แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาว ในงานโครงสร้างอาคาร
กรณีศึกษา : ไม้ยางพารา

GUIDELINES FOR USING GLUED LAMINATED TIMBER (GLULAM) BEAMS IN BUILDING STRUCTURE WORK CASE STUDY: RUBBER WOOD

นายจักรกฤษณ์ โรจน์พานิชกิจ

JAKKRIT ROJPHANICHKIT

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ศิลปะและการออกแบบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2567

KMITL-2024-AR-M-002-020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GUIDELINES FOR USING GLUED LAMINATED TIMBER (GLULAM) BEAMS IN BUILDING STRUCTURE WORK CASE STUDY: RUBBER WOOD

JAKKRIT ROJPHANICHKIT

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART, AND DESIGN
KING MONGKUT'S INSTITUDE OF TECHNOLOGY
2024

KMITL-2024-AR-M-002-020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF ARCHITECTURE, ART, AND DESIGN

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาว ในงานโครงสร้างอาคาร กรณีศึกษา : ไม้ยางพารา
นักศึกษา	นายจักรกฤษณ์ โรจน์พานิชกิจ
รหัสประจำตัว	66026007
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์(ร่วม)	-

บทคัดย่อ

การใช้งานไม้แปรรูปเชิงวิศวกรรม (Engineered Wood) ในงานสถาปัตยกรรมยุคในปัจจุบันมีรูปแบบและนวัตกรรมที่ก้าวหน้าและใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากมายหลายชนิด โดยเฉพาะการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารในต่างประเทศที่มีการพัฒนาอย่างมากมาย ซึ่งปัจจุบันคานไม้ประกอบอัดกาวในประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานและกฎหมายที่รองรับ ผู้วิจัยจึงสนใจที่ทำการรวบรวมข้อมูลอ้างอิงจากงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ มาตรฐานสากลการทดสอบคานไม้ประกอบอัดกาวต่างๆ คู่มือการออกแบบคานไม้ประกอบอัดกาว คู่มือเลือกคานไม้ประกอบอัดกาวจากโรงงานต่างประเทศ โดยสรุปเป็นสร้างองค์ความรู้และแนวทางในการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร เพื่อเป็นฐานข้อมูลและเป็นแนวทางการนำไปใช้ ให้ส่งเสริมการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคารในประเทศไทยให้เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม เกิดเป็นงานวิจัย “แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคารโดยมีกรณีศึกษา: ไม้ยางพารา” และจากการศึกษาตัวอย่างคานไม้ประกอบอัดกาวทั้ง 3 แบบ จึงสรุปได้ว่าคานแต่ละแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้างอาคารได้โดยตรวจสอบจาก ตารางสรุปแรงที่กระทำ ระยะพาดช่วง ขนาดหน้าตัดของไม้องค์ประกอบ และค่าความแข็งแกร่งของคานเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นสำคัญจึงสามารถเกิดเป็นแนวทางการนำไปใช้งานในโครงสร้างอาคารได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study	Guidelines for Using Glued Laminated Timber (Glulam) Beams in Building Structure Work Case Study: Rubber Wood
Student	Mr. Jakkrit Rojphanichkit
Student ID	66026007
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2024
Thesis Advisor	Assistant Professor Chotewit Pongserpol
Thesis Co-Advisor	-

ABSTRACT

The use of engineered wood in today's architecture has advanced forms and innovations and is used in many types of construction industries. In particular, the use of glued composite wood beams in building structures in foreign countries has developed greatly. In summary, it creates knowledge and guidelines for using glued composite wood beams in building structures. To serve as a database and guideline for use Promote the use of glued composite wood beams in building structures in Thailand to suit architectural conditions. Born into research “Guidelines for Using Glued Laminated Timber (Glulam) Beams in Building Structure Work Case Study: Rubber Wood” and from studying samples of three types of glued composite wood beams, it can be concluded that each type of beam can be applied to building structures. by checking from Table summarizing the applied force, span distance, cross-sectional size of the component wood. and the strength value of the beam compared to the standard value is important, so it can be used as a guideline for further use in building structures.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาของงานวิจัยนี้ คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โชติวิทย์ พงษ์เสริมผล และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คือ ดร. มนสินี อรรถวานิช อาจารย์ กฤษฎา พลทรัพย์ และ ผศ.วัชรพงษ์ ประสานเกลียว ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา แนะนำ และให้การช่วยเหลือใน การทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงสอนวิธีการทำงานที่ดีทำให้ผู้วิจัยรู้จักพัฒนาตนเองในด้านการทำงานให้ดี ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุง วิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณคณะอาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่สั่งสอนวิชาความรู้ ถ่ายทอดประสบการณ์ต่างๆและนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการทำวิจัยนี้ รวมทั้งการมอบโอกาสให้ได้ทำงานวิจัยนี้

สำหรับคุณประโยชน์และคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบ ให้แก่ครอบครัวของข้าพเจ้า ครูอาจารย์ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้ามาตลอดจนถึงทุกวันนี้

จักรกฤษณ์ โรจน์พานิชกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 3

2.1 คำจำกัดความ 3

2.2 แนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร 4

2.2.1 ประเภทของไม้ประกอบอัดกาวในการก่อสร้างในปัจจุบัน 4

2.2.2 แนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในการโครงสร้างอาคารแบบต่างๆ 11

2.2.3 แนวคิดการใช้ไม้ยางพาราในอุตสาหกรรมไม้ประกอบอัดกาว 31

2.2.4 อาคารกรณีศึกษาการใช้ไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้าง 38

2.3 แนวคิดการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างวัสดุไม้ 52

2.3.1 ประเภทของการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร 52

2.3.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการรับแรงคานไม้ประกอบอัดกาว 57

2.4 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร 61

2.4.1 มาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย 61

2.4.2 มาตรฐานที่ใช้ในต่างประเทศ 63

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 66

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ 66

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ 68

2.6. สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย 75

2.7. กรอบแนวคิดกระบวนการวิจัย 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการดำเนินการ 77
3.1 การเก็บรวบข้อมูลการวิจัย 77
3.2 การดำเนินการวิจัย 77
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 78
3.4 วิธีการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย 79
3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ ... 79
3.4.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 80
3.4.3 วิธีการสรุปผลการวิจัย 80

บทที่ 4 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 81
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร 81
4.2 การเปรียบเทียบกับมาตรฐานการใช้งานของคานไม้ประกอบอัดกาว 84
4.3 การประยุกต์ใช้คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว 84
4.3.1 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 1 93
4.3.2 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 2 94
4.3.3 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 3 95

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 96
5.1 สรุปผลงานวิจัย 96
5.2 ข้อเสนอแนะ 97

บรรณานุกรม 98
ประวัติผู้เขียน 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2. 1 ตารางสรุปโครงสร้างไม้ประกอบอัดกาวรูปแบบต่างๆในปัจจุบัน 12
2.2 คลาสความแข็งแกร่งของคานไม้ประกอบอัดกาว 14
2.3 ข้อมูลทางเทคนิคของคานไม้ประกอบอัดกาว 14
2.4 ค่าเฉพาะของคานไม้ประกอบอัดกาวตามาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 .. 15
2.5 สรุปขนาดหน้าตัดของคานไม้ประกอบอัดกาว 17
2.6 ตารางระยะพาดช่วงของคานไม้ประกอบอัดกาว 18
2.7 Single Span Floor Joists Glulam Quality GL28C 20
2.8 Continuous Span Floor Joists. Glulam Quality GL28C 21
2.9 Roof Rafters 38° Single and Continuous Span. Glulam Quality GL28C. 22
2.10 Roof Rafters 32,5° Single and Continuous Span. Glulam Quality GL28C 23
2.11 Roof Rafters 20° Single and Continuous Span. Glulam Quality GL28C. 24
2.12 Roof Rafters 5° Single and Continuous Span. Glulam Quality GL28C 25
2.13 Ridge Beams And Intermediate Roof Beams. Glulam Quality GL28C 26
2.14 Veranda Beams Single Span. Glulam Quality GL28C. 27
2.15 Veranda Beams Continuous Span. Glulam Quality GL28C. 28
2.16 Lintel Beams with only Roof Loads, Upper or Single Floor. Glulam Quality GL28C. 29
2.17 ตารางการศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้ยางพาราสำเร็จรูป 33
2.18 ตารางอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ 34
2.19 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบประสานต่อฟันปลา 35
2.20 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบต่อตรง 35
2.21 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบเสาไม้ยางพาราสี่เหลี่ยม 35
2.22 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบเสาไม้ยางพาราเหลากลม 36
2.23 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบไม้โครง 36
2.24 ตารางสรุปอาคารกรณีศึกษาที่ใช้คานไม้ประกอบอัดกาว 51
2.25 สรุปสูตรและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการรับแรงของคานแบบง่าย 57
2.26 สรุปสูตรและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการรับแรงของคานแบบยื่น 58
2.27 อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ชนิดต่างๆ ของประเทศไทย (Modulus of Elasticity Ratio in Different Wood Types of Thailand) 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

2.28 มาตรฐานความเครียดตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (Allowable Stress of E.I.T. Standard) 62

2.29 มาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวของกับไม้โครงสร้าง ของคานไม้ประกอบอัดกาว 63

2.30 มาตรฐาน ISO ที่เกี่ยวของกับไม้ประกอบอัดกาว 64

2.31 มาตรฐาน EN ที่เกี่ยวของกับไม้ประกอบอัดกาว 65

2.32 สรุปประเภทงานวิจัยจากการทบทวนวรรณกรรม 72

2.33 สรุปรายละเอียดที่เกี่ยวข้องจากงานวิจัย 74

3.1 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาว 79

4.1 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1 81

4.2 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2 82

4.3 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3 83

4.4 การวิเคราะห์แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1 84

4.5 การวิเคราะห์แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2 87

4.6 การวิเคราะห์แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ภาพรวมประเภทไม้แปรรูปที่เป็นไม้ประกอบอัดกาวในปัจจุบัน 5

2.2 ไม้ประกอบอัดกาว (Glulam) 6

2.3 ไม้อัดบางประกอบอัดกาว (Laminated Veneer Lumber/LVL) 7

2.4 ไม้ครอสลามิเนต (Cross-Laminated Timber/CLT) 8

2.5 ไม้แอลแอสแอล (Laminated Strand Lumber/LSL) 9

2.6 ไม้พีแอสแอล (Parallel Strand Lumber/PSL) 9

2.7 ไม้เอ็นแอลที (Nail Laminated Timber/NLT) 10

2.8 ไม้ดีแอลที (Dowel Laminated Timber/DLT) 10

2. 9 ไม้เอ็มพีพี (Mass Plywood Panel/MPP) 11

2.10 Homogeneous Glulam 13

2.11 Combined Glulam 13

2. 12 การจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวแบบตามแนวแกน 16

2.13 การจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวตามการวางของไม้องค์ประกอบ 17

2.14 Floor Joists Supporting Floor Loads Only 1 20

2.15 Floor Joists Supporting Floor Loads Only 2 21

2.16 Roof Rafters 38° Supporting Roof Load Only 22

2.17 Roof Rafters 32,5° Supporting Roof Load Only 23

2.18 Roof Rafters 20° Supporting Roof Load Only 24

2.19 Roof Rafters 5° Supporting Roof Load Only 25

2.20 Ridge Beam And Intermediate Roof Beam 26

2.21 Veranda Beam Single Span 27

2.22 Veranda Beam Continuous Span 28

2. 23 Lintel Beam 29

2.24 แผนผังสรุปแนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในการโครงสร้างอาคารแบบต่างๆ 30

2.25 ต้นไม้ยางพารา 31

2.26 วัฏจักรวงจรการปลูกของไม้ยางพารา 32

2.27 กรอบแนวคิดแนวคิดการใช้ไม้ยางพาราในอุตสาหกรรมไม้ประกับอัดกาว 37

2.28 ทัศนียภาพของโรงแรม Mjostarnet 38

2.29 แนวคิดการออกแบบของโรงแรม Mjostarnet 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.30 แบบผังพื้นของโรงแรม Mjostarnet 40
2.31 แบบสถาปัตยกรรมรูปด้านและรูปตัดของโรงแรม Mjostarnet 41
2.32 ประเภทการใช้โครงสร้างแบบต่างๆของโรงแรม Mjostarnet 41
2.33 ขั้นตอนการก่อสร้างของโรงแรม Mjostarnet 42
2.34 โครงสร้างไม้ที่ใช้ในในโครงการของโรงแรม Mjostarnet 42
2.35 ทัศนียภาพภายนอกของ Ascent Timber Tower 43
2.36 ทัศนียภาพภายนอกแสดงแนวคิดของ Ascent Timber Tower 44
2.37 แบบผังพื้นของ Ascent Timber Tower 44
2.38 แบบสถาปัตยกรรมรูปด้านของ Ascent Timber Tower 45
2.39 ภาพรวมของโครงสร้างในอาคารของ Ascent Timber Tower 46
2.40 ทัศนียภาพภายนอกของ World of Volvo 47
2.41 แนวคิดและกระบวนการออกแบบในการออกแบบของ World of Volvo 48
2.42 แบบผังพื้นของ World of Volvo 49
2.43 ภาพทัศนียภาพของ World of Volvo 50
2.44 ภาพรวมโครงสร้างของ World of Volvo 50
2.45 Midspan Load 52
2.46 Load At Any Point 52
2.47 Uniform Load 52
2.48 Uniformly Varying Load 53
2.49 Triangular Load 53
2.50 Moment Load At One Support 53
2.51 End Load 54
2.52 Load At Any Point 54
2.53 Uniform Load 54
2.54 Uniformly Varying Load (Case 1) 55
2.55 Uniformly Varying Load (Case 2) 55
2.56 Moment Load At End 55
2.57 สรุปประเภทของการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร 56
2.58 สรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการรับแรงคานไม้ประกอบอัดกาว 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.59 มาตรฐานตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ 61

2.60 กรมโยธาธิการและผังเมือง 62

2.61 มาตรฐานการทดสอบไม้ โดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร 62

2.62 The American Society For Testing And Materials (ASTM) 63

2.63 มาตรฐาน International Organization for Standardization 64

2.64 มาตรฐาน Eurocode 5: Design of Timber Structures 64

2.65 สรุปมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร 65

2.66 แผนภูมิแยกประเภทงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 71

2.67 แผนภูมิแยกประเภทงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 72

2.68 สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย 75

2.69 กรอบแนวคิดกระบวนการวิจัย 76

3.1 การดำเนินการวิจัย 77

4.1 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 1 93

4.2 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 2 94

4.3 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 3 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การใช้งานไม้แปรรูปเชิงวิศวกรรม (Engineered Wood) ในงานสถาปัตยกรรมยุคในปัจจุบันมีรูปแบบและนวัตกรรมที่ก้าวหน้าและใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากมายหลายชนิด อาทิ การใช้งานในการรับแรงทางโครงสร้าง การใช้ในวัสดุปิดผิวตกแต่งภายใน การใช้งานเป็นเฟอร์นิเจอร์ และการใช้วัสดุเพื่อความยั่งยืน โดยมีรูปแบบที่หลากหลายในท้องตลาดให้เลือกใช้งานได้หลากหลาย อาทิ ไม้ประกอบอัดกาว (Glulam) และไม้อัดบางประกอบอัดกาว (Laminated Veneer Lumber: LVL) และ Cross Laminated Timber (CLT) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความสวยงามตามรูปแบบธรรมชาติ จึงเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมไม้ประกอบอัดกาว เริ่มมีบทบาทในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทยมากขึ้น

ในส่วนของประเทศไทย มีหลากหลายประเด็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับการใช้ไม้แปรรูป โดยเฉพาะไม้ประกอบอัดกาว (Glue Laminated Timber) เป็นวิธีการทำไม้แปรรูปโดยนำมาประกอบกันด้วยกาวหรือวัสดุประสานเพื่อใช้เสริมความแข็งแรง ไม้ที่ถูกนำมาใช้ในวิธีการของไม้ประกอบอัดกาวมากที่สุดคือ ไม้ยางพารา การพัฒนาไม้ประกอบอัดกาวในประเทศไทย นิยมใช้ไม้ยางพาราสำหรับงานเฟอร์นิเจอร์และวัสดุปิดผิวอาคาร อีกทั้งสามารถปลูกต้นยางพาราเพื่อเอาน้ำยางมาขายได้ ในปัจจุบันเริ่มมีความพยายามในการนำไม้ยางพารามาใช้ในงานโครงสร้างในงานอาคารมากขึ้น โดยใช้เทคนิคไม้ประสานหรือไม้ประกอบอัดกาว เพื่อเสริมความแข็งแรงของไม้ยางพาราที่เป็นไม้เนื้ออ่อน ที่เจริญเติบโตเร็วแต่มีขนาดไม้มีขนาดเล็ก ทำให้ขนาดของไม้ประกอบอัดกาวที่ผลิตในอุตสาหกรรมมีขนาดอ้างอิงกับระบบการผลิตของไม้แปรรูป ไม้ประกอบอัดกาวมีข้อได้เปรียบไม้แบบเต็มท่อน เนื่องจากผ่านขั้นตอนการผลิตทำให้มีขนาดที่เป็นฉาก นอกจากนี้มีการทดลองนำไม้ชนิดอื่นมาใช้ การใช้ไม้ยางพารามีรูปแบบวัสดุที่หลากหลายสามารถใช้งานได้หลายประเภท อาทิ วัสดุปิดผิวอาคาร วัสดุปิดผิวตกแต่งภายใน พื้น ฝ้า ประตู หน้าต่าง เฟอร์นิเจอร์ และอื่นๆ ดังนั้นบทบาทของไม้ยางพาราจากสถานการณ์ปัจจุบันที่จึงยังไม่มีการใช้ในงานสำหรับโครงสร้างอาคาร โดยโครงสร้างไม้ประกอบอัดกาวของไม้ยางพารามีศักยภาพที่ใช้แทนวัสดุชนิดอื่นในท้องตลาด สำหรับงานอาคารได้ เพราะมีข้อได้เปรียบทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถดูดซับคาร์บอนจากสภาพแวดล้อมได้โดยตรง ตรงข้ามกับคอนกรีตที่ปล่อยคาร์บอนสู่สภาวะบรรยากาศ ไม้เชิงวิศวกรรมจาก ไม้ยางพาราติดตั้งง่าย รวดเร็ว มีความยืดหยุ่น และสามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ดีกว่าคอนกรีต (Forest Industry Organization, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวเทคโนโลยีไม้แปรรูปประเภท ไม้ประกอบอัดกาวจึงความสำคัญที่จะต้องมีฐานข้อมูลหรือแนวทางในการออกแบบโครงสร้างอาคารโดยเฉพาะคานไม้ประกอบอัดกาวที่ความสำคัญในงานโครงสร้างแบบเสาและคานที่นิยมใช้ในประเทศไทย เพื่อสนับสนุนให้ประเทศไทยนิยมใช้โครงสร้างไม้ไม้ประกอบอัดกาวให้มายิ่งขึ้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัย “แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร กรณีศึกษา : ไม้ยางพารา”

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อเป็นแนวทางการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในการรับแรงในงานโครงสร้างอาคารที่เหมาะสม ในเงื่อนไขงานสถาปัตยกรรม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ประเภทการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวที่วิเคราะห์ เป็นแบบคานช่วงเดียวเป็นหลัก
2) ไม้ยางพาราที่ใช้ คือ พันธุ์ กะเต๊าะห์[1]
3) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อระยะโก่งตัวของคานไม้ประกอบอัดกาว ดังนี้
   3.1) โมดูลัสความยืดหยุ่น (Elastic Modulus)
   3.2) ระยะโก่ง (Deflection)
   3.3) ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)
4) คานไม้ประกอบอัดกาวในงานวิจัย เป็นคานช่วงเดียว ระยะพาดช่วง 3-10 เมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้แนวทางการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวเหมาะสมกับเงื่อนไข

[1] พันธุ์ กะเต๊าะห์ หรือ ชื่อวิทยาศาสตร์ Hevea brasiliensis Muell. Arg. ชื่อวงศ์ EUPHORBIACEAE ชื่อสามัญ Para rubber, กรมป่าไม้ สิงหาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

2.1 คำจำกัดความ

ไม้ยางพารา (Rubber Wood)

หมายถึง เป็นต้นไม้ที่สูงชะลูด ซึ่งลำต้นสามารถสูงได้มากกว่า 30 เมตร ตัวยางมีสีขาวหรือสีเหลือง โดยถูกเก็บอยู่ภายใต้เปลือกไม้ อายุได้ประมาณ 5-6 ปี มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Hevea Brasiliensis เป็นไม้ที่นิยมนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ไม้คุณภาพสูง

ไม้แปรรูป (Lumber)

หมายถึง ไม้ที่ได้ทำการแปรรูปมาจากไม้ท่อนซุงโดยที่ได้ทำการผ่านการเลื่อยหรือการถากมา เพื่อที่จะนำ ไม้แปรรูปนี้ ไปใช้ในการก่อสร้าง ทำอุปกรณ์ใช้งานต่างๆ หรือนำไปแปรรูปเพื่อไปใช้ประโยชน์ในงานอื่นๆแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และ ไม้เนื้อแกร่ง

ไม้ประกอบหรือไม้ประกอบอัดกาว (Glued Laminate Timber หรือ Glulam)

หมายถึง ไม้ประกอบหรือไม้ประกอบอัดกาว เป็นการนำไม้แปรรูปขนาดเล็กที่อบไสพร้อมอัดน้ำยาแรงดันสูง มาประกบกันโดยใช้กาวชนิดแรงยึดเหนี่ยวสูง สามารถใช้ได้กับงานโครงสร้างให้ทั้งความแข็งแรง ทนทาน และความสวยงาม เรียกได้ว่าเป็นการผสมผสานของงานไม้โครงสร้างที่รวมงานตกแต่งเข้าไว้ด้วยกัน

ไม้องค์ประกอบ (Composite Wood)

หมายถึง ไม้ที่เป็นส่วนประกอบของคานไม้ประกอบอัดกาว

ระยะโก่ง (Deflection)

หมายถึง การแอ่นของคานจุดใดๆ หมายถึงระยะในแนวดิ่งที่จุดนั้นบนเส้นโค้งอีลาสติกที่เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมก่อนจะรับน้ำหนักนั้น

ความแข็งแกร่ง (Stiffness)

หมายถึง ความแข็งแกร่ง เป็นความสามารถในการต้านทานการเสียรูปการรับแรงอัด

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น หรือ โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity หรือ MOE)

หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความเครียด (Stress) กับความเครียด (Strain) ของวัสดุวัดค่าในหน่วย พาสคาล (Pa) หรือนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) แสดงถึงความยืดหยุ่นของวัสดุว่าสามารถรับแรงดึงหรือแรงอัดได้มากน้อยเพียงใด ค่า MOE ที่สูงแสดงว่าวัสดุทนทานต่อการเสียรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าโมดูลัสแตกร้าว หรือ โมดูลัสความต้านทานการแตกร้าว (Modulus of Rupture หรือ MOR)

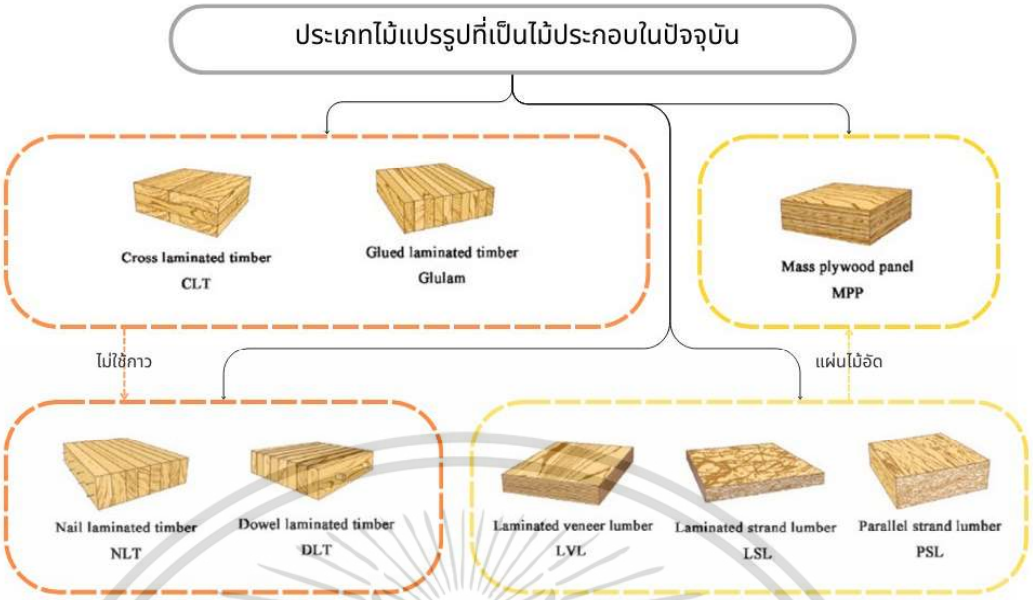
หมายถึง ความเค้นสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้ก่อนที่จะเกิดการแตกร้าว วัดค่าในหน่วย พาสคาล (Pa) หรือ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุ ว่าสามารถรับแรงดัดหรือแรงบิดได้มากน้อยเพียงใด ค่า MOR ที่สูง แสดงว่าวัสดุทนทานต่อการแตกร้าว

2.2 แนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

2.2.1 ประเภทของไม้ประกอบอัดกาวในการก่อสร้างในปัจจุบัน

โครงสร้างไม้ที่ใช้ไม้จริงมีความสำคัญในงานก่อสร้าง เพราะวัสดุไม้เป็นวัสดุที่สามารถทดแทนวัสดุประเภทคอนกรีตที่สร้างฝุ่นและมลพิษแก่โลก วัสดุไม้จึงเป็นวัสดุที่จำเป็นต่อการก่อสร้างงานอาคารในอนาคต โดยเฉพาะไม้เนื้อแข็งที่นิยมใช้เป็นโครงสร้างอาคารเป็นหลัก แต่ปัจจุบันไม้เนื้อแข็งมีการเติบโตที่ช้าไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้งาน จึงเกิดการนำไม้ที่เป็นไม้เนื้ออ่อนโตไวมาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากขึ้น โครงสร้างไม้ประเภทประกอบอัดกาวหรือประกอบจึงนำมาใช้ในงานโครงสร้างอาคารได้เหมือนโครงสร้างไม้จริง โดยหลักการของไม้ประกอบอัดกาว เป็นการนำไม้มาประกอบเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างเชื่อมติดด้วยกาวหรืออุปกรณ์ยึดไม้ (Fastener) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของไม้ทำให้สามารถออกแบบรูปร่างรูปทรงและขนาดได้อย่างอิสระ สามารถพาดช่วงได้กว้างขึ้นจากในอดีต อีกทั้งประหยัดวัสดุและมีราคาถูกกว่าโครงสร้างไม้จริง (Solid Wood) โครงสร้างไม้องค์ประกอบ เริ่มต้นเมื่อปีพ.ศ. 2443 ชาวเยอรมัน Otto Hetzer ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ “กรรมวิธีผลิตแผ่นไม้แปรรูปหลายชั้นประกอบกันด้วยกาวนม” (Casein Glue) ซึ่งได้แพร่หลายไปในประเทศข้างเคียงอย่างรวดเร็ว หนึ่งในประเทศที่ใช้กรรมวิธีนี้ได้แก่ ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ในปีพ.ศ.2456 ได้มีการใช้เทคนิคการก่อสร้างนี้กับหอคอยในมหาวิทยาลัยซูริค (Horayangkura, 2555) นอกจากนี้ยังมีอาคารอื่นที่ใช้โครงสร้างนี้ ซึ่งบางแห่งก็ยังคงใช้งานได้จนถึงปัจจุบัน ต่อมาเทคโนโลยีนี้ได้มีการแพร่ขยายสู่ประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา โดยเฉพาะในช่วงคริสศตวรรษที่ 20 เทคโนโลยีนี้พัฒนาขึ้นเป็นอย่างมาก ทำให้ประเทศแคนาดากลายเป็นประเทศที่มีอุตสาหกรรมไม้ประกอบอัดกาวที่ใหญ่ที่สุด มีโรงงานผลิตไม้ประมานประมาณ 40 แห่ง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ไม้โตเร็วหรือไม้เนื้ออ่อนเป็นหลัก เช่น ไม้เฟอร์ดักลาส (Douglas-fir) ไม้สปรูซ (Spruce) และไม้สน (Pine) นอกจากนั้นยังมีการใช้ไม้ใบกว้าง เช่น ไม้โอ็คขาว (White-oak) ไม้แดงแคลิฟอเนีย (California redwood) บ้างเล็กน้อย ต่อมาได้แพร่ขยายไปทั่วโลก ทั้งในสหภาพอัฟริกาใต้ ฟินแลนด์ อินเดีย นิวซีแลนด์ อังกฤษ เบลเยี่ยม ฮอลแลนด์ ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น โดยได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีจนเกิดเป็นวัสดุไม้ที่หลากหลายต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน (Forest Industry Organization, 2560) ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ภาพรวมประเภทไม้แปรรูปที่เป็นไม้ประกอบอัดกาวในปัจจุบัน
(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

1) ไม้ประกอบอัดกาว (Glued Laminate Timber/Glulam)

ไม้ประกอบอัดกาว คือ การนำไม้แปรรูปหลายแผ่น หนาประมาณ 1-2 นิ้ว มาประกบติดกันด้วยกาว โดยที่แผ่นไม้จะต้องวางซ้อนให้เสี้ยนไม้เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้สามารถออกแบบรูปร่างและขนาดได้ไม่จำกัด โดยความแข็งแรงของไม้ประกอบอัดกาวขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและคุณภาพของกาวที่ใช้ประสาน ดังนั้นกาวที่ใช้จะต้องทนน้ำ ทนความร้อน และมีแรงยึดเหนี่ยวสูง โครงสร้างขนาดใหญ่ของไม้ประกอบอัดกาวทำให้มีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักได้ดี ไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้า และมีความทนทานต่อเพลิงไหม้ เนื่องจากมีความต้านทานต่อความร้อนสูงทำให้การเผาไหม้เกิดช้าลง โครงสร้างไม้ประกอบอัดกาวนิยมใช้เป็นคาน จันทัน โครงแข็งเกร็ง (Portal Frame) และสามารถออกแบบให้มีรูปร่างโค้ง (Curve Laminated Wood หรือ Arch Rib) ได้โดยไม้แผ่นที่มาอัดติดกันนั้นจะต้องบางน้อยกว่า 1 นิ้ว หรืออาจใช้ไม้แผ่นที่บางถึง 1/8 นิ้ว เพื่อความสะดวกในการดัดโค้งจากคุณสมบัติที่กล่าวมา ทำให้ไม้ประกอบอัดกาวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงสร้างได้ เกือบทุกชนิด (จรัญพัฒน์ ภูวนันท์, 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

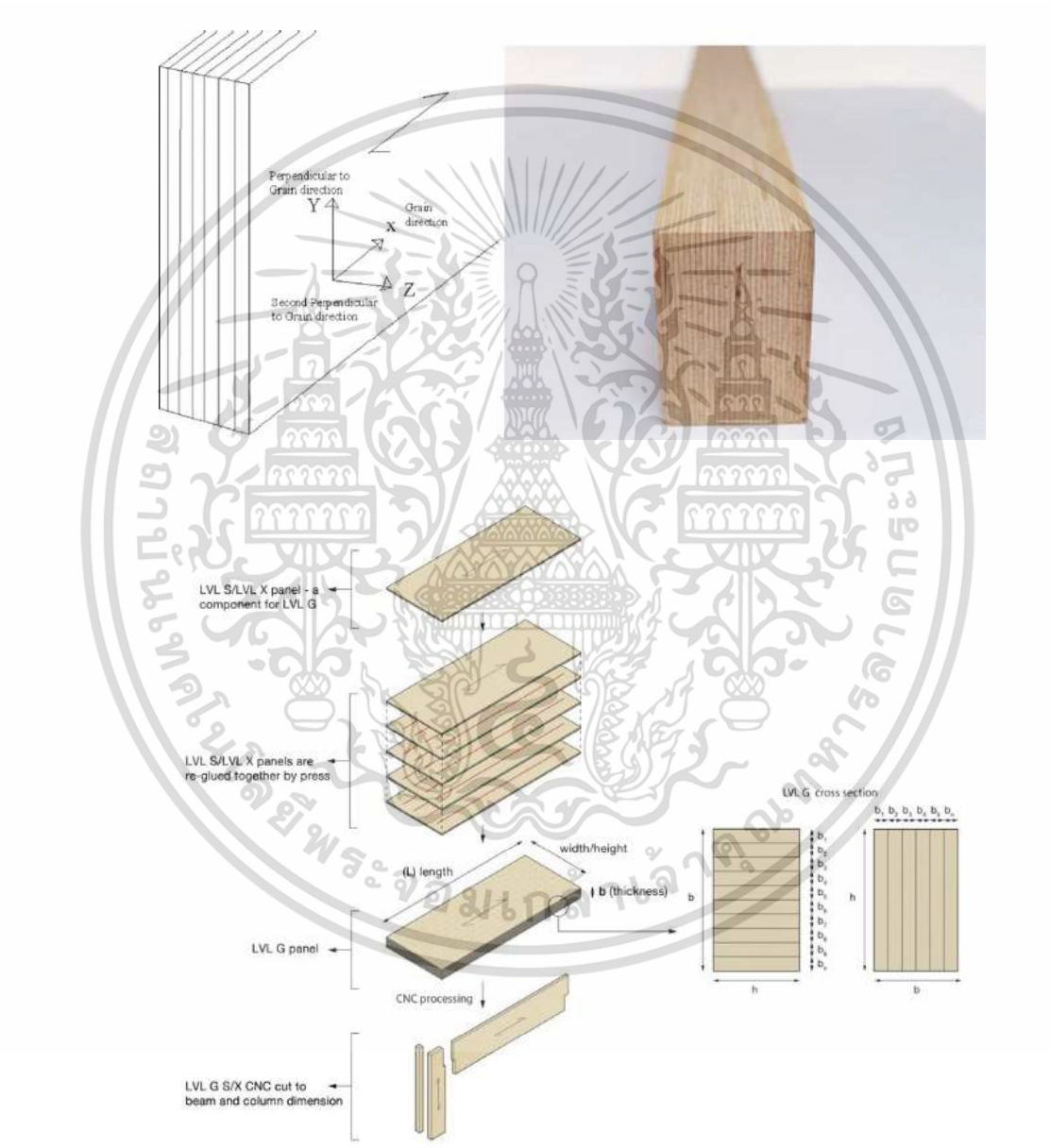
รูปที่ 2.2 ไม้ประกอบอัดกาว (Glulam)

(ที่มา : Stora Enso, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แผ่นไม้อัดบางประกอบอัดกาว (Laminated Veneer Lumber/LVL)

แผ่นไม้บางประกอบอัดกาวได้ถูกคิดค้นขึ้นในสหรัฐอเมริกา เมื่อปีพ.ศ. 2534 ประกอบไปด้วยแผ่นไม้อัดบางซ้อนกันโดยที่แต่ละแผ่นวางเสี้ยนไม้ให้เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจนสามารถใช้ทดแทนแผ่นคอนกรีตได้โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้ทดแทนความต้องการไม้ซุงขนาดใหญ่และเพิ่มความเป็นไปได้ทางเชิงเศรษฐกิจในการใช้ไม้จากป่าปลูกเพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยนิยมใช้ทำโครงสร้างเช่น คาน ตง และจันทัน (Vlosky, Smith, Blankenhorn, & Haas, 1994)



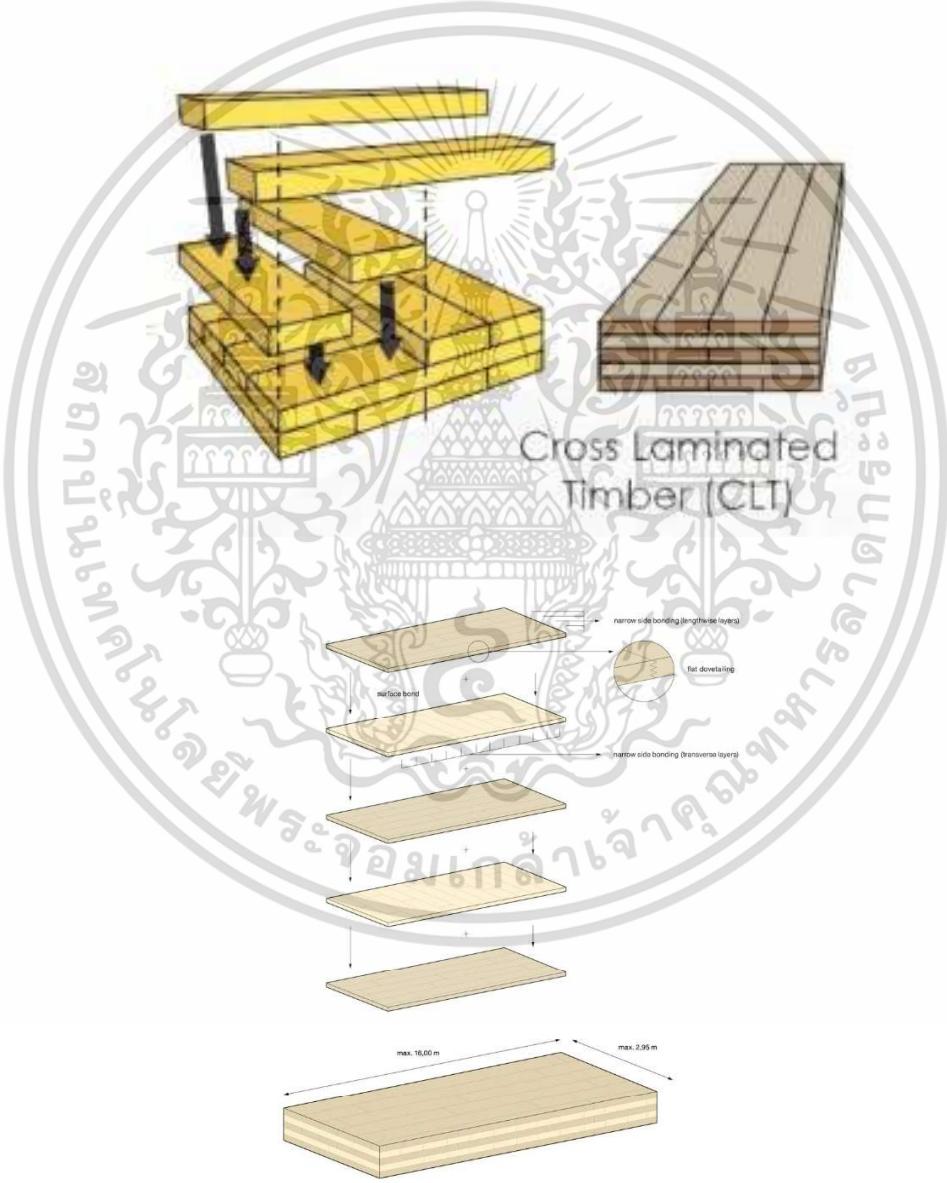
รูปที่ 2.3 ไม้อัดบางประกอบอัดกาว (Laminated Veneer Lumber/LVL)

(ที่มา : Stora Enso, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ไม้ลามิเนตแนวขวาง (Cross-Laminated Timber/CLT)

ไม้ลามิเนตแนวขวาง (Cross-Laminated Timber) เป็นเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญที่นำไปสู่รูปแบบการใช้ไม้เป็นโครงสร้างสำหรับอาคารสูง (Wood Skyscraper) เนื่องจากเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูง มีเสถียรภาพ และสามารถคาดการณ์พฤติกรรมของโครงสร้างได้เนื่องจากเป็นการเอาไม้ชิ้นเล็กมาซ้อนกันหลายชั้น ในทิศทางสลับเสี้ยนไม้ในแต่ละชั้นและใช้กาวเป็นตัวประสาน เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับไม้ชิ้นเล็ก ทำให้สามารถออกแบบรูปร่างรูปทรงและขนาดได้ตามความต้องการ ทั้งยังเป็นฉนวนป้องกันเสียงและสามารถต้านทานไฟได้ดี (Vlosky, Smith, Blankenhorn, & Haas, 1994)



รูปที่ 2.4 ไม้ครอสลามิเนต (Cross-Laminated Timber/CLT)
(ที่มา : Stora Enso, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ไม้แอลแอสแอล (Laminated strand Lumber/LSL)

ไม้แอลแอสแอล เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นไม้แปรรูปที่มีโครงสร้าง ซึ่งทำจากแผ่นไม้อัดไม้แห้งและคัดเกรด เส้นใยหรือสะเก็ดที่ซ้อนกันเป็นชั้นๆ และเชื่อมติดกันด้วยกาวทนความชื้นเป็นบล็อกขนาดใหญ่ที่เรียกว่าบิลเล็ต ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในกลุ่มนี้ (Vlosky, Smith, Blankenhorn, & Haas, 1994)

รูปที่ 2.5 ไม้แอลแอสแอล (Laminated strand Lumber/LSL)
(ที่มา : naturallywood, 2567)

5) ไม้พีแอสแอล (Parallel strand Lumber/PSL)

ไม้พีแอสแอล เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์ ไม้แปรรูปที่มีโครงสร้าง ซึ่ง ทำจากแผ่นไม้อัดไม้แห้งและเกรดแล้ว เส้นใย หรือสะเก็ดที่ซ้อนกันเป็นชั้นๆ และเชื่อมติดกันด้วยกาวทนความชื้นเป็นบล็อกขนาดใหญ่ที่เรียกว่าบิลเลตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ไม้แอลแอสแอล (LSL) และไม้แอลวีแอล (LVL) ในกรณีของไม้พีแอสแอล เส้นยาว (ยาวกว่าที่ใช้ใน LSL) จะถูกวางขนานกันตามยาว (Vlosky, Smith, Blankenhorn, & Haas, 1994)

รูปที่ 2.6 ไม้พีแอสแอล (Parallel strand Lumber/PSL)
(ที่มา: naturallywood, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ไม้เอ็นแอลที (Nail Laminated Timber/NLT)

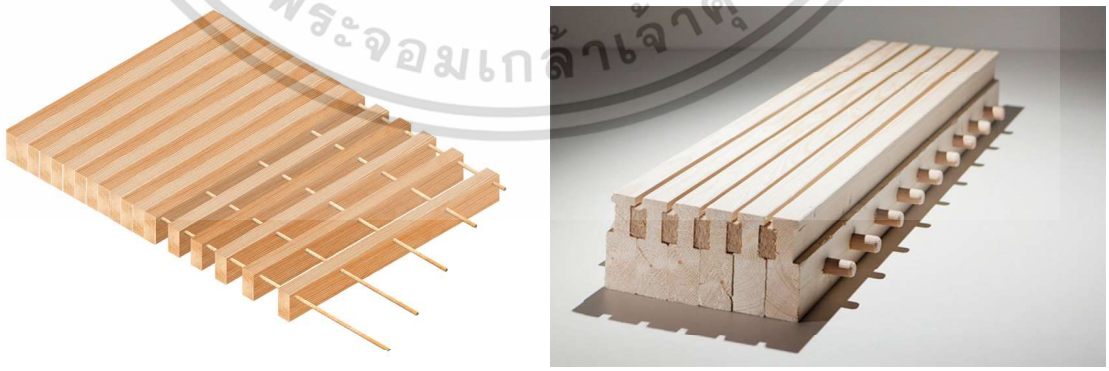
ไม้เอ็นแอลที ทำจากไม้แปรรูปวางซ้อนกันที่ขอบและยึดด้วยตะปูหรือสกรูบางครั้งเพื่อสร้างองค์ประกอบโครงสร้างที่มั่นคง (Vlosky, Smith, Blankenhorn, & Haas, 1994)

รูปที่ 2.7 ไม้เอ็นแอลที (Nail Laminated Timber/NLT)

(ที่มา: IMEG Newsletter, 2567)

7) ไม้ดีแอลที (Dowel Laminated Timber/DLT)

ไม้ดีแอลที มีอยู่ทั่วไปในยุโรป และกำลังได้รับความนิยมในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากใช้งานง่ายกับเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC) เช่น เครื่องกลึง และโรงสี และส่วนประกอบของไม้ทั้งหมดไม้ดีแอลที ข้อแตกต่างจากไท้เอ็นแอลที (NLT) คือแทนที่จะใช้ตะปูหรือสกรู ไม้ดีแอลทีจะใช้เดือยไม้เพื่อเชื่อมการ (Vlosky, Smith, Blankenhorn, & Haas, 1994)



รูปที่ 2.8 ไม้ดีแอลที (Dowel Laminated Timber/DLT)

(ที่มา: IMEG Newsletter, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ไม้เอ็มพีพี (Mass Plywood Panel/MPP)

ไม้เอ็มพีพี เป็นแผงไม้คอมโพสิตที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ ได้รับการออกแบบเป็นทางเลือกแทนไม้ลามิเนตแนวขวาง (CLT) ผลิตภัณฑ์ CLT ถูกนำมาใช้ในยุโรปมานานหลายทศวรรษเพื่อทดแทนการก่อสร้างคอนกรีต และเพิ่งถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างหลายชั้นในสหรัฐอเมริกา ไม้เอ็มพีพี เป็นแผงไม้อัดขนาดใหญ่ที่มีขนาดกว้างถึง 12 ฟุตและยาวถึง 48 ฟุต มีความหนาตั้งแต่ความหนาสูงสุด 24 นิ้ว แผงอาจปรับแต่งให้เหมาะกับโครงการเฉพาะได้ ความหนาอาจเพิ่มขึ้นทีละ 1 นิ้วเพื่อให้มีความแข็งแรงและประสิทธิภาพที่เหนือกว่า (Vlosky, Smith, Blankenhorn, & Haas, 1994)

รูปที่ 2. 9 ไม้เอ็มพีพี (Mass Plywood Panel/MPP)

(ที่มา: IMEG Newsletter, 2567)

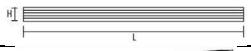
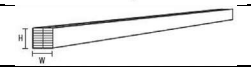
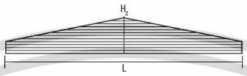
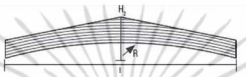
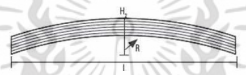
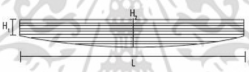
2.2.2 แนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในการโครงสร้างอาคารแบบต่างๆ

ไม้ประกอบอัดกาวในรูปแบบต่างๆ โดยมีส่วนต่างๆที่มีลักษณะความพิเศษที่ใช้ตามโครงสร้างที่ถูกออกแบบไว้ โดยมีการกำหนดลักษณะในการออกแบบที่มีช่วงพาด ความกว้าง ความสูงของหน้าตัดตามรูปแบบของโครงสร้าง โดยมีการสรุปดังนี้

1) Parallel Beams
2) Double Glued Beams
3) Pre-Cambered Beams
4) Pent Roof Beam
5) Sloped Beams with Straight Bottom Chord
6) Sloped Beams with Arched Bottom Chord
7) Curved Beams
8) Fish Beam
9) Trusses
10) Free Shapes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2. 1 ตารางสรุปโครงสร้างไม้ประกอบอัดกาวรูปแบบต่างๆในปัจจุบัน

Glulam – special components		Spans (m)	Width (mm.)	Height (mm.)
1) Parallel Beams		6-32.5	100-260	Max. 2,000
2) Double Glued Beams		6-32.5	280-480	Max. 2,000
3) Pre-Cambered Beams		6-32.5	100-260	1,000-1,840 L/300
4) Pent Roof Beam		6-32.5	100-260	H_2 Max. 2,000
5) Sloped Beams with Straight Bottom Chord		6-32.5	100-260	H_2 Max. 2,000
6) Sloped Beams with Arched Bottom Chord		6-32.5	100-260	H_2 Max. 4,500 R ≥ 8 m D = 4,000
7) Curved Beams		6-32.5	100-260	H_2 Max. 4,500 R ≥ 8 m D = 4,000
8) Fish Beam		6-32.5	100-260	H_2 Max. 2,000
9) Trusses		15-50	100-260	1,000-1,840 L/300
10) Free Shapes		6-32.5	100-260	R ≥ 8 m D = 400

(ที่มา : https://www.cltcrosslaminatedtimber.com, 2567)

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิด การใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในการก่อสร้างปัจจุบันทำให้ทราบว่าเทคนิคและการใช้ไม้ประกอบอัดกาว อาทิ โครงสร้างไม้ประกอบอัดกาว แผ่นไม้อัดบางประกอบอัดกาว ไม้ลามิเนตแนวขวาง ซึ่งจะนำมาศึกษาเพื่อพัฒนามาใช้ระบบคานสำหรับโครงสร้างของอาคาร

1) ประเภทของคานไม้ประกอบอัดกาว

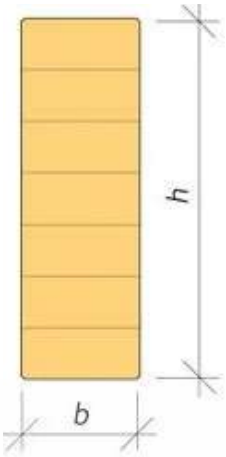
การแบ่งประเภทของคานไม้ประกอบอัดกาวสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ประเภทการแบ่งตามลักษณะการใช้วัสดุของคานไม้ประกอบอัดกาว และ การแบ่งตาม Strength classes for glulam โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1) ประเภทการแบ่งตามลักษณะการใช้วัสดุของคานไม้ประกอบอัดกาว

1.1.1) Homogeneous Glulam

คือ คานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้ไม้องค์ประกอบเกรดเหมือนกันในการประกอบเป็นคานไม้ประกอบอัดกาวโดยสัดส่วนไม้องค์ประกอบทุกชิ้นต้องมีขนาดเฉลี่ยเท่ากัน

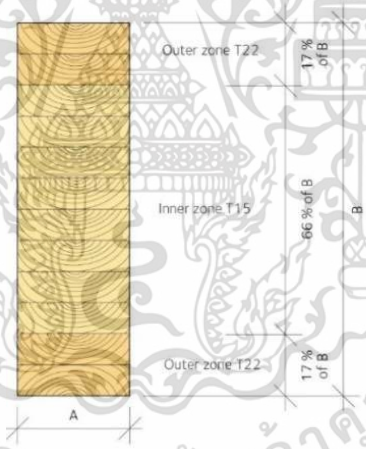
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 Homogeneous Glulam
(ที่มา : www.swedishwood.com, 2567)

1.1.2) Combined Glulam

คือ คานไม้ประกอบอัดที่ใช้ไม้องค์ประกอบเกรด ไม่เหมือนกันกันในการประกอบเป็นคานประกอบโดยวางสัดส่วน โดยวางให้ไม้องค์ประกอบส่วนที่แข็งแรงกว่าอยู่ขอบนอกคาน ดังรูป



รูปที่ 2.11 Combined Glulam
(ที่มา : www.swedishwood.com, 2567)

1.2) ประเภทการแบ่งตาม Strength classes for glulam

โดยอ้างอิงจาก The Swedish Forest Industries Federation, 2024. ที่ใช้มาตรฐานของ EN ในการกำหนดประเภทของคานไม้ประกอบอัดกาว โดยกำหนดชื่อ ตามความแข็งแกร่งต่อการแอ่น ของคานไม้ประกอบอัดกาวท่อนนั้นๆ ตัวอย่างเช่น GL20h หมายถึง คานไม้ประกอบอัดกาว ที่มีความแข็งแกร่งต่อการแอ่น อยู่ที่ 20 และ h มาจาก Homogeneous Glulam เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คลาสความแข็งแกร่งของคานไม้ประกอบอัดกาว

Strength Class	Bending Strength	Tensile Strength Parallel to the grain	Tensile Strength Perpendicular to the grain	Compression Strength Parallel to the	Compression Strength	Shear Strength	Modules of Elasticity			Shear Modulus	Characteristic Density Kg/m³
							Mean Parallel to the grain	Fifth percentile Parallel to the grain	Mean Perpendicular to the grain		
GL20h	20	16	0.5	20	2.5	3.5	8400	700	300	650	370
GL24h	24	19.2		24			11500	9600			420
GL28h	28	22.3		28			12600	10500			460
GL30h	30	24		30			13600	11300			480
GL32h	32	25.5		32			14200	11800			490

(ที่มา : https://www.swedishwood.com,2567)

โดยมีค่ามาตรฐานจากโรงงานที่อ้างอิงมาตรฐาน EN ในการกำหนดคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยเป็น Technical Data ให้เป็นมาตรฐานในการเลือกใช้งานให้มีความเหมาะสมตามการใช้งานต่างๆในโครงสร้างอาคาร

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลทางเทคนิคของคานไม้ประกอบอัดกาว

	GL 24	GL 28	GL 30	GL 32
Assembly	Combined (c) / homogeneous (h)			
Wood Species	Spruce			
Manufacture	In accordance with EN 14080			
Moisture content	9 -14 %			
Mechanical grading	In accordance with EN 14081-3			
Lamella thickness	40 mm.			
Gluing	Modified melamine resin, light, non-darkening joints			
Surface quality	planed on 4 sides, chamfered edges, visible quality, industrial quality			
Packaging	in packets, can be individually wrapped on request			
External monitoring	Holzforschung Austria			
Calculatory combustion behavior	0.7 mm./min			
Fire Behavior	D-s2, d0			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

Dimension tolerance	width ± 2 mm. height ± 2 mm. length ± 0.1%
Change in shape	Axially: 0.01-0.02% per % change in moisture content Radially: 0.19 % per % change in moisture content Tangentially: 0.34% per % change in moisture content
Heat conductivity	0,13 W/mk
Water vapor resistance coefficient	μ = 40

(ที่มา:https://www.swedishwood.com, 2567)

ตารางที่ 2.4 ค่าเฉพาะของคานไม้ประกอบอัดกาวตามมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013

Component	Combined glulam				Homogeneous glulam			
Strength class	GL24c	GL28c	GL30c	GL32c	GL24h	GL28h	GL30h	GL32h
Strength Values(N/mm.^{2})								
Deflection	24	28	30	32	24	28	30	32
Tension: parallel	17	19,5	19,5	19,5	19,2	22,3	24	25,6
Tension: at right angles	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Pressure: Parallel	21,5	24	24,5	24,5	24	28	30	32
Strength Values(N/mm.^{2})								
MOE: parallel	11,000	12,500	13,000	13,500	11,500	12,600	13,600	14,200
MOE: at right angles	300	300	300	300	300	300	300	300
Shear modulus:	650	650	650	650	650	650	650	650

(ที่มา : https://www.swedishwood.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

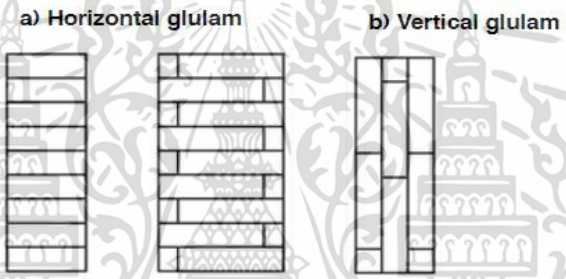
2) การจัดเรียงไม้องค์ประกอบของคานไม้ประกอบอัดกาว

การจัดเรียงไม้องค์ประกอบของคานไม้ประกอบอัดกาว เป็นแนวทางการจัดเรียงไม้องค์ประกอบสำหรับคานไม้ประกอบอัดกาวในคานแบบง่ายเท่านั้น ในงานวิจัยนี้จากการศึกษาพบว่าการจัดเรียงไม้องค์ประกอบของคานไม้ประกอบอัดกาว สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ การจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวแบบตามแนวแกน และการจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวตามการวางของไม้องค์ประกอบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1) การจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวแบบตามแนวแกน

2.1.1) Horizontal Glulam คือ คานไม้ประกอบอัดกาวที่วางไม้องค์ประกอบซ้อนทับกันในแนวแกนตั้ง ขนานกับความสูงหน้าตัด และตั้งฉากกับแกนนอน หรือความกว้างของหน้าตัด

2.2.2) Vertical Glulam คือ คานไม้ประกอบอัดกาวที่วางไม้องค์ประกอบซ้อนทับกันในแนวแกนตั้ง แกนนอน หรือความกว้างของหน้าตัด และตั้งฉากกับความสูงหน้าตัด



รูปที่ 2. 12 การจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวแบบตามแนวแกน

(ที่มา : Levi Huffman, 2567)

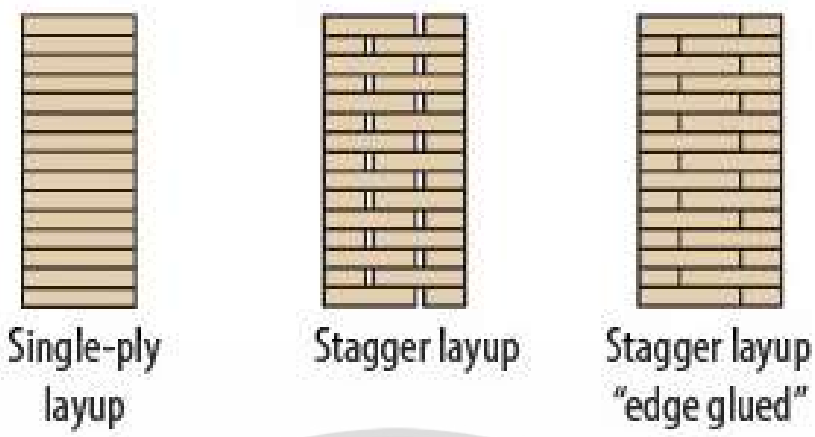
2.2) การจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวตามการวางของไม้องค์ประกอบ

2.2.1) Single-Ply Lay out คือ การวางไม้องค์ประกอบซ้อนทับแบบแถวเดี่ยวในคานไม้ประกอบอัดกาว

2.2.2) Stagger Layup คือ การวางไม้องค์ประกอบซ้อนทับแบบสลับในคานไม้ประกอบอัดกาวโดยเว้นช่องว่างเล็กน้อยระหว่างชิ้น

2.2.3) Stagger Layup (Edge Glued) คือ การวางไม้องค์ประกอบซ้อนทับแบบสลับในคานไม้ประกอบอัดกาวโดยติดกาวชิดสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การจัดเรียงคานไม้ประกอบอัดกาวตามการวางของไม้องค์ประกอบ

(ที่มา : Levi Huffman, 2567)

3) ขนาดหน้าตัดของคานไม้ประกอบอัดกาว

ขนาดหน้าตัดของคานไม้ประกอบอัดกาวโดยอ้างอิงจาก Buckland Timber Ltd ที่ใช้มาตรฐานของ EN โดยมีการศึกษาระยะพาดช่วง (Span) และ ระยะกึ่งกลางคานถึงกึ่งกลางคานมาใช้หา ขนาดหน้าตัดของคานไม้ประกอบอัดกาว โดย แบ่งเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งานและ Load ที่ต้องรับแรง คือ คานพื้น และ คานหลังคา

ตารางที่ 2.5 สรุปขนาดหน้าตัดของคานไม้ประกอบอัดกาว

Estimated Section Size for Gl24h in mm.												
	ตัวอย่างสำหรับ คานพื้น						ตัวอย่าง สำหรับ คานหลังคา					
	ระยะกึ่งกลางถึงกึ่งกลางของคาน						ระยะกึ่งกลางถึงกึ่งกลางของคาน					
ระยะพาดช่วง (m)	2	2.5	3	3.5	4	4.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
3.5	140 x 200	140 x 240	140 x 240	140 x 240	140 x 280	140 x 280	140 x 200	140 x 200	140 x 200	140 x 200	140 x 240	140 x 240
4	140 x 240	140 x 240	140 x 280	140 x 280	140 x 320	140 x 320	140 x 240	140 x 240	140 x 240	140 x 240	140 x 280	140 x 280
4.5	140 x 280	140 x 280	140 x 320	140 x 320	180 x 320	180 x 320	140 x 240	140 x 240	140 x 280	140 x 280	140 x 280	140 x 280
5	140 x 320	140 x 320	140 x 320	140 x 360	140 x 360	140 x 360	140 x 240	140 x 280	140 x 280	140 x 320	140 x 320	140 x 320
5.5	140 x 360	140 x 360	180 x 320	180 x 360	180 x 400	180 x 280	140 x 280	140 x 320	140 x 320	140 x 320	140 x 360	140 x 360
6	140 x 360	140 x 360	180 x 360	180 x 400	180 x 400	180 x 400	140 x 320	140 x 320	140 x 360	140 x 360	140 x 400	140 x 400
6.5	180 x 360	180 x 360	180 x 400	180 x 400	180 x 440	180 x 440	140 x 320	140 x 360	140 x 360	140 x 400	140 x 440	140 x 440
7	180 x 360	180 x 400	180 x 440	180 x 440	180 x 480	180 x 480	140 x 360	140 x 360	140 x 400	140 x 440	140 x 480	140 x 480

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

7.5	180 x 400	180 x 440	180 x 440	180 x 480	180 x 520	180 x 520	140 x 360	140 x 400	140 x 440	140 x 440	140 x 480	140 x 480
8	180 x 440	180 x 440	180 x 480	180 x 520	180 x 560	180 x 560	140 x 400	140 x 440	140 x 440	140 x 480	140 x 480	140 x 480
8.5	180 x 440	180 x 480	180 x 520	180 x 560	180 x 600	180 x 600	140 x 440	140 x 440	180 x 440	180 x 480	180 x 520	180 x 520
9	180 x 480	180 x 520	180 x 560	180 x 560	180 x 600	180 x 600	140 x 440	140 x 480	180 x 480	180 x 480	180 x 520	180 x 520
9.5	180 x 520	180 x 520	180 x 560	180 x 600	240 x 600	240 x 600	180 x 440	180 x 480	180 x 520	180 x 520	180 x 560	180 x 560
10	180 x 520	180 x 560	240 x 560	240 x 560	240 x 640	240 x 640	180 x 440	180 x 480	180 x 520	180 x 560	180 x 600	180 x 600
10.5	240 x 520	240 x 560	240 x 560	240 x 600	240 x 640	240 x 640	180 x 480	180 x 520	180 x 560	180 x 560	180 x 640	180 x 640
11	240 x 520	240 x 560	240 x 600	240 x 640	240 x 680	240 x 680	180 x 520	180 x 560	180 x 600	180 x 600	180 x 640	180 x 640
11.5	240 x 560	240 x 600	240 x 640	240 x 640	240 x 720	240 x 720	180 x 520	180 x 560	180 x 600	180 x 640	180 x 680	180 x 680
12	240 x 560	240 x 600	240 x 600	240 x 680	240 x 760	240 x 760	180 x 560	180 x 600	180 x 640	180 x 680	180 x 720	180 x 720
12.5	240 x 600	240 x 640	240 x 680	240 x 720	240 x 760	240 x 760	180 x 560	180 x 600	180 x 640	180 x 680	180 x 720	180 x 720
13	240 x 600	240 x 680	240 x 680	240 x 720	240 x 800	240 x 800	180 x 600	180 x 640	180 x 680	180 x 720	180 x 760	180 x 760

(ที่มา : https://www.swedishwood.com ,2567)

4) ระยะพาดช่วงของคานไม้ประกอบอัดกาว

ระยะพาดช่วงของคานไม้ประกอบอัดกาวโดยอ้างอิงจาก Buckland Timber Ltd. ที่ใช้มาตรฐานของ EN โดยมีการศึกษา ช่วงกว้างของแรงที่กระทำต่อคาน (Load Width) ในคานอย่างง่าย และ ขนาดหน้าตัดของคานไม้ประกอบอัดกาว มาใช้เทียบหา ระยะพาดช่วง

ตารางที่ 2.6 ตารางระยะพาดช่วงของคานไม้ประกอบอัดกาว

TABLE SHOWING SPAN IN M FOR VARYING SIZES AND LOADS - Glued Laminated Timber – GL24h												
Section	พื้น						หลังคา					
ขนาด (mm.)	Load Width of Beam Centres (m)						Load Width of Beam Centres (m)					
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
100 x 160	2.58	2.40	2.25	2.14	2.04	1.97	3.01	2.79	2.63	2.49	2.39	2.30
100 x 200	3.22	3.00	2.81	2.67	2.56	2.46	3.76	3.49	3.29	3.12	2.99	2.87
100 x 240	3.86	3.60	3.37	3.21	3.07	2.95	4.51	4.19	3.95	3.75	3.58	3.44
100 x 280	4.51	4.20	3.93	3.74	3.58	3.44	5.26	4.89	4.60	4.37	4.18	4.02
100 x 320	5.15	4.80	4.49	4.27	4.09	3.93	6.01	5.59	5.25	4.98	4.78	2.60
120 x 200	3.42	3.18	2.99	2.84	2.72	2.61	4.00	3.71	3.49	3.30	3.17	3.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

120 x 240	4.11	3.81	3.59	3.40	3.26	3.14	4.80	4.45	4.19	3.96	3.81	3.66
120 x 280	4.80	4.44	4.19	3.95	3.80	3.66	5.60	4.19	4.89	4.62	4.44	4.27
120 x 320	5.48	5.07	4.79	4.52	4.35	4.18	6.40	5.93	5.59	5.28	5.08	4.88
120 x 360	6.17	5.70	5.39	5.08	4.89	4.71	7.20	6.67	6.29	5.94	5.72	5.49
140 x 200	3.60	3.35	3.15	2.99	2.86	2.75	4.21	3.91	3.68	3.49	3.34	3.21
140 x 240	4.32	4.02	3.77	3.58	3.44	3.30	5.05	4.69	4.41	4.18	4.01	3.86
140 x 280	5.04	4.69	4.39	4.17	3.99	3.85	5.89	5.47	5.14	4.87	4.68	4.50
140 x 320	5.76	5.36	5.03	4.78	4.57	4.40	6.73	6.25	5.88	5.57	5.35	5.14
140 x 360	6.48	6.03	5.66	5.38	5.15	4.95	7.57	7.03	6.62	6.27	6.02	5.79
140 x 400	7.20	6.70	6.29	5.98	5.73	5.50	8.41	7.81	7.35	6.97	6.69	6.43
140 x 440	7.92	7.37	6.92	6.57	6.30	6.05	9.25	8.59	8.10	7.68	7.36	7.08
160 x 200	3.76	3.50	3.29	3.13	2.99	2.88	4.40	4.08	3.85	3.64	3.49	3.36
160 x 240	4.52	4.20	3.95	3.75	3.59	3.45	5.28	4.90	4.62	4.38	4.19	4.03
160 x 280	5.28	4.90	4.61	4.37	4.18	4.02	6.16	5.72	5.39	5.11	4.88	4.69
160 x 320	6.04	5.60	5.26	4.97	7.78	4.60	7.04	6.54	6.16	5.84	5.58	5.37
160 x 360	6.80	6.30	5.92	5.59	5.38	5.17	7.92	7.36	6.93	6.57	6.28	6.04
160 x 400	7.56	7.00	6.58	6.21	5.98	5.75	8.80	8.18	7.70	7.31	6.98	6.71
160 x 440	8.32	7.70	7.25	6.84	6.59	6.32	9.68	9.00	8.47	8.04	7.67	7.39
160 x 480	9.08	8.40	7.90	7.45	7.17	6.89	10.56	9.81	9.24	8.76	8.37	8.05
180 x 240	4.70	4.37	4.11	3.90	3.73	3.59	5.50	5.10	4.80	4.54	4.36	4.19
180 x 280	5.48	5.09	4.80	4.55	4.35	4.19	6.40	5.95	5.60	5.31	5.09	4.89
180 x 320	6.26	5.81	5.48	5.19	4.98	4.79	7.32	6.80	6.40	6.07	5.82	5.59
180 x 360	7.06	6.53	6.17	5.82	5.60	5.39	8.24	7.65	7.20	6.82	6.54	6.28
180 x 400	7.84	7.25	6.85	6.46	6.22	5.99	9.15	8.50	8.00	7.59	7.27	6.99
180 x 440	8.62	7.97	7.54	6.85	6.85	6.59	10.08	9.35	8..80	8.33	8.00	7.67
180 x 480	9.40	8.69	8.23	7.47	7.47	7.17	10.97	10.20	9.60	9.11	8.73	8.39
180 x 520	10.18	9.50	8.91	8.49	8.10	7.78	11.88	11.05	10.40	9.88	9.45	9.09

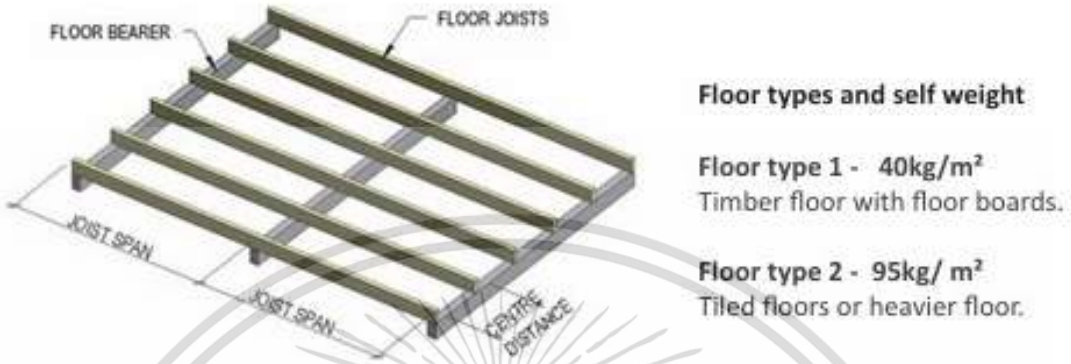
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

โดยระยะพาดช่วงสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งานของคานนั้นๆในโครงสร้างต่างๆ อ้างอิง Buckland Timber Ltd. ที่ใช้มาตรฐานของ EN ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1) Floor Loads Only

(1) Floor Joists Supporting Floor Loads Only 1



รูปที่ 2.14 Floor Joists Supporting Floor Loads Only 1
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

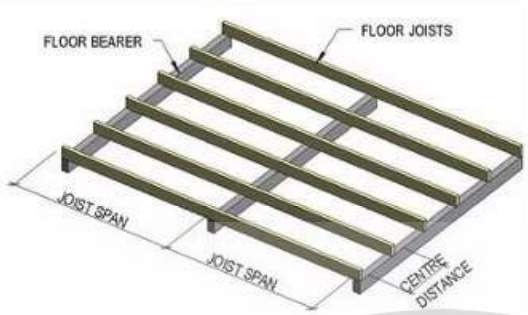
ตารางที่ 2.7 Single Span floor joists Glulam quality GL28c

	Floor type 1 (40 kg/m^2)				Floor type 2 (95 kg/m^2)			
Spacing	s300	s450	s600	s900	s300	s450	s600	s900
Member size BxD	Maximum allowed span -single spans (mm.)							
35x120	2400	2150	1950	1700	2250	2000	1800	1500
35x140	2700	2550	2300	2000	2650	2300	2100	1750
35x190	3500	3450	3100	2700	3500	3100	2850	2400
45x140	2900	2750	2500	2220	2900	2500	2300	2000
45x190	3700	3750	3400	2950	3700	3400	3100	2700
45x240	4550	4700	4250	3700	4550	4300	3900	3400
45x290	5300	5600	5150	4500	5350	5150	4700	4100
70x90	2200	2050	1850	1600	2150	1900	1700	1500
70x140	3150	3200	2900	2550	3150	2900	2650	2300
70x190	4100	4300	3950	3400	4100	3950	3600	3150
70x240	5000	5250	4950	4300	5000	4950	4500	3950
70x290	5900	6150	5950	5200	5900	5900	5450	4700
70x340	6750	6700	6600	6000	6800	6700	6200	5500

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) Floor Joists Supporting Floor Loads Only 2



Floor types and self weight

Floor type 1 - 40kg/m²
Timber floor with floor boards.

Floor type 2 - 95kg/ m²
Tiled floors or heavier floor.

รูปที่ 2.15 Floor Joists Supporting Floor Loads Only 2
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

ตารางที่ 2.8 Continuous span floor joists. Glulam quality GL28c.

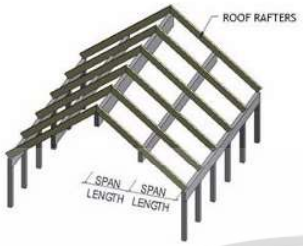
	Floor type 1 (40 kg/m^2)			Floor type 2 (95 kg/m^2)		
Spacing	s300	s450	s600	s300	s450	s600
Member size BxD	Maximum allowed span -single spans (mm.)					
35x120	2400	2500	2200	2400	2300	1800
35x140	2750	2850	2550	2750	2750	2100
35x190	3500	3700	3400	3500	3700	2850
45x140	2900	3050	2900	2900	3000	2700
45x190	3700	3900	3900	3700	3900	3650
45x240	4550	4750	4900	4550	4750	4500
45x290	5350	5600	5750	5300	5600	5500
70x90	2200	2350	2150	2200	2250	2050
70x140	3150	3350	3350	3150	3350	3100
70x190	4050	4300	4400	4100	4300	4300
70x240	5000	5250	5400	5000	5250	5400
70x290	5900	6150	6350	5850	6150	6200
70x340	6750	6700	6600	6800	7050	7100

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2) Roof Load Only

(1) Roof Rafters 38° Supporting Roof Load Only



Roof types and self weight

Roof type 1 - 40kg/m²
Sheet roof with ceiling

Roof type 2 - 75kg/ m²
Tiled roof with ceiling

รูปที่ 2.16 Roof Rafters 38° Supporting Roof Load Only
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

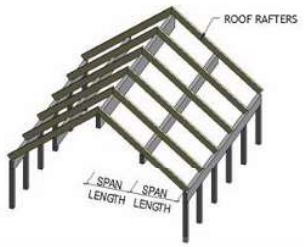
ตารางที่ 2.9 Roof Rafters 38° single and continuous span. Glulam quality GL28c.

Roof load width (mm.)		450	600	900	1200	450	600	900	1200
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Single Span (mm.)				Maximum Continuous Span (mm.)			
35x120	0,40	2600	2400	2050	1900	3150	2900	2500	2200
	0,75	2300	2100	1800	1600	2800	2550	2200	1950
35x140	0,40	3050	2750	2400	2200	3400	3100	2700	2450
	0,75	2700	2450	2100	1900	3000	2700	2350	2100
35x190	0,40	3800	3450	3050	2750	3800	3500	3050	2800
	0,75	3500	3200	2800	2550	3350	3050	2700	2450
45x140	0,40	3300	3000	2600	2400	4200	3850	3300	2950
	0,75	2900	2650	2300	2100	3750	3400	2900	2600
45x190	0,40	4300	4000	3550	3200	4800	4400	3850	3500
	0,75	3900	3600	3150	2850	4250	3850	3400	3050
45x240	0,40	5100	4700	4200	3800	5200	4800	4200	3850
	0,75	4600	4300	3850	3500	4600	4200	3700	3350
45x290	0,40	5500	5000	4450	4000	5550	5050	4500	4100
	0,75	5100	4650	4100	3750	4850	4450	3900	3550
70x140	0,40	3750	3400	3050	2750	4700	4400	4000	3700
	0,75	3300	3050	2700	2450	4300	4050	3600	3520
70x190	0,40	4750	4450	4050	3750	5800	5500	5000	4650
	0,75	4350	4000	3600	3300	5350	5050	4550	4250
70x240	0,40	5600	5250	4800	4500	6900	6500	5900	5500
	0,75	5100	4800	4350	4100	7900	6000	5450	5000
75x290	0,40	6400	6000	5500	5150	7250	7500	6800	6250
	0,75	5900	5550	5050	4700	8700	6700	5950	5400
75x340	0,40	7200	6750	6200	5800	7600	8100	7200	6550
	0,75	6600	6200	5650	5250	7600	7000	6250	5700

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) Roof Rafters 32,5° Supporting Roof Load Only



Roof types and self weight

Floor type 1 - 40kg/m²
Sheet roof with ceiling

Floor type 2 - 75kg/ m²
Tiled roof with ceiling

รูปที่ 2.17 Roof Rafters 32,5° Supporting Roof Load Only
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

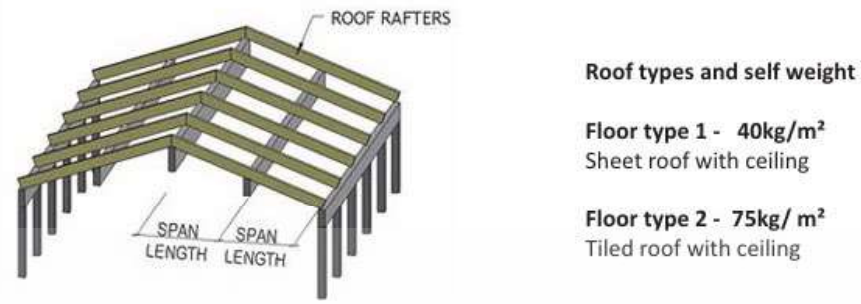
ตารางที่ 2.10 Roof Rafters 32,5° single and continuous span. Glulam quality GL28c.

Roof load width (mm.)		450	600	900	1200	450	600	900	1200
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Single Span (mm.)				Maximum Continuous Span (mm.)			
35x120	0,40	2800	2550	2250	2000	3400	3050	2600	2350
	0,75	2450	2250	1950	1800	3000	2700	2300	2050
35x140	0,40	3300	2950	2600	2400	3600	3300	2850	2550
	0,75	2900	2600	2300	2100	3200	2900	2500	2250
35x190	0,40	4000	3650	3200	2900	4050	3700	3250	2950
	0,75	3700	3350	2950	2700	3550	3250	2850	2600
45x140	0,40	3550	3200	2850	2600	4500	4050	3500	3150
	0,75	3150	2850	2450	2250	4000	3600	3100	2800
45x190	0,40	4550	4250	3800	3450	5100	4650	4100	3700
	0,75	4150	3800	3350	3050	4500	4150	3600	3250
45x240	0,40	5400	5000	4450	4050	5500	5100	4450	4050
	0,75	4900	4600	4050	3700	4850	4450	3900	3600
45x290	0,40	5850	5350	4700	4300	5850	5350	4750	4300
	0,75	5400	4900	4300	3950	5150	4750	4150	3800
70x140	0,40	4050	3750	3300	3000	5000	4700	7250	3950
	0,75	3600	3250	2900	2650	4550	4250	3850	3500
70x190	0,40	5000	4700	4300	4000	6200	5850	5300	4950
	0,75	4600	4250	3850	3500	5700	5350	4850	4500
70x240	0,40	5950	5550	5100	4750	7350	6900	6300	5900
	0,75	5450	5100	4650	4350	6750	6350	5750	5300
75x290	0,40	6750	6350	5850	5450	8350	7900	7200	6500
	0,75	6250	5850	5300	4950	7700	7150	6300	5750
75x340	0,40	7600	7100	6550	6150	9250	8500	7500	6900
	0,75	7000	6550	5950	5600	8050	7450	6650	6100

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) Roof Rafters 20° Supporting Roof Load Only



รูปที่ 2.18 Roof Rafters 20° Supporting Roof Load Only
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

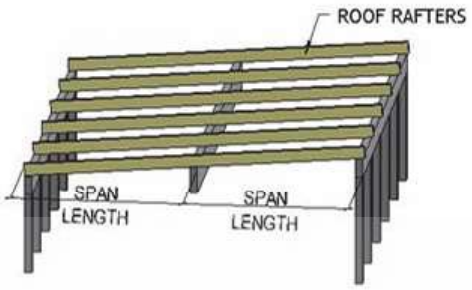
ตารางที่ 2.11 Roof Rafters 20° single and continuous span. Glulam quality GL28c.

Roof load width (mm.)		450	600	900	1200	450	600	900	1200
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Single Span (mm.)				Maximum Continuous Span (mm.)			
35x120	0,40	3400	3100	2750	2500	4100	3750	3250	2900
	0,75	2950	2650	2300	2100	3300	3000	2550	2300
35x140	0,40	3900	3650	3200	2900	4350	4000	3500	3150
	0,75	3400	3100	2700	2450	3550	3250	2800	2500
35x190	0,40	4900	4500	4000	3450	4800	4400	3900	3550
	0,75	4100	3750	3300	3000	3950	3650	3200	2900
45x140	0,40	4200	3800	3450	3150	5200	4900	4650	3900
	0,75	3700	3350	2950	2650	4450	4000	3450	3050
45x190	0,40	5250	4950	4450	4150	6100	5600	4950	4500
	0,75	4700	4250	3950	3650	5050	4600	4050	3650
45x240	0,40	6200	5750	5300	4950	6500	6000	5350	4900
	0,75	5450	5100	4550	4150	5450	5000	4400	4000
45x290	0,40	7000	6500	5800	5300	6850	6350	5650	5200
	0,75	5950	5450	4800	4350	5750	5300	4650	4250
70x140	0,40	4600	4350	4000	3650	5800	5400	4950	4600
SS	0,75	4150	3900	3400	3100	5200	4850	4400	4100
70x190	0,40	5800	5450	4950	4600	7100	6750	6150	5750
	0,75	5150	4800	4400	4100	6450	6050	5500	5100
70x240	0,40	6850	6400	5900	5500	8500	8000	7250	6800
	0,75	6050	5750	5250	4900	7650	7100	6450	5900
75x290	0,40	7800	7300	6700	6300	9650	9100	8350	7850
	0,75	7000	6550	6050	5600	8650	8000	7100	6450
75x340	0,40	8700	8200	7550	7100	10500	9800	8900	8200
	0,75	7900	7350	6750	6350	9000	8350	7450	6800

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) Roof Rafters 5° Supporting Roof Load Only



Roof types and self weight

Floor type 1 - 40kg/m²
Sheet roof with ceiling

Floor type 2 - 75kg/ m²
Tiled roof with ceiling

รูปที่ 2.19 Roof Rafters 5° Supporting Roof Load Only
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

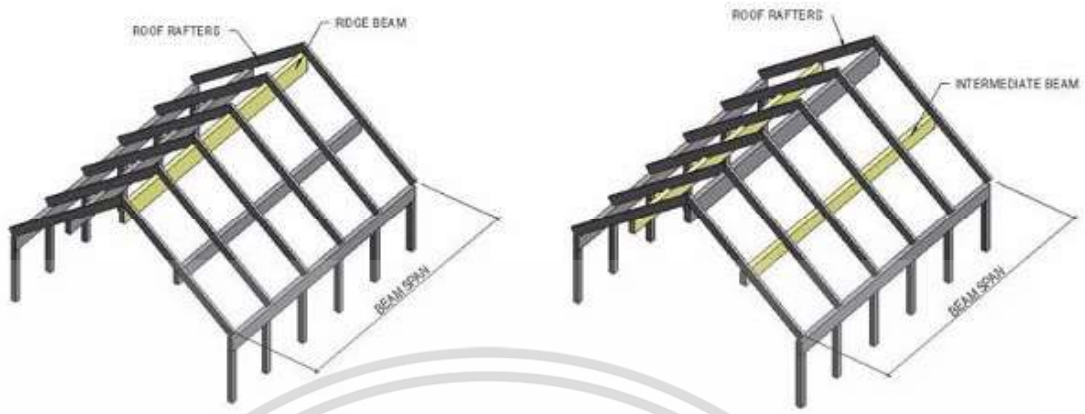
ตารางที่ 2.12 Roof Rafters 5° single and continuous span. Glulam quality GL28c

Roof load width (mm.)		450	600	900	1200	450	600	900	1200
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Single Span (mm.)				Maximum Continuous Span (mm.)			
35x120	0,40	4000	3600	3250	2900	4400	4000	3500	3100
	0,75	3300	3000	2600	2400	3550	3200	2750	2400
35x140	0,40	4500	4150	3700	3400	4650	4300	3750	3400
	0,75	3800	3500	3000	2700	3800	3500	3000	2700
35x190	0,40	5200	4750	4150	3800	5200	4750	4200	3850
	0,75	4300	3900	3400	3100	4300	3900	3400	3150
45x140	0,40	4750	4450	4050	3700	5800	5300	4650	4150
	0,75	4100	3800	3300	3000	4700	4250	3650	3250
45x190	0,40	5900	5500	5000	4700	6500	6000	5350	4850
	0,75	5100	4800	4300	3900	5450	5000	4350	3900
45x240	0,40	6850	6400	5750	5250	7000	6500	5750	5250
	0,75	5850	5350	4750	4300	5850	5400	4750	4350
45x290	0,40	7350	6750	6050	5550	7400	6800	6100	5600
	0,75	6200	5650	5000	4600	6150	5700	5000	4600
70x140	0,40	5200	4900	4450	4200	6450	6100	5500	5200
	0,75	4550	4200	3850	3500	5650	5300	4800	4400
70x190	0,40	6450	6100	5600	5200	8000	7500	6900	6450
	0,75	5600	5300	4850	4500	7000	6600	6000	5500
70x240	0,40	7550	7200	6600	6200	9400	8900	8200	7700
	0,75	6700	6250	5750	5350	8300	7800	7000	6300
75x290	0,40	8600	8100	7550	7100	10700	10100	9200	8400
	0,75	7600	7200	6600	6150	9300	8600	7600	6900
75x340	0,40	9600	9100	8400	7900	11200	10500	9600	8800
	0,75	8500	8000	7400	6900	9600	9000	8000	7300

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) Ridge Beam And Intermediate Roof Beam



รูปที่ 2.20 Ridge Beam And Intermediate Roof Beam

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

ตารางที่ 2.13 Ridge beams and intermediate roof beams. Glulam quality GL28c

Roof load width (mm.)		1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Single Span (mm.)								
45x140	0,40	2700	2450	2250	2100	2000	1900	1850	1750	1700
	0,75	2200	2000	1850	1750	1500	-	-	-	-
45x190	0,40	3650	3300	3050	2850	2750	2600	2500	2400	2300
	0,75	3000	2750	2500	2350	2050	1800	1600	-	-
45x240	0,40	4550	4150	3850	3650	3450	3300	3150	3050	2900
	0,75	3800	3400	3150	2950	2600	2300	2050	1850	1650
45x290	0,40	4900	4500	4200	3950	3750	3600	3450	3350	3200
	0,75	4000	3700	3400	3200	3050	2750	2450	2200	2000
70x140	0,40	3100	2850	2600	2450	2350	2250	2150	2050	1950
	0,75	2600	2350	2150	2050	1950	1850	1750	1650	1500
70x190	0,40	4200	3800	3350	3350	3150	3050	2900	2800	2650
	0,75	3500	3200	2950	2750	2600	2500	2400	2200	2000
70x240	0,40	5250	4750	4500	4200	4000	3800	3700	3550	3400
	0,75	4400	4000	3700	3500	3300	3150	3050	2850	2600
75x290	0,40	6200	5750	5400	5050	4800	4600	4400	4250	4100
	0,75	5300	4800	4500	4200	4000	3800	3650	3450	3150
75x340	0,40	7000	6500	6200	5850	5600	5400	5200	5000	4850
	0,75	6100	5650	5250	4950	4700	4500	4300	4100	3700

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3) Veranda Beam

(1) Veranda Beam Single Span

รูปที่ 2.21 Veranda Beam Single Span

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

ตารางที่ 2.14 Veranda beams single span. Glulam quality GL28c.

Roof load width (mm.)		1500	2400	3000	4500	5000	6000
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Single Span (mm.)					
35x120	0,40	2250	1900	1750	1550	1500	-
	0,75	1850	1600	-	-	-	-
35x140	0,40	2600	2250	1800	1800	1750	1550
	0,75	2150	1850	-	-	-	-
35x190	0,40	3350	3000	2450	2450	2300	2100
	0,75	2900	2450	1500	1500	-	-
45x140	0,40	2850	2400	1950	1950	1900	1750
	0,75	2350	2000	-	-	-	-
45x190	0,40	3850	3300	2650	2650	2550	2400
	0,75	3200	2750	1900	1900	1750	-
45x240	0,40	4800	4150	3350	3350	3200	3050
	0,75	4000	3400	2400	2400	2200	1800
45x290	0,40	5200	4450	3650	3650	3550	3350
	0,75	4250	3650	2850	2850	2600	2200
70x140	0,40	3300	2800	2300	2300	2200	2050
	0,75	2750	2350	1900	1900	1800	1650
70x190	0,40	4400	3850	3100	3100	3000	2800
	0,75	3750	3200	2550	2550	2450	2200
70x240	0,40	5500	4800	3900	3900	3750	3500
	0,75	4700	4000	3200	3200	3100	2800
75x290	0,40	6500	5750	4650	4650	4500	4300
	0,75	5600	4850	3900	3900	3750	3400
75x340	0,40	7250	6500	5500	5500	5250	5000
	0,75	6400	5700	4600	4600	4400	4000

(ที่มา: Buckland Timber Ltd ,2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) Veranda Beam Continuous Span

รูปที่ 2.22 Veranda Beam Continuous Span
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

ตารางที่ 2.15 Veranda beams continuous span. Glulam quality GL28c.

Roof load width (mm.)		1500	2400	3000	4500	5000	6000
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Span (mm.)					
35x120	0,40	2850	2400	2100	-	-	-
	0,75	2200	-	-	-	-	-
35x140	0,40	3150	2650	2400	1600	1500	-
	0,75	2450	1650	-	-	-	-
35x190	0,40	3600	3100	2850	2250	2050	1700
	0,75	2900	2250	1800	-	-	-
45x140	0,40	3800	3200	2850	2100	1900	1600
	0,75	3000	2100	1650	-	-	-
45x190	0,40	4500	3800	3500	2750	2550	2150
	0,75	3600	2750	2300	1550	-	-
45x240	0,40	4900	4250	3950	3400	3200	2750
	0,75	4050	3400	2850	1950	1800	1500
45x290	0,40	5200	4500	4200	3700	3550	3300
	0,75	4300	3750	3400	2350	2100	1800
70x140	0,40	4400	3650	3500	3000	2800	2450
	0,75	3600	2950	2500	1750	1600	-
70x190	0,40	5800	5000	4700	4100	3800	3250
	0,75	4900	4000	3400	2400	2200	1800
70x240	0,40	7000	6000	5400	4800	4650	4100
	0,75	5800	4700	4300	3000	2700	2250
75x290	0,40	7700	6600	6100	5400	5200	4900
	0,75	6400	5350	5000	3600	3300	2750
75x340	0,40	8300	7000	6500	5800	5600	5100
	0,75	6800	5800	5400	3800	3350	2800

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4) Lintel Beam

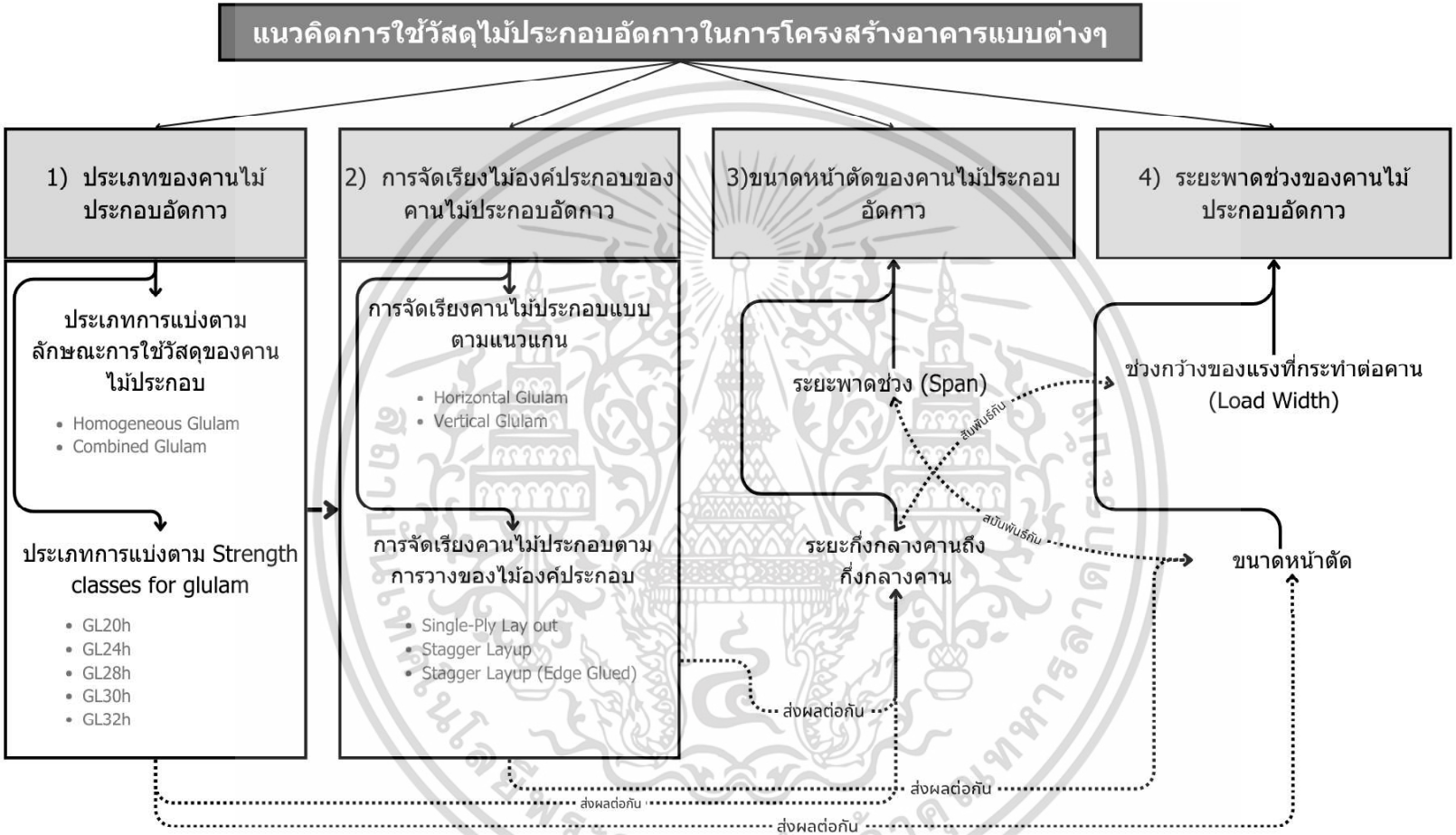
รูปที่ 2. 23 Lintel Beam
(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

ตารางที่ 2.16 Lintel beams with only roof loads, upper or single floor. Glulam quality GL28c.

Roof load width (mm.)		1500	2400	3000	4500	5000	6000
Member size BxD	Roof mass (kN/m^2)	Maximum Single Span (mm.)					
35x120	0,40	2450	1900	2050	-	-	-
	0,75	1850	1600	-	-	-	-
35x140	0,40	2750	2250	2300	1800	1700	-
	0,75	3400	1850	1600	-	-	-
35x190	0,40	2900	3000	3850	2400	2300	2100
	0,75	2900	2450	2200	1500	-	-
45x140	0,40	2350	2400	2250	1950	1900	1750
	0,75	3600	2000	1850	-	-	-
45x190	0,40	3600	3200	3050	2650	2500	2400
	0,75	3200	2750	2650	1900	1700	-
45x240	0,40	4300	3900	3650	3300	3200	3050
	0,75	3800	3300	3100	2400	2100	1800
45x290	0,40	4900	4450	4200	3650	3550	3350
	0,75	4250	3650	3400	2800	2500	2200
70x140	0,40	3250	2800	2750	2300	2200	2050
	0,75	2800	2350	2200	1900	1800	1650
70x190	0,40	4100	3600	3450	3100	3000	2800
	0,75	3550	3100	2900	2550	2450	2200
70x240	0,40	4850	4300	4000	3700	3600	3400
	0,75	4200	3700	3550	3150	3000	2750
75x290	0,40	5500	4900	4700	4250	4100	3950
	0,75	4800	4300	4050	4600	3500	3300
75x340	0,40	6250	5600	5300	4800	4600	4400
	0,75	5400	4900	4600	4050	3900	3700

(ที่มา: Buckland Timber Ltd, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แผนผังสรุปแนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในการโครงสร้างอาคารแบบต่างๆ

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

2.2.3 แนวคิดการใช้ไม้ยางพาราในอุตสาหกรรมไม้ประกอบอัดกาว

1) คุณสมบัติทั่วไปของไม้ยางพารา

ในปัจจุบันความต้องการใช้ไม้ยางพาราทั้งในด้านเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือความต้องการใช้เนื้อไม้โดยตรงยังคงมีอยู่และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไม้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและความสวยงาม จากความสำคัญและความต้องการใช้ไม้เพิ่มมากขึ้น การค้นคว้าและการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาปรับใช้ต่ออุตสาหกรรมการผลิตประเภทต่างๆที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการผลิต การใช้ประโยชน์และการเพิ่มมูลค่าของไม้ขึ้นมา

ในสถานการณ์ปัจจุบันไม้ชนิดสำคัญ และมีขนาดใหญ่ในป่าธรรมชาติสามารถหาได้ยาก เนื่องจากถูกนำไปใช้อย่างฟุ่มเฟือยในอดีต จึงทำให้เหลือเพียงไม้ไม่กี่ชนิดที่นำมาใช้ในงานปัจจุบัน ไม้ยางพาราก็เป็นไม้จำนวนนั้น แต่เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากไม้ยางพาราที่ใช้อยู่ทุกวันนี้ ยังเป็นการใช้ประโยชน์ไม่ได้อย่างคุ้มค่า ดังนั้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมีความจำเป็นและต้องนำมาใช้มากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของไม้ยางพาราได้อย่างสูงสุดและมีอายุการใช้งานยืนยาว กอร์ปกับอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ยางพาราเป็นวัตถุดิบ อันได้แก่ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ และผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา อุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ ฯลฯ มีความต้องการใช้บริการทางวิชาการในภาควิชาวนผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้คุณภาพของเฟอร์นิเจอร์ไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา มีคุณภาพได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งในและต่างประเทศ

รูปที่ 2.25 ต้นไม้ยางพารา

(ที่มา : https://www.komchadluek.net, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) ลักษณะเนื้อของไม้ยางพารา

จุดเด่นของไม้ยางสามารถออกแบบเป็นชิ้นส่วน และสามารถประกอบได้รวดเร็ว ใช้คนงานน้อยเพราะไม้บางส่วนประกอบมาจากโรงงานมาแล้ว แล้วยังควบคุมงบประมาณให้แน่นอนได้ (พันธุดา พุฒิไพโรจน์ ,2553:3)

1.2) ประเภทไม้ยางพาราที่ปลูก

มีปลูกอยู่ 2 แบบ แบบแรกคือปลูกเพื่อจะเอาน้ำยาง แบบที่สองที่ปลูกเพื่อจะนำมาใช้เป็นวัสดุอยู่แล้ว โดยที่แบบแรกจะมีความสูงน้อยกว่าแบบที่ สองที่จะปลูกเพื่อจะนำมาเป็นวัสดุอยู่แล้ว และไม้ยางที่จะนำมาใช้ภายในงานจะเป็นแบบแรกเพราะแบบ แรกนั้นสามารถผลิตน้ำยางในการนำไปขายและยังสามารถนำไม้ยางมาเป็นวัสดุได้อีก ด้วย โดยไม้ยางที่จะนำมาใช้จะมีอายุไม่ต่ำกว่า 20-25 ปี เส้นผ่าศูนย์กลาง 10-12 นิ้ว

1.3) วัฏจักรวงจรการปลูกของไม้ยางพารา

จะมีวิธีหมุนเวียนโดยการแบ่งไม้ยางออกเป็น 2 ส่วน สมมุติว่ามี 50 ไร่ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะทำการปลูกยางไปก่อน 5-7 ปี และทำการปลูกส่วนที่ สอง เมื่อผ่าน ไป จนถึงปีที่นำยางในส่วนที่ หนึ่งหมด ก็จะตัดต้นยางในส่วนที่ 1 ออกและปลูกใหม่ และเมื่อส่วนที่ 2 น้ำยางหมดก็จะตัดออกและในตอนนั้นยางส่วนที่หนึ่งก็มีน้ำยายางพอดีนี้คือการหมุนเวียนในส่วนของสวนยาง โดยเราจะได้วัสดุที่เป็นไม้ยาง 5-10 ปีจะได้มาใช้เป็นวัสดุ นำมาแปรรูปถึง 25 ไร่ โดยคิดเป็นไม้ไร่ละ 80 ต้น ได้ทั้งหมด 2000 ต้น (จุฑาทิพ คันธจันทร์. 20 กรกฎาคม 2560 .เจ้าของสวนยาง .สัมภาษณ์) หากคิดเป็นวัสดุที่จะได้ต่อ 1 ต้น

รูปที่ 2.26 วัฏจักรวงจรการปลูกของไม้ยางพารา

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางพารา

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางพารา เป็นการศึกษาคุณสมัติเบื้องต้นของไม้ยางพาราสำเร็จรูปซึ่งนำมาใช้ในการคำนวณสำหรับการศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์โดยอ้างอิงจากข้อมูลกรมป่าไม้ เพื่อทำความเข้าใจในวัสดุของคานไม้ประกอบว่า ปัจจัยใดที่มีความเกี่ยวข้องกับการเลือกใช้วัสดุพื้นฐานที่ใช้เป็นไม้องค์ประกอบในคานไม้ประกอบอัดกาว โดยมุ่งเน้นให้ความสำคัญ คือ ความหนาแน่นที่ความชื้นสัมพันธ์ เพราะส่งผลโดยตรงต่อความแข็งแรงของไม้

ตารางที่ 2.17 ตารางการศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้ยางพาราสำเร็จรูป

คุณสมบัติทางกลศาสตร์	**ไม้ยางพาราสำเร็จรูป**
ความหนาแน่นที่ความชื้นสัมพันธ์ 12%	700
แรงดัดสถิต	
โมดูลัสของไม้ยางพารา (กก./ตร.ซม.)	932
โมดูลัสความยืดหยุ่น (กก./ตร.ซม.)	92,351
แรงอัดขนานเสี้ยน	451
แรงอัดตั้งฉากเสี้ยน	93
แรงดึงตั้งฉากเสี้ยน	
แนวรัศมี (กก./ตร.ซม.)	28
แนวเส้นสัมผัส (กก./ตร.ซม.)	29
แรงเฉือน	
แนวรัศมี (กก./ตร.ซม.)	155
แนวเส้นสัมผัส (กก./ตร.ซม.)	169
ความแข็ง	
แนวรัศมี (กก./ตร.ซม.)	544
แนวเส้นสัมผัส (กก./ตร.ซม.)	532
แรงกระแทรก	
ภาวะรับน้ำหนักสูงสุด (กก.)	149

(ที่มา: กรมป่าไม้, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ของไม้ยางพารา

ตารางที่ 2.18 ตารางอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้

อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้				
พรรณไม้	ระยะการปลูก	จำนวนต้น/ไร่	การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์	
			(ต้น/ไร่/ปี)	(กก./ต้น/ปี)
สัก	4x4	100	1.36-2.16	13.6-21.6
ยูคาลิปตัส	2x3	267	3.15-6.09	11.8-22.8
กระถินเทพา	3x3	178	4.00-6.09	22.5-34.2
กระถินณรงค์	3x3	178	2.27-4.40	12.8-24.7
กระถินยักษ์	2x3	267	0.77-6.49	4.3-36.5
โกงกาง	1.5x1.5	711	2.75	3.9
ยางพารา	**3x6**	**89**	**4.22**	**47.4**
ปาล์มน้ำมัน	3x6	89	2.49	28
พรรณไม้พื้นเมตรโตช้า	4x4	100	0.95	9.5
พรรณไม้อเนกประสงค์	4x4	100	1.47	14.7
พรรณไม้ปลูกในเมือง	4x8	50	1.21	24.2

(ที่มา: กรมป่าไม้, 2560)

จากตารางจึงสรุปได้ว่า ต้นไม้ยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของไทยที่มีศักยภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ โดยสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ การปลูกต้นไม้ยางพาราใน 1 ไร่ โดยมี จำนวน 89 ต้น/ไร่ สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 4.22 ตัน/ไร่/ปี หมายความว่าสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ 47.4 กก./ต้น/ปี ทำให้เมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่นไม้ยางพาราจึงเป็น พืชเศรษฐกิจที่สามารถดูดซับซับคาร์บอนไดออกไซด์

4) การประเมินการลงทุนของไม้ยางพารา

ต้นไม้ยางพาราในเชิงเศรษฐศาสตร์ได้มีการสำรวจราคาในท้องตลาดเพื่อเทียบราคาต้นทุนกับแผ่นไม้จริงชนิดอื่นๆ ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมิน อาทิ ราคาไม้ยางพารา ต้นทุนการผลิตผลผลิต ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และความเสี่ยงอื่นๆ โดยมีวิธีการประเมินการลงทุน ดังนี้

1) **วิธีการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV):** วิธีนี้คำนวณมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิทั้งหมดที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

2) **วิธีการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR):** วิธีนี้คำนวณอัตราผลตอบแทนที่โครงการจะสร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.19 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบประสานต่อฟันปลา

ต่อฟันปลา	ราคาไม้ยางพาราประสานต่อแผ่น ขนาด 1.22 ม. x 2.44 ม.				
	ความหนา	AA	AC	CC	SC
	8 มม.	750	700	580	530
	10 มม.	900	800	670	590
	12 มม.	1000	900	730	650
	14 มม.	1000	950	-	690
	15 มม.	1080	1000	830	700
	16 มม.	1100	1000	830	700
	18 มม.	1250	1050	850	750
	20 มม.	1270	1200	950	790
	25 มม.	1650	1550	1190	-
	30 มม.	-	1900	-	1390

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

ตารางที่ 2.20 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบต่อตรง

ต่อตรง	ราคาไม้ยางพาราประสานต่อแผ่น ขนาด 1.22 ม. x 2.44 ม.		
	ความหนา	AA	AC
	16 มม.	1300	1250
	20 มม.	1330	1280
	25 มม.	2000	1650
	30 มม.	-	2050

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

ตารางที่ 2.21 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบเสาไม้ยางพาราสี่เหลี่ยม

สี่เหลี่ยม	เสาไม้ยางพารา เกรด A,B ยาว 2.40 ม.	
	36 มม. x 36 มม.	545 บาท/มัด มัดละ 5 ท่อน
	47 มม. x 47 มม.	182 บาท/ท่อน
	54 มม. x 54 มม.	218 บาท/ท่อน
	72 มม. x 72 มม.	363 บาท/ท่อน

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.22 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบเสาไม้ยางพาราเหลากลม

ไม้โครง	หน้าแคบ	17มม. x 34 มม. x 2.44 ม. 225 บาท/มัด
	ปกติ	17มม. x 41 มม. x 2.44 ม. 260 บาท/มัด

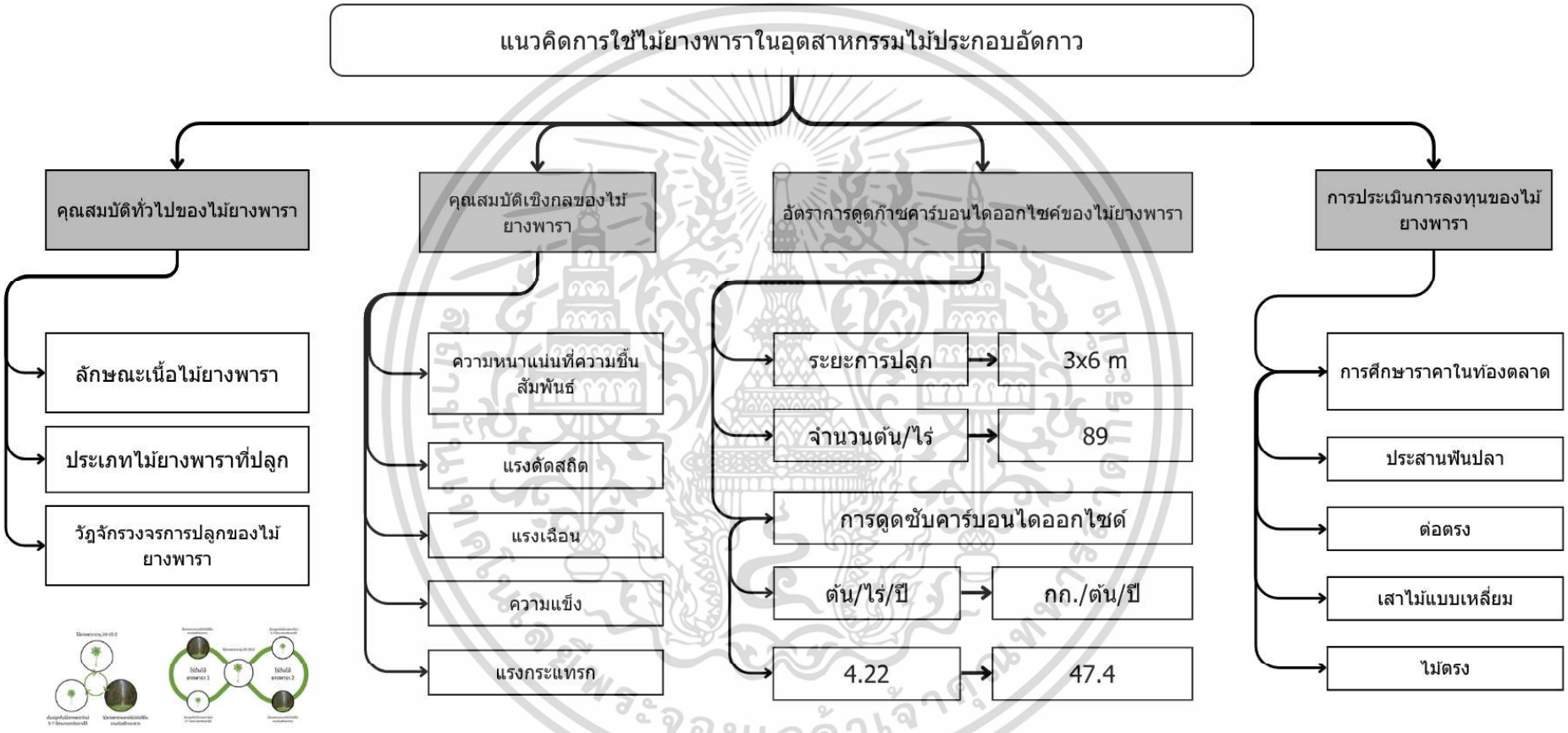
(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

ตารางที่ 2.23 การศึกษาราคาในท้องตลาดของไม้ยางพาราแบบไม้โครง

วงกลม	เสาไม้ยางพารา เหลากลม ยาว 2.40 ม.	
	36 มม.	120 บาท/ท่อน
	47 มม.	250 บาท/ท่อน
	70 มม.	400 บาท/ท่อน
	90 มม.	545 บาท/ท่อน

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 กรอบแนวคิดแนวคิดการใช้ไม้ยางพาราในอุตสาหกรรมไม้ประกับอัดกาว

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

2.2.4 อาคารกรณีศึกษาการใช้ไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้าง

อาคารกรณีศึกษาส่วนมากจะอยู่ในต่างประเทศเพราะนิยมใช้ไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารมากกว่าประเทศ

1) โรงแรม Mjostarnet

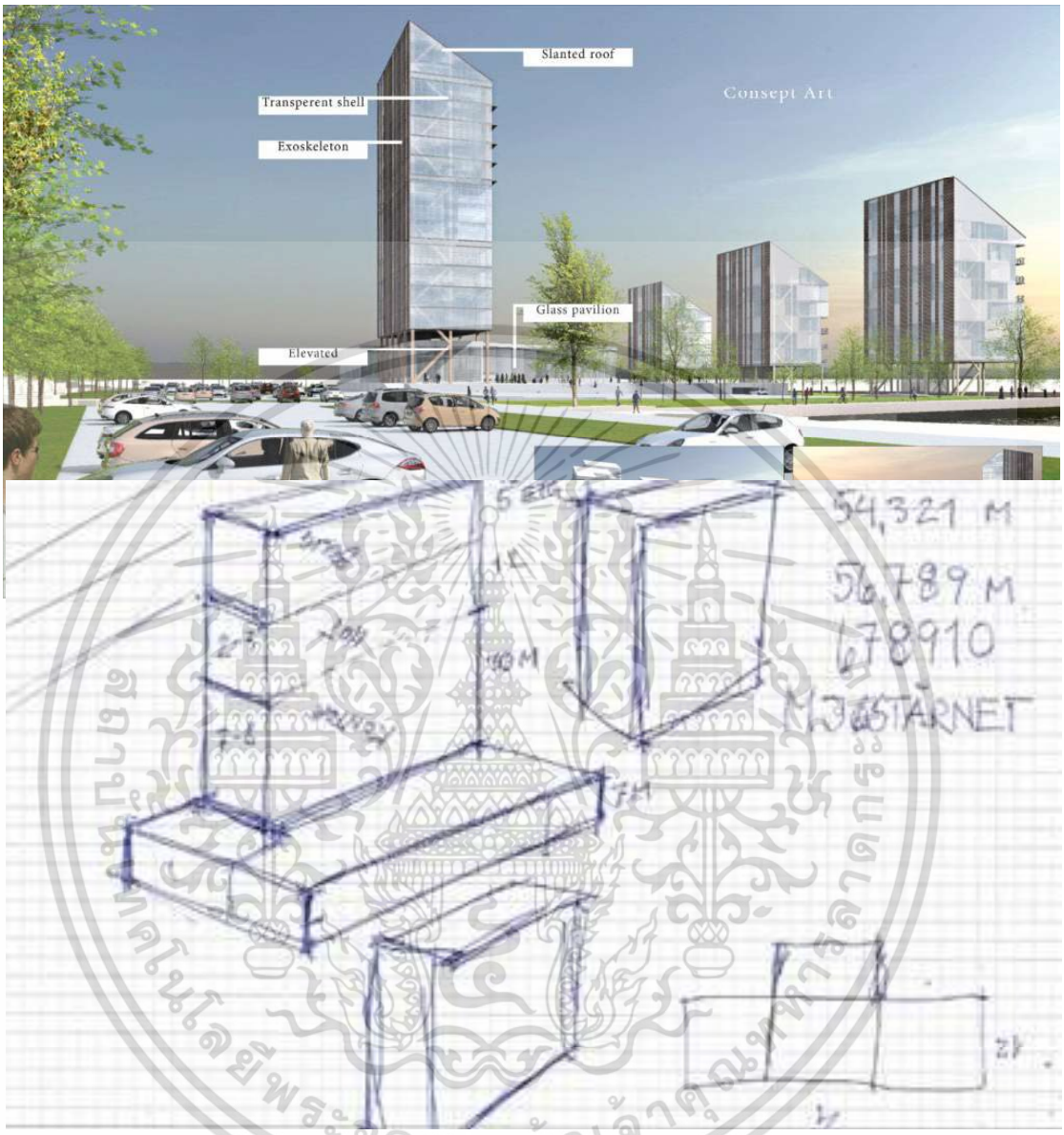
รูปที่ 2.28 ทัศนียภาพของโรงแรม Mjostarnet
(ที่มา: https://www.moelven.com, 2567)

1.1) ข้อมูลทั่วไป

สถาปนิก	Voll Arkitekter
พื้นที่โครงการ	11,300 ตารางเมตร
ที่ตั้งโครงการ	Brumunddal, Norway
ความสูง	85 เมตร
จำนวนชั้น	18
เปิดทำการ	2019
โครงสร้างอาคาร	Cross-Laminated Timber (CLT) and Glue-Laminated Timber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) แนวคิดในการออกแบบ

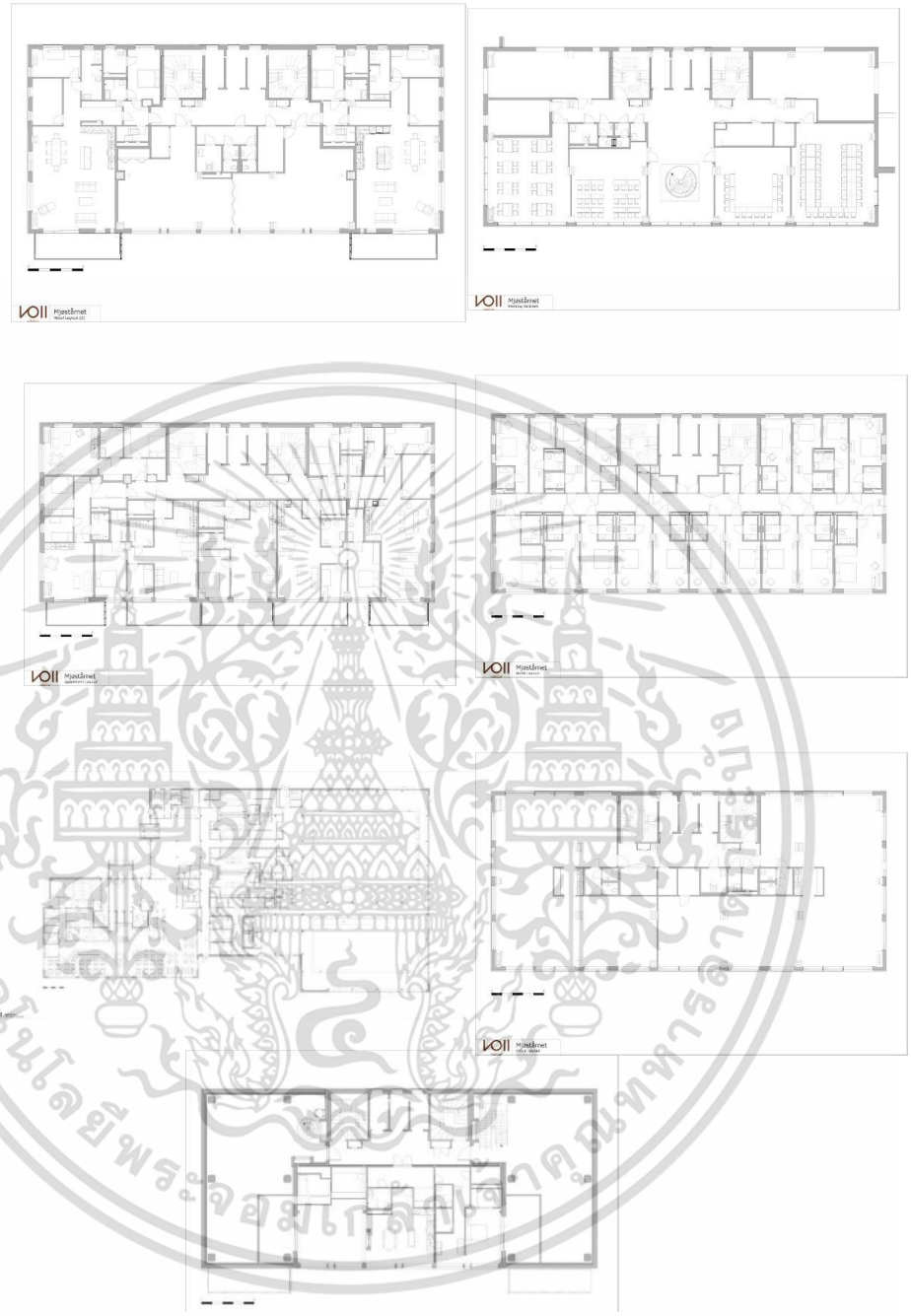


รูปที่ 2.29 แนวคิดการออกแบบของโรงแรม Mjostarnet
(ที่มา: https://www.moelven.com, 2567)

โรงแรม Mjostarnet มีแนวคิดการออกแบบมาจากนักลงทุนในเมือง Brumunddal ต้องการที่จะสร้างอาคารไม้ที่สูงที่สุดในโลกในบ้านเกิด และต้องการแสดงให้โลกเห็นถึงความเป็นไปได้ของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีความยั่งยืนและเป็นทรัพยากรท้องถิ่น มาสร้างอาคารสูง คือ ไม้แทนคอนกรีตที่ปล่อยคาร์บอนน้อยกว่า เขาจึงร่างภาพขึ้นมาในเดือนกุมภาพันธ์ปี พ.ศ. 2558 ที่จะเป็นโรงแรม สำนักงาน ร้านอาหาร และอะพาร์ตเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) แบบสถาปัตยกรรม

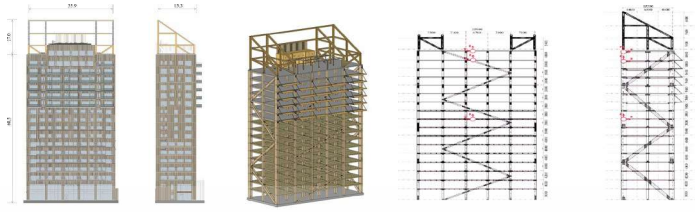


รูปที่ 2.30 แบบผังพื้นของโรงแรม Mjostarnet
(ที่มา: https://www.moelven.com, 2567)

แบบสถาปัตยกรรมของอาคารนี้ ประกอบไปด้วยส่วนโพเดียมและหอคอย โดยส่วนล่างเป็นส่วนกลาง แผนกต้อนรับและมีอาคารเสริมเป็นสระติดหอคอย อาคารส่วนด้านทิศเหนือ เป็นห้องประชุม อาคารสำนักงาน รวมเป็น 5 ชั้น และเป็นโรงแรม 4 ชั้น ส่วนหอคอยเป็นส่วนที่พักอาศัยบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่ 12-16 และมียูนิตพักอาศัยอยู่ชั้นบน ส่วนชั้นที่ 18 และ 19 เป็นห้องนิทรรศการ ด้านบนสุดของอาคารเป็นโครงสร้างหลังคาเปิด

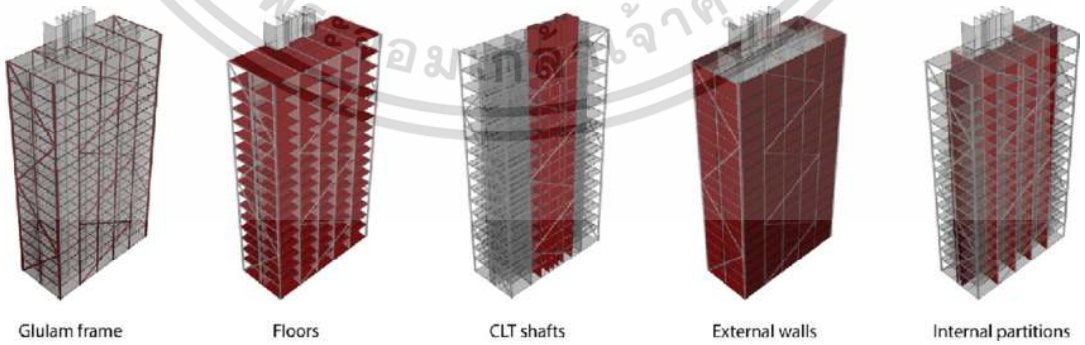


รูปที่ 2.31 แบบสถาปัตยกรรมรูปด้านและรูปตัดของโรงแรม Mjostarnet
(ที่มา: https://www.moelven.com, 2567)

แบบสถาปัตยกรรมส่วนรูปด้านมีการคิดมาจากการวางโครงสร้างไม้ที่มีข้อจำกัดด้านโครงสร้างพาดช่วงกว้างมากกว่าโครงสร้างเหล็ก จึงส่งผลให้มีการแบ่งชั้นและช่องว่างของหน้าต่างที่มีระยะเท่าๆ กัน และเลือกแสดงสัจจะวัสดุ โครงสร้างมีการออกแบบให้มีระยะพาดช่วงประมาณ 4 - 7.5 เมตร และสูงชั้นละประมาณ 3.5 - 4 เมตร รวมความสูงเท่ากับ 85 เมตร

1.4) วิเคราะห์โครงการ

โครงการนี้เป็นโครงการที่ต้องการแสดงให้เห็นถึงความพยายามที่จะนำวัสดุที่มีความยั่งยืน คือ วัสดุไม้ ที่เป็นวัสดุหมุนเวียนในท้องถิ่นและมีความยั่งยืน โดยใช้การออกแบบที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปของโครงสร้างไม้ประกอบอัดกาวเพื่อง่ายต่อการประกอบเป็นอาคาร โดยใช้โครงสร้างไม้ประกอบอัดกาวร่วมกับข้อต่อเหล็กประกอบในการประกอบฐานเสาต่อขึ้นสูงไปจนถึงยอดอาคารและยึดด้านข้างด้วยโครงสร้างไม้ประกอบอัดกาวเพื่อเสริมความแข็งแรง และใช้โครงสร้าง CLT ส่วนที่เป็นคออาคาร



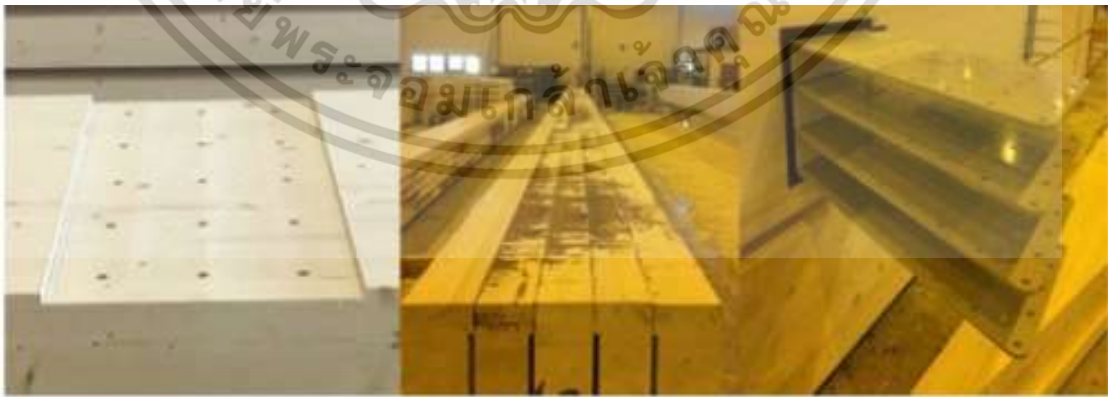
รูปที่ 2.32 ประเภทการใช้โครงสร้างแบบต่างๆของโรงแรม Mjostarnet
(ที่มา: https://www.moelven.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) สรุปการประยุกต์ใช้

จากการศึกษาอาคารกรณีสึกษาตึกนี้ ทำให้ทราบการใช้งานของโครงสร้างไม้ประกอบที่มีศักยภาพที่สามารถสร้างโครงสร้างตึกสูงได้ ตามแนวความคิดการเลือกใช้วัสดุเพื่อความยั่งยืน การใช้ไม้ประกอบอัดกาวในต่างประเทศจึงนำมาสู่แนวคิดการใช้ไม้ยางพาราในประเทศไทย ที่ไม้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจ มีการปลูกอย่างแพร่หลายแต่เดิม ไม้ยางพาราถูกใช้ทำน้ำยาง เมื่อต้นยางมีอายุมากไม่สามารถกรีดยางได้จะถูกและนำใช้ในการทำเฟอร์นิเจอร์ มากกว่าการนำมาทำเป็นโครงสร้างในการก่อสร้าง การนำมาทำเป็นโครงสร้างในการก่อสร้างจะมีมูลค่าที่สูงกว่าการทำเป็นไม้เฟอร์นิเจอร์ ทำให้ในนปัจจุบันเริ่มมีการคิดค้นการนำเทคนิคไม้ประกอบอัดกาวมาใช้กับไม้ที่โตเร็ว สามารถให้น้ำยางและนำมาทำเป็นโครงสร้างไม้ประกอบได้อย่าง ไม้ยางพารา ให้เป็นที่นิยมและแพร่หลายในไทยสำหรับการก่อสร้างงานอาคาร

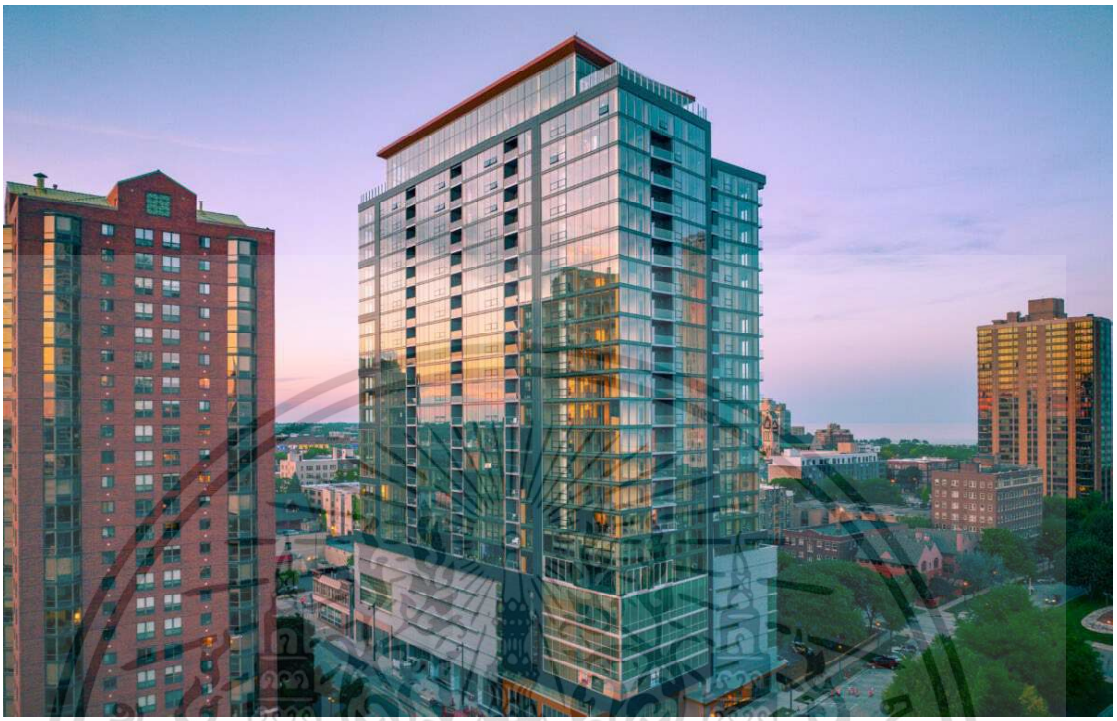
รูปที่ 2.33 ขั้นตอนการก่อสร้างของโรงแรม Mjostarnet
(ที่มา: https://www.moelven.com, 2567)



รูปที่ 2.34 โครงสร้างไม้ที่ใช้ในในโครงการของโรงแรม Mjostarnet
(ที่มา: https://www.moelven.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Ascent Timber Tower



รูปที่ 2.35 ทัศนียภาพภายนอกของ Ascent Timber Tower
ที่มา: www.dezeen.com (2567)

2.1) ข้อมูลทั่วไป

สถาปนิก	Korb + Associates Architects
พื้นที่โครงการ	4,5802 ตารางเมตร
ที่ตั้งโครงการ	Milwaukee, Wisconsin, United States
ความสูง	87 เมตร
จำนวนชั้น	25
เปิดทำการ	2022
โครงสร้างอาคาร	Cross-Laminated Timber (CLT) and Glue-Laminated Timber

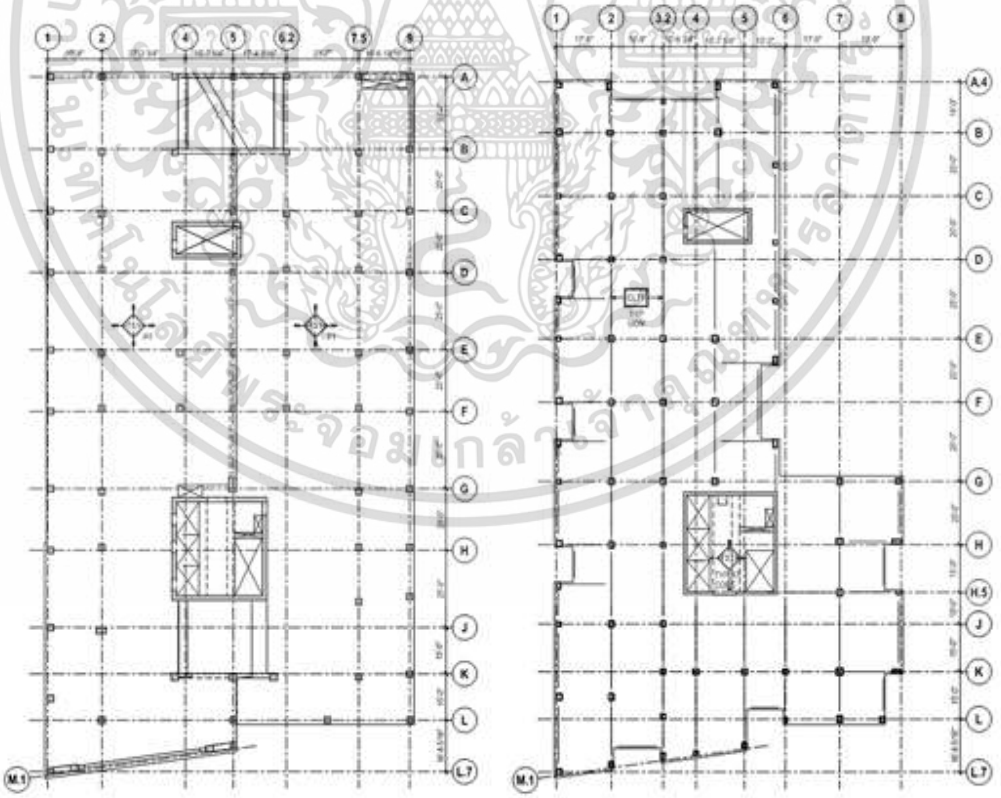
2.2) แนวคิดในการออกแบบ

แนวคิดในการออกแบบต้องการสร้างอาคารโครงสร้างไม้ที่สูงกว่าโรงแรม Mjostarnet ในนอร์เวย์ ซึ่งมีความสูงกว่าเล็กน้อยและวัสดุผนังใช้เป็นกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.36 ทัศนียภาพภายนอกแสดงแนวคิดของ Ascent Timber Tower
(ที่มา: www.dezeen.com, 2567)

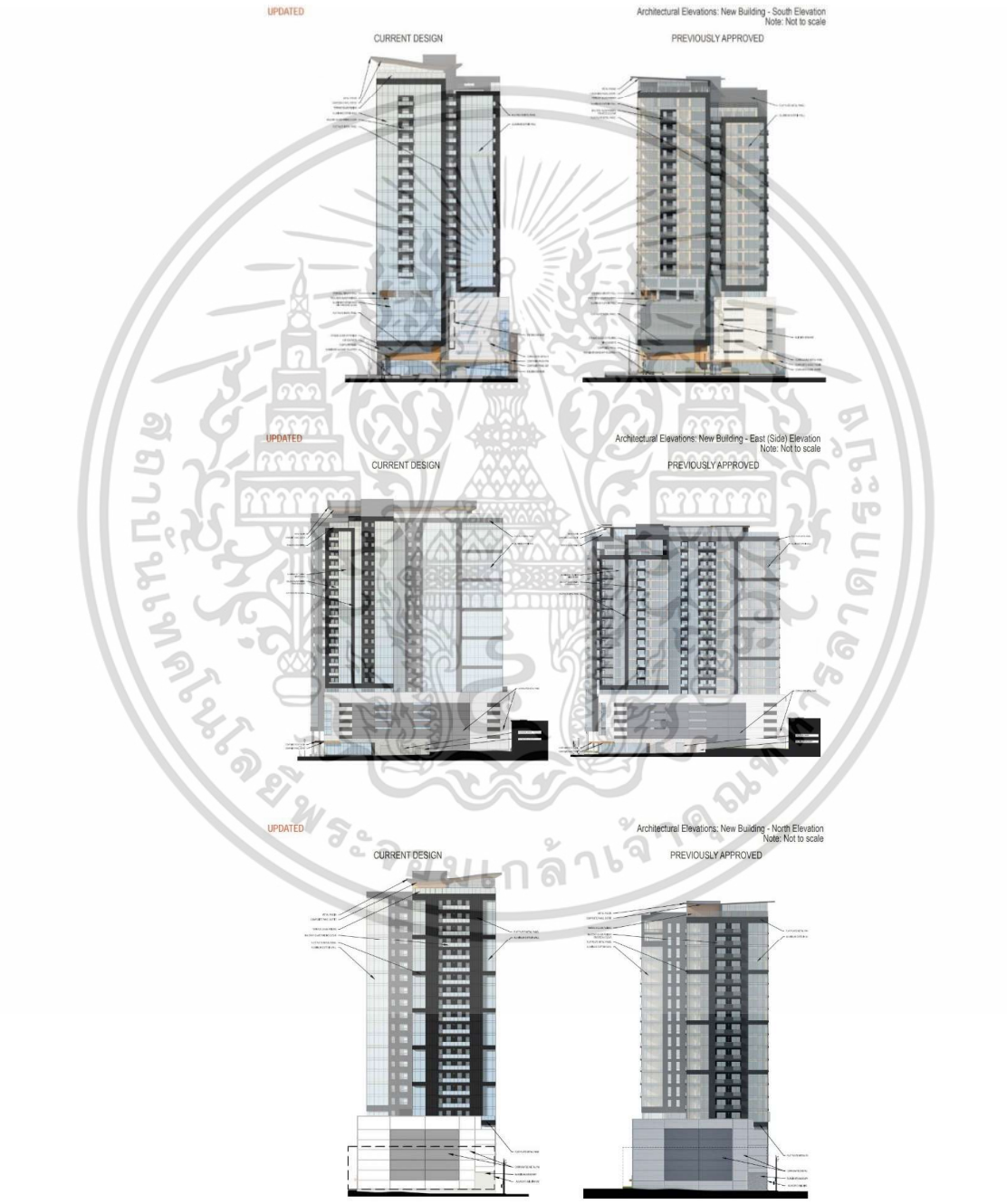
2.3) แบบสถาปัตยกรรม



รูปที่ 2.37 แบบผังพื้นของ Ascent Timber Tower
(ที่มา: www.dezeen.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสถาปัตยกรรมมีฟังชันเป็นอาคารอเนกปนะสงค์สูง 25 ชั้นโดยแบ่งเป็นอะพาร์ทเมนท์จำนวน 259 ห้องจำนวน 16 ชั้น ส่วนโพเดียมที่จอดรถ ส่วนกลางและเพนต์เฮาส์ สระว่ายน้ำจำนวน 9 ชั้น โดยทำจากโครงสร้างเสา คานและเพดานทำจากไม้เปลือยเกิน 50% โดยระยะกริดเสาจะวางเป็นโมดูลและวางคออาคารอยู่บริเวณตรงกลางอาคาร และมีรูปด้านที่เป็นกระจกสูงตลอดทั้งชั้นเพราะใช้การออกแบบที่ล้อกับการโชว์ฝ้าเพดานที่เป็นใต้พื้นไม้



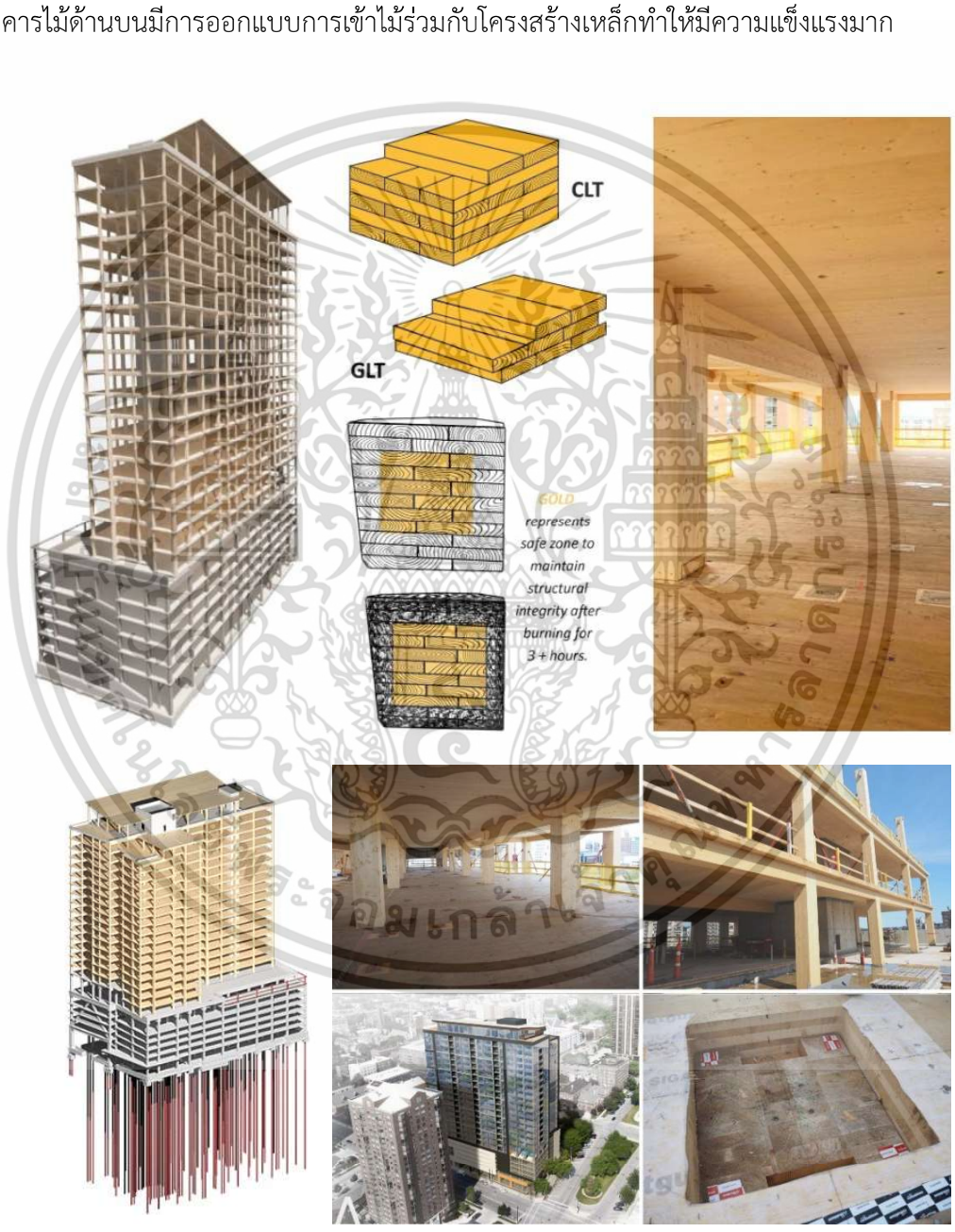
รูปที่ 2.38 แบบสถาปัตยกรรมรูปด้านของ Ascent Timber Tower

(ที่มา: www.dezeen.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4) วิเคราะห์โครงการ

โครงการอาคารสูงที่ทำจากไม้เกินมากกว่าครึ่งของอาคารทั้งหมด เพราะต้องการที่จะมั่นใจในความแข็งแรงของฐานรากที่มีส่วนสำคัญในการสร้างอาคารสูง โดยโครงสร้างไม้ที่ต่อจากโครงสร้างส่วนโพเดียมจะเป็นโครงสร้างไม้โดยมรการใช้ไม้ประเภท CLT และ GLT ที่สามารถรับน้ำหนักได้สูงและทนไฟได้นานถึง 3 ชั่วโมง และส่วนโครงสร้างของอาคารส่วนบนมีการใช้แผ่นเหล็กประกอบเสียบระหว่างเสาและคานร่วมด้วยและฐานเสาส่วนที่เชื่อระหว่างโครงสร้างที่จอดรถและอาคารไม้ด้านบนมีการออกแบบการเข้าไม้ร่วมกับโครงสร้างเหล็กทำให้มีความแข็งแรงมาก



รูปที่ 2.39 ภาพรวมของโครงสร้างในอาคารของ Ascent Timber Tower
(ที่มา: www.dezeen.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5) สรุปการประยุกต์ใช้

การศึกษาอาคารตัวอย่างตึกนี้ทำให้เห็นความหลากหลายในการใช้โครงสร้างไม้ร่วมกับโครงสร้างอื่นๆมากขึ้น และเข้าใจในการออกแบบการรับแรงผ่านการอ่านแบบก่อสร้าง ทำให้สามารถมั่นใจในการทำอาคารสูงที่มีความหลากหลายร่วมกับโครงสร้างไม้ได้

3) World of Volvo

รูปที่ 2.40 ทัศนียภาพภายนอกของ World of Volvo
(ที่มา : www.dezeen.com, 2567)

3.1) ข้อมูลทั่วไป

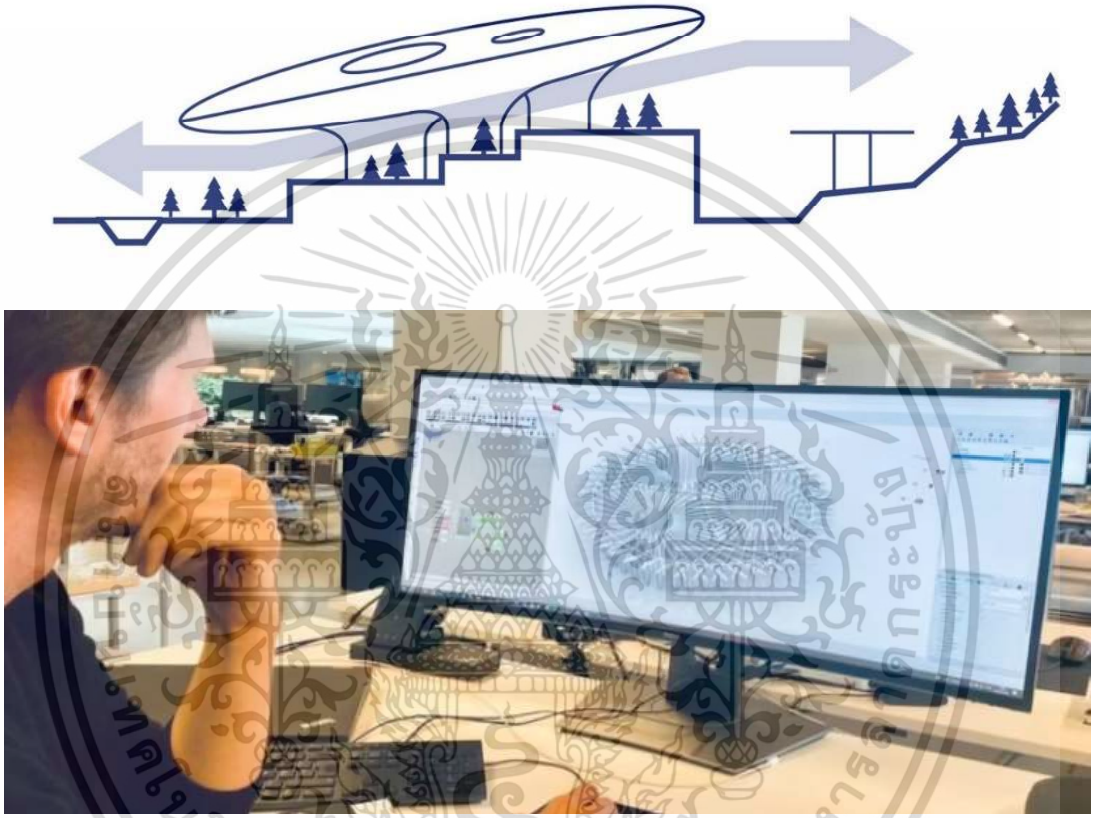
สถาปนิก	Henning Larsen.
พื้นที่โครงการ	22,000 ตารางเมตร
ที่ตั้งโครงการ	Gothenburg, Sweden
โครงสร้างอาคาร	Cross-Laminated Timber (CLT) and Glue-Laminated Timber

3.2) แนวคิดในการออกแบบ

แนวคิดในการออกแบบได้แรงบันดาบใจในการออกแบบจากพืชและพันธุ์ไม้พื้นเมืองของสวีเดน มีต้นสน มอส และพุ่มไม้พื้นเมือง ที่จะเชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมที่เป็นป่าสวีเดนซึ่งทำการออกแบบผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้ปลั๊กอิน Kangaroo Grasshopper มาช่วยในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนของเสาและกระจากที่มาจากฟอร์มอาคารที่มีความโค้งจากแปลนอาคารวงกลม ส่วนของโครงสร้างสร้างมีการใช้โครงสร้างเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยมเปรียบเหมือนกิ่งไม้ของต้นไม้ใหญ่เขากับบริบทโดยรอบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Allemansrätten ของสวีเดน ซึ่งแสดงถึงสิทธิขั้นพื้นฐานต่อธรรมชาติ หรือ เสรีภาพในการเดินเตร่

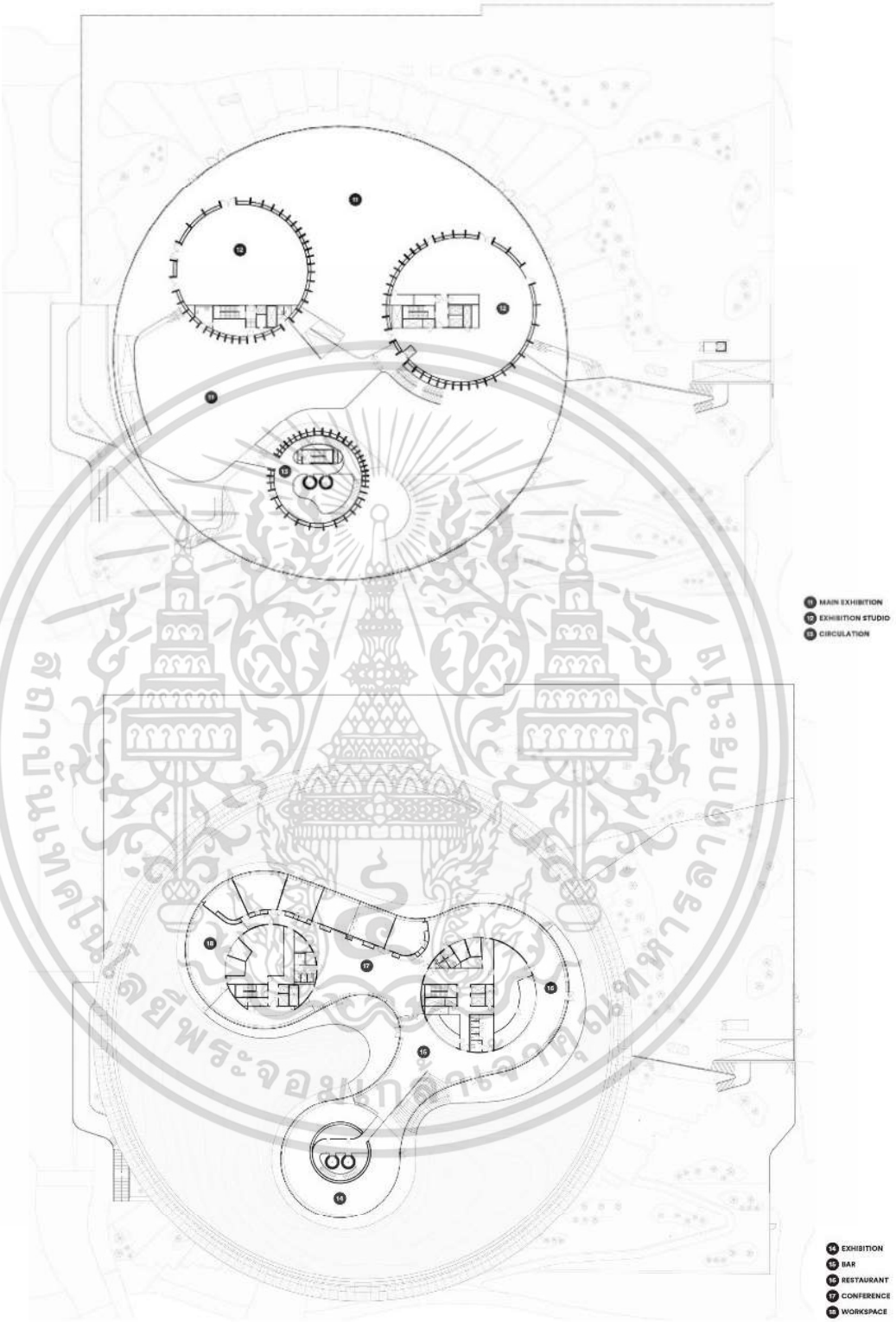


รูปที่ 2.41 แนวคิดและกระบวนการออกแบบในการออกแบบของ World of Volvo
(ที่มา : www.dezeen.com, 2567)

3.3) แบบสถาปัตยกรรม

แบบสถาปัตยกรรมของอาคารนี้เริ่มต้นที่เป็นวงกลมเป็นวงกลมตามแนวคิดการออกแบบโดยมี 2 ชั้น โดยชั้นล่างเป็นส่วนจัดแสดงหลักของโครงการ และมีส่วนสตูดิโอสำหรับจัดงานแสดงแยกออกมา โดยเหลือทางเดินให้สำหรับจัดงานแสดงได้เต็มชั้นล่างเข้ากับการออกแบบภูมิทัศน์ภายนอกที่มีการออกแบบทางเท้าและทางสำหรับปั่นจักรยานที่ผสมผสานอย่างลงตัว ส่วนชั้น 2 เป็นส่วนจัดแสดงรอง มี ร้านอาหาร บาร์พื้นที่ทำงานและพื้นที่จัดสัมมนา โดยทั้งสองชั้นล้อมรอบด้วยกระจกที่สามารถมองเห็นสวนและป่าโดยรอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แบบผังพื้นของ World of Volvo

(ที่มา : www.dezeen.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.43 ภาพทัศนียภาพของ World of Volvo
(ที่มา : www.dezeen.com, 2567)

3.4) โครงสร้างไม้ที่ใช้ไม้ในอาคาร

ส่วนของโครงสร้างที่ใช้ในโครงการจะเป็นไม้กลูแลม และ CLT โดยการผลิตเหมือนชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาประกอบหน้างานด้วยแผ่นเหล็กประกอบและการเข้าไม้ทำให้โครงสร้างที่ยื่นออกไปจากอาคารมีความแข็งแรงและเป็นทรงเรขาคณิตที่ยิ่งมีความสวยงามและมั่นคงทางโครงสร้าง

รูปที่ 2.44 ภาพรวมโครงสร้างของ World of Volvo
(ที่มา: www.dezeen.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5) สรุปการประยุกต์ใช้

จากการศึกษาอาคารตัวอย่างพบว่าโครงสร้างไม้สามารถสร้างฟอร์มอาคารที่มีความพาราเมตริกหรือรูปทรงเลขาคณิตที่ไม่ใช่แค่สี่เหลี่ยมได้และมีเทคโนโลยีทางโครงสร้างที่แข็งแรงผสมผสานแนวความคิดประเพณีเดิมของท้องถิ่นได้อย่างลงตัว แม้ชิ้นส่วนจะมีขนาดที่ใหญ่จึงต้องมาทำการประกอบหน้างานเพื่อให้ง่ายต่อการขนส่งชิ้นส่วนจากโรงงาน

ตารางที่ 2.24 ตารางสรุปอาคารกรณีศึกษาที่ใช้คานไม้ประกอบอัดกาว

ชื่อโครงการ และสถาปนิกที่ออกแบบ	ภาพประกอบ	ประเภท	จำนวนชั้น	ระบบโครงสร้าง	เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูปไม้		
					เสา , คาน	พื้น,ฝ้า	ผนัง
1. Mjostarnet, Voll Arkitekter		ที่พักอาศัย	18	เสาและคาน, ผนังรับน้ำหนัก	GLT	CLT	LVL
2. ASCENT TIMBER TOWER, Korb + Associates Architects		สำนักงาน	25	เสาและคาน , โครงสร้าง คอนกรีต	GLT	CLT	LVL
3. World of Volvo, Henning Larsen.		ศูนย์จัดแสดง	2	เสาและคาน , คานโค้ง	GLT	CLT	LVL

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

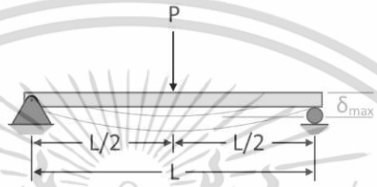
2.3 แนวคิดการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างวัสดุไม้

2.3.1 ประเภทของการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

1) คานช่วงเดียวหรือคานแบบง่าย (Simply-Supported Beam Deflection Formulas)

เป็นคานที่มีจุดรองรับที่ปลายทั้งสองเป็นแบบยึดหมุน เช่น ด้านหนึ่งเป็นแบบลูกกลิ้ง (Roller) และปลายอีกด้านหนึ่ง เป็นแบบหมุด (Pin) ดังคานในรูปที่ 2.50 ที่

1.1) แรงที่กระทำบริเวณกึ่งกลางคาน (Midspan Load)



รูปที่ 2.45 Midspan Load

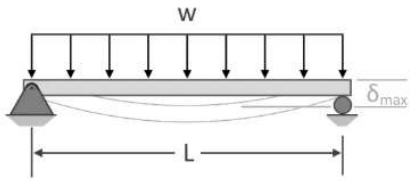
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

1.2) แรงที่กระทำบริเวณใดๆของคาน (Load At Any Point)

รูปที่ 2.46 Load At Any Point

(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

1.3) แรงที่กระทำบริเวณใดๆของคานเฉลี่ยเท่ากันทั้งคาน (Uniform Load)

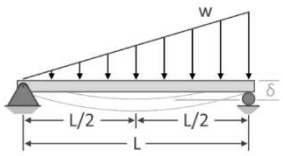


รูปที่ 2.47 Uniform Load

(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

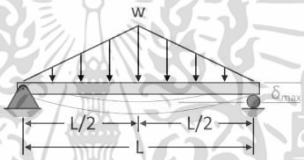
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4) แรงที่ใช้อย่างสม่ำเสมอตามความยาวของการรองรับ (Uniformly Varying Load)



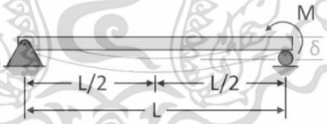
รูปที่ 2.48 Uniformly Varying Load
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

1.5) แรงโหลดแบบสามเหลี่ยม (Triangular Load) มีค่าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างเป็นเส้นตรงตามความยาวของโครงสร้าง



รูปที่ 2.49 Triangular Load
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

1.6) แรงโมเมนต์ที่หนึ่งจุดรองรับ (Moment Load At One Support)



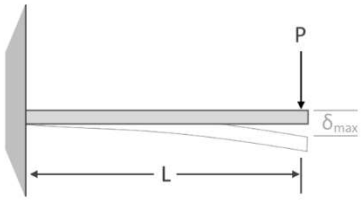
รูปที่ 2.50 Moment Load At One Support
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

2) คานปลายยื่น หรือ คานยื่น (Cantilever Beam)

คือคานช่วงเดียวที่ยื่นออกมากจาก Fix Support เช่นเสาหรือ Shear Wall โดยมี Support ในการรองรับคานเพียงจุดเดียว ณ ด้านใดด้านหนึ่ง และ Support จะต้องถูกออกแบบให้สามารถรองรับแรงดัดที่ทำให้คานโก่งตัวลงได้ (Fix Support)

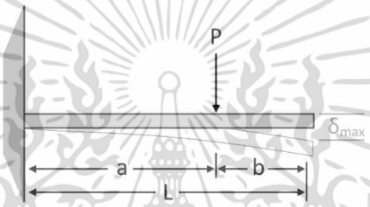
2.1) End load คือ แรงที่กระทำบริเวณปลายของคานยื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



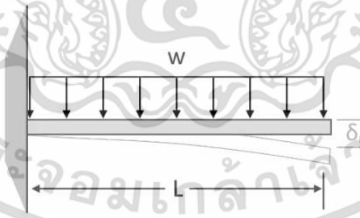
รูปที่ 2.51 End Load
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

2.2) แรงที่กระทำบริเวณใดๆของคานที่ยื่น (Load At Any Point)



รูปที่ 2.52 Load At Any Point
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

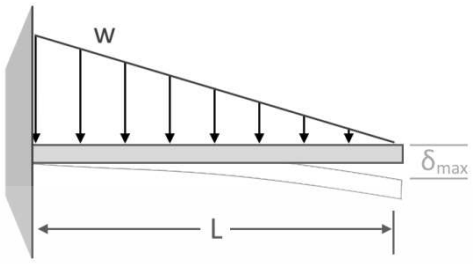
2.3) แรงที่กระทำเฉลี่ยตลอดของคานที่ยื่น(Uniform Load)



รูปที่ 2.53 Uniform Load
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

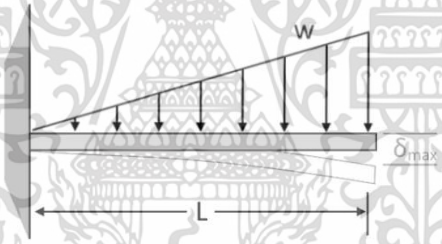
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4) แรงที่กระทำตลอดของคานที่ยื่นโดยค่อยๆลดลงเรื่อย ๆจนถึงปลายคานยื่น (Uniformly Varying Load Case 1)



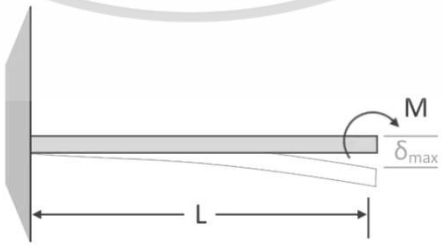
รูปที่ 2.54 Uniformly Varying Load (Case 1)
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

2.5) แรงที่กระทำตลอดของคานที่ยื่นโดยค่อยๆลดลงเรื่อย ๆจนถึงจุดรองรับของคานยื่น (Uniformly Varying Load Case 2)



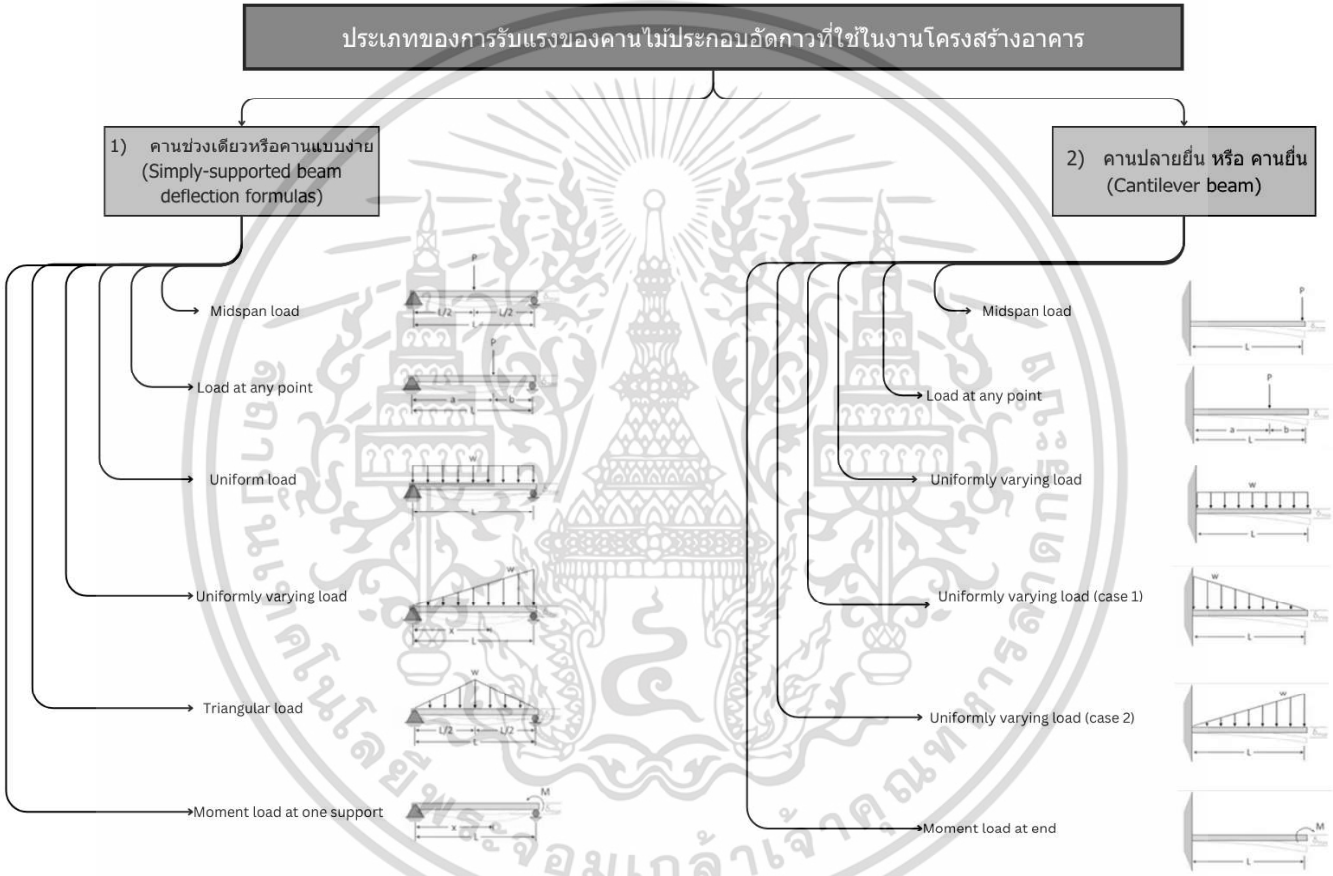
รูปที่ 2.55 Uniformly Varying Load (case 2)
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

2.6) Moment load at end คือ แรงโมเมนต์ที่เกิดขึ้นบริเวณปลายของคานยื่น



รูปที่ 2.56 Moment Load At End
(ที่มา: www.omnicalculator.com, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



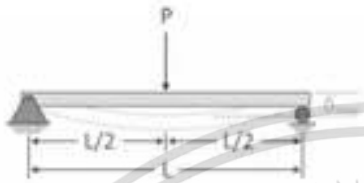
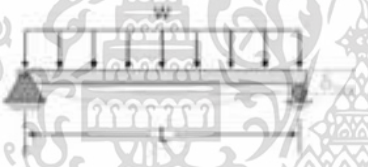
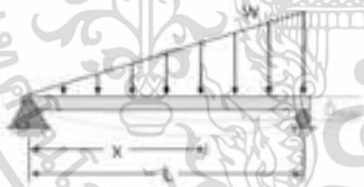
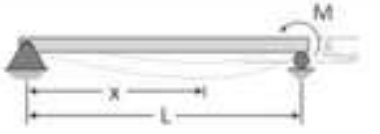
รูปที่ 2.57 สรุปประเภทของการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

2.3.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการรับแรงคานไม้ประกอบอัดกาว

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการรับแรงคานไม้ประกอบอัดกาว พิจารณาจากการแอ่นตัวของคาน (Deflection) เพื่อหาความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)

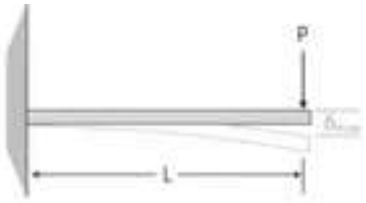
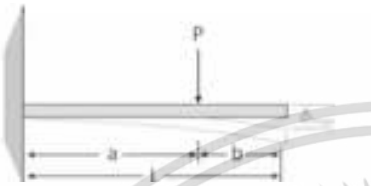
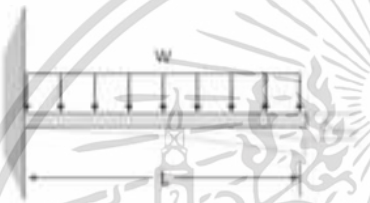
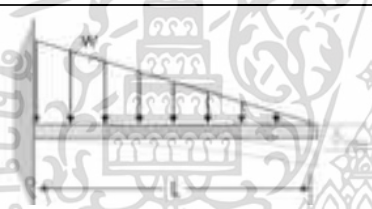
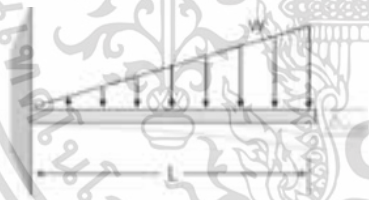
ตารางที่ 2.25 สรุปสูตรและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการรับแรงของคานแบบง่าย

Beam and Load Cases	Maximum Beam Deflection
	$\delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI}$
	$\delta_{max} = \frac{Pb(3L^2 - 4b^2)}{48EI}$
	$\delta_{max} = \frac{5\omega L^4}{384EI}$
	$\delta_{max} = \frac{0.00652\omega L^4}{48EI}$
	$\delta_{max} = \frac{\omega L^4}{120EI}$
	$\delta_{max} = \frac{ML^2}{9\sqrt{3EI}}$

(ที่มา : Omni Calculator sp. z o.o., 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.26 สรุปสูตรและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการรับแรงของคานแบบยื่น

Beam and Load Cases	Maximum Beam Deflection
	$\delta_{max} = \frac{PL^3}{3EI}$
	$\delta_{max} = \frac{Pa^2(3\mathrm{L}-a)}{6EI}$
	$\delta_{max} = \frac{\omega L^4}{8EI}$
	$\delta_{max} = \frac{\omega L^4}{30EI}$
	$\delta_{max} = \frac{11\omega L^4}{120EI}$
	$\delta_{max} = \frac{ML^2}{2EI}$

(ที่มา : Omni Calculator sp. z o.o., 2567)

จากการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการรับแรงทั้งหมดจะพบว่า ตัวแปรที่มีส่วนสำคัญ คือ ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness) หรือ $EI.$ ที่จะอยู่ในทุกสูตรจึงมความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า $EI.$ จะแปรผกผันกับระยะโก่งตัว (δ_{max})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

มอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity หรือ Elastic Modulus) เป็นค่าบอกระดับความแข็งเกร็ง (en: Stiffness) ของวัสดุ ค่ามอดุลัสของยังหาจาก ค่าลิมิตของอัตราการเปลี่ยนแปลงของ ความเค้น (Stress) ต่อ ความเครียด (Strain) ที่ค่าความเค้นน้อย สามารถหาจากความชัน ของกราฟความสัมพันธ์ ความเค้น-ความเครียด (en: Stress-strain curve) ที่ได้จากการทดลองดึง (en: Tensile Test)

$$MOE = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

MOE คือ น้ำหนักกระทำต่อคานที่ระยะการแอ่นตัวต่างๆ (N)

σ คือ Compressive stress

ε คือ Axial Strain

2) ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)

Stiffness คือ ความแข็งแกร่ง เป็นความสามารถในการต้านทานการเสียรูป ย้อนกลับไปยังสมการของ spring. แรงที่ต้องใช้ในการดึงสปริงออกเป็นระยะ x มีค่าเท่ากับ F = k. x โดย k = spring stiffness หรือ สมการ beam K = EI.

$$K = EI.$$

K คือ ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)

E คือ Modulus of Elasticity ของคาน

I คือ Moment of Inertia ของคาน

3) ระยะโก่ง (Deflection)

ระยะโก่ง (Deflection) หรือการแอ่นของคานจุดใดๆ หมายถึงระยะในแนวดิ่งที่จุดนั้นบนเส้นโค้งอีลาสติกที่ เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมก่อนจะรับน้ำหนักนั้น

$$\delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI}$$

δ_{max} คือ ระยะโก่ง (Deflection)

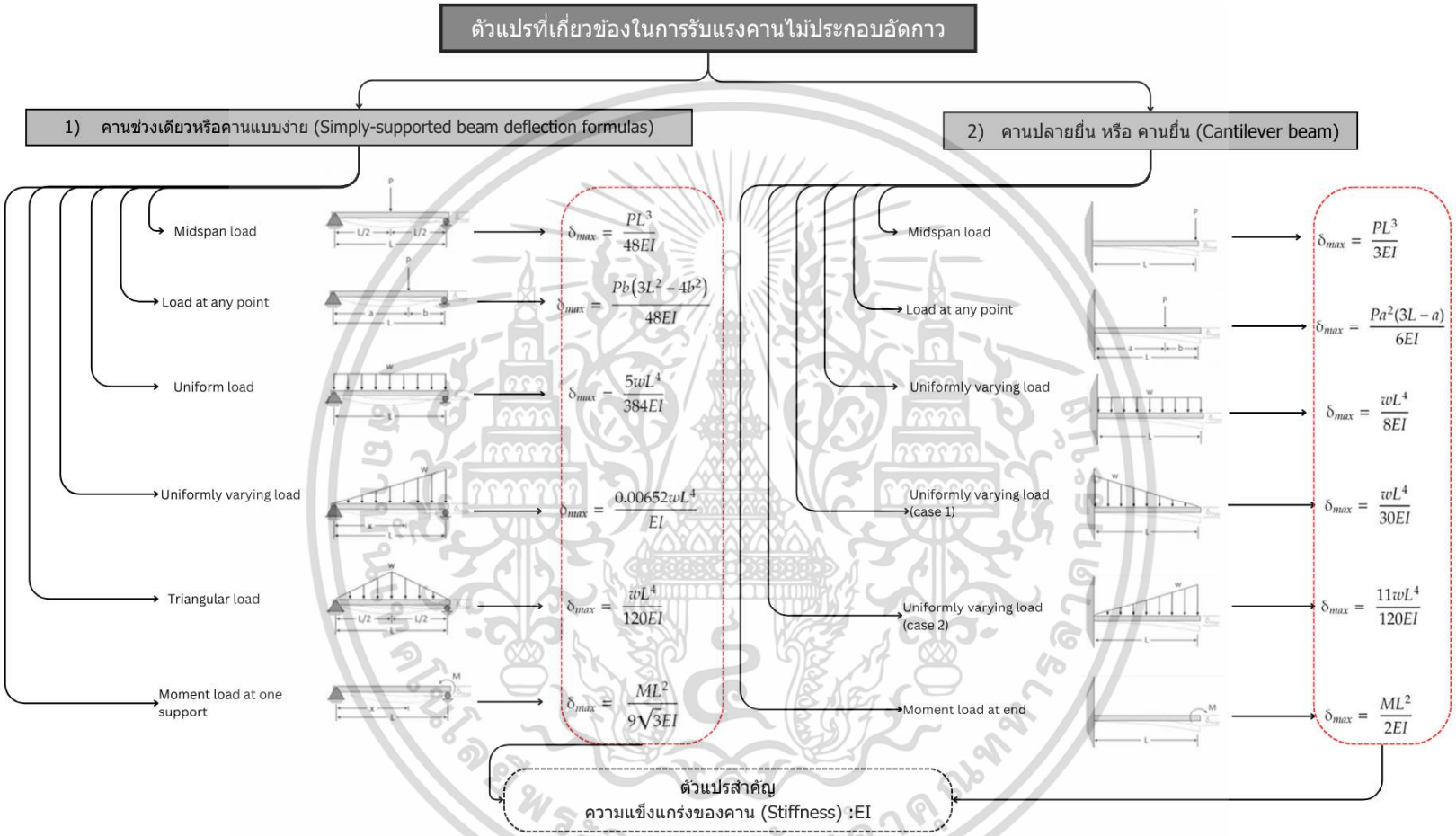
P คือ แรงกระทำรวมในแนวดิ่ง

L คือ ขนาดคาน (width × height³ / 12)

E คือ Modulus of Elasticity ของคาน

I คือ Moment of Inertia ของคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.58 สรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการรับแรงคานไม้ประกอบอัดกาว
(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

2.4 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องนี้เป็นเพียงแนวทางในการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร เพราะในประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายหรือมาตรฐานที่รองรับเกี่ยวกับโครงสร้างไม้ประกอบอัดกาว จึงใช้การเปรียบเทียบกับมาตรฐานสากลในต่างประเทศเป็นหลัก

2.4.1 มาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย

1) มาตรฐานตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

สำหรับประเทศไทย การออกแบบโครงสร้างไม้ สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อปานกลาง และไม้เนื้อแข็ง การออกแบบจะใช้ค่าอัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้เนื้อแข็งเทียบกับไม้เนื้ออ่อน เป็นแนวทางในการออกแบบ

รูปที่ 2.59 มาตรฐานตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ที่มา : https://eit.or.th, 2567)

ตารางที่ 2.27 อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้ชนิดต่างๆ ของประเทศไทย (Modulus of Elasticity Ratio in Different Wood Types of Thailand)

ประเภทของไม้	ความเครียดในการดัดและดึง (ksc.)	ความเครียดอัด (ksc.)		แรงเฉือนขนานเสี้ยน (ksc.)
		ขนานเสี้ยน	ตั้งฉากเสี้ยน	
ไม้เนื้ออ่อนมาก	60	45	12	6
ไม้เนื้ออ่อน	80	60	16	8
ไม้เนื้ออ่อนปานกลาง	100	75	22	10
ไม้เนื้อแข็ง	120	90	30	12
ไม้เนื้อแข็งมาก	150	110	40	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.28 มาตรฐานความเครียดตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (Allowable Stress of E.I.T. Standard)

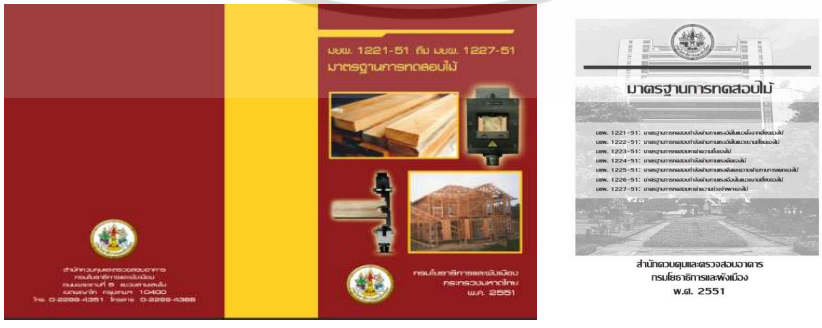
ประเภทของไม้	อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่น	อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นเทียบกับไม้เนื้ออ่อน
ไม้เนื้ออ่อน	100,000 ksc	1.00
ไม้เนื้ออ่อนปานกลาง	120,000 ksc	1.20
ไม้เนื้อแข็ง	140,000 ksc	1.40

2) มาตรฐานการทดสอบของวัสดุไม้

มาตรฐานที่ใช้ทดสอบไม้ โดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมืองใช้ในการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุไม้ที่เป็นองค์ประกอบ

รูปที่ 2.60 กรมโยธาธิการและผังเมือง
(ที่มา : https://www.dpt.go.th, 2567)

มยพ. 1221-51 : มาตรฐานการท.ดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้
มยผ. 1222-51 : มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้
มยผ. 1223-51 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้
มยผ. 1227-51 : มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้



รูปที่ 2.61 มาตรฐานการทดสอบไม้ โดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร
(ที่มา : https://www.dpt.go.th, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 มาตรฐานที่ใช้ในต่างประเทศ

มาตรฐานสากลที่ใช้กับโครงสร้างอาคารส่วนคานไม้ประกอบอัดกาวมีหลายมาตรฐาน ขึ้นอยู่กับประเทศหรือภูมิภาค ตัวอย่างมาตรฐานที่นิยมใช้ ได้แก่

1) มาตรฐาน the American Society for Testing and Materials (ASTM)

รูปที่ 2.62 the American Society for Testing and Materials (ASTM)

ตารางที่ 2.29 มาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวของกับไม้โครงสร้าง ของคานไม้ประกอบอัดกาว

มาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวของกับไม้ ไม้โครงสร้าง และแผ่นไม้ประกอบอัดกาว	
ASTM D3737-18e1	Standard Practice for Establishing Allowable Properties for Structural Glued Laminated Timber (Glulam)
ASTM D7341-14	Standard Practice for Establishing Characteristic Values for Flexural Properties of Structural Glued Laminated Timber by Full-Scale Testing
มาตรฐาน ASTM ที่เกี่ยวของกับวัสดุไม้คอมพอสิท	
ASTM D 2065-03 (2017)	Standard Test Method for Determination of Edge Performance of Composite Wood Products Under Surfactant Accelerated Moisture Stress
ASTM D5456-18	Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products
ASTM D7031-11	Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products
ASTM D7032-17	Standard Specification for Establishing Performance Ratings for Wood Plastic Composite and Plastic Lumber Deck Boards, Stair Treads, Guards, and
ASTM D7857-16	Standard Test Method for Evaluating the Flexural Properties and Internal Bond Strength of Fire-Retarded Mat-Formed Wood Structural Composite Panels Exposed to Elevated Temperatures

(ที่มา: โครงการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ยางและไม้ยางพารามาตรฐานสากล, 2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) มาตรฐาน ISO (the International Organization for Standardization)

รูปที่ 2.63 มาตรฐาน International Organization for Standardization

ตารางที่ 2.30 มาตรฐาน ISO ที่เกี่ยวของกับไม้ประกอบอัดกาว

มาตรฐาน ISO ที่เกี่ยวของกับไม้ประกอบอัดกาว	
ISO 12578:2008 (en)	Timber structures - Glued laminated timber - Component performance and production requirements
ISO 12579:2007	Timber structures — Glued laminated timber — Method of test for shear strength of glue lines
ISO 12580:2007	Timber structures — Glued laminated timber — Method of test for glue-line delamination

(ที่มา: the International Organization for Standardization, 2561)

3) มาตรฐาน Eurocode 5: Design of timber structures

รูปที่ 2.64 มาตรฐาน Eurocode 5: Design of timber structures

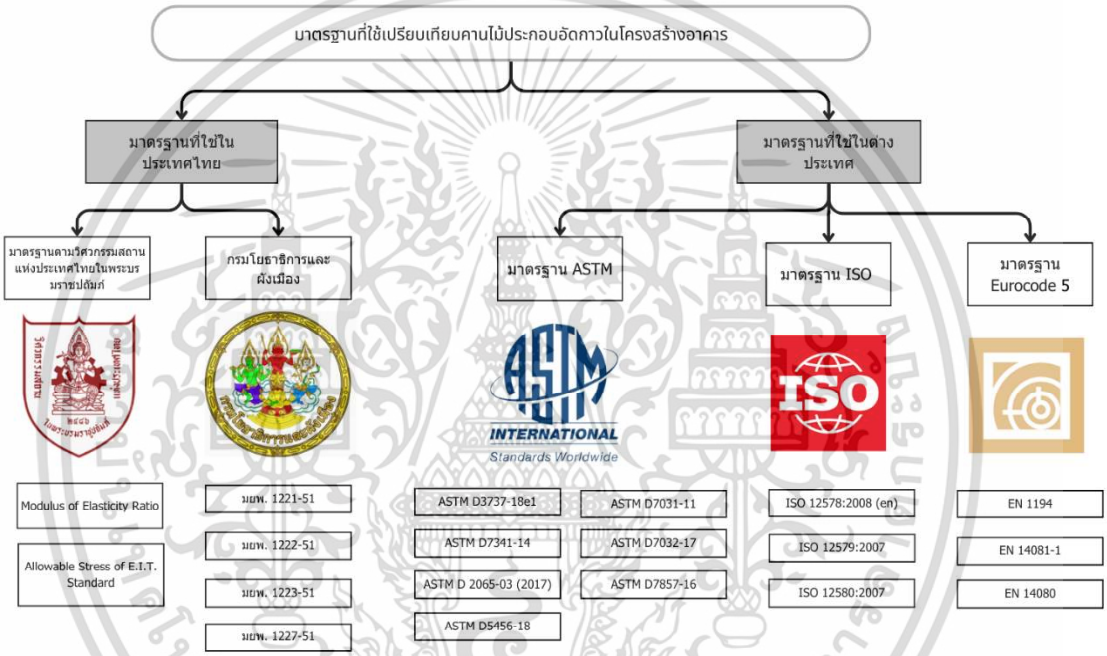
EN 1995 Eurocode 5 EN 1995 Eurocode 5 เป็นมาตรฐานใช้ออกแบบอาคารในฝั่งยุโรป โดยเป็นอาคารที่ทำจากไม้ (ไม้เนื้อแข็ง แปรรูป ไส หรือในรูปแบบเสา ไม้ลามิเนตติดกาว หรือผลิตภัณฑ์โครงสร้างที่ทำจากไม้) หรือแผงที่ทำจากไม้ที่ต่อเข้าด้วยกันด้วยกาวหรือเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.31 มาตรฐาน EN ที่เกี่ยวของกับไม้ประกอบอัดกาว

มาตรฐาน Eurocode 5 ที่เกี่ยวของกับไม้ประกอบอัดกาวและไม้โครงสร้างไม้ประกอบอัดกาว	
EN 1194	Timber structures — Glued laminated timber — Strength classes and determination of characteristic values
EN 14081-1	Structural timber
EN 14080	Glulam

(ที่มา : Design of timber structures – Volume 2, 2560)



รูปที่ 2.65 สรุปมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

1) ชื่องานวิจัย : **การศึกษาการประยุกต์ใช้ไม้ยางพารากับสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัย** (A Study of Rubberwood Using in Contemporary Thai Architecture)

ผู้เขียน : นางสาวปานวาด วรเสถียร

มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เนื้อหา : ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้ไม้ยางพาราเพื่อพัฒนาเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม โดยผสมผสานการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ควบคู่ไปกับการศึกษาอัตลักษณ์ไทยที่เกิดจากภูมิปัญญาที่สืบต่อกันมา เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัยที่มีความเหมาะสมในเชิงบริบทและตอบสนองต่อการใช้งานในปัจจุบัน โดยพบว่าลักษณะการจักสานสามารถนำมาใช้เป็นระบบโครงสร้างที่เข้ากับรูปแบบและรูปทรงสมัยใหม่ของสถาปัตยกรรมได้

2) ชื่องานวิจัย : **ไม้ยางในงานสถาปัตยกรรม: โครงการค่ายลูกเสือ** (Rubberwood in Architecture: An application to a boy scout center)

ผู้เขียน : อภิสิทธิ์ คันธจันทร์

มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เนื้อหา : การนำวัสดุทางธรรมชาติมาหมุนเวียนและไม้ที่เลือกก็คือ ไม้ยาง เพราะไม้ยางเป็นไม่ที่มีการหมุนเวียนได้และสามารถนำมาทำเป็นสถาปัตยกรรม จนได้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมาออกแบบรอยต่อต่างๆและนำมาประกอบกันจนเกิดตัว module แล้วจึงนำ module ที่ได้นำไปออกแบบตัวอาคาร การวางผังที่ทำให้เกิดการวางรูปซ้ำๆ จากตัว module

3) ชื่องานวิจัย : **โครงสร้างไม้ในอาคารสูง** (Wooden in High-Rise Building)

ผู้เขียน : ณัชกร ประจังคะโต

มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยศรีปทุม

เนื้อหา : วิธีการศึกษาโดยการทดลองการรับแรงของไม้เพื่อหาชนิดไม้ที่เหมาะสมและมีอยู่ในไทยมาใช้เป็นโครงสร้าง หลังจากนั้นจึงทำการทดลองเพื่อหารูปแบบของโครงสร้างไม้ที่ไม่ใช่การถ่ายแรงแบบระบบเสาคานและสามารถรับแรงอาคารสูงได้ ผลการทดลองทำให้เกิดเครื่องมือในการต่อโครงสร้างตามการรับแรงและการจัดวางฟังก์ชั้น จะทำให้เกิดรูปแบบของโครงสร้าง (structure) และรูปแบบของอาคาร (form) ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวจนทำให้เกิดที่ว่าง (space) ตามรูปแบบโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ชื่องานวิจัย : **การประเมินประสิทธิภาพของคานไม้ยางพาราประกอบลามิเนตเสริมกำลังด้วยวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยภายใต้การดัด** (Performance Evaluation of FRP Reinforced Para-Wood Glued Laminated (Glulam) Beams under Flexure)

ผู้เขียน : วรพจน์ ประชาเสรี , เอกรัฐ สมัครรัฐกิจ และ วิริยะ ทองเรือง

มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

เนื้อหา : จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ก็เพื่อทำการพัฒนาและประเมินค่าคุณสมบัติเชิงกลของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวลามิเนตเสริมกำลังด้วยวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยแก้วสำหรับก่อสร้างขนาดเล็กและที่พักอาศัย ผลของรูปแบบรอยต่อและตำแหน่งของการเสริมวัสดุโพลิเมอร์ สำหรับคานประกอบอัดกาวที่ปราศจากการเสริมกำลังด้วยวัสดุโพลิเมอร์พบว่าคานตัวอย่างเกิดการพิบัติใกล้แนวรอยต่อในด้านรับแรงดึง สำหรับในกรณีของคานประกอบอัดกาวที่มีการเสริมกำลังด้วยวัสดุโพลิเมอร์ พบการพิบัติของรอยต่อในคานด้านรับแรงดึงและตามด้วยการแยกชั้นของวัสดุโพลิเมอร์เสริมกำลัง

5) ชื่องานวิจัย : **พฤติกรรมการดัดของคานไม้ประกอบอัดกาวจากไม้ยางพาราและไม้อัด** (The Bending Behavior of Glulam Wood Beams Made of Rubberwood and Plywood)

ผู้เขียน : ทวีศักดิ์ ทองขวัญ , นันทชัย ชูศิลป์ , เปรมณัช ชุมพร้อม , จุฑามาศ ลักษณะกิจ และ อรุณ ลูกจันทร์

มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา

เนื้อหา : งานวิจัยนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมการรับน้ำหนัก และการแอ่นตัวของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว เสริมกำลังด้วยไม้อัด โดยนำไม้ยางพาราขนาด 5x2x50 เซนติเมตร มาจัดเรียงติดกัน เสริมกำลังด้วยไม้อัด 5x1x150 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของหน้าตัดคาน การจัดเรียงหน้าตัดมี 2 รูปแบบ คือ วางไม้แนวนอนและวางไม้แนวตั้ง ตามมาตรฐาน ASTM D143 ผลการทดสอบพบว่าไม้ยางพาราประกอบอัดกาวเสริมกำลังด้วยไม้อัดทั้งสองรูปแบบรับน้ำหนักภายใต้แรงดัดได้สูงกว่าคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวที่ไม่มีการเสริมกำลัง คานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้กาวเป็นวัสดุ ประสานสามารถรับกำลังต้านทานแรงดัดสูงกว่าคานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้กาว รวมกับตะปูเป็นวัสดุเชื่อมประสาน

6) ชื่องานวิจัย : **พฤติกรรมการรับแรงดัดของคานไม้ยางพาราหน้าตัดประกอบเสริมแรงด้วยเส้นไฟเบอร์** (Bending Behavior of Composited Rubber-Wood Beam Reinforced with Fiber Rods)

ผู้เขียน : อภิสิทธิ์ ชูช่วยคำ ,นันทชัย ชูศิลป์ และมนัส อนุศิริ

มหาวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหา : คุณสมบัติกรรับแรงดัดของคานด้วยรูปแบบของการเสริมกำลังด้วยเส้นเบอร์ในตำแหน่งที่แตกต่างกันพร้อมกับการนำเสนอกรวิเคราะห์ความเค้นที่จุดปฏิภาคความเค้นที่จุดแตกร้าว โมคูลัสยืดหยุ่นและหน่วยแรงเฉือนสูงสุด เพื่อใช้ในการประเมินค่ากำลังรับโมเมนต์ดัดสูงสุดผลการทดสอบได้วิเคราะห์นำไปสู่ความเข้าใจพฤติกรรมตลอดจนการประเมินประสิทธิภาพการรับน้ำหนัก

7) ชื่องานวิจัย : **พัฒนาการไม้ประกับกาวในประเทศไทย** (Development of glued laminated timber in Thailand)

ผู้เขียน : ศวิษฐ์ พิริยะสุรวงศ์ และ เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร2

มหาวิทยาลัย : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื้อหา : งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการ ไม้ประกับกาวในระดับนานาชาติ และในประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์รูปแบบ พัฒนาการไม้ประกับกาวของประเทศไทยเรื่องไม้ประกับกาว จากการศึกษาพบว่าพัฒนาการงานวิจัยไม้ประกับกาวในประเทศไทยและต่างประเทศ มีความสอดคล้องกัน แต่ในประเทศไทยวิธีการที่ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง คือวิธีการประกับไม้ในทางเรียงกัน หรือเรียกว่า ไม้ประกับกาว ไม้ที่ถูกใช้ในวิธีการของไม้ประกับกาว มากที่สุดคือ ไม้ยางพารา

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

1) ชื่องานวิจัย : **The behavior of horizontally glued laminated beams using rubber wood**

ผู้เขียน : Yashida Nadir และ Praveen Nagarajan

มหาวิทยาลัย : Civil Engineering, National Institute of Technology, India

เนื้อหา : การศึกษายังประเมินประสิทธิภาพของข้อต่อความแข็งแรงของกาวไม้และความทนทานของพันธะกาว ผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเปรียบเทียบไม้ดัดงอระหว่างไม้เนื้อแข็งกับไม้ลามิเนตติดกาวในแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

2) ชื่องานวิจัย : **Factors Affecting Ultimate Strength of Solid and Glulam Timber Beams**

ผู้เขียน : Suhaimi Abu Bakar, Abd Latif Saleh

มหาวิทยาลัย : Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

เนื้อหา : จากการวิจัยความแข็งแรงของโครงสร้างคานกลูลัมเทียบเท่ากับโครงสร้างคานแข็ง **ฟิ**นอล รีซอร์ซินอล ฟอร์มาลดีไฮด์สามารถให้การยึดเกาะและความแข็งแรงเพียงพอสำหรับไม้ในท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของคานแข็งและโครงสร้างคานกลูลัมคือความหนาแน่นของไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ชื่องานวิจัย : **Static bending of glulam beams manufactured with rubber wood and epoxy adhesive**

ผู้เขียน : Douglas Lamounier Faria , Mário Scatolino, Julio Soriano

มหาวิทยาลัย : Federal University of Lavras , Federal University of Viçosa, University of Campinas , Federal University of Lavras , Brasil.

เนื้อหา : ที่ได้รับจึงสรุปได้จากความเหมาะสมของไม้ยางพาราสำหรับการผลิตคานกลูลัม คานคอมโพสิตนำเสนอค่าของ MOR (75.14 MPa) และ MOE (8166.79 MPa) ที่เข้ากันได้กับสายพันธุ์ที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตคานกลูแลม

4) ชื่องานวิจัย : **Flexural behavior of FRP and steel reinforced glulam beams: Experimental and theoretical evaluation**

ผู้เขียน : Huifeng Yang , Weiqing Liu , Weidong Lu , Shijun Zhu

มหาวิทยาลัย : Nanjing Tech University , Nanjing University of Technology

เนื้อหา : งานวิจัยอธิบายโปรแกรมการทดสอบเชิงทดลองและการวิเคราะห์ทางทฤษฎีซึ่งจะตรวจสอบการเสริมแรงในการโค้งงอของคานไม้ลามิเนตที่ติดกาว (กลูแลม) โดยใช้โพลีเมอร์เสริมเส้นใย (FRP) และวัสดุเหล็กในรูปแบบต่างๆ โดยทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการดัดงอ ความเครียด แรงดึงของไม้ โดยวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม

5) ชื่องานวิจัย : **Advanced wood engineering: Glulam beams**

ผู้เขียน : Camille A. Issa

มหาวิทยาลัย : Lebanese American University ,USA

เนื้อหา : งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบติการดัดงอของคายไม้ลามิเนตระหว่างแบบเสริมกาวและไม่เสริมกาว โดยทำการศึกษาการเสริมแรงสองประเภท คือ การเสริมแรงด้วยแผ่นเหล็กและโพลีเมอร์เสริมคาร์บอนไฟเบอร์ (CFRP) ส่วนที่เป็นไม้ทั้งหมดนั้น โดยผลการทดลองพบว่าการเสริมคานสามารถเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนกของคาน

6) ชื่องานวิจัย : **Physical and mechanical behavior of glulam beams produced with rubberwood treated with preservatives**

ผู้เขียน : Douglas Lamounier Faria, Thiago Moreira Cruz, Matheus Cordazzo Dias, Paulo Junio Duarte , Lourival Marin Mendes, José Benedito Guimarães Junior

มหาวิทยาลัย : Universidade Federal de Lavras , Brasil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหา : งานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินพฤติกรรมทางกายภาพและทางกลของไม้ลามิเนตติดกาวพบว่าการบำบัดด้วยสารกันบูดด้วย CCA และ CCB มีอิทธิพลในทางลบต่อค่าของคุณสมบัติทางกล

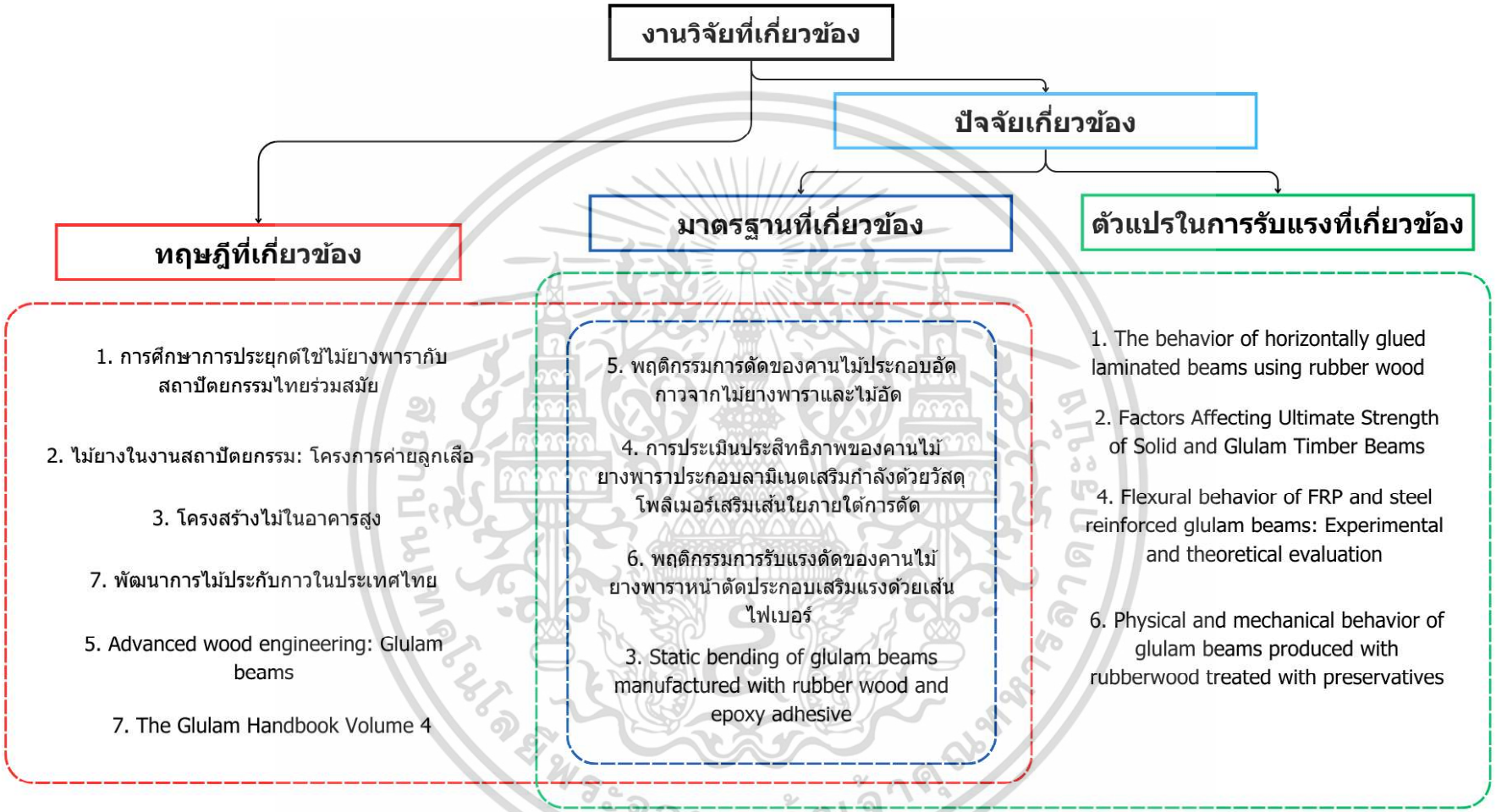
7) ชื่องานวิจัย : The Glulam Handbook Volume 4

ผู้เขียน : Assembly of riding school frame, Hallstahammar, Sweden

มหาวิทยาลัย : -

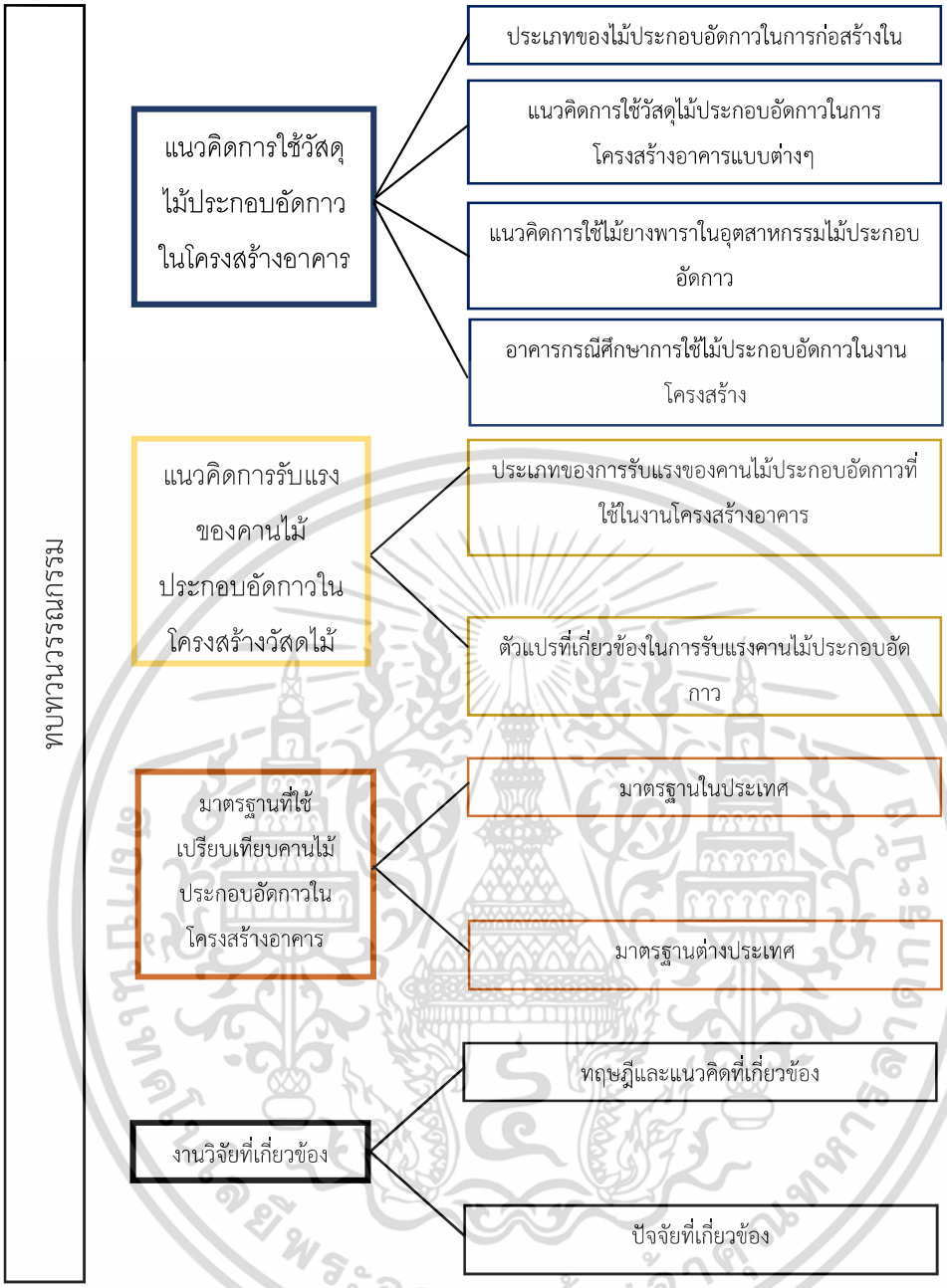
เนื้อหา : คู่มือที่รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการใช้ไม้ประกอบอัดกาวในงานก่อสร้างและโครงสร้างอาคารที่มีความครอบคลุมในทุกๆโครงสร้าง ที่สามารถใช้งานด้วนไม้ประกอบอัดกาวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.66 แผนภูมิแยกประเภทงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)



รูปที่ 2.67 แผนภูมิแยกประเภทงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.32 สรุปประเภทงานวิจัยจากการทบทวนวรรณกรรม

หัวข้อ / งานวิจัย	แนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร		แนวคิดการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างวัสดุไม้				มาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร	
	ประเภทของไม้ประกอบอัดกาวในการก่อสร้างในปัจจุบัน	แนวคิดการใช้วัสดุไม้ประกอบอัดกาวในการโครงสร้างอาคารแบบต่างๆ	แนวคิดการใช้ไม้ยางพาราในอุตสาหกรรมไม้ประกอบอัดกาว	อาคารกรณีศึกษาการใช้ไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้าง	ประเภทของการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการรับแรงคานไม้ประกอบอัดกาว	มาตรฐานในประเทศ	มาตรฐานต่างประเทศ
งานวิจัยในประเทศ								
งานวิจัยที่ 1	●	●	●	●	●	●		
งานวิจัยที่ 2	●	●	●	●		●		
งานวิจัยที่ 3	●	●	●	●		●		
งานวิจัยที่ 4					●	●		●
งานวิจัยที่ 5					●	●		●
งานวิจัยที่ 6					●	●		●
งานวิจัยที่ 7	●	●	●	●			●	
งานวิจัยต่างประเทศ								
งานวิจัยที่ 1					●	●		●
งานวิจัยที่ 2					●	●	●	●
งานวิจัยที่ 3					●	●	●	●
งานวิจัยที่ 4					●	●	●	●
งานวิจัยที่ 5	●	●	●	●	●	●	●	●
งานวิจัยที่ 6						●	●	●
งานวิจัยที่ 7	●	●	●	●	●	●	●	●

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

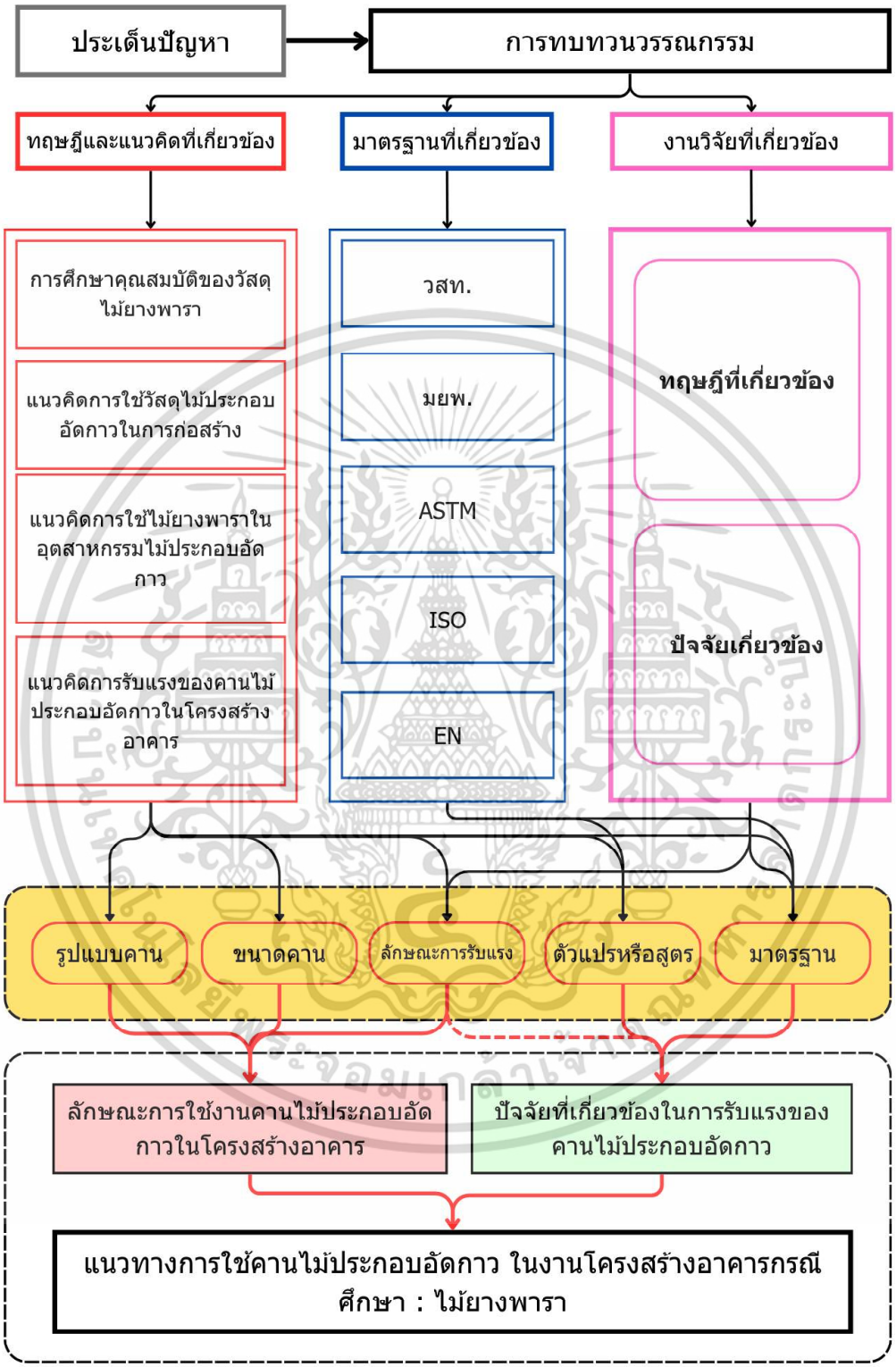
ตารางที่ 2.33 สรุปรายละเอียดที่เกี่ยวข้องจากงานวิจัย

ชื่องานวิจัย	มาตรฐานที่ใช้	รูปแบบคาน	ขนาดคาน	ลักษณะการรับแรง	ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ					
1) การศึกษาการประยุกต์ใช้ไม้ยางพารากับสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัย	ASTM	คานโค้ง	0.25 - 1.30 m	Midspan load	MOR, EI
2) ไม้ยางในงานสถาปัตยกรรม : โครงการค่ายลูกเสือ	-	-	½”x8”, 1”x8”, 2”x8”, 1”x3”, 6”x6”	Midspan load	-
3) โครงสร้างไม้ในอาคารสูง	-	Modul		Midspan load	-
4) การประเมินประสิทธิภาพของคานไม้ยางพาราประกอบลามิเนตเสริมกำลังด้วยวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยภายใต้การดัด	ASTM D198-97	Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)	7.5 x 16 x 300 ซม.., 7.5 x 16 x 350 ซม..	Midspan load	K, EI, MOR, EI, kGA
5) พฤติกรรมการดัดของคานไม้ประกอบอัดกาวจากไม้ยางพาราและไม้อัด	ASTM D143	Glued	5×2×50 ซม.., 5x1x150 ซม..	Midspan load	K, EI, MOR, EI,
6) พฤติกรรมการรับแรงดัดของคานไม้ยางพาราหน้าตัดประกอบเสริมแรงด้วยเส้นไฟเบอร์	ASTM	Glulam	5×2×50 ซม.	Midspan load	K, EI, MOR, EI, kGA
7) พัฒนาการไม้ประกับกาวในประเทศไทย	-	Glulam	-	-	-
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ					
1) The behaviour of horizontally glued laminated beams using rubber wood	ASTM D143-09	Glulam	60 x 40 x 830 มม.	Midspan load	K, EI, MOR, EI, kGA
2) Factors Affecting Ultimate Strength of Solid and Glulam Timber Beams	EN	Glulam	60 มม. x 100 มม. x 1600 มม.	Midspan load	K, EI, MOR, EI, kGA
3) Static bending of glulam beams manufactured with rubber wood and epoxy adhesive	ASTM	Glulam	25 x 70 มม. and length of 1200 มม.	Midspan load	K, EI, MOR, EI, kGA
4) Flexural behaviour of FRP and steel reinforced glulam beams: Experimental and theoretical evaluation	EN	Glulam, (FRP) and steel materials, Span of 5.7m	75 x 300 x 31 มม..	Midspan load	K, EI, EI, kGA
5) Advanced wood engineering: Glulam beams	ASTM D198-94	Glulam, Steel Plate and CFRP.	176 x 5 x 0.12 ซม..	All	K, EI, MOR, EI, kGA
6) Physical and mechanical behaviour of glulam beams produced with rubberwood treated with preservatives	EN	Glulam	60 x 20 x 1200 มม.	Midspan load	K, MOR, EI, kGA
7) The Glulam Handbook Volume 4	ASTM, EN	Glulam	All	All	-

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6. สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย

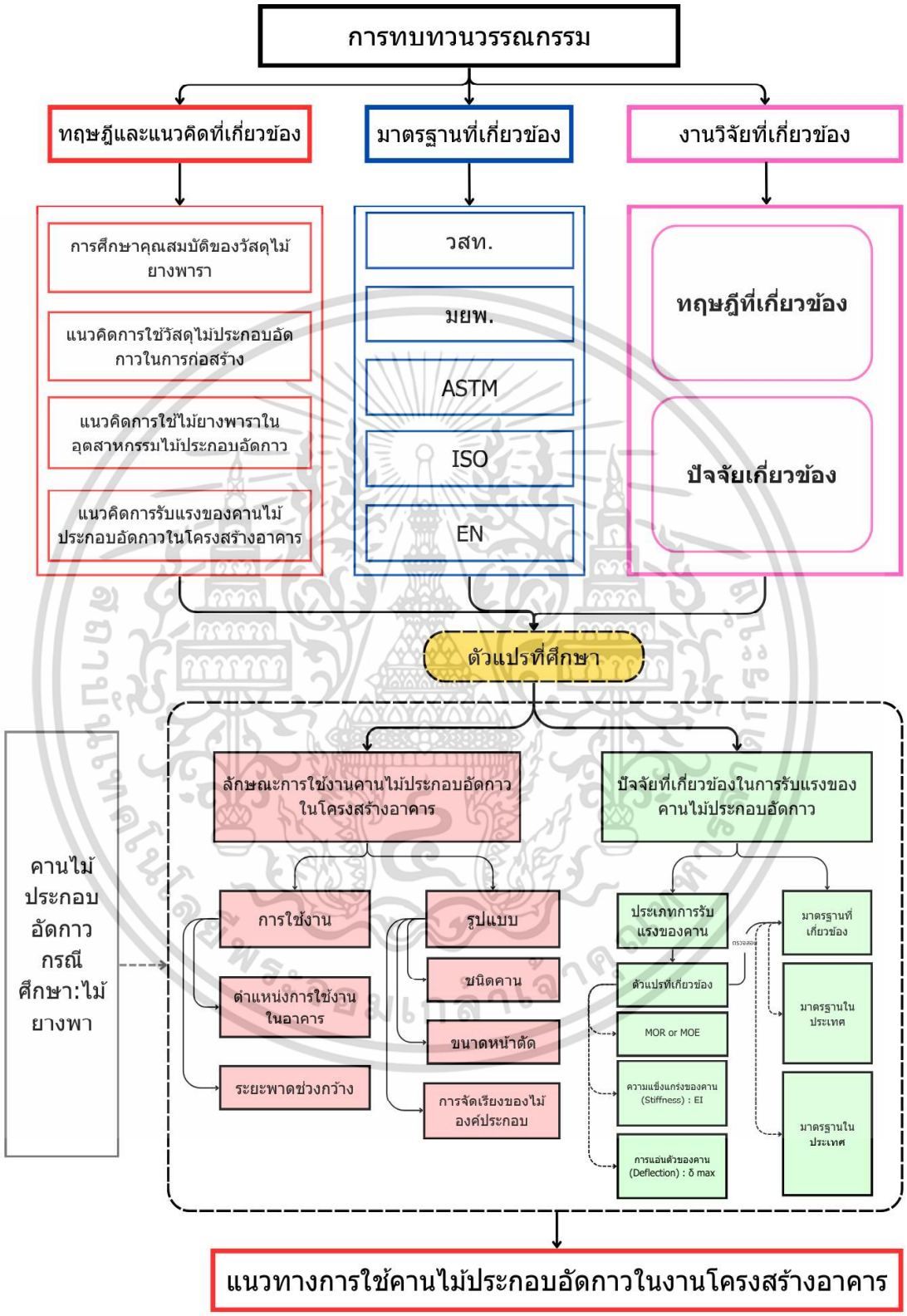


รูปที่ 2.68 สรุปกรอบแนวคิดการวิจัย

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7. กรอบแนวคิดกระบวนการวิจัย



รูปที่ 2.69 กรอบแนวคิดกระบวนการวิจัย

(ที่มา : ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการดำเนินการ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาว ในงานก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษา : ไม้ยางพารา” มีจุดประสงค์เพื่อเป็นฐานข้อมูลการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการประยุกต์ใช้คานไม้ประกอบอัดกาวที่เป็นไม้ยางพาราให้เหมาะสมกับงานก่อสร้างอาคาร โดยศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ หรือการวิจัยเอกสาร (Documentary Research) และเก็บข้อมูลงานวิจัยต่างๆที่สอดคล้องกับแนวคิดที่เกี่ยวข้อง โดยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2 การดำเนินการวิจัย

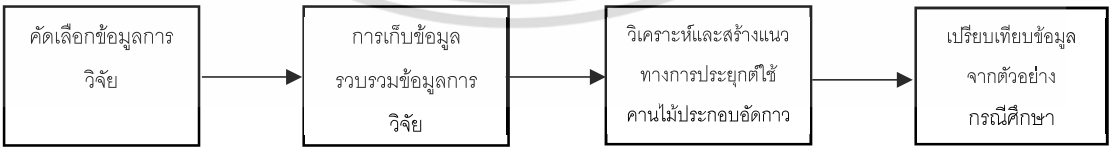
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ

3.4 วิธีการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

3.1 การเก็บรวบข้อมูลการวิจัย

การวิจัยเอกสาร (Documentary Research) การศึกษาวิจัยเอกสารเป็นการศึกษาเอกสารต่างๆ ได้แก่ เอกสารวิชาการในส่วนของ แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย บทความเชิงวิชาการ และสื่อสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

3.2 การดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.1 การดำเนินการวิจัย

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.3.1 การสร้างเครื่องมือ

กระบวนการสร้างเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเกิดจากการนำกรอบแนวคิดในการวิจัยดังกล่าวมาแตกประเด็นและหัวข้อในการจัดลำดับข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูล ดังนี้

1) สร้างกรอบแนวคิดกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

2) จัดลำดับความสำคัญของหัวข้อและประเด็นที่ต้องการศึกษาวิจัยโดยการอ้างอิงจากกรอบแนวคิดในการวิจัยเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3) สร้างเครื่องมือในรูปแบบ ตารางเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลที่คล้ายคลึง หรือแตกต่างกันของข้อมูล

3.3.2 การทดสอบคุณภาพเครื่องมือ

ในการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือครั้งนี้ เพื่อให้การจัดลำดับความสำคัญของหัวข้อและประเด็นที่ต้องการศึกษาวิจัย พร้อมทั้งสร้างตารางเปรียบเทียบสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลครั้งตรงตามเนื้อหาและครอบคลุมครบถ้วน โดยมีรูปแบบของการจัดลำดับความสำคัญของหัวข้อ และประเด็นที่ต้องการศึกษาวิจัย และตารางเปรียบเทียบ การใช้งานการรับแรงคานไม้ประกับอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร โดยมีหัวข้อดังนี้

1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว

1.1.1) ตำแหน่งการใช้งาน

1.1.2) ระยะพาดช่วง

1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว

1.2.1) ชนิดคาน

1.2.2) ขนาดหน้าตัดคาน

1.2.3) การเรียงไม้องค์ประกอบ

2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาว

2.1) ตำแหน่งจุด Support

2.2) ปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2.2.1) Modulus of Electricity (MOE)

2.2.2) ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)

2.2.3) ระยะโก่ง (Deflection)

3) วิเคราะห์กรณีศึกษาการแนวทางใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาว

แนวทางการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารแบบที่ :				
ประเด็นศึกษาของคานไม้ประกอบอัดกาว	ลักษณะข้อมูลคานไม้ประกอบอัดกาว	เปรียบเทียบมาตรฐาน	แนวทางการใช้งาน	หมายเหตุ
1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร				
1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งการใช้งาน				
ระยะพาดช่วง (มม.)				
1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว				
ชนิดคาน				
ขนาดหน้าตัดคาน				
การเรียงไม้องค์ประกอบ				
2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงในคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งจุด Support				
MOE				
Stiffness (EI)				
Deflection (δ_{max})				

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

3.4 วิธีการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

สำหรับกระบวนการ หรือแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดกระบวนการหรือแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลใน 2 ลักษณะ ได้แก่ แนวทางในการเก็บข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ และแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจ โดย กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลข้างต้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามตารางที่ 2.33

3.4.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูล โดยทำการเปรียบเทียบและเชื่อมโยงข้อมูลที่รวบรวมมา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ มาจัดลำดับความสำคัญตามคุณลักษณะของข้อมูล ตามหัวข้อการทบทวนวรรณกรรม

2) นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อแสดงความเชื่อมโยงของเนื้อหาสำคัญของข้อมูลและประเมินผลข้อมูล

3.4.3 วิธีการสรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัย ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดให้ออกมาเป็นแนวทางการประยุกใช้การรับแรงของคานไม้ประกับอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร โดยทำตารางเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมตามแนวคิดการประยุกต์ใช้คานไม้ประกอบอัดกาว พร้อมแสดงตัวอย่างการใช้คู่มือโดยเปรียบเทียบจากกรณีศึกษาอาคารในต่างประเทศ เพื่อเป็นทางข้อมูลในการนำไปใช้และส่งเสริมการใช้คานประกอบอัดกาวสำหรับการรับแรงทางโครงศร้างในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

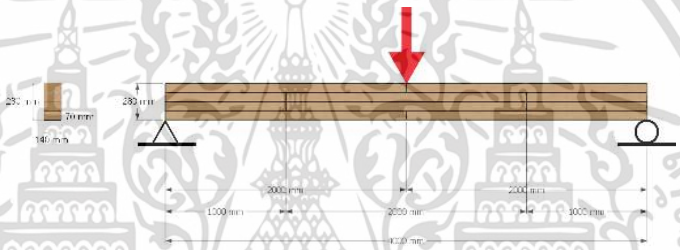
บทที่ 4

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร

การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูลและทำการรวบรวมมานำข้อมูลที่ได้มาจัดทำใหม่โดยใช้เครื่องมืองานวิจัย

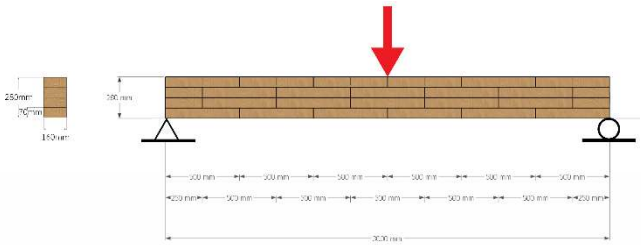
ตารางที่ 4.1 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1

แนวทางการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารแบบที่ : 1	
	
ประเด็นศึกษาของคานไม้ประกอบอัดกาว	ลักษณะข้อมูลคานไม้ประกอบอัดกาว
1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร	
1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว	
ตำแหน่งการใช้งานในอาคาร	คานพื้น : Single Span floor joists Glulam
ระยะพาดช่วง (มม.)	400
1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว	
ชนิดคาน	Homogeneous Glulam
ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบ (มม.)	70 x 140
การเรียงไม้องค์ประกอบ	Horizontal Glulam
2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงในคานไม้ประกอบอัดกาว	
ตำแหน่งจุด Support	Simply supported beam, Midspan load
MOE	250,000
Stiffness (EI)	6.40×10^{8}
Deflection (δmax)	2.5×10^{-2}

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

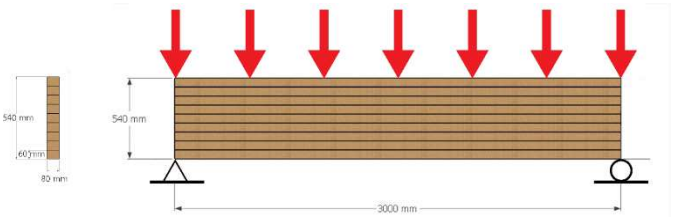
ตารางที่ 4.2 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2

แนวทางการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารแบบที่ : 2	
	
ประเด็นศึกษาของคานไม้ประกอบอัดกาว	ลักษณะข้อมูลคานไม้ประกอบอัดกาว
1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร	
1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว	
ตำแหน่งการใช้งานในอาคาร	คานหลังคา : Roof Rafters 5° Supporting Roof Load Only
ระยะพาดช่วง (มม.)	300
1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว	
ชนิดคาน	Homogeneous Glulam
ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบ (มม.)	70 x 160
การเรียงไม้องค์ประกอบ	Horizontal Glulam
2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงในคานไม้ประกอบอัดกาว	
ตำแหน่งจุด Support	Simply supported beam, Midspan load
MOE	9,313
Stiffness (EI)	5.08
Deflection (δmax)	24.7

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เครื่องมือการสร้างแนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3

แนวทางการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารแบบที่ : 3	
	
ประเด็นศึกษาของคานไม้ประกอบอัดกาว	ลักษณะข้อมูลคานไม้ประกอบอัดกาว
1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร	
1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว	
ตำแหน่งการใช้งานในอาคาร	คานหลังคา : VERANDA BEAM CONTINUOUS SPAN
ระยะพาดช่วง (มม.)	300
1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว	
ชนิดคาน	Homogeneous Glulam
ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบ (มม.)	80 x 60
การเรียงไม้องค์ประกอบ	Horizontal Glulam
2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงในคานไม้ประกอบอัดกาว	
ตำแหน่งจุด Support	Simply supported beam, Midspan load
MOE	21,000
Stiffness (EI)	7.20
Deflection (δmax)	18

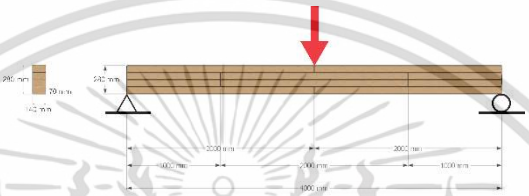
(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปรียบเทียบกับมาตรฐานการใช้งานของคานไม้ประกอบอัดกาว

ขั้นตอนหลังการวิเคราะห์ คือเครื่องมือจากการรวบรวมและทบทวนวรรณกรรม มาผ่านการวิเคราะห์แนวทางการสร้างเครื่องมือเพื่อเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1

แนวทางการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารแบบที่ : 1				
				
ประเด็นศึกษาของคานไม้ประกอบอัดกาว	ลักษณะข้อมูลคานไม้ประกอบอัดกาว	เปรียบเทียบมาตรฐาน	แนวทางการใช้งาน	หมายเหตุ
1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร				
1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งการใช้งานในอาคาร	คานพื้น : Single Span floor joists Glulam		✓	EN
ระยะพาดช่วง (ซม.)	400		✓	EN
1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว				
ชนิดคาน	Homogeneous Glulam		✓	GL28h
ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบ (มม.)	70 x 140	70 X 190	X	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013, GL24h
การเรียงไม้องค์ประกอบ	Horizontal Glulam (4 ชั้น)		✓	GL24h, GL28h
2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงในคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งจุด Support	Simply supported beam, Midspan load		✓	EN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

MOE x 10^3 ksc.	25,000	12,600	✓	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013
Stiffness (EI) x10^6 psi	6.40	2.2	✓	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013
Deflection (δmax)	25	28	✓	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

จากการศึกษาการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวอาคารสามารถเป็นแนวทางแนวทางในการประยุกต์ใช้และเป็นฐานข้อมูลในการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการนำไปประยุกใช้ของคานไม้ประกับอัดกาวให้เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม โดยมีแนวทางการใช้ ดังนี้

1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว

1.1.1) ตำแหน่งการใช้งาน

สามารถใช้งานได้ ในตำแหน่ง คานพื้น แบบ Single Span floor joists Glulam สามารถใช้งานได้อ้างอิงตามมาตรฐานของ EN

1.1.2) ระยะพาดช่วง

การใช้งานพาดช่วง 400 ซม. อ้างอิงตามมาตรฐานของ EN เทียบกับรหัส GL28h สามารถใช้งานได้

1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว

1.2.1) ชนิดคาน

เป็น Homogeneous Glulam เทียบกับรหัส GL28h ที่เป็นไปตามมาตรฐาน EN สามารถใช้งานได้

1.2.2) ขนาดหน้าตัดคาน

ขนาดหน้าตัดควรปรับเปลี่ยนให้มีขนาดจาก 70 x 140 มม. เป็น 70 X 190 มม. เทียบกับรหัส GL28h ที่เป็นไปตามมาตรฐาน EN 1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 หรือ ตารางที่ 2.7 จึงสามารถใช้งานได้

1.2.3) การเรียงไม้องค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียงไม้องค์ประกอบเป็นแบบ Horizontal Glulam เทียบกับรหัส GL28h หรือ GL26h ที่เป็นไปตามมาตรฐาน EN สามารถใช้งานได้

2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาว

2.1) ตำแหน่งจุด Support

ตำแหน่งจุดรองรับเป็น 2 รองรับ แบบ Simply Supported Beam, Midspan Load สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐาน EN

2.2) ปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2.2.1) Modulus of Electricity (MOE)

ค่า MOE ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1 เท่ากับ 25,000 x 10^3 ksc. สูงกว่าค่ามาตรฐาน 12,600 x 10^3 ksc. เมื่อเทียบมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013

2.2.2) ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)

ค่า Stiffness ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1 เท่ากับ 6.40 x 10^6 psi สูงกว่าค่ามาตรฐาน 2.2 x 10^6 psi เมื่อเทียบมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 แสดงว่าคานไม้ประกอบนี้มีความแข็งแรงเพียงพอ ทำให้สามารถใช้งานได้

2.2.3) ระยะโก่ง (Deflection)

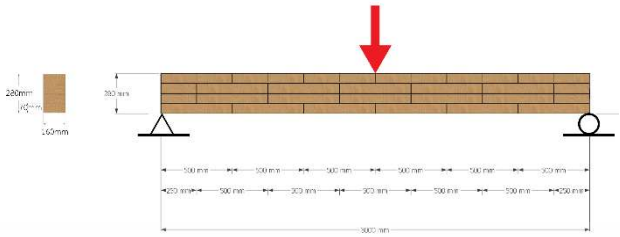
ค่า Deflection ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1 เท่ากับ 25 มม. ซึ่งยังไม่เกินค่ามาตรฐาน 28 มม. เมื่อเทียบมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 สามารถทำให้สามารถใช้งานได้

3) วิเคราะห์กรณีศึกษาการแนวทางใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร

แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร คือ คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 1 สามารถใช้งานได้โดยมีแนวทางแก้ไข คือ ควรเพิ่มขนาดหน้าตัดจาก 70 x 170 มม. เป็น 70 x 190 มม. จึงเหมาะสมกับระยะพาด 400 ซม. อ้างอิงขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบจากตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2

แนวทางการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารแบบที่ : 2				
				
ประเด็นศึกษาของคานไม้ประกอบอัดกาว	ลักษณะข้อมูลคานไม้ประกอบอัดกาว	เปรียบเทียบมาตรฐาน	แนวทางการใช้งาน	หมายเหตุ
1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร				
1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งการใช้งานในอาคาร	คานหลังคา : Roof Rafters 5° Supporting Roof Load Only , Single Span		✓	EN
ระยะพาดช่วง (ซม.)	300		✓	EN
1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว				
ชนิดคาน	Homogeneous Glulam		✓	EN
ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบ (มม.)	70 x 160	45 x 140	✓	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013
การเรียงไม้องค์ประกอบ	Horizontal Glulam (4 ชั้น)		✓	EN
2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงในคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งจุด Support	Simply supported beam, Midspan load		✓	EN
MOE x 10^3 ksc.	12,313	12,600	✗	ASTM D 143 2009 14080:2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

Stiffness (EI) x106 psi	2.2	2.2	✓	EN1995-1-1:2010-12, ANSI 1177-2015
Deflection (δmax)	26.7	28	✓	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013, GL28h

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

จากการศึกษาการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวอาคารสามารถเป็นแนวทางแนวทางในการประยุกต์ใช้และเป็นฐานข้อมูลในการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการนำไปประยุกใช้ของคานไม้ประกับอัดกาวให้เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม โดยมีแนวทางการใช้ ดังนี้

1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว

1.1.1) ตำแหน่งการใช้งาน

สามารถใช้งานได้ ในตำแหน่ง คานหลังคา : Roof Rafters 5° Supporting Roof Load Only, Single Span สามารถใช้งานได้อ้างอิงตามมาตรฐานของ EN

1.1.2) ระยะพาดช่วง

การใช้งานพาดช่วง 300 ซม. อ้างอิงตามมาตรฐานของ EN สามารถใช้งานได้

1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว

1.2.1) ชนิดคาน

เป็น Homogeneous Glulam ที่เป็นไปตามมาตรฐาน EN สามารถใช้งานได้

1.2.2) ขนาดหน้าตัดคาน

ขนาดหน้าตัดขนาดของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2 คือ 70 x 160 มม. มีขนาดเพียงพอเมื่อเทียบกับขนาดมาตรฐาน คือ 45 x 140 มม. อ้างอิงจากตารางที่ 2.12 จึงสามารถใช้งานได้

1.2.3) การเรียงไม้องค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียงไม้องค์ประกอบเป็นแบบ Horizontal Glulam เทียบกับมาตรฐาน EN สามารถใช้งานได้

2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาว

2.1) ตำแหน่งจุด Support

ตำแหน่งจุดรองรับเป็น 2 รองรับ แบบ Simply supported beam, Midspan load สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐาน EN

2.2) ปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2.2.1) Modulus of Electricity (MOE)

ค่า MOE ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2 เท่ากับ 11,313 x 10^3 ksc. มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 12,600 x 10^3 ksc เมื่อเทียบมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 จึงจะสามารถใช้งานได้

2.2.2) ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)

ค่า Stiffness ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2 เท่ากับ 2.2 x 10^6 psi มีค่าเทียบเท่าค่ามาตรฐาน เมื่อเทียบมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 แสดงว่าคานไม้ประกอบนี้มีความแข็งแรงเพียงพอ ทำให้สามารถใช้งานได้

2.2.3) ระยะโก่ง (Deflection)

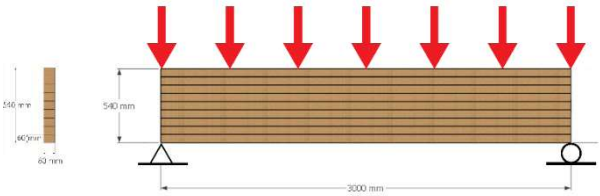
ค่า Deflection ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2 เท่ากับ 26.7 มม. ซึ่งยังไม่เกินค่ามาตรฐาน 28 มม. เมื่อเทียบกับคานไม้ประกอบ GL28h ตามมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 สามารถทำให้สามารถใช้งานได้

3) วิเคราะห์กรณีศึกษาการแนวทางใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร

แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร คือ คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 2 สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบ อ้างอิงขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบจากตารางที่ 2.12 แต่มีแนวทางแก้ไข คือ ควรเสริมหรือเปลี่ยนวัสดุที่มีค่า MOE ให้เกินค่าค่ามาตรฐาน 12,600 x 10^3 ksc จึงจะสามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3

แนวทางการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารแบบที่ : 3				
				
ประเด็นศึกษาของคานไม้ประกอบอัดกาว	ลักษณะข้อมูลคานไม้ประกอบอัดกาว	เปรียบเทียบมาตรฐาน	แนวทางการใช้งาน	หมายเหตุ
1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร				
1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งการใช้งานในอาคาร	คานหลังคา : VERANDA BEAM CONTINUOUS SPAN		✓	EN
ระยะพาดช่วง (ซม.)	300		✓	EN 14080 :2013
1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว				
ชนิดคาน	Homogeneous Glulam		✓	EN
ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบ (มม.)	80 x 60	70 x 140	✗	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013
การเรียงไม้องค์ประกอบ	Horizontal Glulam (9 ชั้น)		✓	EN
2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงในคานไม้ประกอบอัดกาว				
ตำแหน่งจุด Support	Uniform load		✓	EN
MOE x 10^3 ksc.	21,000	12,600	✓	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Stiffness (EI) $x10^6$ psi	7.20	2.2	✓	EN 13080 :2013
Deflection (δmax)	18	28	✓	EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013, GL28h

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

จากการศึกษาการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวอาคารสามารถเป็นแนวทางแนวทางในการประยุกต์ใช้และเป็นฐานข้อมูลในการนำไปใช้และส่งเสริมให้เกิดการนำไปประยุกใช้ของคานไม้ประกับอัดกาวให้เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม โดยมีแนวทางการใช้ ดังนี้

1) ลักษณะการใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร

1.1) การใช้งานคานไม้ประกอบอัดกาว

1.1.1) ตำแหน่งการใช้งาน

สามารถใช้งานได้ ในตำแหน่ง คานหลังคา แบบ Veranda Beam Continuous Span สามารถใช้งานได้อ้างอิงตามมาตรฐานของ EN

1.1.2) ระยะพาดช่วง

การใช้งานพาดช่วง 300 ซม. อ้างอิงตามมาตรฐานของ EN 14080 :2013 สามารถใช้งานได้

1.2) รูปแบบคานไม้ประกอบอัดกาว

1.2.1) ชนิดคาน

เป็น Homogeneous Glulam ที่เป็นไปตามมาตรฐาน EN สามารถใช้งานได้

1.2.2) ขนาดหน้าตัดคาน

ขนาดหน้าตัดขนาดของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3 คือ 80 x 60 มม. มีขนาดไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับขนาดมาตรฐาน คือ 70 x 140 มม. เทียบกับมาตรฐาน EN 1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013, GL24h หรือ ตารางที่ 2.15 จึงจะสามารถใช้งานได้

1.2.3) การเรียงไม้องค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียงไม้องค์ประกอบเป็นแบบ Horizontal Glulam เทียบกับมาตรฐาน EN สามารถใช้งานได้

2) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาว

2.1) ตำแหน่งจุด Support

ตำแหน่งจุดรองรับเป็น 2 รองรับ แบบ Simply supported beam, Uniform load สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐาน EN

2.2) ปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2.2.1) Modulus of Electricity (MOE)

ค่า MOE ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3 เท่ากับ 21,000 x 10^3 ksc. มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 12,600 x 10^3 ksc เมื่อเทียบมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 จึงจะสามารถใช้งานได้

2.2.2) ความแข็งแกร่งของคาน (Stiffness)

ค่า Stiffness ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3 เท่ากับ 7.20 x 10^6 psi มีค่าเทียบเท่าค่ามาตรฐาน เมื่อเทียบมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 แสดงว่าคานไม้ประกอบนี้มีความแข็งแรงเพียงพอ ทำให้สามารถใช้งานได้

2.2.3) ระยะโก่ง (Deflection)

ค่า Deflection ของคานไม้ประกอบอัดกาวแบบที่ 3 เท่ากับ 18 มม. ซึ่งยังไม่เกินค่ามาตรฐาน 28 มม. เมื่อเทียบกับคานไม้ประกอบ GL28h ตามมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 สามารถทำให้สามารถใช้งานได้

3) วิเคราะห์กรณีศึกษาการแนวทางใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร

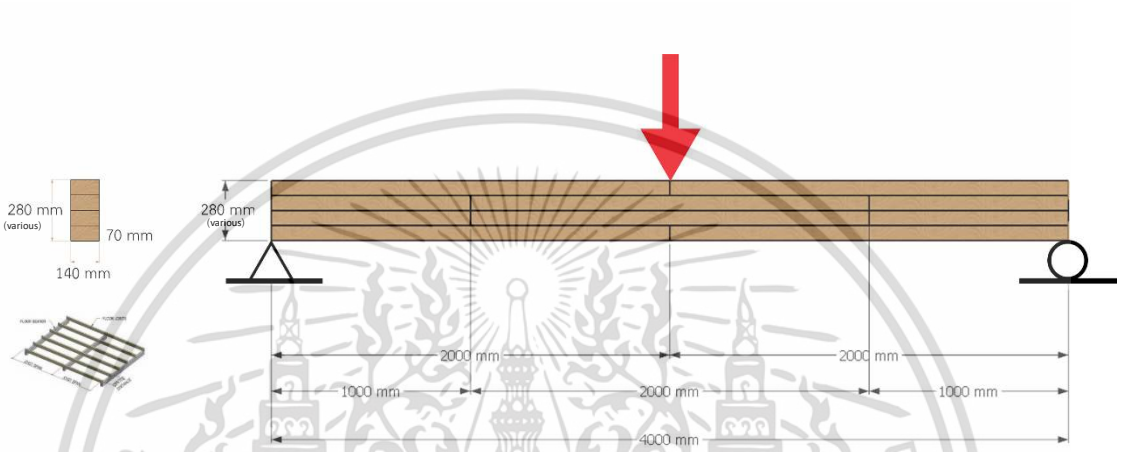
แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร คือ คานไม้กรณีศึกษาแบบที่ 3 สามารถใช้งานได้โดยมีแนวทางแก้ไข คือ ควรเพิ่มขนาดหน้าตัดจาก 80 x 60 มม. เป็น 70 x 190 มม. จึงเหมาะสมกับระยะพาด 300 ซม. อ้างอิงจากตารางที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประยุกต์ใช้คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว

จากการเปรียบเทียบข้อมูลและการวิเคราะห์คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวทั้ง 3 แบบ สามารถสรุปแนวทางการประยุกต์ใช้คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวได้ ดังนี้

4.3.1 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 1



รูปที่ 4.1 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 1
(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

1) ลักษณะการใช้งานของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว

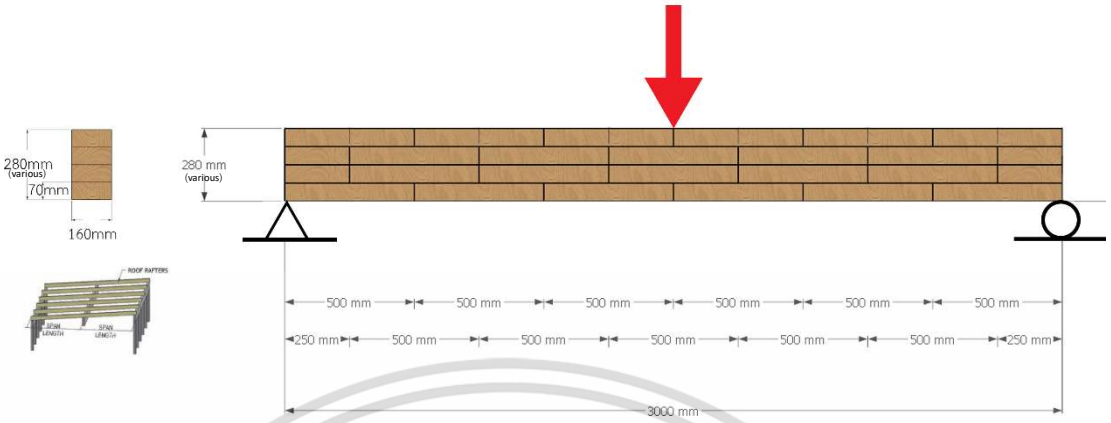
ลักษณะการใช้งานของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวของแบบที่ 1 มีลักษณะเด่นคือ เป็นคานพื้น แบบ Single Span Floor Joists Glulam สำหรับการใช้งานพาดช่วง 400 ซม. โดยใช้วัสดุไม้องค์ประกอบแบบ Homogeneous Glulam และมีการเรียงไม้องค์ประกอบเป็นแบบ Horizontal Glulam และควรใช้ขนาดหน้าตัดจาก 70 x 140 มม. เป็นขนาด 70 x 190 มม. อ้างอิงจากตารางที่ 2.7 โดยขนาดคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบนี้จะมีจำนวนชั้นทั้งหมด 4 ชั้นทำให้เหมาะนำไปใช้ในอาคารที่ต้องการคานไม่หนามากและการประกอบของไม้องค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นชิ้นเล็กจึงง่ายต่อการผลิตที่ใช้ต้นไม้ยางพาราขนาดเล็กได้

2) ลักษณะการรับแรงของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว

ลักษณะการรับแรงของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวมีตำแหน่งจุดรองรับจำนวน 2 จุด รองรับ แบบ Simply Supported Beam, Midspan Load ซึ่งเหมาะแก่การใช้เป็นคานที่รับแรงบริเวณกึ่งกลางคาน โดยมีค่าคุณสมบัติ อาทิ ค่า MOE 12,600 x 10^3 ksc.ค่า Stiffness 6.40 x 10^6 psiค่า Deflection 25 มม. ซึ่งบ่งบอกว่าคานไม้คุณสมบัติเพียงพอในการใช้งานทางโครงสร้างอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 2



รูปที่ 4.2 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 2

(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

1) ลักษณะของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว

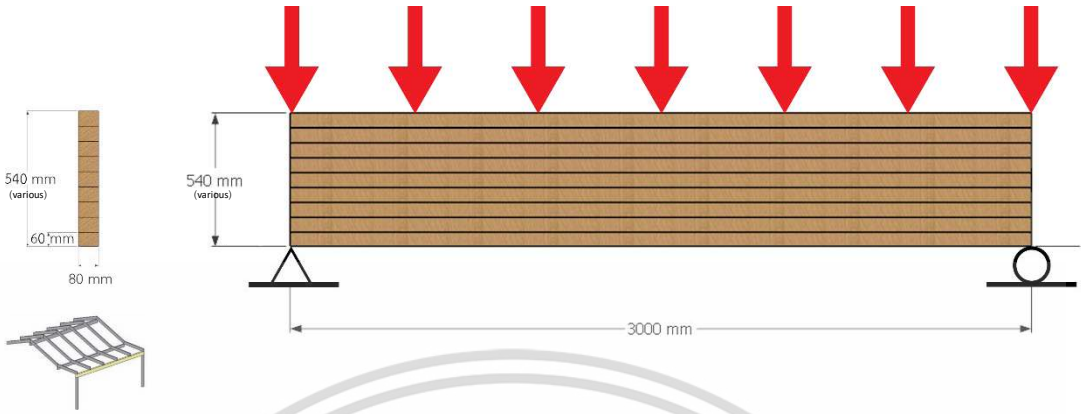
ลักษณะการใช้งานของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 2 มีลักษณะเด่นคือ เป็นคานหลังคาแบบ Roof Rafters 5° Supporting Roof Load Only , Single Span สำหรับการใช้งานพาดช่วง 300 ซม. โดยใช้วัสดุไม้องค์ประกอบแบบ Homogeneous Glulam และมีการเรียงไม้องค์ประกอบเป็นแบบ Horizontal Glulam และควรใช้ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบจาก 70 x 160 มม. ซึ่งเป็นขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบที่เพียงพอในการนำไปใช้จึงไม่ต้องปรับแก้ขนาด อ้างอิงขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบจากตารางที่ 2.12 โดยขนาดคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบนี้จะมีจำนวนชั้นทั้งหมด 4 ชั้นทำให้เหมาะนำไปใช้ในอาคารที่ต้องการคานไม่หนามากและการประกอบของไม้องค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นชิ้นเล็กจึงง่ายต่อการผลิตที่ใช้ต้นไม้ยางพาราขนาดเล็กได้

2) ลักษณะการรับแรงของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว

ลักษณะการรับแรงของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวมีตำแหน่งจุดรองรับจำนวน 2 จุด รองรับแบบ Simply Supported Beam, Midspan Load ซึ่งเหมาะแก่การใช้เป็นคานที่รับแรงบริเวณกึ่งกลางคาน โดยมีค่าคุณสมบัติ อาทิ ค่า MOE 12,313 x 10^3 ksc.ค่า Stiffness 2.2 x 10^6 psi ค่า Deflection 26.7 มม. ซึ่งบ่งบอกว่าคานไม้คุณสมบัติเพียงพอในการใช้งานทางโครงสร้างอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 3



รูปที่ 4.3 คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 3
(ที่มา: ผู้จัดทำ, 2567)

1) ลักษณะของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว

ลักษณะการใช้งานของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวของแบบที่ 3 มีลักษณะเด่นคือเป็น คานหลังคา : Veranda Beam Continuous Span สำหรับการใช้งานพาดช่วง 300 ซม. โดยใช้วัสดุไม้องค์ประกอบแบบ Homogeneous Glulam และมีการเรียงไม้องค์ประกอบเป็นแบบ Horizontal Glulam และควรใช้ขนาดหน้าตัดไม้องค์ประกอบจาก 60 x 80 มม.เป็นขนาด 70 x 190 มม. อ้างอิงขนาดหน้าตัดจาดตารางที่ 2.15 โดยขนาดคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบนี้จะมีจำนวนชั้นทั้งหมด 9 ชั้นทำให้เหมาะนำไปใช้ในอาคารที่ต้องการคานต้องการความแข็งแกร่งทางโครงสร้างสูงเพราะไม้องค์ประกอบซ้อนชั้นจำนวนมากแต่มีความสูงขแงคานมากจึงไม่เหมาะในอาคารที่ต้องการพื้นที่ใต้คานจำนวนมาก

2) ลักษณะการรับแรงของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาว

ลักษณะการรับแรงของคานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวมีตำแหน่งจุดรองรับจำนวน 2 จุดรองรับ แบบ Uniform Load ซึ่งเหมาะแก่การใช้เป็นคานที่รับแรงบริเวณกึ่งกลางคาน โดยมีค่าคุณสมบัติ อาทิ ค่า MOE 21,000 x 10^3 ksc.ค่า Stiffness 7.20 x 10^6 psi ค่า Deflection 18 มม. ซึ่งบ่งบอกว่าคานไม้คุณสมบัติเพียงพอในการใช้งานทางโครงสร้างอาคาร

จากการศึกษาตัวอย่างคานไม้ประกอบอัดกาวทั้ง 3 แบบทำให้เปรียบเทียบการใช้งานที่แตกต่างกันจะมีหน้าตัดของไม้องค์ประกอบและลักษณะการรับแรงที่แตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าคานแต่ละแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้างอาคารได้โดยตรวจสอบจาก ตารางสรุปแรงที่กระทำระยะพาดช่วง ขนาดหน้าตัดของไม้องค์ประกอบ และค่าความแข็งแกร่งของคานเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นสำคัญจึงสามารถเกิดเป็นแนวทางการนำไปใช้งานในโครงสร้างอาคารได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาการรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวอาคารสามารถเป็นแนวทางในการเป็นฐานข้อมูล ส่งเสริมและประยุกต์ใช้ในโครงสร้างคานไม้ประกอบอัดกาวในงานโครงสร้างอาคาร โดยสรุปจากทั้งตัวอย่างคานไม้ประกอบอัดกาวทั้ง 3 แบบให้เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม โดยมีแนวทางการใช้ ดังนี้

1) แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร คือ คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 1 ที่มีลักษณะเด่น คือ เป็นคานขนาดเล็กสามารถผลิตจากไม้องค์ประกอบจากต้นยางพาราที่มีขนาดเล็กและโตเร็วได้ สามารถใช้งานได้โดยมีแนวทางแก้ไข คือ ควรเพิ่มขนาดหน้าตัดจาก 75 x 70 มม. เป็น 140 x 280 มม. จึงเหมาะสมกับระยะพาด 400 ซม. โดยอ้างอิงจากตารางที่ 2.7 จึงจะสามารถใช้งานในงานโครงสร้างอาคารได้
2) แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร คือ คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 2 ที่มีลักษณะเด่น คือ เป็นคานขนาดเล็กสามารถผลิตจากไม้องค์ประกอบจากต้นยางพาราที่มีขนาดเล็กและโตเร็วได้ สามารถใช้งานได้โดยมีแนวทางแก้ไข คือ ควรเสริมหรือเปลี่ยนวัสดุที่มีค่า MOE ให้เกินค่าค่ามาตรฐาน 12,600 x 10^3 ksc ตามมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 จึงจะสามารถใช้งานในงานโครงสร้างอาคารได้
3) แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร คือ คานไม้ยางพาราประกอบอัดกาวแบบที่ 3 ที่มีลักษณะเด่นในการใช้งานที่มีรูปแบบการประกอบคานไม้ประกอบอัดกาวจากไม้องค์ประกอบแบบ ที่ใช้ที่มีการซ้อนกันของไม้องค์ประกอบถึง 9 ชั้น ทำให้มีความแข็งแรงในการรับแรงทางโครงสร้างได้มาก สามารถใช้งานได้โดยมีแนวทางแก้ไข คือ ควรเพิ่มขนาดหน้าตัดจาก 80 x 60 มม. เป็น 70 x 140 มม. อ้างอิงจากตารางที่ 2.15 จึงเหมาะสมกับระยะพาด 300 ซม. โดยอ้างอิงและเปรียบเทียบกับ GL28h ตามมาตรฐาน EN1995-1-1:2010-12, EN 14080:2013 จึงสามารถใช้งานในงานโครงสร้างอาคารได้
4) จากการศึกษาตัวอย่างคานไม้ประกอบอัดกาวทั้ง 3 แบบทำให้เปรียบเทียบการใช้งานที่แตกต่างกันจะมีหน้าตัดของไม้องค์ประกอบและลักษณะการรับแรงที่แตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าคานแต่ละแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้างอาคารได้โดยตรวจสอบจาก ตารางสรุปแรงที่กระทำ ระยะพาดช่วง ขนาดหน้าตัดของไม้องค์ประกอบ และค่าความแข็งแกร่งของคานเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นสำคัญจึงสามารถเกิดเป็นแนวทางการนำไปใช้งานในโครงสร้างอาคารได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้การรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการนำไปใช้และส่งเสริมการใช้คานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคารให้เหมาะสมกับเงื่อนไขทางสถาปัตยกรรม จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1) เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลในส่วนมาตรฐานที่ได้ทำการศึกษาในประเทศไทยยังมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะทำการศึกษาโดยละเอียด จึงเป็นอุปสรรคในการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูล และใช้เครื่องมือ หากสามารถศึกษาข้อมูลในส่วนนี้ได้ จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ให้สมบูรณ์มากขึ้น
2) การศึกษาจาก การรับแรงของคานไม้ประกอบอัดกาวในโครงสร้างอาคาร เป็นการรวบรวมที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางการและฐานข้อมูลเบื้องต้นให้มีความครอบคลุมเท่านั้น ผู้วิจัยจึงยินดีที่จะนำข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากงานวิจัยนี้ไปต่อยอดกับพัฒนาการประยุกต์เพื่อใช้งานที่มีความพิเศษ หรือเฉพาะทางกว่านี้ได้
3) ข้อจำกัดเรื่องเวลาในการศึกษาวิจัยเนื่องจากงานวิจัยนี้จัดทำเพื่อปรับปรุงงานวิจัยอีกชุดหนึ่งจึงมีความสอดคล้องของข้อมูลที่ยังไม่ลึกซึ้งเท่าที่ควร จึงต้องขออภัยหากมีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์และพร้อมยอมรับความคิดเห็นแตกต่างเพิ่มเติมจากผู้ที่สนใจต้องการศึกษาในหัวข้อนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณัชกร ประจังคะโต. (2561). **โครงสร้างไม้ในอาคารสูง**, สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2567

ทวีศักดิ์ ทองขวัญ, นันทชัย ชูศิลป์, เปรมณัช ชุมพร้อม, จุฑามาศ ลักษณะกิจ และ อรุณ ลูกจันทร์. (2566). **พฤติกรรมการดัดของคานไม้ประกอบอัดกาวจากไม้ยางพาราและไม้อัด**, สืบค้นเมื่อ 19 มกราคม 2567

ปนิพันธ์ สุนทรรักษ์, รศ.ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ รศ. ทรงกลด จารุสมบัติ. (2559). **การพัฒนาแผ่นประกอบชนิดอัดราบจากยางพาราผสมเยื่อกระดาษเหลือใช้เพื่อประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร**, สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน 2567

ปานวาด วรเสถียร และ ภูมิชาย พันธุ์ไพโรจน์. (2562). **แนวทางการออกแบบเพื่อนำเสนอรูปแบบการจักสานของไทยเพื่อประยุกต์ใช้ไม้ยางพาราในการออกแบบสถาปัตยกรรมไทยร่วมสมัย**, สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2566

พีร์นิธิ อักษร. (2016). **คานไม้อัดกาวสำหรับงานโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทย**, สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2567

วรพจน์ ประชาเสรี, เอกรัฐ สมัครรัฐกิจ และ วิริยะ ทองเรือง. (2553). **การประเมินประสิทธิภาพของคานไม้ยางพาราประกอบลามิเนตเสริมกำลังด้วยวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยภายใต้การดัด**, สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2566

อาดิ้ล นิยมเดชา, นันทชัย ชูศิลป์ และ จรูญ เจริญเนตรกุล. (2022). **พฤติกรรมการวิบัติของคานไม้ยางพาราประกอบติดกาวเสริมกำลังด้วยเส้นใยพอลิเมอร์**, สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2567

อานนท์ วงษ์แก้ว. (2561). **การศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในภาคตะวันออกเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง**, สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2567

อภิสิทธิ์ คันธจันทร์. (2560). **ไม้ยางในงานสถาปัตยกรรม: โครงการค่ายลูกเสือ**, สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2566

Binderholz GmbH Glulam factory. (2020). **BINDERHOLZ GLULAM GLT**, สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2567

Buckland Timber Ltd. (2024). **TECHNICAL INFORMATION**, สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2567

Camille A. Issa. (2021). **Advanced wood engineering: Glulam beams**, สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 256

HASSLACHER group. (2021). **Glued laminated timber**, สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Huifeng Yang, Weiqing Liu, Weidong Lu and Shijun Zhu. (2559). **Flexural behavior of FRP and steel reinforced glulam beams: Experimental and theoretical evaluation**, สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2567

Lidan Mei, Nan Guo, Ling Li, Hongliang Zuo and Yan Zhao. (2021). **Study on flexural performance of prestressed glulam continuous beams under control influence**, สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2567.

M.J. Guan and E.C. Zhu. (2007). **Flexural properties of bamboo sliver laminated lumber under different hygrothermal conditions**, สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2567

Suhaimi Abu Bakar, Abd Latif Saleh, Zainai B Mohamed. (2004). **FACTORS AFFECTING ULTIMATE STRENGTH OF SOLID AND GLULAM TIMBER BEAMS**, สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2567

Swedish Wood. (2022). **Design of timber structures**, สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2567

The Engineered Wood Association. (2004). **GLUED LAMINATED TIMBER BEAM DESIGN TABLES**, สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2567

The Engineered Wood Association. (2017). **GLULAM PRODUCT GUIDE**, สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2567

Wright Forest Products. (2021). **Design guide and span tables**, สืบค้นเมื่อ 22 เมษายน 2567

Woraphot Prachasaree, Suchart Limkatanyu. (2013). **PERFORMANCE EVALUATION OF FRP REINFORCED PARA WOOD GLUED LAMINATED BEAMS**, สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2567

W.Q. Liu & H.F. Yang, F.Q. Dong, and D.M. Jiang. (2007). **Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams**, สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2567

Yan Xiao, Masafumi Inoue and Shyam K. Paudel. (2007). **Modern Bamboo Structures**, สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล จักรกฤษณ์ โรจน์พานิชกิจ

วัน เดือน ปีเกิด 27 มีนาคม 2543 จังหวัดชลบุรี

ที่อยู่ 38 ถ.อ่างศิลา – บางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี

ประวัติการศึกษา

2566 ปริญญาตรีสถาปัตยกรรมบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

2565 นักศึกษาฝึกงาน บริษัท สวอน แอนด์ แมคคลาเรน (ประเทศไทย) จำกัด

2566-2567 สถาปนิก บริษัท ลูกสาวและลูกชาย จำกัด

ผลงานวิจัย

2566 จักรกฤษณ์ โรจน์พานิชกิจ. 2566.” แนวทางการใช้คานไม้ประกอบอัดกาว ในงานโครงสร้างอาคาร กรณีศึกษา : ไม้ยางพารา” วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ศิลปะและการออกแบบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้