การวิเคราะห์และออกแบบโครงถักจำลองด้วยวัสดุไม้ไอศกรีมโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

Analyzing and Designing the Truss Structure with Wooden Ice Cream Sticks Using Microsoft Excel Program

อาทร ชูพลสัตย์[1] ณรงค์ กุหลาบ[2] เดชา จันทสิทธิ์[3] ธนพล ทองคงหาญ[4] และณัฐพงษ์ เกยพระยา*[5]

[1,2] อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ จ.นครปฐม
[3,4,5] นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ จ.นครปฐม
96 หมู่ที่ 3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล นครปฐม 73170 โทรศัพท์ : 0-2889-4585-7 ต่อ 2677
E-mail address: boss250159@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์และออกแบบโครงถักจำลองด้วยวัสดุไม้ไอศกรีมโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel โดยเริ่มจากการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุ เลือกรูปแบบโครงถักที่สนใจ และทำการสร้างสูตรสำหรับใช้ในการวิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นนำโครงถักที่ได้เลือกไว้ทั้งสิ้น 9 รูปแบบ มาทำวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel, โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป แล้วทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แรงภายในโครงถัก ของทั้งสองโปรแกรม และทำการประกอบโครงถักจำลองด้วยวัสดุไม้ไอศกรีมเพื่อนำไปทดสอบรับน้ำหนักบรรทุก และทำการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวจากการทดสอบ กับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป

ผลจากการเปรียบเทียบโครงถักที่แตกต่างกันทั้งหมดจำนวน 9 รูปแบบ ที่น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราห์สูงสุดเท่ากับ 50 กิโลกรัม พบว่าค่าแรงภายในจากการวิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป นั้นมีค่าที่แตกต่างกันเฉลี่ยอยู่ที่ 1.21 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 4.10 และได้ผลการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวจากการทดสอบ กับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป มีค่าใกล้เคียงกัน ต่างกันอยู่เพียงแค่ร้อยละ 2.62 จากผลการเปรียบเทียบข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรม Microsoft Excel สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และการออกแบบโครงถักจำลองด้วยวัสดุไม้ไอศกรีม จำนวน 9 รูปแบบ แทนการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปได้

คำสำคัญ: โครงถัก, Microsoft Excel, ไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป, ไม้ไอศกรีม

Abstract

This project is to analyse and design the truss structure with wooden ice cream sticks using the Microsoft Excel program. This project starts with studying of material properties, selecting the interesting truss patterns and creating formulas for analysis of truss structure with Microsoft Excel Program. The 9 selected trusses are analysed using Microsoft Excel and Finite Element Programs. The results of the internal strength analysis of the trusses of both programs have been compared. The simulated trusses structures are assembled with ice cream sticks to test the load and compared the deflection values from the test with analysis using Microsoft Excel and Finite Element programs.

The comparison results of 9 different trusses in the form of payload used in analysis the maximum equal to 50 kilograms found that the internal force from the analysis of the trusses with Microsoft Excel and Finite Element programs have different values. The average is 1.21 kilograms or equal to 4.10 percent. The comparison of deflection result obtained from the test with the analysis using Microsoft Excel and the Finite element programs has similar values and only 2.62% difference. As mentioned above, it concludes that the Microsoft Excel program can be used in the analysis and design in trusses with 9 wooden ice cream stick types instead of the Finite Element program.

Keywords: Truss, Microsoft Excel Program, Finite Element Program, Wooden Ice Cream Stick

1. บทนำ

โครงถัก เป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้นเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกที่มีช่วงยาวและไม่มีเสาตรงกลางโดยการนำชิ้นส่วนของวัสดุมาประกอบกันเป็นโครงสร้างย่อย รูปสามเหลี่ยมหลายๆ รูป โดยที่โครงถักต้องมีเสถียรภาพและช่วยในเรื่องของการลดขนาดของวัสดุลง ทำให้มีน้ำหนักเบาและราคาประหยัด เป็นโครงสร้างที่นิยมใช้กันมากในต่างประเทศ และในประเทศไทยซึ่งการศึกษาเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับพฤติกรรม

การรับน้ำหนักบรรทุกของโครงถักนั้นทำได้ยาก จึงได้มีการสร้างแบบจำลองโครงถักด้วยวัสดุต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมของโครงถักให้ง่ายขึ้น

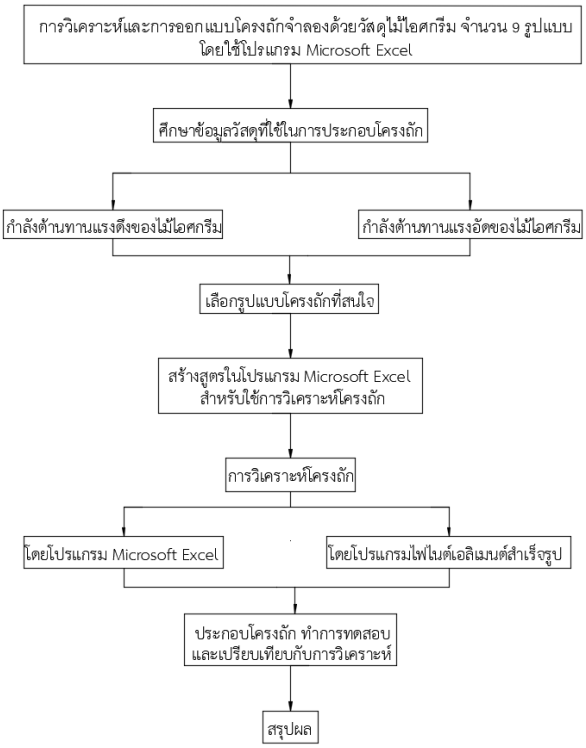
ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ได้จัดการแข่งขันในรูปแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงถัก โดยเป็นเจ้าภาพจัดการแข่งขันเพื่อสร้างสรรค์วิชาการด้านโครงสร้างด้วยไม้ไอศกรีมสายงานวิศวกรรมโยธา ต่อเนื่องมาเป็นเวลาหลายปี ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนทางด้านสายงานวิศวกรรมโยธา โดยในการแข่งขันครั้งที่ผ่านๆมา ผู้เข้าแข่งขันโดยส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์หาค่าแรงภายใน และค่าการโก่งตัวของโครงถักอย่างจริงจัง ไม่ได้มีการนำความรู้ทางด้านทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์มากเท่าที่ควร แต่จะไปมุ่งเน้นที่การใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปต่างๆ และให้ความสำคัญในส่วนของการใช้ทักษะฝีมือ ในการจัดทำโครงสร้าง จึงทำให้ผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกไม่แน่นอนแม่นยำ ตลอดจนผู้เข้าแข่งขันไม่ได้นำความรู้ และศักยภาพทางด้านวิศวกรรมออกมาใช้เท่าที่ควร

จากปัญหาและเหตุผลดังกล่าวคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจจัดทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การวิเคราะห์และการออกแบบโครงถักจำลองด้วยวัสดุไม้ไอศกรีมโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel” โดยที่ทางคณะผู้จัดทำได้นำโปรแกรม Microsoft excel ซึ่งเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกสาขาวิชาชีพ มาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบโครงถักจำลองแทนการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปต่างๆ ซึ่งเป็นโปรแกรมลิขสิทธิ์ และต้องมีค่าใช้จ่ายในการใช้ เพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจในเรื่องเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงถักได้มีฐานข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า และต่อยอดองค์ความรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะได้ด้วยตนเอง

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการวิเคราะห์และการออกแบบโครงถักจำลองด้วยวัสดุไม้ไอศกรีม
2. เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง โปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น,โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป และโครงถักจำลองที่ทำการทดสอบจริง

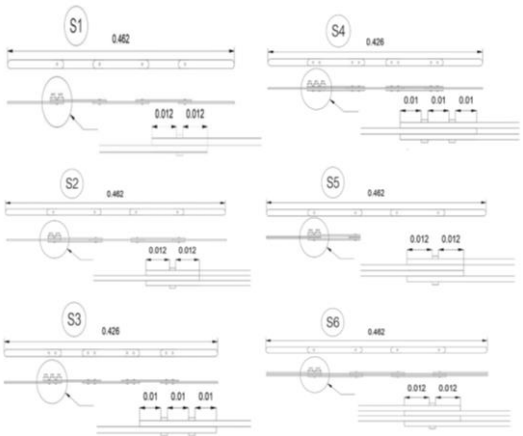
3. ขั้นตอนการดำเนินงาน



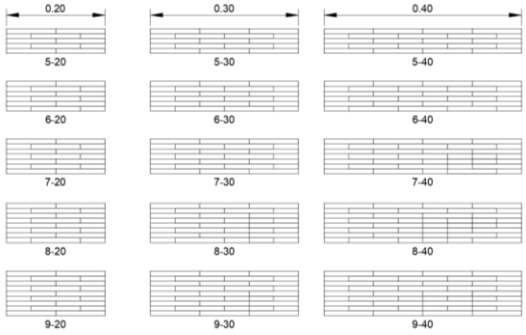
รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาวัสดุที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงถักจำลองวัสดุด้วยไม้ไอศกรีมนั้น ทางคณะผู้จัดทำ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของไม้ไอศกรีม 2 ส่วน คือ การศึกษาหากำลังต้านทานแรงดึงของวัสดุไม้ไอศกรีม และคุณสมบัติในการต้านทานแรงอัดวิกฤติของวัสดุไม้ไอศกรีม [1] ซึ่งได้ค่าผลการทดสอบแรงดึงของไม้ไอศกรีม จำนวน 6 รูปแบบ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงถัก ดังตารางที่ 1 และได้ผลกำลังต้านทานแรงอัดของไม้ไอศกรีมความหนา 5, 6, 7, 8 และ 9 ชิ้น ที่ความยาว 20, 30 และ 40 เซนติเมตร ได้ค่าผลการทดสอบ ดังตารางที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบการต่อชิ้นส่วนรับแรงดึงของไม้ไอศกรีม



รูปที่ 3 รูปแบบการต่อชิ้นส่วนรับแรงอัดของไม้ไอศกรีม

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแรงดึงของไม้ไอศกรีม
(ณัฐวุฒิ ศุภรสิงห์ และคณะ, 2560)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (g)	ความยาว (cm)	หน่วยน้ำหนัก (g/cm^2)	แรงดึงเฉลี่ยสูงสุด (kg)
S1	7.34	45.1	0.16	58.85
S2	9.85	44.01	0.22	103.70
S3	7.35	41.88	0.18	69.65
S4	10.16	42.42	0.24	87.29
S5	14.19	47.28	0.30	106.60
S6	14.45	46.67	0.31	128.40

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงอัดวิกฤตของไม้ไอศกรีม
(ณัฐวุฒิ ศุภรสิงห์ และคณะ, 2560)

รูปแบบ	ความยาว (cm)	น้ำหนัก (g)	หน่วยน้ำหนัก (g/cm^2)	พื้นที่หน้าตัด (mm^2)	I_X (mm^4)	I_Y (mm^4)	แรงอัดสูงสุด (kg)
ไม้ไอศกรีมความหนา 5 ชิ้น							
5-20	19.8	12.8	0.65	105	873.5	956.5	149.1
5-30	29.9	19.13	0.64	104	869.17	945.58	41.80
5-40	39.8	25.35	0.64	105	871.67	953.65	13.67
ไม้ไอศกรีมความหนา 6 ชิ้น							
6-20	19.7	15.25	0.77	125	1043.3	1635	260.1
6-30	29.8	23.15	0.78	125	1042.5	1631	88.56
6-40	39.7	30.79	0.78	124	1035.0	1596	35.56
ไม้ไอศกรีมความหนา 7 ชิ้น							
7-20	19.8	18.02	0.91	145	1209	2546	278
7-30	29.8	26.84	0.90	145	1211	2561	119.7
7-40	39.8	35.88	0.90	145	1208	2540	41.2
ไม้ไอศกรีมความหนา 8 ชิ้น							
8-20	19.8	20.20	1.02	165	1375	3745	337
8-30	29.8	30.90	1.04	166	1379	3777	136
8-40	39.8	41.13	1.03	167	1388	3854	47
ไม้ไอศกรีมความหนา 9 ชิ้น							
9-20	19.7	22.89	1.16	188	1567	5546	436.3
9-30	29.6	34.15	1.15	186	1550	5363	164.8
9-40	40.0	46.39	1.16	185	1540	5261	61.8

3.2 การเลือกรูปแบบโครงถักที่สนใจ

จากการแข่งขันเพื่อสร้างสรรค์วิชาการด้านโครงสร้างด้วยไม้ไอศกรีมฯ ในครั้งที่ผ่านๆ มา จะเห็นได้ว่าโครงถักส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นโครงโค้งวงรี ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการเลือกรูปแบบโครงถักซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน มาจำนวน 9 รูปแบบด้วยกัน เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบการวิเคราะห์โครงถักระหว่างโปรแกรม Microsoft Excel, โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป และการประกอบโครงถักจำลองจากไม้ไอศกรีมจริง

3.3 การสร้างสูตรสำหรับใช้ในการวิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

หลังจากทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุ และเลือกรูปแบบโครงถักแล้ว ทำการคำนวณหาแรงภายในโครงถักทุกชิ้นส่วนโดยใช้ วิธีคำนวณจุดต่อ (Joint Methods) และคำนวณหาค่าการโก่งตัวของโครงถักโดยวิธีงานเสมือน (Virtual Work) [2-3] จากนั้นนำสมการที่ได้จากการคำนวณและคุณสมบัติของวัสดุไปป้อนลงในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และการออกแบบโครงถัก

3.4 การวิเคราะห์โครงถัก

นำโครงถักทั้ง 9 รูปแบบ ที่ได้เลือกไว้ในข้างต้นไปวิเคราะห์หาแรงภายใน และค่าการโก่งตัวของโครงถัก ในโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป [4] ซึ่งการวิเคราะห์หาค่าแรงภายในและค่าการโก่งตัวของโครงถักนั้นจะทำการวิเคราะห์แบบ 2 มิติ [5] จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าแรงภายใน และค่าการโก่งตัวของโครงถักที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป ว่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เพื่อที่จะได้เป็นข้อสรุปว่าเราจะสามารถนำโปรแกรม Microsoft Excel มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์โครงถักแทนโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์โครงถักของทั้งสองโปรแกรมจะสมมติให้โครงถักนั้นรับน้ำหนักบรรทุกเท่ากันคือ 50 กิโลกรัม

3.5 การประกอบโครงถัก และทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก

จากการวิเคราะห์โครงถักในระนาบเดียว (แบบ 2 มิติ) แล้ว เรามาทำการประกอบโครงถักทั้ง 9 รูปแบบ รูปแบบละ 5 โครง เพื่อนำไปทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก และทำการจดบันทึกค่าการโก่งตัว ที่น้ำหนักบรรทุก 20, 40, 60, 80 และ 100 กิโลกรัม

3.6 การเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของโครงถักจำลองที่ทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก กับการ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป

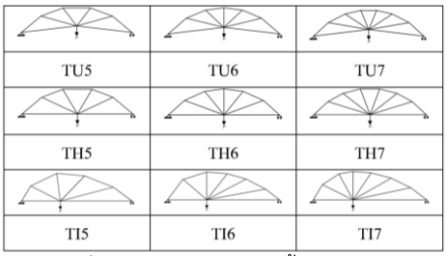
นำค่าการโก่งตัวที่ได้จากการทดสอบโครงถักจำลองการรับน้ำหนักบรรทุกที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 กิโลกรัม ไปเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป โดยในการเปรียบเทียบ [6] จะนำไปเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โครงถักในระนาบเดียว (แบบ 2 มิติ) ที่รับน้ำหนักบรรทุก 10, 20, 30, 40

และ 50 กิโลกรัม เนื่องจากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกนั้นไม่สามารถทดสอบโดยใช้โครงถักระนาบเดียวได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงสมมติให้น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบมีค่าเป็น 2 เท่าของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการเลือกรูปแบบโครงถักที่สนใจ

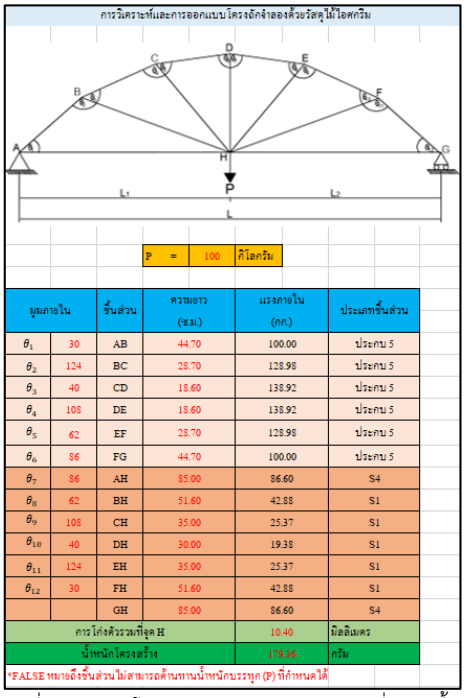
จากการแข่งขันเพื่อสร้างสรรค์วิชาการด้านโครงสร้างด้วยไม้ไอศกรีมฯ ในครั้งที่ผ่านๆ มา จะเห็นได้ว่าโครงถักส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นโครงโค้งวงรี ชิ้นส่วนรับแรงอัดจะอยู่ที่คอร์ดบน (Upper Chord) ซึ่งคือส่วนโค้งของโครงถัก ชิ้นส่วนรับแรงดึงจะอยู่ที่คอร์ดล่าง (Lower Chord), ค้ำยันในแนวดิ่ง (Vertical Web) และค้ำยันในแนวเอียง (Diagonal Web) ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเลือกรูปแบบโครงถักซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันจำนวน 9 รูปแบบ คือ TU5, TU6, TU7, TH5, TH6, TH7 ,TI5, TI6 และ TI7 โดยแต่ละรูปแบบมีลักษณะดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 รูปแบบของโครงถักทั้ง 9 รูปแบบ

4.2 ผลการสร้างสูตรสำหรับการวิเคราะห์ และออกแบบโครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

จากการเลือกรูปแบบโครงถักที่สนใจมาจำนวนทั้งสิ้น 9 รูปแบบ สามารถแบ่งแยกออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะรายการคำนวณ คือกลุ่มที่มีชิ้นส่วนรับแรงอัด 5, 6 และ 7 ชิ้นส่วน เมื่อแบ่งแยกรูปแบบของโครงถักออกเป็น 3 กลุ่ม แล้วทำการคำนวณหาแรงภายในโครงถักโดยใช้ วิธีคำนวณจุดต่อ (Joint Methods) และคำนวณหาค่าการโก่งตัวของโครงถักโดยวิธีงานเสมือน (Virtual Work) จากนั้นนำสมการที่สร้างขึ้นจากการคำนวณและคุณสมบัติของวัสดุไม้ไอศกรีม ไปสร้างสูตรการวิเคราะห์และออกแบบโครงถัก ลงในโปรแกรม Microsoft Excel



มุมภายใน		ชิ้นส่วน	ความยาว (ซ.ม.)	แรงภายใน (กก.)	ประเภทชิ้นส่วน
θ_1	30	AB	44.70	100.00	ประกบ 5
θ_2	124	BC	28.70	128.98	ประกบ 5
θ_3	40	CD	18.60	138.92	ประกบ 5
θ_4	108	DE	18.60	138.92	ประกบ 5
θ_5	62	EF	28.70	128.98	ประกบ 5
θ_6	86	FG	44.70	100.00	ประกบ 5
θ_7	86	AH	85.00	86.60	S4
θ_8	62	BH	51.60	42.88	S1
θ_9	108	CH	35.00	25.37	S1
θ_{10}	40	DH	30.00	19.38	S1
θ_{11}	124	EH	35.00	25.37	S1
θ_{12}	30	FH	51.60	42.88	S1
		GH	85.00	86.60	S4
การโก่งตัวรวมที่จุด H				10.40	มิลลิเมตร
น้ำหนักโครงสร้าง				179.38	กรัม

*FALSE หมายถึงชิ้นส่วนไม่สามารถต้านทานน้ำหนักบรรทุก (P) ที่กำหนดได้

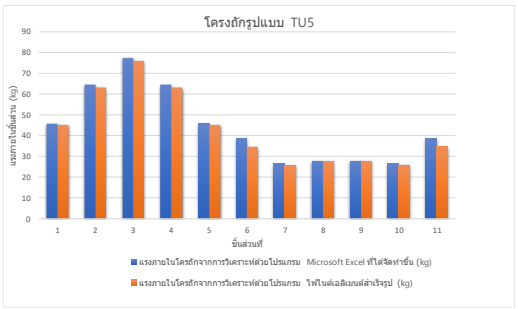
รูปที่ 5 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Excel ที่จัดทำขึ้น

4.3 ผลการวิเคราะห์โครงถัก

ทำการวิเคราะห์หาค่าแรงภายในและค่าการโก่งตัวของโครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป โดยมีตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

จากนั้นนำค่าแรงภายในและค่าการโก่งตัวของโครงถักที่ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น ไปเปรียบเทียบกับค่าแรงภายในและค่าการโก่งตัวโครงถักที่ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป โดยทำการเปรียบเทียบที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากันคือ 50 กิโลกรัมและมีตัวอย่างการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 6

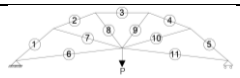
และจากผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์โครงถักทั้ง 9 รูปแบบ นำค่าผลต่างของแรงภายใน และค่าการโก่งตัวเฉลี่ย มาสรุปได้ผลดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตามลำดับ



หมายเหตุ น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำหนักบรรทุกที่แสดงในกราฟ

รูปที่ 6 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์งแรงภายในโครงถักรูปแบบ TU5

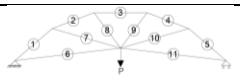
ตารางที่ 3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น โครงถัก รูปแบบ TU5



TU5

ชิ้นส่วนที่	แรงภายในจากน้ำหนักบรรทุก (P) (kg)				
	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg
1	9.18	18.36	27.54	36.72	45.90
2	12.95	25.90	38.85	51.79	64.74
3	15.50	31.01	46.51	62.02	77.52
4	12.95	25.90	38.85	51.79	64.74
5	9.18	18.36	27.54	36.72	45.90
6	7.70	15.40	23.10	30.80	38.50
7	5.34	10.68	16.03	21.37	26.71
8	5.55	11.09	16.64	22.18	27.73
9	5.55	11.09	16.64	22.18	27.73
10	5.34	10.68	16.03	21.37	26.71
11	7.70	15.40	23.10	30.80	38.50
การโก่งตัว (mm)	0.58	1.16	1.74	2.33	2.91

ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป ที่ได้จัดทำขึ้น โครงถัก รูปแบบ TU5



TU5

ชิ้นส่วนที่	แรงภายในจากน้ำหนักบรรทุก (P) (kg)				
	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg
1	9.02	18.03	27.05	35.07	45.08
2	12.64	25.29	37.93	50.57	63.21
3	15.22	30.44	45.67	60.89	76.11
4	12.64	25.29	37.93	50.57	63.21
5	9.02	18.03	27.05	35.07	45.08
6	6.94	13.88	20.83	27.77	34.71
7	5.38	10.28	15.41	20.55	25.69
8	5.57	11.14	16.71	22.28	27.84
9	5.57	11.14	15.41	22.28	27.84
10	5.38	10.28	16.71	20.55	25.69
11	6.94	13.88	20.83	27.77	34.71
การโก่งตัว (mm)	0.51	1.03	1.54	2.05	2.56

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าแรงภายในเฉลี่ยจากการ วิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ทีได้จัดทำขึ้น กับโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป

โครงถักรูปแบบ	ผลต่างของแรงภายในเฉลี่ย (kg)	ร้อยละผลต่างของแรงภายในเฉลี่ย (%)
TU5	1.45	3.48
TU6	1.55	4.20
TU7	1.24	3.06
TH5	0.24	1.04
TH6	0.31	1.55
TH7	1.28	5.52
TI5	2.82	7.93
TI6	1.42	7.40
TI7	0.58	2.75
เฉลี่ย	1.21	4.10

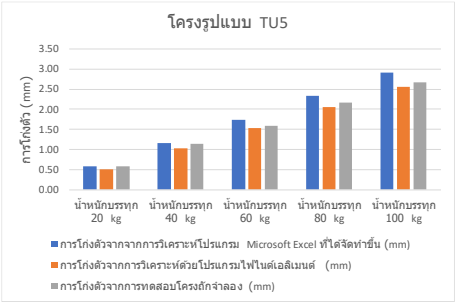
ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของโครงถักที่น้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น กับโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป

โครงถักรูปแบบที่	การโก่งตัวจากวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม (mm)		ผลต่างของการโก่งตัว (mm)	ร้อยละผลต่างของการโก่งตัว (%)
	Microsoft Excel	ไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป		
TU5	2.91	2.56	0.35	12.03
TU6	1.89	2.34	0.45	19.23
TU7	1.80	2.23	0.43	19.28
TH5	4.38	3.95	0.43	9.82
TH6	2.55	3.63	1.08	29.75
TH7	2.82	3.38	0.56	16.57
TI5	3.03	2.34	0.69	22.77
TI6	2.56	2.21	0.35	13.67
TI7	1.65	2.01	0.36	17.91
เฉลี่ย	-	-	0.52	17.89

4.4 ผลการประกอบโครงถัก และผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก

คณะผู้จัดทำได้ทำการประกอบโครงถักจำลองจากวัสดุไม้ไอศกรีมขึ้น จำนวน 9 รูปแบบ รูปแบบละ 5 โครง เพื่อทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 กิโลกรัม และศึกษาพฤติกรรมการโก่งตัวของโครงถักจำลอง ทำการจดบันทึกค่าการโก่งตัวของโครงถัก และนำมาหาค่าเฉลี่ยของการโก่งตัวได้ ดังตารางที่ 7

รูปที่ 5 ตัวอย่างการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงถัก



รูปที่ 6 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของโครงถักรูปแบบ TU5

ตารางที่ 7 ผลการโก่งตัวเฉลี่ยจากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ

โครงถักรูปแบบที่	การโก่งตัวเฉลี่ยที่วัดได้จากการทดสอบโครงถักที่น้ำหนักบรรทุกต่างๆ (mm)				
	20 kg	40 kg	60 kg	80 kg	100 kg
TU5	0.58	1.14	1.58	2.17	2.67
TU6	0.49	0.84	1.28	1.70	2.26
TU7	0.55	1.05	1.44	2.08	2.58
TH5	0.72	1.66	2.53	3.24	4.12
TH6	0.57	1.19	1.73	2.49	2.89
TH7	0.63	1.29	1.85	2.46	3.13
TI5	0.62	1.14	1.74	2.29	2.90
TI6	0.40	0.82	1.22	1.61	1.95
TI7	0.44	0.72	1.18	1.44	1.83

***4.5** ผลการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของโครงถักที่ทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก กับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป*

นำค่าการโก่งตัวที่ได้จากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก 20, 40, 60, 80 และ100 กิโลกรัม ไปเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป ได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวเฉลี่ยของโครงถัก

รูปแบบโครงถัก	ผลต่างค่าการโก่งตัวระหว่างโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้นกับการทดสอบจริงเฉลี่ย	ผลต่างค่าการโก่งตัวระหว่างโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทดสอบจริงเฉลี่ย	ร้อยละผลต่างค่าการโก่งตัวระหว่าง Microsoft Excel กับการทดสอบจริงเฉลี่ย	ร้อยละผลต่างค่าการโก่งตัวระหว่างไฟไนต์เอลิเมนต์ กับการทดสอบจริงเฉลี่ย
	(mm)	(mm)	(%)	(%)
TU5	0.12	0.09	5.21	6.78
TU6	0.18	0.10	14.09	7.32
TU7	0.46	0.21	30.40	13.96
TH5	0.17	0.11	8.10	5.36
TH6	0.24	0.40	13.24	18.84
TH7	0.18	0.15	10.04	7.18
TI5	0.09	0.34	4.37	20.03
TI6	0.33	0.13	21.27	9.17
TI7	0.13	0.10	13.52	7.99
เฉลี่ย	0.21	0.18	13.36	10.74

หมายเหตุ การทดสอบจริงจะใช้น้ำหนักบรรทุกเป็นสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์

5. สรุปผลการศึกษา

จากการเลือกรูปแบบโครงถักที่สนใจมาจำนวนทั้งสิ้น 9 รูปแบบ สามารถสร้างสูตรการวิเคราะห์และออกแบบโครงถัก ในโปรแกรม Microsoft Excel ได้ 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีชิ้นส่วนรับแรงอัด 5, 6 และ 7 ชิ้นส่วน

ผลจากการเปรียบเทียบโครงถักที่แตกต่างกันทั้งหมด 9 รูปแบบ ที่น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์สูงสุดเท่ากับ 50 กิโลกรัม พบว่าค่าแรงภายใน และค่าการโก่งตัว จากการวิเคราะห์โครงถักด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้นและโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป นั้นมีค่าที่แตกต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 4.10 % และ 17.89 % ตามลำดับ

เมื่อนำโครงถักจำลองที่ประกอบขึ้นไปทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก และทำการเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวจากการทดสอบ กับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป (โดยที่น้ำหนักจริงที่ใช้ในการทดสอบมีค่าเป็นสองเท่าของน้ำหนักที่ใช้ในการวิเคราะห์) ได้ผลต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 13.36 % และ 10.74 % ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลการเปรียบเทียบการทดสอบรับน้ำหนักบรรทุกของโครงถักเมื่อเทียบกับทั้ง 2 โปรแกรมนั้นต่างกันเพียงแค่ 2.62 % นั้น

จึงสรุปได้ว่าโปรแกรม Microsoft Excel ที่ได้จัดทำขึ้น สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าแรงภายในและค่าการโก่งตัวของโครงถักที่มีลักษณะ 9 รูปแบบคือ TU5, TU6, TU7, TH5, TH6, TH7, TI5, TI6 และ TI7 แทนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐวุฒิ ศุภรสิงห์ ไพศาล สุขรุ่งเรืองชัย และลลิตา ยั่งยืน ,การวิเคราะห์และออกแบบโครงถักจำลองด้วยวัสดุไม้ไอศกรีม , สาขาวิสวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ , 2560

[2] สิทธิชัย แสงอาทิตย์, ทฤษฎีโครงสร้าง, พิมพ์ครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ,นครราชสีมา, 2557

[3] วีระพงษ์ ไชยสถิตวานิช ,พัฒนาการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสม สำหรับโครงถักที่มีพฤติกรรมไม่เชิงเส้นด้วยวิธีงานสมมุติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539

[4] ผศ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก ,คู่มือการออกแบบโครงสร้างเหล็กด้วย Multiframe 4D ,พิมพ์ครั้งที่ 1 , สถาบันฝึกอบรมทางวิศวกรรมและก่อสร้าง TumCivil.com Training Center , 2556

[5] วรพรรณ วงศ์สรรคกร ,พัฒนาการคำนวณและออกแบบโครงถักเหล็กระนาบอย่างเหมาะสมด้วยวิธีงานสมมุติ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538

[6] อิทธิพงศ์ พันธ์นิกุล, การศึกษาเปรียบเทียบชนิดของโครงข้อหมุนที่ใช้วัสดุน้อยที่สุด, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543