



การวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้าย
บอกทางจราจรและโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจร
โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Analysis of the Effects of Wind from Vehicle Movement on Road Signs
and the Guidepost Structure Straddling the Road Surface
Using the Finite Element Methodology

กัมปนาท เกิดแก่น
Kampanat Koedkaen

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2565



การวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้าย
บอกทางจราจรและโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจร
โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Analysis of the Effects of Wind from Vehicle Movement on Road Signs
and the Guidepost Structure Straddling the Road Surface
Using the Finite Element Methodology

กัมปนาท เกิดแก่น
Kampanat Koedkaen

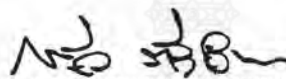
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร


2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร


ชื่อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร และโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจรโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
ชื่อ นามสกุล	กัมปนาท เกิดแก่น
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
สาขาวิชา และคณะ	วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิโรจน์ชิวัน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.ประกอบชาติภักต์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระวี ตรีอำนรรค)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐิภาณ ถิ่นพระบาท)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิโรจน์ชิวัน)


..... กรรมการ
(ดร.ประกอบ ชาติภักต์)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ)

วันที่ 26 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566

ชื่อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อ ป้ายบอกทางจราจร และโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจรโดยใช้ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
ชื่อ นามสกุล	กัมปนาท เกิดแก่น
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
สาขาวิชา และคณะ	วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบของลมที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และกระทำต่อป้ายบอกทางจราจร และโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจร ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์หาการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นและศึกษารูปแบบการเสียรูปของโครงสร้างเสาบอกทางจราจรอันเนื่องมาจากแรงลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนถนน โดยใช้มาตรฐานโครงสร้างเสาจราจรตามหลักโครงสร้างของกรมทางหลวงที่ได้กำหนดมาตรฐานแบบแปลนไว้ โดยเสามีขนาดสูง 8 เมตร ความยาวระหว่างเสาเท่ากับ 20 เมตร ป้ายจราจรขนาดใหญ่ที่มีความกว้าง ความสูง และความหนา เท่ากับ 6, 3 และ 0.003 เมตร ตามลำดับ ภาระที่กระทำกับโครงสร้างเสาบอกทางจราจร คือ แรงเนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้าง และแรงจากลมที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ผ่านของรถ ซึ่งกำหนดเป็นรถบรรทุกเนื่องจากเป็นรถที่มีพื้นที่หน้าตัดสูงสุดและสามารถทำให้เกิดแรงลมสูงสุด บรรทุกที่วิ่งผ่านป้ายจราจร ความเร็วของรถยนต์ที่เคลื่อนที่บนท้องถนนตามมาตรฐานความเร็วที่กำหนดความเร็วไว้ที่ 90 และ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และได้เพิ่มเติมการวิเคราะห์ในกรณีที่ความเร็วเกินมาตรฐานที่ 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยกำหนดเงื่อนไขของการจำลองคือ ขนาดหน้าตัดของรถบรรทุกที่ใช้งานจริงตามท้องถนน ความเร็วที่วิ่งผ่านทำให้เกิดลมปะทะกับแผ่นป้ายจราจรที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเสาบอกทางจราจร และขนาดแผ่นป้ายจราจรตามหลักมาตรฐานกรมทางหลวง แบบโครงสร้างเสาจราจรแบบคร่อมผิวจราจร ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายความเค้นและความเครียดเกิดขึ้นจากแรงเนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้างมากกว่าแรงที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะแม้ว่าจะวิ่งด้วยความเร็วเกินมาตรฐาน โดยความเค้นจะเกิดขึ้นมากที่สุดด้วยแรงกระทำสูงสุดที่จุดต่อของคานขวางเหล็กถัก โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 200 เมกะปาสคาล ค่าความปลอดภัยโดยประมาณเท่ากับ 1.2-1.4

คำสำคัญ: ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, โครงสร้างเสาบอกทางจราจร, ลมจากยานพาหนะ

Thesis Title	Analysis of the Effects of Wind from Vehicle Movement on Road Signs and the Guidepost Structure Straddling the Road Surface Using the Finite Element Methodology
Author	Kampanat Koedkaen
Degree	Master of Engineering (Mechanical Engineering)
Major Program	Mechanical Engineering Faculty of Engineering
Academic Year	2022

ABSTRACT

The research presents an analysis of the impact of wind generated by moving vehicles on traffic signs and the structure of guideposts straddling the road surface using a finite element methodology. The analysis was performed to determine the distribution of stress and strain and to study the deformation pattern of the traffic guidepost structure due to vehicle-induced gusts on the road. Standards for the traffic pole structure, which have been established as a standard plan by the Department of Highways were adopted. That is, the poles were 8 meters high; the length between the poles was 20 meters; and the width, height, and thickness of large traffic signs were 6, 3, and 0.003 meters, respectively. The load on the structure of the traffic guidepost poles was the force due to the weight of the structure and the force from the wind generated by the movement of the vehicle defined as a truck because of its highest cross-sectional area and ability to cause the highest wind force. Trucks passing through traffic signs had the speed of the vehicles moving on the road according to the standard speed limits of 90 and 120 km/h. An additional analysis was provided in case of speed exceeding the standard of 150 km/h. The conditions of the simulation were the cross-sectional size of the actual truck on the road, the passing speed of vehicles causing the wind to collide with the traffic signs affecting the structure of the traffic poles, and the size of the traffic signs. This was according to the standards of the Department of Highways regarding the structure of traffic guidepost poles straddling the traffic surface. The analysis results showed that the factors affecting the distribution of stress and strain arose from the force. This was because the weight of the structure was greater than the force arising from passing vehicles even when running at speeds exceeding the standard. The stress and strain would occur the most with the maximum force applied at the joint of the steel truss crossbeams with a maximum value of not more than 200 MPa, and a safety value was approximately 1.2-1.4.

Keywords: Finite Element Methodology, Structure of the Traffic Guidepost Pole, Vehicle Induced Gust

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและอนุเคราะห์จากอาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.ประกอบ ชาตฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และกรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณามอบความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือในทุกด้านทั้งการแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระวี ตรีอำนาจรค ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ชี้แนะแนวทาง ให้ความรู้ ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แนะนำแนวทาง การวิเคราะห์งานวิจัยฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฎิภาณ ถิ่นพระบาท กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังชี้แนะแนวทางการศึกษาเพิ่มเติมในสิ่งที่ผู้เขียนยังไม่เข้าใจให้มีความรู้เพิ่มเติมมากยิ่งขึ้น และยังทำให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ทำให้มีความรู้ในการศึกษา อบรมสั่งสอน แนะนำความรู้เพิ่มเติมจากนอกการศึกษามาเพิ่มให้กับผู้เขียน อีกทั้งตั้งเตือนผู้เขียนจนมีวันนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ผู้ที่ให้ความรู้ อนุเคราะห์ ส่งเสริมสนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ ค่อยอบรมสั่งสอนจนประสบความสำเร็จในด้านการศึกษา

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ดี ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้อ่านไม่มากนักน้อยต่อไป

กัมปนาท เกิดแก่น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.3 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา	6
1.4 ขอบเขตการศึกษา	6
1.5 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎี	7
2.2 มาตรฐานป้ายจราจรและมาตรฐานการออกแบบติดตั้งป้ายจราจร	11
2.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 วิธีดำเนินงานวิจัย	31
3.2 การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์	32
3.3 การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ	40
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล	
4.1 การกำหนดขนาดแรงที่ใช้ในการทดลอง	42
4.2 กรณีที่ 1 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรทั้ง 4 ป้ายในทิศทางเดียวกัน	43
4.3 กรณีที่ 2 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรทั้ง 4 ป้ายในทิศสวนทางกัน	47
4.4 กรณีที่ 3 แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรแบบเพิ่มขึ้นที่ละหนึ่งป้ายจราจร	51
4.5 สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	55

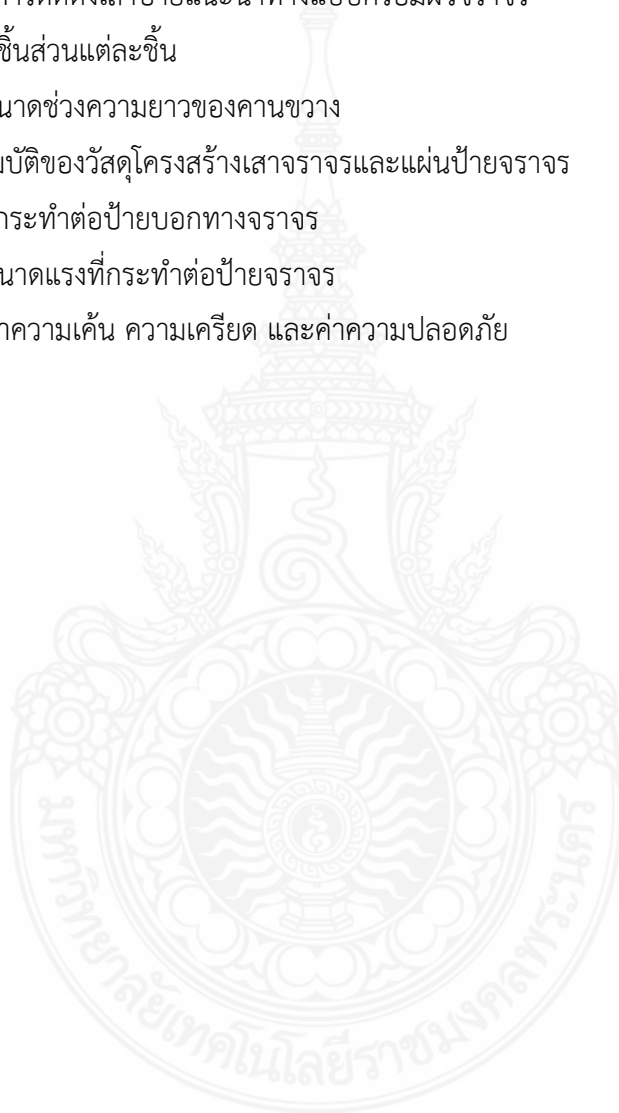
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 การอภิปรายผล	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก ก บทความตีพิมพ์เผยแพร่และใบรับรองการนำเสนอ	60
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	77



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	ขนาดตัวอักษรและตัวเลขสำหรับป้ายมาตรฐานสูง	12
2.2	ระยะการติดตั้งเสาป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร	15
2.3	ขนาดชิ้นส่วนแต่ละชิ้น	17
2.4	แบ่งขนาดช่วงความยาวของคานขวาง	17
3.1	คุณสมบัติของวัสดุโครงสร้างเสาจราจรและแผ่นป้ายจราจร	40
4.1	แรงที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร	42
4.2	สรุปขนาดแรงที่กระทำต่อป้ายจราจร	43
4.3	สรุปค่าความเค้น ความเครียด และค่าความปลอดภัย	55



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขวนยื่น (Overhang Signs)	2
1.2	ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรที่ใช้บนทางพิเศษ	2
1.3	ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร (Overhead Signs)	3
1.4	แบบโครงสร้างเสาป้ายแนะนำ	4
1.5	ข้อกำหนดในการติดตั้งป้ายแนะนำ	4
1.6	ป้ายแนะนำทางที่เกิดความเสียหายที่เกิดจากลม	5
2.1	ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	8
2.2	รูปร่างของเอลิเมนต์ 3D	8
2.3	ป้ายแนะนำทางล่วงหน้าในระยะ 2 กม.	12
2.4	แบบมาตรฐานป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร 1 ช่องทาง	12
2.5	แบบมาตรฐานป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร 2 ช่องทาง	13
2.6	แบบมาตรฐานป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร 3 ช่องทาง	13
2.7	แบบข้อกำหนดระยะของเสาป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร	15
2.8	โครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรที่เลือกใช้สำหรับการวิเคราะห์	15
2.9	แบบโครงสร้างเสาป้ายจราจรแบบคร่อมผิวจราจร	16
2.10	การทดสอบด้วยแบบจำลองที่อัตราส่วน 1:6	18
2.11	การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	19
2.12	การติดตั้งเซนเซอร์เพื่อบันทึกผล	19
2.13	กราฟบันทึกการเสียรูป และอุณหภูมิ	20
2.14	การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	20
2.15	ค่าความเค้น ต่ออุณหภูมิ	21
2.16	เหล็กฉากจากโครงสร้างถัก	22
2.17	การทดสอบวัสดุแบบจำลองด้วยแรงดึง	22
2.18	การทดสอบแรงกดในช่วงแรงต่างๆ	22
2.19	การใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ผล	23
2.20	สลักเกลียวที่ยึดติดเสาป้ายจราจร	23
2.21	การทดสอบแบบ Skidmore-Wilhelm	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 การวิเคราะห์ Skidmore-Wilhelm ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	24
2.23 ท่อเหล็กเติมคอนกรีตที่จะใช้วิเคราะห์	25
2.24 การทดสอบด้วยโปรแกรม	25
2.25 โครงสร้างป้ายที่ใช้วิเคราะห์ Jennifer Kacin	26
2.26 กราฟความเค้น ต่ออายุของโครงสร้าง	26
2.27 กราฟความเร็วลม ต่อการหมุน	27
2.28 ป้ายจราจรแบบ 3 แผ่นป้าย	27
2.29 เซนเซอร์วัดความเร่ง และวัดความเครียด	28
2.30 รถรับส่งนักเรียนชนเสาจราจร	28
2.31 การกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์	29
2.32 การวิเคราะห์ความเครียดจากโปรแกรมวิเคราะห์	29
2.33 การวิเคราะห์ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	30
3.1 การขึ้นแบบฐานโครงสร้างเสาด้วยโปรแกรม SolidWorks	32
3.2 การขึ้นโครงสร้างของโครงสร้างเสา	33
3.3 โครงสร้างจุดยึดเสาหลัก 2 ต้น	33
3.4 ท่อเชื่อมต่อระหว่างช่องในโครงถัก	34
3.5 กำหนดขนาดและระยะห่างของท่อโครงสร้างคานหลัก	35
3.6 ขยายเส้นท่อโครงสร้างหลักออกที่ความยาว 5.4 เมตร	35
3.7 ท่อเชื่อมต่อเสาโครงสร้างหลัก	36
3.8 ท่อโครงถักที่ยึดติดระหว่างท่อโครงสร้างหลักกับท่อเชื่อมต่อ	37
3.9 แบบคู่มือมาตรฐานโครงสร้างกำหนดของจุดเชื่อมต่อโครงสร้างคาน	37
3.10 จุดเชื่อมต่อของโครงสร้างคานจากการเขียนด้วยโปรแกรม	37
3.11 โครงสร้างที่ยึดแผ่นป้ายจราจร	38
3.12 ป้ายจราจรขนาด 4.2 เมตร และป้ายขนาด 5.4 เมตร	38
3.13 จุดเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างเสาจราจรกับโครงสร้างคาน	39
3.14 จุดเชื่อมต่อของโครงสร้างคาน	39
3.15 ติดตั้งป้ายจราจรเข้ากับโครงสร้างเสาจราจรเป็นจำนวน 4 ป้าย	40
4.1 ป้ายจราจรติดตั้งไปทิศทางเดินรถเดียวกันและแรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจร	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน	44
4.3 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน	44
4.4 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน	45
4.5 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน	45
4.6 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน	46
4.7 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน	46
4.8 การติดตั้งป้ายจราจร 4 ป้ายจราจร ในทิศสวนทางกันและแรงกระทำทั้ง 2 ฝั่ง	47
4.9 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน	48
4.10 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน	48
4.11 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน	49
4.12 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน	49
4.13 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน	50
4.14 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน	50
4.15 แรงกระทำต่อป้ายจราจรเพียง 1 ป้ายจราจร	51
4.16 แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรเป็นจำนวน 2 ป้ายจราจร	51
4.17 แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรเป็นจำนวน 3 ป้ายจราจร	52
4.18 การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดจากแรงกระทำ 1 แผ่นป้ายจราจร	52
4.19 การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดจากแรงกระทำ 2 แผ่นป้ายจราจร	53
4.20 การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดจากแรงกระทำ 3 แผ่นป้ายจราจร	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากบนถนนเส้นทางหลัก และเส้นทางชนบทของประเทศไทย มีหลายเส้นทางเพื่อการเดินทางไปยังจังหวัด หรือหลายสถานที่ ในการเดินทางจึงจำเป็นต้องใช้ยานพาหนะในการเดินทาง ในปัจจุบันมีจำนวนยานยนต์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก มีทั้งยานพาหนะส่วนบุคคล และยานพาหนะสาธารณะแต่มีการเดินทางร่วมกันและไปยังสถานที่เดียวกัน ถ้าไม่มีข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ในการใช้รถใช้ถนนจะทำให้เกิดอุบัติเหตุที่อันตรายต่อทรัพย์สินและอันตรายต่อชีวิตได้ จึงจำเป็นต้องมีป้ายจราจรหลายชนิด เพื่อใช้ในการแนะนำเส้นทาง หรือใช้ในการเตือนตามหลักการประกาศตามคณะกรรมการการจราจรทางบกเกี่ยวกับป้ายเตือน และป้ายแนะนำทาง ถึงต้องมีมาตรฐานของป้ายจราจร โดยกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นกระทรวงมหาดไทย ได้มีมาตรฐานป้ายจราจรอยู่ ดังนี้ [1]

ประเภทป้ายจราจร ประเภทป้ายจราจรที่สำคัญได้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ป้ายบังคับ เป็นป้ายจราจรที่แสดงกฎจราจรเฉพาะที่นั้นๆ เพื่อบังคับให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามความหมายของเครื่องหมายจราจรที่ปรากฏอยู่บนป้ายจราจรนั้น ซึ่งมีผลบังคับตามกฎหมาย โดยผู้ใช้ทางต้องกระทำ งดเว้นการกระทำ หรือจำกัดการกระทำ หรือจำกัดการกระทำในบางประการหรือบางลักษณะตามป้ายจราจรนั้น

2. ป้ายเตือน เป็นป้ายจราจรที่ใช้เตือนผู้ใช้ทางทราบล่วงหน้าถึงลักษณะสภาพทาง หรือทางข้างหน้ากำลังจะมีการบังคับควบคุมการจราจรบางอย่างที่อาจเกิดอันตราย หรืออุบัติเหตุขึ้นได้ เพื่อให้ผู้ใช้ทางเพิ่มความระมัดระวังในการในการขับขี่มากยิ่งขึ้น

3. ป้ายแนะนำ เป็นป้ายจราจรที่แนะนำให้ผู้ใช้ทราบข้อมูลอันเกี่ยวกับการเดินทาง การจราจร และการนำไปสู่จุดหมายปลายทาง เช่น เส้นทางที่จะใช้ ทิศทาง ระยะทาง สถานที่ รวมถึงข้อมูลอื่นๆ เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการเดินทางได้ถูกต้อง สะดวก และปลอดภัย

ในข้อมูลขั้นต้นตามมาตรฐาน และข้อกำหนด โดยกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย จึงให้ความสำคัญของป้ายแนะนำ ที่เป็นป้ายจราจรแบบแขวนสูง ซึ่งป้ายจราจรแขวนสูงจะแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่น (Overhang Signs) ป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่นจะติดตั้งที่บริเวณทางหลวงที่มีขนาด 2 ช่องจราจร หรือมากกว่าในทิศทางเดียวกัน ต้องพิจารณาในการใช้การติดตั้งป้ายประเภทนี้ คือ มีปริมาณการใช้ทางหลวงในพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งป้ายมากกว่า

4000 คันต่อวัน จุดที่จะติดตั้งป้ายไม่เอื้ออำนวยต่อการติดตั้งป้ายแบบข้างทาง เช่น มีป้ายร้านค้าหรือป้ายโฆษณา อาคารที่อยู่ใกล้ถนน ที่อาจทำให้เกิดความสับสนได้ และทางหลวงที่มีการควบคุมการเข้า-ออก จึงเลือกใช้การติดตั้งป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่น แทนการติดตั้งป้ายจราจรแบบข้างทาง เพื่อความสะดวก และง่ายต่อผู้ใช้งานจราจรทางหลวงในบริเวณนั้น ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่น (Overhang Signs) [2]



รูปที่ 1.2 ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรที่ใช้บนทางพิเศษ [3]

2. ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร (Overhead Signs) ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร ใช้ติดตั้งบนทางหลวงที่มีขนาด 4 ช่องจราจร หรือมากกว่าในทิศทางเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นป้ายเตือน ป้ายบอกช่องทาง หรือป้ายบอกทิศทาง มีองค์ประกอบและกฎเกณฑ์ในการพิจารณา

คือ มีปริมาณการใช้ทางหลวงในพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งป้ายมากกว่า 8,000 คันต่อวัน มีทางแยกทางร่วมต่างระดับ จุดที่จะติดตั้งป้ายไม่เอื้ออำนวยต่อการติดตั้งป้ายแบบข้างทางเช่น มีป้ายร้านค้าหรือป้ายโฆษณา อาคารที่อยู่ใกล้ถนน ที่อาจทำให้เกิดความสับสนได้ และทางหลวงที่มีการควบคุมการเข้า-ออกแต่ในทางหลวงหรือทางพิเศษที่มีขนาดใหญ่ โดยมียานพาหนะวิ่งผ่านด้วยความเร็ว และมียานพาหนะหลายชนิดการใช้ถนน จึงใช้ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรซึ่งสามารถติดตั้งป้ายจราจรที่มีขนาดใหญ่ได้ และสามารถมองเห็นและเข้าใจในป้ายจราจรได้ไกล ขนาดรถที่ใหญ่จะไม่บดบังการมองเห็นป้ายจราจร จึงง่ายต่อการตัดสินใจในการสัญจร ดังรูปที่ 1.2

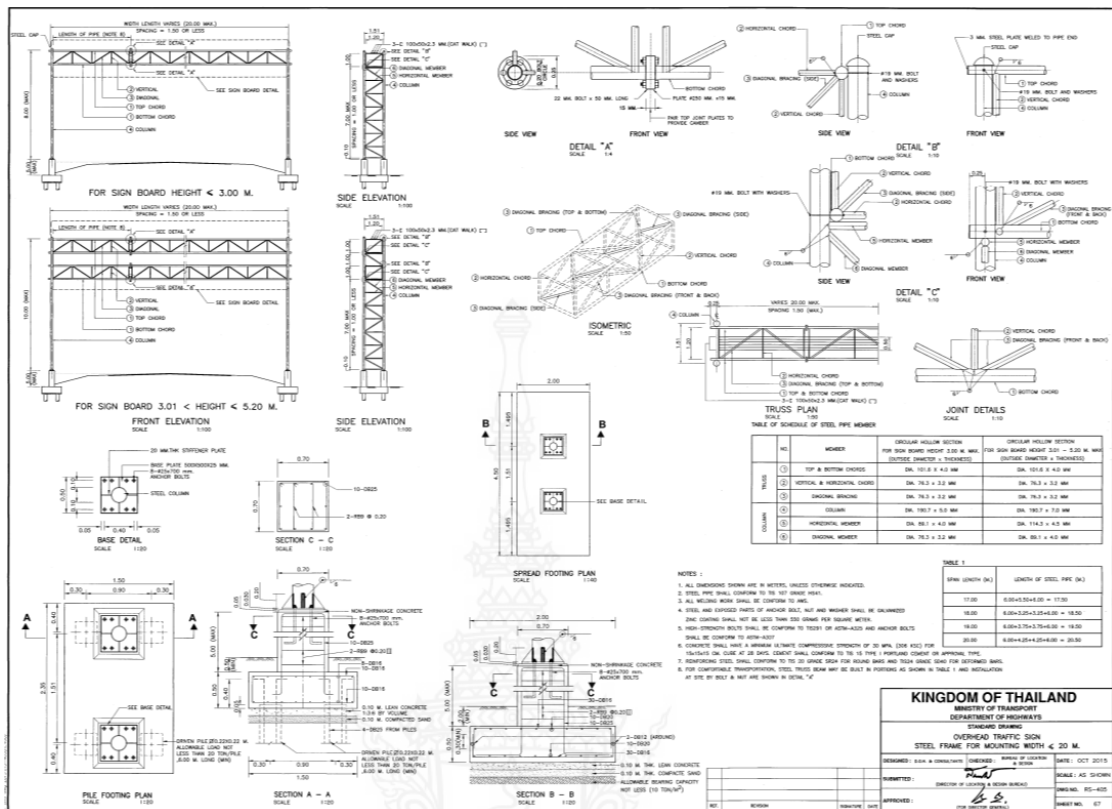
ในงานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญต่อโครงสร้างรองรับป้ายแนะนำทางชนิดแขวนสูง (Overhead Signs) ดังรูปที่ 1.3 เรียกว่า ป้ายแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร วัตถุประสงค์ในการใช้ป้ายจราจรแบบแขวนสูงนั้น เพื่อให้มองเห็นได้ชัดเจนบนถนนที่มีความกว้าง และมีการจราจรหนาแน่น อาจจะเป็นบนถนนที่ออกแบบให้รถใช้ความเร็วสูง หรือบนทางที่มีบริเวณพื้นที่ค่อนข้างจำกัด มีขนาดของรถที่มีขนาดใหญ่และรถที่มีขนาดเล็ก



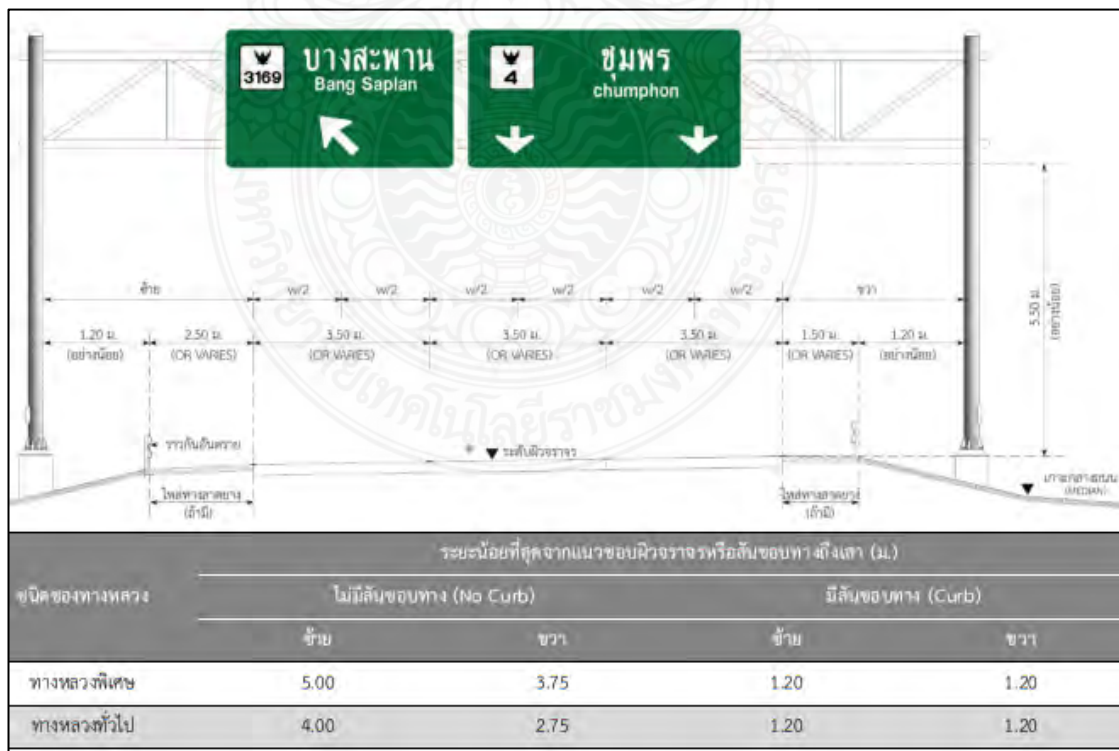
รูปที่ 1.3 ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร (Overhead Signs) [4]

ในการติดตั้งป้ายจราจรจะมีข้อกำหนด หรือมาตรฐานของโครงสร้างเสาในการใช้ติดตั้งป้ายจราจร โดยป้ายแนะนำขนาดใหญ่ ต้องออกแบบให้แข็งแรง สามารถรับแรงลมได้ กรมทางหลวงจึงกำหนดมาตรฐานโครงสร้าง ตามมาตรฐานกรมทางหลวง (Standard Drawing For Highway Construction Department Of Highways) ปีที่ปรับปรุงล่าสุด [5]

ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้ามาตรฐานโครงสร้างจากเอกสารฉบับปรับปรุงล่าสุด แก้ไขครั้งที่ 5 กุมภาพันธ์ 2021 Standard Drawing For Highway Construction 2015 Revision โดยกำหนดโครงสร้าง และข้อกำหนดแบบการติดตั้งป้ายแนะนำทาง ของป้ายแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร



รูปที่ 1.4 แบบโครงสร้างเสาป้ายแนะนำ [5]



รูปที่ 1.5 ข้อกำหนดในการติดตั้งป้ายแนะนำ [5]

ตามรูปที่ 1.4 และ 1.5 เป็นแบบโครงสร้างของเสาป้ายบอกทางแบบคร่อมผิวจราจร โดยมีรายละเอียดในการกำหนดขนาดของวัสดุ รูปแบบในการติดตั้ง ความกว้างและความยาวของโครงการ ให้ในการสร้างหรือประกอบโครงสร้างในแต่ละเสาเป็นไปตามมาตรฐาน ที่ได้ผ่านการทดสอบทางด้านความแข็งแรงตามหลักวิศวกรรม เพื่อความปลอดภัยต่อผู้เดินทาง โดนกำหนดรายละเอียดทั้งหมดไว้ในแบบโครงสร้าง ซึ่งขนาดของถนนมีผลต่อการเลือกขนาดความกว้างและความยาวของโครงสร้างซึ่งมีผลต่อค่าความแข็งแรงโครงสร้างได้ อีกทั้งความเร็วของยานพาหนะที่ใช้บนทางหลวงอาจทำให้เกิดความเสียหายจากลมของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจร

ในงานวิจัยนี้จึงได้ให้ความสำคัญกับโครงสร้างในการรองรับป้ายแนะนำแบบแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร เพื่อทำการศึกษาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างป้ายแนะนำ เนื่องจากป้ายแนะนำทางขนาดที่ใหญ่ และได้มีการติดตั้งอยู่บนท้องถนน และได้เกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับป้ายแนะนำทางแบบแขวนสูง โดยเกิดจากแรงลม และตกลงมาทำความเสียหายกับ ผู้ใช้รถใช้ถนนในบริเวณนั้น ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 ป้ายแนะนำทางที่เกิดความเสียหายที่เกิดจากลม [6]

ผู้วิจัยได้สนใจที่จะศึกษาวิเคราะห์หาการกระจายตัวของความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นและศึกษารูปแบบการเสียรูปของโครงสร้างเสาบอกทางจราจรอันเนื่องมาจากแรงลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนถนน โดยใช้มาตรฐานโครงสร้างเสาจราจรตามหลักโครงสร้างของกรมทางหลวงที่ได้กำหนดมาตรฐานแบบแปลนไว้ โดยภาระที่กระทำกับโครงสร้างเสาบอกทางจราจร คือ แรงเนื่องจากน้ำหนักโครงสร้าง และแรงที่เกิดขึ้นจากความเร็วลมที่มาจากความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งผ่านป้ายจราจร ความเร็วของรถยนต์ที่วิ่งตามมาตรฐานความเร็วที่กำหนดความเร็วไว้ที่กฎหมายกำหนดไว้ โดยกำหนดเงื่อนไขของการจำลองคือ ขนาดหน้าตัดของรถบรรทุกที่ใช้งาน

จริงตามท้องถนน ความเร็วที่วิ่งผ่านทำให้เกิดลมปะทะกับแผ่นป้ายจราจรที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเสาบอกทางจราจร และขนาดแผ่นป้ายจราจรตามหลักมาตรฐานกรมทางหลวง แบบโครงสร้างเสาจราจรแบบคร่อมผิวจราจร

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในป้ายบอกทางจราจรและโครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรอันเนื่องมาจากแรงลมที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

1.2.2 เพื่อศึกษาการเสียรูปของโครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวดนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.3 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา

1.3.1 ได้ผลลัพธ์ของค่าความเค้นและความเครียดจากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยการกำหนดขนาดของโครงสร้างเสาจราจรตามคู่มือมาตรฐาน การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้กับโครงสร้างเสาจราจร และการกำหนดรูปแบบแรงที่กระทำต่อป้ายจราจร

1.3.2 ได้ทราบถึงค่าความปลอดภัยของโครงสร้างเสาจราจรจากการวิเคราะห์ความเค้นใช้งานด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเทียบกับค่าความเค้นสูงสุดที่ได้จากการออกแบบ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับป้ายจราจร คือวัสดุ ASTM A36 Steel Material และโครงสร้างเสาบอกทางจราจร คือวัสดุ JIS G3444 Grade STK41

1.4.2 วิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks Simulation

1.4.3 วิเคราะห์ความเค้น ความเครียด และการเสียรูปของโครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรเท่านั้น

1.5 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทรศัพท์/โทรสาร: 0 2836 3000 ต่อ 4138 โทรศัพท์มือถือ: -

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM)

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM; Finite Element Method หรือ FEA; Finite Element Analysis) [7-9] คือ วิธีการคำนวณด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เป็นระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ใช้ในเชิงการหาพฤติกรรมของวัสดุ เชิงการหาโครงสร้าง โดยอาศัยการแก้ปัญหาระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial Differential Equation) ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Methods) โดยมีแนวความคิดที่ว่าแบ่งวัตถุออกเป็นชิ้นเล็กๆที่เรียกว่า เอลิเมนต์โดยจะเชื่อมต่อแต่ละเอลิเมนต์ด้วยจุดโหนด (Node) โดยจะแก้ไขปัญหาแต่ละโหนดในเอลิเมนต์นั้นในรูปฟังก์ชันพีชคณิต และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการหาผลลัพธ์ หรือผลเฉลยได้แม่นยำจากสมการเชิงอนุพันธ์ ในการคำนวณหาวัตถุใดๆ สามารถแบ่งออกกันอย่างอิสระและยังสามารถประกอบกลับเป็นรูปแบบเดิมได้

กระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ขั้นตอนต่างๆในการเตรียมการที่จะคำนวณหาผลลัพธ์ต่างๆ เช่น แรง ความถี่ ความเค้น อุณหภูมิ จุดความเสียหายจะต้องมีขั้นตอนอยู่ 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ

1. ขั้นตอนของการเตรียมแบบจำลอง (Pre-Processing)

ในขั้นตอนของการเตรียมแบบจำลอง จะมีขั้นตอนย่อยต่างๆเพื่อกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการคำนวณ

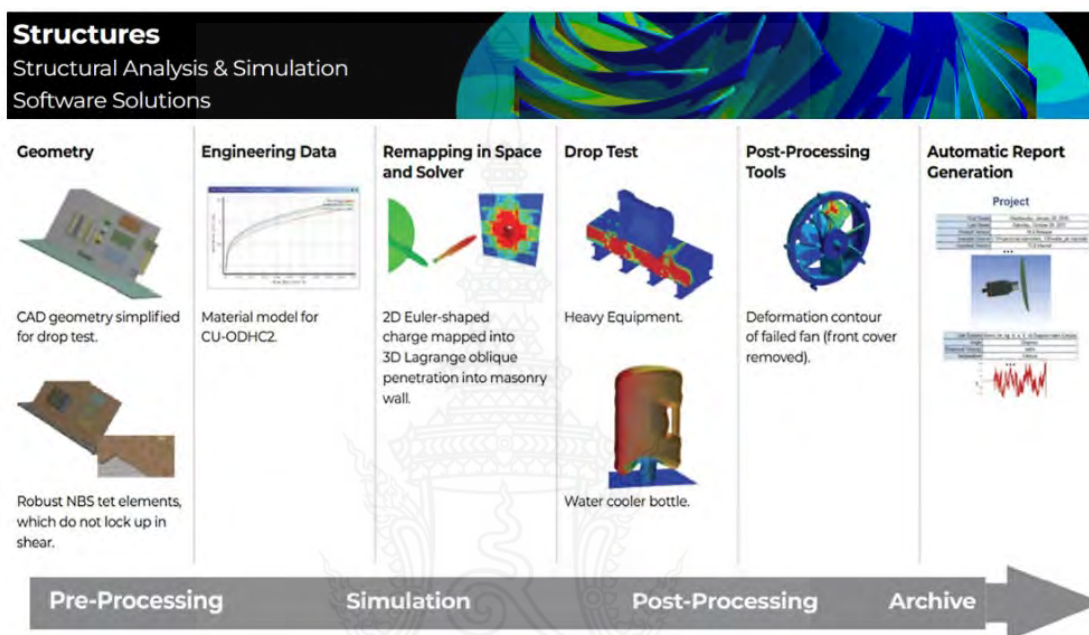
- 1.1 การสร้างรูปร่างของแบบจำลอง (Geometric Construction) เช่น ขนาดของป้ายจราจร และโครงสร้างเสาจราจรที่มีความซับซ้อนที่จะใช้ในการคำนวณ
- 1.2 การแบ่งโดเมนของแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์ต่างๆต่อกันด้วยจุดโหนด (Discretization)
- 1.3 การกำหนดรูปร่างของฟังก์ชันซึ่งแสดงถึงผลเฉลยของเอลิเมนต์
- 1.4 สร้างสมการของเอลิเมนต์
- 1.5 กำหนดเงื่อนไขของปัญหา เช่น ภาระโหลด จุดที่โหลดกระทำ
- 1.6 กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Material Properties)

2. ขั้นตอนการหาคำตอบ (Solve-Processing)

คือ การแก้สมการเพื่อหาคำตอบซึ่งอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นหรือสมการไม่เชิงเส้น ก็คือค่าการกระจัดของโหนดต่างๆ หรือค่าความเค้นและความเครียดที่โหนดต่างๆ

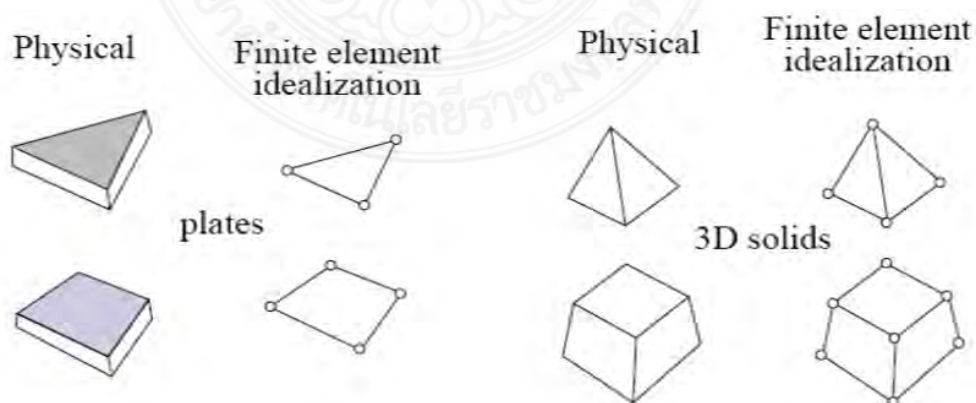
3. การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Post-Processing)

คือ การวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่สนใจที่ได้จากการหาคำตอบ เช่น เราอยากจะทำทราบความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาหลักเพื่อที่จะคำนวณหาคำตอบ และนำมาสรุปผลเพื่อวิเคราะห์ศึกษาชิ้นส่วนนั้นๆ



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนกระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [9]

เอลิเมนต์ 3D ในการแบ่งโครงสร้างออกนั้น เราจะแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆและจะเลือกชนิดของเอลิเมนต์ให้เหมาะสมเพื่อนำไปคำนวณหาผลเฉลย คุณสมบัติของวัสดุหรือโครงสร้างเป็นส่วนสำคัญในการเลือกชนิดของเอลิเมนต์ โดนเอลิเมนต์ 3D จะมีหลายชนิดดังนี้



รูปที่ 2.2 รูปร่างของเอลิเมนต์ 3D [9]

2.1.1 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อใช้วิเคราะห์ของแข็ง 3 มิติ

สมการทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อการใช้วิเคราะห์ของแข็ง 3 มิติ โดยจะใช้เอลิเมนต์ที่มีสนามภายในเป็นสนามการขจัด กำหนดเอลิเมนต์ที่ใช้ในการพิจารณา โดยความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียด คือ [7]

$$\{\varepsilon_{\bar{v}}\} = [D]\{u\} \quad (2.1)$$

$$\{\sigma_{\bar{v}}\} = [E]\{\varepsilon_{\bar{v}}\} \quad (2.2)$$

- เมื่อ $\{\varepsilon_{\bar{v}}\}$ คือ เวกเตอร์สนามความเครียดภายในเอลิเมนต์
 $[D]$ คือ เมทริกซ์ตัวดำเนินการอนุพันธ์
 $\{u\}$ คือ เวกเตอร์สนามการขจัดภายในเอลิเมนต์ประกอบด้วย a, b, c
 $\{\sigma_{\bar{v}}\}$ คือ เวกเตอร์ความเค้นภายในเอลิเมนต์
 $[E]$ คือ เมทริกซ์สภาวะยืดหยุ่นของความเค้นและความเครียด

เมื่อทราบสนามการขจัดภายในเอลิเมนต์ตั้งสมการ (2.1) และ (2.2) จะสามารถหาเวกเตอร์ความเครียดภายในเอลิเมนต์

$$\{\varepsilon_{\bar{v}}\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a \\ b \\ c \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial a}{\partial x} \\ \frac{\partial b}{\partial y} \\ \frac{\partial c}{\partial z} \\ \frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial b}{\partial x} \\ \frac{\partial b}{\partial z} + \frac{\partial c}{\partial y} \\ \frac{\partial a}{\partial z} + \frac{\partial c}{\partial x} \end{Bmatrix} \quad (2.3)$$

และเวกเตอร์ของความเค้นภายในเอลิเมนต์

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \quad (2.4)$$

เมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่มีวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน และทิศทางเดียวกัน

$$[E] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

สนามการขจัดภายในเป็นค่าสนามภายในเอลิเมนต์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และเป็นฟังก์ชันของการขจัดที่จุดต่อ

$$\{u\} = [N]\{d\} \quad (2.6)$$

เมื่อ $[N]$ คือ รูปร่างของฟังก์ชัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของเอลิเมนต์

$\{d\}$ คือ ค่าเวกเตอร์ของการขจัดที่จุดต่อของเอลิเมนต์ที่แยกมาจากเวกเตอร์ของการขจัดรวม $\{D\}$ ซึ่งเป็นผลเฉลยของการแก้สมการ

$$[F] = [K]\{D\} \quad (2.7)$$

$$[K]^{-1}\{F\} = \{D\} \quad (2.8)$$

เมื่อ $[K]$ คือ การรวมเมตริกซ์ที่ประกอบจาก Stiffness Matrix, $[k]$ ของทุกเอลิเมนต์ที่เรียกว่า Global Stiffness Matrix

$\{F\}$ คือ การรวมเวกเตอร์ที่ประกอบจาก Element Force Vector, $\{f\}$ ที่เรียกว่า Global Force Vector

การสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์คือการหาค่าสมมูลในเอลิเมนต์ที่หาค่าจาก $\{f\}$ และ $[k]$ ของเอลิเมนต์รูปร่างใดๆ

$$\{f\} = [k]\{d\} \quad (2.9)$$

2.2 มาตรฐานป้ายจราจรและมาตรฐานการออกแบบติดตั้งป้ายจราจร

บนท้องถนนประเทศไทยและต่างประเทศได้มีการใช้รถใช้ถนนในการเดินทาง จึงจำเป็นต้องมีป้ายจราจรเพื่อใช้ประโยชน์ในการอำนวยความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทาง จึงจำเป็นต้องมีระบบควบคุมการใช้ทางหลวงให้มีการใช้งานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ การเดินทางในแต่ละเส้นทางจะต้องสะดวกและปลอดภัยจึงต้องมีระบบนำทางที่ดี ป้ายจราจรจึงเป็นส่วนสำคัญเพื่อให้นำทางผู้เดินทางให้ถึงปลายทางได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย [1]

โดยป้ายจราจรจะต้องติดตั้งบนทางหลวงเพื่ออำนวยความสะดวกและปลอดภัยแก่ผู้เดินทาง ซึ่งประเภทป้ายจราจรที่สำคัญที่ใช้งานโดยทั่วไปได้แก่ ป้ายบังคับ ป้ายเตือน และป้ายแนะนำทาง โดยแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันในการใช้งาน

1. ป้ายบังคับ คือ ป้ายที่ใช้เพื่อบังคับผู้ใช้รถใช้ถนน ผู้ขับขี่ รวมถึงคนที่เดินเท้าทราบถึงหน้าที่ของตนเองบนถนนหรือทางเท้า เพื่อช่วยลดความขัดแย้งทางจราจร และป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้
2. ป้ายเตือน คือ ป้ายที่ใช้เพื่อเตือนให้ผู้ใช้รถใช้ถนน ผู้ขับขี่ทราบล่วงหน้าถึงสิ่งที่เป็นอันตราย หรือเพิ่มความระมัดระวังเพื่อเพิ่มความปลอดภัยบนทางหลวง
3. ป้ายแนะนำ คือ ป้ายใช้เพื่อแนะนำให้ผู้ขับขี่ทราบถึงข้อมูลต่างๆ ในขณะเดินทาง เช่น ทางเข้า ทางออก แหล่งท่องเที่ยว และจุดหมายปลายทาง เป็นต้น

การที่ป้ายจราจรมีหลากหลายประเภท และแต่ละประเภทมีด้วยกันหลายชนิด จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดรูปแบบ สี รูปร่าง และลักษณะ ให้แตกต่างกัน เพื่อแยกลักษณะของป้ายให้แตกต่างกัน และป้ายอาจถูกติดตั้งเป็นป้ายข้างทางหรือป้ายแบบแขวนสูง โดยมีระยะติดตั้งตามแนวเดียวกับทางเดินรถ ตามแนวขวางและตามแนวดิ่ง เพื่อประสิทธิภาพในการมองเห็น

งานวิจัยที่สนใจที่จะศึกษาของโครงสร้างเสาจราจรที่รองรับป้ายแนะนำทางที่เป็นป้ายจราจรแบบแขวนสูงแบบคร่อมผิจราจรเท่านั้น

2.2.1 รูปร่างและขนาดของป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิจราจร

ในการติดตั้งป้ายจราจรที่ติดตั้งกับโครงสร้างจราจรแบบคร่อมผิจราจรจะต้องเป็นป้ายแนะนำบนทางหลวงมาตรฐานสูง ซึ่งเป็นป้ายแนะนำที่ต้องกำหนดระบบการติดตั้งที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อให้ผู้ขับขี่อ่านป้ายและปฏิบัติตามได้อย่างปลอดภัยในขณะที่วิ่งด้วยความเร็วสูง การใช้ป้าย

จราจรมาตรฐานปกติไม่อาจสามารถสื่อสารความหมายหรือแนะนำผู้เดินทางไปสู่จุดหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงออกแบบป้ายชนิดนี้ให้มีมาตรฐานสูงกว่าป้ายแนะนำทั่วไป

ตัวอักษรและตัวเลข ที่ใช้บนแผ่นป้ายมาตรฐานสูง จะต้องมีความใหญ่กว่าป้ายแนะนำทั่วไป เนื่องจากได้ออกแบบให้สามารถรองรับการจราจรที่ต่อเนื่องด้วยความเร็วสูง โดยขนาดตัวอักษรและตัวเลขสำหรับป้ายมาตรฐานสูงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดตัวอักษรและตัวเลขสำหรับป้ายมาตรฐานสูง [1]

ชนิดป้าย	ภาษาไทยและตัวเลข (ชม.)		ภาษาอังกฤษ (ชม.)		
	ปกติ	กรณีจำเป็น	ปกติ (ตัวตาม)	กรณีจำเป็น	ตัวนำ
Overhang (แบบแขนยื่น)	30	ไม่น้อยกว่า 25	15	ไม่น้อยกว่า 12.5	4/3 ของตัว ตาม
Overhead (แบบคร่อมผิวจราจร)	50	ไม่น้อยกว่า 40	25	ไม่น้อยกว่า 20.0	4/3 ของตัว ตาม

ตัวอย่างภาพป้ายแนะนำทางแบบมาตรฐานสูงแบบแขนยื่น และแบบคร่อมผิวจราจรที่มีทั้งอักษรภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และตัวเลข ที่อยู่บนป้ายแนะนำทาง เพื่อผู้เดินทางใช้รถใช้ถนนได้สังเกตเห็น และเข้าใจในข้อความ



รูปที่ 2.3 ป้ายแนะนำทางล่วงหน้าในระยะ 2 กม. [1]



รูปที่ 2.4 แบบมาตรฐานป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร 1 ช่องทาง [1]

แบบมาตรฐานป้ายจราจรแบบক্র่อมฝิวจราจร ตามมาตรฐานของกรมการทางหลวงกำหนดไว้ โดยพิจารณาขนาดป้ายจราจรจากขนาดของช่องจราจร คือ

กรณีทีถนนมี 1 ช่องทางจะต้องใช้ขนาดป้ายตามขนาดในรูปที่ 2.4 มิติเป็นมิลลิเมตร

กรณีทีถนนมี 2 ช่องทางจะต้องใช้ขนาดป้ายตามรูปที่ 2.5 มิติเป็นเซนติเมตร



รูปที่ 2.5 แบบมาตรฐานป้ายแนะนำทางแบบক্র่อมฝิวจราจร 2 ช่องทาง [1]

กรณีทีถนนมี 3 ช่องทางจะต้องใช้ขนาดป้ายตามรูปที่ 2.6 มิติเป็นเซนติเมตร



รูปที่ 2.6 แบบมาตรฐานป้ายแนะนำทางแบบক্র่อมฝิวจราจร 3 ช่องทาง [1]

2.2.2 หลักเกณฑ์การติดตั้งป้ายจราจรประเภทแขวนสูง

การใช้ป้ายจราจรแขวนสูงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นป้ายได้อย่างชัดเจนบนทางหลวงที่มีฝิวจราจรทีกว้างและมีการจราจรหนาแน่น โดยป้ายจราจรแขวนสูงจะใช้ได้กรณีใดกรณีหนึ่งดังต่อไปนี้

1. เพื่อต้องการใช้ป้ายจราจรหรือป้ายแนะนำกำกับหรือบอกให้เดินรถตามช่องทางแต่ละช่องอย่างถูกต้อง
2. ติดตั้งที่บริเวณทางแยกต่างระดับที่มีความซับซ้อน
3. ไม่สามารถติดตั้งป้ายขนานข้างทางได้ เช่น ทางหลวงในเมืองโดยที่มีขนาดทางเท้าไม่เพียงพอที่จะติดตั้งป้ายได้
4. ในกรณีที่ไม่สามารถมองเห็นป้ายจราจรหรือไม่สามารถมองเห็นข้างทางไม่ชัดเจนเนื่องจากสองข้างทางไม่สว่างพอที่จะสังเกตเห็นได้ชัดเจน
5. มีปริมาณรถบรรทุกใหญ่จำนวนมาก อาจะบดบังการมองเห็นป้ายแบบข้างทาง

ข้อกำหนดสำหรับการออกแบบและการก่อสร้างโครงสร้างรองรับป้ายจราจรแขวนสูงให้ใช้ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง (Standard Drawing For Highway Construction Department Of Highways ปีที่ปรับปรุงล่าสุด) ในบางกรณีอาจใช้โครงสร้างของสะพาน ซึ่งพาดข้ามทางหลวงเป็นสถานที่ติดตั้งป้ายจราจรแขวนสูงก็ได้ถ้าสะพานนั้นอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและสามารถติดตั้งได้

ทั้งนี้ป้ายจราจรมาตรฐานสูงประเภทแขวนสูงที่สามารถนำมาใช้กับทางหลวงแผ่นดิน โดยปกติจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่น (Overhang Signs) และป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร (Overhead Signs) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานในแต่ละประเภทของทางหลวงหรือสภาพของทางแยก

2.2.3 มาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรและแบบข้อกำหนดระยะเสาป้ายจราจร

ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรใช้ติดตั้งที่บริเวณทางหลวงขนาด 4 ช่องจราจรหรือมากกว่า (ในทิศทางเดียว) และในบริเวณที่มีความซับซ้อนในการเข้าช่องทางให้ถูกต้อง โดยมีการใช้รถหลายชนิด ซึ่งอาจเป็นป้ายเตือนล่วงหน้าป้ายบอกทิศทางหรือป้ายบอกช่องทางรวมทั้งมีองค์ประกอบข้อใดข้อหนึ่งตามหลักเกณฑ์ดังนี้

1. มีปริมาณการจราจรมากกว่า 8,000 คัน/วัน
2. เป็นทางแยกต่างระดับ
3. สภาพข้างทางไม่เอื้ออำนวยต่อการติดตั้งป้ายข้างทาง เช่น ถนนที่มีไหล่ทางแคบ การติดตั้งอาจล้ำเข้าไปในอาคาร มีป้ายร้านค้าหรือป้ายโฆษณาจำนวนมาก อาจทำให้สับสน
4. ทางหลวงที่มีการควบคุมจุดเข้า-ออก

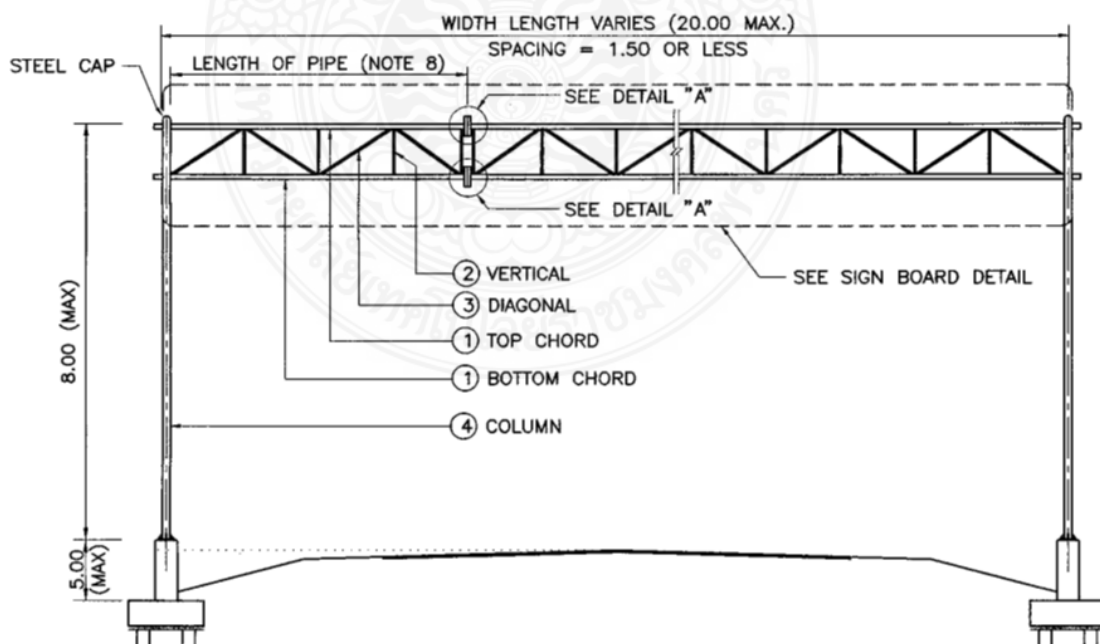
โดยมีข้อกำหนดระยะของโครงสร้างเสาจราจร และมีความสูงของเสาป้ายจราจรในการติดตั้งตามแบบโครงสร้างของกรมทางหลวง โดยได้มีการกำหนดตามตารางและข้อกำหนดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระยะการติดตั้งเสาป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร [1]

ชนิดของทางหลวง	ระยะน้อยที่สุดจากแนวขอบผิวจราจรหรือขอบทางถึงเสา (ม.)			
	ไม่มีเส้นขอบทาง		มีเส้นขอบทาง	
	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา
ทางหลวงพิเศษ	5.00	3.75	1.20	1.20
ทางหลวงทั่วไป	4.00	2.75	1.20	1.20



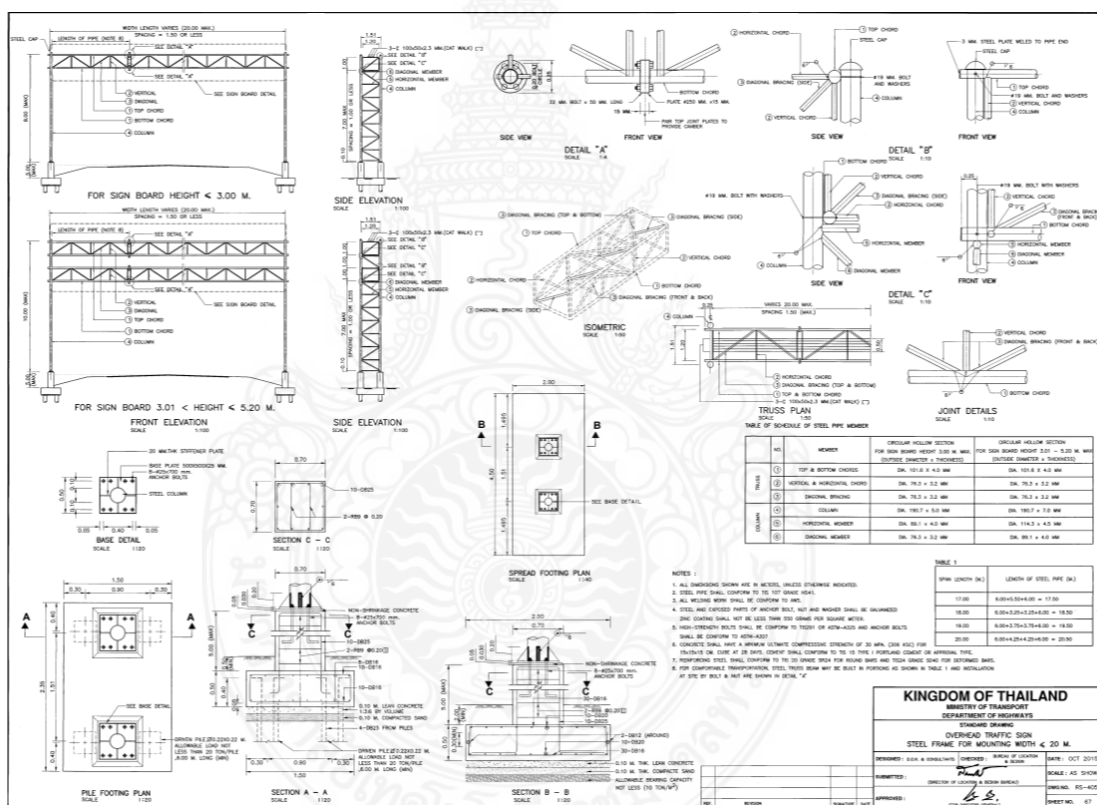
รูปที่ 2.7 แบบข้อกำหนดระยะของเสาป้ายแนะนำทางแบบคร่อมผิวจราจร [1]



รูปที่ 2.8 โครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรที่เลือกใช้สำหรับการวิเคราะห์ [5]

2.2.4 มาตรฐานโครงสร้างเสาป้ายจราจรแบบคร่อมผิวจราจร

โครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวถนนที่ใช้ในการวิเคราะห์ในบทความนี้ได้ถูกกำหนดขึ้นมาจากแบบมาตรฐานกรมทางหลวงฉบับปรับปรุงใหม่ 2015 ดังรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9 โครงสร้างเสาบอกทางจราจรจะมีสองฝั่ง ในหนึ่งฝั่งจะมีสองเสาเพื่อให้เกิดความแข็งแรง และในหนึ่งฝั่งที่มีสองเสานี้จะเชื่อมเข้าหากันด้วยโครงถัก ตัวเสามีความสูงสูงสุดเท่ากับ 8 เมตร มีจุดรองรับสองจุดในแต่ละเสา เสาสองฝั่งถนนนี้อยู่ห่างกันเป็นระยะทางเท่ากับ 20 เมตร ซึ่งเป็นค่ามากที่สุดตามแบบมาตรฐาน สำหรับคานที่ถูกรังเป็นโครงถักที่ใช้ในการวางลงบนโครงสร้างเสาทั้งสองฝั่งถนนก็เพื่อใช้เป็นโครงสร้างรองรับการติดตั้งป้ายจราจร ตัวคานที่วางพาดเสาทั้งสองเสานี้มีลักษณะเป็นโครงถักที่เกิดขึ้นจากการประกอบชิ้นส่วนท่อนเหล็กทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า



รูปที่ 2.9 แบบโครงสร้างเสาป้ายจราจรแบบคร่อมผิวจราจร [5]

ขนาดของโครงสร้างเสาบอกทางจราจร (Column) มีอยู่สองขนาดคือขนาดของเสาบอกทางจราจรสำหรับการติดตั้งป้ายบอกทางจราจรที่มีความสูง 3 เมตร และเสาบอกทางจราจรที่ใช้สำหรับการติดตั้งป้ายบอกทางจราจรที่มีความสูง 3.01 ถึง 5.2 เมตร บทความนี้จึงเลือกใช้ป้ายบอกทางจราจร (Sign Board) ที่มีความสูง 3 เมตรเป็นหลัก ดังนั้นเสาบอกทางจราจรจึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 190.7 มิลลิเมตรและมีความหนา 5 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 2.3

ตัวคานขวาง (Truss) จะถูกแบ่งออกเป็นสี่ส่วนตามความยาว ในตารางที่ 2.4 ประกอบด้วยโครงถักที่มีความยาว 6.0 เมตร จำนวนสองโครงถักและที่มีความยาว 4.25 เมตร อีกจำนวนสองโครงถัก ประกอบเข้าด้วยกันจะทำให้คานมีความยาวในภาพรวมใกล้เคียง 20 เมตร ซึ่งในบทความนี้กำหนดให้ตัวคานที่วางพาดในแนวนอนมีขนาดความยาว 5.8 และ 4.4 เมตร ป้ายจราจรจะเชื่อมต่อเข้ากับตัวโครงสร้างเสาบอกทางจราจรด้วยโบลท์และนัท

สำหรับตัวคานขวางที่ใช้วางพาดจะประกอบด้วยท่อนคานหลักด้านบนและด้านล่าง (Top and Bottom Cord) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร และมีท่อนเหล็กซึ่งใช้ทำเป็นโครงถัก (Vertical and Horizontal Cord และ Diagonal Bracing) ติดตั้งในแนวนอน แนวตั้ง และแนวทแยง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.3 และมีความหนา 3.2 มิลลิเมตร

สำหรับท่อนเหล็กในแนวนอน (Horizontal Member) ที่นำมาใช้เป็นทำเป็นโครงถักให้กับตัวเสาบอกทางจราจร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 89.1 มิลลิเมตร มีความหนา 4 มิลลิเมตร และท่อนเหล็กที่ใช้ทำโครงถักที่จะนำมาติดตั้งในแนวทแยง (Diagonal Member) ให้กับตัวเสาบอกทางจราจรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.3 มิลลิเมตรและมีความหนา 3.2 มิลลิเมตร แสดงค่าดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขนาดชิ้นส่วนแต่ละชิ้น [5]

	NO.	MEMBER	CIRCULAR HOLLOW SECTION	CIRCULAR HOLLOW SECTION
			FOR SIGN BOARD HEIGHT 3.00 M. MAX. (OUTSIDE DIAMETER x THICKNESS)	FOR SIGN BOARD HEIGHT 3.01 – 5.20 M. MAX (OUTSIDE DIAMETER x THICKNESS)
TRUSS	①	TOP & BOTTOM CHORDS	DIA. 101.6 X 4.0 MM	DIA. 101.6 X 4.0 MM
	②	VERTICAL & HORIZONTAL CHORD	DIA. 76.3 x 3.2 MM	DIA. 76.3 x 3.2 MM
	③	DIAGONAL BRACING	DIA. 76.3 x 3.2 MM	DIA. 76.3 x 3.2 MM
COLUMN	④	COLUMN	DIA. 190.7 x 5.0 MM	DIA. 190.7 x 7.0 MM
	⑤	HORIZONTAL MEMBER	DIA. 89.1 x 4.0 MM	DIA. 114.3 x 4.5 MM
	⑥	DIAGONAL MEMBER	DIA. 76.3 x 3.2 MM	DIA. 89.1 x 4.0 MM

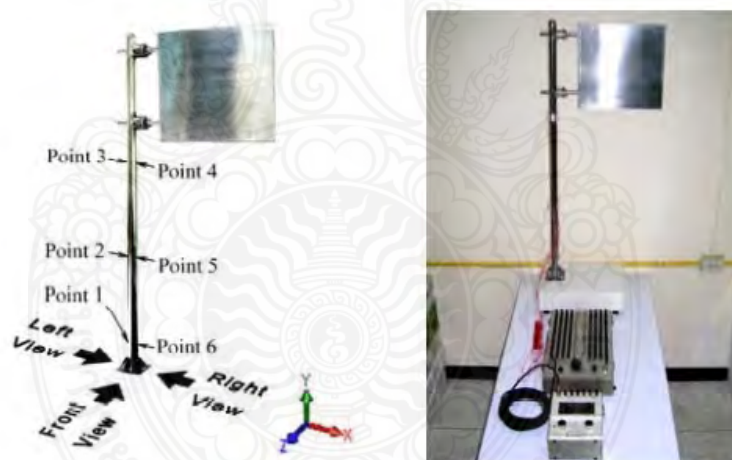
ตารางที่ 2.4 แบ่งขนาดช่วงความยาวของคานขวาง [5]

SPAN LENGTH (M.)	LENGTH OF STEEL PIPE (M.)
17.00	6.00+5.50+6.00 = 17.50
18.00	6.00+3.25+3.25+6.00 = 18.50
19.00	6.00+3.75+3.75+6.00 = 19.50
20.00	6.00+4.25+4.25+6.00 = 20.50

การออกแบบของเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจร ใช้ข้อกำหนดและมาตรฐานตามหลักกรรมทางหลวงกำหนดความสูงของเสา (Column) 8 เมตร ความยาวคานขวาง (Truss) 20 เมตร และความสูงของแผ่นป้ายจราจรที่ขนาด 3 เมตร ความกว้างของแผ่นป้ายมี 2 ขนาด คือ 4.2 และ 5.4 เมตร โดยแบบของเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรมีลักษณะเป็น 2 เสา ซ้ายและขวาจะใช้กับถนนที่มีขนาด 2 ช่องทางเดินรถสวนทางกัน หรือ 4 ช่องทางเดินรถไปทิศทางเดียวกัน ซึ่งการติดตั้งป้ายจราจรจะติดตั้งต่างกัน และทิศทางลมที่วิ่งเข้าปะทะกับป้ายจราจรที่ขับรถบรรทุกผ่านด้วยความเร็ว 90, 120 และ 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

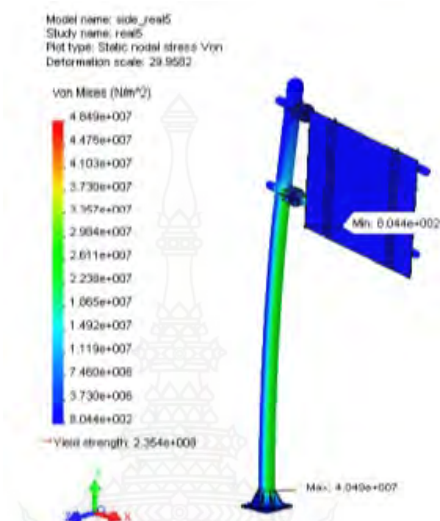
การวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างได้มีผู้วิจัยจำนวนมากในการศึกษาเรื่องนี้ และได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ โครงสร้างที่ใช้กับการจราจร และความเสียหายที่เกิดขึ้นของโครงสร้าง โดยการใช้วิธีต่างๆในการวิเคราะห์โดยมีผลต่อแรงลม แรงกระแทก หรือความล้า แต่มีการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากบทความวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.10 การทดสอบด้วยแบบจำลองที่อัตราส่วน 1:6 [7]

ธงชัย ฟองสมุทร และ ประกอบ ชาตฤกษ์ [8] ได้ทำการศึกษาความเค้น และความเครียดที่เกิดขึ้น กับเสาบอกทางจราจรแบบแขวนยื่น โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) ในโปรแกรม SolidWorks เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง และใช้ในโปรแกรม Cosmos เพื่อนำไปวิเคราะห์ผล โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองโดยมีขนาด 1 ต่อ 6 ของขนาดเสา และป้ายบอกทาง โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เทียบกับการใช้แบบจำลองไปทำการทดสอบจริง และวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีผลการวิเคราะห์ที่

สอดคล้องกัน โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1% ผลของการวิเคราะห์แสดงให้เห็นค่าความเค้นสูงสุดของเสาบอกทางจราจรอยู่ประมาณ 48 MPa และค่าความปลอดภัยอยู่ที่ประมาณ 5 แต่เมื่อพิจารณาชิ้นส่วนอื่น พบว่ามีบางชิ้นส่วนมีค่าความปลอดภัยถึง 9 ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด

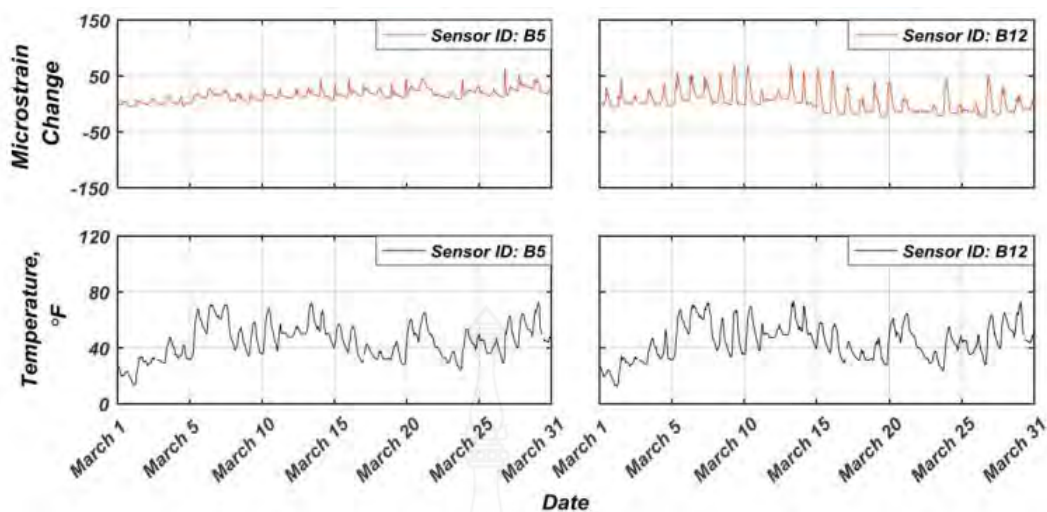


รูปที่ 2.11 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [7]

Saeed Arabi และคณะ [10] ได้ทำการศึกษาความล้าของเหล็กข้อต่อโครงสร้างป้ายจราจรต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเซนเซอร์ตรวจจับการเสียรูปติดตั้งที่เสาจราจรในจุดต่างๆที่ต้องการบันทึกผล โดยมีตัวแปรเกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ติดตั้งเซนเซอร์กับเสาจราจร เป็นกราฟค่าการเสียรูป และอุณหภูมิ ในช่วงเวลานั้น

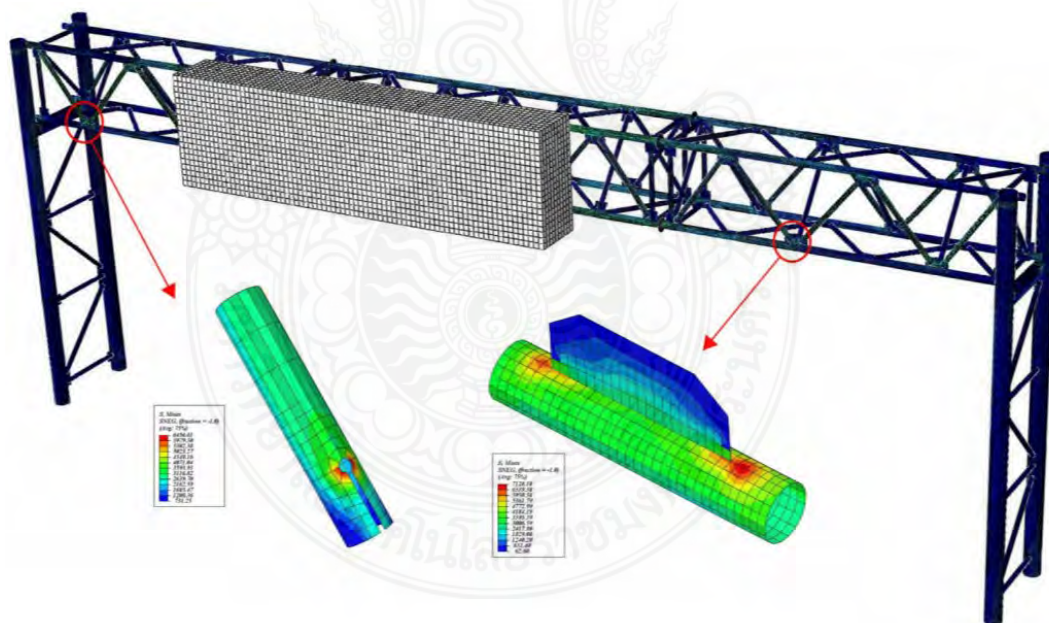


รูปที่ 2.12 การติดตั้งเซนเซอร์เพื่อบันทึกผล [10]



รูปที่ 2.13 กราฟบันทึกการเสีयरูป และอุณหภูมิ [10]

การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการบันทึกข้อมูล และทำการใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 2.13 ในการวิเคราะห์ผลของความล้าที่เกิดขึ้นโดยมีผลกระทบจากอุณหภูมิ

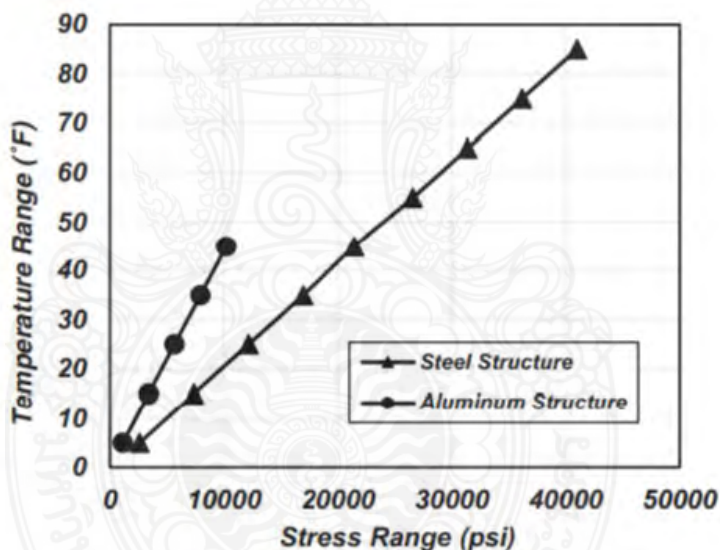


รูปที่ 2.14 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [10]

ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ทำการมาหาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอุณหภูมิและช่วงความเค้นที่ได้จากโครงสร้างรองรับภายในโครงสร้างเสาจากร ระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียม โดยการนำมาเปรียบเทียบกับ ดังรูปที่ 2.14 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้น ต่ออุณหภูมิ

สรุปการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยโปรแกรมข้อมูลอุณหภูมิและความเครียดถูกบันทึกจากจุด การเชื่อมต่อของโครงหลักหลายชิ้นแบบจำลอง FE โครงสร้างได้รับการพัฒนาและตรวจสอบความ ถูกต้องเพื่อตรวจสอบ ความเสียหายทางความร้อนที่อาจเกิดขึ้น ผลลัพธ์จากความพยายามอย่างเป็น ระบบนี้ถูกนำมาใช้ในรายละเอียด

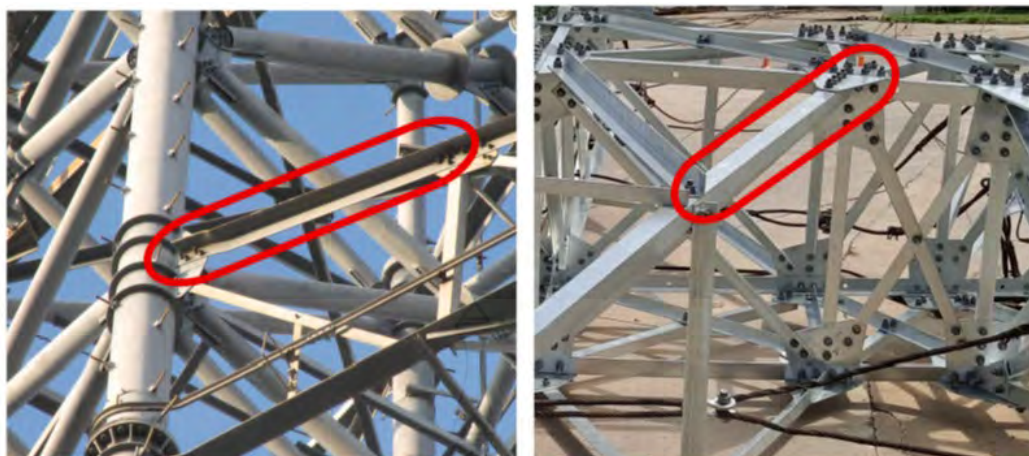
การวิเคราะห์ความล้า (Fatigue Life) ซึ่งพบว่าโครงสร้างเหล็กทั้งสองด้านการพิจารณาอายุ ความล้าที่ไม่สิ้นสุดผลของโครงสร้างที่เป็นที่น่าพอใจ จากนั้นจึงศึกษาเพื่อเปรียบเทียบอายุความล้า ของโครงสร้างรองรับ DMS ที่เป็นเหล็กแบบใหม่กับอะลูมิเนียมที่มีอยู่ เพื่อจุดประสงค์นี้ ชุดของการ คำนวณเชิงวิเคราะห์และการจำลองเชิงตัวเลขได้ดำเนินการทั้งในระดับองค์ประกอบและโครงสร้าง ที่ ระดับองค์ประกอบ ความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับโครงสร้างรองรับ DMS ที่เป็นเหล็ก พบ รายละเอียดการเชื่อมต่อท่อแบบ Slotted Tube to Gusset 64% มีความเสียหายน้อยกว่าความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในโครงสร้างรองรับอะลูมิเนียม



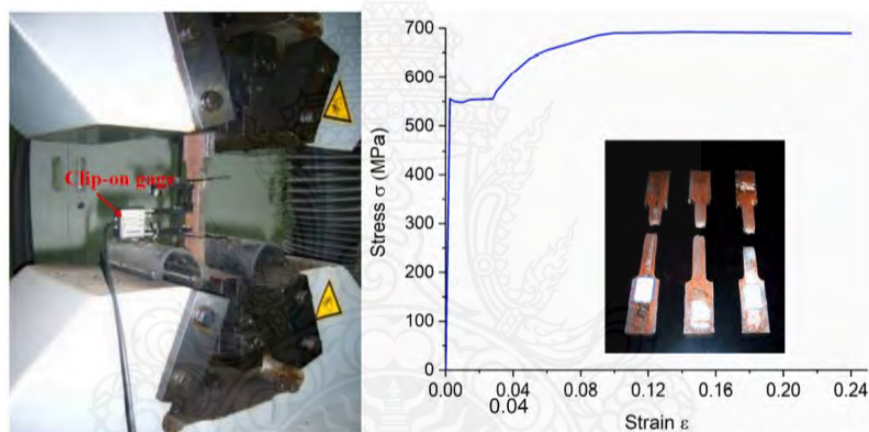
รูปที่ 2.15 ค่าความเค้น ต่ออุณหภูมิ [10]

Songzhao Qu และคณะ [11] ได้ทำการศึกษาค่าความต้านทานสูงสุดของเหล็กฉากหนึ่งขา จากโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเหล็กฉากโดยใช้แบบจำลองในการทดสอบแรงดึง และแรงกดต่อ วัสดุจำลองที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับของจริง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากการเพิ่มแรงดึงในช่วงแรง ต่างๆและทำการนำผลการทดสอบจากตัวอย่างชิ้นงานมาเปรียบเทียบกับทดสอบด้วยโปรแกรม วิเคราะห์ความเค้นและความเครียด

โดยเริ่มจากกำหนดวัสดุจากโครงสร้างจริง มาใช้สร้างแบบทดสอบด้วยคุณสมบัติเดียวกัน ตัด ขนาดแผ่นทดสอบให้ได้ตามคุณสมบัติตามที่โครงสร้างจริงกำหนดไว้

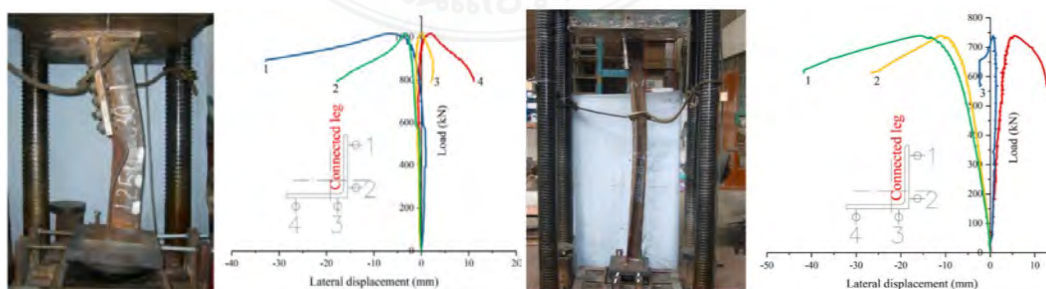


รูปที่ 2.16 เหล็กฉากจากโครงสร้างถัก [11]



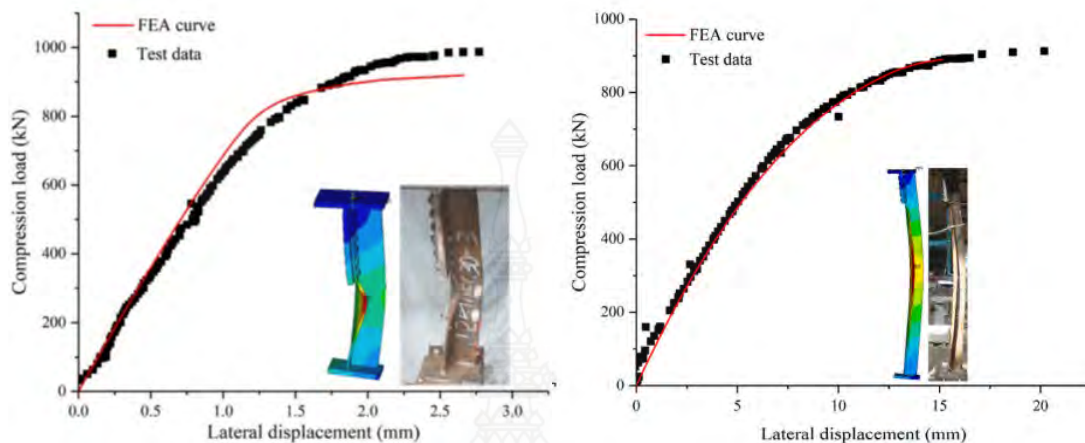
รูปที่ 2.17 การทดสอบวัสดุแบบจำลองด้วยแรงดึง [11]

และได้ทำการทดสอบแรงกด กับวัสดุจำลอง เพื่อศึกษาการรับภาระของวัสดุที่สามารถรับแรง
ได้สูงสุด โดยได้ทดสอบด้วยขนาดความยาวของเหล็กฉาก เพื่อดูการรับแรงสูงสุดของแต่ละช่วงความ
ยาวนั้น



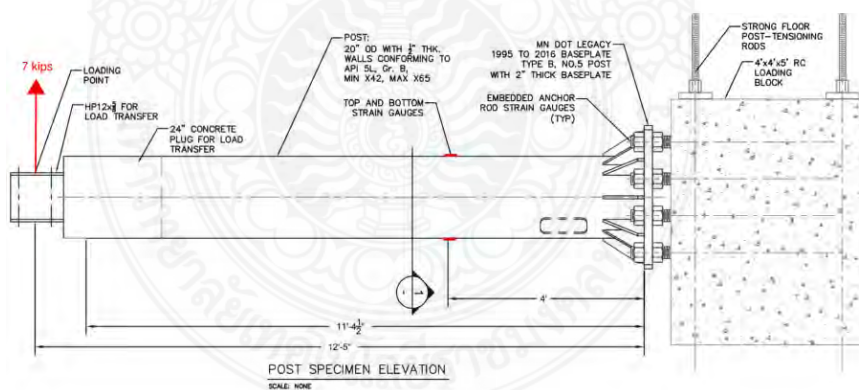
รูปที่ 2.18 การทดสอบแรงกดในช่วงแรงต่างๆ [11]

ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการใช้ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับเพื่อดูความเสียหาย และสรุปผลการทดลอง



รูปที่ 2.19 การใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ผล [11]

Zhengyu Liu และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมโครงสร้างของสลักเกลียวที่ใช้ในการยึดโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการขัน และการคลายตัวของสลักเกลียวด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เกิดขึ้นกับเสาป้ายบอกทางจราจร



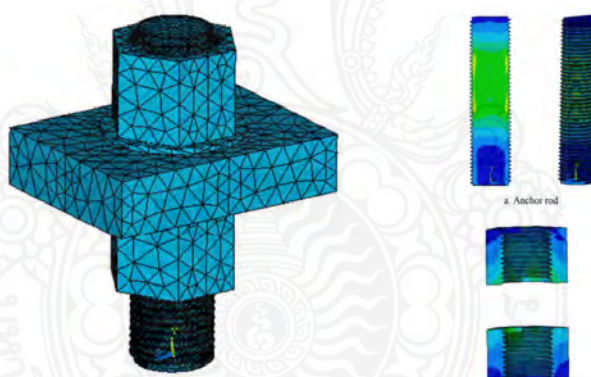
รูปที่ 2.20 สลักเกลียวที่ยึดติดเสาป้ายจราจร [12]

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบด้วยวิธีทดสอบงานจริงที่ใช้ในการยึดโครงสร้างเสาป้ายจราจรกับพื้นคอนกรีต โดยใช้การทดสอบแบบ Skidmore-Wilhelm เป็นการทดสอบดูค่าการคลายตัวของสลักเกลียวที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องทดสอบ และได้ทดสอบความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในสลักเกลียวเพื่อจุดบันทึกผลจากการทดสอบงานจริง



รูปที่ 2.21 การทดสอบแบบ Skidmore-Wilhelm [12]

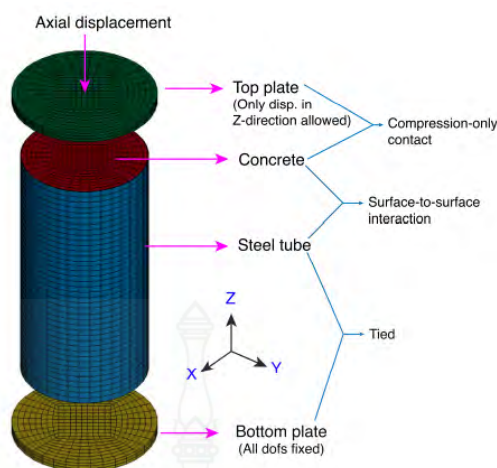
ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการเขียนแบบจำลอง และกำหนดค่าเพื่อ การทดสอบตามคุณสมบัติของวัสดุ และกำหนดแรงที่ใช้คำนวณเดียวกันกับแรงจริง และนำผลการที่ได้ จากการวิเคราะห์ทางโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มาเทียบกับการทดสอบตัวงานจริง



รูปที่ 2.22 การวิเคราะห์ Skidmore-Wilhelm ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [11]

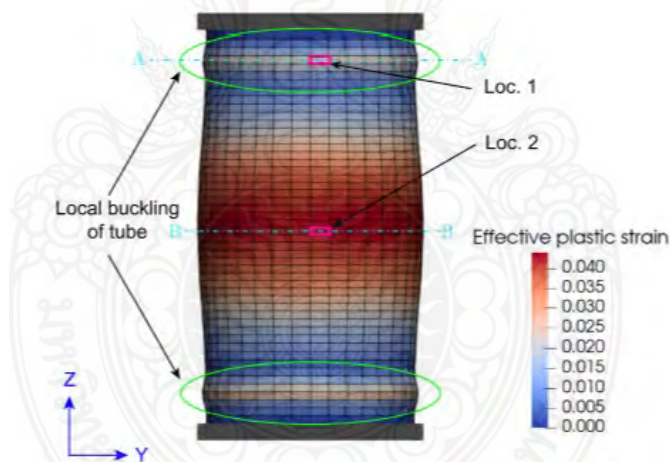
โดยผลการทดสอบจากการทดลอง และการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้สอดคล้องกัน โดยพบว่าเมื่อกำหนดแรงที่ 30 ksi ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในแกนสลักเกลียวเป็น 55% เป็นค่าความเค้น ดึง เขายังได้เพิ่มแรงในการดึงขึ้นเพื่อดูค่าความเค้นดึงที่เกิดในแกนสลักเกลียวขึ้นไปเรื่อยๆ

Naresh Subedi และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียด แบบจำลองของเหล็กเสริมคอนกรีตในแนวแกนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การศึกษานี้เป็นการใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์แบบจำลองที่ถูกบีบอัด เพื่อดูการทำงานร่วมกันระหว่างท่อเหล็ก และคอนกรีต การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองความเค้น และความเครียด เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายใน แนวแกน



รูปที่ 2.23 ท่อเหล็กเติมคอนกรีตที่จะใช้วิเคราะห์ [13]

ผู้วิจัยได้ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ทดสอบการบีบอัดของท่อเหล็กเสริมคอนกรีตในแนวแกน และศึกษารูปร่างที่เปลี่ยนไป ศึกษาค่าความเค้น และความเครียด ที่เกิดขึ้นเพื่อเทียบกับแบบจำลองจริง



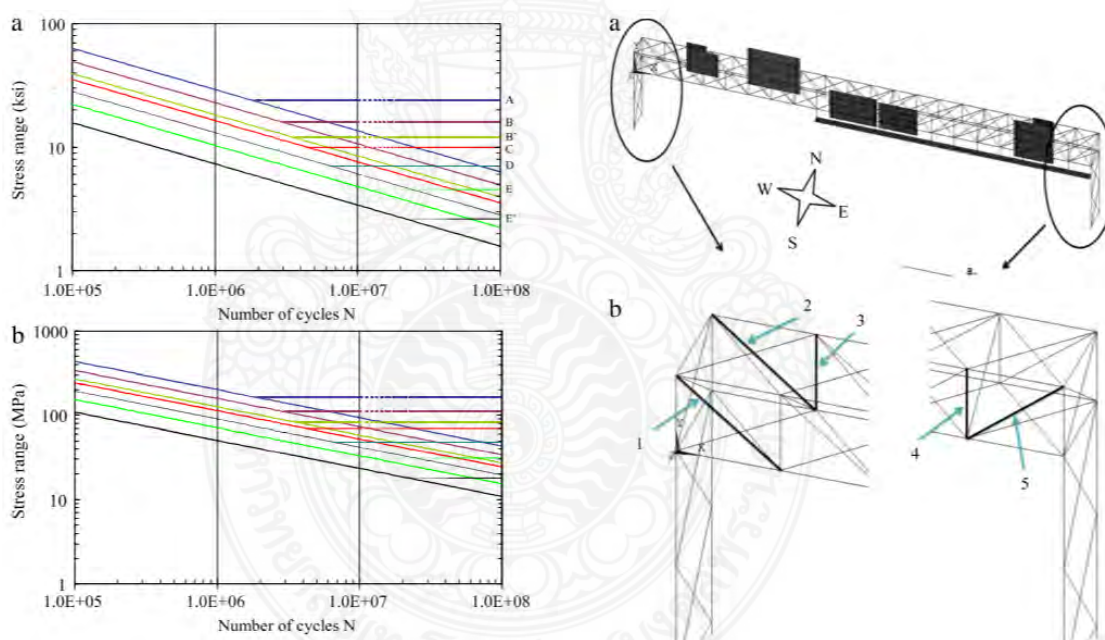
รูปที่ 2.24 การทดสอบด้วยโปรแกรม [13]

Jennifer Kacin และคณะ [14] ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ความล้าของโครงสร้างป้ายแนะนำทาง โดยได้ศึกษาความล้าของโครงสร้างจากลมที่กระทำต่อป้าย โดยป้ายมีลมจากลมธรรมชาติและลมจากรถวิ่งผ่านด้านล่าง จึงอาจทำให้โครงสร้างเริ่มอ่อนล้าลง โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับลมธรรมชาติที่มากกระทำต่อป้าย และส่งผลต่อโครงสร้างป้าย โดยการศึกษาความเครียดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การวิเคราะห์อายุความล้าของโครงสร้างป้ายแนะนำทาง



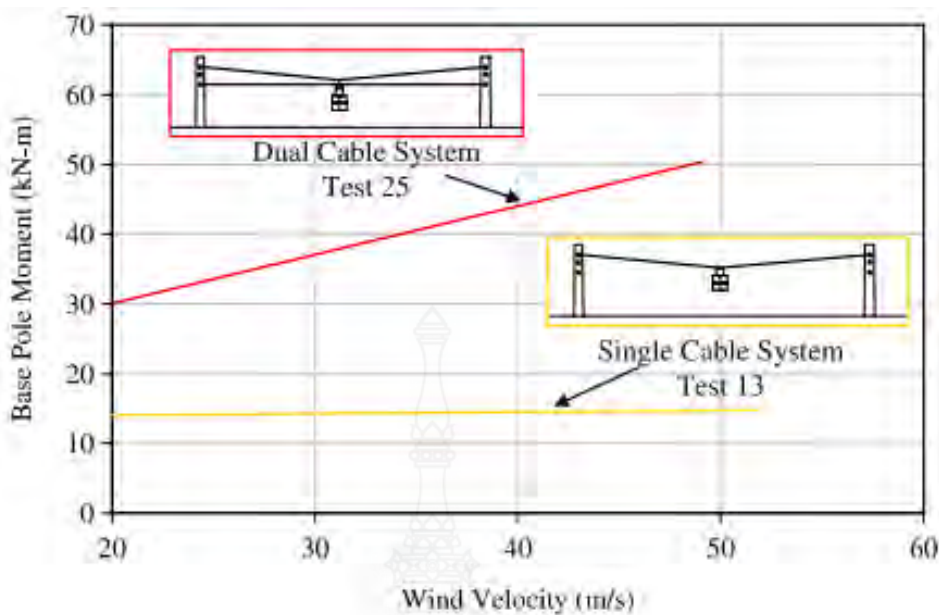
รูปที่ 2.25 โครงสร้างป้ายที่ใช้วิเคราะห์ Jennifer Kacin [14]

โดยผู้วิจัยได้กำหนดทิศทางของลม และความเร็วของลมที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 ไมล์ต่อชั่วโมง และทำการใช้โปรแกรมวิเคราะห์หาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นตามโครงสร้างของเสาป้ายบอกทางจราจร



รูปที่ 2.26 กราฟความเค้น ต่ออายุของโครงสร้าง [14]

Eric V. Johnson Jr และคณะ [15] ได้ศึกษาการพัฒนาโครงสร้างสัญญาณไฟจราจรเพื่อต้านพายูเฮอริเคน ได้ทำการวิเคราะห์สายไฟสัญญาณที่ใช้ และโครงสร้างเสา ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญต่อแรงลมที่กระทำต่ออุปกรณ์จราจร โดยกำหนดความเร็วลมสูงสุดที่ 51.4 m/s (115 mph) การทดลองนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับความตึงของสายไฟสัญญาณ และทำการเพิ่มสายที่ใช้ดึงไฟสัญญาณ ศึกษาองศาของไฟสัญญาณที่เปลี่ยนไปเมื่อโดนแรงลมเข้ามากระทำต่อไฟสัญญาณ



รูปที่ 2.27 กราฟความเร็วม ต่อการหมุน [15]

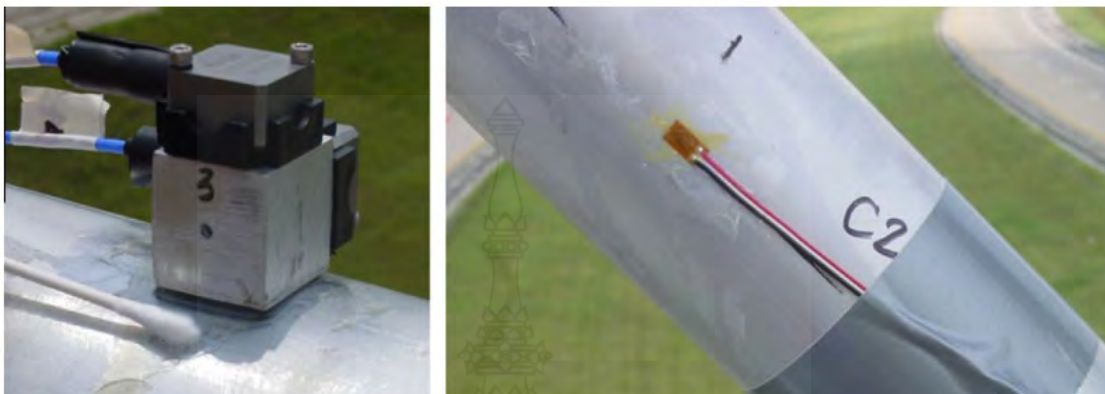
รูปที่ 2.27 เป็นกราฟแสดงการยกตัวของสัญญาณไฟเมื่อเทียบกับพื้นที่ต่อความเร็วม โดยทดสอบที่สายไฟสัญญาณมีจำนวน 1 เส้น และเทียบกับสายไฟสัญญาณที่มีจำนวน 2 เส้น

Jennifer A. Rice และคณะ [16] ได้ศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างป้ายทางหลวงชนิดอลูมิเนียม โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ในภาคสนามเพื่อประเมินความสามารถในการรับน้ำหนักของการออกแบบ และความต้านทานความล้าเมื่อมีแรงลมมากระทำต่อป้ายจราจรแบบ 3 ป้าย โครงสร้างถูกวัดและทดสอบภาคสนามแบบสถิต และไดนามิก เพื่อรวบรวมพฤติกรรมโครงสร้างเมื่ออยู่ภายใต้แรงกระตุ้นจากแรงลมธรรมชาติ และแรงลมกระโชกของรถบรรทุก



รูปที่ 2.28 ป้ายจราจรแบบ 3 แผ่นป้าย [16]

โดยงานวิจัยใช้แรงลมเฉลี่ย 3 วินาที และมีความเร็วลมเฉลี่ยต่อปีที่ 5 m/s (11.2 mph) ค่าความเค้นสูงสุดยังต่ำค่าการออกแบบที่อนุญาตได้ 13.1 MPa (1.9 ksi) ในขณะที่ค่าความล้าในช่วงนั้นอยู่ที่ 3.0 MPa (0.44 ksi)



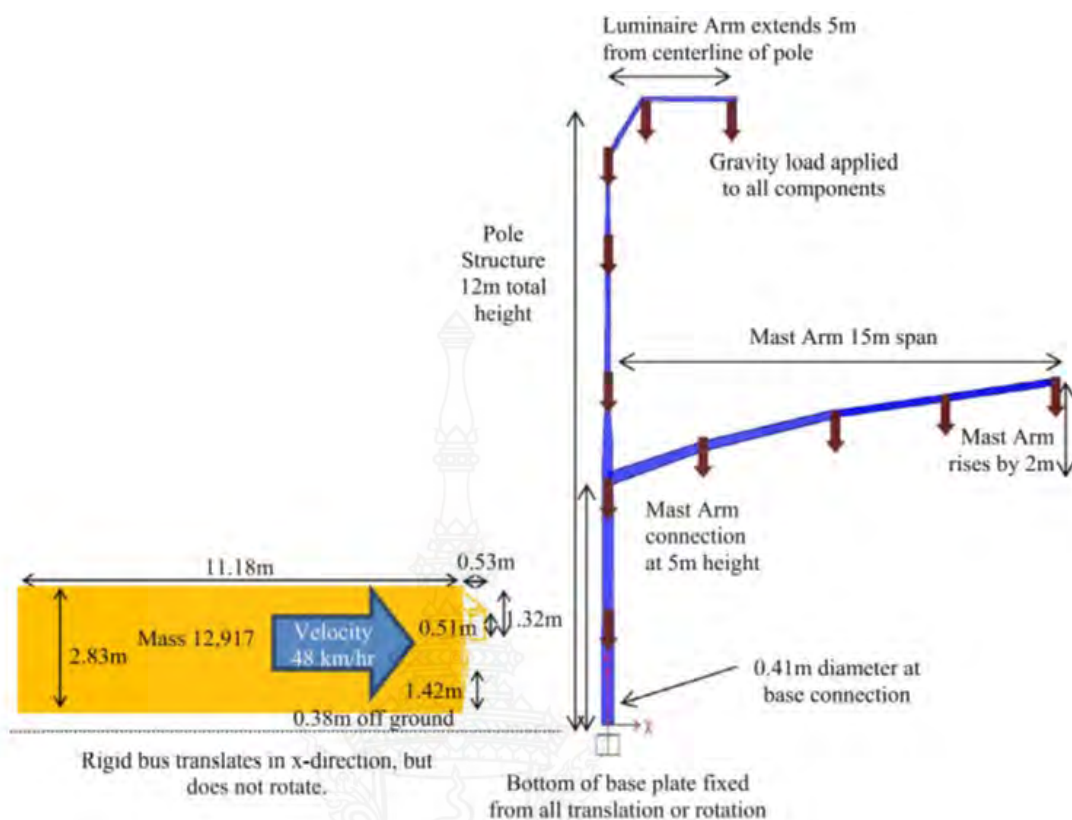
รูปที่ 2.29 เซนเซอร์วัดความแรง และวัดความเครียด [16]

Min Ook Kim และคณะ [17] ได้ศึกษาผลกระทบรูปทรงจากแรงกระทำต่อเสาจราจร งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์การผิดรูปของเสาจราจรที่ถูกรถรับส่งนักเรียนชน โดยวัสดุของเสาเป็นเหล็กชุบสังกะสีคาร์บอนต่ำค่าความแข็งแรงของการออกแบบคือ 405 MPa และค่าความแข็งแรงสูงสุดอยู่ที่ 473 MPa



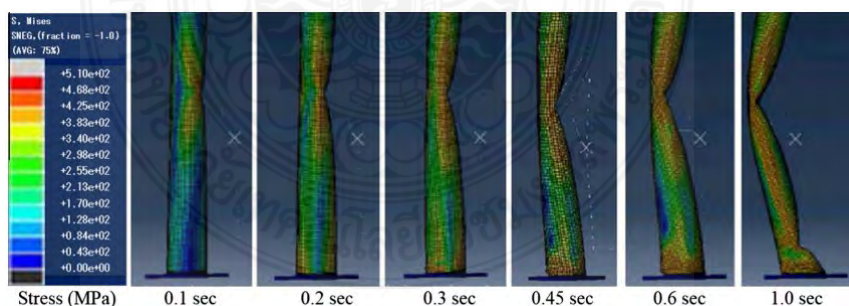
รูปที่ 2.30 รถรับส่งนักเรียนชนเสาจราจร [17]

ผู้วิจัยได้ใช้การจำลองเหตุการณ์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ผล โดยการใช้ความสูงของเสา มวลของรถบัส ความเร็วในการกระทำ ความแข็งแรงของเสา เป็นตัวกำหนดตั้งแปรในการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



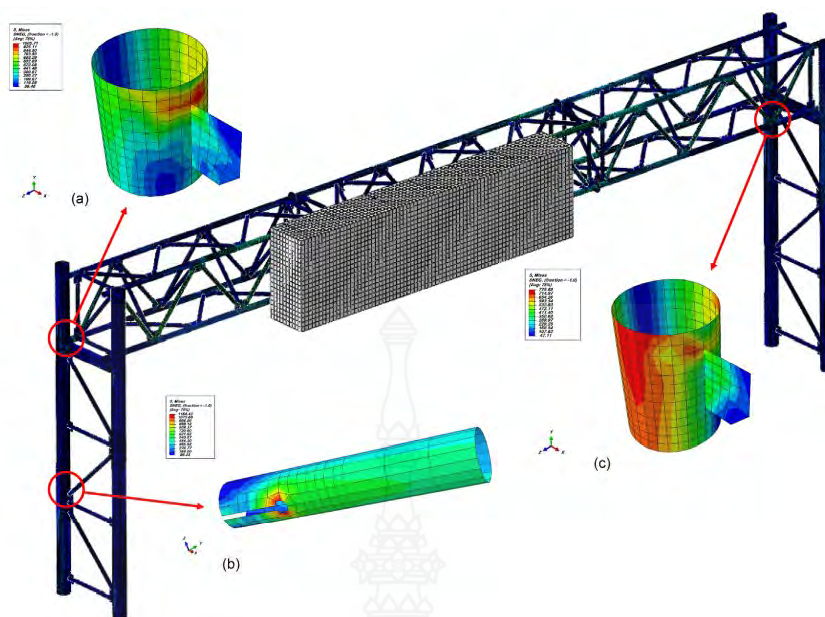
รูปที่ 2.31 การกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ [17]

นำตัวแปรที่กำหนดใส่ไปในโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ค่าความเครียดที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ในช่วงวินาทีต่างๆในการชนของรถบัส



รูปที่ 2.32 การวิเคราะห์ความเครียดจากโปรแกรมวิเคราะห์ [17]

Saeed Arabi และคณะ [18] ได้ศึกษาการประเมินความถี่ของแรงกตของโครงสร้างป้ายเหล็กที่โอไอวา โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่โครงสร้างป้ายจราจรแบบโครงสร้างเหล็ก



รูปที่ 2.33 การวิเคราะห์ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [18]

ซึ่งการศึกษานี้เพื่อตรวจสอบอายุความล้าของโครงสร้างจากการจำลองที่ใช้แทนภาคสนาม การศึกษานี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และแรงกระตุ้นจากลมธรรมชาติ โดยการวิเคราะห์ความล้า และความเครียดของโครงสร้าง

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการทางด้านงานวิจัยต้องมีขั้นตอนและแบบแผนในการดำเนินงาน การเลือกรูปแบบและขนาดของโครงสร้างในการนำมาวิเคราะห์ศึกษา วัสดุที่ใช้ในโครงสร้าง ตัวแปรลมที่จะกระทำต่อโครงสร้างที่ต้องการศึกษา ความเร็วที่เกิดจากรถบรรทุกที่วิ่งผ่าน การดำเนินงานวิจัยต้องเป็นไปทางเดียวกันกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย การขึ้นรูปตามขนาดจริงในโปรแกรมจำลองมีรายละเอียดดังนี้

3.1. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายทางด้านความเค้นและความเครียด การเสียรูปของโครงสร้าง ผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาจราจร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ศึกษามาตรฐานโครงสร้างของเสาป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร

3.1.2 การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโครงสร้างป้ายบอกทางจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร โดยใช้ขนาดของโครงสร้างเป็นไปตามขนาดจริงตามข้อกำหนดของกรมการทางหลวง เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.1.3 ทำการกำหนดค่าคุณสมบัติของวัสดุของโครงสร้างเสาป้ายจราจร และแผ่นป้ายจราจร โดยเสาโครงสร้างจราจรใช้เป็นวัสดุ JIS G3444 Grad STK41 ในส่วนป้ายจราจรใช้เป็น ASTM A36 ซึ่งเป็นวัสดุจริงที่นำมาใช้ในการสร้างเสาจราจร

3.1.4 ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรม SolidWorks Simulation เพื่อใช้หาค่าการกระจายความเค้นของโครงสร้างป้ายที่เกิดจากลมของรถบรรทุกที่วิ่งผ่านป้ายจราจรด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. 120 กม./ชม. และ 150 กม./ชม.

3.1.5 วิเคราะห์การเสียรูปของโครงสร้างป้ายบอกทางจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรที่เกิดจากลมของรถบรรทุกที่วิ่งผ่าน

3.1.6 วิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นและวิเคราะห์ค่าความปลอดภัย

3.1.7 รวบรวมข้อมูลผลการวิเคราะห์ทั้งหมดเพื่อนำมาสรุปผล

3.1.8 จัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ตามผลการวิเคราะห์ที่ได้ทำการทดลอง

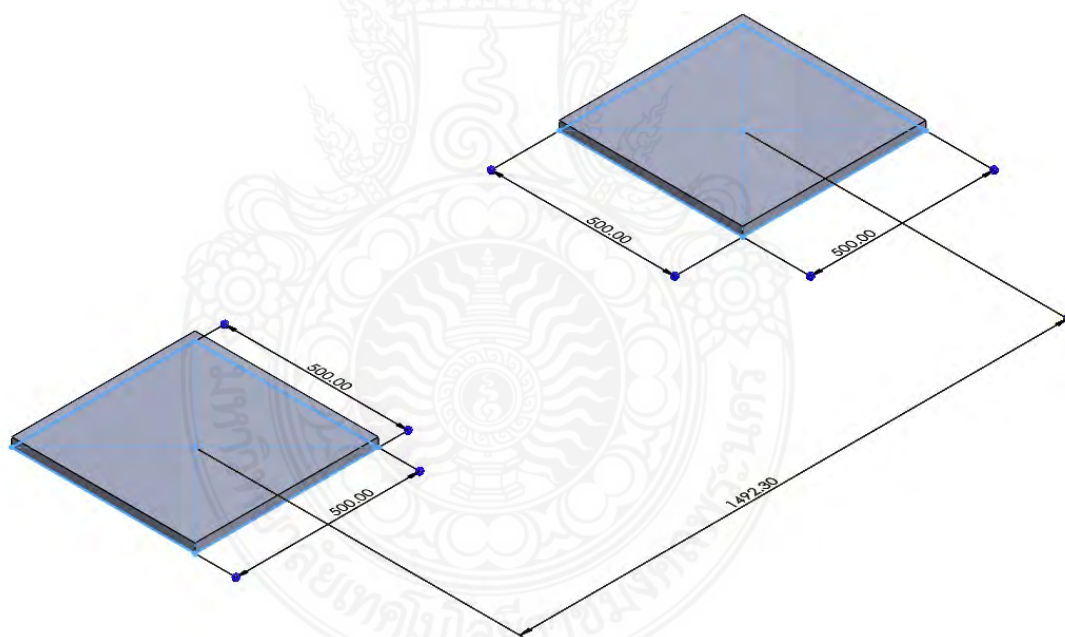
3.1.9 เผยแพร่ในงานสัมมนาทางวิชาการ หรือการตีพิมพ์บทความลงในวารสารทางวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI เป็นต้น

3.2. การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

การสร้างแบบจำลองโครงสร้างป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากลมของยานพาหนะนั้น ได้ทำการศึกษาแบบโครงสร้างคู่มือมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งป้ายจราจรจากกรมทางหลวง เพื่อกำหนดขนาดและรูปแบบโครงสร้างเสาจราจรในโปรแกรม SolidWorks เพื่อผลการวิเคราะห์จะได้สอดคล้องกับชิ้นงานจริง โดยกำหนดขนาดชิ้นส่วนต่างๆให้ตรงตามแบบและกำหนดคุณสมบัติของโครงสร้างตามวัสดุที่ใช้จริงโดยมีการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ดังนี้

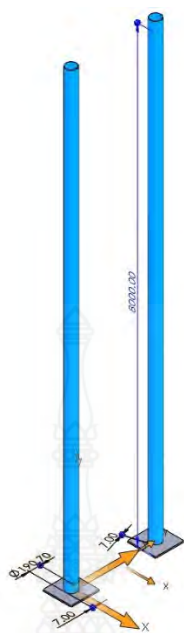
3.2.1 การเขียนโครงสร้างเสาด้านข้างทั้งซ้ายและขวา

การสร้างโครงสร้างเสาของป้ายจราจรด้วยโปรแกรม SolidWorks ด้วยการกำหนดขนาดในโปรแกรมตามแบบคู่มือมาตรฐานการออกแบบของกรมทางหลวง โดยการขึ้นแบบฐานของเสาโครงสร้าง โดยขนาดของฐานคือ 500 มิลลิเมตร X 500 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.1 โดยฐานของเสาโครงสร้างจะเป็นแบบโครงถักจึงต้องมีฐาน 2 ข้างและขาฐานแต่ละข้างจะต้องทำการเจาะรูเพื่อยึดน็อตของเสาโครงสร้างป้ายจราจรกับพื้น



รูปที่ 3.1 การขึ้นแบบฐานโครงสร้างเสาด้วยโปรแกรม SolidWorks

ทำการขึ้นเสาโครงสร้างป้ายโดยการติดเสาโครงสร้างป้ายกับตัวแผ่นฐานโครงสร้าง ขนาดของเสาที่ใช้ตามแบบคู่มือโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 190.70 มิลลิเมตร และความหนาของเสาอยู่ที่ 7 มิลลิเมตร และความยาวของเสาอยู่ที่ 8,000 มิลลิเมตร โดยทำการสร้างเสานานกันและขนาดเดียวกันดังที่แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การขึ้นโครงสร้างของโครงเสากับฐาน

จากนั้นทำการขึ้นโครงเชื่อมต่อระหว่าง 2 เสาคือเพื่อรองรับน้ำหนักหรือเพื่อช่วยในเรื่องการรับแรงที่กระทำในเสาทั้ง 2 ต้น โดยโครงเสาเชื่อมต่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 89.10 มิลลิเมตร และความหนาของเสาเชื่อมต่ออยู่ที่ 4 มิลลิเมตร โดยความห่างของเสาเชื่อมต่อแต่ละอันอยู่ที่ 930 มิลลิเมตร เป็นจำนวนทั้งหมด 8 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างจุดยึดเสาหลัก 2 ต้น

จากนั้นทำการเขียนเสาท่อเชื่อมต่อของโครงถักที่ทำมุม 45 องศาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างของเสาป้ายบอกทางจราจร โดยกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 76.30 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของเส้นท่อยู่ที่ 3.20 มิลลิเมตร ความยาวของท่อเชื่อมต่อจะต้องชนกันพอดี โดยมีกำหนดจากแบบโครงสร้างมาตรฐานของกรมทางหลวงกำหนดไว้ และทำการเขียนท่อเชื่อมต่อทุกช่อง สลับฝั่งกันตามแบบโครงสร้างมาตรฐานกำหนดตามกำหนด ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ท่อเชื่อมต่อระหว่างช่องในโครงถัก

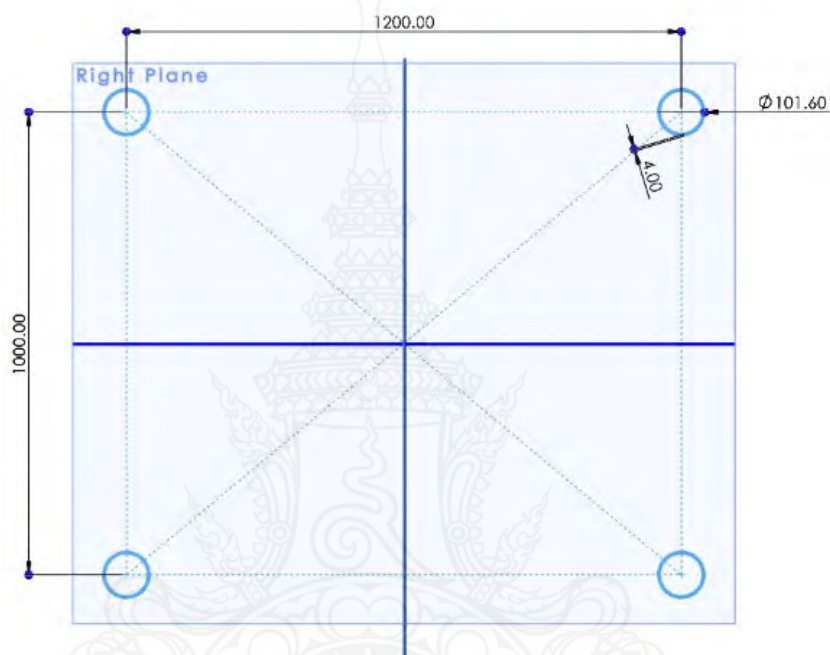
เมื่อเขียนโครงสร้างเสร็จตามแบบโครงสร้างมาตรฐานแล้ว ทำการบันทึกแบบเป็น Part เพื่อสะดวกในการนำมาใช้ เพราะเมื่อมีความผิดพลาดยังสามารถนำมาประกอบใหม่ได้ ไม่ควรเขียนโครงสร้างเป็นชิ้นเดียวกัน เมื่อเกิดความผิดพลาดจะทำให้ยากต่อการกลับมาสร้างในแต่ละขั้นตอนใหม่ และเพื่อง่ายต่อการนำชิ้นส่วนไปวิเคราะห์ในรูปแบบต่อจุดของโครงสร้างโดยที่ไม่ต้องประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

3.2.2 การเขียนโครงสร้างคานของโครงสร้างป้ายจราจร

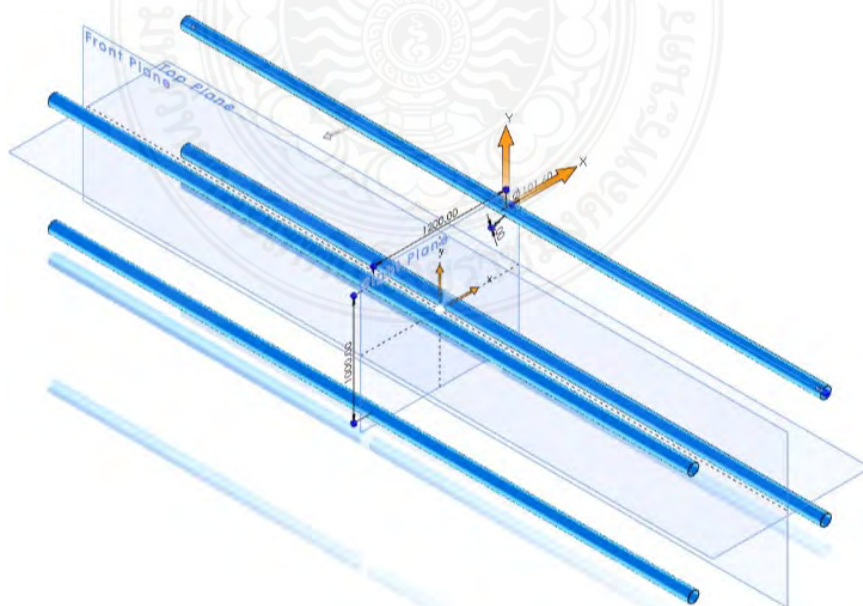
การเขียนโครงสร้างคานของเสาป้ายจราจรจะมีการเขียนอยู่ 2 ขนาด เพราะงานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาป้าย 2 ขนาด ติดตั้งในโครงสร้างเสาเดียวกัน โดยขนาดความยาวของโครงสร้างคานจะมีขนาดอยู่ที่ 5.8 เมตร โดยรองรับการติดตั้งป้ายจราจรที่มีขนาด 5.4 เมตร และโครงสร้างคานที่มีความ

ยาวขนาด 4.4 เมตร โดยติดตั้งป้ายจราจรที่มีขนาด 4.2 เมตร และด้านปลายของโครงสร้างคานจะทำการสร้างจุดเชื่อมต่อเพื่อยึดโครงสร้างคานเข้าไว้ด้วยกัน

การเขียนโครงสร้างคานที่ขนาด 5.8 เมตร และโครงสร้างคานที่ขนาด 4.4 เมตร เริ่มจากกำหนดขนาดท่อโครงสร้างหลักจำนวน 4 ท่อ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อหลักอยู่ที่ 101.60 มิลลิเมตร ความหนาของท่ออยู่ที่ 4 มิลลิเมตร โดยกำหนดระยะห่างของท่อโครงสร้างหลักด้านหน้าอยู่ที่ 1,000 มิลลิเมตร และระยะห่างของท่อโครงสร้างหลักด้านบนอยู่ที่ 1,200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.5



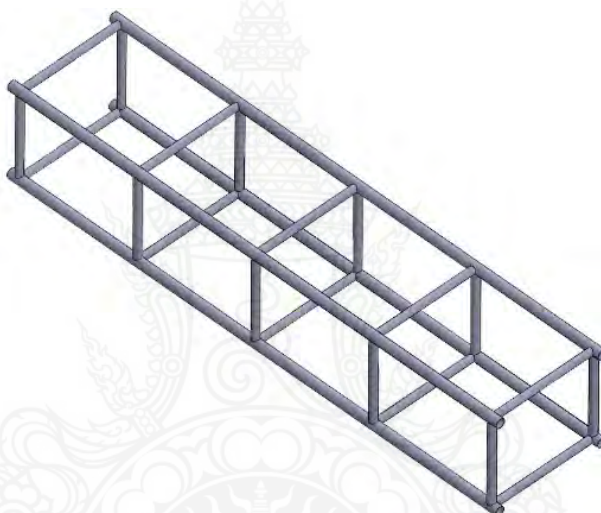
รูปที่ 3.5 กำหนดขนาดและระยะห่างของท่อโครงสร้างคานหลัก



รูปที่ 3.6 ขยายเส้นท่อโครงสร้างหลักออกที่ความยาว 5.4 เมตร

ต่อไปทำการขยายท่อโครงสร้างหลักทั้ง 4 ท่อ ออกโดยมีความยาวของเส้นท่ออยู่ที่ 5.4 เมตร และขนาด 4.4 เมตร ท่อเท่ากันโดยแสดงในรูปที่ 3.6

จากนั้นทำการเขียนท่อเชื่อมต่อโครงสร้างหลักเข้าด้วยกัน โดยจะทำการยึดติดกันเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยม โดยขนาดของโครงสร้างคานที่มีความยาว 5.8 เมตร แต่ละท่อเชื่อมต่อจะมีขนาด 76.3 มิลลิเมตร เหมือนกันทุกเส้นท่อและมีระยะห่างกันอยู่ที่ 1,000 มิลลิเมตร และขนาดโครงสร้างคานที่มีความยาว 4.4 เมตร แต่ละท่อเชื่อมต่อจะมีขนาด 76.3 มิลลิเมตร เหมือนกันทุกเส้นท่อและมีระยะห่างกันอยู่ที่ 1,000 มิลลิเมตร โดยมีจำนวน 5 ท่อ เชื่อมต่อกันทั้ง 4 ด้านของโครงสร้างเสาหลักเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในโครงสร้างถักที่มีผลต่อทางด้านความแข็งแรงของคานตามแบบกำหนดของคู่มือมาตรฐานโครงสร้างเสาจรรยาจรแสดงดังรูปที่ 3.7



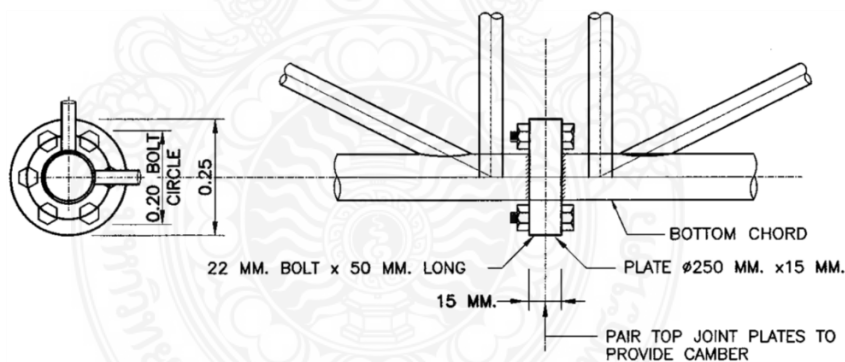
รูปที่ 3.7 ท่อเชื่อมต่อเสาโครงสร้างหลัก

ทำการเขียนท่อโครงถักระหว่างมุมของเสาโครงสร้างหลักกับเสาท่อเชื่อมต่อเพื่อเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างคาน จากนั้นให้ทำการเขียนทุกด้านของโครงสร้างคานตามแบบมาตรฐานการออกแบบของกรมทางหลวง ซึ่งความยาวของคานนั้นทางกรมทางหลวงได้ระบุไว้ว่า โครงสร้างคานจะมีความยาวตามความง่ายต่อการขนส่งหรือติดตั้งในพื้นที่นั้น แต่ต้องมีความแข็งแรงตามกำหนดตามคู่มือแบบมาตรฐานโครงสร้างเสาจรรยาจรของกรมทางหลวงกำหนดไว้ เพื่อความปลอดภัยของโครงสร้างเสาที่เป็นจุดรองรับน้ำหนักและจุดยึดติดแผ่นป้ายจรรยาจร และโครงสร้างคานจะอยู่เหนือถนนซึ่งมีผลทางด้านความปลอดภัยเป็นอย่างมากต่อคนใช้รถใช้ถนนที่ผ่านใต้โครงสร้างคาน ซึ่งจุดเชื่อมต่อของท่อโครงถักก็มีผลต่อค่าการคำนวณค่าความเค้นและความเครียดของงานวิจัยนี้ได้ จึงต้องกำหนดขนาดและจุดเชื่อมต่อของโครงสร้างเสาถักให้ดีตามแบบมาตรฐานได้กำหนด โครงสร้างถักจะมีอยู่ 2 ส่วนคือส่วนด้านข้างทั้ง 4 มุมของโครงสร้างหลัก และโครงถักตรงกลางด้านในโครงสร้างเสาหนัก แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ท่อโครงถักที่ยึดติดระหว่างท่อโครงสร้างหลักกับท่อเชื่อมต่อ

ทำการเขียนจุดรองรับโครงติดตั้งแผ่นป้ายโดยเขียนจุดเชื่อมต่อแผ่นป้ายโดยยึดติดเข้ากับโครงสร้างคานทั้งด้านบนและด้านล่างโครงสร้างคาน โดยด้านละ 2 เส้น และทำการกำหนดจุดเชื่อมต่อเป็นแบบการเชื่อมติด โดยไม่ใช้น็อตยึดระหว่างโครงสร้างเสากับจุดเชื่อมต่อโครงแผ่นป้าย ความยาวของจุดเชื่อมต่อใช้เป็นขนาดความยาวเท่ากับแผ่นป้ายโดยความยาวอยู่ที่ 5.4 เมตร และความยาว 4.2 เมตร จากนั้นทำการเขียนจุดเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างคานชั้นที่ 1 เข้ากับชั้นที่ 2 โคนเป็นแบบเป็นรองรับกลมทั้ง 4 ท่อโครงสร้างหลัก ทำการเจาะรูของแผ่นรองรับการเชื่อมต่อเพื่อยึดโครงสร้างคานเข้าด้วยกัน จุดรองรับทางแบบมาตรฐานได้กำหนดไว้เช่นกันโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแป้นรองรับอยู่ที่ 250 มิลลิเมตร และมีความหนาอยู่ที่ 15 มิลลิเมตร และใช้น็อตที่มีขนาด 22 มิลลิเมตร และความยาวของน็อตอยู่ที่ 50 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 6 ตัว รูปที่ 3.9 และ รูปที่ 3.10 แสดงจุดเชื่อมต่อจากการเขียนด้วยโปรแกรมเทียบกับแบบมาตรฐานโครงสร้างของกรมทางหลวง



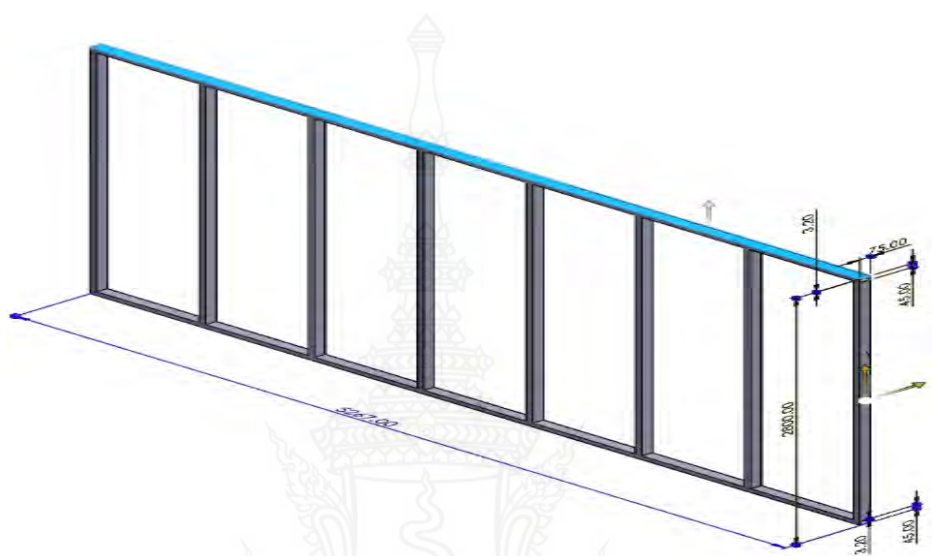
รูปที่ 3.9 แบบคู่มือมาตรฐานโครงสร้างกำหนดของจุดเชื่อมต่อโครงสร้างคาน



รูปที่ 3.10 จุดเชื่อมต่อของโครงสร้างคานจากการเขียนด้วยโปรแกรม

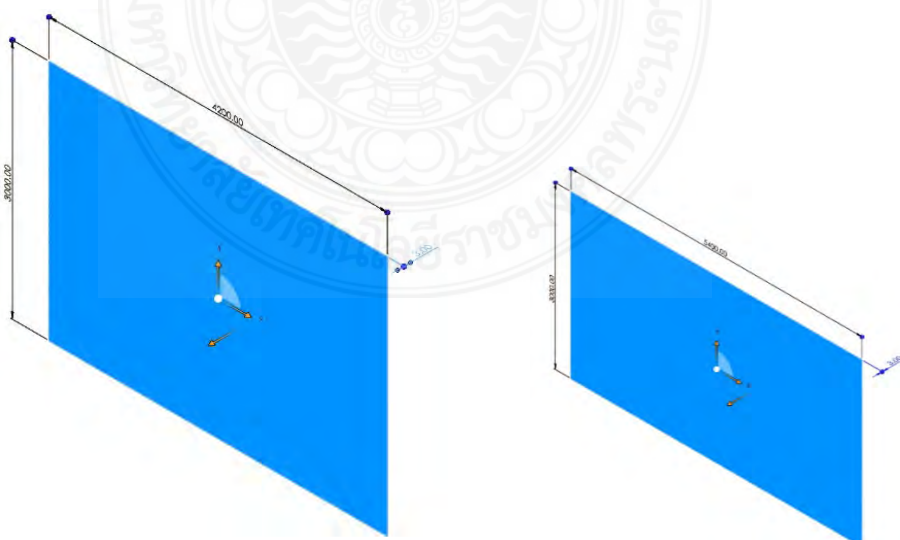
3.2.3 การเขียนโครงสร้างตีแผ่น้ำยจรจรและแผ่น้ำยจรจร

การเขียนโครงสร้างที่ใช้ในการตีแผ่น้ำยโดยเขียนโครงของโครงสร้างเป็นเหล็กสี่เหลี่ยม และกำหนดขนาดของโครงแผ่น้ำยเท่ากับ 75 มิลลิเมตร X 45 มิลลิเมตร ความหนาของเหล็กอยู่ที่ 3.20 มิลลิเมตร ความยาวของโครงสร้างรองรับแผ่น้ำยจรจรกว้าง 2,800 มิลลิเมตร X 5,267 มิลลิเมตร ซึ่งความยาวของโครงสร้างเป็นไปตามความยาวของแผ่น้ำยจรจร แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 โครงสร้างที่ยึดแผ่น้ำยจรจร

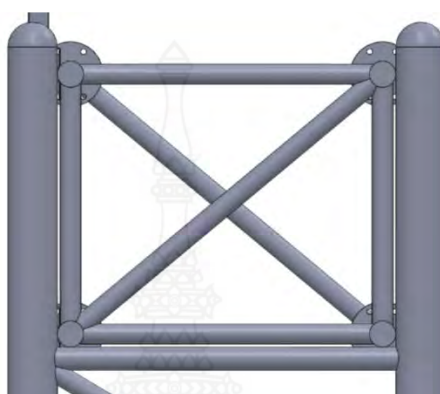
การเขียนแผ่น้ำยจรจรมี 2 ขนาด โดยมีขนาดความกว้างอยู่ที่ 5.4 เมตร x สูง 3 เมตร และขนาดกว้าง 4.2 เมตร x สูง 3 เมตร แผ่น้ำยทั้ง 2 ขนาดมีความหนาอยู่ที่ 3 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.12 แผ่น้ำยจรจรขนาด 4.2 เมตร และน้ำยขนาด 5.4 เมตร

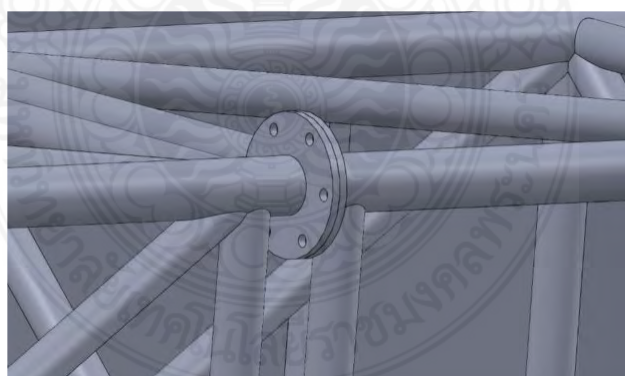
3.2.4 การประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน

ทำการนำชิ้นส่วนที่ได้ทำการเขียนไว้มาประกอบเข้าด้วยกันโดยการเริ่มจากนำเสาโครงสร้างป้ายจราจรประกอบเข้าด้วยกันกับคานขนาด 5.8 เมตร จุดเชื่อมต่อระหว่างเสาและคานต้องสัมผัสกันพอดีเพราะมีผลต่อค่าการคำนวณของโปรแกรม



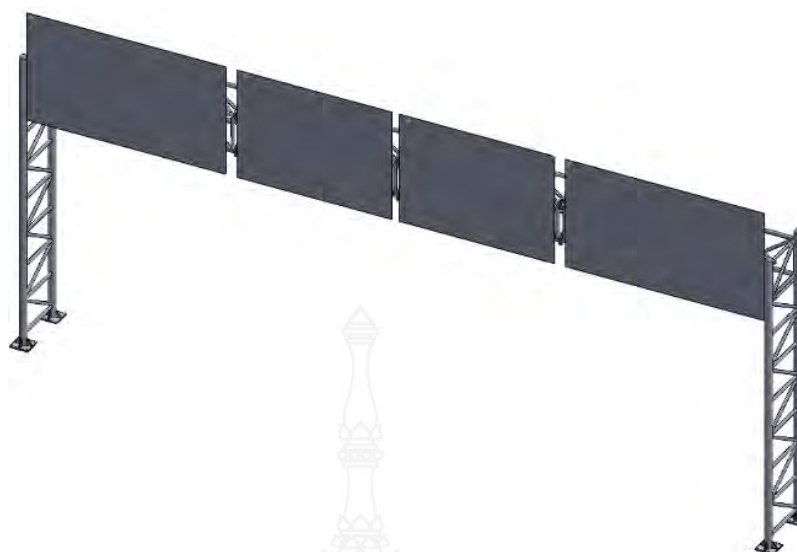
รูปที่ 3.13 จุดเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างเสาจราจรกับโครงสร้างคาน

ทำการเชื่อมต่อกานเข้าด้วยกันโดยคานจะมีขนาด 5.8 เมตร อยู่ทั้งซ้ายและขวาของเสาโครงสร้างป้ายจราจร และตรงกลางจะใช้เป็นโครงสร้างคานขนาด 4.4 เมตร โดยเชื่อมต่อด้วยแป้นรองรับด้านท้ายของคาน โดยที่จุดสัมผัสต้องสัมผัสกันพอดีทั้ง 4 โครงสร้างคาน แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.14 จุดเชื่อมต่อของโครงสร้างคาน

ทำการประกอบโครงติดแผ่นป้ายและแผ่นป้ายเข้ากับโครงสร้างคาน โดยโครงติดแผ่นป้ายและแผ่นป้ายที่มีขนาด 5.4 เมตร จะติดตั้งด้านซ้ายและขวาของโครงสร้างเสาจราจรเป็นจำนวน 2 ป้าย และป้ายจราจรขนาด 4.2 เมตร ติดตั้งตรงกลางของโครงสร้างเสาป้ายจราจรเป็นจำนวน 2 ป้าย แสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ติดตั้งป้ายจราจรเข้ากับโครงสร้างเสาจราจรเป็นจำนวน 4 ป้าย

3.3. การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

การกำหนดวัสดุของโครงสร้างเสาจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรและแผ่นป้ายจราจร โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุของโครงสร้างเสาจราจรเป็นวัสดุ JIS G3444 Grad STK41 ที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 200 จิกกะпасคาล อัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.3 โมดูลัสการเฉือนเท่ากับ 25.90 จิกกะпасคาลความหนาแน่น 7,850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเค้นที่จุดคราก 235.4 เมกะпасคาลความต้านทานแรงดึงสูงสุด 402 เมกะпасคาล และในส่วนป้ายจราจรใช้เป็นวัสดุ ASTM A36 ที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 200 จิกกะпасคาล อัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.26 โมดูลัสการเฉือนเท่ากับ 79.3 จิกกะпасคาล ความหนาแน่น 7,850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความต้านทานแรงดึงสูงสุด 400 เมกะпасคาล ความเค้นคราก 250.4 เมกะпасคาล โมดูลัสของแรงบีบอัด (Bulk Modulus) 140 จิกกะпасคาล รวบรวมค่าคุณสมบัติของวัสดุมาใส่ในตารางเพื่อง่ายต่อการนำค่าในตารางมาใช้ในการกำหนดวัสดุในการคำนวณหาค่าความเค้นและความเครียดด้วยระบบระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของวัสดุโครงสร้างเสาจราจรและแผ่นป้ายจราจร

กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ		
รายละเอียด	ป้ายจราจร	โครงสร้างเสาจราจร
วัสดุ	ASTM A36	JIS G3444 Grad STK41
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น	200 จิกกะпасคาล	200 จิกกะпасคาล

กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ		
รายละเอียด	ป้ายจราจร	โครงสร้างเสาจราจร
ค่าโมดูลัสการเฉือน	79.30 จิกกะปาศคาล	25.90 จิกกะปาศคาล
อัตราส่วนปัวซอง	0.26	0.3
ความหนาแน่น	7,850 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	7,850 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ความเค้นที่จุดคราก	250.40 เมกะปาศคาล	235.4 เมกะปาศคาล
ความต้านทานแรงดึงสูงสุด	400 เมกะปาศคาล	402 เมกะปาศคาล
โมดูลัสแรงบีบอัด	140 จิกกะปาศคาล	-



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

4.1 การกำหนดขนาดแรงที่ใช้ในการทดลอง

กำหนดเงื่อนไขในการทดลองด้วยแรงพาหนะของลมที่เกิดจากรถบรรทุกวิ่งผ่านโครงสร้างเสาจราจรและป้ายจราจรโดยกำหนดความเร็วอยู่ที่ 90 กม/ชม. 120 กม/ชม. และความเร็วเกินมาตรฐานของกฎหมายกำหนดที่ 150 กม./ชม. โดยการวิเคราะห์ผลจะใช้ทฤษฎีของ A.Sanz-Andres et al. [19] แสดงดังสมการที่ (4.1)

$$F_c = \frac{\rho h B^2 U_\infty^2 A_b}{4} \left\{ \frac{2U_\infty^2 t^2 - d^2}{[(U_\infty t)^2 + d^2]^{5/2}} \right\} \quad (4.1)$$

กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศ (ρ) เท่ากับ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความกว้างป้ายจราจร (2B) เท่ากับ 4.2 และ 5.4 เมตร ความสูงแผ่นป้ายจราจร (h) เท่ากับ 3 เมตร ความเร็วของยานพาหนะ (U_∞) คือรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ที่วิ่งผ่านป้ายจราจรด้วยความเร็วตามกำหนดของประเทศไทยเท่ากับ 90, 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และตั้งเป็นกรณีศึกษาเพื่อสมมติการวิเคราะห์ที่ความเร็วเกินกำหนดคือ 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (คิดเป็น 25, 33.33 และ 41.66 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ) พื้นที่หน้าตัดของรถ (A_b) คือ $2 \times (3.75 \times 2.5) = 18.75$ ตารางเมตร เวลา (t) ตั้งแต่ -1 ถึง 1 ซึ่งเวลาที่ $t=0$ จะส่งผลให้เกิดแรงสูงสุด ดังนั้นจึงกำหนดค่า $t=0$ ในการคำนวณ และระยะห่างจากรถไปยังแผ่นป้าย (d) เท่ากับ 4.5 เมตร ทำให้ได้ผลการคำนวณออกมาเป็นแรง (F) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แรงที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร

ρ	h	2B	U in	A_b	t	d	F (N)
1.2	3	5.4	25	18.75	0	4.5	-843.75
1.2	3	4.2	25	18.75	0	4.5	-510.417
1.2	3	5.4	33.33	18.75	0	4.5	-1,500
1.2	3	4.2	33.33	18.75	0	4.5	-907.407
1.2	3	5.4	41.66	18.75	0	4.5	-2,343.75
1.2	3	4.2	41.66	18.75	0	4.5	-1,417.82

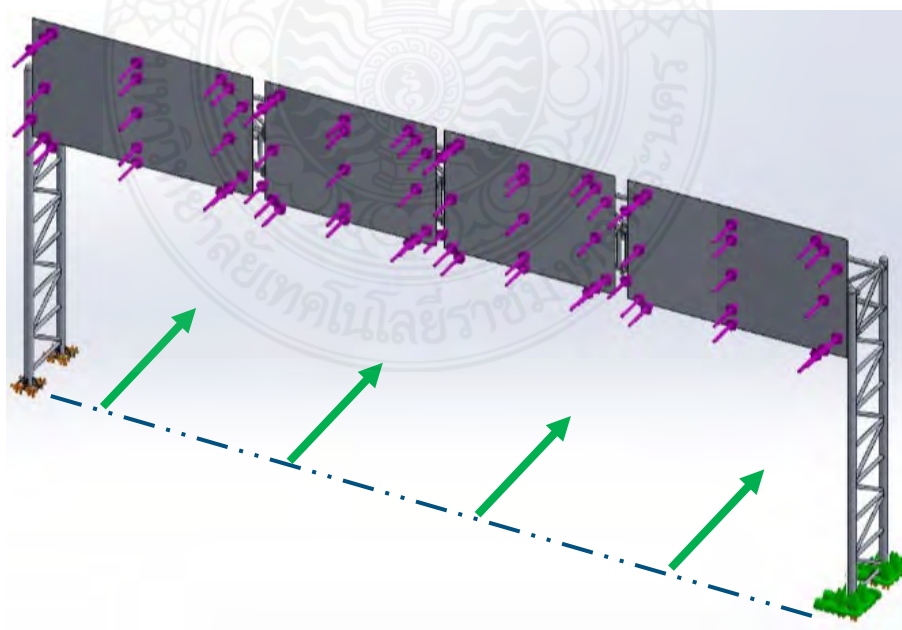
ผลการคำนวณจากสมการแยกเป็นแรงที่กระทำต่อป้ายจราจรบนโครงสร้างเสาจราจรที่จะนำไปใส่ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ในการคำนวณหาค่าความเค้นและความเครียดในการวิเคราะห์ โดยนำแรงที่ได้จากการคำนวณและค่าคุณสมบัติของวัสดุป้ายจราจรและโครงสร้างเสาจราจรเพื่อใช้วิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปขนาดแรงที่กระทำต่อป้ายจราจร

Parameters	Value					
	Velocity (m/s)	25 (90 km/h)		33.33 (120 km/h)		41.66 (150 km/h)
Sign board size (m ²)	5.4x3	4.2x3	5.4x3	4.2x3	5.4x3	4.2x3
Force (N)	-843	-510	-1,500	-907	-2,343	-1,417

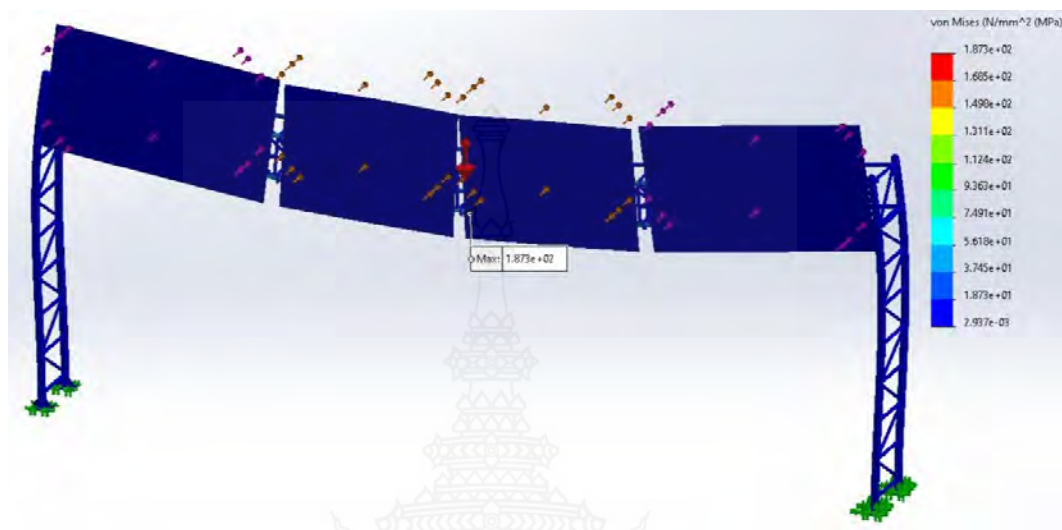
4.2 กรณีที่ 1 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรทั้ง 4 ป้ายในทิศทางเดียวกัน

ในการวิเคราะห์ผลของค่าความเค้นและความเค้นที่เกิดขึ้นต่อโครงสร้างเสาจราจรทั้งชิ้น โดยกำหนดเงื่อนไขของการติดตั้งป้ายจราจรไปในทิศทางเดียวกันเป็นจำนวน 4 ป้ายจราจร และแรงที่กระทำเป็นแรงกระจายที่เกิดจากลมของการเคลื่อนที่จากรถบรรทุกที่วิ่งผ่านมากระทำต่อป้ายจราจรทั้ง 4 ป้ายจราจรบนโครงสร้างเสาจราจร โดยมีเงื่อนไขของความเร็วที่วิ่งผ่านคือ 3 ความเร็ว โดยแสดงรูปแบบการติดตั้งป้ายจราจรและแรงลมที่กระทำต่อป้ายจราจรดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ป้ายจราจรติดตั้งไปทิศทางเดินทางเดียวกันและแรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจร

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ที่ 1.1 ยานพาหนะวิ่งผ่านด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. แรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจรไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงในรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3



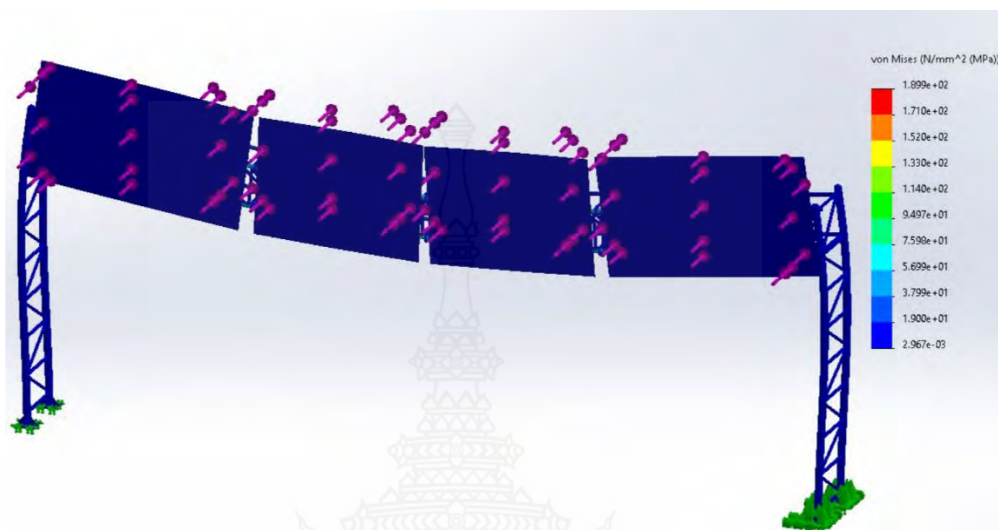
รูปที่ 4.2 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 4.3 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน

การวิเคราะห์ผลที่ 1.1 จากความเร็ว 90 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 187.3 MPa ไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa อยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ที่เสาเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่สามารถกลับเข้ามาอยู่ในรูปเดิมได้ และค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 6.42×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.33

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ที่ 1.2 ยานพาหนะวิ่งผ่านด้วยความเร็ว 120 กม./ชม. แรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจรไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงในรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5



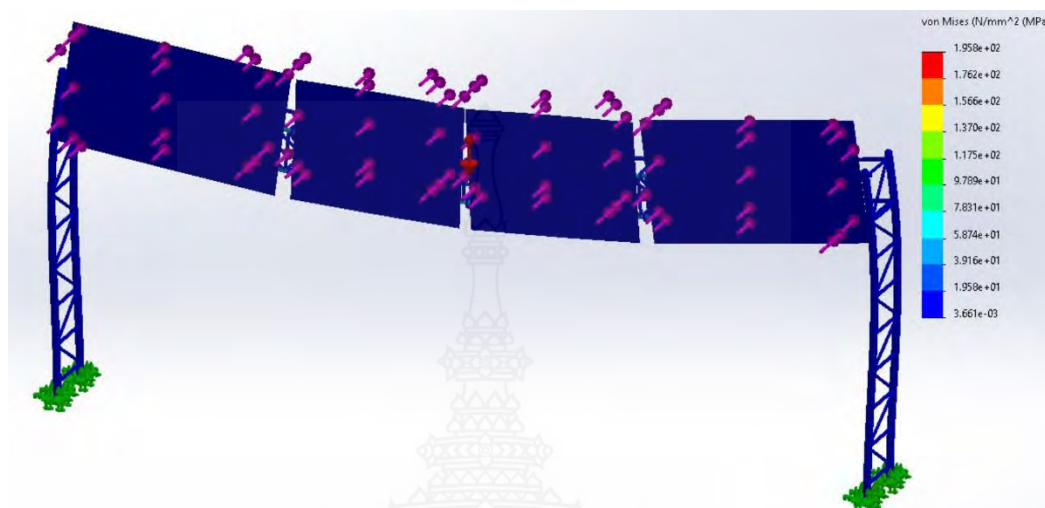
รูปที่ 4.4 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน



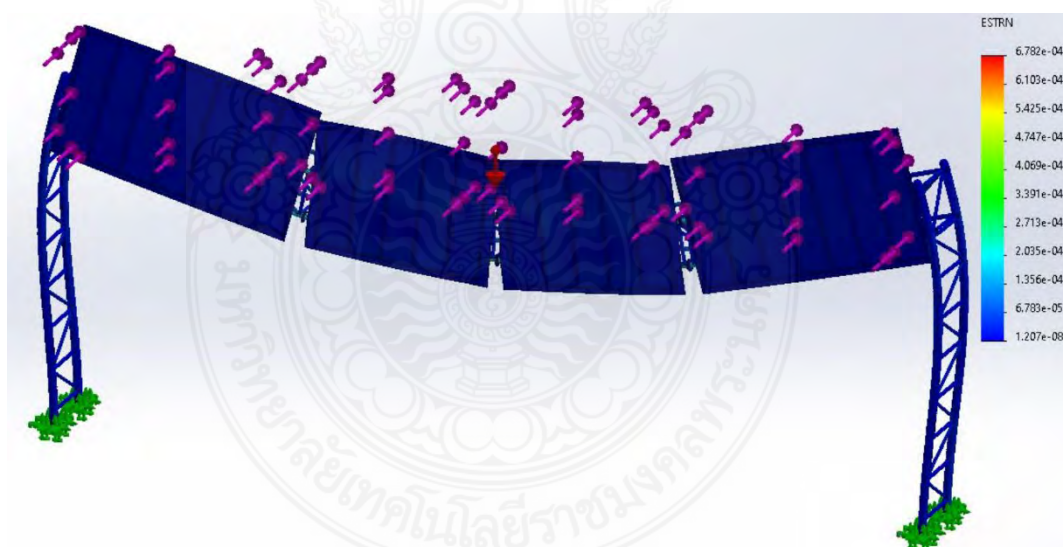
รูปที่ 4.5 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน

การวิเคราะห์ผลที่ 1.2 จากความเร็ว 120 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 189.9 MPa ไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ที่เสาเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่สามารถกลับเข้ามาอยู่ในรูปเดิมได้ และค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 6.57×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.31

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ที่ 1.3 ยานพาหนะวิ่งผ่านด้วยความเร็ว 150 กม./ชม. เป็นความเร็วที่เกินมาตรฐานกำหนดไว้ แรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจรไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงในรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน

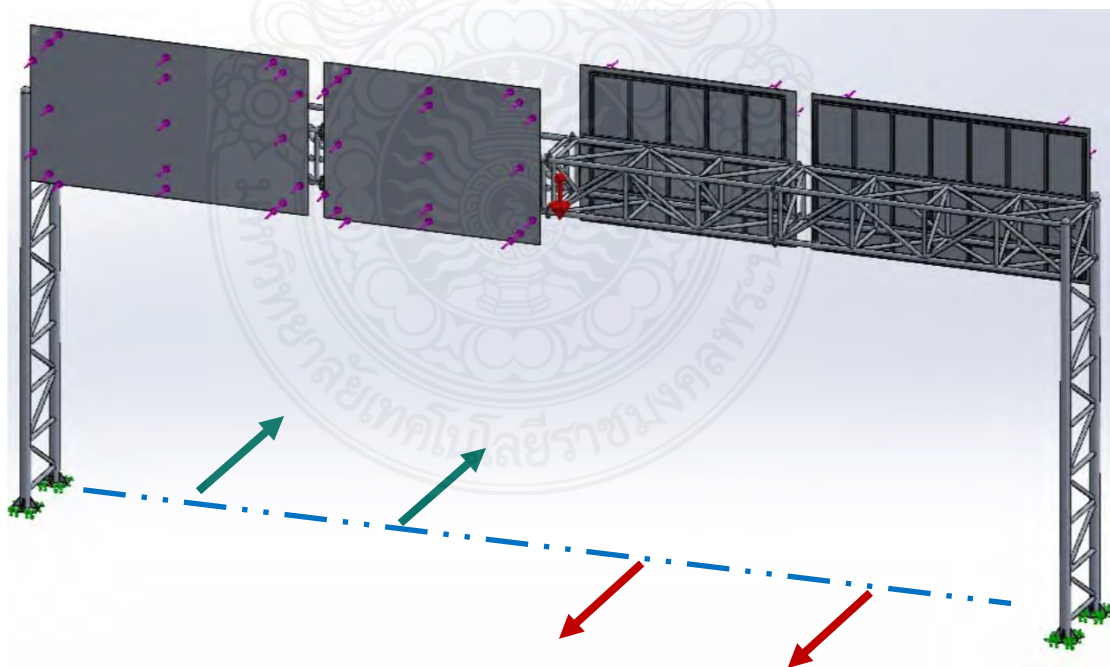


รูปที่ 4.7 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศทางเดียวกัน

การวิเคราะห์ผลที่ 1.3 จากความเร็ว 150 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 195.8 MPa ไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ที่เสถียรเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่สามารถกลับเข้ามาอยู่ในรูปเดิมได้ และค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 6.78×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.27

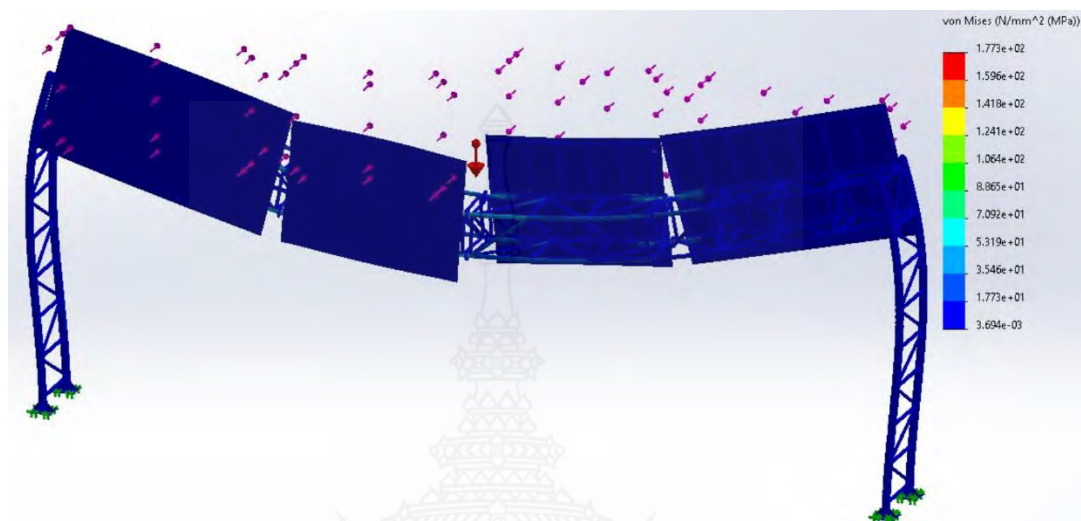
4.3 กรณีที่ 2 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรทั้ง 4 ป้ายในทิศสวนทางกัน

ในการวิเคราะห์ผลของกรณีที่ 2 โดยมีเงื่อนไขในการติดตั้งป้ายคือ ติดตั้งป้ายจราจรไปในทิศสวนทางกัน จำนวนป้ายที่ติดตั้งกับโครงสร้างเสาจราจรจะติดตั้งด้านละ 2 ป้ายจราจร โดยมีป้ายขนาด 5.4 เมตร ติดตั้งที่ด้านริมของโครงสร้างเสาจราจรทั้ง 2 ข้าง แต่เป็นทิศสวนทางกัน และตรงกลางติดตั้งป้ายขนาด 4.2 เมตร ทิศสวนทางกันทั้ง 2 ข้าง รวมเป็นทั้งหมด 4 ป้ายจราจร กำหนดเงื่อนไขของแรงที่กระทำต่อป้ายจราจร เป็นแรงกระจายทั้ง 2 ข้าง กระทำต่อป้ายจราจรทุกป้าย ซึ่งจำลองเหตุการณ์รถบรรทุกทุกวิ่งผ่านป้ายจราจรสวนทางกัน โดยกำหนดให้รถบรรทุก 2 คัน วิ่งสวนทางกันที่ความเร็วเท่ากันทั้ง 2 ข้างของป้ายจราจร โดยมีความเร็วที่กำหนด 3 ความเร็วคือ ความเร็วที่ 90 กม./ชม. 120 กม./ชม. และความเร็ว 150 กม./ชม. ลักษณะของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างจะเป็นแรงเฉือนตรงกลางระหว่างโครงสร้างเสาจราจร ในกรณีนี้จะเป็นการศึกษารูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นของโครงสร้างเสาจราจรโดยเกิดจากลมของยานพาหนะขนาดใหญ่ที่วิ่งสวนทางกันใต้โครงสร้างเสาจราจรพอดี จะพิจารณาค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้น และจะศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงสร้างเสาจราจร และทำการหาค่าความปลอดภัยที่เกิดจากการคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยคำนวณจากค่าความเค้นที่ได้จากการออกแบบเทียบกับค่าความเค้นสูงสุดที่ได้จากโปรแกรมคำนวณมาวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของโครงสร้างเสาจราจรในช่วงเวลาที่รถบรรทุก 2 คัน วิ่งผ่านสวนทางกันด้านใต้ป้ายจราจรที่ติดตั้งในรูปแบบที่แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การติดตั้งป้ายจราจร 4 ป้ายจราจร ในทิศสวนทางกันและแรงกระทำทั้ง 2 ฝั่ง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ที่ 2.1 ยานพาหนะวิ่งผ่านด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. เป็นความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งสวนทางกัน แรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจรไปในทิศสวนทางกัน โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงในรูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.10



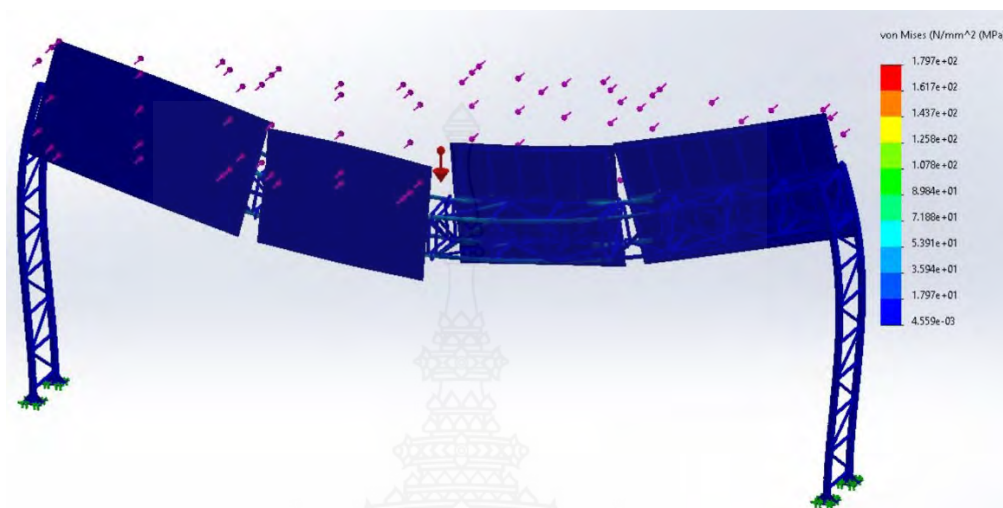
รูปที่ 4.9 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน



รูปที่ 4.10 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน

การวิเคราะห์ผลที่ 2.1 จากความเร็ว 90 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 177.3 MPa ไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ที่เสาเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่สามารถกลับเข้ามาอยู่ในรูปเดิมได้ และค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.97×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.41

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ที่ 2.2 ยานพาหนะวิ่งผ่านด้วยความเร็ว 120 กม./ชม. เป็นความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งสวนทางกัน แรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจรไปในทิศสวนทางกัน โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดจากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงในรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12



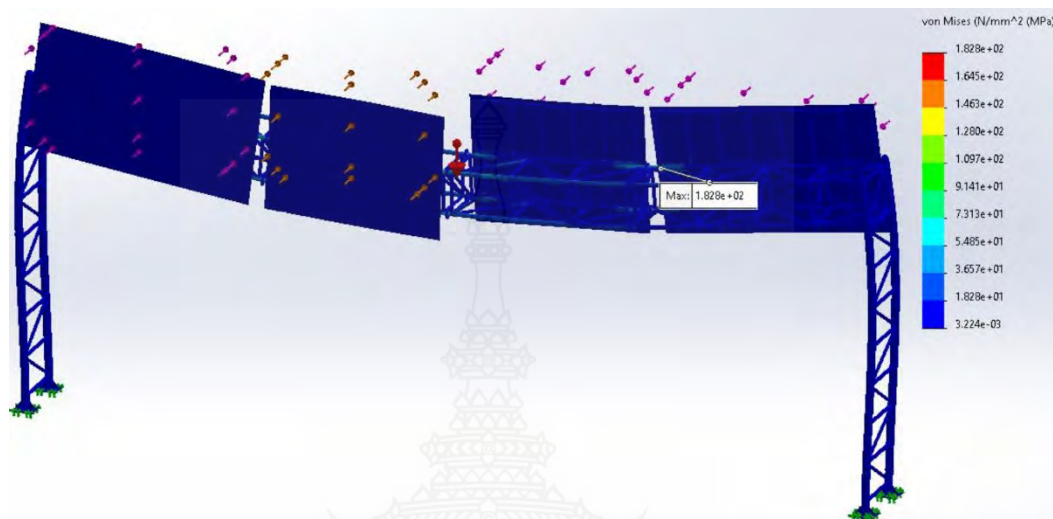
รูปที่ 4.11 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน



รูปที่ 4.12 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 120 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน

การวิเคราะห์ผลที่ 2.2 จากความเร็ว 120 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 179.7 MPa ไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ที่เสถียรเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่สามารถกลับเข้ามาอยู่ในรูปเดิมได้ และค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.86×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.39

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ที่ 2.3 ยานพาหนะวิ่งผ่านด้วยความเร็ว 150 กม./ชม. เป็นความเร็วของรถบรรทุกที่วิ่งสวนทางกัน แรงกระทำทั้ง 4 ป้ายจราจรไปในทิศสวนทางกัน โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดจากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงในรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน

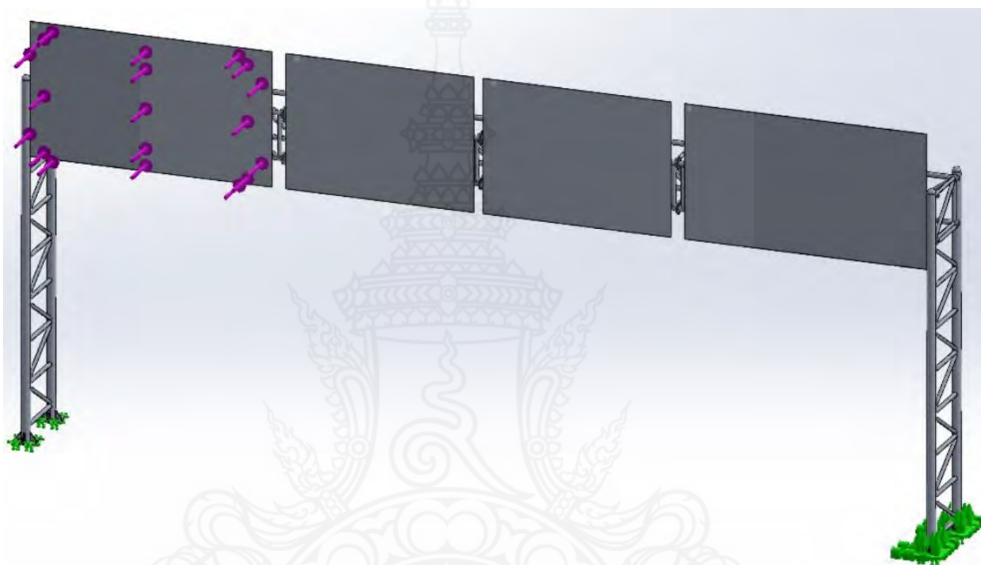


รูปที่ 4.14 ผลการคำนวณค่าความเครียดสูงสุดที่ความเร็ว 150 กม./ชม. ทิศสวนทางกัน

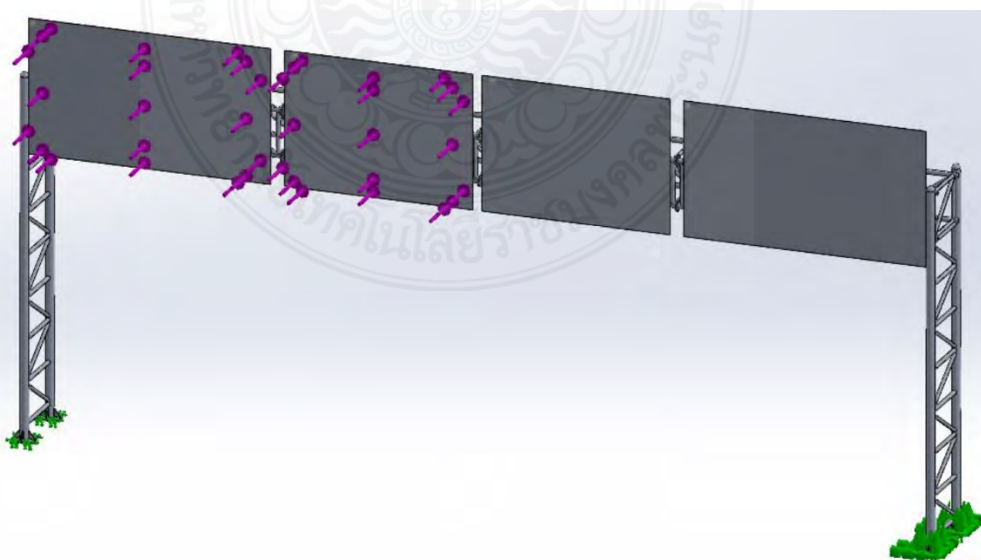
การวิเคราะห์ผลที่ 2.3 จากความเร็ว 150 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 182.8 MPa ไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ที่เสาเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่สามารถกลับเข้ามาอยู่ในรูปเดิมได้ และค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.74×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.37

4.4 กรณีที่ 3 แรงที่กระทำต่อจราจรแบบเพิ่มขึ้นที่ละหนึ่งป้ายจราจร

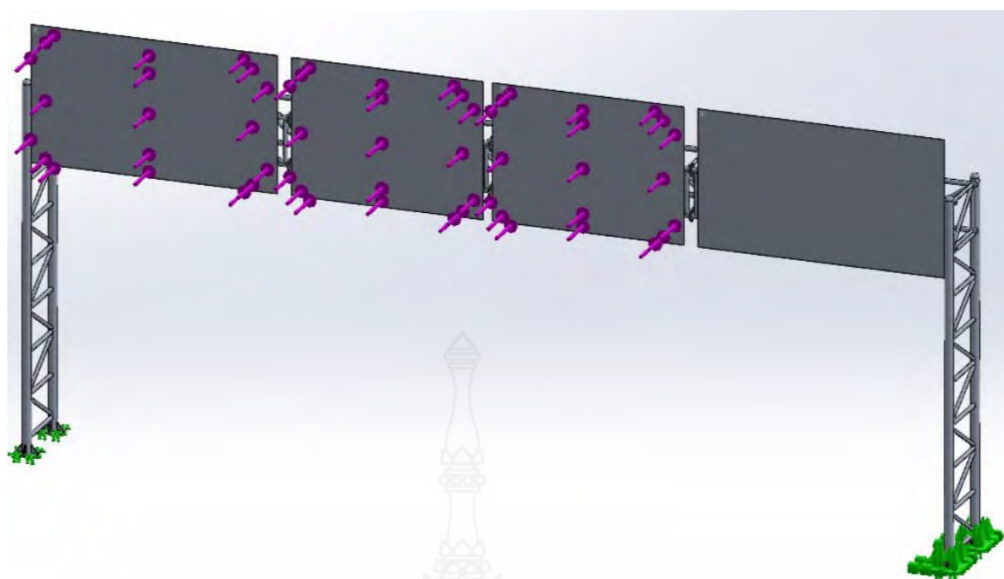
ในการวิเคราะห์ส่วนนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแผ่นป้ายจราจรที่มีแรงลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจรที่ละ 1 ป้าย และสูงสุดกระทำ 3 ป้ายจราจร เพื่อศึกษาค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดที่กระทำต่อป้ายจราจร และค่าความปลอดภัยของโครงสร้างเสาจราจร โดยรูปแบบของการติดตั้งป้ายจราจรจะเป็นการติดตั้งไปในทิศทางเดียวกัน และความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านป้ายจราจรคือ 90 กม./ชม. 120 กม./ชม. และความเร็ว 150 กม./ชม. รูปแบบการติดตั้งและแรงที่กระทำต่อป้ายจราจรแสดงดังรูปที่ 4.15 รูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.15 แรงกระทำต่อป้ายจราจรเพียง 1 ป้ายจราจร

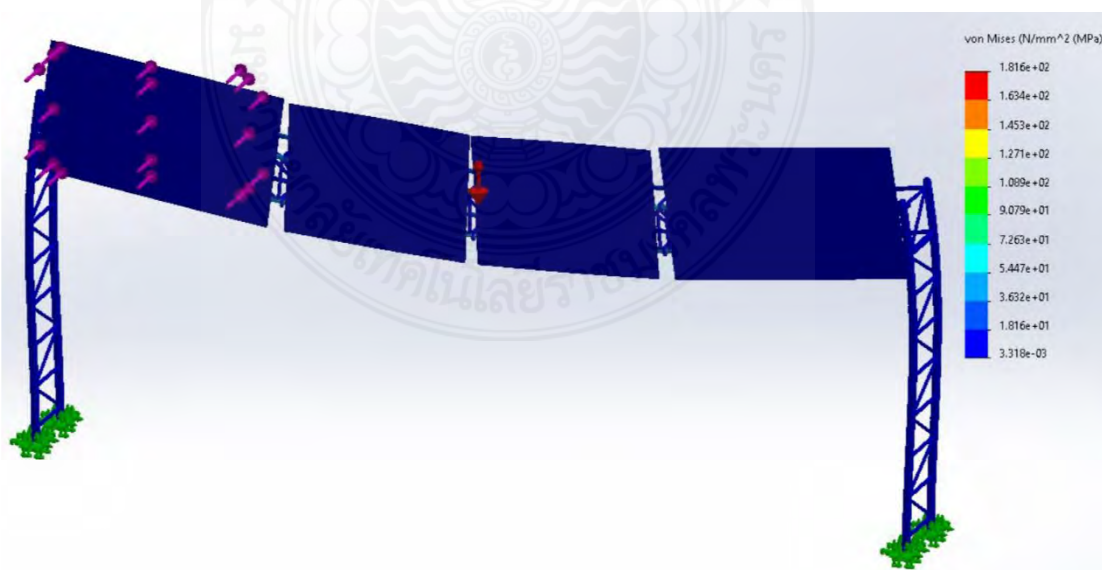


รูปที่ 4.16 แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรเป็นจำนวน 2 ป้ายจราจร



รูปที่ 4.17 แรงที่กระทำต่อป้ายจราจรเป็นจำนวน 3 ป้ายจราจร

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ที่ 3.1 กำหนดเงื่อนไขแรงลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจรเพียง 1 แผ่นป้าย ขนาด 5.4 เมตร โดยความเร็วของยานพาหนะที่วิ่งผ่านคือ 90 กม./ชม. 120 กม./ชม. และความเร็ว 150 กม./ชม. เพื่อพิจารณาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาป้ายบอกทางจราจร และพิจารณาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างเสาจราจร อีกทั้งศึกษาการเปลี่ยนรูปที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาป้ายจราจร โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดจากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดจากแรงกระทำ 1 แผ่นป้ายจราจร

การวิเคราะห์ผลที่ 3.1 แรงจากลมของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจรขนาด 5.4 เมตร เป็นจำนวน 1 แผ่น จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 90 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 179.5 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 5.02×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.39 จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 120 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 178.8 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 5.01×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.40 จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 150 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 181.6 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.98×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.37 ซึ่งค่าความเค้นใช้งานไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ไม่เกิดการเสียหายอย่างถาวร

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ที่ 3.2 กำหนดเงื่อนไขแรงลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจรเพียง 2 แผ่นป้าย โดยขนาดของแผ่นป้ายคือ 5.4 เมตร และ 4.2 เมตร ความเร็วของยานพาหนะที่วิ่งผ่านคือ 90 กม./ชม. 120 กม./ชม. และความเร็ว 150 กม./ชม. เพื่อพิจารณาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาป้ายบอกทางจราจร และพิจารณาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างเสาจราจร อีกทั้งศึกษาการเปลี่ยนรูปที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาป้ายจราจร โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดจากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงดังรูปที่ 4.19

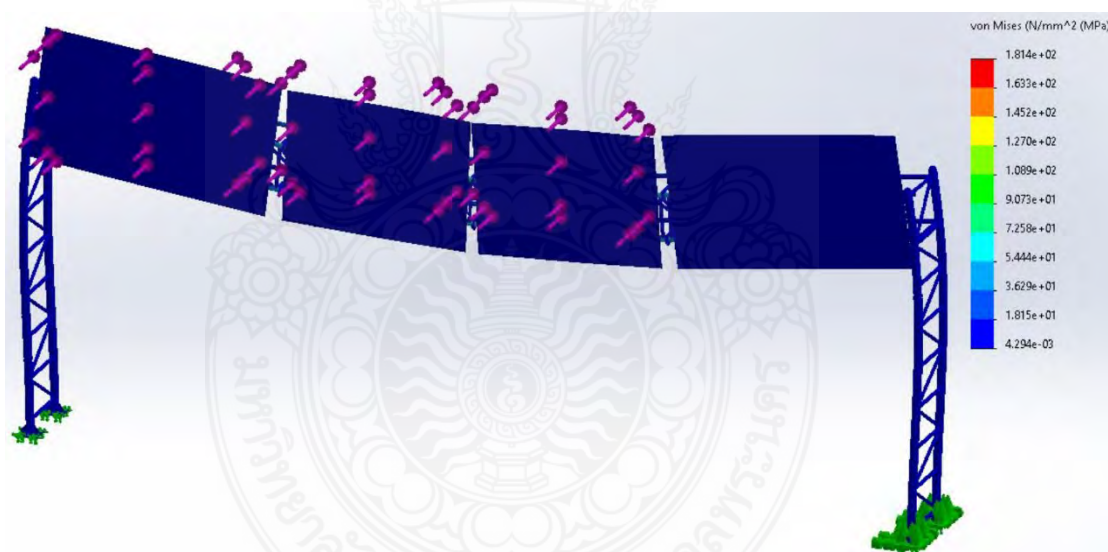


รูปที่ 4.19 การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดจากแรงกระทำ 2 แผ่นป้ายจราจร

การวิเคราะห์ผลที่ 3.2 แรงจากลมของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจรขนาด 5.4 เมตร และ 4.2 เมตร เป็นจำนวน 2 แผ่นป้าย จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 90 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 178.2 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.98×10^{-4} และค่าความ

ปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.40 จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 120 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 180.5 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.93×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.38 จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 150 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 184.2 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.90×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.35 ซึ่งค่าความเค้นใช้งานไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ไม่เกิดการเสียหายอย่างถาวร

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ที่ 3.3 กำหนดเงื่อนไขแรงลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจรเพียง 3 แผ่นป้าย โดยขนาดของแผ่นป้ายคือ 5.4 เมตร 1 แผ่นป้าย และ 4.2 เมตร 2 แผ่นป้าย ความเร็วของยานพาหนะที่วิ่งผ่านคือ 90 กม./ชม. 120 กม./ชม. และความเร็ว 150 กม./ชม. เพื่อพิจารณาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาป้ายบอกทางจราจร และพิจารณาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างเสาจราจร อีกทั้งศึกษาการเปลี่ยนรูปที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาป้ายจราจร โดยค่าความเค้นและความเครียดสูงสุดจากการคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 การวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดจากแรงกระทำ 3 แผ่นป้ายจราจร

การวิเคราะห์ผลที่ 3.3 แรงจากลมของยานพาหนะกระทำต่อป้ายจราจรขนาด 5.4 เมตร จำนวน 1 แผ่นป้าย และ 4.2 เมตร 2 แผ่นป้าย เป็นจำนวนรวมทั้งหมด 3 แผ่นป้าย จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 90 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 178.3 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.93×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.40 จากความเร็วของยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 120 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 181.4 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 4.97×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.38 จากความเร็วของ

ยานพาหนะวิ่งผ่านที่ 150 กม./ชม. ผลการคำนวณค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 185.7 MPa และค่าเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นคือ 5.09×10^{-4} และค่าความปลอดภัยจากการคำนวณคือ 1.34 ซึ่งค่าความเค้นใช้งานไม่เกิดค่าความเค้นที่ออกแบบไว้คือ 250.4 MPa ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic)

4.5 สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์ค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเสาป้ายบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจร และค่าความปลอดภัยทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แสดงในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปค่าความเค้น ความเครียด และค่าความปลอดภัย

ความเร็วยานพาหนะที่วิ่งผ่าน		90 กม./ชม.	120 กม./ชม.	150 กม./ชม.
กรณีที่ 1 4 แผ่นป้ายทิศทางเดียวกัน	ความเค้นสูงสุด	187.3 MPa	189.9 MPa	195.8 MPa
	ความเครียดสูงสุด	6.42×10^{-4}	6.57×10^{-4}	6.78×10^{-4}
	ค่าความปลอดภัย	1.33	1.31	1.27
กรณีที่ 2 4 แผ่นป้ายทิศสวนทางกัน	ความเค้นสูงสุด	177.3 MPa	179.7 MPa	182.8 MPa
	ความเครียดสูงสุด	4.97×10^{-4}	4.86×10^{-4}	4.74×10^{-4}
	ค่าความปลอดภัย	1.41	1.39	1.37
กรณีที่ 3 1 แผ่นป้าย	ความเค้นสูงสุด	179.5 MPa	178.8 MPa	181.6 MPa
	ความเครียดสูงสุด	5.02×10^{-4}	5.01×10^{-4}	4.98×10^{-4}
	ค่าความปลอดภัย	1.39	1.40	1.37
กรณีที่ 3 2 แผ่นป้าย	ความเค้นสูงสุด	178.2 MPa	180.5 MPa	184.2 MPa
	ความเครียดสูงสุด	4.98×10^{-4}	4.93×10^{-4}	4.90×10^{-4}
	ค่าความปลอดภัย	1.40	1.38	1.35
กรณีที่ 3 3 แผ่นป้าย	ความเค้นสูงสุด	178.3 MPa	181.4 MPa	185.7 MPa
	ความเครียดสูงสุด	4.93×10^{-4}	4.97×10^{-4}	5.09×10^{-4}
	ค่าความปลอดภัย	1.40	1.38	1.34

บทที่ 5

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 การอภิปรายผล

สรุปผลการวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร และโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจรโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จากการใช้วัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับทำป้ายจราจรคือวัสดุ ASTM A36 Steel Material และโครงสร้างเสาป้ายบอกทางจราจรคือวัสดุ JIS G3444 Grade STK41 โดยกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ด้วยความเร็ว 90 กม./ชม. 120 กม./ชม. และความเร็ว 150 กม./ชม. โดยขนาดของโครงสร้างป้ายจราจรแบบคร่อมผิวจราจรที่มีความยาว 20 เมตร และขนาดของแผ่นป้ายจราจรที่มีขนาด 5.4 เมตร และขนาด 4.2 เมตร และยังกำหนดเงื่อนไขในการติดตั้งป้ายบอกทางแบบคร่อมผิวจราจรในการทดสอบโดยใช้รถบรรทุกวิ่งผ่านใต้โครงสร้างเสาจราจรทั้งไปในทิศทางเดียวกัน และสวนทางกัน ทำให้เกิดแรงที่กระทำต่อโครงสร้างป้ายจราจรและป้ายจราจรแตกต่างกัน โดยกำหนดคือ การติดตั้งป้ายจราจร 4 แผ่นป้ายไปในทิศทางเดียวกัน การติดตั้งป้ายจราจรแบบ 2 แผ่นป้ายไปในทิศสวนทางกัน อีกทั้งมีการกำหนดแรงที่กระทำต่อแผ่นป้ายจราจรแบบ 1 แผ่นป้าย 2 แผ่นป้าย และ 3 แผ่นป้าย เพื่อศึกษาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในโครงสร้างป้ายจราจร ซึ่งสามารถสรุปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

5.1.1 วิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในป้ายบอกทางจราจรและโครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรอันเนื่องมาจากแรงลมที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ พบว่าค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นเกิดจากตัวน้ำหนักของโครงสร้างเสาป้ายบอกทาง แรงลมที่มากระทำจึงทำให้เกิดค่าความเค้นและความเครียดที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความเค้นสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ไม่เกิดจุดครากของการออกแบบไว้ จึงวิเคราะห์ได้ว่า ค่าความปลอดภัยของโครงสร้างเสาจราจรไม่ต่ำกว่า 1 จึงมีความปลอดภัยและแรงลมที่กระทำต่อแผ่นป้ายทุกกรณีไม่ทำให้เกิดความเสียหายอย่างถาวร

5.1.2 เพื่อศึกษาการเสียรูปของโครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวถนนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างเสาป้ายจราจรเกิดการเปลี่ยนรูปตามแรงลมของความเร็วที่เพิ่มขึ้นจากยานพาหนะ แต่ยังไม่เปลี่ยนรูปแบบถาวร เพราะค่าความเค้นที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำ ยังไม่เกิดจุดครากของความเค้นที่ออกแบบ เรียกว่า อยู่ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear Elastic) เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่เมื่อไม่มีแรงมากระทำยังสามารถกลับสู่รูปร่างเดิมได้ โดยทุกกรณีที่จำลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีรูปแบบที่แตกต่างกันในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขึ้นอยู่กับลักษณะของแรงที่มากระทำต่อบริเวณป้ายจราจรและ

โครงสร้างเสาป้ายบอกทาง ซึ่งรูปร่างอาจจะมีผลมาจากองศาของแรงที่กระทำต่อป้ายจราจร อีกทั้งยังมีโครงสร้างป้ายจราจรแบบอื่นที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งควรได้รับการวิเคราะห์และพิจารณา

5.2 ข้อเสนอแนะ


ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเขียนแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นตามหลักวิศวกรรมศาสตร์ด้วยวิธีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อศึกษาหาผลของปัญหาต่างๆ แต่ในการนำไปวิเคราะห์ยังมีปัญหาในบางกรณีที่อาจทำให้เกิดการผิดพลาดในการคำนวณหาผลลัพธ์ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาจุดต่างๆ ในแบบจำลองนี้ และยังสามารถหาปัญหาที่เกิดจากลมที่มากระทำต่อป้ายจราจร องศาของลมที่กระทำต่อป้ายจราจร การสั่นสะเทือนของโครงสร้างเสาป้ายบอกทางที่เกิดจากยานพาหนะ หรือทั้งสามารถหาปัญหาที่เกิดจากอุณหภูมิที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเสาป้ายบอกทางจราจร การวิเคราะห์ปัญหาด้วยระเบียบวิธีวิจัยไฟไนต์เอลิเมนต์จึงมีประโยชน์มากในทางวิศวกรรม โดยที่ไม่ต้องสูญเสียทรัพยากรต่างๆ



เอกสารอ้างอิง

- [1] คู่มือมาตรฐานการออกแบบและติดตั้งป้ายจราจร, กรมทางหลวง, เล่มที่ 1 ปี 2561
- [2] รูปป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขนยื่น (Overhang Signs). Networks [Online]. Available: <http://www.saferoad.co.th/ผลิตภัณฑ์/ป้ายโอเวอร์แฮงค์.com>
- [3] รูปป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจรที่ใช้บนทางพิเศษ. Networks [Online]. Available: <http://www.new.autoinfo.co.th/online.com>
- [4] รูปป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร (Overhead Signs). Networks [Online]. Available: <http://www.rkctrainingservice.com>
- [5] STANDARD DRAWINGS FOR HIGHWAY DESIGN AND CONSTRUCTION, Kingdom of Thailand ministry of transport department of highways, Revision 2015.
- [6] รูปป้ายแนะนำทางที่เกิดความเสียหายจากลมพายุบนท้องถนน. Networks [Online]. Available: http://www.khaosod.co.th/around-thailand/news_6487751.com
- [7] ประกอบ ชาติภักดิ์, “การวิเคราะห์ผลกระทบของลมที่เกิดจากยานพาหนะต่อการกระจายความเค้นและความถี่ธรรมชาติของเสาบอกทางจราจรโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์,” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [8] ธงชัย พองสมุทร, วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ดารารวรรณการพิมพ์ เชียงใหม่. 2549.
- [9] มนต์ศักดิ์ พิมสาร, “ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์,” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [10] Saeed Arabi, Behrouz Shafei, Brent M. Phares, “Investigation of fatigue in steel sign-support structures under diurnal temperature changes,” *Journal of Constructional Steel Research.*, vol. 153, pp. 286-297, 2019.
- [11] Songzhao Qu, Yonghua Guo, Qing Sun, “Resistances of high-strength steel equal-leg-angle section columns eccentrically connected by one leg,” *Journal of Constructional Steel Research.*, vol. 191, pp. 107-143, 2022.

- [12] Zhengyu Liu a, Zachary Dietrich, Brent M. Phares, Behrouz Shafei, “Structural behavior of large anchor bolts used for sign-support structures,” *Journal of Constructional Steel Research.*, vol. 190, pp. 107-144, 2022.
- [13] Naresh Subedi, Taku Obara, Susumu Kono, “Noncompact and slender concrete-filled steel tubes under axial compression: Finite-element modeling and evaluation of stress-strain models for fiber-based analysis,” *Journal of Constructional Steel Research.*, vol. 196, pp. 107-353, 2022.
- [14] Jennifer Kacin, Piervincenzo Rizzo, Mahdi Tajari, “Fatigue analysis of overhead sign support structures,” *Engineering Structures.*, vol. 32, pp. 1659-1670, 2010.
- [15] Eric V. Johnson Jr., Ronald A. Cook b, Forrest J. Masters, Marcus H. Ansleyc, “Development of hurricane resistant traffic signal structures,” *Engineering Structures.*, vol. 33, pp. 357-367, 2011.
- [16] Jennifer A. Rice, Douglas A. Foutch, James M. LaFave, Schaun Valdovinos, “Field testing and analysis of aluminum highway sign trusses,” *Engineering Structures.*, vol. 34, pp. 173-186, 2012.
- [17] Min Ook Kim, Amanda C. Bordelon, Uma Ramasamy, Chris P. Pantelides, “Base geometry influence on impact load failure of a traffic signal pole,” *Engineering Structures.*, vol. 123, pp. 482-489, 2016.
- [18] Saeed Arabi, Behrouz Shafei, Brent M. Phares, “Investigation of fatigue in steel sign-support structures under diurnal temperature changes,” *Journal of Constructional Steel Research.*, vol. 153, pp. 286-297, 2019.
- [19] A. Sanz-Andres, J. Santiago-Prowald, C. Baker and A. Quinn, “Vehicle-induced loads on traffic sign panels,” *Journal of wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 91, no. 7, pp. 925-942, Jun. 2003.



ภาคผนวก ก

บทความตีพิมพ์เผยแพร่และใบรับรองการนำเสนอ



Proceedings

Conference 2023

24 - 26 พฤษภาคม 2566

ณ โรงแรมอมารี พัทยา / โอโซนอร์ส พัทยา
จังหวัดชลบุรี

The 8th Rajamangala Manufacturing & Management Technology Conference 2023



การประชุมวิชาการราชมณฑลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ

MTC 2023

ครั้งที่ 

"ขับเคลื่อนงานวิจัยด้วย BCG

เพื่อตอบโจทย์เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน SDGs"

Conference Topics

- Production and Operations Management
- Manufacturing Engineering
- Material Science and Application
- Supply Chain and Logistics
- Industrial Education
- Technology and Innovation

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ดำเนินการจัดงาน (Organizer)

โดย



อำนวยการจัดงาน (Hosts)

โดย



ร่วมจัดงาน (Co-Hosts)

โดย



ประวัติ

การประชุมวิชาการราชวมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ

ครั้งที่ 1	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	28 - 29 กรกฎาคม 2559 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ครั้งที่ 2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ณ โรงแรมเคปราชา	4 - 8 ธันวาคม 2560 จังหวัดชลบุรี
ครั้งที่ 3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ณ โรงแรมตีวาน่า พลาซ่า	30 - 31 พฤษภาคม 2561 จังหวัดกระบี่
ครั้งที่ 4	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ณ โรงแรมดิเอ็มเพรสเชียงใหม่	30 - 31 พฤษภาคม 2562 จังหวัดเชียงใหม่
ครั้งที่ 5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ณ โรงแรม เค พี แกรนด์	3 - 4 กันยายน 2563 จังหวัดจันทบุรี
ครั้งที่ 6	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	1 - 3 กันยายน 2564 จังหวัดนครปฐม
ครั้งที่ 7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ณ โรงแรมแคนทารี	6 - 8 กรกฎาคม 2565 จังหวัดนครราชสีมา
ครั้งที่ 8	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ณ โรงแรมอมารี พัทยา / โอโซนอร์ธ พัทยา	24 - 26 พฤษภาคม 2566 จังหวัดชลบุรี
ครั้งที่ 9	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2567

คำนำ

การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8 ประจำปี 2566 (Rajamangala Manufacturing & Management of Technology Conference ; RMTc # 8) ถูกจัดขึ้น วันที่ 24 - 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรมอมารี พัทยา / โอโซนอร์ธ พัทยา จังหวัดชลบุรี โดยสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพหลักในการดำเนินงานร่วมกับสมาคมเครือข่ายราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ (Association of Rajamangala Network of Manufacturing and Management Technology ; RNMT) และนอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากเครือข่ายราชชมงคลทั่วประเทศอีก 8 แห่ง สำหรับการประชุมวิชาการครั้งที่ 8 หรือ RMTc 2023

ในปีนี้ งาน RMTc 2023 ได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานที่มีชื่อเสียงและมีบทบาทในสายงานด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการประกอบไปด้วย สมาคมเครือข่ายราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ (RNMT) สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย (TDIA) สถาบันไทย-เยอรมัน (TGI) สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (มว.) สมาคมผู้ผลิตเครื่องมือตัดไทย (TCTM) และเครือข่ายวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 9 แห่ง ร่วมดำเนินการจัดงานประชุม ภายใต้ธีมงาน “ขับเคลื่อนงานวิจัยด้วย BCG เพื่อตอบโจทย์เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน SDGs : BCG to SDGs” สำหรับหัวข้อการประชุมวิชาการ ประกอบไปด้วย 6 สาขา ได้แก่ Production and Operations Management (POM), Manufacturing Engineering (MFE), Material Science and Application (MSA), Supply Chain and Logistics (SCL), Industrial Education (IED) และ Technology and Innovation (TIN)

การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8 ประจำปี 2566 มีผู้ให้ความสนใจส่งบทความเข้าร่วมเป็นจำนวน 215 บทความ จาก 35 หน่วยงาน มีผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความทั้งสิ้นจำนวน 125 ท่าน จากสถาบันที่หลากหลาย ซึ่งบทความทุกฉบับที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการได้รับการอ่านและพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน เพื่อคุณภาพของงานวิจัย

หากการดำเนินงานในครั้งนี้นับพร่องหรือผิดพลาดประการใด ทางคณะกรรมการดำเนินงาน RMTc 2023 ต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

คณะกรรมการดำเนินงานการประชุมวิชาการ
ราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8 (RMTc 2023)

24 - 26 พฤษภาคม 2566

สารบัญ

เรื่อง	หน้า	
MSA-342	การวิเคราะห์ความเสียหายของแผ่นเกราะกันกระสุนจากแผ่นวัสดุอลูมินา 95% และอลูมิเนียม 7075 T6 ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	919
MSA-343	การทำนายพฤติกรรมการเสียหายของแผ่นเกราะอลูมิเนียมกันกระสุนเกรด 5083-H116 และ 7075 T6 ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	929
MSA-345	การวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร และโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจรโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	942
MSA-346	การตรวจสอบพฤติกรรมของแผ่นเกราะพรุนต่อกระสุนเจาะเกราะ 7.62x51 มม. โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	952
Supply Chain and Logistic (SCL) จำนวน 13 บทความวิจัย		
SCL-401	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดำเนินงานด้านการส่งออกเห็ดนางฟ้าภูฐานอบแห้งไปยังประเทศมาเลเซีย : กรณีศึกษา ยี่ห้อ MUNCH ROOM	964
SCL-402	ปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อกระบวนการพิธีการศุลกากรขาเข้า	971
SCL-403	การแก้ปัญหาค่ารถเดินทางของพนักงานขายด้วยขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดแบบวาฟ	979
SCL-405	แนวทางการยกระดับห่วงโซ่คุณค่าธุรกิจมะขามเพื่อเสริมสร้างเศรษฐกิจฐานรากในจังหวัดอุดรดิตถ์ และพื้นที่เชื่อมโยง	986
SCL-409	Studying the Impact of Customer Service Intentions on A Bus Air Conditioning Service Center using Confirmatory Factor Analysis	995
SCL-411	การพยากรณ์ปริมาณไยมะพร้าวในประเทศไทยด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ	1011
SCL-412	พยากรณ์ปริมาณฝักตบขวาในกลุ่มแม่น้ำท่าจีนโดยข้อมูลดาวเทียม	1017
SCL-414	การลดต้นทุนโลจิสติกส์ทุเรียนจังหวัดตราด	1025
SCL-417	แนวทางการพัฒนาเส้นทางท่องเที่ยวเชิงสุขภาพพื้นที่จังหวัดระนอง	1033
SCL-419	การลดต้นทุนด้านบรรจุภัณฑ์ด้วยการใช้บรรจุภัณฑ์แบบที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้: กรณีศึกษา ศูนย์กระจายสินค้าชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์	1040
SCL-420	การคัดเลือกผู้จัดหาสำหรับปัญหาสินค้าคงคลังแบบสั่งเป็นรุ่นกรณีสินค้าหนึ่งชนิด โดยใช้วิธีวีริสติก	1050
SCL-421	การศึกษาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการผลิตอุปกรณ์ประปา โดยใช้เทคนิคอนุกรมเวลา	1057
SCL-422	การศึกษาระบบการจัดการโซ่อุปทานในการปลูกต้นหอม: กรณีศึกษา เกษตรกรผู้ปลูกต้นหอมจังหวัดนครพนม	1064



รหัสบทความ MSA-345

การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8
24 - 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรม อมารี พัทยา จังหวัดชลบุรี

การวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร
และโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจร
โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Analysis of the Effects of Wind from Vehicle Movement on Road Signs and
the Structure of Guideposts Straddling the Road Surface
Using the Finite Element Method

กัมปนาท เกิดแก่น ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน ปวิวัติ คมวชิรกุล พิเชษฐ์ บุญญาลัย และประกอบ ชาตฤกษ์*
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail: prakorb.c@rmutp.ac.th*

Kampanat Koedkaen Prasert Wirotcheewan Patiwat Khomwachirakul Pichest Boonyalai and
Prakorb Chartpuk*
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
E-mail: prakorb.c@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร และโครงสร้างเสาบอกทางแบบคร่อมผิวจราจร โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นและศึกษารูปแบบการเสียรูปของโครงสร้างเสาบอกทางจราจรอื่น เนื่องมาจากแรงลมจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนถนน โดยใช้มาตรฐานโครงสร้างเสาจราจรตามหลักโครงสร้างของ กรมทางหลวงที่ได้กำหนดมาตรฐานแบบแปลนไว้ โดยเสามีขนาดสูง 8 เมตร ความยาวระหว่างเสาเท่ากับ 20 เมตร ป้ายจราจรขนาดใหญ่ที่มีความกว้าง ความสูง และความหนา เท่ากับ 6, 3 และ 0.003 เมตร ตามลำดับ ภาระที่กระทำกับ โครงสร้างเสาบอกทางจราจร คือ แรงเนื่องจากน้ำหนักโครงสร้าง และแรงที่เกิดขึ้นจากความเร็วลมที่มาจากความเร็วของ รถบรรทุกที่วิ่งผ่านป้ายจราจร ความเร็วของรถยนต์ที่วิ่งตามมาตรฐานความเร็วที่กำหนดความเร็วไว้ที่ 90 และ 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และได้เพิ่มเติมการวิเคราะห์ในกรณีที่มีความเร็วเกินมาตรฐานที่ 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยกำหนด เงื่อนไขของการจำลองคือ ขนาดหน้าตัดของรถบรรทุกที่ใช้งานจริงตามท้องถนน ความเร็วที่วิ่งผ่านทำให้เกิดลมปะทะกับ แผ่นป้ายจราจรที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเสาบอกทางจราจร และขนาดแผ่นป้ายจราจรตามหลักมาตรฐานกรมทาง หลวง แบบโครงสร้างเสาจราจรแบบคร่อมผิวจราจร ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระจายความ เค้นและความเครียดเกิดขึ้นจากแรงเนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้างมากกว่าแรงที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ผ่านของ ยานพาหนะแม้ว่าจะวิ่งด้วยความเร็วเกินมาตรฐาน โดยความเค้นและความเครียดจะเกิดขึ้นมากที่สุดด้วยแรงกระทำสูงสุด ที่จุดต่อของคานขวางเหล็กถัก โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 200 เมกะปาสคาล ค่าความปลอดภัยโดยประมาณเท่ากับ 1.2-1.4

คำหลัก: ไฟไนต์เอลิเมนต์, โครงสร้างเสาบอกทางจราจร, ลมจากยานพาหนะ



Abstract

This article presents an analysis of the impact of wind generated by moving vehicles on traffic signs and the structure of guideposts straddling the road surface using a finite element analysis to determine how much stress and strain were applied during the incident as well as how the deformed shape of the traffic signposts was affected. The structural post was built by following the Department of Highways' structural guidelines for traffic pole standards. The post would be 8 meters high, the distance between the pillars would be 20 meters, and there would be substantial traffic signs with dimensions of 6, 3, and 0.003 meters in width, height, and thickness, respectively. The load placed on the traffic pole structure was due to the force due to the weight of the vehicle, the strength of the structure, and the force produced by the wind speed that was calculated from the velocity of a truck passing by a traffic sign. The speed of a car following the speed standard was set at 90 and 120 km/h. If a car exceeded the standard speed of 150 km/h, it was added to the analysis. The simulation's parameters included the cross-sectional area of the real truck that was driving on the road, the wind speed that caused wind collisions onto and damage to the structures holding up the traffic signs, and the dimensions of the traffic signs as specified by the Department of Highways standard for structural traffic guideposts straddling the road surface. The analysis's findings demonstrated that the structure's weight rather than the force produced by the movement through the vehicle's body was what affected the stress and strain distribution created by the force. Even if the vehicle was moving faster than the permitted speed, the steel cross beam formed of steel trusses was under the most strain and stress, with a maximum value of no more than 200 MPa and a safety value of approximately 1.2-1.4.

Keywords: Finite Element Method, Traffic Pole Structure, Vehicle Induced Gust

1. บทนำ

เนื่องจากบนถนนเส้นทางหลักและเส้นทางชนบทของประเทศไทย มีหลายเส้นทางเพื่อการเดินทางไปยังจังหวัดหรือหลายสถานที่ จึงจำเป็นต้องมีป้ายจราจรหลายชนิด เพื่อใช้ในการแนะนำเส้นทาง หรือใช้ในการเตือนตามหลักการประกาศตามคณะกรรมการการจราจรทางบกเกี่ยวกับป้ายเตือน และป้ายแนะนำทาง จึงต้องมีมาตรฐานของป้ายจราจร โดยกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย ได้มีมาตรฐานป้ายจราจรอยู่ดังนี้

กรมทางหลวง คู่มือมาตรฐานป้ายจราจร ฉบับมีนาคม 2561 เล่ม 1 [1]-[2] ประเภทป้ายจราจรที่สำคัญได้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ป้ายบังคับ เป็นป้ายจราจรที่แสดงกฎจราจรเฉพาะที่นั้นๆ เพื่อบังคับให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามความหมายของ

เครื่องหมายจราจรที่ปรากฏอยู่บนป้ายจราจรนั้น ซึ่งมีผลบังคับตามกฎหมาย โดยผู้ใช้ทางต้องกระทำกรวดเว้นการกระทำ หรือจำกัดการกระทำ หรือจำกัดการกระทำในบางประการหรือบางลักษณะตามป้ายจราจรนั้น

2. ป้ายเตือน เป็นป้ายจราจรที่ใช้เตือนผู้ใช้ทางให้ทราบล่วงหน้าถึงลักษณะสภาพทาง หรือทางข้างหน้ากำลังจะมีการบังคับควบคุมการจราจรบางอย่างที่อาจเกิดอันตราย หรืออุบัติเหตุขึ้นได้ เพื่อให้ผู้ใช้ทางเพิ่มความระมัดระวังในการขับขี่มากยิ่งขึ้น

3. ป้ายแนะนำ เป็นป้ายจราจรที่แนะนำให้ผู้ใช้ทราบข้อมูลอื่นเกี่ยวกับการเดินทาง การจราจร และการนำไปสู่จุดหมายปลายทาง เช่น เส้นทางที่จะใช้ ทิศทาง ระยะทาง สถานที่ รวมถึงข้อมูลอื่นๆ เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการเดินทางได้ถูกต้อง สะดวก และปลอดภัย



การประชุมวิชาการราชชมภรณ์ด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8
24 - 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรม อมารี พัทยา จังหวัดชลบุรี

ในข้อมูลขั้นต้นตามมาตรฐาน และข้อกำหนด โดยกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่นกระทรวงมหาดไทย จึงให้ความสำคัญของป้ายแนะนำ ที่เป็นป้ายจราจรแบบแขวนสูง ซึ่งป้ายจราจรแขวนสูงจะแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขวนยื่น (Overhang Signs) ป้ายจราจรแขวนสูงแบบแขวนยื่น จะติดตั้งที่บริเวณทางหลวงที่มีขนาด 2 ช่องจราจร หรือมากกว่าในทิศทางเดียวกัน
2. ป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร เป็นป้ายจราจรแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร (Overhead Signs) ใช้ติดตั้งบนทางหลวงที่มีขนาด 4 ช่องจราจร หรือมากกว่าในทิศทางเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นป้ายเตือน ป้ายบอกช่องทาง หรือป้ายบอกทิศทาง

งานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญต่อโครงสร้างรองรับป้ายแนะนำทางชนิดแขวนสูง (Overhead Signs) เรียกว่า ป้ายแขวนสูงแบบคร่อมผิวจราจร ป้ายแบบนี้จะช่วยให้มองเห็นได้ชัดเจนบนถนนที่กว้าง และมีการจราจรหนาแน่น หรือบนถนนที่ออกแบบให้รถใช้ความเร็วสูง หรือบนทางที่มีบริเวณพื้นที่ค่อนข้างจำกัด โดยป้ายแนะนำขนาดใหญ่ ต้องออกแบบให้แข็งแรง สามารถรับแรงลมได้ กรมทางหลวงจึงกำหนดมาตรฐานโครงสร้าง ตามมาตรฐานกรมทางหลวง (Standard Drawing for Highway Construction Department of Highways) ปีที่ปรับปรุงล่าสุด 2015

T. Fongsamootr and P. Chartpuk [3] ได้ศึกษาความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นกับเสาบอกทางจราจรแบบแขวนยื่นโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) โดยโปรแกรม SolidWorks ถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติพาราโซลิด และใช้ในโปรแกรม CosmosWorks เพื่อนำไปวิเคราะห์ผล โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองย่อส่วนมีขนาด 1 ต่อ 6 ของขนาดเสาและป้ายบอกทางจริง งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความเครียดและความเค้นจากการคำนวณด้วยทางสมการทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบผลลัพท์กับการใช้แบบจำลองและการทดสอบจริง ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ให้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกันในทุกวิธี โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1% ผลของการวิเคราะห์แสดงให้เห็นค่าความเค้นสูงสุดของเสาบอกทางจราจรอยู่

ประมาณ 48 เมกะปาสคาล และค่าความปลอดภัยเท่ากับ 5

Saeed Arabi et al. [4] ได้ทำการศึกษาความล้มของเหล็กข้อต่อโครงสร้างป้ายจราจรต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเซ็นเซอร์ตรวจจับการเสียรูปตัวที่เสาจราจรในจุดต่างๆ ที่ต้องการบันทึกผล โดยมีตัวแปรเกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ติดตั้งเซ็นเซอร์กับเสาจราจร แสดงกราฟค่าการเสียรูป และอุณหภูมิ ในช่วงเวลานั้น งานวิจัยนี้ยังได้ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่โครงสร้างป้ายเหล็ก ซึ่งการศึกษานี้เพื่อตรวจสอบอายุความล้มของโครงสร้างจากการจำลองที่ใช้แทนภาคสนาม ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และแรงกระตุ้นจากลมธรรมชาติ โดยการวิเคราะห์ความล้ม และความเครียดของโครงสร้าง พบว่าองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อความล้มมากที่สุดขึ้นอยู่กับค่าความเครียดของโครงสร้าง

Songzhao Qu et al. [5] ได้ทำการศึกษาค่าความต้านทานสูงสุดของเหล็กฉากหนึ่งขาจากโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเหล็กฉากโดยใช้แบบจำลองในการทดสอบแรงดึง และแรงกดต่อวัสดุจำลองที่มากคุณสมบัติสอดคล้องกับของจริง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากการเพิ่มแรงดึงในช่วงแรงต่างๆ และได้ทำการทดสอบแรงกด กับวัสดุจำลอง เพื่อศึกษาการรับภาระของวัสดุที่สามารถรับแรงได้สูงสุด โดยได้ทดสอบด้วยขนาดความยาวของเหล็กฉาก เพื่อดูการรับแรงสูงสุดของแต่ละช่วงความยาวนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการใช้ผลการทดสอบเปรียบเทียบกันเพื่อศึกษาความเสียหาย และผลการทดสอบ Zhengyu Liu et al. [6] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมโครงสร้างของสลักเกลียวที่ใช้ในการยึดโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการขึ้นอัดและการคลายตัวของสลักเกลียวด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เกิดขึ้นกับเสาป้ายบอกทางได้ทำการทดสอบด้วยวิธีทดสอบงานจริง โดยใช้การทดสอบแบบ Skidmore-Wilhelm เป็นการทดสอบศึกษาค่าการคลายตัวของสลักเกลียว ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการสร้างแบบจำลอง และกำหนดค่าเพื่อการทดสอบ และนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับกรทดสอบงานจริง โดยผลการทดสอบจากการทดลอง และการ



การประชุมวิชาการราชบัณฑิตยสถานเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8
24 - 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรม อมารี พัทยา จังหวัดชลบุรี

ทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้สอดคล้องกัน พบว่าค่าความเค้นในแกนเป็น 55% ของค่าความเค้นดึง เป็นต้น และยังได้เพิ่มแรงในการดึง เพื่อหาค่าความเค้นดึงในสลักเกลียว

Naresh Subedi et al. [7] ได้นำเสนอผลการศึกษาและวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดแบบจำลองของเหล็กเสริมคอนกรีตในแนวแกนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การศึกษานี้เป็นการใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์แบบจำลองที่ถูกระงับไว้ เพื่อศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างท่อเหล็ก และคอนกรีต การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองความเค้น และความเครียด เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายในแนวแกน ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ทดสอบการบีบอัดของท่อเหล็กเสริมคอนกรีตในแนวแกน และศึกษารูปร่างที่เปลี่ยนไป ศึกษาค่าความเค้นและความเครียด ที่เกิดขึ้นเพื่อเทียบกับแบบจำลองจริง

Jennifer Kacin et al. [8] ได้นำเสนอการศึกษาการวิเคราะห์ความถี่ของโครงสร้างป้ายแนะนำทาง โดยได้ศึกษาความถี่ของโครงสร้างจากลมที่กระทำต่อป้าย โดยป้ายมีลมจากลมธรรมชาติ และลมจากรถวิ่งผ่านด้านล่าง จึงอาจทำให้โครงสร้างเริ่มอ่อนล้าลง โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับลมธรรมชาติ ที่มากระทำต่อป้าย และส่งผลต่อโครงสร้างป้าย โดยการศึกษาความเครียดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การวิเคราะห์อายุ ความถี่ของโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้กำหนดทิศทางของลม และความถี่ของลมที่ 5, 10, 15, 20 และ 25 ไมล์ต่อชั่วโมง และทำการใช้โปรแกรมวิเคราะห์หาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นตามโครงสร้างของเสาป้ายบอกทาง ต่อมา E.V. Johnson et al. [9] ได้ศึกษาการพัฒนาโครงสร้างสัญญาณไฟจราจรเพื่อต้านพายุเฮอริเคน ได้ทำการวิเคราะห์สายไฟสัญญาณที่ใช้ และโครงสร้างเสา โดยให้ความสำคัญต่อแรงลมที่กระทำต่ออุปกรณ์จราจร กำหนดความเร็วลมสูงสุดที่ 51.4 เมตรต่อวินาที (115 mph) การทดลองนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับความถี่ของสายไฟสัญญาณ การเพิ่มสายดึงไฟสัญญาณ องค์กรของไฟสัญญาณเมื่อถูกลมเข้ามากระทำ การยกตัวของสัญญาณไฟเมื่อเทียบกับพื้นที่ต่อความเร็วลม โดยทดสอบที่สายไฟ 1 เส้น กับสายไฟ 2 เส้น J.A. Rice et al. [10] ยังได้ศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างป้ายทางหลวงชนิดอลูมิเนียม โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ใน

ภาคสนามเพื่อประเมินความสามารถในการรับน้ำหนัก การออกแบบ และความต้านทานความล้าเมื่อมีแรงลมมากระทำ ต่อป้ายบอกทางจราจรแบบ 3 ป้าย โครงสร้างถูกวัดการทดสอบภาคสนามแบบสถิตและไดนามิก เพื่อรวบรวมพฤติกรรมโครงสร้างเมื่ออยู่ภายใต้แรงกระตุ้นจากแรงลมและแรงลมกระโชกของรถบรรทุก โดยใช้แรงลมเฉลี่ย 3 วินาที และมีความเร็วลมเฉลี่ยต่อปีที่ 5 เมตรต่อวินาที (11.2 mph) ค่าความเค้นสูงสุดยังคงต่ำ ค่าการออกแบบที่อนุญาตได้ 13.1 เมกะปาสคาล (1.9 ksi) ในขณะที่ค่าความล้าอยู่ที่ 3.0 เมกะปาสคาล (0.44 ksi)

Min Ook Kim et al. [11] ได้ศึกษาผลกระทบบูรณาการจากแรงกระทำต่อเสาบอกทางจราจร งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์การบิดรูปของเสาจราจรที่ถูกถรับส่งนักเรียนชนโดยวัสดุของเสาเป็นเหล็กชุบสังกะสีคาร์บอนต่ำ ค่าความแข็งแรงของการออกแบบคือ 405 เมกะปาสคาล และค่าความแข็งแรงสูงสุดอยู่ที่ 473 เมกะปาสคาล ได้ใช้การจำลองเหตุการณ์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ผล โดยการใช้ความสูงของเสา มวลของรถบัส ความเร็วในการกระทำ ความแข็งแรงของเสา นำตัวแปรที่กำหนดแล้วมาใช้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าความเครียดที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์ในช่วงวินาทีในการชนของรถบัส

A.Sanz Andres et al. [12], [13] ได้นำเสนอการกำหนดน้ำหนักภาระบนแผงป้ายจราจรกับมาตรฐานปัจจุบัน โดยทั่วไปให้คำนึงถึงน้ำหนักภาระที่เกิดจากยานพาหนะ ระบุว่ามีโครงสร้างรองรับป้ายจราจรทางหลวง น้ำหนักโหลตที่เกิดจากยานพาหนะได้นำไปสู่ความเสียหายก่อนเวลาจุดมุ่งหมายของบทความนี้คือการนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแรงลมของยานพาหนะที่กระทำต่อแผ่นป้ายจราจร แบบเรียบง่าย ในการคำนวณผลวิเคราะห์แต่อธิบายหลักการได้ ลักษณะของปรากฏการณ์ ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางทฤษฎีช่วยอธิบายถึงพฤติกรรมที่สังเกตได้จากการทดลอง ช่วยให้สามารถอธิบายเชิงคุณภาพของลักษณะสำคัญของแรงลมที่กระทำต่อป้ายจราจรเกิดจากยานพาหนะที่ผ่านเข้ามาใกล้ ในบางกรณีที่รูปร่างของรถที่เกี่ยวข้องกับเชิงปริมาณของลมยังถูกพบว่า สัมประสิทธิ์ของแรงขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงลมที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของ



ยานพาหนะ ค่าสัมประสิทธิ์แรงลมมีความเกี่ยวข้องกับสัดส่วนขนาดของป้ายจราจร พื้นที่หน้าตัดของรถและระยะห่างของป้ายถึงระนาบกลางของยานพาหนะ จากการเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่มีอยู่นั้นควรชี้ให้เห็นว่า แรงที่ป้ายสัมผัสได้นั้นเกิดจากแรงลม เนื่องจากการไหลที่อาจเกิดขึ้นไม่คงที่ ควรมีการพัฒนาารูปแบบที่มีรายละเอียดมากขึ้นเพื่อขยายขอบเขตการบังคับใช้นี้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปจนถึงการกำหนดค่าทางเรขาคณิตที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นควรจะรวมเข้ากับเงื่อนไขขอบเขตเนื่องจากยานพาหนะอย่างเหมาะสม

S. Luangsod et al., [14] นำเสนอการวิเคราะห์ขนาดแผ่นเสริมความแข็งแรงที่ฐานเสาของเสาป้ายจราจรที่ยื่นออกมาภายใต้ผลกระทบจากลมกระโชกแรงที่เกิดจากยานพาหนะ นำผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEA) เปรียบเทียบกับการคำนวณในรูปแบบผลลัพธ์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์และผลการทดลองซึ่งอ้างอิงจาก T. Fongsamootr และ P. Chartpuk [3] พบว่าผลจากวิธี FEA มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 1-8% โครงสร้างเสาป้ายจราจรออกแรง 3 แรงในเวลาเดียวกัน แรงเนื่องจากน้ำหนักโครงสร้าง แรงลมกระโชกที่เกิดจากยานพาหนะและแรงลมทั่วไป แผ่นเสริมความแข็งแรงที่สูงขึ้นทำให้ความเค้นสูงสุดที่ฐานเสาลดลง การขยายความสูงของแผ่นเสริมความแข็งแรงจาก 250 เป็น 350 มิลลิเมตร ด้วยความหนาคงที่และความกว้างของฐานทำให้ปัจจัยด้านความปลอดภัยของเสาและแผ่นเสริมความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แผ่นเหล็กเสริมแรงสี่เหลี่ยมตัดมุมเป็นแบบที่ดีที่สุดสำหรับรองรับฐานเสาป้ายจราจร การตัดมุมของแผ่นเหล็กเสริมรูปสี่เหลี่ยมทำให้ความเค้นในตัวเองเพิ่มขึ้น แต่น้อยกว่าความเค้นสูงสุดในเสาโครงสร้างป้ายบอกทางจราจร

2. การออกแบบและสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

2.1 การออกแบบโมเดลเสาบอกทางจราจร

โครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวถนนที่ใช้ในการวิเคราะห์ในบทความนี้ได้ถูกกำหนดขึ้นมาจากแบบมาตรฐานกรมทางหลวงฉบับปรับปรุงใหม่ 2015 ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 โครงสร้างเสาบอกทางจราจรจะมีสองฝั่ง ในหนึ่งฝั่งจะมีสองเสาเพื่อให้เกิดความแข็งแรง และในหนึ่งฝั่งที่มีสองเสานี้จะเชื่อมเข้าหากันด้วยโครงถัก ตัวเสามีความสูง

สูงสุดเท่ากับ 8 เมตร มีจุดรองรับสองจุดในแต่ละเสา เสาสองฝั่งถนนนี้อยู่ห่างกันเป็นระยะทางเท่ากับ 20 เมตร ซึ่งเป็นค่ามากที่สุดตามแบบมาตรฐาน สำหรับคานที่ถูกสร้างเป็นโครงถักที่ใช้ในการวางลงบนโครงสร้างเสาทั้งสองฝั่งถนนนี้เพื่อใช้เป็นโครงสร้างรองรับการติดตั้งป้ายจราจร ตัวคานที่วางพาดเสาทั้งสองเสานี้มีลักษณะเป็นโครงถักที่เกิดขึ้นจากการประกอบชิ้นส่วนท่อนเหล็กทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยวิธีการเชื่อมไฟฟ้า

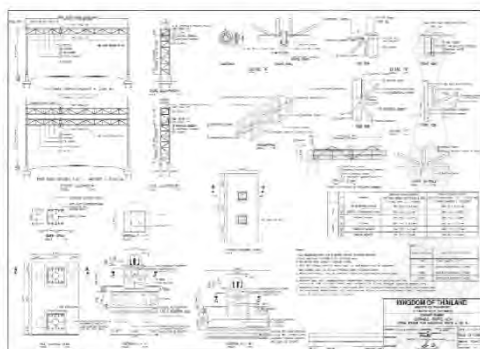
ขนาดของโครงสร้างเสาบอกทางจราจร (Column) มีอยู่สองขนาดคือขนาดของเสาบอกทางจราจรสำหรับการติดตั้งป้ายบอกทางจราจรที่มีความสูง 3 เมตร และเสาบอกทางจราจรที่ใช้สำหรับการติดตั้งป้ายบอกทางจราจรที่มีความสูง 3.01 ถึง 5.2 เมตร บทความนี้จึงเลือกใช้ป้ายบอกทางจราจร (Sign Board) ที่มีความสูง 3 เมตรเป็นหลัก ดังนั้นเสาบอกทางจราจรจึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 190.7 มิลลิเมตรและมีความหนา 5 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1)

ตัวคานขวาง (Truss) จะถูกแบ่งออกเป็นสี่ส่วนตามความยาว ในตารางที่ 2 ประกอบด้วยโครงถักที่มีความยาว 6.0 เมตร จำนวนสองโครงถักและที่มีความยาว 4.25 เมตร อีกจำนวนสองโครงถัก ประกอบเข้าด้วยกันจะทำให้คานมีความยาวในภาพรวมใกล้เคียง 20 เมตร ซึ่งในบทความนี้กำหนดให้ตัวคานที่วางพาดในแนวนอนมีขนาดความยาว 5.8 และ 4.4 เมตร ป้ายจราจรจะเชื่อมต่อเข้ากับตัวโครงสร้างเสาบอกทางจราจรด้วยโบลท์และนัท

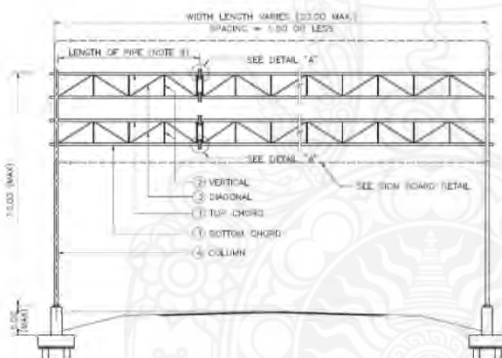
สำหรับตัวคานขวางที่ใช้วางพาดจะประกอบด้วยท่อนคานหลักด้านบนและด้านล่าง (Top and Bottom Cord) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร และมีท่อนเหล็กซึ่งใช้ทำเป็นโครงถัก (Vertical and Horizontal Cord และ Diagonal Bracing) ติดตั้งในแนวนอน แนวตั้ง และแนวทแยง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76.3 และมีความหนา 3.2 มิลลิเมตร สำหรับท่อนเหล็กในแนวนอน (Horizontal member) ที่นำมาใช้เป็นทำเป็นโครงถักให้กับตัวเสาบอกทางจราจร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 89.1 มิลลิเมตร มีความหนา 4 มิลลิเมตร และท่อนเหล็กที่ใช้ทำโครงถักที่จะนำมาติดตั้งในแนวทแยง (Diagonal member) ให้กับตัวเสาบอกทางจราจรมีขนาด



เส้นผ่านศูนย์กลาง 76.3 มิลลิเมตรและมีความหนา 3.2 มิลลิเมตร แสดงค่าดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 แบบโครงสร้างเสาป้ายจราจรแบบคร่อมผิวจราจร จากคู่มือมาตรฐานป้ายจราจร ฉบับมีนาคม 2561 [1]



รูปที่ 2 โครงสร้างเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรที่เลือกใช้สำหรับกาวิเคราะห์จากคู่มือมาตรฐานป้ายจราจร ฉบับมีนาคม 2561 [1]

ตารางที่ 1 ขนาดชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจากคู่มือมาตรฐานป้ายจราจร ฉบับมีนาคม 2561 [1]

NO	MEMBER	CIRCULAR HOODLE SECTION	CIRCULAR HOODLE SECTION
		FOR SIGN BOARD HEIGHT 3.00 M. MAX. (OUTSIDE DIAMETER x THICKNESS)	FOR SIGN BOARD HEIGHT 3.01 - 5.20 M. MAX. (OUTSIDE DIAMETER x THICKNESS)
TRUSS	① TOP & BOTTOM CHORDS	DA. 101.6 x 4.0 MM	DA. 101.6 x 4.0 MM
	② VERTICAL & HORIZONTAL CHORD	DA. 76.3 x 3.2 MM	DA. 76.3 x 3.2 MM
	③ DIAGONAL BRACING	DA. 76.3 x 3.2 MM	DA. 76.3 x 3.2 MM
COLUMN	④ COLUMN	DA. 190.7 x 5.0 MM	DA. 190.7 x 5.0 MM
	⑤ HORIZONTAL MEMBER	DA. 89.1 x 4.0 MM	DA. 114.3 x 4.5 MM
	⑥ DIAGONAL MEMBER	DA. 76.3 x 3.2 MM	DA. 89.1 x 4.0 MM

ตารางที่ 2 การแบ่งขนาดช่วงความยาวของคานขวางจากคู่มือมาตรฐานป้ายจราจร ฉบับมีนาคม 2561 [1]

SPAN LENGTH (M.)	LENGTH OF STEEL PIPE (M.)
17.00	6.00+5.50+6.00 = 17.50
18.00	6.00+3.25+3.25+6.00 = 18.50
19.00	6.00+3.75+3.75+6.00 = 19.50
20.00	6.00+4.25+4.25+6.00 = 20.50

การออกแบบของเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจร ใช้ข้อกำหนดและมาตรฐานตามหลักกรรมทางหลวง กำหนดความสูงของเสา (Column) 8 เมตร ความยาวคานขวาง (Truss) 20 เมตร และความสูงของแผ่นป้ายจราจรที่ขนาด 3 เมตร ความกว้างของแผ่นป้ายมี 2 ขนาด คือ 4.2 และ 5.4 เมตร โดยแบบของเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรมีลักษณะเป็น 2 เสา ซ้ายและขวาจะใช้กับถนนที่มีขนาด 2 ช่องทางเดินรถสวนทางกัน หรือ 4 ช่องทางเดินรถไปทิศทางเดียวกัน ซึ่งการติดตั้งป้ายจราจรจะติดตั้งต่างกันและทิศทางลมที่วิ่งเข้าปะทะกับป้ายจราจรที่ซบรถบรรทุกผ่านด้วยความเร็ว 90, 120 และ 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การสร้างแบบโมเดลจำลองจะสร้างเป็นชิ้นส่วน (Parts) ส่วนย่อยและนำมาประกอบกันในส่วนประกอบชิ้นส่วน (Assembly) จากนั้นในกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องกำหนดคุณสมบัติให้กับโครงสร้างด้วย โมเดลเสาบอกทางจราจรแสดงดังรูปที่ 3 และ 4

2.2 แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

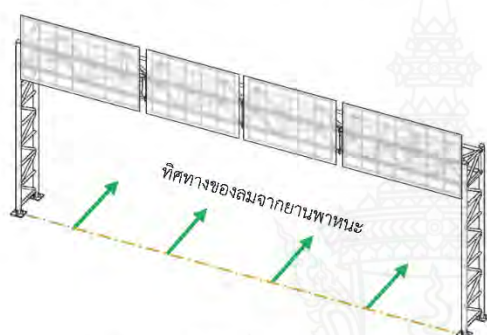
การสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องทำการขึ้นโครงสร้างจำลองในโปรแกรม SolidWorks ที่เป็นสามมิติในรูปแบบพาราโซลิดโมเดล (Parasolid model) โดยกำหนดขนาดตามมาตรฐานจริงด้วยแบบของกรรมทางหลวงที่กำหนดไว้ กำหนดชนิดของวัสดุเพื่อคำนวณตามสมบัติของวัสดุ โดยเสาบอกทางจราจรแบบคร่อมผิวจราจรทำด้วยวัสดุ JIS G3444 Grad STK41 ที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเท่ากับ 200 จิกกะปาสคาล อัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.3 โมดูลัสการเลื่อนเท่ากับ 25.90 จิกกะปาสคาล ความหนาแน่น 7,850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเค้นที่จุดคราก 235.4 เมกะปาสคาล ความต้านทานแรงดึงสูงสุด 402 เมกะปาสคาล แผ่นป้ายจราจรทำด้วยวัสดุ ASTM A36 ที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น



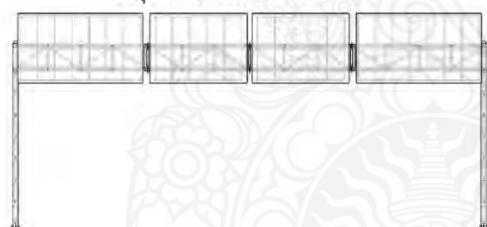
การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8
24 - 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรม อมารี พัทธยา จังหวัดชลบุรี

เท่ากับ 200 จิกะปาสคาล อัตราส่วนปัวซองเท่ากับ 0.26 โมดูลัสการเสียนเท่ากับ 79.3 จิกะปาสคาล ความหนาแน่น 7,850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความต้านทานแรงดึงสูงสุด 400 เมกะปาสคาล ความเค้นคราก 250.4 เมกะปาสคาล โมดูลัสของแรงบีบอัด (Bulk Modulus) 140 จิกะปาสคาล แสดงดังตารางที่ 3 กำหนดชนิดเอลิเมนต์เป็นแบบเตตระฮีดรอล (Tetrahedral) ที่มีจำนวน 10 โหนดต่อเอลิเมนต์

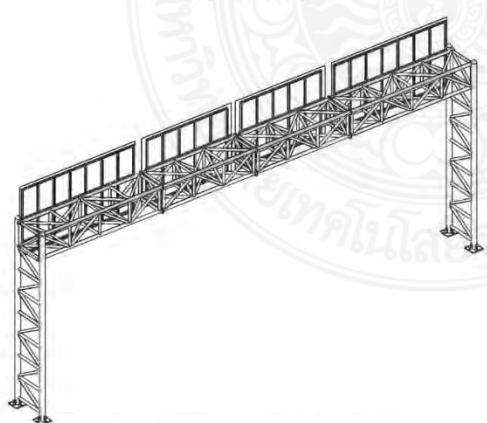
รวมทั้งสิ้น 826,596 เอลิเมนต์ 1,575,124 โหนด การกำหนดเงื่อนไขขอบให้ทำการจับยึดที่ตำแหน่งรูโบลท์ที่ฐานของเสา จราจรจำนวน 32 รู และกำหนดพื้นที่ด้านใต้ของฐานเสาเป็นแบบ On flat face กำหนดค่าในแนวตั้งฉากกับพื้นที่เป็นศูนย์ กำหนดแรงกระทำเป็นแรงเนื่องจากน้ำหนักโครงสร้างและแรงลมโดยคำนวณจากสมการที่ (1) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดป้ายจราจรและความเร็วรถที่เคลื่อนที่ผ่านแผ่นป้าย



ก) มุมมองไอโซเมตริกจากด้านหน้า

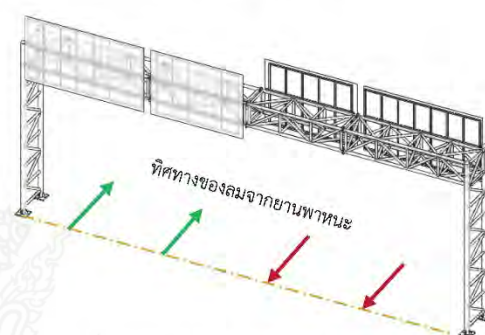


ข) ภาพด้านหน้า

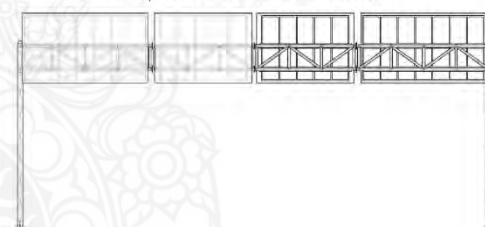


ค) มุมมองไอโซเมตริกจากด้านหลัง

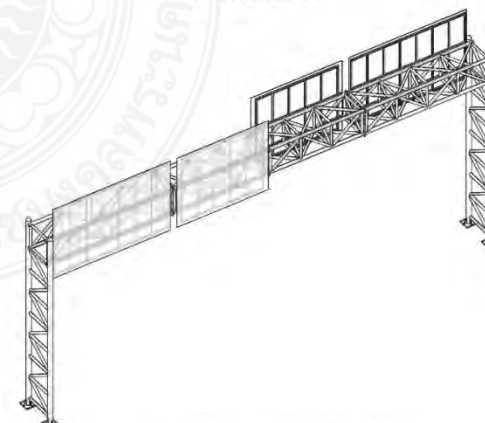
รูปที่ 3 แบบจำลองโครงสร้างและป้ายจราจรที่ยานพาหนะ
เดินทางไปในทิศทางเดียวกัน



ก) มุมมองไอโซเมตริกจากด้านหน้า



ข) ภาพด้านหน้า



ค) มุมมองไอโซเมตริกจากด้านหลัง

รูปที่ 4 แบบจำลองโครงสร้างและป้ายจราจรที่ยานพาหนะ
เดินทางไปในทิศทางตรงข้ามกัน



การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8
24 – 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรม อมารี พัทยา จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 3 สมบัติต่างๆ ของวัสดุ JIS G3444 Grad STK41 และ ASTM A36 [3], [15]

Materials	Tensile Strength (MPa)	Poisson's Ratio	Yield Strength (MPa)	Density (kg/m ³)	Elastic Modulus (GPa)
JIS G3444 STK41	402	0.3	235.4	7,850	200
ASTM A36	400	0.26	250.4	7,850	200

จากสมการสำหรับคำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะโดย A. Sanz-Andres et al. [12] แสดงดังสมการที่ (1)

$$F_c = \frac{\rho h B^2 U_w^2 A_b}{4} \left\{ \frac{2U_w^2 t^2 - d^2}{[(U_w t)^2 + d^2]^{5/2}} \right\} \quad (1)$$

กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศ (ρ) เท่ากับ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความกว้างป้ายจราจร (2B) เท่ากับ 4.2 และ 5.4 เมตร ความสูงแผ่นป้ายจราจร (h) เท่ากับ 3 เมตร ความเร็วของยานพาหนะ (U_w) คือรถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ที่วิ่งผ่านป้ายจราจรด้วยความเร็วตามกำหนดของประเทศไทยเท่ากับ 90, 120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และตั้งเป็นกรณีศึกษาเพื่อสมมติการวิเคราะห์ที่ความเร็วเกินกำหนดคือ 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (คิดเป็น 25, 33.33 และ 41.66 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ) พื้นที่หน้าตัดของรถ (A_b) คือ $2 \times (3.75 \times 2.5) = 18.75$ ตารางเมตร เวลา (t) ตั้งแต่ -1 ถึง 1 ซึ่งเวลาที่ $t=0$ จะส่งผลให้เกิดแรงสูงสุด ดังนั้นจึงกำหนดค่า $t=0$ ในการคำนวณ และระยะห่างจากรถไปยังแผ่นป้าย (d) เท่ากับ 4.5 เมตร ทำให้ได้ผลการคำนวณออกมาเป็นแรง (F) ดังตารางที่ 4

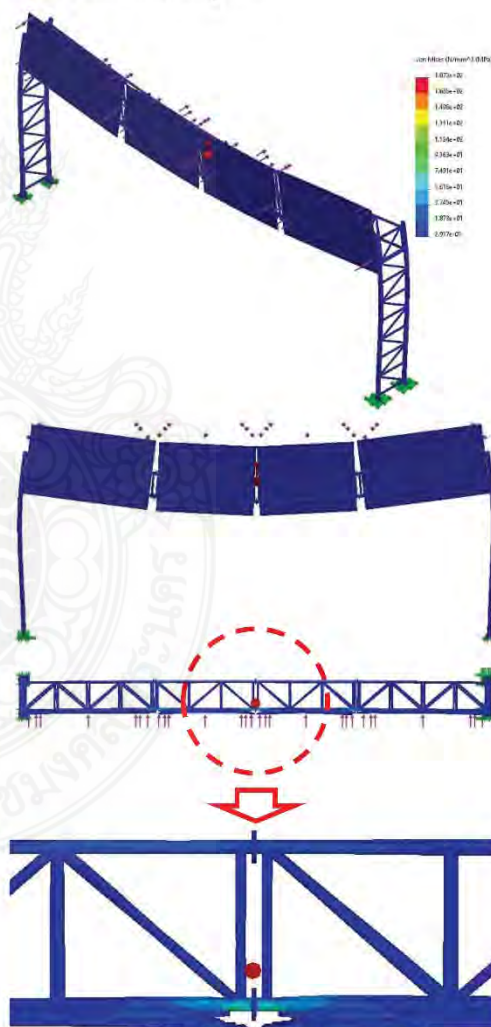
ตารางที่ 4 แรงที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจร

ρ	h	2B	U in	A_b	t	d	F (N)
1.2	3	5.4	25	18.75	0	4.5	-843.75
1.2	3	4.2	25	18.75	0	4.5	-510.417
1.2	3	5.4	33.33	18.75	0	4.5	-1,500
1.2	3	4.2	33.33	18.75	0	4.5	-907.407
1.2	3	5.4	41.66	18.75	0	4.5	-2,343.75
1.2	3	4.2	41.66	18.75	0	4.5	-1,417.82

3. ผลการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์จะใช้ภาระกระทำสูงสุดในการคำนวณและกำหนดโครงสร้างมีขนาดใหญ่ที่สุดภายใต้แบบมาตรฐานของโครงสร้างป้ายบอกทางจราจร การวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสองกรณีดังต่อไปนี้

3.1 กรณีที่ 1 โครงสร้างป้ายบอกทางจราจรติดตั้งบนถนนที่วิ่งในทิศทางเดียว ซึ่งอาจเป็นถนน 4 เลนที่รถวิ่งไปในทิศทางเดียวกันจึงมีแรงกระทำต่อป้ายจราจรทั้ง 4 ป้ายในทิศทางเดียวกัน แสดงผลลัพธ์ดังรูปที่ 5

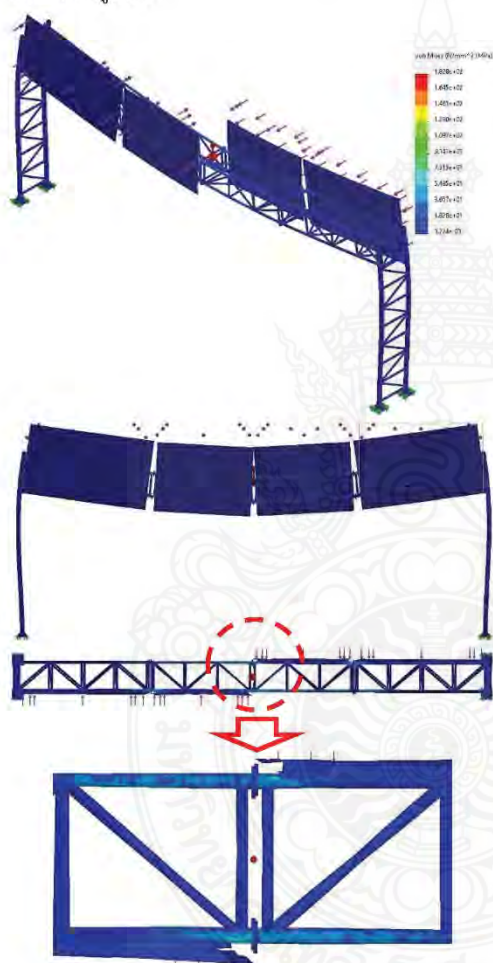


รูปที่ 5 กรณีที่ 1 แสดงค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูปภายใต้ความเร็วของยานพาหนะเท่ากับ 41.66 m/s



การประชุมวิชาการราชชมรมทางด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8
24 – 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรม อมารี พัทยา จังหวัดชลบุรี

3.2 กรณีที่ 2 เป็นการติดตั้งโครงสร้างเสาอกทางจราจร
คร่อมถนนที่มีลักษณะการขั้วซึ่งสวนทางกัน ถัดถนนมี 4 เลน
จึงมีฝั่งละ 2 เลนวิ่งสวนทางกัน ส่งผลให้มีแรงลมเกิดขึ้นคน
ละฝั่งและเกิดกระแสลมตี ทำให้โครงสร้างเกิดโมเมนต์ดัด
แสดงผลดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กรณีที่ 2 แสดงค่าความเค้นสูงสุดและการเสียรูป
ภายใต้ความเร็วของยานพาหนะเท่ากับ 41.66 m/s

จากการแสดงผลความเค้นวอนมิสเสสทั้งในกรณีที่ 1
และ 2 พบว่า ความเค้นที่เกิดขึ้นยังไม่เกินความเค้นที่จุด
คราก โครงสร้างเสียรูปอยู่ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น ความเค้น
เกิดขึ้นที่ชิ้นส่วนคานที่วางตามขวาง (Truss) โดยค่าความ
ปลอดภัยยังคงมีอยู่ที่ 1.2-1.4

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความเค้นวอนมิสเสส

Parameters	Value					
Sign board size (m ²)	5.4x3	4.2x3	5.4x3	4.2x3	5.4x3	4.2x3
Force (N)	-843	-510	-1,500	-907	-2,343	-1,417
Velocity (m/s)	25		33.33		41.66	
Case 1						
Max.Stress (MPa)	187.3		189.9		195.8	
Case 2						
Max.Stress (MPa)	177.3		179.7		182.8	
Yield stress (MPa)	250.4		250.4		250.4	
Safety factor for case 1	1.33		1.31		1.27	
Safety factor for case 2	1.41		1.39		1.37	

4. สรุปผลการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้
กำหนดรูปแบบโครงสร้างของเสาอกทางจราจรที่มีขนาด
ความกว้างระหว่างเสา 20 เมตร รองรับแผ่นป้ายบอกทาง
จราจรที่มีขนาดสองขนาดคือ 5.4x3 และ 4.2x3 ตารางเมตร
กำหนดการเคลื่อนที่ของยานพาหนะด้วยความเร็วสามระดับ
คือ 90, 120 และ 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งส่งผลให้เกิด
แรงที่กระทำต่อแผ่นป้ายบอกทางจราจร สมการคำนวณ
แรงลมที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้นำมาจาก
การนำเสนอของ A. Sanz-Andres et al. [12] จากนั้น
คำนวณผลและประเมินค่าความเค้นด้วยความเค้นวอนมิส
เสส พบว่าความเค้นที่เกิดขึ้นจากการใช้งานยังไม่เกิน
ขีดจำกัดของความเค้นที่จุดคราก จากการวิเคราะห์พบว่า
ความเค้นที่เกิดขึ้นจะเป็นปัจจัยที่มาจากแรงเนื่องจากน้ำหนัก
ตัวของโครงสร้างเอง ไม่ใช่แรงที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของ
ยานพาหนะ อย่างไรก็ตาม แรงที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของ
ยานพาหนะก็มีนัยยะสำคัญในระดับหนึ่งที่ควรนำมาคิด
พิจารณาออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างชนิดอื่นได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
(มทร.พระนคร) ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์และ
สถานที่เพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัย



6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kingdom of Thailand ministry of transport department of highways, Standard Drawings for Highway Design and Construction, Revision 2015.
- [2] Department of Highways, Traffic Sign Standard Manual, March 2018, vol. 1.
- [3] T. Fongsamootr and P. Chartpuk, "Analyses of Stress Distribution in Overhanging Traffic Sign Pole Using Finite Element Method," *KKU Engineering Journal*, vol. 33, no. 6, pp. 587 – 597, Nov.– Dec. 2006.
- [4] S. Arabi, B. Shafei, and B. M. Phares, "Investigation of fatigue in steel sign-support structures under diurnal temperature changes," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 153, pp. 286-297, Feb. 2019.
- [5] S. Qu, Y. Guo, and Q. Sun, "Resistances of high-strength steel equal-leg-angle section columns eccentrically connected by one leg," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 191, p. 107143, Apr. 2022.
- [6] Z.Liu, Z. Dietrich, B. M. Phares, and B. Shafei, "Structural behavior of large anchor bolts used for sign-support structures," *J. of Constr. Steel Research*, vol. 190, p. 107144, Mar. 2022.
- [7] N. Subedi, T. Obara, and S. Kono, "Noncompact and slender concrete-filled steel tubes under axial compression: Finite-element modeling and evaluation of stress-strain models for fiber-based analysis," *J. of Constr. Steel Research*, vol. 196, p. 107353, Sep. 2022.
- [8] J. Kacin, P. Rizzo, and M. Tajari, "Fatigue analysis of overhead sign support structures," *Engineering Structures*, vol. 32, no. 6, pp. 1659-1670, Jun. 2010.
- [9] E. V. Johnson, R. A. Cook, F. J. Masters, and M. H. Ansley, "Development of hurricane resistant traffic signal structures," *Engineering Structures*, vol. 33, no. 2, pp. 357-367, Feb. 2011.
- [10] J. A. Rice, D. A. Foutch, J. M. LaFave, and S. Valdovinos, "Field testing and analysis of aluminum highway sign trusses," *Engineering Structures*, vol. 34, pp. 173-186, Jan. 2012.
- [11] M. O. Kim, A. C. Bordelon, U. Ramasamy, and C. P. Pantelides, "Base geometry influence on impact load failure of a traffic signal pole," *Engineering Structures*, vol. 123, no. 15, pp. 482-489, Sep. 2016.
- [12] A. Sanz-Andres, J. Santiago-Prowald, C. Baker and A. Quinn, "Vehicle-induced loads on traffic sign panels," *Journal of wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 91, no. 7, pp. 925-942, Jun. 2003.
- [13] A. Sanz-Andres, and J. Santiago-Prowald, "Train-induced pressure on pedestrians," *Journal of wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 90, no. 8, pp. 1007-1015, Aug. 2002.
- [14] S. Luangsod, A. Tempiam, T. Fongsamootr, P. Chartpuk, "Stress analysis of stiffener plate at the base of the overhanging traffic sign post under effect of vehicle-induced gusts," in *Proceedings of the 7th International Forum on Strategic Technology (FOST2012)*, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, 2012, vol. 1, pp. 1105-1109.



การประชุมวิชาการราชภัฏเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ

ครั้งที่ 8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ขอขอบใจประกาศเกียรติคุณ ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

กัมปนาท เกิดแก่น, ประเสริฐ วิโรจน์ช้วน, ปฎิวดี คมวชิรกุล, พิเชษฐ์ บุญญาติ, ประกอบ ชาตฤกษ์

ได้เข้านำเสนอบทความเรื่อง

การวิเคราะห์ผลกระทบของลมจากเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่กระทำต่อป้ายบอกทางจราจรและโครงสร้างเสาบอกทาง

แบบคร่อมผิวจราจรโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การประชุมวิชาการราชภัฏเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 8
ระหว่างวันที่ 24 - 26 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรมอมารี พัทยา จังหวัดชลบุรี

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย จันทรมณี)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนินท์ มีมนต์)

นายกสมาคมเครือข่ายราชภัฏด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน



ชื่อ นามสกุล นายกัมปนาท เกิดแก่น
 วัน เดือน ปีเกิด 1 มิถุนายน 2535
 ภูมิลำเนา 1942/1 ถนนจรัญสนิทวงศ์ เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ.	2555
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	โรงเรียนกองทัพบกอุปถัมภ์ ช่างกล ขส.ทบ.	2555
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2560

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ตำแหน่ง Process Engineer สถานที่ทำงาน บริษัท Fabrinet Co.,LTD จังหวัด ปทุมธานี