

บทที่ 4 ผลการศึกษา

ผลจากการศึกษา สามารถจำแนกตามขั้นตอนการศึกษาได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือผลการวิเคราะห์โครงสร้างและการออกแบบ ซึ่งมีขั้นตอนและตัวแปรสำคัญต่างๆ ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 การวิเคราะห์โครงสร้างใช้โปรแกรม STAAD. Pro วิเคราะห์หาแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน โครงข้อหมุน ส่วนการออกแบบโครงสร้างเหล็กจะออกแบบด้วยวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Stress Design, ASD) ปี ค.ศ. 1989 เปรียบเทียบกับ วิธีกำลังที่ยอมให้ (Allowable Strength Design, ASD) ปี ค.ศ. 2010

4.1 ผลการคำนวณแรงลม

แรงลมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างคือ แรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) และมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ.1311-50 ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาแรงลมครอบคลุมทุกภูมิภาคของประเทศไทย

4.1.1 แรงลม

ผลการคำนวณแรงลมแบ่งได้เป็น 2 กรณีตามที่ทิศทางลมกระทำกับป้ายโฆษณา คือ

1. ในกรณีที่ทิศทางลมกระทำตั้งฉากกับป้ายโฆษณา แรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ซึ่งคำนึงถึงความสูงของป้ายเพียงอย่างเดียว ใช้ค่าแรงลมเท่ากับ 120 กก.ต่อตร.ม. ตามตารางที่ 4.1 ส่วนแรงลมตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ. 1311-50 การคำนวณแรงลมสถิติเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย สภาพภูมิประเทศเป็นแบบ A (เป็นสภาพภูมิประเทศแบบโล่งซึ่งมีอาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้าง กระจัดกระจายอยู่ห่างๆ กันหรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล) สามารถแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม จำแนกตามความเร็วอ้างอิงและค่าประกอบได้ฝุ่น ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่ 4A กลุ่มที่ 4B ซึ่งจากการคำนวณพบว่า กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4B นั้นได้ค่าแรงลมเท่ากัน และกลุ่ม 4A ให้ค่าแรงลมสูงที่สุด และแรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ให้ค่าแรงลมน้อยที่สุด ตามตารางที่ 4.1และตารางที่ 4.2 แรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ได้กำหนดค่าหน่วยแรงลมที่กระทำกับอาคารเปลี่ยนแปลงตามความสูงของอาคารแต่เพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยอื่น เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารว่าอยู่ในเขตที่มีความเร็วลมอ้างอิงและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ส่วนแรงลมตามมยผ.1311-50 ได้คำนึงถึง ความเร็วลมอ้างอิงในเขตต่างๆ ลักษณะภูมิประเทศ รูปร่างอาคาร และคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคาร

2. ในกรณีที่แรงลมกระทำไม่ตั้งฉากกับป้ายโฆษณาจะใช้กับแรงลมตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนอง มยพ.1311-50 เท่านั้น เนื่องจากกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ไม่ได้ระบุไว้ ผลจากการที่ทิศทางของแรงลมกระทำไม่ตั้งฉากกับป้ายโฆษณาจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณแรงลมสำหรับ มยพ. 1311-50 โดยวิธีอย่างง่ายแตกต่างออกไปขึ้นอยู่กับทิศทางที่แรงลมกระทำ ในกรณีที่ด้านขวาของป้ายชี้เข้าหาลม ค่าแรงสูงสุดอยู่ที่ด้านขวาของป้าย และในกรณีที่ด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมแรงลม ด้านซ้ายจะให้ค่าแรงสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 แรงลมที่กระทำกับป้ายโฆษณา กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527)

ความสูงของอาคาร	หน่วยแรงลม (กก./ตร.ม.)
1. ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน 10 ม.	50
2. ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 10 ม. แต่ไม่เกิน 20 ม.	80
3. ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 20 ม. แต่ไม่เกิน 40 ม.	120
4. ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 40 ม.	160

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณแรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณา โดยวิธีอย่างง่าย ตาม มยพ.1311-50 กรณีแรงลมตั้งฉาก

ประเภทของแรงลม	หน่วยแรงลม (กก./ตร.ม.)
มยพ.1311-50 (สภาพภูมิประเทศแบบ A)	
- กลุ่มที่ 1	174
- กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4B	203
- กลุ่มที่ 3	234
- กลุ่มที่ 4A	251

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณแรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณา โดยวิธีอย่างง่าย ตาม มยผ. 1311-50
กรณีด้านขวาของป้ายชี้เข้าหาลม

ลักษณะ /กลุ่ม	แรงลม (กก./ ตร.ม.)		
	ด้านซ้ายของป้าย	บริเวณตรงกลางป้าย	ด้านขวาของป้าย
เสากลมเดี่ยวและ เสากลมคู่			
- กลุ่มที่ 1	17.4	174	331
- กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4B	20.3	203	386
- กลุ่มที่ 3	23.4	234	445
- กลุ่มที่ 4A	25.1	251	477

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณแรงลมที่กระทำต่อป้ายโฆษณา โดยวิธีอย่างง่าย ตาม มยผ. 1311-50
กรณีด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม

ลักษณะ /กลุ่ม	แรงลม (กก./ ตร.ม.)		
	ด้านซ้ายของป้าย	บริเวณตรงกลางป้าย	ด้านขวาของป้าย
เสากลมเดี่ยวและ เสากลมคู่			
- กลุ่มที่ 1	331	174	17.4
- กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4B	386	203	20.3
- กลุ่มที่ 3	445	234	23.4
- กลุ่มที่ 4A	477	251	25.1

4.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับใช้ออกแบบ

การวิเคราะห์โครงสร้างแบ่งได้เป็น 2 กรณี ได้แก่ การวิเคราะห์หาแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนสามมิติโดยใช้โปรแกรม STAAD. Pro และการวิเคราะห์หาน้ำหนักบรรทุก โมเมนต์ดัด โมเมนต์บิด แรงเฉือน ที่กระทำกับเสาประกอบเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับออกแบบเสาประกอบต่อไป

4.2.1 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน

ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนสามมิติ โดยใช้โปรแกรม STAAD. Pro เพื่อหาแรงสูงสุดที่เกิดในชิ้นส่วนนั้น สามารถแยกตามลักษณะโมเดลได้เป็น 2 ลักษณะได้แก่ เสากลมเดี่ยว และ

เสากลมคู่ ซึ่งเสาแต่ละประเภทมีทิศทางที่แรงลมมากระทำกับป้ายโฆษณาได้อีก 3 กรณี ได้แก่กรณีแรงลมตั้งฉาก กรณีด้านขวาของป้ายชี้เข้าหาลมและกรณีด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม สรุปได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 จำนวนโมเดลและแรงลมที่จะต้องวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม STAAD. Pro

ลักษณะโมเดล	กรณีแรงลมตั้งฉาก	กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม
เสากลมเดี่ยว	กฎกระทรวงฉบับที่ 6	ไม่ต้องวิเคราะห์
	มยพ-1311-50	มยพ-1311-50
	- กลุ่มที่ 1	- กลุ่มที่ 1
	- กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4B	- กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4B
	- กลุ่มที่ 3	- กลุ่มที่ 3
	- กลุ่มที่ 4A	- กลุ่มที่ 4A
เสากลมคู่	กฎกระทรวงฉบับที่ 6	ไม่ต้องวิเคราะห์
	มยพ-1311-50	มยพ-1311-50
	- กลุ่มที่ 1	- กลุ่มที่ 1
	- กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4B	- กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4B
	- กลุ่มที่ 3	- กลุ่มที่ 3
	- กลุ่มที่ 4A	- กลุ่มที่ 4A

จากรูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นโครงข้อหมุนสามมิติของป้ายประเภท เสากลมเดี่ยวด้วยโปรแกรม STAAD. Pro ลักษณะเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากกับป้าย แรงลมมยพ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนสูงที่สุดเพราะผลจากการคำนวณแรงลมในกลุ่มที่ 4A คำนึงถึงค่าประกอบสำหรับได้ฝุ่นทำให้แรงลมที่คำนวณได้มีค่าสูงที่สุด แรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนน้อยที่สุด แต่จะต่างกับค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน มยพ.1311-50 กลุ่มที่ 1 ไม่มาก เนื่องจากการวิเคราะห์แรงลมจากกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) แรงภายในชิ้นส่วนที่ให้แรงสูงสุดเกิดจาก Load Case = DL+ LL+ WL ส่วนการวิเคราะห์แรงลมจาก มยพ.1311-50 แรงภายในชิ้นส่วนสูงที่สุดเกิดจาก Load Case = DL +WL ซึ่งการวิเคราะห์แรงลมจาก มยพ.1311-50 ไม่ได้รวม Load Case = DL+LL+WL ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

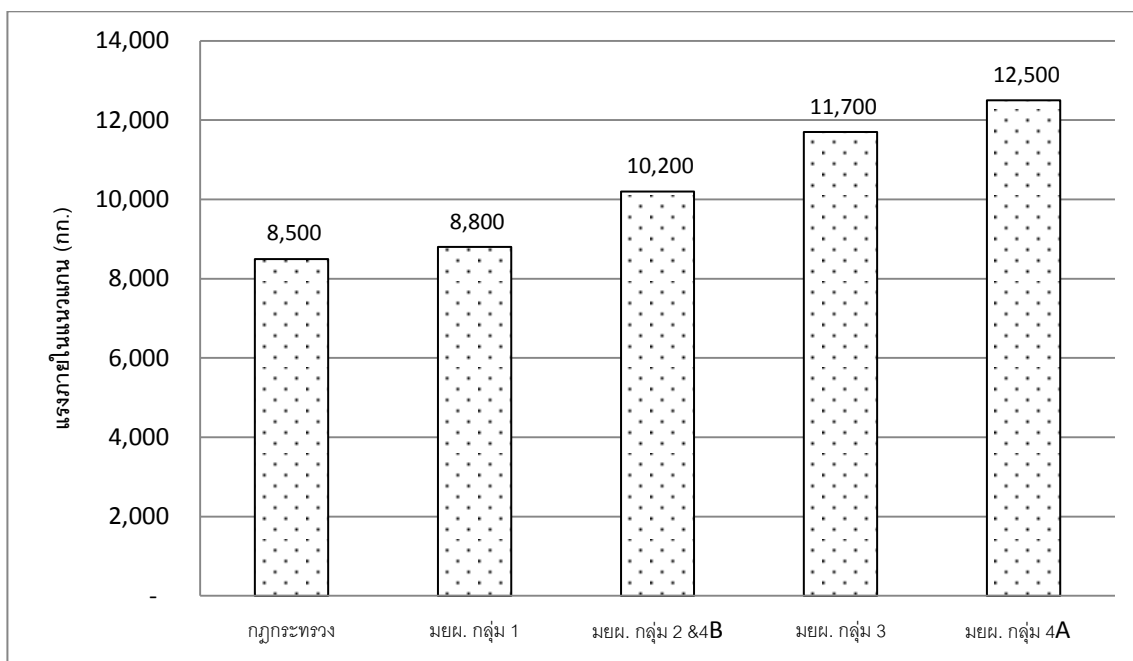
STAAD. Pro ทำให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน ระหว่างใช้แรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) กับแรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 1 ค่าใกล้เคียงกัน

จากรูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วน โครงข้อหมุนสามมิติของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว ด้วยโปรแกรม STAAD. Pro กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าสูงกว่ากรณีแรงลมตั้งฉากเพราะกรณีแรงลมตั้งฉากไม่ได้มีผลเนื่องจากแรงบิด (Torsion) ส่วนกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมจะรวมผลเนื่องจากแรงบิด (Torsion) โดยที่กลุ่มที่ 4A ให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนสูงที่สุด

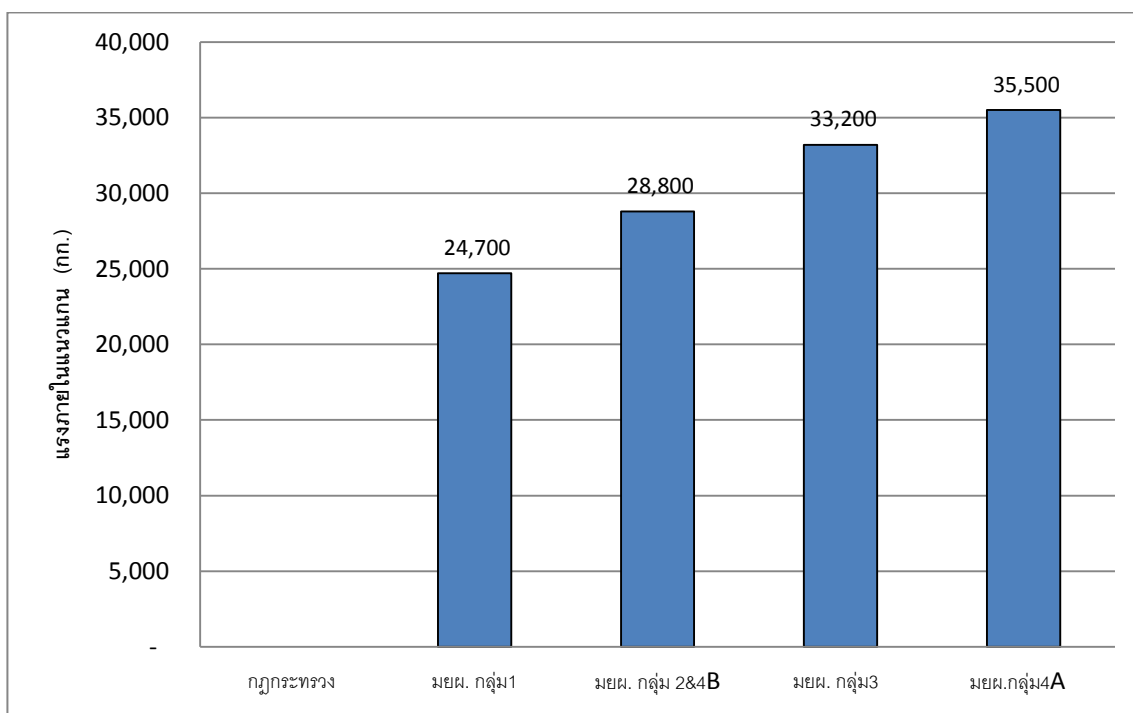
จากรูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วน โครงข้อหมุนสามมิติของป้ายประเภทเสากลมคู่ ด้วยโปรแกรม STAAD. Pro กรณีแรงลมตั้งฉากกับป้าย แรงลมมยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนสูงที่สุดเพราะผลจากการคำนวณแรงลมในกลุ่มที่ 4A คำนึงถึงค่าประกอบสำหรับได้ผู้นำให้แรงลมที่คำนวณได้มีค่าสูงที่สุด แรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนน้อยที่สุด แต่จะต่างกับค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 1 ไม่มาก เนื่องจากการวิเคราะห์แรงลมจากกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) แรงภายในชิ้นส่วนที่ให้แรงสูงสุดเกิดจาก Load Case = DL+ LL+ WL ส่วนการวิเคราะห์แรงลมจาก มยผ.1311-50 แรงภายในชิ้นส่วนสูงที่สุดเกิดจาก Load Case = DL +WL ซึ่งการวิเคราะห์แรงลมจาก มยผ.1311-50 ไม่ได้รวม Load Case = DL+LL+WL ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม STAAD. Pro ทำให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน ระหว่างใช้แรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) กับแรงลม มยผ. 1311-50 กลุ่มที่ 1 ค่าใกล้เคียงกัน ส่วนแรงภายในชิ้นส่วนกลุ่มที่ 2 และ 4B กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4B ผลที่ได้จะมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะโครงสร้างป้ายโฆษณา เสากลมคู่จะเปรียบเสมือนคานที่มีจุดรองรับแบบง่าย (Simple Support) จะมีผลของแรงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสัมประสิทธิ์ของป้ายเพิ่มขึ้นเท่านั้น จะไม่มีผลเนื่องจากแรงบิด (Torsion)

จากรูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วน โครงข้อหมุนสามมิติของป้ายประเภทเสากลมคู่ ด้วยโปรแกรม STAAD. Pro กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าสูงกว่ากรณีแรงลมตั้งฉากไม่มากเพราะกรณีเสากลมคู่โครงสร้างป้ายจะเปรียบเสมือนคานที่มีจุดรองรับแบบง่าย (Simple Support) จะมีผลของแรงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสัมประสิทธิ์ของป้ายเพิ่มขึ้นเท่านั้น จะไม่มีผลเนื่องจากแรงบิด (Torsion)

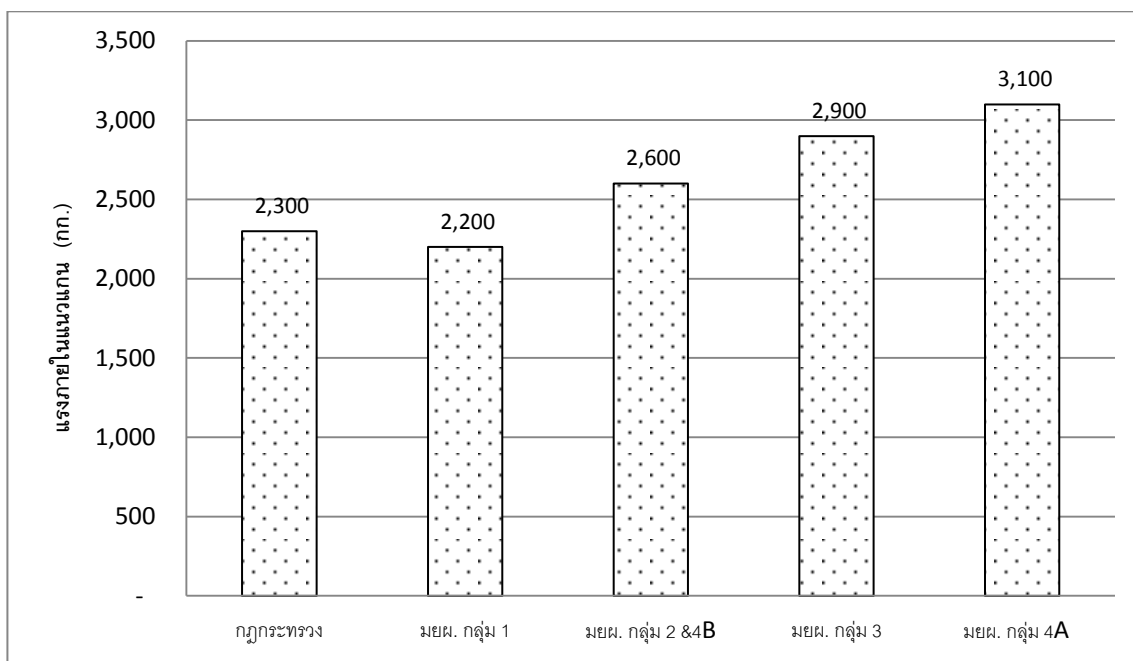
ดังนั้นการออกแบบของโครงข้อหมุนสามมิติของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยวและเสากลมคู่ กรณีที่เป็นตัวควบคุมการออกแบบ ได้แก่ แรงลม มยผ.1311-50 กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม เพราะมีค่าแรงภายในชิ้นส่วน มากกว่าแรงลม มยผ.1311-50 กรณีที่แรงลมตั้งฉากกับป้ายและแรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ทุกกรณี



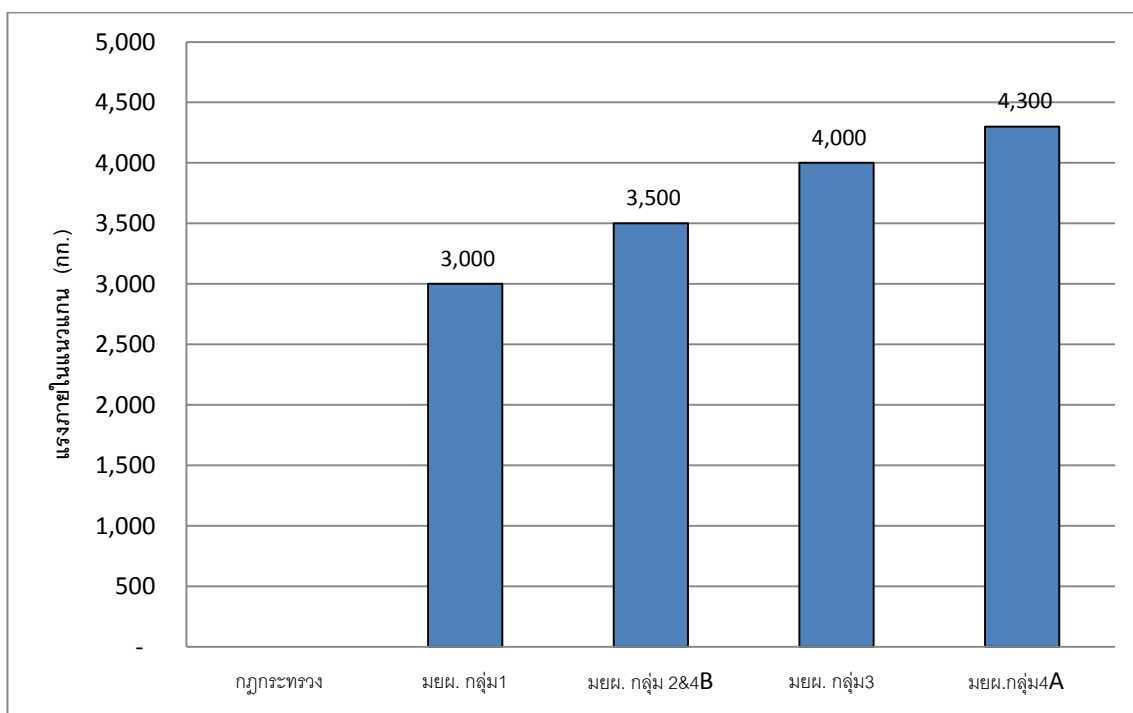
รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วน เสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากกับป้าย



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนเสากลมเดี่ยวกรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหา
ลม



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วน เสากลมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากกับป้าย



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนเสากลมคู่ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหา
ลม

4.2.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับเสาประกอบ

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับเสาประกอบแยกได้เป็น เสากลมเดี่ยวประกอบ และเสากลมคู่ประกอบ ในส่วนของน้ำหนักบรรทุก ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกตายตัวของโครงข้อหมุน น้ำหนักบรรทุกตายตัวของแผ่นป้ายโฆษณา น้ำหนักบรรทุกของโครงถักภายในเสา น้ำหนักบรรทุกจร ซึ่งยังไม่รวม น้ำหนักของเสากลม โมเมนต์ดัดจะเป็นค่าจากแรงลมของแต่ละกรณี โมเมนต์บิดจะเป็นค่าที่เกิดจากกรณีที่แรงลมเข้าทางด้านขวาหรือทางด้านซ้ายของป้าย และแรงเฉือนจะเป็นค่าแรงเฉือนที่ฐานที่เกิดจากแรงลม

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับใช้ออกแบบเสาประกอบ ลักษณะเสากลมเดี่ยว

ลักษณะ/แรงลม	น้ำหนักบรรทุก (กก.) (ไม่รวม นน.เสากลม)	โมเมนต์ ดัด (กก.-ม.)	โมเมนต์ บิด (กก.-ม.)	แรงเฉือน ที่ฐานเสา (กก.)
กรณีลมตั้งฉาก				
กฎกระทรวง	67,200	900,000	-	36,000
มยพ 1311-50				
- กลุ่มที่ 1	79,200	1,310,000	-	52,200
- กลุ่มที่ 2 และ 4B	79,200	1,520,000	-	60,900
- กลุ่มที่ 3	79,200	1,760,000	-	70,200
- กลุ่มที่ 4A	88,200	1,880,000	-	75,300
กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของ ป้ายชี้เข้าหาลม				
มยพ 1311-50				
- กลุ่มที่ 1	102,000	1,310,000	313,000	52,200
- กลุ่มที่ 2 และ 4B	119,000	1,520,000	365,000	60,900
- กลุ่มที่ 3	119,000	1,76,000	421,000	70,200
- กลุ่มที่ 4A	135,000	1,880,000	452,000	75,300

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ หาน้ำหนักบรรทุก โมเมนต์ดัด โมเมนต์บิด แรงเฉือน ของป้ายเสาเสาเดี่ยว สำหรับใช้ในการออกแบบเสาประกอบ ในกรณีที่แรงลมตั้งฉากนั้นการบิดของเสาจะไม่เกิดขึ้น และในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมจะเกิดโมเมนต์บิดกระทำกับเสา

เนื่องจากแรงลัพธ์กระทำเยื้องศูนย์กลางกับเสาปายโฆษณา จากผลการวิเคราะห์แรงลม มยพ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ให้ค่าน้ำหนักบรรทุก โมเมนต์ดัด โมเมนต์บิด แรงเฉือน สูงที่สุด

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับใช้ออกแบบเสาประกอบ ลักษณะเสากลมคู่

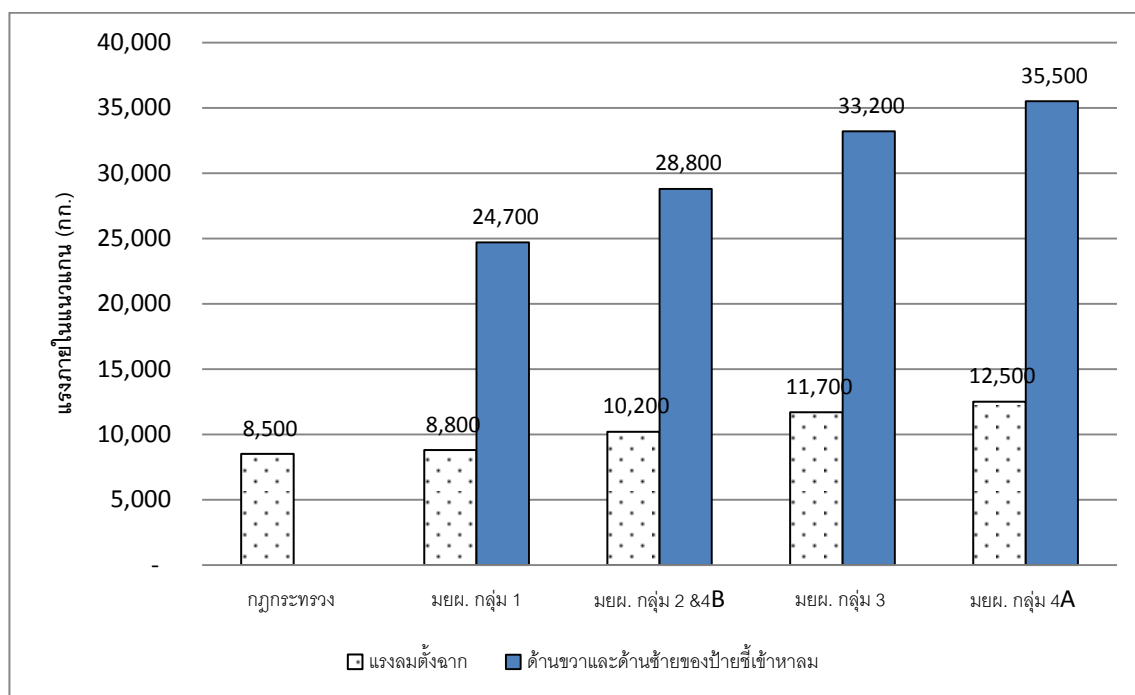
ลักษณะ/แรงลม	น้ำหนักบรรทุก (กก.) (ไม่รวม นน.เสากลม)	โมเมนต์ ดัด (กก.-ม.)	โมเมนต์ บิด (กก.-ม.)	แรงเฉือน ที่ฐานเสา (กก.)
กรณีลมตั้งฉาก				
กฎกระทรวง	33,800	450,000	-	18,000
มยพ 1311-50				
- กลุ่มที่ 1	34,200	653,000	-	26,100
- กลุ่มที่ 2 และ 4B	34,700	761,000	-	30,500
- กลุ่มที่ 3	35,200	878,000	-	35,100
- กลุ่มที่ 4A	35,800	941,000		37,700
กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของ ปายชี้เข้าหาลม				
มยพ 1311-50				
- กลุ่มที่ 1	34,200	1,040,000	-	41,800
- กลุ่มที่ 2 และ 4B	34,700	1,22,000	-	48,700
- กลุ่มที่ 3	35,800	1,400,000	-	56,200
- กลุ่มที่ 4A	35,800	1,510,000	-	60,200

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ น้ำหนักบรรทุก โมเมนต์ดัด ของปายเสากลมคู่ สำหรับใช้ในการออกแบบเสาประกอบ ทั้ง 2 กรณีจะไม่เกิดโมเมนต์บิด แต่กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายชี้เข้าหาลมจะให้ค่าโมเมนต์ดัดที่สูงกว่าในกรณีแรงลมตั้งฉากเนื่องจากตำแหน่งแรงลัพธ์ที่กระทำกับปายโฆษณาไม่ได้อยู่ศูนย์กลางของปาย แต่เยื้องศูนย์กลางมาด้านที่ทิศทางลมกระทำ อาจจะเป็นกรณีที่ด้านขวาหรือด้านซ้ายของปายขึ้นอยู่กับทิศทางที่แรงลมมากระทำ จากผลการวิเคราะห์แรงลม มยพ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ให้ค่าน้ำหนักบรรทุก โมเมนต์ดัด สูงที่สุด

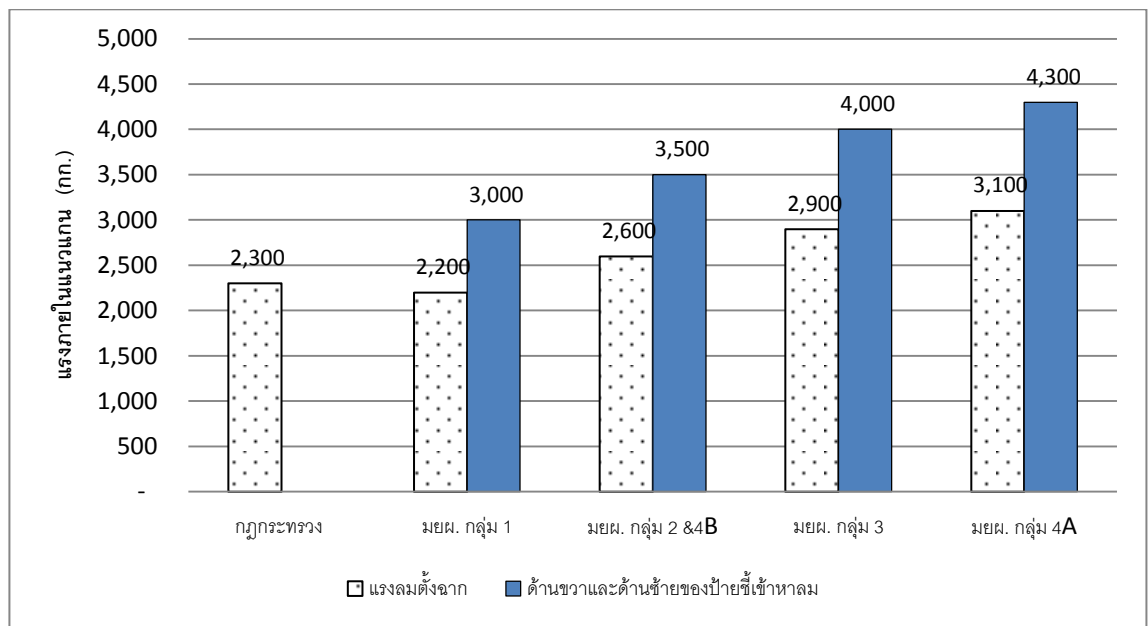
4.3 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์โครงสร้าง

รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน ของปายประเภทเสา กลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน ในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม จะให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนมากกว่า กรณีที่แรงลมตั้งฉากกับปาย เฉลี่ย 2.83 เท่าทุกกลุ่มแรงลม โดยที่แรงลมมยพ. 1311-50 กลุ่มที่ 4A ให้ค่ามากที่สุด ส่วนแรงลมกฎกระทรวงนั้นจะมีแค่กรณีแรงลมตั้งฉากเพียงอย่างเดียว ไม่มีกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม ซึ่งให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนน้อยที่สุด

จากรูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ผลแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน ลักษณะเสากลมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม จะให้ค่าแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนมากกว่ากรณีแรงลมตั้งฉาก เฉลี่ย 1.37 เท่าของทุกกลุ่มแรงลม โดยที่แรงลม มยพ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ให้ค่ามากที่สุด



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนของปาย เสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับ กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม



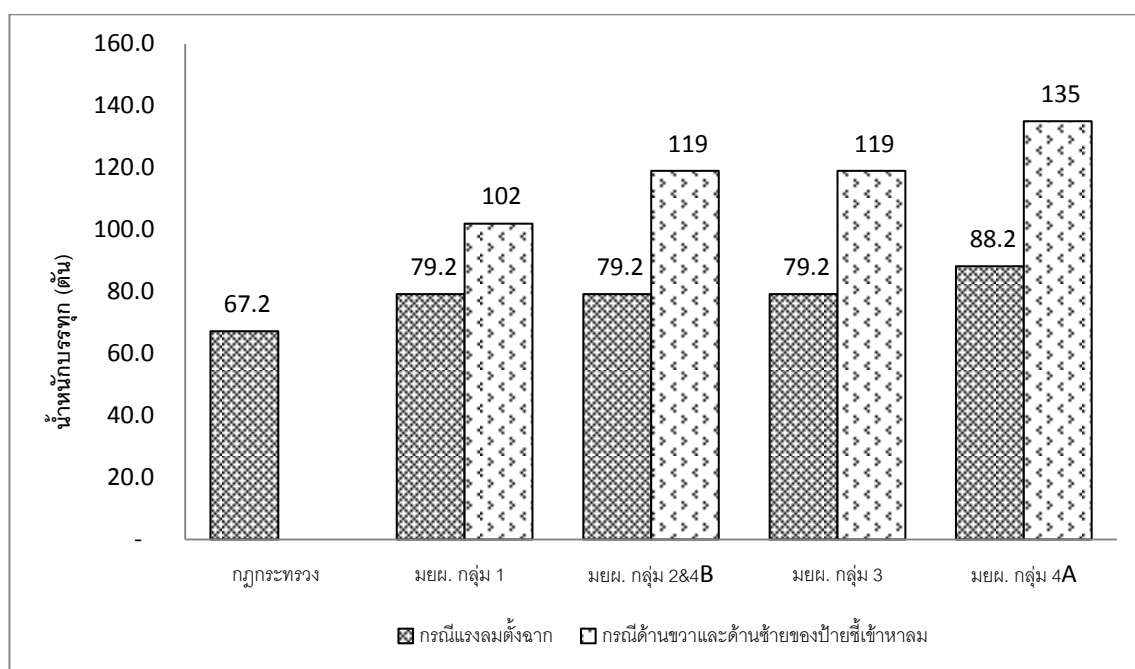
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุนของปายเสากลมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณี ที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม

รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักบรรทุกในเสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลมพบว่าน้ำหนักบรรทุกมีค่ามากที่สุด เกิดจากแรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม

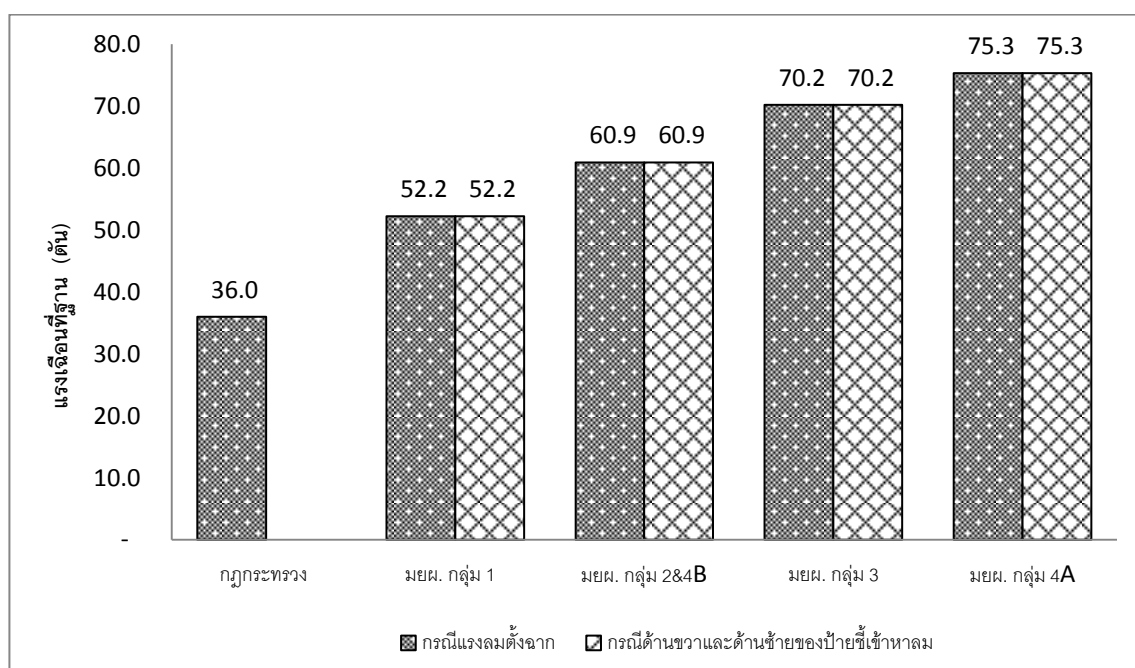
รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์แรงเฉือนที่ฐานในเสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลมพบว่าแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ทำให้เกิดผลแรงเฉือนที่ฐานน้อยที่สุด ส่วนแรงลมมยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ผลของแรงเฉือนที่ฐานจะมากที่สุดและมีค่าเท่ากันทั้งกรณีที่แรงลมตั้งฉากและกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม

รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์โมเมนต์คดในเสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลมพบว่าแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ทำให้เกิดผลโมเมนต์คดค่าน้อยที่สุด ส่วนแรงลมมยผ.1311-50 ผลของโมเมนต์คดมีค่าเท่ากันทั้งในกรณีแรงลมตั้งฉาก และกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม กลุ่มที่ 4A ให้ค่าโมเมนต์คดสูงที่สุด

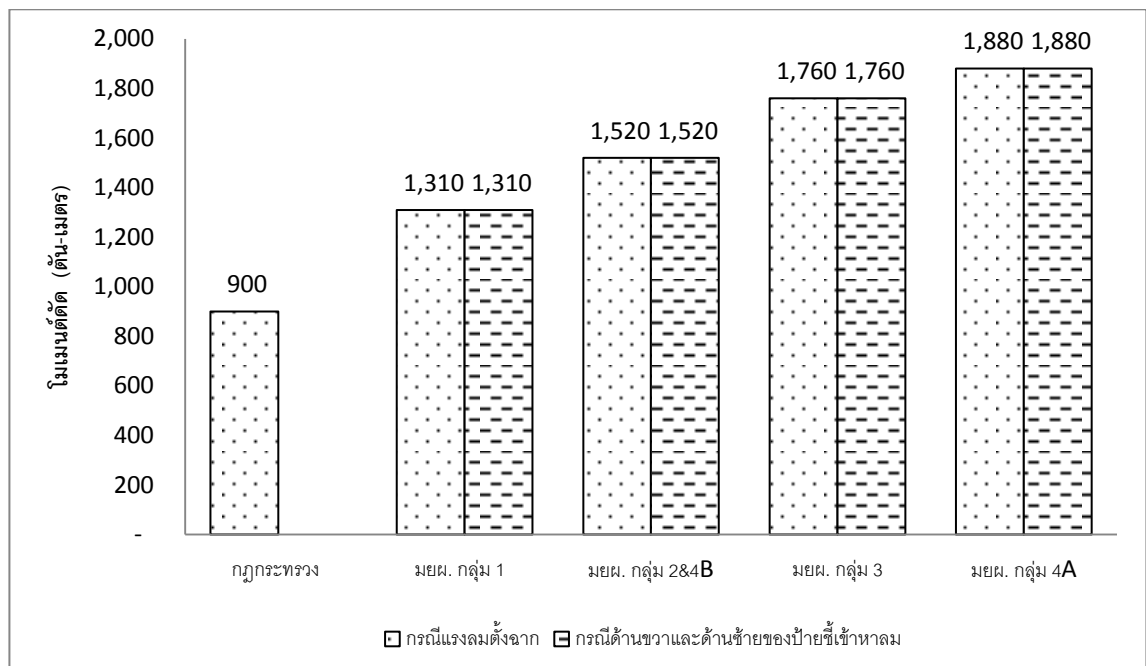
รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์โมเมนต์บิดในเสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลมพบว่าแรงลมมยผ.1311-50 กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลมจะทำให้เกิดโมเมนต์บิดเพิ่มขึ้น กลุ่มที่ 4A ให้ค่าโมเมนต์บิดสูงที่สุด



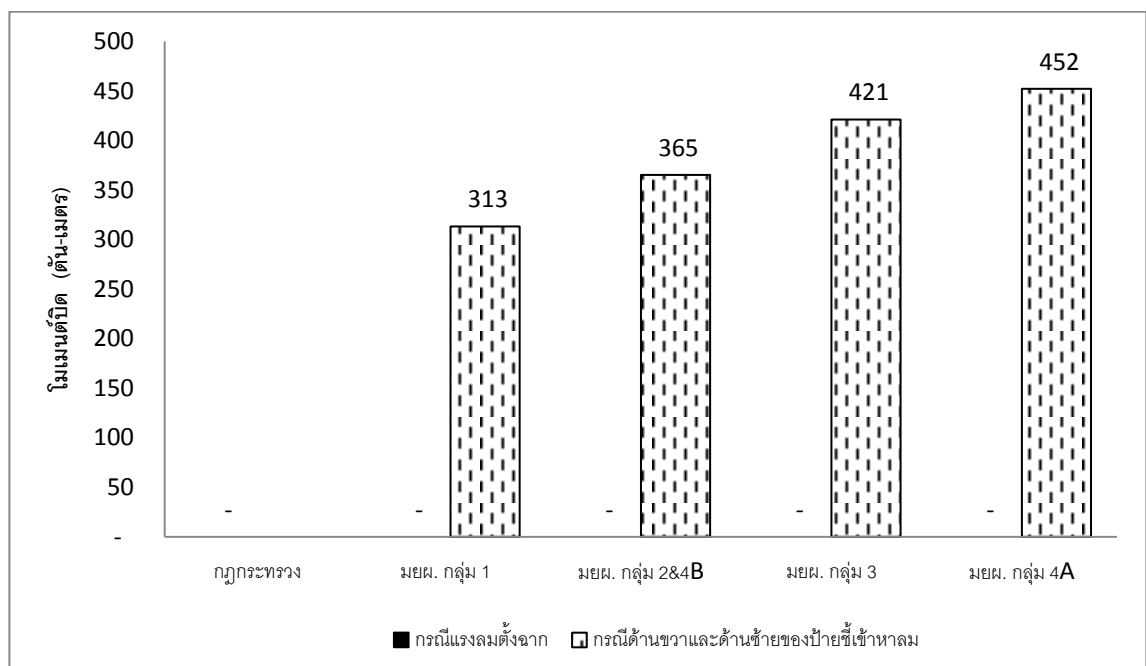
รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักบรรทุก เสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับ กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์แรงเฉือนที่ฐาน เสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับ กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม



รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์โมเมนต์แห้ง เสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับ กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม

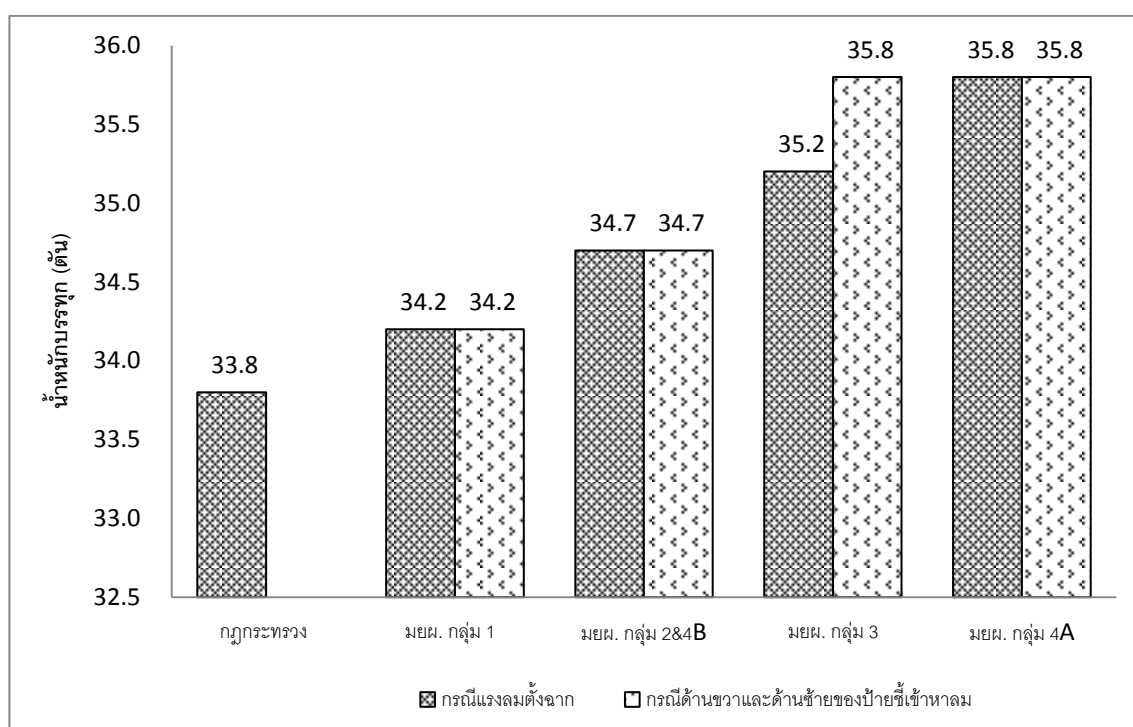


รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์โมเมนต์บิด เสาประกอบของเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับ กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม

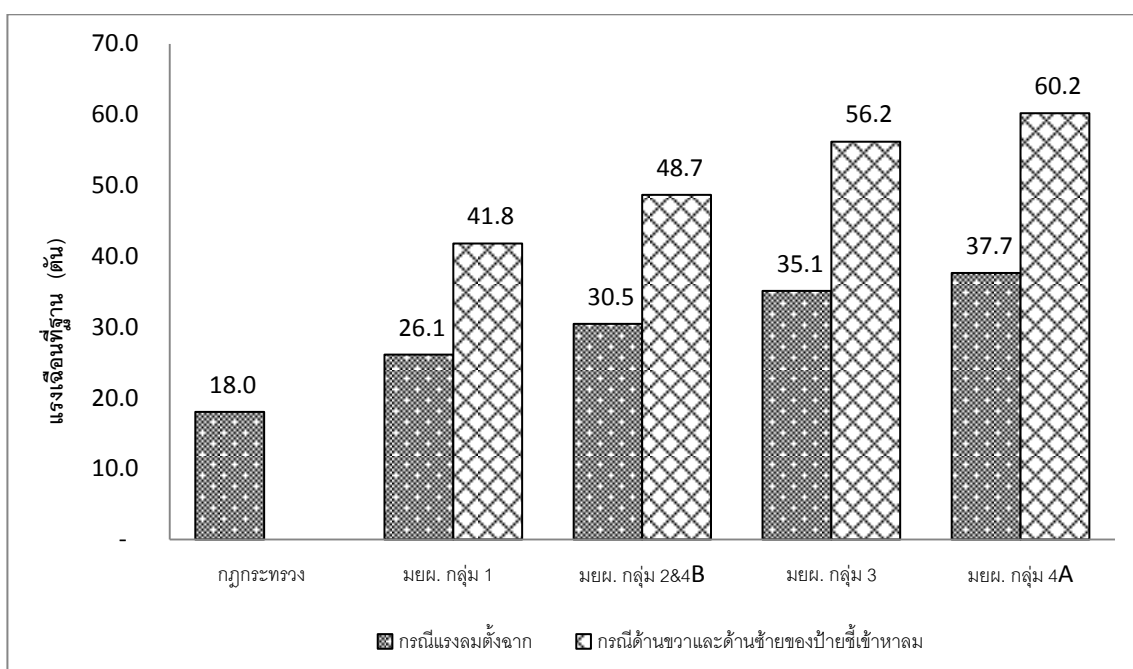
รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักในเสาประกอบของเสากลุ่มคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีทางด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมพบว่าน้ำหนักบรรทุกมีค่ามากที่สุดเกิดจากแรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม

รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์แรงเฉือนที่ฐานในเสาประกอบของเสากลุ่มคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมพบว่าแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ทำให้เกิดผลแรงเฉือนที่ฐานน้อยที่สุด ส่วนแรงลมมยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ผลของแรงเฉือนที่ฐานจะมากที่สุด

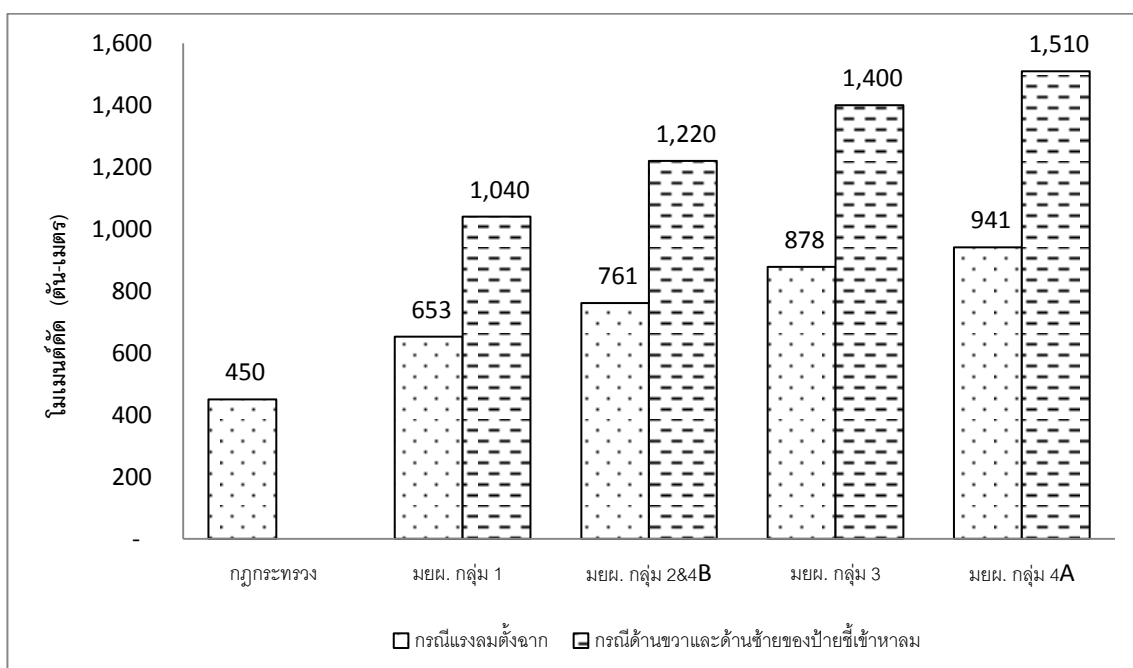
รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์โมเมนต์คัตในเสาประกอบของเสากลุ่มคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมพบว่าแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ทำให้เกิดผลโมเมนต์คัตค่าน้อยที่สุด ส่วนแรงลมมยผ.1311-50 ผลของโมเมนต์คัตกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมมีค่ามากกว่ากรณีแรงลมตั้งฉาก กลุ่มที่ 4A ให้ค่าโมเมนต์คัตสูงที่สุด เนื่องจากเป็นเสา กลุ่มคู่ลักษณะเป็นจตุรรองรับแบบง่าย (Simple Support) จึงไม่ต้องวิเคราะห์โมเมนต์บิด



รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักบรรทุก เสาประกอบของเสากลุ่มคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม



รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์แรงเฉือนพื้นฐาน เสาประกอบของเสาคลุมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับ กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม



รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์โมเมนต์ดัด เสาประกอบของเสาคลุมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉากเทียบกับ กรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม

4.4 ผลการออกแบบ

การออกแบบโครงสร้างเหล็กในงานวิจัยนี้ใช้วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Stress Design, ASD) ปี ค.ศ.1989 ออกแบบโครงสร้างรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) เทียบกับ วิธีกำลังที่ยอมให้ (Allowable Strength Design, ASD) ปี ค.ศ.2010 ออกแบบโครงสร้างรับแรงลม มยพ.1311-50 ผลการออกแบบจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ผลออกแบบโครงข้อหมุนและผลการออกแบบเสาประกอบ ส่วนวิธีการออกแบบโครงสร้างเหล็ก ประเภทของแรงลมและทิศทางที่แรงลมกระทำเป็นไปตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ประเภทแรงลมและวิธีการออกแบบสำหรับเสากลมเดี่ยว และเสากลมคู่

ประเภทแรงลม/ทิศทางของแรงลม	วิธีการออกแบบ	โครงสร้างที่ออกแบบ
กฎกระทรวงฉบับที่ 6	ASD-1989	โครงข้อหมุน เสาประกอบ
มยพ.1311-50 กรณีแรงลมตั้งฉาก	ASD-2010	
- กลุ่มที่ 1		โครงข้อหมุน เสาประกอบ
- กลุ่มที่ 2 และ 4B		โครงข้อหมุน เสาประกอบ
- กลุ่มที่ 3		โครงข้อหมุน เสาประกอบ
- กลุ่มที่ 4A		โครงข้อหมุน เสาประกอบ
มยพ.1311-50 กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของ	ASD-2010	
ป้ายชี้เข้าหาดม		
- กลุ่มที่ 1		โครงข้อหมุน เสาประกอบ
- กลุ่มที่ 2และ 4B		โครงข้อหมุน เสาประกอบ
- กลุ่มที่ 3		โครงข้อหมุน เสาประกอบ
- กลุ่มที่ 4A		โครงข้อหมุน เสาประกอบ

4.4.1 ผลการออกแบบโครงข้อหมุน

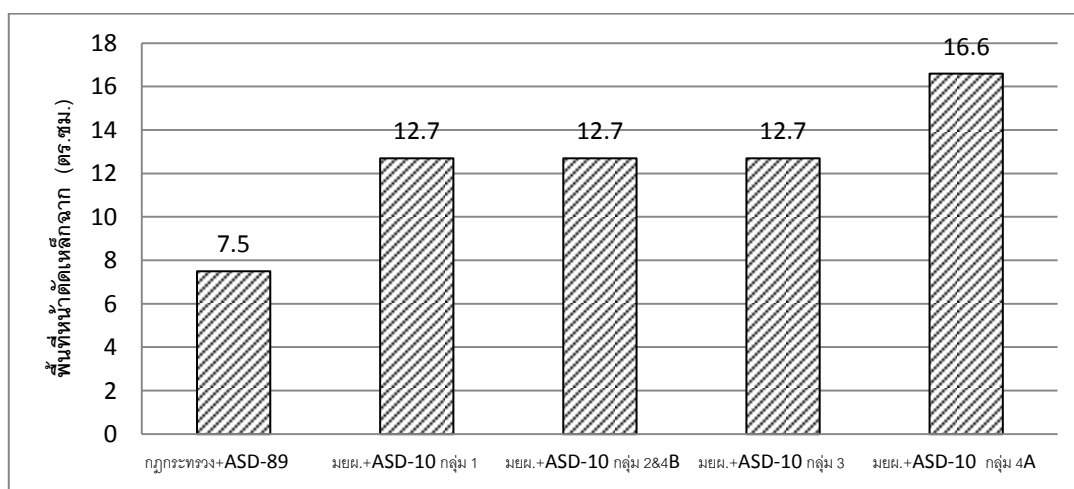
โครงข้อหมุนหลักมีรูปพรรณสัณฐานที่ใช้ออกแบบแบบเป็นเหล็กฉากขนาดขาเท่ากันที่ใช้ก่อสร้างจริงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (TIS 1227-2539) โดยเลือกตามคุณสมบัติที่ผ่านขั้นตอนการออกแบบ จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ผลการออกแบบโครงข้อหมุนจากแรงที่ได้จากการกำหนดชิ้นส่วนโครงข้อ

หมุนเป็น Prismatic General Steel ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 1 ตร.ชม. และผลการออกแบบ กรณีกำหนดขนาดหน้าตัดจริง (actual section) ที่ได้จากการออกแบบป้อนกลับเข้าไปในโปรแกรม STAAD. Pro

4.4.1.1 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนกรณีกำหนดชิ้นส่วนโครงข้อหมุนเป็น Prismatic General Steel (หน้าตัด 1 ตร.ชม.)

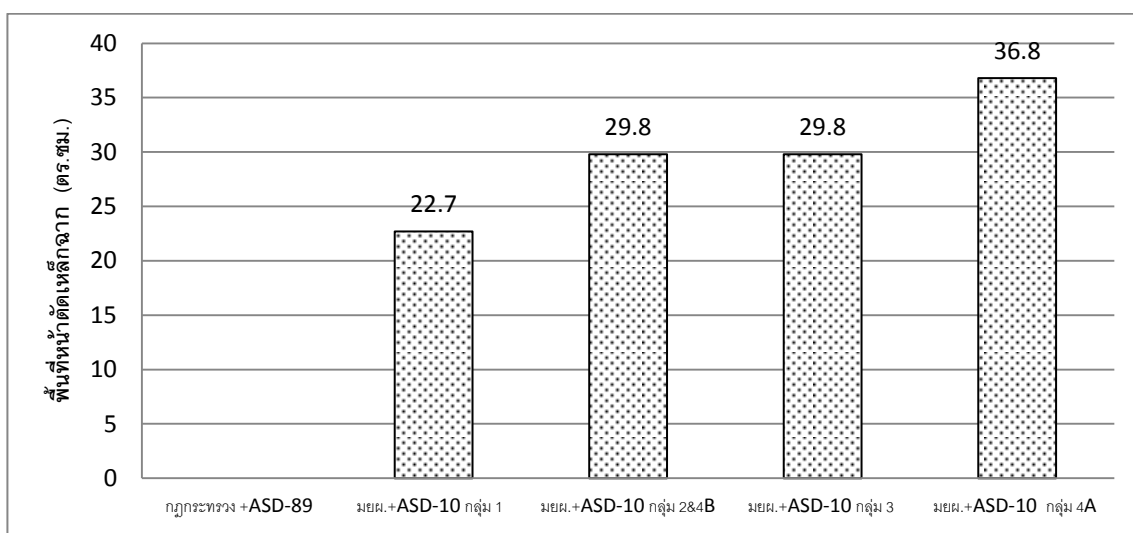
ผลการออกแบบในกรณีนี้ใช้แรงภายในชิ้นส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม STAAD. Pro โดยกำหนดชิ้นส่วนโครงข้อหมุนเป็น Prismatic General Steel ที่มีหน้าตัดเท่ากับ 1 ตร.ชม ผลออกแบบที่ได้ตามรูปที่ 4.14-4.17

รูปที่ 4.14 แสดงผลการออกแบบโครงข้อหมุนของของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉาก โดยแสดงผลออกเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก การออกแบบโครงสร้างรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะใช้เหล็กจากขนาดเล็กที่สุด ได้แก่ L65x65x6 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 7.5 ตร.ชม. ซึ่งขนาดเหล็กจากที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า การออกแบบโครงสร้างรับแรงลม มยผ. 1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้เหล็กจาก L75x75x9 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 12.7 ตร.ชม. ทั้ง ๆ ที่แรงที่ใช้สำหรับออกแบบทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกันเป็นเพราะว่าการออกแบบด้วยวิธี ASD-1989 จะยอมให้เพิ่มค่าหน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้อีกหนึ่งในสามจึงได้พื้นที่หน้าตัดเหล็กน้อยกว่า ส่วนกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 3 ผลการออกแบบปรากฏว่าเหล็กจากที่ใช้มีขนาดเท่ากัน ได้แก่ L75x75x9 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 12.7 ตร.ชม. ส่วนผลการออกแบบที่ให้ขนาดหน้าตัดเหล็กจากใหญ่ที่สุดได้แก่แรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ได้เหล็กจาก L75x75x12 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 16.6 ตร.ชม.



รูปที่ 4.14 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉาก

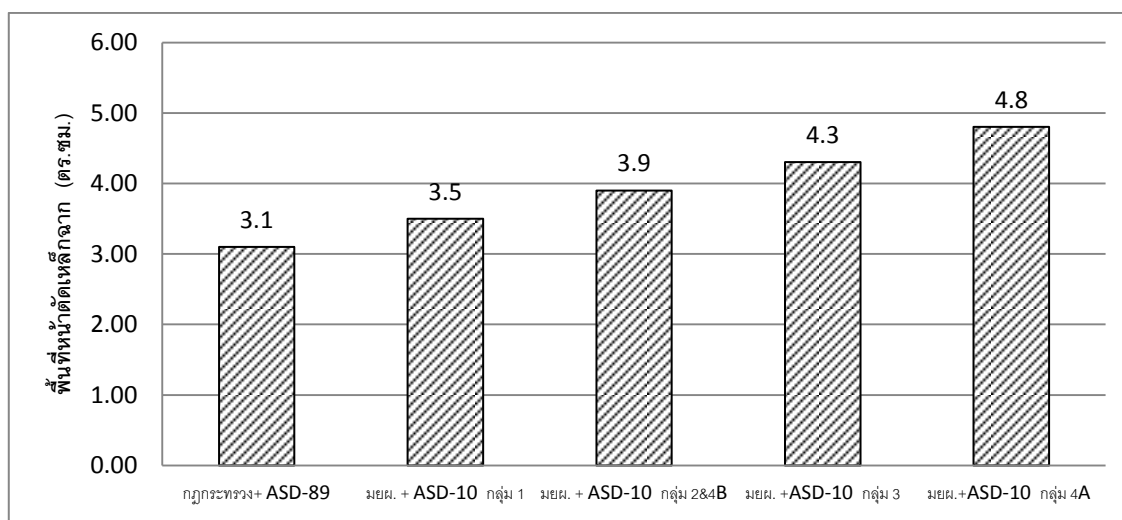
รูปที่ 4.15 แสดงผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม โดยแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก จึงมีแต่แรงลม มยผ.1311-50 ออกแบบด้วยวิธี ASD-2010 เพียงอย่างเดียว ผลการออกแบบพบว่าแรงลมมยผ.1311-50 กลุ่มที่ 1 ได้ขนาดเหล็กจากเล็กที่สุด L100x100x12 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 22.7 ตร.ซม. มยผ.1311-50 กลุ่ม 2 กลุ่ม 4B และกลุ่ม 3 นั้นผลการออกแบบปรากฏว่าได้เหล็กจากขนาดเท่ากัน ได้แก่ L130x130x12 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 29.8 ตร.ซม. ส่วนผลการออกแบบที่ให้ขนาดหน้าตัดเหล็กจากใหญ่ที่สุดได้แก่แรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ได้เหล็กจาก L130x130x15 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 36.8 ตร.ซม.



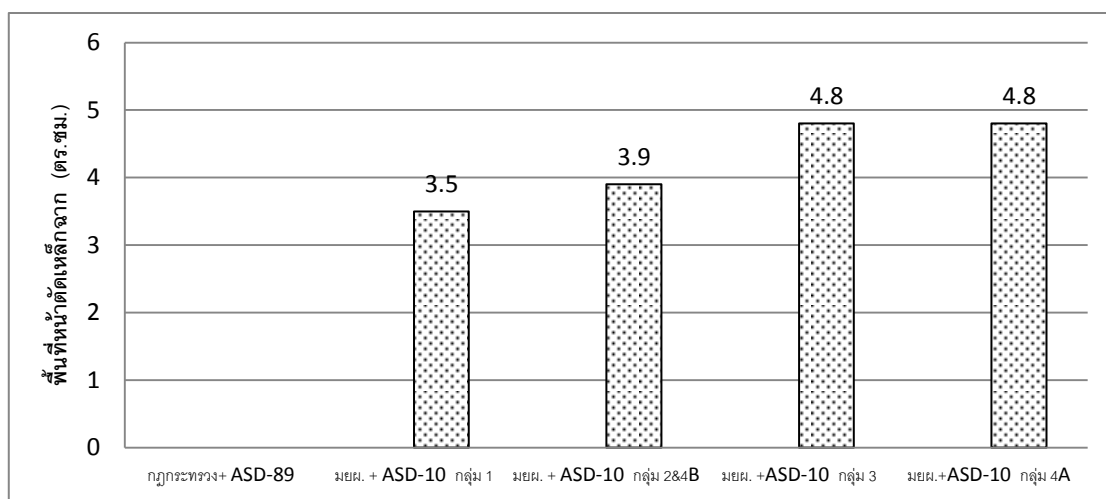
รูปที่ 4.15 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม

จากรูปที่ 4.16 แสดงผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉาก โดยแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก การออกแบบโครงสร้างรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะใช้เหล็กจากขนาดเล็กที่สุดได้แก่ L40x40x4 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 3.1 ตร.ซม. ซึ่งขนาดเหล็กจากที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า การออกแบบโครงสร้างรับแรงลม มยผ.1311-50 ออกแบบด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้เหล็กจาก L45x45x4 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 3.5 ตร.ซม. ทั้ง ๆ ที่แรงที่ใช้สำหรับออกแบบทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกันเป็นเพราะว่าการออกแบบด้วยวิธี ASD-1989 จะยอมให้เพิ่มค่าหน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้อีกหนึ่งในสามจึงได้พื้นที่หน้าตัดเหล็กน้อยกว่า กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้เหล็กจาก L50x50x4 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 3.9 ตร.ซม. กลุ่มที่ 3 ได้เหล็กจาก L45x45x5 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 4.3 ตร.ซม. ส่วนผลการออกแบบที่ให้ขนาดหน้าตัดเหล็กจากใหญ่ที่สุดได้แก่แรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 4A ได้เหล็กจาก L50x50x5 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 4.8 ตร.ซม.

จากรูปที่ 4.17 แสดงผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม โดยแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก จึงมีแต่แรงลม มยผ.1311-50 ออกแบบด้วยวิธี ASD-2010 เพียงอย่างเดียว ผลการออกแบบพบว่าแรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 1 ได้ขนาดเหล็กจากเล็กที่สุด จาก L45x45x4 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 3.5 ตร.ซม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้เหล็กจาก L50x50x4 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 3.9 ตร.ซม. กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4A ได้เหล็กจาก L50x50x5 มม. มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 4.8 ตร.ซม. เท่ากันทั้งสองกรณี



รูปที่ 4.16 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉาก

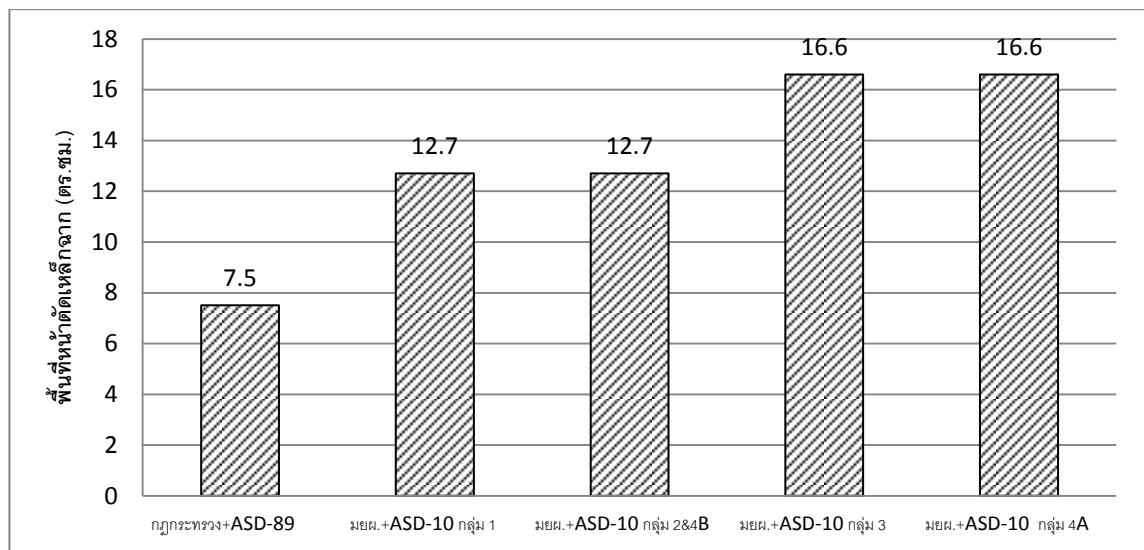


รูปที่ 4.17 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม

4.4.1.2 ผลการออกแบบ กรณีกำหนดขนาดหน้าตัดที่ได้จากการออกแบบ (Actual Section) ป้อนกลับเข้าโปรแกรม STAAD. Pro

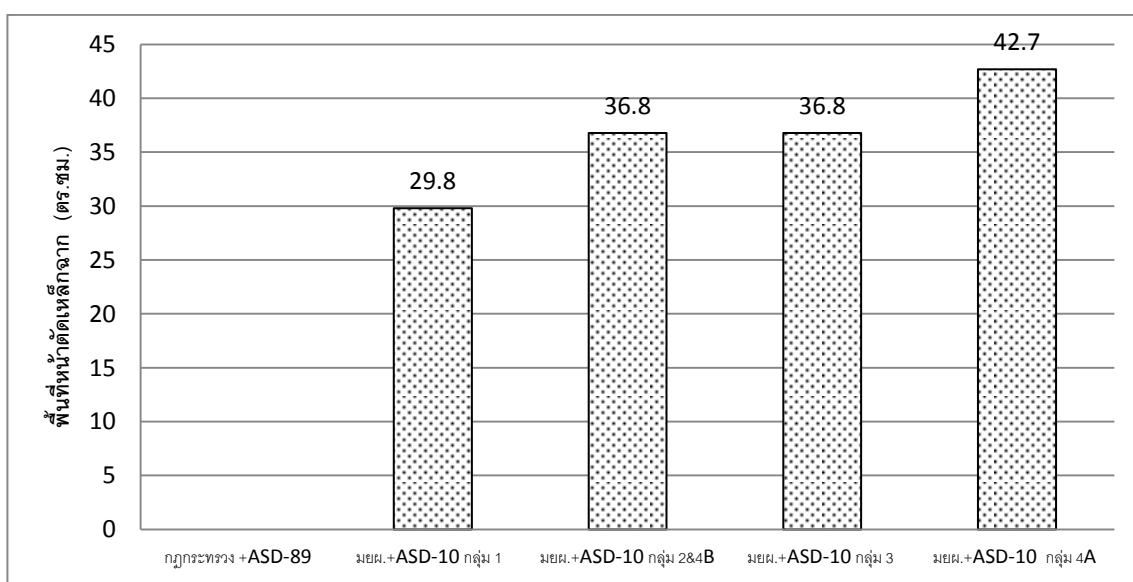
ผลการออกแบบในกรณีนี้ได้จากการเปลี่ยนคุณสมบัติ (Property) โครงข้อหมุนในโปรแกรม STAAD. Pro จาก Prismatic General Steel (หน้าตัด 1 ตร.ซม.) เป็นหน้าตัดจริง (Actual Section) ที่ได้จากการออกแบบ ของแต่ละกรณีแรงลมและกระบวนการออกแบบ เพื่อตรวจสอบผลการออกแบบว่ามีความสามารถต้านทานแรงภายในแนวแกนได้หรือไม่และออกแบบอีกครั้ง (redesign) กรณีที่หน้าตัดจริง (Actual Section) ที่ออกแบบไม่สามารถต้านทานแรงภายในแนวแกนได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.18-4.21

รูปที่ 4.18 แสดงผลการออกแบบกรณีกำหนดขนาดหน้าตัดจริงที่ได้จากการออกแบบ โครงข้อหมุนของของปายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉาก โดยแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็กพบว่าแรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 3 หน้าตัดเดิมที่ได้จากการออกแบบ (L75x75x9 มม. พื้นที่หน้าตัด 12.7 ตร.ซม.) ไม่สามารถรับแรงภายในแนวแกนได้เพราะว่า เมื่อกำหนดเป็นขนาดหน้าตัดจริงทำให้สติฟเนส (stiffness) ของโครงสร้างมากขึ้น การดูดซับพลังงานก็มากขึ้นตาม ทำให้เกิดแรงภายในขึ้นส่วนมากขึ้น จึงออกแบบอีกครั้ง (redesign) ได้พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 16.6 ตร.ซม. (L75x75x12 มม.) ส่วนแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) แรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 4A หน้าตัดเดิมที่ออกแบบไว้สามารถต้านทานแรงภายในแนวแกนได้



รูปที่ 4.18 ผลการออกแบบ โครงข้อหมุนของปายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีแรงลมตั้งฉาก (Actual Section)

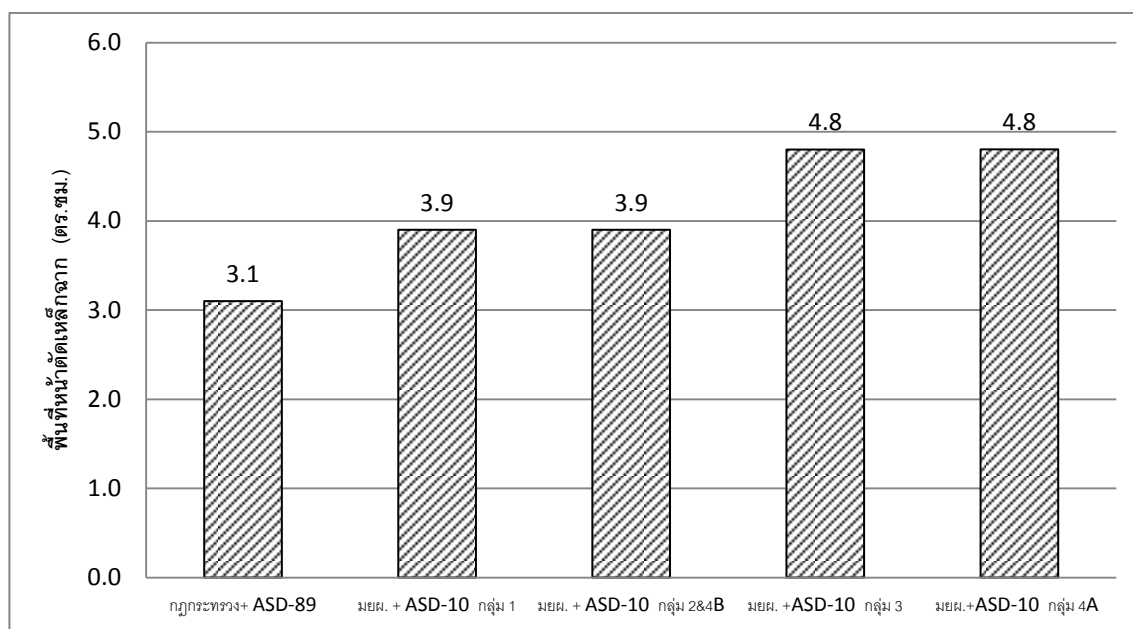
รูปที่ 4.19 แสดงผลการออกแบบกรณีกำหนดขนาดหน้าตัดจริงที่ได้จากการออกแบบ โครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม โดยแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก จึงมีแต่แรงลม มยผ.1311-50 ออกแบบด้วยวิธี ASD-2010 เพียงอย่างเดียวพบว่าแรงลม มยผ.1311-50 ทุกกลุ่มหน้าตัดเดิมที่ได้จากการออกแบบไม่สามารถรับแรงภายในแนวแกนได้ เพราะว่า เมื่อกำหนดเป็นขนาดหน้าตัดจริงทำให้สติฟเนส (stiffness) ของโครงสร้างมากขึ้น การดูดซับพลังงานก็มากขึ้นตาม ทำให้เกิดแรงภายในชิ้นส่วนมากขึ้น จึงออกแบบอีกครั้ง (redesign) ผลการออกแบบ กลุ่มที่ 1 ได้เหล็กฉาก L130x130x12 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 29.8 ตร.ซม. กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 3 ได้เหล็กฉาก L130x130x15 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 36.8 ตร.ซม. กลุ่มที่ 4A ได้เหล็กฉาก L150x150x15 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 42.7 ตร.ซม.



รูปที่ 4.19 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม (Actual Section)

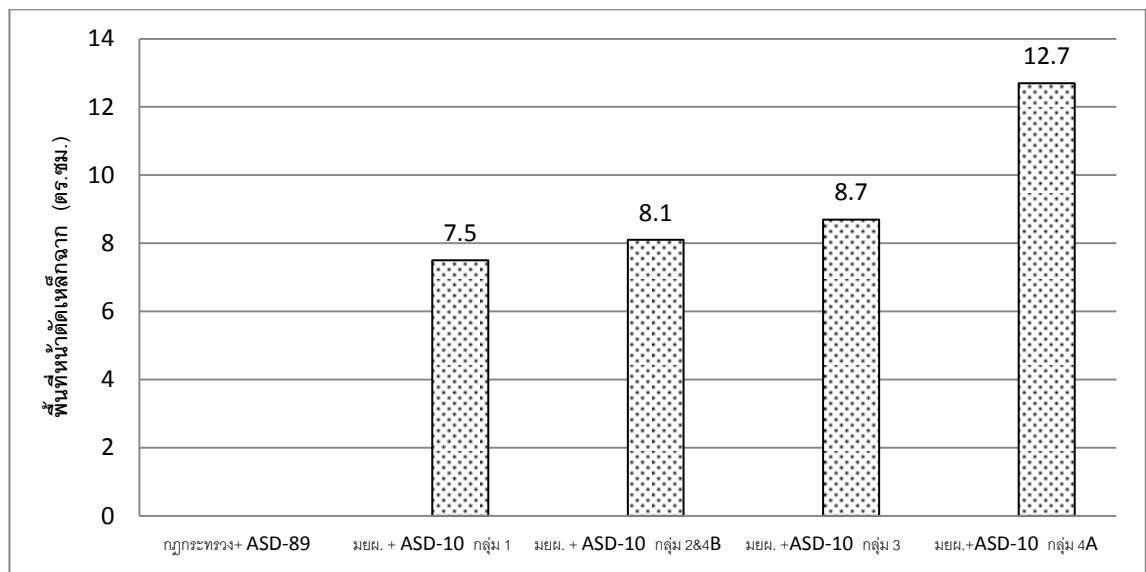
รูปที่ 4.20 แสดงผลการออกแบบกรณีกำหนดขนาดหน้าตัดจริงที่ได้จากการออกแบบ โครงข้อหมุนของของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉาก โดยแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็กพบว่าแรงลม มยผ.1311-50 กลุ่มที่ 1 หน้าตัดเดิมที่ได้จากการออกแบบ (L45x45x4 มม. พื้นที่หน้าตัด 3.5 ตร.ซม.) และกลุ่มที่ 3 หน้าตัดเดิมที่ได้จากการออกแบบ (L45x45x5 มม. พื้นที่หน้าตัด 4.3 ตร.ซม.) ไม่สามารถรับแรงภายในแนวแกนได้ เพราะว่า เมื่อกำหนดเป็นขนาดหน้าตัดจริงทำให้สติฟเนส (stiffness) ของโครงสร้างมากขึ้น การดูดซับพลังงานก็มากขึ้นตาม ทำให้เกิดแรงภายในชิ้นส่วนมากขึ้น จึงออกแบบอีกครั้ง (redesign) ผลการออกแบบ กลุ่มที่ 1 ได้เหล็กฉาก L50x50x4 มม. พื้นที่หน้าตัด

3.9 ตร.ชม. กลุ่มที่ 3 ได้เหล็กฉาก L50x50x5 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 4.8 ตร.ชม. ส่วนแรงลม กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) แรงลม มยพ.1311-50 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 4A หน้าตัดเดิมที่ออกแบบไว้สามารถต้านทานแรงภายในแนวแกนได้



รูปที่ 4.20 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีแรงลมตั้งฉาก
(Actual Section)

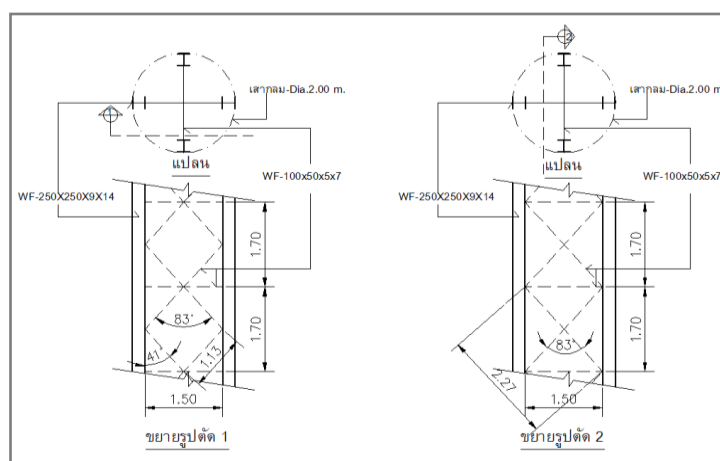
รูปที่ 4.21 แสดงผลการออกแบบกรณีกำหนดขนาดหน้าตัดจริงที่ได้จากการออกแบบ โครงข้อหมุนของของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม โดยแสดงผลออกมาเป็นพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก จึงมีแต่แรงลม มยพ.1311-50 ออกแบบด้วยวิธี ASD-2010 เพียงอย่างเดียวพบว่าแรงลม มยพ.1311-50 ทุกกลุ่มหน้าตัดเดิมที่ได้จากการออกแบบไม่สามารถรับแรงภายในแนวแกนได้ จึงออกแบบอีกครั้ง (redesign) ผลการออกแบบ กลุ่มที่ 1 ได้เหล็กฉาก L65x65x6 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 7.5 ตร.ชม. กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4B ได้เหล็กฉาก L70x70x6 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 8.1 ตร.ชม. กลุ่มที่ 3 ได้เหล็กฉาก L75x75x6 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 8.7 ตร.ชม. กลุ่มที่ 4A ได้เหล็กฉาก L75x75x9 มม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 12.7 ตร.ชม. ซึ่งหน้าตัดที่ได้จะมีค่ามากกว่ากรณีกำหนดชิ้นส่วนโครงข้อหมุนเป็น Prismatic General Steel (พื้นที่หน้าตัด 1 ตร.ชม.) เป็นจำนวนมาก เพราะว่าเมื่อกำหนดเป็นขนาดหน้าตัดจริงทำให้สติฟเนส (stiffness) ของโครงสร้างมากขึ้น การดูดซับพลังงานก็มากขึ้นตาม ทำให้เกิดแรงภายในชิ้นส่วนมากขึ้นและชิ้นส่วนที่เกิดแรงภายในแนวแกนสูงสุดเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิมทำให้ความยาวของชิ้นส่วนก็เพิ่มมากขึ้น (ภาคผนวก ง รูปที่ ง.7) ซึ่งมีผลต่อการออกแบบทำให้ได้ชิ้นส่วนใหญ่ขึ้น



รูปที่ 4.21 ผลการออกแบบโครงข้อหมุนของปายประเภทเสากลมคู่ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของ
ปายซี่เข้าหาลม (Actual Section)

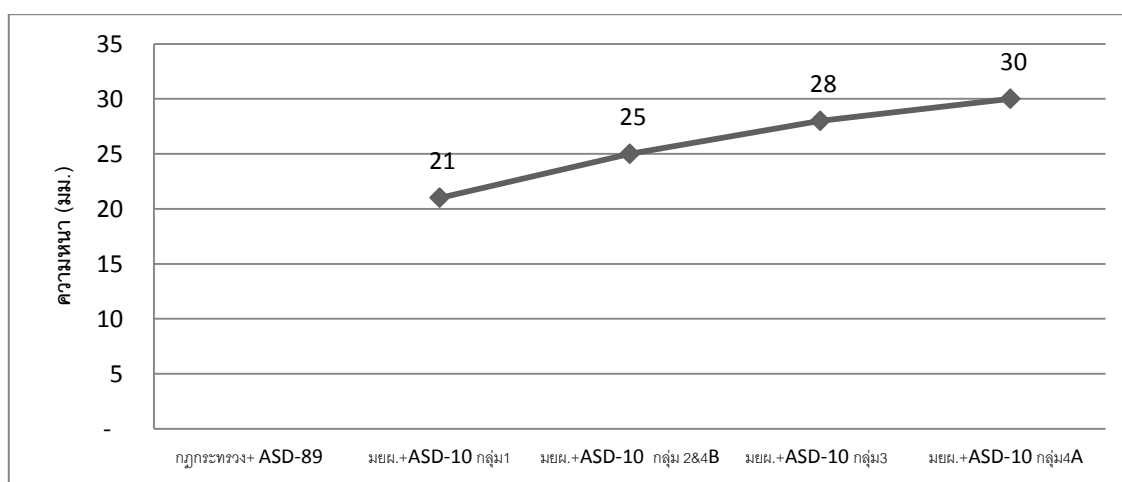
4.4.2 ผลการออกแบบเสาประกอบ

เสาประกอบเป็นเสากลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.00 ม.ภายในเสากลมประกอบด้วยแกนเสา WF-250x250x9x14 มม. จำนวน 4 ต้น และยึดด้วยเหล็กยึดทแยง (Bracing) ขนาด WF-100x50x5x7 มม. (รูปที่ 4.22) ผลการออกแบบแกนเสาและเหล็กยึดทแยง (Bracing) สามารถรับแรงได้ทุกกรณี โดยกระบวนการออกแบบทุกกรณีของแรงลม ทิศทางแรงลม ลักษณะโมเดล และวิธีที่ใช้ในการออกแบบจะใช้รายละเอียดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเสา แกนเสา และ เหล็กยึดทแยง (Bracing) ของเสาประกอบเหมือนกัน แตกต่างเพียงอย่างเดียวคือความหนาของเสากลม ผลที่ได้จากการออกแบบจะแสดงในรูปของความหนาของเสากลม สมการที่ใช้ในการออกแบบกำลังแรงดัดกระทำ แบ่งเป็น 2 กรณี เนื่องจากข้อกำหนด AISC ไม่ได้ระบุสมการกำลังแรงดัดกระทำที่ตรงกับเงื่อนไขเสาประกอบประเภทที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จึงพิจารณาเป็น 2 กรณี ได้แก่ สมการกำลังแรงดัดกระทำสำหรับท่อกลมกลวง ($M_n = \left[\frac{0.021E}{\lambda} + F_y \right] S$) และ สมการแรงดัดกระทำเท่ากับโมเมนต์คราก ($M_n = M_y = F_y S$) ซึ่งจะทำให้ค่ากำลังแรงดัดกระทำต่ำกว่า (conservative) สมการแรงดัดกระทำสำหรับท่อกลมกลวง เพราะพิจารณาพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดอยู่ในช่วงอีลาสติกการกระจายหน่วยแรงตลอดหน้าตัดมีลักษณะเป็นเส้นตรงจนกระทั่งหน่วยแรงที่ผิวบนและล่างเท่ากับหน่วยแรงครากพอดี สำหรับการออกแบบด้วยวิธี ASD-1989 จะพิจารณาอยู่ในกรณีสมการแรงดัดกระทำเท่ากับโมเมนต์ครากเพราะว่าถ้าสมการโมเมนต์ครากลดค่าด้วยตัวคูณความปลอดภัยแล้วจะมีค่าเท่ากับกำลังรับโมเมนต์ดัดสำหรับการออกแบบด้วยวิธี ASD-1989

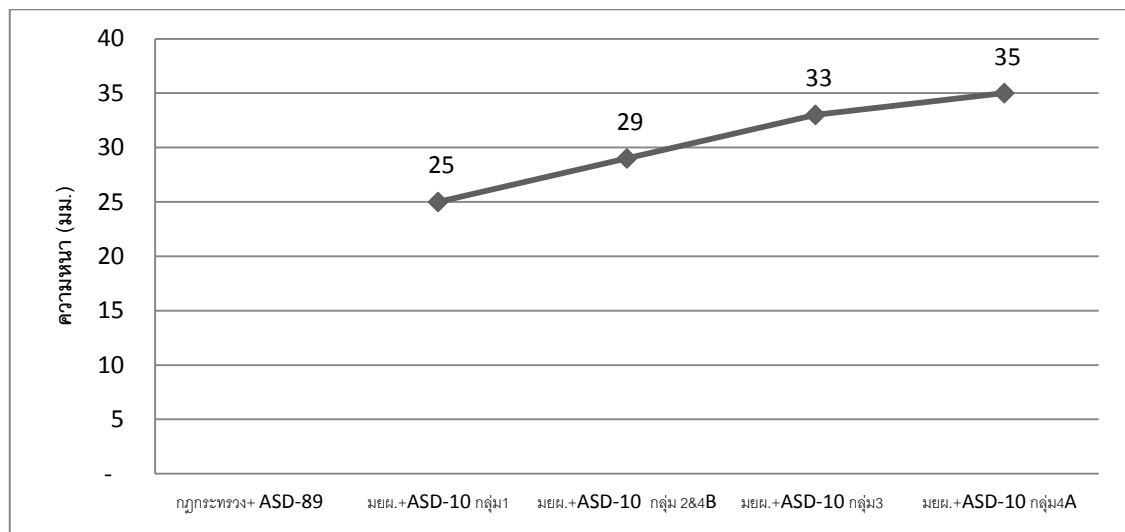


รูปที่ 4.22 แบบรายละเอียดโครงถักภายในเสาประกอบ สำหรับทุกกรณี

4.4.2.1 เสากลมเดี่ยวประกอบออกแบบโดยใช้กำลังแรงดัดระบุ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง
 รูปที่ 4.23 แสดงผลการออกแบบเสากลมเดี่ยวประกอบ กรณีแรงดัดตั้งฉากเป็นความหนาของเสากลม การออกแบบเสารับแรงดัดตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะไม่มีผลในกรณีนี้เนื่องจากข้อกำหนด AISC ไม่ได้กำหนดไว้ จึงมีแต่การออกแบบเสารับแรงดัด มยผ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้ความหนาเท่ากับ 21 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้ความหนาเท่ากับ 25 มม. กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 28 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 30 มม.



รูปที่ 4.23 ผลการออกแบบเสากลมเดี่ยวประกอบ กรณีแรงดัดตั้งฉาก ใช้กำลังแรงดัดระบุ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง

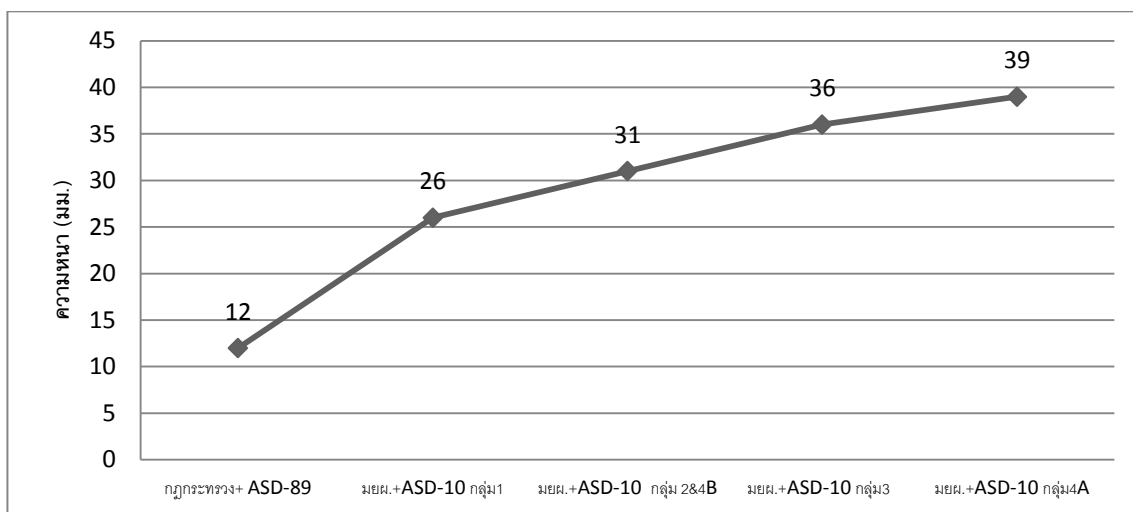


รูปที่ 4.24 ผลการออกแบบเสาเสากลมเดี่ยวประกอบ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาเลน
ใช้กำลังแรงดัดกระทำ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง

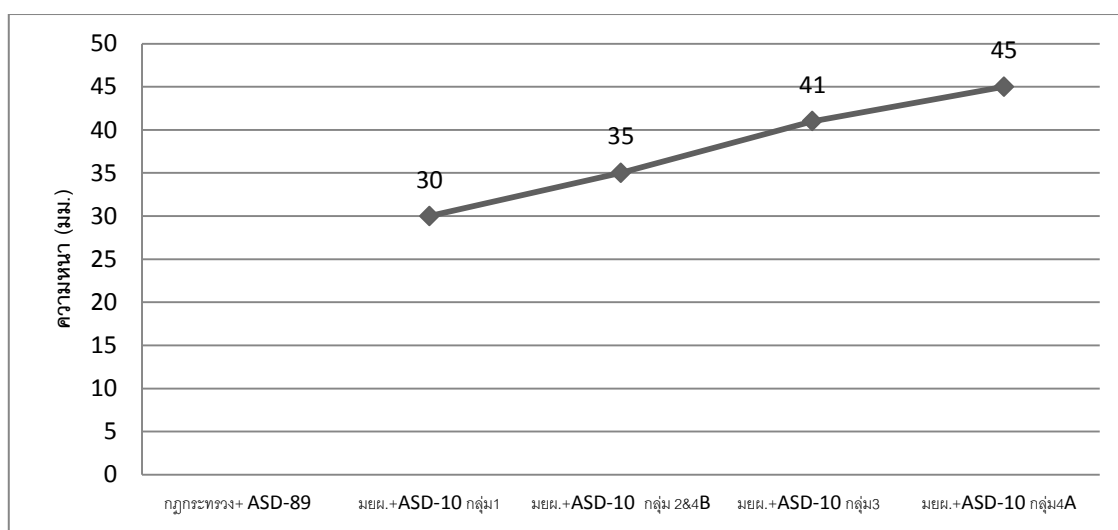
รูปที่ 4.24 แสดงผลการออกแบบเสาเสากลมเดี่ยวประกอบ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาเลน เป็นความหนาของเสากลม การออกแบบรับแรงดัดกระทำกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะไม่มีผลในกรณีนี้เนื่องจากมาตรฐานการคำนวณแรงดัดไม่ได้กำหนดไว้ จึงมีแต่การออกแบบ เสารับแรงดัด มยพ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 ผลการออกแบบ กลุ่มที่ 1 ได้ความหนาเท่ากับ 25 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้ความหนาเท่ากับ 29 มม. กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 33 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 35 มม.

4.4.2.2 เสากลมเดี่ยวประกอบออกแบบโดยที่กำลังแรงดัดกระทำเท่ากับโมเมนต์คราก (M_y)

รูปที่ 4.25 แสดงผลการออกแบบเสาเสากลมเดี่ยวประกอบ กรณีแรงดัดตั้งฉาก เป็นความหนาของเสากลม การออกแบบเสารับแรงดัดกระทำกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะได้ความหนาต่ำ ที่สุดเท่ากับ 12 มม. ผลการออกแบบเสารับแรงดัดมยพ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้ความ หนาเท่ากับ 26 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้ความหนาเท่ากับ 31 มม. กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 36 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 39 มม.



รูปที่ 4.25 ผลการออกแบบเสากลมเดี่ยวเสาประกอบ กรณีแรงลมตั้งฉาก ใช้กำลังแรงค้ำยัน (M_n) เท่ากับโมเมนต์คราก (M_y)



รูปที่ 4.26 ผลการออกแบบเสากลมเดี่ยวเสาประกอบ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม ใช้กำลังแรงค้ำยัน (M_n) เท่ากับโมเมนต์คราก (M_y)

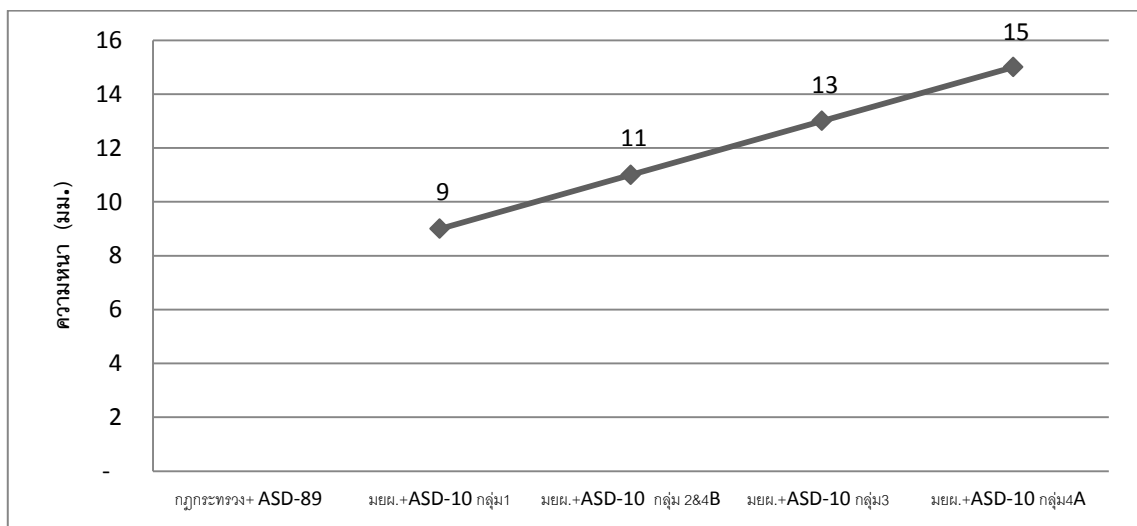
รูปที่ 4.26 แสดงผลการออกแบบเสากลมเดี่ยวเสาประกอบ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม เป็นความหนาของเสากลมการออกแบบเสารับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะไม่มีผลในกรณีนี้เนื่องมาตรฐานการคำนวณแรงลมไม่ได้กำหนดไว้ จึงมีแต่การออกแบบเสา รับแรงลมมยผ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้ความหนาเท่ากับ 30 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้

ความหนาเท่ากับ 35 มม.กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 41 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 45 มม.

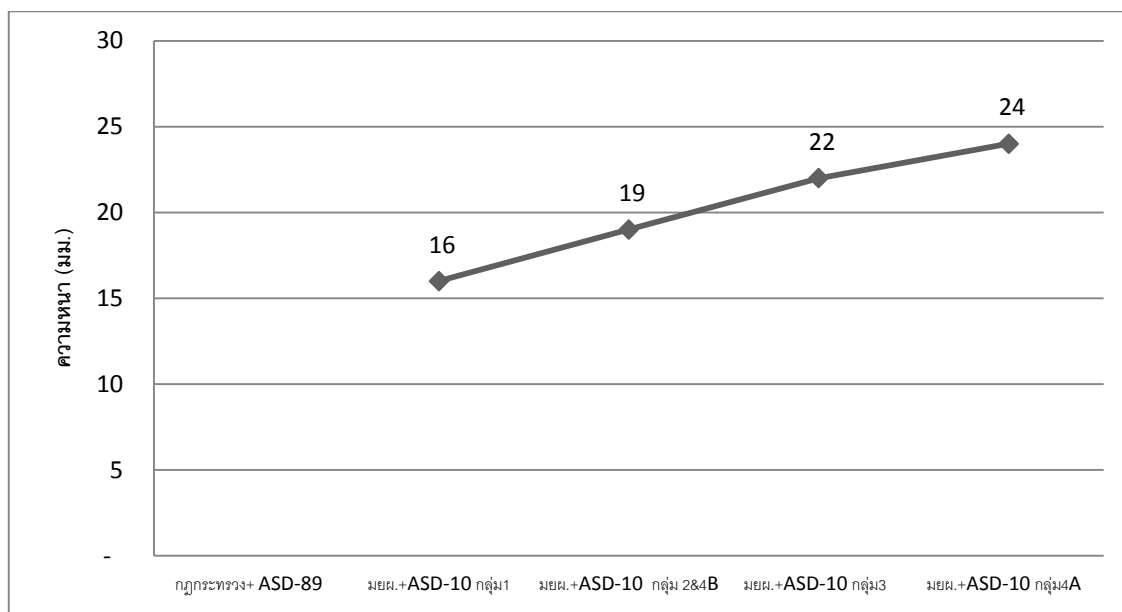
4.4.2.3 เสากลมคู่ประกอบออกแบบโดยที่ก้ำลังแรงดัดระนาบ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง

รูปที่ 4.27 แสดงผลการออกแบบเสากลมคู่ประกอบ กรณีแรงดัดตั้งฉากเป็นความหนาของเสากลม การออกแบบเสารับแรงดัดตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) จะไม่มีผลในกรณีนี้เนื่องจากข้อกำหนด AISC ไม่ได้กำหนดไว้ จึงมีแต่การออกแบบเสารับแรงดัด มยพ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้ความหนาเท่ากับ 9 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้ความหนาเท่ากับ 11 มม.กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 13 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 15 มม.

รูปที่ 4.28 แสดงผลการออกแบบเสากลมคู่ประกอบ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม เป็นความหนาของเสากลม การออกแบบรับแรงดัดตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะไม่มีผลในกรณีนี้เนื่องจากมาตรฐานการคำนวณแรงดัดไม่ได้กำหนดไว้ จึงมีแต่การออกแบบเสารับแรงดัด มยพ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 ผลการออกแบบ กลุ่มที่ 1 ได้ความหนาเท่ากับ 16 มม. กลุ่มที่ 2และ4B ได้ความหนาเท่ากับ 19 มม.กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 22 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 24 มม.



รูปที่ 4.27 ผลการออกแบบเสากลมคู่ประกอบ กรณีแรงดัดตั้งฉาก ใช้ก้ำลังแรงดัดระนาบ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง

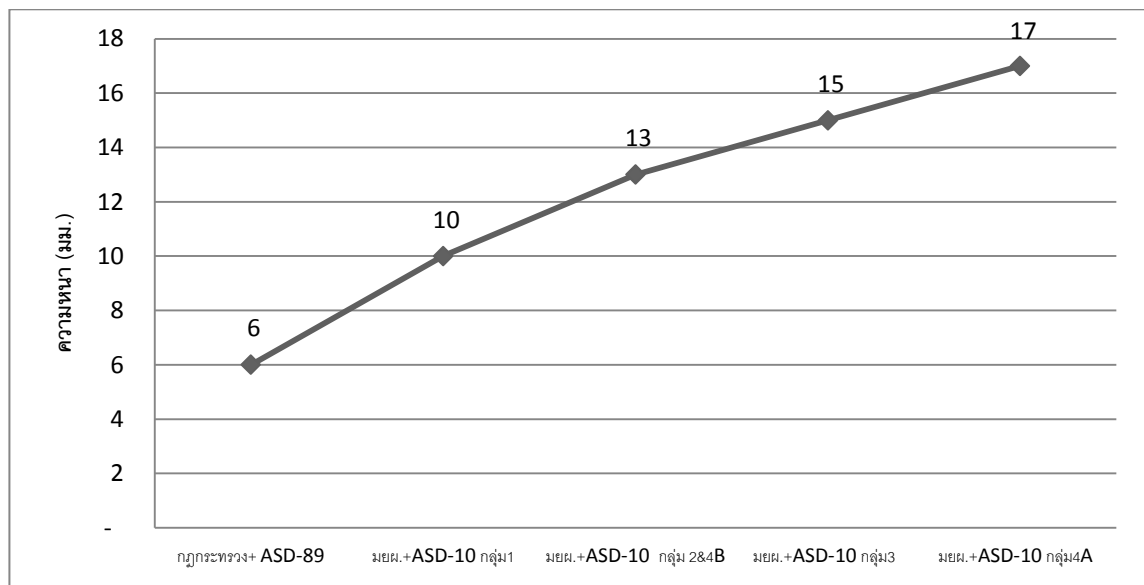


รูปที่ 4.28 ผลการออกแบบเสากลมคู่ประกอบ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของปายซีเข้าหาลม
ใช้กำลังแรงดัดกระทำ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง

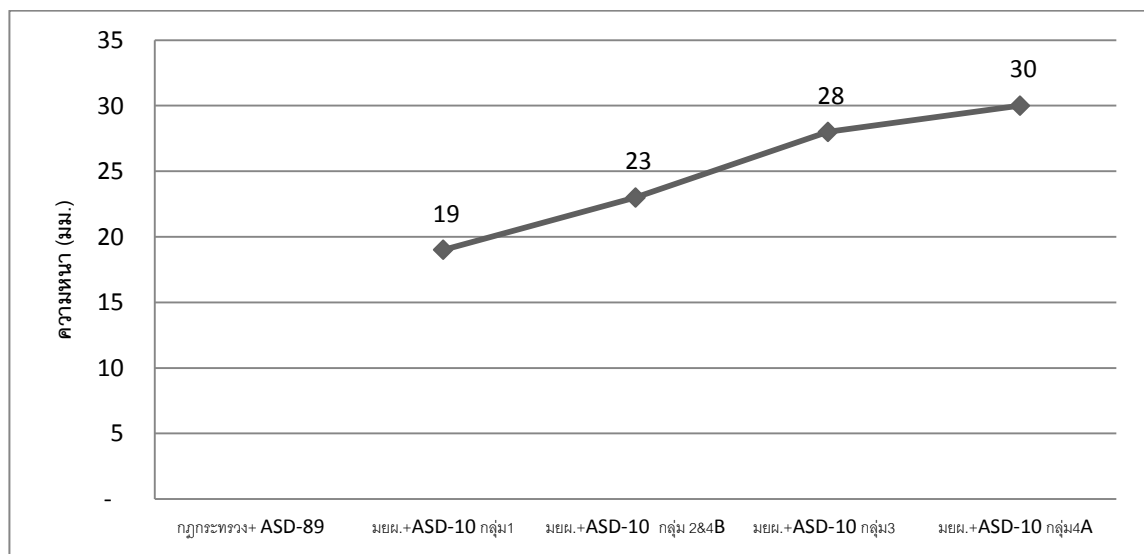
4.4.2.4 เสากลมคู่ประกอบออกแบบ โดยที่กำลังแรงดัดกระทำเท่ากับโมเมนต์คราก (M_y)

รูปที่ 4.29 แสดงผลการออกแบบเสากลมคู่ประกอบ กรณีแรงดัดตั้งฉาก เป็นความหนาของเสากลม การออกแบบเสารับแรงดัดกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะได้ความหนาต่ำที่สุดเท่ากับ 6 มม. การออกแบบเสารับแรงดัดมยผ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้ความหนาเท่ากับ 10 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้ความหนาเท่ากับ 13 มม. กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 15 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 17 มม.

จากรูปที่ 4.30 แสดงผลการออกแบบเสากลมคู่ประกอบ กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของปายซีเข้าหาลม เป็นความหนาของเสากลมการออกแบบเสารับแรงดัดกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะไม่มีผลในกรณีนี้เนื่องจากมาตรฐานการคำนวณแรงดัดไม่ได้กำหนดไว้ จึงมีแต่การออกแบบเสารับแรงดัดมยผ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 กลุ่มที่ 1 ได้ความหนาเท่ากับ 19 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ได้ความหนาเท่ากับ 23 มม. กลุ่มที่ 3 ได้ความหนาเท่ากับ 28 มม. ส่วนกลุ่มที่ 4A ให้ค่าความหนาสูงสุดเท่ากับ 30 มม.



รูปที่ 4.29 ผลการออกแบบเสาเสากลมคู่ประกอบ กรณีแรงลมตั้งฉาก ใช้กำลังแรงดัดกระทำ (M_n) เท่ากับโมเมนต์คราก (M_y)



รูปที่ 4.30 ผลการออกแบบเสาเสากลมคู่ประกอบ กรณีด้านขาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม ใช้กำลังแรงดัดกระทำ (M_n) เท่ากับโมเมนต์คราก (M_y)

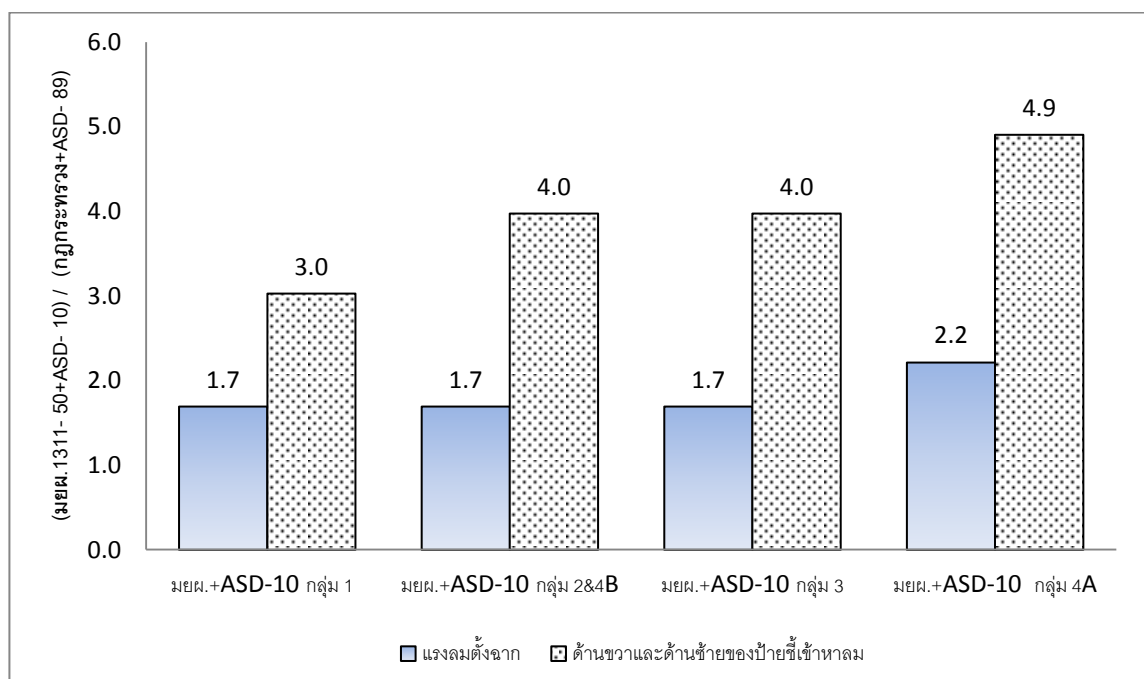
4.5 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบ

ผลการออกแบบสามารถเปรียบเทียบได้แก่ การออกแบบโครงข้อหมุนรับแรงลมตาม กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 เปรียบเทียบการออกแบบโครงข้อหมุนรับแรงลมตามมยผ. 1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 แสดงผลออกมาเป็นอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดโครงข้อหมุนกรณีออกแบบ

รับแรงลม มยผ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 ต่อ การออกแบบรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะแยกเป็นสองกรณีได้แก่ กรณีกำหนดชิ้นส่วน โครงข้อหมุนเป็น Prismatic General Steel (หน้าตัด 1 ตร.ชม.) และ กรณีกำหนดขนาดหน้าตัดที่ได้จากการออกแบบ (Actual Section) ส่วนการออกแบบเสารับแรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 จะแสดงผลออกมาเป็นความหนาของเสากลม เปรียบเทียบการออกแบบเสารับแรงลมตามมยผ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010

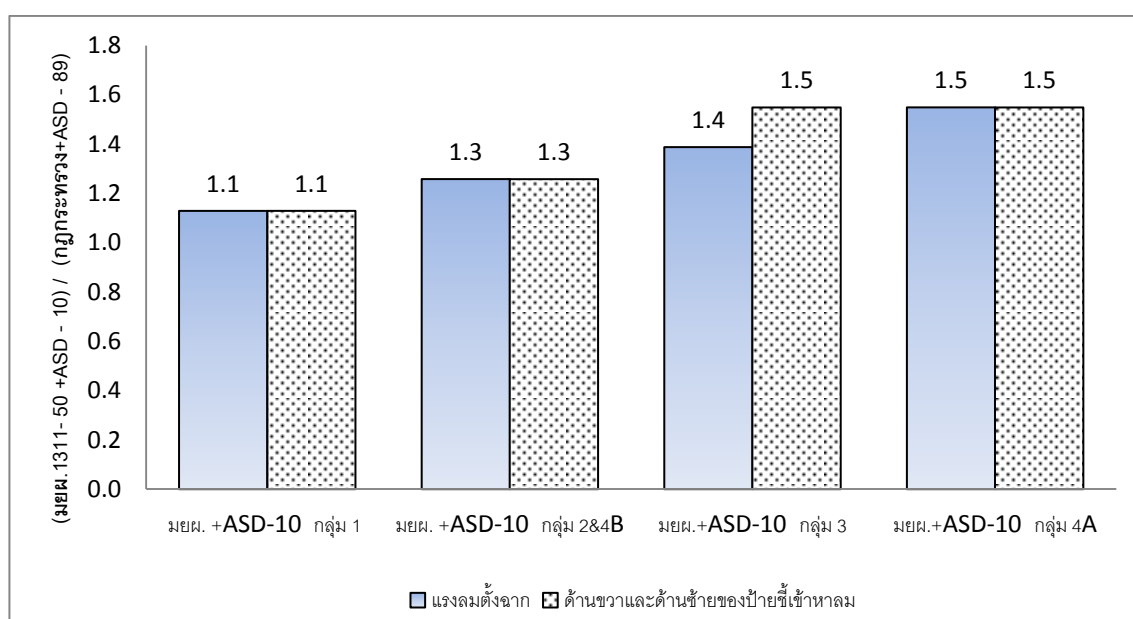
4.5.1 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบโครงข้อหมุน กรณีกำหนดชิ้นส่วนโครงข้อหมุนเป็น Prismatic General Steel (หน้าตัด 1 ตร.ชม.)

รูปที่ 4.31 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด โครงข้อหมุนของปายประเภทเสากลมเดี่ยว โดยใช้ Prismatic General Steel (หน้าตัด 1 ตร.ชม.) กรณีออกแบบรับแรงลม มยผ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 ต่อ การออกแบบรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 พบว่าอัตราส่วนน้อยที่สุดจะเป็นในกรณีแรงลมตั้งฉาก กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.7 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 2.2 เท่า ในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายชี้เข้าหาลมกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 3 เท่า กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 3 ได้เท่ากับ 4 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 4.9 เท่า



รูปที่ 4.31 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (มยผ.1311-50 +ASD-10) / (กฎกระทรวง + ASD-89) ของปายประเภทเสากลมเดี่ยว (Prismatic General Steel)

รูปที่ 4.32 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดโครงข้อหมุนของปายประเภทเสากลมคู่ โดยใช้ Prismatic General Steel (หน้าตัด 1 ตร.ชม.) กรณีออกแบบรับแรงลม มยพ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 ต่อ การออกแบบรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 พบว่าอัตราส่วนน้อยที่สุดจะเป็นในกรณีแรงลมตั้งฉาก กลุ่มที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1.1 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 1.5 เท่า ในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายชี้เข้าหาลมกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 1.1 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 1.5 เท่า

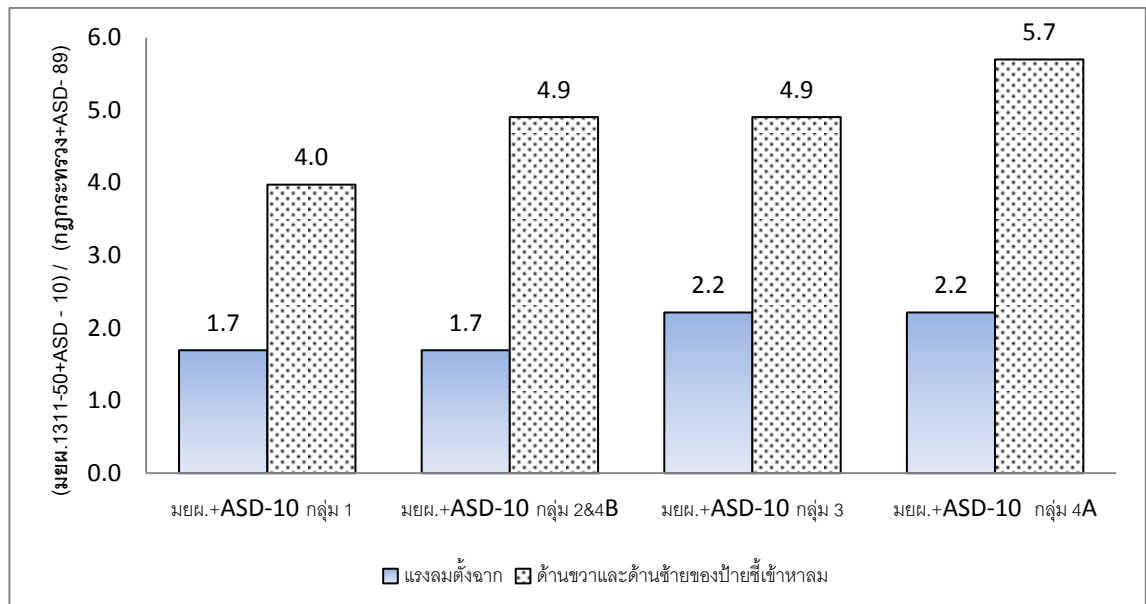


รูปที่ 4.32 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (มยพ.1311-50 +ASD-10) / (กฎกระทรวง + ASD-89) ของปายประเภทเสากลมคู่ (Prismatic General Steel)

4.5.2 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบโครงข้อหมุน กรณีกำหนดขนาดหน้าตัดที่ได้จากออกแบบ (Actual Section) ป้อนกลับเข้าในโปรแกรม STAAD. Pro

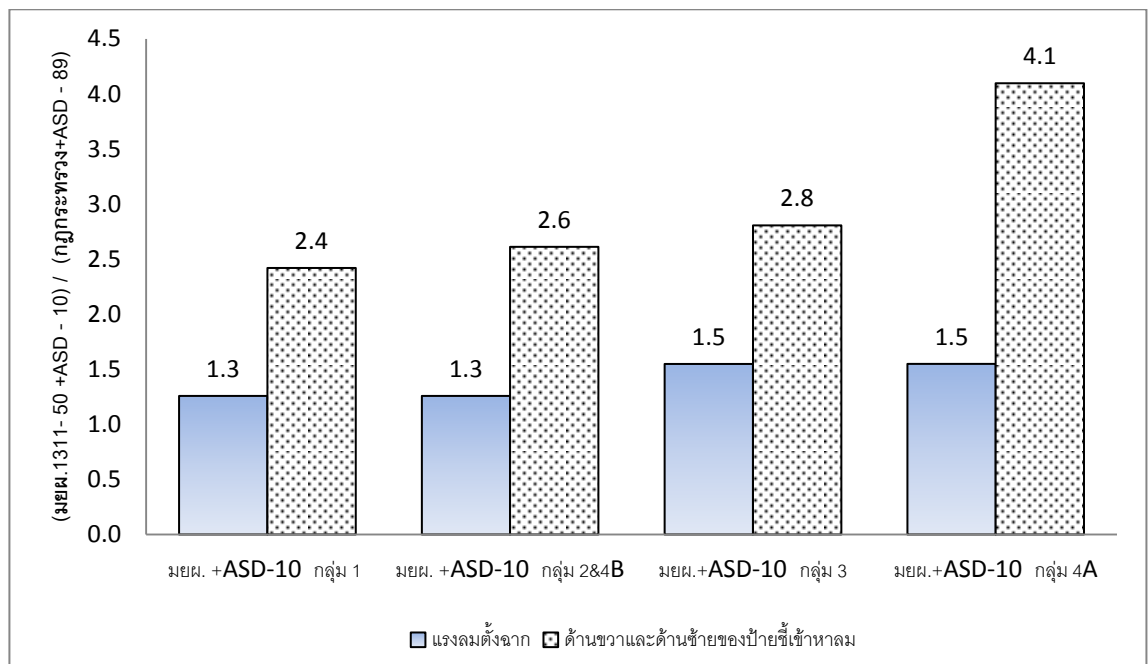
รูปที่ 4.33 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดโครงข้อหมุนของปายประเภทเสากลมเดี่ยว กรณีออกแบบรับแรงลม มยพ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 ต่อ การออกแบบรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 โดยใช้หน้าตัดที่ได้จากออกแบบ (Actual Section) ป้อนกลับในโปรแกรม STAAD. Pro เพื่อวิเคราะห์และออกแบบอีกครั้ง (redesign) พบว่าอัตราส่วนน้อยที่สุดจะเป็นในกรณีแรงลมตั้งฉาก กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.7 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 2.2 เท่า ในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายชี้เข้าหาลมกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 4 เท่า กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B และกลุ่มที่ 3 ได้เท่ากับ 4.9 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 5.7 เท่า ซึ่งมีค่ามากกว่ากรณีกำหนดชิ้นส่วนโครงข้อหมุนเป็น Prismatic General Steel (กลุ่ม 4A เท่ากับ 4.9 เท่า) ดังนั้นกรณี

นี่จะเป็นกรณีที่ควบคุมการออกแบบ เพราะใช้หน้าตัดจริงในการออกแบบ และมีค่ามากกว่า ซึ่งค่าที่ควบคุมการออกแบบจะเป็นการออกแบบรับแรงลมตามมยพ.1311-50 กรณีที่ด้านขวาหรือด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมด้วยวิธี ASD-2010



รูปที่ 4.33 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (มยพ.1311-50 +ASD-10) / (กฎกระทรวง + ASD-89) ของป้ายประเภทเสากลมเดี่ยว (Actual Section)

รูปที่ 4.34 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดโครงข้อหมุนของป้ายประเภทเสากลมคู่ กรณีออกแบบรับแรงลม มยพ.1311-50 ด้วยวิธี ASD-2010 ต่อ การออกแบบรับแรงลมกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ด้วยวิธี ASD-1989 โดยใช้หน้าตัดที่ได้จากออกแบบ (Actual Section) ป้อนกลับในโปรแกรม STAAD. Pro เพื่อวิเคราะห์และออกแบบอีกครั้ง (redesign) พบว่าอัตราส่วนน้อยที่สุดจะเป็นในกรณีแรงลมตั้งฉาก กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B มีค่าเท่ากับ 1.3 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 1.5 เท่า ในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 2.4 เท่า กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4B เท่ากับ 2.6 เท่า กลุ่มที่ 3 เท่ากับ 2.8 เท่า ค่ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ 4A เท่ากับ 4.1 เท่า ซึ่งมีความมากกว่ากรณีกำหนดชิ้นส่วนโครงข้อหมุนเป็น Prismatic General Steel (กลุ่ม 4A เท่ากับ 1.5 เท่า) ดังนั้นกรณีนี้จะเป็นกรณีที่ควบคุมการออกแบบ เพราะใช้หน้าตัดจริงในการออกแบบ และมีค่ามากกว่า ซึ่งค่าที่ควบคุมการออกแบบจะเป็นการออกแบบรับแรงลมตามมยพ.1311-50 กรณีที่ด้านขวาหรือด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลมด้วยวิธี ASD-2010



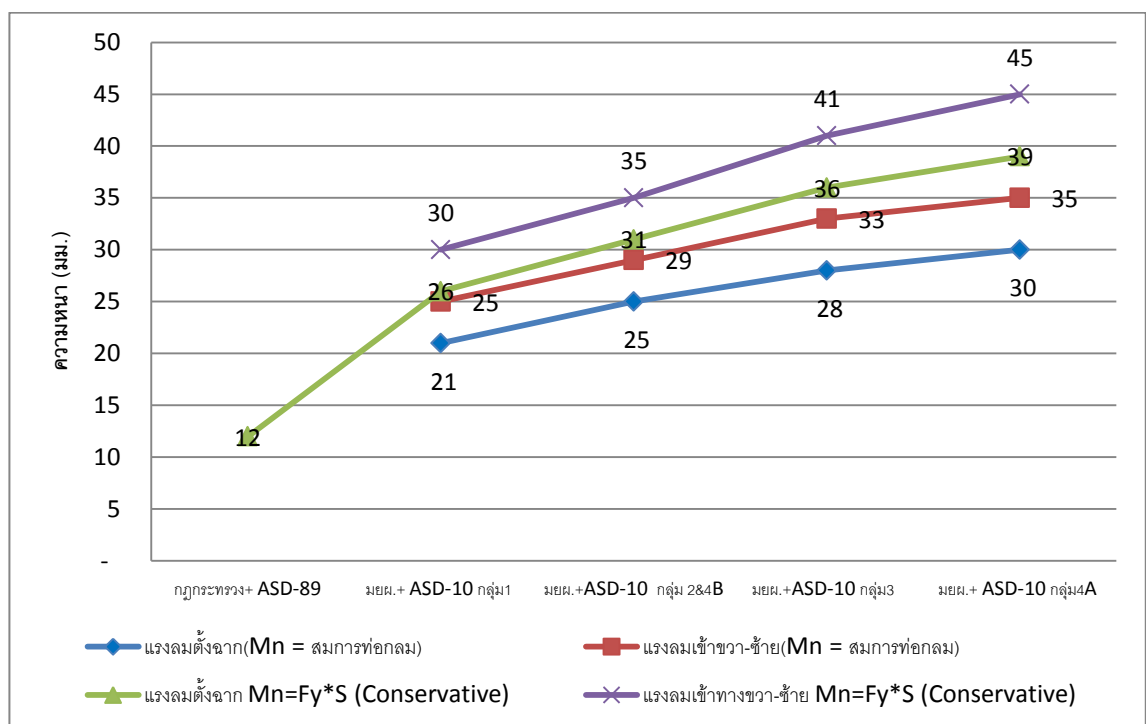
รูปที่ 4.34 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (มยผ.1311-50 +ASD-10) / (กฎกระทรวง + ASD-89) ของป้าย
ประเภทเสากลมคู่ (Actual Section)

4.5.3 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบเสาประกอบ

รูปที่ 4.35 เปรียบเทียบผลการออกแบบเสาเสากลมเดี่ยวประกอบ กรณีแรงลมตั้งฉากเปรียบเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม โดยใช้กำลังแรงดัดระบุ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง $M_n = \left[\frac{0.021E}{\lambda} + F_y \right] S$ จะมีเฉพาะการออกแบบที่ได้จากแรงลม มยผ.1311-50 และวิธีการออกแบบ ASD-2010 เท่านั้นเพราะข้อกำหนด AISC สำหรับ ASD-1989 ไม่ได้ระบุไว้ ผลการออกแบบความหนาที่ได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 21 มม.(กลุ่มที่ 1) และมีค่ามากขึ้นเป็นลำดับ (กลุ่มที่ 4A เท่ากับ 30 มม.) การออกแบบในกรณีที่แรงลมเข้าทางด้านขวาและด้านซ้ายของป้าย จะให้ความหนาของเสามากกว่าแรงลมตั้งฉากทุกกรณีโดยที่ค่าสูงที่สุดเท่ากับ 35 มม.

เมื่อใช้กำลังแรงดัดระบุเท่ากับโมเมนต์คราก (M_y) การออกแบบเสารับแรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) โดยวิธี ASD-1989 ซึ่งมีผลในกรณีที่แรงลมตั้งฉากเพียงอย่างเดียว จะให้ความหนาของเสากลมน้อยที่สุดเท่ากับ 12 มม. ส่วน ส่วนการออกแบบที่ได้จากแรงลม มยผ.1311-50 และวิธีการออกแบบ ASD-2010 ผลการออกแบบในกรณีที่แรงลมตั้งฉาก กลุ่มที่ 1 ให้ความหนา 26 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ให้ความหนา 31 มม. กลุ่มที่ 3 ให้ความหนา 36 มม. และกลุ่มที่ 4A ให้ความหนา 39 มม. ผลที่ได้ค่ามากกว่ากรณีใช้กำลังแรงดัดระบุ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวงทุกกรณี เนื่องจากค่ากำลังแรงดัดระบุจากสมการโมเมนต์คราก ($M_n = M_y = F_y S$) มีค่าน้อยกว่า (conservative) กำลังแรงดัดระบุ

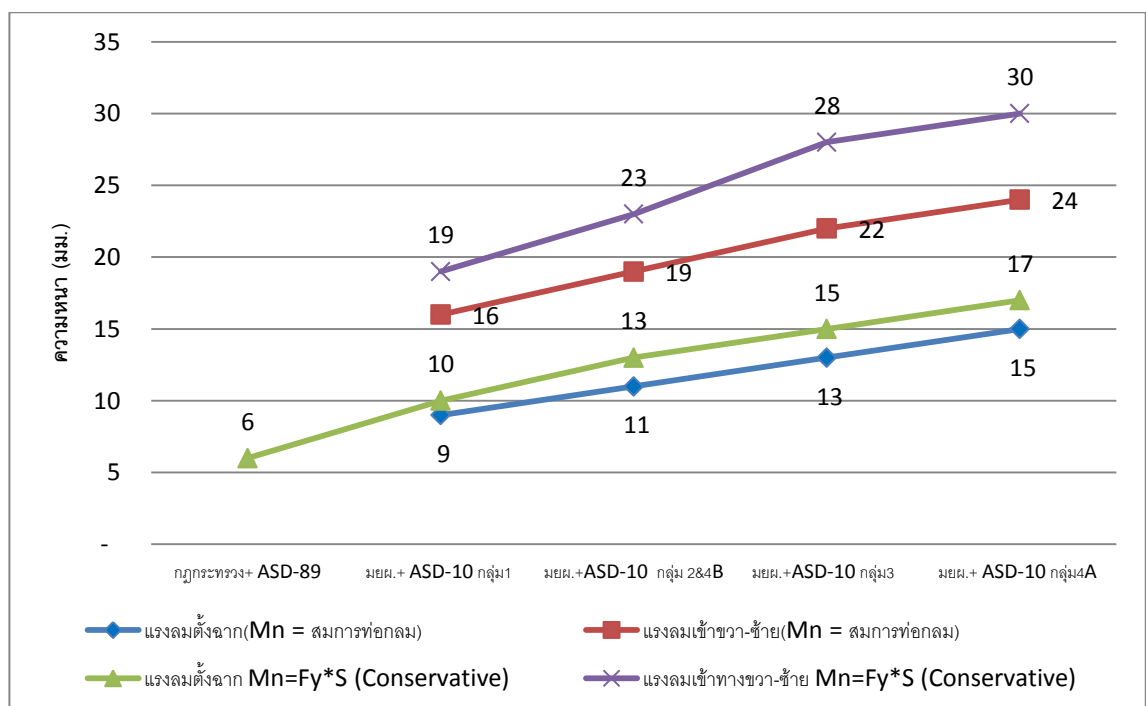
ของสมการท่อกลมกลวง $M_n = \left[\frac{0.021E}{\lambda} + F_y \right] S$ เพราะพิจารณาพฤติกรรมการรับโมเมนต์ค้ดอยู่ ในช่วงอีลาสติคการกระจายหน่วยแรงตลอดหน้าตัดเป็นเส้นตรงจนกระทั่งหน่วยแรงที่ผิวบนและล่าง มีค่าเท่ากับหน่วยแรงครากพอดี ผลการออกแบบในกรณีทางด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม กลุ่มที่ 1 ให้ความหนา 30 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ให้ความหนา 35 มม. กลุ่มที่ 3 ให้ความหนา 41 มม. และ กลุ่มที่ 4A ให้ความหนา 45 มม. ดังนั้นกรณีการออกแบบเสารับแรงลม มยพ.1311-50 กรณีด้านขวาและ ด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม ด้วยวิธี ASD-2010 โดยใช้สมการแรงค้ดระบุเท่ากับโมเมนต์คราก (M_y) จะเป็นค่าสำหรับควบคุมการออกแบบเพราะให้ค่ามากกว่าทุกกรณี



รูปที่ 4.35 ผลการออกแบบเสากลมเดี่ยวประกอบ กรณีแรงลมตั้งฉากเปรียบเทียบกับกรณีทางด้านขวา และด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม

รูปที่ 4.36 เปรียบเทียบผลการออกแบบเสาเสากลมคู่ประกอบ กรณีแรงลมตั้งฉากเปรียบเทียบกับกรณี ที่ด้านขวาและด้านซ้ายของปายซี่เข้าหาลม โดยใช้กำลังแรงค้ดระบุ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวง $M_n = \left[\frac{0.021E}{\lambda} + F_y \right] S$ จะมีเฉพาะการออกแบบเสาแรงลม มยพ.1311-50 โดยวิธี ASD-2010 เท่านั้นเพราะข้อกำหนด AISC สำหรับ ASD-1989 ไม่ได้ระบุไว้ ความหนาที่ได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 9 มม. (กลุ่มที่ 1) และมีค่ามากขึ้นเป็นลำดับ (กลุ่มที่ 4A เท่ากับ 15 มม.) การออกแบบในกรณีที่แรงลมเข้า ทางด้านขวาและด้านซ้ายของปาย จะได้ความหนาของเสามากกว่าแรงลมตั้งฉากทุกกรณีโดยที่ค่าสูง ที่สุดเท่ากับ 24 มม.

เมื่อใช้กำลังแรงดัดกระทำกับโมเมนต์คราก (M_y) การออกแบบเสารับแรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) โดยวิธี ASD-1989 ซึ่งมีผลในกรณีที่แรงลมตั้งฉากเพียงอย่างเดียว จะให้ความหนาของเสากลมน้อยที่สุดเท่ากับ 6 มม. ส่วนการออกแบบเสารับแรงลม มยผ.1311-50 โดยวิธี ASD-2010 ผลการออกแบบในกรณีที่แรงลมตั้งฉาก กลุ่มที่ 1 ให้ความหนา 10 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ให้ความหนา 13 มม. กลุ่มที่ 3 ให้ความหนา 15 มม. และกลุ่มที่ 4A ให้ความหนา 17 มม. ส่วนผลการออกแบบในกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม กลุ่มที่ 1 ให้ความหนา 19 มม. กลุ่มที่ 2 และ 4B ให้ความหนา 23 มม. กลุ่มที่ 3 ให้ความหนา 28 มม. และกลุ่มที่ 4A ให้ความหนา 30 มม. ผลที่ได้มีค่ามากกว่ากรณีใช้กำลังแรงดัดกระทำ (M_n) สำหรับท่อกลมกลวงทุกกรณี เนื่องจากค่ากำลังแรงดัดกระทำจากสมการโมเมนต์คราก ($M_n = M_y = F_y S$) มีค่าน้อยกว่า (conservative) กำลังแรงดัดกระทำของสมการท่อกลมกลวง $M_n = \left[\frac{0.021E}{\lambda} + F_y \right] S$ เพราะพิจารณาพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดอยู่ในช่วงอีลาสติกการกระจายหน่วยแรงตลอดหน้าตัดเป็นเส้นตรงจนกระทั่งหน่วยแรงที่ผิวบนและล่างมีค่าเท่ากับหน่วยแรงครากพอดี ดังนั้นกรณีการออกแบบเสารับแรงลม มยผ.1311-50 กรณีด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม ด้วยวิธี ASD-2010 โดยใช้สมการแรงดัดกระทำเท่ากับโมเมนต์คราก (M_y) จะเป็นค่าสำหรับควบคุมการออกแบบเพราะให้ค่ามากกว่าทุกกรณี



รูปที่ 4.36 ผลการออกแบบเสากลมคู่ประกอบ กรณีแรงลมตั้งฉากเปรียบเทียบกับกรณีที่ด้านขวาและด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม