

พฤติกรรมโครงสร้างของป่ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อกัน

ธนพล กิจชาญไพบูลย์

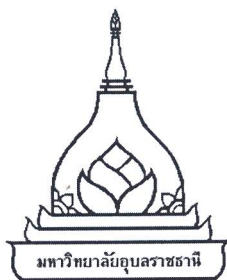
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



STRUCTURAL BEHAVIOUR OF CONNECTING LARGE BILLBOARD STRUCTURES

THANAPHOL KITCHANPIBOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
MAJOR IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2018
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง พุทธิกรรมโครงสร้างของป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อกัน

ผู้วิจัย นายธนะพล กิจชาญไพบูลย์

คณะกรรมการสอบ

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ ชันติยวิชัย

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย

กรรมการ

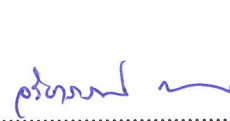
ดร.สุรศักดิ์ นิยมพานิชพัฒนา

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย)


.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล ปุชยานนท์)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่สามารถสรุจสมบูรณ์ได้เลยหากผู้วิจัยไม่ได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ควบคุมการวิจัย และเป็นผู้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์สูงสุดเมื่อผู้วิจัยประสบปัญหาต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษามา ณ โอกาสนี้ นอกจากนั้นแล้วผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.สุรศักดิ์ นิยมพานิชพัฒนา และรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ ชันติวิชัย ที่ได้เสียสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ให้ความรู้ต่อผู้วิจัย มาตลอดชีวิตการเรียนในภาคอุดมศึกษา ทั้งปริญญาตรีในอดีต จวบจนปริญญาโทในปัจจุบัน สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณณณฐ กิจชาญไพบูลย์ คุณชลชญา ประทุมชาติ และนางสาวเชาวนัชชา วงสิงห์ ผู้เป็นที่รักและเป็นแรงผลักดัน รวมถึงคอยสนับสนุนผู้วิจัยในทุก ๆ ด้าน ของชีวิตด้วยดีมาโดยตลอด

ธนะพล กิจชาญไพบูลย์
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : พฤติกรรมโครงสร้างของป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อกัน
 ผู้วิจัย : ธนะพล กิจชาญไพบูลย์
 ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
 สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย
 คำสำคัญ : ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่, การเชื่อมต่อกันป้ายโฆษณา, แรงลม, โครงถัก

วิทยานิพนธ์นี้เสนอผลของการเชื่อมต่อกันของโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ต่อพฤติกรรมการต้านทานแรงลม อ้างอิงจากมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร พ.ศ. 2550 (มยพ.1311-50) โดยการเชื่อมต่อกันของป้ายโฆษณาจำนวน 2, 3, 4 และ 5 ป้ายตามลำดับ ใช้ป้ายโฆษณาชนิดโครงถักขาคู่ ขนาดความสูง 15 เมตร กว้าง 32 เมตร และเสายาว 15 เมตร ป้ายโฆษณาชนิดโครงถักขาคู่ ขนาดความสูง 12.5 เมตร กว้าง 32 เมตร และเสายาว 17.5 เมตร และป้ายโฆษณาชนิดโครงถักขาคู่ ขนาดความสูง 10 เมตร กว้าง 32 เมตร และเสายาว 20 เมตร สร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธียึดหยุ่นเชิงเส้น รวมถึงพิจารณาผลของ P-Delta ร่วมด้วย จากผลการศึกษาพบว่า ป้ายโฆษณาที่ได้รับการเชื่อมต่อกันจำนวนมากขึ้นส่งผลให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนบริเวณฐานของเสามีค่ามากขึ้นตามลำดับ และยังส่งผลให้ป้ายโฆษณาเกิดการเสียรูปที่มากขึ้นตามลำดับเช่นกัน

ABSTRACT

TITLE : STRUCTURAL BEHAVIOUR OF CONNECTING LARGE BILLBOARD
STRUCTURE
AUTHOR : THANAPHOL KITCHANPIBOON
DEGREE : MASTER OF ENGINEERING
MAJOR : CIVIL ENGINEERING
ADVISOR : ASST. PROF. GRIENGSAK KAEWKULCHAI, Ph.D.
KEYWORDS : LARGE BILLBOARD, CONNCETING LARGE BILLBOARD, WIND FORCE,
TRUSS

This thesis presents the effect of connecting large billboards to wind resistance behavior using the DPT Standard 1311-50 for wind loading calculation and response of building. The two, three, four and five billboards were connected in this study. The single billboard have three type for testing. First single billboard is a double column truss structure having 30 meters of height, 32 meters of width, along with 15 meters of column height, Second single billboard is a double column truss structure having 30 meters of height, 32 meters of width, along with 17.5 meters of column height. And Third single billboard is a double column truss structure having 30 meters of height, 32 meters of width, along with 20 meters of column height. Structural models were created by commercial software and analyzed by linear elastic method considering P-Delta effect. The findings showed that the connecting large billboards have an increase in member forces around the column. Therefore, connecting more large billboards has a significant impact on structural behavior of the large billboards.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญในการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทัวไป	3
2.2 ความหมายของป้ายโฆษณา	3
2.3 รูปแบบต่าง ๆ ของป้ายโฆษณาที่ถูกติดตั้งบนพื้นดินที่พบได้ในประเทศไทย	4
2.4 หน่วยแรงลมตามมาตรฐาน มยผ.1311-50	8
2.5 กฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับป้ายโฆษณาในประเทศไทย	18
2.6 รูปแบบโครงสร้างป้ายโฆษณาและการวิเคราะห์ P-Delta Effect	21
2.7 การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา	25
2.8 สรุป	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ทัวไป	29
3.2 ขั้นตอนในการศึกษา	29
3.3 ลักษณะของป้ายโฆษณาที่ใช้ในการศึกษา	40
3.4 ลักษณะของแรงลมที่กระทำกับป้ายโฆษณา	41
3.5 สรุป	46
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ทัวไป	47
4.2 การวิเคราะห์และผลการศึกษาของแรงภายในชิ้นส่วน	47
4.3 การวิเคราะห์และผลการศึกษาค่าการเสียรูปของโครงสร้างป้ายโฆษณา	72
4.4 การวิเคราะห์ผลกระทบของจุด CG ที่มีต่อโครงสร้างป้ายโฆษณา	82
4.5 สรุป	84

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	85
5.2 ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก	
ก ภาพแสดงขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้างป้ายโฆษณา	91
ข ภาพแสดงชิ้นส่วนหลักและชิ้นส่วนรองของโครงสร้างป้ายโฆษณา ที่ Over Stress	101
ค ภาพแสดงค่าการเสียรูปของแผ่นป้ายโฆษณา	107
ประวัติผู้วิจัย	112

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จำแนกประเภทของอาคาร ตามความสำคัญต่อสาธารณชน	9
2.2	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม	10
2.3	การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง	12
2.4	ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลมเฉลี่ย C_{pa}	17
3.1	ขนาดและลักษณะของป้ายโฆษณาที่ใช้ในการศึกษา	41
3.2	แรงลมที่กระทำกับป้ายโฆษณาขนาดต่างๆ	45
3.3	คุณสมบัติวัสดุของชิ้นส่วนโครงสร้าง	45
4.1	แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 กรณีแรงลมตั้งฉากสมำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย	53
4.2	แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือ กรณีแรงลมเยื้องศูนย์	54
4.3	แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 กรณีแรงลมตั้งฉากสมำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย	55
4.4	แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือ กรณีแรงลมเยื้องศูนย์	56
4.5	แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 กรณีแรงลมตั้งฉากสมำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย	57
4.6	แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือ กรณีแรงลมเยื้องศูนย์	58
4.7	ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 กรณีแรงลมตั้งฉาก สมำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย	74
4.8	ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม	75
4.9	ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 กรณีแรงลมตั้งฉาก สมำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย	76
4.10	ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือกรณีแรงลมเยื้องศูนย์	77
4.11	ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 กรณีแรงลมตั้งฉาก สมำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย	78
4.12	ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม	78

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ หรือ ป้ายบิลบอร์ด	4
2.2	ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมขาเดียว	4
2.3	ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมขาคู่	5
2.4	ป้ายโฆษณารูปทรงสามเหลี่ยม ชนิดเสากลมขาเดียว	5
2.5	ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมเอียงศูนย์	6
2.6	ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมขามากกว่าหนึ่งคู่	6
2.7	ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาเดียว	7
2.8	ป้ายโฆษณารูปทรงสามเหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาคู่	7
2.9	ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดโครงถักเต็ม	8
2.10	แผนการแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง V	11
2.11	สภาพภูมิประเทศแบบ A	14
2.12	สภาพภูมิประเทศแบบ B	15
2.13	ป้ายและกำแพง	16
2.14	ลักษณะ ขนาด ระยะ ความสูง และแนวร่นตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558	20
2.15	รูปแบบโครงถัก	22
2.16	ตัวอย่างรูปแบบโครงโครงสร้างของเสาเป็นท่อกลมผนังบางของป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาคู่และขาเดียว	22
2.17	ตัวอย่างรูปแบบโครงถักแบบ Cross Bracing หรือ X-Bracing ของป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาคู่	23
2.18	P - Delta Effect	24
2.19	P - Delta about structure	25
3.1	สร้างรูปแบบโมเดลในรูปแบบของ 3D FRAMES	30
3.2	สร้าง Area เพื่อใช้ในการถ่ายแรงลงบนโครงสร้าง	30
3.3	กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Define Materials)	31
3.4	เพิ่มขนาดของหน้าตัดเหล็กเพื่อให้โปรแกรมเลือกใช้ (Frame Properties)	31
3.5	สร้างกลุ่มของชิ้นส่วนเพื่อจำแนกตำแหน่งและรูปแบบของชิ้นส่วน	32
3.6	เลือกชิ้นส่วนตามตำแหน่งและรูปแบบแล้วเพิ่มเข้าไปยังกลุ่มที่ได้สร้างเอาไว้	32
3.7	สร้าง Load ที่กระทำกับโครงสร้างด้วยคำสั่ง (Define Load Pattern)	33
3.8	สร้าง Load ที่กระทำกับโครงสร้างด้วยคำสั่ง (Define Load Case)	33
3.9	กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.10	กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุก เนื่องจากแรงลมกระทำที่จุดกึ่งกลางแผ่นป้ายโฆษณา	34
3.11	กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุก เนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านซ้าย	35
3.12	กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุก เนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านขวา	35
3.13	กำหนดค่า Load Case ทั้งหมดให้มารวมกันอยู่ในรูปแบบของ Load Combination	36
3.14	นำ Load Case กระทำลงบน Area ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับน้ำหนักบรรทุก เนื่องจากแรงลมกระทำที่จุดกึ่งกลางป้าย ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50	37
3.15	นำ Load Case กระทำลงบน Area ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับน้ำหนักบรรทุก เนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านซ้าย ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50	37
3.16	นำ Load Case กระทำลงบน Area ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับน้ำหนักบรรทุก เนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านขวา ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50	37
3.17	ทำการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาผลการตอบสนองต่อแรง (Run Analysis)	38
3.18	ใช้คำสั่งออกแบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Frame Design) โดยเลือกใช้มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็ก ASD-2010	38
3.19	ทำการออกแบบป้ายโฆษณาต้นแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอ	39
3.20	ทำการเชื่อมต่อป้ายโฆษณาที่ต้องการศึกษา	39
3.21	ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างป้ายโฆษณาแบบชาคู่ ขนาดกว้าง 32 เมตร สูง 30 เมตร (เป็นไปตามมาตรฐานปัจจุบัน)	40
3.22	ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างป้ายโฆษณาแบบชาเดี่ยว ขนาดกว้าง 32 เมตร สูง 30 เมตร (ไม่เป็นไปตามมาตรฐานปัจจุบัน)	40
3.23	ค่าตัวแปรขนาดของแผ่นป้ายโฆษณา	41
3.24	ตัวอย่างป้ายโฆษณาที่ใช้ในการคำนวณแรงลมสุทธิ	42
3.25	แรงลมสุทธิที่กระทำกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย	44
3.26	แรงลมสุทธิที่กระทำกรณีที่ขอบป้ายด้านซ้ายชี้เข้าหาลม	44
3.27	แรงลมสุทธิที่กระทำกรณีที่ขอบป้ายด้านขวาชี้เข้าหาลม	44
4.1	ตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายเดี่ยว	48
4.2	ตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายเดี่ยว ที่มีการเชื่อมต่อ 2 แผ่นป้าย	48
4.3	ภาพขยายตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายบริเวณหัวเสา	49
4.4	ภาพขยายตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายบริเวณฐานเสา	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.5	ภาพรวมตำแหน่งชิ้นส่วนรองบริเวณหัวเสาของป้ายโฆษณา	50
4.6	ชิ้นส่วนรองแนวทะแยงบริเวณหัวเสา	51
4.7	ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณหัวเสา	51
4.8	ภาพรวมตำแหน่งชิ้นส่วนรองบริเวณฐานเสาของป้ายโฆษณา	51
4.9	ชิ้นส่วนรองแนวทะแยงบริเวณฐานเสา	52
4.10	ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณฐานเสา	52
4.11	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก FMM1	59
4.12	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก FMM2	60
4.13	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก BMM1	60
4.14	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BMM2	61
4.15	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TLDM1	62
4.16	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TLDM2	62
4.17	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TRDM1	63
4.18	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TRDM2	64
4.19	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TFHM	65
4.20	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TBHM	65
4.21	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BLDM1	66
4.22	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BLDM2	67
4.23	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BRDM1	67
4.24	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BRDM2	68
4.25	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BFHM	69
4.26	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BBHM	70
4.27	แรงลมแบบเยื้องศูนย์กระทำกับป้ายเดียว	71
4.28	แรงลมแบบเยื้องศูนย์กระทำกับป้ายเดียวถูกเชื่อมต่อ 2 แผ่นป้าย	71
4.29	แรงลมแบบเยื้องศูนย์กระทำกับป้ายเดียวถูกเชื่อมต่อ 3 แผ่นป้าย	72
4.30	ตำแหน่งที่พิจารณาการเสีรูปของโครงสร้างป้ายโฆษณา	72
4.31	ค่าการเสีรูปของแผ่นป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 เมื่อเทียบกับป้ายเดียว	79
4.32	ค่าการเสีรูปของแผ่นป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 เมื่อเทียบกับป้ายเดียว	80
4.33	ค่าการเสีรูปของแผ่นป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 เมื่อเทียบกับป้ายเดียว	80
4.34	เปอร์เซ็นต์การเสีรูปที่ Joint A ของแผ่นป้ายโฆษณา	81
4.35	ตำแหน่งการเสีรูปในแนว Top View ของแผ่นป้ายโฆษณา	82
4.36	ค่าการเสีรูปในแนว Top View ของแผ่นป้ายโฆษณา	82

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.37	Center Of Gravity ของป้ายโฆษณาแบบที่ 1	83
4.38	Center Of Gravity ของป้ายโฆษณาแบบที่ 2	83
4.39	Center Of Gravity ของป้ายโฆษณาแบบที่ 3	83
ก.1	ชั้นส่วนหลัก (Main Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 1	92
ก.2	ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณเสา (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 1	92
ก.3	ชั้นส่วนรองในทะแยงบริเวณเสา (Diagonal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 1	93
ก.4	ชั้นส่วนรองในแนวตั้งบริเวณป้าย (Vertical Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 1	93
ก.5	ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณป้าย (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 1	94
ก.6	ชั้นส่วนรองในแนวทะแยงบริเวณป้าย (Diagonal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 1	94
ก.7	ชั้นส่วนหลัก (Main Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 2	95
ก.8	ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณเสา (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 2	95
ก.9	ชั้นส่วนรองในทะแยงบริเวณเสา (Diagonal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 2	96
ก.10	ชั้นส่วนรองในแนวตั้งบริเวณป้าย (Vertical Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 2	96
ก.11	ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณป้าย (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 2	97
ก.12	ชั้นส่วนรองในแนวทะแยงบริเวณป้าย (Diagonal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 2	97
ก.13	ชั้นส่วนหลัก (Main Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 3	98
ก.14	ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณเสา (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 3	98
ก.15	ชั้นส่วนรองในทะแยงบริเวณเสา (Diagonal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 3	99
ก.16	ชั้นส่วนรองในแนวตั้งบริเวณป้าย (Vertical Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา แบบที่ 3	99

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก.17	ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณป้าย (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3	100
ก.18	ชั้นส่วนรองในแนวทะแยงบริเวณป้าย (Diagonal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3	100
ข.1	ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (ป้ายเดี่ยว) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 0 ชั้น	102
ข.2	ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 2 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 54 ชั้น	102
ข.3	ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 3 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 77 ชั้น	102
ข.4	ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 4 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 110 ชั้น	103
ข.5	ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 5 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 141 ชั้น	103
ข.6	ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (ป้ายเดี่ยว) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 0 ชั้น	103
ข.7	ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 2 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 51 ชั้น	104
ข.8	ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 3 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 70 ชั้น	104
ข.9	ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 4 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 87 ชั้น	104
ข.10	ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 5 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 113 ชั้น	105
ข.11	ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (ป้ายเดี่ยว) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 0 ชั้น	105
ข.12	ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 2 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 64 ชั้น	105
ข.13	ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 3 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 95 ชั้น	106
ข.14	ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 4 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 110 ชั้น	106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก.15	ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 5 ป้าย) มีจำนวนชั้นส่วน Over Stress เท่ากับ 119 ชั้น	106
ค.1	การเสีรูปในแนว Side View ของป้ายเดี่ยว	108
ค.2	การเสีรูปในแนว Top View ของป้ายเดี่ยว	108
ค.3	การเสีรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 2 ป้าย	108
ค.4	การเสีรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 2 ป้าย	109
ค.5	การเสีรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 3 ป้าย	109
ค.6	การเสีรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 3 ป้าย	109
ค.7	การเสีรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 4 ป้าย	110
ค.8	การเสีรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 4 ป้าย	110
ค.9	การเสีรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 5 ป้าย	110
ค.10	การเสีรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 5 ป้าย	111

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญในการวิจัย

ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ในประเทศไทยได้เกิดการพังทลายลงมาหลายครั้งภายหลังพายุฝนฟ้าคะนอง ก่อให้เกิดอันตรายและความไม่ปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัย ประชาชนในละแวกใกล้เคียง รวมถึงผู้สัญจรไปมาบนท้องถนน โดยในอดีตพบว่าเกิดจากบริษัทผู้รับเหมาทำการก่อสร้างไม่เป็นไปตามแบบที่ขออนุญาต คือมีการต่อเติมหรือเชื่อมติดป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบให้เป็นป้ายเดี่ยวแต่ถูกนำไปก่อสร้างเป็นป้ายโฆษณาที่มีความต่อเนื่อง ให้มีขนาดใหญ่เป็นจุดสนใจ และง่ายต่อการมองเห็นเพื่อผลประโยชน์ในการโฆษณา ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรม การรับแรงลมของโครงสร้างที่เปลี่ยนไป ซึ่งอาจมีความปลอดภัยที่ลดลง และอาจมีความเสี่ยงต่อการนำไปสู่การวิบัติของโครงสร้างได้ เนื่องจากป้ายถูกออกแบบมาให้รับแรงลมแบบป้ายเดี่ยว นอกจากนี้ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ถูกติดตั้งแล้วเสร็จก่อนกฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือ สิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 (กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558) มีความเสี่ยงต่อการวิบัติ เนื่องจากขนาดของแผ่นป้ายที่ใหญ่เกินกว่ามาตรฐานกำหนดเช่นกัน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาพฤติกรรมทางโครงสร้างของป้ายโฆษณาที่เปลี่ยนไปเนื่องจากแรงลม ซึ่งประกอบไปด้วยการเสียรูปและแรงภายในชิ้นส่วนของป้ายโฆษณาขนาดใหญ่หลายป้ายที่ถูกต่อเชื่อมกัน โดยอ้างอิงจากมาตรฐานการออกแบบและกฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 และมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2550 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีความมุ่งเน้นที่จะศึกษาพฤติกรรมการเสียรูปและผลของแรงที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ถูกต่อเชื่อม โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณาตาม มยผ. 1311-50

1.2.2 เพื่อศึกษาผลการตอบสนองทางโครงสร้างที่เปลี่ยนไปจากป้ายโฆษณาที่ได้รับ การออกแบบเป็นป้ายเดี่ยว แต่ถูกนำมาก่อสร้างเป็นป้ายโฆษณาแบบต่อเนื่องหลายป้ายติดกัน

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษานี้เป็นการจำลองโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ถูกต้องเชื่อมกัน และถูกกระทำด้วยแรงลม เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเสียรูปและผลของแรงที่เปลี่ยนแปลงไปของป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ โดยมีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

1.3.1 โครงสร้างป้ายโฆษณาที่มีลักษณะเป็นโครงถักชนิดเสาคู่

1.3.2 มุ่งเน้นศึกษาในเรื่องของการเสียรูป และแรงภายในชิ้นส่วนที่เกิดจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง

1.3.3 เลือกใช้ขนาดของป้ายโฆษณาใหญ่สุดตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 กำหนดเอาไว้คือ มีความสูงป้ายรวมโครงสร้าง 30 เมตร และมีความยาว 32 เมตร

1.3.4 ต่อเชื่อมป้ายโฆษณาจำนวน 2, 3, 4 และ 5 แผ่นป้ายตามลำดับ

1.3.5 อ้างอิงวิธีการตาม มยผ. 1311-50 ในการคำนวณแรงลมที่กระทำกับป้าย

1.3.6 เลือกใช้กลุ่มความเร็วลมอ้างอิงสูงซึ่งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย เท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที

1.3.7 การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้พิจารณาถึงรายละเอียดในที่เกี่ยวข้องกับรอยเชื่อมของโครงสร้างเหล็ก และฐานรองรับโครงสร้างป้ายโฆษณาที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงผลของแรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณาตาม มยผ. 1311-50

1.4.2 ทราบถึงผลการตอบสนองทางโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบเป็นป้ายเดี่ยว แต่ถูกนำมาก่อสร้างเป็นป้ายโฆษณาแบบต่อเนื่องหลายป้ายติดกัน โดยมุ่งเน้นในเรื่องของการเสียรูป และแรงภายในชิ้นส่วนที่เกิดจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทัวไป

ในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายของป้ายโฆษณาโดยทั่วไป มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ. 1311-50) กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งที่สูงขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 รูปแบบโครงสร้างป้ายโฆษณา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ความหมายของป้ายโฆษณา

ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ หรือป้ายบิลบอร์ด (Billboard) คือ ป้ายที่มีลักษณะเป็นป้ายแผ่นกระดานรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยส่วนใหญ่เป็นป้ายโฆษณากลางแจ้งที่ติดตั้งตามถนนสายหลัก หรือตามจุดสำคัญ ๆ เช่น สี่แยก ตลาด หรือจุดที่มีคนพลุกพล่านเพื่อประโยชน์ในการโฆษณา และประชาสัมพันธ์ สามารถมองเห็นได้ระยะไกล ดึงดูดความสนใจได้เป็นอย่างดี

2.2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของป้ายบิลบอร์ด

ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่มีส่วนประกอบหลักอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน ดังในภาพที่ 2.1 ได้แก่ โครงสร้าง เหล็กขึ้นงานโฆษณา และระบบไฟส่องสว่าง โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

2.2.1.1 โครงสร้างเหล็ก คือ โครงเหล็กหลายๆหน้าตัดที่ถูกนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ให้มีความแข็งแรงทนทานต่อการรับน้ำหนักบรรทุกสถิตย์ (Static Load) และน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ได้ รวมถึงสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี โดยการก่อสร้างจำเป็นต้องมีวิศวกรในการออกแบบและควบคุมดูแลเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นลักษณะการติดตั้งที่ต้องมีการวางเสาเข็ม เหมือนการก่อสร้างอาคารโดยทั่วไป

2.2.1.2 ขึ้นงานโฆษณา คือ แผ่นไวนิลหรือแผ่นผ้าใบ โดยส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นไวนิลทึบแสง (Vinyl Backlit) พิมพ์ด้วยหมึกที่มีความทนทานสูง เนื่องจากมีความสะดวกในการติดตั้งและน้ำหนักรเบา

2.2.1.3 ระบบไฟส่องสว่าง คือ ระบบไฟส่องป้ายสำหรับเวลากลางคืน เนื่องจากเป็นป้ายขนาดใหญ่ และถูกนำไปติดตั้งในพื้นที่ ๆ มีการสัญจรจราจรคับคั่ง ทำให้สื่อโฆษณานี้สามารถทำให้ทั้งกลางวันและกลางคืน โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ไฟสปอร์ตไลท์กำลังสูง



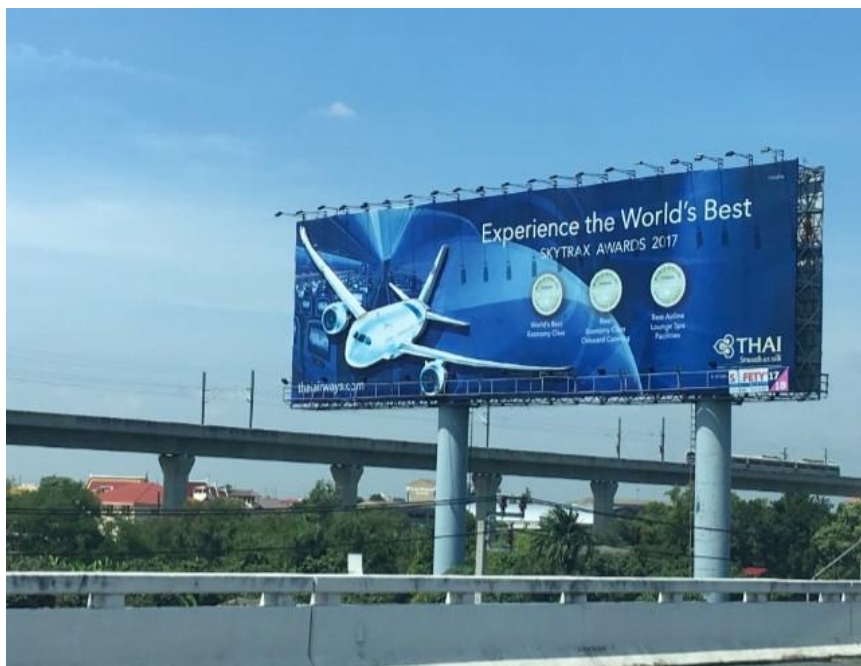
ภาพที่ 2.1 ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ หรือป้ายบิลบอร์ด (Billboard)

2.3 รูปแบบต่าง ๆ ของป้ายโฆษณาที่ถูกติดตั้งบนพื้นดินที่พบได้ในประเทศไทย

ป้ายโฆษณาที่ถูกติดตั้งบนพื้นดินที่มีอยู่ในประเทศไทยนั้นมีหลากหลายรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถจำแนกชนิดของป้ายได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.2 ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมขาเดี่ยว



ภาพที่ 2.3 ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมขาคู่



ภาพที่ 2.4 ป้ายโฆษณารูปทรงสามเหลี่ยม ชนิดเสากลมขาเดี่ยว



ภาพที่ 2.5 ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมเอียงศูนย์



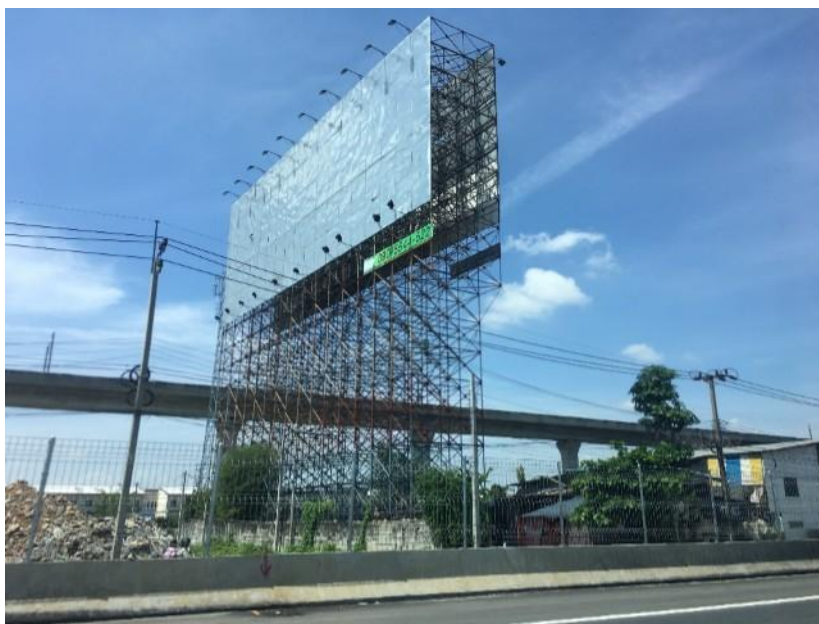
ภาพที่ 2.6 ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสากลมขามากกว่าหนึ่งคู่



ภาพที่ 2.7 ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาเดียว



ภาพที่ 2.8 ป้ายโฆษณารูปทรงสามเหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาคู่



ภาพที่ 2.9 ป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดโครงถักเต็ม

2.4 หน่วยแรงลมตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยพ. 1311-50)

ในอดีตกฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 (กฎกระทรวง (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2527) ในหมวดแรงลมได้กำหนดให้ค่าหน่วยแรงลมที่กระทำกับอาคารเปลี่ยนแปลงตามความสูงของอาคารเพียงอย่างเดียว ซึ่งในความเป็นจริง กรมอุตุนิยมวิทยาตรวจวัดค่าความเร็วลมสูงสุดเป็นระยะเวลากว่า 40-50 ปี พบว่าหน่วยแรงลมสูงสุดมีค่าประมาณ 107-193 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่ากฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 (เป็นหนึ่งใน วิณิชชัย, 2546) ได้กำหนดเอาไว้ และด้วยเหตุนี้ใน พ.ศ. 2550 กรมโยธาธิการและผังเมือง จึงได้ทำการประกาศใช้ มยพ. 1311-50 เพื่อยกระดับมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแรงลมภายในประเทศไทยให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ทัดเทียมมาตรฐานสากล โดยมาตรฐานฉบับใหม่นี้ได้มีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่สำคัญ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ความเร็วลมอ้างอิงในเขตต่าง ๆ รูปร่างของอาคารและคุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ เพื่อให้ค่าหน่วยแรงลมที่ผู้คำนวณออกแบบมีความถูกต้องแม่นยำ ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง อันก่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด โดยนอกจากนี้ป้ายโฆษณายังถูกจัดอยู่ในหมวดของโครงสร้างที่มีลักษณะพิเศษของมาตรฐาน ซึ่งมีข้อกำหนดสำหรับวิธีการคำนวณแรงลมไว้โดยเฉพาะ

2.4.1 รายละเอียดแรงลมที่กำกับป้ายโฆษณา (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

หน่วยแรงลมสุทธิ ซึ่งรวมหน่วยแรงลมทั้งด้านต้นลมและด้านท้ายลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2.1)$$

โดยที่

p	คือ	หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) (นิวตันต่อตารางเมตร)
I_w	คือ	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม มีค่าสภาวะจำกัดด้านกำลังเท่ากับ 1 และ มีค่าสภาวะจำกัดด้านการใช้งาน เท่ากับ 0.75
q	คือ	หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) (นิวตันต่อตารางเมตร)
C_e	คือ	ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor)
C_g	คือ	ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม (gust effect factor) มีค่าเท่ากับ 2.35
C_p	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient)

ตารางที่ 2.1 จำแนกประเภทของอาคาร ตามความสำคัญต่อสาธารณชน

ประเภทของอาคาร	ประเภทของความสำคัญ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น - อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร - อาคารชั่วคราว - อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ	น้อย
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภทความสำคัญน้อย มาก และสูงมาก	ปกติ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	มาก

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

ตารางที่ 2.1 จำแนกประเภทของอาคาร ตามความสำคัญต่อสาธารณชน (ต่อ)

ประเภทของอาคาร	ประเภทของความสำคัญ
อาคารและส่วนโครงสร้างที่มีความจำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนเป็นอย่างมาก หรืออาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุเป็นอย่างมาก เช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - อาคารศูนย์สื่อสาร - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ - โรงไฟฟ้า - โรงผลิตน้ำประปา ถังเก็บน้ำ และสถานีสูบน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ - ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบินที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารหรือส่วนโครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจัดเก็บ หรือการใช้สารพิษ เช่น เชื้อเพลิง หรือสารเคมี อันก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	สูงมาก

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

ตารางที่ 2.2 ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม, I_w

ประเภทความสำคัญ ของอาคาร	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม	
	สถานะจำกัดด้านกำลัง	สถานะจำกัดด้านการใช้งาน
น้อย	0.8	0.75
ปกติ	1	0.75
มาก	1.15	0.75
สูงมาก	1.15	0.75

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

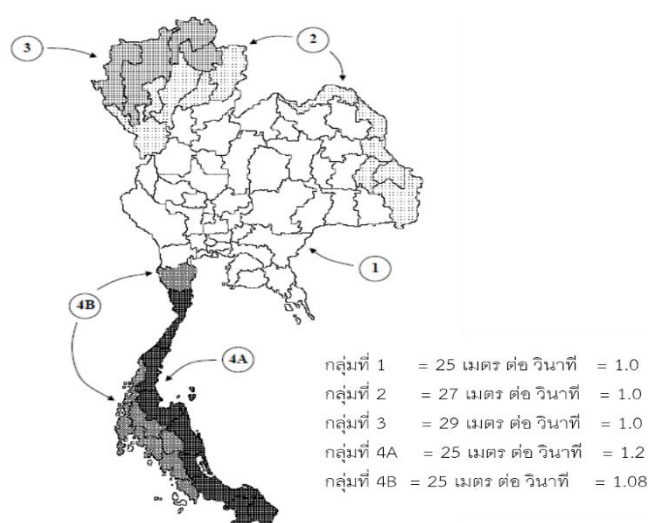
2.4.1.1 หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (Reference velocity pressure, q) (มยพ. 1311-50, 2550)

หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม สามารถคำนวณโดยวิธีอย่างง่ายดังนี้

$$q = \frac{1}{2} \rho \bar{v}^2 \quad (2.2)$$

- โดยที่ q ที่คำนวณได้ มีหน่วยเป็น (นิวตันต่อตารางเมตร)
- ρ คือ ความหนาแน่นของมวลอากาศ (ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 1.25 กิโลกรัม (มวล) ต่อลูกบาศก์เมตร) สำหรับความดันบรรยากาศปกติ และอุณหภูมิของอากาศประมาณ 15 องศาเซลเซียส ถึง 45 องศาเซลเซียส
- $\bar{v}$ คือ ความเร็วลมอ้างอิง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที คือ ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงที่ความสูง 10 เมตรจากระดับพื้นดิน ในสภาพภูมิอากาศเปิดโล่ง สำหรับคาบเวลาไปกลับ (Return period) 50 ปี (V_{50})
- สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน $\bar{V} = V_{50}$
- สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านการกำลัง $\bar{V} = T_F V_{50}$
- โดยค่า T_F และ V_{50} แสดงในภาพที่ 2.10

ภาพแสดงอาณาบริเวณโดยสังเขปของแต่ละกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง และตารางจำแนก 76 จังหวัดของประเทศไทยตามกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง โดยแบ่งเป็นตารางย่อยสำหรับแต่ละภาคของประเทศ โดยทั่วไปพื้นที่ทั่วทั้งจังหวัดจะจัดอยู่ในกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงเดียวกัน ยกเว้นจังหวัดตาก จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่มีการแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงตามอำเภอ



ภาพที่ 2.10 แผนที่การแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง $\bar{V}$
ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

ตารางที่ 2.3 การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง

กลุ่มจังหวัดในภาคเหนือ		กลุ่มจังหวัดในภาคกลาง	
จังหวัด	กลุ่มที่	จังหวัด	กลุ่มที่
1.กำแพงเพชร	1	1.กรุงเทพมหานคร	1
2.เชียงใหม่	3	2.กาญจนบุรี	1
3.เชียงราย	3	3.ฉะเชิงเทรา	1
4.ตาก	1	4.ชัยนาท	1
ก.อำเภออุ้มผาง		5.นครนายก	1
ข.บริเวณอื่นๆ		6.นครปฐม	1
5.นครสวรรค์	1	7.นนทบุรี	1
6.น่าน	2	8.ปทุมธานี	1
7.พะเยา	3	9.ประจวบคีรีขันธ์	1
8.พิจิตร	1	10.เพชรบุรี	1
9.พิษณุโลก	1	11.ลพบุรี	4A
10.เพชรบูรณ์	1	12.สระบุรี	4B
11.แพร่	2	13.สิงห์บุรี	1
12.แม่ฮ่องสอน	3	14.สุพรรณบุรี	1
13.ลำปาง	2	15.สมุทรปราการ	1
14.ลำพูน	2	16.สมุทรสาคร	1
15.สุโขทัย	1	17.สระแก้ว	1
16.อุตรดิตถ์	1	18.สมุทรสงคราม	1
17.อุทัยธานี	1	19.สมุทรสาคร	1
		20.สระแก้ว	1
		21.อยุธยา	1
		22.อ่างทอง	1

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

ตารางที่ 2.3 การจำแนกกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง (ต่อ)

กลุ่มจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		กลุ่มจังหวัดในภาคใต้	
จังหวัด	กลุ่มที่	จังหวัด	กลุ่มที่
1.กาฬสินธุ์	1	1.กระบี่	4B
2.ขอนแก่น	1	2.ชุมพร	4A
3.ชัยภูมิ	1	3.ตรัง	4B
4.นครพนม	2	4.นครศรีธรรมราช	4A
5.นครราชสีมา	1	ก. อำเภอเมือง อำเภอชนอม	
6.มุกดาหาร	2	อำเภอสิชล อำเภอท่าศาลา	
7.ยโสธร	2	อำเภอพิปูน อำเภอพรหมคีรี	
8.ร้อยเอ็ด	1	อำเภอลานสกา อำเภออ่อนพิบูลย์	
9.เลย	1	อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่	
10.ศรีสะเกษ	1	อำเภอหัวไทร อำเภอชะอวด	4B
11.สกลนคร	1	ข.บริเวณอื่นๆ	
12.สุรินทร์	1	5.นราธิวาส	4A
13.หนองคาย	2	7.พังงา	4B
14.หนองบัวลำภู	1	8.พัทลุง	4A
15.อุดรธานี	1	9.ภูเก็ต	4B
16.อำนาจเจริญ	2	10.ยะลา	4A
17.อุบลราชธานี	2	11.ระนอง	4B
18.บุรีรัมย์	1	12.สงขลา	4A
19.มหาสารคาม	1	13.สตูล	4B
		14.สุราษฎร์ธานี ก. อำเภอเมือง อำเภอท่าชนะ อำเภอไชยา อำเภอท่าฉาง อำเภอคีรีรัฐนิคม อำเภอพุนพิน อำเภอกาญจนดิษฐ์ อำเภอดินส่าก อำเภอบ้านนาเดิม อำเภอเกาะสมุย อำเภอบ้านนาสาร อำเภอเกาะพะงัด	4A

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

2.4.1.2 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (Exposure Factor, C_e)
(กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ เป็นค่าประกอบที่นำมาปรับค่าหน่วยแรงลมให้แปรเปลี่ยนตามความสูงจากพื้นดินและสภาพภูมิประเทศ การคำนวณค่าแรงลมโดยวิธีการอย่างง่าย คำนึงถึงสภาพภูมิประเทศออกแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้



ภาพที่ 2.11 สภาพภูมิประเทศแบบ A
ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

1) สภาพภูมิประเทศแบบ A เป็นสภาพภูมิประเทศแบบโล่ง ซึ่งมีอาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้าง กระจัดกระจายอยู่ห่าง ๆ กัน หรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล ให้คำนวณค่า C_e จากสมการด้านล่าง

$$C_e = 0.7 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.2} \geq 0.9 \quad (2.3)$$



ภาพที่ 2.12 สภาพภูมิประเทศแบบ B
ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

2) สภาพภูมิประเทศแบบ B เป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง หรือพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่หนาแน่น หรือบริเวณศูนย์กลางเมืองขนาดเล็ก ให้คำนวณค่า C_e จากสมการด้านล่าง

$$C_e = 0.7 \left(\frac{z}{10} \right)^{0.3} \geq 0.7 \quad (2.4)$$

โดย z คือ ความสูงของอาคาร หน่วยเป็นเมตร

สภาพภูมิประเทศใดๆ จะจัดอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B ได้ ก็ต่อเมื่อมีลักษณะภูมิประเทศในลักษณะนั้นๆ สม่่าเสมอในทิศทางต้นลมเป็นระยะทางไม่ต่ำกว่า 1 กิโลเมตร หรือ 10 เท่าของความสูงของอาคาร โดยใช้ค่าที่มากกว่า ซึ่งสภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการคำนวณนี้ ควรสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศที่แท้จริงในทิศทางลมที่พิจารณา ยกเว้นอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 80 เมตร และตั้งอยู่ในกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง ($\bar{V} = T_F \cdot V_{50}$) ไม่เกิน 25 เมตรต่อวินาที ให้ใช้ภูมิประเทศ A

2.4.1.3 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (Gust effect factor, C_g)
(กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

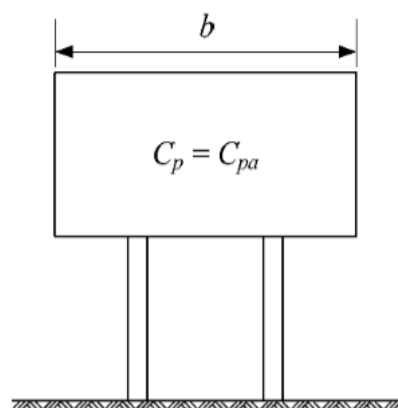
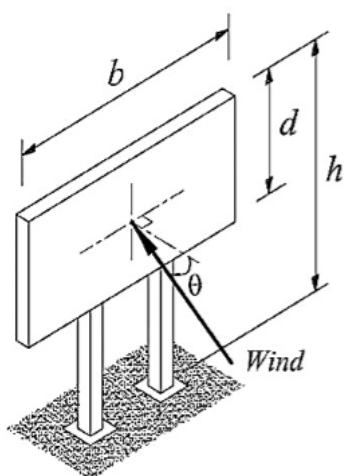
ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม คือ อัตราส่วนระหว่างผลของแรงลมสูงสุดต่อผลของแรงลมเฉลี่ย ค่าประกอบ C_g สำหรับวิธีการอย่างง่ายคำนวณได้ดังนี้
ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร

1) สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.0 ในการออกแบบโครงสร้างหลักต้านทานแรงลม ยกเว้นป้ายและกำแพง ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.35

2) สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.5 ในการออกแบบโครงสร้างรองและผนังภายนอกอาคาร (cladding) ที่มีขนาดเล็ก (ประมาณขนาดของหน้าต่าง)

2.4.1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (External pressure coefficient, C_p) (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนความเร็วลมตามความสูงอาคาร สัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร ป้ายและกำแพงต้องได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแรงลม ทั้งในกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่น $\theta = 0^\circ$ ดังในภาพที่ 2.13 ข) และในกรณีที่ทิศทางลมทำมุมเฉียง 45° กับแผ่นป้าย $\theta = \pm 45^\circ$ ดังในภาพที่ 2.13 ค) และ 2.13 ง)

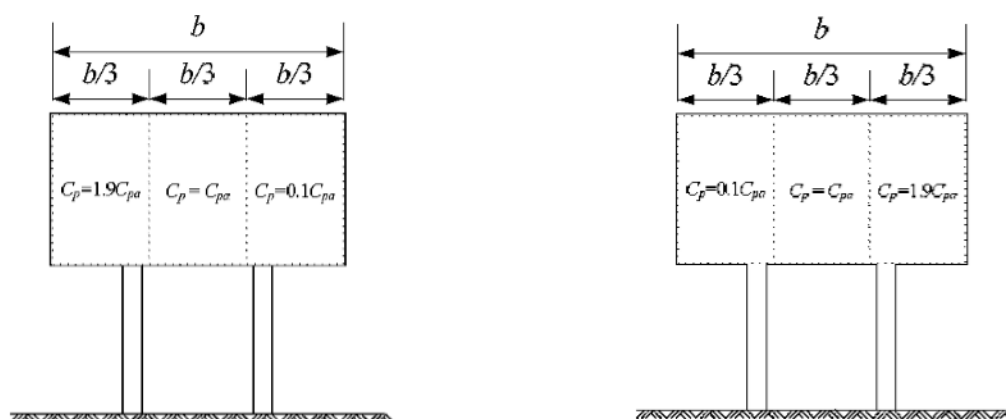


ก) สัดส่วนรูปร่างของป้าย และทิศทางลม (θ)

ข) ค่าสัมประสิทธิ์ C_p ในกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย ($\theta = 0^\circ$)

ภาพที่ 2.13 ป้ายและกำแพง

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)



ค) ค่าสัมประสิทธิ์ C_p ในกรณีขอบด้านซ้าย

ของป้ายชี้เข้าแหลม ($\theta = \pm 45^\circ$)

ง) ค่าสัมประสิทธิ์ C_p ในกรณีขอบด้านขวา

ของป้ายชี้เข้าแหลม ($\theta = \pm 45^\circ$)

ภาพที่ 2.13 ป้ายและกำแพง (ต่อ)

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

โดยที่ b คือ ความกว้างทั้งหมดของแผ่นป้าย
 d คือ ความสูงของแผ่นป้าย
 h คือ ความสูงทั้งหมดของแผ่นป้าย
 C_p คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร

ค่าสัมประสิทธิ์ C_p จะขึ้นกับสัดส่วนรูปร่างของป้าย ทิศทางลมและตำแหน่งบนพื้นที่แผ่นป้าย ดังในภาพที่ 2.13 ข), 2.13 ค) และ 2.13 ง)

ตารางที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลมเฉลี่ย C_{pa} (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550)

อัตราส่วน d/h	อัตราส่วน b/d							
	≤ 0.1	0.2	0.5	1	2	3	4	5
≤ 0.2	1.65	1.60	1.60	1.55	1.55	1.55	1.60	1.60
0.3	1.65	1.60	1.55	1.55	1.50	1.50	1.55	1.55
0.5	1.65	1.55	1.50	1.50	1.45	1.45	1.45	1.45
0.7	1.60	1.50	1.45	1.40	1.35	1.35	1.35	1.30
0.9	1.60	1.45	1.35	1.30	1.25	1.25	1.25	1.25
1.0*	1.55	1.40	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15

หมายเหตุ: กรณีของกำแพง หรือป้ายที่ตั้งขึ้นมาจากพื้น

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550)

ในกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย ($\theta=0^\circ$) ค่าสัมประสิทธิ์ C_p มีค่าสม่ำเสมอเท่ากันทั่วทั้งพื้นที่ป้าย ดังในภาพที่ 2.13 ข) และมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย C_{pa}

ในกรณีที่ทิศทางลมทำมุมเฉียง 45° กับแผ่นป้าย ($\theta=\pm 45^\circ$) ค่าสัมประสิทธิ์ C_p มีค่าไม่สม่ำเสมอ โดยค่า C_p จะเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 90% ในบริเวณขอบที่หันเข้าหาลม และค่า C_p จะลดลงจากค่าเฉลี่ยถึง 90% ในบริเวณขอบอีกด้านหนึ่ง ดังภาพที่ 2.13 ค) และ 2.13 ง)

หน่วยแรงลมสุทธิ ณ ทุกๆตำแหน่งบนแผ่นป้ายมีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นป้าย ในทุก ๆ กรณี ($\theta=0^\circ$) หรือ ($\theta=\pm 45^\circ$)

ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย C_{pa} ในทุกกรณี ($\theta=0^\circ$) หรือ ($\theta=\pm 45^\circ$) ค่าขึ้นกับ อัตราส่วน b/d และ อัตราส่วน d/h ดังในตารางที่ 2.4

2.5 กฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับป้ายโฆษณาในประเทศไทย

ป้ายถือเป็นอาคารหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นอย่างอื่น ซึ่งบุคคลสามารถเข้าใช้สอยได้ จึงจัดเป็นอาคาร ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร แต่ในอดีตพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535) กฎกระทรวง (ฉบับที่ 55) พ.ศ. 2543 (กฎกระทรวง (ฉบับที่ 55) พ.ศ. 2543) และพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550 (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550) ซึ่งข้อบังคับต่าง ๆ ที่มีต่อป้ายยังคงคลุมเครือ และไม่ชัดเจน ซึ่งในปัจจุบันเมื่อพิจารณาถึงลักษณะโครงสร้างรวมถึงการใช้สอย พบว่าป้ายนั้นแตกต่างจากอาคารโดยทั่วไป ด้วยเหตุนี้ข้อกำหนดหรือกฎกระทรวงที่บังคับใช้กับอาคารจึงไม่สามารถบังคับใช้กับป้ายโฆษณาได้อย่างเหมาะสม หรือยังไม่มีข้อกำหนดสำหรับป้ายเป็นการเฉพาะ กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 จึงถูกบัญญัติขึ้น

2.5.1 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และ พ.ศ. 2535 (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522; พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535)

พระราชบัญญัติควบคุมอาคารทั้งสองฉบับนี้ห้ามป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้าย ซึ่งปรากฏในมาตราที่ 4 ข้อ 3 ดังต่อไปนี้

2.5.1.1 ข้อ 3 ป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้าย

1) ที่ติดหรือตั้งไว้เหนือที่สาธารณะและมีขนาดเกินหนึ่งตารางเมตร หรือมีน้ำหนักรวมทั้งโครงสร้างเกินสิบกิโลกรัม

2) ที่ติดหรือตั้งไว้ในระยะห่างจากที่สาธารณะ ซึ่งเมื่อวัดในทางราบแล้ว ระยะห่างจากที่สาธารณะมีน้อยกว่าความสูงของป้ายนั้น

3) เมื่อวัดจากพื้นดิน และมีขนาดหรือมีน้ำหนักเกินกว่าที่กำหนดในกฎกระทรวง

โดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคารทั้งสองฉบับนี้ พบว่ายังมีความไม่สมบูรณ์ และขาดซึ่งรายละเอียดสำคัญของป้ายโฆษณาอย่างชัดเจน

2.5.2 กฎกระทรวง (ฉบับที่ 55) พ.ศ. 2543 และ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550 (กฎกระทรวง (ฉบับที่ 55) พ.ศ. 2543; พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550)

กฎกระทรวงและพระราชบัญญัติควบคุมอาคารทั้งสองฉบับนี้ได้มีการเพิ่มเติมลักษณะ และข้อกำหนดในเรื่องของขนาด ระยะ ความสูง และแนวร่นของป้ายชนิดอื่น ๆ อาทิเช่น ป้าย บนหลังคา ป้ายบนดาดฟ้า ป้ายที่ยื่นออกมาจากผนัง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.2.1 หมวดที่ 1 ลักษณะของอาคาร

ข้อ 7 ป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายที่อาคารต้องไม่บังช่องระบาย อากาศ หน้าต่าง ประตู หรือทาง หนีไฟ

ข้อ 8 ป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายบนหลังคาหรือดาดฟ้า ของอาคารต้องไม่ล้ำออกนอกแนวผนัง รอบนอกของอาคารและส่วนบนสุดของป้าย หรือสิ่งก่อสร้าง สำหรับติดหรือตั้งป้ายต้องสูงไม่เกิน 6 เมตร จากส่วนสูงสุดของหลังคาหรือดาดฟ้าของอาคาร ที่ติดตั้งป้ายนั้น

ข้อ 9 ป้ายที่ยื่นจากผนังอาคารให้ยื่นได้ไม่เกินแนวกั้นสายตา และให้สูงได้ ไม่เกิน 60 เซนติเมตร หรือมีพื้นที่ป้ายไม่ เกิน 2 ตารางเมตร

ข้อ 10 ป้ายที่ติดตั้งเหนือกั้นสายตาและไม่ได้ยื่นจากผนังอาคาร ให้ติดตั้งได้ โดยมีความสูงของป้ายไม่เกิน 60 เซนติเมตร วัดจากขอบบนของปลายกั้นสาदनั้น หรือมีพื้นที่ป้าย ไม่เกิน 2 ตารางเมตร

ข้อ 11 ป้ายที่ติดตั้งได้กั้นสายตาให้ติดตั้งแนบผนังอาคาร และต้องสูงจากพื้น ทางเท่านั้นไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร

ข้อ 12 ป้ายโฆษณาสำหรับโรงมหรสพให้ติดตั้งขนานกับผนังอาคารโรงมหรสพ แต่จะยื่นห่างจากผนังได้ไม่เกิน 50 เซนติเมตร หรือหากติดตั้งป้ายบนกั้นสายตา จะต้องไม่ยื่น ล้ำแนวปลายกั้นสาदनั้น และความสูงของป้ายทั้งสองกรณีต้องไม่เกินความสูงของอาคาร

ข้อ 13 ป้ายที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดินโดยตรง ต้องมีความสูงไม่เกินระยะที่วัด จากจุดที่ติดตั้งป้ายไปจนถึงกึ่งกลางถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้ป้ายนั้นที่สุด และมีความยาวของป้าย ไม่เกิน 32 เมตร

โดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคารทั้งสองฉบับนี้มีการเพิ่มรายละเอียด ในเรื่องของขนาดและระยะร่น แต่ยังไม่มีความสมบูรณ์และขาดซึ่งรายละเอียดสำคัญของป้ายโฆษณา อย่างชัดเจน อาทิเช่น ความสูงของป้ายโฆษณา และระยะห่างระหว่างป้ายโฆษณาที่อยู่ติดกัน

2.5.3 กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 (กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่ง ที่ สร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558)

กฎกระทรวงฉบับนี้เป็นการแก้ไขเพิ่มเติมกฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 และพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร และ พ.ศ. 2550 โดยใจความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของป้ายในกรณีที่ต้องการศึกษาที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข มีดังต่อไปนี้

2.5.3.1 ข้อ 3 ระบุว่ากฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับกับป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

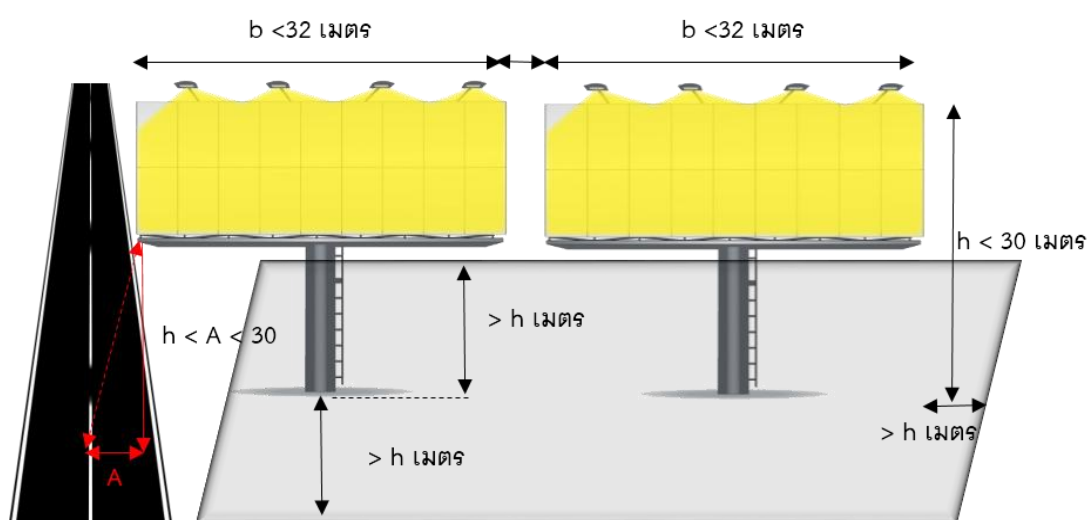
1) ที่สร้างขึ้นโดยมีความสูงจากระดับฐานหรือระดับพื้นดินที่ก่อสร้างตั้งแต่ 10 เมตร ขึ้นไป

2) ที่ติดหรือตั้งไว้เหนือที่สาธารณะสูงจากระดับพื้นดินเกิน 2.50 เมตร และมีพื้นที่ของป้ายเกิน 1 ตารางเมตร หรือมีน้ำหนักรวมทั้งโครงสร้างเกิน 10 กิโลกรัม

3) ที่ติดหรือตั้งไว้ในระยะห่างจากที่สาธารณะซึ่งเมื่อวัดในทางราบแล้วระยะห่างจากที่สาธารณะมีน้อยกว่าความสูงของป้ายนั้นเมื่อวัดจากพื้นดิน และมีความกว้างของป้ายเกิน 50 เซนติเมตร หรือมีความยาวเกิน 1 เมตร หรือมีพื้นที่ของป้ายเกิน 5,000 ตารางเซนติเมตร หรือมีน้ำหนักของป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันเกิน 10 กิโลกรัม

2.5.3.2 หมวดที่ 4 ลักษณะ ขนาด ระยะ ความสูง และแนวร่น

ข้อที่ 15 ป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดินโดยตรงต้องมีความสูงไม่เกินระยะที่วัดในทางราบจากของป้ายไปจนถึงกึ่งกลางถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้ป้ายนั้น มีความสูงไม่เกิน 30 เมตร มีความยาวไม่เกิน 32 เมตร และห่างจากแนวเขตที่ดินของตนหรือป้ายอื่นไม่น้อยกว่าความสูงของป้าย เว้นแต่จะก่อสร้างห่างจากเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 6 เมตร และได้รับความยินยอมเป็นหนังสือจากเจ้าของที่ดินข้างเคียงด้านนั้น



ภาพที่ 2.14 ลักษณะ ขนาด ระยะ ความสูง และแนวร่น ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558

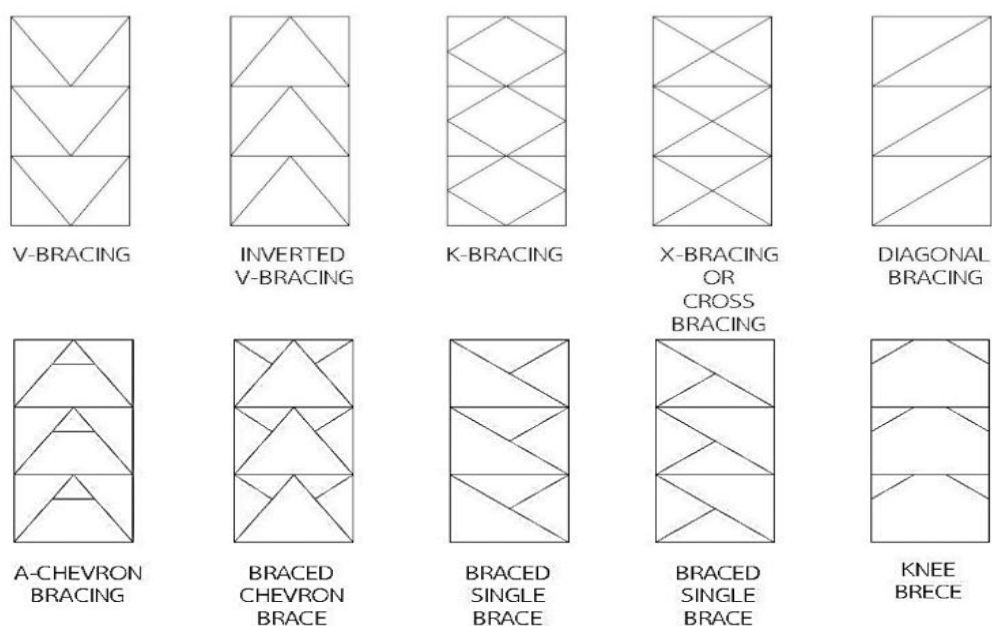
โดยที่	b	คือ	ความกว้างทั้งหมดของแผ่นป้าย
	h	คือ	ความสูงทั้งหมดของแผ่นป้าย
	A	คือ	ระยะที่วัดในทางราบจากของป้ายไปจนถึงกึ่งกลางถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้ป้ายนั้น

จากข้อมูลข้างต้นพบว่ากฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับป้ายโฆษณาในประเทศไทย มีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของลักษณะ ขนาด ระยะ ความสูง และแนวร่นให้มีความชัดเจน และปลอดภัยมากขึ้นกว่าในอดีต กล่าวคือในปัจจุบันป้ายโฆษณาที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดินสามารถมีขนาด ความสูงไม่เกิน 30 เมตร มีความยาวไม่เกิน 32 เมตร และไม่สามารถต่อเชื่อมกันเหมือนในอดีตได้ ซึ่งเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ที่ต้องการศึกษาป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ถูกติดตั้งแล้วเสร็จ ก่อนกฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 ที่มีความเสี่ยงต่อการวิบัติ

2.6 รูปแบบโครงสร้างป้ายโฆษณาและการวิเคราะห์ P-Delta Effect

2.6.1 รูปแบบโครงสร้างที่เป็นโครงหลักของป้ายโฆษณา

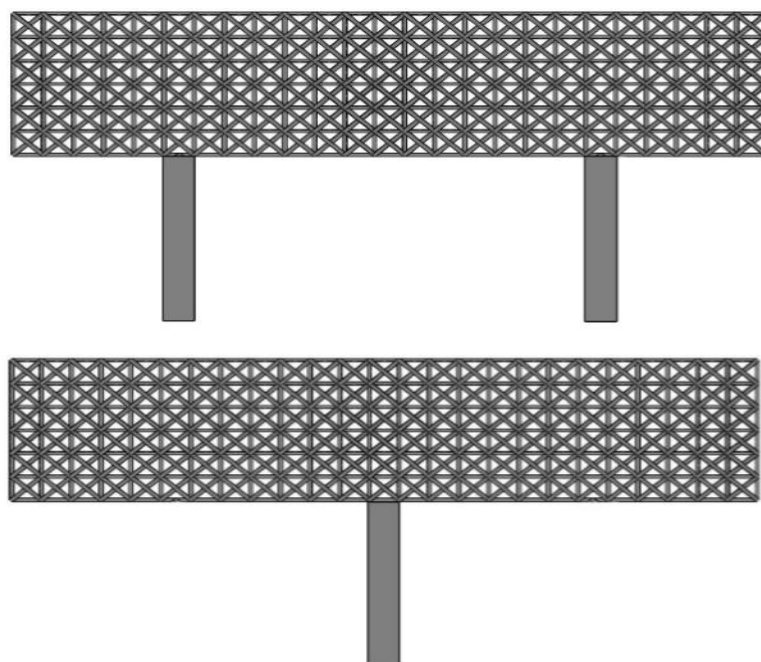
โดยทั่วไปโครงสร้างป้ายโฆษณาจะมีลักษณะเป็นโครงหลักเหล็ก (Truss) ยื่นขึ้นไปบนอากาศ ซึ่งเป็นรูปแบบของโครงสร้างปลายยื่น (Cantilever Structure) และโครงข้อแข็งสามมิติ (Space Structure) ซึ่งจะมีจุดต่อที่ค่อนข้างยึดหยุ่น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องได้รับการยึดรั้งหรือค้ำยัน (Bracing) เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความแข็งแรงทางด้านข้างให้แก่องค์อาคารให้สามารถรับแรงกระทำของลมได้ในหลายๆทิศทางได้ ซึ่งการค้ำยันระหว่างชิ้นส่วนนั้นมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำ ขนาดขององค์ที่ต้องการออกแบบใช้งาน และงบประมาณในการก่อสร้าง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วนิยมออกแบบให้เป็นรูปแบบ X-BRACING และ K-BRACING ดังภาพที่ 2.15 เนื่องจากสามารถต้านทานแรงลมและแรงกระทำจากด้านข้างได้ดีกว่ารูปแบบอื่น ๆ



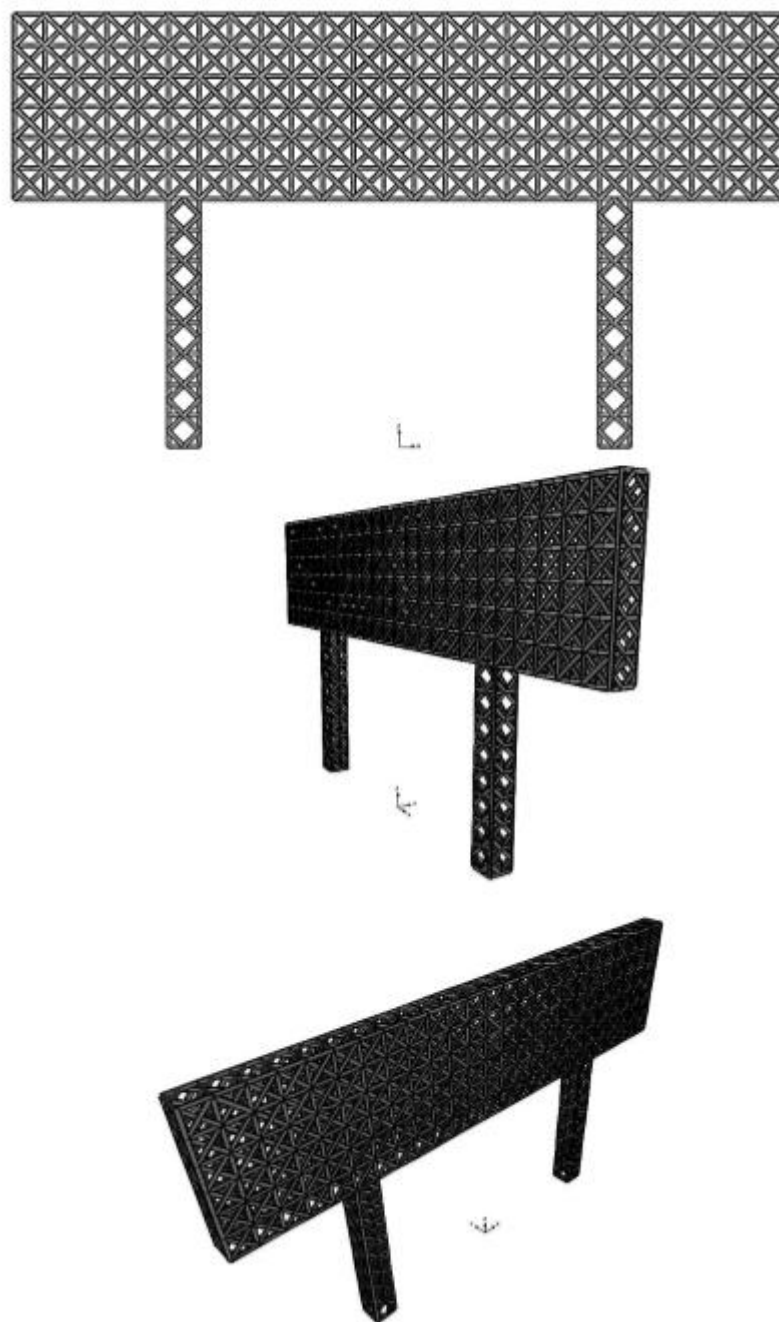
ภาพที่ 2.15 รูปแบบโครงถัก

2.6.2 รูปแบบโครงสร้างของป้ายโฆษณาที่เสาเป็นท่อกลมผนังบาง

โครงสร้างป้ายโฆษณาอีกแบบหนึ่งที่พบได้โดยทั่วไปในประเทศไทย คือป้ายโฆษณาที่มีโครงสร้างของเสาเป็นท่อกลมผนังบาง เชื่อมติดกับกับโครงถักขนาดใหญ่ที่เป็นส่วนของตัวป้ายโฆษณา โดยมีทั้งแบบเสากลมเดี่ยวและเสากลมคู่ ดังในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างรูปแบบโครงโครงสร้างของเสาเป็นท่อกลมผนังบางของป้ายโฆษณา
รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาคู่และขาเดี่ยว



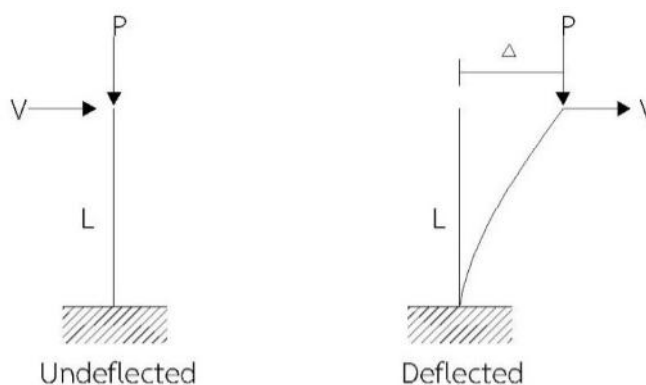
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างรูปแบบโครงถักแบบ Cross Bracing หรือ X-Bracing ของป้ายโฆษณา
รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดเสาโครงถักขาคู่

2.6.3 การวิเคราะห์ P - Delta Effect

ในการวิเคราะห์ห้องศ์อาคารอย่างป้ายโฆษณาซึ่งได้รับแรงกระทำทางด้านข้างเนื่องจากแรงลมมากกว่าปกติ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลของแรงในแนวดิ่ง หรือ P-Delta effect ซึ่งลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างป้ายโฆษณานั้นเป็นโครงสร้างที่มีความชะลูด ดังเช่นอาคารสูง กล่าวคือการวิเคราะห์ P-delta

เป็นวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบพฤติกรรมไม่เชิงเส้นขององค์อาคารที่มีความสูงของเสาจะลุด ซึ่งองค์อาคารที่มีความชะลุดของเสานั้นมักจะมีความอ่อนไหวต่อแรงกระทำในด้านข้าง โดยผลของ P-Delta effect นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แรงที่มากระทำ (Load), คุณสมบัติของวัสดุ (Materials characteristics), ความสูงขององค์อาคาร (Height of Building), ระดับของความไม่สมดุล (Degree of Asymmetry) และค่าความแข็งหรือความอ่อนตัวของโครงสร้าง (Stiffness of Building) (Manasa C.K. and Manjula Rani P., 2017) ซึ่งในความเป็นจริงเมื่อโครงสร้างใด ๆ ได้รับแรงกระทำในแนวดิ่ง (P) และแรงกระทำในด้านข้าง (V) พร้อมกัน โมเมนต์ที่เกิดขึ้นนั้นไม่ได้มีผลอันเนื่องมาจากแรงกระทำด้านข้างเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีโมเมนต์อื่นที่เกิดขึ้นนั้นไม่ได้มีผลอันเนื่องมาจากแรงกระทำในแนวดิ่งเอียงศูนย์ (Δ) รวมด้วย ดังในภาพที่ 2.18 รวมถึงสามารถอธิบายได้โดยสมการที่ 2.5 และสมการที่ 2.6 ด้วยปัจจัยเหล่านี้เองจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำค่าดังกล่าวมาพิจารณา เพื่อให้ทราบถึงผลของการเสียรูปที่เกิดขึ้นจริงในโครงสร้างปายโฆษณา แล้วนำมาวิเคราะห์ผลต่อไป

การวิเคราะห์ค่า P-delta สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม SAP2000 ภายหลังจากการสร้างแบบจำลองและกำหนดค่าของ Load ที่มากระทำกับโครงสร้าง โดยการรวมทุกแรงกระทำเข้าด้วยกัน (Load Combination) แล้วกำหนดให้ Load Combination ดังกล่าวคำนวณค่า P-delta รวมด้วย ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าว เป็นการวิเคราะห์แบบ Static Nonlinear Analysis



ภาพที่ 2.18 P-Delta Effect

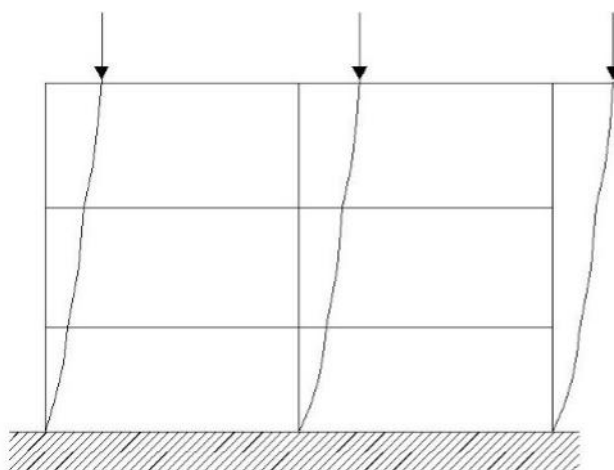
ที่มา: Computers and Structures, Inc.
(2013: Web-Site)

สมการแสดงผลของ P - Delta Effect มีดังนี้ (Computers and Structures, Inc., 2013: Web-Site)

$$\text{Undeformed : } \sum M = VL \quad (2.5)$$

$$\text{Deflected : } \sum M = VL + P\Delta \quad (2.6)$$

โดยจากสมการที่ 2.5 สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อพิจารณาผลรวมของโมเมนต์ พบว่ามีเพียงแรงกระทำจากทางด้านข้างเท่านั้นที่ส่งผลต่อค่าโมเมนต์ลัพธ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริงโดยสมบูรณ์ แต่เมื่อพิจารณาสมการที่ 2.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อมีแรงกระทำจากด้านข้างและแรงกระทำในแนวตั้งกระทำที่จุดเดียวกัน ย่อมทำให้เกิดการเสียรูปในด้านข้างขึ้น และเมื่อพิจารณาผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จะพบว่าโมเมนต์สูงกว่าสมการที่ 2.5 โดยสิ้นเชิง กล่าวคือ มีการพิจารณาผลคูณระหว่างแรงกระทำในแนวตั้ง (P) กับการเสียรูปทางด้านข้าง (Δ) รวมกับผลคูณระหว่างแรงกระทำทางด้านข้าง (V) กับความยาว (L) ซึ่งสรุปได้ว่า หากต้องการพิจารณาค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นตามสภาพความเป็นจริง มีความจำเป็นต้องพิจารณาค่าของ P-DELTA ร่วมด้วย



ภาพที่ 2.19 P-Delta about structure

ที่มา: Computers and Structures, Inc.

(2013: Web-Site)

2.7 การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา

ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ในประเทศไทยได้รับความนิยมอย่างมากในโรงงานโฆษณาในที่กลางแจ้ง และเกิดการพังทลายลงมาหลายครั้งระหว่างพายุฝนฟ้าคะนอง โดยในจังหวัดกรุงเทพมหานคร มีการพังทลายเฉลี่ยสูงถึงปีละมากกว่า 5 ครั้ง ซึ่งก่อนหน้านี้พบว่ามาตรฐานการออกแบบที่เลือกใช้ในการคำนวณแรงลมของประเทศไทยเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาในการพังทลายลง โดย พิรภพ เหมปรัชญกุล (2552) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างป้ายโฆษณา เมื่อใช้หน่วยแรงลมตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครกับมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง พบว่าป้ายโฆษณาที่ใช้หน่วยแรงลมตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมืองในทุกกรณีจะมีหน่วยแรงสูงสุดในชั้นส่วนโครงสร้าง การโก่งตัวสูงสุดของโครงสร้าง และราคาค่าก่อสร้างของป้ายโฆษณามากกว่าป้ายโฆษณาที่ใช้หน่วยแรงลมตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครในทุกขนาดป้ายโฆษณา นั่นคือป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบด้วยมาตรฐานหน่วยแรงลมตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครมีความเป็นไปได้ที่ค่าแรงลมสุทธิจะมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งนำไปสู่การออกแบบที่มี

ความแข็งแรงไม่เพียงพอและมีความเสี่ยงต่อการวิบัติหรือก่อให้เกิดความปลอดภัยที่ลดน้อยลง และนอกจากนี้ นพรุจ กาญจนไตรทศ (2556) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาการออกแบบโครงสร้าง ป้ายโฆษณาโดยวิธีกำลังที่ยอมให้ (American Institute of Steel Construction (AISC) (a), 2010) ควบคุมกับแรงลมที่คำนวณได้ตาม มยผ. 1311-50 เปรียบเทียบกับการออกแบบโครงสร้างเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ (American Institute of Steel Construction (AISC) (b), 1989) ควบคุมกับแรงลมที่คำนวณได้ ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) พบว่าป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบด้วยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ ปี ค.ศ. 1989 มีขนาดของโครงข้อหมุนและความหนาของเสา ประกอบน้อยกว่าการออกแบบด้วยวิธีกำลังที่ยอมให้ ปี ค.ศ. 2010 ทุกกรณี ซึ่งจากงานวิจัยของทั้งสองท่านแสดงให้เห็นว่า การออกแบบโครงสร้างป้ายโฆษณาที่มีมาตรฐานทั้งด้านงานวิศวกรรม และเป็นไปตามกฎหมายควบคุมของประเทศไทย มีความจำเป็นต้องใช้การออกแบบโครงสร้างเหล็ก โดยวิธีกำลังที่ยอมให้ (American Institute of Steel Construction (AISC) (a), 2010) ควบคุมกับแรงลมที่คำนวณได้ตาม มยผ. 1311-50 เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

โดยการคำนวณแรงลมตาม มยผ. 1311-50 เพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างป้ายโฆษณานั้น มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับขนาดของป้ายโฆษณา รูปร่างของป้ายโฆษณา และแรงลมที่มากกระทำกับแผ่นป้ายโฆษณา นั่นคือ อัตราส่วนระหว่างความสูงของแผ่นป้ายต่อความสูงทั้งหมดของโครงสร้าง (Clearance Ratio, d/h) และอัตราส่วนระหว่างความยาวของแผ่นป้ายต่อความสูงของแผ่นป้าย (Aspect Ratio, b/d) ดังเช่น สุวรรณสาม ศิริวิเชยร (2546) ได้ทำการศึกษารายงานพบว่า แรงลมสำหรับการออกแบบป้ายโฆษณาโดยใช้ข้อมูลลมในการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงที่กระทำกับแผ่นป้าย แสดงให้เห็นว่าป้ายที่ตั้งอยู่บนพื้นดินเมื่อมีอัตราส่วนความกว้างต่อความสูง (Aspect Ratio, b/d) ของป้ายมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลมจะลดลง แต่สำหรับป้ายที่ตั้งอยู่บนพื้นดินหรืออยู่บนเสาเมื่ออัตราส่วนความกว้างต่อความสูง (Aspect Ratio, b/d) ของป้ายมากขึ้น สัมประสิทธิ์ของแรงลมจะมากขึ้นตาม ซึ่งนอกเหนือจากงานวิจัยในประเทศไทยแล้ว งานวิจัยในต่างประเทศอย่างของ Delong Zuo, Douglas A. Smith and Kishor C. Mehta (2014) ได้ทำการศึกษาทดลองแรงลมที่กระทำกับป้ายโฆษณารูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง ที่มีรูปทรงแตกต่างกันออกไป ได้แก่ แบบกล่องปิดทึบ แบบแผ่นเดี่ยว แบบแผ่นคู้มีช่องเปิด แบบแผ่นคู้มีช่องเปิดทำมุม 30 องศา และแบบแผ่นคู้มีช่องเปิดทำมุม 10 องศาภายในอุโมงค์ลม ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ารูปร่าง ขนาดโครงสร้างป้าย อัตราส่วนระหว่างความสูงของแผ่นป้ายต่อความสูงทั้งหมดของโครงสร้าง (Clearance Ratio, d/h) และอัตราส่วนระหว่างความยาวของแผ่นป้ายต่อความสูงของแผ่นป้าย (Aspect Ratio, b/d) ของป้ายทั้งห้าแบบที่มีนัยสำคัญต่อแรงลมที่เกิดขึ้น โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดจะมีความอ่อนไหวง่ายต่อแรงบิดที่เกิดจากแรงลมในแกนแนวดิ่งมากกว่าป้ายแบบแผ่นเดี่ยวและป้ายแบบกล่องปิดทึบ ซึ่งการเปรียบเทียบในแต่ละอัตราส่วน (Clearance Ratio, d/h) และ (Aspect Ratio, b/d) ที่นำมาพิจารณาพบว่ามีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลมที่กระทำกับป้ายแบบกล่องปิดทึบน้อยกว่า ป้ายแบบแผ่นเดี่ยวที่มีลักษณะและระยะอัตราส่วน Clearance Ratio, d/h) และ (Aspect Ratio, b/d) ที่เท่ากัน และเนื่องจากมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบป้ายรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าในปัจจุบัน มีพื้นฐานจากการศึกษาทดลองแรงลมที่กระทำกับป้ายแบบแผ่นเดี่ยว นั้นหมายความว่าป้ายรูปทรงกล่องปิดทึบมีความเป็นไปได้ที่จะ Over Design และ

ในปีต่อมา Douglas A. Smith, DeLong Zuo and Kishor C. Mehta (2014) ได้ทำการทดสอบแบบจำลองเสมือนจริงของป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ในพื้นที่จริง โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีระยะ Clearance Ratio เท่ากับ 2.0 และ 0.5 ตามลำดับ และใช้แรงลมกระทำ 6.7 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบกับการทดสอบภายในอุโมงค์ลม พบว่าแรงลมสุทธิที่ได้จากการทดสอบในอุโมงค์ลมมีค่าสูงกว่าที่ทดสอบในจากสถานที่จริงในทุกกรณี

นอกจากอัตราส่วนระหว่างความสูงของแผ่นป้ายต่อความสูงทั้งหมดของโครงสร้าง (Clearance Ratio, d/h) และอัตราส่วนระหว่างความยาวของแผ่นป้ายต่อความสูงของแผ่นป้าย (Aspect Ratio, b/d) ที่ส่งผลต่อแรงลมและพฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้างแล้ว รูปร่างทางกายภาพของป้ายโฆษณาก็เป็นอีกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้ที่จะส่งผลต่อพฤติกรรมการตอบสนองที่เกิดขึ้น ดังเช่น Dahai Wang and et al (2016) ได้ทำการศึกษาระงับที่กระทำกับโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ รูปทรงสองแผ่น และสามแผ่นภายในอุโมงค์ลม พร้อมทั้งตรวจวัดค่าพลศาสตร์แรงดันลมบนพื้นผิวของแผ่นป้ายรวมถึงคุณสมบัติของแรงลมในแต่ละพื้นที่ และพิจารณาการรวมแรงลมที่กระทำกับป้ายในแต่ละด้านและที่เกิดขึ้นกับทั้งโครงสร้างเข้าด้วยกัน รวมถึงความเค้นที่เกิดจากแรงบิดที่ถูกนำมาพิจารณาในตัวอย่างที่มาทดสอบ จากสมมติฐานนี้ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า ลักษณะของแรงลมที่มากระทำต่อแผ่นป้ายรูปทรงสองแผ่น และสามแผ่นมีความใกล้เคียงกัน

ในด้านของแรงลมที่มากระทำต่อแผ่นป้ายนั้น ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้าง ดังเช่น Ziauddin, S.M. (2016) ได้ทำการศึกษาค่าการตอบสนองพลศาสตร์แรงลมของโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่โดยการจำลองโมเดลในอุโมงค์ลมในอัตราส่วน 1 ต่อ 100 โดยกำหนดให้โมเดลดังกล่าวตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบโล่งแถบชานเมืองและคำนึงถึงการตอบสนองเชิงพลศาสตร์ของโครงสร้าง แรงฉุดที่มากระทำ รวมถึงแรงบิดที่เกิดขึ้นตามแนวแกน อย่างไรก็ตามโครงสร้างป้ายโฆษณาอาจมีค่าการ Damping ที่รองรับการตอบสนองทางโครงสร้างไม่เพียงพอ ยิ่งไปกว่านั้นพลศาสตร์แรงลมที่มากระทำมีผลทำให้โครงสร้างป้ายสามารถเกิดการสั่นจนเกิดแรงบิดในทิศทางลมที่มากระทำได้ และด้วยสาเหตุทั้งสองอย่างนี้เองอาจก่อให้เกิดค่าความเค้นสุทธิที่จู่ตรงรับของเสามากกว่าที่ยอมให้ ผลจากการคำนวณรวมถึงการพิจารณาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่จู่ตรงรับของเสาพบว่ามีความสูงเกินกว่าที่ขีดจำกัดค่าความเค้นที่ยอมให้ในบริเวณจู่ตรงรับของเสา โครงสร้างป้าย ซึ่งนอกจากนี้แล้ว วรรณคดี อธิธิไชโย และนเรศ ลิ้มสัมพันธ์เจริญ (2559) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีความเชื่อถือได้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างป้ายโฆษณาต้านทานแรงลม โดยเป็นการทดสอบภายในอุโมงค์ลมจำนวนทั้งสิ้น 9 แผ่นป้าย และใช้ข้อมูลแรงลมที่มีอยู่ในมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการกระจายความน่าจะเป็นของแรงผลึกและระยะเยื้องศูนย์พบว่าแรงผลึกไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ แต่รากที่สองของแรงผลึกมีการแจกแจงแบบ และส่วนที่ทำให้เกิดการวิบัติคือแรงผลึกที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่ากำลังความต้านทานที่โครงสร้างสามารถรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิบัติที่เกิดขึ้นจริง ที่โดยส่วนใหญ่แล้วมักเกิดการหักโค่นเนื่องจากแรงผลึกขึ้นที่บริเวณหัวเสาหรือจู่ตรงรับของเสานั้นเอง

จากการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จึงสามารถสรุปได้ว่าป้ายโฆษณา มีความจำเป็นต้องได้รับการออกแบบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานทางวิศวกรรมและตาม มยพ. 1311-50 ควบคู่กับการออกแบบโครงสร้างเหล็กโดยวิธีกำลังที่ยอมให้ (American Institute of

Steel Construction (AISC) (a), 2010) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด นอกเหนือจากนั้น มีความจำเป็นต้องเลือกใช้ตัวอย่างที่ต้องการศึกษาให้ครอบคลุมและมีความหลากหลายในด้านของรูปร่างและขนาด ไม่ว่าจะเป็นอัตราส่วนระหว่างความสูงของแผ่นป้ายต่อความสูงทั้งหมดของโครงสร้าง (Clearance Ratio, d/h) และอัตราส่วนระหว่างความยาวของแผ่นป้ายต่อความสูงของแผ่นป้าย (Aspect Ratio, b/d) เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงสูงสุด

2.8 สรุป

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทนี้ทำให้ทราบถึงรูปแบบของป้ายโฆษณาที่มีอยู่ในประเทศไทย มาตรฐานการคำนวณแรงลมตาม มยผ. 1311-50 และกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมขนาดของป้ายโฆษณาในประเทศไทย ซึ่งทั้งสามส่วนนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเมื่อมีการวิเคราะห์หรือออกแบบป้ายโฆษณา เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายรวมถึงเกิดความปลอดภัยสูงสุดกับโครงสร้าง และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับงานวิจัยฉบับนี้ โดยขั้นตอนในการดำเนินการและวิธีการศึกษาจะกล่าวถึงในบทที่ 3 ต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ทัวไป

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดในการศึกษาและทดลองผลกระทบจากการต่อเชื่อมโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ออกแบบตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร ซึ่งตัวอย่างในการศึกษาเป็นการเลือกใช้ของรูปแบบโครงสร้างป้ายโฆษณาที่มีอยู่จริงในประเทศไทย โดยการจำลองโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสามารถเรียงลำดับขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยการจำลองแรงลมให้กระทำต่อแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณา และขั้นตอนที่ 2 ประเมินผลกระทบจากการต่อเชื่อมของโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่

การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อศึกษาผลกระทบของแรงลมที่มีต่อป้ายโฆษณานี้ เป็นการใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีการใส่แรงกระทำที่เกิดจากแรงลมลงบนโครงสร้าง ซึ่งแรงลมดังกล่าวสามารถคำนวณได้จากมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ. 1311-50) ซึ่งได้มีการกล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยลักษณะของโครงสร้างป้ายโฆษณาที่เลือกใช้จะเป็นป้ายที่มีการต่อเชื่อมของโครงสร้างป้ายหลายป้ายเข้าด้วยกัน กล่าวคือป้ายโฆษณารูปแบบนี้มีความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดการวิบัติใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริง ซึ่งจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมและรูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างที่เราต้องการศึกษา

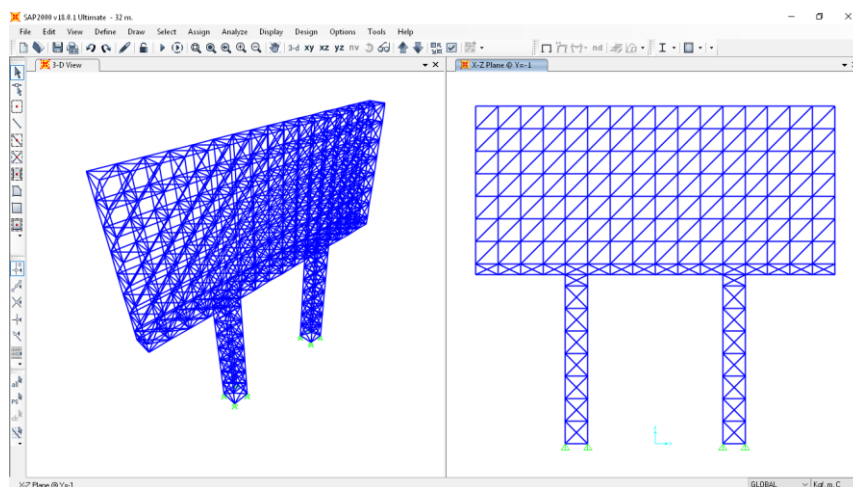
3.2 ขั้นตอนในการศึกษา

แบ่งขั้นตอนในการดำเนินการได้ ดังนี้

3.2.1 เลือกใช้ป้ายโฆษณาตัวอย่าง ที่มีลักษณะและขนาดใกล้เคียงกับป้ายโฆษณาที่ถูกติดตั้งจริงในประเทศไทย โดยลักษณะของป้ายดังกล่าวนั้นไม่เป็นไปตามกฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 กล่าวคือมีความสูง 30 เมตร มีความยาวเกิน 32 เมตร และห่างจากป้ายอื่นน้อยกว่าความสูงของป้าย โดยมีลักษณะเป็นการต่อเชื่อมป้ายโฆษณาจำนวนหลาย ๆ ป้ายให้มีความต่อเนื่องกัน

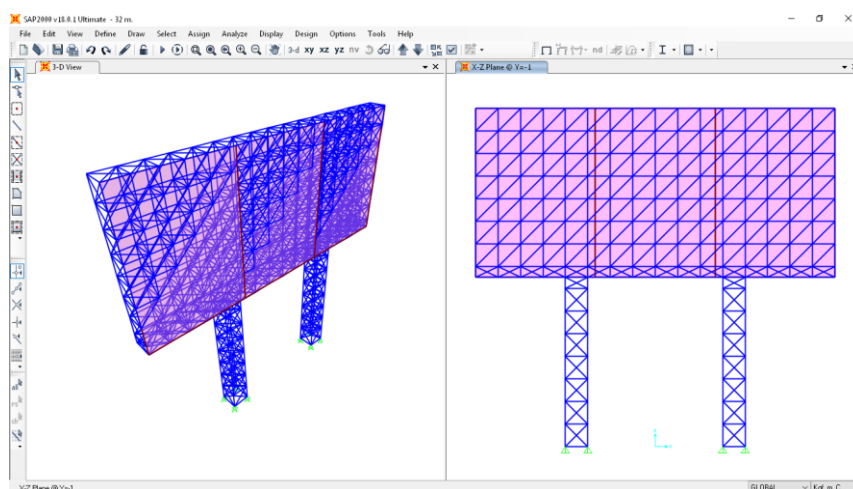
3.2.2 ทำการสร้างแบบจำลองโครงสร้าง 3 มิติ ให้สามารถเคลื่อนที่ในแนวราบได้ทั้งสองทิศทางหลักที่ตั้งฉากกัน ตลอดจนสามารถเกิดการบิดและการเสียรูปของโครงสร้างได้ เนื่องจากแรงลมออกแบบที่กระทำรวมถึงการกำหนดจุดต่อระหว่างชิ้นส่วนภายในโครงสร้างให้สามารถกระจายแรงลงไปยังชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้ โดยสามารถเรียงลำดับการจำลองโครงสร้าง 3 มิติ ในโปรแกรม SAP2000 ได้โดยสังเขป ดังนี้

3.2.2.1 สร้างโมเดลต้นแบบตามขนาดที่ใช้ในการศึกษา โดยกำหนดให้โครงสร้างอยู่ในรูปแบบของ 3D FRAMES ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 สร้างรูปแบบโมเดลในรูปแบบของ 3D FRAMES

3.2.2.2 สร้าง Area ลงบนแผ่นป้ายโฆษณา โดยกำหนดให้พื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะเป็นแผ่นบางไร้ความหนาและน้ำหนัก ที่ใช้สำหรับถ่ายแรงกระทำลงบนโครงสร้างเท่านั้น ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 สร้าง Area เพื่อใช้ในการถ่ายแรงลงบนโครงสร้าง

3.2.2.3 กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Define Materials) ดังภาพที่ 3.3 และเพิ่มหน้าตัดเหล็กที่ต้องการให้โปรแกรมเลือกใช้ (Define Section Properties - Frame Properties) ดังในภาพที่ 3.4



Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Fy2400

Material Type: Steel

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7.849E-03

Mass per Unit Volume: 8.004E-06

Units: Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2040000.

Poisson: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 784615.4

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 2400.

Minimum Tensile Stress, Fu: 4000.

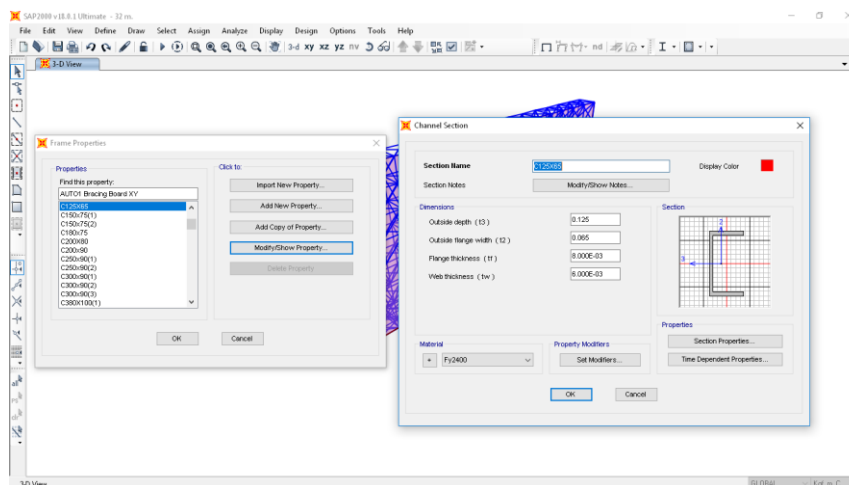
Effective Yield Stress, Fye: 3866.8629

Effective Tensile Stress, Fue: 5026.9478

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

ภาพที่ 3.3 กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Define Materials)



Frame Properties

Find this property: AUTOMATICALLY

Properties:

- C150x75(1)
- C150x75(2)
- C150x75
- C200x80
- C200x80
- C250x80(1)
- C250x80(2)
- C300x80(1)
- C300x80(2)
- C300x90(3)
- C300x100(1)

Click to:

- Import New Property...
- Add New Property...
- Add Copy of Property...
- Modify/Show Property...
- Create Property...

OK Cancel

Channel Section

Section Name: C150x75

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color: Red

Dimensions

Outside depth (D): 0.125

Outside flange width (B): 0.095

Flange thickness (Tf): 0.000E-03

Web thickness (Tw): 0.000E-03

Material

Fy2400

Property Modifiers

Set Modifiers...

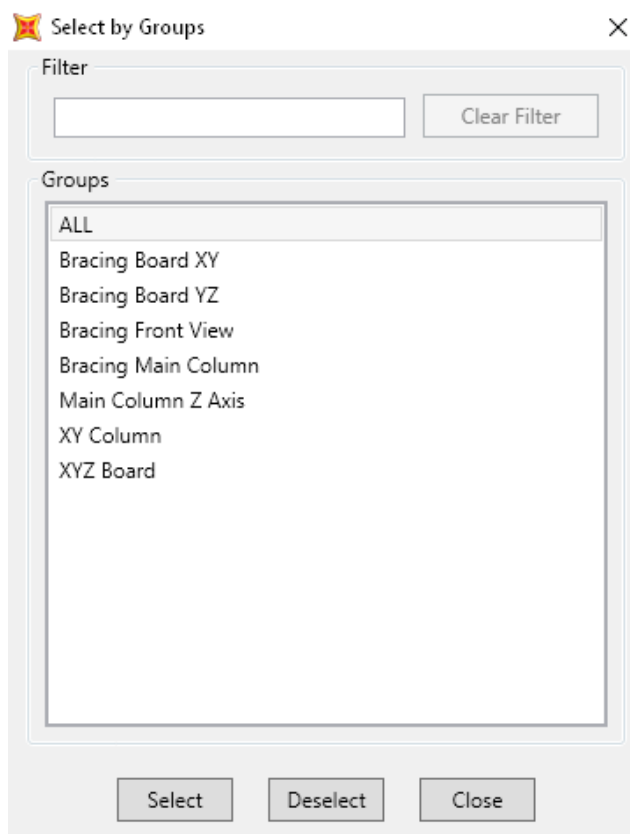
Section Properties

Time Dependent Properties...

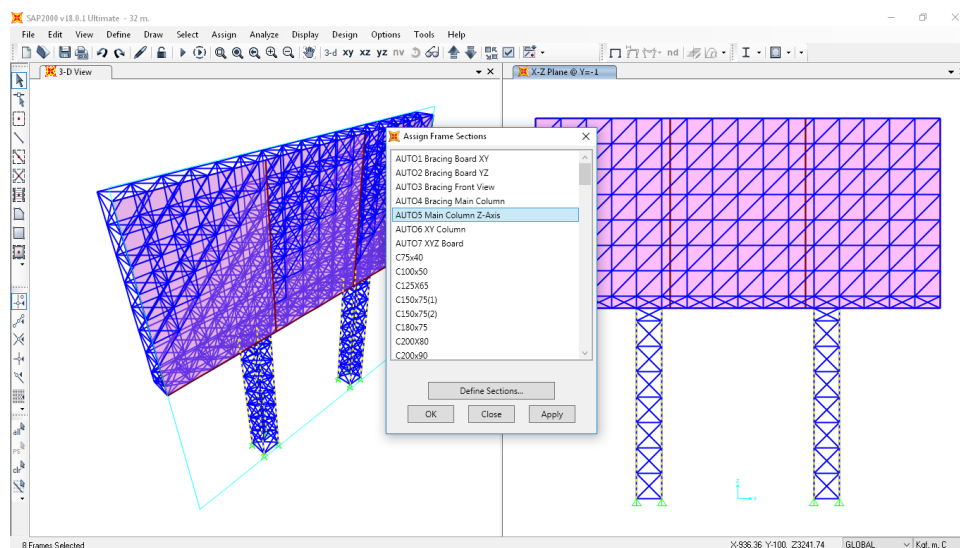
OK Cancel

ภาพที่ 3.4 เพิ่มขนาดของหน้าตัดเหล็กเพื่อให้โปรแกรมเลือกใช้ (Frame Properties)

3.2.2.4 จำแนกกลุ่มชิ้นส่วนของโครงสร้างตามตำแหน่งและรูปแบบของการจำลอง
ดังภาพที่ 3.5 และภาพที่ 3.6



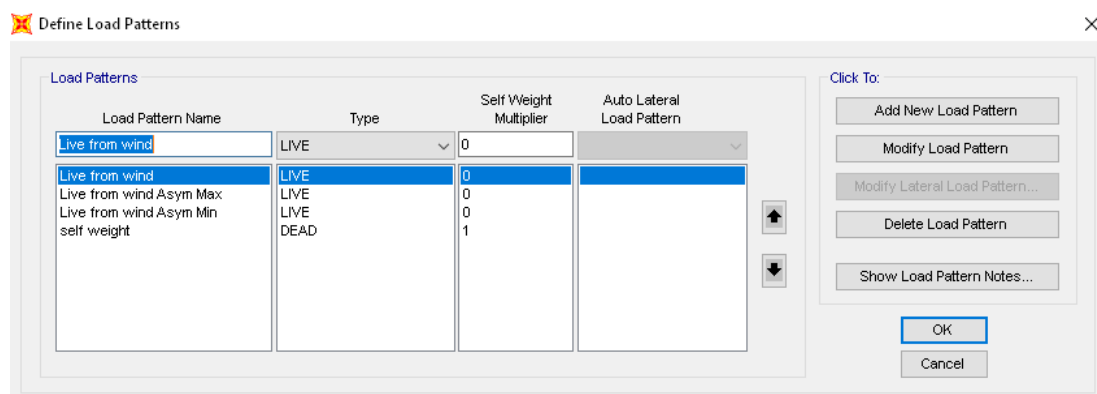
ภาพที่ 3.5 สร้างกลุ่มของชิ้นส่วนเพื่อจำแนกตำแหน่งและรูปแบบของชิ้นส่วน



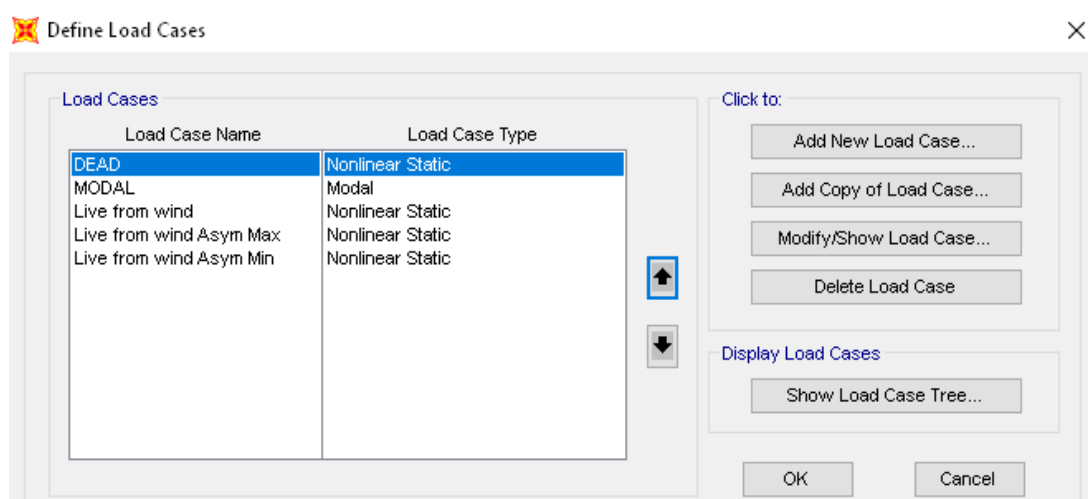
ภาพที่ 3.6 เลือกชิ้นส่วนตามตำแหน่งและรูปแบบแล้วเพิ่มเข้าไปยังกลุ่มที่ได้สร้างเอาไว้

3.2.2.5 นำแรงลมสุทธิกระทำกับโครงสร้างโดยอ้างอิงจากมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ. 1311-50) และพิจารณาน้ำหนักบรรทุกทุกคงที่ของโครงสร้าง (Death Load) รวมด้วย และกำหนดให้น้ำหนักบรรทุกทั้งสองชนิดกระทำกับแบบจำลองโครงสร้าง

3 มิติ ด้วยคำสั่ง (Define Load Pattern) - (Define Load Case) และ (Load Combination) ดังแสดงในภาพที่ 3.7-3.16



ภาพที่ 3.7 สร้าง Load ที่กระทำกับโครงสร้างด้วยคำสั่ง (Define Load Pattern)



ภาพที่ 3.8 สร้าง Load ที่กระทำกับโครงสร้างด้วยคำสั่ง (Define Load Case)

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: DEAD [Set Def Name] [Modify/Show...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale
Load Pattern	self weight	1.
Load Pattern	self weight	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☐ None
- ☒ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

[OK] [Cancel]

ภาพที่ 3.9 กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุกคงที่

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Live from wind [Set Def Name] [Modify/Show...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale
Load Pattern	Live from wind	1.
Load Pattern	Live from wind	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☐ None
- ☒ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

[OK] [Cancel]

ภาพที่ 3.10 กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลมกระทำที่จุดกึ่งกลางแผ่นป้ายโฆษณา

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Live from wind Asym Max [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case [Dropdown]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale
Load Pattern	Live from wind Asym Max	1.
Load Pattern	Live from wind Asym Max	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☐ None
- ☒ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous [Dropdown]

[OK] [Cancel]

ภาพที่ 3.11 กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุกทุกเนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านซ้าย

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Live from wind Asym Min [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case [Dropdown]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale
Load Pattern	Live from wind Asym Min	1.
Load Pattern	Live from wind Asym Min	1.

[Add] [Modify] [Delete]

Other Parameters:

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

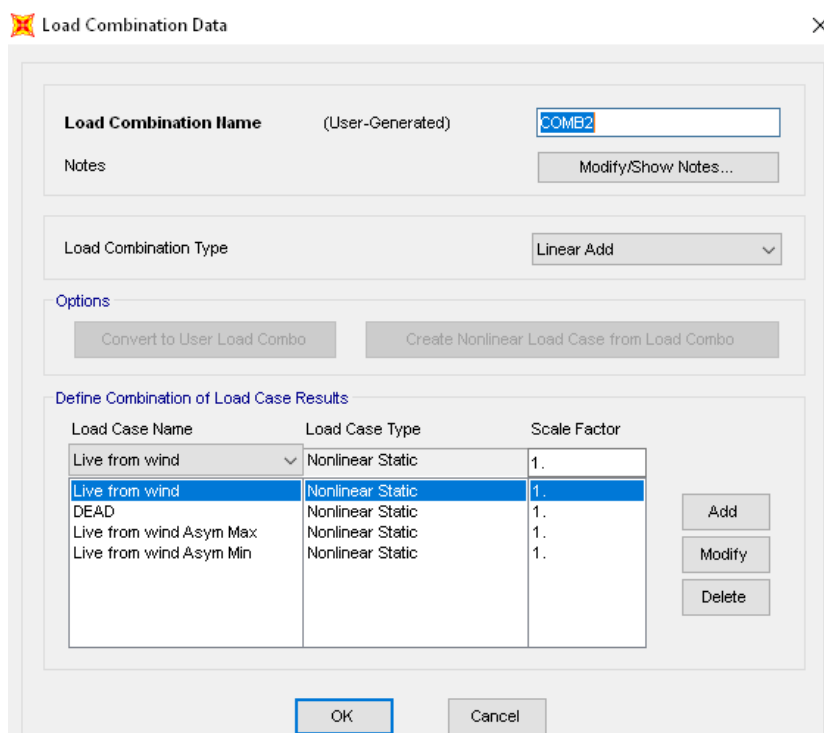
Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☐ None
- ☒ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

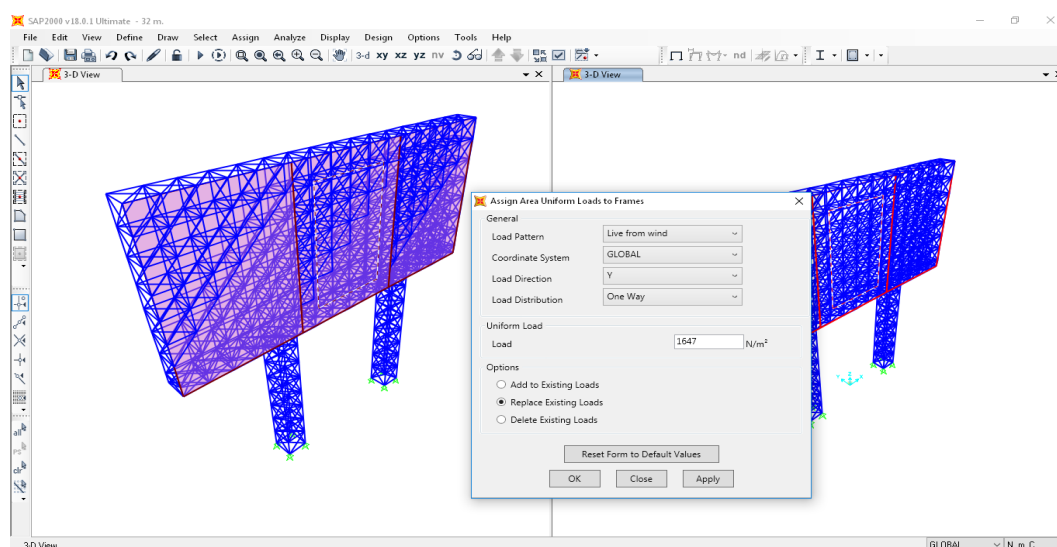
Mass Source: Previous [Dropdown]

[OK] [Cancel]

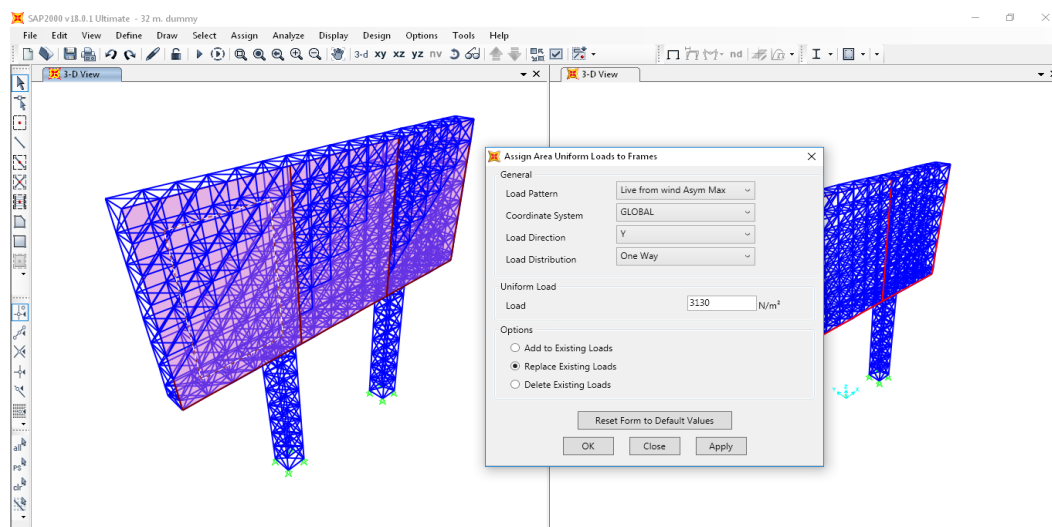
ภาพที่ 3.12 กำหนดค่า Load Case Data สำหรับน้ำหนักบรรทุกทุกเนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านขวา



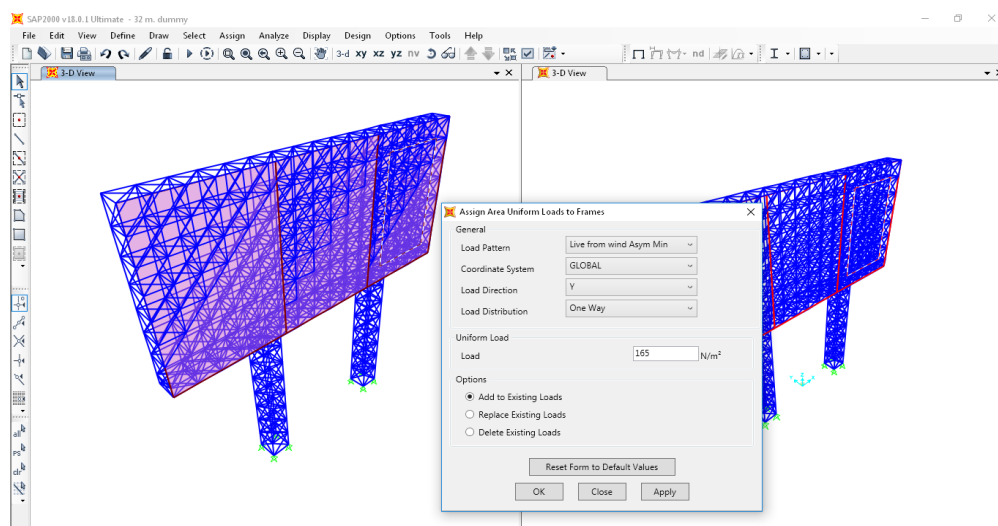
ภาพที่ 3.13 กำหนดค่า Load Case ทั้งหมดให้มารวมกันอยู่ในรูปแบบของ Load Combination



ภาพที่ 3.14 นำ Load Case กระทำลงบน Area ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลมกระทำที่จุดกึ่งกลางป้าย ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50

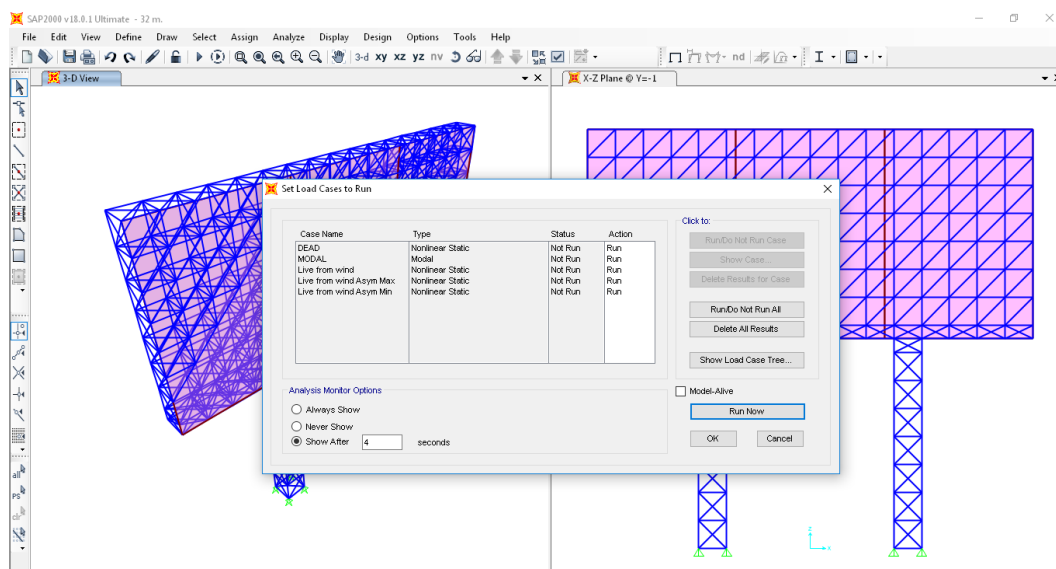


ภาพที่ 3.15 นำ Load Case กระทำลงบน Area ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับน้ำหนักบรรทุก
เนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านซ้าย ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50

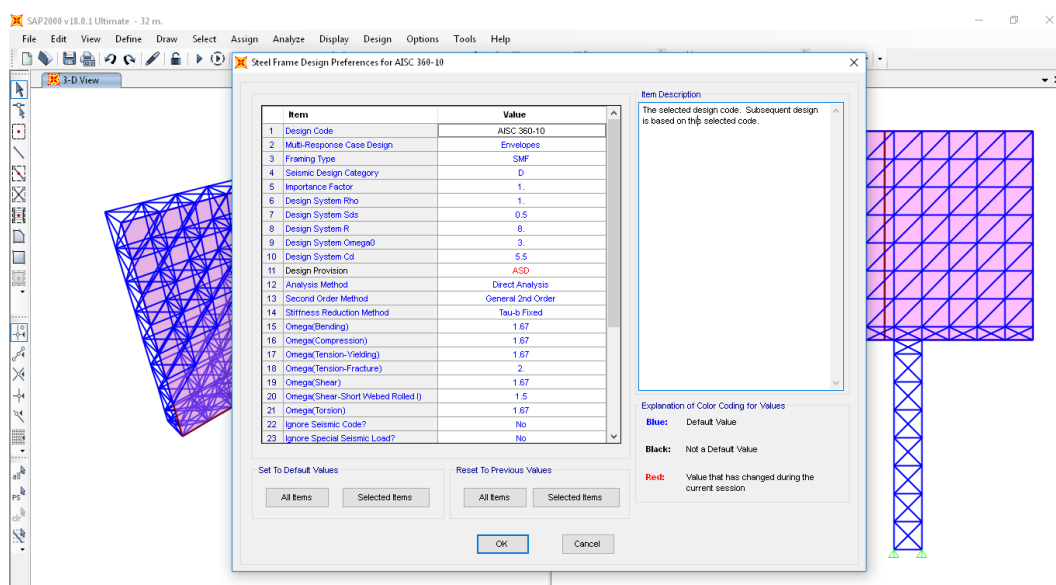


ภาพที่ 3.16 นำ Load Case กระทำลงบน Area ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับน้ำหนักบรรทุก
เนื่องจากแรงลมกระทำที่ขอบป้ายด้านขวา ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50

3.2.2.6 ทำการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาผลการตอบสนองต่อแรง (Run Analysis) และต่อจากนั้นจึงใช้คำสั่งออกแบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Frame Design) เพื่อให้โปรแกรมคำนวณและเลือกหน้าตัดที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถรับแรงกระทำได้โดยไม่เกิดการวิบัติ ดังภาพที่ 3.17-3.18

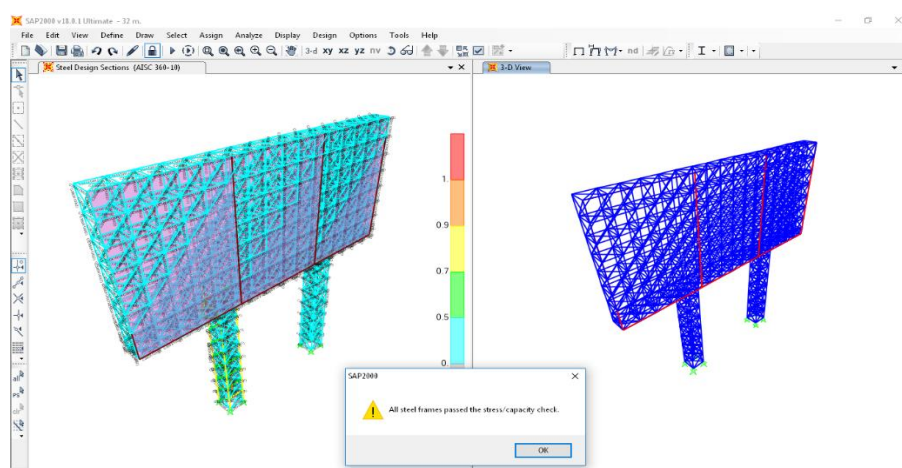


ภาพที่ 3.17 ทำการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาผลการตอบสนองต่อแรง (Run Analysis)

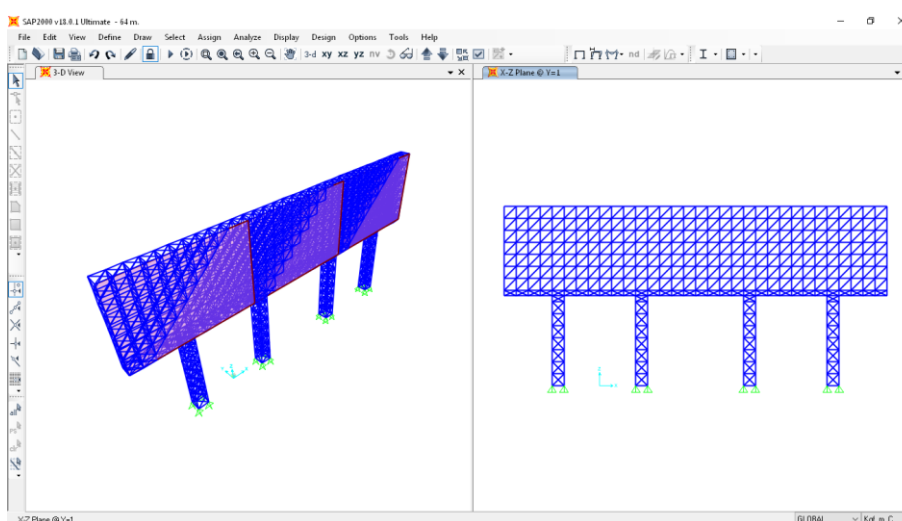


ภาพที่ 3.18 ใช้คำสั่งออกแบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Frame Design) โดยเลือกใช้มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็ก ASD-2010

3.2.2.7 เมื่อได้โครงสร้างป้ายที่มีความแข็งแรงเพียงพอเป็นต้นแบบแล้ว ให้นำป้ายดังกล่าวมาเชื่อมต่อกันตามจำนวนตัวอย่างที่ต้องการศึกษา โดยใช้ขนาดของชิ้นส่วนดังแสดงในภาคผนวก ก พร้อมทั้งเลือกใช้แรงลมที่ได้จากการคำนวณตามขนาดของแผ่นป้ายมากระทำกับโครงสร้างให้ครบในทุกกรณีที่ต้องการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 3.19-3.20



ภาพที่ 3.19 ทำการออกแบบป้ายโฆษณาต้นแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอ



ภาพที่ 3.20 ทำการเชื่อมต่อป้ายโฆษณาที่ต้องการศึกษา

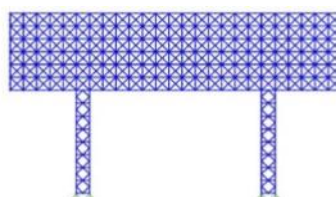
3.2.3 ศึกษาผลการตอบสนองทางโครงสร้างที่เปลี่ยนไปจากป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบเป็นป้ายเดี่ยว แต่ถูกนำมาก่อสร้างเป็นป้ายโฆษณาแบบต่อเนื่องหลายป้ายติดกัน โดยพิจารณาพฤติกรรมการเสียรูปและผลของแรงที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากแรงลมที่กระทำ

3.2.4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โครงสร้างป้ายโฆษณาในแต่ละรูปแบบ แต่ละขนาดและประเมินผลกระทบจากการต่อเชื่อมของโครงสร้างป้าย

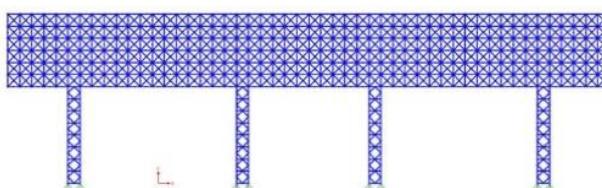
3.2.5 สรุปผลการทดลอง

3.3 ลักษณะของป้ายโฆษณาที่ใช้ในการศึกษา

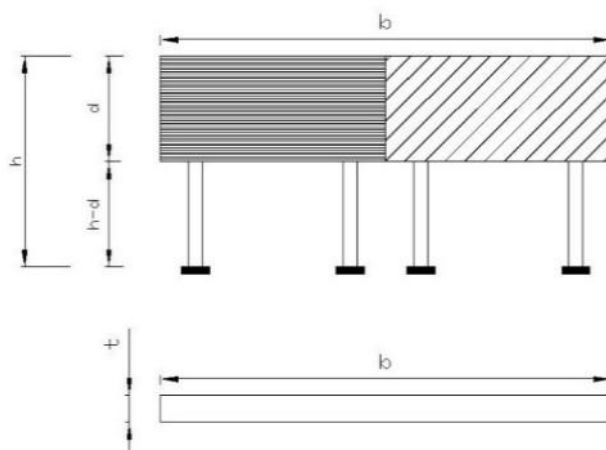
ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ใช้ในการศึกษา มีลักษณะเป็นโครงถักเหล็กขนาดใหญ่ที่ถูกติดตั้งจริงในประเทศไทยโดยบริษัทเอกชนหลากหลายบริษัท โดยในอดีตป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ถูกควบคุมด้วยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550 ซึ่งกำหนดไว้เพียงว่า ป้ายที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดินโดยตรงต้องมีความสูงไม่เกินระยะที่วัดจากจุดที่ติดตั้งป้าย ไปจนถึงกึ่งกลางถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้ป้ายนั้นที่สุด และมีความยาวของป้ายไม่เกิน 32 เมตร ซึ่งด้วยข้อกำหนดดังกล่าวจึงทำให้เกิดช่องว่างในการก่อสร้างป้ายโฆษณาขึ้น กล่าวคือ มีการนำป้ายโฆษณาขนาดตามที่กฎกระทรวงกำหนดหลาย ๆ ป้ายที่ได้ทำการขออนุญาตก่อสร้างมาต่อเชื่อมกันในภายหลัง ส่งผลให้ป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบให้เป็นป้ายเดี่ยวเปลี่ยนเป็นป้ายโฆษณาที่มีความต่อเนื่อง ซึ่งด้วยขนาดและลักษณะของป้ายโฆษณาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนี้ มีความขัดแย้งและไม่เป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบและกฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558 ที่บังคับใช้อยู่ในปัจจุบัน ที่กำหนดไว้ว่าป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายที่ติดตั้งอยู่บนพื้นดินโดยตรงต้องมีความสูงไม่เกินระยะที่วัดในทางราบจากของป้ายไปจนถึงกึ่งกลางถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้ป้ายนั้น มีความสูงไม่เกิน 30 เมตร มีความยาวไม่เกิน 32 เมตร และห่างจากแนวเขตที่ดินของตนหรือป้ายอื่นไม่น้อยกว่าความสูงของป้าย เว้นแต่จะก่อสร้างห่างจากเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 6 เมตร และได้รับความยินยอมเป็นหนังสือจากเจ้าของที่ดินข้างเคียงด้านนั้น”



ภาพที่ 3.21 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างป้ายโฆษณาแบบขาคู่ขนาดกว้าง 32 เมตร สูง 30 เมตร (เป็นไปตามมาตรฐานปัจจุบัน)



ภาพที่ 3.22 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างป้ายโฆษณาแบบขาเดี่ยวขนาดกว้าง 32 เมตร สูง 30 เมตร (ไม่เป็นไปตามมาตรฐานปัจจุบัน)



ภาพที่ 3.23 ค่าตัวแปรขนาดของแผ่นป้ายโฆษณา

ตารางที่ 3.1 ขนาดและลักษณะของป้ายโฆษณาที่ใช้ในการศึกษา

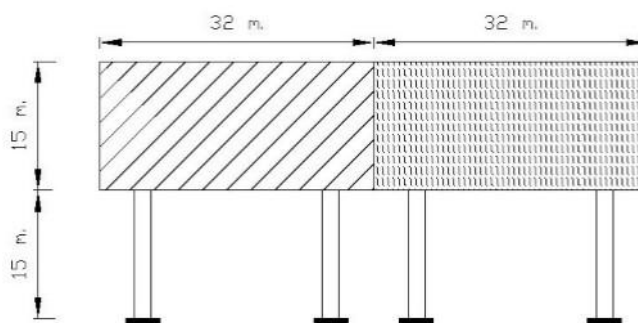
จำนวน ป้าย	จำนวน ของ เสา	ความสูง (m)			ความ กว้างต่อ ป้าย (b) (m)	Clearance Ratio (d/h)	Aspect Ratio (b/d)	t (m)
		ทั้งหมด (h)	ป้าย (d)	เสา (h-d)				
1,2,3, 4,5	คู่	30	15	15	32	0.50	2.13	2
1,2,3, 4,5	คู่	30	12.5 0	17.50	32	0.42	2.56	2
1,2,3, 4,5	คู่	30	10	20	32	0.33	3.20	2

กำหนดให้ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 15 เมตร ความสูงเสา 15 เมตร) ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 12.5 เมตร ความสูงเสา 17.5 เมตร) และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 10 เมตร ความสูงเสา 20 เมตร)

3.4 ลักษณะของแรงลมที่กระทำกับป้ายโฆษณา

แรงลมที่กระทำกับป้ายโฆษณาสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 ในบทที่ 2 ซึ่งเป็นการพิจารณาแรงลมตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยพ. 1311-50 ซึ่งพิจารณาแรงลมที่กระทำกับโครงสร้างโดยคำนึงถึงปัจจัยทางลักษณะภูมิประเทศ รูปร่างอาคาร คุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคาร และมีข้อกำหนดสำหรับการคำนวณแรงลมสำหรับป้ายโดยเฉพาะ ดังเช่นตัวอย่างดังต่อไปนี้

3.4.1 ตัวอย่างการคำนวณแรงลมสุทธิ



ภาพที่ 3.24 ตัวอย่างป้ายโฆษณาที่ใช้ในการคำนวณแรงลมสุทธิ

สมมติให้ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่มีความกว้างป้าย (b) 64 เมตร ความสูงแผ่นป้าย (d) 15 เมตร ความสูงทั้งหมดจากพื้น (h) 30 เมตร ตั้งอยู่บริเวณชานเมืองของเชียงใหม่ โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยอ้างอิง (เป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงที่ความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน ในสภาพภูมิประเทศโล่งสำหรับคาบเวลาไปกลับ 50 ปี) เท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที จงคำนวณผลของแรงลมสุทธิ

3.4.1.1 ขั้นตอนที่ 1 คำนวณพารามิเตอร์ที่ใช้

ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม จำแนกประเภทความสำคัญของป้ายนี้เป็นระดับปกติ และใช้ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม (I_w) สำหรับสภาวะจำกัดด้านกำลัง (การคำนวณแรงลมสำหรับการออกแบบ) เท่ากับ 1.00 เป็นไปตามสมการที่ 3.1

หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (q)

$$q = \frac{1}{2}(\rho)\bar{v}^2 \quad (3.1)$$

$$q = \frac{1}{2}(1.25)29^2$$

$$q = 525 \text{ N/m}^2$$

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e)

จากข้อกำหนดสำหรับการออกแบบป้าย ให้ใช้ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศตามที่กำหนดเอาไว้ในมาตรฐาน มยผ. 1311-50 ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศแบบบริเวณชานเมือง (สภาพภูมิประเทศแบบ B) และมีความเร็วลมอ้างอิงเท่ากับ 29 เมตรต่อวินาที

จึงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2 (กำหนดค่า z เท่ากับ 30 เมตร คือ เลือกใช้ความสูงบริเวณยอดป้ายในการคำนวณ)

$$C_e = 0.7 \left(\frac{z}{12} \right)^{0.3} \quad (3.2)$$

$$C_e = 0.7 \left(\frac{30}{12} \right)^{0.3}$$

$$C_e = 0.921$$

ค่าประกอบเนื่องผลการกระโชกของลมสำหรับป้ายโฆษณา (C_g)

$$C_g = 2.35$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมเฉลี่ยจากตารางที่ 2.4 ในบทที่ 2 สำหรับ b/d เท่ากับ 4.26 และ d/h เท่ากับ 0.5 จะได้ว่า (C_{pa})

$$C_{pa} = 1.45$$

3.4.1.2 ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหน่วยแรงลมสุทธิ เป็นไปตามสมการที่ 3.3

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (3.3)$$

1) กรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย ($C_p = C_{pa}$)

$$p = 1 \times 525 \times 0.921 \times 2.35 \times 1.45$$

$$p = 1,647 \text{ N / m}^2$$

2) สำหรับหน่วยแรงลมที่ยอดป้าย $z = 30$ เมตร

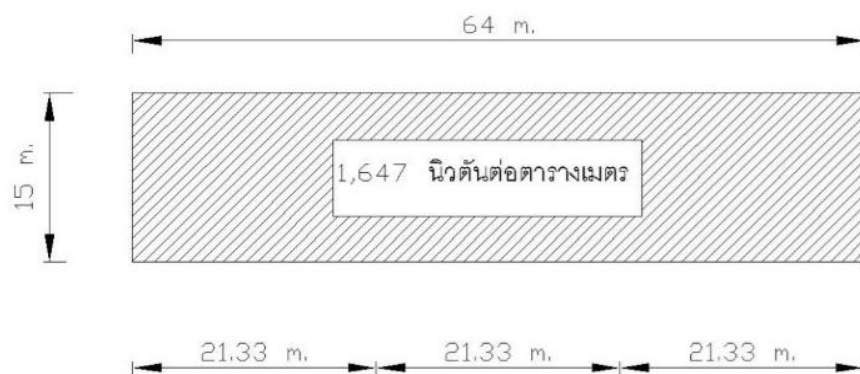
กรณีที่ขอบป้ายชี้เข้าหาลม ($C_p = 1.9 C_{pa}$)

$$p = 3,130 \text{ N / m}^2$$

3) สำหรับหน่วยแรงลมที่ยอดป้าย $z = 30$ เมตร

กรณีที่ขอบป้ายชี้เข้าหาลม ($C_p = 0.1 C_{pa}$)

$$p = 165 \text{ N / m}^2$$



ภาพที่ 3.25 แรงลมสุทธิที่กระทำกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย



ภาพที่ 3.26 แรงลมสุทธิที่กระทำกรณีที่ขอบป้ายด้านซ้ายชี้เข้าหาลม



ภาพที่ 3.27 แรงลมสุทธิที่กระทำกรณีที่ขอบป้ายด้านขวาชี้เข้าหาลม

ตารางที่ 3.2 แรงลมที่กระทำกับป้ายโฆษณาขนาดต่าง ๆ

ชนิดเสา	ความกว้างทั้งหมด b (เมตร)	ความสูง (เมตร.)			หน่วยแรงลมสุทธิ (นิวตันต่อตารางเมตร)		
		h	d	h-d	กรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้าย	กรณีที่ขอบป้ายชี้เข้าหาลม (1.9Cpa)	กรณีที่ขอบป้ายชี้เข้าหาลม (0.1Cpa)
คู่	32	30	12.5	17.5	1,674	3,226	170
คู่	64	30	12.5	17.5	1,674	3,226	170
คู่	96	30	12.5	17.5	1,674	3,226	170
คู่	128	30	12.5	17.5	1,674	3,226	170
คู่	160	30	12.5	17.5	1,674	3,226	170
คู่	32	30	15	15	1,647	3,130	165
คู่	64	30	15	15	1,647	3,130	165
คู่	96	30	15	15	1,647	3,130	165
คู่	128	30	15	15	1,647	3,130	165
คู่	160	30	15	15	1,647	3,130	165
คู่	32	30	10	20	1,745	3,316	175
คู่	64	30	10	20	1,745	3,316	175
คู่	96	30	10	20	1,745	3,316	175
คู่	128	30	10	20	1,745	3,316	175
คู่	160	30	10	20	1,745	3,316	175

โดยกรณีที่ขอบป้ายชี้เข้าหาลม (1.9Cpa) คือ Cp จะเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 90% ในบริเวณขอบที่หันเข้าหาลม หรือ กรณีที่ขอบป้ายด้านที่ไม่ได้ชี้เข้าหาลม (0.1Cpa) คือ ค่า Cp จะลดลงจากค่าเฉลี่ยถึง 90% ในบริเวณขอบอีกด้านหนึ่ง

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติวัสดุของชิ้นส่วนโครงสร้าง

คุณสมบัติของวัสดุ	ค่าคงที่
ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก (E)	2.04×10^6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
ค่าความหนาแน่นของเหล็ก	7,850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ค่าหน่วยแรงดึงประลัย (Fu)	4,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
ค่าหน่วยแรงดึงคราก (Fy)	2,400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3.5 สรุป

ในบทนี้เป็นกล่าวถึงวิธีในการดำเนินการ การใช้ตัวอย่างป้ายโฆษณาที่นำมาวิเคราะห์ รายละเอียดของชิ้นส่วนโครงสร้างและแรงลมที่กระทำ และนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้สร้างแบบจำลอง โครงสร้าง 3 มิติ ให้ใกล้เคียงกับรูปแบบป้ายโฆษณาในความเป็นจริงมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ได้มาซึ่งได้ผลของการตอบสนองของโครงสร้าง และผลของแรงที่เปลี่ยนไปในชิ้นส่วน ของโครงสร้างตลอดจนรูปแบบของการวิบัติและเสียรูป ซึ่งผลของการวิเคราะห์นี้จะถูกนำไปแสดง และสรุปผลในบทต่อไป

บทที่ 4

วิเคราะห์และเปรียบเทียบผล

4.1 ทัวไป

จากการทดสอบตัวอย่างของป้ายโฆษณารวมสุทธิทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ได้แก่ ป้ายโฆษณาชนิดโครงถักขาคู่ ขนาดความสูง 15 เมตร กว้าง 32 เมตร และเสายาว 15 เมตร (ป้ายโฆษณาแบบที่ 1) เชื่อมต่อกันจำนวน 2, 3, 4 และ 5 ป้าย รวมทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง ป้ายโฆษณาชนิดโครงถักขาคู่ ขนาดความสูง 12.5 เมตร กว้าง 32 เมตร และเสายาว 17.5 เมตร (ป้ายโฆษณาแบบที่ 2) เชื่อมต่อกันจำนวน 2, 3, 4 และ 5 รวมทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง ป้ายโฆษณาชนิดโครงถักขาคู่ ขนาดความสูง 10 เมตร กว้าง 32 เมตร และเสายาว 20 เมตร (ป้ายโฆษณาแบบที่ 3) เชื่อมต่อกันจำนวน 2, 3, 4 และ 5 รวมทั้งสิ้น 5 ตัวอย่าง โดยแต่ละการทดสอบจะมีการเลือกใช้แรงกระทำทั้งแบบ กรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับแผ่นป้ายโฆษณา และกรณีที่ขอบป้ายชี้เข้าหาลมเพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น โดยเมื่อทำการทดสอบทำให้ได้ค่าแรงดึงสูงสุดในชิ้นส่วน (Maximum Internal Tension Forces) และค่าแรงอัดสูงสุดในชิ้นส่วน (Maximum Internal Compression Forces) โดยมุ่งเน้นในการศึกษาพฤติกรรมของเสาด้านริมซ้ายและโครงถักโครงถักภายในเสาดังกล่าว เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่รับแรงสูงสุดเนื่องจากแรงลมแบบเอียงศูนย์ที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50 ดังแสดงไว้ในบทที่ 3 โดยผลการทดสอบค่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นสามารถนำมาวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากการเชื่อมต่อกันของป้ายโฆษณาและจะนำมาซึ่งบทสรุปและข้อเสนอแนะต่อไป

4.2 การวิเคราะห์และผลการศึกษาของแรงภายในชิ้นส่วน

4.2.1 นิยามชื่อและตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำการศึกษา

4.2.1.1 ชิ้นส่วนหลักของเสาด้านริมซ้าย

เสาด้านริมซ้ายประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลักของโครงสร้างจำนวน 4 ชิ้นส่วน ซึ่งเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงในแนวดิ่ง และชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวดิ่ง โดยสามารถแบ่งออกเป็นหลายชิ้นส่วนซึ่งแสดงดังตัวย่อและแถบสี ดังต่อไปนี้

ชิ้นส่วนหลัก มีสัญลักษณ์ 3 ตัวอักษร

ตัวอักษรแรก คือ ตำแหน่งด้านหน้าหรือด้านหลัง

ตัวอักษรที่สองและสาม คือ คำว่า Main Member

ตัวเลขสุดท้าย คือ ชิ้นที่ 1 และ 2 ตามภาพที่เสนอ

1) ชิ้นส่วนหลักด้านหน้าชิ้นที่ 1 (FRONT MAIN MEMBER 1)

คือ FMM1 ซึ่งเป็น Main Member Tension หรือชิ้นส่วนหลักรับแรงดึง

2) ชิ้นส่วนหลักด้านหน้าชิ้นที่ 2 (FRONT MAIN MEMBER 2)

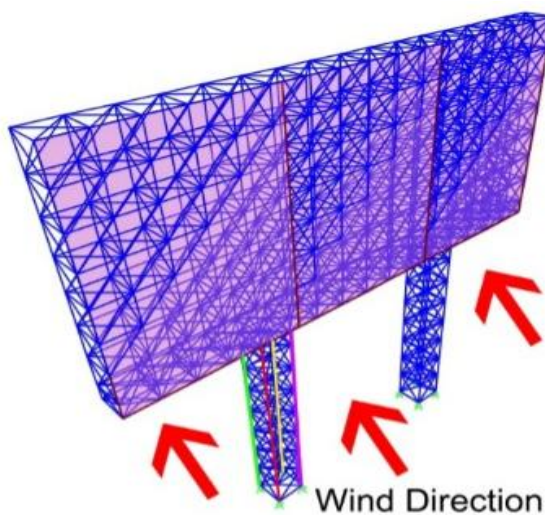
คือ FMM2 ซึ่งเป็น Main Member Tension หรือชิ้นส่วนหลักรับแรงดึง

3) ชิ้นส่วนหลักด้านหลังชิ้นที่ 1 (BACK MAIN MEMBER 1)

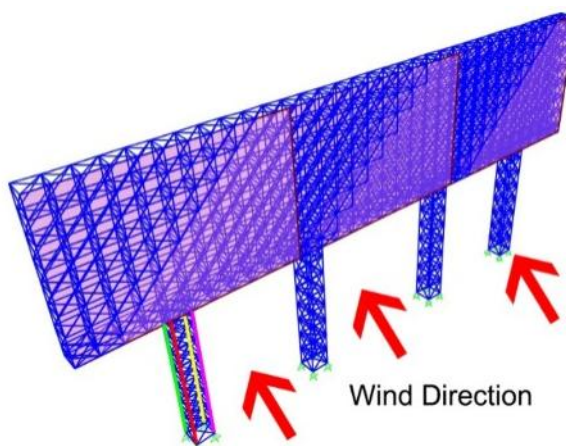
คือ BMM1 ซึ่งเป็น Main Member Tension หรือชิ้นส่วนหลักรับแรงอัด

4) ชิ้นส่วนหลักด้านหลังชั้นที่ 2 (BACK MAIN MEMBER 2)

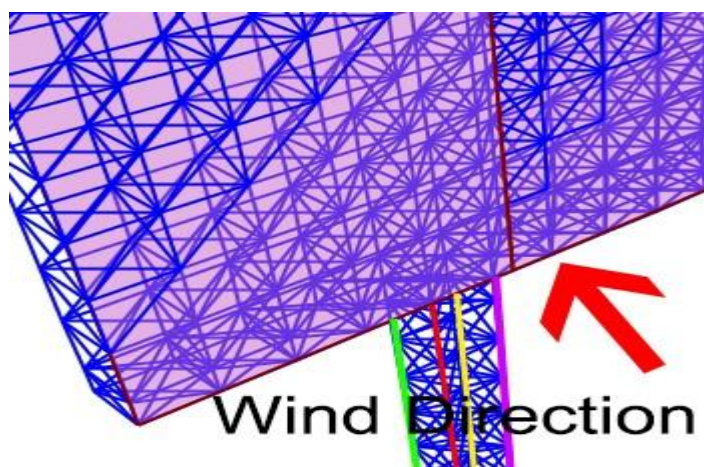
คือ BMM2 ซึ่งเป็น Main Member Tension หรือ ชิ้นส่วนหลักรับแรงอัด



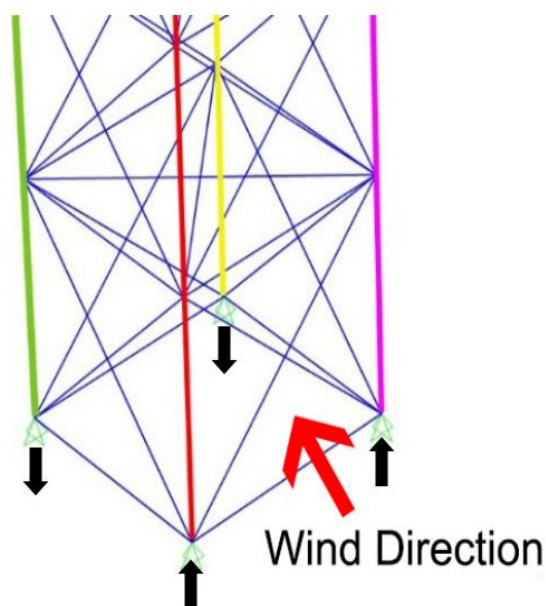
ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายเดียว



ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายเดียวที่มีการเชื่อมต่อ 2 แผ่นป้าย



ภาพที่ 4.3 ภาพขยายตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายบริเวณหัวเสา



ภาพที่ 4.4 ภาพขยายตำแหน่งชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายของโครงสร้างป้ายบริเวณฐานเสา

จากภาพที่ 4.1-4.4 แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนหลักเสาด้านริมซ้ายทั้งสิ้น 4 ชิ้นส่วน ประกอบไปด้วย ชิ้นส่วนรับแรงดึงในแนวตั้งและชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวตั้ง โดยผลกระทบเนื่องจากการเชื่อมต่อกันของป้ายโฆษณาจะพิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนหลักของเสาด้านริมซ้ายเท่านั้นในทุก ๆ การเชื่อมต่อตั้งแต่ป้ายเดียวไปจนถึงเชื่อมต่อสูงสุดจำนวน 5 แผ่นป้าย

4.2.1.2 ชิ้นส่วนรองของเสาด้านริมซ้าย

เสาด้านริมซ้ายประกอบไปด้วยชิ้นส่วนรองของโครงสร้าง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงและชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวทแยงและแนวนอน โดยสามารถแบ่งออกเป็นหลายกลุ่มชิ้นส่วนซึ่งแสดงดังตัวย่อและแถบสี ดังต่อไปนี้

ชั้นส่วนรอง มีสัญลักษณ์ 4 ตัวอักษร

ตัวอักษรแรก คือ ตำแหน่งด้านบนหรือด้านล่าง

ตัวอักษรที่สอง คือ ตำแหน่ง ด้านซ้ายหรือด้านขวา และด้านหน้าหรือด้านหลัง

ตัวอักษรที่สาม คือ ชั้นส่วนแนวนอนหรือแนวทะแยง

ตัวอักษรที่สี่ คือ ตัวย่อคำว่า Member

1) ชั้นส่วนรองแนวทะแยงบริเวณหัวเสา

1.1) TOP LEFT DIAGONAL MEMBER คือ TLDM

1.2) TOP RIGHT DIAGONAL MEMBER คือ TRDM

ประกอบไปด้วย TLDM1, TRDM1 ซึ่งเป็น Diagonal Member Tension และ TLDM2, TRDM2 ซึ่งเป็น Diagonal Member Compression

2) ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณหัวเสา

2.1) TOP FRONT HORIZONTAL MEMBER คือ TFHM

2.2) TOP BACK HORIZONTAL MEMBER คือ TBHM

ประกอบไปด้วย TFHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Compression และ TBHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Tension

3) ชั้นส่วนรองแนวทะแยงบริเวณฐานเสา

3.1) BOTTOM LEFT DIAGONAL MEMBER คือ BLDM

3.2) BOTTOM RIGHT DIAGONAL MEMBER คือ BRDM

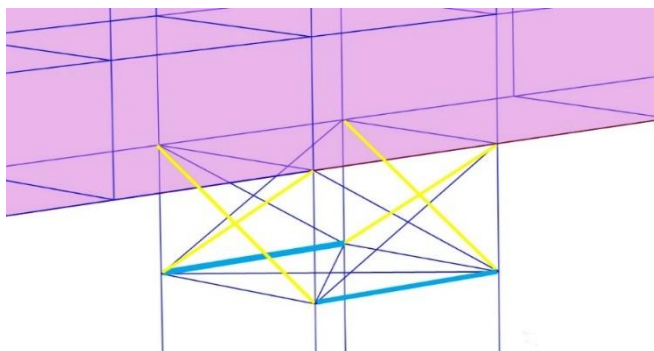
ประกอบไปด้วย BLDM1, BRDM1 ซึ่งเป็น Diagonal Member Tension และ BLDM2, BRDM2 ซึ่งเป็น Diagonal Member Compression

4) ชั้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณฐานเสา

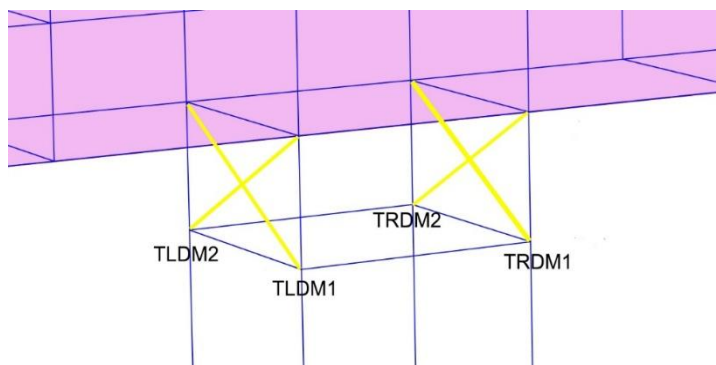
4.1) BASE FRONT HORIZONTAL MEMBER คือ BFHM

4.2) BASE BACK HORIZONTAL MEMBER คือ BBHM

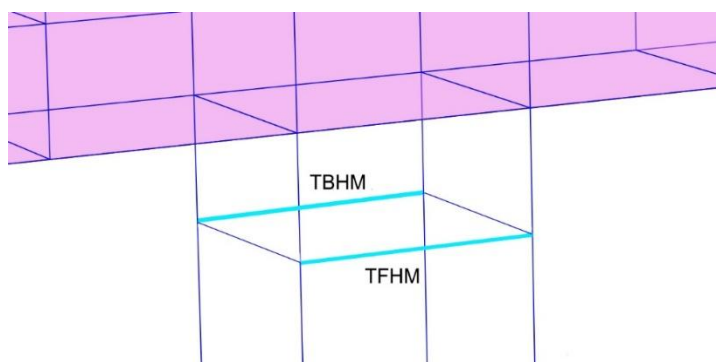
ประกอบไปด้วย BFHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Compression และ BBHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Tension



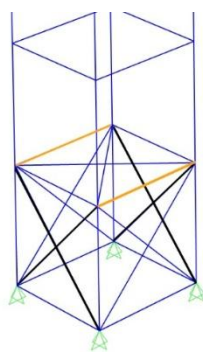
ภาพที่ 4.5 ภาพรวมตำแหน่งชั้นส่วนรองบริเวณหัวเสาของป้ายโฆษณา



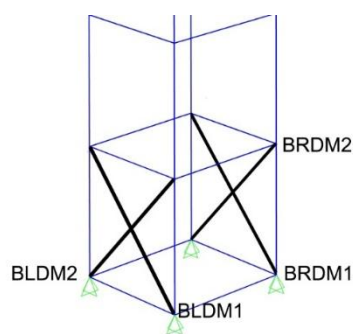
ภาพที่ 4.6 ชิ้นส่วนรองแนวทแยงบริเวณหัวเสา



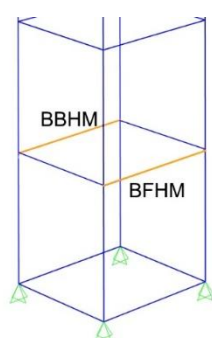
ภาพที่ 4.7 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณหัวเสา



ภาพที่ 4.8 ภาพรวมตำแหน่งชิ้นส่วนรองบริเวณฐานเสาของป้ายโฆษณา



ภาพที่ 4.9 ชิ้นส่วนรองแนวทะแยงบริเวณฐานเสา



ภาพที่ 4.10 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณฐานเสา

จากภาพที่ 4.5-4.10 แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนรองเสาด้านริมซ้ายทั้งสิ้น 12 ชิ้นส่วน ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนรับแรงดึงในแนวทะแยง ชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวทะแยง และชิ้นส่วนรับแรงดึงในแนวนอน ชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวนอน โดยผลกระทบเนื่องจากการเชื่อมต่อกันของป้ายโฆษณาจะพิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนรองของเสาด้านริมซ้ายเท่านั้น ในทุก ๆ การเชื่อมต่อตั้งแต่ป้ายเดียวไปจนถึงเชื่อมต่อสูงสุดจำนวน 5 แผ่นป้าย

4.2.2 ผลการศึกษาผลของแรงภายในชิ้นส่วน

จากการจำลองโครงสร้างป้ายโฆษณาทั้ง 3 รูปแบบ ดังตารางที่ 3.1 ได้แก่ ป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 15 เมตร ความสูงเสา 15 เมตร), ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 12.5 เมตร ความสูงเสา 17.5 เมตร) และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 10 เมตร ความสูงเสา 20 เมตร) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา จำนวน 2, 3, 4 และ 5 แผ่นป้าย ตามลำดับ โดยมีการวิเคราะห์รูปแบบของน้ำหนักบรรทุกทุก แบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย และกรณีขอบป้าย ชี้นำแหลม หรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์ เพื่อหาแรงภายในชิ้นส่วนหลักและแรงภายในชิ้นส่วนรอง ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.6

ตารางที่ 4.1 แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากัน
ทั้งแผ่นป้าย

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด (กิโลกรัม)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดียว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
FMM1	192,705	195,678	196,535	196,466	196,347	1.54	1.99	1.95	1.89
FMM2	192,083	194,640	195,502	195,516	195,476	1.33	1.78	1.79	1.77
BMM1	-227,245	-230,517	-231,649	-231,706	-231,678	1.44	1.94	1.96	1.95
BMM2	-227,765	-231,459	-232,586	-232,563	-232,455	1.62	2.12	2.11	2.06
TLDM1	7,978	8,143	8,162	8,148	8,143	2.01	2.31	2.13	2.06
TLDM2	-8,153	-8,326	-8,346	-8,332	-8,326	2.05	2.37	2.20	2.12
TRDM1	8,002	8,169	8,179	8,174	8,169	1.65	2.22	2.15	2.09
TRDM2	-8,158	-8,331	-8,340	-8,335	-8,331	1.65	2.23	2.17	2.11
TFHM	-1,255	-1,277	-1,277	-1,277	-1,277	1.20	1.75	1.75	1.75
TBHM	1,372	1,394	1,393	1,394	1,394	1.09	1.53	1.60	1.60
BLDM1	17,171	17,521	17,577	17,547	17,532	2.04	2.36	2.19	2.10
BLDM2	-18,852	-19,218	-19,287	-19,263	-19,252	1.95	2.31	2.18	2.12
BRDM1	16,712	16,932	17,025	17,027	17,022	1.32	1.87	1.89	1.86
BRDM2	-18,444	-18,717	-18,823	-18,824	-18,816	1.48	2.05	2.06	2.02
BFHM	-8,511	-8,632	-8,671	-8,671	-8,667	1.42	1.88	1.88	1.83
BBHM	9,586	9,731	9,778	9,779	9,776	1.51	2.00	2.01	1.98

ตารางที่ 4.2 แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือกรณีแรงลมเยื้องศูนย์

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด (กิโลกรัม)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
FMM1	284,672	353,560	389,728	399,781	401,422	24.20	36.90	40.44	41.01
FMM2	283,423	351,999	388,235	398,461	400,275	24.20	36.98	40.59	41.23
BMM1	-318,850	-388,068	-424,506	-434,731	-436,518	21.71	33.14	36.34	36.90
BMM2	-319,511	-389,113	-425,596	-435,727	-437,397	21.78	33.20	36.37	36.90
TLDM1	17,341	17,857	18,049	17,551	16,997	2.97	4.08	1.21	-1.99
TLDM2	-17,507	-18,025	-18,219	-17,725	-17,177	2.96	4.07	1.25	-1.88
TRDM1	12,424	15,215	16,464	16,645	16,518	22.46	32.52	33.97	32.95
TRDM2	-12,584	-15,376	-16,627	-16,810	-16,685	22.19	32.12	33.57	32.59
TFHM	-1,570	-2,073	-2,340	-2,441	-2,482	32.04	49.04	55.48	58.09
TBHM	1,648	2,181	2,468	2,582	2,630	32.34	49.76	56.67	59.59
BLDM1	36,142	38,052	38,882	38,029	36,965	5.28	7.58	5.22	2.28
BLDM2	-37,819	-39,800	-40,696	-39,883	-38,839	5.24	7.61	5.46	2.70
BRDM1	22,180	29,225	32,687	33,773	34,039	31.76	47.37	52.27	53.47
BRDM2	-23,948	-31,094	-34,623	-35,735	-36,006	29.84	44.57	49.22	50.35
BFHM	-12,345	-15,305	-16,851	-17,284	-17,365	23.98	36.50	40.01	40.66
BBHM	13,440	16,497	18,125	18,603	18,700	22.75	34.86	38.42	39.14

ตารางที่ 4.3 แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากัน
ทั้งแผ่นป้าย

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด (กิโลกรัม)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
FMM1	163,756	173,677	174,674	174,725	174,634	6.06	6.67	6.70	6.64
FMM2	163,130	172,670	173,668	173,767	173,719	5.85	6.46	6.52	6.49
BMM1	-194,194	-204,497	-205,723	-205,847	-205,805	5.31	5.94	6.00	5.98
BMM2	-194,800	-205,484	-206,709	-206,786	-206,700	5.49	6.11	6.15	6.11
TLDM1	8,149	8,685	8,734	8,724	8,716	6.58	7.19	7.06	6.96
TLDM2	-8,999	-9,576	-9,633	-9,623	-9,614	6.41	7.05	6.94	6.84
TRDM1	8,113	8,590	8,654	8,657	8,652	5.87	6.67	6.70	6.64
TRDM2	-8,871	-9,358	-9,430	-9,434	-9,430	5.49	6.29	6.34	6.29
TFHM	-2,120	-2,233	-2,243	-2,247	-2,247	5.33	5.80	5.99	5.99
TBHM	2,698	2,823	2,837	2,841	2,841	4.63	5.15	5.30	5.30
BLDM1	13,414	14,330	14,416	14,397	14,382	6.83	7.47	7.33	7.22
BLDM2	-15,221	-16,167	-16,266	-16,251	-16,239	6.21	6.87	6.77	6.69
BRDM1	12,993	13,710	13,803	13,817	13,813	5.52	6.24	6.34	6.32
BRDM2	-14,866	-15,653	-15,760	-15,772	-15,767	5.29	6.01	6.10	6.06
BFHM	-9,046	-9,571	-9,626	-9,630	-9,627	5.80	6.41	6.46	6.42
BBHM	10,213	10,774	10,838	10,844	10,840	5.49	6.12	6.18	6.14

ตารางที่ 4.4 แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด (กิโลกรัม)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
FMM1	251,225	316,814	350,898	361,121	363,231	26.11	39.67	43.74	44.58
FMM2	250,144	315,412	349,507	359,836	362,070	26.09	39.72	43.85	44.74
BMM1	-281,278	-347,269	-381,568	-391,909	-394,133	23.46	35.66	39.33	40.12
BMM2	-282,238	-348,560	-382,873	-393,126	-395,238	23.50	35.66	39.29	40.04
TLDM1	18,835	19,716	20,075	19,595	18,993	4.68	6.58	4.04	0.84
TLDM2	-19,658	-20,574	-20,939	-20,463	-19,865	4.66	6.52	4.10	1.06
TRDM1	11,820	15,578	17,334	17,826	17,880	31.79	46.65	50.81	51.27
TRDM2	-12,604	-16,357	-18,111	-18,598	-18,650	29.78	43.70	47.56	47.98
TFHM	-2,320	-3,467	-4,085	-4,371	-4,520	49.44	76.08	88.41	94.83
TBHM	2,868	4,041	4,673	4,968	5,124	40.90	62.94	73.22	78.66
BLDM1	30,764	32,490	33,190	32,427	31,437	5.61	7.89	5.41	2.19
BLDM2	-32,570	-34,382	-35,155	-34,435	-33,468	5.56	7.94	5.73	2.76
BRDM1	16,513	23,155	26,431	27,640	28,071	40.22	60.06	67.38	69.99
BRDM2	-18,433	-25,195	-28,544	-29,786	-30,225	36.68	54.86	61.59	63.97
BFHM	-13,625	-17,137	-18,953	-19,498	-19,617	25.78	39.10	43.10	43.98
BBHM	14,818	18,442	20,347	20,943	21,083	24.46	37.31	41.33	42.28

ตารางที่ 4.5 แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากัน
ทั้งแผ่นป้าย

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด (กิโลกรัม)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
FMM1	142,139	157,982	158,655	158,552	158,479	11.15	11.62	11.55	11.50
FMM2	141,423	157,125	157,893	157,870	157,865	11.10	11.65	11.63	11.63
BMM1	-157,959	-174,153	-174,950	-174,932	-174,933	10.25	10.76	10.75	10.75
BMM2	-158,675	-175,011	-175,712	-175,615	-175,548	10.30	10.74	10.68	10.63
TLDM1	8,392	9,451	9,462	9,442	9,440	12.62	12.75	12.52	12.48
TLDM2	-8,871	-9,964	-9,974	-9,954	-9,950	12.31	12.43	12.20	12.16
TRDM1	7,984	8,817	8,880	8,879	8,876	10.44	11.23	11.22	11.18
TRDM2	-8,363	-9,219	-9,284	-9,285	-9,283	10.22	11.01	11.01	10.99
TFHM	-2,645	-2,914	-2,927	-2,929	-2,928	10.17	10.66	10.74	10.70
TBHM	3,251	3,538	3,554	3,556	3,556	8.83	9.32	9.38	9.38
BLDM1	11,282	12,722	12,739	12,711	12,705	12.76	12.92	12.67	12.61
BLDM2	-12,420	-13,895	-13,920	-13,898	-13,896	11.87	12.08	11.90	11.88
BRDM1	10,468	11,541	11,627	11,634	11,633	10.24	11.07	11.13	11.13
BRDM2	-11,696	-12,821	-12,904	-12,906	-12,901	9.62	10.33	10.35	10.31
BFHM	-9,263	-10,273	-10,319	-10,316	-10,313	10.90	11.40	11.37	11.34
BBHM	10,010	11,055	11,103	11,099	11,097	10.44	10.92	10.88	10.86

ตารางที่ 4.6 แรงภายในชิ้นส่วนและเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลมหรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด (กิโลกรัม)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
FMM1	210,917	287,662	311,524	316,487	316,312	36.39	47.70	50.05	49.97
FMM2	209,876	286,404	310,382	315,541	315,555	36.46	47.89	50.34	50.35
BMM1	-226,426	-303,413	-327,417	-332,581	-332,588	34.00	44.60	46.88	46.89
BMM2	-227,463	-304,668	-328,558	-333,526	-333,345	33.94	44.44	46.63	46.55
TLDM1	19,862	21,890	21,275	20,273	19,463	10.21	7.12	2.07	-2.01
TLDM2	-20,364	-22,426	-21,814	-20,815	-20,009	10.13	7.12	2.21	-1.74
TRDM1	8,774	14,371	16,512	17,197	17,387	63.79	88.20	96.00	98.17
TRDM2	-9,172	-14,800	-16,945	-17,634	-17,830	61.37	84.75	92.26	94.40
TFHM	-3,188	-4,786	-5,429	-5,695	-5,817	50.13	70.29	78.64	82.47
TBHM	3,777	5,397	6,046	6,316	6,439	42.89	60.07	67.22	70.48
BLDM1	25,846	29,078	28,529	27,324	26,314	12.50	10.38	5.72	1.81
BLDM2	-26,981	-30,308	-29,824	-28,657	-27,664	12.33	10.54	6.21	2.53
BRDM1	10,280	17,885	21,056	22,259	22,736	73.97	104.82	116.52	121.16
BRDM2	-11,548	-19,277	-22,498	-23,714	-24,182	66.92	94.82	105.34	109.40
BFHM	-13,597	-18,485	-20,000	-20,321	-20,321	35.95	47.09	49.45	49.45
BBHM	14,362	19,376	20,968	21,323	21,330	34.91	46.00	48.47	48.52

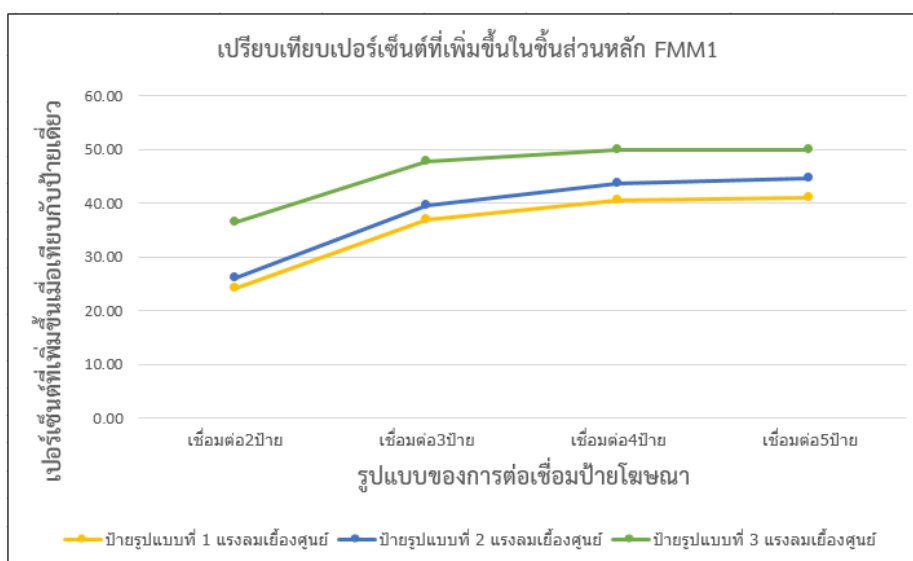
จากตารางที่ 4.1-4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจากผลของการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา โดยเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นหมายถึงเปอร์เซ็นต์ของแรงภายในชิ้นส่วนที่เพิ่มขึ้น เมื่อป้ายได้รับการเชื่อมต่อแล้วถูกนำไปเปรียบเทียบกับป้ายเดี่ยว

4.2.3 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลักและชิ้นส่วนรอง

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงภายในเนื่องจากผลกระทบของการต่อเชื่อมป้ายโฆษณา โดยแบ่งเป็นการพิจารณาชิ้นส่วนหลัก คือ ชิ้นส่วนรับแรงดึงในแนวดิ่ง และชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวดิ่ง ได้แก่ FMM1 FMM2 BMM1 และ BMM2 ชิ้นส่วนรอง คือ ชิ้นส่วนรับแรงดึงในแนวทแยง ชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวทแยง และชิ้นส่วนรับแรงดึงในแนวนอน ชิ้นส่วนรับแรงอัดในแนวนอน ในบริเวณหัวเสา ได้แก่ TLDM1 TLDM2 TRDM1 TRDM2 TFHM และ TBHM และในบริเวณฐานเสา ได้แก่ BLDM1 BLDM2 BRDM1 BRDM2 BFHM และ BBHM

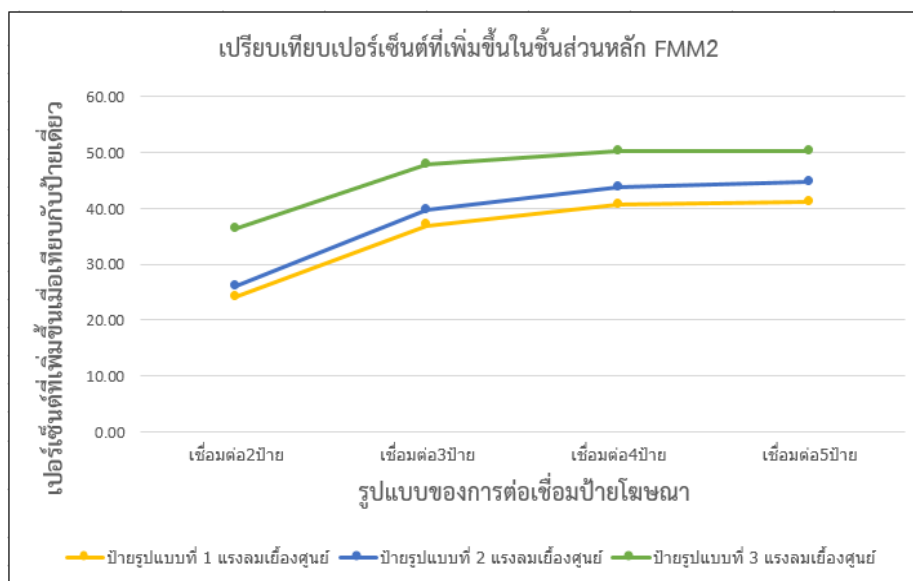
กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลด มีค่าสม่ำเสมอคงที่และใกล้เคียงกันในทุก ๆ การต่อเชื่อม ดังนั้นการวิเคราะห์เปรียบเทียบจึงนำเสนอเฉพาะกรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์เท่านั้น

4.2.3.1 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก



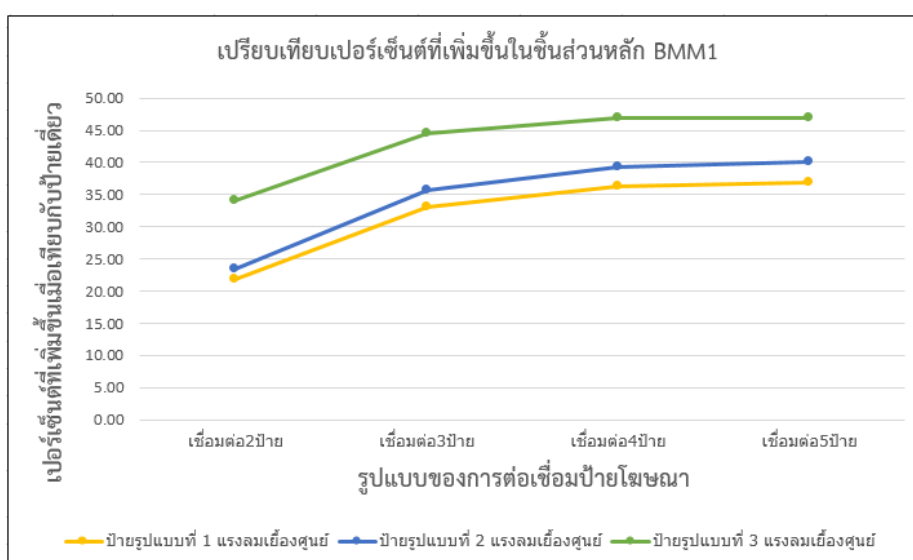
ภาพที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก FMM1

จากภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนหลัก FMM1 ซึ่งเป็น Main Member Tension หรือชิ้นส่วนหลักรับแรงดึงเมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในช่วง 36-49 เปอร์เซ็นต์ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในช่วง 26-44 เปอร์เซ็นต์ และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในช่วง 24-41 เปอร์เซ็นต์



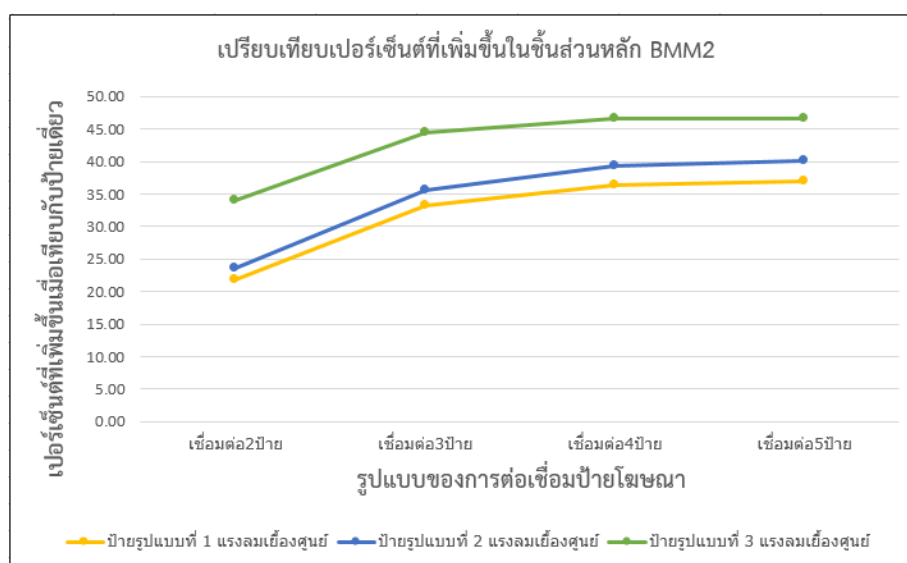
ภาพที่ 4.12 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก FMM2

จากภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนหลัก FMM2 ซึ่งเป็น Main Member Tension หรือชิ้นส่วนหลักรับแรงดึงเมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น และเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในช่วง 36-50 เปอร์เซนต์ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในช่วง 26-44 เปอร์เซนต์ และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในช่วง 24-41 เปอร์เซนต์



ภาพที่ 4.13 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก BMM1

จากภาพที่ 4.13 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนหลัก BMM1 ซึ่งเป็น Main Member Compression หรือชิ้นส่วนหลักรับแรงอัดเมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น และเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมต่อสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของในช่วง 34-46 เปอร์เซ็นต์ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของในช่วง 23-40 เปอร์เซ็นต์ และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของในช่วง 21-36 เปอร์เซ็นต์

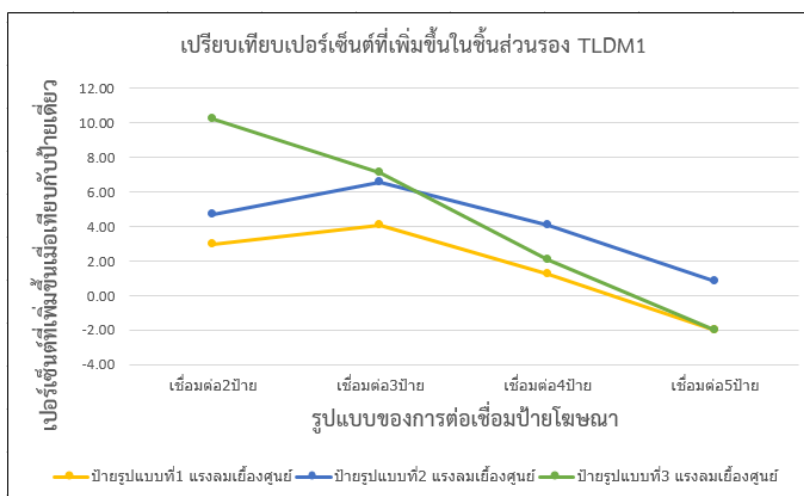


ภาพที่ 4.14 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BMM2

จากภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนหลัก BMM2 ซึ่งเป็น Main Member Compression หรือ ชิ้นส่วนหลักรับแรงอัดเมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่า เปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น และเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมต่อสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น ของในช่วง 33-46 เปอร์เซ็นต์ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของในช่วง 23-40 เปอร์เซ็นต์ และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของในช่วง 21-36 เปอร์เซ็นต์

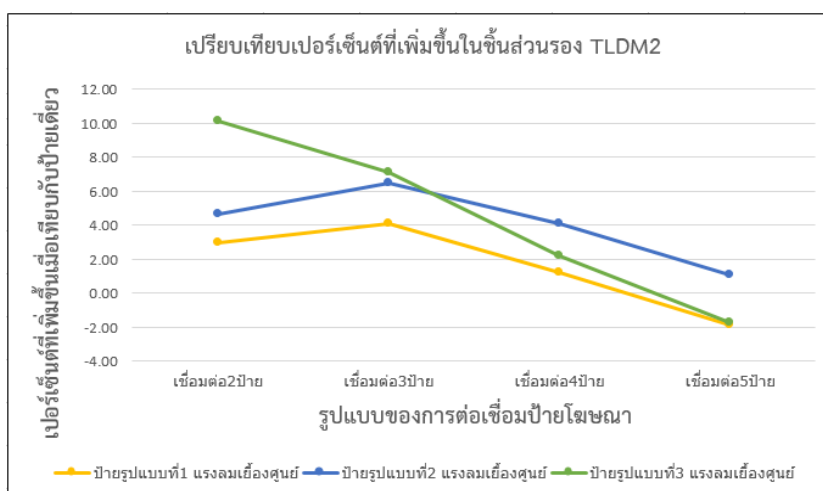
จากภาพที่ 4.11-4.14 พบว่าเมื่อป้ายโฆษณาได้รับแรงลมกระทำแบบเอียง ศูนย์ เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วนหลักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อป้ายโฆษณา ได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการต่อเชื่อมสูงสุดจำนวน 5 แผ่นป้าย สาเหตุที่คงที่ เนื่องจากเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น พื้นที่รับแรงลมแบบเอียงศูนย์ ในบริเวณขอบป้ายด้านซ้ายจึงมีขนาดกว้างขึ้นตามลำดับ ดังแสดงตามพื้นที่แรงภายในรูปที่ 4.21-4.23 ส่งผลให้พฤติกรรมการรับแรงลมของป้ายโฆษณาแผ่นซ้ายสุดเปลี่ยนแปลงจากการรับแรงลม แบบเอียงศูนย์เป็นพฤติกรรมการรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ ทำให้เกิดการบิดที่ลดน้อยลง ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วนจึงเริ่มคงที่

4.2.3.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง



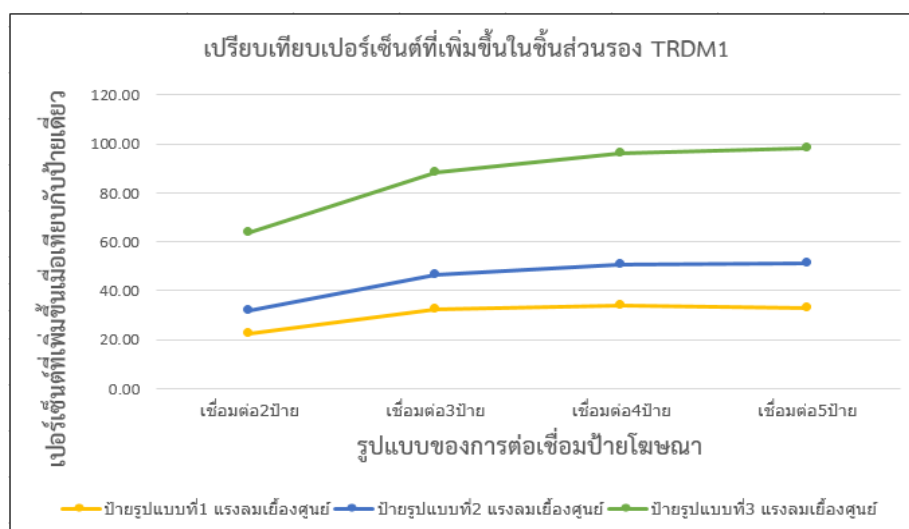
ภาพที่ 4.15 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TLDM1

จากภาพที่ 4.15 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง TLDM1 ซึ่งเป็น Diagonal Member Tension หรือ ชิ้นส่วนรองแนวทะแยงรับแรงดึงบริเวณหัวเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าลดลงเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและต่ำสุดเมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 4.08 เปอร์เซนต์ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ -1.99 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 6.58 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 0.84 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 10.21 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ -2.01 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย



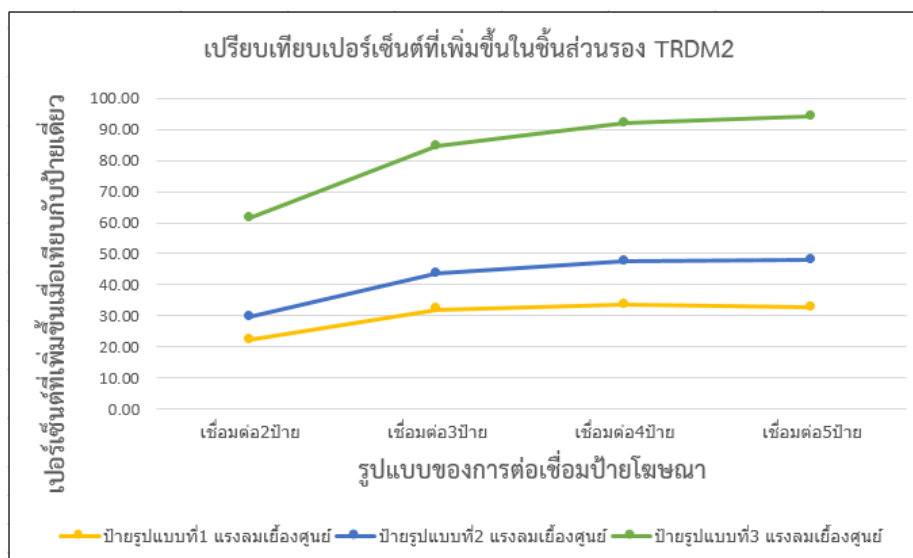
ภาพที่ 4.16 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TLDM2

จากภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง TLDM2 ซึ่งเป็น Diagonal Member Compression หรือชิ้นส่วนรองแนวทแยงรับแรงอัด บริเวณหัวเสาเมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าลดลงเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและต่ำสุดเมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 4.07 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ -1.88 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 6.52 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 1.06 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 10.13 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ -1.74 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย



ภาพที่ 4.17 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง TRDM1

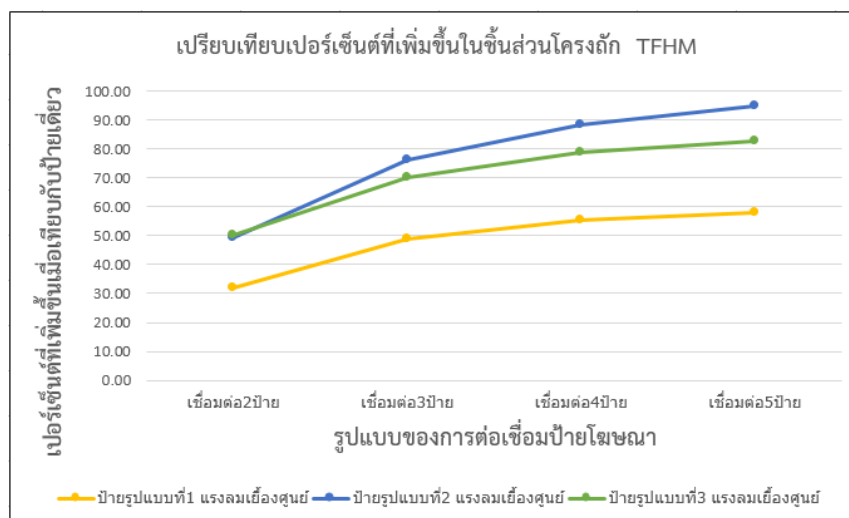
จากภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง TRDM1 ซึ่งเป็น Diagonal Member Tension หรือชิ้นส่วนรองแนวทแยงรับแรงดึงบริเวณหัวเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 22.46 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 33.97 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 4 ป้าย ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 31.79 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 51.27 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 63.79 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 98.17 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย



ภาพที่ 4.18 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชั้นส่วนรอง TRDM2

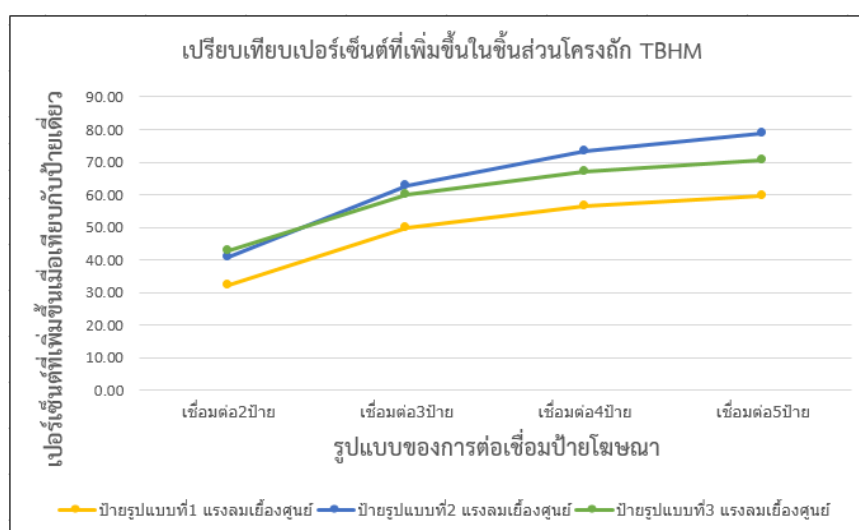
จากภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชั้นส่วนรอง TRDM2 ซึ่งเป็น Diagonal Member Compression หรือชั้นส่วนรองแนวทแยงรับแรงอัดบริเวณหัวเสาเมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับปายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมต่อสูงสุดที่ 5 ปาย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ปายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 22.19 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ปาย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 33.57 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 4 ปาย ปายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 29.78 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ปาย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 47.98 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ปาย และปายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 61.37 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ปาย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 94.40 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ปาย

จากภาพที่ 4.15-4.18 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงภายในชั้นส่วนรองแนวทแยง TLDM1 และ TLDM2 มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อปายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น แต่ชั้นส่วนรอง TRDM1 และ TRDM2 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงภายในชั้นส่วนกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและเริ่มคงที่เมื่อปายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น สาเหตุจากแผ่นปายโฆษณาเปลี่ยนแปลงจากพฤติกรรมการรับแรงลมแบบเยื้องศูนย์เป็นพฤติกรรม การรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ ดังแสดงตามพื้นที่แรเงาในภาพที่ 4.27-4.29 เสาด้านริมซ้าย จึงเกิดการบิดที่ลดน้อยลง แต่ยังคงเสียรูปในทิศทางปกติอยู่ ทำให้ชั้นส่วนรอง TLDM1 และ TLDM2 ซึ่งรับแรงบิดในเสาด้านริมซ้ายมีค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงที่ลดน้อยลง และชั้นส่วนรอง TRDM1 และ TRDM2 ซึ่งยังคงรับแรงในทิศทางปกติมีค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงเพิ่มขึ้นในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 4.19 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชั้นส่วนรอง TFHM

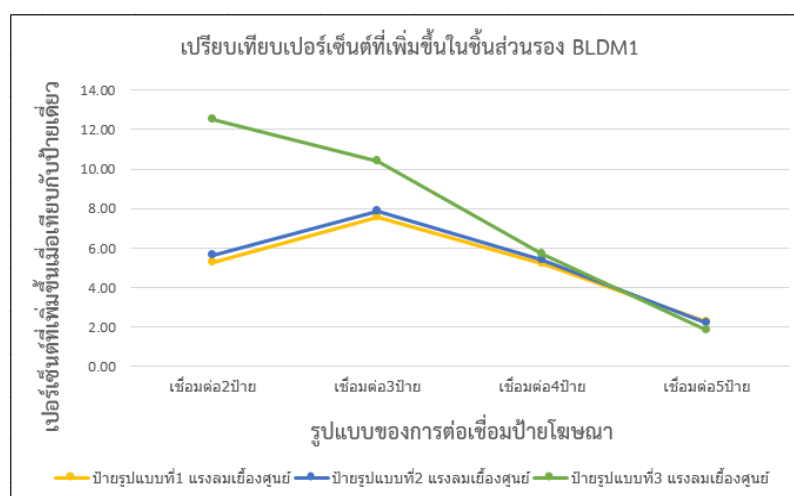
จากภาพที่ 4.19 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชั้นส่วนรอง TFHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Compression หรือ ชั้นส่วนรองในแนวนอนรับแรงอัดบริเวณหัวเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดียว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 32.04 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 58.09 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย, ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 49.44 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 94.83 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 50.13 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 82.47 เปอร์เซนต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย



ภาพที่ 4.20 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชั้นส่วนรอง TBHM

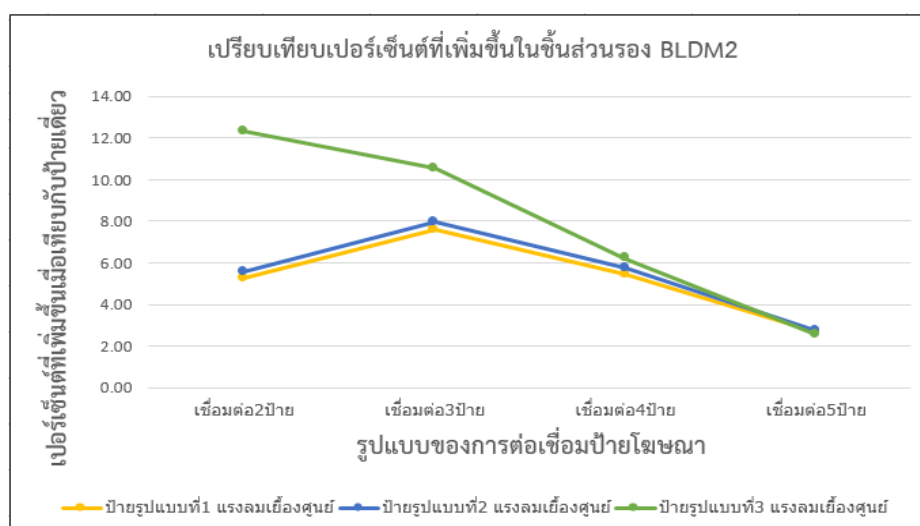
จากภาพที่ 4.20 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง TBHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Tension หรือชิ้นส่วนรองในแนวนอนรับแรงดึงบริเวณหัวเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 32.34 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 59.59 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย, ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 40.90 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 78.66 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 42.89 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 70.48 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย

จากภาพที่ 4.19 และ 4.20 พบว่ากลุ่มชิ้นส่วน Horizontal Member ได้แก่ TFHM และ TBHM ซึ่งเป็นชิ้นส่วนชิ้นส่วนรองในแนวนอนมีค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงภายในชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเริ่มคงที่เมื่อการต่อเชื่อมสูงสุดจำนวน 5 แผ่นป้าย สาเหตุจากเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อให้มีจำนวนมากขึ้น พื้นที่รับแรงลมแบบเยื้องศูนย์ในบริเวณขอบป้ายด้านซ้ายจึงมีขนาดกว้างขึ้นตามลำดับ ดังแสดงตามพื้นที่แรเงาในภาพที่ 4.27-4.29 ส่งผลให้พฤติกรรม การรับแรงลมของป้ายโฆษณาแผ่นซ้ายสุดเปลี่ยนแปลงจากการรับแรงลมแบบเยื้องศูนย์ เป็นพฤติกรรมการรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ และชิ้นส่วนรองในแนวนอนดังกล่าวเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ได้รับแรงกระทำจากการบิดของโครงสร้างเนื่องจากแรงลมแบบเยื้องศูนย์ ทำให้พฤติกรรม การรับแรงลมของชิ้นส่วนดังกล่าวได้รับเพียงผลกระทบจากแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอเท่านั้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับชิ้นส่วนหลักนั่นเอง โดยชิ้นส่วนรองในบริเวณหัวเสานี้เป็นอีกกลุ่มชิ้นส่วน ที่ควรพิจารณาและเฝ้าระวังถึงผลกระทบของแรงบิดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพฤติกรรมการรับแรงลม ของป้ายโฆษณาแผ่นซ้ายสุดที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากชิ้นส่วนของป้ายโฆษณาในบริเวณดังกล่าว หากได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแรงที่ไม่เพียงพอ แรงบิดที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มที่จะไม่สามารถ ส่งผ่านไปยังเสาได้และส่งผลให้เกิดการวิบัติในบริเวณนี้ก่อนเป็นอันดับแรก



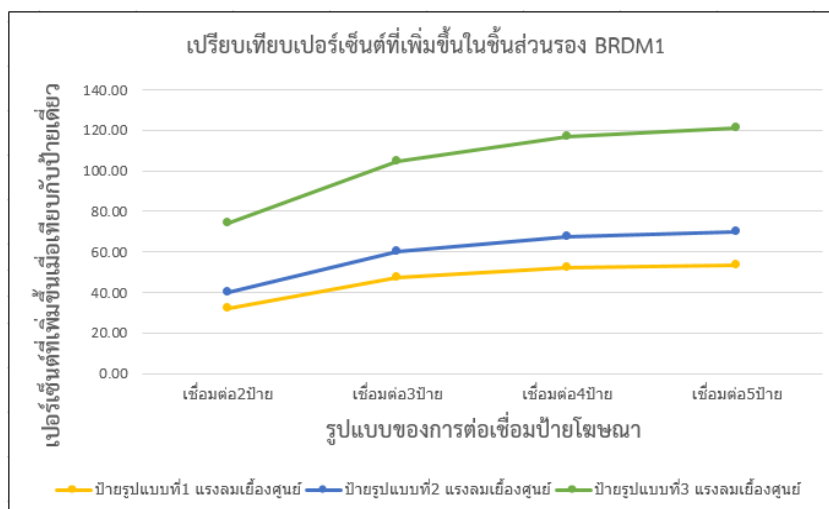
ภาพที่ 4.21 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BLDM1

จากภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง BLDM1 ซึ่งเป็น Diagonal Member Tension หรือชิ้นส่วนรองแนวทะแยงรับแรงดึงบริเวณฐานเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าลดลงเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและต่ำสุดเมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 7.58 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 2.28 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 7.89 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 2.19 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 12.50 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 1.81 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย



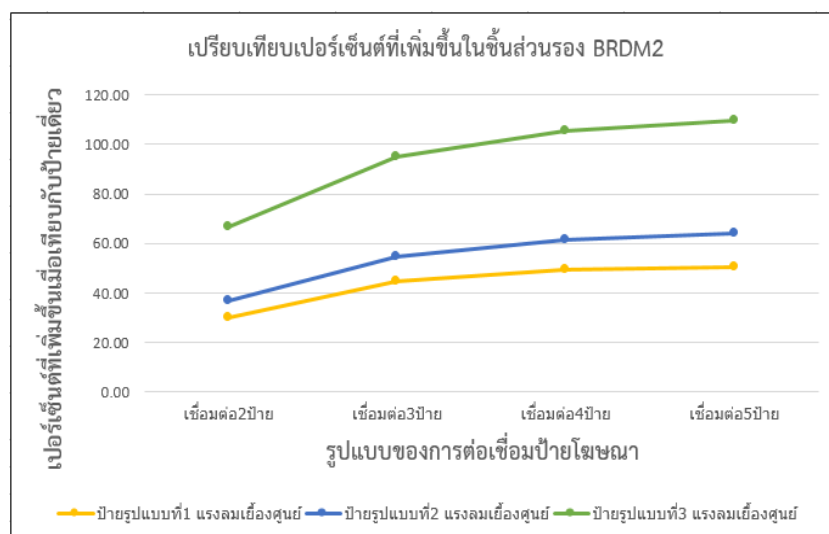
ภาพที่ 4.22 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BLDM2

จากภาพที่ 4.22 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง BLDM2 ซึ่งเป็น Diagonal Member Compression หรือชิ้นส่วนรองแนวทะแยงรับแรงอัดบริเวณฐานเสาเมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าลดลงเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและต่ำสุดเมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 7.61 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 2.70 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย, ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 7.94 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 3 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 2.76 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 12.33 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย แล้วลดลงต่ำสุดเท่ากับ 2.53 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย



ภาพที่ 4.23 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BRDM1

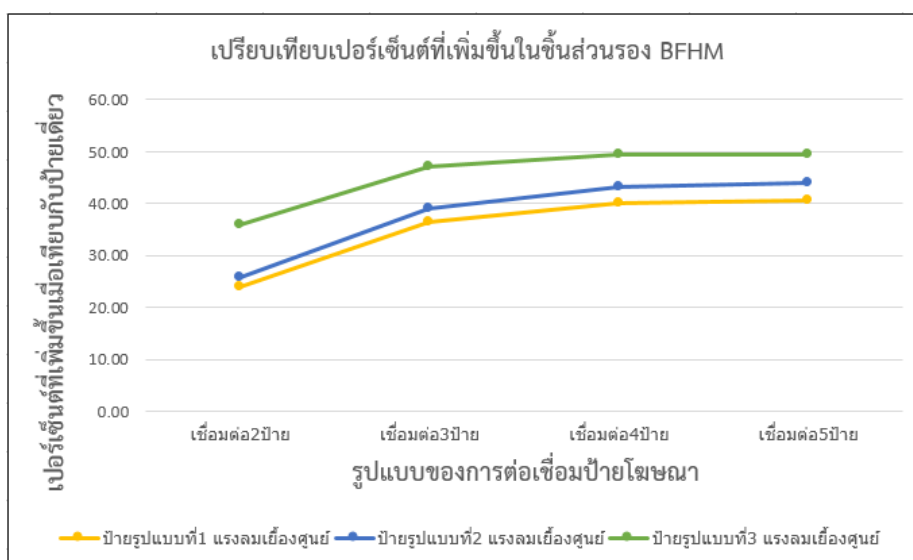
จากภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง BRDM1 ซึ่งเป็น Diagonal Member Tension หรือ ชิ้นส่วนรองแนวทะแยงรับแรงดึงบริเวณฐานเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 31.76 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 53.47 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย, ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 40.22 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 69.99 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 73.97 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 121.16 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย



ภาพที่ 4.24 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BRDM2

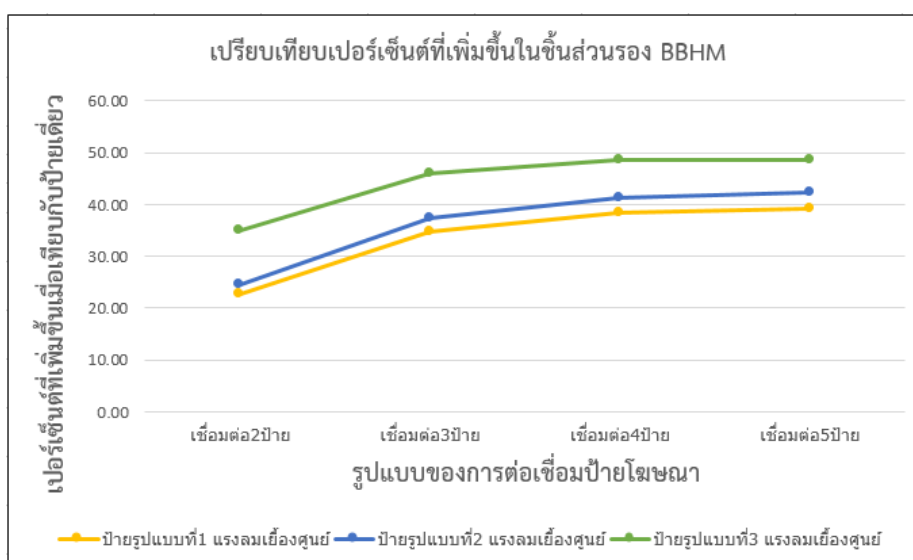
จากภาพที่ 4.24 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง BRDM2 ซึ่งเป็น Diagonal Member Compression หรือชิ้นส่วนรองแนวทแยงรับแรงอัดบริเวณฐานเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 29.84 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 50.35 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย, ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 36.68 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 63.97 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 66.92 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 109.40 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย

จากภาพที่ 4.21-4.24 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงภายในชิ้นส่วนรองแนวทแยง BLDM1 และ BLDM2 มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น แต่ชิ้นส่วนรอง BRDM1 และ BRDM2 ค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วนกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเริ่มคงที่เมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น สาเหตุจากแผ่นป้ายโฆษณาเปลี่ยนแปลงจากพฤติกรรมการรับแรงลมแบบเยื้องศูนย์เป็นพฤติกรรม การรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ ดังแสดงตามพื้นที่แรเงาในภาพที่ 4.27-4.29 เสาด้านริมซ้าย จึงเกิดการบิดที่ลดน้อยลงแต่ยังคงเสียรูปในทิศทางปกติอยู่ ทำให้ชิ้นส่วนรอง BLDM1 และ BLDM2 ซึ่งรับแรงบิดในเสาด้านริมซ้ายมีค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงที่ลดน้อยลง และชิ้นส่วนรอง BRDM1 และ BRDM2 ซึ่งยังคงรับแรงในทิศทางปกติมีค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงเพิ่มขึ้นในเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 4.25 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BFHM

จากภาพที่ 4.25 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง BFHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Compression หรือชิ้นส่วนรองในแนวนอนรับแรงอัดบริเวณฐานเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 23.98 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 40.66 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย, ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 25.78 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 43.98 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 35.95 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 49.45 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย

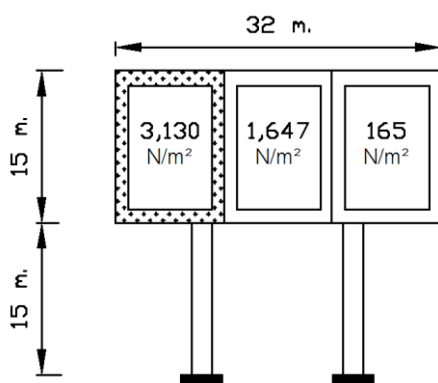


ภาพที่ 4.26 เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนรอง BBHM

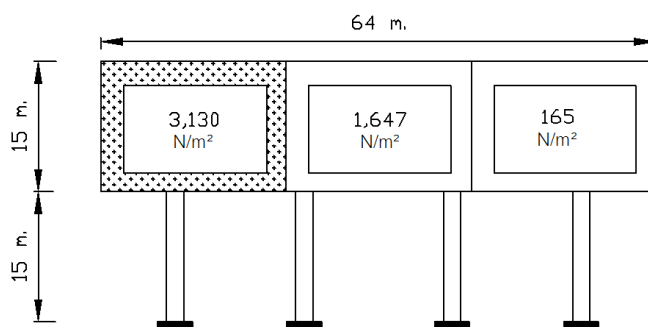
จากภาพที่ 4.26 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงในชิ้นส่วนรอง BBHM ซึ่งเป็น Horizontal Member Tension หรือ ชิ้นส่วนรองในแนวนอนรับแรงดึงบริเวณฐานเสา เมื่อได้รับการเชื่อมต่อเทียบกับป้ายเดี่ยว พบว่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อการเชื่อมสูงสุดที่ 5 ป้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้ ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 22.75 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 39.14 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย, ป้ายโฆษณารูปแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 24.46 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 42.28 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย และป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 34.91 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 2 ป้าย และเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 48.52 เปอร์เซ็นต์ ที่การเชื่อมต่อ 5 ป้าย

จากภาพที่ 4.25 และ 4.26 พบว่ากลุ่มชิ้นส่วน Horizontal Member ได้แก่ BFHM และ BBHM ซึ่งเป็นชิ้นส่วนชิ้นส่วนรองในแนวนอนมีค่าเปอร์เซ็นต์ของแรงภายในชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและเริ่มคงที่เมื่อการต่อเชื่อมสูงสุดจำนวน 5 แผ่นป้าย สาเหตุจากเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อให้มีจำนวนมากขึ้น พื้นที่รับแรงลมแบบเยื้องศูนย์ในบริเวณขอบป้ายด้านซ้ายจึงมีขนาดกว้างขึ้นตามลำดับ ดังแสดงตามพื้นที่แรงในภาพที่ 4.27-4.29 ส่งผลให้พฤติกรรมการรับแรงลมของป้ายโฆษณาแผ่นซ้ายสุดเปลี่ยนแปลงจากการรับแรงลมแบบเยื้องศูนย์เป็นพฤติกรรมการรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ และชิ้นส่วนรองในแนวนอนดังกล่าวเป็นชิ้นส่วนที่ไม่ได้รับแรงกระทำจากการบิดของโครงสร้างเนื่องจากแรงลมแบบเยื้องศูนย์ ทำให้พฤติกรรมการรับแรงลมของชิ้นส่วนดังกล่าวได้รับเพียงผลกระทบจากแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอเท่านั้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับชิ้นส่วนหลักนั่นเอง

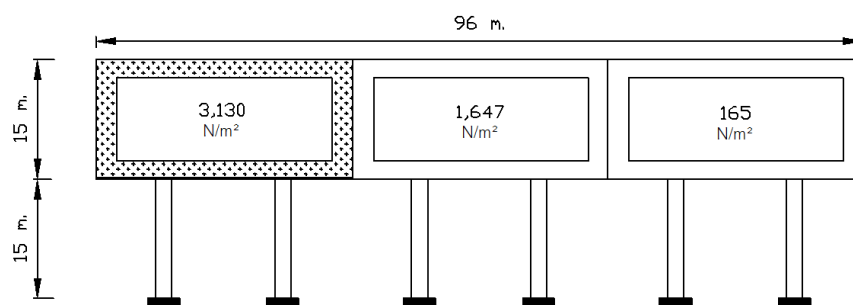
นอกจากนี้ ป้ายโฆษณาทั้ง 3 รูปแบบที่ได้รับการเชื่อมต่อให้มีความยาวมากขึ้นเมื่อวิเคราะห์ผลด้วยวิธี Stress Analysis พบว่าจำนวนชิ้นส่วนหลักและชิ้นส่วนรองของโครงสร้างป้ายโฆษณาที่ Over Stress มีปริมาณมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งอาจส่งผลให้ป้ายโฆษณาที่ได้รับการเชื่อมต่อนั้นมีความปลอดภัยที่ลดน้อยลง โดยสามารถระบุได้ด้วยแถบสีแดงที่ปรากฏบนชิ้นส่วนและจำนวนที่ปรากฏขึ้นบนแถบเมนู ดังแสดงภาพเพิ่มเติมในภาคผนวก ข.



ภาพที่ 4.27 แรงลมแบบเยื้องศูนย์กระทำกับป้ายเดี่ยว



ภาพที่ 4.28 แรงลมแบบเยื้องศูนย์กระทำกับป้ายเดี่ยวถูกเชื่อมต่อ 2 แผ่นป้าย

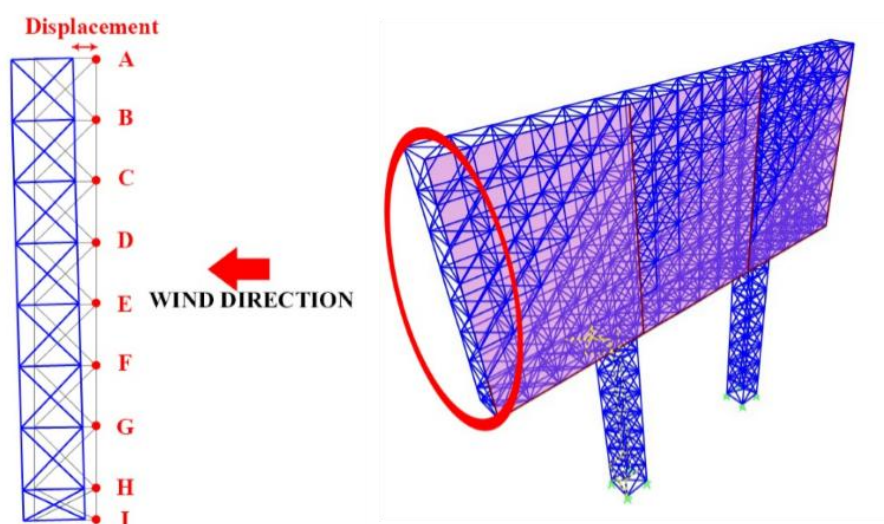


ภาพที่ 4.29 แรงลมแบบเยื้องศูนย์กระทำกับป้ายเดี่ยวถูกเชื่อมต่อ 3 แผ่นป้าย

4.3 การวิเคราะห์และผลการศึกษาค่าการเสียวรูปของโครงสร้างป้ายโฆษณา

4.3.1 นิยามตำแหน่งที่ทำการศึกษานาตขององค์อาคารที่ใช้ในการวิเคราะห์

เนื่องจากป้ายโฆษณาเป็นโครงสร้างที่มีความชะลูดของเสา (Slender Cloumn) ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดการเสียวรูปทางด้านข้างเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกคงที่มากกว่าโครงสร้างแบบปกติ จึงทำให้เกิดโมเมนต์อันดับสอง (Secondary Moment) ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงผลของแรงในแนวตั้ง หรือ P-Delta effect ซึ่งภายหลังจากการสร้างแบบจำลองพบว่าป้ายโฆษณา มีการเสียวรูปเพิ่มขึ้นตลอดความสูงของแผ่นป้าย โดยตำแหน่งของ Joint A ถึง Joint I ที่ได้ทำการศึกษา แสดงดังภาพที่ 4.30



ภาพที่ 4.30 ตำแหน่งที่พิจารณาการเสียวรูปของโครงสร้างป้ายโฆษณา

4.3.2 ผลการศึกษาค่าการเสียวรูปของโครงสร้างป้ายโฆษณา

จากการจำลองโครงสร้างป้ายโฆษณาทั้ง 3 รูปแบบ ดังตารางที่ 3.1 ได้แก่ ป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 15 เมตร ความสูงเสา 15 เมตร), ป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 2 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 12.5 เมตร ความสูงเสา 17.5 เมตร) และป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 10 เมตร ความสูงเสา 20 เมตร) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อป้ายโฆษณา

จำนวน 2, 3, 4 และ 5 แผ่นป้ายตามลำดับ โดยมีการวิเคราะห์รูปแบบของน้ำหนักบรรทุกทุกแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย และกรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์ เพื่อหาค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ดังแสดงในตารางที่ 4.7-4.12

ตารางที่ 4.7 ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย

JOINT	ค่าการเสียรูป (เซนติเมตร)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดียว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
A	15.71	15.94	16.00	16.00	15.99	1.50	1.90	1.86	1.81
B	14.35	14.57	14.62	14.62	14.61	1.52	1.91	1.87	1.82
C	12.99	13.19	13.24	13.23	13.23	1.56	1.94	1.88	1.84
D	11.63	11.82	11.86	11.85	11.85	1.60	1.97	1.90	1.85
E	10.27	10.44	10.48	10.47	10.46	1.65	2.00	1.93	1.88
F	8.91	9.07	9.10	9.09	9.08	1.71	2.05	1.96	1.90
G	7.56	7.69	7.72	7.71	7.70	1.80	2.11	2.00	1.94
H	6.20	6.32	6.34	6.33	6.33	1.92	2.20	2.06	1.99
I	5.53	5.64	5.65	5.64	5.64	2.01	2.27	2.10	2.03

ตารางที่ 4.8 ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์

JOINT	ค่าการเสียรูป (เซนติเมตร)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
A	25.38	29.42	31.49	31.82	31.67	15.92	24.07	25.37	24.79
B	23.62	27.14	28.94	29.18	29.00	14.92	22.55	23.56	22.80
C	21.85	24.86	26.40	26.54	26.33	13.78	20.81	21.48	20.52
D	20.07	22.57	23.84	23.90	23.66	12.44	18.79	19.07	17.88
E	18.29	20.27	21.29	21.25	20.99	10.87	16.41	16.23	14.76
F	16.50	17.98	18.73	18.61	18.31	8.96	13.53	12.79	10.99
G	14.72	15.69	16.18	15.97	15.64	6.60	9.96	8.52	6.30
H	12.94	13.41	13.64	13.34	12.98	3.59	5.39	3.06	0.31
I	12.06	12.27	12.37	12.03	11.65	1.74	2.58	-0.29	-3.38

ตารางที่ 4.9 ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย

JOINT	ค่าการเสียรูป (เซนติเมตร)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
A	16.08	17.01	17.10	17.10	17.09	5.80	6.36	6.37	6.31
B	14.67	15.52	15.60	15.60	15.60	5.84	6.41	6.40	6.37
C	13.25	14.03	14.11	14.11	14.10	5.89	6.46	6.45	6.38
D	11.84	12.55	12.61	12.61	12.60	5.95	6.52	6.50	6.41
E	10.43	11.06	11.12	11.11	11.11	6.03	6.60	6.56	6.55
F	9.01	9.57	9.62	9.61	9.61	6.14	6.71	6.65	6.63
G	7.60	8.08	8.12	8.11	8.11	6.29	6.85	6.77	6.73
H	7.25	7.70	7.75	7.74	7.73	6.33	6.90	6.81	6.69

ตารางที่ 4.10 ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลมหรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์

JOINT	ค่าการเสียรูป (เซนติเมตร)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
A	27.24	31.84	34.19	34.62	34.48	16.88	25.48	27.06	26.56
B	25.36	29.37	31.42	31.73	31.56	15.83	23.88	25.14	24.44
C	23.46	26.90	28.64	28.84	28.63	14.63	22.05	22.93	22.00
D	21.56	24.41	25.85	25.95	25.69	13.22	19.91	20.37	19.17
E	19.65	21.92	23.07	23.06	22.76	11.55	17.38	17.32	15.80
F	17.74	19.43	20.28	20.16	19.82	9.52	14.30	13.62	11.71
G	15.84	16.94	17.49	17.26	16.88	7.00	10.46	9.01	6.62
H	15.36	16.33	16.80	16.54	16.15	6.27	9.35	7.67	5.13

ตารางที่ 4.11 ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 กรณีแรงลมตั้งฉากสม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย

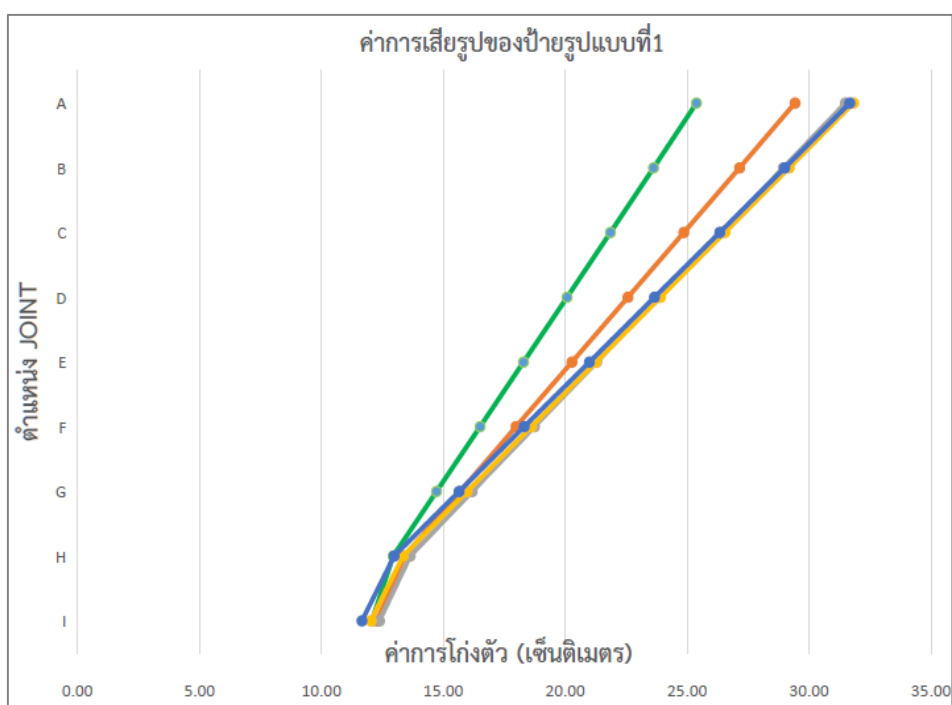
JOINT	ค่าการเสียรูป (เซนติเมตร)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
A	16.67	18.52	18.58	18.56	18.56	11.09	11.42	11.33	11.30
B	15.15	16.84	16.89	16.87	16.87	11.18	11.49	11.39	11.36
C	13.62	15.15	15.19	15.18	15.17	11.28	11.57	11.46	11.44
D	12.09	13.47	13.50	13.48	13.48	11.42	11.68	11.56	11.53
E	10.56	11.78	11.81	11.79	11.79	11.59	11.82	11.68	11.65
F	9.04	10.10	10.12	10.11	10.10	11.82	12.01	11.84	11.81

ตารางที่ 4.12 ค่าการเสียรูปของโครงสร้าง ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 กรณีขอบป้ายชี้เข้าหาลม หรือกรณีแรงลมเอียงศูนย์

JOINT	ค่าการเสียรูป (เซนติเมตร)					% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 2 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 3 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 4 ป้าย)	% เพิ่ม (เชื่อมต่อ 5 ป้าย)
	ป้ายเดี่ยว	เชื่อมต่อ 2 ป้าย	เชื่อมต่อ 3 ป้าย	เชื่อมต่อ 4 ป้าย	เชื่อมต่อ 5 ป้าย				
A	29.10	35.85	37.18	36.97	36.52	23.23	27.80	27.07	25.51
B	27.06	33.01	34.05	33.75	33.27	21.96	25.81	24.70	22.92
C	25.02	30.15	30.90	30.52	30.01	20.50	23.52	21.97	19.94
D	22.97	27.29	27.76	27.28	26.75	18.79	20.83	18.76	16.44
E	20.93	24.43	24.62	24.05	23.49	16.73	17.62	14.91	12.25
F	18.91	21.60	21.50	20.84	20.25	14.22	13.67	10.21	7.11

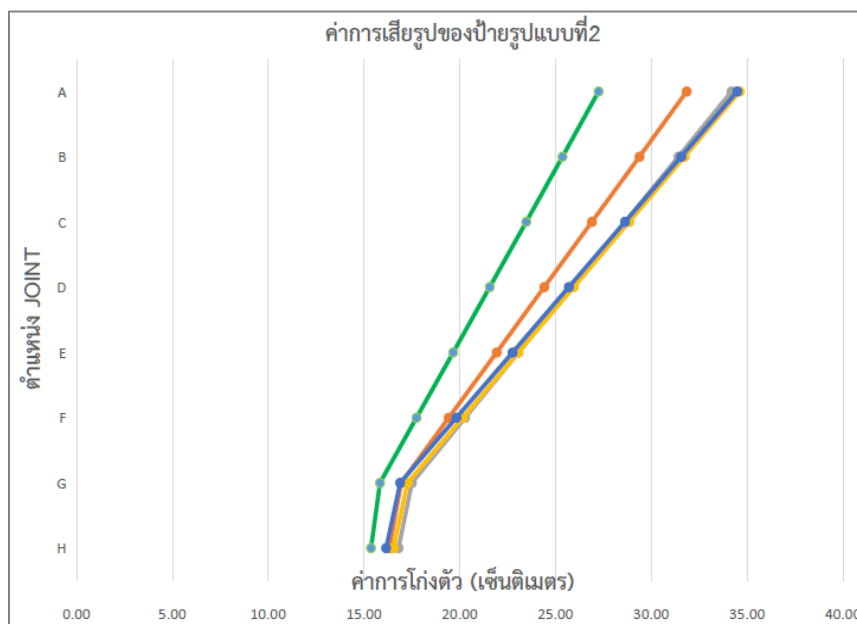
4.3.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการเสียรูปของแผ่นป้ายตลอดความสูง

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอเฉพาะผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการเสียรูปของแผ่นป้ายโฆษณากรณีแรงลมกระทำแบบเอียงศูนย์ในทุกกรณีของการต่อเชื่อมเท่านั้น เนื่องจากกรณีแรงลมตั้งฉากสมำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้าย มีค่าคงที่และใกล้เคียงกันในทุก ๆ การต่อเชื่อม



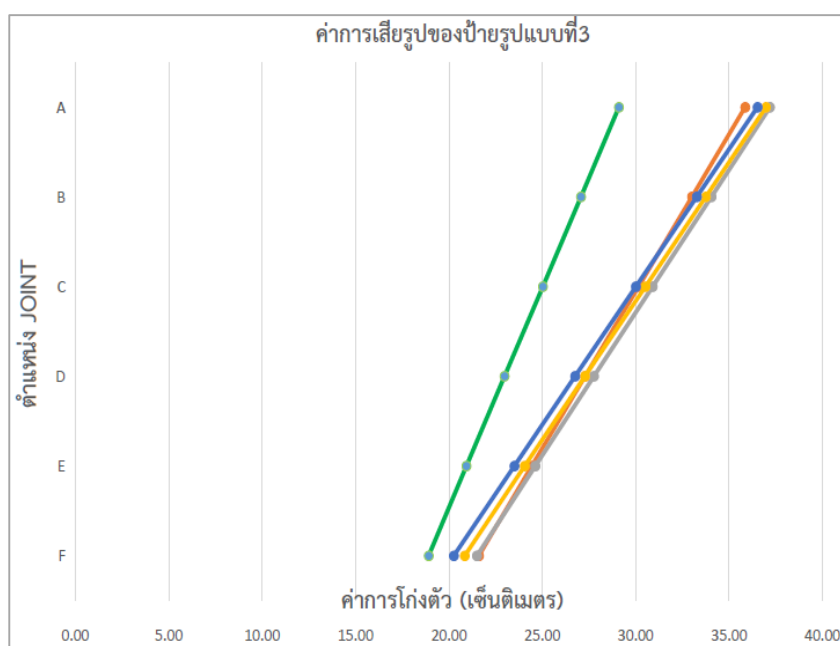
ภาพที่ 4.31 ค่าการเสียรูปของแผ่นป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 เมื่อเทียบกับป้ายเดี่ยว

จากภาพที่ 4.31 แสดงค่าการเสียรูปที่เพิ่มขึ้นของแผ่นป้ายโฆษณาตลอดความสูง พบว่าป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีการเสียรูปเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการต่อเชื่อมจำนวนมากขึ้น โดยการเสียรูปสูงสุดเกิดขึ้นที่ Joint A หรือ ตำแหน่งยอดป้าย โดยการเสียรูปดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวน 4 ป้าย มีค่าการเสียรูปเท่ากับ 31.82 เซนติเมตร หรือเท่ากับ 25.37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับป้ายเดี่ยว และเริ่มมีค่าคงที่เมื่อการต่อเชื่อมจำนวน 5 ป้าย



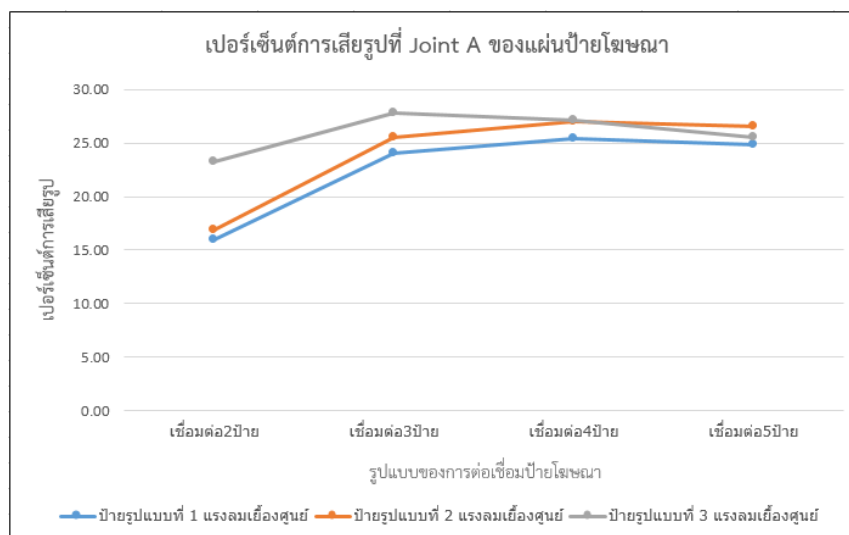
ภาพที่ 4.32 ค่าการเสียรูปของแผ่นปายไผ่แบบที่ 2 เมื่อเทียบกับปายเดี่ยว

จากภาพที่ 4.32 แสดงค่าการเสียรูปที่เพิ่มขึ้นของแผ่นปายไผ่ตลอดความสูงพบว่าปายไผ่แบบที่ 1 มีการเสียรูปเพิ่มขึ้นเมื่อปายไผ่ได้รับการต่อเชื่อมจำนวนมากขึ้น โดยการเสียรูปสูงสุดเกิดขึ้นที่ Joint A หรือ ตำแหน่งยอดปาย โดยการเสียรูปดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อปายไผ่ได้รับการเชื่อมต่อจำนวน 4 ปาย มีค่าการเสียรูปเท่ากับ 34.62 เซนติเมตร หรือเท่ากับ 27.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปายเดี่ยว และเริ่มมีค่าคงที่เมื่อการต่อเชื่อมจำนวน 5 ปาย



ภาพที่ 4.33 ค่าการเสียรูปของแผ่นปายไผ่แบบที่ 3 เมื่อเทียบกับปายเดี่ยว

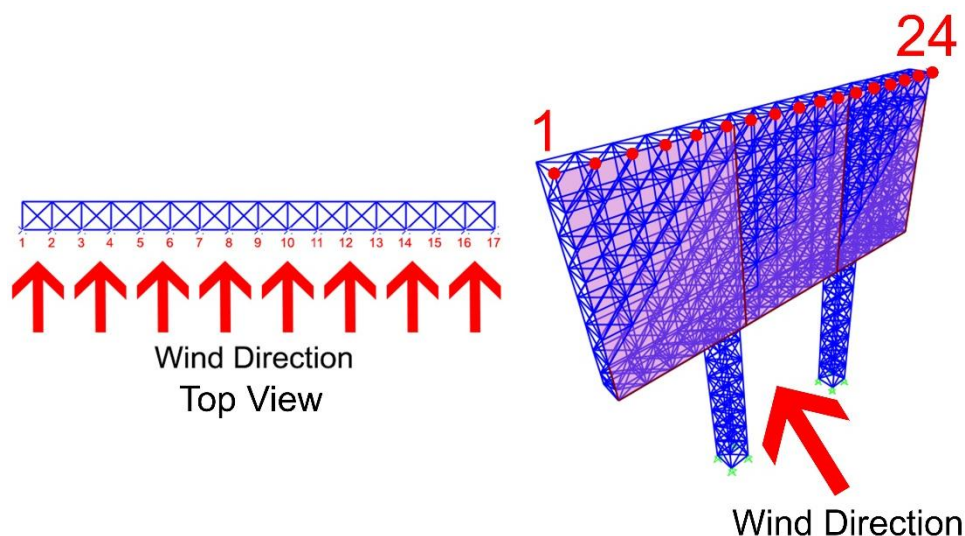
จากภาพที่ 4.33 แสดงค่าการเสียรูปที่เพิ่มขึ้นของแผ่นป้ายโฆษณาตลอดความสูงพบว่าป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 มีการเสียรูปเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการต่อเชื่อมจำนวนมากขึ้น โดยการเสียรูปสูงสุดเกิดขึ้นที่ Joint A หรือ ตำแหน่งยอดป้าย โดยการเสียรูปดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวน 3 ป้าย มีค่าการเสียรูปเท่ากับ 37.18 เซนติเมตร หรือเท่ากับ 27.80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับป้ายเดี่ยว และเริ่มมีค่าคงที่เมื่อการต่อเชื่อมจำนวน 5 ป้าย



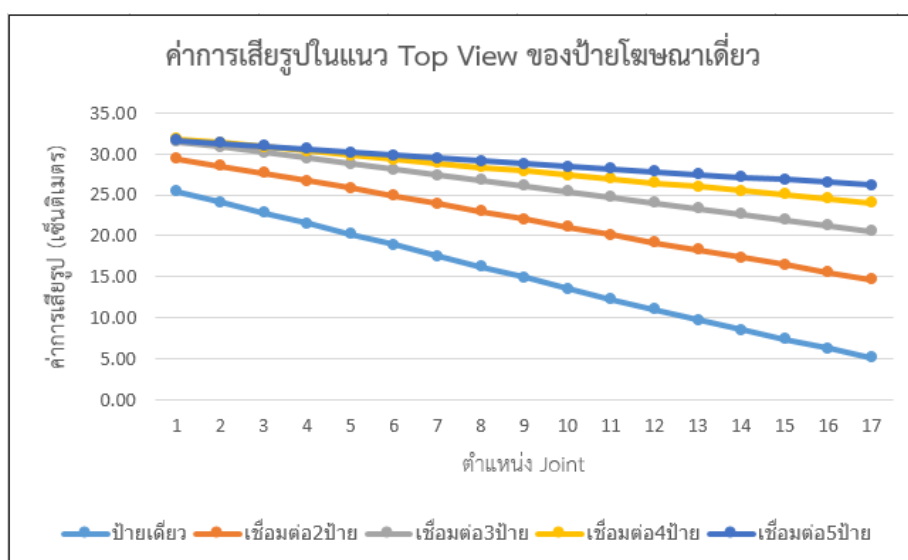
ภาพที่ 4.34 เปอร์เซ็นต์การเสียรูปที่ Joint A ของแผ่นป้ายโฆษณา

จากภาพที่ 4.34 แสดงเปอร์เซ็นต์การเสียรูปที่ Joint A ของแผ่นป้ายโฆษณาพบว่าป้ายโฆษณาทั้งสามรูปแบบมีการเสียรูปเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการต่อเชื่อมให้มีจำนวนมากขึ้นที่ Joint A หรือ ตำแหน่งยอดป้ายและเริ่มมีค่าคงที่เมื่อการต่อเชื่อมจำนวน 5 ป้าย สาเหตุจากพฤติกรรมการรับแรงลมของป้ายโฆษณาแผ่นซ้ายสุดเปลี่ยนแปลงจากการรับแรงลมแบบเบื้องต้นเป็นพฤติกรรมการรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 4.27-4.29 ทำให้เมื่อป้ายโฆษณาเมื่อได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น การบิดและการเสียรูปจึงมีค่าลดน้อยลงตามลำดับ

จากภาพที่ 4.31-4.33 เมื่อป้ายโฆษณาได้รับแรงลมกระทำแบบแบบเบื้องต้นพบว่าค่าการเสียรูปของแผ่นป้ายโฆษณาตลอดความสูงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้นและเริ่มคงที่เมื่อได้รับการเชื่อมต่อจำนวน 5 แผ่นป้าย สาเหตุจากเมื่อป้ายโฆษณาได้รับการเชื่อมต่อให้มีจำนวนมากขึ้น พื้นที่รับแรงลมแบบเบื้องต้นในบริเวณขอบป้ายด้านซ้ายจึงมีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับ ดังแสดงตามพื้นที่แรเงาในภาพที่ 4.27-4.29 ส่งผลให้พฤติกรรมการรับแรงลมของป้ายโฆษณาแผ่นซ้ายสุดเปลี่ยนแปลงจากการรับแรงลมแบบเบื้องต้นเป็นพฤติกรรมการรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ ทำให้เมื่อป้ายโฆษณาเมื่อได้รับการเชื่อมต่อจำนวนมากขึ้น การบิดและการเสียรูปของขอบแผ่นป้ายด้านซ้ายจึงมีค่าลดน้อยลงและเริ่มคงที่ดังแสดงเพิ่มเติมในภาพที่ 4.35-4.36 และในรูปภาคผนวก ค.



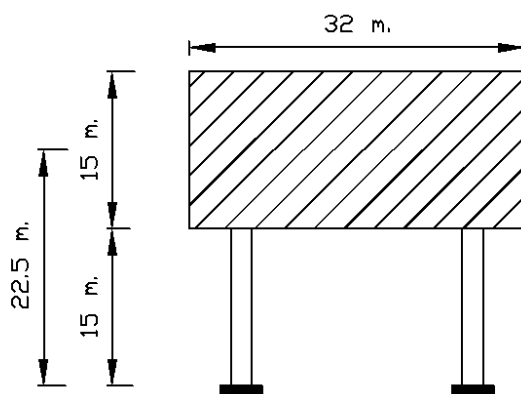
ภาพที่ 4.35 ตำแหน่งการเสียรูปในแนว Top View ของแผ่นป้ายโฆษณา



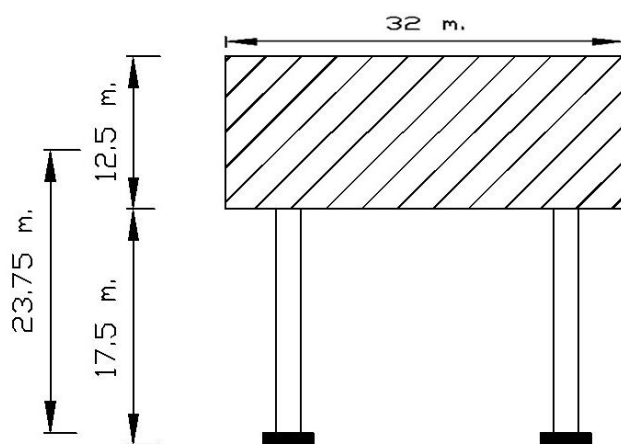
ภาพที่ 4.36 ค่าการเสียรูปในแนว Top View ของแผ่นป้ายโฆษณา

4.4 การวิเคราะห์ผลกระทบของจุด Center of Gravity ที่มีต่อโครงสร้างป้ายโฆษณา

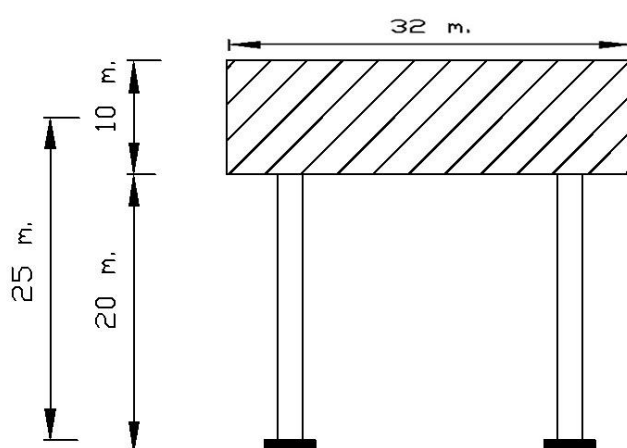
เนื่องจากป้ายโฆษณาที่ใช้ในการศึกษามีด้วยกันทั้งสิ้น 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 4.37-4.39 โดยป้ายโฆษณาในแต่ละรูปแบบมีขนาดของความสูงป้ายและขนาดความสูงเสาแตกต่างกัน โดยจากผลการวิเคราะห์ พบว่าความชะลุดของเสา (Slender Column) แปรผันตามจุด Center of Gravity ของแผ่นป้ายโฆษณา ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อพฤติกรรมการรับแรงลมของโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไป



ภาพที่ 4.37 Center of Gravity ของป้ายโฆษณาแบบที่ 1



ภาพที่ 4.38 Center of Gravity ของป้ายโฆษณาแบบที่ 2



ภาพที่ 4.39 Center of Gravity ของป้ายโฆษณาแบบที่ 3

จากผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มหรือลดของแรงในชิ้นส่วนหลัก ชิ้นส่วนรอง รวมถึงผลการวิเคราะห์ค่าการเสถียรของโครงสร้างป้ายโฆษณา พบว่าป้ายโฆษณาแบบที่ 3

(ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 10 เมตร ความสูงเสา 20 เมตร) เป็นป้ายโฆษณาที่มีผลการตอบสนองทางโครงสร้างเนื่องจากแรงลมสูงสุด ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 12.5 เมตร ความสูงเสา 17.5 เมตร) เป็นป้ายโฆษณาที่มีผลการตอบสนองทางโครงสร้างเนื่องจากแรงลมในระดับปานกลาง และ ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (ป้ายโฆษณาที่มีความสูงแผ่นป้าย 15 เมตร ความสูงเสา 15 เมตร) เป็นป้ายโฆษณาที่มีผลการตอบสนองทางโครงสร้างเนื่องจากแรงลมในระดับต่ำสุด เนื่องจากป้ายโฆษณาในรูปแบบที่ 3 แม้ว่าจะมีขนาดของพื้นที่รับแรงลมที่น้อยที่สุด แต่เป็นป้ายโฆษณาที่มีจุด Center of Gravity ของแรงกระทำอยู่ในตำแหน่งสูงสุด โดยในที่นี่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 25 เมตร มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วน รวมถึงค่าการเสียรูปของโครงสร้างป้ายโฆษณามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.1-4.12

4.5 สรุป

จากผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นในโครงสร้างป้ายโฆษณา และผลเนื่องจากการเสียรูปของแผ่นป้ายที่เกิดขึ้นทำให้ทราบถึงผลของแรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณาตาม มยผ. 1311-50 และผลการตอบสนองทางโครงสร้างที่เปลี่ยนไปจากป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบเป็นป้ายเดี่ยว แต่ถูกนำมาก่อสร้างเป็นป้ายโฆษณาแบบต่อเนื่องหลายป้ายติดกัน ซึ่งจะนำไปสู่บทสรุปถึงที่จะกล่าวในบทต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเสียรูป และผลของแรงที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ถูกเชื่อมต่อ ทำให้ทราบถึงวิเคราะห์แรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณาตาม มยผ. 1311-50 และผลการตอบสนองทางโครงสร้างที่เปลี่ยนไปจากป้ายโฆษณาที่ได้รับการออกแบบเป็นป้ายเดี่ยวแต่ถูกนำมาก่อสร้างเป็นป้ายโฆษณาแบบต่อเนื่องหลายป้ายติดกัน โดยผลการศึกษาภายใต้ขอบข่ายของการทดสอบและวิเคราะห์ผล สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ป้ายโฆษณาที่ได้รับการต่อเชื่อมจำนวน 2-5 แผ่นป้าย ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของแรงภายในชิ้นส่วนหลักเมื่อเทียบกับป้ายเดี่ยวเพิ่มมากขึ้นในช่วงร้อยละ 24-50

5.1.2 เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วนหลักดังข้อที่ 1 เกิดขึ้นสูงสุดกรณีของป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 ซึ่งเป็นป้ายโฆษณาที่มีจุด Center of Gravity สูงสุด แต่มีพื้นที่รับแรงน้อยสุด โดยเกิดขึ้นในช่วง 36-50 เปอร์เซ็นต์ และเกิดขึ้นต่ำสุดในกรณีของป้ายโฆษณารูปแบบที่ 1 ซึ่งเป็นป้ายโฆษณาที่มีจุด Center of Gravity ต่ำสุด แต่มีพื้นที่รับแรงมากที่สุด โดยเกิดขึ้นในช่วง 24-41 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 ผลของการบิดเนื่องจากแรงลมที่กระทำแบบเอียงศูนย์ส่งผลต่อโครงสร้างโดยรวมที่มีค่า Lateral Stiffness Torsion Axial ต่ำกว่าซึ่งในที่นี้คือป้ายโฆษณาที่มีจุด Center of Gravity ของแรงกระทำอยู่ในตำแหน่งสูงสุด หรือป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 ที่มีความยาวของเสาสูงสุด ด้วยเหตุนี้ เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วนหลัก และชิ้นส่วนรองของป้ายป้ายโฆษณารูปแบบที่ 3 จึงมีค่าสูงกว่าป้ายโฆษณารูปแบบอื่น ๆ ในทุก ๆ กรณีของการเชื่อมต่อ

5.1.4 กรณีชิ้นส่วนรอง เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วนมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงในเวลาเดียวกัน เนื่องจากป้ายโฆษณามีพฤติกรรมการรับแรงลมที่เปลี่ยนแปลงจากแบบเอียงศูนย์เป็นพฤติกรรมการรับแรงลมแบบกระจายสม่ำเสมอ ทำให้ผลกระทบเนื่องจากการบิดของชิ้นส่วนรองภายในเสาลดน้อยลง

5.1.5 เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของแรงภายในชิ้นส่วนหลัก และชิ้นส่วนรองมีแนวโน้มคงที่เมื่อการเชื่อมต่อจำนวน 4-5 แผ่นป้าย ด้วยเหตุนี้ป้ายโฆษณาที่ได้รับการต่อเชื่อมจำนวนมากกว่า 5 แผ่นป้ายขึ้นไป เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

จากผลการศึกษาและบทสรุปที่ได้ทำให้ทราบแนวทางข้อเสนอแนะการศึกษาพฤติกรรม การเสียรูปและผลของแรงที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้างป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ถูกเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 หากมีการศึกษาถึงพฤติกรรมในโครงสร้างเหล็กของป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ที่ถูกเชื่อมต่อกันให้สามารถสะท้อนสภาพของความเป็นจริง ทางผู้ศึกษาควรที่จะพิจารณาในเรื่องของรายละเอียดในที่เกี่ยวข้องกับรอยเชื่อมของโครงสร้างเหล็ก และฐานรองรับโครงสร้างป้ายโฆษณาที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กไปด้วย

5.2.2 ในปัจจุบันป้ายโฆษณาขนาดใหญ่มีการติดตั้งจอภาพ LCD ร่วมด้วย ทางผู้ศึกษาควรพิจารณาในเรื่องของน้ำหนักบรรทุกคงถาวรที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองสามารถสะท้อนสภาพของความเป็นจริงได้สูงสุด

5.2.3 ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่สามารถออกแบบได้โดยพิจารณาแรงลมแบบเอียงศูนย์หรือแรงลมแบบไม่สม่ำเสมอเท่ากันทั้งแผ่นป้ายเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอ เนื่องจากแรงลมกระทำแบบตั้งฉากมีค่าน้อยกว่าแรงลมแบบเอียงศูนย์มากถึง 90 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กรมโยธาธิการและผังเมือง. **มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร**.
มยผ. 1311-50, 2550.
- กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งที่สูงขึ้นสำหรับติดตั้งป้ายตามกฎหมายว่าด้วย
การควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558. **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 132 ตอนที่ 33 ก.
น. 19-29. 24 เมษายน, 2558.
- กฎกระทรวง (ฉบับที่ 6) พ.ศ. 2527 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522.
ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 101 ตอนที่ 143. น. 36-37. 11 ตุลาคม, 2527.
- กฎกระทรวง (ฉบับที่ 55) พ.ศ. 2543 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522.
ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 117 ตอนที่ 75. น. 3-4. 7 สิงหาคม, 2543.
- นพรุจ กาญจนไตรทศ. **การศึกษาการออกแบบโครงสร้างป้ายโฆษณาโดยวิธีกำลังที่ยอมให้
ปี ค.ศ. 2010 เปรียบเทียบกับวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ ปี ค.ศ. 1989**. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2556.
เป็นหนึ่งใน วิณิชชัย. “ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ ถึงออกแบบก่อสร้างถูกต้องตามกฎหมาย
ก็อาจคว่ำได้”, **โยธาสาร วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์**.
15(1): 22-24; มกราคม-กุมภาพันธ์, 2546.
- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 96 ตอนที่ 80. น. 1-2.
14 พฤษภาคม, 2522.
- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535. **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 109 ตอนที่ 39.
น. 1-20. 6 เมษายน, 2535.
- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550. **ราชกิจจานุเบกษา**. เล่ม 1024 ตอนที่ 68 ก.
น. 1-3. 16 ตุลาคม, 2550.
- พิรภาพ เหมปรัชญกุล. **การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างป้ายโฆษณา เมื่อใช้หน่วยแรงลม
ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครกับมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ, 2552.
- วรรณรดา อิทธิไชโย และนเรศ ลิ้มสัมพันธุ์เจริญ. “วิธีความเชื่อถือได้ในการวิเคราะห์และออกแบบ
โครงสร้างป้ายโฆษณาต้านทานแรงลม”, ใน **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ
ครั้งที่ 21**. น. 186-192. สงขลา: โรงแรม บีพี สมิหลา บีช สงขลา, 2559.
- สุวรรณสาม ศิริวิเชยร. **แรงลมสำหรับการออกแบบป้ายโฆษณา**. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2546.
- American Institute of Steel Construction (AISC) (a). **Specification for Structural
Steel Building**. ANSI/AISC 360-10, 2010.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- American Institute of Steel Construction (AISC) (b). **Manual of Steel Construction (Allowable Stress Design and Plastic Design)**. 9th ed. Illinois: American Institute of steel Construction, 1989.
- Computers and Structures, Inc. “P-Delta effect”, **CSI Knowledge Base**.
<https://wiki.csiamerica.com/display/kb/P-Delta+effect>. 15 May, 2013.
- Delong Zuo, Douglas A. Smith and Kishor C. Mehta. “Experimental study of wind loading rectangular sign structure”, **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**. 130: 62-74; July, 2014.
- Douglas A. Smith, Delong Zuo and Kishor C. Mehta. “Characteristic of wind induced net force and torque on a rectangular sign measured in the field”,
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 133: 80-91; October, 2014.
- Dahai Wang and et al. “Wind load characteristics of large billboard structures with two-plate and three-plate configuration”, **Wind and Structures An International Journal**. 22(6): 703-721; June, 2016.
- Manasa C.K. and Manjula Rani P. “Effect of Wind Load on Tall R C Buildings By P-Delta Analysis”, in **The Proceedings of International Conference on Current Trends in Engineering, Science and Technology (ICCTEST)**. p. 1244-1251. India: Bangalore, 2017.
- Ziauddin, S.M. “Wind-induced dynamic response of large billboard structures”, **WIE Wind Engineering**. In **The 14th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-14)**. p. 2053-2060. Vietnam: Ho Chi Min City, 2016.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพแสดงขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้างป้ายโฆษณา

ภาพแสดงขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้างป้ายโฆษณา ดังนี้

Section Name H400X400(3) **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside height (t3)	400.
Top flange width (t2)	400.
Top flange thickness (tf)	18.
Web thickness (tw)	18.
Bottom flange width (t2b)	400.
Bottom flange thickness (tfb)	18.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section

Properties Section Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.1 ชิ้นส่วนหลัก (Main Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1

Section Name C125X65 **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)	125.
Outside flange width (t2)	65.
Flange thickness (tf)	8.
Web thickness (tw)	6.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section

Properties Section Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.2 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณเสา (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1

Section Name C150x75(1) **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)	150.
Outside flange width (t2)	75.
Flange thickness (tf)	10.
Web thickness (tw)	6.5

Section

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.3 ชิ้นส่วนรองในทะแยงบริเวณเสา (Diagonal Secondary Member) ของโครงสร้าง
ป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1

Section Name C100x50 **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)	100.
Outside flange width (t2)	50.
Flange thickness (tf)	7.5
Web thickness (tw)	5.

Section

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.4 ชิ้นส่วนรองในแนวตั้งบริเวณป้าย (Vertical Secondary Member) ของโครงสร้าง
ป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1

Section Name C100x50 **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside flange width (t2)

Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section

Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.5 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณป้าย (Horizontal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1

Section Name C150x75(1) **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside flange width (t2)

Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section

Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.6 ชิ้นส่วนรองในแนวทะแยงบริเวณป้าย (Digonal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 1

Section Name H350X350(4) **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

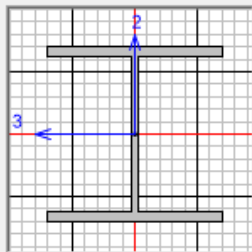
Dimensions

Outside height (t3)	350.
Top flange width (t2)	350.
Top flange thickness (tf)	19.
Web thickness (tw)	12.
Bottom flange width (t2b)	350.
Bottom flange thickness (tfb)	19.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.7 ชิ้นส่วนหลัก (Main Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 2

Section Name C125X65 **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

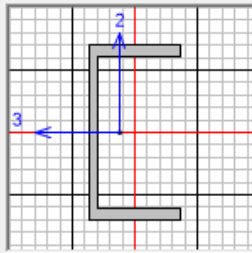
Dimensions

Outside depth (t3)	125.
Outside flange width (t2)	65.
Flange thickness (tf)	8.
Web thickness (tw)	6.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.8 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณเสา (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 2

Section Name C150x75(1) **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

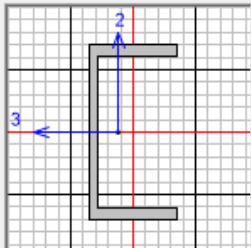
Dimensions

Outside depth (t3)	150.
Outside flange width (t2)	75.
Flange thickness (tf)	10.
Web thickness (tw)	6.5

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.9 ชิ้นส่วนรองในทะแยงบริเวณเสา (Diagonal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 2

Section Name C100x50 **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

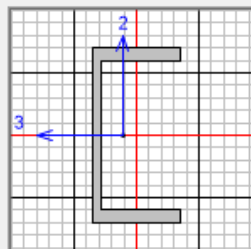
Dimensions

Outside depth (t3)	100.
Outside flange width (t2)	50.
Flange thickness (tf)	7.5
Web thickness (tw)	5.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.10 ชิ้นส่วนรองในแนวตั้งบริเวณป้าย (Vertical Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 2

Section Name C100x50 **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside flange width (t2)

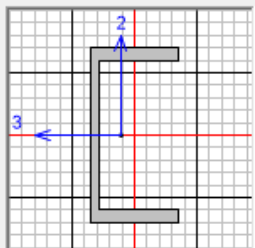
Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Material + ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.11 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณป้าย (Horizontal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 2

Section Name C150x75(1) **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside flange width (t2)

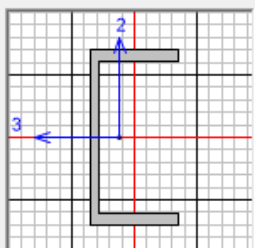
Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Material + ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.12 ชิ้นส่วนรองในแนวทะแยงบริเวณป้าย (Digonal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 2

Section Name H350X350(2) **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

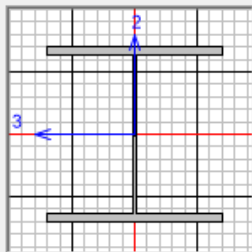
Dimensions

Outside height (t3)	350.
Top flange width (t2)	350.
Top flange thickness (tf)	16.
Web thickness (tw)	10.
Bottom flange width (t2b)	350.
Bottom flange thickness (tfb)	16.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.13 ชิ้นส่วนหลัก (Main Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3

Section Name C125X65 **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

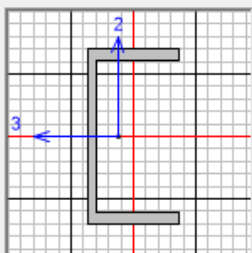
Dimensions

Outside depth (t3)	125.
Outside flange width (t2)	65.
Flange thickness (tf)	8.
Web thickness (tw)	6.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.14 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณเสา (Horizontal Secondary Member) ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3

Section Name C150x75(1) **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

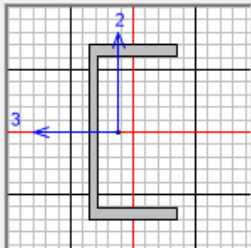
Dimensions

Outside depth (t3)	150.
Outside flange width (t2)	75.
Flange thickness (tf)	10.
Web thickness (tw)	6.5

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.15 ชิ้นส่วนรองในทะแยงบริเวณเสา (Diagonal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3

Section Name C150x75(2) **Display Color**

Section Notes Modify/Show Notes...

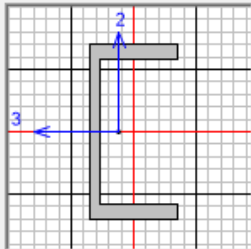
Dimensions

Outside depth (t3)	150.
Outside flange width (t2)	75.
Flange thickness (tf)	12.5
Web thickness (tw)	9.

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.16 ชิ้นส่วนรองในแนวตั้งบริเวณป้าย (Vertical Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3

Section Name C150x75(2) **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside flange width (t2)

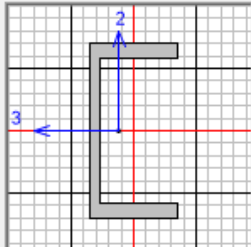
Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

ภาพที่ ก.17 ชิ้นส่วนรองในแนวนอนบริเวณป้าย (Horizontal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3

Section Name C125X65 **Display Color** ■

Section Notes Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside flange width (t2)

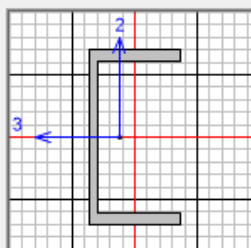
Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Material + Fy2400 ▼

Property Modifiers Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

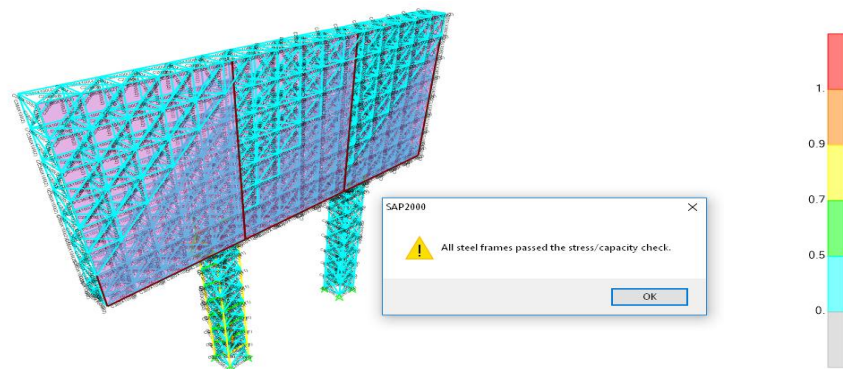
Time Dependent Properties...

OK Cancel

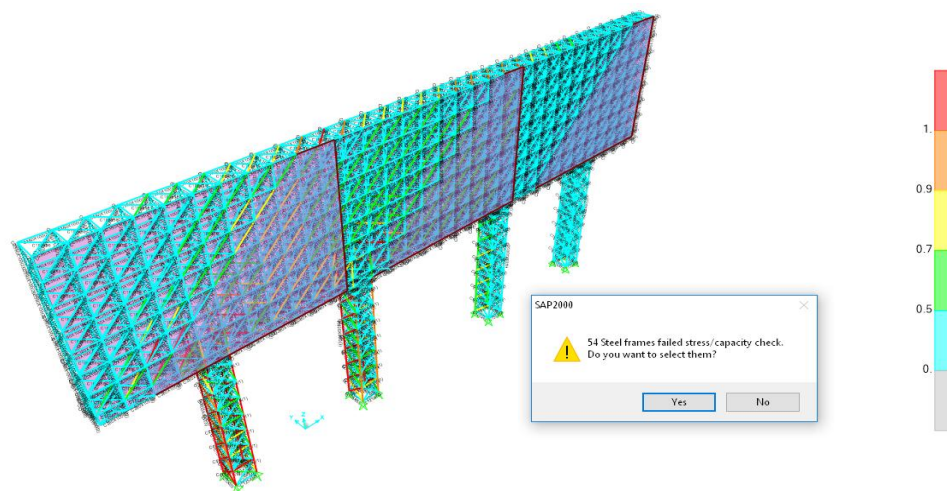
ภาพที่ ก.18 ชิ้นส่วนรองในแนวทะแยงบริเวณป้าย (Digonal Secondary Member)
ของโครงสร้างป้ายโฆษณา รูปแบบที่ 3

ภาคผนวก ข

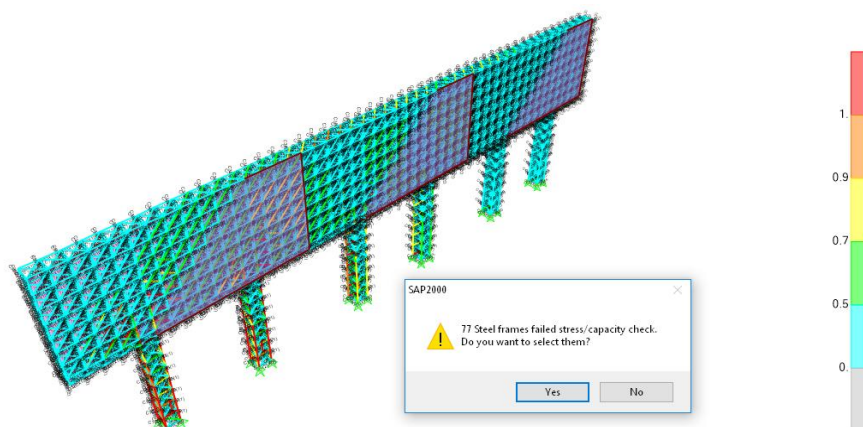
ภาพแสดงชั้นส่วนหลัก และชั้นนส่วนรองของโครงสร้างป้ายโฆษณาที่ Over Stress



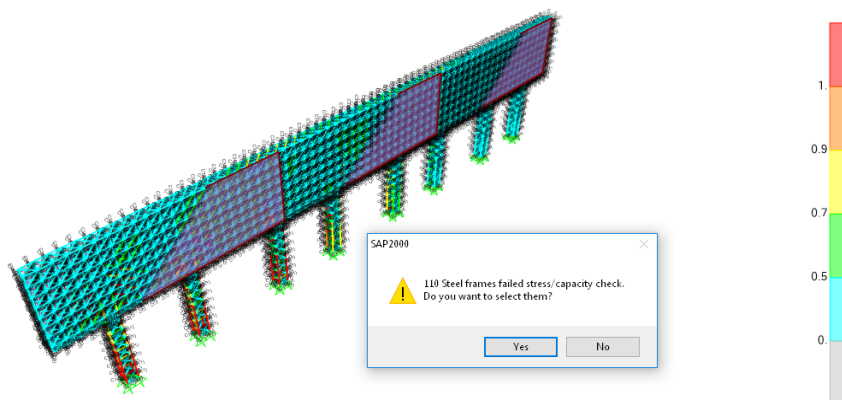
ภาพที่ ข.1 ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (ป้ายเดี่ยว) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 0 ชิ้น



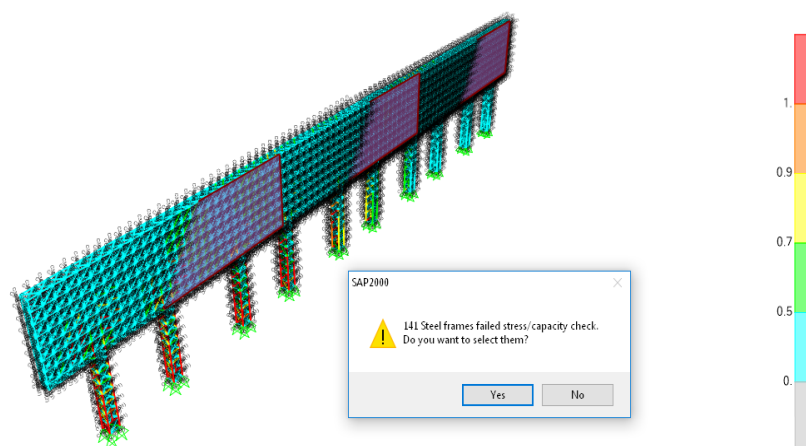
ภาพที่ ข.2 ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 2 ป้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 54 ชิ้น



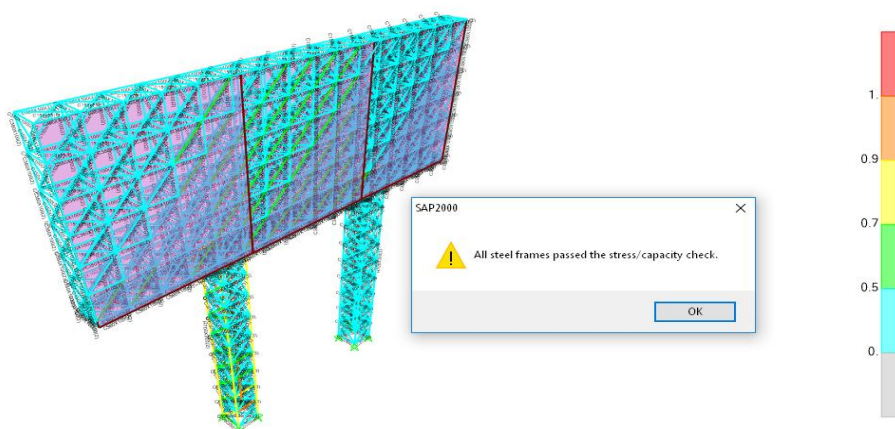
ภาพที่ ข.3 ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 3 ป้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 77 ชิ้น



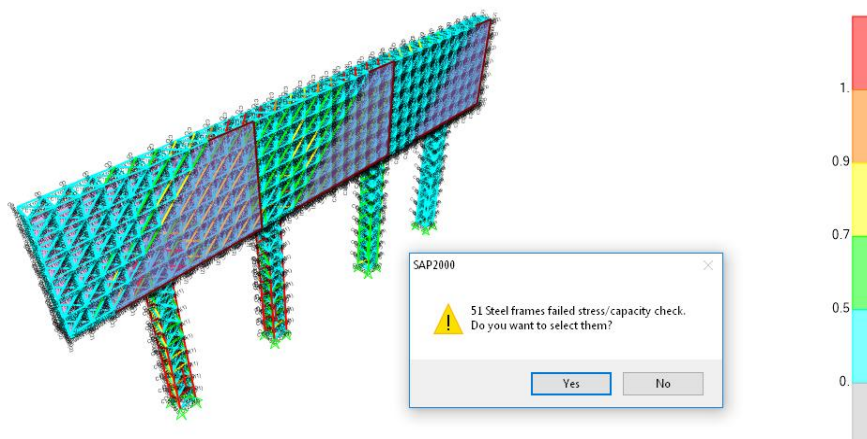
ภาพที่ ข.4 ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 4 ป้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 110 ชิ้น



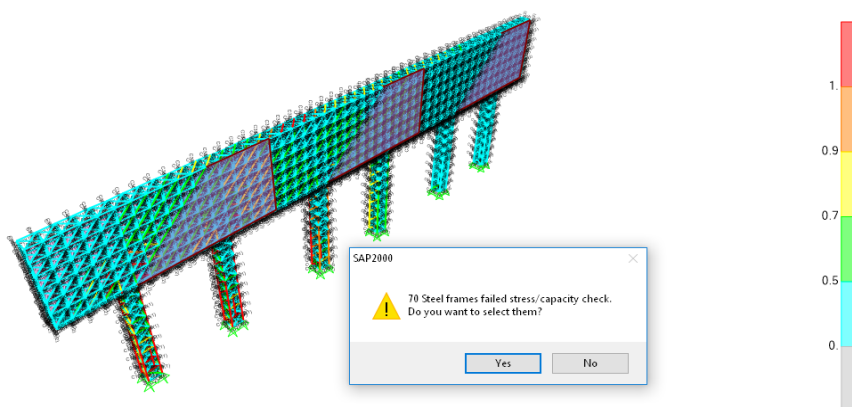
ภาพที่ ข.5 ป้ายโฆษณาแบบที่ 1 (เชื่อมต่อ 5 ป้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 141 ชิ้น



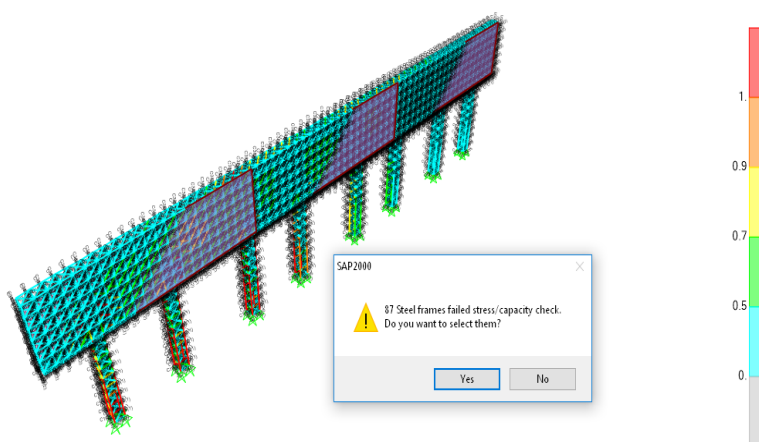
ภาพที่ ข.6 ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (ป้ายเดี่ยว) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 0 ชิ้น



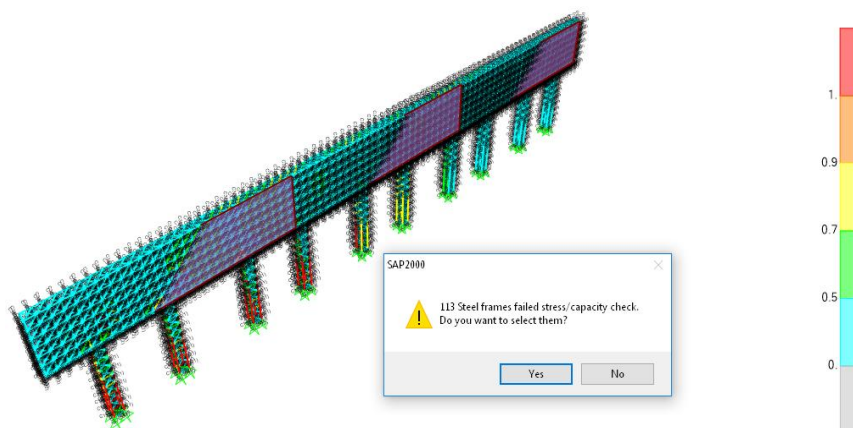
ภาพที่ ข.7 ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 2 บ้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 51 ชิ้น



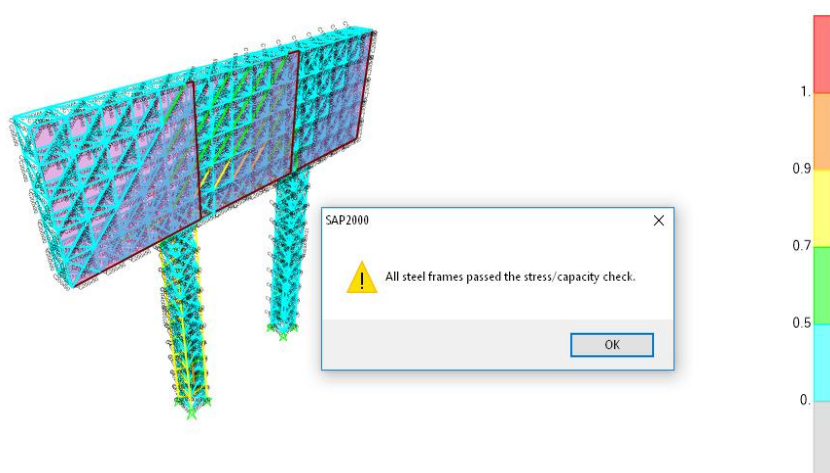
ภาพที่ ข.8 ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 3 บ้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 70 ชิ้น



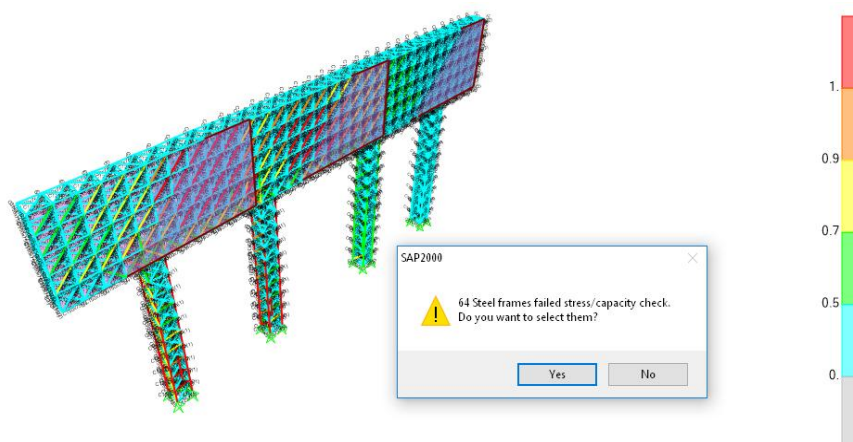
ภาพที่ ข.9 ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 4 บ้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 87 ชิ้น



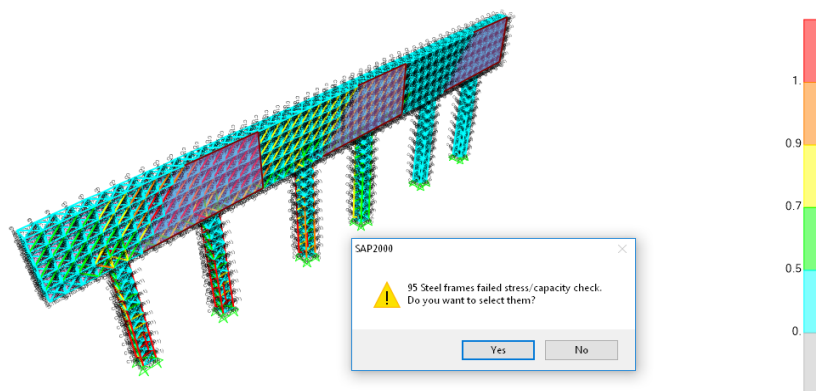
ภาพที่ ข.10 ป้ายโฆษณาแบบที่ 2 (เชื่อมต่อ 5 ป้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 113 ชิ้น



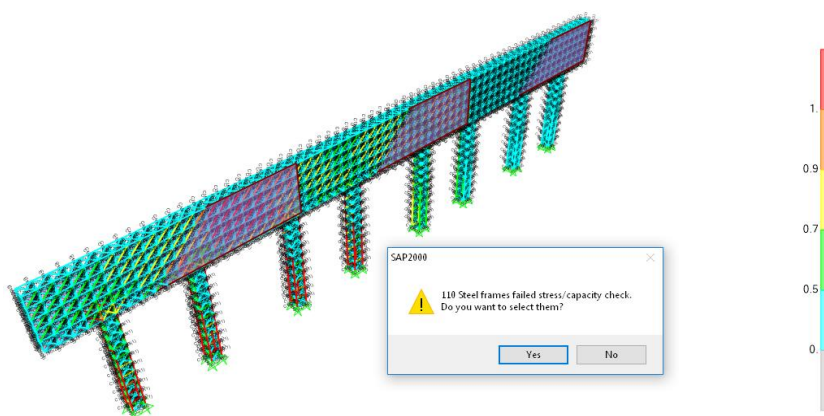
ภาพที่ ข.11 ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (ป้ายเดี่ยว) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 0 ชิ้น



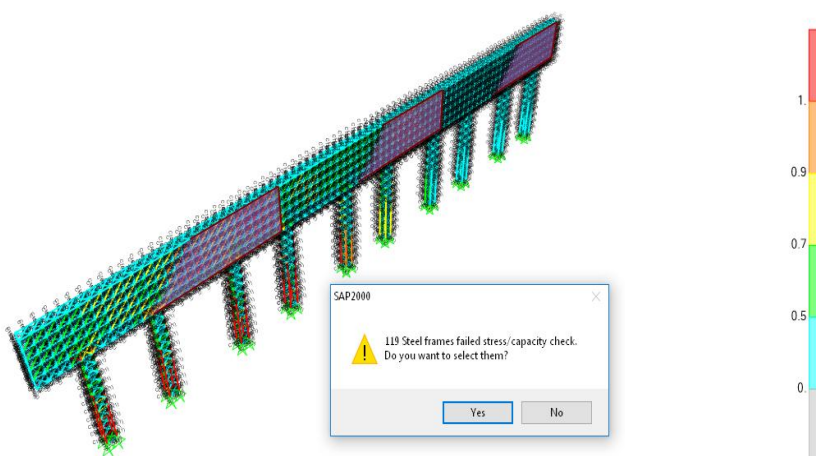
ภาพที่ ข.12 ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 2 ป้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 64 ชิ้น



ภาพที่ ข.13 ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 3 บ้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 95 ชิ้น

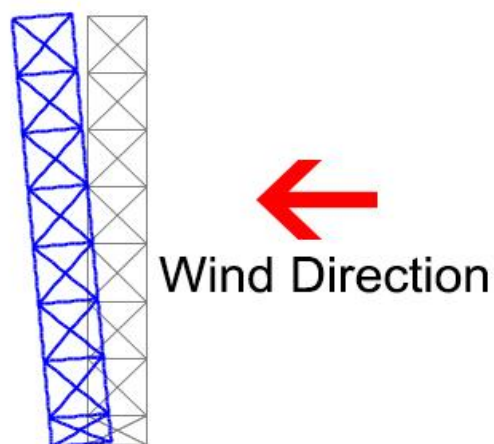


ภาพที่ ข.14 ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 4 บ้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 110 ชิ้น

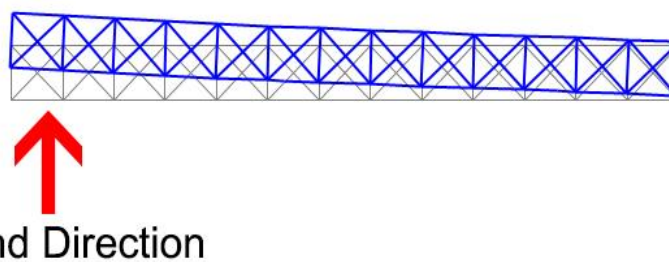


ภาพที่ ข.15 ป้ายโฆษณาแบบที่ 3 (เชื่อมต่อ 5 บ้าย) มีจำนวนชิ้นส่วน Over Stress เท่ากับ 119 ชิ้น

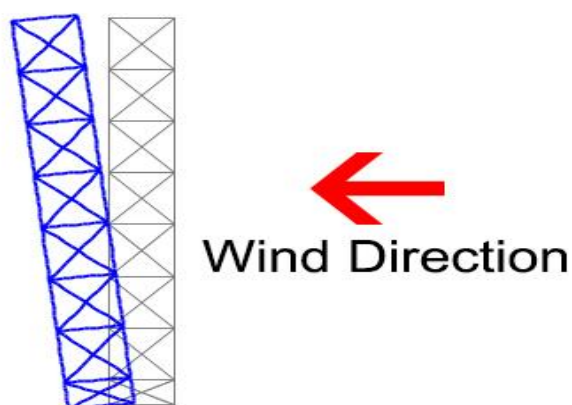
ภาคผนวก ค
ภาพแสดงค่าการเสียรูปของแผ่นป้ายโฆษณา



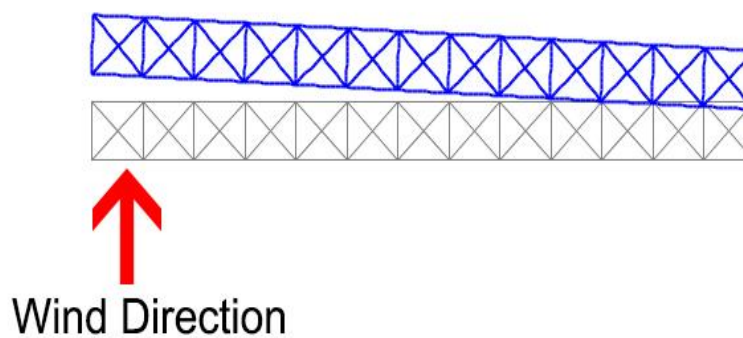
ภาพที่ ค.1 การเสียรูปในแนว Side View ของป้ายเดี่ยว



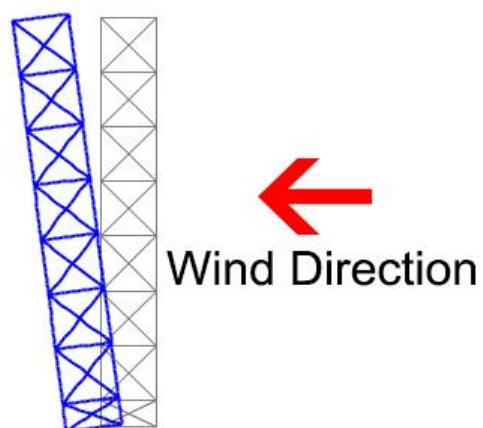
ภาพที่ ค.2 การเสียรูปในแนว Top View ของป้ายเดี่ยว



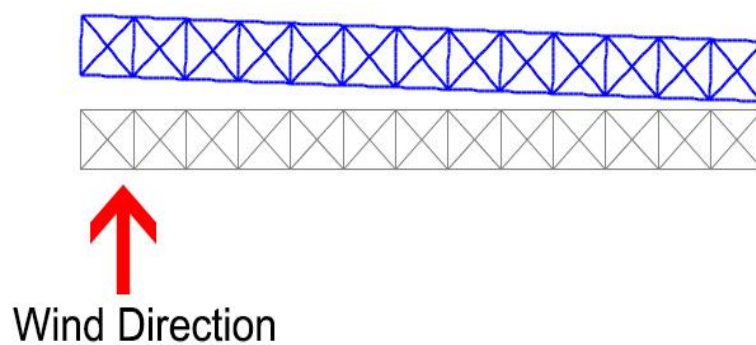
ภาพที่ ค.3 การเสียรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 2 ป้าย



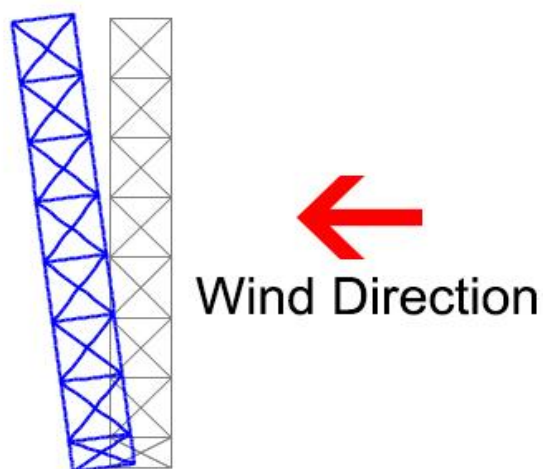
ภาพที่ ค.4 การเสียรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 2 บาย



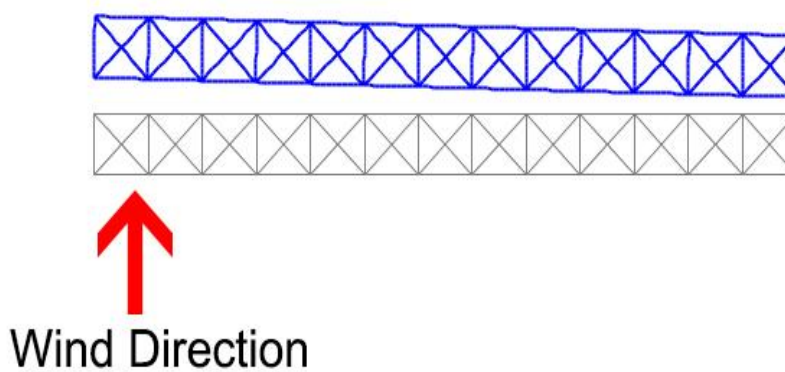
ภาพที่ ค.5 การเสียรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 3 บาย



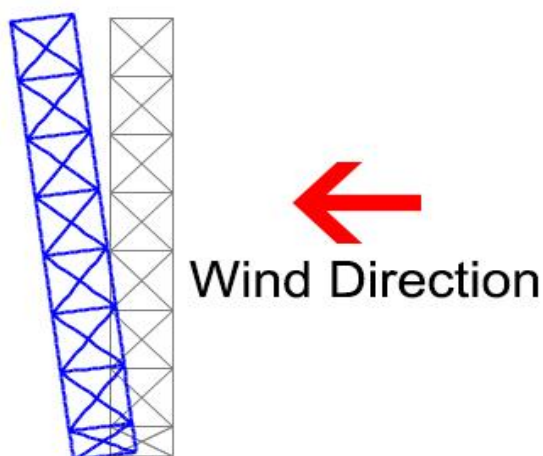
ภาพที่ ค.6 การเสียรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 3 บาย



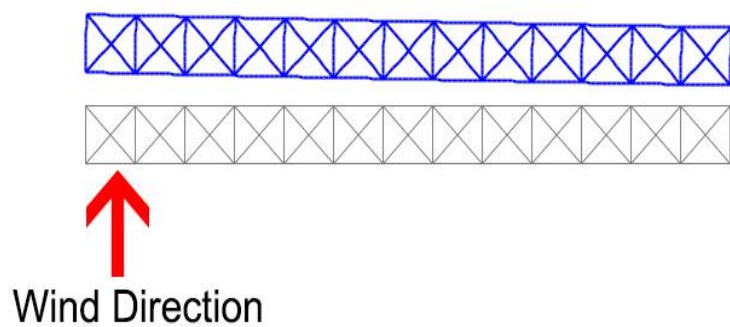
ภาพที่ ค.7 การเสียรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 4 ป้าย



ภาพที่ ค.8 การเสียรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 4 ป้าย



ภาพที่ ค.9 การเสียรูปในแนว Side View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 5 ป้าย



ภาพที่ ค.10 การเสียรูปในแนว Top View เนื่องจากป้ายเดี่ยวถูกต่อเชื่อมจำนวน 5 ป้าย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายชนะพล กิจชาญไพบูลย์
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2552-2555 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
 ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2555-2556 หจก.ศิริมหาชัย
 ตำแหน่ง วิศวกรโยธา
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน ร้าน TOP TUBE BIKE & CAFÉ 169 ถนนพิชิตรังสรรค์
 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี