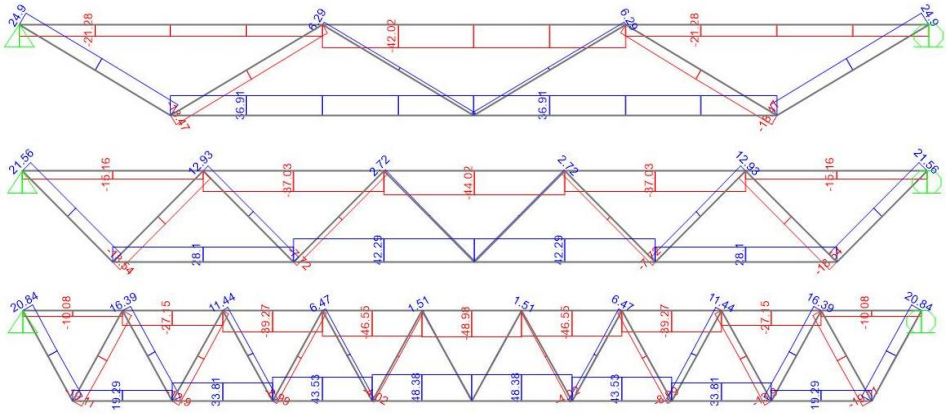
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร - ไม้นนทรี		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	36.91	0.013
45 องศา L/10	42.29	0.013
60 องศา L/10	48.38	0.014
30 องศา L/12	43.80	0.018
45 องศา L/12	52.93	0.017
60 องศา L/12	57.68	0.018
30 องศา L/16	64.53	0.028
45 องศา L/16	70.37	0.028
60 องศา L/16	77.47	0.031

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้นนทรีช่วงพาด 5 เมตร

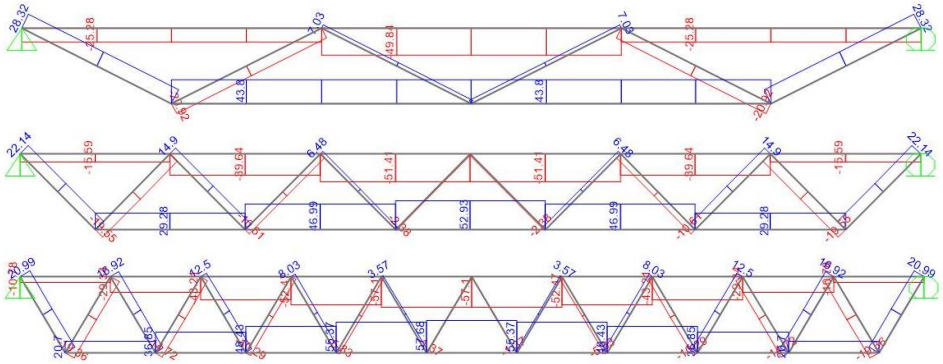


ภาพจากการทดสอบ

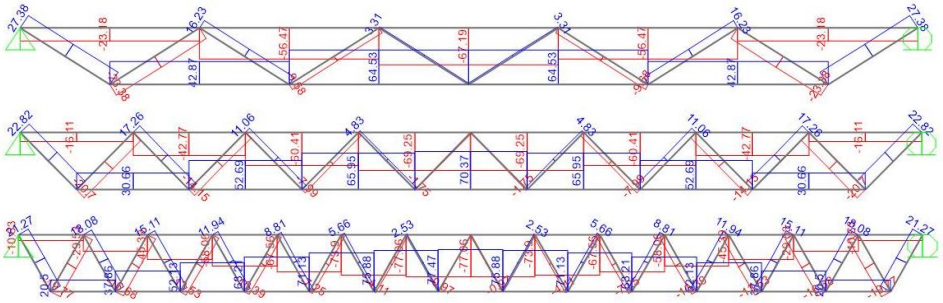
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



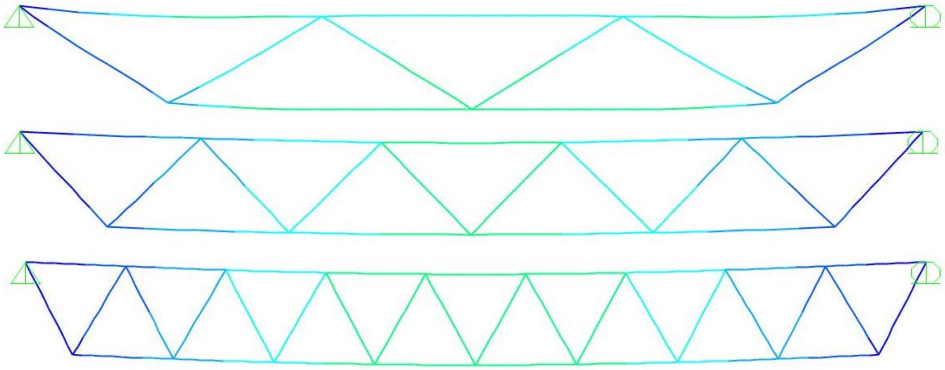
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



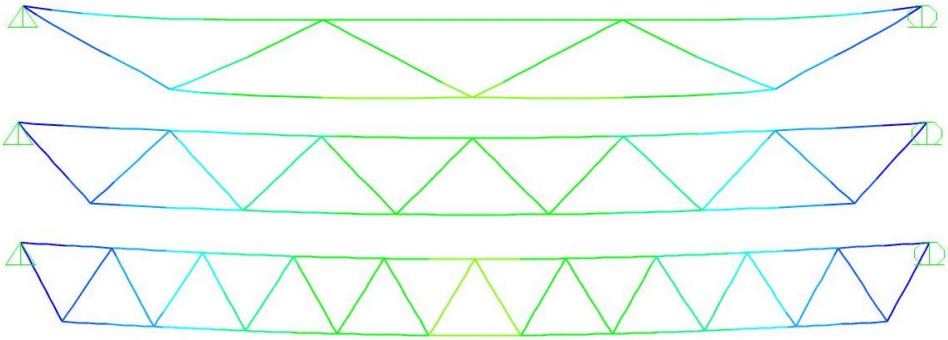
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



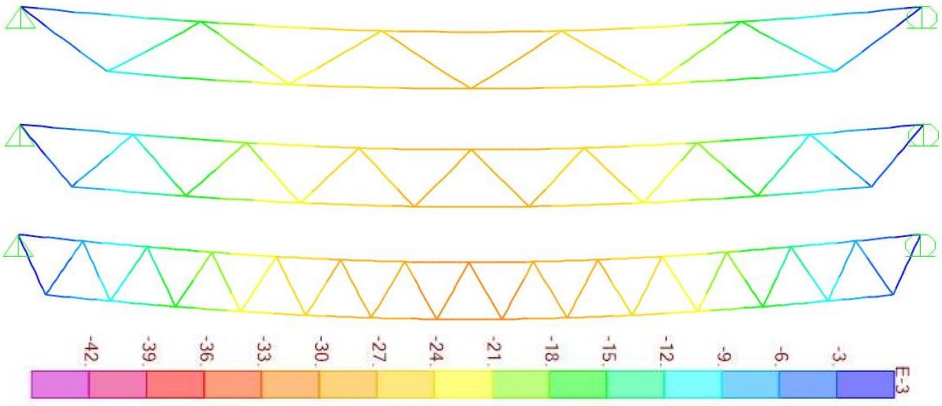
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

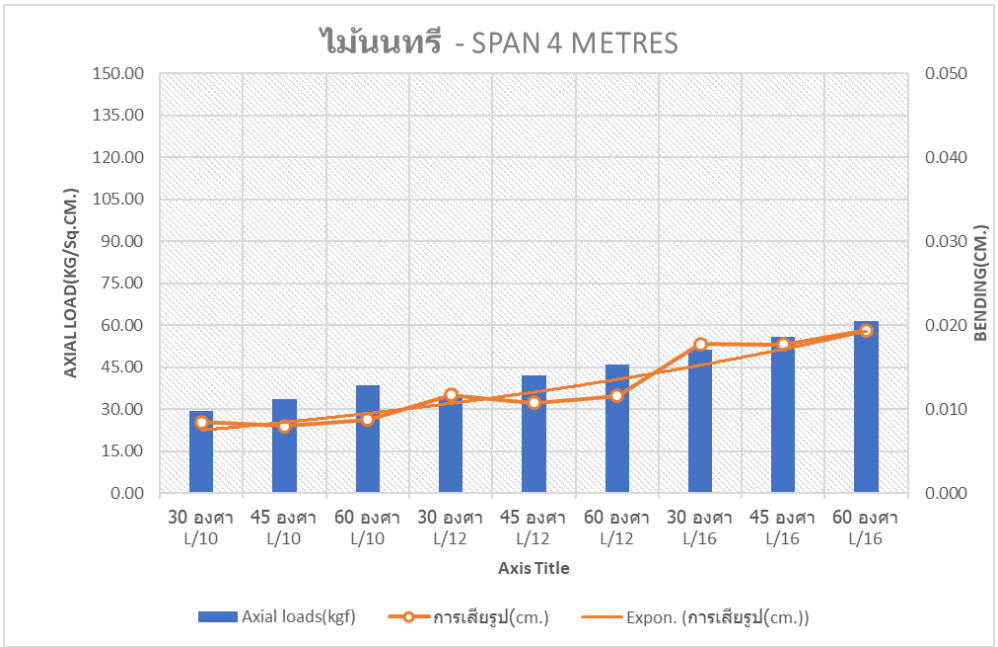


การเก็บข้อมูลของไม้นนทรีช่วงพาด 4 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้นนทรีช่วงพาด 4 เมตร

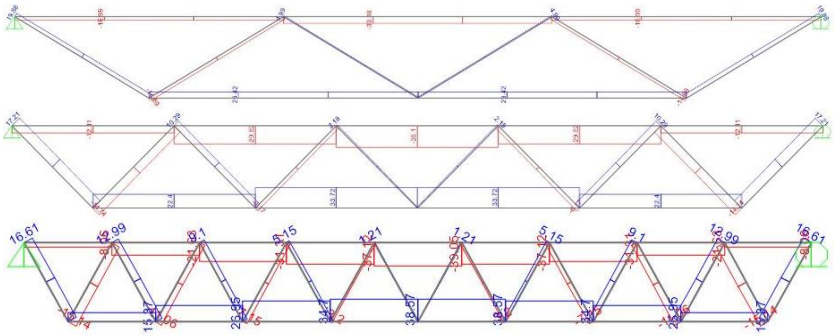
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร – ไม้นนทรี		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	29.42	0.009
45 องศา L/10	33.72	0.008
60 องศา L/10	38.57	0.009
30 องศา L/12	34.86	0.012
45 องศา L/12	42.15	0.011
60 องศา L/12	45.95	0.012
30 องศา L/16	51.23	0.018
45 องศา L/16	55.88	0.018
60 องศา L/16	61.51	0.019

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้นนทรีช่วงพาด 4 เมตร

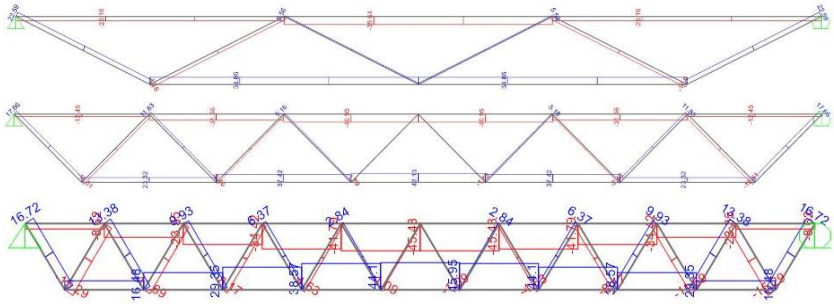


ภาพจากการทดสอบ

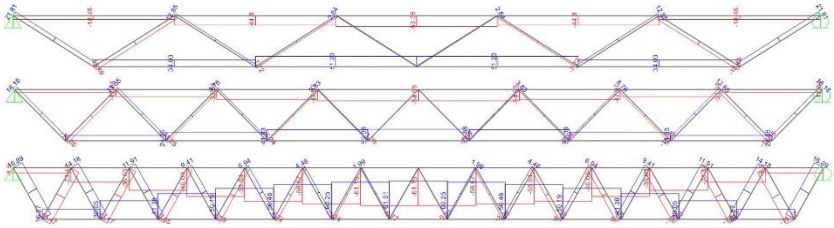
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



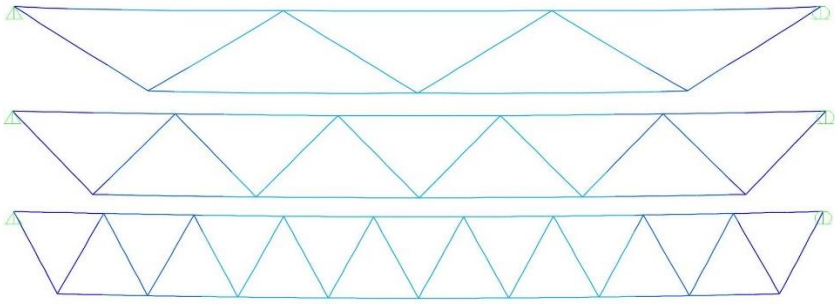
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



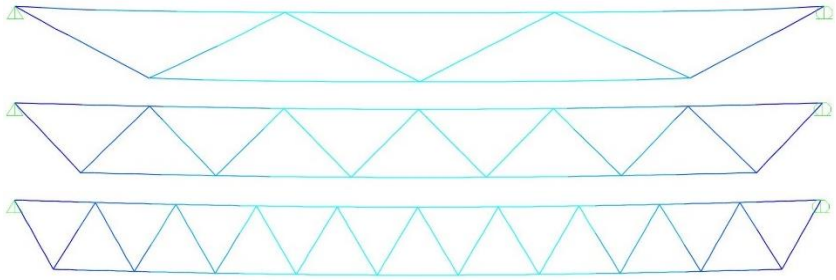
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



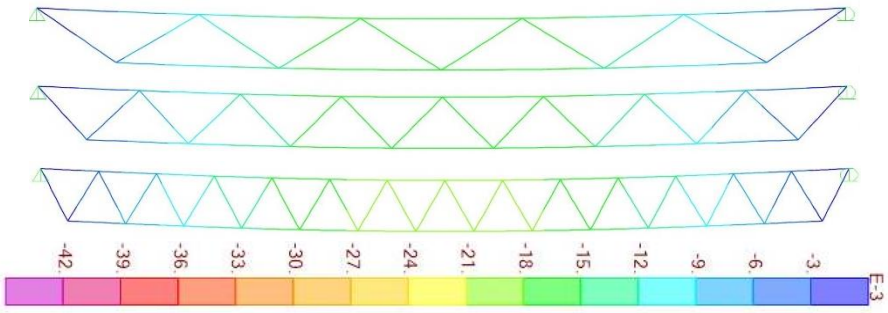
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้นนทรี ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

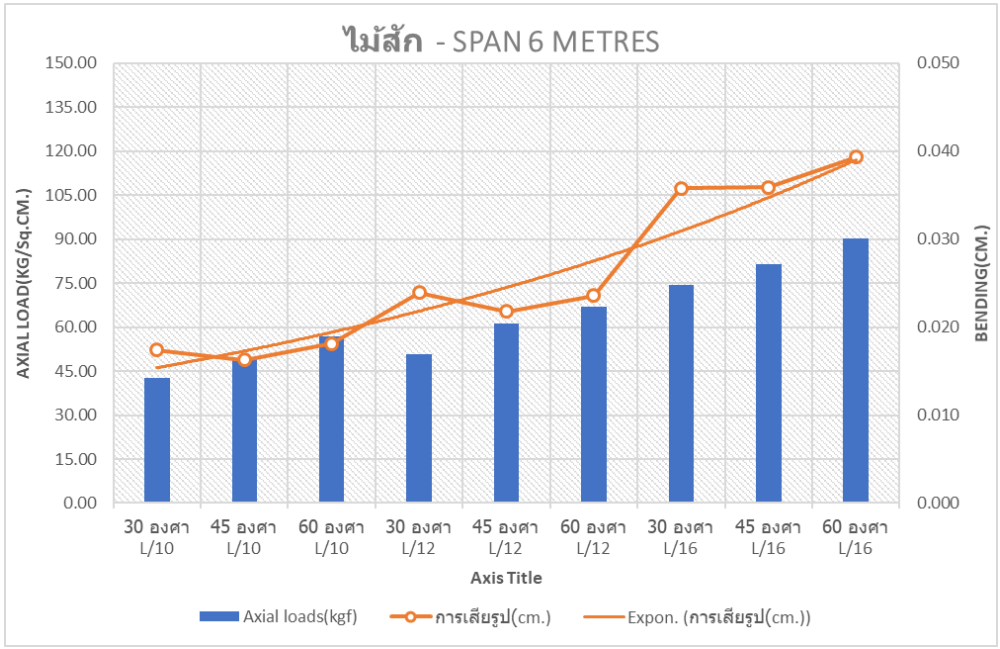


การเก็บข้อมูลของไม้สักช่วงพาด 6 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้สักช่วงพาด 6 เมตร

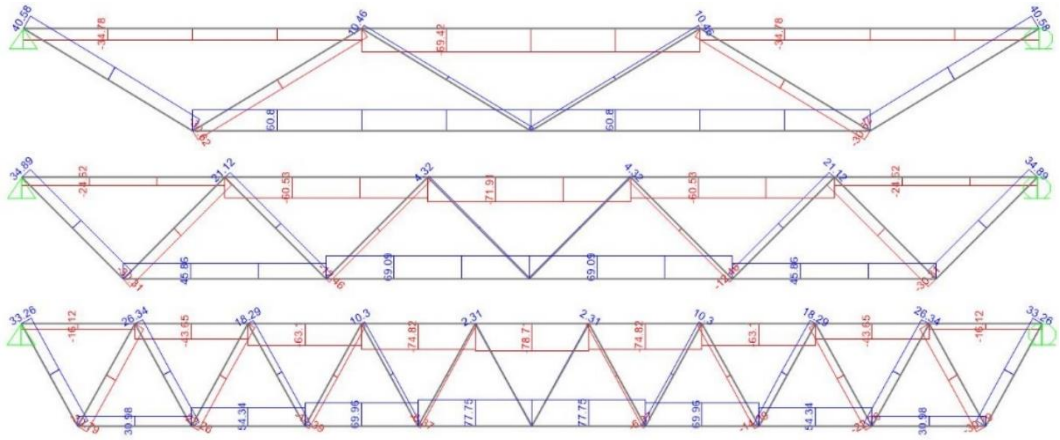
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร – ไม้สัก		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	42.67	0.017
45 องศา L/10	48.95	0.016
60 องศา L/10	56.83	0.018
30 องศา L/12	50.66	0.024
45 องศา L/12	61.29	0.022
60 องศา L/12	66.99	0.024
30 องศา L/16	74.50	0.036
45 องศา L/16	81.62	0.036
60 องศา L/16	90.08	0.039

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้สักช่วงพาด 6 เมตร

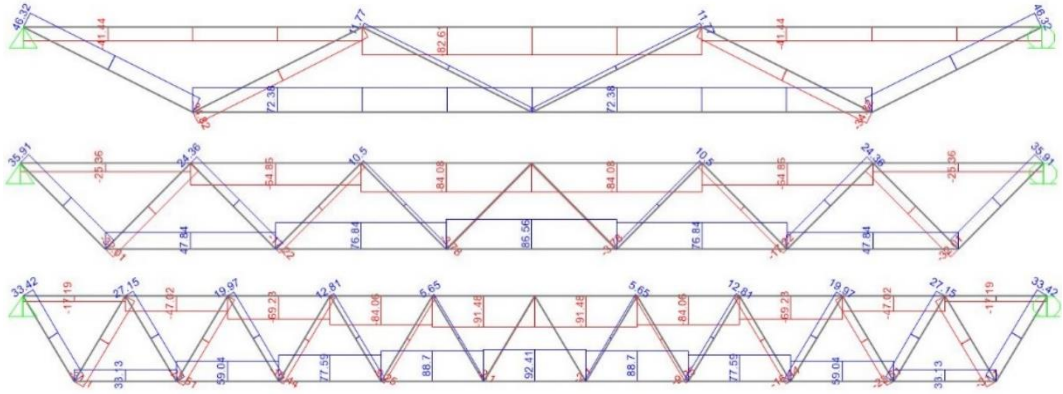


ภาพจากการทดสอบ

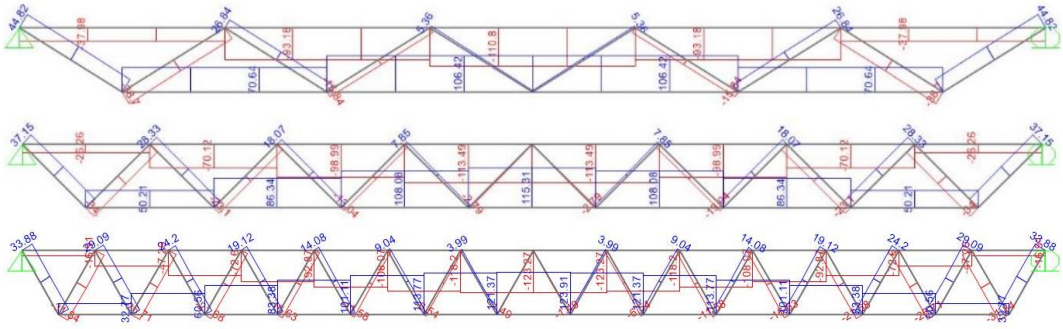
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



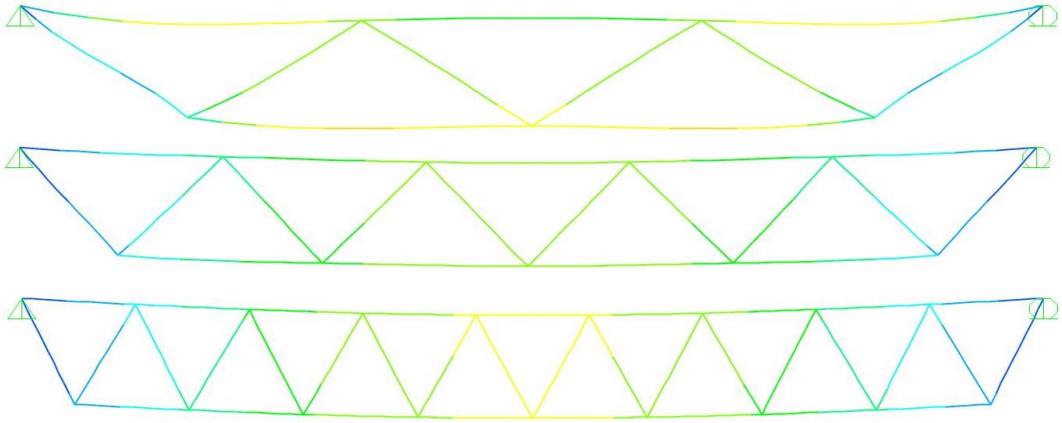
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



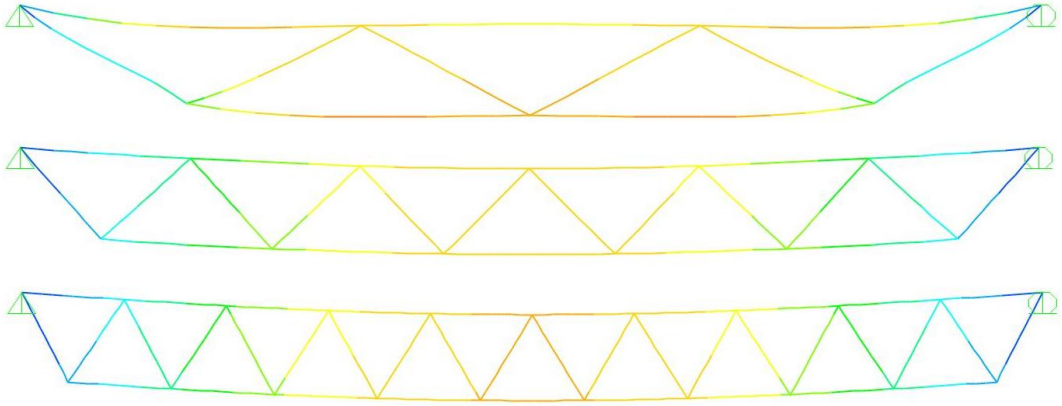
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



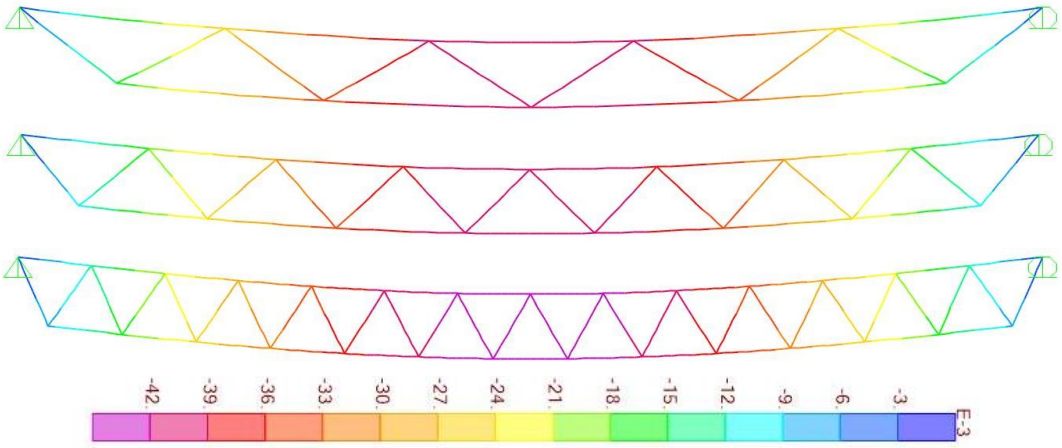
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

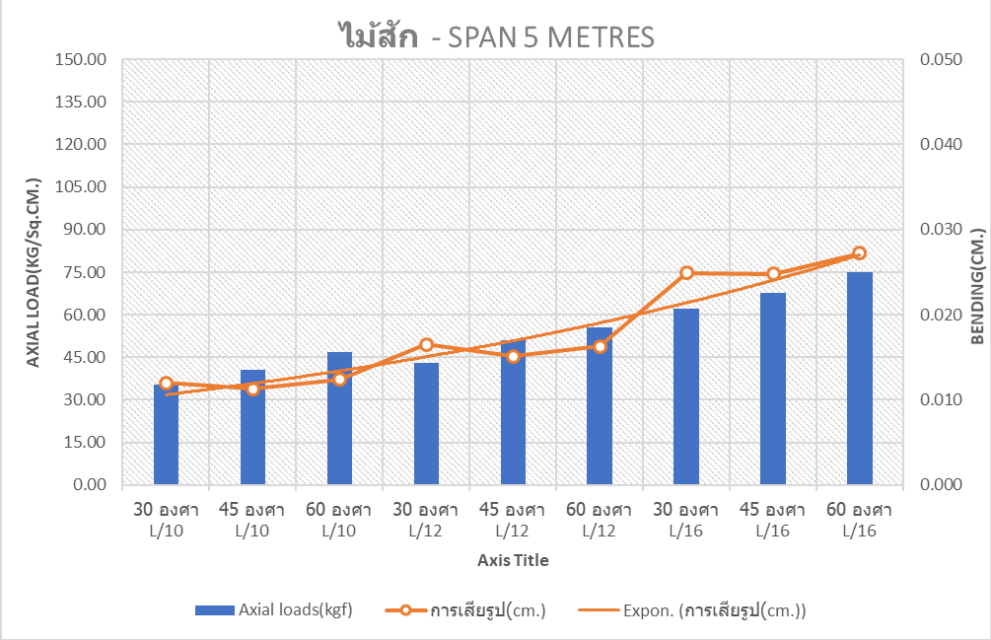


การเก็บข้อมูลของไม้สักช่วงพาด 5 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้สักช่วงพาด 5 เมตร

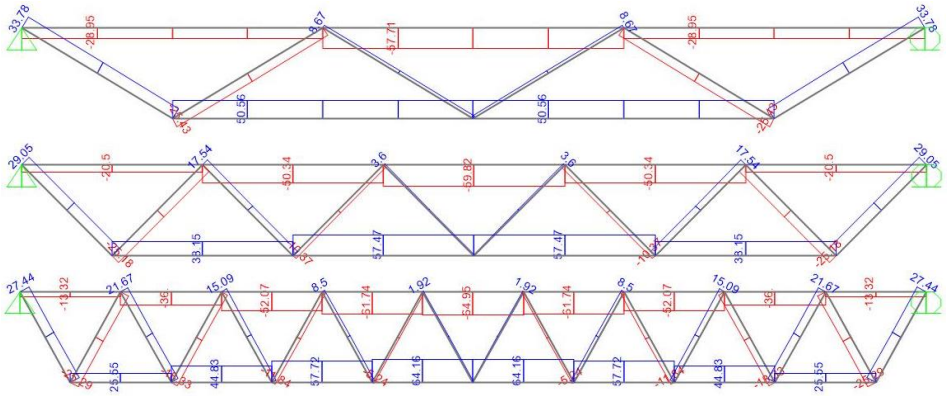
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร - ไม้สัก		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	35.49	0.012
45 องศา L/10	40.72	0.011
60 องศา L/10	46.74	0.012
30 องศา L/12	42.97	0.017
45 องศา L/12	50.95	0.015
60 องศา L/12	55.70	0.016
30 องศา L/16	62.03	0.025
45 องศา L/16	67.74	0.025
60 องศา L/16	74.83	0.027

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้สักช่วงพาด 5 เมตร

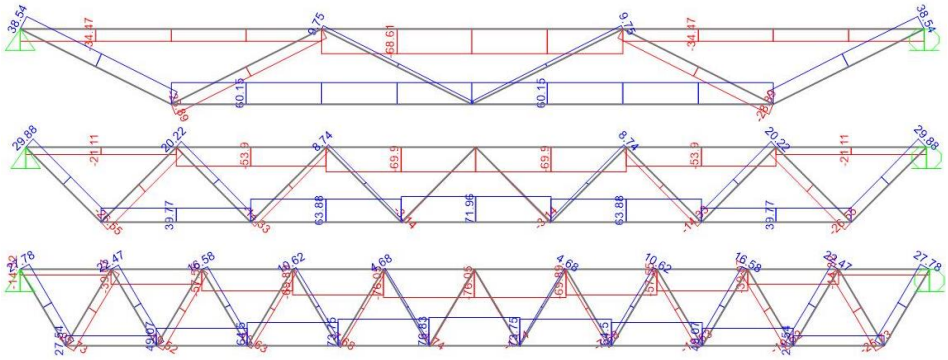


ภาพจากการทดสอบ

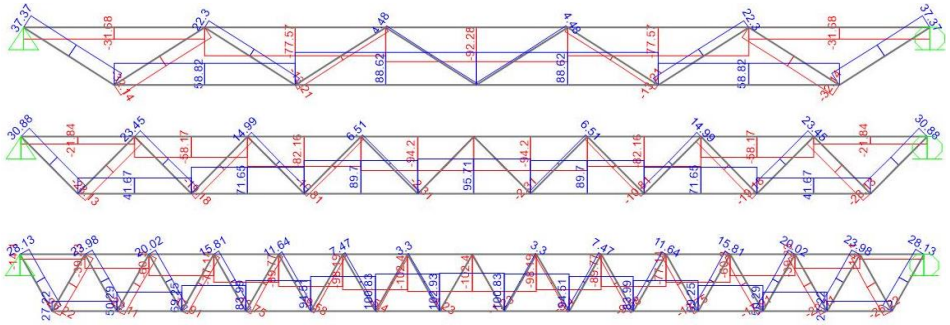
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



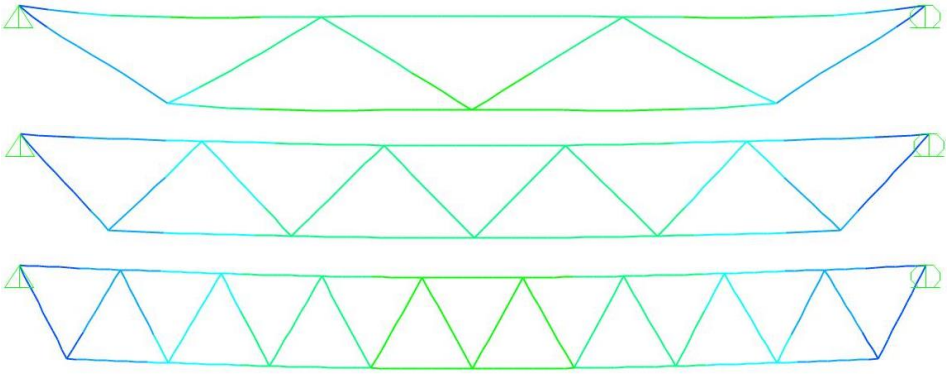
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



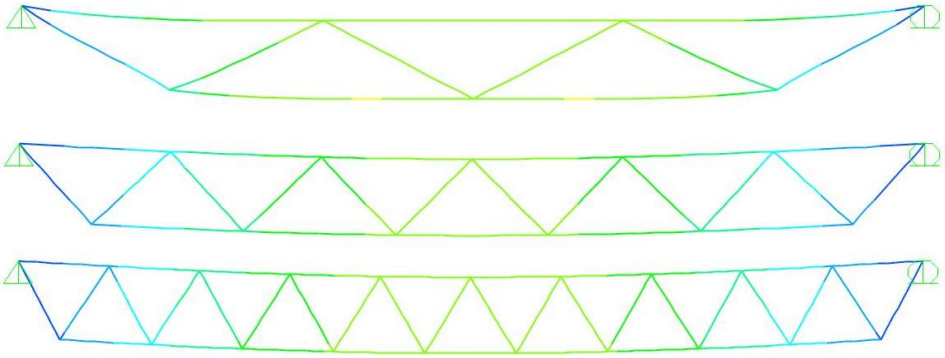
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



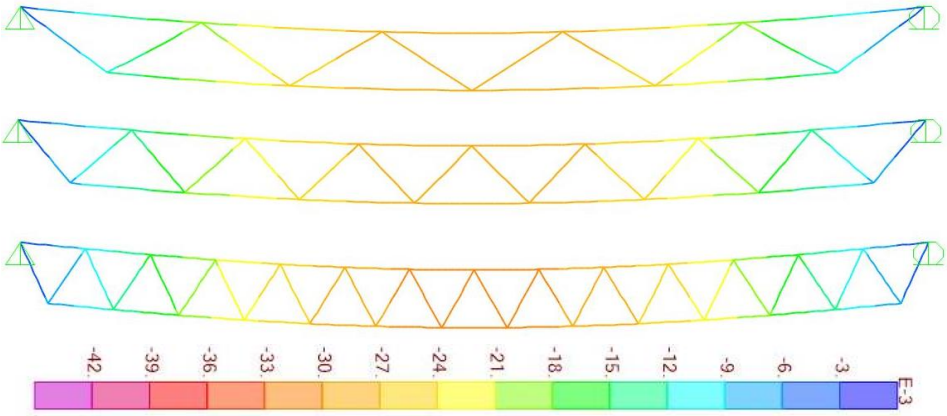
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

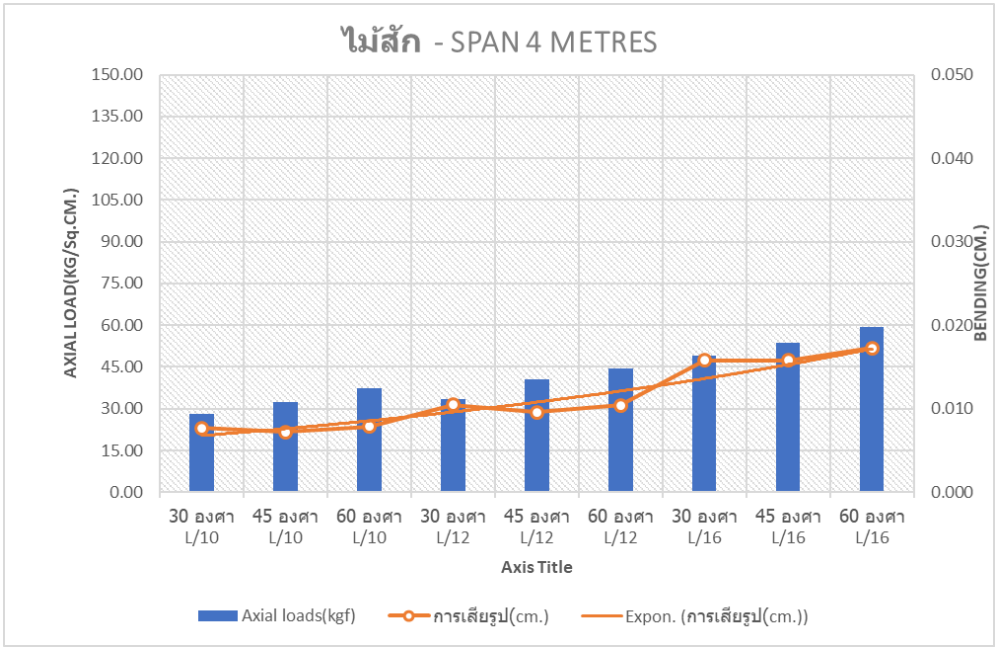


การเก็บข้อมูลของไม้สักช่วงพาด 4 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้สักช่วงพาด 4 เมตร

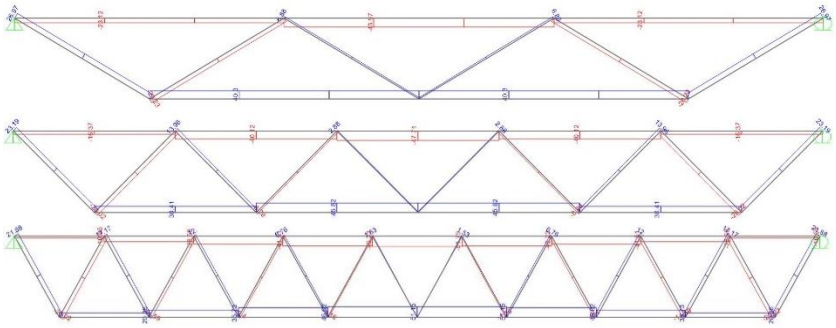
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร – ไม้สัก		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	28.28	0.008
45 องศา L/10	32.46	0.007
60 องศา L/10	37.27	0.008
30 องศา L/12	33.50	0.011
45 องศา L/12	40.58	0.010
60 องศา L/12	44.37	0.010
30 องศา L/16	49.24	0.016
45 องศา L/16	53.80	0.016
60 องศา L/16	59.41	0.017

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้สักช่วงพาด 5 เมตร

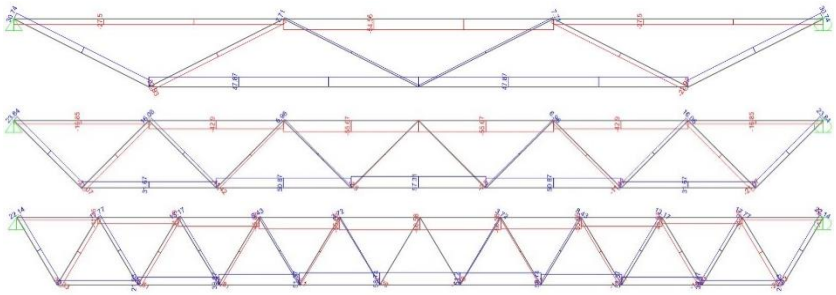


ภาพจากการทดสอบ

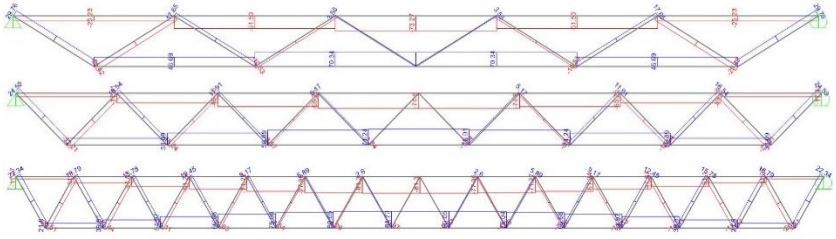
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



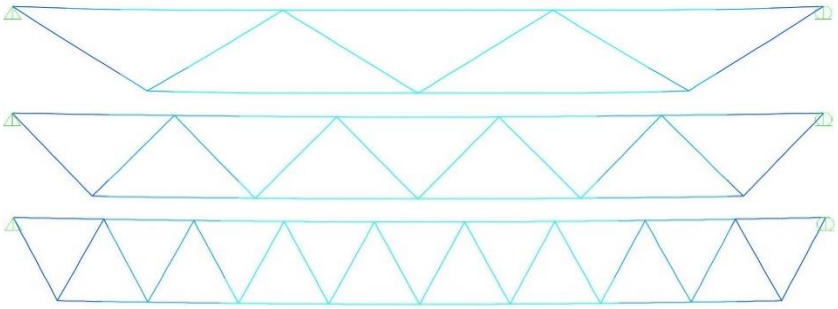
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



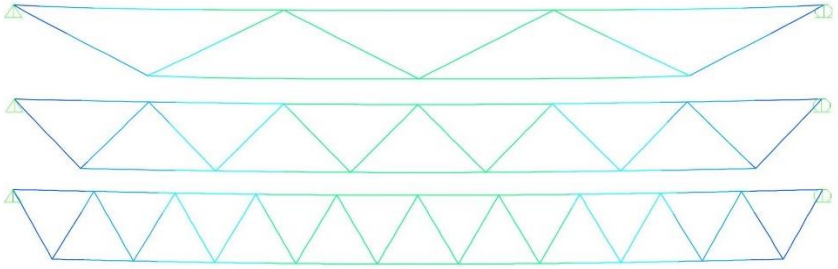
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



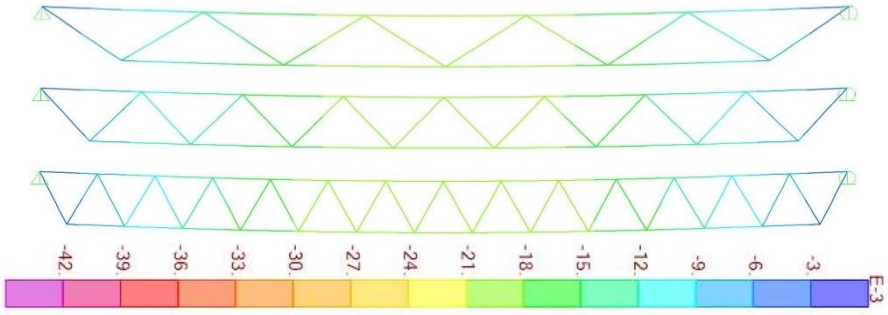
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้สัก ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

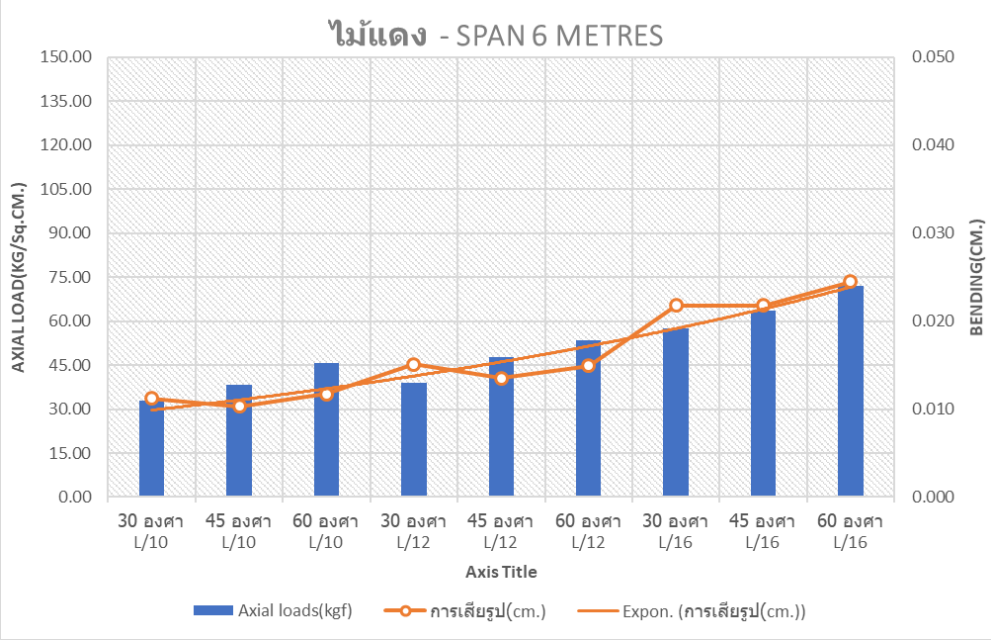


การเก็บข้อมูลของไม้แดงช่วงพาด 6 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้แดงช่วงพาด 6 เมตร

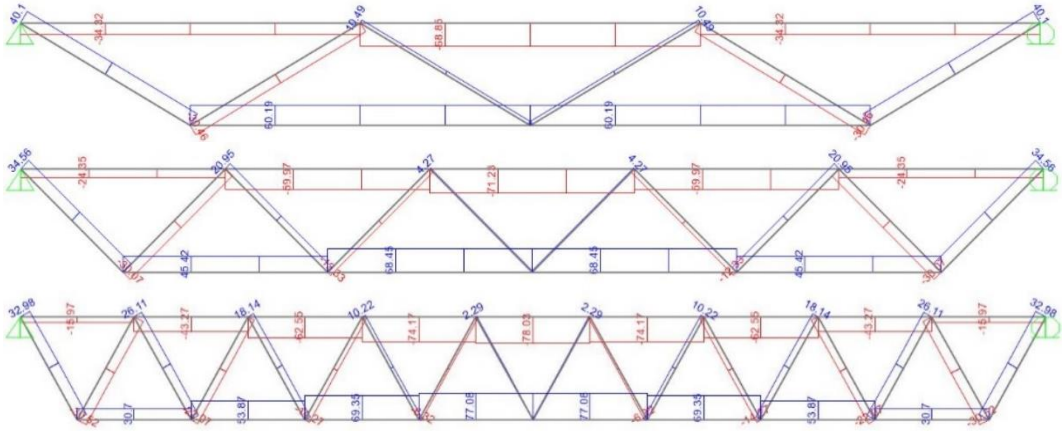
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร – ไม้แดง		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	33.01	0.011
45 องศา L/10	38.24	0.010
60 องศา L/10	45.70	0.012
30 องศา L/12	39.09	0.015
45 องศา L/12	47.86	0.014
60 องศา L/12	53.48	0.015
30 องศา L/16	57.52	0.022
45 องศา L/16	63.70	0.022
60 องศา L/16	72.09	0.025

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้แดงช่วงพาด 6 เมตร

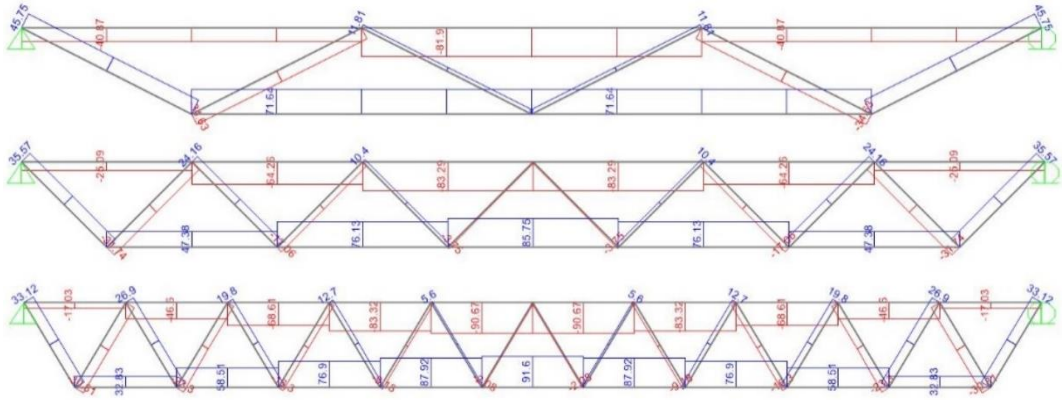


ภาพจากการทดสอบ

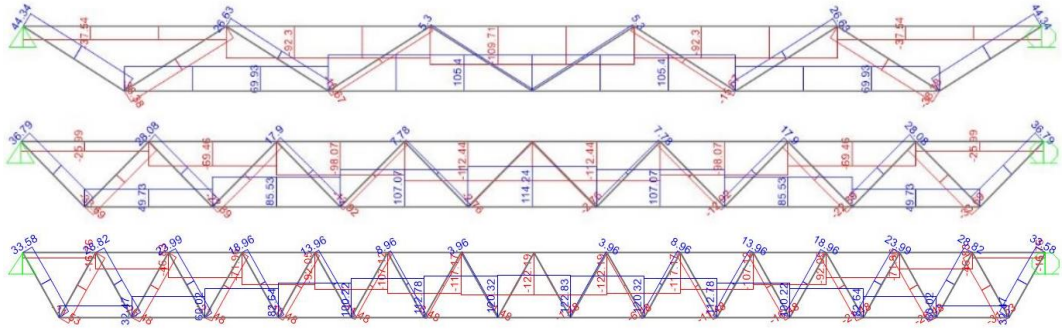
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



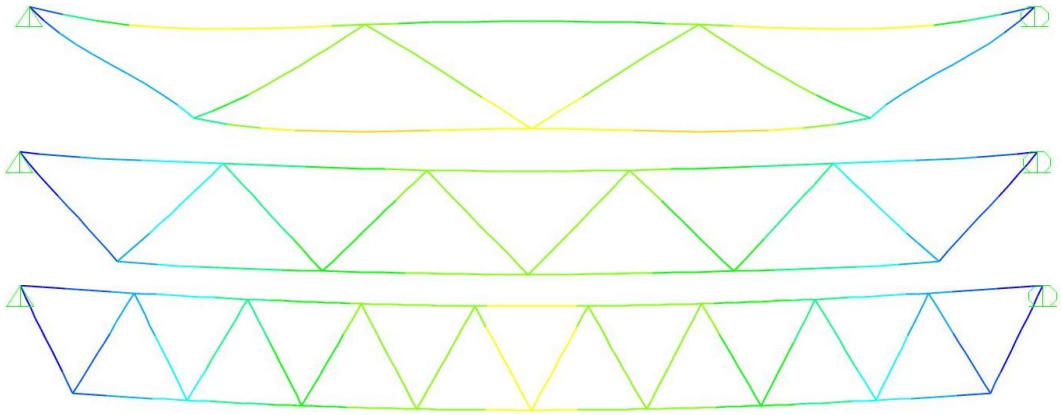
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



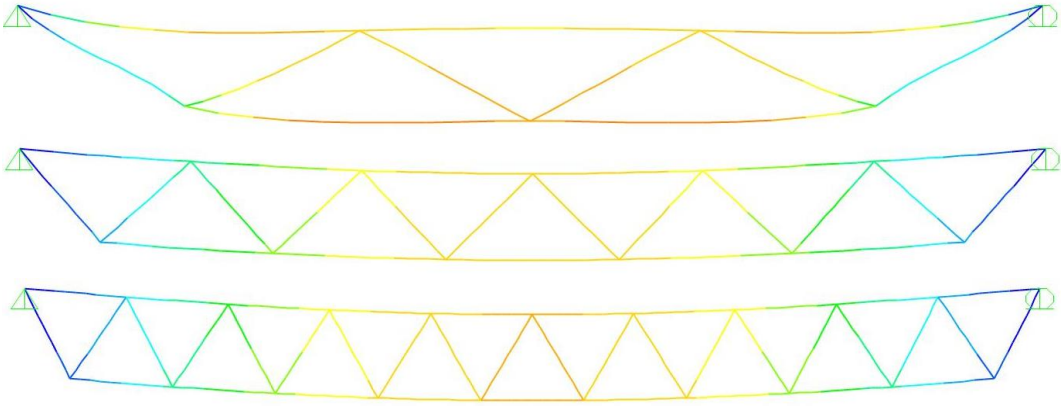
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



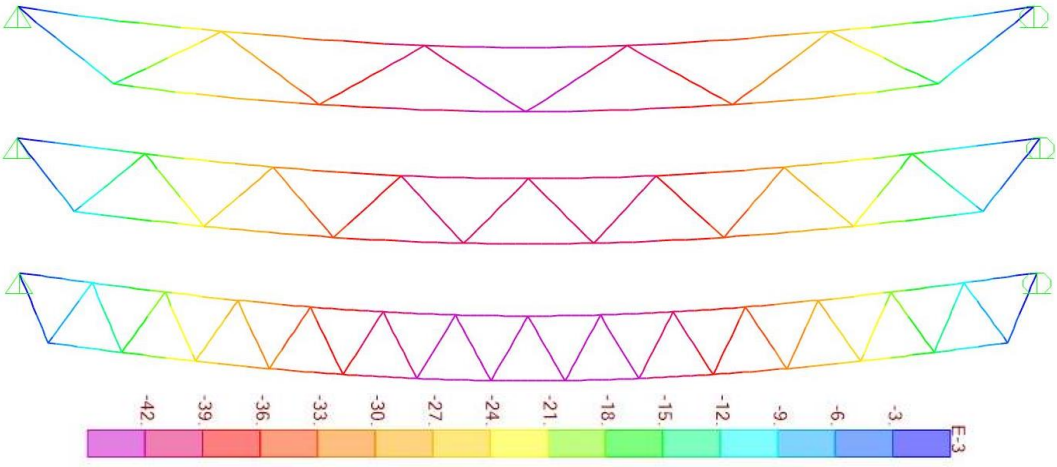
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

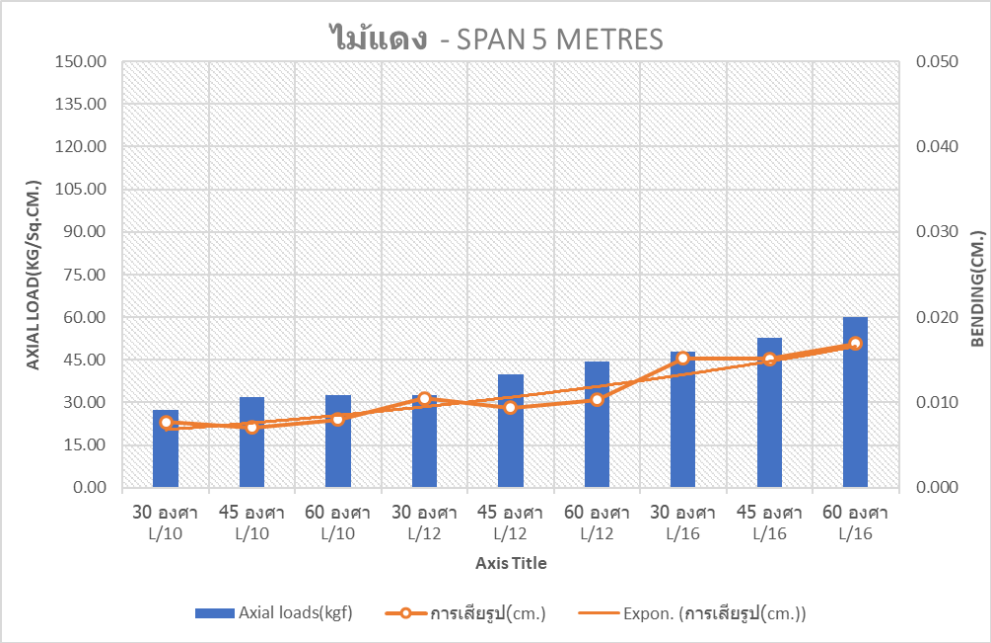


การเก็บข้อมูลของไม้แดงช่วงพาด 5 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้แดงช่วงพาด 5 เมตร

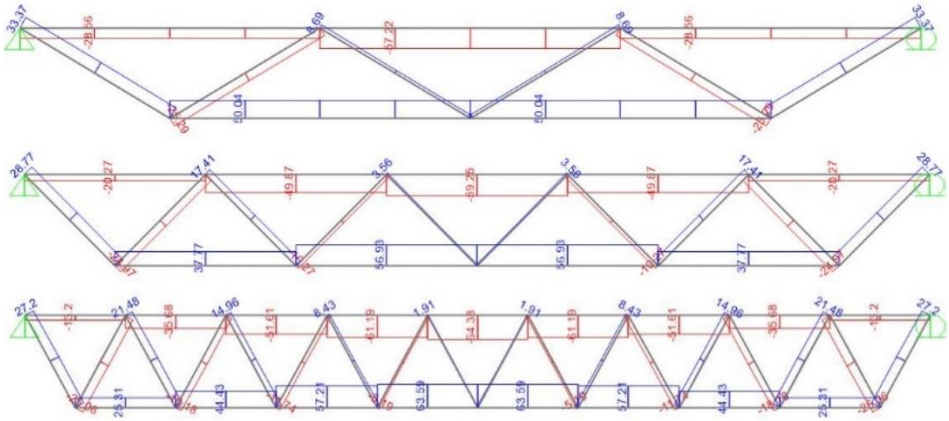
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร – ไม้แดง		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	27.45	0.008
45 องศา L/10	31.81	0.007
60 องศา L/10	32.48	0.008
30 องศา L/12	32.48	0.011
45 องศา L/12	39.78	0.009
60 องศา L/12	44.46	0.010
30 องศา L/16	47.89	0.015
45 องศา L/16	52.87	0.015
60 องศา L/16	59.88	0.017

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้แดงช่วงพาด 5 เมตร

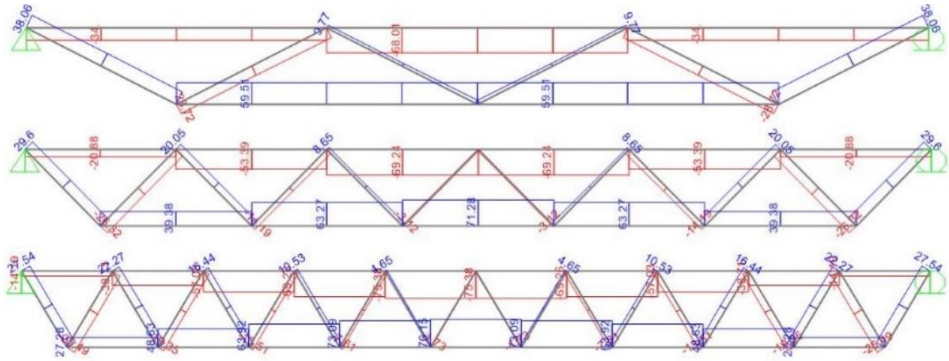


ภาพจากการทดสอบ

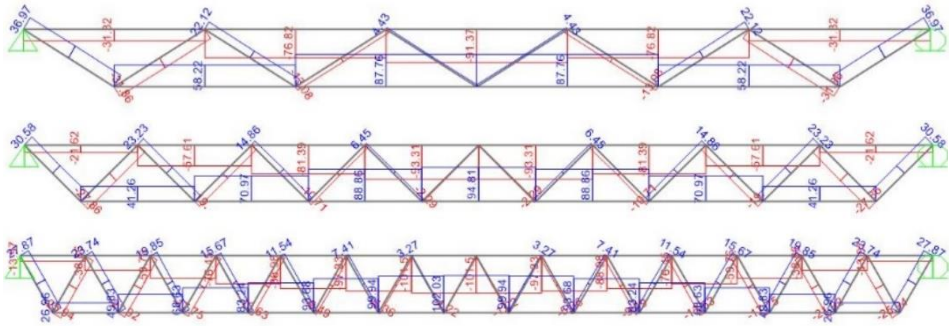
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



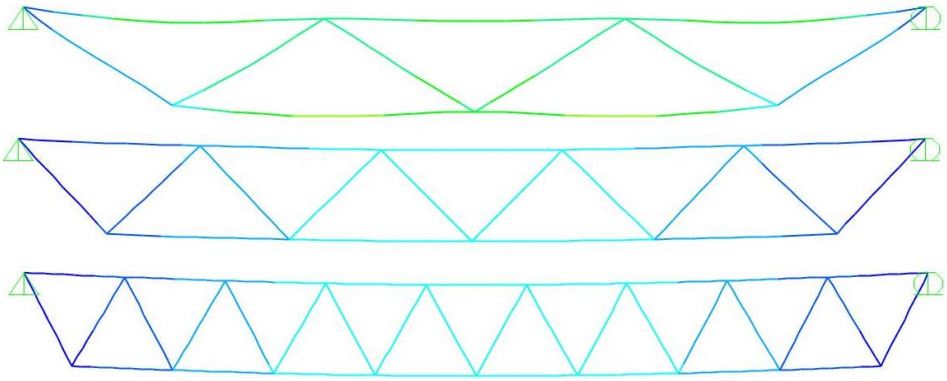
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



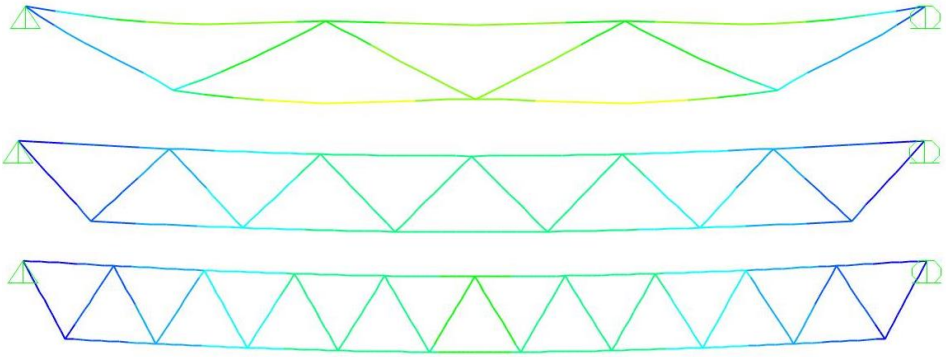
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



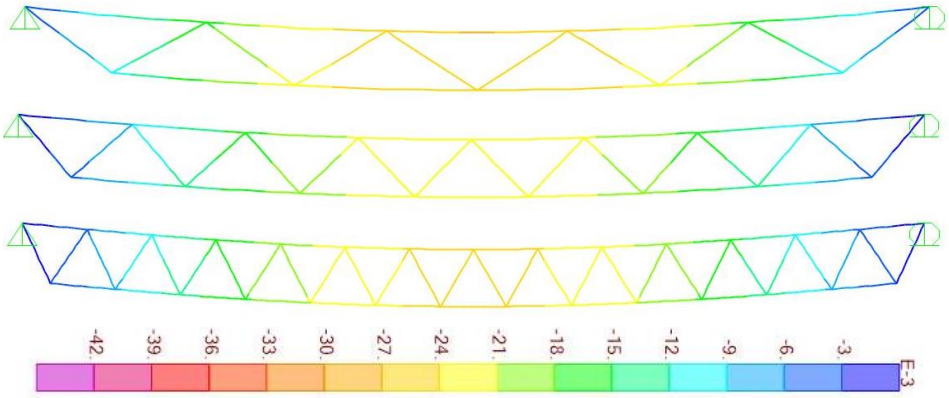
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

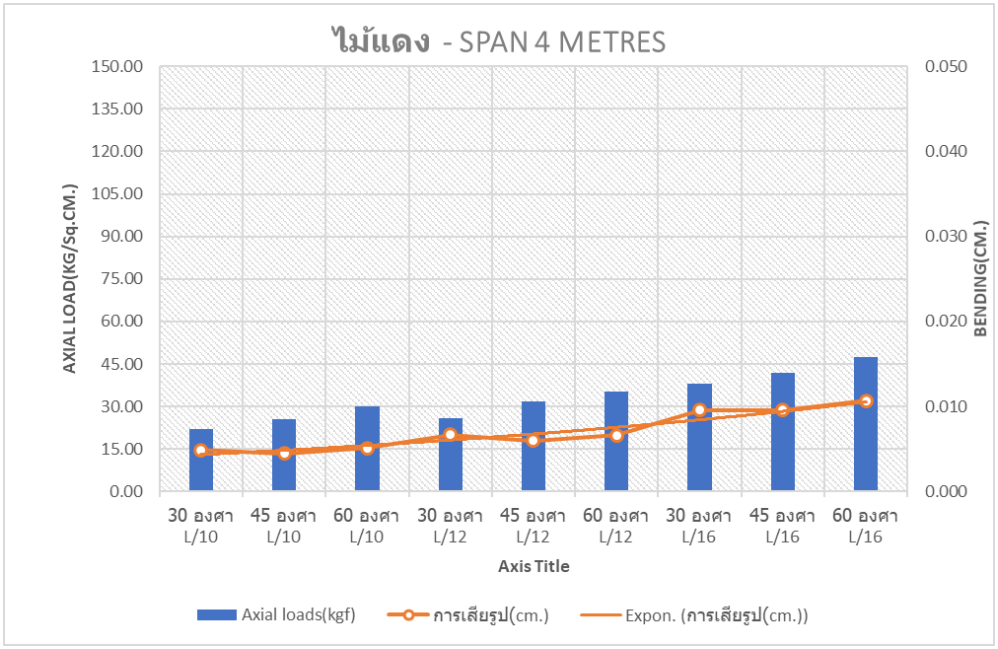


การเก็บข้อมูลของไม้แดงช่วงพาด 4 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้แดงช่วงพาด 4 เมตร

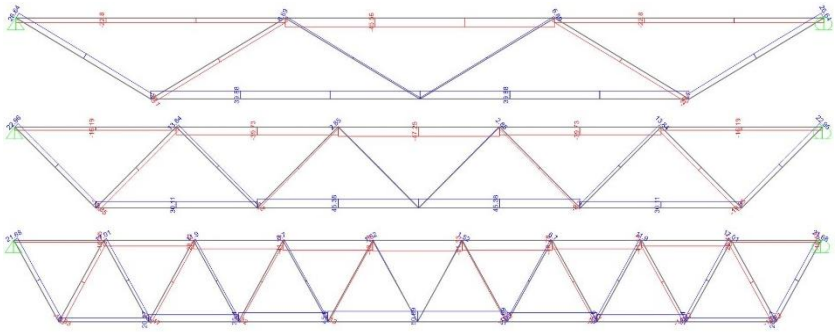
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร - ไม้แดง		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	21.87	0.005
45 องศา L/10	25.36	0.005
60 องศา L/10	29.88	0.005
30 องศา L/12	25.84	0.007
45 องศา L/12	31.68	0.006
60 องศา L/12	35.41	0.007
30 องศา L/16	38.00	0.010
45 องศา L/16	41.98	0.010
60 องศา L/16	47.54	0.011

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้แดงช่วงพาด 4 เมตร

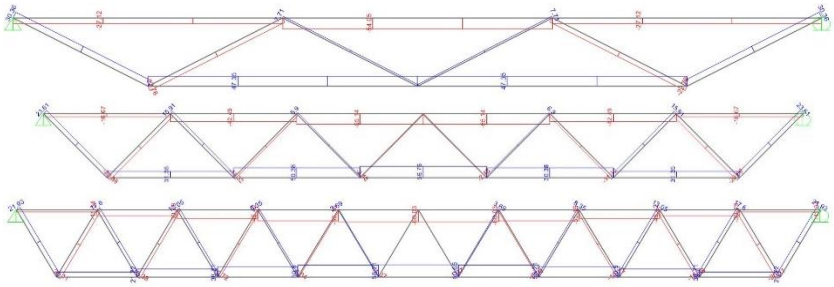


ภาพจากการทดสอบ

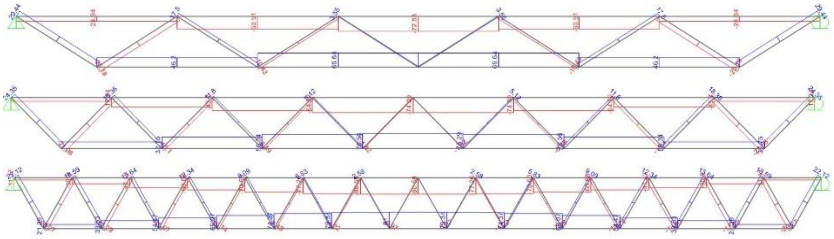
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



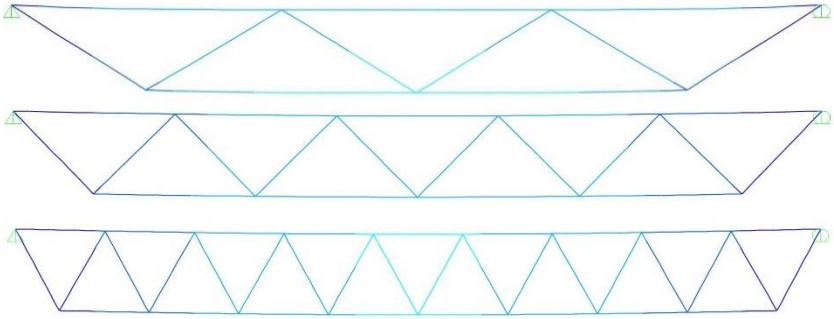
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



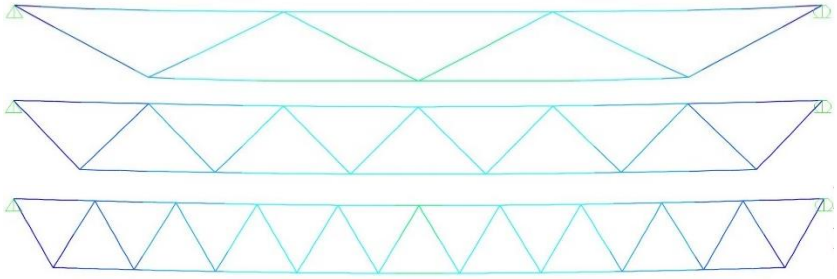
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



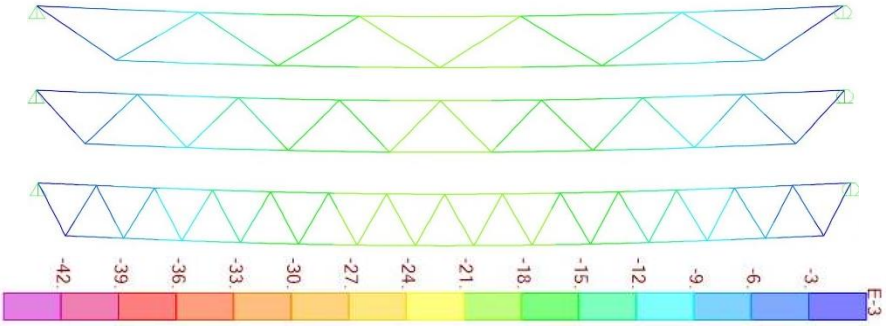
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้แดง ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

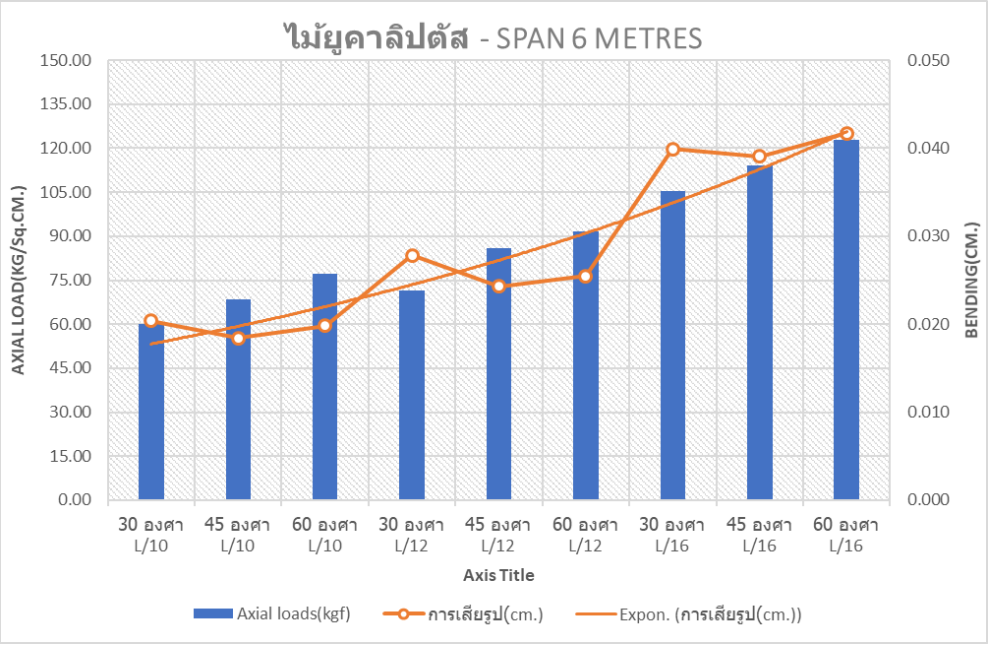


การเก็บข้อมูลของไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 6 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 6 เมตร

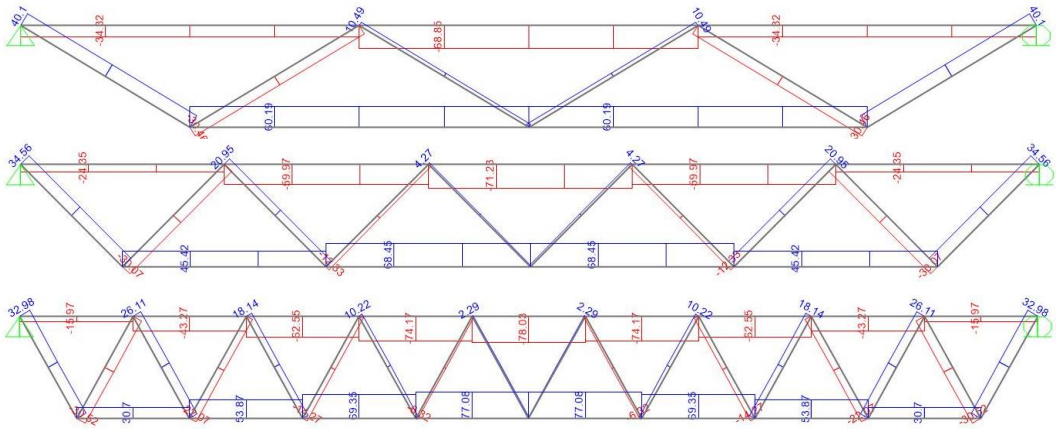
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 6 เมตร - ไม้ยูคาลิปตัส		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	60.19	0.020
45 องศา L/10	68.45	0.018
60 องศา L/10	77.08	0.020
30 องศา L/12	71.64	0.028
45 องศา L/12	85.75	0.024
60 องศา L/12	91.60	0.026
30 องศา L/16	105.40	0.040
45 องศา L/16	114.24	0.039
60 องศา L/16	122.83	0.042

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 6 เมตร

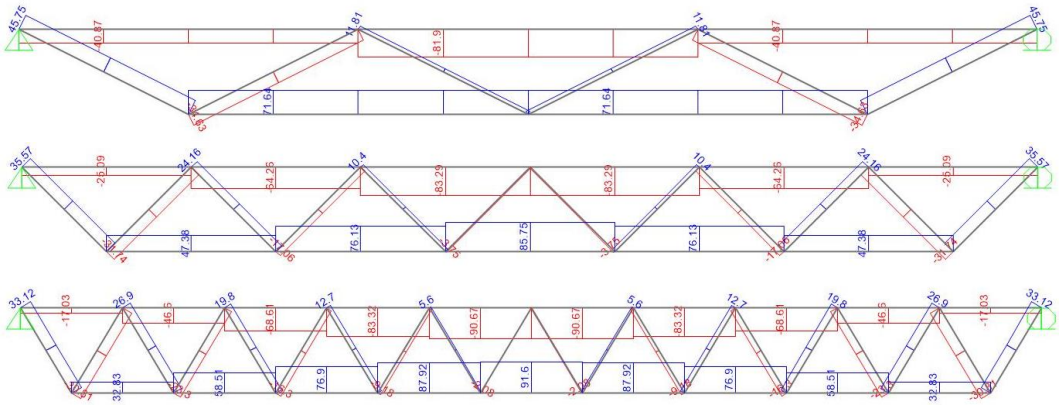


ภาพจากการทดสอบ

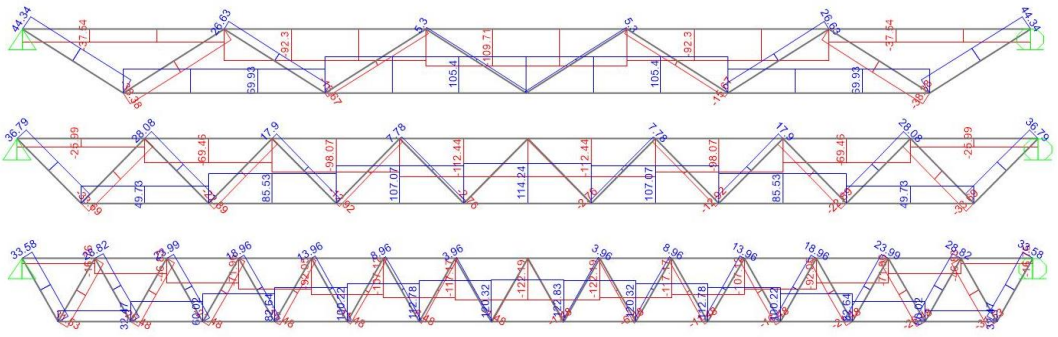
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



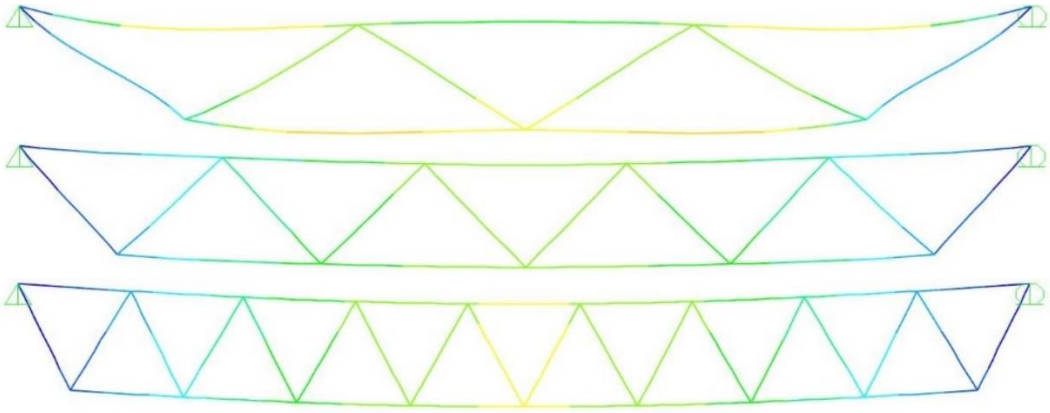
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



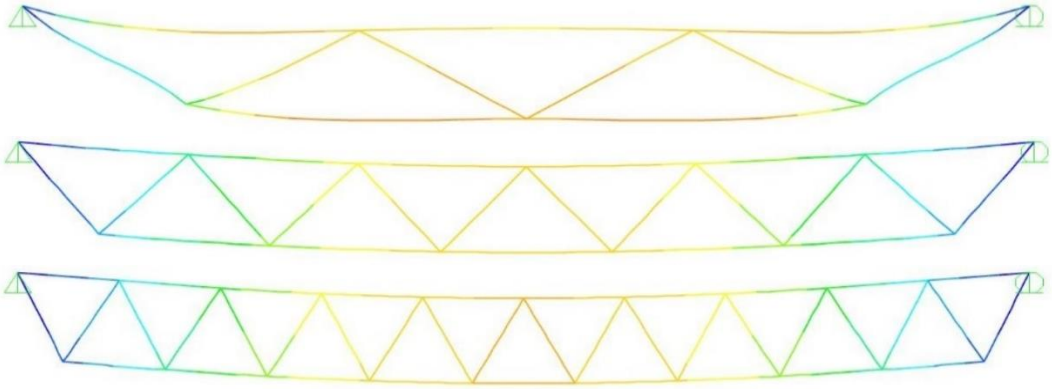
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



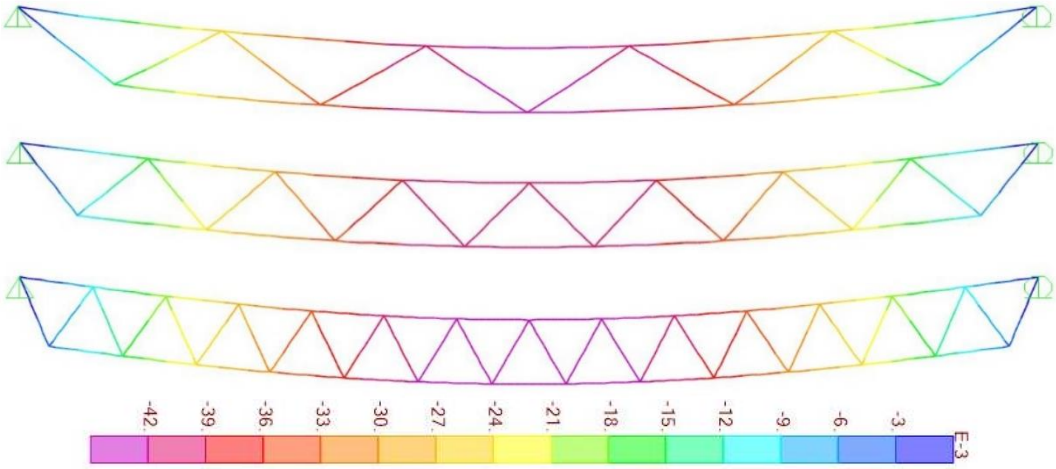
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 6 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

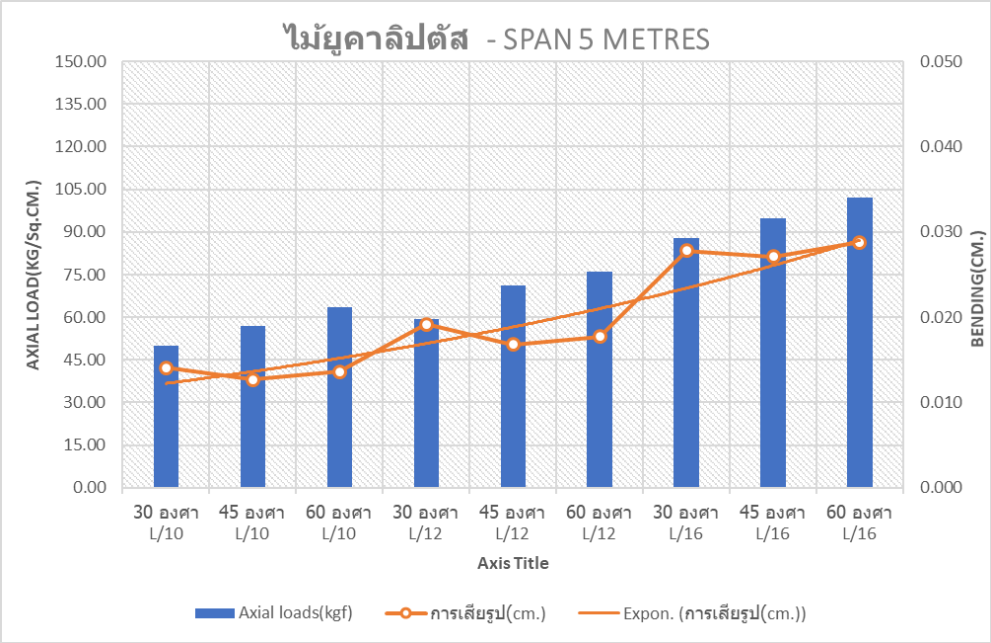


การเก็บข้อมูลของไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 5 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 5 เมตร

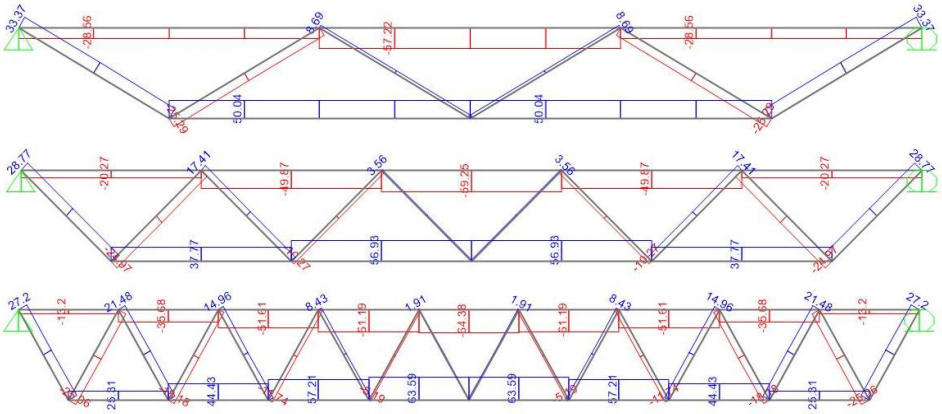
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 5 เมตร – ไม้ยูคาลิปตัส		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	50.04	0.014
45 องศา L/10	56.93	0.013
60 องศา L/10	63.59	0.014
30 องศา L/12	59.51	0.019
45 องศา L/12	71.28	0.017
60 องศา L/12	76.15	0.018
30 องศา L/16	87.76	0.028
45 องศา L/16	94.81	0.027
60 องศา L/16	102.03	0.029

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 5 เมตร

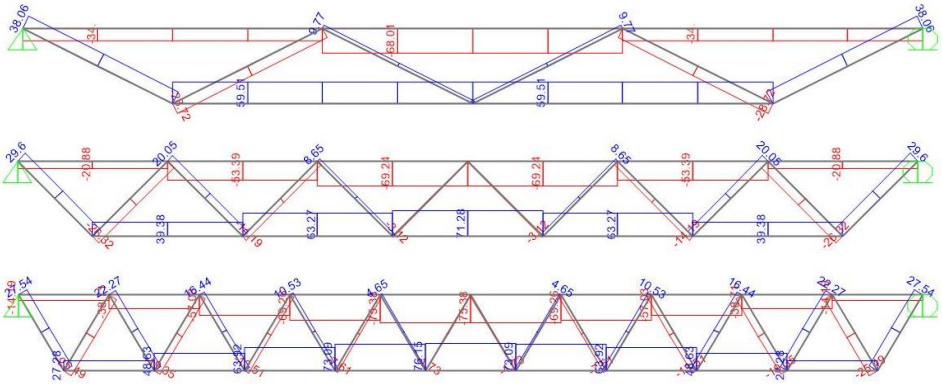


ภาพจากการทดสอบ

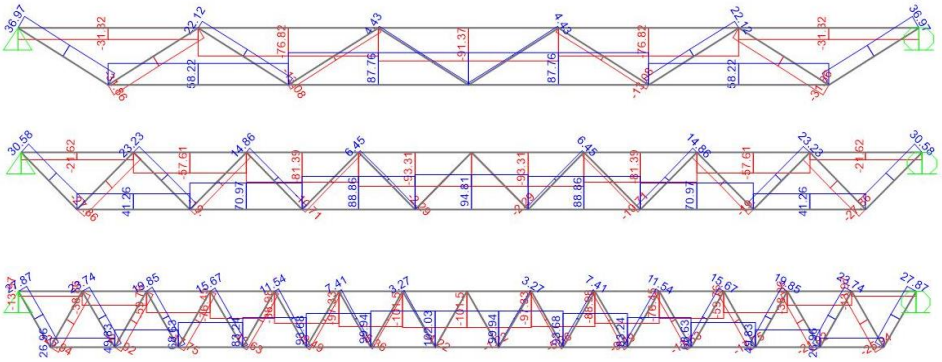
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



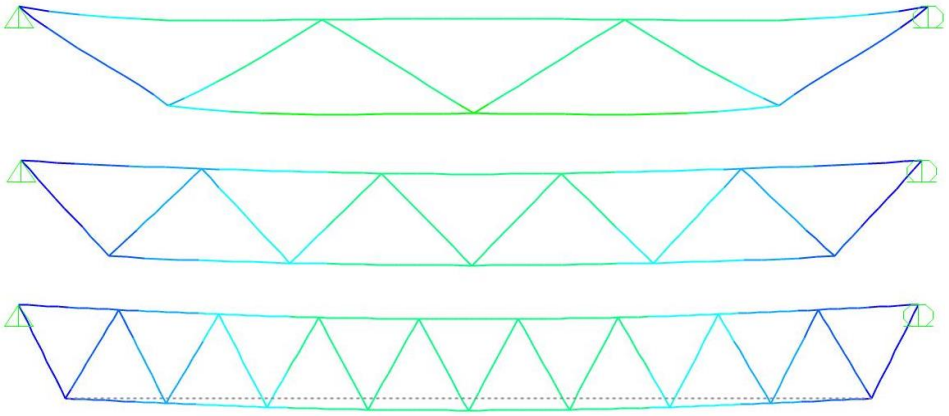
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



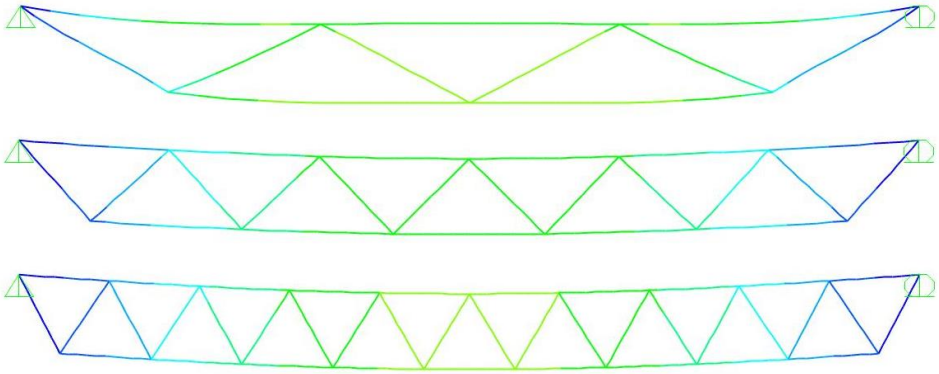
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



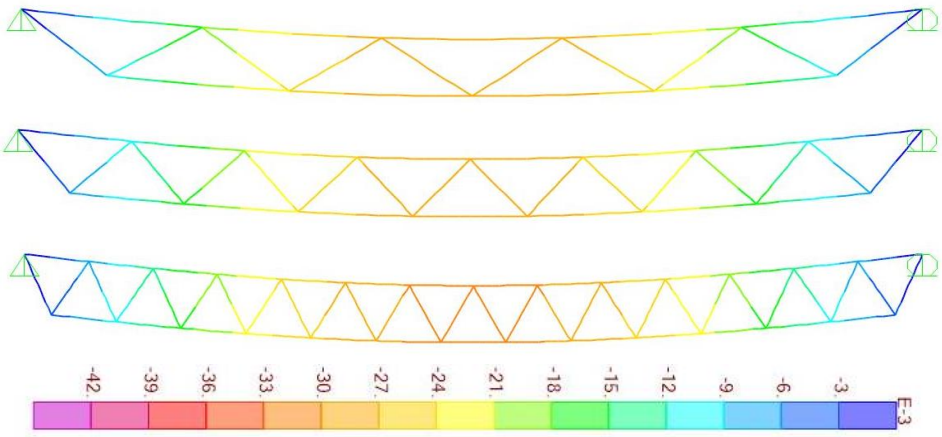
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 5 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ

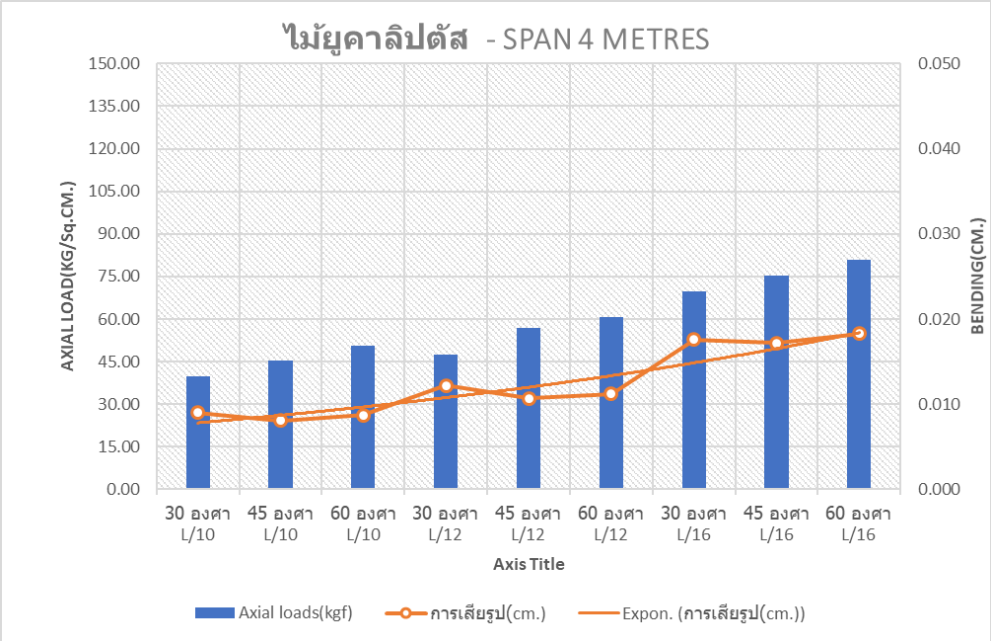


การเก็บข้อมูลของไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 4 เมตร

ตารางแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 4 เมตร

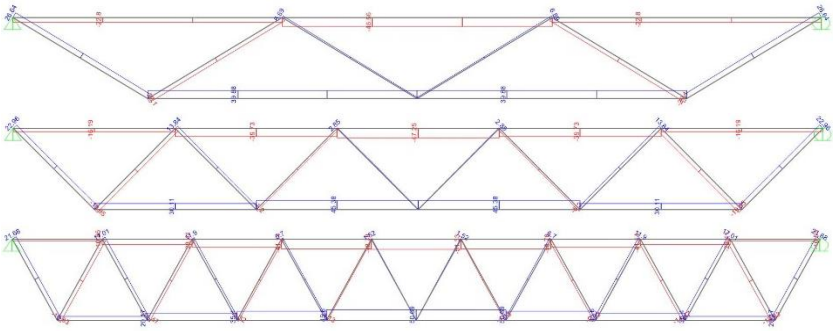
ตารางคานโครงถักช่วงพาด 4 เมตร - ไม้ยูคาลิปตัส		
ประเภทโครงถัก	Axial loads(ksc)	การเสียรูป(cm.)
30 องศา L/10	39.88	0.009
45 องศา L/10	45.38	0.008
60 องศา L/10	50.69	0.009
30 องศา L/12	47.35	0.012
45 องศา L/12	56.76	0.011
60 องศา L/12	60.65	0.011
30 องศา L/16	69.64	0.018
45 องศา L/16	75.29	0.017
60 องศา L/16	81.00	0.018

แผนภูมิแสดงข้อมูลคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัสช่วงพาด 4 เมตร

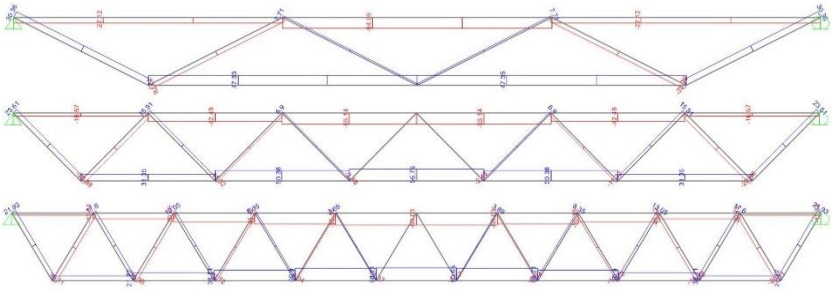


ภาพจากการทดสอบ

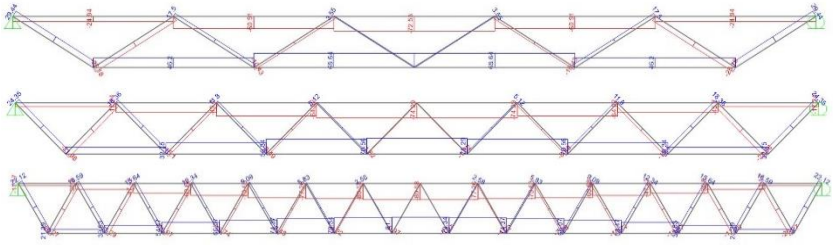
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



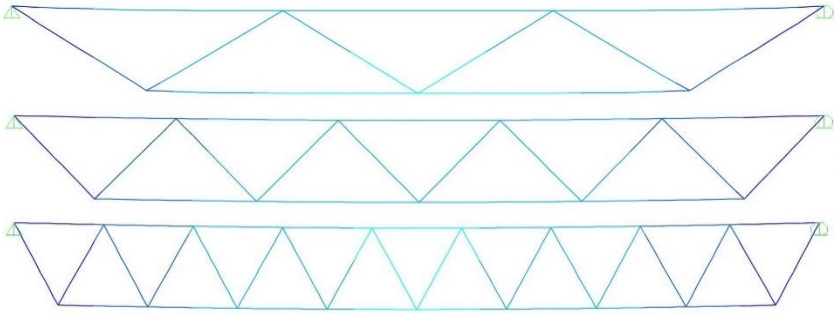
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



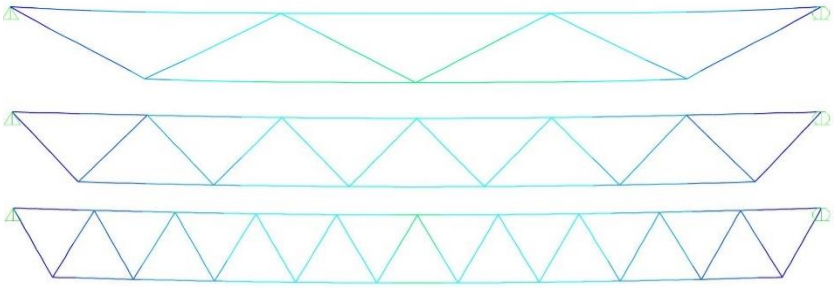
ภาพแสดงแรงภายในคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/16 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



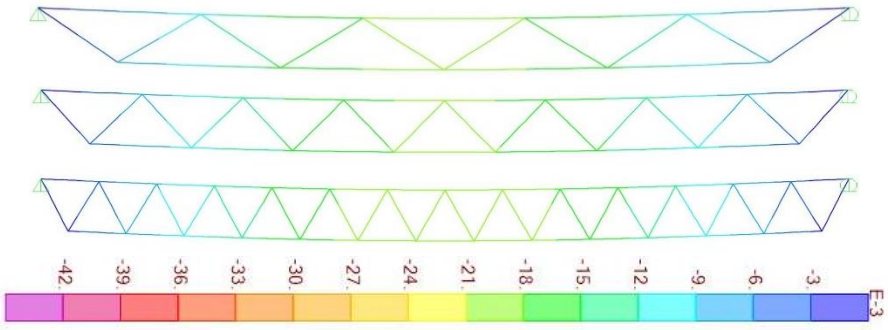
ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/10 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ภาพแสดงการเสียรูปของคานโครงถักไม้ยูคาลิปตัส ช่วงพาด 4 เมตร ความลึกคาน L/12 องศาโครงทแยง 30 45 และ 60 องศา ตามลำดับ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล วงศกร สว่างวงษ์

วัน เดือน ปีเกิด วันจันทร์ที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2531 จังหวัดชลบุรี

ที่อยู่ 102/153 ม.2 ต.สุรศักดิ์ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 086-600-9531, wongsakron_tect@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

2549-2553 สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา สถาปัตยกรรมหลัก
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2561-2563 สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชา สถาปัตยกรรมและการวางแผน
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

2554-2555 Collage design studio

2555-2556 Quartre architects

2557-2558 Freelance

2559-2561 Big built design

2561-2562 Sigma design & construction

2563-ปัจจุบัน Freelance

ผลงานวิจัย

2563 บทความหัวข้อ “การศึกษาคานโครงถักประกอบไม้-เหล็กจากไม้แปรรูปในประเทศไทยเพื่อการก่อสร้างคานพื้นในบ้านพักอาศัย” วารสารอิเล็กทรอนิกส์สาระศาสตร์ ฉบับที่ 4 ปี 2563
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทะเบียนวิชาชีพ ระดับภาคีสถาปนิก ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม สาขาสถาปัตยกรรมหลัก เลขที่ใบอนุญาตฯ ภ-สถ. 15939