การเปรียบเทียบลักษณะการถักของโครงถัก 2 มิติ

COMPARISON OF 2D TRUSS PATTERN

อลิสา วณิชย์กิจไพศาล
ALISA VANICHKITPISAL

การค้นคว้าอิสระนี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561
KMITL-2018-EN-M-090-500

การเปรียบเทียบลักษณะการถักของโครงถัก 2 มิติ

COMPARISON OF 2D TRUSS PATTERN

อลิสา วณิชย์กิจไพศาล

ALISA VANICHKITPISAL

การค้นคว้าอิสระนี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-EN-M-090-500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARISON OF 2D TRUSS PATTERN

ALISA VANICHKITPISAL

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-EN-M-090-500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

หัวข้อ การเปรียบเทียบลักษณะของการถักของโครงถัก 2 มิติ

Title Comparison of 2D Truss Pattern

นักศึกษา นางสาวอลิสา วณิชย์กิจไพศาล

รหัสประจำตัว 58601066

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

หมายเลขการค้นคว้าอิสระ KMITL-2018-EN-M-090-500

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.นันทวัฒน์	จรัสโรจน์ธนเดช	
ผศ.ดร.ชลิดา	อูตะเภา	
รศ.ดร.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดี ที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เวลา 11.00-13.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การเปรียบเทียบลักษณะการถักของโครงถัก 2 มิติ
นักศึกษา	นางสาวอลิสา วณิชย์กิจไพศาล
รหัสนักศึกษา	58601066
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

บทคัดย่อ

ในการออกแบบโครงถักผู้ออกแบบเป็นผู้กำหนดลักษณะของโครงถัก ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบการถัก อัตราส่วนความยาวต่อความลึก หรือเหล็กรูปพรรณที่ใช้ ซึ่งสิ่งที่ผู้ออกแบบกำหนดนั้นมีผลต่อการรับน้ำหนักของโครงหลังคา รวมไปถึงมูลค่าของโครงถักนั้นๆด้วย

เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดลักษณะของโครงถักสำหรับรับน้ำหนักของโครงหลังคาโรงงานให้มีความประหยัดมากที่สุด ในงานวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาลักษณะของโครงถักทั้ง รูปแบบการถักของโครงถัก อัตราส่วนความยาวต่อความลึก เหล็กรูปพรรณ และความยาวของโครงถัก เพื่อใช้ในการออกแบบ โดยการออกแบบโครงถักในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) เพื่อหาเหล็กรูปพรรณของโครงถักแต่ละตัว ซึ่งโครงถักที่ได้ในงานวิจัยนี้จะมีทั้งหมด 108 โครงถัก

โดยทำการเปรียบเทียบ 3 หัวข้อ คือ รูปแบบการถัก อัตราส่วนความยาวต่อความลึก และเหล็กรูปพรรณที่ใช้ และทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบแบบ 1 มิติ ตามหัวข้อที่กำหนด ซึ่งเริ่มจากการแบ่งกลุ่ม โดยโครงถักที่มีลักษณะเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่หัวข้อที่ต้องการเปรียบเทียบจะถูกจับให้อยู่กลุ่มเดียวกัน จากนั้นนำโครงถักในแต่ละกลุ่ม มาทำการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กรูปพรรณโดยใช้แผนภูมิ เพื่อหาว่าโครงถักลักษณะไหนให้ปริมาณเหล็กรูปพรรณน้อยที่สุด

โดยผลสรุปของงานวิจัยนี้พบว่า โครงถักที่ให้ความประหยัดควรมีรูปแบบการถักเป็นแบบ Warren มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากับ 15 และควรใช้เหล็กรูปพรรณเป็นเหล็กท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	COMPARISON OF 2D TRUSS PATTERN
Student	Miss. Alisa Vanichkitpisal
Student ID.	58601066
Degree	Master of Engineering
Program	Construction Engineering and Management
Year	2018
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Laemthong Laokhongthavorn

ABSTRACT

A truss is essentially a triangulated system of straight interconnected structural elements. It designs for support and carry heavy loads between long distances of columns. To design truss, designers have to specify type of truss by considering pattern of truss, ratio of length to depth, or type of steel. The selected type affects with the weight of roof load and also cost of truss construction which are the main concern of all truss construction.

Nowadays, truss is widely used to carry the roof load of factories, department stores, gymnasiums, warehouses, and etc. In this research, type, pattern, length to depth ratio, steel, and length of truss are applied, with all of factors are included. The objective of the study is to find which design is the most economical and most suitable to carry the roof load. In this research used Microfeap program to calculate the truss design which it included 108 truss designs.

Pattern of truss, length to depth ratio of truss, and steel are applied to compare and analyze in 1 dimension which divided by method of comparing even it has the same pattern of truss. After that, the pattern of truss in each group will be compared for amount of steel used by chart for finding which pattern of truss uses less steel.

By the result of this study, warren is the most economical truss by length to depth ratio of truss is 15 and most suitable steel type is pipe.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้หากขาดความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ผู้ซึ่งให้ทั้งข้อมูล คำปรึกษา คำชี้แนะแนวทาง และคำติเตียนต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ผู้วิจัยจึงขออนุญาตกล่าวแสดงความขอบคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำในทุกขั้นตอนตั้งแต่ต้นจนได้เป็นรูปเล่มของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ บริษัท แสตนดาร์ด เพอร์ฟอร์แมนซ์จำกัด โดยเฉพาะคุณชูวงษ์ แซ่ตั๊ง ที่เป็นผู้ให้แรงบันดาลใจในการศึกษาหัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

และที่สำคัญที่สุดคือ ขอขอบคุณครอบครัว คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อลิสา วณิชย์กิจไพศาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
สารบัญแผนภูมิ..... IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย 5
1.4 วิธีการศึกษา..... 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทบทวนทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง..... 6
2.1 ทฤษฎีโครงถัก..... 6
2.1.1 โครงข้อหมุนกับการใช้งาน..... 6
2.1.2 ประเภทของโครงข้อหมุนในระนาบ..... 7
2.1.3 ความเป็นดีเทอร์มิเนท..... 10
2.1.4 เสถียรภาพ..... 10
2.1.5 การวิเคราะห์โครงข้อหมุน..... 12
2.2 โปรแกรมวิเคราะห์และออกแบบโครงถัก..... 14
2.2.1 โปรแกรม Microfeap for window..... 14
2.2.2 การนำเข้าข้อมูล..... 16
2.2.3 การแสดงผลของโปรแกรม..... 19
2.2.4 ข้อจำกัดของโปรแกรม..... 21
บทที่ 3 วิธีการและเก็บข้อมูล..... 22
3.1 ลักษณะของโครงถัก..... 22
3.2 การตั้งชื่อโครงถัก..... 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ตัวอย่างการออกแบบโครงถักโดยใช้โปรแกรม Microfeap for Window..... 25

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 35

4.1 ผลการเก็บข้อมูล..... 35

4.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะของโครงถัก..... 42

4.2.1 รูปแบบการถักของโครงถัก..... 42

4.2.2 อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก..... 62

4.2.3 รูปแบบเหล็กรูปพรรณ..... 82

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 98

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 98

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 103

เอกสารอ้างอิง 104

ประวัติผู้เขียน 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ตารางแสดงจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ขยายและก่อตั้งใหม่ในปี พ.ศ.2551-2558..... 3

3.1 ตารางแสดงความลึกของโครงถัก ตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก (L/D) ต่อ อัตราส่วนความยาวต่อ (L) 23

4.1 ตารางแสดงผล.....36

4.2 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบรูปแบบการถักโครงถัก.....42

4.3 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบอัตราส่วนความความยาวต่อความลึกของโครงถัก..... 62

4.4 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบรูปแบบเหล็กรูปพรรณของโครงถัก.....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 รูปโรงงานของบริษัท ไทยเฟิลท์ จำกัด (นิคมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี)..... 3
1.2 รูปโรงงานของบริษัท เอเชียนไมโคร จำกัด (นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จังหวัดอยุธยา)..... 4
2.1 รูปแบบโครงข้อหมุนที่พบในโครงสร้างหลังคาโรงงานส่วนใหญ่..... 7
2.2 แสดงตัวอย่างรูปแบบพื้นฐานของโครงข้อหมุนแบบธรรมดา..... 8
2.3 แสดงตัวอย่างโครงข้อหมุนแบบธรรมดา..... 8
2.4 โครงข้อหมุนแบบผสม..... 9
2.5 โครงข้อหมุนแบบซับซ้อน..... 10
2.6 โครงข้อหมุนที่ขาดเสถียรภาพภายนอก..... 11
2.7 โครงข้อหมุนที่มีเสถียรภาพภายใน..... 11
2.8 โครงข้อหมุนที่ขาดเสถียรภาพภายใน..... 11
2.9 โครงข้อหมุนประกอบที่ขาดเสถียรภาพภายใน..... 12
2.10 ตัวอย่างการวิเคราะห์จากข้อต่อ..... 13
2.11 ตัวอย่างการวิเคราะห์จากหน้าตัด..... 14
2.12 รูปแสดงข้อมูลการใส่แบบจำลองของโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1)..... 15
2.13 รูปแสดงรายการหลักของ Microfeap for window (MFW-P1)..... 16
2.14 รูปแสดงรายการ Node..... 17
2.15 รูปแสดงรายการ Element..... 17
2.16 รูปแสดงรายการ Material..... 18
2.17 รูปแสดงรายการ Load case..... 18
2.18 รูปแสดงรายการ Overall-data..... 19
2.19 รูปแสดงรายการ Graphics..... 19
2.20 รูปแสดงรายการ Solution..... 20
2.21 รูปแสดงรายการ Results..... 20
2.22 รูปแสดงผลในส่วนของรายการ Graphics..... 21
3.1 แบบโครงถัก แบบที่ 1..... 22
3.2 แบบโครงถัก แบบที่ 2..... 22
3.3 แบบโครงถัก แบบที่ 3..... 22
3.4 หน้าแรกของโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1)..... 25
3.5 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลของหน้าต่าง Project Control Data..... 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.6 ตัวอย่างหน้าต่าง Node Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 26
3.7 ตัวอย่างหน้าต่าง Coordinate Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 27
3.8 ตัวอย่างหน้าต่าง Element Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 27
3.9 ตัวอย่างหน้าต่าง Element connectivity Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 28
3.10 ตัวอย่างหน้าต่าง Boundary Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 28
3.11 ตัวอย่างหน้าต่าง Material Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 29
3.12 ตัวอย่างหน้าต่าง Material Properties for Truss Element ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 29
3.13 ตัวอย่างหน้าต่าง Working Load Case number ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 30
3.14 ตัวอย่างประเภทแรงที่กระทำของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 30
3.15 ตัวอย่างแรงที่กระทำของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 30
3.16 ตัวอย่างรายการ Overall-data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 31
3.17 ตัวอย่างหน้าต่าง Overall Project data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 31
3.18 ตัวอย่างหน้าต่าง Overall Project data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15..... 32
3.19 ตัวอย่างหน้าต่างรายการในการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15..... 32
3.20 ตัวอย่างหน้าต่างรายการในการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15..... 33
3.21 ตัวอย่างหน้าต่างรายการในการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15..... 33
3.22 ตัวอย่างผลการการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15..... 34
3.23 ตัวอย่างผลการการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ **หน้า**

1.1 แผนภูมิแสดงจำนวนโรงงานอุสาหกรรมภายในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2551-2558..... 2
4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 1.....44
4.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 2.....44
4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 3.....45
4.4 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 4.....45
4.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 5.....46
4.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 6.....46
4.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 7.....47
4.8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 8.....47
4.9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 9.....48
4.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 10..... 48
4.11 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 11..... 49
4.12 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 12..... 49
4.13 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 13..... 50
4.14 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 14..... 50
4.15 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 15..... 51
4.16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 16..... 51
4.17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 17..... 52
4.18 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 18..... 52
4.19 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 19..... 53
4.20 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 20..... 53
4.21 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 21..... 54
4.22 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 22..... 54
4.23 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 23..... 55
4.24 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 24..... 55
4.25 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 25..... 56
4.26 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 26..... 56
4.27 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 27..... 57
4.28 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 28..... 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ **หน้า**

4.29 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 29..... 58
4.30 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 30..... 58
4.31 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 31..... 59
4.32 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 32..... 59
4.33 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 33..... 60
4.34 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 34..... 60
4.35 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 35..... 61
4.36 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 36..... 61
4.37 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 1..... 64
4.38 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 2..... 64
4.39 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 3..... 65
4.40 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 4..... 65
4.41 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 5..... 66
4.42 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 6..... 66
4.43 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 7..... 67
4.44 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 8..... 67
4.45 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 9..... 68
4.46 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 10..... 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ **หน้า**

4.47 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 11 69

4.48 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 12 69

4.49 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 13 70

4.50 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 14 70

4.51 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 15 71

4.52 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 16 71

4.53 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 17 72

4.54 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 18 72

4.55 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 19 73

4.56 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 20 73

4.57 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 21 74

4.58 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 22 74

4.59 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 23 75

4.60 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 24 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ **หน้า**

4.61 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 25 76

4.62 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 26 76

4.63 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 27 77

4.64 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 28 77

4.65 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 29 78

4.66 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 30 78

4.67 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 31 79

4.68 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 32 79

4.69 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 33 80

4.70 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 34 80

4.71 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 35 81

4.72 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 36 81

4.73 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 1 84

4.74 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 2 84

4.75 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 3 85

4.76 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 4 85

4.77 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 5 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ **หน้า**

4.78 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 6 86

4.79 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 7 87

4.80 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 8 87

4.81 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 9 88

4.82 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 10 88

4.83 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 11 89

4.84 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 12 89

4.85 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 13 90

4.86 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 14 90

4.87 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 15 91

4.88 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 16 91

4.89 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 17 92

4.90 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 18 92

4.91 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 19 93

4.92 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 20 93

4.93 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 21 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ **หน้า**

4.94 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 22 94

4.95 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 23 95

4.96 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 24 95

4.97 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 25 96

4.98 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 26 96

4.99 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 27 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

อุตสาหกรรมในประเทศไทยเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สำคัญต่อการพัฒนาและสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรม คือการแปรรูปวัตถุดิบให้มีมูลค่าสูงขึ้น เพื่อเป็นสินค้าออกสู่ตลาด ซึ่งอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีหลากหลายประเภท หากจัดประเภทตามมาตรฐานอุตสาหกรรม(ประเทศไทย) ปี 2552 สามารถแบ่งประเภทได้ 21 ประเภทดังนี้

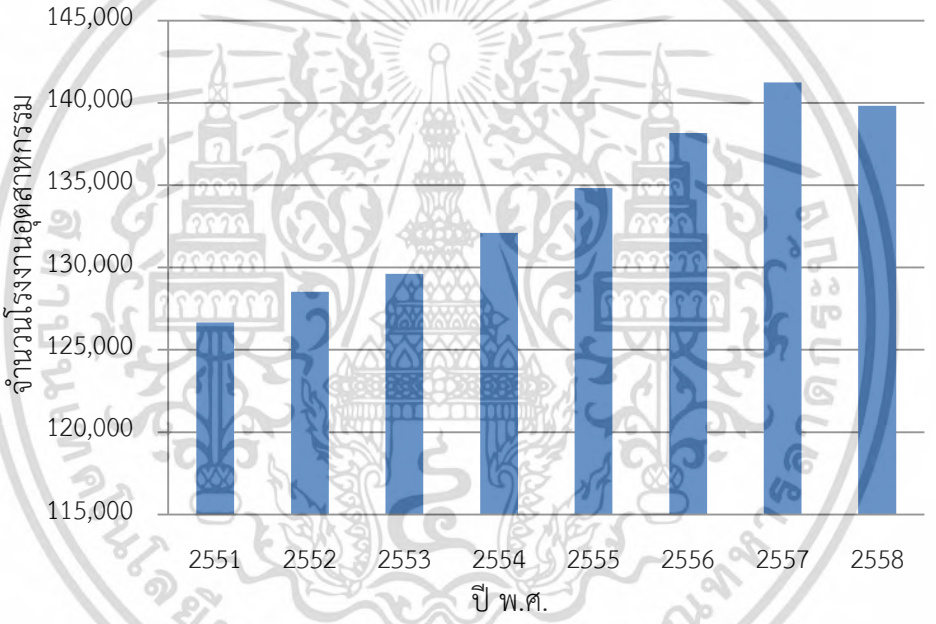
- ประเภท A เกษตรกรรม การป่าไม้ และการประมง
- ประเภท B การทำเหมืองแร่และเหมืองหิน
- ประเภท C การผลิต
- ประเภท D ไฟฟ้า ก๊าซ ไอน้ำ และระบบปรับอากาศ
- ประเภท E การจัดหาน้ำ การจัดการ และการบำบัดน้ำเสีย ของเสีย และสิ่งปฏิกูล
- ประเภท F การก่อสร้าง
- ประเภท G การขายส่งและการขายปลีก การซ่อมยานยนต์และจักรยานยนต์
- ประเภท H การขนส่งและสถานที่เก็บสินค้า
- ประเภท I ที่พักแรมและบริการด้านอาหาร
- ประเภท J ข้อมูลข่าวสารและการสื่อสาร
- ประเภท K กิจกรรมทางการเงินและการประกันภัย
- ประเภท L กิจกรรมอสังหาริมทรัพย์
- ประเภท M กิจกรรมทางวิชาชีพ วิทยาศาสตร์ และเทคนิค
- ประเภท N กิจกรรมการบริหารและการบริการสนับสนุน
- ประเภท O การบริหารราชการ การป้องกันประเทศ และการประกันสังคมภาคบังคับ
- ประเภท P การศึกษา
- ประเภท Q กิจกรรมด้านสุขภาพและงานสังคมสงเคราะห์
- ประเภท R ศิลปะ ความบันเทิง และนันทนาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประเภท S กิจกรรมบริการด้านอื่นๆ
- ประเภท T กิจกรรมการจ้างงานในครัวเรือนส่วนบุคคล กิจกรรมการผลิตสินค้าและบริการที่ทำขึ้นเองเพื่อใช้ในครัวเรือน ซึ่งไม่สามารถจำแนกกิจกรรมได้อย่างชัดเจน
- ประเภท U กิจกรรมขององค์การระหว่างประเทศและภาคีสมาชิก

จากประเภทของอุตสาหกรรมที่ได้กล่าวมา ในส่วนของอุตสาหกรรมที่เป็นเกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้า จำเป็นต้องมีการก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2551-2558 เป็นดังแผนภูมิที่ 1.1

แผนภูมิที่ 1.1 แผนภูมิแสดงจำนวนโรงงานอุสาหกรรมภายในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2551-2558



ที่มา : ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม

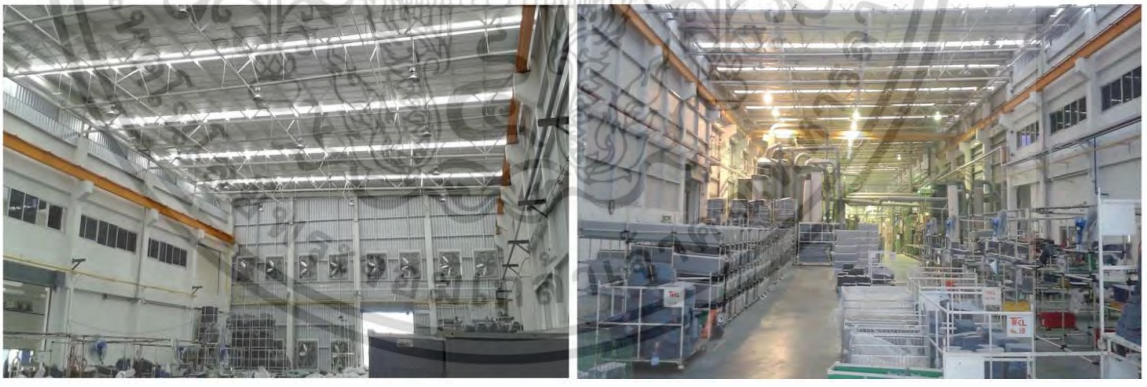
จากแผนภูมิที่ 1.1 จะเห็นว่า จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมตั้งแต่ปี พ.ศ.2551-2557 มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี และเริ่มลดลงในปี พ.ศ.2558 ถึงแม้ว่าภาพรวมของโรงงานอุตสาหกรรมในปี 2558 จะลดลง แต่หากพิจารณาจำนวนโรงงานที่มีการขยายตัวและโรงงานที่ก่อตั้งใหม่ดังตารางที่ 1.1 จะพบว่ามีจำนวนโรงงานที่มีการขยายตัวและก่อตั้งใหม่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 จนถึงปี พ.ศ.2558 เนื่องด้วยโรงงานมีการขยายตัว และมีการก่อตั้งใหม่ที่เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ผู้ประกอบการต้องมีการก่อสร้างโรงงานเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ขยายและก่อตั้งใหม่ในปี พ.ศ.2551-2558

ปี พ.ศ.	จำนวนโรงงาน	เปลี่ยนแปลงจากปีก่อน
2551	4,928	-
2552	4,398	-10.75
2553	4,386	-0.27
2554	4,490	+2.37
2555	5,309	+18.24
2556	5,325	+0.30
2557	5,429	+1.95
2558	5,580	+2.78

ลักษณะของโรงงานอุตสาหกรรมจะขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ และความต้องการของผู้ประกอบการ โดยส่วนมากโรงงานส่วนใหญ่ โรงงานอุตสาหกรรมจะมี 1 ชั้น โดยเน้นพื้นที่ใช้สอยเป็นบริเวณกว้าง และมีช่วงความห่างเสาค่อนข้างมาก เพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้พื้นที่สำหรับการทำงานภายในโรงงาน นอกจากนี้ต้องทำให้สามารถจัดวางเครื่องจักรต่างๆ ได้อย่างไม่มีข้อจำกัด



รูปที่ 1.1 รูปโรงงานของบริษัท ไทยเฟ้ลท์ จำกัด (นิคมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี)

ที่มา : บริษัท ริเวอร์ รัน จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.2 รูปโรงงานของบริษัท เอเชียนไมโคร จำกัด (นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จังหวัดอยุธยา)
ที่มา : บริษัท ออริก้า เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

เพื่อให้โรงงานมีพื้นที่ใช้สอยเป็นบริเวณกว้าง และมีช่วงเสาที่ห่างกันได้มาก ทำให้ผู้ออกแบบโครงสร้างส่วนใหญ่เลือกออกแบบโครงสร้างรับหลังคาหลังคาโดยใช้โครงถัก

โครงถักที่พบเห็นในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความสามารถรับน้ำหนักที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงถัก เช่น รูปแบบการถัก อัตราส่วนความชะลูดของโครงถัก ประเภทและรูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้ เป็นต้น นอกจากความสามารถรับแรงที่แตกต่างกันแล้ว ยังมีผลต่อปริมาณเหล็กที่ใช้และราคาของโครงถักอีกด้วย

ในการก่อสร้าง นอกจากเวลาในการก่อสร้างที่มีอย่างจำกัด งบประมาณในการก่อสร้างก็เช่นกัน ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาข้างต้น เพื่อให้ได้ช่วงเสาของโรงงานที่กว้าง จำเป็นต้องใช้โครงถักเข้ามาช่วยสำหรับโครงสร้างหลังคา ซึ่งรูปแบบการถัก รูปร่างโครงถัก แม้กระทั้งเหล็กรูปพรรณที่ใช้ต่างมีผลต่อน้ำหนัก และราคาของโครงถักทั้งสิ้น จากการพิจารณาแล้ว จึงเล็งเห็นว่าเป็นเรื่องที่น่าสนใจต่อการศึกษาถึงลักษณะของโครงถักแบบใด ที่จะได้โครงถักสำหรับรับโครงหลังคาที่มีความประหยัด เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโครงถักสำหรับโครงการก่อสร้างโรงงานในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบหาลักษณะของโครงถัก ที่สามารถรับน้ำหนักได้เพียงพอสำหรับโครงหลังคาที่ประหยัดที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบโครงถัก โดยโครงถักที่ใช้ในการเปรียบเทียบ จะถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) โดยจะมีเงื่อนไขที่ใช้สำหรับออกแบบ ดังนี้

1. จุดรองรับของโครงถักจะเป็นฐานชนิดหมุน (Hinged Support) หรือเป็นฐานชนิดลูกกลิ้ง (Roller Support) เท่านั้น
2. บรรทุกคงที่ได้ 50 kg/m^2 และ น้ำหนักบรรทุกจร 30 kg/m^2 โดยมีระยะห่างของโครงถักแต่ละโครงห่างกันที่ 6 เมตร
3. การวิเคราะห์และออกแบบโครงถักเป็นรูปแบบ 2D และ ดีเทอร์มิเนท (Determinate) เท่านั้น
4. ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงถัก ไม่รับแรงกระทำด้านข้าง

1.4 วิธีการศึกษา

1. กำหนดรูปแบบการถักของโครงถัก ความยาวของโครงถัก อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก(L/D) และรูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้
2. ออกแบบโครงถัก โดยใช้โปรแกรมออกแบบ Microfeap for window (MFW-P1) โดยใช้ข้อมูลที่กำหนดไว้ในข้อ 1
3. เก็บข้อมูลเหล็กรูปพรรณที่ได้จากการออกแบบนำมาถอดปริมาณของโครงถักที่ออกแบบทั้งหมด เพื่อหาน้ำหนักเหล็กของโครงถักแต่ละตัว พร้อมทั้งบันทึก
4. นำผลที่ได้จากที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบ เพื่อหาโครงถักที่มีน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุด
5. สรุปผลการศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย สามารถเป็นแนวทางในการออกแบบโครงถักหลังคาที่รับน้ำหนักได้เพียงพอ และประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทบทวนทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบรูปแบบการถักของโครงถักที่ให้ความประหยัดที่สุด และสามารถรับน้ำหนักโครงหลังคาได้เพียงพอ ซึ่งในบทนี้จะพูดถึงทฤษฎีโครงถัก และโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงถัก

2.1 ทฤษฎีโครงถัก

โครงข้อหมุน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โครงถัก (Truss) คือโครงสร้างที่เกิดจากการนำชิ้นส่วนที่มีขนาดไม่ใหญ่ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงเลขาคณิต เพื่อให้โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น และมีช่วงความยาวที่มากขึ้น โดยอัตราส่วนความยาวของโครงสร้างต่อขนาดความสูงของโครงสร้างมีอัตราส่วนประมาณ 6:1 – 16:1 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของน้ำหนักบรรทุก
ส่วนประกอบของโครงข้อหมุนมี 3 ส่วน แต่ละส่วนมีชื่อเรียกดังนี้

- ชิ้นส่วนด้านบนของโครงข้อหมุน เรียกว่า จันทันหรือคอร์ดบน (Upper Chord หรือ Top Chord) รับแรงในแนวดิ่ง ส่วนใหญ่จะรับแรงอัด
- ชิ้นส่วนด้านล่างของโครงข้อหมุน เรียกว่า ขื่อหรือคอร์ดล่าง (Bottom Chord หรือ Lower Chord) รับแรงในแนวดิ่ง ส่วนใหญ่จะรับแรงดึง
- ชิ้นส่วนที่ยึดต่อระหว่างคอร์ดล่างกับคอร์ดบน เรียกว่า เว็บ (Web) ซึ่งเว็บที่อยู่ในแนวเอียง เรียกว่าตัวเอียง (Diagonal) ส่วนเว็บที่อยู่ในแนวตั้ง เรียกตัวตั้ง (Vertical)

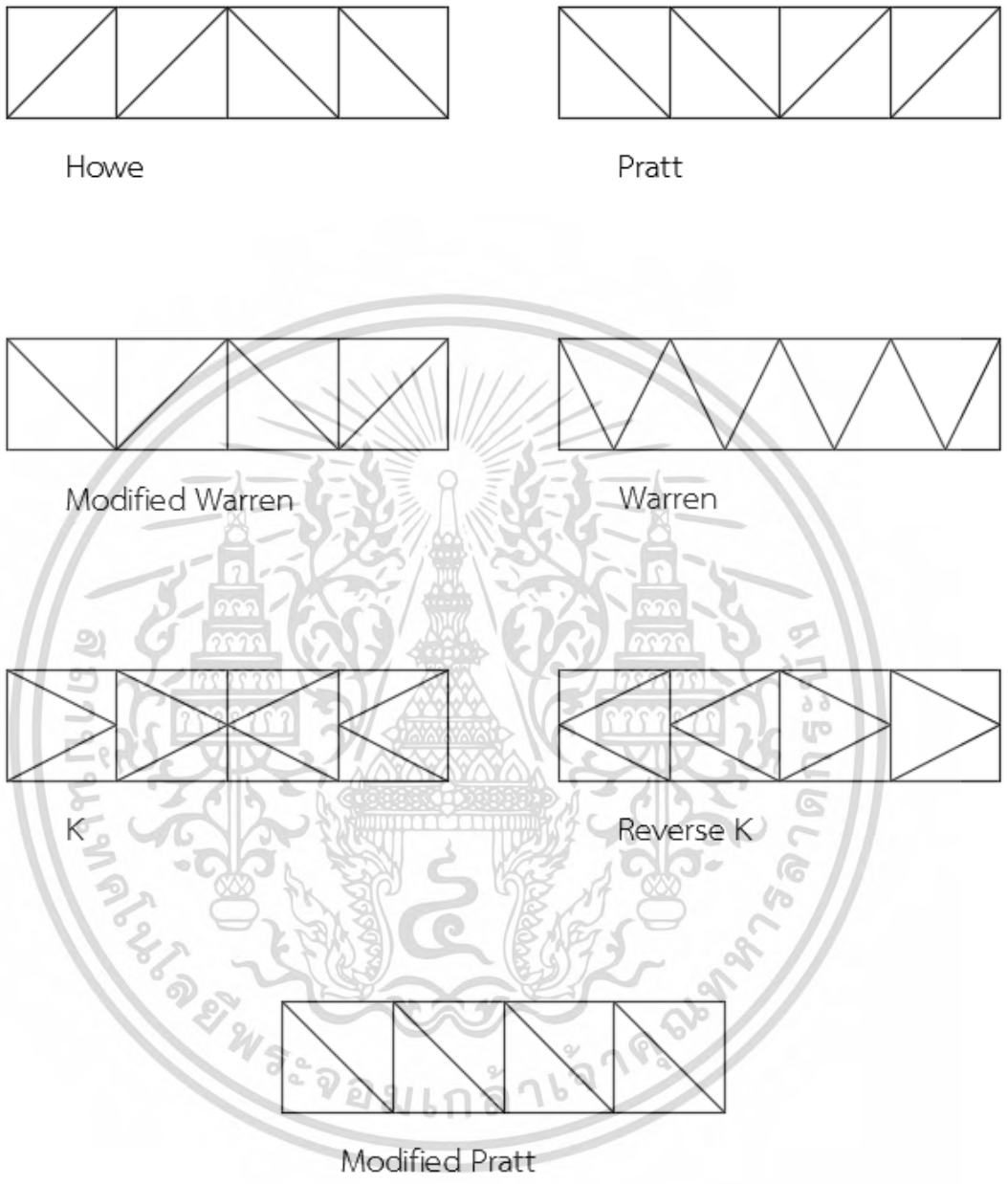
2.1.1 โครงข้อหมุนกับการใช้งาน

โครงข้อหมุน หรือโครงถัก เหมาะกับโครงสร้างที่รับแรงที่มีช่วงความยาว(Span) ที่ยาว ซึ่งหากใช้เพียงโครงสร้างคานตัวเดียว อาจไม่เพียงพอ หรือโครงสร้างคานที่ได้จะมีขนาดใหญ่ ซึ่งรูปแบบและลักษณะของโครงข้อหมุนมีมากมาย

โครงข้อหมุนที่พบเห็นในปัจจุบันมีรูปร่าง ลักษณะที่หลากหลาย ตามแต่การออกแบบ และการนำไปใช้งาน ซึ่งลักษณะโครงข้อหมุนที่พบส่วนใหญ่มีทั้งเป็นรูปทรงจั่ว และรูปทรงราบเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมดา โดยโครงหลังคาของโครงงานอุตสาหกรรมที่พบเห็นในปัจจุบัน จะมีลักษณะเป็นแบบราบเรียบธรรมดา ซึ่งรูปแบบที่พบส่วนใหญ่ เป็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบโครงข้อหมุนที่พบในโครงสร้างหลังคาโรงงานส่วนใหญ่

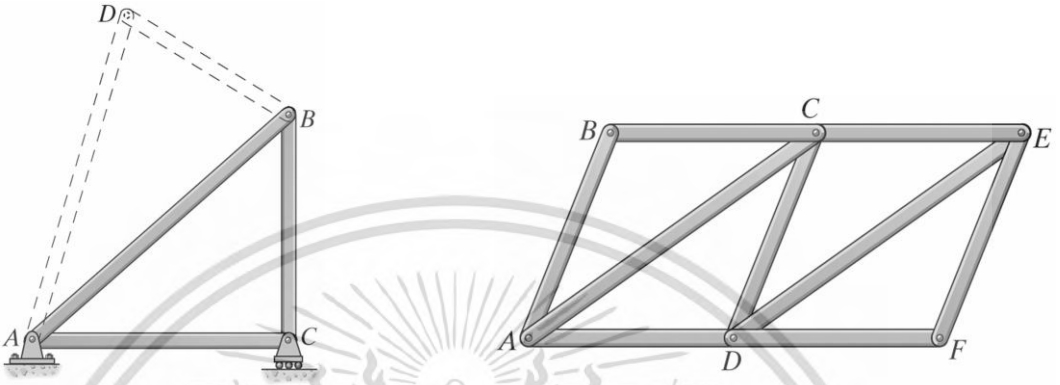
2.1.2 ประเภทของโครงข้อหมุนในระนาบ

1. โครงข้อหมุนแบบธรรมดา (Simple Truss)

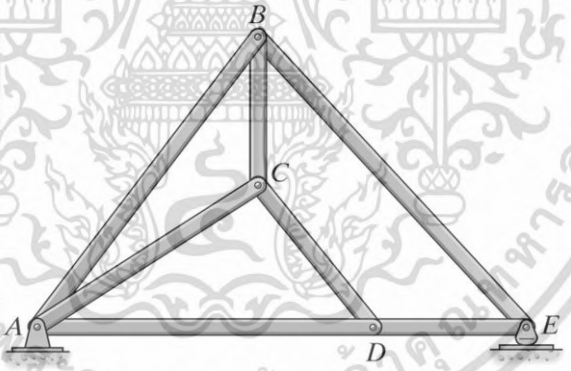
เป็นโครงข้อหมุนอย่างง่าย ซึ่งชิ้นส่วนโครงข้อหมุนจะต้องประกอบและต่อกันอย่างแข็งแรงและมีเสถียรภาพ ซึ่งรูปแบบที่มีความเสถียรภาพมากที่สุดคือ รูปสามเหลี่ยม ดังนั้นโครงข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนแบบธรรมดา จะเป็นการนำชิ้นส่วนมาต่อกันเป็นสามเหลี่ยม และต่อเป็นรูปสามเหลี่ยมไปเรื่อยๆ จนได้ขนาดและความยาวตามที่ต้องการ นอกจากการต่อเป็นรูปสามเหลี่ยมแล้ว โครงข้อหมุนแบบธรรมดานั้นสามารถนำชิ้นส่วนมาต่อเป็นรูปทรงเลขาคณิตอื่นได้



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างรูปแบบพื้นฐานของโครงข้อหมุนแบบธรรมดา



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างโครงข้อหมุนแบบธรรมดา

2. โครงข้อหมุนแบบผสม (Compound Truss)

เป็นการนำโครงข้อหมุนแบบธรรมดาตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป มาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งมักจะใช้ในโครงสร้างที่มีช่วงห่างที่ยาว เนื่องจากเมื่อพิจารณาช่วงความยาวที่เท่ากัน การนำโครงข้อหมุนแบบธรรมดามาต่อกันหลายๆอัน จะให้ความประหยัดมากกว่าโครงข้อหมุนแบบธรรมดาเพียงตัว

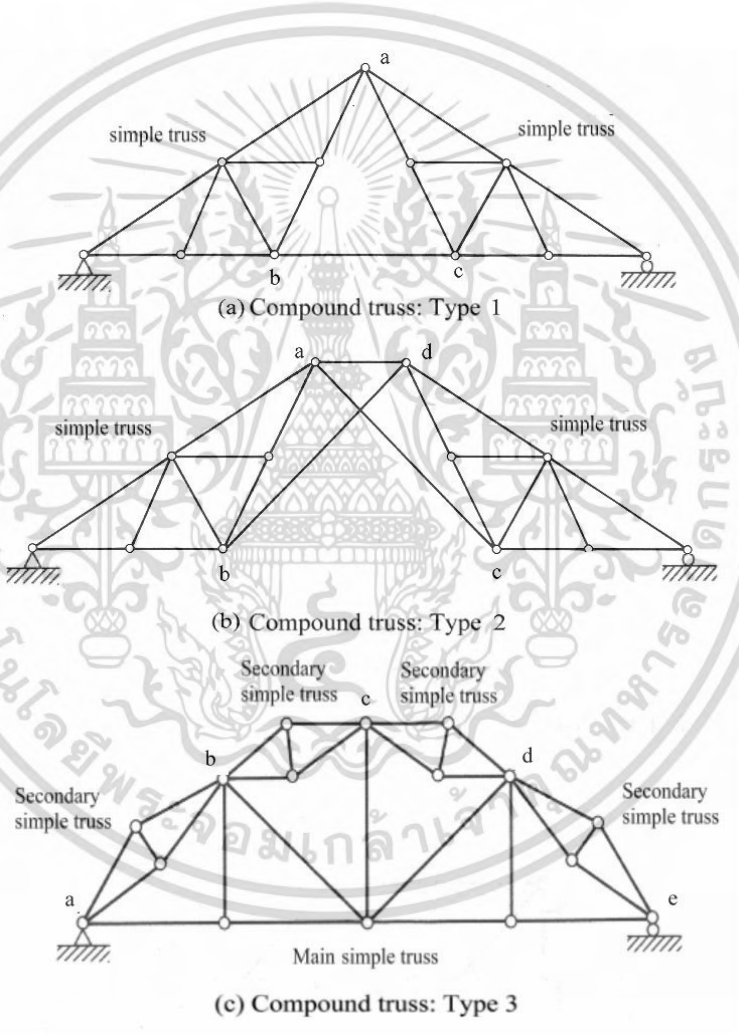
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียว โดยการนำโครงข้อหมุนแบบธรรมดามาประกอบเป็นโครงข้อหมุนแบบผสม สามารถประกอบได้ 3 แบบ

แบบที่ 1 เชื่อมต่อกันโดยมีจุดต่อและชิ้นส่วนร่วมกัน

แบบที่ 2 เชื่อมต่อด้วยชิ้นส่วน 3 ชิ้นส่วน

แบบที่ 3 แทนที่ชิ้นส่วนของโครงหลัก (Main Simple Truss) ด้วยโครงข้อหมุนแบบธรรมดา โดยโครงข้อหมุนแบบธรรมดาที่นำมาแทนที่จะถูกเรียกว่า โครงรอง (Secondary Simple Truss)

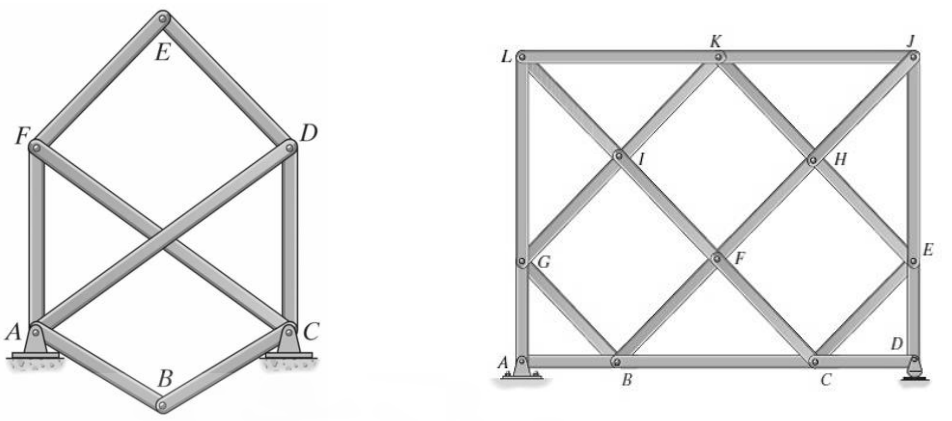


รูปที่ 2.4 โครงข้อหมุนแบบผสม

3. โครงข้อหมุนแบบซับซ้อน (Complex Truss)

เป็นโครงข้อหมุนที่มีรูปแบบที่แปลก และไม่สามารถจัดได้ว่าเป็นโครงข้อหมุนแบบธรรมดา (Simple Truss) หรือโครงข้อหมุนแบบผสม (Compound Truss)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 โครงข้อหมุนแบบซับซ้อน

2.1.3 ความเป็นดีเทอร์มิเนท (Determinacy)

เมื่อโครงข้อหมุนอยู่ในระนาบเดียวกันกับแรงกระทำ ผลรวมของโมเมนต์ที่จุดต่อ จะมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งสมการของแรงที่จุดต่อของโครงข้อหมุนจะมี 2 สมการด้วยกัน คือ $\sum F_x=0$ และ $\sum F_y=0$ ถ้าให้โครงข้อหมุนมีจำนวนจุดต่อเท่ากับ j จุด จำนวนสมการที่มีทั้งหมดจะเท่ากับ 2j

ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุน สิ่งที่ต้องหาคือ แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ และแรงที่กระทำภายในชิ้นส่วน ถ้าให้จำนวนแรงปฏิกิริยาที่ฐานมีจำนวน r และจำนวนชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนมีจำนวน b โครงข้อหมุนจะมีแรงที่ต้องการหาทั้งหมด b+r หากต้องการตรวจสอบว่าโครงข้อหมุนเป็นโครงสร้างดีเทอร์มิเนทหรือไม่ ให้นำจำนวนสมการทั้งหมดมาเทียบกับจำนวนแรงที่ต้องการหา ถ้า

B+r = 2j ดีเทอร์มิเนททางสถิต (Statically determinate)

B+r > 2j อินดีเทอร์มิเนททางสถิต (Statically indeterminate)

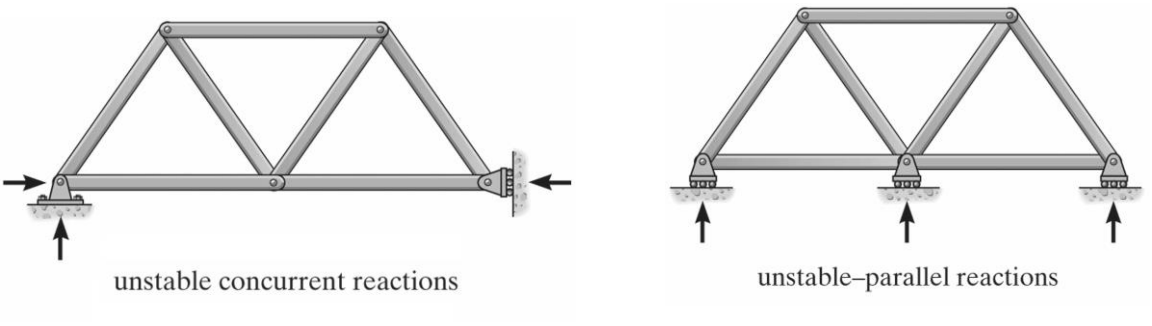
2.1.4 เสถียรภาพ (Stability)

หากแรงที่ต้องการหา (b+r) มีจำนวนน้อยกว่าสมการทั้งหมดของโครงข้อหมุน (2j) จะถือว่าโครงข้อหมุนนั้นไม่มีเสถียรภาพ เนื่องจากจำนวนชิ้นส่วนและแรงปฏิกริยา มีไม่เพียงพอที่จะยึดข้อต่อให้อยู่ได้

1. เสถียรภาพภายนอก (External Stability)

โครงข้อหมุนที่ถือว่าขาดเสถียรภาพภายนอก คือโครงข้อหมุนที่มีแรงปฏิกริยาขนาดกันทั้งหมด หรือแนวแรงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นรวมกันที่จุดใดจุดหนึ่ง

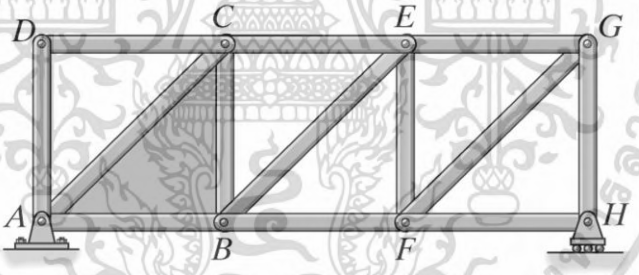
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



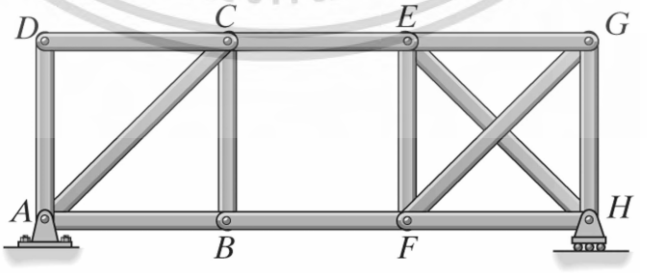
รูปที่ 2.6 โครงข้อหมุนที่ขาดเสถียรภาพภายนอก

2. เสถียรภาพภายใน (Internal Stability)

การตรวจเสถียรภาพภายใน ตรวจสอบได้จากการจัดวางชิ้นส่วนภายในโครงข้อหมุน ซึ่งโครงข้อหมุนจะมีเสถียรภาพภายในก็ต่อเมื่อชิ้นส่วน และจุดต่อของโครงข้อหมุนถูกจัดเรียง และยึดติดกัน โดยไม่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งโครงข้อหมุนแบบธรรมดา (Simple Truss) จะมีเสถียรภาพเสมอ เนื่องจากจะมีการประกอบเป็นรูปสามเหลี่ยม และจุดต่อมีการยึดรั้งซึ่งกันและกัน



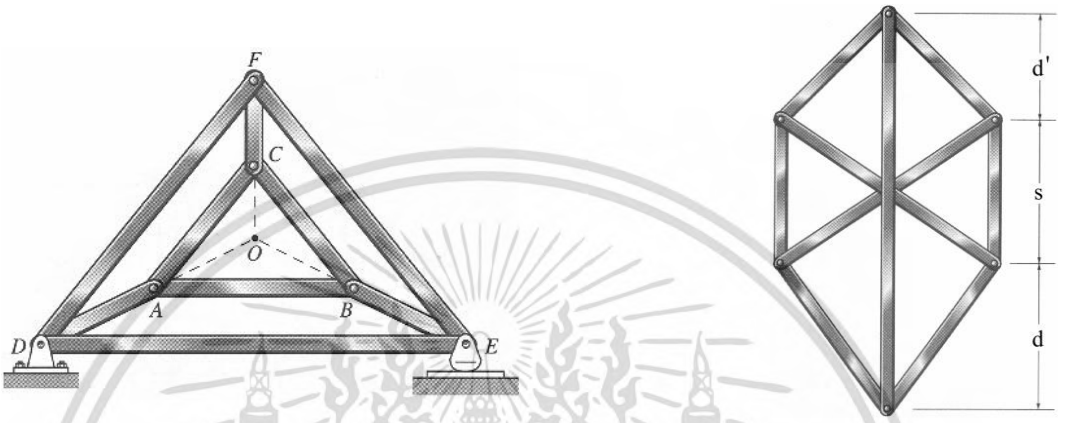
รูปที่ 2.7 โครงข้อหมุนที่มีเสถียรภาพภายใน



รูปที่ 2.8 โครงข้อหมุนที่ขาดเสถียรภาพภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโครงข้อหมุนแบบผสม (Compound Truss) จะพิจารณาดูจากการต่อเชื่องโครงข้อหมุนแบบธรรมดาเข้าด้วยกัน จากรูปที่ แสดงให้เห็นถึงโครงข้อหมุนประกอบที่ขาดเสถียรภาพภายใน เนื่องจากชิ้นส่วน AD , BE , และ CF มีแนวแกนที่ร่วมกันที่จุด o ซึ่งถ้ามีแรงมากระทำที่จุด A, B หรือ C จะทำให้โครงสร้างเกิดการหมุนตัว ทำให้โครงข้อหมุนจาดเสถียรภาพ



รูปที่ 2.9 โครงข้อหมุนประกอบที่ขาดเสถียรภาพภายใน

สำหรับโครงข้อหมุนแบบซับซ้อน (Complex Truss) การตรวจสอบเสถียรภาพภายในทำได้โดยการวิเคราะห์หาแรง (force analysis) เช่น โครงข้อหมุนแบบซับซ้อนตามรูปที่ 2.9 ซึ่งโครงข้อหมุนดังรูปจะไม่มีเสถียรภาพภายใน ถ้าหาก d = d'

จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับเสถียรภาพของโครงข้อหมุน สามารถสรุปได้ดังสมการ (2.1)

$B+r < 2j$ ไม่เสถียร (2.1)

$B+r \geq 2j$ ไม่เสถียร เมื่อแรงปฏิกิริยาของโครงข้อหมุนที่เกิดขึ้นกระทำร่วมที่จุดเดียวกัน (concurrent) หรือเมื่อแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีทิศทางที่ขนานกัน (parallel) หรือถ้ารูปแบบของโครงข้อหมุนเป็นรูปแบบที่พังทลายได้

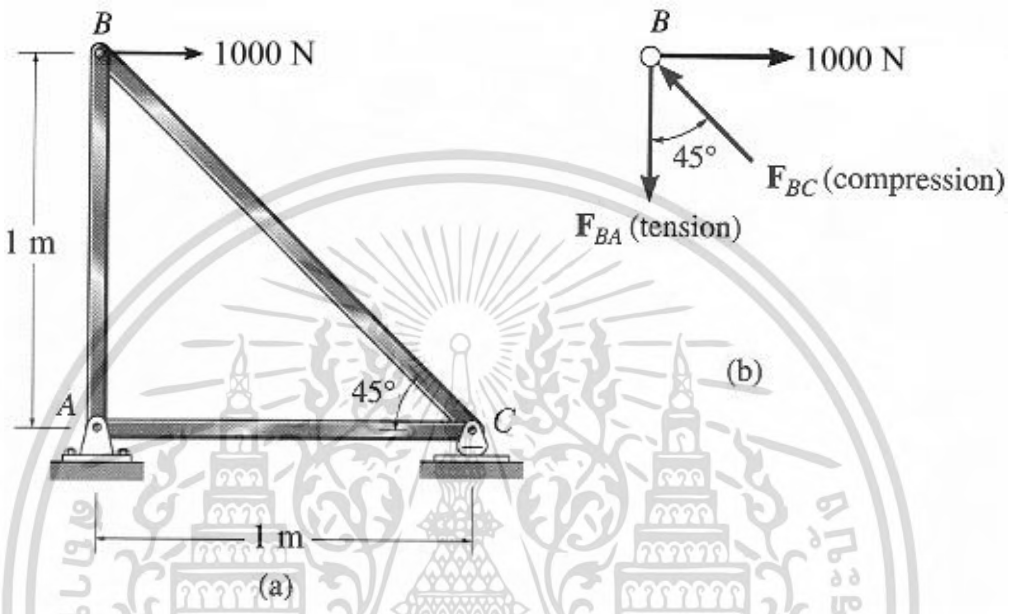
2.1.5 การวิเคราะห์โครงข้อหมุน

1. การวิเคราะห์จากข้อต่อ (The Method of Joint)

ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนด้วยวิธี การวิเคราะห์จากข้อต่อ (The Method of Joint) เป็นการวิเคราะห์ข้อต่อ โดยใช้สมการสมดุล คือ $\sum F_x=0$ และ $\sum F_y=0$ และวาดแผนภาพฟรีบอดี้ (Free body diagram) เพื่อหาแรงที่เกิดขึ้น ยกตัวอย่าง โครงข้อหมุนตามรูปที่ 2.10 จากรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10(a) มีแรงกระทำที่จุด B ซึ่งหากเขียนแผนภาพฟรีบอดี้ที่จุดต่อ B จะได้แรงตามรูปที่ 2.10(b) โดยทิศทางของแรงภายในชิ้นส่วนจะสังเกตุจาก แรงที่พุ่งเข้าหาจุดต่อจะเป็นแรงอัด (Compression) ส่วนแรงที่พุ่งออกจากจุดต่อคือแรงดึง (Tension) แต่ในกรณีที่ค่าแรงที่หาได้มีเครื่องหมายติดลบ แสดงว่าทิศทางของแรงที่เขียนแผนภาพฟรีบอดี้ มีทิศทางตรงข้ามกับที่กำหนด



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการวิเคราะห์จากข้อต่อ

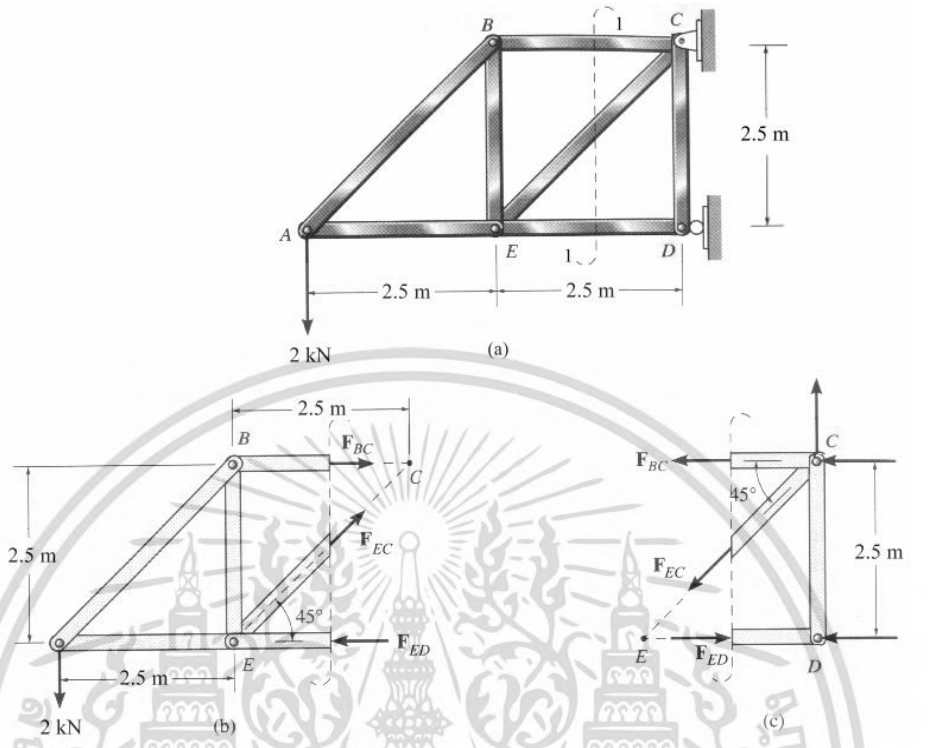
2. การวิเคราะห์จากหน้าตัด (The Method of Sections)

วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี การวิเคราะห์จากหน้าตัด (The Method of Sections) เป็นวิธีที่สั้นและรวดเร็วในการหาแรงภายในชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนเฉพาะส่วนที่สนใจ โดยจะตัดผ่านชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนตรงบริเวณชิ้นส่วนที่ต้องการหาแรง ซึ่งในการตัดผ่านชิ้นส่วนโครงข้อหมุนจะเป็นการแบ่งโครงสร้างออกเป็นสองส่วน ซึ่งโครงข้อหมุนที่อยู่ในสภาวะสมดุลอยู่แล้ว โครงสร้างส่วนที่ถูกตัดแยกเป็นสองส่วนก็จะอยู่ในสภาวะสมดุลเช่นกัน ดังนั้นในการหาแรงภายในของชิ้นส่วนโครงข้อหมุนที่ถูกตัดแบ่งสามารถหาได้จากสมการสมดุล

การพิจารณาชิ้นส่วนที่จะตัดมีความสำคัญมาก ซึ่งในการตัดผ่านชิ้นส่วนควรมีค่าแรงที่ไม่ทราบค่าไม่เกิน 3 ค่า เท่านั้น เนื่องจากสมการสมดุลที่ใช้ในการหาค่าแรงภายในชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนมีแค่ 3 สมการ (แรงตามแกนสองสมการ และโมเมนต์หนึ่งสมการ) ยกตัวอย่างตามรูปที่ 2.11 หากต้องการหาแรงในชิ้นส่วน EC ในการตัดผ่านโครงข้อหมุน ควรตัดผ่านตามแนว 1-1 ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11(a) เมื่อตัดตามแนว 1-1 สามารถวาดแผนผังฟรีบอดี้ได้ตามรูปที่ 2.11(b) จะพบว่ามีแรงภายในชิ้นส่วนที่ไม่ทราบค่าทั้งหมด 3 แรง คือ F_{BC} F_{EC} และ F_{ED}



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการวิเคราะห์จากหน้าตัด

2.2 โปรแกรมวิเคราะห์และออกแบบโครงถัก

ปัจจุบันโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง มีส่วนช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอย่างมาก ซึ่งโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างมีหลายโปรแกรม บางโปรแกรมนอกจากจะช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างแล้ว ยังช่วยในเรื่องของการออกแบบอีกด้วย ในการวิจัยนี้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง ก็เป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงถักเช่นกัน ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1)

2.2.1 โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1)

โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) เป็นโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการของ Finite Element และ Direct Stiffness Methods เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรมในระบบ 2 มิติ ซึ่งการใช้งานไม่ได้มีความซับซ้อนหรือยุ่งยาก โดยการสร้างแบบจำลองโครงสร้างจะใช้รูปแบบของ Node และ Element

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวโปรแกรม มีระบบการวิเคราะห์โครงสร้างอยู่ 3 ระบบ คือ Truss System , Frame System และ Truss/Frame/Wall System

Truss System

ระบบนี้จะถูกวิเคราะห์โครงสร้างแบบโครงข้อหมุน(โครงถัก) ซึ่งชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกจำลองเป็นชิ้นส่วนโครงข้อหมุนทั้งหมด โดยรูปแบบโครงถักโดยปกติจะเป็นรูปสามเหลี่ยม หากผู้ใช้ต้องการสร้างแบบจำลองเป็นรูปทรงอื่น ตัวโปรแกรมจะไม่สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ออกมาได้ ซึ่งโครงสร้างที่จะใช้ระบบนี้ในการวิเคราะห์ เช่น โครงหลังคาโรงงาน ป้ายโฆษณา เป็นต้น

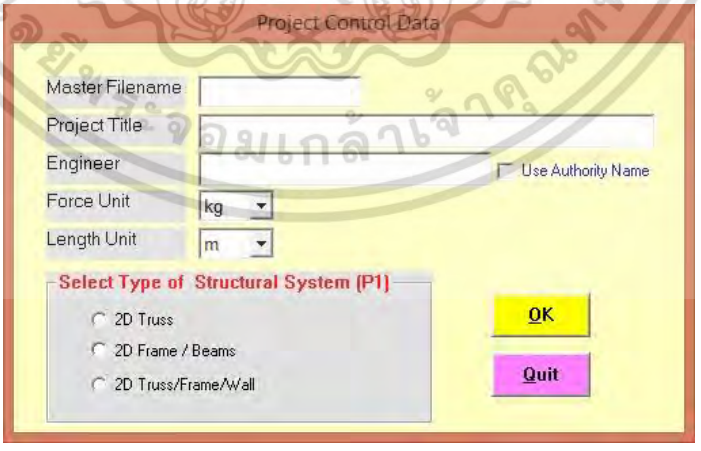
Frame System

ระบบนี้จะถูกวิเคราะห์โครงสร้างแบบโครงข้อแข็ง ซึ่งชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกจำลองเป็นชิ้นส่วนของคาน เช่น โครงสร้างคาน โครงสร้างอาคาร 2 มิติ เป็นต้น

Truss/Frame/Wall System

ระบบนี้จะถูกวิเคราะห์โครงสร้างแบบผสมทั้งระบบ Truss System และFrame System โดยผู้ใช้โปรแกรมจะต้องเลือกป้อนข้อมูลในส่วนของวัสดุ เพื่อแบ่งแยกว่าชิ้นส่วนใดจะให้วิเคราะห์ด้วยระบบใด เช่น โครงหลังคาโรงงานพร้อมเสา ซึ่งตัวโครงหลังคาจะป้อนข้อมูลให้วิเคราะห์แบบ Truss System ส่วนโครงสร้างเสาจะป้อนข้อมูลให้วิเคราะห์แบบ Frame System เป็นต้น

การสร้างโมเดลในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างใหม่ จะมีให้เลือกระบบการวิเคราะห์โครงสร้าง พร้อมทั้งใส่ชื่อโมเดล วิศวกรผู้ออกแบบ ชื่อโครงการ และหน่วยแรงที่ใช้ ดังรูปที่ 2.12



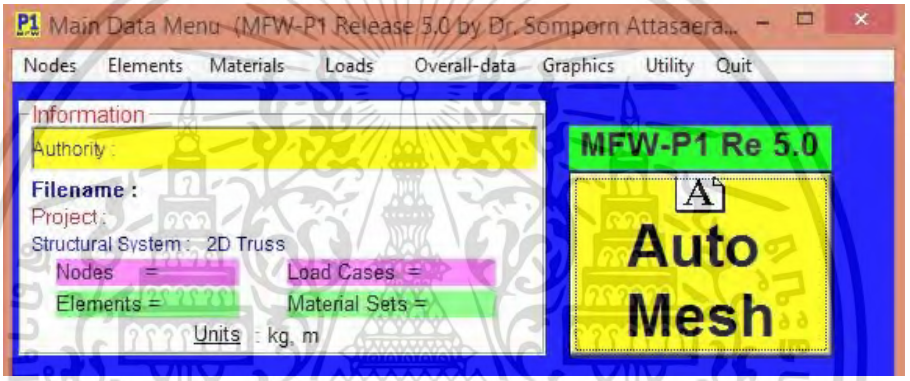
รูปที่ 2.12 รูปแสดงข้อมูลการใส่แบบจำลองของโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบโครงถักภายใต้ข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งในการวิเคราะห์และออกแบบโครงถักแต่ละตัวได้ใช้โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) และระบบการวิเคราะห์โครงสร้างที่ใช้คือ Truss System

2.2.2 การนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลของโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) จะมีรายการให้เลือกในการสร้างแบบจำลอง การใส่น้ำหนัก และการใส่รายละเอียดของวัสดุที่เป็นโครงสร้าง เพื่อให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์ และออกแบบโครงสร้างที่ต้องการได้



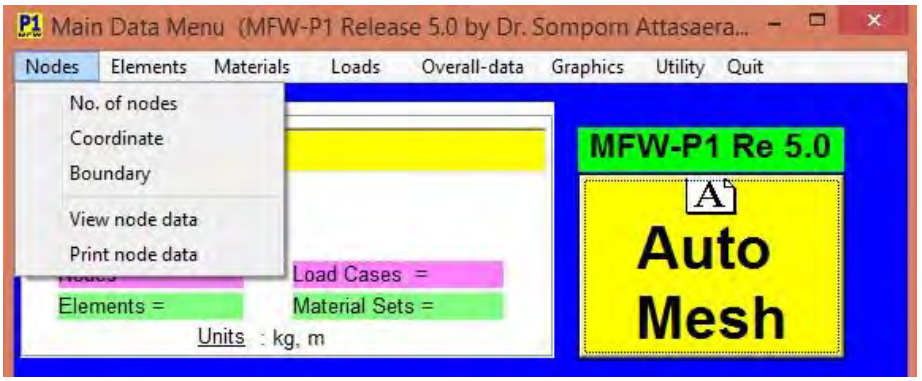
รูปที่ 2.13 รูปแสดงรายการหลักของ Microfeap for window (MFW-P1)

จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงรายการหลักของโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) ซึ่งในการนำเข้าข้อมูล มีรายการที่เกี่ยวข้องคือ Node, Element, Materials และ Loads

รายการ Node เป็นการนำเข้าข้อมูลของตำแหน่งในระนาบ 2 มิติ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นจุด โดยในหัวข้อนี้จะมีหัวข้อย่อยดังนี้

- No. of node กำหนดจำนวน node ที่จะใช้ในแบบจำลอง
- Coordinate ระบุตำแหน่งของ node แต่ละตัวในระนาบ 2 มิติ
- Boundary ระบุประเภทจุดรองรับของแบบจำรอง
- View node data ดูข้อมูลการใส่ node ทั้งหมดของแบบจำลอง
- Print node data พิมพ์ข้อมูล node

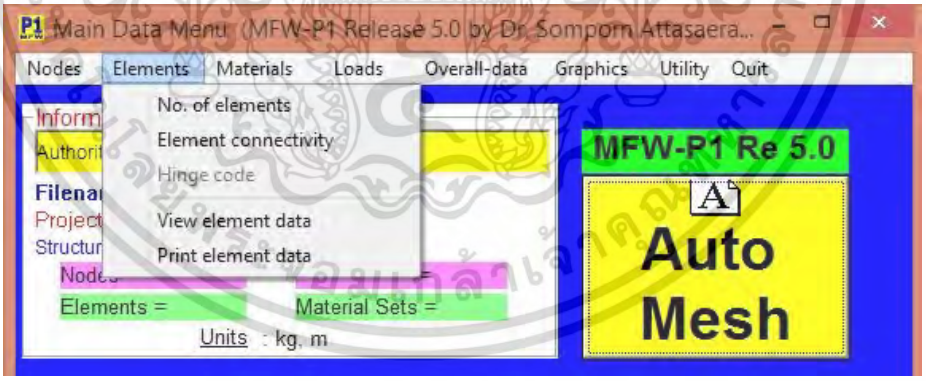
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 รูปแสดงรายการ Node

รายการ Elements เป็นเส้นตรงที่เชื่อม Nodes บนระนาบเข้าด้วยกัน โดยในหัวข้อนี้จะมีหัวข้อย่อยดังนี้

- No. of Elements กำหนดจำนวน Elements ที่จะใช้ในแบบจำลอง
- Element connectivity ระบุตำแหน่งเส้นตรง Element ที่จะเชื่อระหว่าง Node แต่ละตัว
- Hinge code สามารถระบุตำแหน่ง Hinge ใน Element
- View node data ดูข้อมูลชอง Elements ทั้งหมดของแบบจำลอง
- Print node data พิมพ์ข้อมูล Elements



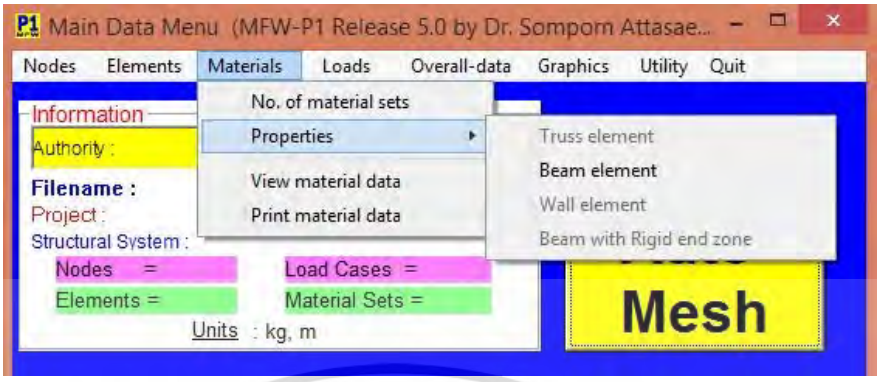
รูปที่ 2.15 รูปแสดงรายการ Element

รายการ Materials รายการนี้ จะเป็นส่วนที่จะกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ซึ่งจะกำหนดลงใน Element แต่ละตัว โดยในหัวข้อนี้จะมีหัวข้อย่อยดังนี้

- No. of Material sets กำหนดจำนวน Materials ที่จะใช้ในแบบจำลอง
- Properties รายการนี้ จะมีให้เลือกประเภทการใช้งานของชิ้นส่วน
- View node data ดูข้อมูลชอง Material sets ทั้งหมดของแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

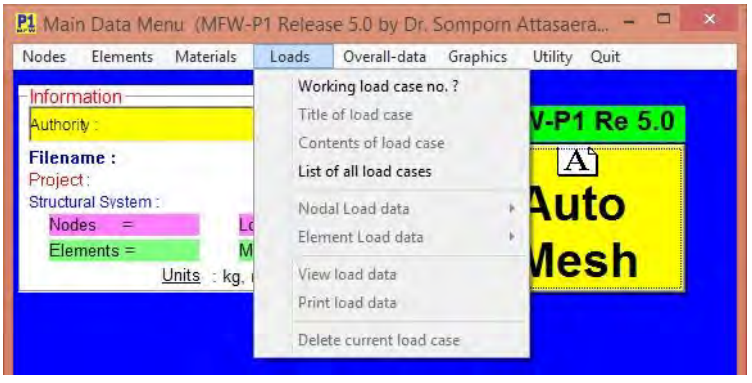
- Print node data พิมพ์ข้อมูล Material sets



รูปที่ 2.16 รูปแสดงรายการ Material

รายการ Loads รายการนี้ จะเป็นส่วนที่จะกำหนดน้ำหนักที่จะกระทำต่อตัวแบบจำลอง โดยในหัวข้อนี้จะมีหัวข้อย่อยดังนี้

- Working load case no. หมายเลขของ Load case ที่จะทำการป้อนข้อมูล
- Title of load case หัวข้อของ Load case
- Contents of load case แสดงประเภทของน้ำหนัก ใน Load case นั้นๆ
- List of all load cases แสดงรายการ Load case ทั้งหมดที่กระทำต่อแบบจำลอง
- Nodal Load data ใส่น้ำหนักที่กระทำต่อ Node
- Element Load data ใส่น้ำหนักที่กระทำต่อ Element
- View load data ดูข้อมูลชอง Load case ทั้งหมดของแบบจำลอง
- Print node data พิมพ์ข้อมูล Load case
- Delete current load case ลบ Load case

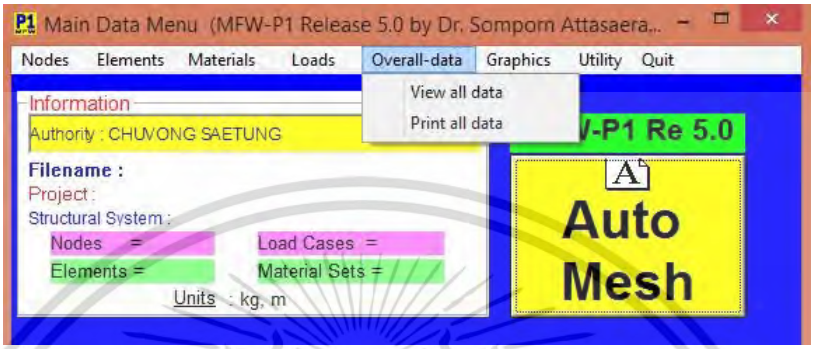


รูปที่ 2.17 รูปแสดงรายการ Load case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนำเข้าข้อมูลจนได้แบบจำลองโครงสร้างตามที่ต้องการแล้ว สามารถที่จะตรวจสอบรายการที่นำเข้าทั้งหมดได้จากรายการ Overall-data โดยในหัวข้อนี้จะมีหัวข้อย่อยดังนี้

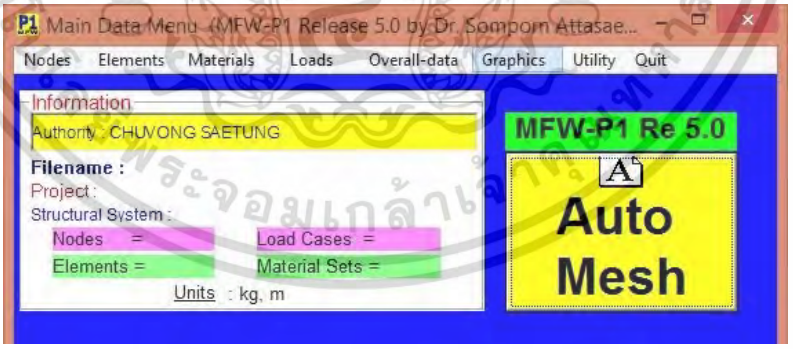
- View load data ดูข้อมูลป้อนเข้าทั้งหมดของแบบจำลอง
- Print node data พิมพ์ข้อมูลป้อนเข้า



รูปที่ 2.18 รูปแสดงรายการ Overall-data

2.2.3 การแสดงผลของโปรแกรม

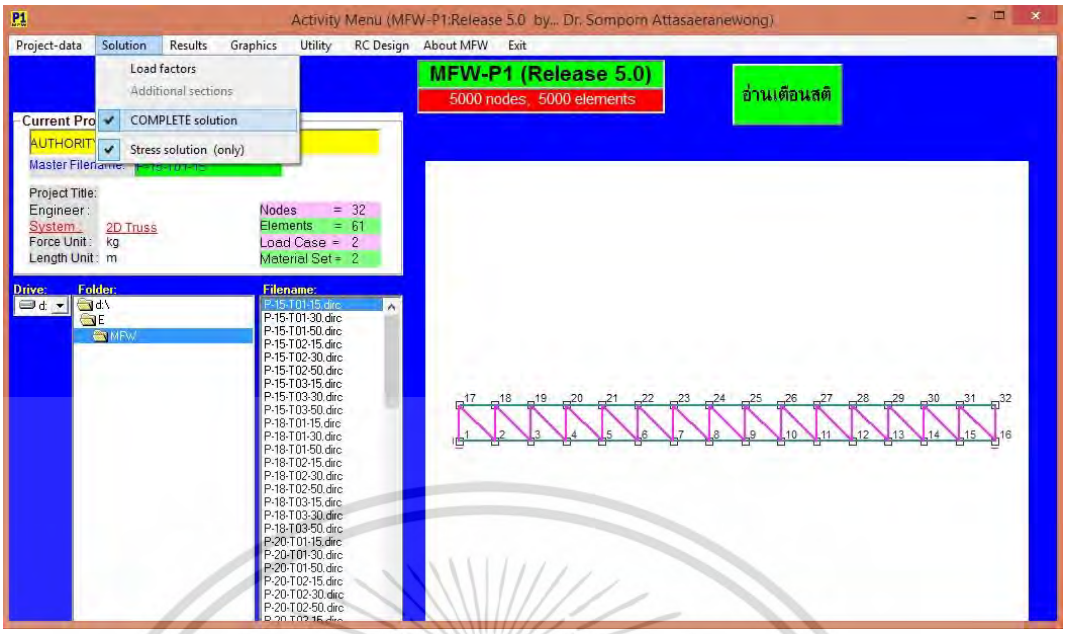
การแสดงผลที่ได้จากโปรแกรม จะแสดงผลทั้งในรูปแบบกราฟฟิค การวิเคราะห์โครงสร้างและพิมพ์ลงกระดาษ โดยหากต้องการดูการแสดงผลในรูปแบบกราฟฟิค สามารถดูการแสดงผลได้จากหัวข้อรายการ Graphics



รูปที่ 2.19 รูปแสดงรายการ Graphics

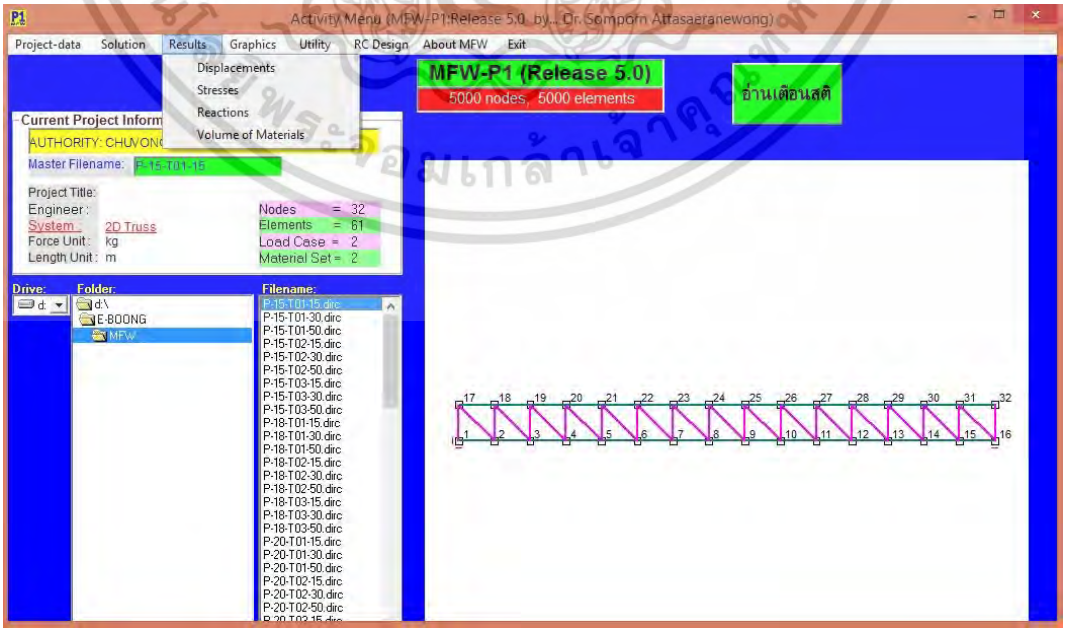
หลังจากที่สร้างแบบจำลองแล้ว ในขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้าง สามารถทำได้โดยกลับไปที่หน้า Activity Menu เลือกแบบจำลองที่เราต้องการวิเคราะห์โครงสร้าง จากนั้นเลือกที่รายการ Solution แล้วเลือก COMPLETE Solution โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบจำลองที่เราสร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



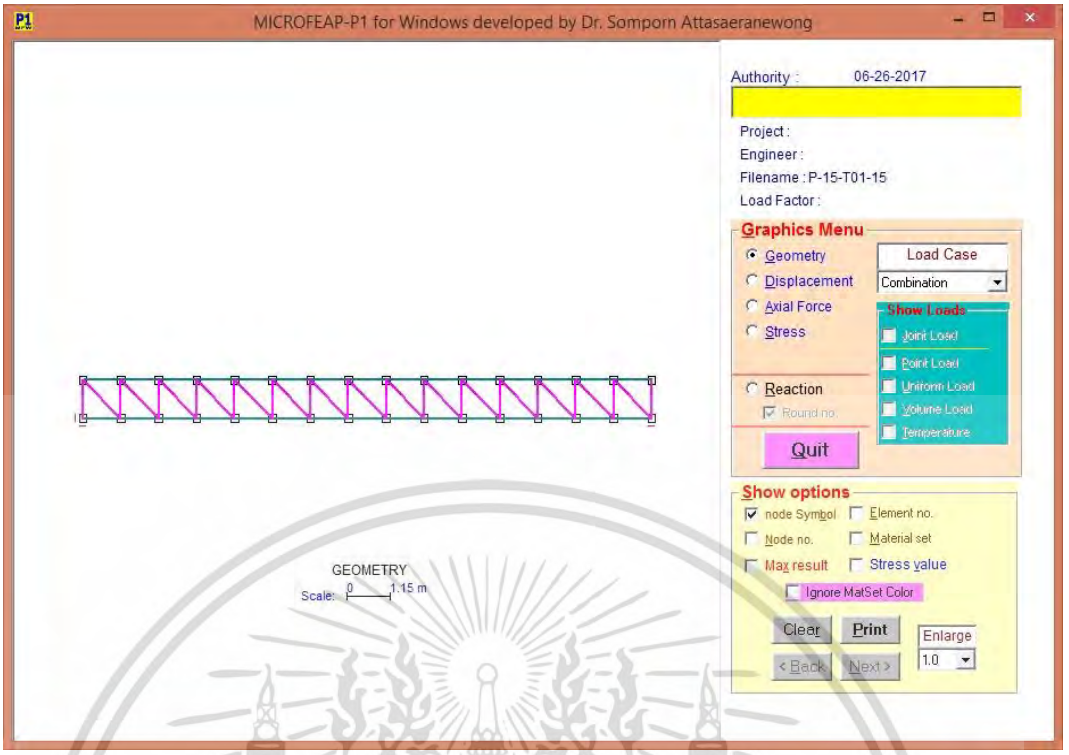
รูปที่ 2.20 รูปแสดงรายการ Solution

เมื่อโปรแกรมทำการวิเคราะห์โครงสร้างแล้ว สามารถแสดงรายละเอียดของแรงในแต่ละชิ้นส่วนได้ โดยเลือกแบบจำลองที่เราต้องการ จากนั้นเลือกที่รายการ Results ซึ่งตัวโปรแกรมจะแสดงผลทั้ง Displacements, Stresses, Reaction และ Volume of Materials นอกจากนี้หากเลือกรายการ Graphics ตัวโปรแกรมก็จะแสดงผลในรูปแบบกราฟฟิคได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เห็นรูปร่างของแบบจำลอง ทั้งแบบที่ยังไม่วิเคราะห์โครงสร้าง และแบบที่วิเคราะห์โครงสร้างแล้ว



รูปที่ 2.21 รูปแสดงรายการ Results

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 รูปแสดงผลในส่วนของรายการ Graphics

2.2.4 ข้อจำกัดของโปรแกรม

ในการทำงานของตัวโปรแกรมยังมีข้อจำกัดอยู่ทั้งในส่วนของการสร้างแบบจำลอง และการแสดงผล โดยในส่วนของการสร้างแบบจำลอง จะมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวน Node, Element. Material set และLoad case ที่สามารถวิเคราะห์โครงสร้างได้ ซึ่ง Node ต้องมีไม่เกิน 5,000 Node มี Element ไม่เกิน 5,000 Elements มี Material set ไม่เกิน 99 Material sets และ Load case ต้องไม่เกิน 20 Load cases

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการและเก็บข้อมูล

ในส่วนของวิธีการและการเก็บข้อมูล จะกล่าวถึงรูปแบบของโครงถักที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งจะเป็นการกำหนดลักษณะของโครงถักที่จะใช้ ไม่ว่าจะเป็น รูปแบบการถัก ชิ้นส่วนโครงถัก อัตราส่วนความชะลูด และความยาวโครงถัก และตัวอย่างการออกแบบโครงถักที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งเก็บและบันทึกข้อมูลที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลการวิจัยนี้

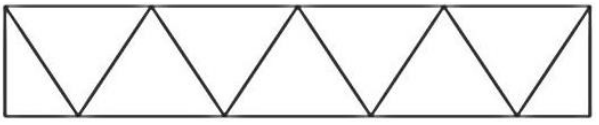
3.1 ลักษณะของโครงถัก

1. รูปแบบการถักของโครงถัก

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบของโครงถักไว้ทั้งหมด 3 แบบ คือ แบบที่ 1 Modified Pratt Truss , แบบที่ 2 Warren และ แบบที่ 3 Modified Warren ซึ่งรูปแบบที่เลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบการถักที่มักจะพบเห็นโดยส่วนใหญ่

รูปที่ 3.1 แบบโครงถัก แบบที่ 1

รูปที่ 3.2 แบบโครงถัก แบบที่ 2



รูปที่ 3.3 แบบโครงถัก แบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความยาวของโครงถัก

โครงถักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นโครงถักสำหรับรับโครงหลังคาโรงงาน ซึ่งลักษณะของโครงถักที่ใช้ในโรงงาน จะมีขนาดความยาวค่อนข้างมาก ซึ่งในงานวิจัยนี้ ความยาวที่เลือกใช้มีด้วยกัน 3 ความยาว ซึ่งเป็นความยาวที่ค่อนข้างครอบคลุมขนาดโรงงานส่วนใหญ่ คือ

- 15 เมตร
- 30 เมตร
- 50 เมตร

3. อัตราส่วนความยาวต่อความลึก

อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก มีผลต่อการรับแรงของโครงถักและปริมาณเหล็กที่ใช้ด้วย ซึ่งจากที่ได้กล่าวไปในบทที่ 2 อัตราส่วนความยาวของโครงสร้างต่อขนาดความสูงของโครงสร้าง หรืออัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักควรมีอัตราส่วนประมาณ 6:1 – 16:1 โดยในงานวิจัยนี้จะใช้อัตราส่วนความความยาวต่อความลึกทั้งหมด 3 อัตราส่วน คือ

- 15:1
- 18:1
- 20:1

จากความยาวโครงถักที่ใช้ 3 ความยาว จะได้ความลึกโครงถักที่ใช้ในแต่ละความยาว ดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงความลึกของโครงถัก ตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก (L/D) ต่อความยาวของโครงถัก (L)

L / L/D	15 เมตร	30 เมตร	50 เมตร
15 : 1	1.00 เมตร	2.00 เมตร	3.33 เมตร
18 : 1	0.83 เมตร	1.67 เมตร	2.78 เมตร
20 : 1	0.75 เมตร	1.50 เมตร	2.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เหล็กรูปพรรณ

ในการออกแบบโครงถัก เหล็กรูปพรรณที่ใช้มีความสำคัญทั้งในเรื่องของการรับน้ำหนัก และปริมาณเหล็กที่ใช้ในโครงถัก ซึ่งเหล็กรูปพรรณมีหลายหลายแบบ ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบจะเลือกใช้ โดยในงานวิจัยนี้ จะหยิบเอาเหล็กรูปพรรณที่ใช้ทั้งหมด 4 รูปแบบ คือ

- รูปแบบที่1	ชิ้นส่วน Upper Chord และ Bottom Chord	เหล็กท่อ (Pipe)
	ชิ้นส่วน Web	เหล็กท่อ (Pipe)
- รูปแบบที่2	ชิ้นส่วน Upper Chord และ Bottom Chord	เหล็กกล่อง (Tube)
	ชิ้นส่วน Web	เหล็กกล่อง (Tube)
- รูปแบบที่3	ชิ้นส่วน Upper Chord และ Bottom Chord	เหล็กไวด์แฟลงค์ (WIDE FLANGE)
	ชิ้นส่วน Web	เหล็กท่อ (Pipe)
- รูปแบบที่4	ชิ้นส่วน Upper Chord และ Bottom Chord	เหล็กไวด์แฟลงค์ (WIDE FLANGE)
	ชิ้นส่วน Web	เหล็กกล่อง (Tube)

3.2 การตั้งชื่อโครงถัก

โครงถักที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 108 โครงถัก ซึ่งการตั้งชื่อโครงถักแต่ละโครงที่ใช้ จะเป็นการตั้งชื่อที่มีการระบุเหล็กรูปพรรณ อัตราส่วนความยาวต่อความลึก รูปแบบการถักโครงถัก และความยาวของโครงถักที่ใช้ โดยมีรูปแบบตั้งนี้

เหล็กรูปพรรณ – อัตราส่วนความยาวต่อความลึก – รูปแบบการถัก – ความยาวโครงถัก

สัญลักษณ์ของเหล็กรูปพรรณ จะใช้เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ ซึ่งรูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีทั้งหมด 4 รูปแบบ ตามหัวข้อ 3.2.4 โดยกำหนดตัวอักษรดังนี้

- รูปแบบที่ 1 จะใช้ตัวอักษร P
- รูปแบบที่ 2 จะใช้ตัวอักษร T
- รูปแบบที่ 3 จะใช้ตัวอักษร WFP
- รูปแบบที่ 4 จะใช้ตัวอักษร WFT

อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก จะใช้เป็นตัวเลขที่ใช้ในโครงถักนั้นๆ โดยอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ถูกกำหนดตามหัวข้อ 3.2.3 คือ 15, 18 และ 20

รูปแบบการถักโครงถัก จะใช้เป็นตัวอักษร T แล้วตามด้วยตัวเลขของรูปแบบการถักโครงถัก ซึ่งรูปแบบการถักที่ใช้มี 3 รูปแบบ ตามหัวข้อที่ 3.2.1 คือ T01, T02 และT03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวโครงถัก จะใช้เป็นตัวเลขของความยาวของโครงถักนั้น ๆ โดยความยาวของโครงถักจะใช้ตามที่กำหนดในหัวข้อ 3.2.2 คือ 15, 30 และ 50

ตัวอย่างชื่อโครงถัก P-15-T01-15 หมายถึง โครงถักนี้ ใช้เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1 (ชิ้นส่วน Upper Chord และ Bottom Chord และ Web เป็นเหล็กท่อ) มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึก เท่ากับ 15:1 รูปแบบการถักโครงถักเป็นตามรูปแบบที่ 1 และโครงถักมีความยาว 15 เมตร

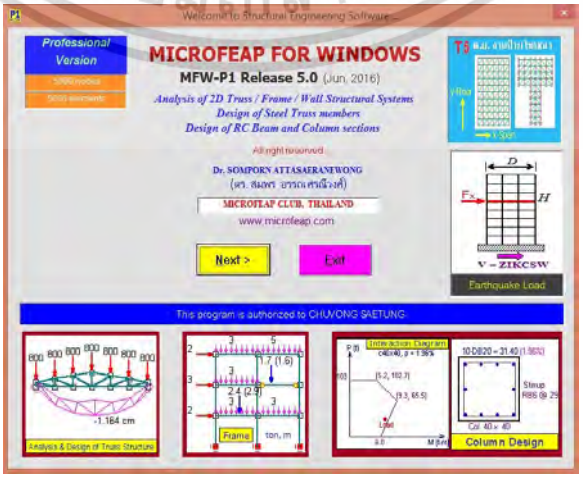
3.3 ตัวอย่างการออกแบบโครงถักโดยใช้โปรแกรม Microfeap for window

หลังจากกำหนดลักษณะของโครงถักที่จะใช้ในการวิจัยแล้ว จะทำการออกแบบโครงถักทั้งหมด โดยใช้โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) ซึ่งจะแสดงตัวอย่างการออกแบบโครงถัก P-15-T01-15 โดยจะมีขั้นตอนคร่าวๆดังนี้

- สร้างรูปร่างของแบบจำลอง
- ใส่ข้อมูลวัสดุที่ใช้ในชิ้นส่วนแต่ละชิ้น พร้อมทั้งใส่น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง
- ตรวจสอบแบบจำลอง
- วิเคราะห์โครงสร้าง

1. การสร้างรูปร่างของแบบจำลอง

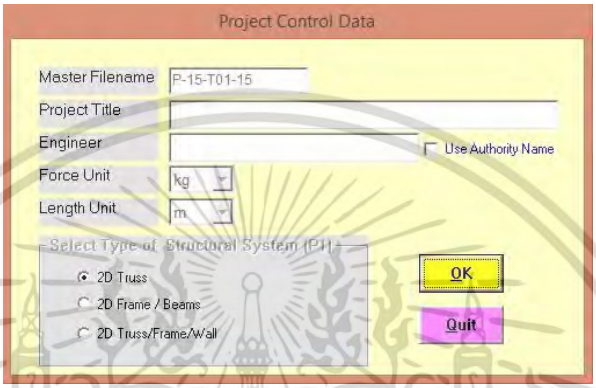
ในการสร้างรูปร่างของแบบจำลอง เริ่มแรกต้องเลือกประเภทของโครงสร้างที่ต้องการให้โปรแกรมวิเคราะห์ ซึ่งจะมีให้เลือก 3 รูปแบบ ตามที่ได้กล่าวไปในบทที่ 2 ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะใช้การวิเคราะห์โครงสร้างประเภท Truss System



รูปที่ 3.4 หน้าแรกของโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

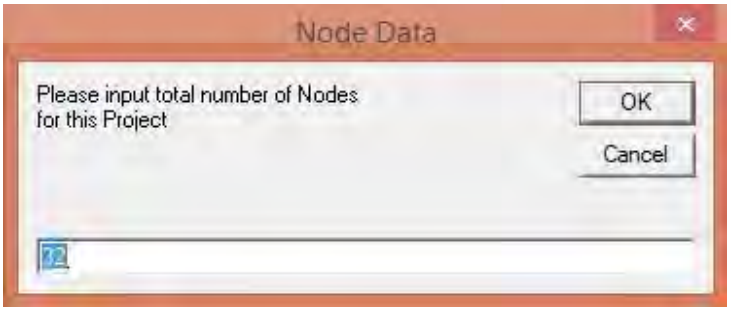
หลังจากเข้าสู่หน้าแรกของโปรแกรม แล้วจะพบกับหน้าต่าง Activity Menu ซึ่งในการเริ่มสร้างแบบจำลองให้เลือกที่หัวข้อ Project-data และเลือกที่ New Project จากนั้นหน้าต่าง Project Control Data จะขึ้นมา ให้ใส่รายละเอียดต่างๆ รวมถึงหน่วยแรง และเลือกประเภทโครงสร้างที่ใช้วิเคราะห์



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการใส่ข้อมูลของหน้าต่าง Project Control Data

จากรูปที่ 3.5 จะเป็นการยกตัวอย่างการใส่ข้อมูลของแบบจำลอง P-15-T01-15 ซึ่งสามารถใส่ข้อมูลเฉพาะช่อง Master Filename เลือกหน่วยที่ใช้ในโปรแกรม และประเภทโครงสร้างได้ เมื่อใส่ข้อมูลในหน้าต่าง Project Control Data แล้ว กดที่ OK โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าต่าง Main Data Menu (อ้างอิงตามรูปที่ 2.14 ในบทที่ 2)

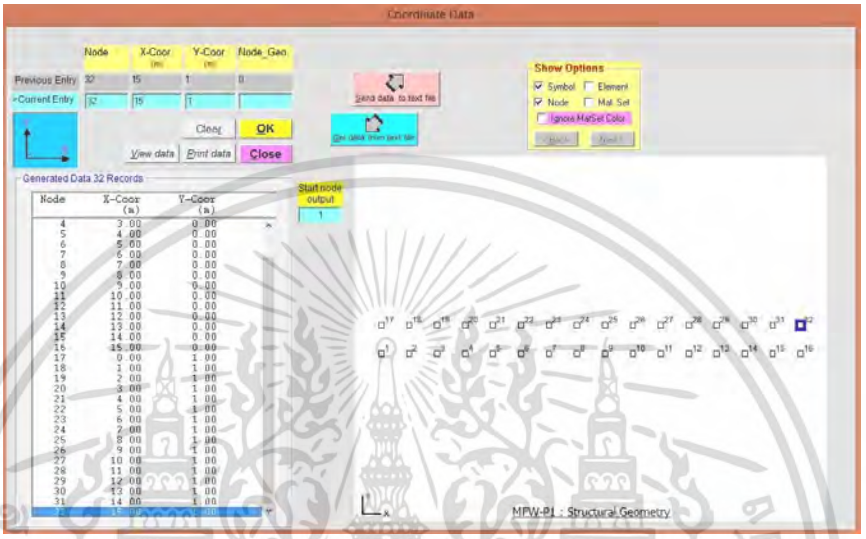
ในการสร้างแบบจำลอง จะเริ่มจากการใส่ข้อมูล Node ก่อน และตามด้วยข้อมูลของ Element ซึ่งเมื่อเข้าสู่หน้าต่าง Main Data Menu ให้เลือกรายการ Node และเลือกที่ No. of Node จะมีหน้าต่าง Node Data ขึ้นมาให้ระบุจำนวน Node ที่ใช้ทั้งหมด ในแบบจำลอง



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างหน้าต่าง Node Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

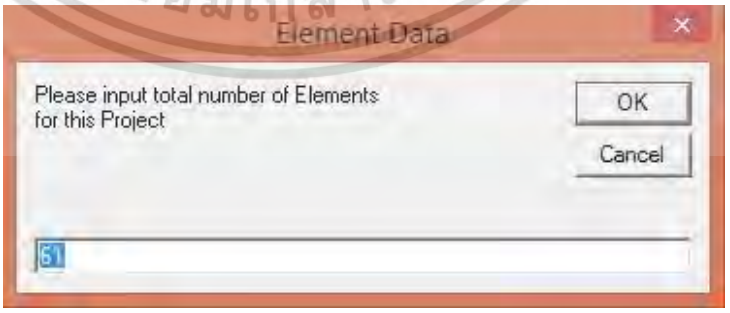
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากระบุจำนวน Node ที่ใช้ ต่อมาคือการระบุตำแหน่งของ Node แต่ละตัว ซึ่งในการใส่ข้อมูลในส่วนนี้ จะเป็นการใส่ตำแหน่งในระนาบแกน X และ แกน Y โดยในการใส่ตำแหน่ง ให้ทำการเลือกที่รายการ Node และเลือกที่ Coordinate จะมีหน้าต่าง Coordinate Data ขึ้นมาให้เราระบุตำแหน่งของ Node แต่ละตัว



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างหน้าต่าง Coordinate Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

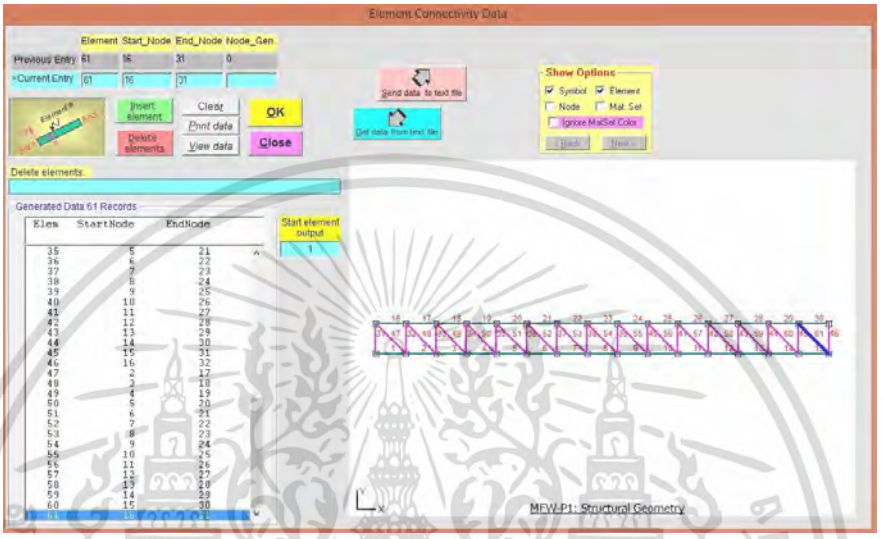
เมื่อได้ตำแหน่งของ Node ในการสร้างแบบจำลองแล้ว ในส่วนต่อไปคือ การใส่ Element เพื่อให้แบบจำลองเป็นรูปร่างมากขึ้น โดยในการสร้าง Element จะมีขั้นตอนการใส่ข้อมูลคล้ายคลึงกับการสร้าง Node โดยจะเริ่มจากการเลือกรายการ Element และเลือก No. of Element จะมีหน้าต่าง Element Data ขึ้นมา เพื่อให้ใส่จำนวน Element ที่ใช้ในแบบจำลอง



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างหน้าต่าง Element Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

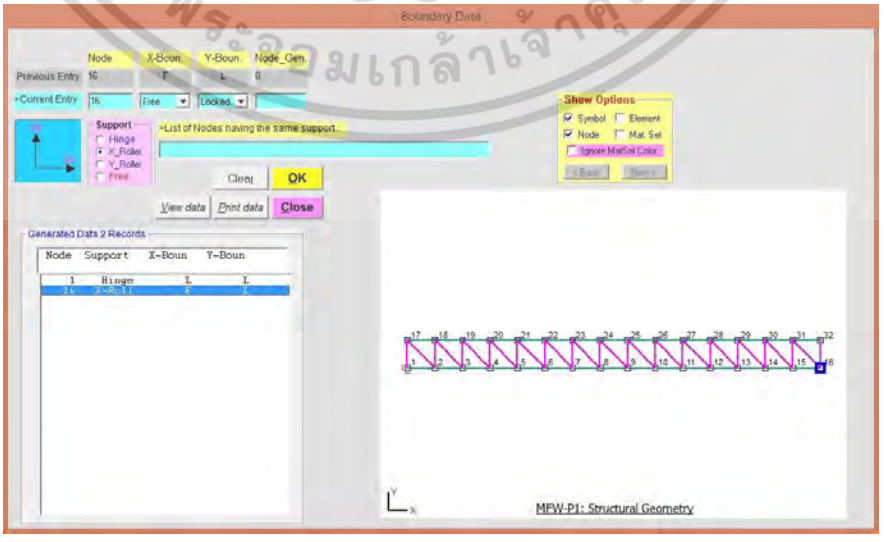
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระบุจำนวน Element ที่ใช้ในแบบจำลองแล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ ระบุตำแหน่งของ Element แต่ละตัว โดยเลือกรายการ Element แล้วเลือก Element connectivity จะมีหน้าต่าง Element connectivity Data ขึ้นมา เพื่อให้ระบุตำแหน่งของ Element แต่ละตัว อยู่ตำแหน่งเริ่มต้นที่ Node ไหน และสิ้นสุดที่ Node ไหน



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างหน้าต่าง Element connectivity Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

ส่วนสุดท้ายของการสร้างแบบจำลองคือ ต้องมีการกำหนดจุดรองรับ (Support) ของแบบจำลอง ซึ่งในส่วนนี้ ให้เลือกรายการ Node และเลือก Boundary จะมีหน้าต่าง Boundary Data เพื่อให้เรากำหนดจุดรองรับของแบบจำลองนี้

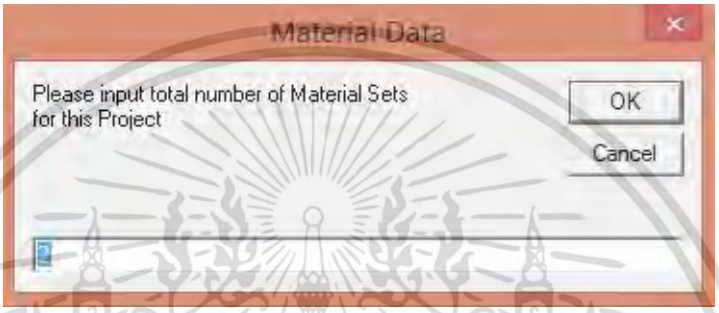


รูปที่ 3.10 ตัวอย่างหน้าต่าง Boundary Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

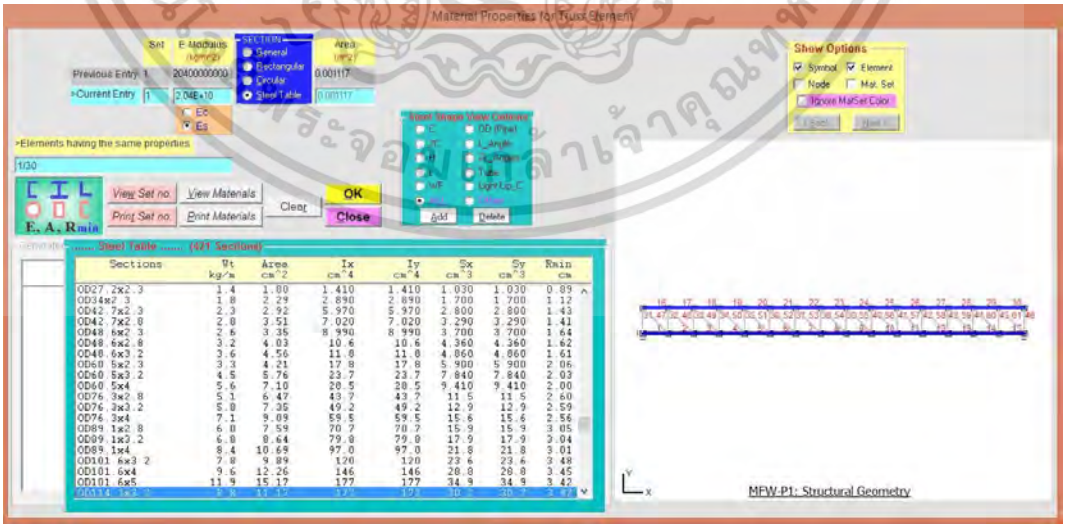
2. ใส่ข้อมูลวัสดุที่ใช้ในชิ้นส่วนแต่ละชิ้น พร้อมทั้งใส่น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

เมื่อสร้างแบบจำลองโครงสร้างแล้ว ในส่วนของวัสดุที่ใช้ และน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างนั้น ย่อมมีผลต่อการวิเคราะห์และออกแบบโครงถักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ในการระบุวัสดุของโครงสร้างจะเป็นการระบุตัววัสดุใน Element แต่ละตัว โดยเริ่มจากเลือกรายการ Materials และเลือก No. of Material Sets จะมีหน้าต่าง Material Data ขึ้นมา เพื่อให้เราระบุจำนวนของวัสดุที่เราจะใช้ว่ามีกี่แบบ



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างหน้าต่าง Material Data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

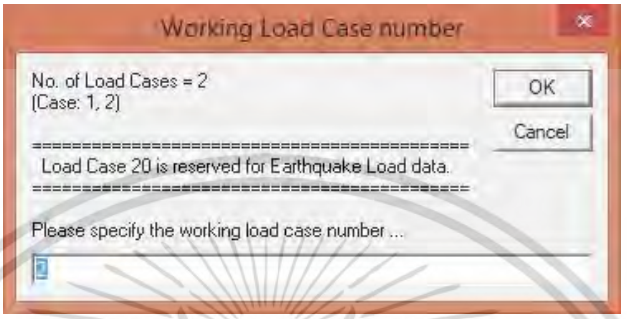
เมื่อกำหนดจำนวนวัสดุที่ใช้แล้ว ต่อมาคือการกำหนดว่า Element ไหนใช้วัสดุอะไร โดยเลือกที่รายการ Materials เลือก Properties และเลือก Truss Element จะมีหน้าต่าง Material Properties for Truss Element ขึ้นมา ให้เราระบุวัสดุที่เราต้องการ



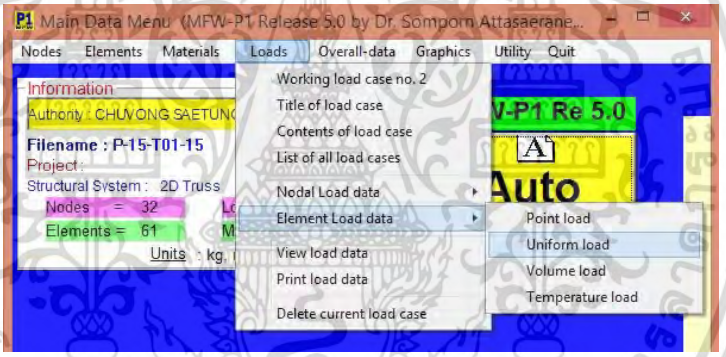
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างหน้าต่าง Material Properties for Truss Element ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

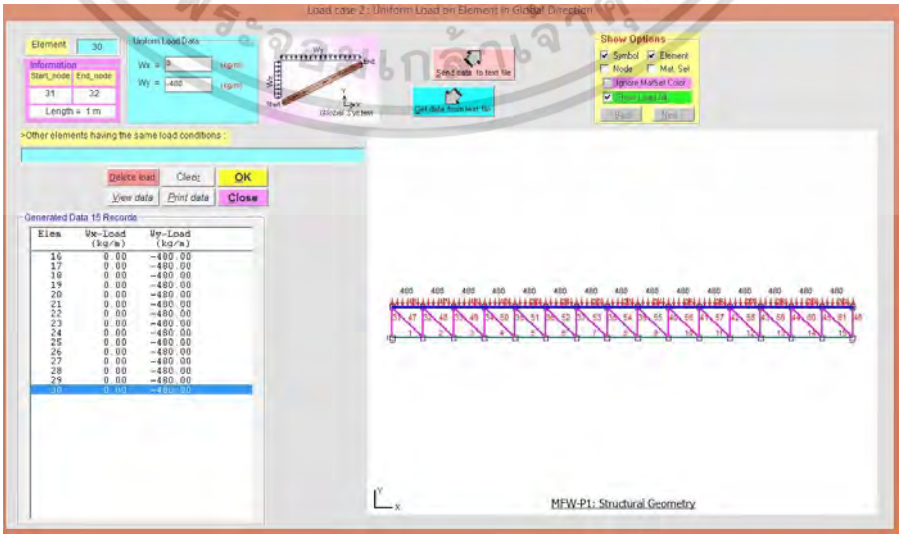
ในการใส่แรงที่กระทำกับโครงสร้าง ให้เลือกหัวข้อ Load ในหน้าต่าง Main Data Menu แล้วเลือก Working Load Case No. จะมีหน้าต่าง Working Load Case number เพื่อให้ระบุ Load Case ที่ต้องการจะใส่ และเมื่อระบุ Load Case แล้ว ให้กลับมาเลือกรายการ Load ในหน้าต่าง Main Data Menu อีกครั้ง และเลือกประเภทแรงที่กระทำ



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างหน้าต่าง Working Load Case number ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างประเภทแรงที่กระทำของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15



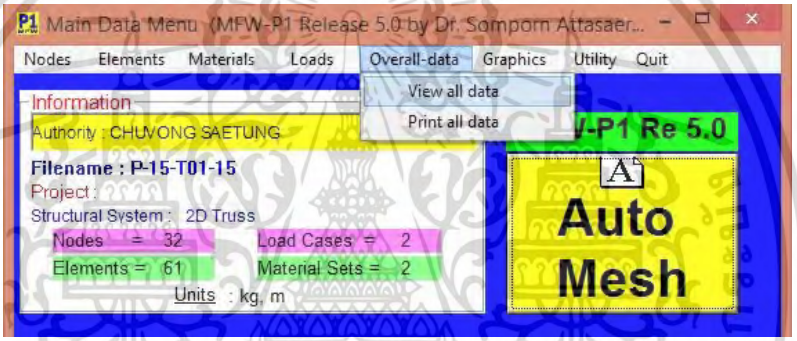
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างแรงที่กระทำของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

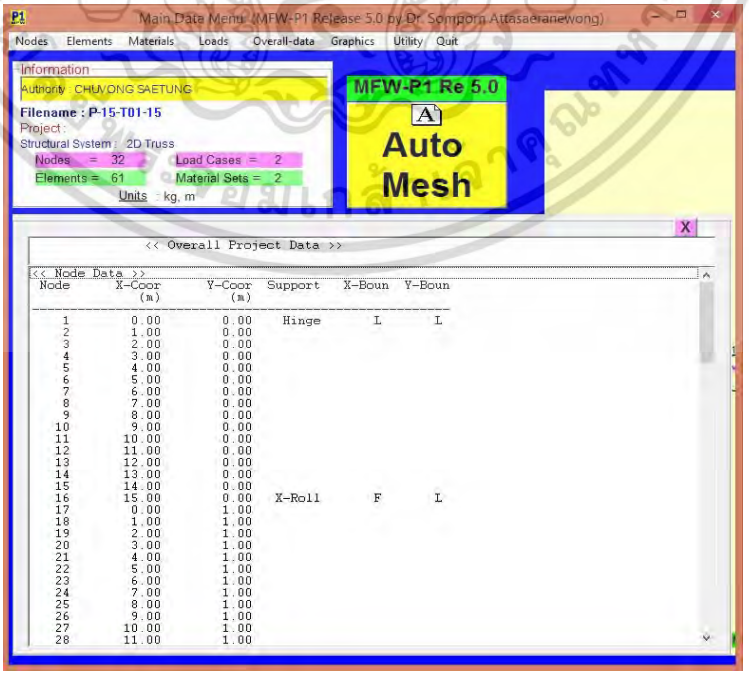
ในการใส่แรงกระทำในโครงถักนี้ จะใช้แรงกระทำทั้งหมด 2 Load Case ซึ่งในรูปที่ 3.14 และ 3.15 จะเป็นรูปตัวอย่าง Load Case ที่ 2 ของโครงถัก P-15-T01-15 โดยแรงกระทำใน Load Case ที่ 2 จะเป็นแบบ Uniform Load กระทำลงที่ Element

3. การตรวจสอบแบบจำลอง

เมื่อนำเข้าข้อมูลของการสร้างแบบจำลอง วัสดุ และแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแล้ว ในการตรวจสอบความครบถ้วนในข้อมูลที่ใส่ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ สามารถตรวจสอบรายละเอียดข้อมูลนำเข้าทั้งหมดได้ โดยการเลือกรายการ Overall-data ในหน้าต่าง Main Data Menu แล้วเลือก View all data จะปรากฏหน้าต่าง Overall Project Data ขึ้นมา ซึ่งจะแสดงข้อมูลทั้งหมดที่ถูกนำเข้าในแบบจำลอง



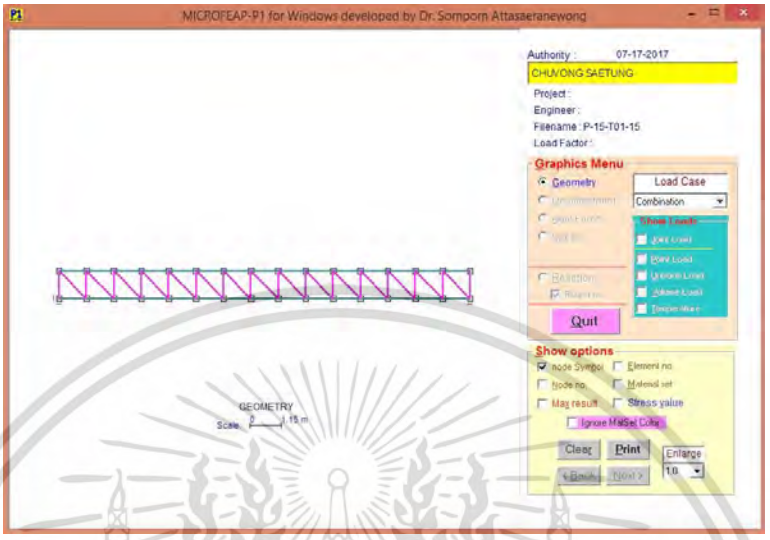
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างรายการ Overall-data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างหน้าต่าง Overall Project data ของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

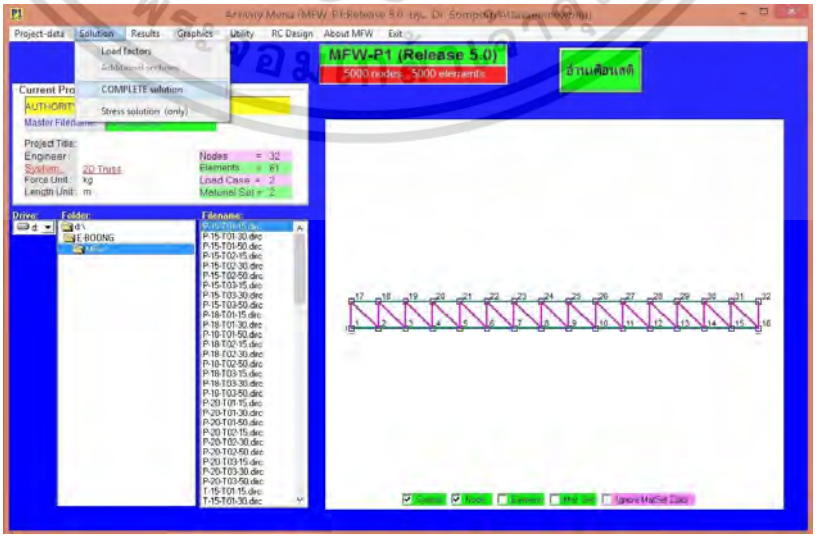
นอกจากนี้ ยังสามารถตรวจสอบรูปร่างของแบบจำลองได้โดย เลือกรายการ Graphics ในหน้าต่าง Main Data Menu ซึ่งจะปรากฏรูปร่างของแบบจำลองที่สร้างขึ้น



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างรูปร่างของแบบจำลองโครงถัก P-15-T01-15

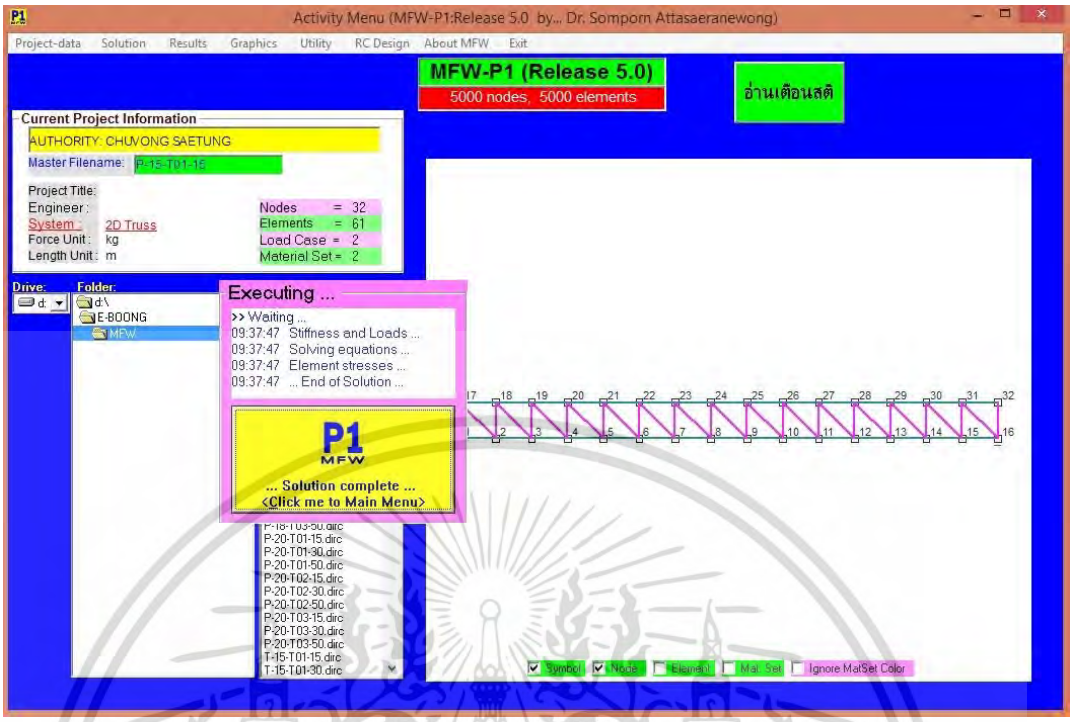
4. วิเคราะห์โครงสร้าง

ในส่วนการวิเคราะห์โครงสร้างโดยโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) เริ่มจากการเลือกรายการ Solution ในหน้าต่าง Activity Menu แล้วเลือก COMPLETE solution เพื่อให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์โครงสร้างที่เราเลือก หลังจากโปรแกรมทำการวิเคราะห์เสร็จ สามารถดูผลการวิเคราะห์โครงสร้างได้โดยการเลือกรายการ Result ในหน้าต่าง Activity Menu แล้วเลือก Stresses เพื่อดูค่าแรงที่กระทำในตัวชิ้นส่วน

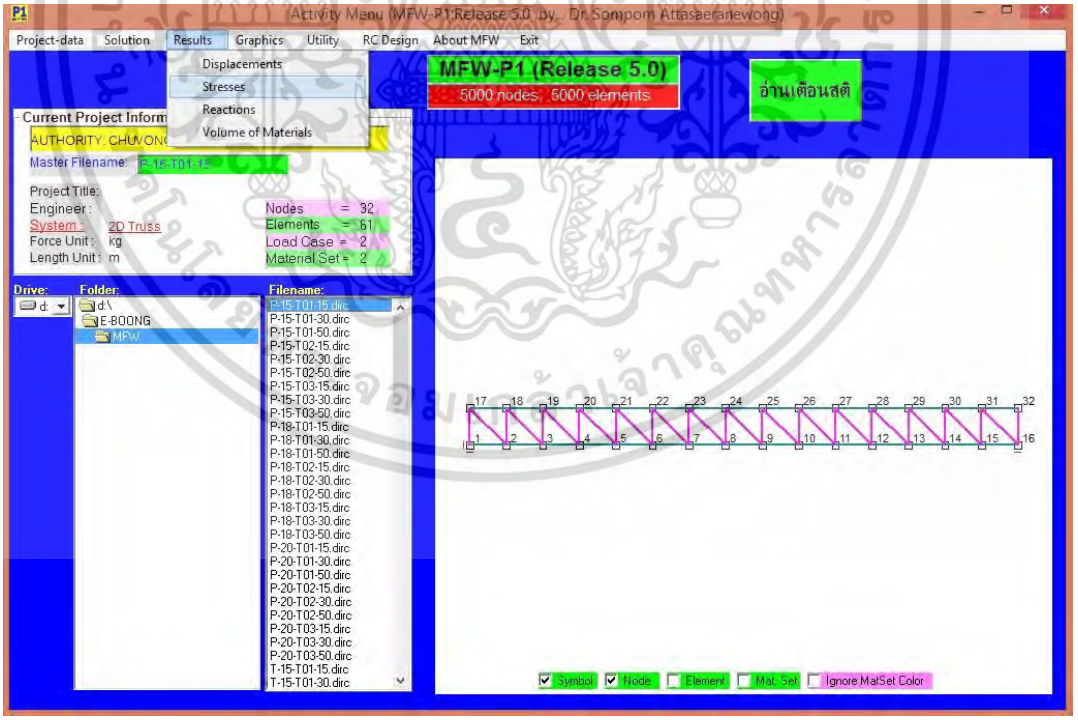


รูปที่ 3.19 ตัวอย่างหน้าต่างรายการในการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

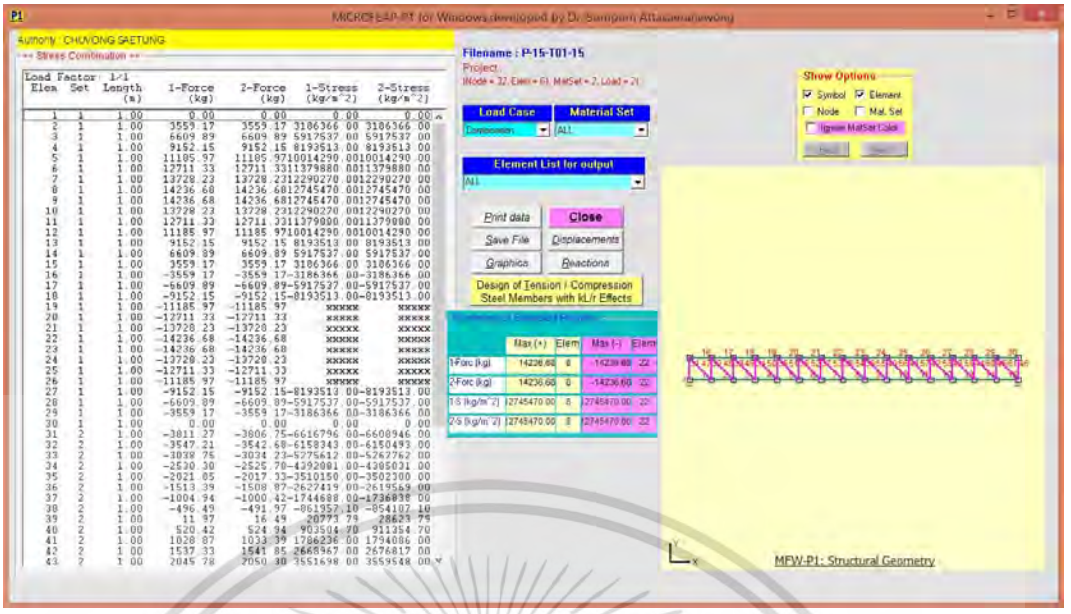


รูปที่ 3.20 ตัวอย่างหน้าต่างรายการในการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15



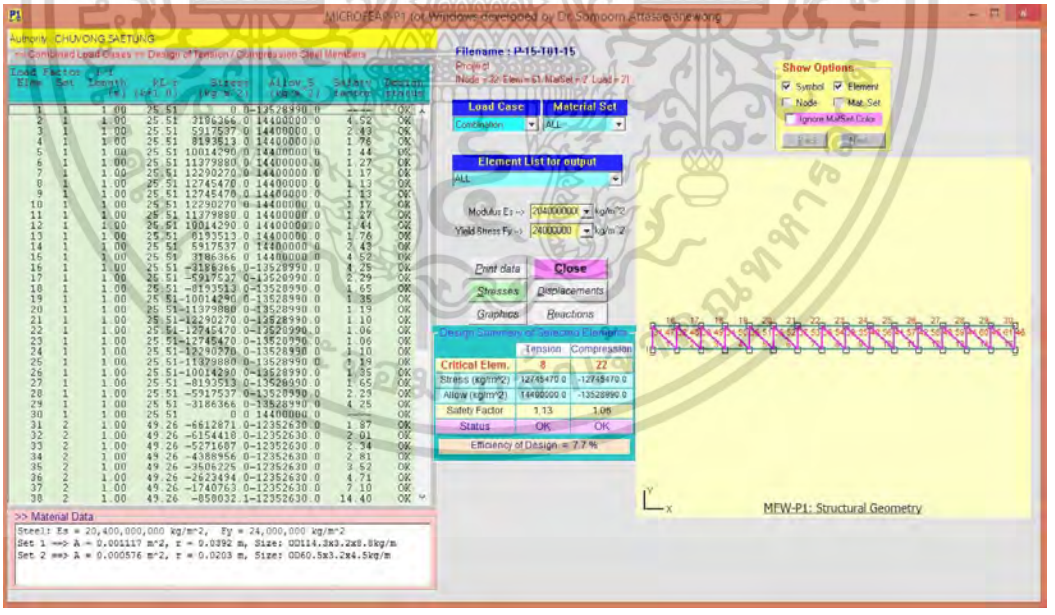
รูปที่ 3.21 ตัวอย่างหน้าต่างรายการในการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างผลการการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15

หากต้องการให้โปรแกรมตรวจสอบชิ้นส่วนโครงสร้างที่ใช้ในโครงถักว่า สามารถรับแรงได้หรือไม่ สามารถทำได้โดยกด Design of Tension / Compression Steel Members with kL/r Effects



รูปที่ 3.23 ตัวอย่างผลการการวิเคราะห์โครงถัก P-15-T01-15

จากรูปที่ 3.23 จะเห็นว่า ในหัวข้อ Design Status ขึ้น OK ในทุกชิ้นส่วน แสดงว่า วัสดุที่ใส่ใน Element แต่ละตัวสามารถรับแรงที่เกิดขึ้นกับโครงถัก P-15-T01-15 และสามารถนำไปใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการออกแบบโครงถักด้วยโปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) ทั้งหมด 108 โครงถัก จนได้ขนาดเหล็กรูปพรรณของเหล็กรูปพรรณที่ใช้ในโครงถักแต่ละโครงแล้ว ทำให้สามารถหาปริมาณเหล็กรูปพรรณของโครงถักแต่ละโครง เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบหาลักษณะการถักของโครงถักสำหรับโครงหลังคาที่ให้ความประหยัดที่สุด

4.1 ผลการเก็บข้อมูล

จากข้อมูลที่ได้จากการออกแบบโครงถัก โดยใช้โปรแกรม Microfeap for window (MFW-P1) ผลลัพธ์ที่ได้คือ ขนาดของเหล็กรูปพรรณที่ใช้ในโครงถักแต่ละโครง โดยการเก็บข้อมูลในส่วนนี้จะเก็บบันทึกขนาดเหล็กรูปพรรณที่ใช้ และปริมาณเหล็กของโครงถักแต่ละโครงตามตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผล

ชื่อโครงถัก	ชนิดเหล็ก		น้ำหนักเหล็ก (kg)
	TOP & BOTTOM	Web	
P-15-T01-15	OD 114.3 × 3.2 × 8.8 kg/m	OD 60.5 × 3.2 × 4.5 kg/m	431.85
P-15-T01-30	OD 190.7 × 4.5 × 20.7 kg/m	OD 114.3 × 3.2 × 8.8 kg/m	1,897.16
P-15-T01-50	OD 216.3 × 7.0 × 36.1 kg/m	OD 165.2 × 4.5 × 17.8 kg/m	5,821.47
P-15-T02-15	OD 114.3 × 3.2 × 8.8 kg/m	OD 60.5 × 3.2 × 4.5 kg/m	431.85
P-15-T02-30	OD 190.7 × 4.5 × 20.7 kg/m	OD 114.3 × 3.2 × 8.8 kg/m	1,897.16
P-15-T02-50	OD 216.3 × 7.0 × 36.1 kg/m	OD 165.2 × 4.5 × 17.8 kg/m	5,821.47
P-15-T03-15	OD 114.3 × 3.2 × 8.8 kg/m	OD 48.6 × 2.8 × 3.2 kg/m	377.92
P-15-T03-30	OD 165.2 × 5.0 × 19.8 kg/m	OD 89.1 × 3.2 × 6.8 kg/m	1,672.16
P-15-T03-50	OD 216.3 × 7.0 × 36.1 kg/m	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	5,044.82
P-18-T01-15	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	OD 60.5 × 3.2 × 4.5 kg/m	530.40
P-18-T01-30	OD 190.7 × 5.0 × 22.9 kg/m	OD 101.6 × 3.2 × 7.8 kg/m	1,952.84
P-18-T01-50	OD 267.4 × 7.0 × 45.0 kg/m	OD 165.2 × 4.5 × 17.8 kg/m	6,699.37
P-18-T02-15	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	OD 60.5 × 2.3 × 3.3 kg/m	485.76
P-18-T02-30	OD 190.7 × 5.0 × 22.9 kg/m	OD 101.6 × 3.2 × 7.8 kg/m	1,952.84
P-18-T02-50	OD 267.4 × 7.0 × 45.0 kg/m	OD 165.2 × 4.5 × 17.8 kg/m	6,699.37
P-18-T03-15	OD 114.3 × 3.6 × 9.8 kg/m	OD 48.6 × 2.8 × 3.2 kg/m	407.66
P-18-T03-30	OD 190.7 × 5.0 × 22.9 kg/m	OD 89.1 × 2.8 × 6.0 kg/m	1,797.96
P-18-T03-50	OD 267.4 × 6.0 × 38.7 kg/m	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	5,291.99

ชื่อโครงถัก	ชนิดเหล็ก		น้ำหนักเหล็ก (kg)
	TOP & BOTTOM	Web	
P-20-T01-15	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	OD 60.5 × 3.2 × 4.5 kg/m	530.18
P-20-T01-30	OD 216.3 × 4.5 × 23.5 kg/m	OD 101.6 × 3.2 × 7.8 kg/m	1,987.98
P-20-T01-50	OD 267.4 × 7.0 × 45.0 kg/m	OD 139.8 × 4.5 × 15.0 kg/m	6,349.50
P-20-T02-15	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	OD 48.6 × 3.2 × 3.6 kg/m	496.74
P-20-T02-30	OD 216.3 × 4.5 × 23.5 kg/m	OD 101.6 × 3.2 × 7.8 kg/m	1,987.98
P-20-T02-50	OD 267.4 × 7.0 × 45.0 kg/m	OD 139.8 × 4.0 × 13.4 kg/m	6,152.22
P-20-T03-15	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	OD 48.6 × 2.3 × 2.6 kg/m	454.26
P-20-T03-30	OD 216.3 × 4.5 × 23.5 kg/m	OD 89.1 × 2.8 × 6.0 kg/m	1,831.20
P-20-T03-50	OD 267.4 × 7.0 × 45.0 kg/m	OD 139.8 × 3.6 × 12.1 kg/m	5,915.70
T-15-T01-15	Tube 100 × 100 × 3.2 × 9.5 kg/m	Tube 60 × 60 × 2.3 × 4.1 kg/m	437.93
T-15-T01-30	Tube 200 × 100 × 4.5 × 20.2 kg/m	Tube 100 × 100 × 3.2 × 9.5 kg/m	1,919.28
T-15-T01-50	Tube 200 × 200 × 6.0 × 35.8 kg/m	Tube 150 × 150 × 4.5 × 20.2 kg/m	6,089.65
T-15-T02-15	Tube 100 × 100 × 3.2 × 9.5 kg/m	Tube 60 × 60 × 2.3 × 4.1 kg/m	437.93
T-15-T02-30	Tube 200 × 100 × 4.5 × 20.2 kg/m	Tube 100 × 100 × 3.2 × 9.5 kg/m	1,919.28
T-15-T02-50	Tube 200 × 200 × 6.0 × 35.8 kg/m	Tube 150 × 150 × 4.5 × 20.2 kg/m	6,089.65
T-15-T03-15	Tube 100 × 100 × 3.2 × 9.5 kg/m	Tube 50 × 50 × 2.3 × 3.3 kg/m	402.48
T-15-T03-30	Tube 150 × 150 × 4.5 × 20.2 kg/m	Tube 75 × 75 × 3.2 × 7.0 kg/m	1,710.40
T-15-T03-50	Tube 200 × 200 × 6.0 × 35.8 kg/m	Tube 125 × 125 × 3.2 × 12.0 kg/m	5,002.96

ชื่อโครงถัก	ชนิดเหล็ก		น้ำหนักเหล็ก (kg)
	TOP & BOTTOM	Web	
T-18-T01-15	Tube 125 × 125 × 3.2 × 12.0 kg/m	Tube 60 × 60 × 2.3 × 4.1 kg/m	512.52
T-18-T01-30	Tube 200 × 200 × 4.5 × 27.2 kg/m	Tube 100 × 100 × 3.2 × 9.5 kg/m	2,337.00
T-18-T01-50	Tube 200 × 200 × 8.0 × 46.9 kg/m	Tube 125 × 125 × 4.5 × 16.6 kg/m	6,741.10
T-18-T02-15	Tube 125 × 125 × 3.2 × 12.0 kg/m	Tube 60 × 60 × 2.3 × 4.1 kg/m	512.52
T-18-T02-30	Tube 200 × 200 × 4.5 × 27.2 kg/m	Tube 100 × 100 × 2.3 × 6.9 kg/m	2,144.05
T-18-T02-50	Tube 200 × 200 × 8.0 × 46.9 kg/m	Tube 125 × 125 × 4.5 × 16.6 kg/m	6,741.10
T-18-T03-15	Tube 125 × 125 × 3.2 × 12.0 kg/m	Tube 50 × 50 × 2.3 × 3.3 kg/m	477.22
T-18-T03-30	Tube 150 × 150 × 6.0 × 26.4 kg/m	Tube 75 × 75 × 3.2 × 7.0 kg/m	2,078.62
T-18-T03-50	Tube 200 × 200 × 8.0 × 46.9 kg/m	Tube 125 × 125 × 3.2 × 12.0 kg/m	6,100.24
T-20-T01-15	Tube 150 × 100 × 3.2 × 12.0 kg/m	Tube 75 × 75 × 2.3 × 5.1 kg/m	549.47
T-20-T01-30	Tube 200 × 200 × 4.5 × 27.2 kg/m	Tube 100 × 100 × 3.2 × 9.5 kg/m	2,335.95
T-20-T01-50	Tube 200 × 200 × 8.0 × 46.9 kg/m	Tube 125 × 125 × 4.5 × 16.6 kg/m	6,736.78
T-20-T02-15	Tube 150 × 100 × 3.2 × 12.0 kg/m	Tube 75 × 75 × 2.3 × 5.1 kg/m	549.47
T-20-T02-30	Tube 200 × 200 × 4.5 × 27.2 kg/m	Tube 100 × 100 × 2.3 × 6.9 kg/m	2,143.29
T-20-T02-50	Tube 200 × 200 × 8.0 × 46.9 kg/m	Tube 125 × 125 × 4.5 × 16.6 kg/m	6,736.78
T-20-T03-15	Tube 125 × 125 × 3.2 × 12.0 kg/m	Tube 50 × 50 × 2.3 × 3.3 kg/m	475.83
T-20-T03-30	Tube 200 × 200 × 4.5 × 27.2 kg/m	Tube 75 × 75 × 3.2 × 7.0 kg/m	2,123.40
T-20-T03-50	Tube 200 × 200 × 8.0 × 46.9 kg/m	Tube 125 × 125 × 3.2 × 12.0 kg/m	6,094.00

ชื่อโครงถัก	ชนิดเหล็ก																		น้ำหนักเหล็ก (kg)
	TOP & BOTTOM											Web							
WFP-15-T01-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	60.5	×	3.2	×	4.5	kg/m	563.85
WFP-15-T01-30	WF	125	×	125	×	6.5	×	9.0	×	23.8	kg/m	OD	114.3	×	3.2	×	8.8	kg/m	2,083.16
WFP-15-T01-50	WF	244	×	175	×	7.0	×	11.0	×	44.1	kg/m	OD	165.2	×	4.5	×	17.8	kg/m	6,621.47
WFP-15-T02-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	60.5	×	3.2	×	4.5	kg/m	563.85
WFP-15-T02-30	WF	125	×	125	×	6.5	×	9.0	×	23.8	kg/m	OD	144.3	×	3.2	×	8.8	kg/m	2,083.16
WFP-15-T02-50	WF	244	×	175	×	7.0	×	11.0	×	44.1	kg/m	OD	165.2	×	4.5	×	17.8	kg/m	6,621.47
WFP-15-T03-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	48.6	×	2.8	×	3.2	kg/m	509.92
WFP-15-T03-30	WF	125	×	125	×	6.5	×	9.0	×	23.8	kg/m	OD	89.1	×	3.2	×	6.8	kg/m	1,912.16
WFP-15-T03-50	WF	244	×	175	×	7.0	×	11.0	×	44.1	kg/m	OD	139.8	×	3.6	×	12.1	kg/m	5,844.82
WFP-18-T01-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	60.5	×	3.2	×	4.5	kg/m	563.40
WFP-18-T01-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6	kg/m	OD	114.3	×	3.2	×	8.8	kg/m	2,489.05
WFP-18-T01-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9	kg/m	OD	165.2	×	4.5	×	17.8	kg/m	7,189.37
WFP-18-T02-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	60.5	×	2.3	×	3.3	kg/m	518.76
WFP-18-T02-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6	kg/m	OD	101.6	×	3.2	×	7.8	kg/m	2,414.84
WFP-18-T02-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9	kg/m	OD	165.2	×	4.5	×	17.8	kg/m	7,189.37
WFP-18-T03-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	48.6	×	2.8	×	3.2	kg/m	509.66
WFP-18-T03-30	WF	125	×	125	×	6.5	×	9.0	×	23.8	kg/m	OD	89.1	×	2.8	×	6.0	kg/m	1,851.96
WFP-18-T03-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9	kg/m	OD	139.8	×	3.6	×	12.1	kg/m	6,411.99

ชื่อโครงถัก	ชนิดเหล็ก																		น้ำหนักเหล็ก (kg)
	TOP & BOTTOM										Web								
WFP-20-T01-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	60.5	×	3.2	×	4.5	kg/m	563.18
WFP-20-T01-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6	kg/m	OD	101.6	×	3.2	×	7.8	kg/m	2,413.98
WFP-20-T01-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9	kg/m	OD	165.2	×	4.5	×	17.8	kg/m	7,184.74
WFP-20-T02-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	48.6	×	3.2	×	3.6	kg/m	529.74
WFP-20-T02-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6	kg/m	OD	101.6	×	3.2	×	7.8	kg/m	2,413.98
WFP-20-T02-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9	kg/m	OD	139.8	×	4.0	×	13.4	kg/m	6,642.22
WFP-20-T03-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2	kg/m	OD	48.6	×	2.3	×	2.6	kg/m	487.26
WFP-20-T03-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6	kg/m	OD	89.1	×	2.8	×	6.0	kg/m	2,257.20
WFP-20-T03-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9	kg/m	OD	139.8	×	3.6	×	12.1	kg/m	6,405.70
WFT-15-T01-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.20	kg/m	Tube	60	×	60	×	2.3	× 4.10	kg/m 548.93
WFT-15-T01-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.60	kg/m	Tube	100	×	100	×	3.2	× 9.50	kg/m 2,543.28
WFT-15-T01-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.90	kg/m	Tube	150	×	150	×	4.5	× 20.20	kg/m 7,499.65
WFT-15-T02-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.20	kg/m	Tube	60	×	60	×	2.3	× 4.10	kg/m 548.93
WFT-15-T02-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.60	kg/m	Tube	100	×	100	×	3.2	× 9.50	kg/m 2,543.28
WFT-15-T02-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.90	kg/m	Tube	150	×	150	×	4.5	× 20.20	kg/m 7,499.65
WFT-15-T03-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.20	kg/m	Tube	50	×	50	×	2.3	× 3.30	kg/m 513.48
WFT-15-T03-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.60	kg/m	Tube	75	×	75	×	3.2	× 7.00	kg/m 2,334.40
WFT-15-T03-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.90	kg/m	Tube	125	×	125	×	3.2	× 12.00	kg/m 6,412.96

ชื่อโครงถัก	ชนิดเหล็ก																			น้ำหนักเหล็ก (kg)
	TOP & BOTTOM										Web									
WFT-18-T01-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2 kg/m	Tube	60	×	60	×	2.3	×	4.1	kg/m	548.52
WFT-18-T01-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6 kg/m	Tube	100	×	100	×	3.2	×	9.5	kg/m	2,541.00
WFT-18-T01-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9 kg/m	Tube	125	×	125	×	4.5	×	16.6	kg/m	7,041.10
WFT-18-T02-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2 kg/m	Tube	60	×	60	×	2.3	×	4.1	kg/m	548.52
WFT-18-T02-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6 kg/m	Tube	100	×	100	×	2.3	×	6.9	kg/m	2,348.05
WFT-18-T02-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9 kg/m	Tube	125	×	125	×	4.5	×	16.6	kg/m	7,041.10
WFT-18-T03-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2 kg/m	Tube	50	×	50	×	2.3	×	3.3	kg/m	513.22
WFT-18-T03-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6 kg/m	Tube	75	×	75	×	3.2	×	7.0	kg/m	2,330.62
WFT-18-T03-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9 kg/m	Tube	125	×	125	×	3.2	×	12.0	kg/m	6,400.24
WFT-20-T01-15	WF	150	×	75	×	5.0	×	7.0	×	14.0 kg/m	Tube	75	×	75	×	2.3	×	5.1	kg/m	609.47
WFT-20-T01-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6 kg/m	Tube	100	×	100	×	3.2	×	9.5	kg/m	2,539.95
WFT-20-T01-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9 kg/m	Tube	125	×	125	×	4.5	×	16.6	kg/m	7,036.78
WFT-20-T02-15	WF	150	×	75	×	5.0	×	7.0	×	14.0 kg/m	Tube	75	×	75	×	2.3	×	5.1	kg/m	609.47
WFT-20-T02-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6 kg/m	Tube	100	×	100	×	2.3	×	6.9	kg/m	2,347.29
WFT-20-T02-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9 kg/m	Tube	125	×	125	×	4.5	×	16.6	kg/m	7,036.78
WFT-20-T03-15	WF	125	×	60	×	6.0	×	8.0	×	13.2 kg/m	Tube	50	×	50	×	2.3	×	3.3	kg/m	511.83
WFT-20-T03-30	WF	194	×	150	×	6.0	×	9.0	×	30.6 kg/m	Tube	75	×	75	×	3.2	×	7.0	kg/m	2,327.40
WFT-20-T03-50	WF	200	×	200	×	8.0	×	12.0	×	49.9 kg/m	Tube	125	×	125	×	3.2	×	12.0	kg/m	6,394.00

4.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะของโครงถัก

ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะของโครงถักที่ให้ความประหยัดที่สุด จะทำการเปรียบเทียบในลักษณะ 1 มิติ ซึ่งจะทำการแบ่งกลุ่มและเปรียบเทียบ โดยหัวข้อในการเปรียบเทียบประกอบไปด้วย รูปแบบการถักโครงถัก อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก และเหล็กรูปพรรณที่ใช้

4.2.1. รูปแบบการถักของโครงถัก

ในการเปรียบเทียบรูปแบบการถักของโครงถัก สามารถแบ่งกลุ่ม เพื่อใช้ในเปรียบเทียบได้ทั้งหมด 36 กลุ่ม โดยสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบรูปแบบการถักโครงถัก

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
1	P-15-T01-15
	P-15-T02-15
	P-15-T03-15
2	P-15-T01-30
	P-15-T02-30
	P-15-T03-30
3	P-15-T01-50
	P-15-T02-50
	P-15-T03-50
4	P-18-T01-15
	P-18-T02-15
	P-18-T03-15
5	P-18-T01-30
	P-18-T02-30
	P-18-T03-30
6	P-18-T01-50
	P-18-T02-50

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
13	T-18-T01-15
	T-18-T02-15
	T-18-T03-15
14	T-18-T01-30
	T-18-T02-30
	T-18-T03-30
15	T-18-T01-50
	T-18-T02-50
	T-18-T03-50
16	T-20-T01-15
	T-20-T02-15
	T-20-T03-15
17	T-20-T01-30
	T-20-T02-30
	T-20-T03-30
18	T-20-T01-50
	T-20-T02-50

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
25	WFP-20-T01-15
	WFP-20-T02-15
	WFP-20-T03-15
26	WFP-20-T01-30
	WFP-20-T02-30
	WFP-20-T03-30
27	WFP-20-T01-50
	WFP-20-T02-50
	WFP-20-T03-50
28	WFT-15-T01-15
	WFT-15-T02-15
	WFT-15-T03-15
29	WFT-15-T01-30
	WFT-15-T02-30
	WFT-15-T03-30
30	WFT-15-T01-50
	WFT-15-T02-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบรูปแบบการถักโครงถัก (ต่อ)

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
6	P-18-T03-50
7	P-20-T01-15
	P-20-T02-15
	P-20-T03-15
8	P-20-T01-30
	P-20-T02-30
	P-20-T03-30
9	P-20-T01-50
	P-20-T02-50
	P-20-T03-50
10	T-15-T01-15
	T-15-T02-15
	T-15-T03-15
11	T-15-T01-30
	T-15-T02-30
	T-15-T03-30
12	T-15-T01-50
	T-15-T02-50
	T-15-T03-50

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
18	T-20-T03-50
19	WFP-15-T01-15
	WFP-15-T02-15
	WFP-15-T03-15
20	WFP-15-T01-30
	WFP-15-T02-30
	WFP-15-T03-30
21	WFP-15-T01-50
	WFP-15-T02-50
	WFP-15-T03-50
22	WFP-18-T01-15
	WFP-18-T02-15
	WFP-18-T03-15
23	WFP-18-T01-30
	WFP-18-T02-30
	WFP-18-T03-30
24	WFP-18-T01-50
	WFP-18-T02-50
	WFP-18-T03-50

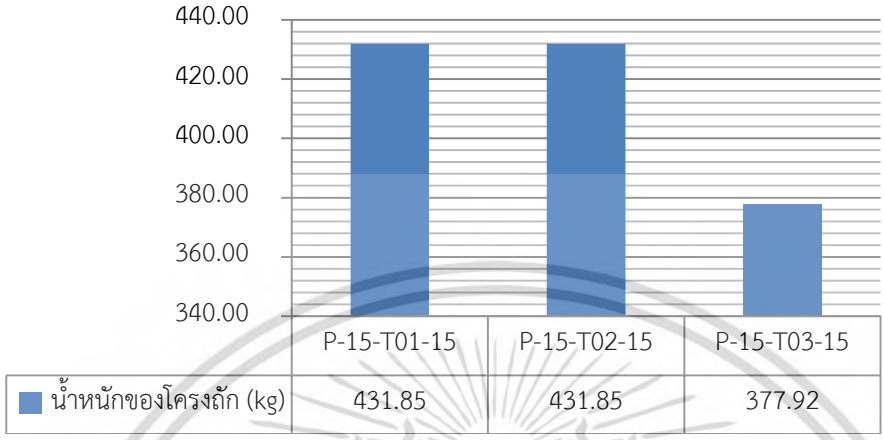
กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
30	WFT-15-T03-50
31	WFT-18-T01-15
	WFT-18-T02-15
	WFT-18-T03-15
32	WFT-18-T01-30
	WFT-18-T02-30
	WFT-18-T03-30
33	WFT-18-T01-50
	WFT-18-T02-50
	WFT-18-T03-50
34	WFT-20-T01-15
	WFT-20-T02-15
	WFT-20-T03-15
35	WFT-20-T01-30
	WFT-20-T02-30
	WFT-20-T03-30
36	WFT-20-T01-50
	WFT-20-T02-50
	WFT-20-T03-50

จากโครงถักทั้งหมดสามารถนำมาแบ่งกลุ่มเพื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะรูปแบบการถักของโครงถัก ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มได้ทั้งหมด 36 กลุ่ม โดยการแบ่งกลุ่มสำหรับการเปรียบเทียบจะแบ่งตามกลุ่มลักษณะของโครงถัก โดยโครงถักที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากัน รูปแบบเหล็กรูปพรรณเป็นรูปแบบเดียวกัน และความยาวเท่ากัน แต่แตกต่างกันที่รูปแบบการถักของโครงถัก จะถูกจับให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 1

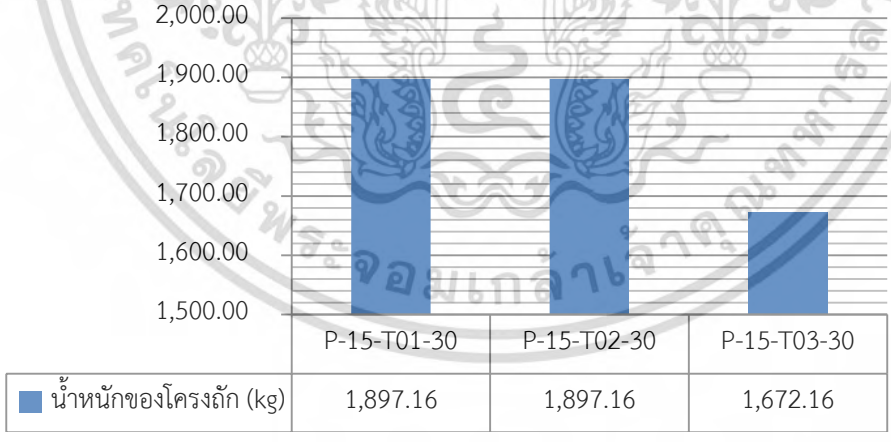
แผนภูมิที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 1



จากแผนภูมิที่ 4.1 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 1 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 2

แผนภูมิที่ 4.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 2

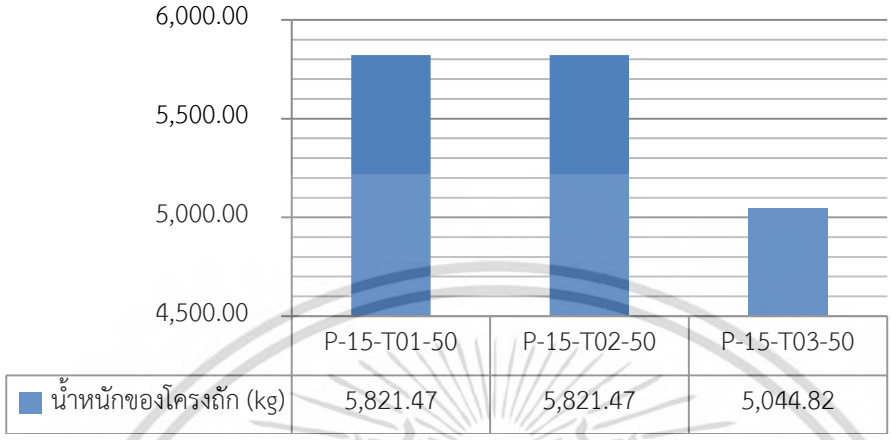


จากแผนภูมิที่ 4.2 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 2 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 3

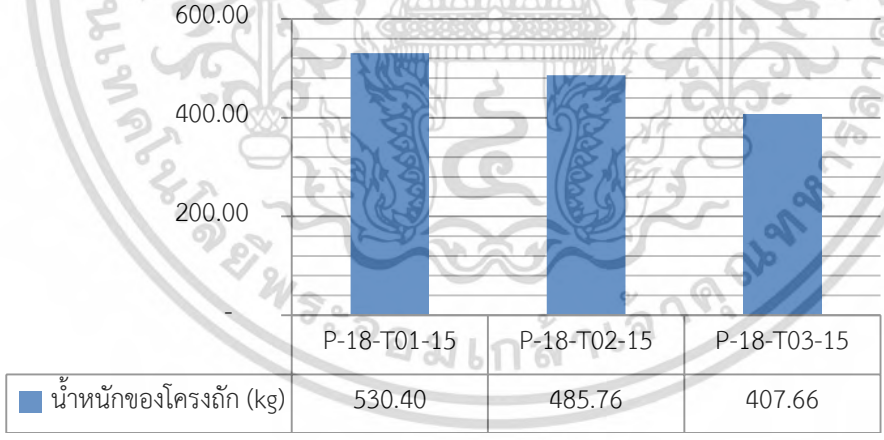
แผนภูมิที่ 4.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 3



จากแผนภูมิที่ 4.3 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 3 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 3

พิจารณา กลุ่มที่ 4

แผนภูมิที่ 4.4 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 4

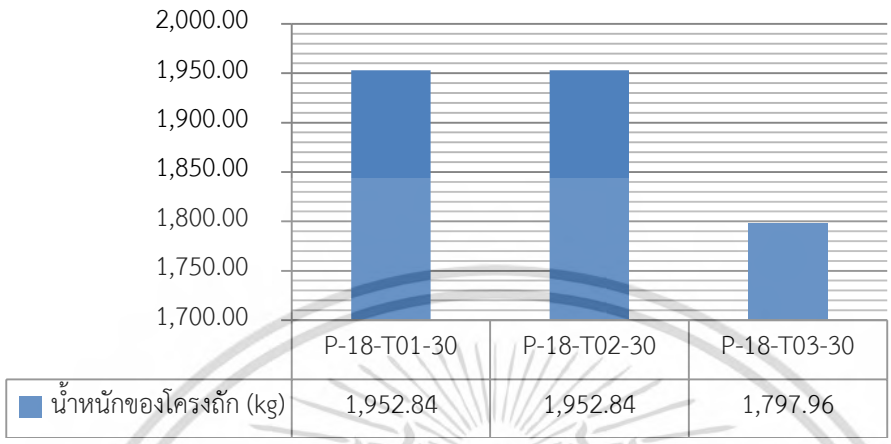


จากแผนภูมิที่ 4.4 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 4 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 5

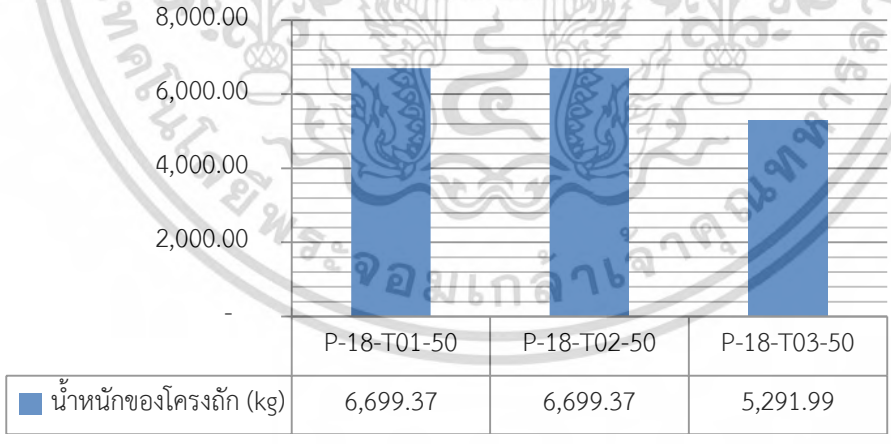
แผนภูมิที่ 4.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 5



จากแผนภูมิที่ 4.5 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 5 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 5

พิจารณา กลุ่มที่ 6

แผนภูมิที่ 4.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 6

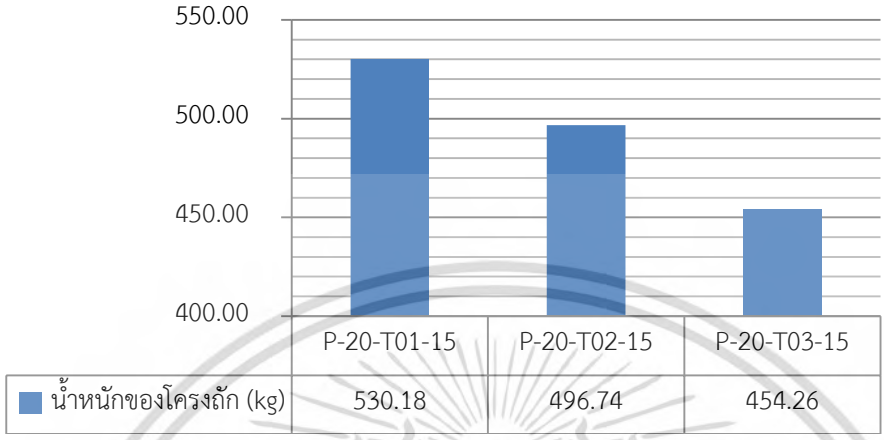


จากแผนภูมิที่ 4.6 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 6 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 7

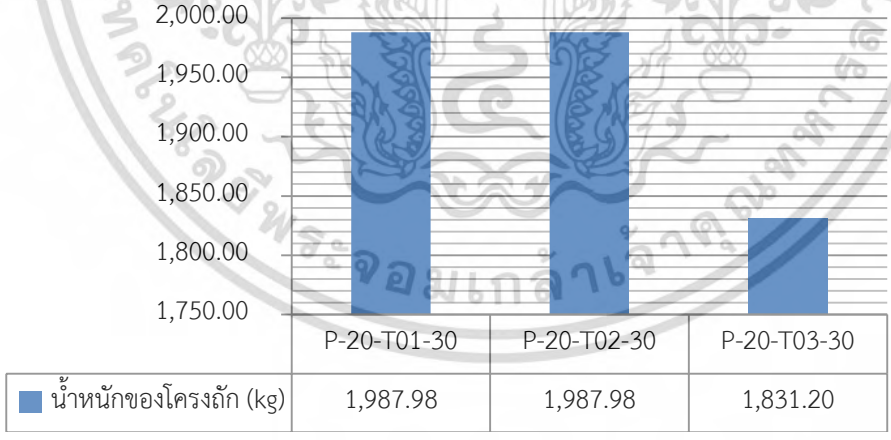
แผนภูมิที่ 4.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 7



จากแผนภูมิที่ 4.7 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 7 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 7

พิจารณา กลุ่มที่ 8

แผนภูมิที่ 4.8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 8

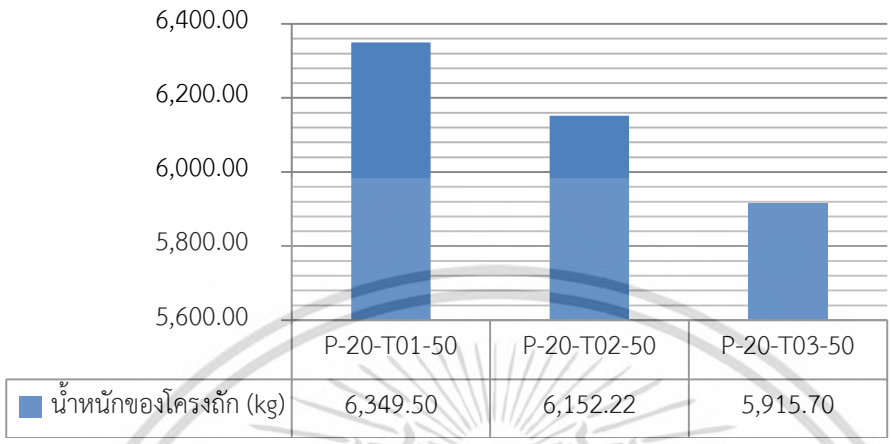


จากแผนภูมิที่ 4.8 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 8 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 9

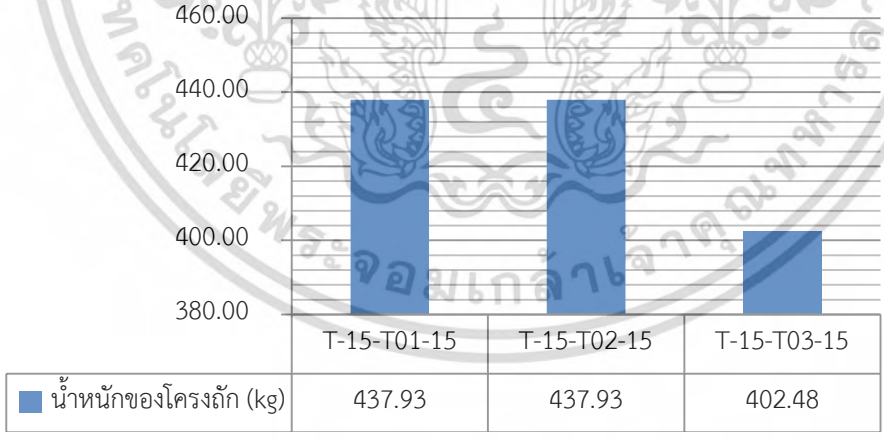
แผนภูมิที่ 4.9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 9



จากแผนภูมิที่ 4.9 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 9 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 9

พิจารณา กลุ่มที่ 10

แผนภูมิที่ 4.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 10

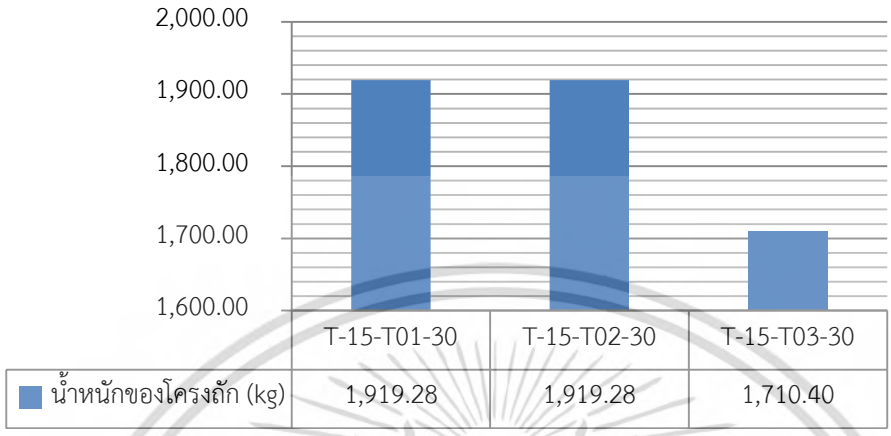


จากแผนภูมิที่ 4.10 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 10 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 11

แผนภูมิที่ 4.11 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 11

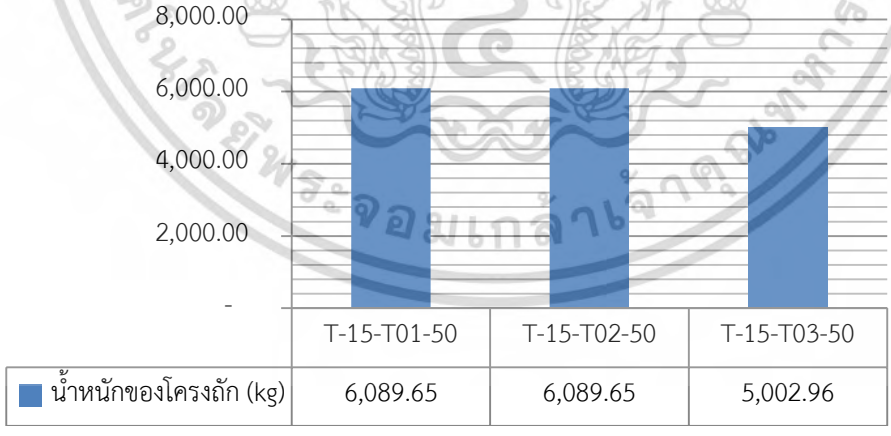


	T-15-T01-30	T-15-T02-30	T-15-T03-30
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	1,919.28	1,919.28	1,710.40

จากแผนภูมิที่ 4.11 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 11 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 11

พิจารณา กลุ่มที่ 12

แผนภูมิที่ 4.12 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 12



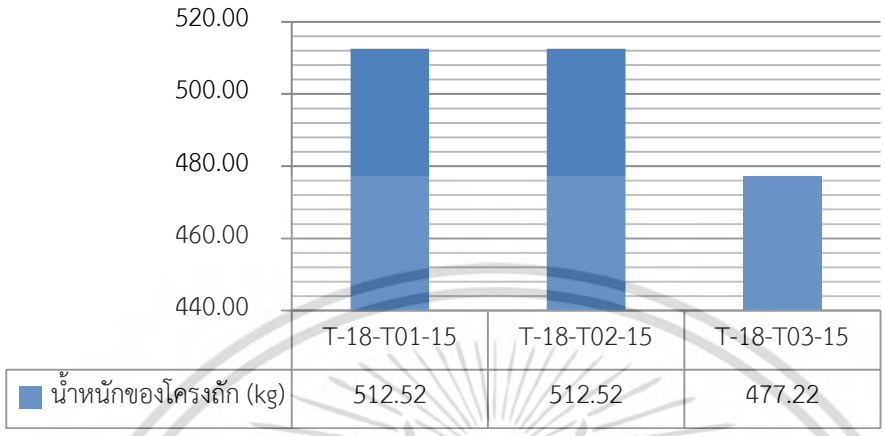
	T-15-T01-50	T-15-T02-50	T-15-T03-50
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	6,089.65	6,089.65	5,002.96

จากแผนภูมิที่ 4.12 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 12 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 13

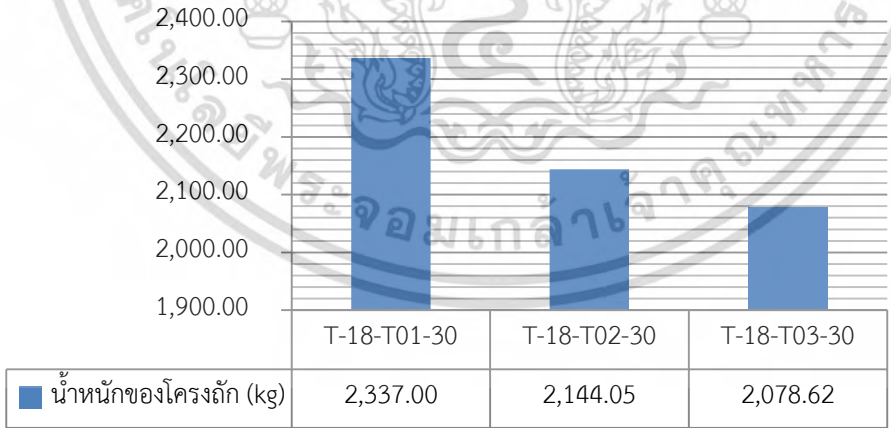
แผนภูมิที่ 4.13 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 13



จากแผนภูมิที่ 4.13 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-18-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 13 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 13

พิจารณา กลุ่มที่ 14

แผนภูมิที่ 4.14 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 14

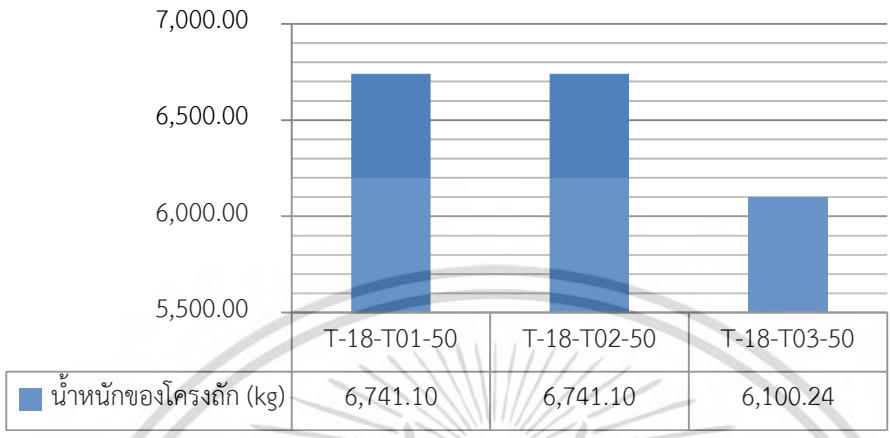


จากแผนภูมิที่ 4.14 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-18-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 14 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 15

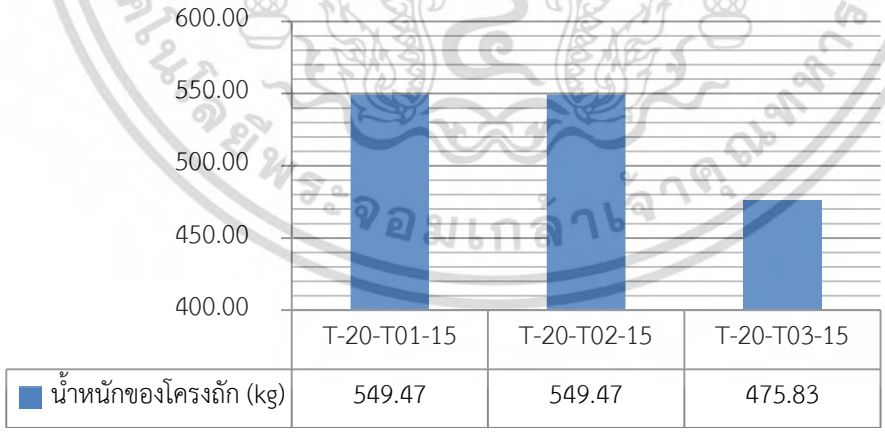
แผนภูมิที่ 4.15 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 15



จากแผนภูมิที่ 4.15 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-18-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 15 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 16

แผนภูมิที่ 4.16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 16

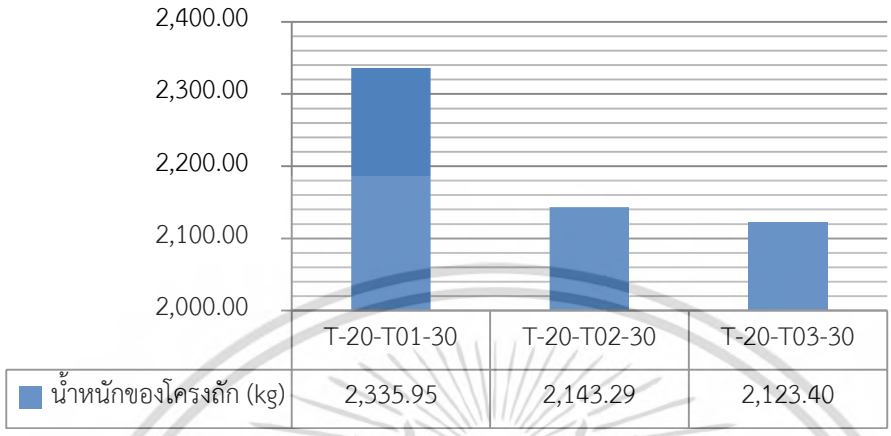


จากแผนภูมิที่ 4.16 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-20-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 16 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 17

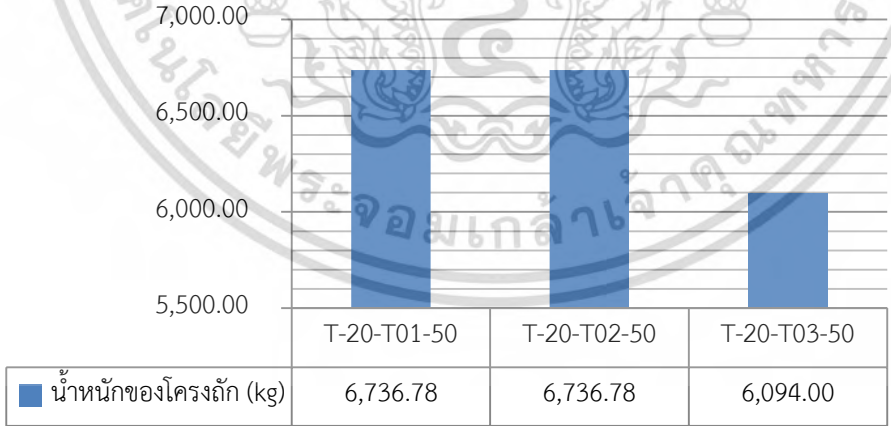
แผนภูมิที่ 4.17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 17



จากแผนภูมิที่ 4.17 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-20-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 17 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 17

พิจารณา กลุ่มที่ 18

แผนภูมิที่ 4.18 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 18

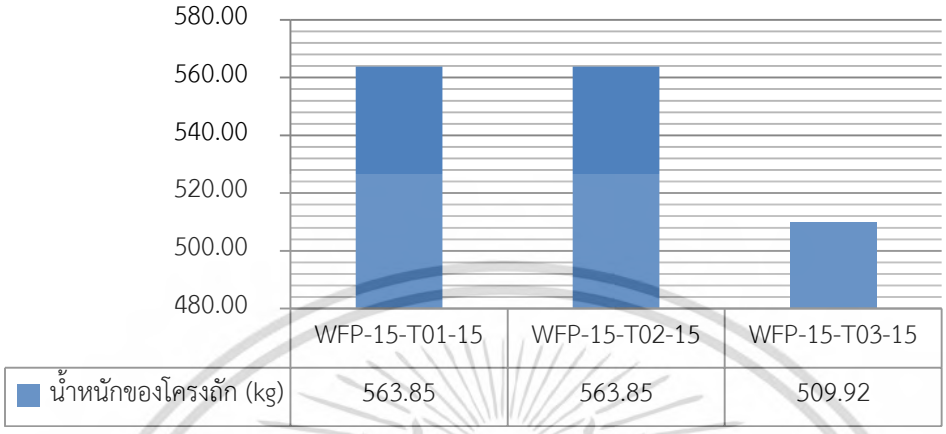


จากแผนภูมิที่ 4.18 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-20-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 18 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 19

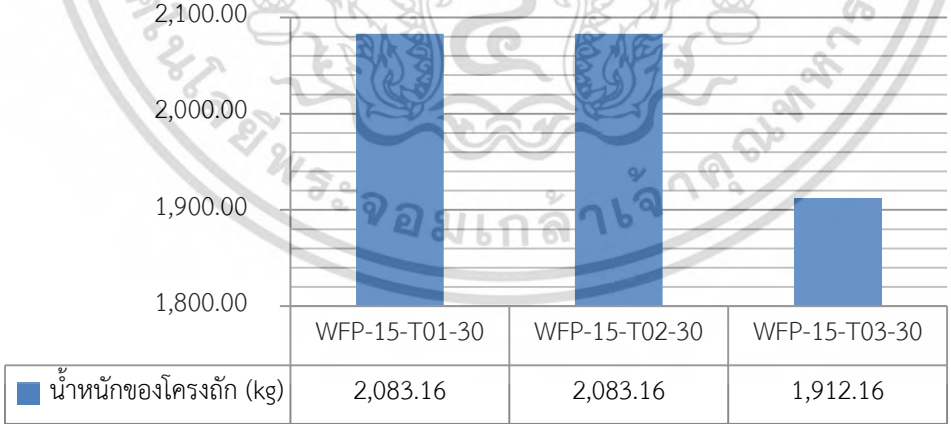
แผนภูมิที่ 4.19 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 19



จากแผนภูมิที่ 4.19 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 19 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 19

พิจารณา กลุ่มที่ 20

แผนภูมิที่ 4.20 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 20

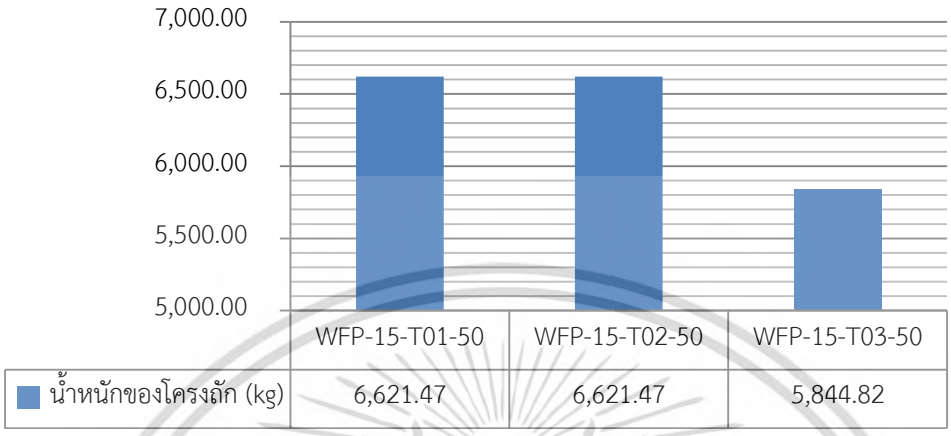


จากแผนภูมิที่ 4.20 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 20 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 21

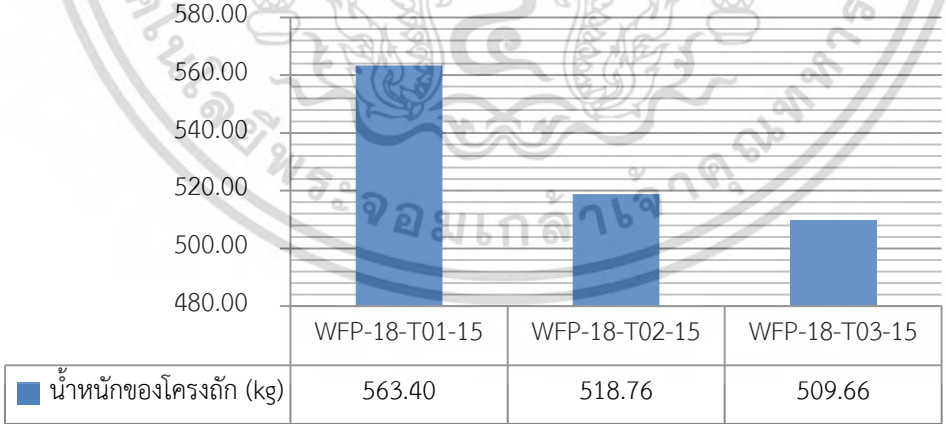
แผนภูมิที่ 4.21 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 21



จากแผนภูมิที่ 4.21 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 21 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 21

พิจารณา กลุ่มที่ 22

แผนภูมิที่ 4.22 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 22

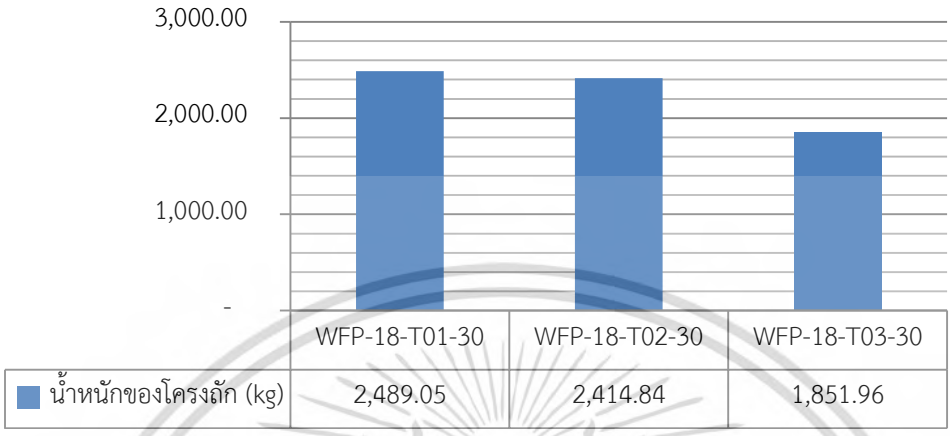


จากแผนภูมิที่ 4.22 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-18-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 22 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 23

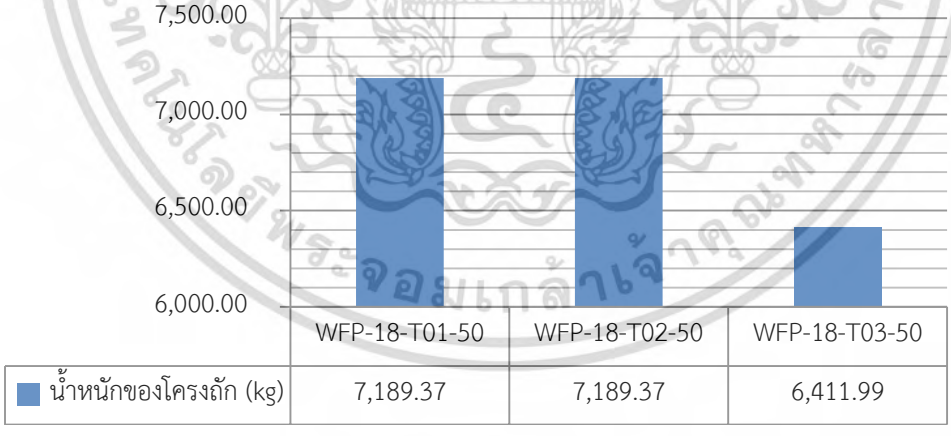
แผนภูมิที่ 4.23 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 23



จากแผนภูมิที่ 4.23 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-18-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 23 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 23

พิจารณา กลุ่มที่ 24

แผนภูมิที่ 4.24 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 24

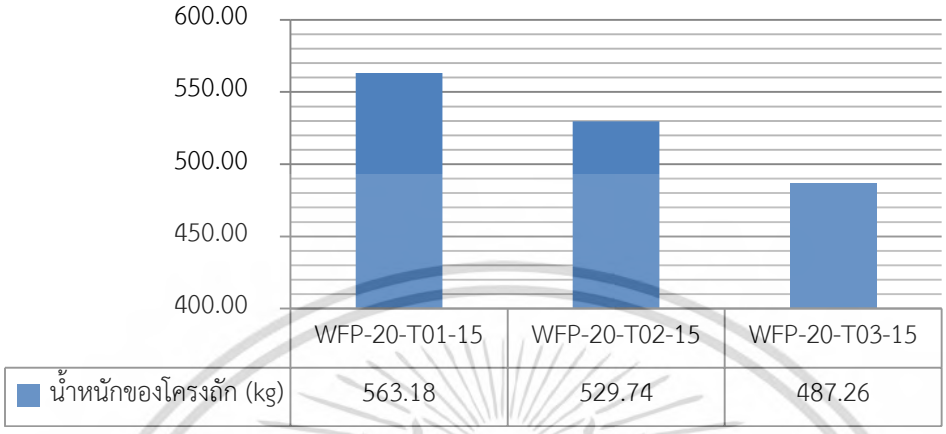


จากแผนภูมิที่ 4.24 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-18-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 24 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 25

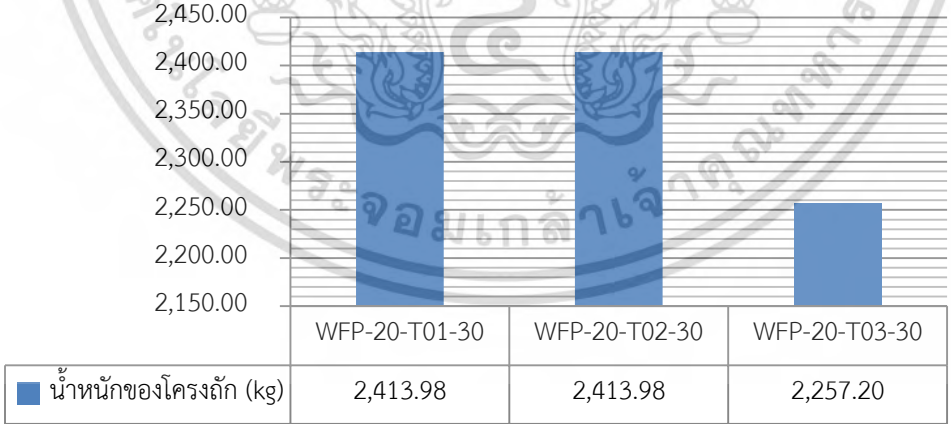
แผนภูมิที่ 4.25 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 25



จากแผนภูมิที่ 4.25 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-20-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 25 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 25

พิจารณา กลุ่มที่ 26

แผนภูมิที่ 4.26 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 26

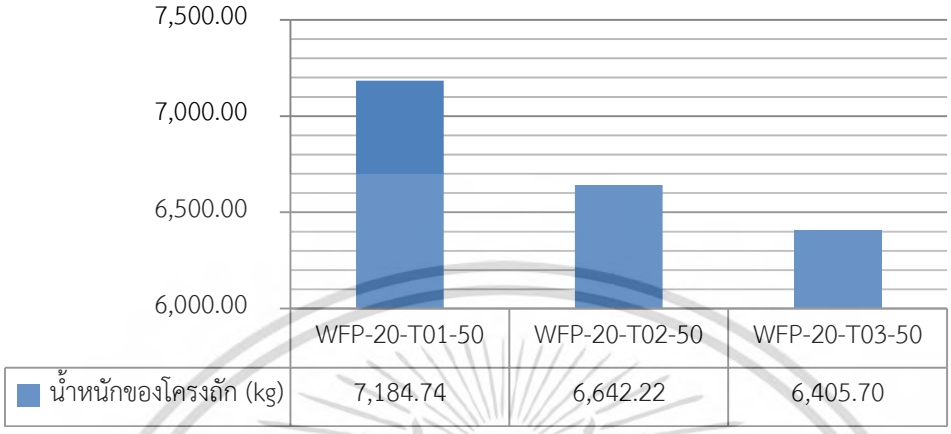


จากแผนภูมิที่ 4.26 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-20-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 26 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 27

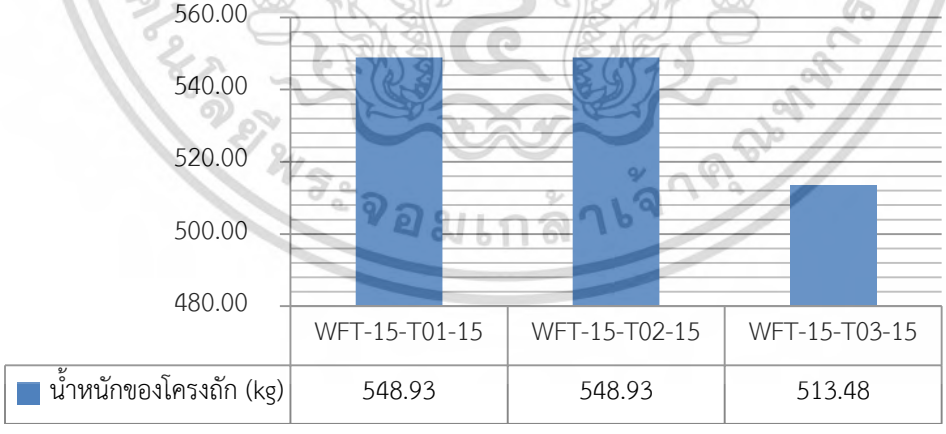
แผนภูมิที่ 4.27 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 27



จากแผนภูมิที่ 4.27 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-20-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 27 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 27

พิจารณา กลุ่มที่ 28

แผนภูมิที่ 4.28 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 28

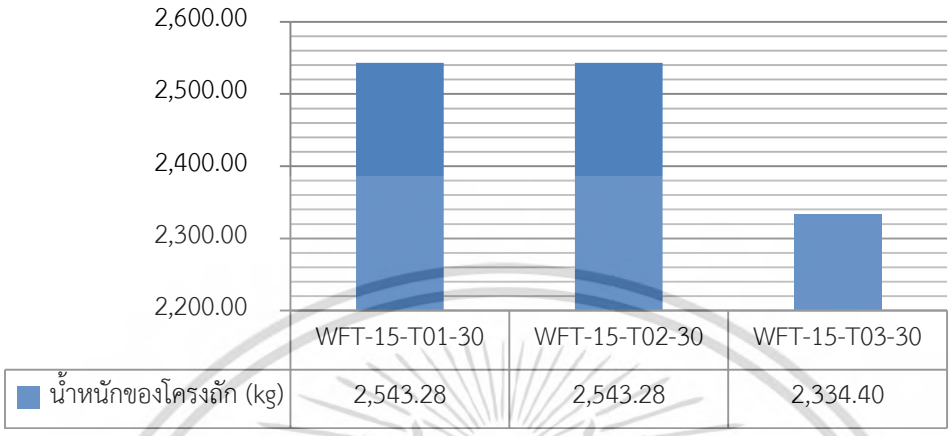


จากแผนภูมิที่ 4.28 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-15-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 28 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 29

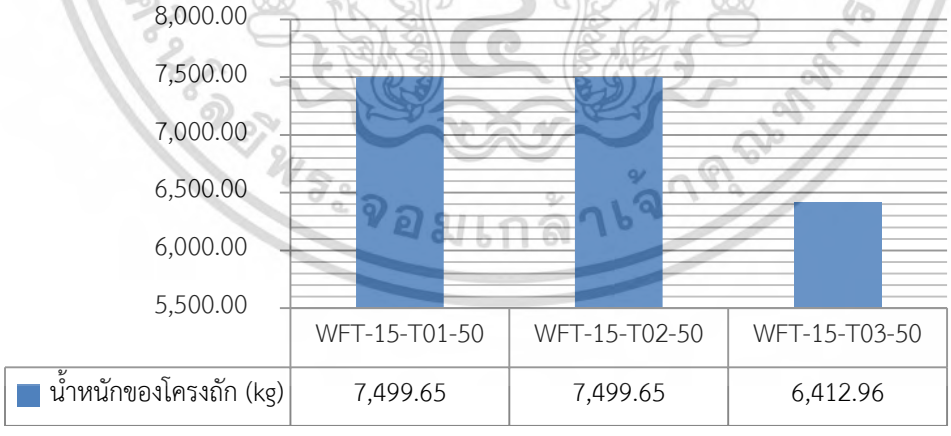
แผนภูมิที่ 4.29 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 29



จากแผนภูมิที่ 4.29 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 29 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 29

พิจารณา กลุ่มที่ 30

แผนภูมิที่ 4.30 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 30

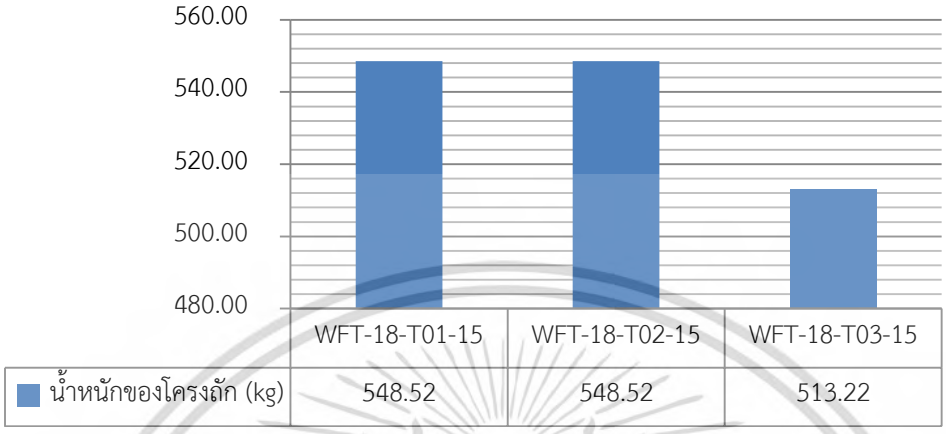


จากแผนภูมิที่ 4.30 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-15-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 30 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 31

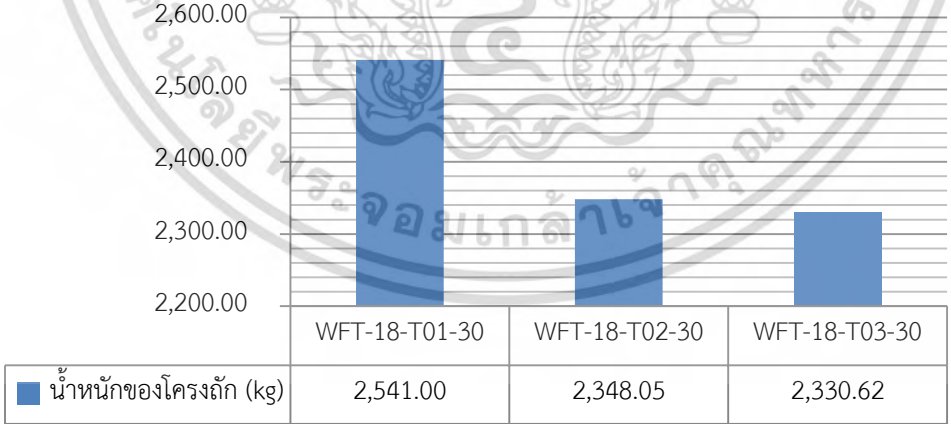
แผนภูมิที่ 4.31 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 31



จากแผนภูมิที่ 4.31 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-18-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 31 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 31

พิจารณา กลุ่มที่ 32

แผนภูมิที่ 4.32 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 32

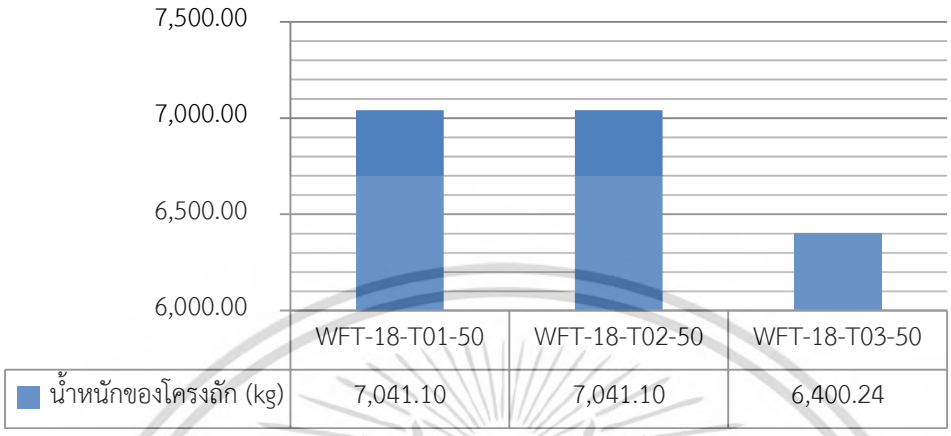


จากแผนภูมิที่ 4.32 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-18-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 32 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 33

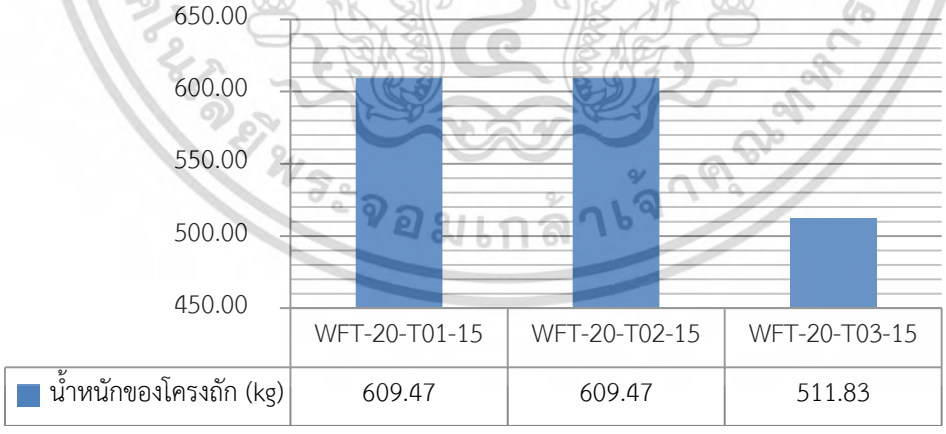
แผนภูมิที่ 4.33 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 33



จากแผนภูมิที่ 4.33 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-18-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 33 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 33

พิจารณา กลุ่มที่ 34

แผนภูมิที่ 4.34 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 34

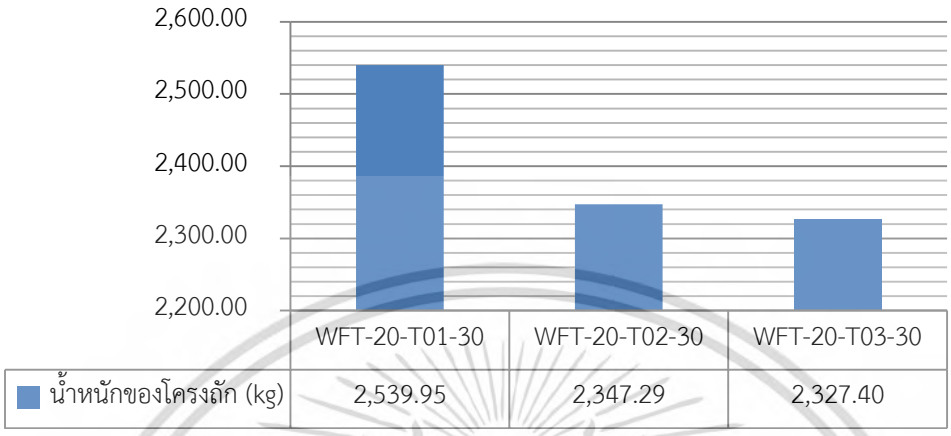


จากแผนภูมิที่ 4.34 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 34 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 35

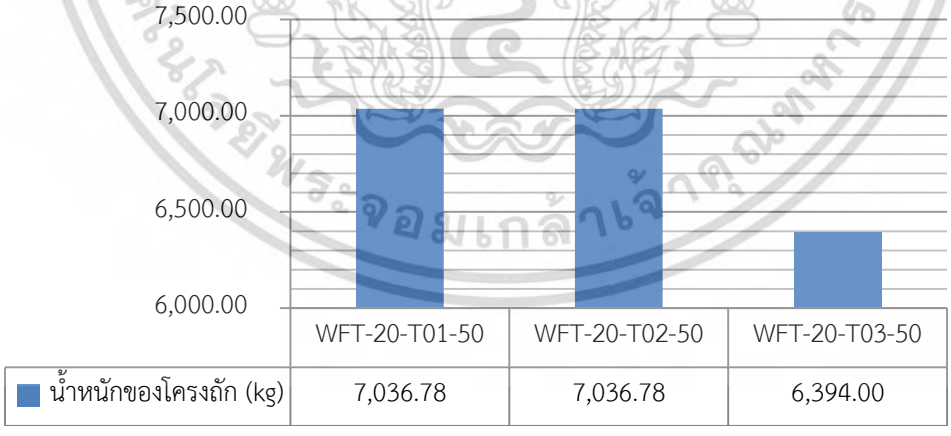
แผนภูมิที่ 4.35 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 35



จากแผนภูมิที่ 4.35 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 35 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 35

พิจารณา กลุ่มที่ 36

แผนภูมิที่ 4.36 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักของกลุ่มที่ 36



จากแผนภูมิที่ 4.36 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 36 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบการถักโครงถักรูปแบบที่ 3 ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักเหล็กตามรูปแบบการถักโครงถักทั้ง 36 กลุ่ม จะพบว่า จาก 36 กลุ่ม โครงถักที่ให้ปริมาณน้อยที่สุดของในแต่ละกลุ่ม มีลักษณะการถักโครงถักเป็นรูปแบบที่ 3 ทั้งสิ้น

4.2.2.อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก

ในการเปรียบเทียบอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก สามารถแบ่งกลุ่มเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบได้ทั้งหมด 36 กลุ่ม โดยสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
1	P-15-T01-15
	P-18-T01-15
	P-20-T01-15
2	P-15-T01-30
	P-18-T01-30
	P-20-T01-30
3	P-15-T01-50
	P-18-T01-50
	P-20-T01-50
4	P-15-T02-15
	P-18-T02-15
	P-20-T02-15
5	P-15-T02-30
	P-18-T02-30
	P-20-T02-30
6	P-15-T02-50
	P-18-T02-50
	P-20-T02-50

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
13	T-15-T02-15
	T-18-T02-15
	T-20-T02-15
14	T-15-T02-30
	T-18-T02-30
	T-20-T02-30
15	T-15-T02-50
	T-18-T02-50
	T-20-T02-50
16	T-15-T03-15
	T-18-T03-15
	T-20-T03-15
17	T-15-T03-30
	T-18-T03-30
	T-20-T03-30
18	T-15-T03-50
	T-18-T03-50
	T-20-T03-50

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
25	WFP-15-T03-15
	WFP-18-T03-15
	WFP-20-T03-15
26	WFP-15-T03-30
	WFP-18-T03-30
	WFP-20-T03-30
27	WFP-15-T03-50
	WFP-18-T03-50
	WFP-20-T03-50
28	WFT-15-T01-15
	WFT-18-T01-15
	WFT-20-T01-15
29	WFT-15-T01-30
	WFT-18-T01-30
	WFT-20-T01-30
30	WFT-15-T01-50
	WFT-18-T01-50
	WFT-20-T01-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก(ต่อ)

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
7	P-15-T03-15
	P-18-T03-15
	P-20-T03-15
8	P-15-T03-30
	P-18-T03-30
	P-20-T03-30
9	P-15-T03-50
	P-18-T03-50
	P-20-T03-50
10	T-15-T01-15
	T-18-T01-15
	T-20-T01-15
11	T-15-T01-30
	T-18-T01-30
	T-20-T01-30
12	T-15-T01-50
	T-18-T01-50
	T-20-T01-50

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
19	WFP-15-T01-15
	WFP-18-T01-15
	WFP-20-T01-15
20	WFP-15-T01-30
	WFP-18-T01-30
	WFP-20-T01-30
21	WFP-15-T01-50
	WFP-18-T01-50
	WFP-20-T01-50
19	WFP-15-T02-15
	WFP-18-T02-15
	WFP-20-T02-15
20	WFP-15-T02-30
	WFP-18-T02-30
	WFP-20-T02-30
21	WFP-15-T02-50
	WFP-18-T02-50
	WFP-20-T02-50

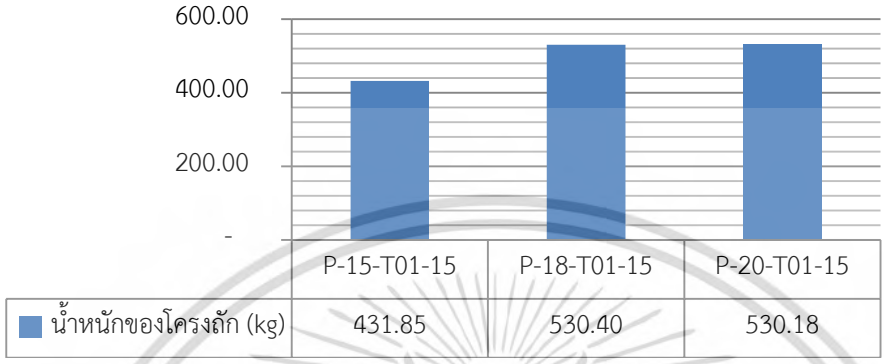
กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
31	WFT-15-T02-15
	WFT-18-T02-15
	WFT-20-T02-15
32	WFT-15-T02-30
	WFT-18-T02-30
	WFT-20-T02-30
33	WFT-15-T02-50
	WFT-18-T02-50
	WFT-20-T02-50
34	WFT-15-T03-15
	WFT-18-T03-15
	WFT-20-T03-15
35	WFT-15-T03-30
	WFT-18-T03-30
	WFT-20-T03-30
36	WFT-15-T03-50
	WFT-18-T03-50
	WFT-20-T03-50

จากโครงถักทั้งหมดสามารถนำมาแบ่งกลุ่ม เพื่อทำการเปรียบเทียบหาอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักที่ให้ความประหยัด ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มได้ทั้งหมด 36 กลุ่ม ซึ่งการแบ่งกลุ่มสำหรับการเปรียบเทียบจะแบ่งตามกลุ่มลักษณะของโครงถัก โดยโครงถักที่มีรูปแบบการถักเหมือนกัน รูปแบบเหล็กรูปพรรณเป็นรูปแบบเดียวกัน และความยาวเท่ากัน แต่แตกต่างกันที่อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก จะถูกจับให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 1

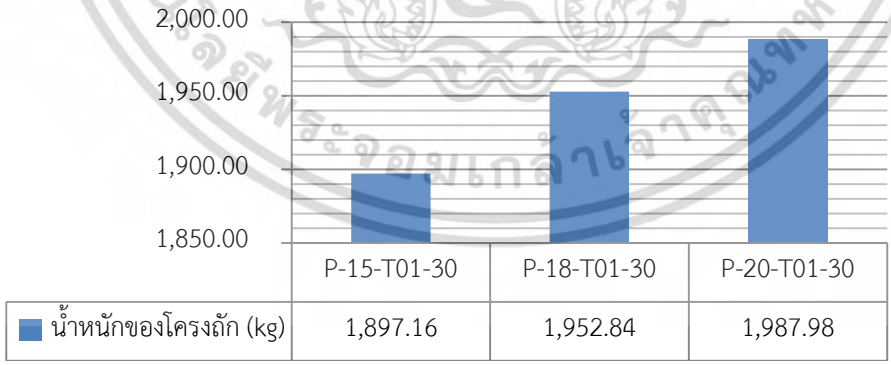
แผนภูมิที่ 4.37 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 1



จากแผนภูมิที่ 4.37 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 1 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 1 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 2

แผนภูมิที่ 4.38 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 2

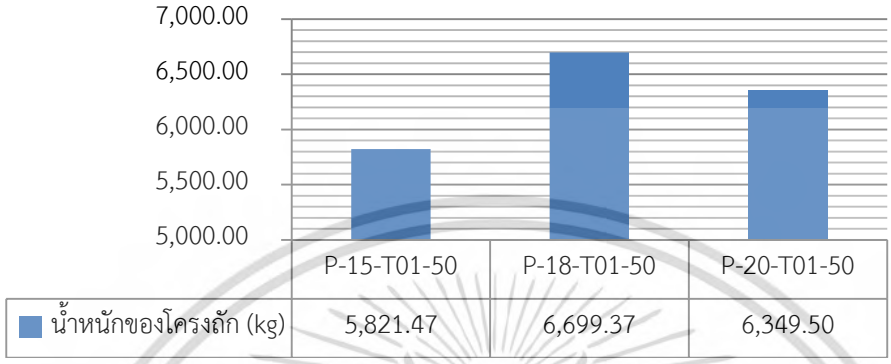


จากแผนภูมิที่ 4.38 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T01-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 2 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 2 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 3

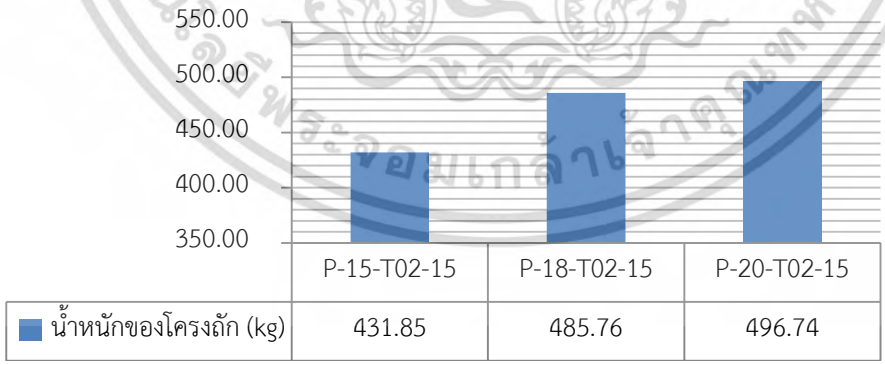
แผนภูมิที่ 4.39 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 3



จากแผนภูมิที่ 4.39 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T01-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 3 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 4

แผนภูมิที่ 4.40 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 4

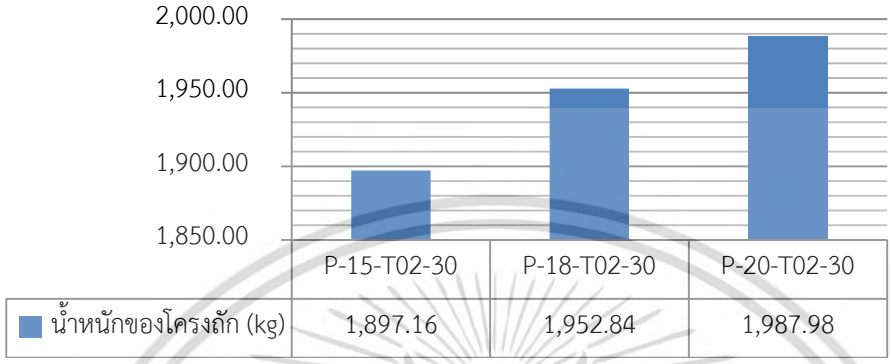


จากแผนภูมิที่ 4.40 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T02-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 4 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 4 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 5

แผนภูมิที่ 4.41 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 5

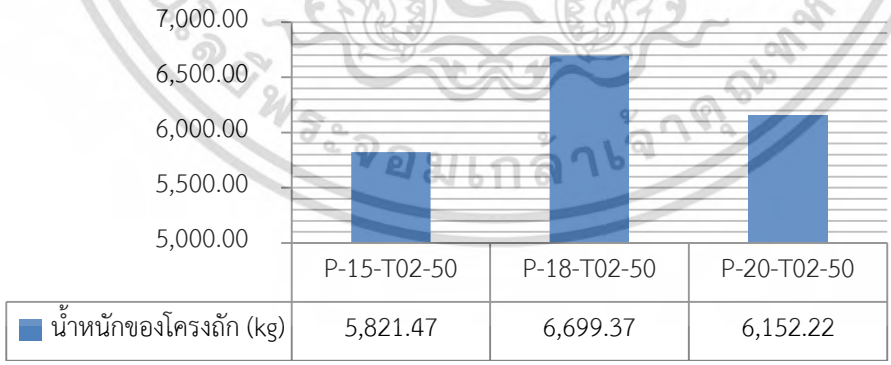


	P-15-T02-30	P-18-T02-30	P-20-T02-30
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	1,897.16	1,952.84	1,987.98

จากแผนภูมิที่ 4.41 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T02-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 5 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 5 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 6

แผนภูมิที่ 4.42 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 6



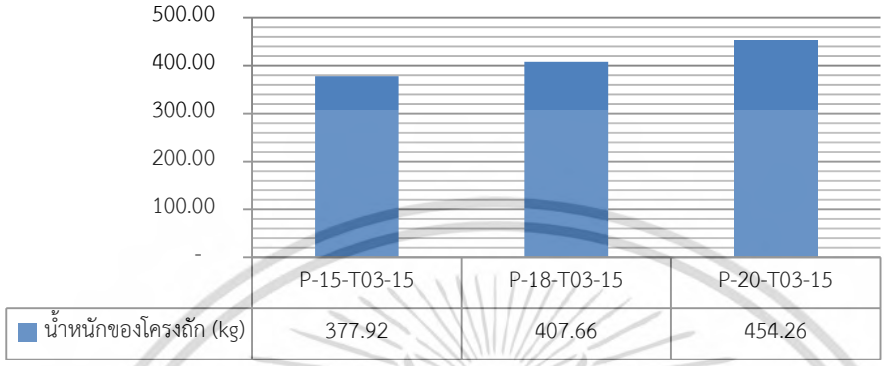
	P-15-T02-50	P-18-T02-50	P-20-T02-50
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	5,821.47	6,699.37	6,152.22

จากแผนภูมิที่ 4.42 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T02-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 6 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 6 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 7

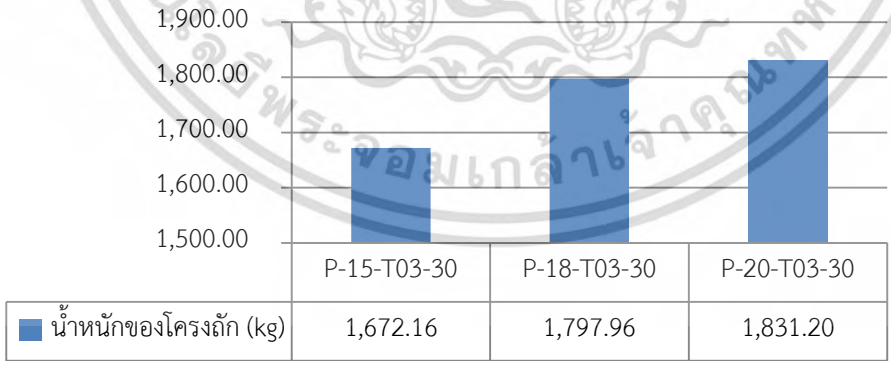
แผนภูมิที่ 4.43 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 7



จากแผนภูมิที่ 4.43 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 7 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 7 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 8

แผนภูมิที่ 4.44 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 8

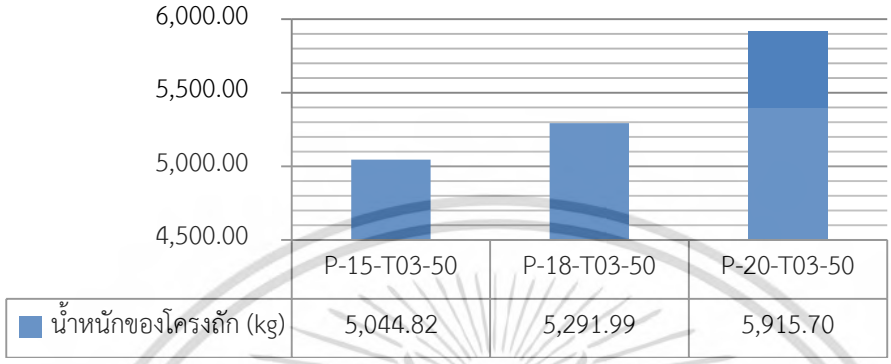


จากแผนภูมิที่ 4.44 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 8 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 8 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 9

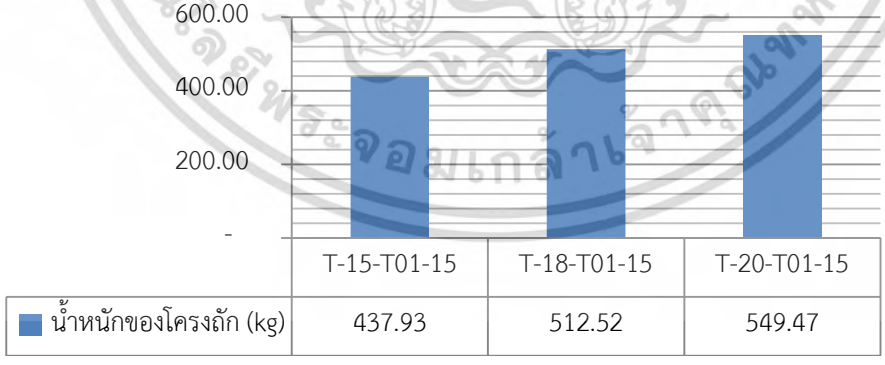
แผนภูมิที่ 4.45 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 9



จากแผนภูมิที่ 4.45 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 9 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 9 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 10

แผนภูมิที่ 4.46 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 10

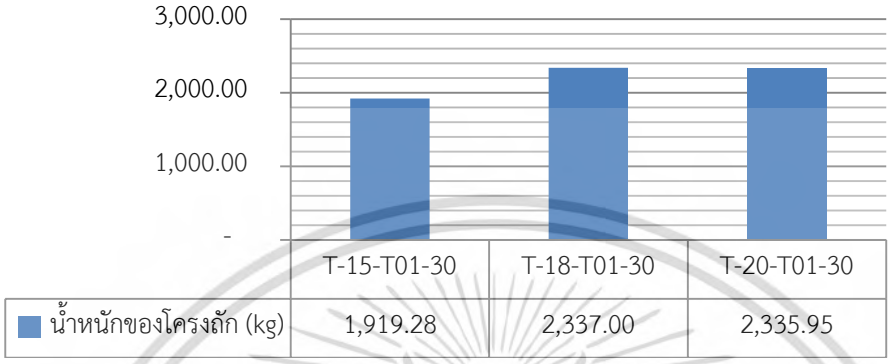


จากแผนภูมิที่ 4.46 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 10 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 10 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 11

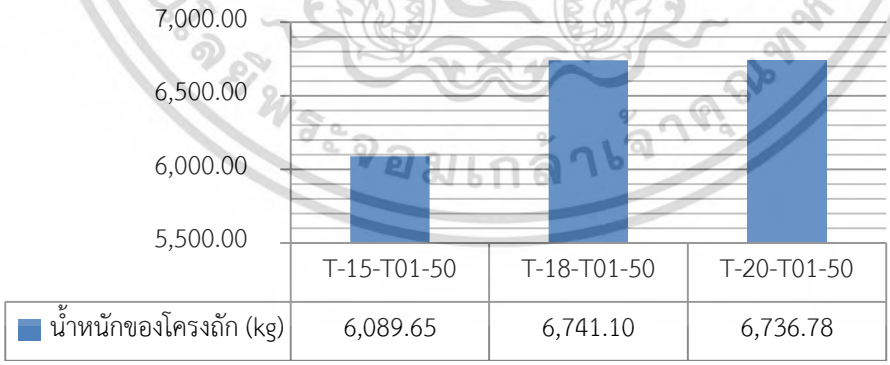
แผนภูมิที่ 4.47 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 11



จากแผนภูมิที่ 4.47 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T01-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 11 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 11 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 12

แผนภูมิที่ 4.48 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 12

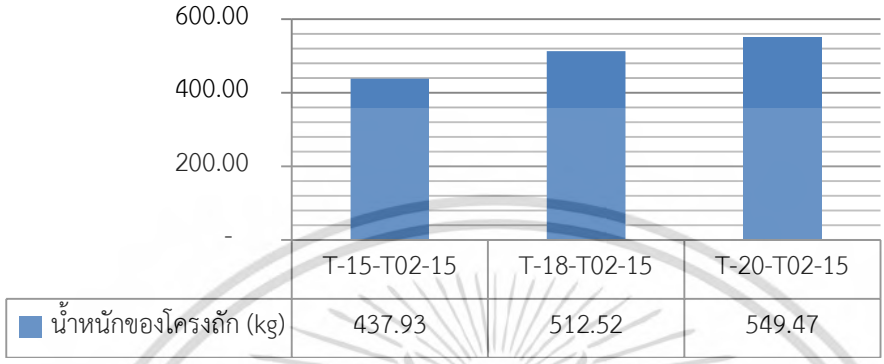


จากแผนภูมิที่ 4.48 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T01-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 12 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 12 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 13

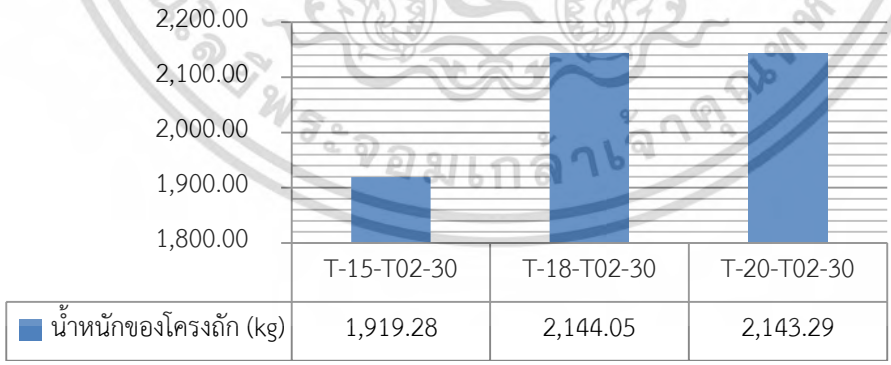
แผนภูมิที่ 4.49 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 13



จากแผนภูมิที่ 4.49 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T02-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 13 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 13 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 14

แผนภูมิที่ 4.50 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 14

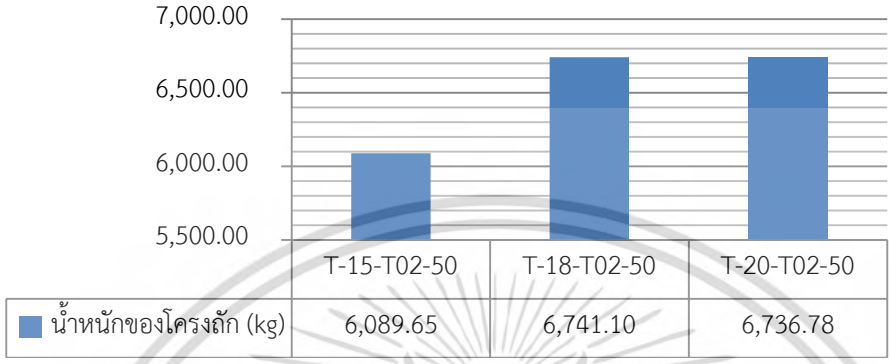


จากแผนภูมิที่ 4.50 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T02-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 14 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 14 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 15

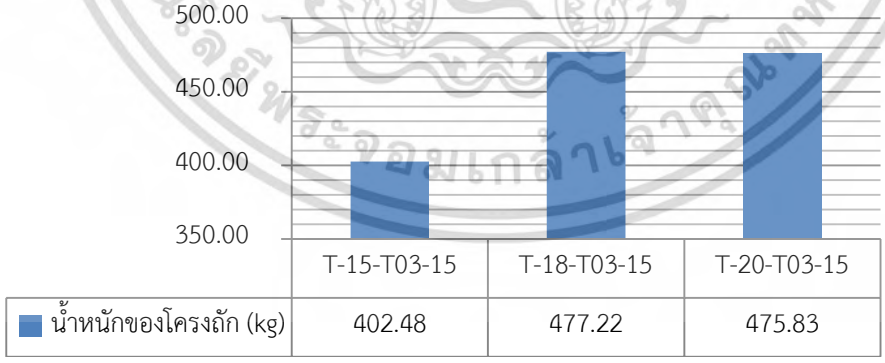
แผนภูมิที่ 4.51 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 15



จากแผนภูมิที่ 4.51 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T02-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 15 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 15 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 16

แผนภูมิที่ 4.52 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 16

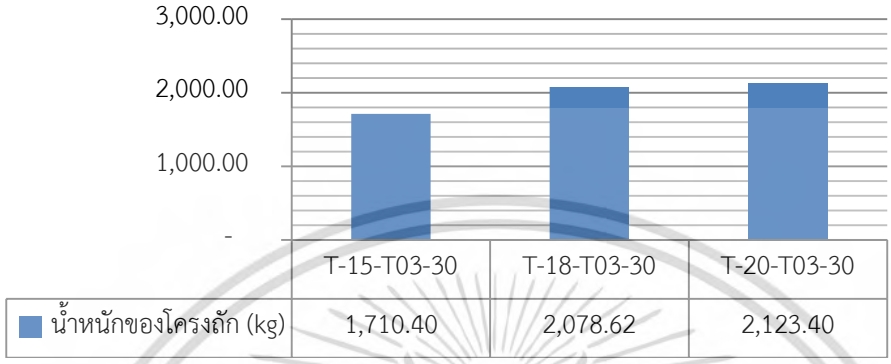


จากแผนภูมิที่ 4.52 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 16 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 16 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 17

แผนภูมิที่ 4.53 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 17

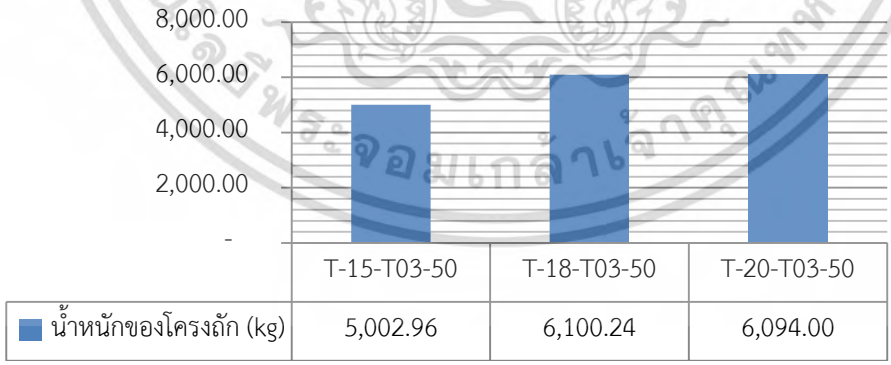


	T-15-T03-30	T-18-T03-30	T-20-T03-30
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	1,710.40	2,078.62	2,123.40

จากแผนภูมิที่ 4.53 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 17 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 17 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 18

แผนภูมิที่ 4.54 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 18



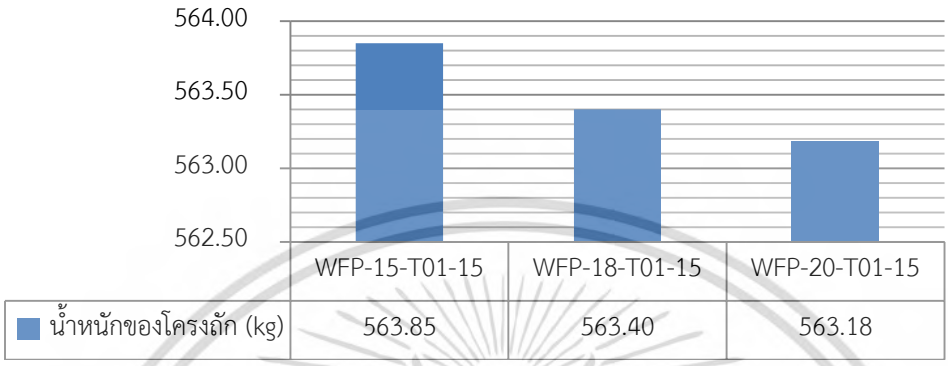
	T-15-T03-50	T-18-T03-50	T-20-T03-50
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	5,002.96	6,100.24	6,094.00

จากแผนภูมิที่ 4.54 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 18 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 18 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 19

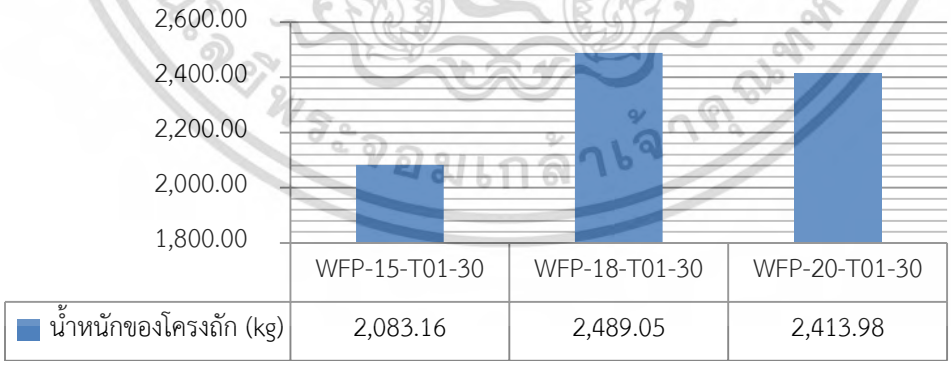
แผนภูมิที่ 4.55 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 19



จากแผนภูมิที่ 4.55 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-20-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 19 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 19 มีค่าเท่ากับ 20

พิจารณา กลุ่มที่ 20

แผนภูมิที่ 4.56 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 20

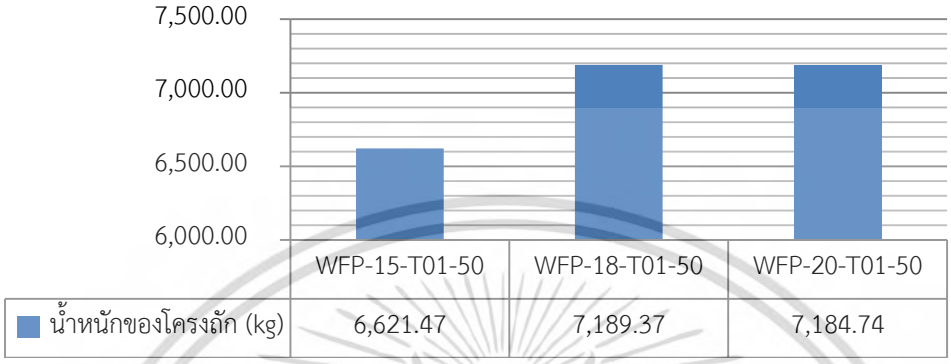


จากแผนภูมิที่ 4.56 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T01-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 20 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 20 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 21

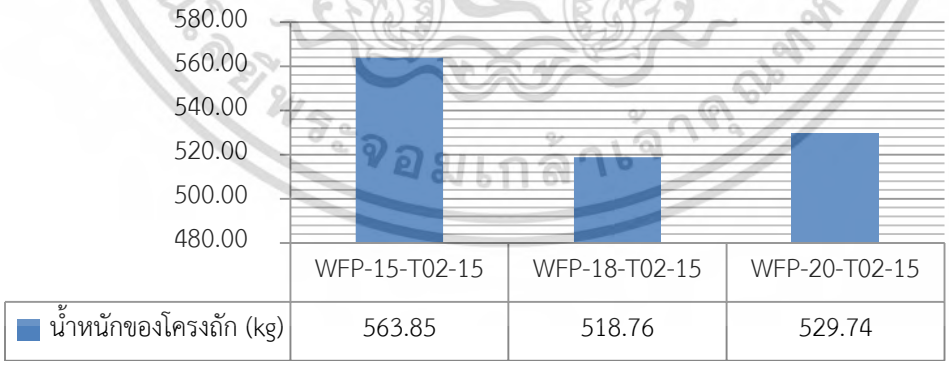
แผนภูมิที่ 4.57 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 21



จากแผนภูมิที่ 4.57 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T01-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 21 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 21 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 22

แผนภูมิที่ 4.58 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 22

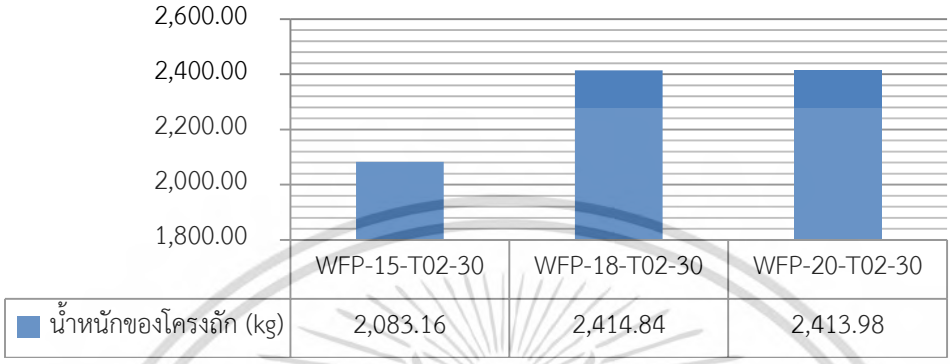


จากแผนภูมิที่ 4.58 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-18-T02-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 22 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 22 มีค่าเท่ากับ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 23

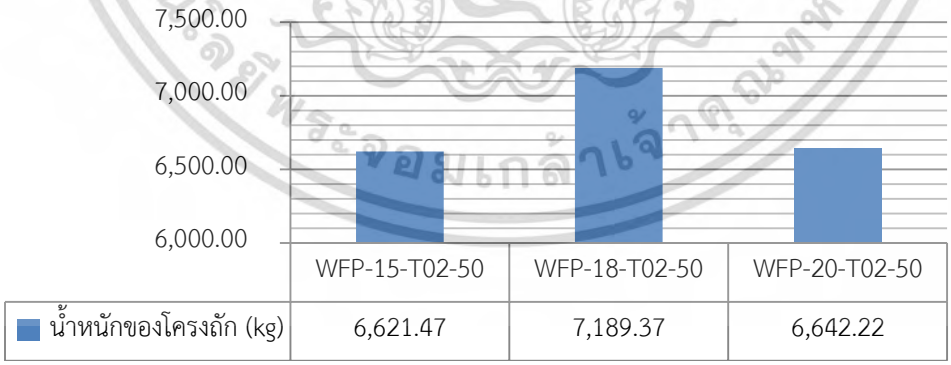
แผนภูมิที่ 4.59 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 23



จากแผนภูมิที่ 4.59 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T02-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 23 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 23 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 24

แผนภูมิที่ 4.60 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 24

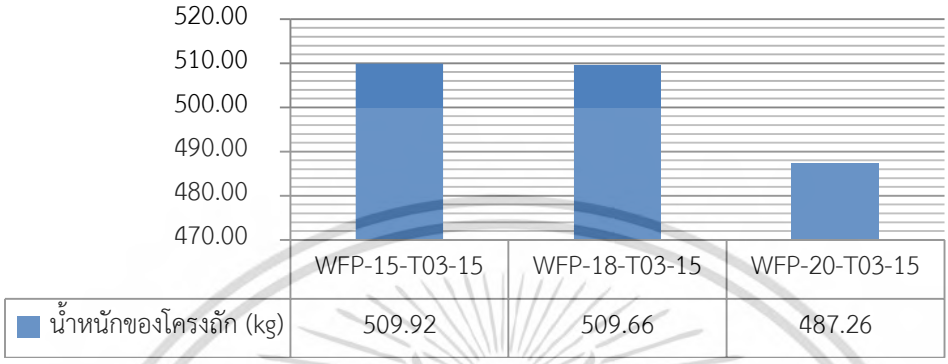


จากแผนภูมิที่ 4.60 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T02-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 24 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 24 มีค่าเท่ากับ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 25

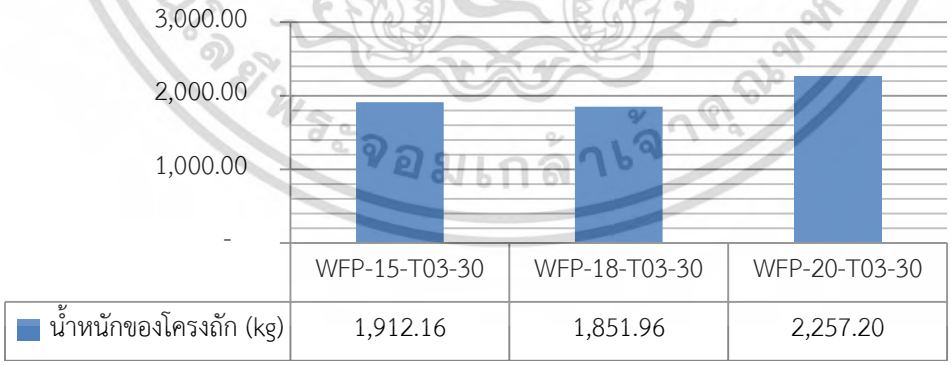
แผนภูมิที่ 4.61 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 25



จากแผนภูมิที่ 4.61 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-20-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 25 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 25 มีค่าเท่ากับ 20

พิจารณา กลุ่มที่ 26

แผนภูมิที่ 4.62 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 26

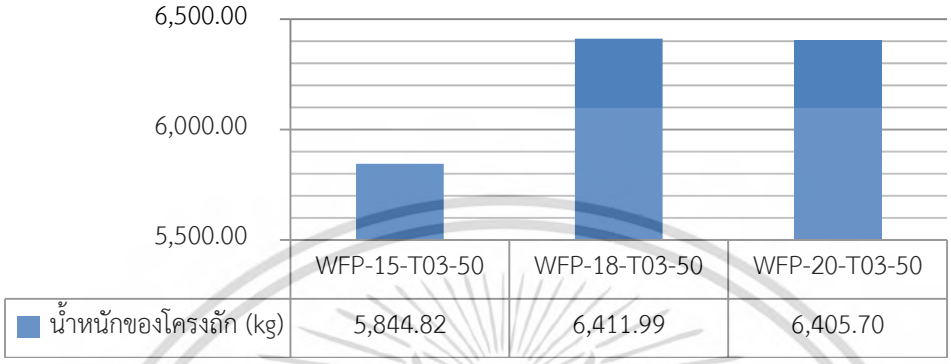


จากแผนภูมิที่ 4.62 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-18-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 26 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 26 มีค่าเท่ากับ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 27

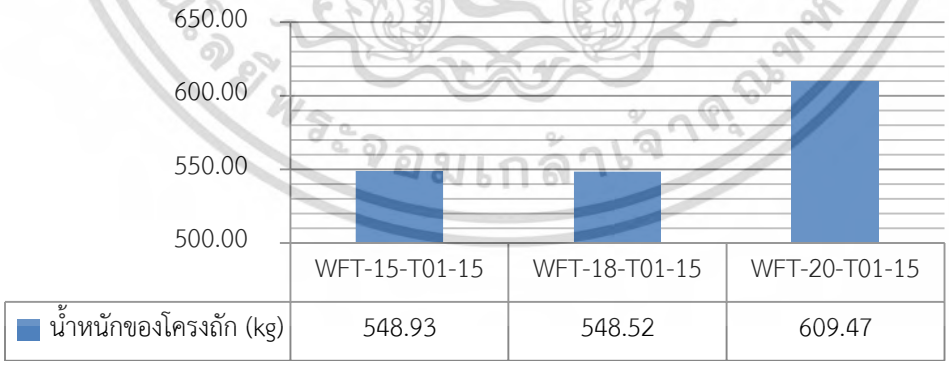
แผนภูมิที่ 4.63 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 27



จากแผนภูมิที่ 4.63 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFP-15-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 27 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 27 มีค่าเท่ากับ 15

พิจารณา กลุ่มที่ 28

แผนภูมิที่ 4.64 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 28

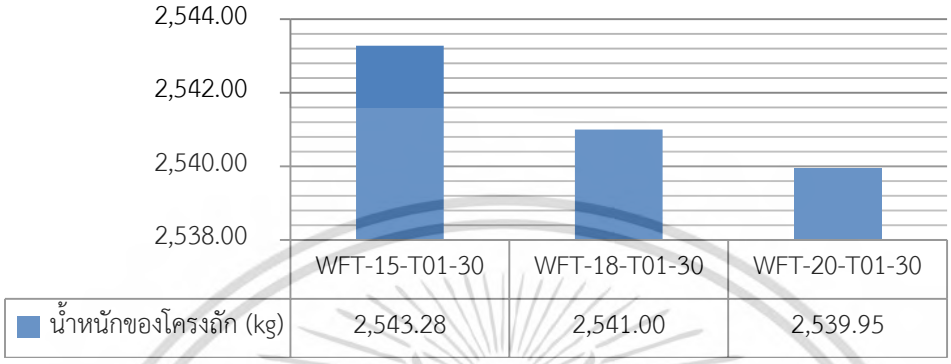


จากแผนภูมิที่ 4.64 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-18-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 28 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 28 มีค่าเท่ากับ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 29

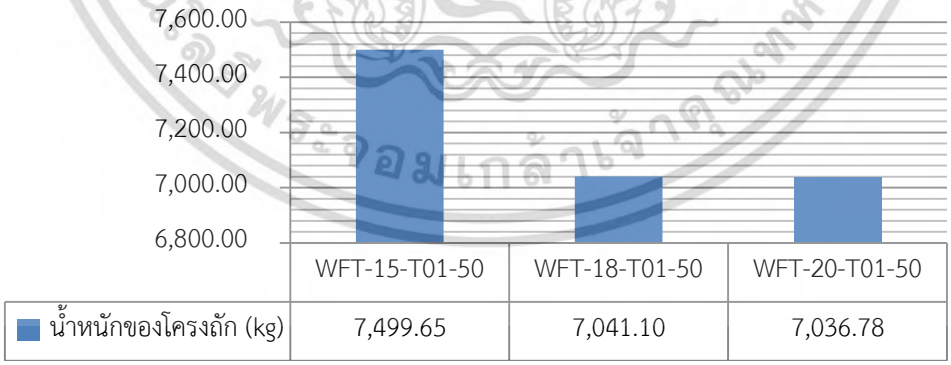
แผนภูมิที่ 4.65 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 29



จากแผนภูมิที่ 4.65 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T01-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 29 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 29 มีค่าเท่ากับ 20

พิจารณา กลุ่มที่ 30

แผนภูมิที่ 4.66 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 30

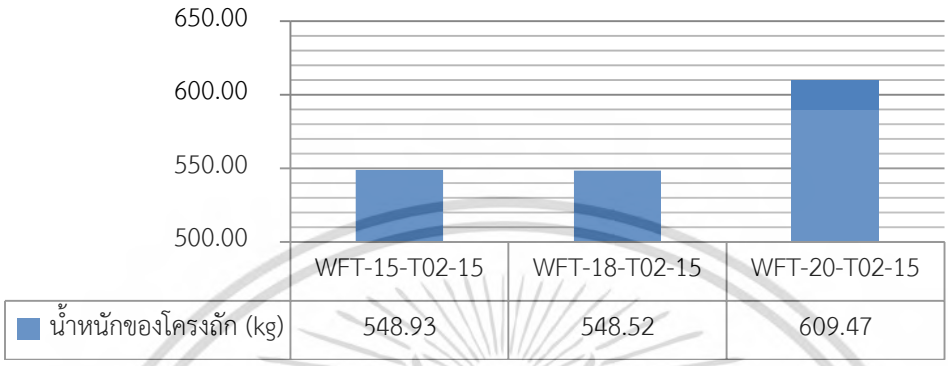


จากแผนภูมิที่ 4.66 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T01-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 30 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 30 มีค่าเท่ากับ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 31

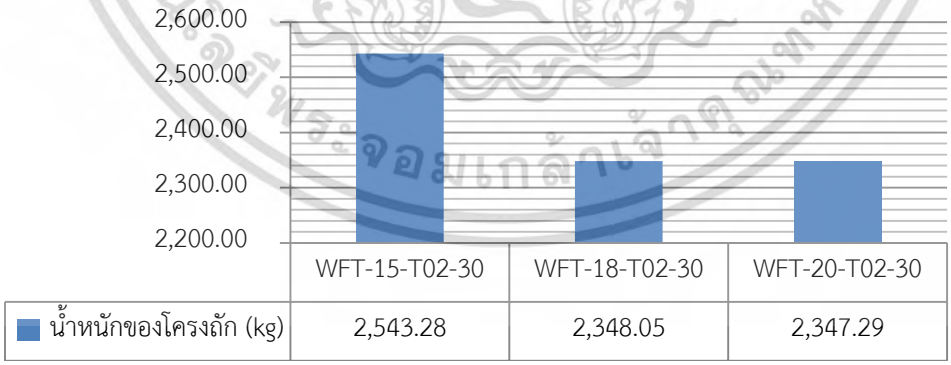
แผนภูมิที่ 4.67 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 31



จากแผนภูมิที่ 4.67 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-18-T02-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 31 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 31 มีค่าเท่ากับ 18

พิจารณา กลุ่มที่ 32

แผนภูมิที่ 4.68 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 32

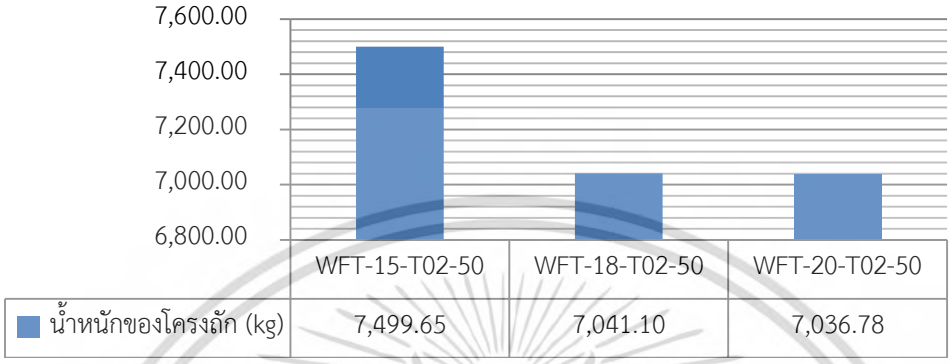


จากแผนภูมิที่ 4.68 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T02-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 32 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 32 มีค่าเท่ากับ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 33

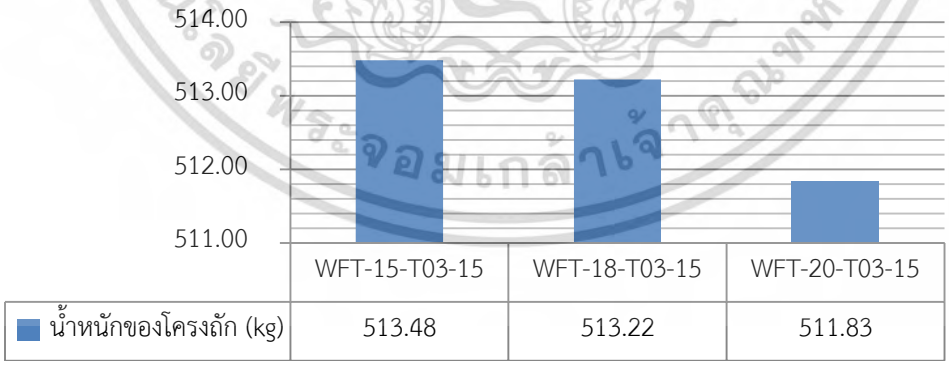
แผนภูมิที่ 4.69 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 33



จากแผนภูมิที่ 4.69 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T02-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 33 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 33 มีค่าเท่ากับ 20

พิจารณา กลุ่มที่ 34

แผนภูมิที่ 4.70 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 34

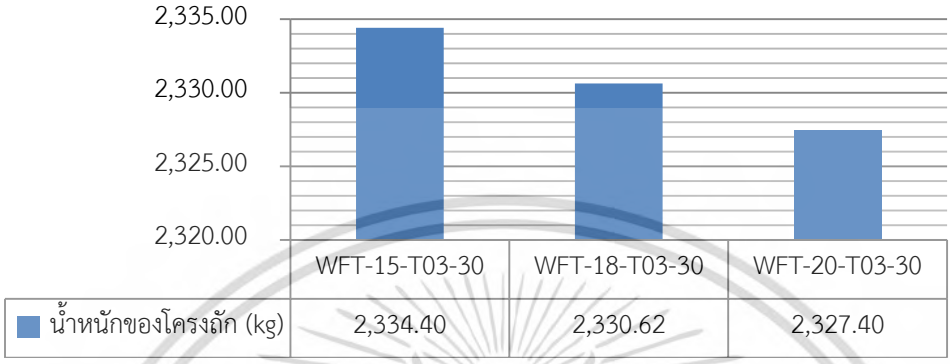


จากแผนภูมิที่ 4.70 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 34 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 34 มีค่าเท่ากับ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 35

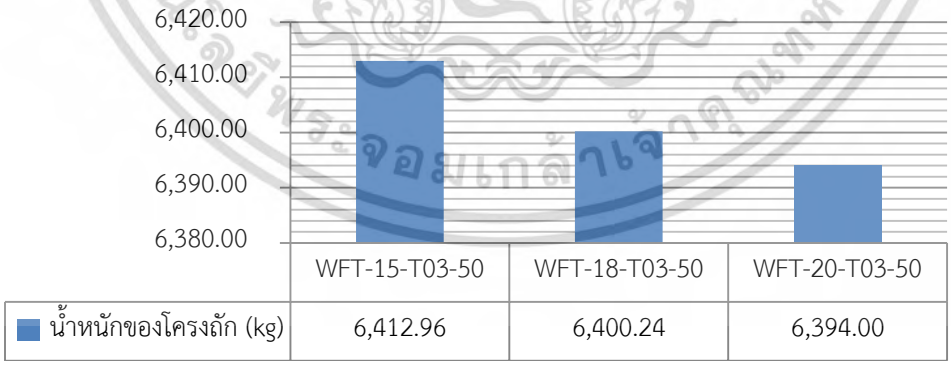
แผนภูมิที่ 4.71 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 35



จากแผนภูมิที่ 4.71 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 35 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 35 มีค่าเท่ากับ 20

พิจารณา กลุ่มที่ 36

แผนภูมิที่ 4.72 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กตามอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักของกลุ่มที่ 36



จากแผนภูมิที่ 4.72 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก WFT-20-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 36 ซึ่งหมายความว่าอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ที่ทำให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 36 มีค่าเท่ากับ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักเหล็กที่ของอัตราความชะลูด ทั้ง 36 กลุ่ม จะพบว่า จาก 36 กลุ่ม จำนวนโครงถักที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากับ 15 แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 23 กลุ่ม จำนวนโครงถักที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากับ 18 แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 5 กลุ่ม และจำนวนโครงถักที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากับ 20 แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 8 กลุ่ม

4.2.3.รูปแบบเหล็กรูปพรรณ

ในการเปรียบเทียบรูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้ของโครงถัก (เหล็กรูปพรรณที่ใช้มีทั้งหมด 4 รูปแบบ) สามารถแบ่งกลุ่ม เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบได้ทั้งหมด 27 กลุ่ม โดยสามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบรูปแบบเหล็กรูปพรรณของโครงถัก

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
1	P-15-T01-15 T-15-T01-15 WFP-15-T01-15 WFT-15-T01-15
2	P-15-T01-30 T-15-T01-30 WFP-15-T01-30 WFT-15-T01-30
3	P-15-T01-50 T-15-T01-50 WFP-15-T01-50 WFT-15-T01-50
4	P-15-T02-15 T-15-T02-15 WFP-15-T02-15

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
10	P-18-T01-15 T-18-T01-15 WFP-18-T01-15 WFT-18-T01-15
11	P-18-T01-30 T-18-T01-30 WFP-18-T01-30 WFT-18-T01-30
12	P-18-T01-50 T-18-T01-50 WFP-18-T01-50 WFT-18-T01-50
13	P-18-T02-15 T-18-T02-15 WFP-18-T02-15

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
19	P-20-T01-15 T-20-T01-15 WFP-20-T01-15 WFT-20-T01-15
20	P-20-T01-30 T-20-T01-30 WFP-20-T01-30 WFT-20-T01-30
21	P-20-T01-50 T-20-T01-50 WFP-20-T01-50 WFT-20-T01-50
22	P-20-T02-15 T-20-T02-15 WFP-20-T02-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางแบ่งกลุ่ม สำหรับเปรียบเทียบรูปแบบเหล็กรูปพรรณของโครงถัก (ต่อ)

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
4	WFT-15-T02-15
5	P-15-T02-30 T-15-T02-30 WFP-15-T02-30 WFT-15-T02-30
6	P-15-T02-50 T-15-T02-50 WFP-15-T02-50 WFT-15-T02-50
7	P-15-T03-15 T-15-T03-15 WFP-15-T03-15 WFT-15-T03-15
8	P-15-T03-30 T-15-T03-30 WFP-15-T03-30 WFT-15-T03-30
9	P-15-T03-50 T-15-T03-50 WFP-15-T03-50 WFT-15-T03-50

กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
13	WFT-18-T02-15
14	P-18-T02-30 T-18-T02-30 WFP-18-T02-30 WFT-18-T02-30
15	P-18-T02-50 T-18-T02-50 WFP-18-T02-50 WFT-18-T02-50
16	P-18-T03-15 T-18-T03-15 WFP-18-T03-15 WFT-18-T03-15
17	P-18-T03-30 T-18-T03-30 WFP-18-T03-30 WFT-18-T03-30
18	P-18-T03-50 T-18-T03-50 WFP-18-T03-50 WFT-18-T03-50

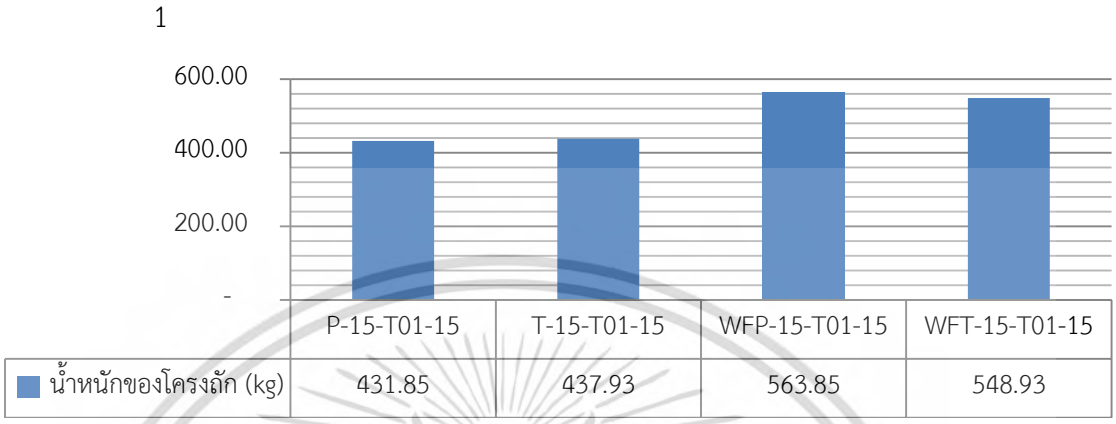
กลุ่มที่	ชื่อโครงถัก
22	WFT-20-T02-15
23	P-20-T02-30 T-20-T02-30 WFP-20-T02-30 WFT-20-T02-30
24	P-20-T02-50 T-20-T02-50 WFP-20-T02-50 WFT-20-T02-50
25	P-20-T03-15 T-20-T03-15 WFP-20-T03-15 WFT-20-T03-15
26	P-20-T03-30 T-20-T03-30 WFP-20-T03-30 WFT-20-T03-30
27	P-20-T03-50 T-20-T03-50 WFP-20-T03-50 WFT-20-T03-50

จากโครงถักทั้งหมดสามารถนำมาแบ่งกลุ่ม เพื่อทำการเปรียบเทียบเหล็กรูปพรรณของโครงถักที่ให้ความประหยัด ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มได้ทั้งหมด 27 กลุ่ม ซึ่งการแบ่งกลุ่มสำหรับการเปรียบเทียบจะแบ่งตามกลุ่มลักษณะของโครงถัก โดยโครงถักที่มีรูปแบบการถักเหมือนกัน อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักมีค่าเท่ากัน และความยาวเท่ากัน แต่แตกต่างกันที่รูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้ จะถูกจับให้อยู่กลุ่มเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 1

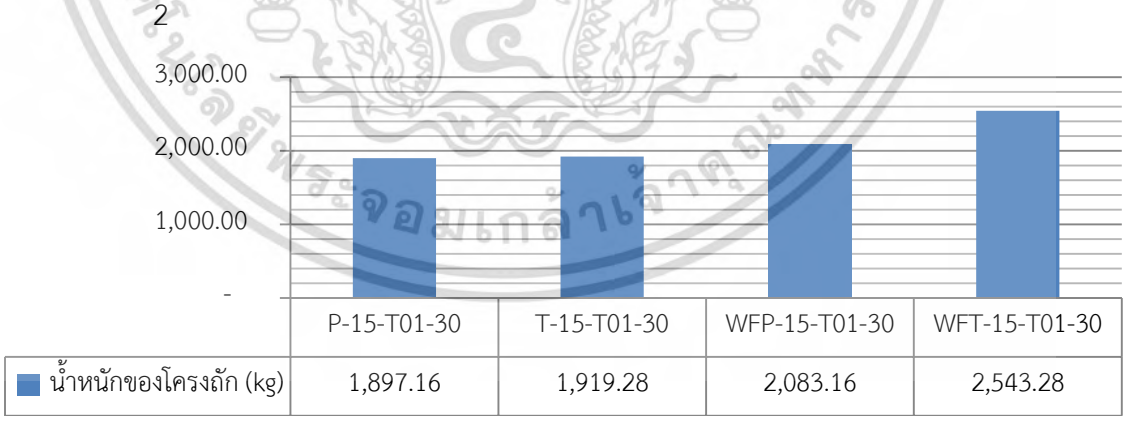
แผนภูมิที่ 4.73 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 1



จากแผนภูมิที่ 4.73 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 1 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 1 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 2

แผนภูมิที่ 4.74 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 2

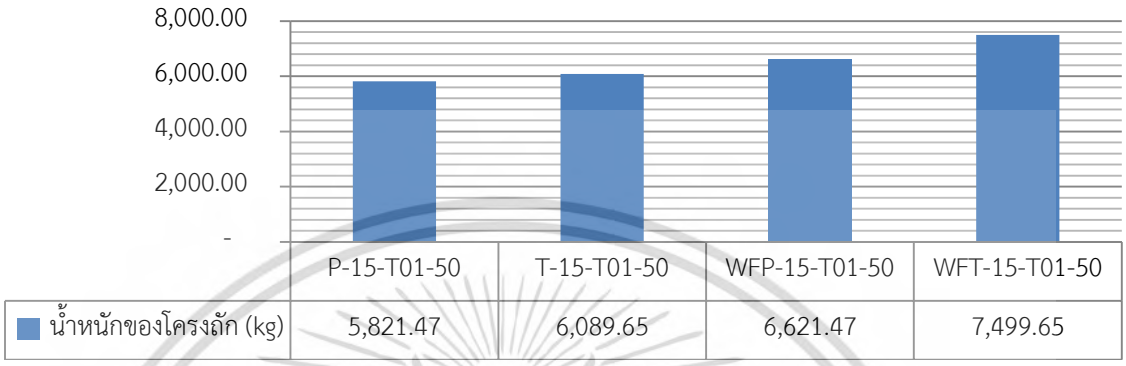


จากแผนภูมิที่ 4.74 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T01-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 2 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 2 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 3

แผนภูมิที่ 4.75 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 3

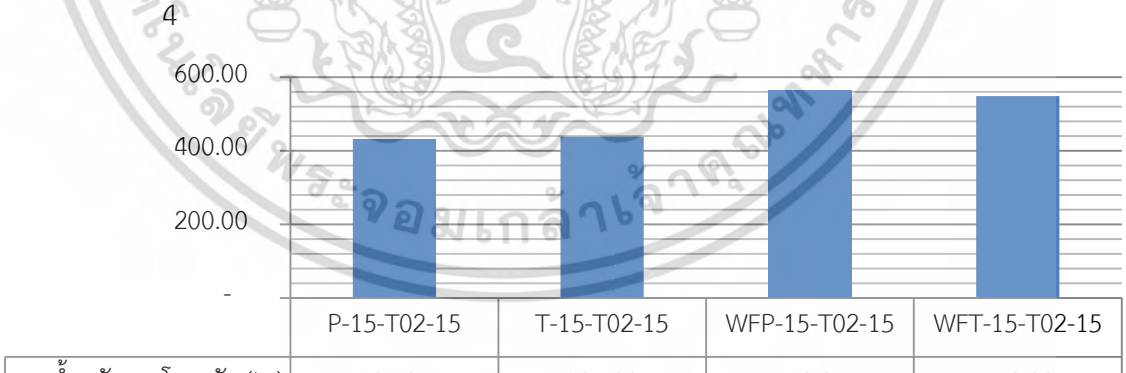


	P-15-T01-50	T-15-T01-50	WFP-15-T01-50	WFT-15-T01-50
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	5,821.47	6,089.65	6,621.47	7,499.65

จากแผนภูมิที่ 4.75 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T01-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 3 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 3 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 4

แผนภูมิที่ 4.76 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 4



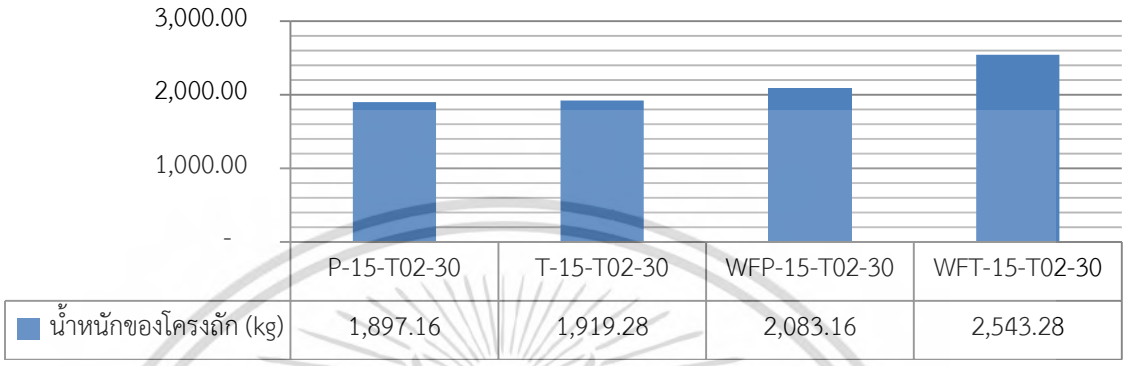
	P-15-T02-15	T-15-T02-15	WFP-15-T02-15	WFT-15-T02-15
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	431.85	437.93	563.85	548.93

จากแผนภูมิที่ 4.76 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T02-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 4 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 4 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 5

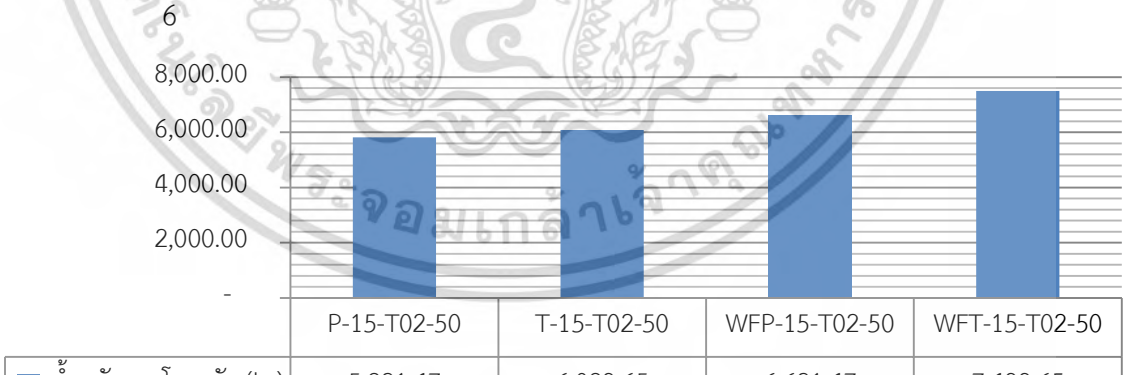
แผนภูมิที่ 4.77 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 5



จากแผนภูมิที่ 4.77 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T02-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 5 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 5 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 6

แผนภูมิที่ 4.78 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 6

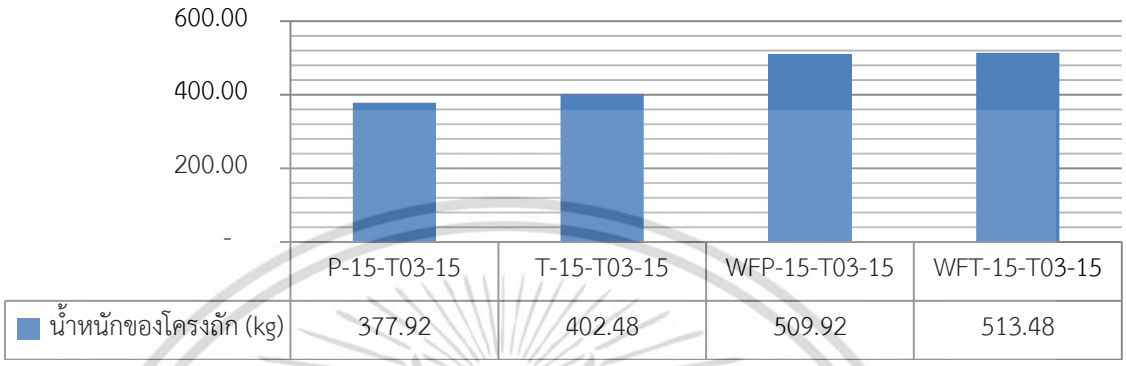


จากแผนภูมิที่ 4.78 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T02-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 6 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 6 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 7

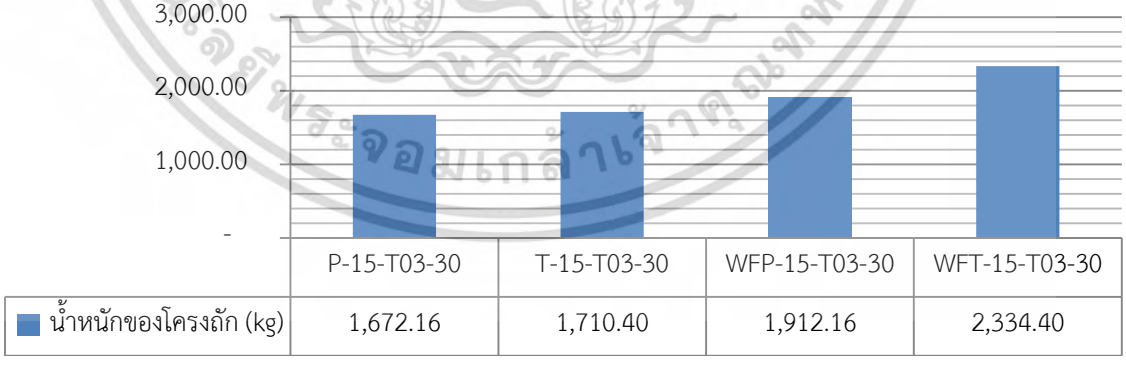
แผนภูมิที่ 4.79 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 7



จากแผนภูมิที่ 4.79 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 7 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 7 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 8

แผนภูมิที่ 4.80 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 8

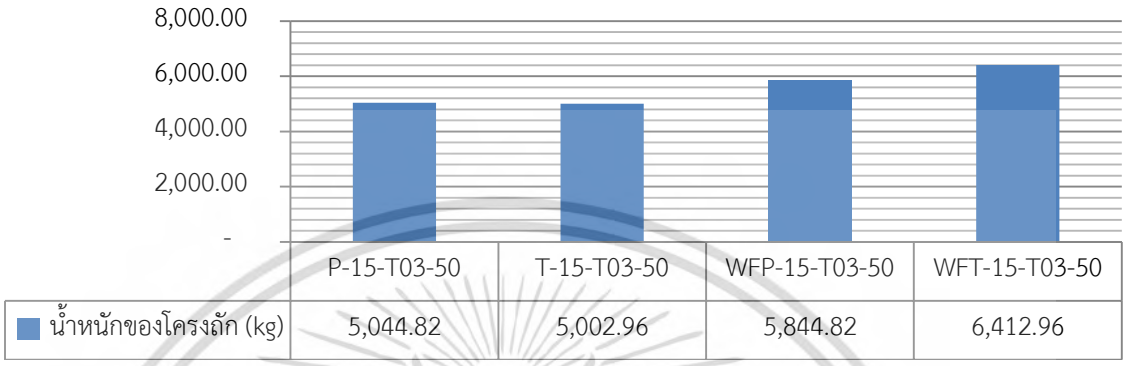


จากแผนภูมิที่ 4.80 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-15-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 8 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 8 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 9

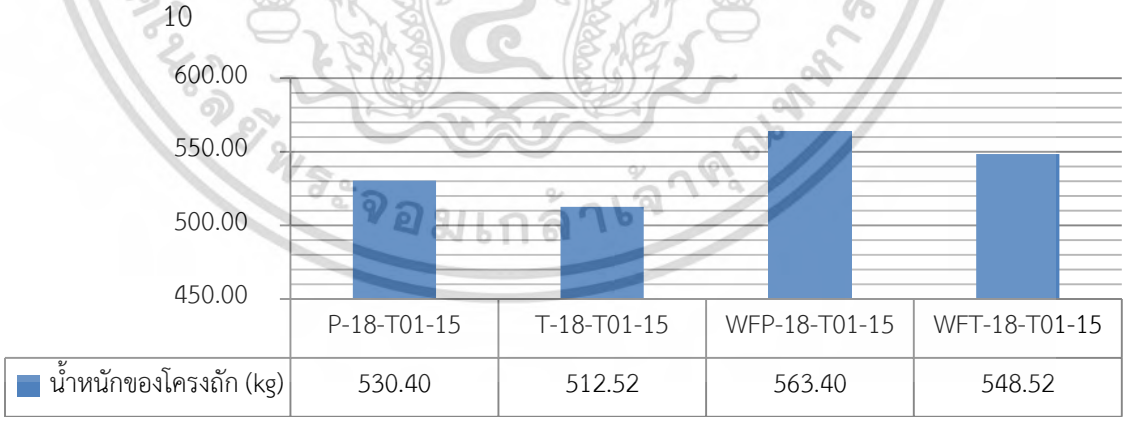
แผนภูมิที่ 4.81 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 9



จากแผนภูมิที่ 4.81 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-15-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 9 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 9 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 2

พิจารณา กลุ่มที่ 10

แผนภูมิที่ 4.82 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 10

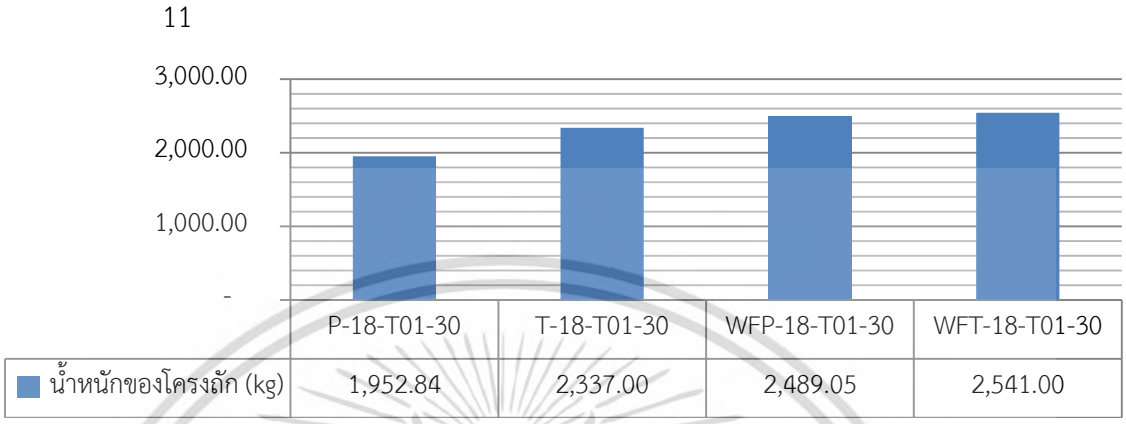


จากแผนภูมิที่ 4.82 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก T-18-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 10 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 10 คือเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 11

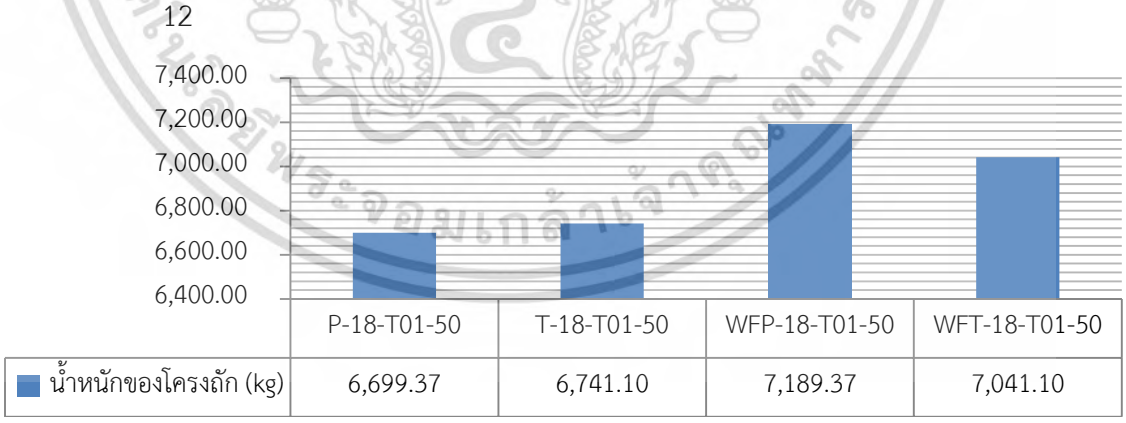
แผนภูมิที่ 4.83 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 11



จากแผนภูมิที่ 4.83 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T01-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 11 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 11 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 12

แผนภูมิที่ 4.84 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 12

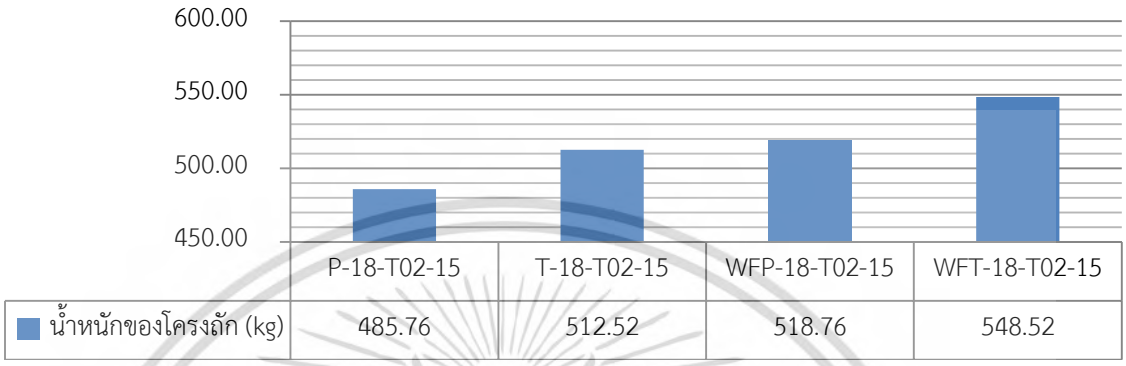


จากแผนภูมิที่ 4.84 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T01-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 12 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 12 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 13

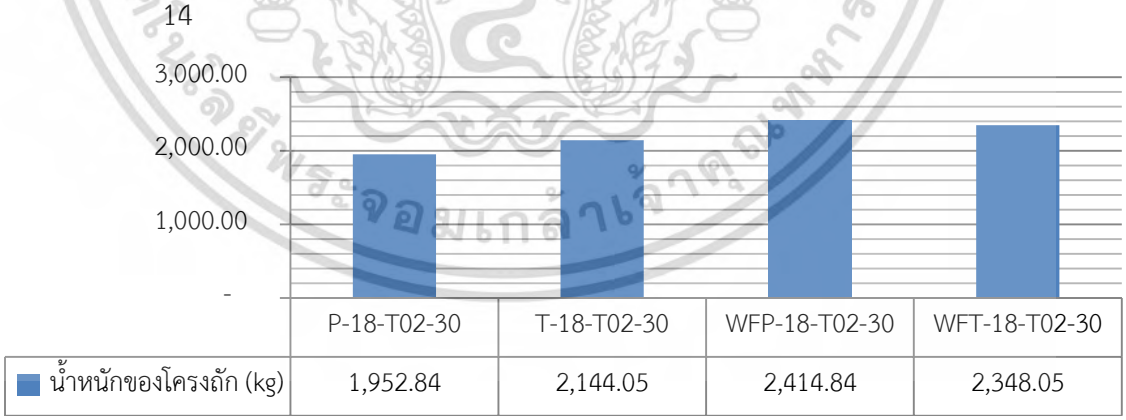
แผนภูมิที่ 4.85 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 13



จากแผนภูมิที่ 4.85 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T02-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 13 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 13 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 14

แผนภูมิที่ 4.86 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 14

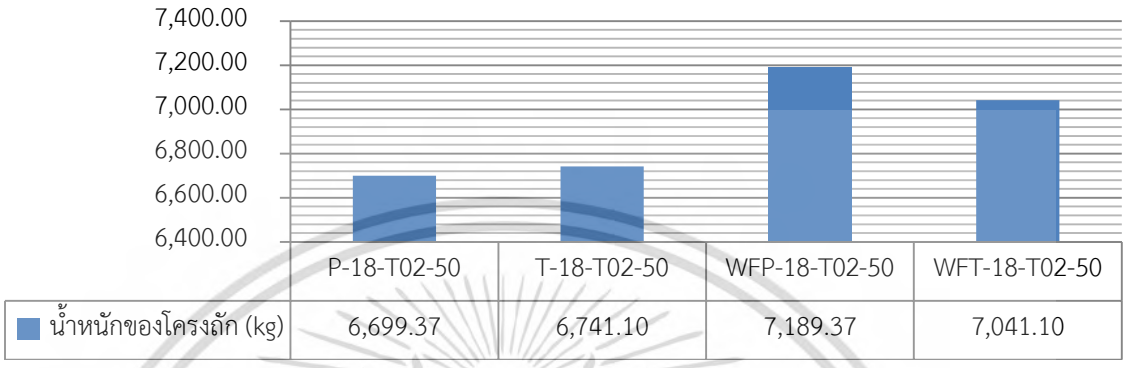


จากแผนภูมิที่ 4.86 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T02-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 14 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 14 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 15

แผนภูมิที่ 4.87 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 15

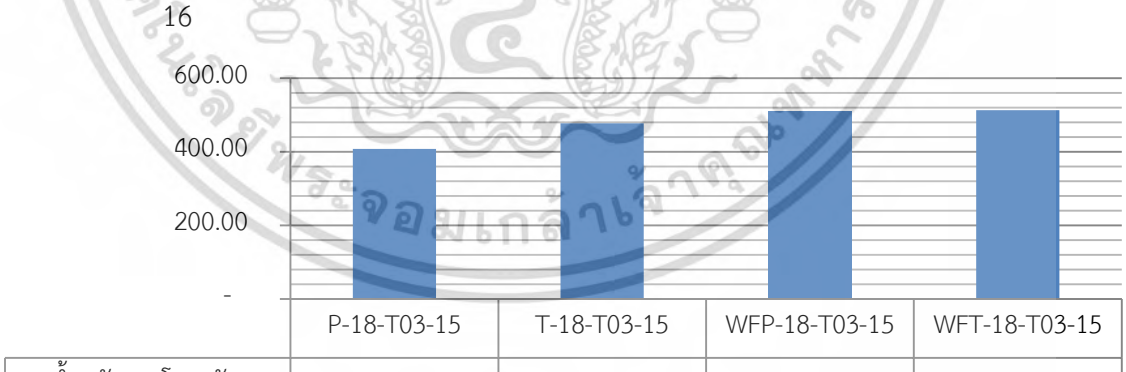


	P-18-T02-50	T-18-T02-50	WFP-18-T02-50	WFT-18-T02-50
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	6,699.37	6,741.10	7,189.37	7,041.10

จากแผนภูมิที่ 4.87 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T02-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 15 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 15 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 16

แผนภูมิที่ 4.88 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 16



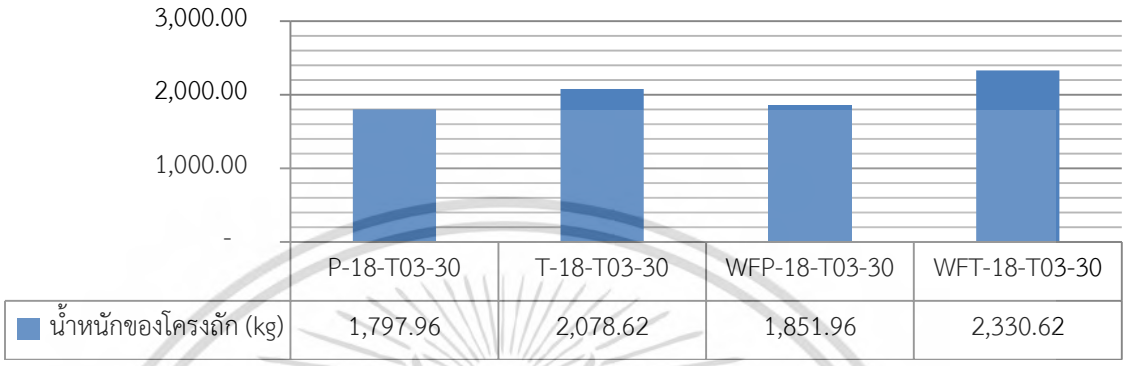
	P-18-T03-15	T-18-T03-15	WFP-18-T03-15	WFT-18-T03-15
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	407.66	477.22	509.66	513.22

จากแผนภูมิที่ 4.88 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 16 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 16 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 17

แผนภูมิที่ 4.89 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 17

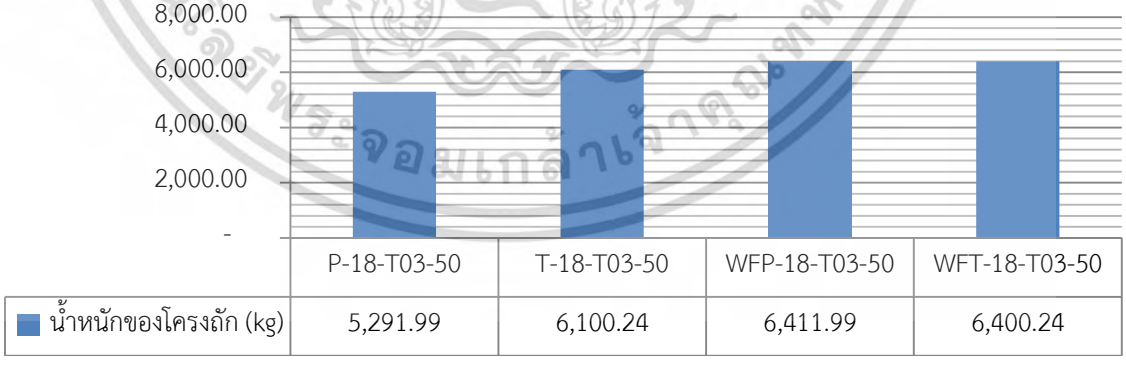


	P-18-T03-30	T-18-T03-30	WFP-18-T03-30	WFT-18-T03-30
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	1,797.96	2,078.62	1,851.96	2,330.62

จากแผนภูมิที่ 4.89 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 17 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 17 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 18

แผนภูมิที่ 4.90 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 18



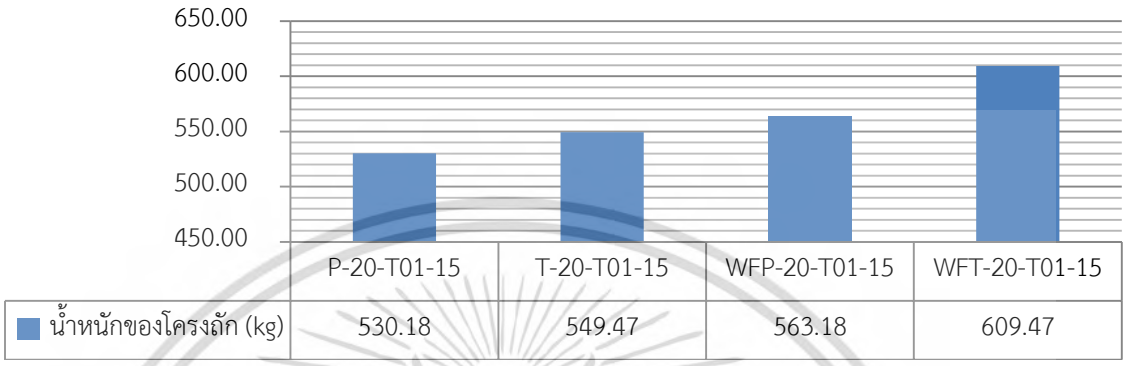
	P-18-T03-50	T-18-T03-50	WFP-18-T03-50	WFT-18-T03-50
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	5,291.99	6,100.24	6,411.99	6,400.24

จากแผนภูมิที่ 4.90 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-18-T03-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 18 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 18 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 19

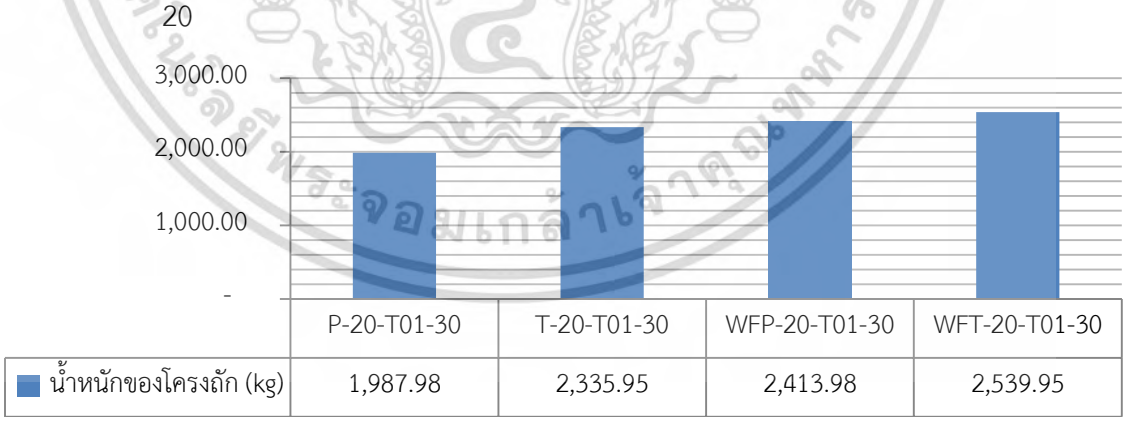
แผนภูมิที่ 4.91 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 19



จากแผนภูมิที่ 4.91 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T01-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 19 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 19 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 20

แผนภูมิที่ 4.92 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 20

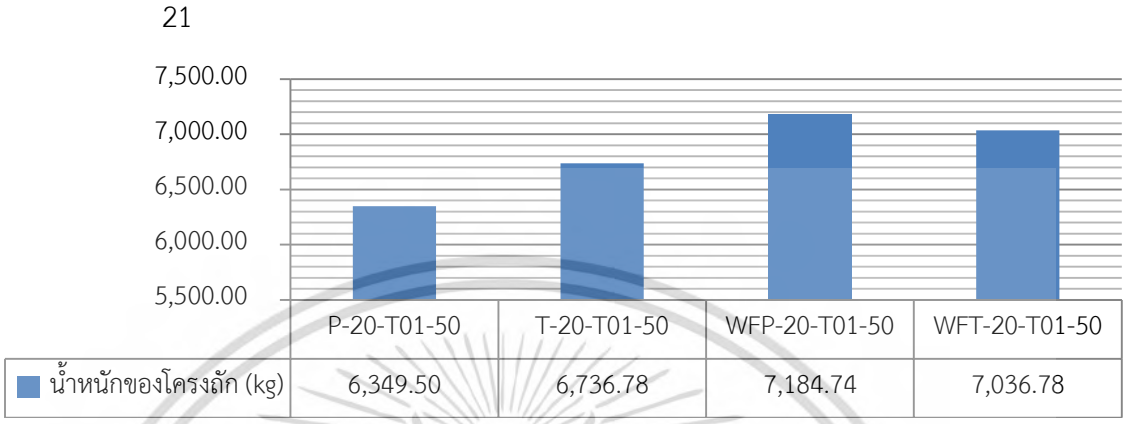


จากแผนภูมิที่ 4.92 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T01-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 20 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 20 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 21

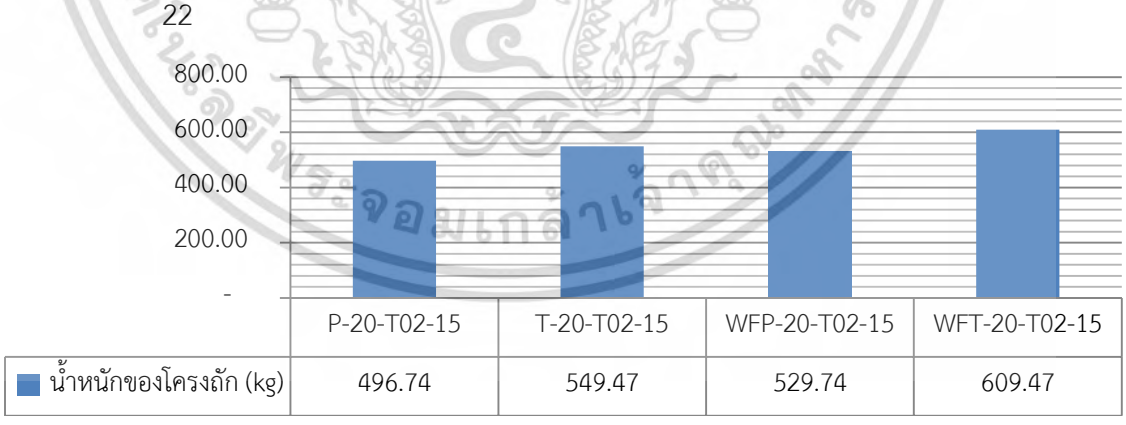
แผนภูมิที่ 4.93 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 21



จากแผนภูมิที่ 4.93 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T01-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 21 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 21 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 22

แผนภูมิที่ 4.94 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 22

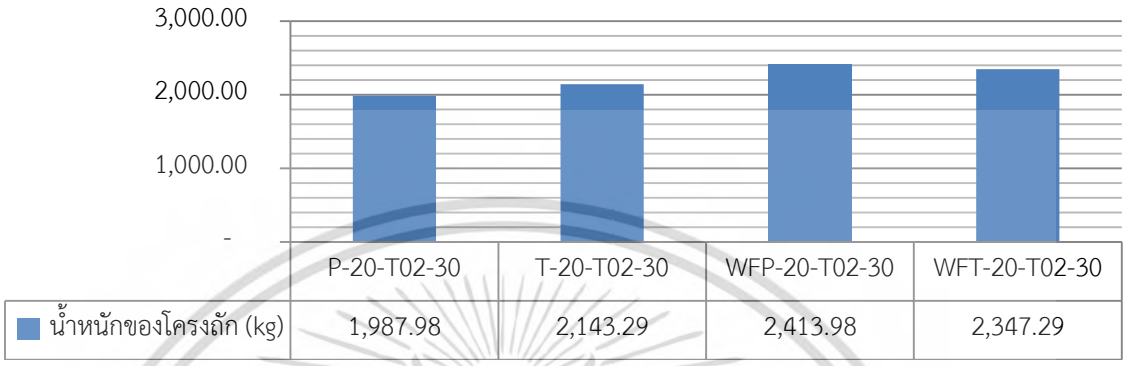


จากแผนภูมิที่ 4.94 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T02-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 22 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 22 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 23

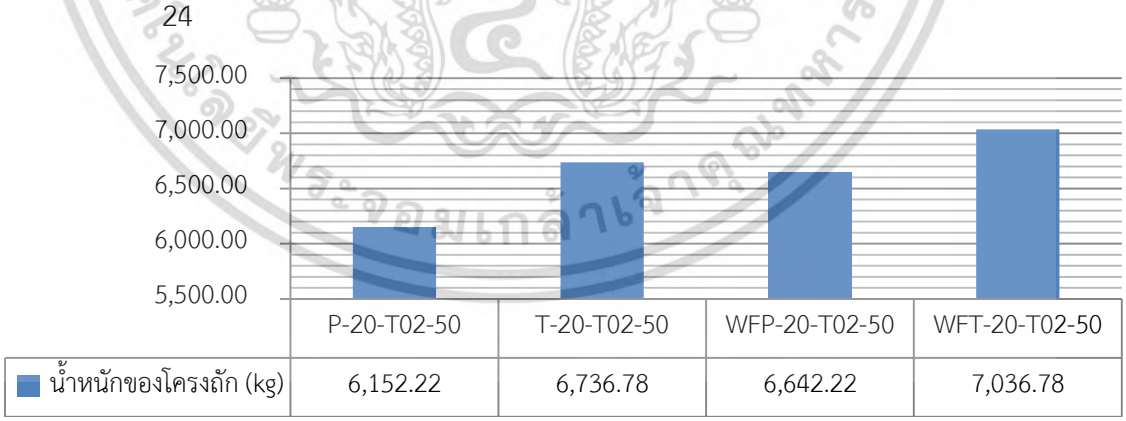
แผนภูมิที่ 4.95 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 23



จากแผนภูมิที่ 4.95 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T02-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 23 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 23 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 24

แผนภูมิที่ 4.96 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 24

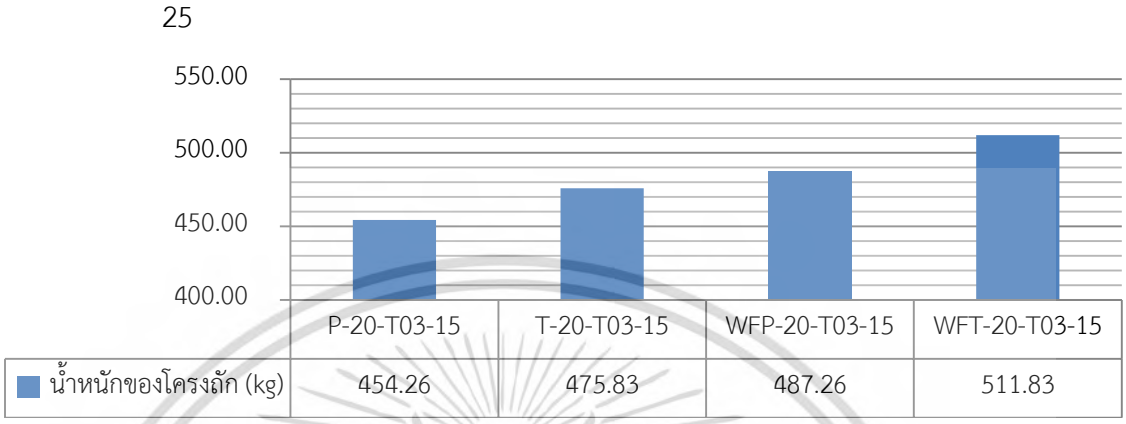


จากแผนภูมิที่ 4.96 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T02-50 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 24 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 24 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 25

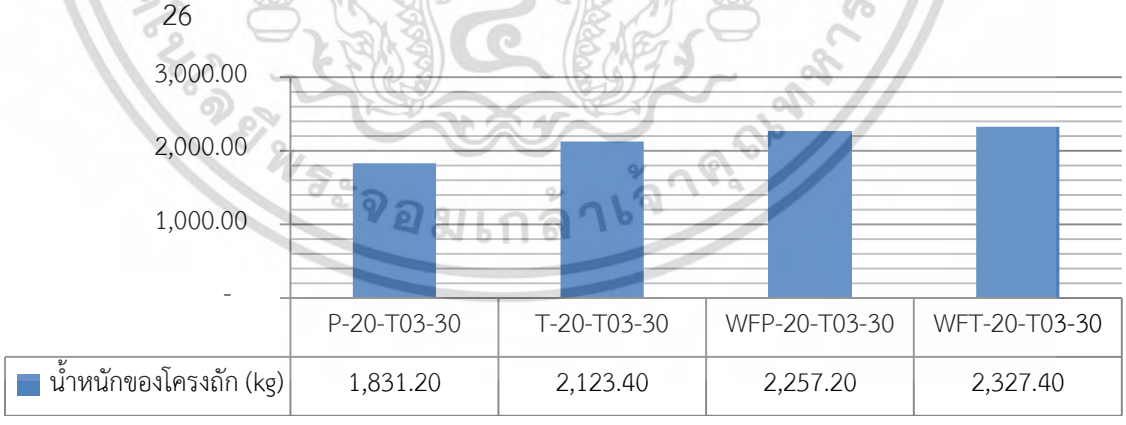
แผนภูมิที่ 4.97 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 25



จากแผนภูมิที่ 4.97 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T03-15 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 25 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 25 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

พิจารณา กลุ่มที่ 26

แผนภูมิที่ 4.98 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 26

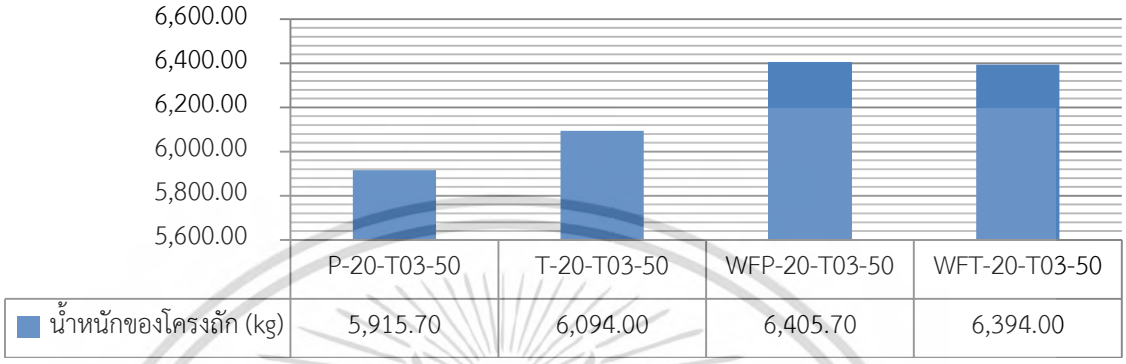


จากแผนภูมิที่ 4.98 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 26 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 26 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณา กลุ่มที่ 27

แผนภูมิที่ 4.99 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักตามรูปแบบเหล็กรูปพรรณของกลุ่มที่ 27



	P-20-T03-50	T-20-T03-50	WFP-20-T03-50	WFT-20-T03-50
น้ำหนักของโครงถัก (kg)	5,915.70	6,094.00	6,405.70	6,394.00

จากแผนภูมิที่ 4.99 จะเห็นว่าปริมาณน้ำหนักเหล็กของโครงถัก P-20-T03-30 มีปริมาณน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 27 ซึ่งหมายความว่ารูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่มที่ 27 คือ เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1

จากแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักเหล็กที่ของรูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้ ทั้ง 27 กลุ่ม จะพบว่า จาก 27 กลุ่ม จำนวนโครงถักที่ใช้รูปแบบเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กท่อ) แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 25 กลุ่ม และจำนวนโครงถักที่ใช้รูปแบบเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 2 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กกล่อง) แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 2 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและเปรียบเทียบโครงถักรูปแบบต่างๆ โดยรูปแบบโครงถักที่ใช้ในการเปรียบเทียบ จะถูกกำหนดขึ้นจากลักษณะของโครงถักที่เห็นตามโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป ซึ่งได้กำหนดรูปแบบการถักของโครงถัก ความยาวของโครงถัก อัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก และรูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบและหาว่า โครงถักรูปแบบไหนให้ความประหยัดมากที่สุด

ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ คือ เหล็กรูปพรรณที่ได้จากการออกแบบ และปริมาณน้ำหนักเหล็กที่ได้ของโครงถักแต่ละโครง ซึ่งนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ โดยการเปรียบเทียบนี้จะเปรียบเทียบเป็นหัวข้อทั้งหมด 3 หัวข้อ โดยในแต่ละหัวข้อ จะทำการแบ่งกลุ่มเพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

การเปรียบเทียบในหัวข้อแรก จะเปรียบเทียบเรื่องรูปแบบการถักของโครงถัก ซึ่งในหัวข้อนี้สามารถแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบได้ทั้งหมด 36 กลุ่ม โดยการเปรียบเทียบของทั้ง 36 กลุ่ม ผลที่ได้คือ การถักโครงถักในรูปแบบที่ 3 (การถักในรูปแบบ Warren) ให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุด

การเปรียบเทียบโครงถักในหัวข้อที่สอง เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก ซึ่งในหัวข้อนี้สามารถแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบได้ทั้งหมด 36 กลุ่ม โดยการเปรียบเทียบของทั้ง 36 กลุ่ม ผลที่ได้คือ จำนวนโครงถักที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากับ 15 แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 23 กลุ่ม จำนวนโครงถักที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากับ 18 แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 5 กลุ่ม และจำนวนโครงถักที่มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักเท่ากับ 20 แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 8 กลุ่ม

การเปรียบเทียบโครงถักในหัวข้อที่สาม เป็นการเปรียบเทียบรูปแบบเหล็กรูปพรรณที่ใช้ ซึ่งในหัวข้อนี้สามารถแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบได้ทั้งหมด 27 กลุ่ม โดยการเปรียบเทียบของทั้ง 27 กลุ่ม ผลที่ได้คือจำนวนโครงถักที่ใช้รูปแบบเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กท่อ) แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 25 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

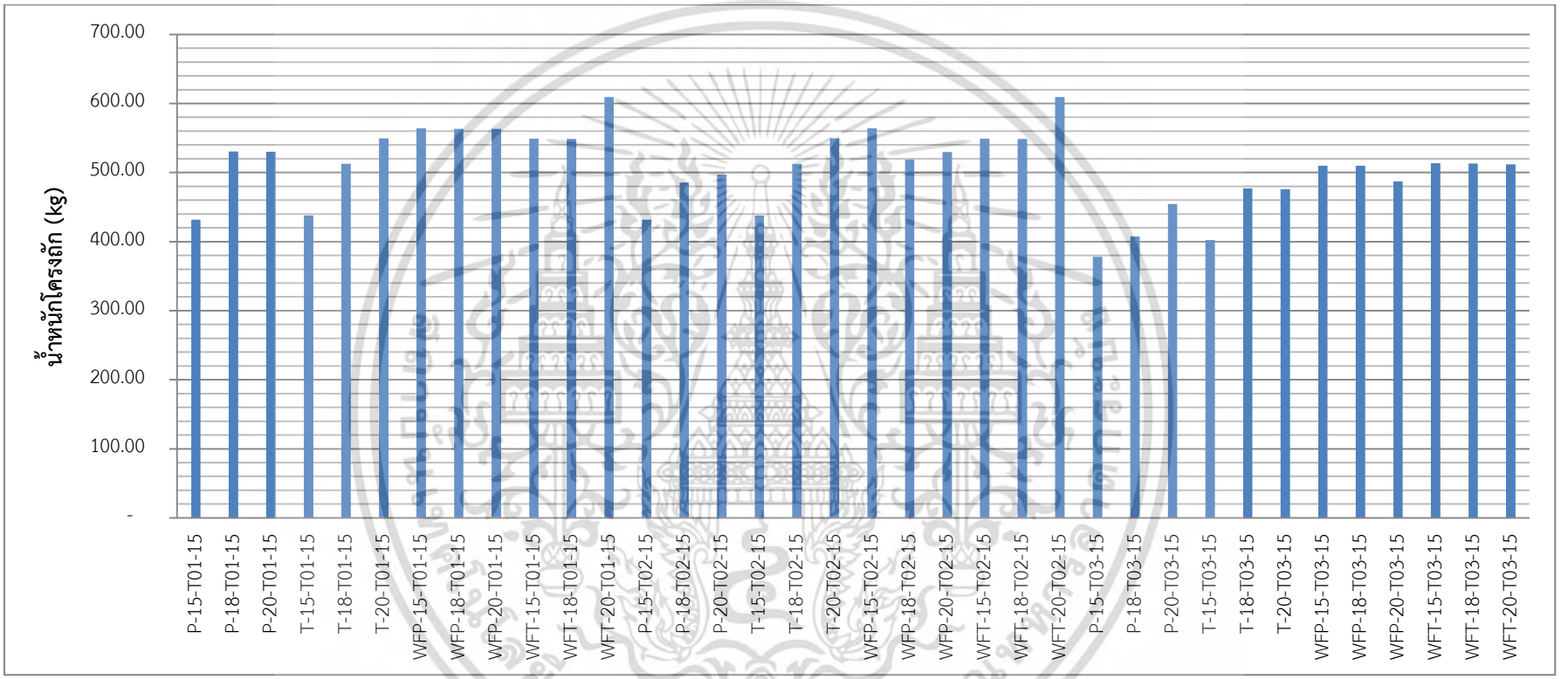
และจำนวนโครงถักที่ใช้รูปแบบเหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 2 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กกล่อง) แล้วให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กน้อยที่สุดในกลุ่ม มีจำนวน 2 กลุ่ม

จากทั้ง 3 หัวข้อที่ได้ทำการเปรียบเทียบ ทำให้สามารถสรุปลักษณะของโครงถักที่ให้ความประหยัดคือ โครงถักควรมีรูปแบบการถักแบบที่ 3 (การถักแบบ Warren) ควรมีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก เท่ากับ 15 และควรใช้เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กท่อ)

เพื่อเป็นการตรวจสอบและให้เห็นความชัดเจนมากยิ่งขึ้น จากโครงถักทั้งหมดจะถูกนำมาแบ่งกลุ่มตามความยาวของโครงถัก และนำโครงถักที่มีความยาวเท่ากันมาทำการเปรียบเทียบกันเพื่อดูว่าผลที่ได้จะเป็นไปตามที่ได้สรุปไว้หรือไม่ โดยกลุ่มที่ได้จะมีทั้งหมด 3 กลุ่ม ตามความยาว คือ 15 เมตร 30 เมตร และ 50 เมตร จะได้

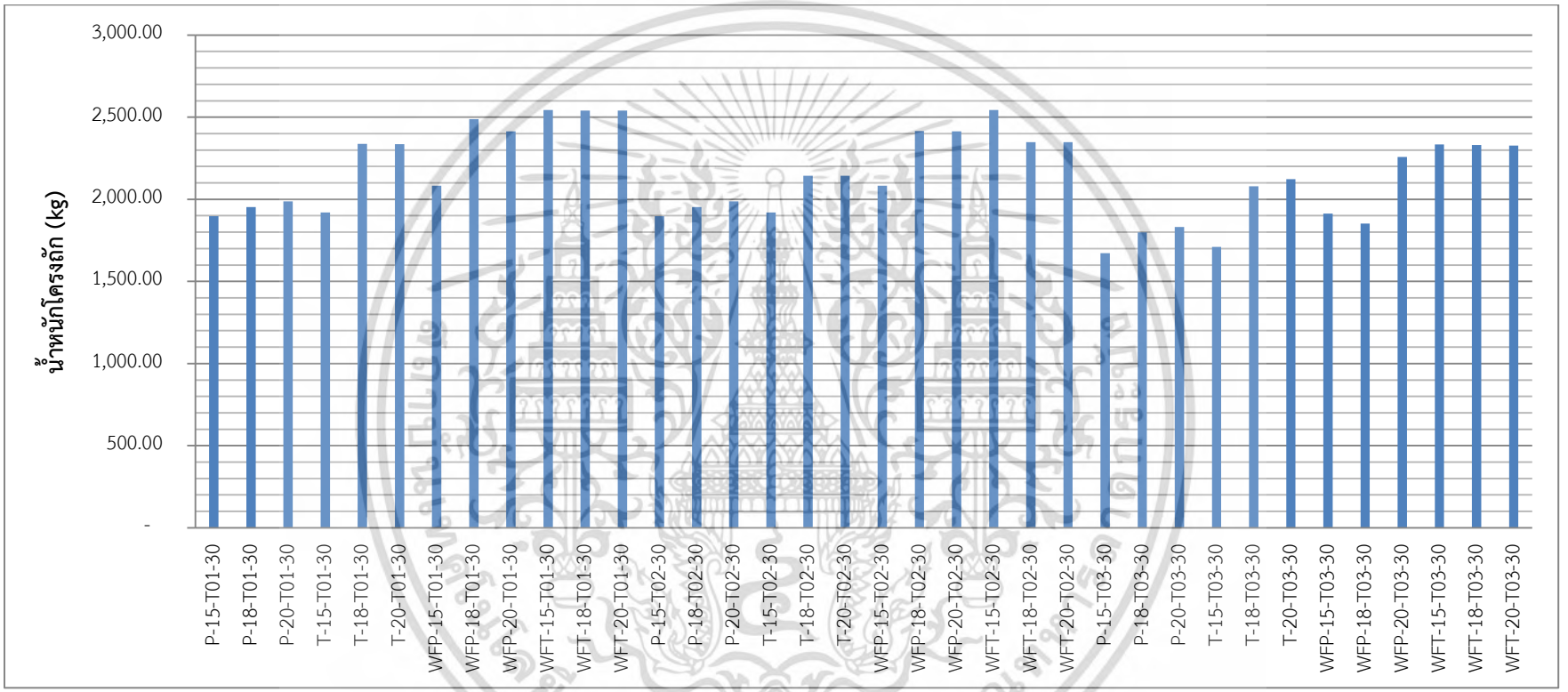
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 5.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักที่ความยาว 15 เมตร



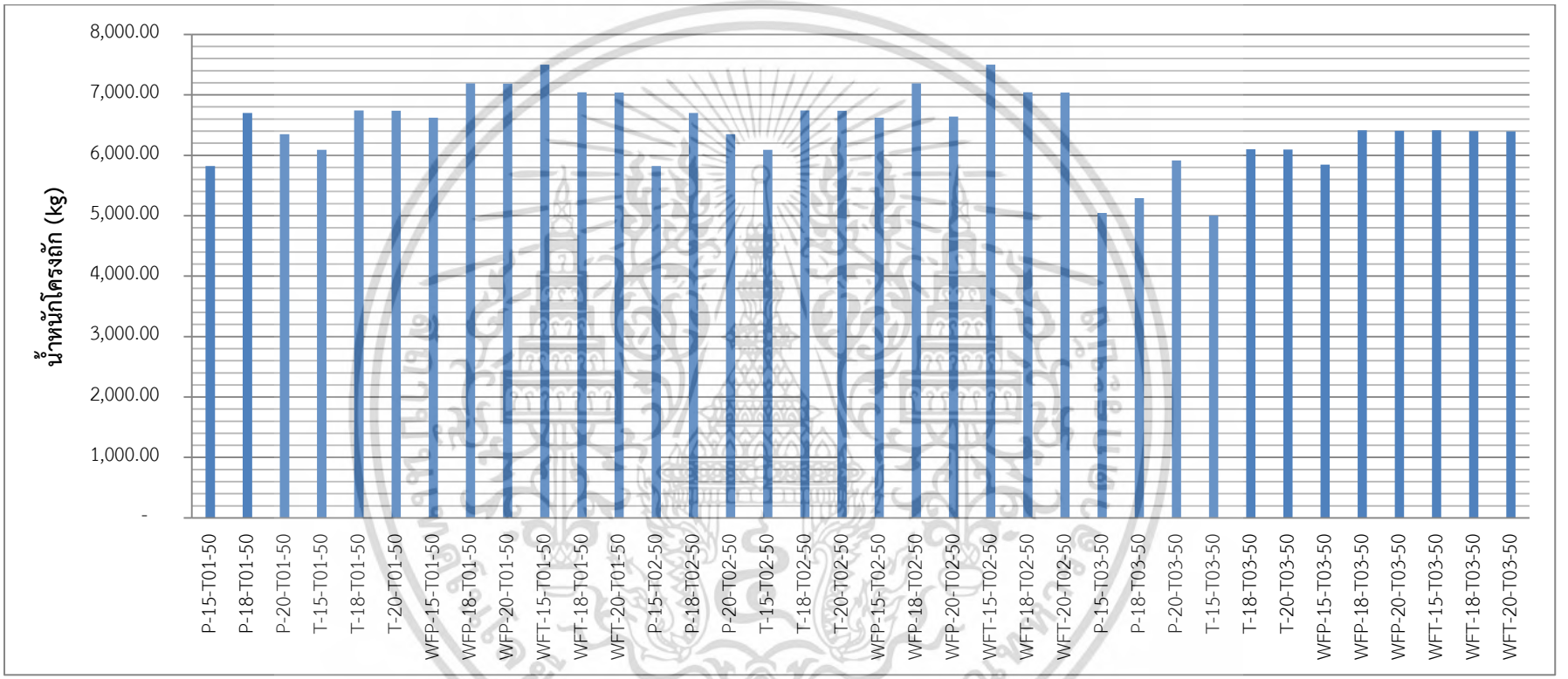
จากแผนภูมิที่ 5.1 จะเห็นว่า โครงถักที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดที่ความยาว 15 เมตรคือ โครงถัก P-15-T03-15 โดยโครงถักนี้ใช้เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กท่อ) มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก เท่ากับ 15 และรูปแบบการถักของโครงถักเป็นรูปแบบที่3 (รูปแบบการถักแบบ Warren) ซึ่งตรงกับลักษณะของโครงถักที่ได้สรุปไว้

แผนภูมิที่ 5.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักที่ความยาว 30 เมตร



จากแผนภูมิที่ 5.2 จะเห็นว่า โครงถักที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดที่ความยาว 30 เมตรคือ โครงถัก P-15-T03-30 โดยโครงถักนี้ใช้เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กท่อ) มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก เท่ากับ 15 และรูปแบบการถักของโครงถักเป็นรูปแบบที่3 (รูปแบบการถักแบบ Warren) ซึ่งตรงกับลักษณะของโครงถักที่ได้สรุปไว้

แผนภูมิที่ 5.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเหล็กโครงถักที่ความยาว 50 เมตร



จากแผนภูมิที่ 5.3 จะเห็นว่า โครงถักที่ให้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดที่ความยาว 50 เมตรคือ คือ โครงถัก T-15-T03-50 โดยโครงถักนี้ใช้เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 2 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กกล่อง) มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก เท่ากับ 15 และรูปแบบการถักของโครงถักเป็นรูปแบบที่3 (รูปแบบการถักแบบ Warren) ซึ่งไม่ตรงกับลักษณะของโครงถักที่ได้สรุปไว้

หากนำโครงถัก T-15-T03-50 ที่มีน้ำหนักเหล็ก 5,002.96 kg มาเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักเหล็กกับโครงถัก P-15-T03-50 โดยโครงถักนี้ใช้เหล็กรูปพรรณรูปแบบที่ 1 (ชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กกล่อง) มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถัก เท่ากับ 15 และรูปแบบการถักของโครงถักเป็นรูปแบบที่3 (รูปแบบการถักแบบ Warren) ที่มีน้ำหนักเหล็ก 5,044.82 kg จะเห็นว่ามีน้ำหนักแตกต่างกัน 41.86 kg คิดเป็นร้อยละ 0.83 ซึ่งมีผลต่างของน้ำหนักที่น้อยมาก

จึงสามารถสรุปได้ว่า เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโครงถักที่ให้ความประหยัด ควรออกแบบโครงถักที่มีรูปแบบการถักแบบ Warren มีอัตราส่วนความยาวต่อความลึกของโครงถักที่ 15 และควรออกแบบเหล็กรูปพรรณทั้งชิ้นส่วน Upper Chord, Lower Chord และ Web เป็นเหล็กท่อ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยได้กำหนดลักษณะของโครงถักจากโครงถักหลังคาที่เห็นโดยทั่วไป เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและหาลักษณะของโครงถักที่มีความประหยัดที่สุดจากโครงถักที่ได้กำหนดในงานวิจัยนี้ ดังนั้นเพื่อเพิ่มตัวเลือกและความเป็นไปได้ที่จะหาลักษณะของโครงถักที่อาจจะให้ปริมาณน้ำหนักเหล็กได้น้อยลง และตอบสนองต่อรูปแบบการออกแบบโครงหลังคาโรงงานได้มากขึ้น จึงมีข้อเสนอดังนี้

- จากงานวิจัยนี้ รูปแบบการถักโครงถักมีผลต่อปริมาณเหล็กที่ใช้เป็นอย่างมาก ซึ่งหากปรับเปลี่ยนรูปแบบการถักเป็นแบบอื่น หรือเพิ่มรูปแบบการถักแบบใหม่ ย่อมมีผลต่อปริมาณเหล็กที่ใช้สำหรับโครงถักนั้นๆ ซึ่งจะช่วยเป็นตัวเลือกในการออกแบบโครงถักของหลังคาโรงงานอื่นๆ
- ในงานวิจัยนี้ใช้โครงถักแบบราบเรียบในการเปรียบเทียบ ซึ่งในปัจจุบันโครงหลังคาโรงงานในปัจจุบัน เริ่มมีลักษณะที่เปลี่ยนไป มีรูปแบบเป็นโครงหลังคาทรงจั่ว หรือโครงหลังคาทรงโค้ง
- ระยะห่างของโครงถัก (Bay) นั้นมีผลต่อน้ำหนักที่ลงโครงถักอย่างชัดเจน ซึ่งระยะห่างของโครงถักที่เหมาะสมของโครงถักแต่ละโครงย่อมมีผลต่อปริมาณเหล็กของโครงถัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วินิต ช่อวิเชียร. 2544. **ทฤษฎีโครงสร้าง**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โดยผู้เขียน.
2. วินิต ช่อวิเชียร และวรนิติ ช่อวิเชียร. 2553. **การออกแบบโครงสร้างเหล็ก STRUCTURAL STEEL DESIGN**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โดยผู้เขียน.
3. สมพร อรรถเศรณีวงศ์. 2551. **MICROFEAP for Windows โมดูล P1**. พิมพ์ครั้งที่ 7. ปทุมธานี : โดยผู้เขียน.
4. สมพร อรรถเศรณีวงศ์. 2558. **MICROFEAP for Windows โมดูล P1 Release 5.0**. ปทุมธานี : โดยผู้เขียน.
5. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์. 2553. **ทฤษฎีโครงสร้าง THEORY OF STRUCTURES**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอลิสา วณิชย์กิจไพศาล
วัน เดือน ปีเกิด	3 ตุลาคม 2534 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	58 ซอยหมู่บ้านเสนาวิลล่า แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10240
ประวัติการศึกษา	2556 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2556 – ปัจจุบัน	บริษัท แสตนดาร์ด เพอร์ฟอร์แม้นซ์ จำกัด ตำแหน่ง วิศวกรสำนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้