

การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา
โดยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ และวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า

COMPARATIVE STUDY ON MOMENT COEFFICIENT FOR FLAT SLAB DESIGN
USING FINITE ELEMENT AND EQUIVALENT FRAME METHOD



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559
KMITL-2016-EN-M-093-099

การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา
โดยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ และวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า

COMPARATIVE STUDY ON MOMENT COEFFICIENT FOR FLAT SLAB DESIGN
USING FINITE ELEMENT AND EQUIVALENT FRAME METHOD



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-093-099

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARATIVE STUDY ON MOMENT COEFFICIENT FOR FLAT SLAB DESIGN
USING FINITE ELEMENT AND EQUIVALENT FRAME METHOD



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE
DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016
KMITL-2016-EN-M-093-099

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสาโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า

Thesis Title Comparative Study on Moment Coefficient for Flat Slab Design using Finite Element and Equivalent Frame Method

นักศึกษา นายพงศธร บุพลับ

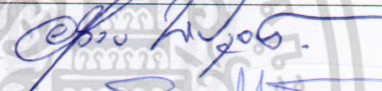
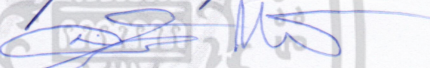
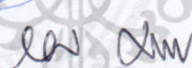

รหัสประจำตัว 58601290

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-093-099

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.อำนาจ	พานิชกุลพงศ์	
รศ.สุวัฒน์	ถิระเศรษฐ์	
รศ.เอนก	ศิริพานิชกร	
ดร.อาทิตย์	เพชรศศิธร	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพุธที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 15.00-17.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา. ฉบับตีพิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างวันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 การนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมี แป้นหัวเสาโดยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ และ วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า
นักศึกษา	นายพงศธร บุพลับ
รหัสประจำตัวนักศึกษา	58601290
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมกับการออกแบบพื้นไร้คานและเพื่อสร้างตารางค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์และศึกษาหาค่าโมเมนต์ในพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสาและเปรียบเทียบโดยวิธีการวิเคราะห์หาค่าโมเมนต์ที่มากที่สุดจากวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าและวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ การวิเคราะห์นี้จะทำให้ทราบค่าโมเมนต์ที่มากที่สุดและจะสามารถทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อที่จะนำไปใช้ในการออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจากการศึกษาพบว่าวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ ค่าโมเมนต์จากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ในแต่ละกรณีจะมีค่าน้อยกว่าวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าอยู่ที่ 48 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ ถึงอย่างไรก็ตามแม้ว่าตัวโปรแกรมจะมีความน่าเชื่อถือเพียงใดก็ตาม ผู้ใช้โปรแกรมต้องมีความรู้และความเข้าใจในโครงสร้างประเภทนั้นๆด้วย

Thesis Title	Comparative Study On Moment Coefficient For Flat Slab Design Using Finite Element And Equivalent Frame Method
Student	Mr.Phongsatorn Buplab
Student ID.	58601290
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Dr.Arthit Petchsasithon

ABSTRACT

This research is aimed analyze the reasonable moment in under to design flat slab with drop panel by comparing the highest moment retrieved by the Equivalent Frame Method and the Finite Element Method. The result of analysis, the highest moment index, is coefficient moment shall be determined in the design of reinforcement in concrete based on the Finite Element Method. The result revealed that the moment from the Finite Element Method's was lesser than the Equivalent Frame Method by 48 percentages. However, besides the program's reliability is proven, an user must be able of understanding in structural knowledge

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ดร. อาทิตย์ เพชรศศิธร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
งานวิจัยนี้ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา เพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและคุณภาพมาตรฐาน ไทรงาม คุณ
รังสรรค์ สำโรงทอง ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างและขั้นตอนการดำเนินการ
ทำปริญญาานิพนธ์ ผู้เขียนมีความสำนึกในพระคุณของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง และโรงเรียนต่างๆ ที่ผู้เขียนได้ร่ำเรียนมาพร้อมทั้ง คณาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอน
ความรู้อย่างมากมาต่อผู้เรียนและขอสำนึกในพระคุณบิดา มารดา และพี่ น้องทุกคนรวมถึงเพื่อนๆทุกคน
ที่ให้การสนับสนุนทางด้านคำแนะนำและกำลังใจแก่ผู้เขียนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

พงศธร บุพลับ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	4
2.1 นิยามพื้นไร่คาน.....	4
2.2 ทฤษฎีและหลักการวิเคราะห์ออกแบบใช้วิธีโครงขอสองเหลี่ยมเท่าหรือ Equivalent Frame Method.....	5
2.3 ไฟไนท์เอลิเมนต์.....	6
2.3.1 ประวัติของวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์.....	6
2.3.2 หลักการของวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์.....	7
2.3.3 ไฟไนท์เอลิเมนต์ในปัจจุบัน.....	7
2.4 Moment Distribution Method.....	8
2.4.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.4.2 ขั้นตอนการทำงาน Moment Distribution.....	9
2.4.3 ค่าต่างๆที่ใช้ใน Moment Distribution.....	9
2.4.4 Distribution FactorและDistributionของโมเมนต์ภายนอกที่มากระทำที่Joint.....	11
2.5 แนวทางการออกแบบและก่อสร้างเพื่อป้องกันดินถล่มในพื้นที่ไร่คาน.....	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.1 ลักษณะทางโครงสร้างและจุดอ่อน.....	12
2.5.2 การวิบัติแบบสิ้นเชิง (Progressive collapse).....	13
2.5.3 การออกแบบเพื่อป้องกันการถล่มของพื้นไร้คาน.....	13
2.5.4 การก่อสร้างเพื่อป้องกันการถล่มของพื้นไร้คาน.....	18
2.6 การทำรายละเอียดเหล็กเสริมเพื่อป้องกัน Progressive collapse.....	19
2.7 การประมาณค่าความสามารถการโก่งเดาะของพื้นรอบจตุรรองรับ.....	21
2.7.1 การพัฒนาตารางค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการโก่งเดาะของพื้น.....	21
2.7.2 การตรวจสอบพัฒนาวิธีสัมประสิทธิ์.....	24
2.7.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีอื่น.....	28
2.7.4 บทสรุป.....	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	32
3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นไร้คาน.....	32
3.2 ศึกษาพฤติกรรมและวิธีการออกแบบพื้นสองทาง.....	33
3.3 ศึกษาพฤติกรรมและวิธีการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา.....	33
3.4 ทำการจำลองโมเดล อาคารตยใช้การคำนวณโดยโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์.....	33
3.5 ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เหมาะสม.....	33
3.6 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม.....	34
3.6.1 การใช้โปรแกรม.....	34
3.6.2 โปรแกรม SAFE.....	34
3.6.3 เลือกรูปแบบโมเดล.....	34
3.6.4 Slab property data.....	36
3.6.5 Column property data.....	36
3.6.6 Property.....	37
3.6.7 Draw Column.....	38
3.6.8 Draw design strips.....	38
3.6.9 Assign > load data > Surface load.....	39
3.6.10 Define > Load combination data.....	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6.11 Run > Run analysis design.....	40
3.6.12 Display > Show strip force.....	41
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์.....	43
4.1 แสดงค่าการวิเคราะห์หาโมเมนต์สูงสุดโดยวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ในโปรแกรม และหาค่า สัมประสิทธิ์โมเมนต์ จากสมการที่ 4.1	43
4.1.1 กรณีอัตราส่วน $s/l = 1.0$	47
4.1.2 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.9$	52
4.1.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.8$	62
4.1.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.7$	72
4.1.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.6$	82
4.1.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.5$	92
4.2 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของโมเมนต์ระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์กับวิธี โครงข้อแข็ง เทียบเท่า.....	102
4.2.1 กรณีอัตราส่วน $s/l = 1.0$	102
4.2.2 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.9$	105
4.2.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.8$	110
4.2.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.7$	115
4.2.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.6$	120
4.2.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.5$	125
4.3 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของสัมประสิทธิ์โมเมนต์ระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า.....	130
4.3.1 กรณีอัตราส่วน $s/l = 1.0$	130
4.3.2 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.9$	133
4.3.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.8$	138
4.3.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.7$	143
4.3.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.6$	148
4.3.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.5$	153

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	159
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์.....	159
5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้วยวิธีทาง Finite element.....	159
5.1.2 สรุปการเปรียบเทียบผลการออกแบบพื้นไร้คานด้วยวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าและวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์.....	161
5.2 วิจัยกรณีผลวิเคราะห์.....	162
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	162
เอกสารอ้างอิง.....	163
ภาคผนวก ก บทความการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่11	164
ประวัติผู้เขียน.....	175



สารบัญตาราง

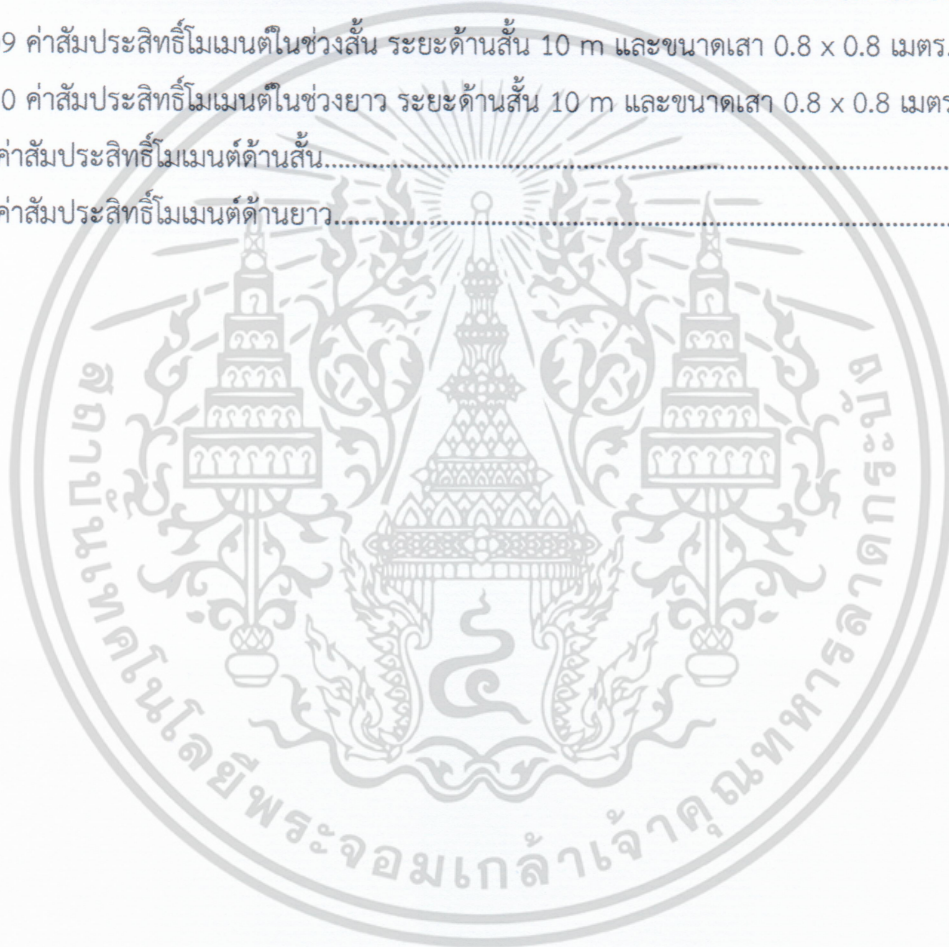
ตารางที่	หน้า
2.1 Fixed-End Moment	10
2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การโก่งเดาะรอบจุดรองรับโดยพิจารณาที่อัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวขนาด ต่างๆ.....	24
2.3 ความแตกต่างของแต่ละกรณีของพื้นสามช่วง ในรูปที่ 3.1 ที่นำไปวิเคราะห์ในโปรแกรมไฟไนท์อิลี เมนต์.....	25
4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	47
4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	48
4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	49
4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	50
4.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	51
4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	52
4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	53
4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	54
4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาวระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	55
4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	56
4.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	57
4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	58
4.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	59
4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	60
4.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	61
4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	62
4.17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	63
4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	64
4.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาวระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	65
4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	66
4.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.49 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาวระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	95
4.50 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	96
4.51 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	97
4.52 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	98
4.53 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	99
4.54 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	100
4.55 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	101
4.56 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	130
4.57 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	131
4.58 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	131
4.59 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	132
4.60 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	132
4.61 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	133
4.62 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	133
4.63 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	134
4.64 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	134
4.65 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	135
4.66 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	135
4.67 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	136
4.68 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	136
4.69 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	137
4.70 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	137
4.71 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	138
4.72 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	138
4.73 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	139
4.74 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	139
4.75 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่องสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	140

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.103 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	154
4.104 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	154
4.105 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	155
4.106 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	155
4.107 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	156
4.108 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	156
4.109 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	157
4.110 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	157
5.1 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้านสั้น.....	160
5.2 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้านยาว.....	161



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ชนิดรูปแบบเสาที่มีแป้นหัวเสาและหมวกเสา.....	3
2.2 การแบ่งแถบพื้นสำหรับ $l_2 > l_1$ และ $l_1 > l_2$	5
2.3 แสดงพฤติกรรมของดอมเมนต์ภายในพื้นของโปรแกรม Finite element	6
2.4 Locking จำกัดให้ทุก Joint ไม่มีการเคลื่อนที่และแรงที่มากกระทำในชิ้นส่วนของโครงสร้าง ทำให้เกิด Fixed End Moment	8
2.5 Unlocking Unbalanced Moment ที่จุด E ทำให้โครงสร้างเคลื่อนที่ไปจนเกิดแรงต้านรวมพอดีที่สมดุลและขณะเดียวกันการบิดของโครงสร้างทำให้เกิดโมเมนต์ที่ปลายด้าน ไกล (A ,B ,C หรือ D)ของชิ้นส่วนเรียกว่า “ Carry-Over Moment ”	8
2.6 แสดงทิศทาง moment ในคาน.....	9
2.7 แสดงทิศทาง Rotation ในคาน.....	9
2.8 แสดงการวิบัติของพื้นไร้คาน.....	12
2.9 แสดงการเสริมเหล็กผ่านแกนเสาเพื่อทำหน้าที่เป็นเหล็กหัว.....	13
2.10 แสดงการเสริมเหล็กปลอกในพื้น.....	14
2.11 แสดงการยึดระหว่างพื้นกับเสา.....	15
2.12 คานขอบวิ่งรอบอาคารช่วยป้องกันการวิบัติเฉือนทะลุได้.....	16
2.13 การเสริมแป้นหัวเสาและหมวกเสา.....	17
2.14 การวิบัติของอาคารในลักษณะ progressive ที่ประเทศเม็กซิโก.....	18
2.15 การวิบัติเฉือนทะลุของพื้นไร้คาน.....	19
2.16 กลไกการรับแรงของเหล็กเสริม.....	20
2.17 แบบจำลองพื้นที่นำมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะจาก จากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์และวิธีสัมประสิทธิ์.....	25
2.18 เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะระหว่างวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์กับวิธีสัมประสิทธิ์ในกรณี a ในรูปที่ 2.17.....	26
2.19 เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะระหว่างวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์กับวิธีสัมประสิทธิ์ในกรณี b ในรูปที่ 2.17.....	26
2.20 เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะระหว่างวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์กับวิธีสัมประสิทธิ์ในกรณี c ในรูปที่ 2.17.....	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.21 ผลของค่าการโก่งเดาะในกรณีทางด้านสั้นต่อด้านยาวต่างๆสำหรับ กรณีที่ 1.....	29
2.22 ผลของค่าการโก่งเดาะในกรณีทางด้านสั้นต่อด้านยาวต่างๆสำหรับ กรณีที่ 2.....	29
2.23 ผลของอัตราส่วนสแปนบนอัตราส่วนค่าการโก่งเดาะ ในวิธีการต่างๆของกรณีที่4.....	30
2.24 ผลของอัตราส่วนสแปนบนอัตราส่วนค่าการโก่งเดาะ ในวิธีการต่างๆของกรณีที่6.....	30
2.25 ผลของอัตราส่วนสแปนบนอัตราส่วนค่าการโก่งเดาะ ในวิธีการต่างๆของกรณีที่8.....	30
3.1 การเรียกชื่อแถบ (strip) panel division.....	32
3.2 แสดงการเลือกหน่วยตามต้องการ.....	34
3.3 เลือกไปที่ Add/Modify Grids.....	35
3.4 เลือกไปที่ spacing แล้วใส่ ค่า ตามแนวแกน X และ แกน Y.....	35
3.5 ค่าที่ได้จะออกมาเป็นตารางกริดเช่นนี้.....	36
3.6 slab property data.....	36
3.7 column property data.....	37
3.8 โปรแกรมจะให้เลือก property ที่ได้กำหนดไว้เมื่อเลือกแล้วจากนั้นทำการลากคลุมกริดที่ได้ ตีไว้ก่อนข้างต้น.....	37
3.9 เมื่อเลือกคำสั่ง Draw Column ให้ ทำการลากคลุมกริด.....	38
3.10 ทำการ ตีเส้น strip บริเวณ Column strip และ Middle strip	38
3.11 ทำการใส่ค่า Dead load และ Live load ที่ต้องการออกแบบลงไป.....	39
3.12 ใส่ค่าคงที่ลงไป ใน Scale factor เพื่อที่จะ กำหนด Wu ที่ต้องการออกแบบ.....	40
3.13 Run Analysis design.....	40
3.14 เมื่อกด save แล้ว จะปรากฏ ภาพนี้ออกมา.....	41
3.15 เลือก layer ที่ต้องการเพื่อที่จะแสดงผลออกมา.....	41
3.16 ค่า Bending moment ที่แสดงออกมา.....	42
3.17 แสดงค่า Moment Diagram ของพื้นที่ไร้คานที่วิเคราะห์ได้.....	42
4.1 แสดงโมเมนต์ในพื้นที่ไร้คาน $\frac{S}{L} = 1.0$	43
4.2 แสดงโมเมนต์ในพื้นที่ไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.9$	44
4.3 แสดงโมเมนต์ในพื้นที่ไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.8$	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.7$	45
4.5 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.6$	45
4.6 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.5$	46
4.7 แสดงการเรียกชื่อแถบต่างๆของพื้นไร้คาน.....	46
4.8 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า.....	102
4.9 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	102
4.10 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	103
4.11 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	103
4.12 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	104
4.13 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	104
4.14 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	105
4.15 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	105
4.16 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	106
4.17 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	106
4.18 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	107

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	107
4.20 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	108
4.21 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	108
4.22 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	109
4.23 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	109
4.24 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	110
4.25 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	110
4.26 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	111
4.27 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	111
4.28 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	112
4.29 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	112
4.30 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	113

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.31 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	113
4.32 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	114
4.33 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	114
4.34 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	115
4.35 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	115
4.36 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	116
4.37 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	116
4.38 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	117
4.39 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	117
4.40 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	118
4.41 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	118
4.42 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	119

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.43 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	119
4.44 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	120
4.45 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	120
4.46 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	121
4.47 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	121
4.48 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	122
4.49 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	122
4.50 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	123
4.51 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	123
4.52 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	124
4.53 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	124
4.54 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	125

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.55 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร.....	125
4.56 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	126
4.57 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร.....	126
4.58 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	127
4.59 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร.....	127
4.60 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	128
4.61 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร.....	128
4.62 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	129
4.63 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร.....	129

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น การก่อสร้างส่วนต่างๆไม่ว่าจะเป็น การก่อสร้างเสาเข็ม ฐานราก พื้น เสา คาน ผนัง และอื่นๆ เป็นต้น สำหรับระยะเวลาในการก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างอาคาร 8 ชั้น พื้นที่ 60x30 เมตร เฉลี่ยระยะเวลาโครงการประมาณ 660 วัน หรือประมาณ เกือบ 2 ปี แต่ในบางโครงการที่ต้องการความรวดเร็ว อาจต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การเพิ่มจำนวนคนงาน การเพิ่มเครื่องจักร การเลือกชนิดคอนกรีตที่มีระยะเวลาเซตตัวที่เร็วกว่าปกติ รวมไปถึงการตัดโครงสร้างบางส่วนออก ไม่ว่าจะเป็นการถ่ายแรงจากพื้นลงผนังหรือที่เรียกว่าผนังรับ น้ำหนัก (wall bearings system) โดยไม่ต้องมีเสาและคาน หรือ การถ่ายแรงจากพื้นลงเสาโดยไม่ต้อง มีคาน เช่น 1. พื้นชนิดดึงลวดสลิงก่อนเทคอนกรีต (pretension slab) 2. พื้นชนิดดึงลวดทีหลังเท คอนกรีต (post tension slab) ซึ่งทั้งสองชนิดนี้เป็นการเสริมเหล็กแบบอัดแรงและ 3. พื้นไร้คานชนิด เหล็กเสริมไม่อัดแรง (flat slab) ซึ่งในการก่อสร้างประเภทพื้นไร้คานนั้น ข้อดีอย่างหนึ่งคือ สามารถลด ระยะเวลาการก่อสร้าง จำนวนแรงงาน รวมถึงสามารถรองรับการออกแบบบางประเภทได้อีกด้วย

สิ่งที่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้คือการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการหาโมเมนต์สูงสุดในแผ่นพื้นโดย เปรียบเทียบวิธีทางไฟไนท์อีลิเมนต์กับวิธีโครงสร้างข้อแข็ง-เทียบเท่า ซึ่งการหาโมเมนต์จากวิธีโครงสร้างข้อแข็ง เทียบเท่า นั้นยังยากต่อนำไปใช้หรือมีข้อจำกัดบางอย่างที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เช่น การหาค่าโมเมนต์ ในแถบพื้นจะไม่สามารถรู้พฤติกรรมโมเมนต์ได้ทั้งหมดในพื้นที่นั้นซึ่งในบทความนี้จะอธิบายถึงการที่จะ พัฒนาและตรวจสอบ แบบจำลองของแผ่นพื้นจากวิธีทางไฟไนท์อีลิเมนต์ และสิ่งที่ได้จากแบบจำลอง จากวิธีทางไฟไนท์อีลิเมนต์จะสามารถทราบถึงพฤติกรรมของโมเมนต์ได้ทั้งหมด ทั้งนี้จะอาศัยหลักการ ของการหาค่าโมเมนต์สูงสุดจากวิธีโครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่าเพื่อที่จะนำมาตรวจสอบผลลัพธ์ของวิธีทางไฟ ไนท์อีลิเมนต์ โดยแยกออกเป็น 9 กรณี ทั้งนี้จะพิจารณาถึงความแตกต่างของอัตราส่วนด้านสั้นต่อด้าน ยาว ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์กระทำได้แม่นยำยิ่งขึ้น บทความนี้เป็น ประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบจำลองและศึกษาหาพฤติกรรมโมเมนต์ได้ในข้อกำหนดต่างๆที่ได้กล่าวไว้ ต่อไปนี้และบทความนี้ได้รวบรวมตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณหาสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแบบ ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เหมาะสมกับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสาเพื่อสร้างตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์จากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ และ เปรียบเทียบกับค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้น ในแผ่นพื้นไร้คานจากวิธีโครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า

1.2.2 ศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผ่นพื้นสองทางในการที่นำค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์มาออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาโมเมนต์ในแผ่นพื้นไร้คานแบบมีแป้นหัวเสาต่อไปโดยการจำลองโมเดลจากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ทำการศึกษาวิเคราะห์เฉพาะกรณีอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.3.2 ทำการศึกษาและเปรียบเทียบในกรณีการคำนวณแบบ วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์และโครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า

1.3.3 ทำการศึกษาวิเคราะห์ อัตราส่วนด้านกว้างต่อด้านยาว (S/L) ที่ 1.0, 0.9 , 0.8 , 0.7 , 0.6 และ 0.5 ตามลำดับ

1.3.4 ทำการศึกษาวิเคราะห์โดยไม่คิดผลของ Pattern Load

1.3.5 คุณสมบัติการออกแบบตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ACI318-08

1.3.6 ทำการวิเคราะห์เฉพาะกรณีพื้นต่อเนื่องเท่านั้น

1.3.7 ให้ความหนาของแป้นหัวเสามีค่า 0.5 เท่าของความหนาพื้น

1.3.8 ให้ด้านกว้างและด้านยาวของแป้นหัวเสามีขนาด 1/3 เท่าของช่วงพื้นด้านยาว

1.3.9 ให้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตมีค่า 300 ksc , หน่วยแรงดึงครากของเหล็กมีค่า 4000 ksc และ น้ำหนักของคอนกรีตมีค่า 2400 kg/m³

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ

1.4.1 ศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา

1.4.2 ศึกษาพฤติกรรมและวิธีการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา

1.4.3 ทำการสร้างแบบจำลองของอาคารโดยใช้การคำนวณโดยโปรแกรม Finite element

1.4.4 ทำการวิเคราะห์ผลหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เหมาะสมของแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เพื่อให้วิศวกร นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องมีความรวดเร็วในการออกแบบพื้นไร้คาน
- 1.5.2 เพื่อสร้างตารางค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในพื้นไร้คาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

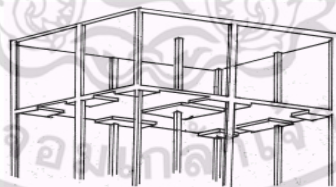
บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

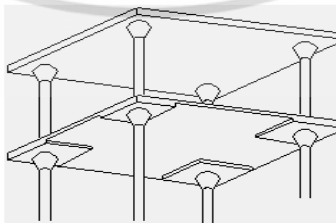
เนื้อหาในบทนี้เป็นบททบทวน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาจากวารสาร วิทยานิพนธ์ และตำรา ทั้งในและต่างประเทศ ที่เป็นพื้นฐานของงานวิจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้สนใจในงานวิจัยนี้ได้รับความรู้ ความเข้าใจในกระบวนการวิเคราะห์หาค่าโมเมนต์สูงสุดเพื่อที่จะนำมาสร้างตารางค่าสัมประสิทธิ์ โมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นไร้คานชนิดไม่มีแป้นหัวเสา การนำเสนอมีลำดับ 7 หัวข้อ คือ นิยามพื้นไร้คาน ทฤษฎีและหลักการวิเคราะห์ออกแบบใช้วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าหรือEquivalent Frame Method ไฟไนท์เอลิเมนต์ , Moment Distribution Method , แนวทางออกแบบและก่อสร้างเพื่อป้องกันตึก ถล่มในพื้นไร้คาน , การทำรายละเอียดเหล็กเสริมเพื่อป้องกัน Progressive collapse ในแผ่นพื้นไร้คาน , การประมาณค่าความสามารถการโก่งเดาะของพื้นรอบจตุรรองรับ โดยวิธีสัมประสิทธิ์ โดยมี รายละเอียดในแต่ละหัวข้อดังนี้

2.1 นิยามพื้นไร้คาน

นิยามพื้นไร้คาน คือ พื้นคอนกรีตหล่อในที่ ไม่ได้มีการถ่ายน้ำหนักไปยังคาน สมมุติฐานของการ ออกแบบพื้นไร้คานคือ “แผ่นพื้นที่เสริมเหล็กสองทางหรือมากกว่า และถือเสมือนว่าเป็นแผ่นพื้น เดียวทำการถ่ายน้ำหนักไปยังหมวกหัวเสา หรือ แป้นหัวเสา และทำการถ่ายน้ำหนักไปยังเสาอีกที” ทำให้ความหนาของแผ่นพื้นไร้คานในบางช่วงต้องหนามาก ในบางโครงสร้างจึงต้องทำ แป้นหัวเสา , หมวกเสา



ก. เสาสี่เหลี่ยม



ข. เสากลม

รูปที่ 2.1 ชนิดรูปแบบเสาที่มีแป้นหัวเสาและหมวกเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างกันกับการออกแบบโครงสร้างให้เป็นระบบเสา,คาน คือ พื้นบางช่วงจะเป็นพื้นทางเดียว, พื้นสองทาง, พื้นยื่น อาจเสริมเหล็กไม่เท่ากันทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างถูกกว่า แต่ข้อดีของพื้นไร้คานก็มีเหมือนกัน คือ อย่างแรกคือ เมื่อมันไม่มีคาน มันก็สามารถเพิ่มความสูงของระดับชั้นต่อชั้นได้ (Floor to Floor height) การออกแบบของอาคารเรื่องความสูงของพื้นถึงฝ้าบางโครงการมีความจำเป็นมาก เช่นพวกอาคารที่มีความต้องการจำนวนชั้นมากๆ แต่ถูกควบคุมโดยกฎหมาย ห้ามความสูงทำให้ระดับความสูงของชั้นแต่ละชั้นจำเป็นมาก

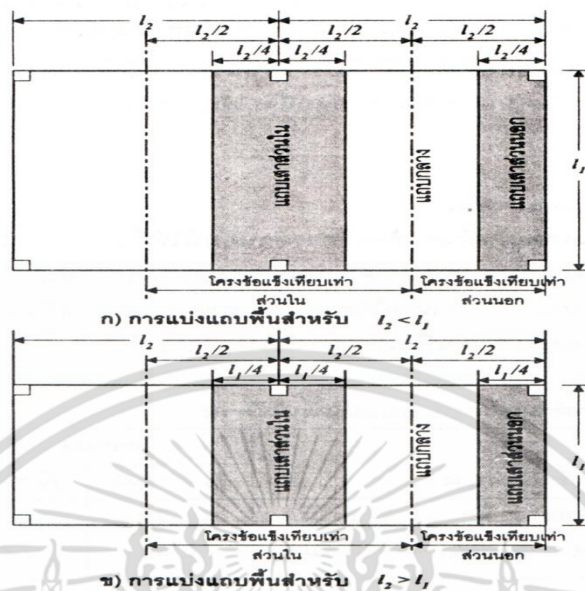
อีกเรื่องคือลักษณะของอาคารที่เป็น กริด ตาราง เท่ากัน ซ้ำๆกันหลายชั้น การออกแบบให้เป็นพื้นไร้คานอาจสามารถทำให้ลดต้นทุนในการก่อสร้างได้ อย่างน้อยคือเรื่องระยะเวลาการก่อสร้าง โดยเฉพาะผู้รับเหมาหรือช่างที่ชำนาญ สามารถทำได้เร็ว

2.2 ทฤษฎีและหลักการวิเคราะห์ออกแบบใช้วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าหรือ Equivalent Frame Method

ไพบูลย์ ปัญญาคะโป [3] กล่าวว่า

สำหรับวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบใช้วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าหรือ Equivalent Frame Method ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณออกแบบโดยพิจารณาพฤติกรรมโครงสร้างในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ในวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าโครงสร้างจริง 3 มิติจะถูกแบ่งออกเป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ ทั้งทางยาวและทางขวางของอาคาร เรียกโครงข้อแข็งแต่ละอันว่า Equivalent frame ซึ่งจะประกอบด้วยเสาหนึ่งแถว และแถบออกแบบของพื้นที่อยู่ระหว่างเส้นกึ่งกลางของแผ่นพื้นที่อยู่ในแต่ละด้านของเส้นกึ่งกลางของศูนย์เสาที่รองรับ

การวิเคราะห์แบ่งออกเป็นชั้นๆ โดยสมมติว่าปลายด้านไกลของเสาบนและล่างของชั้นที่กำลังพิจารณามีสภาพยึดแน่น และเมื่อต้องการหาโมเมนต์ที่จตุรรองรับใดๆ ให้สมมติว่าปลายของแผ่นพื้นที่อยู่ห่างออกไปจากจตุรรองรับนั้นทั้งสองข้าง ข้างละหนึ่งช่วงพื้นมีสภาพยึดแน่น โดยแผ่นพื้นนั้นต้องมีความต่อเนื่องไปจากจตุรรองรับที่กำลังพิจารณา ในการวิเคราะห์ระบบโครงดังกล่าวนี้ที่สมบูรณ์จะต้องทำการวิเคราะห์ โครงข้อแข็งภายนอกและโครงข้อแข็งภายใน ในช่วงตามยาวและตามขวางของอาคาร แล้วจึงนำมาประกอบกันเป็นอาคารทั้งหมด



รูปที่ 2.2 การแบ่งแถบพื้นสำหรับ $l_2 > l_1$ และ $l_1 > l_2$

2.3 ไฟไนท์เอลิเมนต์

Mahmoud Abdelkader [8] กล่าวว่า ไฟไนท์เอลิเมนต์ คือวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ เขียนเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้คำนวณ แก้ปัญหาทางวิศวกรรม เช่น คำนวณหาพฤติกรรมโมเมนต์ในโครงสร้าง ศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหล การถ่ายเทความร้อน ในชิ้นส่วนเครื่องกล รูปแบบการกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า, คลื่นเสียง ฯลฯ

2.3.1 ประวัติของวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์

แนวคิดเบื้องต้นของวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ เริ่มมาจาก การหาวิธีการ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ของเครื่องบิน Hrenikoff ได้เสนอการใช้ วิธี frame work เพื่อแก้ปัญหาทาง elasticity เป็นรายแรก ต่อมาในปี ค.ศ. 1943 Courant ก็ได้ตีพิมพ์บทความวิชาการ เกี่ยวกับการนำวิธีการ polynomial interpolation บนขอบเขตสามเหลี่ยม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประมาณผลคำตอบ และนอกจากนี้ Courant ก็ยังแนะนำการใช้วิธีการของ Rayleigh-Ritz มาใช้ในการหาผลคำตอบของปัญหาทางวิศวกรรมอีกด้วย ซึ่งน่าจะเป็นที่มาของวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์นั่นเองจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1953 วิศวกรจึงได้นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์ มาแก้สมการของ stiffness matrix เป็นครั้งแรก หลังจากนั้นอีกเจ็ดปี Clough จึงได้ตั้งชื่อวิธีการนี้ว่า วิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์ ในปี ค.ศ. 1960

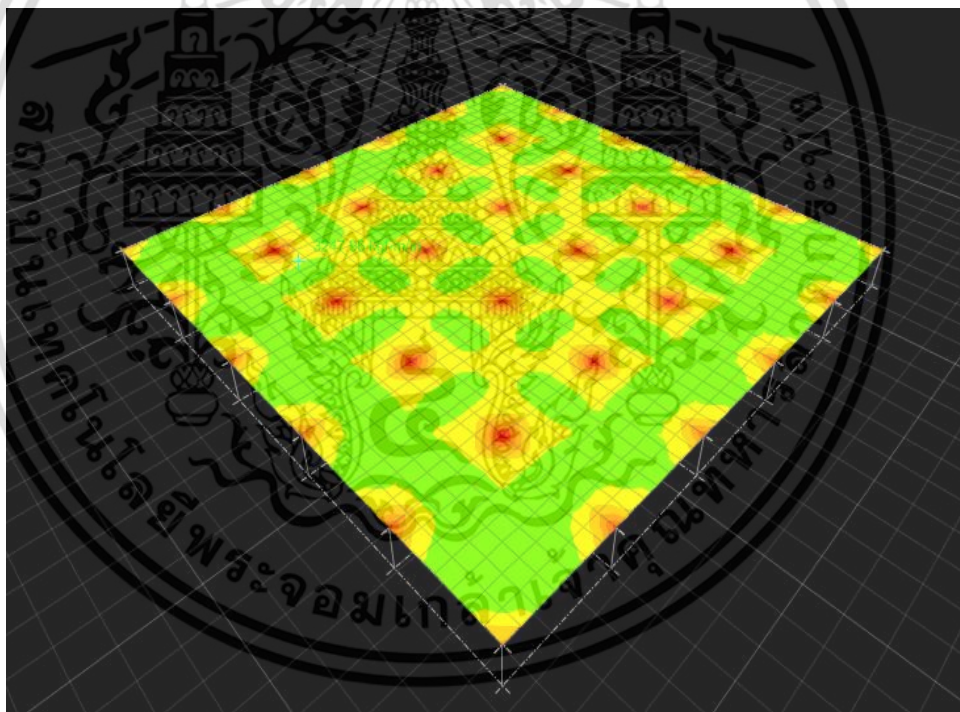
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลักการของวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์

คือ การพิจารณารูปทรงโครงสร้าง ด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ ที่มีรูปทรงเรขาคณิต เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ลูกบาศก์ เป็นต้น เนื่องจากเราสามารถคำนวณหาคำตอบที่แน่แท้ ของชิ้นส่วนที่มีรูปทรงเรขาคณิตได้ ดังนั้นเมื่อ เราเติมชิ้นส่วนเล็กๆ เหล่านี้ลงไปชิ้นส่วนใหญ่ เราก็สามารถศึกษาพฤติกรรมโดยรวมของระบบได้

2.3.4 ไฟไนท์เอลิเมนต์ในปัจจุบัน

ในปัจจุบันโครงสร้างที่ทำการออกแบบทุกวันนี้ ได้ผ่านการออกแบบด้วย วิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์แทบทั้งนั้น ดังนั้นไฟไนท์เอลิเมนต์ ได้มีส่วนร่วมแทบทุกชิ้นส่วนเลยทีเดียว ไม่ว่าจะเป็น งานวิศวกรรมโครงสร้าง วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า ทัศนกรรม อุตสาหกรรมหนักต่างๆ



รูปที่ 2.3 แสดงพฤติกรรมของ โมเมนต์ภายในพื้นของโปรแกรม Finite element

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Moment Distribution Method

ชำนาญ ดวงจำรัส และ เพลินพิศ ปานแก้ว [2] กล่าวว่า Moment distribution เป็นวิธีการแก้สมการโดยประยุกต์มาจากสมการ Slope deflection โดยวิธีหาค่าแบบประมาณอย่างต่อเนื่อง

$$M_{AB} = \frac{2EI}{L} \left(2\theta_A + \theta_B - 3\frac{\Delta}{L} \right) \pm M_{AB}^F \quad (2.1)$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{L} \left(\theta_A + 2\theta_B - 3\frac{\Delta}{L} \right) \pm M_{BA}^F \quad (2.2)$$

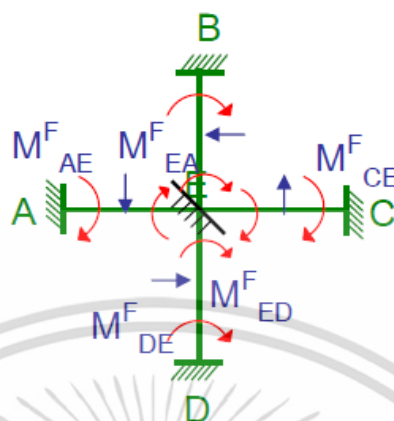
ซึ่งแยกโมเมนต์ที่ปลายชิ้นส่วนให้เป็นผลของ 4 เหตุการณ์

- 1) Fixed End Moments
- 2) ผลของ Rotation ที่ A อย่างเดียว
- 3) ผลของ Rotation ที่ B อย่างเดียว
- 4) ผลของ Relative Translation ของปลาย A และ B

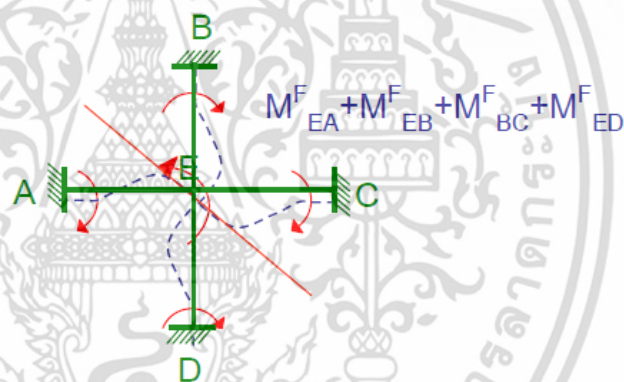
2.4.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

- 1) Member stiffness factor คือค่า โมเมนต์ที่กระทำที่ปลายด้านหนึ่งของชิ้นส่วนของโครงสร้างซึ่งทำให้เกิดการหมุนขึ้นที่ปลายดังกล่าว 1 เรเดียน ในขณะที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ถูกยึดแน่น
- 2) Carry-Over factor คือ อัตราส่วนของโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ปลายด้านหนึ่งของชิ้นส่วนของโครงสร้างที่ถูกยึดแน่นต่อ โมเมนต์ ที่กระทำอยู่ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของชิ้นส่วนของโครงสร้างซึ่งเป็นหมุด
- 3) Joint stiffness factor คือ Member stiffness factor ของชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันไปยัง joint ดังกล่าว

2.4.2 ขั้นตอนของการทำ Moment Distribution



รูปที่ 2.4 Locking จำกัดให้ทุก Joint ไม่มีการเคลื่อนที่และแรงที่มากกระทำในชั้นส่วนของโครงสร้างทำให้เกิด Fixed End Moments



รูปที่ 2.5 Unlocking Unbalanced Moment ที่จุด E ทำให้โครงสร้างเคลื่อนที่ไปจนเกิดแรงต้านรวมพอดีที่สมดุลและขณะเดียวกันการบิดของโครงสร้างทำให้เกิดโมเมนต์ที่ปลายด้านไกล (A ,B ,C หรือ D) ของชั้นส่วนเรียกว่า “ Carry-Over Moment ”

ทำทั้ง 2 ขั้นตอนจนกว่าจะได้สภาพที่สอดคล้องกับฐานรองรับและจุดต่อของโครงสร้างและโมเมนต์ที่ปลายใดๆหาได้จากผลรวมของโมเมนต์จากทุกชั้นตอน

2.4.3 ค่าต่างๆที่ใช้ในวิธี Moment Distribution

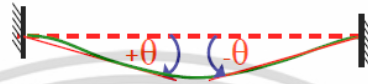
1) ทิศทางบวกของ Moment กำหนดทิศทางเช่นเดียวกับวิธี Slope-Deflection คือ Moment ตามเข็มนาฬิกาเป็นบวกดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงทิศทาง moment ในคาน

2) ทิศทางบวกของ Rotation ตามเข็มนาฬิกาเป็นบวกดังรูป



รูปที่ 2.7 แสดงทิศทาง Rotation ในคาน

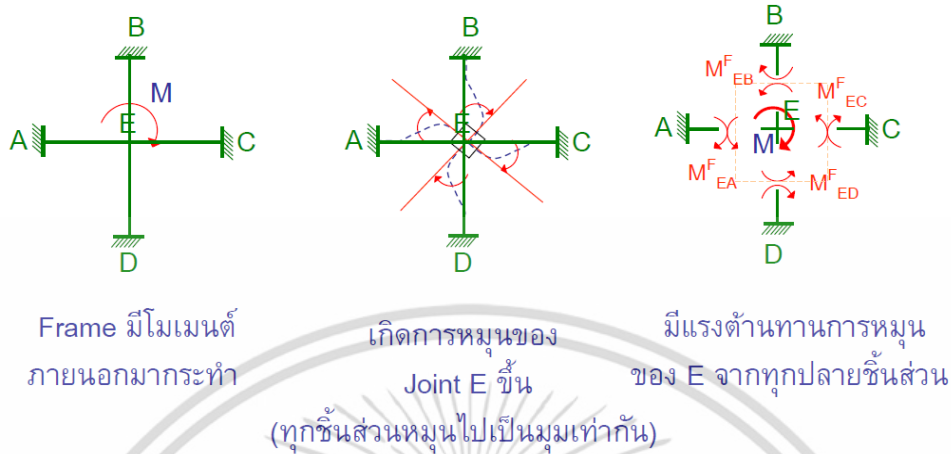
3) Fixed End Moments หาได้จากตารางเช่นเดียวกับวิธี Slope-Deflection

ตารางที่ 2.1 Fixed-End Moment แต่ละกรณี

<p>1</p> <p>$\frac{PL}{8}$ $\frac{L}{2}$ P L $\frac{PL}{8}$</p>	<p>2</p> <p>$\frac{WL^2}{12}$ W L $\frac{WL^2}{12}$</p>
<p>3</p> <p>$\frac{Pab^2}{L^2}$ a P b L $\frac{Pa^2b}{L^2}$</p>	<p>4</p> <p>$\frac{WL^2}{20}$ W L $\frac{WL^2}{30}$</p>
<p>5</p> <p>$\frac{Mb}{L^2}(b-2a)$ a M b L $\frac{Ma}{L^2}(2b-a)$</p>	<p>6</p> <p>$\frac{5WL^2}{96}$ W $L/2$ L $\frac{5WL^2}{96}$</p>
<p>7</p> <p>$\frac{Wa^2}{12L^2}(6L^2 - 8aL + 3a^2)$ a W L $\frac{Wa^3}{12L^2}(4L - 3a)$</p>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 Distribution Factor และ Distribution ของโมเมนต์ภายนอกที่มกระทำที่ Joint



รูปที่ 2.7 Distribution Factor และ Distribution ของโมเมนต์ภายนอกที่มกระทำที่ Joint

1) สมการ Slope-Deflection

$$M_{EA} = \left(\frac{EA}{L}\right)_{EA} \times 4\theta_E = K_{EA} \times 4\theta_E \quad (2.3)$$

$$M_{EC} = \left(\frac{EA}{L}\right)_{EC} \times 4\theta_E = K_{EC} \times 4\theta_E \quad (2.4)$$

$$M_{EB} = \left(\frac{EA}{L}\right)_{EB} \times 4\theta_E = K_{EB} \times 4\theta_E \quad (2.5)$$

$$M_{ED} = \left(\frac{EA}{L}\right)_{ED} \times 4\theta_E = K_{ED} \times 4\theta_E \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สมดุลของ Joint E

$$M = M_{EA} + M_{EB} + M_{EC} + M_{ED} \quad (2.7)$$

Distributed Moments

$$M = M_{EA} + M_{EB} + M_{EC} + M_{ED} = 4\theta_E (K_{EA} + K_{EB} + K_{EC} + K_{ED}) = 4\theta_E \sum K$$

$$\text{ได้ } \theta_E = \frac{M}{4 \sum K} = \left(\frac{K_{EA}}{\sum K} \right) M + \left(\frac{K_{EB}}{\sum K} \right) M + \left(\frac{K_{EC}}{\sum K} \right) M + \left(\frac{K_{ED}}{\sum K} \right) M$$

โมเมนต์ที่ Joint E
จะกระจายตามสัดส่วน
ของ Distribution Factor

$$D_{EA} \quad D_{EB} \quad D_{BC} \quad D_{ED}$$

Distribution Factor

2.5 แนวทางออกแบบและก่อสร้างเพื่อป้องกันตึกถล่มในพื้นที่คาน

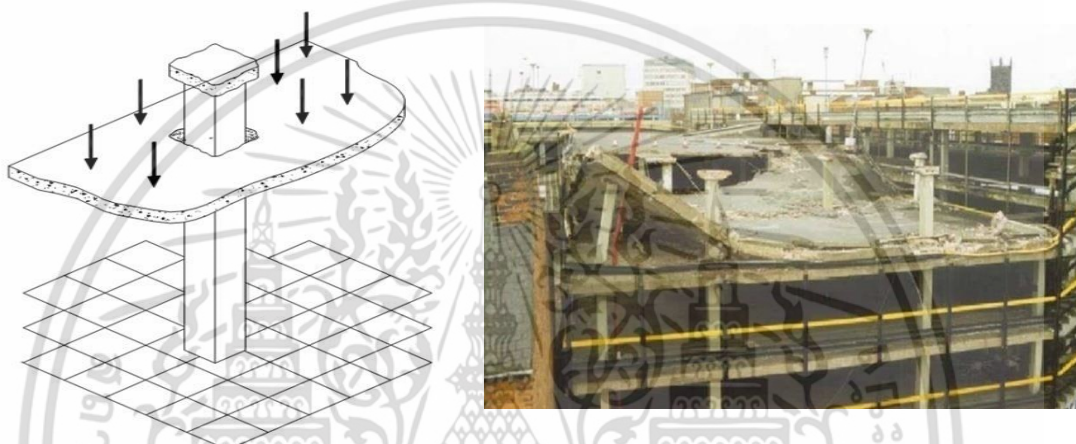
2.5.1 ลักษณะทางโครงสร้างและจุดอ่อน

จากการตรวจสอบของ สภาวิศวกร [5] โครงสร้างอาคารที่ถล่มลงไปนั้น เป็นโครงสร้างประเภทพื้นไร้คานแบบอัดแรงที่หลัง เป็นการก่อสร้างที่ได้รับความนิยมอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 5 ชั้นขึ้นไป เนื่องจากก่อสร้างได้รวดเร็ว ลักษณะที่เห็นได้เด่นชัดสำหรับอาคารประเภทนี้คือเป็นโครงสร้างที่ไม่มีคาน แต่ก่อสร้างแผ่นพื้นวางอยู่บนหัวเสาโดยตรง เนื่องจากโครงสร้างประเภทนี้ไม่มีคาน จึงต้องเสริมสลิงอัดแรงในพื้น เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัย อย่างไรก็ตามโครงสร้างที่ปราศจากคาน ย่อมมีความอ่อนแอ และอาจเกิดการวิบัติแบบเฉือนโดยพื้นทะลุผ่านเสา ลงไปเป็นทอๆ คล้ายๆ แผ่นขนมชั้น (เรียกว่า Pancake collapse) การวิบัติมักเกิดขึ้น ในระหว่างที่ทำการก่อสร้าง ซึ่งคอนกรีตยังไม่ได้อายุและไม่แข็งแรงพอ และจะอันตรายอย่างยิ่ง หากมีการก่อสร้างที่เร่งรีบ หรือ ลัดชั้นตอนการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การวิบัติแบบแบบสิ้นเชิง (Progressive collapse)

การวิบัติโดยสิ้นเชิงของพื้นไร้คานระหว่างก่อสร้าง ไม่ใช่เรื่องใหม่ เคยเกิดขึ้นมาแล้วในต่างประเทศ โดยการวิบัติมักมีจุดเริ่มต้นที่พื้นฉีกขาดหลุดออกจากเสาโดยเฉพาะที่ต้นริมหรือต้นมุมก่อน (เนื่องจากมีจุดสัมผัสกับเสาน้อยกว่าเสาตันใน) ซึ่งเรียกว่าการวิบัติเฉือนทะลุ (Punching Shear) จากนั้นการวิบัติจะลามไปทั่วอาคารเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่คล้ายการล้มคว่ำของโดมิโน สำหรับโครงสร้างไร้คานนี้หากรู้จักแนวทางการออกแบบและก่อสร้างที่ถูกต้องแล้ว จะช่วยป้องกันปัญหาตึกถล่มได้



รูปที่ 2.8 แสดงการวิบัติของพื้นไร้คาน

2.5.3 การออกแบบเพื่อป้องกันการถล่มของพื้นไร้คาน

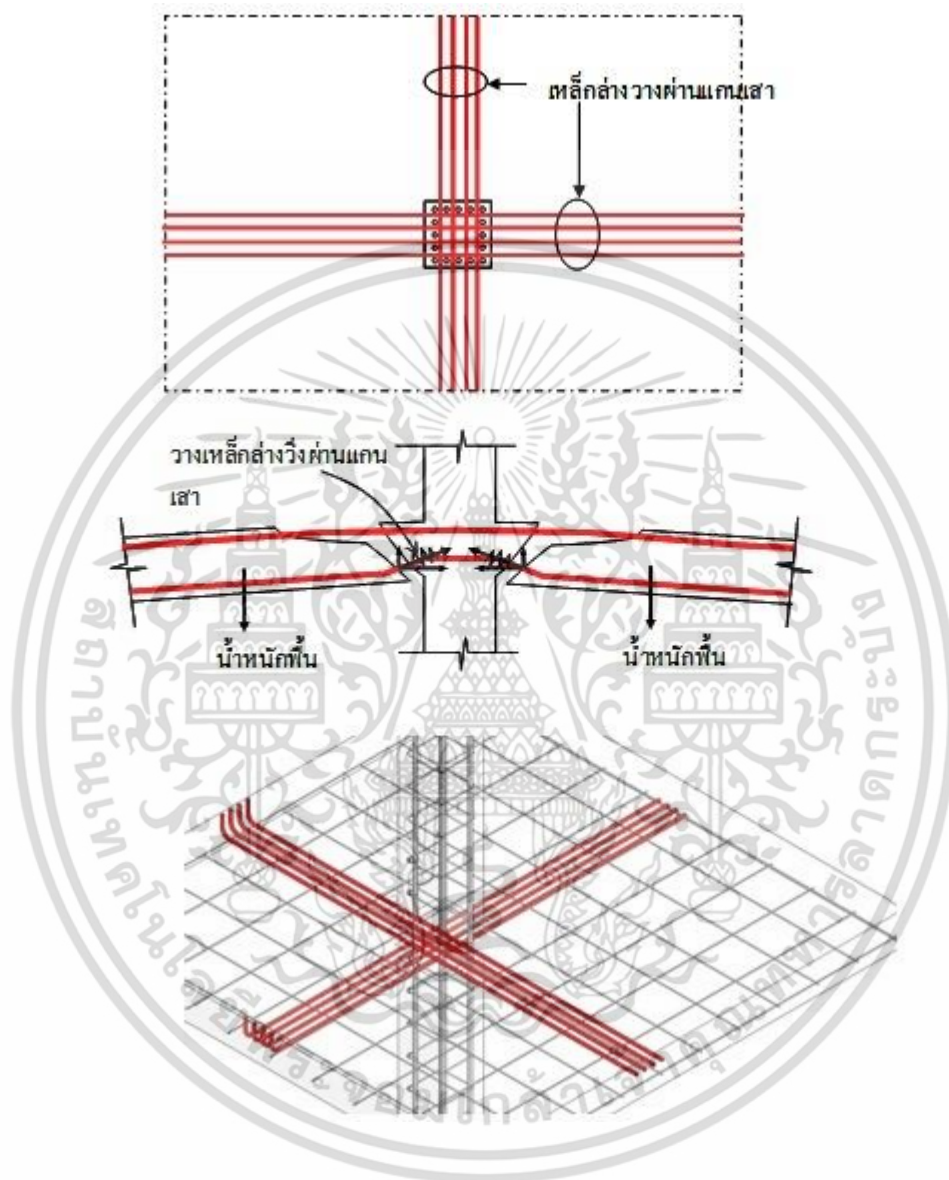
1) ความหนาพื้น

ความหนาพื้นจะต้องไม่บางเกินไป โดยประมาณพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ควรบางน้อยกว่า $L/30$ ส่วนพื้นคอนกรีตอัดแรงไม่ควรบางน้อยกว่า $L/40$ เมื่อ L คือความยาวช่วงหรือระยะที่วัดจากเสาไปสู่เสาต้นถัดไป

2) เสริมเหล็กหัวในพื้น

จะต้องวางเสริมเหล็กนอนใกล้ผิวด้านล่างของพื้นให้วิ่งผ่านแกนเสาทั้งสองทิศทาง เหล็กนอนนี้จะหัวผิวนไว้ ในกรณีที่เกิดการหลุดแยกของพื้นจากเสา สำหรับพื้นคอนกรีตอัดแรง ควรวางลวดอัดแรงให้ผ่านแกนเสาอย่างน้อย 2 ลวดในแต่ละทิศทางด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

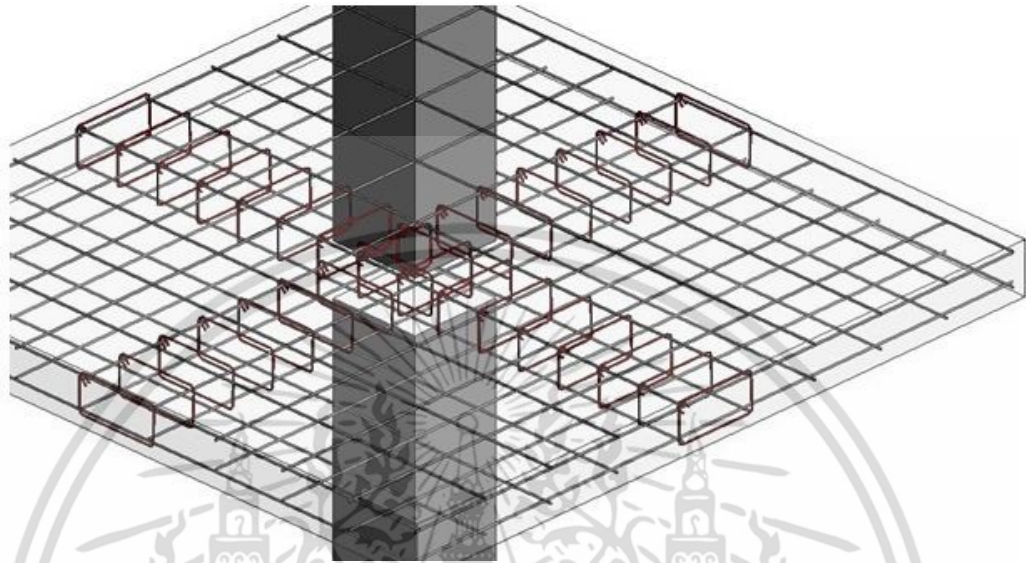


รูปที่ 2.9 แสดงการเสริมเหล็กล่างผ่านแกนเสาเพื่อทำหน้าที่เป็นเหล็กหัว

3) เสริมเหล็กปลอกในพื้นที่ผ่านแกนเสา

นอกจากเสริมเหล็กนอนวางผ่านแกนเสาแล้ว จะต้องเสริมเหล็กปลอกในพื้นที่เพื่อป้องกันการเฉือนขาดของพื้นที่จากเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

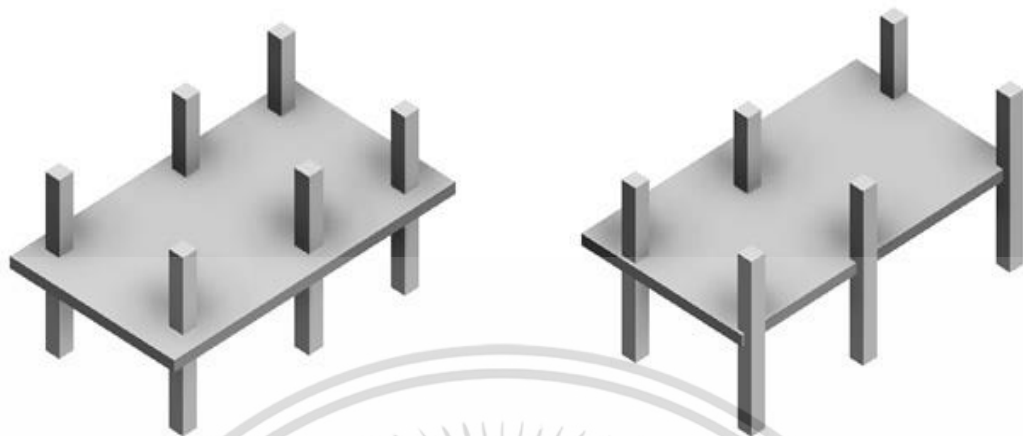


รูปที่ 2.10 แสดงการเสริมเหล็กปลอกในพื้นที่

4) สำหรับเสาที่บริเวณขอบและริมอาคาร

ควรก่อสร้างให้พื้นให้อมเสาทุกด้าน เพื่อเพิ่มการยึดเกาะระหว่างพื้นกับเสา และทำให้พื้นไม่หลุดแยกจากเสาได้ง่ายๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



พื้นอมเสา เสียงน้อย

พื้นไม่อมเสาด้านหน้า เสียงถล่มได้

ง่าย

รูปที่ 2.11 แสดงการยึดระหว่างพื้นกับเสา

5) เสาที่อยู่ตามขอบและริมอาคาร เป็นเสาที่วิกฤติมาก เนื่องจากมีพื้นยึดอยู่เพียงด้านเดียวหรือสองด้านเท่านั้น มีโอกาสที่จะหลุดออกมาได้ง่าย จึงควรเสริมคานขอบตามแนวขอบพื้นรอบอาคารทั้งหมด จะป้องกันมิให้พื้นเฉือนทะลุหลุดออกจากเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



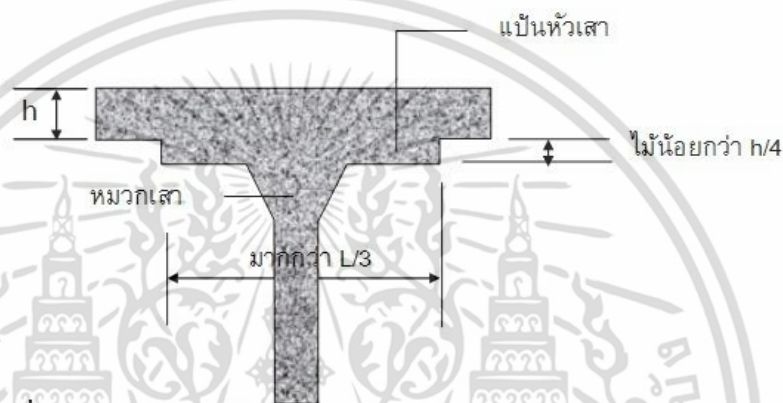
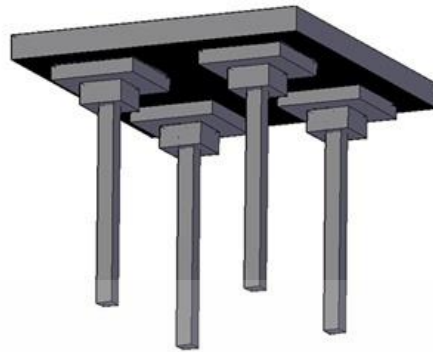
รูปที่ 2.12 คานขอบวงรอบอาคารช่วยป้องกันการวิบัติเฉือนทะลุได้

6) การเสริมแป้นหัวเสา

หมายถึงการทำให้พื้นคอนกรีตหนาขึ้นที่บริเวณหัวเสา ทำให้การเฉือนทะลุเกิดได้ยากขึ้น

7) การทำหมวกเสา

หมายถึงการขยายขนาดปลายด้านบนของเสาเพื่อทำให้การเฉือนทะลุของพื้นเกิดได้ยากขึ้น



รูปที่ 2.13 การเสริมแผ่นหัวเสาและหมวกเสา

2.5.4 การก่อสร้างเพื่อป้องกันการถล่มของพื้นไร้คาน

- 1) การเทคอนกรีตในพื้นที่จะต้องกระจายคอนกรีตให้ทั่วบริเวณ อย่าให้คอนกรีตกองกระจุกตัวที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งมากเกินไป
- 2) เนื่องจากน้ำหนักคอนกรีตเหลวที่กำลังเทพื้นอยู่นั้น อาจมีน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักจรหลายเท่า ดังนั้นนั่งร้านค้ำยันพื้นที่จะเทจะต้องมีอย่างพอเพียง โดยอาจต้องค้ำยันได้พื้นมากกว่า 1 ชั้น ทั้งนี้วิศวกรต้องเป็นผู้กำหนด
- 3) พื้นที่เป็นฐานสำหรับการตั้งนั่งร้านค้ำยัน หากเป็นพื้นคอนกรีตอัดแรงจะต้องดึงลวดอัดแรงให้เรียบร้อย ก่อนตั้งนั่งร้านค้ำยัน หากเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก จะต้องรอให้ได้อายุเสียก่อนจึงตั้งนั่งร้านค้ำยันได้
- 4) การถอดนั่งร้านค้ำยัน จะต้องรอให้คอนกรีตได้อายุและได้กำลังรับน้ำหนักเสียก่อน จึงจะถอดค้ำยันได้ การรีบถอดค้ำยันเร็วเกินไปโดยที่คอนกรีตยังไม่ได้อายุ อาจทำให้พื้นถล่มลงมาได้
- 5) ในขั้นตอนการเทคอนกรีต จะต้องมิมีวิศวกรที่มีใบอนุญาตจากสภาวิศวกรควบคุมการทำงานในทุกขั้นตอน รวมทั้งขั้นตอนการก่อสร้างที่สำคัญขั้นตอนอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การทำรายละเอียดเหล็กเสริมเพื่อป้องกัน Progressive collapse ในแผ่นพื้นไร้คาน

การวิบัติแบบ Progressive collapse ของ อาคารเป็นการวิบัติที่เกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นลูกโซ่เมื่อองค์อาคารใดเกิดการวิบัติก็จะทำให้องค์อาคารอื่นๆเกิดการวิบัติตามกันไปเป็นลูกโซ่



รูปที่ 2.14 การวิบัติของอาคารในลักษณะ progressive ที่ประเทศเม็กซิโก

รูปนี้เป็นตัวอย่างการวิบัติของอาคารในประเทศเม็กซิโกเมื่อเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวระดับ 8.1 ในปีพ.ศ. 2528 ซึ่งเป็นการวิบัติในลักษณะ Progressive ทำให้อาคารพังทลายมาทั้งหมด ในกรณีอาคารที่เป็นระบบแผ่นพื้นไร้คานมีโอกาสสูงที่อาจจะเกิดการวิบัติแบบแรงเฉือนเจาะทะลุ (Punching shear failure) ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นแล้วแผ่นพื้นที่วิบัติอาจจะตกลงไป กระแทกแผ่นพื้นในชั้นล่างที่อยู่ถัดลงไปทำให้เกิดการวิบัติต่อเนื่องกันเป็นทอดๆทำให้อาคารถล่มลงมาทั้งหมดได้หลายคนอาจเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าปรากฏการณ์ ขนมชั้นหรือ Pancake effect การแก้ปัญหา Progressive collapse ในแผ่นพื้นไร้คานสามารถกระทำได้

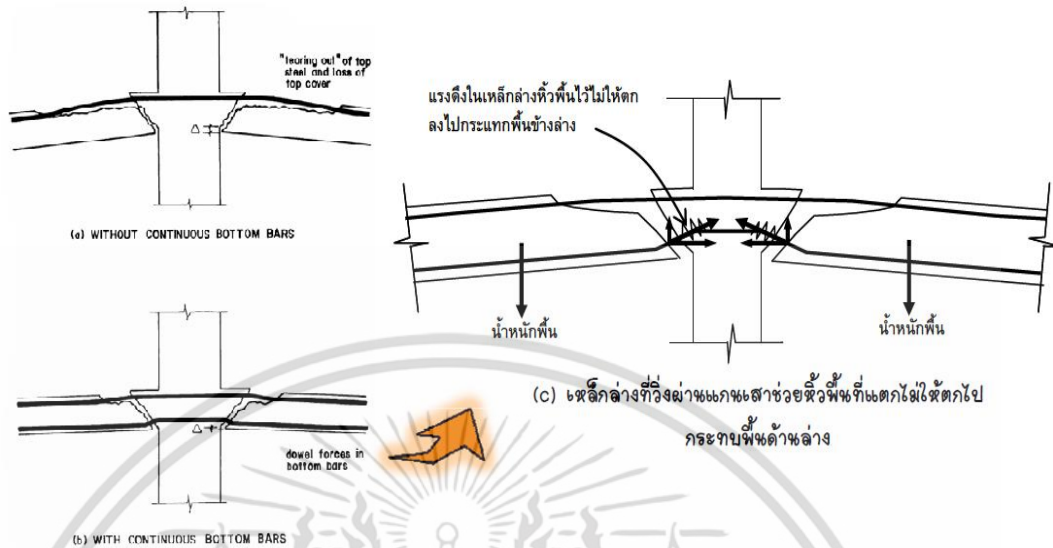
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การฉีดน้ำแรงดันสูงของพื้นไร้คาน

หากรู้จักการทำรายละเอียดการเหล็กเสริมให้ถูกต้องโดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยหรือบางกรณีอาจไม่ต้องเสียเงินเพิ่มเลยก็ได้หลักการสำคัญคือจะต้องมีเหล็กล่างวิ่งผ่านแกนของเสาในปริมาณที่เหมาะสมเหล็กล่างนี้จะหิวแผ่นพื้นไว้ไม่ให้ตกกระแทกไปข้างล่างก็จะเป็นการป้องกัน Progressive collapse ได้ทั่วโลกที่เหล็กล่างหิวพื้นแสดงดังในรูปข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 กลไกการรับแรงของเหล็กเสริม

การคำนวณปริมาณเหล็กกลางที่ต้องการสูตรที่ใช้ในการคำนวณก็ได้มาจากสมดุลในแนวตั้ง ระหว่างแรงดึงในเหล็กกลางกับน้ำหนักของพื้นโดยสมมติให้แนวเหล็กทำมุม 30 องศา กับแนวนราบจะได้

$$A_s = \frac{0.5w_u l_1 l_2}{\phi f_y} \tag{2.8}$$

วินิต ช่อวิเชียร และ วรนิติ ช่อวิเชียร [4] กล่าวว่า ในสูตร A_s เป็นพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมกลางที่ต้องวิ่งต่อเนื่องผ่านแกนเสา w_u เป็นน้ำหนักประลัยแนวตั้งที่กระทำต่อพื้นแต่ต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ใช้งาน l_1 และ l_2 เป็นความยาวช่วงเสาวัดจากตำแหน่งศูนย์กลางเสาในแต่ละทิศทาง f_y เป็นกำลังครากของเหล็กกลางเป็นค่าตัวคูณลดกำลังเท่ากับ 0.9 ในกรณีที่เป็นเสาดันรมให้ใช้ 2/3 ของเนื้อที่เหล็กที่คำนวณจากสูตรและหากเป็นเสาดันมูมให้ใช้ 1/2 ของพื้นที่เหล็กที่คำนวณจากสูตรปริมาณเหล็กที่คำนวณจากสูตรข้างต้นไม่ใช่เป็นเหล็กที่ต้องใส่เพิ่มเติมแต่สามารถใช้เหล็กกลางที่ต้องใส่ในพื้นอยู่แล้วให้มีเนื้อที่หน้าตัดเท่ากับที่คำนวณจากสูตรข้างต้นแต่ไม่ควนต่ำกว่า 2 เส้น

2.7 การประมาณค่าความสามารถการโก่งเดาะของพื้นรอบจุดรองรับ

2.7.1 การพัฒนา ตารางค่าสัมประสิทธิ์ สำหรับการโก่งเดาะของพื้น

B.Ahmed and S.R. Chowdhury [6] ได้ทำการวิจัยโดยพิจารณาที่ strips ด้านสั้นและด้านยาว ในพื้นทรงสี่เหลี่ยม โดยให้ด้านสั้นเป็น l_a ด้านยาว เป็น l_b น้ำหนักบรรทุก w จะสามารถสร้างเป็นสมการการโก่งเดาะได้ดังนี้

$$\frac{5w_a l_a^4}{384EI} = \frac{5w_b l_b^4}{384EI}$$

$$\frac{w_a}{w_b} = \frac{l_b^4}{l_a^4}$$

เพราะฉะนั้นน้ำหนักบรรทุกรวมจะได้ว่า

$$w = w_a + w_b$$

$$w_a = w \left(\frac{l_b^4}{l_a^4 + l_b^4} \right)$$

; สำหรับน้ำหนักที่ถ่ายลงพื้น

$$w_a = w.k$$

โดยที่

W_a คือ น้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงในด้านสั้น

W_b คือ หนักบรรทุกที่ถ่ายลงในด้านยาว

จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณหาค่าการโก่งเดาะในด้านสั้นได้ดังนี้

$$\delta = \frac{5w_a l_a^4}{384EI} = \frac{5w_a l_a^4}{384E \frac{bt^3}{12}}$$

$$= \left(\frac{5}{384E \frac{b}{12}} \right) w.k. \frac{l_a^4}{t^3}$$

$$= C_a \frac{wl^4}{t^3}$$

(2.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกันด้านยาวจะได้สมการดังนี้

$$= C_b \frac{wl^4}{t^3} \quad (2.10)$$

ในสมการที่ (2.9) และ (2.10) ตามลำดับนั้น เป็นการพิจารณาการหาค่าการโก่งเตาะในพื้นที่แบบง่ายเท่านั้น ในขณะที่การวิเคราะห์ที่ยากกว่านี้จะสามารถทำได้ดังนี้

$$\text{i.e. } \delta = K_1 \frac{w a l^4}{384 EI}$$

โดยที่ค่า K_1 นั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ทำการออกแบบ

$$\delta = C_a \frac{wl^4}{t^3}$$

$$\text{or } \delta = C_b \frac{wl^4}{t^3}$$

โดยที่ค่าการโก่งเตาะนั้นจะทำการวิเคราะห์ในโปรแกรม ไฟไนท์อีลิเมนต์ และนำค่าการโก่งเตาะมา ใส่ในสมการที่ (2.9) และ (2.10) ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์ในด้านสั้นหาได้ตามสมการที่ (2.11)

$$C_a = \frac{\delta_{FE}}{\frac{wl^4}{t^3}} \quad (2.11)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ในด้านยาวหาได้ตามสมการที่ (2.12)

$$C_b = \frac{\delta_{FE}}{\frac{wl^4}{t^3}} \quad (2.12)$$

โดยที่ค่าการโก่งเตาะที่คำนวณจากไฟไนท์อีลิเมนต์นั้น จากนั้นนำค่าการโก่งเตาะ แทนค่าในสมการที่ (2.11) สำหรับด้านสั้น และแทนในสมการที่ (2.12) สำหรับด้านยาว จากนั้นทำการเลือกขนาดด้านสั้นและยาวของพื้น และนำหนักบรรทุกทุกไว้หลายๆค่า เพื่อที่จะได้ค่าการโก่งเตาะที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะวิเคราะห์หลายกรณีเพื่อความแม่นยำของผลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การโก่งเคาะรอบจตุรรองรับโดยพิจารณาที่อัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว
ขนาดต่างๆ

Span ratio $m = l_a / l_b$		Case 1 (10^{-10})	Case 2 (10^{-10})	Case 3 (10^{-10})	Case 4 (10^{-10})	Case 5 (10^{-10})	Case 6 (10^{-10})	Case 7 (10^{-10})	Case 8 (10^{-10})	Case 9 (10^{-10})
1.00	C _a	1.103	0.348	0.524	0.552	0.523	0.755	0.755	0.436	0.436
	C _b	1.103	0.348	0.523	0.552	0.523	0.755	0.755	0.436	0.436
0.90	C _a	1.307	0.407	0.697	0.697	0.569	0.862	0.958	0.552	0.494
	C _b	0.892	0.278	0.476	0.476	0.389	0.589	0.654	0.377	0.337
0.75	C _a	1.8000	0.552	1.132	0.900	0.639	1.045	1.423	0.784	0.589
	C _b	0.570	0.175	0.359	0.285	0.202	0.311	0.451	0.248	0.187
0.60	C _a	2.382	0.667	1.779	1.144	0.699	1.239	2.065	1.080	0.667
	C _b	0.308	0.086	0.230	0.148	0.090	0.160	0.267	0.140	0.086
0.50	C _a	2.762	0.697	2.313	1.283	0.716	1.335	2.534	1.232	0.707
	C _b	0.173	0.044	0.145	0.080	0.045	0.083	0.158	0.077	0.044

2.7.2 การตรวจสอบพัฒนาวิธีสัมประสิทธิ์ในกรณีที่หลากหลายเพื่อที่จะได้ค่าใกล้เคียงความจริงที่สุด จาก ตารางที่ 2.2 นั้น เป็นการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ด้านสั้นและด้านยาวออกมาโดยทำการวิเคราะห์หลายกรณี โดยกำหนดอัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวไว้ คือ 0.50, 0.60, 0.75, 0.90 และ 1.00 สำหรับพื้นที่ต่อเนื่องทุกด้านและเปลี่ยนด้านสั้นด้านยาวไว้หลายๆขนาดจะสามารถแยกออกมาเป็นกรณีได้ทั้งสิ้น 9 กรณี

1) สำหรับพื้นที่เดียวกับความแตกต่างของจตุรรองรับ

กำหนดให้พื้นมีขนาด 6.096 m. X 7.62 m. จะมีอัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว 0.67 ให้ถูกเลือกวิเคราะห์อันดับแรก และสร้างแบบจำลองให้มี อิสิเมนต์ 10x12 เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่าง วิธีสัมประสิทธิ์กับค่าที่ได้จากการทำแบบจำลองไฟไนท์อิสิเมนต์ มีเพียงกรณีที่ 3 เท่านั้นที่ค่าแทบจะไม่ต่างกันเลย

2) สำหรับพื้นที่ต่อเนื่อง

สำหรับตารางที่ 2.2 นั้นเป็นเพียงการวิเคราะห์ที่ไม่ยุ่งยากมากเหมาะกับการที่จะวิเคราะห์กรณีพื้นฐานรูปแบบต่างๆไป แต่สำหรับพื้นที่ต่อเนื่องนั้น ตารางดังกล่าวควรมีการตรวจสอบก่อนว่าสามารถใช้ได้หรือไม่ เพราะว่าพื้นที่ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกัน ในกรณีของจตุรรองรับที่ไม่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

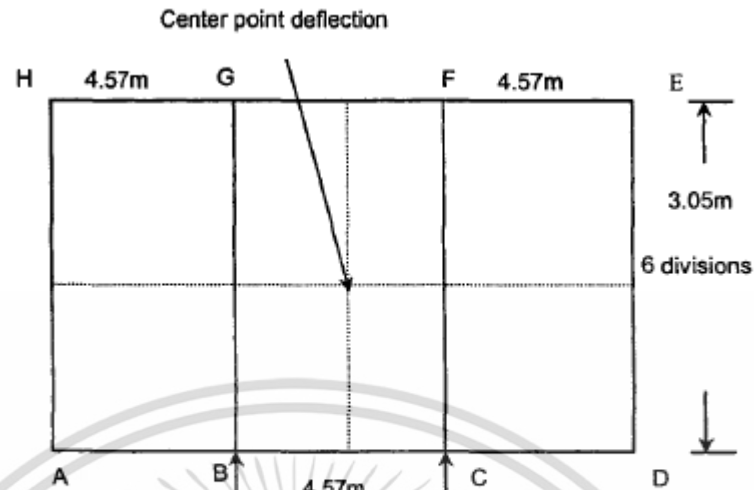
รูปที่ 2.17 เป็นพื้น 3 สเปน นำมาวิเคราะห์ โดยโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์ และนำมาจำแนกได้ 3 กรณี คือ กรณี a ถึง กรณี c โดยในกรณี a เป็นการวิเคราะห์พื้นตรงกลางคือ BCFG โดยให้จตุรกรงรับเป็นแบบโครงข้อแข็ง และทำการแบ่งอัตราส่วนให้ย่อยลงไปอีกเป็น 4 อัตราส่วน (0.5, 0.67, 0.75 และ 1.00) รวมทั้งหมดนี้จะแสดงอยู่ในกรณีที่ 2 ส่วนกรณี b เป็นการตัดแปลงจากกรณี a โดยการเปลี่ยนจากจตุรกรงรับเป็นแบบโครงข้อแข็งเป็นแบบบานพับ รวมทั้งหมดนี้จะแสดงอยู่ในกรณีที่ 3 และกรณี c เป็นการวิเคราะห์พื้นด้านนอกคือ ABGH หรือ CDEF โดยให้จตุรกรงรับเป็นแบบบานพับให้อยู่ในกรณีที่ 7

ตารางที่ 2.3 ความแตกต่างของแต่ละกรณีของพื้นสามช่วง ในรูปที่ 3.1 ที่จะนำไปวิเคราะห์ใน

โปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์

Case (defined in complete FE model)	Slab	Support case	Span of individual slab ($l_a \times l_b$)			Span ratio	Case (as per coeff. method)
			ABGH	BCFG	CDEF		
Case a	BCFG	All four edges fixed	3.05m x 6.10m	3.05m x 6.10m	3.05m x 6.10m	0.50	Case 2
			3.05m x 4.57m	3.05m x 4.57m	3.05m x 4.57m	0.67	
			3.05m x 4.06m	3.05m x 4.06m	3.05m x 4.06m	0.75	
			3.05m x 3.05m	3.05m x 3.05m	3.05m x 3.05m	1.00	
Case b	BCFG	All four edges hinge	3.05m x 6.10m	3.05m x 6.10m	3.05m x 6.10m	0.50	Case 3
			3.05m x 4.57m	3.05m x 4.57m	3.05m x 4.57m	0.67	
			3.05m x 4.06m	3.05m x 4.06m	3.05m x 4.06m	0.75	
			3.05m x 3.05m	3.05m x 3.05m	3.05m x 3.05m	1.00	
Case c	ABGH or CDEF	All four edges hinge	3.05m x 6.10m	3.05m x 6.10m	3.05m x 6.10m	0.50	Case 7
			3.05m x 4.57m	3.05m x 4.57m	3.05m x 4.57m	0.67	
			3.05m x 4.06m	3.05m x 4.06m	3.05m x 4.06m	0.75	
			3.05m x 3.05m	3.05m x 3.05m	3.05m x 3.05m	1.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



For real support condition this two support lines are hinge but for proposed coefficient method these two support lines are fixed

24 divisions

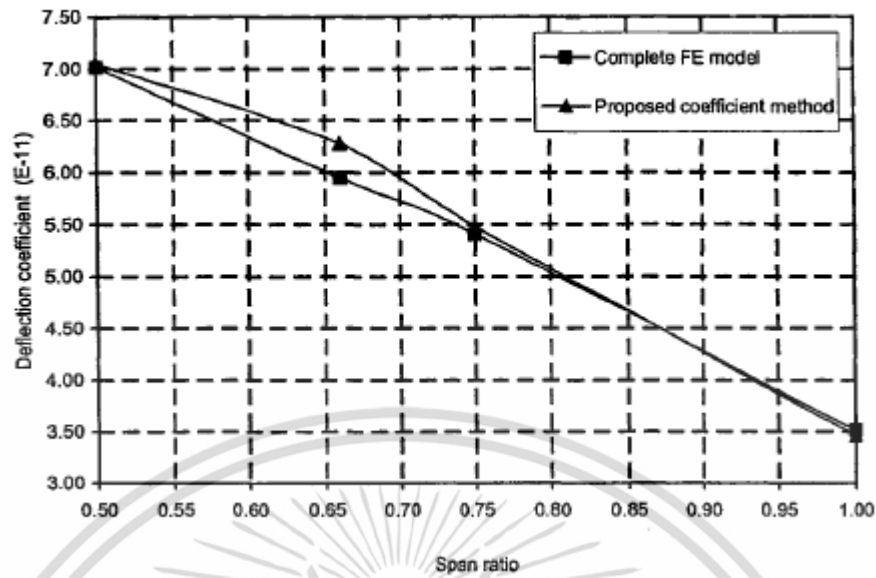
รูปที่ 2.17 แบบจำลองพื้นที่นำมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะจาก จากการวิเคราะห์

โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีสัมประสิทธิ์

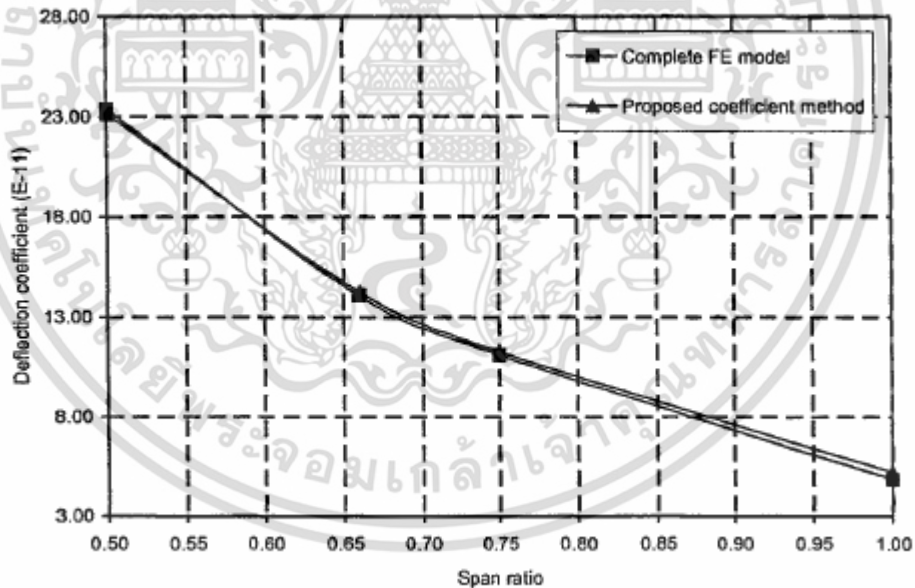
3) เปรียบเทียบผลลัพธ์

รูปที่ 2.18-2.20 เป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการวิเคราะห์จากโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อที่จะหาค่าการโก่งเดาะโดยวิธีสัมประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

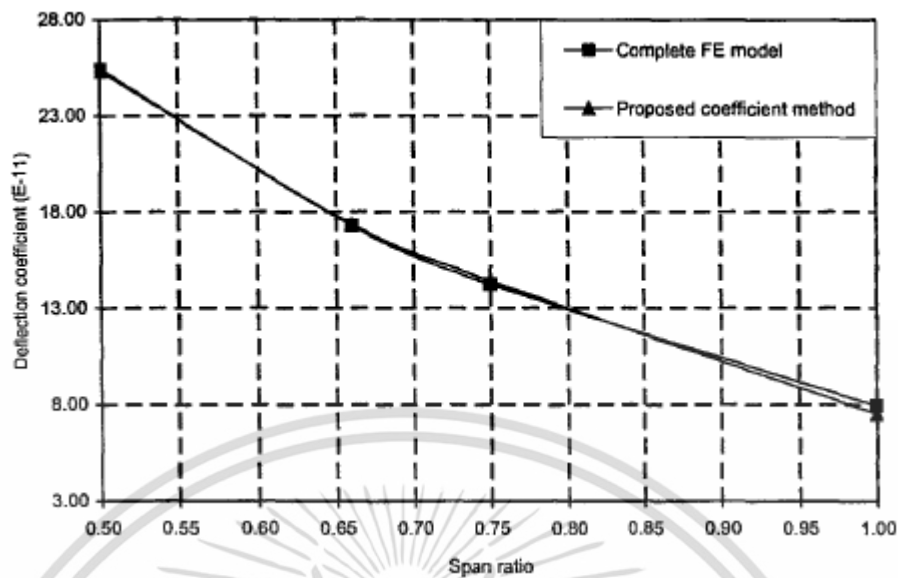


รูปที่ 2.18 เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะระหว่างวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์กับวิธีสัมประสิทธิ์ในกรณี a ในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะระหว่างวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์กับวิธีสัมประสิทธิ์ในกรณี b ในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

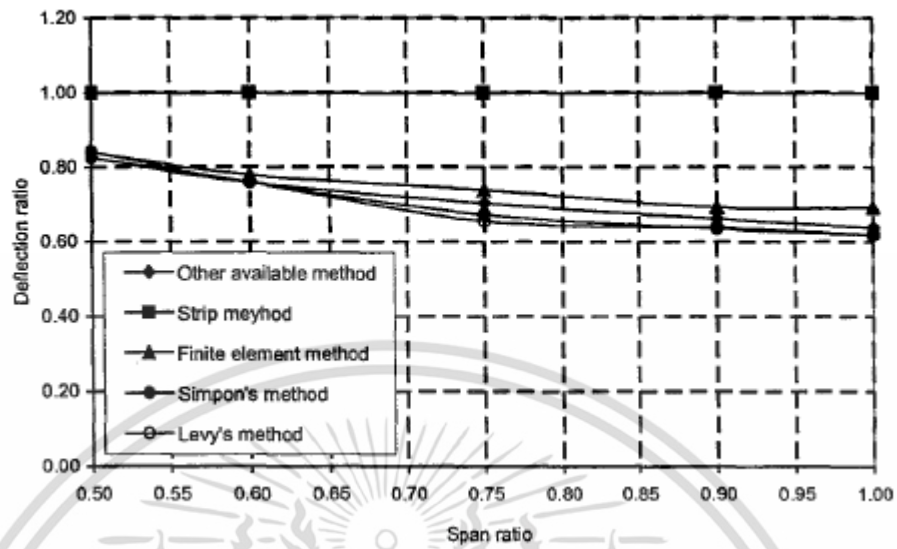


รูปที่ 2.20 เปรียบเทียบค่าการโก่งเดาะระหว่างวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์กับวิธีสัมประสิทธิ์ในกรณี c ในรูปที่ 2.17

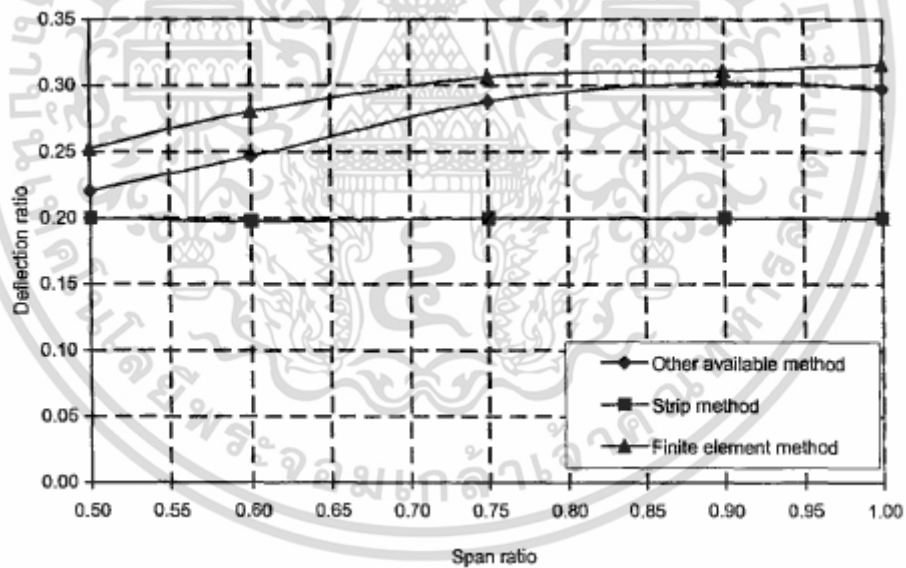
2.7.3. เปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีอื่น

รูปที่ 2.21 เป็นการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์จากวิธีสัมประสิทธิ์โมเมนต์กับวิธี Strips Method, Simson's Method , และ Levy's Method ในกรณี 1 รูปที่ 2.22-2.25 นั้นเป็นการเปรียบเทียบ ค่าการโก่งเดาะที่เกิดขึ้นโดยแบ่งเป็นกรณี (กรณี 2,4,6 และ 8)

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์จากการวิเคราะห์จากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ตลอดจนวิธี Strips Method ค่าที่ได้มากกว่าที่ประมาณไว้สำหรับกรณี 1 และ 2 ซึ่งผลที่ออกมาในสองวิธีนี้เป็นสมการที่ง่ายแลผลที่ออกมาค่อนข้างพอใจ ส่วนกรณีที่ 3 ถึงกรณี 9 นั้น วิธีกระบวนการที่มีอยู่นั้นมีค่าการโก่งเดาะที่ได้้น้อยกว่าค่าที่ประมาณไว้ ดังนั้นถ้ามีการพัฒนากระบวนการและหากรณีมาให้ง่ายหลากหลายมากค่าที่ได้จะมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

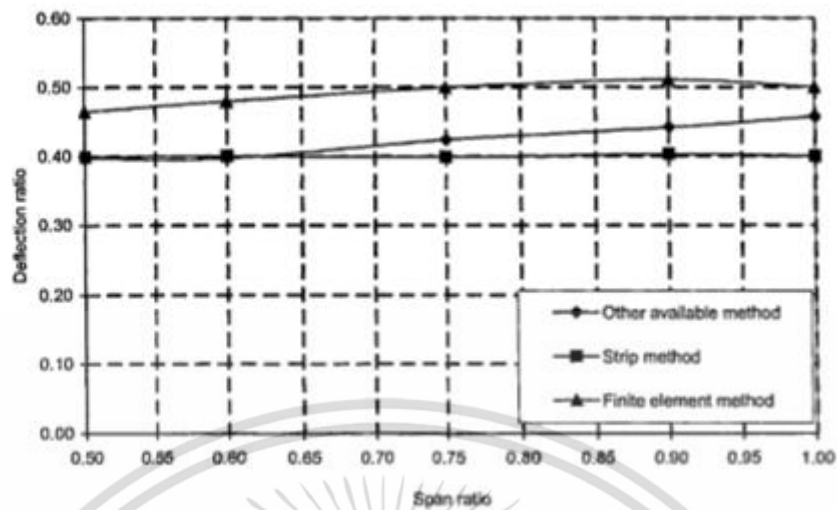


รูปที่ 2.21 ผลของค่าการโก่งเดาะในกรณีที่ดินสั้นต่อด้านยาวต่างๆสำหรับ กรณีที่ 1

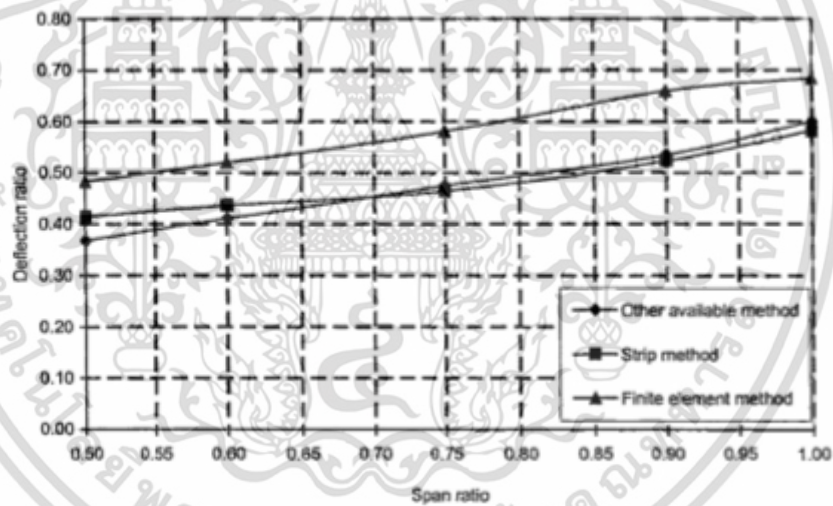


รูปที่ 2.22 ผลของค่าการโก่งเดาะในกรณีที่ดินสั้นต่อด้านยาวต่างๆสำหรับ กรณีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

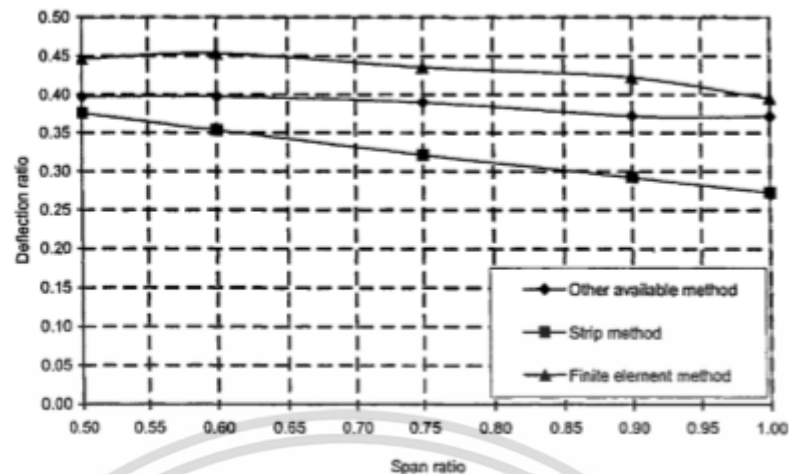


รูปที่ 2.23 ผลของอัตราส่วนสแปนบนอัตราส่วนค่าการโก่งเดาะ ในวิธีการต่างๆของกรณีที่4



รูปที่ 2.24 ผลของอัตราส่วนสแปนบนอัตราส่วนค่าการโก่งเดาะ ในวิธีการต่างๆของกรณีที่6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ผลของอัตราส่วนสแปนบนอัตราส่วนค่าการโก่งเดาะ ในวิธีการต่างๆของกรณีที่ 8

2.7.4 บทสรุป

จากการวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนท์อิลิเมนต์นี้ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมกรรมการโก่งเดาะรอบจุดรองรับของพื้น จะได้สมการจากอัตราค่าการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์และการโก่งเดาะในและจึงนำมาทำสัมประสิทธิ์การโก่งเดาะ ศึกษาดำเนินการเพื่อที่จะเข้าใจถึงการตอบสนองของพื้นในกรณีต่างๆ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาแปลงเป็นสัมประสิทธิ์การโก่งเดาะ และได้ตารางที่ได้คิดค้นขึ้นมาจากการวิเคราะห์สำหรับใช้ร่วมกับวิธี ACI และกระบวนการไฟไนท์อิลิเมนต์นี้ได้นำมาใช้กับระบบพื้นที่ต่อเนื่องสำหรับใช้ตรวจสอบอัตราส่วนความยาวต่อไป จะสังเกตได้ว่าการเปรียบเทียบผลลัพธ์นั้นค่าที่ได้ค่อนข้างที่น่าพอใจ สุดท้ายนี้การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากโปรแกรมต่างๆจะเห็นได้ว่าวิธีการสัมประสิทธิ์มีค่าใกล้เคียงกับวิธีอื่นๆและง่ายกว่าวิธีอื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์ โมเมนต์สำหรับพื้นไร้คานแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างดังนี้

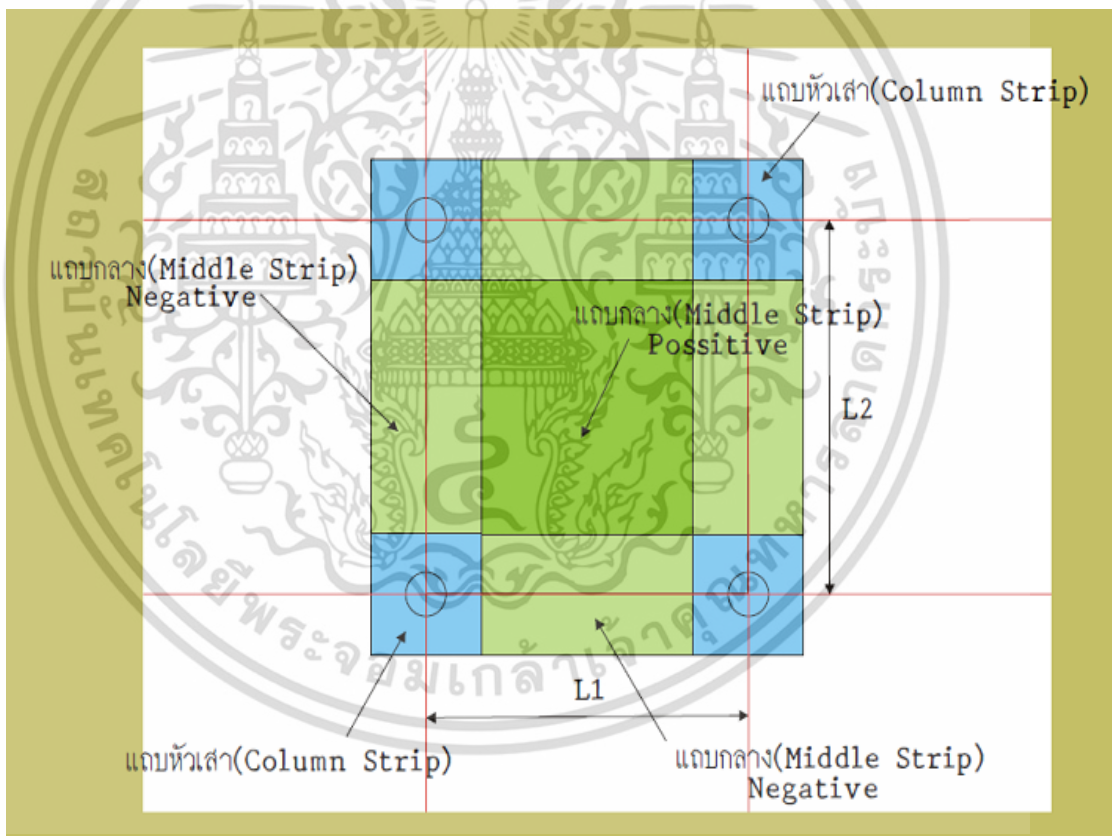
3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นไร้คาน

การแบ่งรูปแบบพื้นไร้คานสามารถแบ่ง ออกเป็น 3 รูปแบบ ตามลักษณะได้ดังนี้

แบบที่ 1 แบบไม่มีหัวเสา เรียกว่า Flat plate slabs without column heads

แบบที่ 2 แบบมีหัวเสา เรียกว่า Slabs with column heads without drops

แบบที่ 3 แบบมีหัวเสา+มีแป้นหัวเสา เรียกว่า Slabs with column heads with drops



รูปที่ 3.1 การเรียกชื่อแถบ (strip) panel division

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ศึกษาพฤติกรรมและวิธีการออกแบบพื้นสองทาง

ทำการศึกษาพฤติกรรมและวิธีการออกแบบพื้นสองทางโดย พิจารณา ช่วง พื้น ต่อเนื่อง 2 ด้าน ต่อเนื่อง 3 ด้าน ต่อเนื่อง 4 ด้าน และ ดูพฤติกรรมโมเมนต์ และศึกษาความสัมพันธ์โมเมนต์ของพื้นสองทาง

3.3 ศึกษาพฤติกรรมและวิธีการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา

ทำการศึกษาพฤติกรรมและวิธีการออกแบบพื้นไร้คานเพื่อศึกษาค่าโมเมนต์บวกสูงสุดและโมเมนต์ลบสูงสุด บริเวณ column strip และบริเวณ middle strip โดยวิธี Equivalent frame method

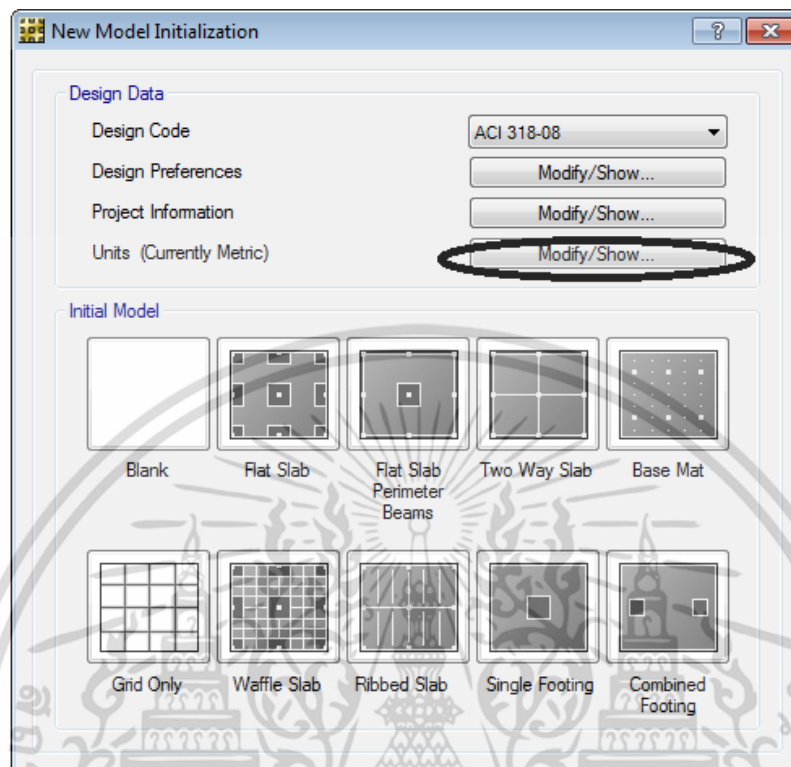
3.4 ทำการจำลองโมเดล อาคารโดยใช้การคำนวณโดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

ทำการศึกษาจำลองโมเดล อาคารโดยใช้การคำนวณโดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อดูพฤติกรรมของโมเมนต์ค่าโมเมนต์บวกสูงสุดและโมเมนต์ลบสูงสุดบริเวณ column strip และบริเวณ middle strip และเปรียบเทียบค่าที่ได้จากวิธี Equivalent frame method

3.5 ทำการวิเคราะห์ผลหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เหมาะสม

เมื่อทราบตำแหน่งค่าโมเมนต์บวกสูงสุดและโมเมนต์ลบสูงสุดบริเวณ column strip และบริเวณ middle strip แล้วตำแหน่ง ที่ได้ มาพิจารณาและวิเคราะห์ สร้างตาราง ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ออกมา

3.6 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม



รูปที่ 3.2 แสดงการเลือกหน่วยตามต้องการ

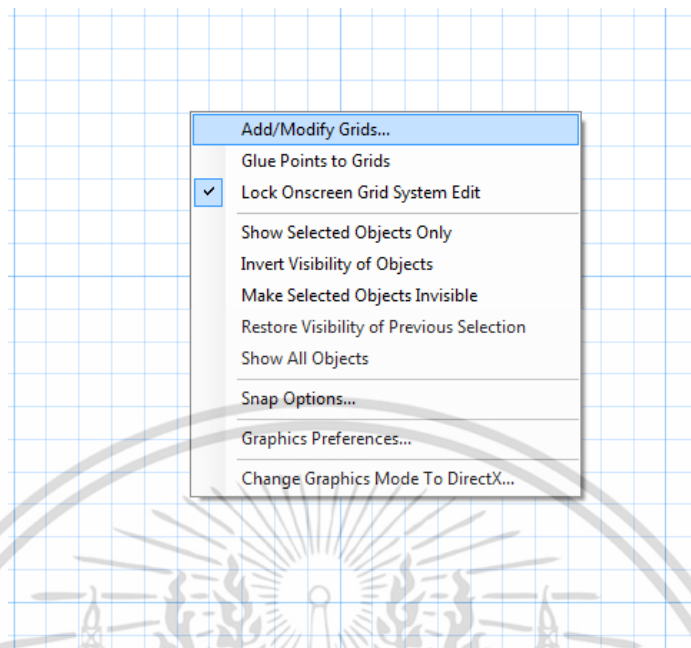
3.6.1 ในการใช้โปรแกรมแต่ละครั้งนั้นผู้ที่ใช้โปรแกรมต้องทำการเลือกหน่วยให้ถูกต้องก่อน เพื่อป้องกันการสับสนในการวิเคราะห์โครงสร้างแบบต่างๆ

3.6.2 ในโปรแกรม SAFE นั้นสามารถทำการวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบ แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เพียง รูปแบบ 4 คือ

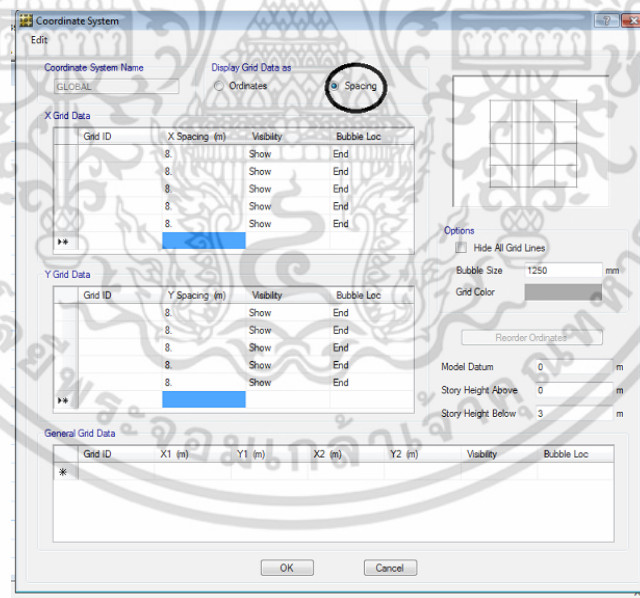
- grid
- slab
- column
- strip

3.6.3 เมื่อเลือกรูปแบบ โมเดลแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการตีตารางกริดโดยเลือกไปที่ Add/Modify Grids และกำหนด spacing ของพื้นโดยให้เลือกไปที่ spacing แล้ว ใส่ค่าลงไปตามที่ต้องการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

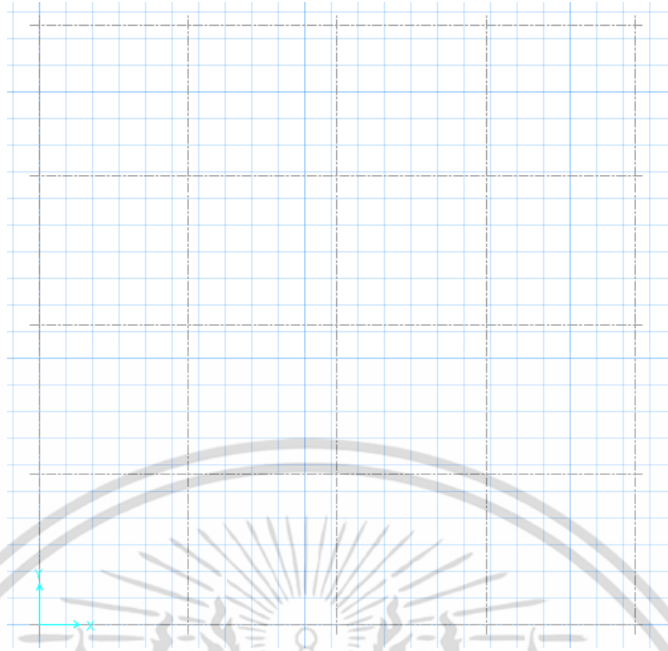


รูปที่ 3.3 เลือกไปที่ Add/Modify Grids



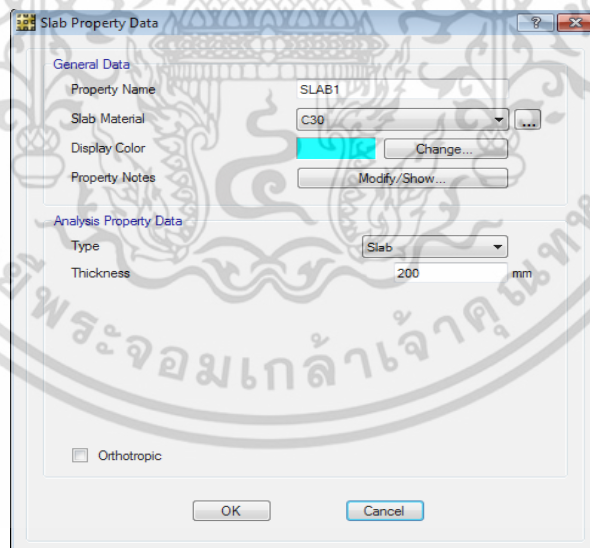
รูปที่ 3.4 เลือกไปที่ spacing แล้วใส่ ค่า ตามแนวแกน X และ แกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ค่าที่ได้จะออกมาเป็นตารางกริดเช่นนี้

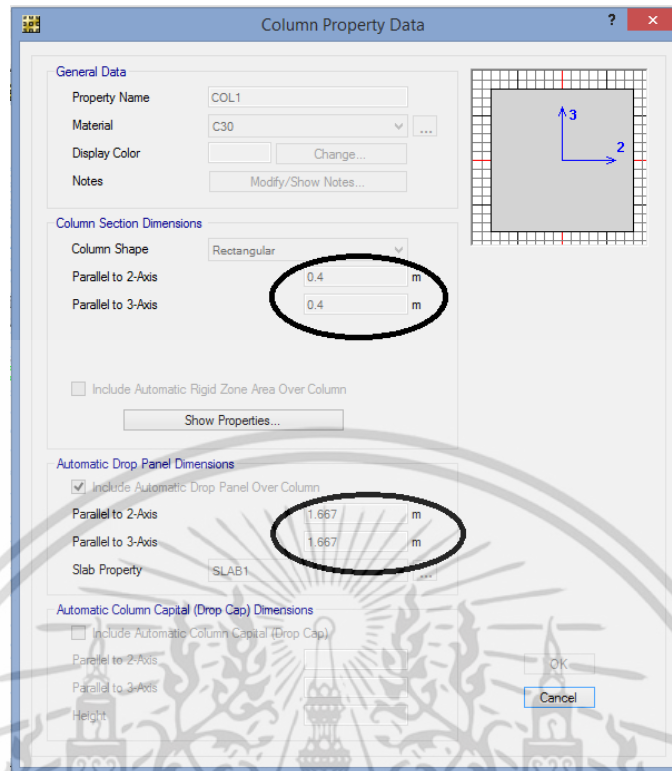
3.6.4 จากนั้นไปที่ slab property data เพื่อที่จะกำหนดชนิดของพื้นที่ใช้สำหรับการออกแบบ และเลือกความหนาของพื้น



รูปที่ 3.6 slab property data

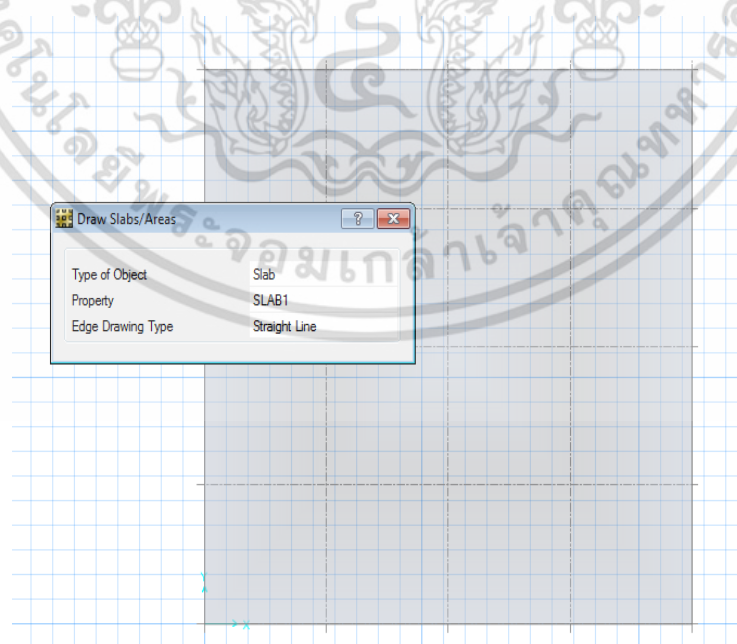
3.6.5 จากนั้นไปที่ column property data เพื่อที่จะกำหนดชนิดของเสาที่ใช้สำหรับการออกแบบ เลือกขนาดเสาและขนาดแป้นหัวเสาที่ต้องการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 column property data

3.6.6 เมื่อกำหนด property เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ไปที่ icon ที่มีคำว่า Draw Slab/Area เพื่อที่จะนำค่า slab property data ที่ได้ กำหนด ไว้แล้วข้างต้น และทำการลากคลิกทุกมุมของกริด

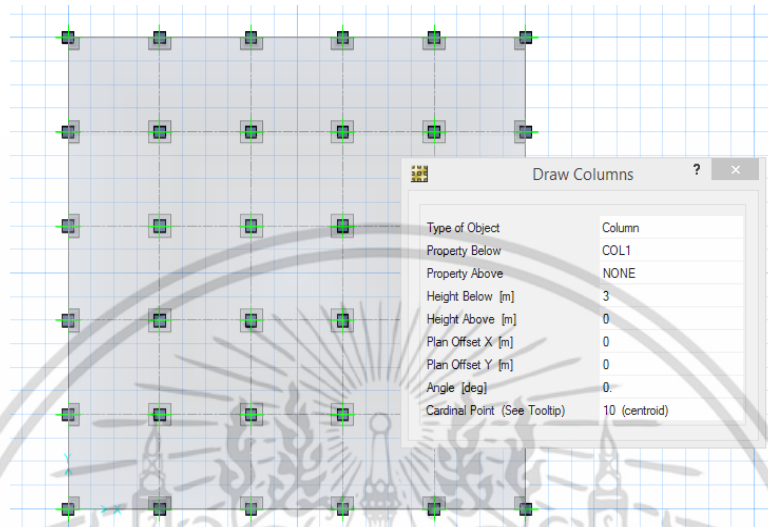


รูปที่ 3.8 โปรแกรมจะให้เลือก property ที่ได้กำหนดไว้เมื่อเลือกแล้วจากนั้นทำการลากคลุมกริดที่ได้

ติไว้ก่อนข้างต้น

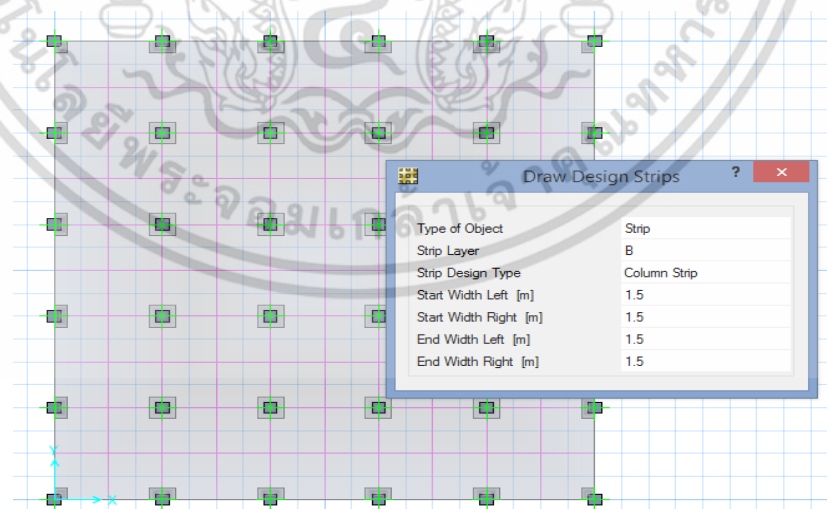
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.7 จากนั้นให้ไปที่ icon ที่มีคำว่า Draw columns เพื่อที่จะนำค่า column property data ที่ได้กำหนดไว้แล้วข้างต้นและทำการลากคลุมกริด



รูปที่ 3.9 เมื่อเลือกคำสั่ง Draw Column ให้ทำการลากคลุมกริด

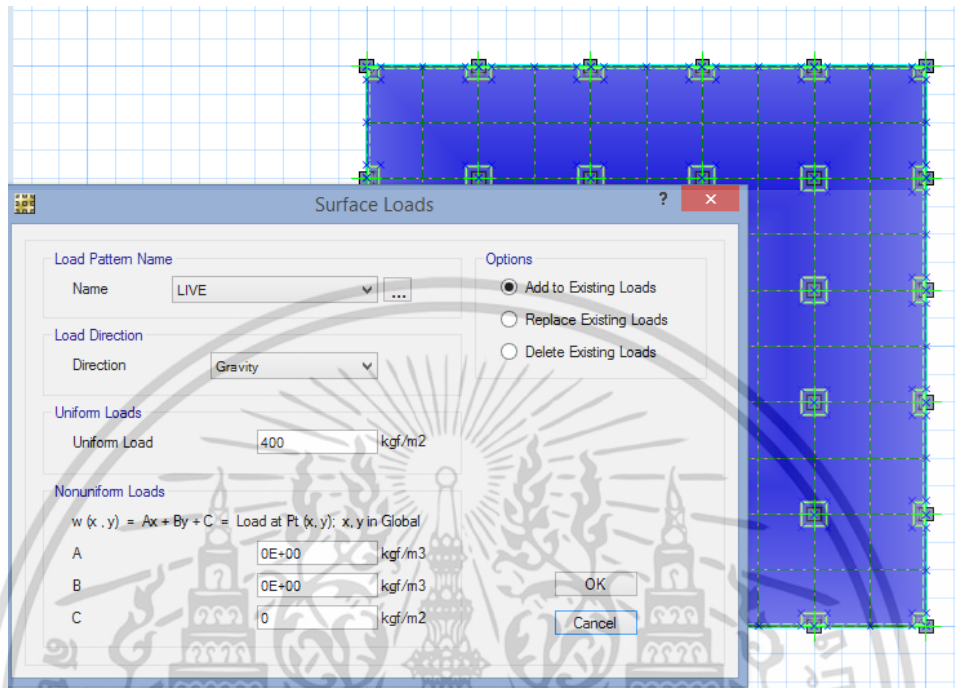
3.6.8 จากนั้นให้ไปที่ icon ที่มีคำว่า Draw design strips เพื่อที่จะเป็น Guide ในการระบุตำแหน่ง ของโมเมนต์ บริเวณ Column strip และ Middle strip



รูปที่ 3.10 ทำการ ตีเส้น strip บริเวณ Column strip และ Middle strip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

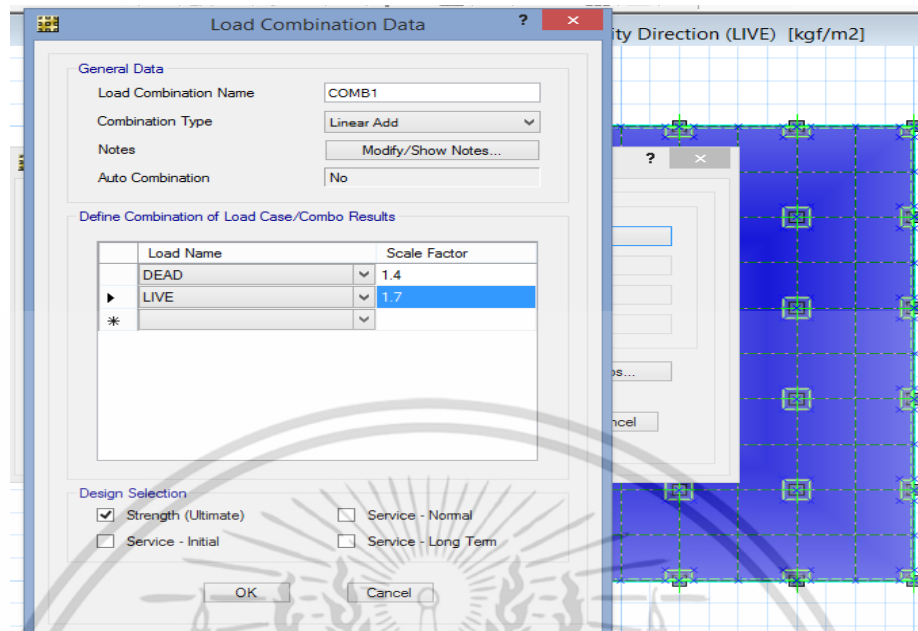
3.6.9 จากนั้นให้ไป Assign > Load data > Surface load เพื่อที่จะ กำหนด load ที่ต้องการ ออกแบบ



รูปที่ 3.11 ทำการใส่ค่า Dead load และ Live load ที่ต้องการออกแบบลงไป

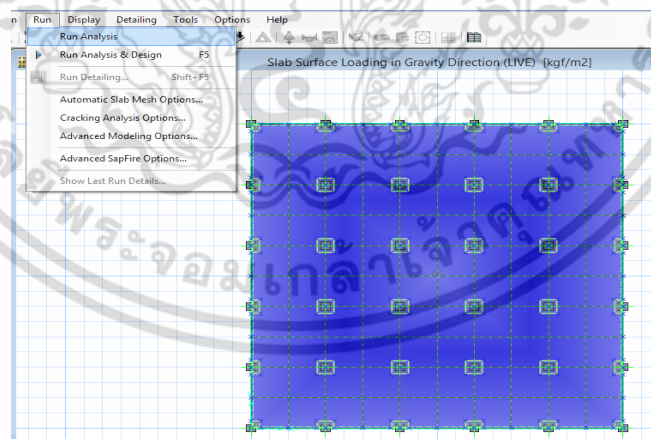
3.6.10 จากนั้นไปที่ Define>Load combination data เพื่อ ที่จะทำการรวมค่า Dead load และ Live load ให้เป็น Wu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



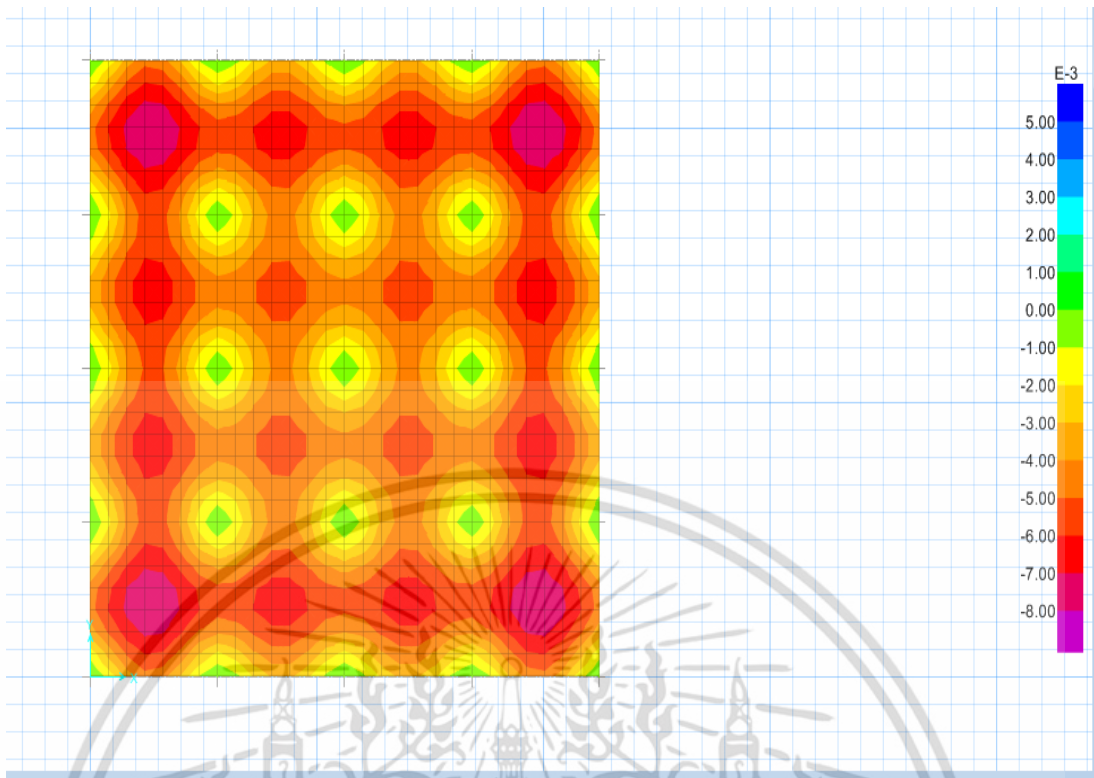
รูปที่ 3.12 ใส่ค่าคงที่ลงไป Scale factor เพื่อที่จะ กำหนด Wu ที่ต้องการออกแบบ

3.6.11 จากนั้นไปที่ Run>Run Analysis design เพื่อ ที่จะ save โมเดล ที่ทำ เพราะถ้าไม่ save ก่อน จะไม่สามารถดูค่า moment ได้



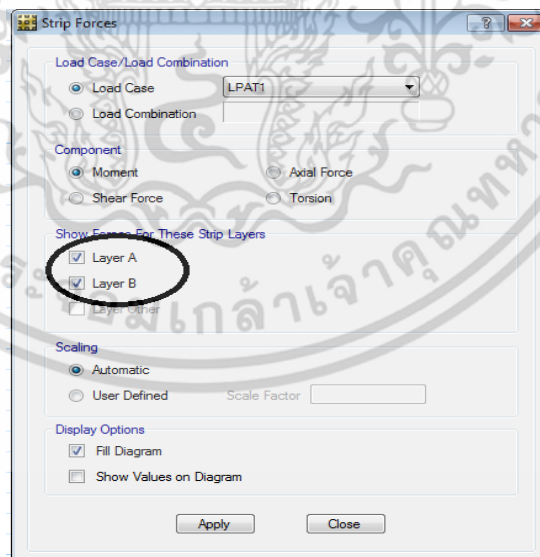
รูปที่ 3.13 Run Analysis design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



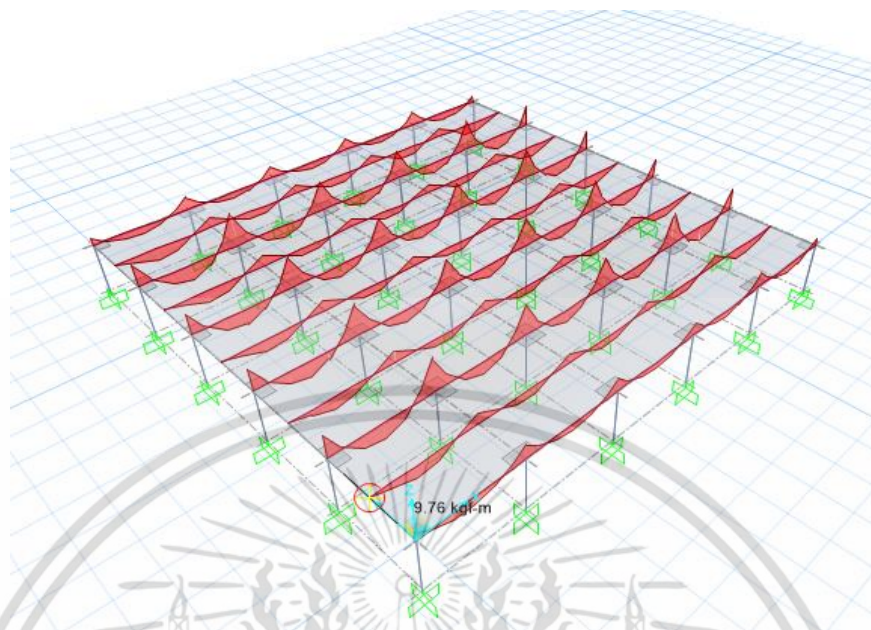
รูปที่ 3.14 เมื่อกด save แล้ว จะปรากฏ ภาพนี้ออกมา

3.6.12 จากนั้นไปที่ Display > Show strip force เพื่อที่จะดู ค่า Bending moment ในพื้น

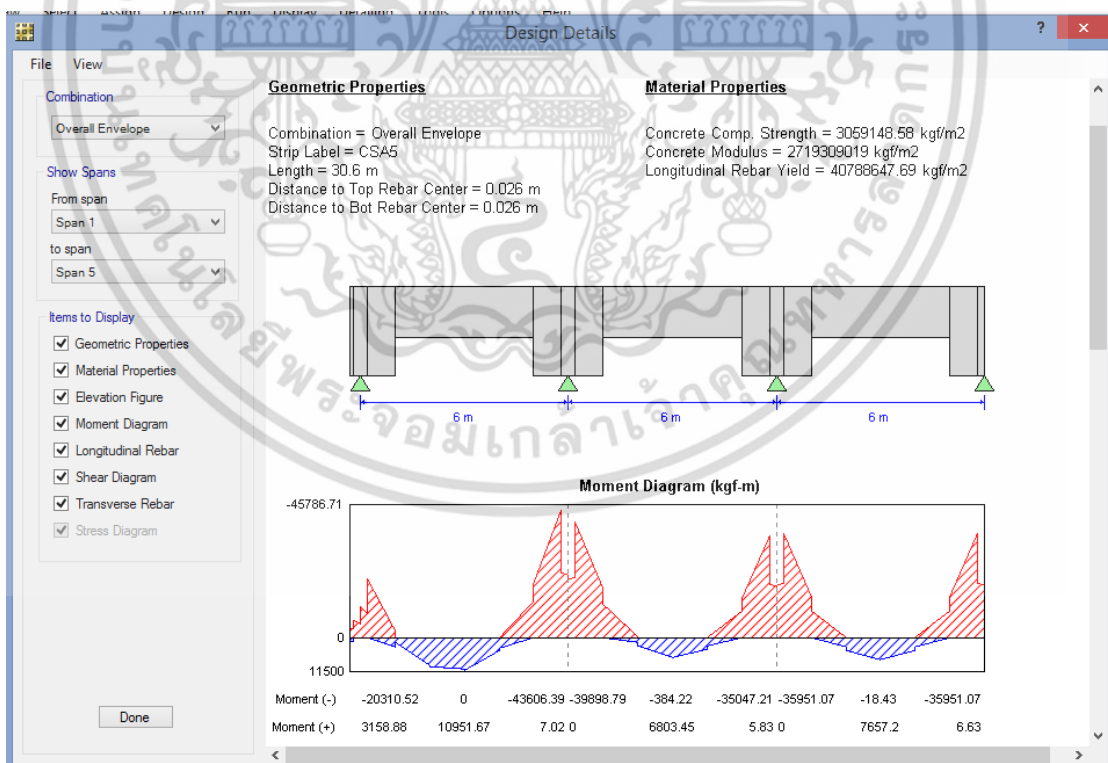


รูปที่ 3.15 เลือก layer ที่ต้องการเพื่อที่จะแสดงผลออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ค่า Bending moment ที่แสดงออกมา



รูปที่ 3.17 แสดงค่า Moment Diagram ของพื้นไร้คานที่วิเคราะห์ได้

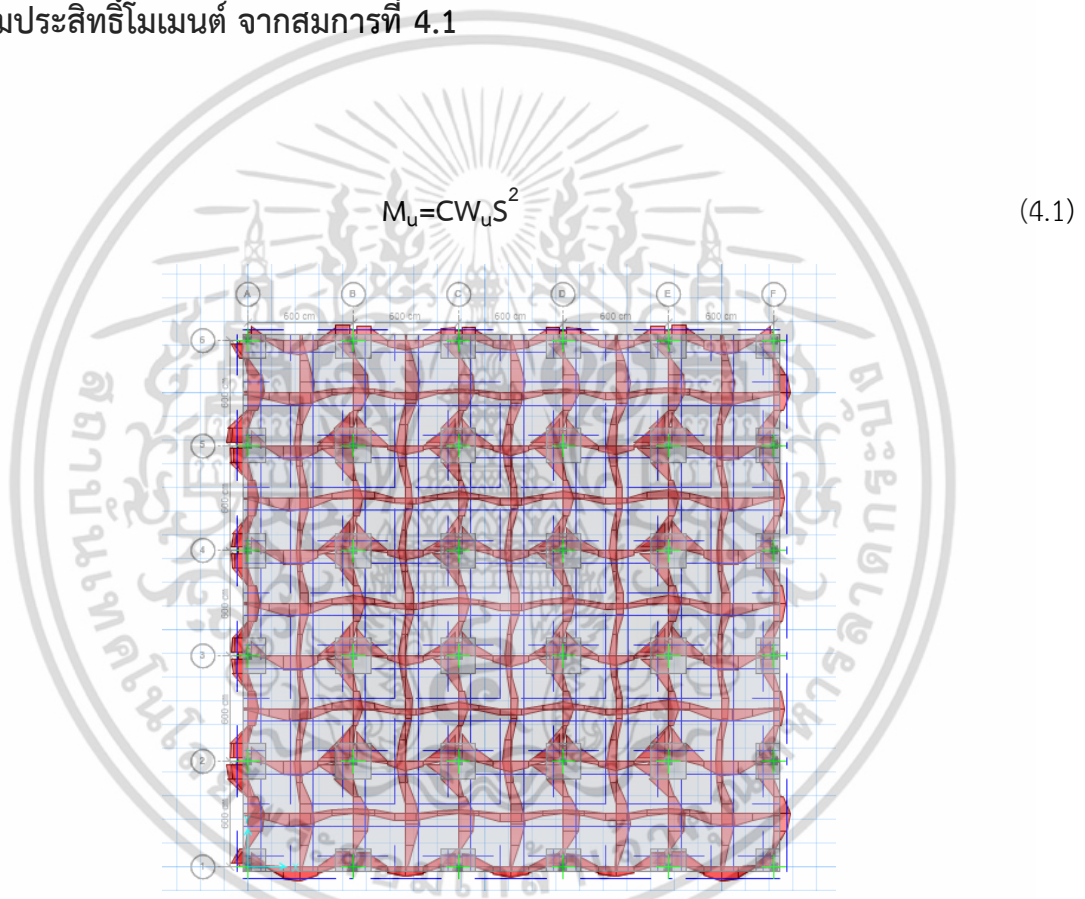
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

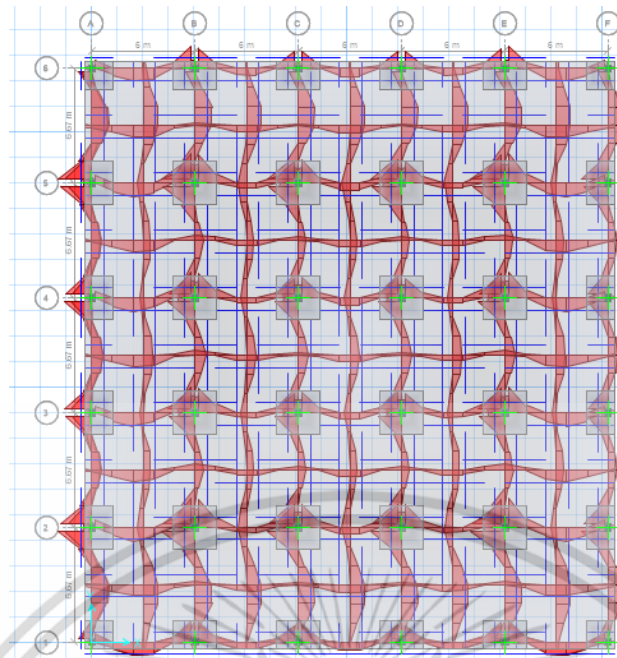
จากผลการวิเคราะห์หาค่าโมเมนต์สูงสุดโดยวิธีโครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่าและวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์พร้อมทั้งวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ได้ผลดังนี้

4.1 แสดงค่าการวิเคราะห์หา โมเมนต์สูงสุดโดยวิธี ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ในโปรแกรม และหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ จากสมการที่ 4.1

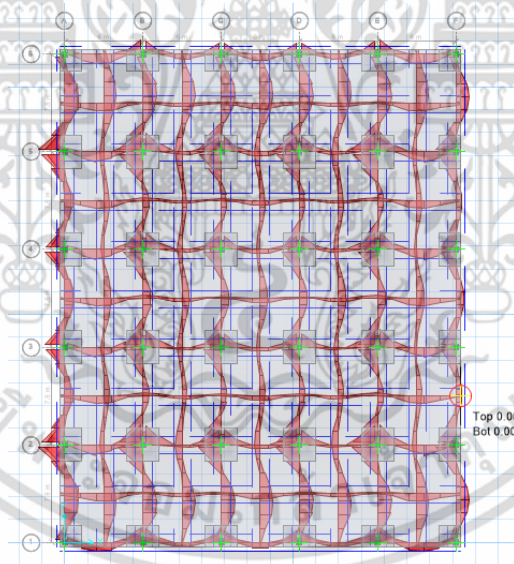


รูปที่ 4.1 แสดงโมเมนต์ในพื้นที่ไร้คาน $\frac{S}{L} = 1.0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

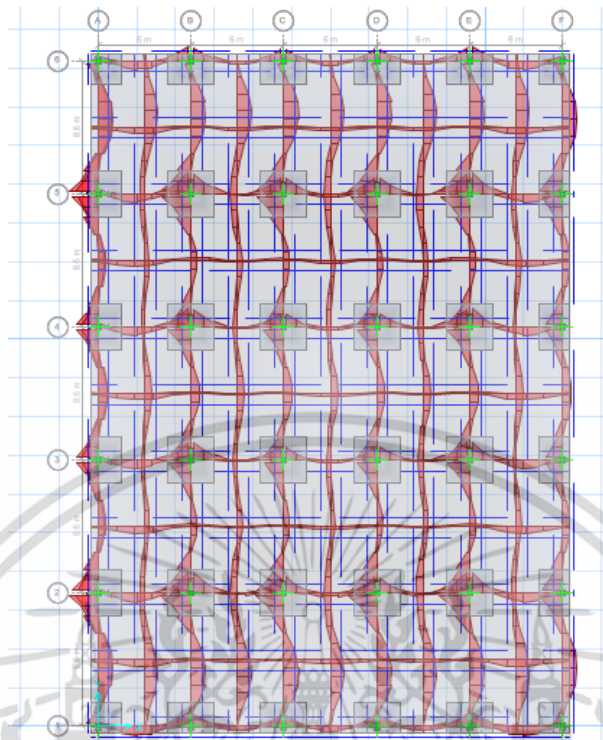


รูปที่ 4.2 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.9$

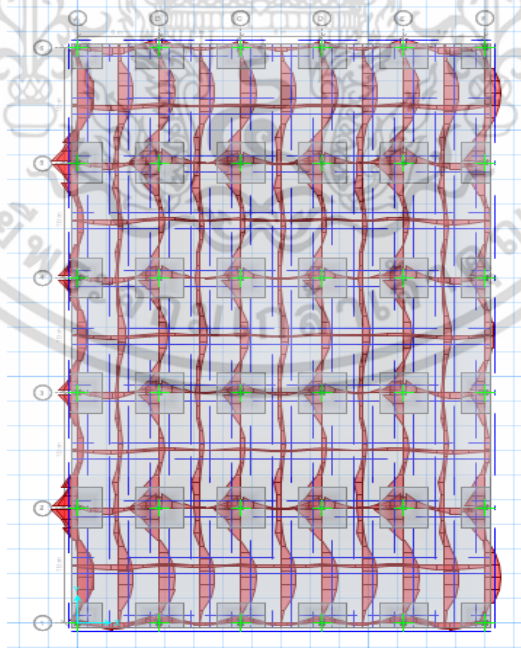


รูปที่ 4.3 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.8$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

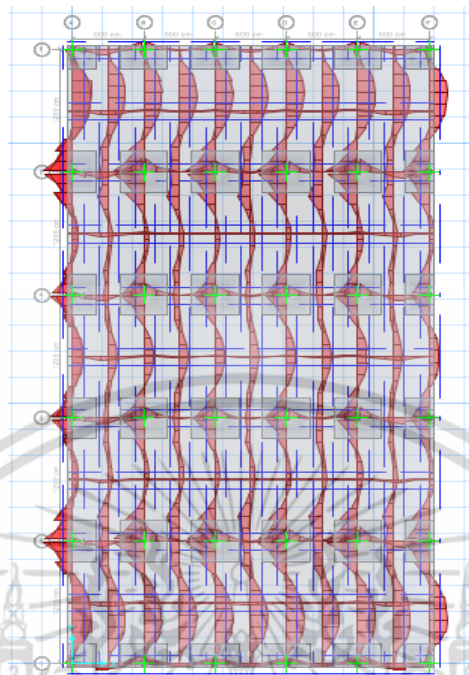


รูปที่ 4.4 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร่คาน $\frac{S}{L} = 0.7$

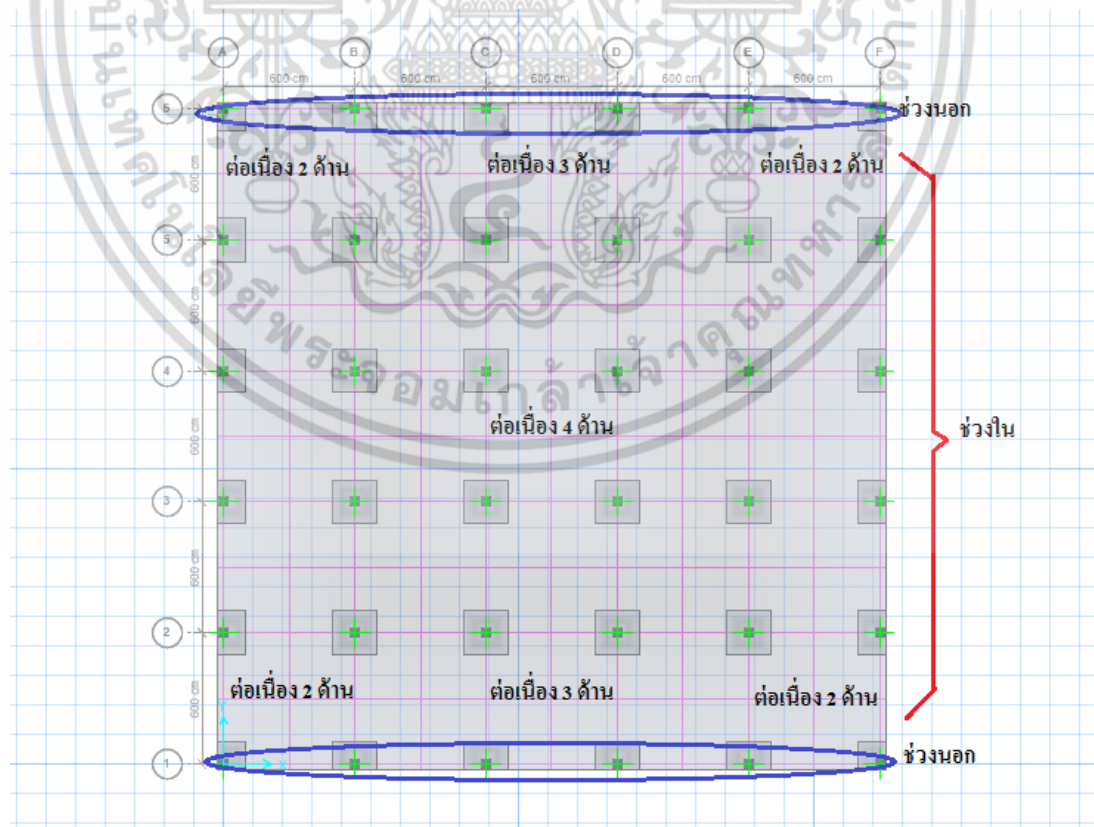


รูปที่ 4.5 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร่คาน $\frac{S}{L} = 0.6$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงโมเมนต์ในพื้นไร้คาน $\frac{S}{L} = 0.6$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 แสดงการเรียกชื่อแถบต่างๆของพื้นไร้คาน

4.1.1 กรณีอัตราส่วน $s/l = 1.0$

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2103.494	0.042
		M+ช่วงใน	3656.074	0.073
		M-ช่วงนอก	4257.072	0.085
		M-ช่วงใน	1252.080	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	2954.909	0.059
		M-ช่วงใน	1151.914	0.023
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	1051.747	0.021
		M+ช่วงใน	2353.910	0.047
		M-ช่วงนอก	3505.824	0.070
		M-ช่วงใน	901.498	0.018
	Middle Strips	M+ช่วงใน	1853.078	0.037
		M-ช่วงใน	600.998	0.012
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	1752.912	0.035
		M-ช่วงใน	1452.413	0.029
	Middle Strips	M+ช่วงใน	1252.080	0.025
		M-ช่วงใน	1201.997	0.024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2924.320	0.040
		M+ช่วงใน	4825.128	0.066
		M-ช่วงนอก	10527.552	0.144
		M-ช่วงใน	1827.700	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4167.156	0.057
		M-ช่วงใน	1681.484	0.023
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	1608.376	0.022
		M+ช่วงใน	3436.076	0.047
		M-ช่วงนอก	8846.068	0.121
		M-ช่วงใน	1315.944	0.018
	Middle Strips	M+ช่วงใน	2997.428	0.041
		M-ช่วงใน	877.296	0.012
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	1900.808	0.026
		M-ช่วงใน	1754.592	0.024
	Middle Strips	M+ช่วงใน	2997.428	0.041
		M-ช่วงใน	1900.808	0.026

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3824.640	0.036
		M+ช่วงใน	6374.400	0.060
		M-ช่วงนอก	13173.760	0.124
		M-ช่วงใน	2549.760	0.024
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5312.000	0.050
		M-ช่วงใน	2124.800	0.020
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2231.040	0.021
		M+ช่วงใน	4780.800	0.045
		M-ช่วงนอก	12430.080	0.117
		M-ช่วงใน	1912.320	0.018
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3930.880	0.037
		M-ช่วงใน	1806.080	0.017
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	2762.240	0.026
		M-ช่วงใน	2549.760	0.024
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3824.640	0.036
		M-ช่วงใน	2337.280	0.022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4389.811	0.032
		M+ช่วงใน	7682.170	0.056
		M-ช่วงนอก	20028.514	0.146
		M-ช่วงใน	3429.540	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6996.262	0.051
		M-ช่วงใน	2743.632	0.020
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3566.722	0.026
		M+ช่วงใน	6310.354	0.046
		M-ช่วงนอก	17559.245	0.128
		M-ช่วงใน	2469.269	0.018
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5487.264	0.040
		M-ช่วงใน	2743.632	0.020
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	3429.540	0.025
		M-ช่วงใน	3292.358	0.024
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5350.082	0.039
		M-ช่วงใน	2332.087	0.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	6336.000	0.036
		M+ช่วงใน	10032.000	0.057
		M-ช่วงนอก	25344.000	0.144
		M-ช่วงใน	4400.000	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	8624.000	0.049
		M-ช่วงใน	3520.000	0.020
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3520.000	0.020
		M+ช่วงใน	8096.000	0.046
		M-ช่วงนอก	22704.000	0.129
		M-ช่วงใน	3168.000	0.018
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6864.000	0.039
		M-ช่วงใน	3696.000	0.021
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	4752.000	0.027
		M-ช่วงใน	4224.000	0.024
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6512.000	0.037
		M-ช่วงใน	2992.000	0.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.9$

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2806.560	0.050
		M+ช่วงใน	4883.414	0.087
		M-ช่วงนอก	7521.581	0.134
		M-ช่วงใน	1459.411	0.026
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3367.872	0.060
		M-ช่วงใน	1347.149	0.024
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	1234.886	0.022
		M+ช่วงใน	3199.478	0.057
		M-ช่วงนอก	7465.450	0.133
		M-ช่วงใน	1066.493	0.019
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3143.347	0.056
		M-ช่วงใน	841.968	0.015
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	1571.674	0.028
		M-ช่วงใน	1403.280	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	2918.822	0.052
		M-ช่วงใน	1291.018	0.023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2638.166	0.047
		M+ช่วงใน	4265.971	0.076
		M-ช่วงนอก	10552.666	0.188
		M-ช่วงใน	2974.954	0.053
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3592.397	0.064
		M-ช่วงใน	1852.330	0.033
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2020.723	0.036
		M+ช่วงใน	3199.478	0.057
		M-ช่วงนอก	7184.794	0.128
		M-ช่วงใน	2918.822	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	1908.461	0.034
		M-ช่วงใน	1515.542	0.027
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	3087.216	0.055
		M-ช่วงใน	2935.662	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	2750.429	0.049
		M-ช่วงใน	1796.198	0.032

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3277.982	0.042
		M+ช่วงใน	5229.162	0.067
		M-ช่วงนอก	10770.514	0.138
		M-ช่วงใน	2029.227	0.026
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4682.832	0.060
		M-ช่วงใน	1717.038	0.022
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	1638.991	0.021
		M+ช่วงใน	4448.690	0.057
		M-ช่วงนอก	9911.994	0.127
		M-ช่วงใน	1482.897	0.019
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3590.171	0.046
		M-ช่วงใน	1170.708	0.015
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	2185.322	0.028
		M-ช่วงใน	1951.180	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3512.124	0.045
		M-ช่วงใน	1638.991	0.021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาวระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3902.360	0.050
		M+ช่วงใน	6165.729	0.079
		M-ช่วงนอก	14672.874	0.188
		M-ช่วงใน	4214.549	0.054
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5307.210	0.068
		M-ช่วงใน	2419.463	0.031
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2965.794	0.038
		M+ช่วงใน	4526.738	0.058
		M-ช่วงนอก	9990.042	0.128
		M-ช่วงใน	4066.259	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3746.266	0.048
		M-ช่วงใน	1873.133	0.024
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	4370.643	0.056
		M-ช่วงใน	4083.430	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3668.218	0.047
		M-ช่วงใน	2341.416	0.030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4335.616	0.040
		M+ช่วงใน	6936.986	0.064
		M-ช่วงนอก	14741.094	0.136
		M-ช่วงใน	2818.150	0.026
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6503.424	0.060
		M-ช่วงใน	2384.589	0.022
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2384.589	0.022
		M+ช่วงใน	6178.253	0.057
		M-ช่วงนอก	13006.848	0.120
		M-ช่วงใน	2059.418	0.019
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4877.568	0.045
		M-ช่วงใน	1842.637	0.017
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	3034.931	0.028
		M-ช่วงใน	2709.760	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4660.787	0.043
		M-ช่วงใน	2492.979	0.023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5419.520	0.050
		M+ช่วงใน	8779.622	0.081
		M-ช่วงนอก	19618.662	0.181
		M-ช่วงใน	5636.301	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	2601.370	0.024
		M-ช่วงใน	3468.493	0.032
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4118.835	0.038
		M+ช่วงใน	6395.034	0.059
		M-ช่วงนอก	13873.971	0.128
		M-ช่วงใน	5647.140	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5527.910	0.051
		M-ช่วงใน	2601.370	0.024
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	6178.253	0.057
		M-ช่วงใน	5667.734	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5419.520	0.050
		M-ช่วงใน	3251.712	0.030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5774.652	0.039
		M+ช่วงใน	9180.216	0.062
		M-ช่วงนอก	20137.248	0.136
		M-ช่วงใน	3701.700	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	8884.080	0.060
		M-ช่วงใน	3257.496	0.022
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3701.700	0.025
		M+ช่วงใน	7995.672	0.054
		M-ช่วงนอก	18508.500	0.125
		M-ช่วงใน	2813.292	0.019
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6663.060	0.045
		M-ช่วงใน	2665.224	0.018
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	4145.904	0.028
		M-ช่วงใน	3701.700	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6366.924	0.043
		M-ช่วงใน	3405.564	0.023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7699.536	0.052
		M+ช่วงใน	13178.052	0.089
		M-ช่วงนอก	29317.464	0.198
		M-ช่วงใน	7551.468	0.051
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10957.032	0.074
		M-ช่วงใน	4293.972	0.029
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5478.516	0.037
		M+ช่วงใน	8291.808	0.056
		M-ช่วงนอก	18952.704	0.128
		M-ช่วงใน	7714.343	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7255.332	0.049
		M-ช่วงใน	3109.428	0.021
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	7995.672	0.054
		M-ช่วงใน	7745.437	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7107.264	0.048
		M-ช่วงใน	3997.836	0.027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7012.240	0.037
		M+ช่วงใน	10613.120	0.056
		M-ช่วงนอก	25585.200	0.135
		M-ช่วงใน	4927.520	0.026
	Middle Strips	M+ช่วงใน	11371.200	0.060
		M-ช่วงใน	4169.440	0.022
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4358.960	0.023
		M+ช่วงใน	11371.200	0.060
		M-ช่วงนอก	24637.600	0.130
		M-ช่วงใน	3600.880	0.019
	Middle Strips	M+ช่วงใน	8338.880	0.044
		M-ช่วงใน	3790.400	0.020
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	5306.560	0.028
		M-ช่วงใน	4738.000	0.025
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7201.760	0.038
		M-ช่วงใน	4358.960	0.023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	11939.760	0.063
		M+ช่วงใน	20278.640	0.107
		M-ช่วงนอก	34682.160	0.183
		M-ช่วงใน	10044.560	0.053
	Middle Strips	M+ช่วงใน	16867.280	0.089
		M-ช่วงใน	7012.240	0.037
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7959.840	0.042
		M+ช่วงใน	12887.360	0.068
		M-ช่วงนอก	24258.560	0.128
		M-ช่วงใน	9286.480	0.049
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10992.160	0.058
		M-ช่วงใน	4738.000	0.025
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	12508.320	0.066
		M-ช่วงใน	9915.686	0.052
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10802.640	0.057
		M-ช่วงใน	6443.680	0.034

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.8$

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2988.000	0.050
		M+ช่วงใน	5438.160	0.091
		M-ช่วงนอก	8964.000	0.150
		M-ช่วงใน	1434.240	0.024
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4541.760	0.076
		M-ช่วงใน	1374.480	0.023
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	1494.000	0.025
		M+ช่วงใน	3764.880	0.063
		M-ช่วงนอก	7649.280	0.128
		M-ช่วงใน	1195.200	0.020
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3764.880	0.063
		M-ช่วงใน	836.640	0.014
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	1733.040	0.029
		M-ช่วงใน	1613.520	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3406.320	0.057
		M-ช่วงใน	1254.960	0.021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4900.320	0.082
		M+ช่วงใน	8246.880	0.138
		M-ช่วงนอก	13206.960	0.221
		M-ช่วงใน	4183.200	0.070
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7171.200	0.120
		M-ช่วงใน	2689.200	0.045
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3167.280	0.053
		M+ช่วงใน	4840.560	0.081
		M-ช่วงนอก	7768.800	0.130
		M-ช่วงใน	3713.486	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4123.440	0.069
		M-ช่วงใน	1733.040	0.029
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	4601.520	0.077
		M-ช่วงใน	3728.426	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4063.680	0.068
		M-ช่วงใน	2450.160	0.041

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3416.280	0.042
		M+ช่วงใน	5937.820	0.073
		M-ช่วงนอก	12201.000	0.150
		M-ช่วงใน	2196.180	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6181.840	0.076
		M-ช่วงใน	1870.820	0.023
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2114.840	0.026
		M+ช่วงใน	5287.100	0.065
		M-ช่วงนอก	10411.520	0.128
		M-ช่วงใน	1626.800	0.020
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4311.020	0.053
		M-ช่วงใน	1138.760	0.014
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	2440.200	0.030
		M-ช่วงใน	2196.180	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3985.660	0.049
		M-ช่วงใน	1626.800	0.020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5449.780	0.067
		M+ช่วงใน	9272.760	0.114
		M-ช่วงนอก	17894.800	0.220
		M-ช่วงใน	5612.460	0.069
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7564.620	0.093
		M-ช่วงใน	2928.240	0.036
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3741.640	0.046
		M+ช่วงใน	5693.800	0.070
		M-ช่วงนอก	10492.860	0.129
		M-ช่วงใน	5053.654	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5043.080	0.062
		M-ช่วงใน	2033.500	0.025
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	5531.120	0.068
		M-ช่วงใน	5073.989	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5043.080	0.062
		M-ช่วงใน	2846.900	0.035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4708.506	0.041
		M+ช่วงใน	7924.070	0.069
		M-ช่วงนอก	16537.190	0.144
		M-ช่วงใน	3100.723	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	8727.962	0.076
		M-ช่วงใน	2641.357	0.023
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3100.723	0.027
		M+ช่วงใน	7349.862	0.064
		M-ช่วงนอก	14355.200	0.125
		M-ช่วงใน	2296.832	0.020
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5512.397	0.048
		M-ช่วงใน	2871.040	0.025
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	3560.090	0.031
		M-ช่วงใน	3100.723	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5167.872	0.045
		M-ช่วงใน	3445.248	0.030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7464.704	0.065
		M+ช่วงใน	12517.734	0.109
		M-ช่วงนอก	25494.835	0.222
		M-ช่วงใน	7694.387	0.067
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10565.427	0.092
		M-ช่วงใน	4249.139	0.037
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5397.555	0.047
		M+ช่วงใน	8383.437	0.073
		M-ช่วงนอก	15044.250	0.131
		M-ช่วงใน	7137.405	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6890.496	0.060
		M-ช่วงใน	3215.565	0.028
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	8153.754	0.071
		M-ช่วงใน	7162.671	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6890.496	0.060
		M-ช่วงใน	4134.298	0.036

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้นระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	6140.448	0.040
		M+ช่วงใน	9210.672	0.060
		M-ช่วงนอก	23947.747	0.156
		M-ช่วงใน	4144.802	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	11666.851	0.076
		M-ช่วงใน	3684.269	0.024
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3684.269	0.024
		M+ช่วงใน	9978.228	0.065
		M-ช่วงนอก	19649.434	0.128
		M-ช่วงใน	3070.224	0.020
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7982.582	0.052
		M-ช่วงใน	2763.202	0.018
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	4605.336	0.030
		M-ช่วงใน	4144.802	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7522.049	0.049
		M-ช่วงใน	4451.825	0.029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	9671.206	0.063
		M+ช่วงใน	15965.165	0.104
		M-ช่วงนอก	33925.975	0.221
		M-ช่วงใน	10899.295	0.071
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13355.474	0.087
		M-ช่วงใน	6447.470	0.042
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7215.026	0.047
		M+ช่วงใน	11206.318	0.073
		M-ช่วงนอก	19956.456	0.130
		M-ช่วงใน	9534.581	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6754.493	0.044
		M-ช่วงใน	5065.870	0.033
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	10899.295	0.071
		M-ช่วงใน	9577.564	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	9824.717	0.064
		M-ช่วงใน	6140.448	0.040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	8790.400	0.040
		M+ช่วงใน	12746.080	0.058
		M-ช่วงนอก	31205.920	0.142
		M-ช่วงใน	5933.520	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	16701.760	0.076
		M-ช่วงใน	4834.720	0.022
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5494.000	0.025
		M+ช่วงใน	14284.400	0.065
		M-ช่วงนอก	29228.080	0.133
		M-ช่วงใน	4395.200	0.020
	Middle Strips	M+ช่วงใน	11207.760	0.051
		M-ช่วงใน	3955.680	0.018
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	6592.800	0.030
		M-ช่วงใน	5933.520	0.027
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10548.480	0.048
		M-ช่วงใน	5274.240	0.024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	13405.360	0.061
		M+ช่วงใน	22195.760	0.101
		M-ช่วงนอก	48566.960	0.221
		M-ช่วงใน	15383.200	0.070
	Middle Strips	M+ช่วงใน	19338.880	0.088
		M-ช่วงใน	9889.200	0.045
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	10328.720	0.047
		M+ช่วงใน	15822.720	0.072
		M-ช่วงนอก	28349.040	0.129
		M-ช่วงใน	13653.689	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13844.880	0.063
		M-ช่วงใน	7252.080	0.033
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	15383.200	0.070
		M-ช่วงใน	13706.431	0.062
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13844.880	0.063
		M-ช่วงใน	8790.400	0.040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.7$

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2924.381	0.051
		M+ช่วงใน	4873.968	0.085
		M-ช่วงนอก	8314.416	0.145
		M-ช่วงใน	1662.883	0.029
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4701.946	0.082
		M-ช่วงใน	1433.520	0.025
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	1720.224	0.030
		M+ช่วงใน	4472.582	0.078
		M-ช่วงนอก	7454.304	0.130
		M-ช่วงใน	1261.498	0.022
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3841.834	0.067
		M-ช่วงใน	974.794	0.017
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	2006.928	0.035
		M-ช่วงใน	1720.224	0.030
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3153.744	0.055
		M-ช่วงใน	1318.838	0.023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	6155.280	0.103
		M+ช่วงใน	10458.000	0.175
		M-ช่วงนอก	15477.840	0.259
		M-ช่วงใน	5019.840	0.084
	Middle Strips	M+ช่วงใน	9023.760	0.151
		M-ช่วงใน	3525.840	0.059
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3944.160	0.066
		M+ช่วงใน	6095.520	0.102
		M-ช่วงนอก	8007.840	0.134
		M-ช่วงใน	4921.236	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5318.640	0.089
		M-ช่วงใน	2330.640	0.039
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	5796.720	0.097
		M-ช่วงใน	4925.419	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5318.640	0.089
		M-ช่วงใน	3167.280	0.053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4660.057	0.053
		M+ช่วงใน	7649.527	0.087
		M-ช่วงนอก	12397.510	0.141
		M-ช่วงใน	2549.842	0.029
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7209.899	0.082
		M-ช่วงใน	2110.214	0.024
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2286.066	0.026
		M+ช่วงใน	6770.271	0.077
		M-ช่วงนอก	11694.105	0.133
		M-ช่วงใน	1934.363	0.022
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5978.941	0.068
		M-ช่วงใน	1758.512	0.020
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	3165.322	0.036
		M-ช่วงใน	2637.768	0.030
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4747.982	0.054
		M-ช่วงใน	2549.842	0.029

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	8704.634	0.099
		M+ช่วงใน	13628.468	0.155
		M-ช่วงนอก	22860.656	0.260
		M-ช่วงใน	7209.899	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	12749.212	0.145
		M-ช่วงใน	5275.536	0.060
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5891.015	0.067
		M+ช่วงใน	8704.634	0.099
		M-ช่วงนอก	11694.105	0.133
		M-ช่วงใน	7239.794	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7297.825	0.083
		M-ช่วงใน	7561.602	0.086
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	8001.230	0.091
		M-ช่วงใน	7245.949	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7737.453	0.088
		M-ช่วงใน	4396.280	0.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5777.306	0.046
		M+ช่วงใน	10298.247	0.082
		M-ช่วงนอก	19592.602	0.156
		M-ช่วงใน	3516.621	0.028
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10047.488	0.080
		M-ช่วงใน	2763.059	0.022
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3265.434	0.026
		M+ช่วงใน	9293.926	0.074
		M-ช่วงนอก	15699.200	0.125
		M-ช่วงใน	2763.059	0.022
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7535.616	0.060
		M-ช่วงใน	3139.840	0.025
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	6656.461	0.053
		M-ช่วงใน	3767.808	0.030
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4144.589	0.033
		M-ช่วงใน	2888.653	0.023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	11805.798	0.094
		M+ช่วงใน	19341.414	0.154
		M-ช่วงนอก	32277.555	0.257
		M-ช่วงใน	10424.269	0.083
	Middle Strips	M+ช่วงใน	16955.136	0.135
		M-ช่วงใน	7158.835	0.057
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7912.397	0.063
		M+ช่วงใน	12182.579	0.097
		M-ช่วงนอก	16452.762	0.131
		M-ช่วงใน	10340.121	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10801.050	0.086
		M-ช่วงใน	4521.370	0.036
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	11805.798	0.094
		M-ช่วงใน	10350.169	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10801.050	0.086
		M-ช่วงใน	6028.493	0.048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7353.245	0.044
		M+ช่วงใน	13536.655	0.081
		M-ช่วงนอก	25234.999	0.151
		M-ช่วงใน	4846.457	0.029
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13703.774	0.082
		M-ช่วงใน	4512.218	0.027
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4010.861	0.024
		M+ช่วงใน	13035.298	0.078
		M-ช่วงนอก	22226.854	0.133
		M-ช่วงใน	3676.622	0.022
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10695.629	0.064
		M-ช่วงใน	3342.384	0.020
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	5514.934	0.033
		M-ช่วงใน	5013.576	0.030
	Middle Strips	M+ช่วงใน	9024.437	0.054
		M-ช่วงใน	5514.934	0.033

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.33 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	16711.920	0.100
		M+ช่วงใน	25736.357	0.154
		M-ช่วงนอก	43785.230	0.262
		M-ช่วงใน	14038.013	0.084
	Middle Strips	M+ช่วงใน	23062.450	0.138
		M-ช่วงใน	9860.033	0.059
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	11196.986	0.067
		M+ช่วงใน	15207.847	0.091
		M-ช่วงนอก	22226.854	0.133
		M-ช่วงใน	13758.924	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13536.655	0.081
		M-ช่วงใน	6350.530	0.038
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	15207.847	0.091
		M-ช่วงใน	13767.280	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	14706.490	0.088
		M-ช่วงใน	7019.006	0.042

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	10988.000	0.050
		M+ช่วงใน	18020.320	0.082
		M-ช่วงนอก	33843.040	0.154
		M-ช่วงใน	6373.040	0.029
	Middle Strips	M+ช่วงใน	18020.320	0.082
		M-ช่วงใน	5713.760	0.026
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5274.240	0.024
		M+ช่วงใน	17141.280	0.078
		M-ช่วงนอก	29228.080	0.133
		M-ช่วงใน	4834.720	0.022
	Middle Strips	M+ช่วงใน	14284.400	0.065
		M-ช่วงใน	3735.920	0.017
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	7252.080	0.033
		M-ช่วงใน	6592.800	0.030
	Middle Strips	M+ช่วงใน	12086.800	0.055
		M-ช่วงใน	6592.800	0.030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.35 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	21536.480	0.098
		M+ช่วงใน	34062.800	0.155
		M-ช่วงนอก	56917.840	0.259
		M-ช่วงใน	17800.560	0.081
	Middle Strips	M+ช่วงใน	30107.120	0.137
		M-ช่วงใน	12965.840	0.059
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	14064.640	0.064
		M+ช่วงใน	20217.920	0.092
		M-ช่วงนอก	29667.600	0.135
		M-ช่วงใน	18097.236	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	18679.600	0.085
		M-ช่วงใน	8350.880	0.038
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	19998.160	0.091
		M-ช่วงใน	18110.422	0.082
	Middle Strips	M+ช่วงใน	19558.640	0.089
		M-ช่วงใน	8570.640	0.039

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.6$

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3472.560	0.053
		M+ช่วงใน	5503.680	0.084
		M-ช่วงนอก	9565.920	0.146
		M-ช่วงใน	2162.160	0.033
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5831.280	0.089
		M-ช่วงใน	1834.560	0.028
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	1769.040	0.027
		M+ช่วงใน	5962.320	0.091
		M-ช่วงนอก	8845.200	0.135
		M-ช่วงใน	2555.280	0.039
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5110.560	0.078
		M-ช่วงใน	2489.760	0.038
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	3603.600	0.055
		M-ช่วงใน	3276.000	0.050
	Middle Strips	M+ช่วงใน	3669.120	0.056
		M-ช่วงใน	2948.400	0.045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	9959.040	0.152
		M+ช่วงใน	16445.520	0.251
		M-ช่วงนอก	18804.240	0.287
		M-ช่วงใน	5962.320	0.091
	Middle Strips	M+ช่วงใน	14479.920	0.221
		M-ช่วงใน	4782.960	0.073
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5700.240	0.087
		M+ช่วงใน	9041.760	0.138
		M-ช่วงนอก	9238.320	0.141
		M-ช่วงใน	6178.536	0.094
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7600.320	0.116
		M-ช่วงใน	9696.960	0.148
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	8714.160	0.133
		M-ช่วงใน	6211.296	0.095
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7600.320	0.116
		M-ช่วงใน	4127.760	0.063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.38 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5288.668	0.055
		M+ช่วงใน	7981.081	0.083
		M-ช่วงนอก	14423.640	0.150
		M-ช่วงใน	3077.043	0.032
	Middle Strips	M+ช่วงใน	8558.026	0.089
		M-ช่วงใน	2596.255	0.027
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2500.098	0.026
		M+ช่วงใน	8942.657	0.093
		M-ช่วงนอก	12981.276	0.135
		M-ช่วงใน	3750.146	0.039
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7596.450	0.079
		M-ช่วงใน	3750.146	0.039
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	5288.668	0.055
		M-ช่วงใน	4807.880	0.050
	Middle Strips	M+ช่วงใน	5192.510	0.054
		M-ช่วงใน	4134.777	0.043

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	13173.591	0.137
		M+ช่วงใน	21250.830	0.221
		M-ช่วงนอก	27597.231	0.287
		M-ช่วงใน	8846.499	0.092
	Middle Strips	M+ช่วงใน	19327.678	0.201
		M-ช่วงใน	12981.276	0.135
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7788.766	0.081
		M+ช่วงใน	12692.803	0.132
		M-ช่วงนอก	13558.222	0.141
		M-ช่วงใน	9058.046	0.094
	Middle Strips	M+ช่วงใน	12019.700	0.125
		M-ช่วงใน	7596.450	0.079
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	12500.488	0.130
		M-ช่วงใน	9125.356	0.095
	Middle Strips	M+ช่วงใน	11635.070	0.121
		M-ช่วงใน	6250.244	0.065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.40 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	7089.971	0.052
		M+ช่วงใน	11725.722	0.086
		M-ช่วงนอก	20724.531	0.152
		M-ช่วงใน	4363.059	0.032
	Middle Strips	M+ช่วงใน	12134.758	0.089
		M-ช่วงใน	3954.022	0.029
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3954.022	0.029
		M+ช่วงใน	12680.141	0.093
		M-ช่วงนอก	16497.818	0.121
		M-ช่วงใน	5317.478	0.039
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10225.920	0.075
		M-ช่วงใน	4908.442	0.036
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	7499.008	0.055
		M-ช่วงใน	6817.280	0.050
	Middle Strips	M+ช่วงใน	7499.008	0.055
		M-ช่วงใน	5999.206	0.044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาวระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	18543.002	0.136
		M+ช่วงใน	29996.032	0.220
		M-ช่วงนอก	39131.187	0.287
		M-ช่วงใน	12134.758	0.089
	Middle Strips	M+ช่วงใน	27541.811	0.202
		M-ช่วงใน	18270.310	0.134
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	11862.067	0.087
		M+ช่วงใน	18133.965	0.133
		M-ช่วงนอก	19224.730	0.141
		M-ช่วงใน	12830.121	0.094
	Middle Strips	M+ช่วงใน	16497.818	0.121
		M-ช่วงใน	10634.957	0.078
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	17588.582	0.129
		M-ช่วงใน	12911.928	0.095
	Middle Strips	M+ช่วงใน	33813.709	0.248
		M-ช่วงใน	8726.118	0.064

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.42 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	9494.690	0.051
		M+ช่วงใน	16010.654	0.086
		M-ช่วงนอก	28297.901	0.152
		M-ช่วงใน	5957.453	0.032
	Middle Strips	M+ช่วงใน	16569.166	0.089
		M-ช่วงใน	4840.430	0.026
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5398.942	0.029
		M+ช่วงใน	17500.018	0.094
		M-ช่วงนอก	24760.663	0.133
		M-ช่วงใน	7260.646	0.039
	Middle Strips	M+ช่วงใน	14521.291	0.078
		M-ช่วงใน	6143.623	0.033
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	10239.372	0.055
		M-ช่วงใน	9308.520	0.050
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10239.372	0.055
		M-ช่วงใน	8936.179	0.048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.43 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาวระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	24388.322	0.131
		M+ช่วงใน	41143.658	0.221
		M-ช่วงนอก	53430.905	0.287
		M-ช่วงใน	16941.506	0.091
	Middle Strips	M+ช่วงใน	37420.250	0.201
		M-ช่วงใน	25319.174	0.136
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	16382.995	0.088
		M+ช่วงใน	25133.004	0.135
		M-ช่วงนอก	26250.026	0.141
		M-ช่วงใน	17537.252	0.094
	Middle Strips	M+ช่วงใน	22712.789	0.122
		M-ช่วงใน	14148.950	0.076
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	24388.322	0.131
		M-ช่วงใน	17667.571	0.095
	Middle Strips	M+ช่วงใน	23085.130	0.124
		M-ช่วงใน	11542.565	0.062

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.44 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	13565.200	0.055
		M+ช่วงใน	20471.120	0.083
		M-ช่วงนอก	38722.480	0.157
		M-ช่วงใน	7892.480	0.032
	Middle Strips	M+ช่วงใน	21950.960	0.089
		M-ช่วงใน	6659.280	0.027
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5919.360	0.024
		M+ช่วงใน	23184.160	0.094
		M-ช่วงนอก	33049.760	0.134
		M-ช่วงใน	9618.960	0.039
	Middle Strips	M+ช่วงใน	18744.640	0.076
		M-ช่วงใน	7892.480	0.032
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	13565.200	0.055
		M-ช่วงใน	12332.000	0.050
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13318.560	0.054
		M-ช่วงใน	12085.360	0.049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.45 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	31816.560	0.129
		M+ช่วงใน	54754.080	0.222
		M-ช่วงนอก	70785.680	0.287
		M-ช่วงใน	22444.240	0.091
	Middle Strips	M+ช่วงใน	49081.360	0.199
		M-ช่วงใน	33049.760	0.134
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	20964.400	0.085
		M+ช่วงใน	34036.320	0.138
		M-ช่วงนอก	34776.240	0.141
		M-ช่วงใน	23208.824	0.094
	Middle Strips	M+ช่วงใน	31569.920	0.128
		M-ช่วงใน	19484.560	0.079
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	32309.840	0.131
		M-ช่วงใน	23381.472	0.095
	Middle Strips	M+ช่วงใน	30830.000	0.125
		M-ช่วงใน	17018.160	0.069

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.5$

ตารางที่ 4.46 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	3872.477	0.053
		M+ช่วงใน	6137.510	0.084
		M-ช่วงนอก	10594.512	0.145
		M-ช่วงใน	2557.296	0.035
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6795.101	0.093
		M-ช่วงใน	2118.902	0.029
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2191.968	0.030
		M+ช่วงใน	8183.347	0.112
		M-ช่วงนอก	9863.856	0.135
		M-ช่วงใน	4968.461	0.068
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6722.035	0.092
		M-ช่วงใน	4457.002	0.061
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	5918.314	0.081
		M-ช่วงใน	5479.920	0.075
	Middle Strips	M+ช่วงใน	4237.805	0.058
		M-ช่วงใน	5114.592	0.070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.47 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	17681.875	0.242
		M+ช่วงใน	27837.994	0.381
		M-ช่วงนอก	21481.286	0.294
		M-ช่วงใน	7525.757	0.103
	Middle Strips	M+ช่วงใน	26084.419	0.357
		M-ช่วงใน	18266.400	0.250
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	9571.594	0.131
		M+ช่วงใน	14540.054	0.199
		M-ช่วงนอก	10594.512	0.145
		M-ช่วงใน	7964.150	0.109
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13809.398	0.189
		M-ช่วงใน	16878.154	0.231
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	14101.661	0.193
		M-ช่วงใน	7686.501	0.105
	Middle Strips	M+ช่วงใน	13809.398	0.189
		M-ช่วงใน	6795.101	0.093

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5814.850	0.054
		M+ช่วงใน	9045.322	0.084
		M-ช่วงนอก	15829.313	0.147
		M-ช่วงใน	3876.566	0.036
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10014.463	0.093
		M-ช่วงใน	3122.790	0.029
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	2907.425	0.027
		M+ช่วงใน	12168.111	0.113
		M-ช่วงนอก	14214.077	0.132
		M-ช่วงใน	7753.133	0.072
	Middle Strips	M+ช่วงใน	10122.146	0.094
		M-ช่วงใน	6568.626	0.061
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	8829.957	0.082
		M-ช่วงใน	8076.180	0.075
	Middle Strips	M+ช่วงใน	6353.262	0.059
		M-ช่วงใน	7430.086	0.069

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.49 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	23055.892	0.241
		M+ช่วงใน	36449.356	0.381
		M-ช่วงนอก	28126.274	0.294
		M-ช่วงใน	9853.763	0.103
	Middle Strips	M+ช่วงใน	34057.666	0.356
		M-ช่วงใน	24682.241	0.258
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	12532.456	0.131
		M+ช่วงใน	19133.520	0.200
		M-ช่วงนอก	13871.802	0.145
		M-ช่วงใน	10045.098	0.105
	Middle Strips	M+ช่วงใน	17507.171	0.183
		M-ช่วงใน	22577.554	0.236
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	18942.185	0.198
		M-ช่วงใน	10054.665	0.105
	Middle Strips	M+ช่วงใน	18176.844	0.190
		M-ช่วงใน	8992.754	0.094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.50 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	8291.635	0.054
		M+ช่วงใน	12744.550	0.083
		M-ช่วงนอก	24260.710	0.158
		M-ช่วงใน	5220.659	0.034
	Middle Strips	M+ช่วงใน	14280.038	0.093
		M-ช่วงใน	4606.464	0.030
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	4145.818	0.027
		M+ช่วงใน	17043.917	0.111
		M-ช่วงนอก	21036.186	0.137
		M-ช่วงใน	10748.416	0.070
	Middle Strips	M+ช่วงใน	14587.136	0.095
		M-ช่วงใน	9980.672	0.065
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	12437.453	0.081
		M-ช่วงใน	11516.160	0.075
	Middle Strips	M+ช่วงใน	8905.830	0.058
		M-ช่วงใน	10134.221	0.066

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.51 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	36544.614	0.238
		M+ช่วงใน	59116.288	0.385
		M-ช่วงนอก	45143.347	0.294
		M-ช่วงใน	15815.526	0.103
	Middle Strips	M+ช่วงใน	54356.275	0.354
		M-ช่วงใน	39462.042	0.257
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	20575.539	0.134
		M+ช่วงใน	31938.150	0.208
		M-ช่วงนอก	22264.576	0.145
		M-ช่วงใน	16583.270	0.108
	Middle Strips	M+ช่วงใน	28713.626	0.187
		M-ช่วงใน	35316.224	0.230
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	30095.565	0.196
		M-ช่วงใน	16137.979	0.105
	Middle Strips	M+ช่วงใน	29174.272	0.190
		M-ช่วงใน	14433.587	0.094

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.52 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	10494.101	0.054
		M+ช่วงใน	16907.162	0.087
		M-ช่วงนอก	30899.297	0.159
		M-ช่วงใน	6607.397	0.034
	Middle Strips	M+ช่วงใน	18073.174	0.093
		M-ช่วงใน	5635.721	0.029
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	5830.056	0.030
		M+ช่วงใน	21571.207	0.111
		M-ช่วงนอก	26235.252	0.135
		M-ช่วงใน	13603.464	0.070
	Middle Strips	M+ช่วงใน	18461.844	0.095
		M-ช่วงใน	11854.447	0.061
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	15935.486	0.082
		M-ช่วงใน	14575.140	0.075
	Middle Strips	M+ช่วงใน	11465.777	0.059
		M-ช่วงใน	13020.458	0.067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.53 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	49491.000	0.235
		M+ช่วงใน	81502.200	0.387
		M-ช่วงนอก	61916.400	0.294
		M-ช่วงใน	21691.800	0.103
	Middle Strips	M+ช่วงใน	75184.200	0.357
		M-ช่วงใน	54124.200	0.257
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	29273.400	0.139
		M+ช่วงใน	43173.000	0.205
		M-ช่วงนอก	30537.000	0.145
		M-ช่วงใน	22744.800	0.108
	Middle Strips	M+ช่วงใน	39171.600	0.186
		M-ช่วงใน	48648.600	0.231
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	41277.600	0.196
		M-ช่วงใน	22113.000	0.105
	Middle Strips	M+ช่วงใน	40224.600	0.191
		M-ช่วงใน	19375.200	0.092

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.54 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	15413.200	0.055
		M+ช่วงใน	24100.640	0.086
		M-ช่วงนอก	44838.400	0.160
		M-ช่วงใน	9528.160	0.034
	Middle Strips	M+ช่วงใน	26062.320	0.093
		M-ช่วงใน	8407.200	0.030
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	8407.200	0.030
		M+ช่วงใน	31106.640	0.111
		M-ช่วงนอก	37832.400	0.135
		M-ช่วงใน	19616.800	0.070
	Middle Strips	M+ช่วงใน	25782.080	0.092
		M-ช่วงใน	19056.320	0.068
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	22979.680	0.082
		M-ช่วงใน	21018.000	0.075
	Middle Strips	M+ช่วงใน	16253.920	0.058
		M-ช่วงใน	19056.320	0.068

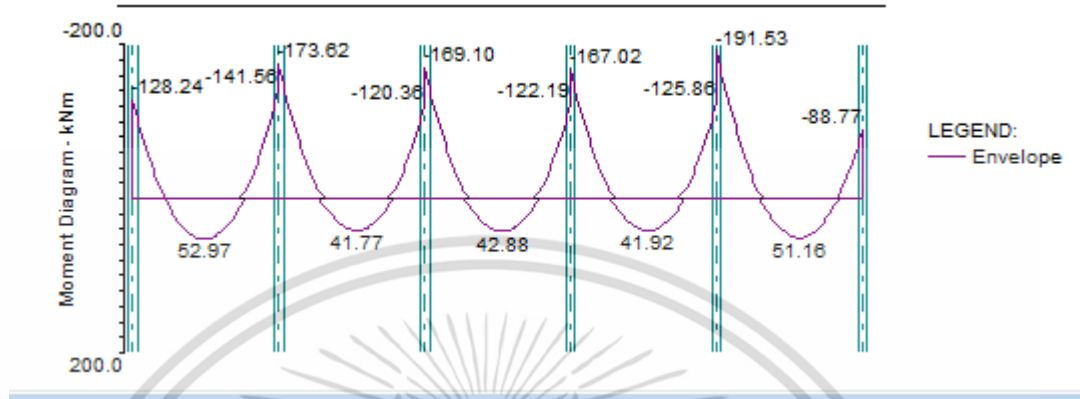
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.55 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

moment		Mu/Strips	Coefficient	
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	64735.440	0.231
		M+ช่วงใน	107892.400	0.385
		M-ช่วงนอก	82390.560	0.294
		M-ช่วงใน	28864.720	0.103
	Middle Strips	M+ช่วงใน	98644.480	0.352
		M-ช่วงใน	71741.440	0.256
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงนอก	38112.640	0.136
		M+ช่วงใน	57449.200	0.205
		M-ช่วงนอก	40634.800	0.145
		M-ช่วงใน	29985.680	0.107
	Middle Strips	M+ช่วงใน	51003.680	0.182
		M-ช่วงใน	66416.880	0.237
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column Strips	M+ช่วงใน	55487.520	0.198
		M-ช่วงใน	29397.176	0.105
	Middle Strips	M+ช่วงใน	53525.840	0.191
		M-ช่วงใน	27743.760	0.099

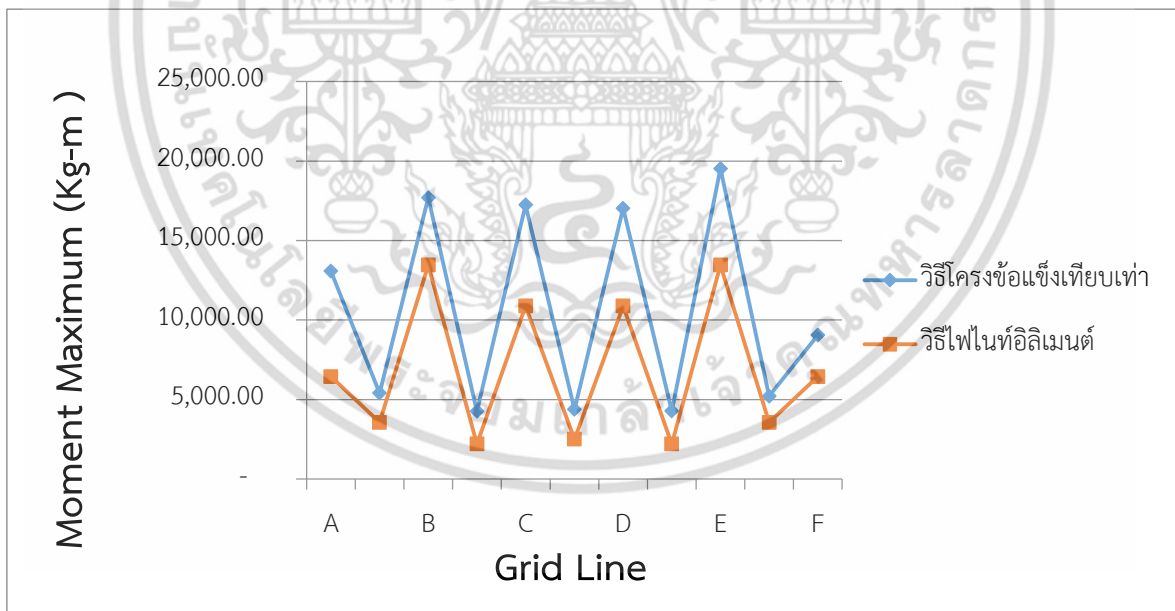
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างของโมเมนต์ระหว่างวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์กับวิธี โครงข้อ แข็งเทียบเท่า



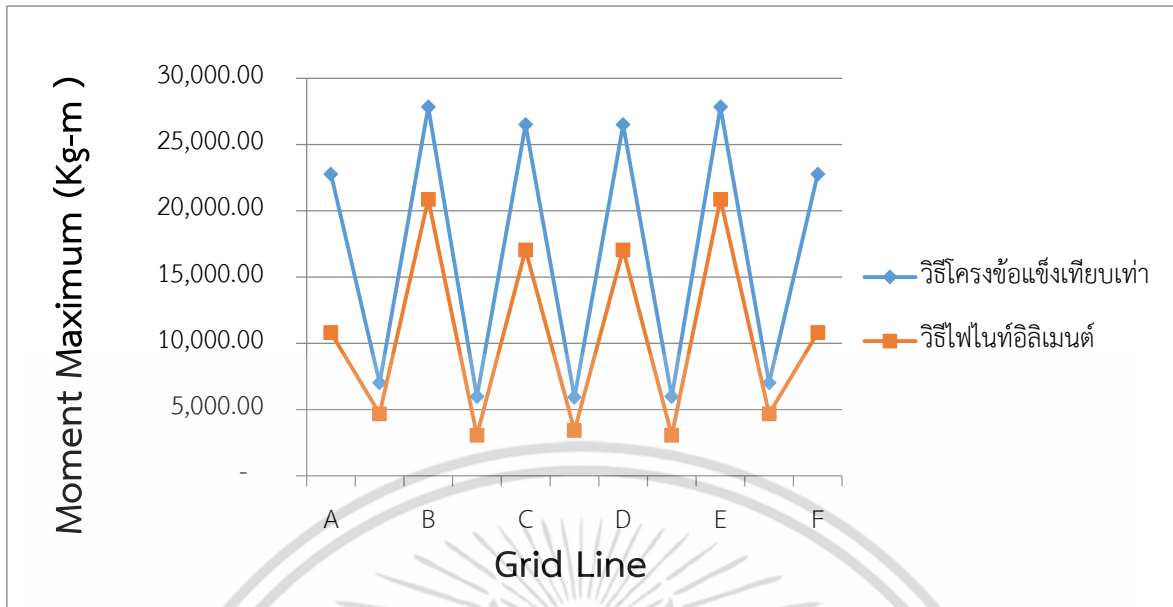
รูปที่ 4.8 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า

4.2.1 กรณีอัตราส่วน $s/l = 1.0$

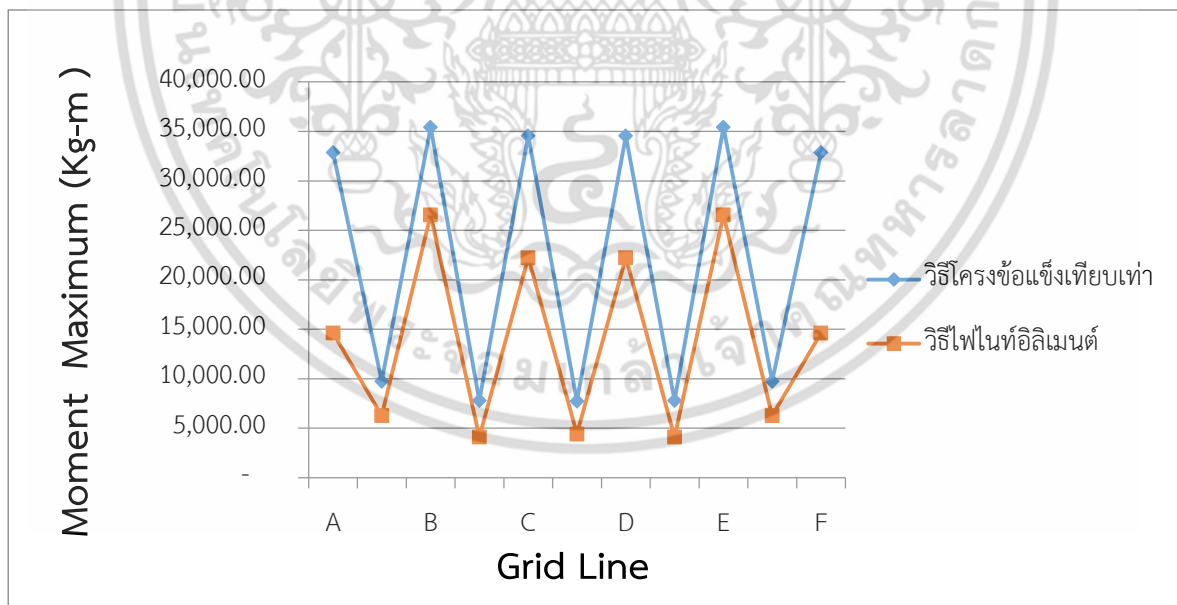


รูปที่ 4.9 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

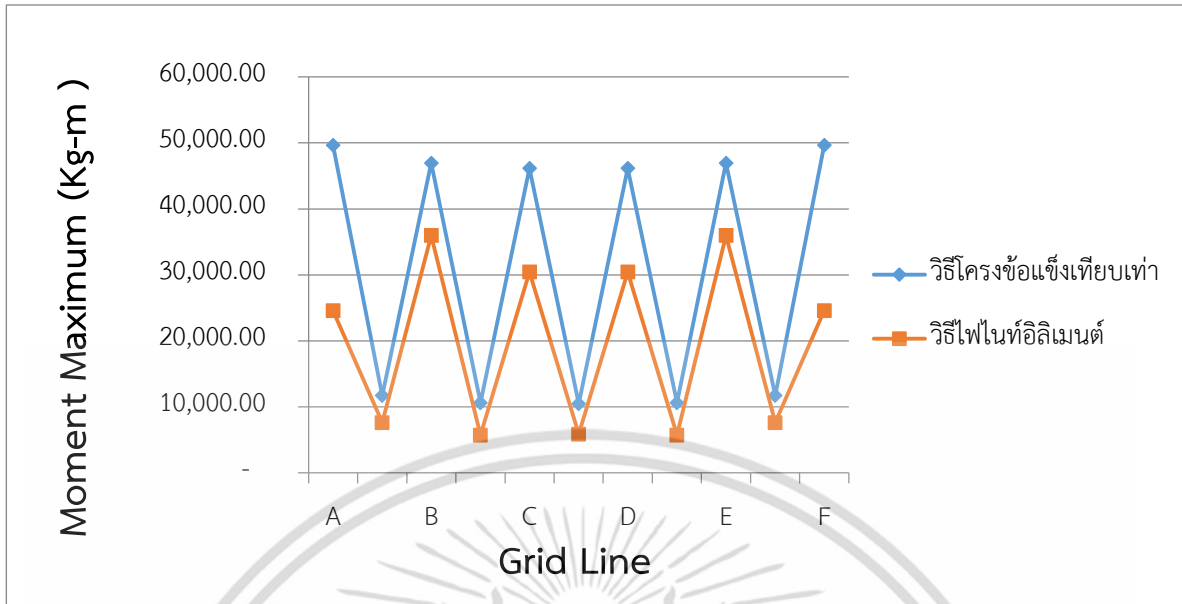


รูปที่ 4.10 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

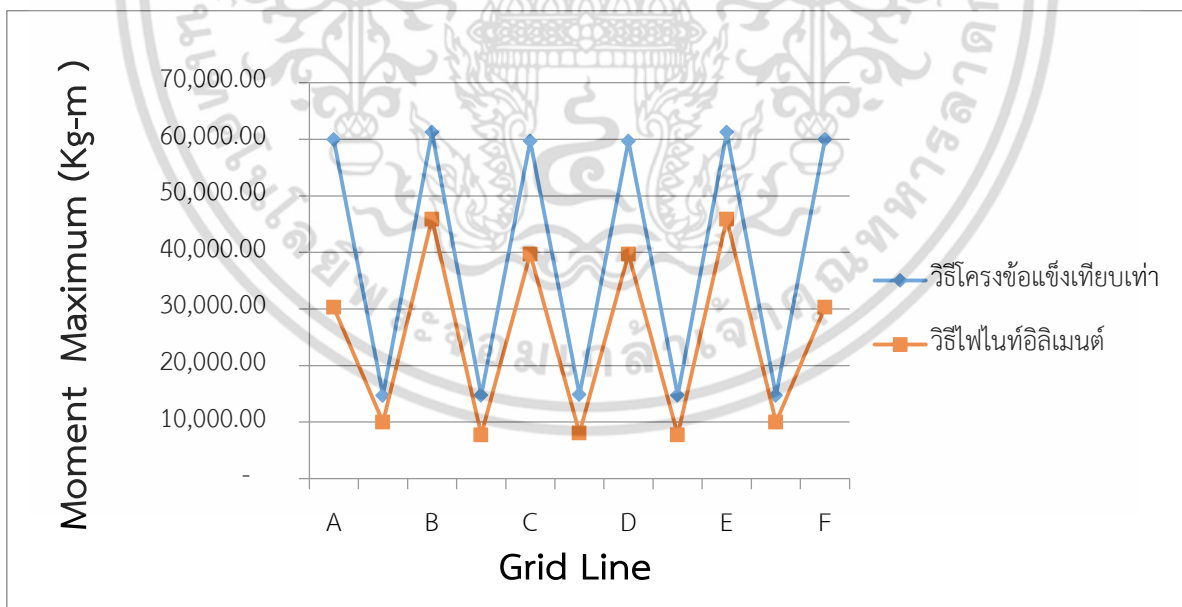


รูปที่ 4.11 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



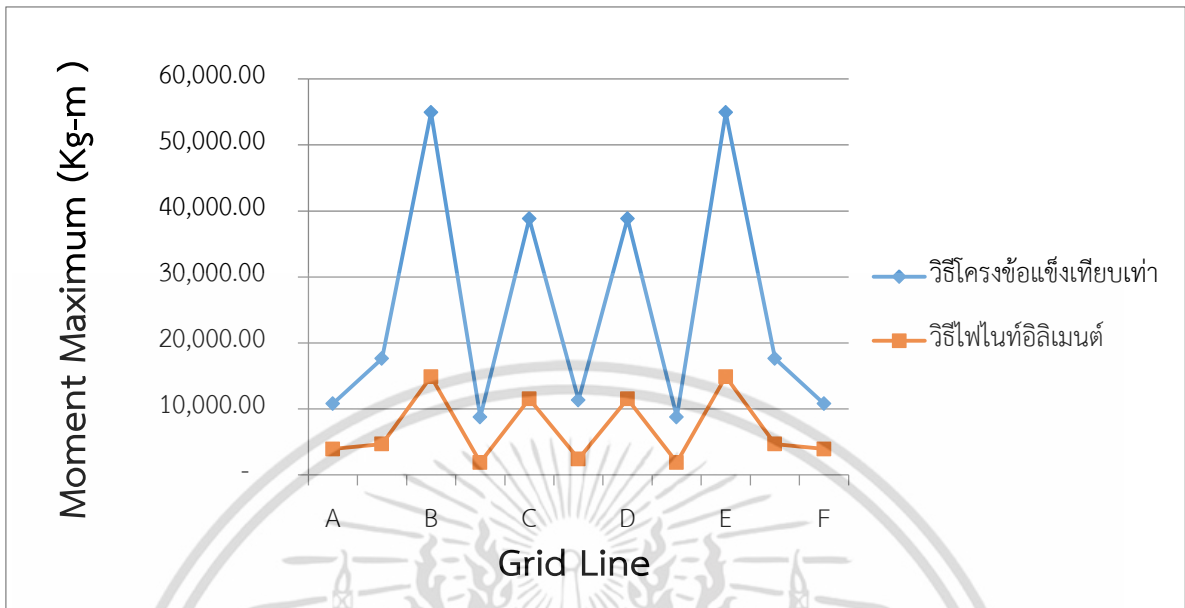
รูปที่ 4.12 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร



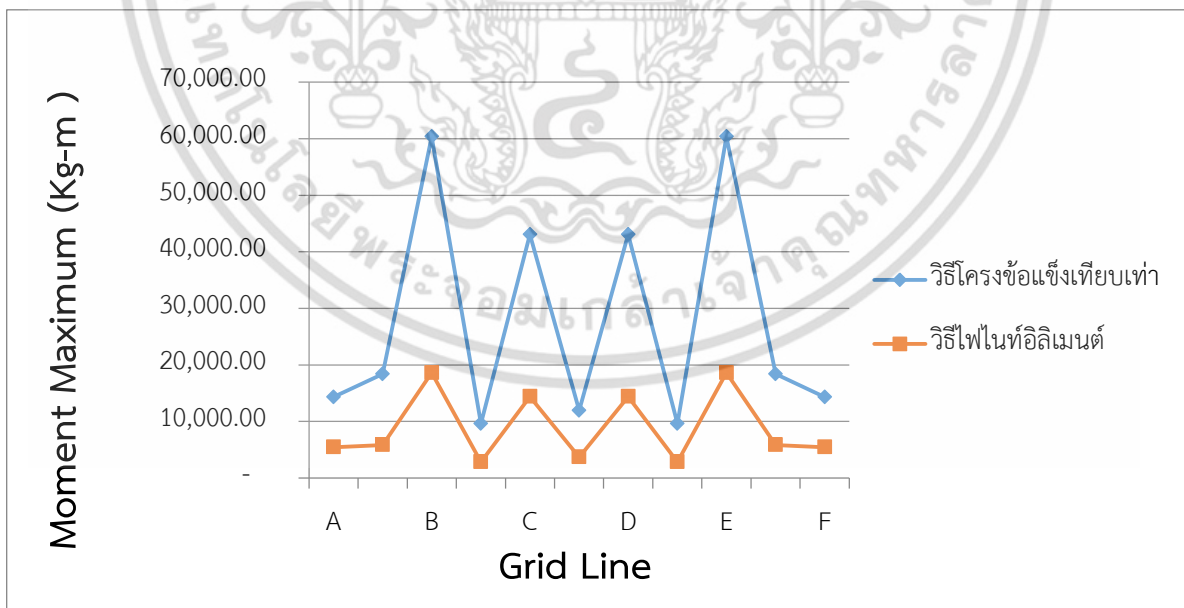
รูปที่ 4.13 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.9$

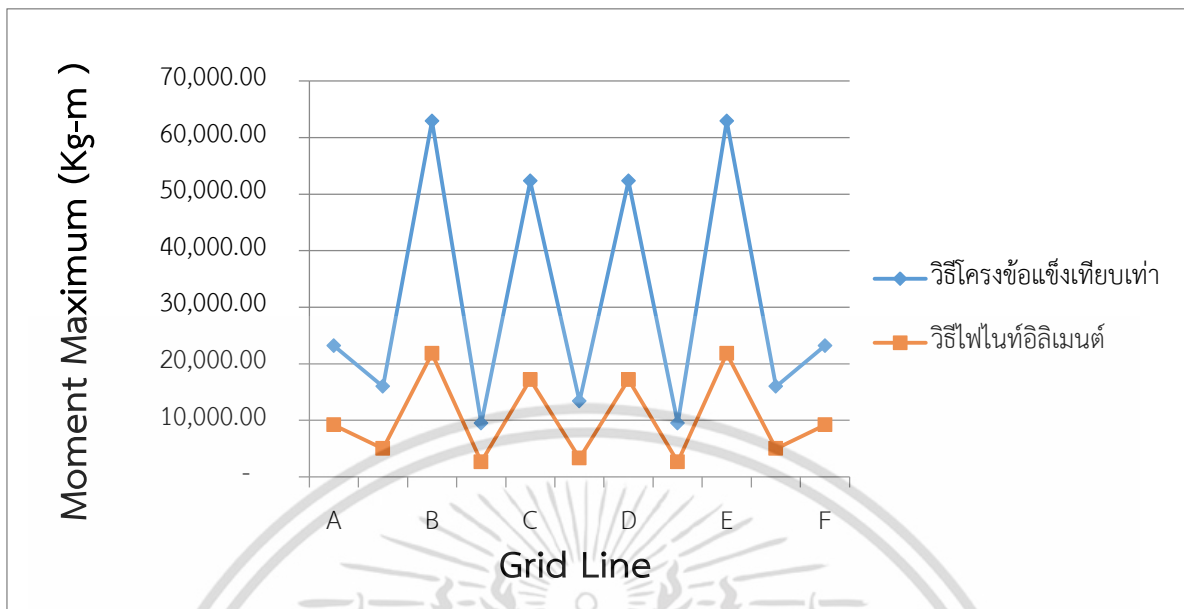


รูปที่ 4.14 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

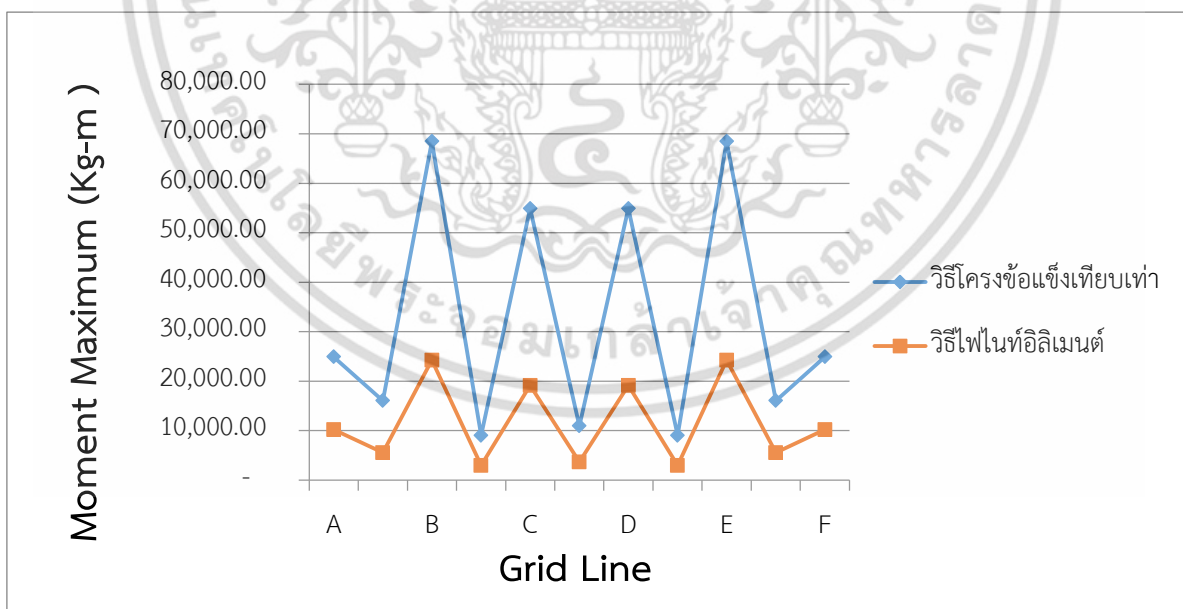


รูปที่ 4.15 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

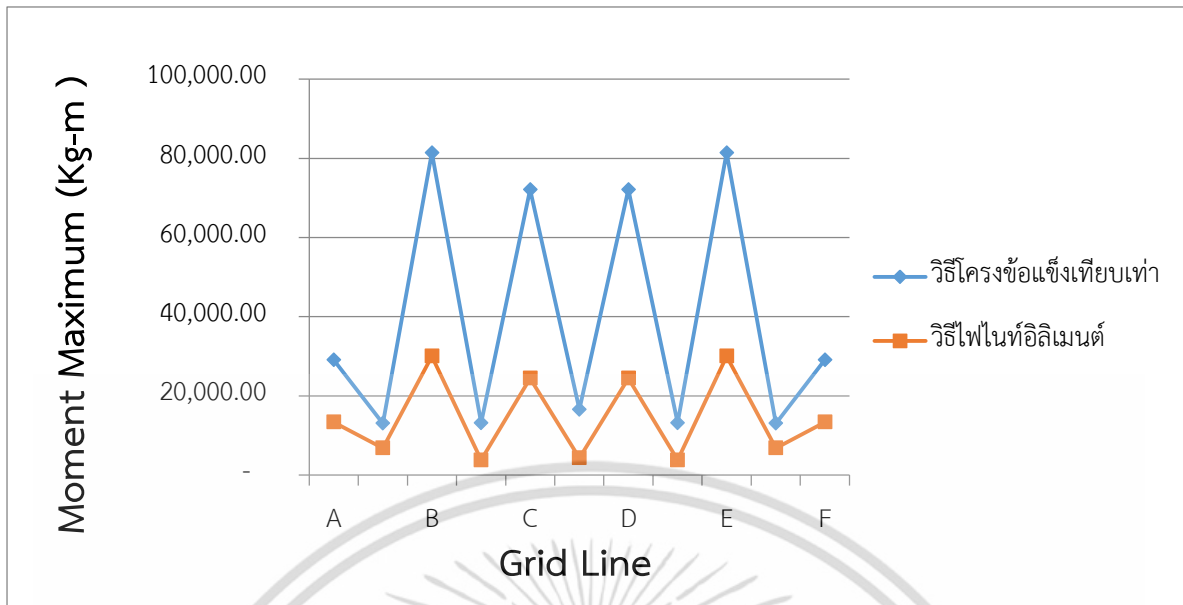


รูปที่ 4.16 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิฐเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

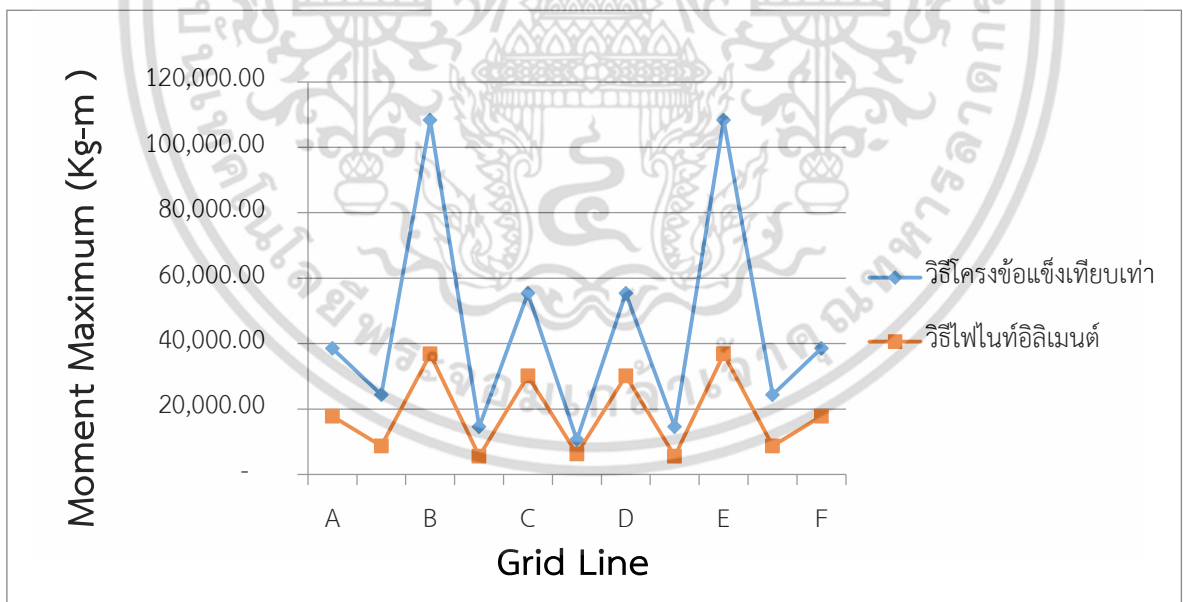


รูปที่ 4.17 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิฐเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

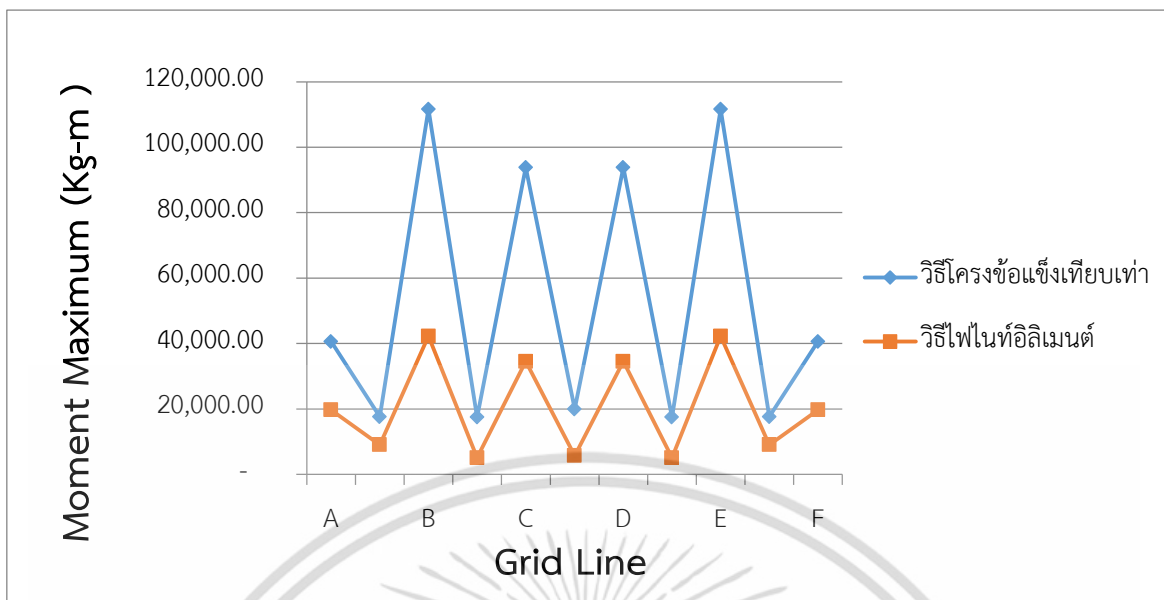


รูปที่ 4.18 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

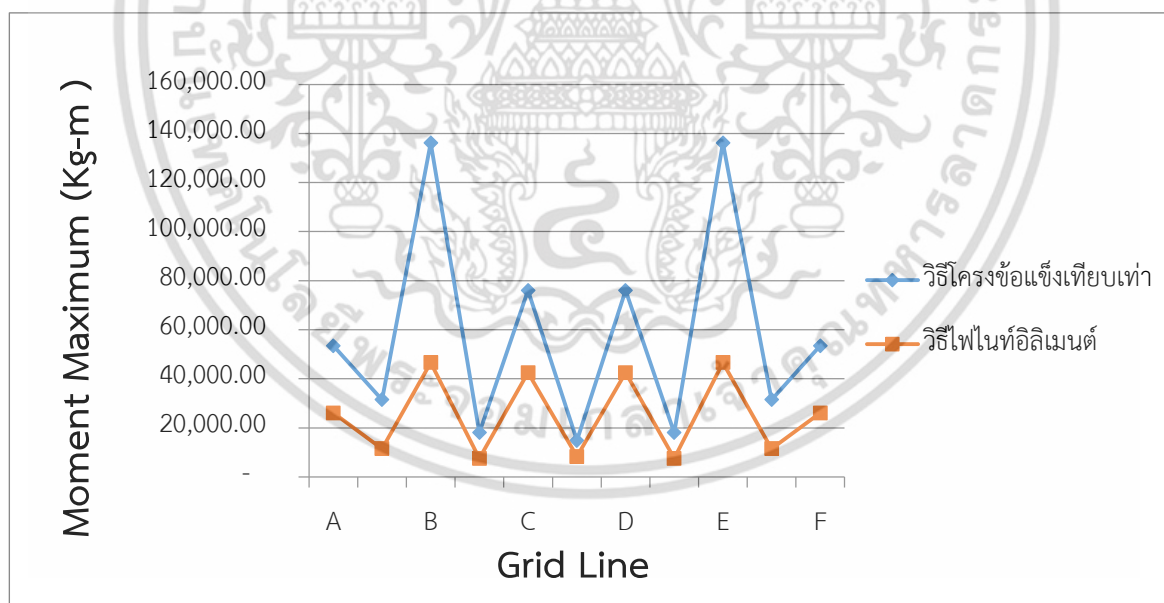


รูปที่ 4.19 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

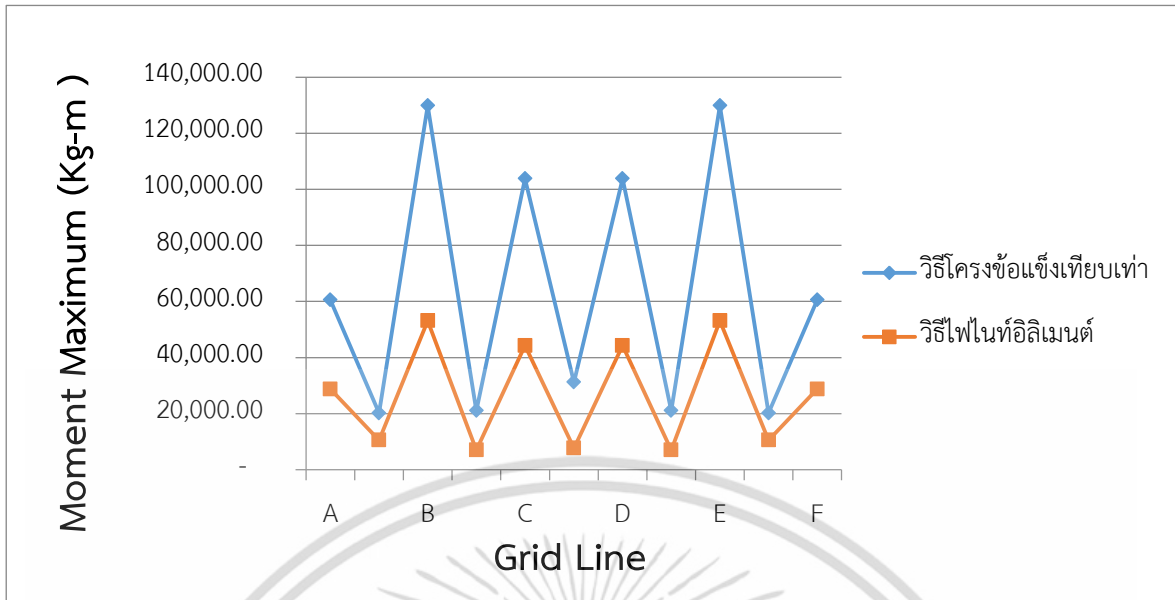


รูปที่ 4.20 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

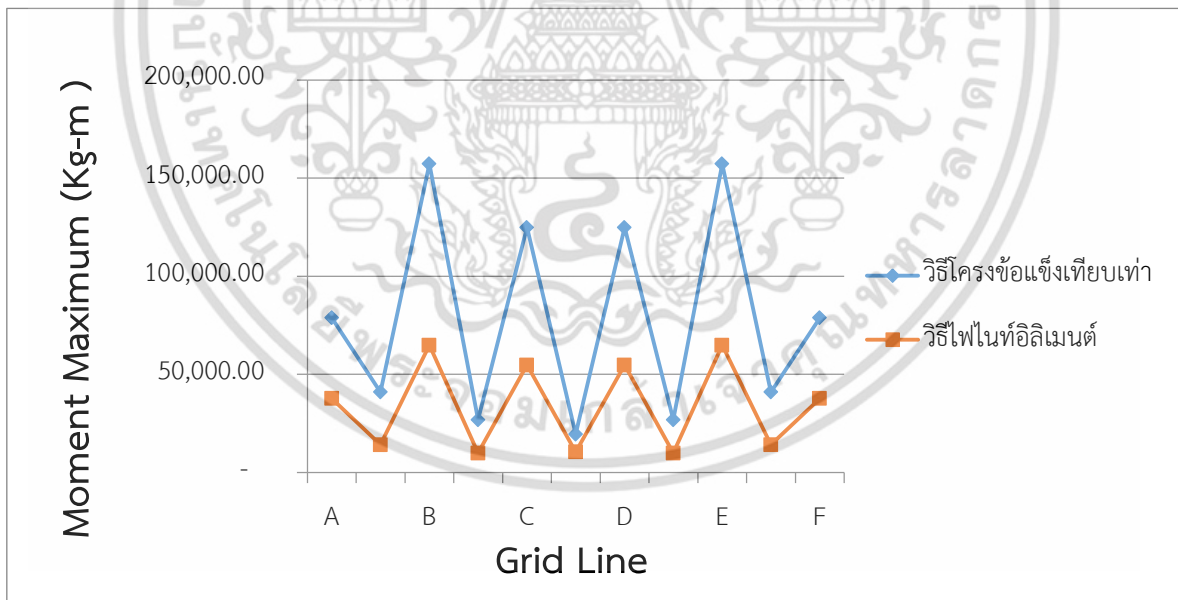


รูปที่ 4.21 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



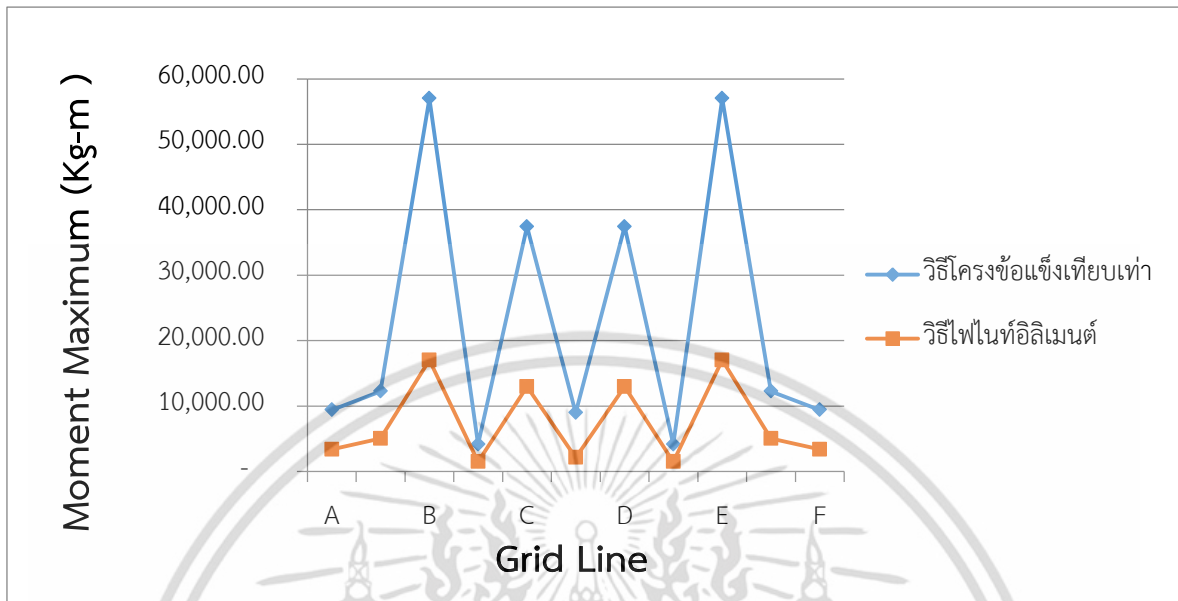
รูปที่ 4.22 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างขี้ผึ้งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร



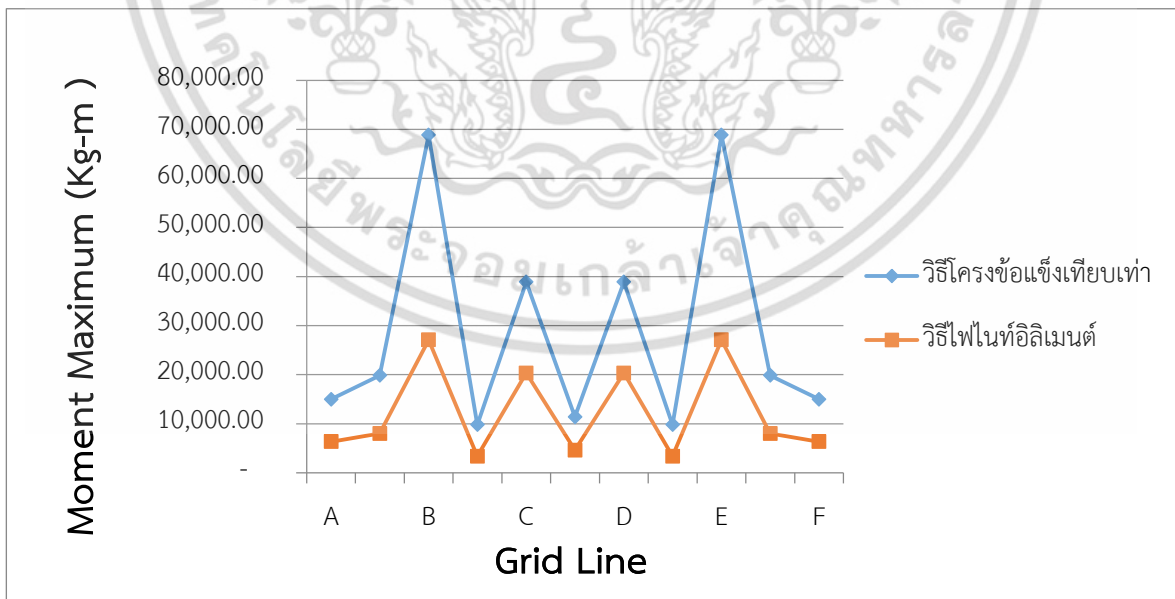
รูปที่ 4.23 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างขี้ผึ้งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.8$

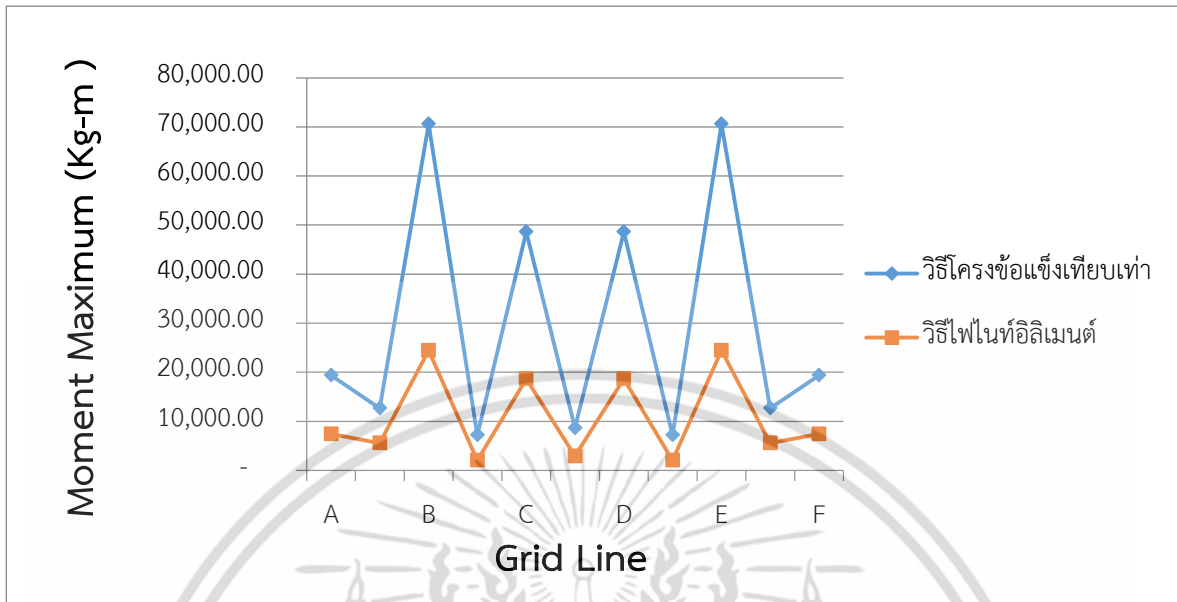


รูปที่ 4.24 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

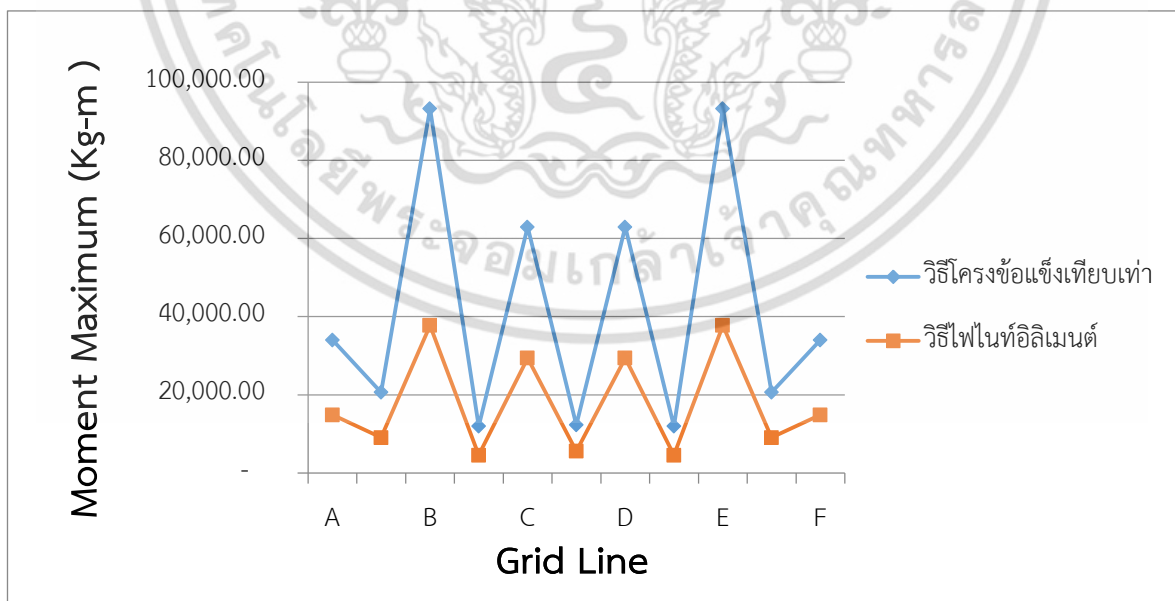


รูปที่ 4.25 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

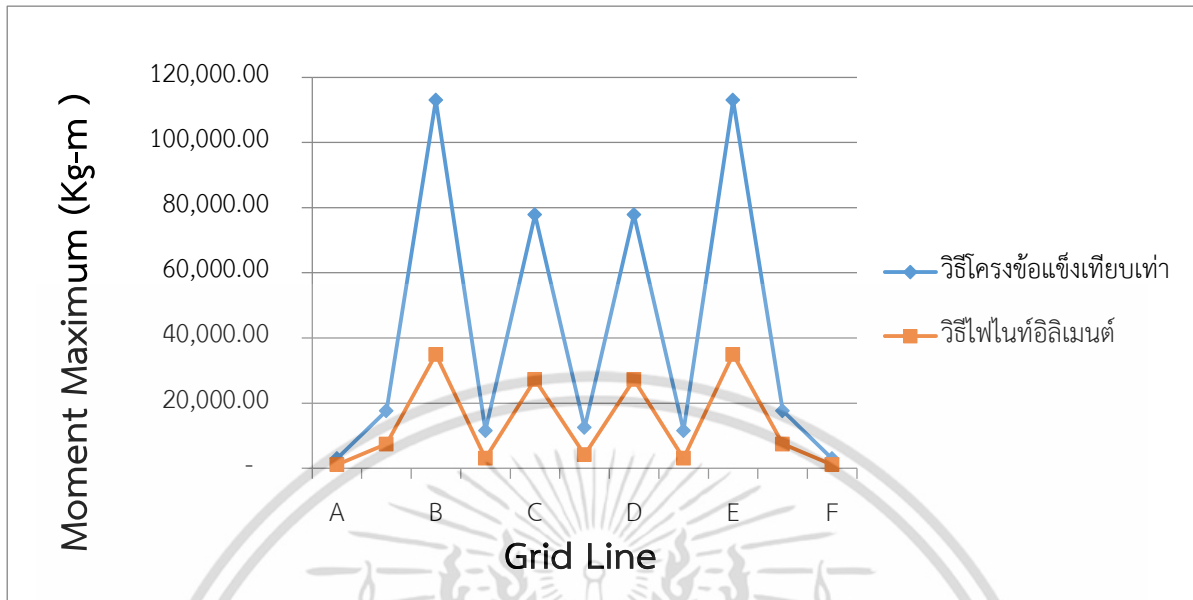


รูปที่ 4.26 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

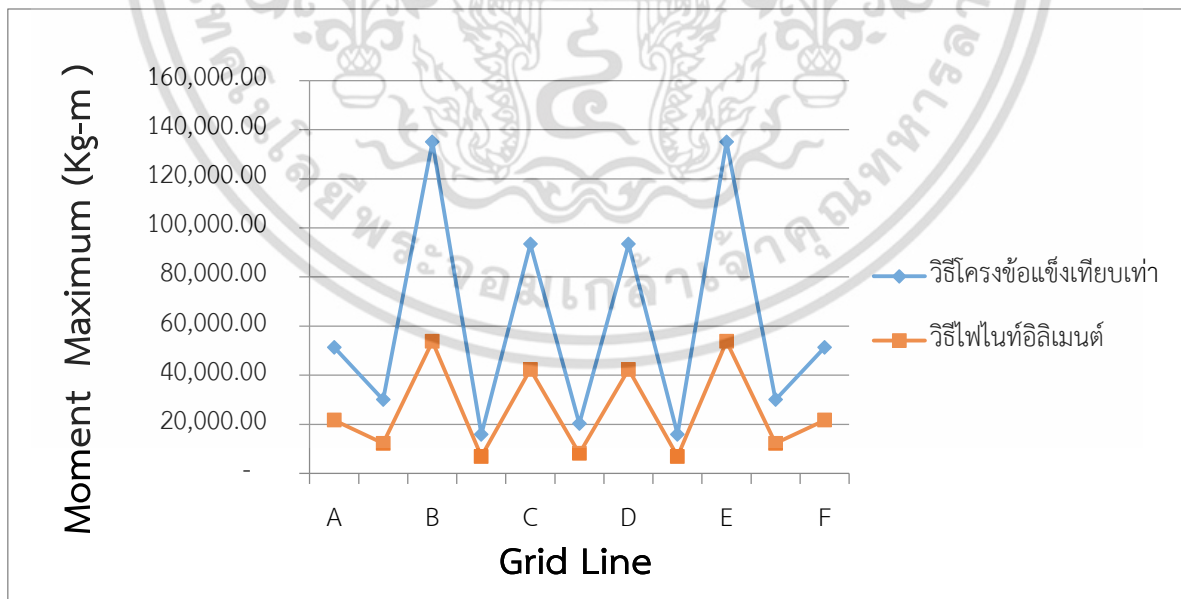


รูปที่ 4.27 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

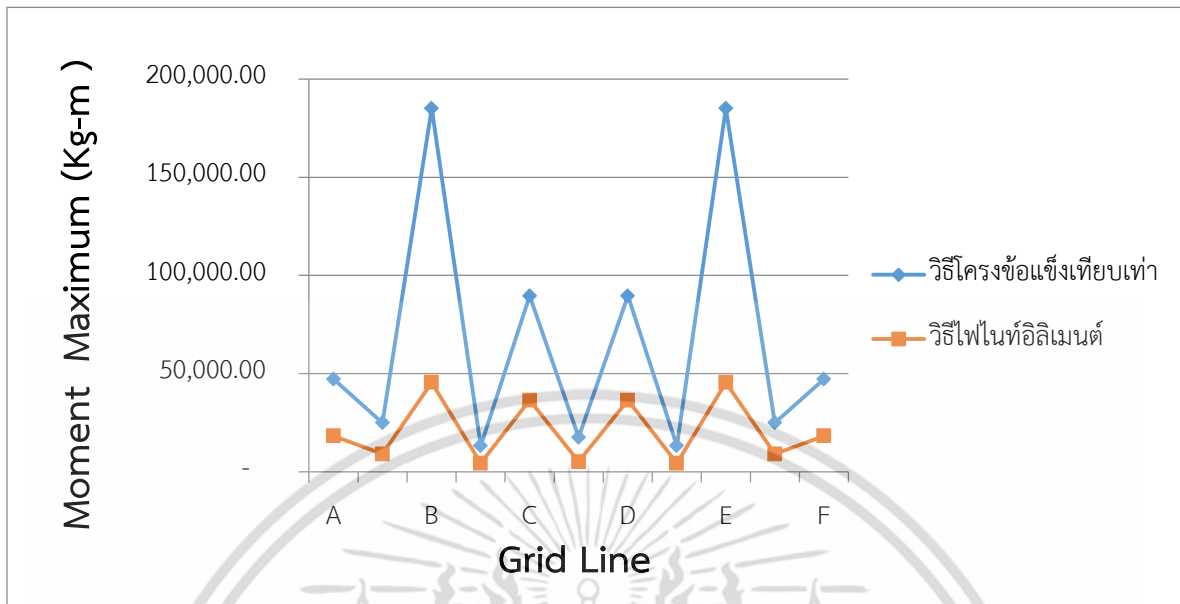


รูปที่ 4.28 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

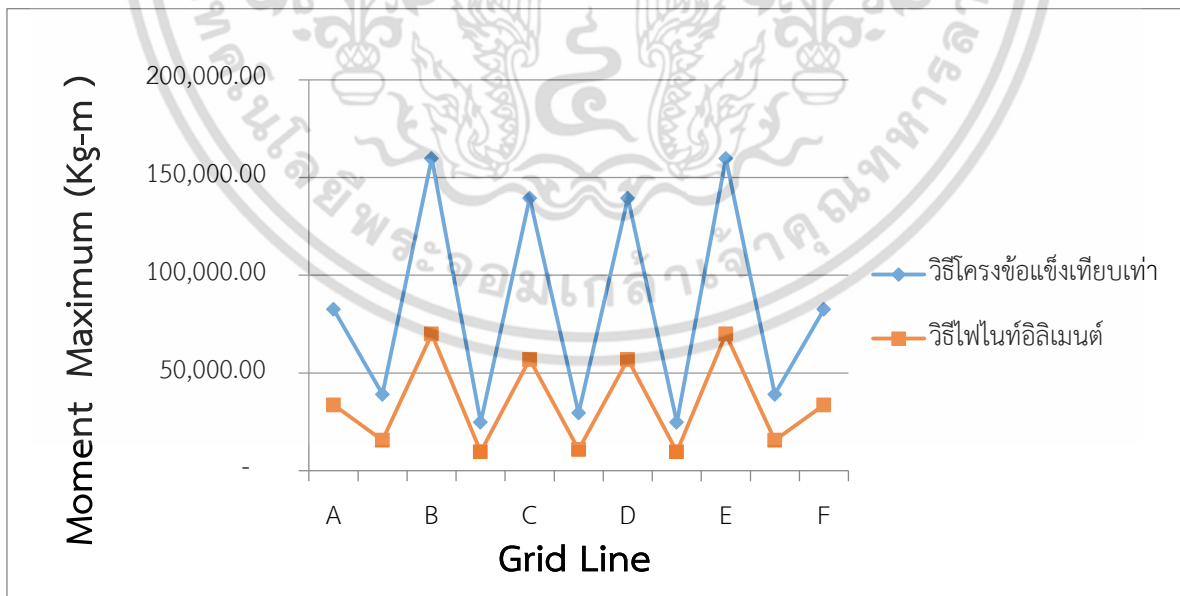


รูปที่ 4.29 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

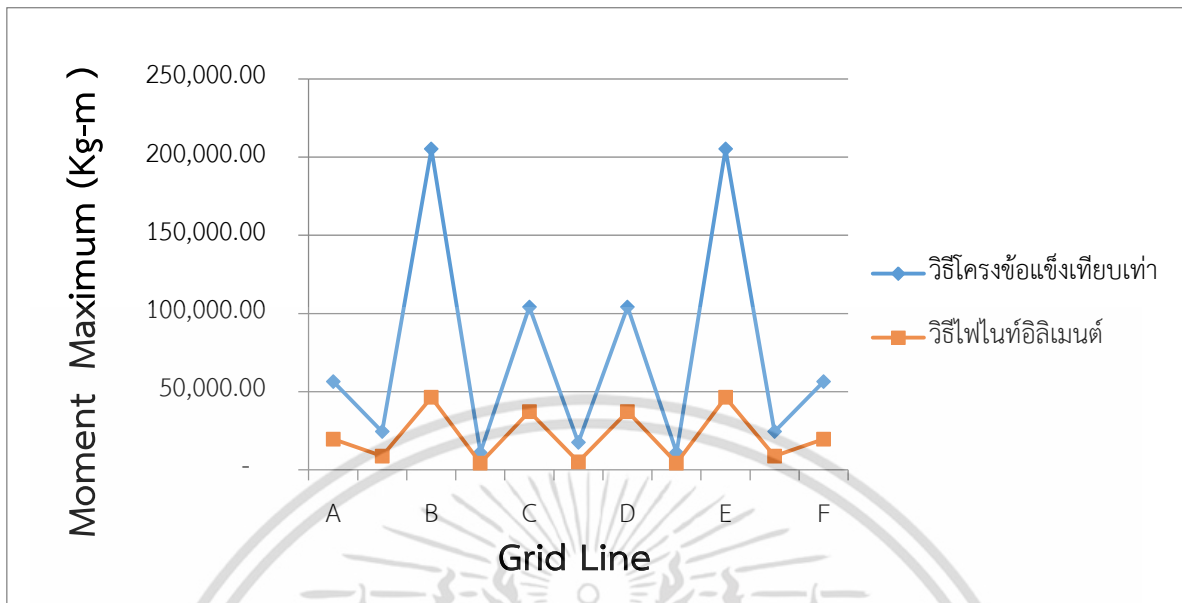


รูปที่ 4.30 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

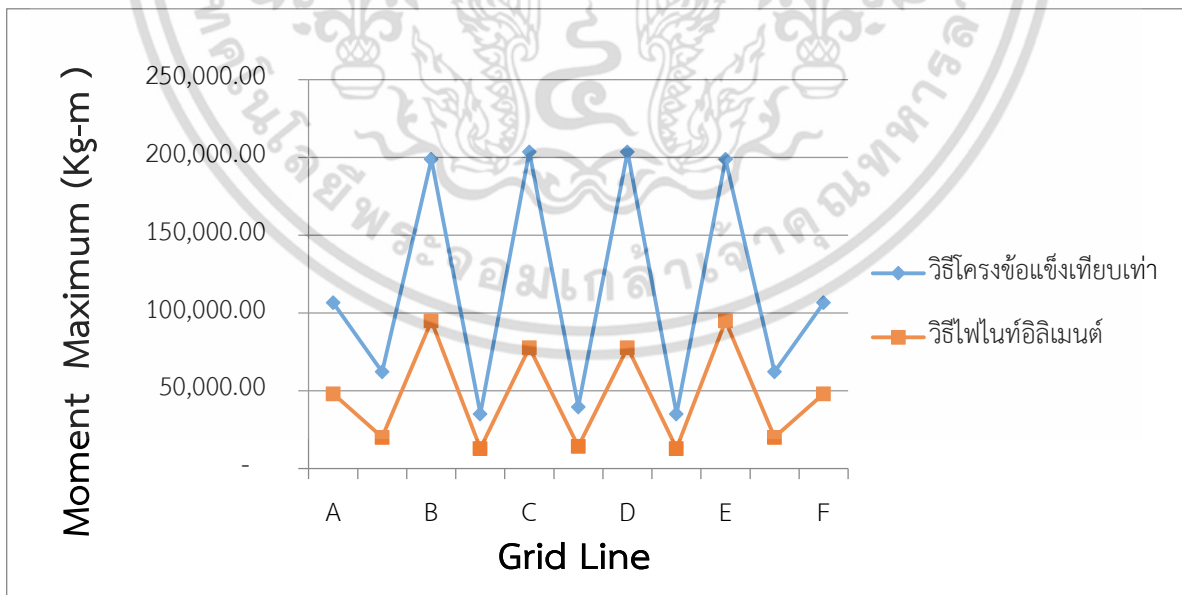


รูปที่ 4.31 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



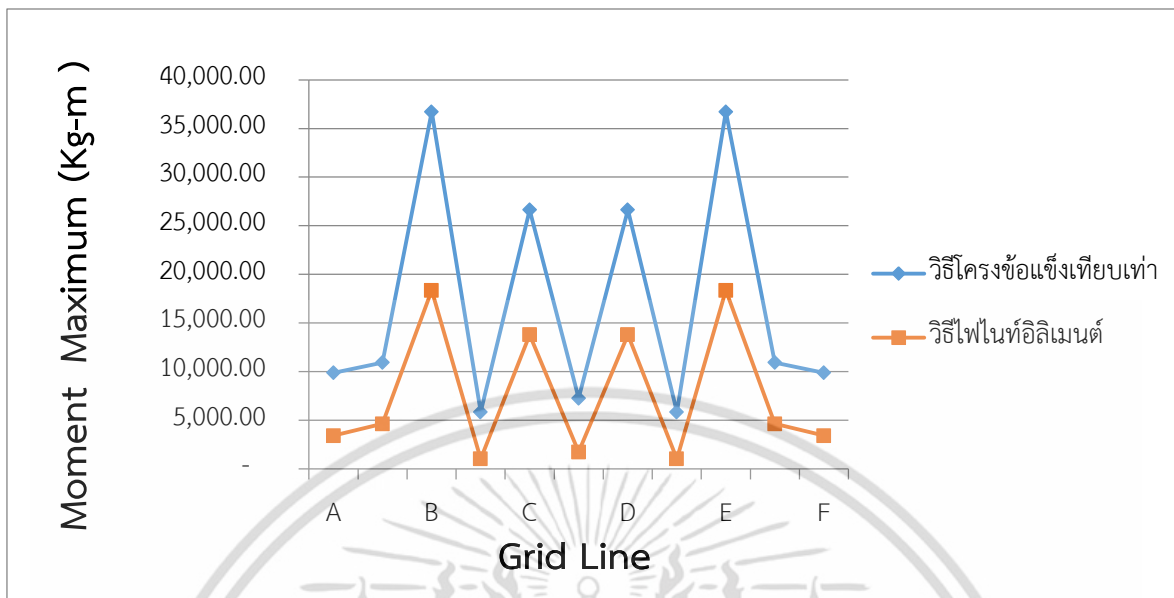
รูปที่ 4.32 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร



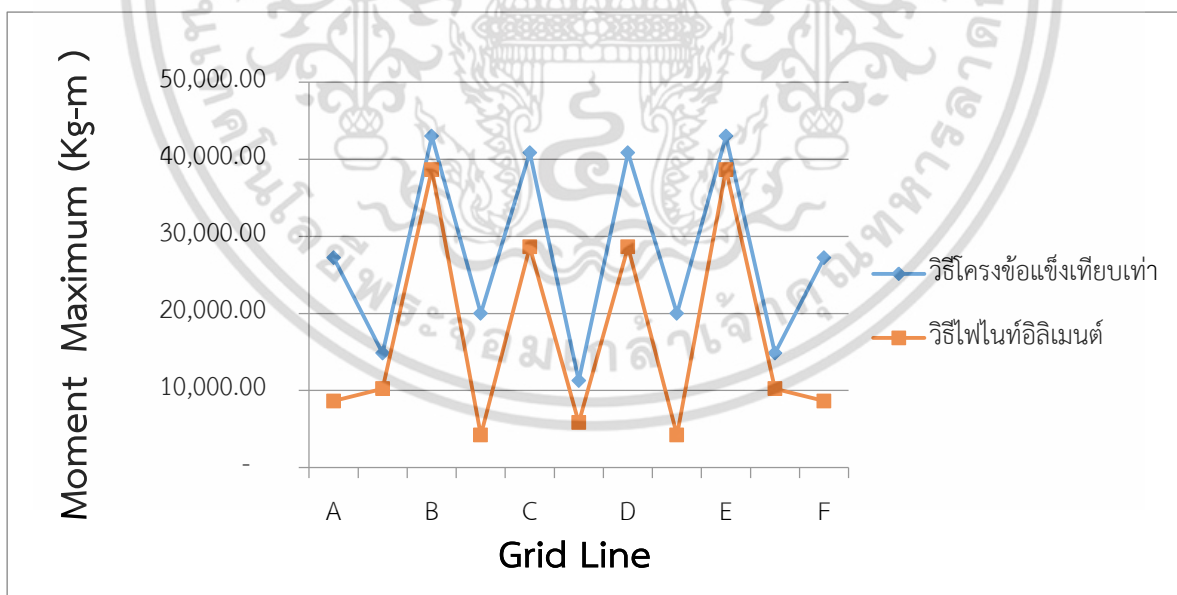
รูปที่ 4.33 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.7$

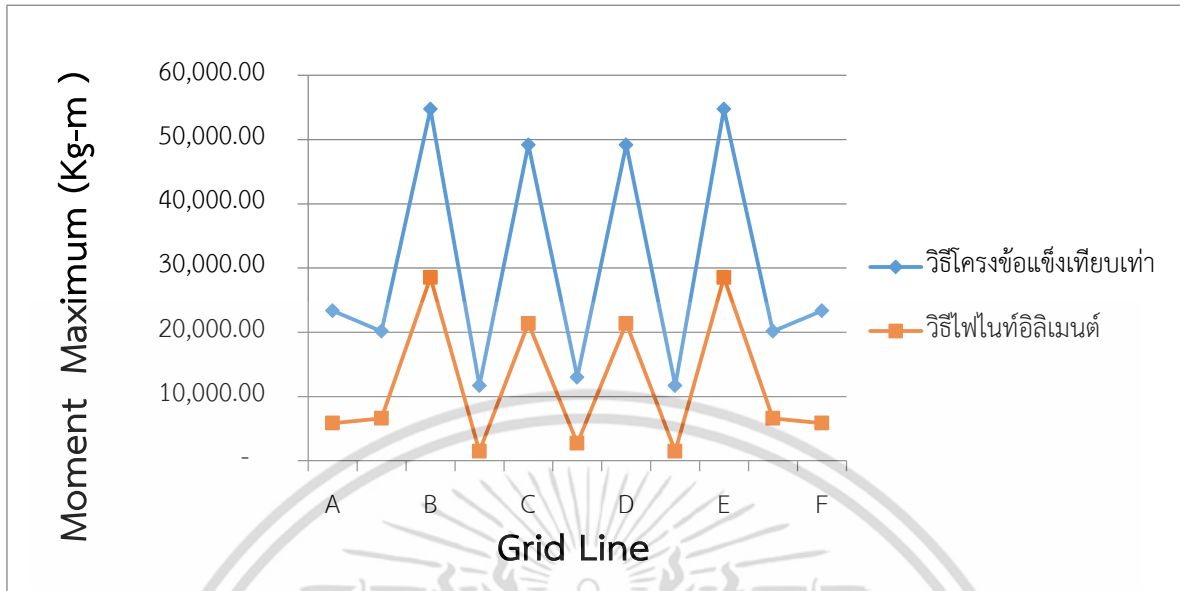


รูปที่ 4.34 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

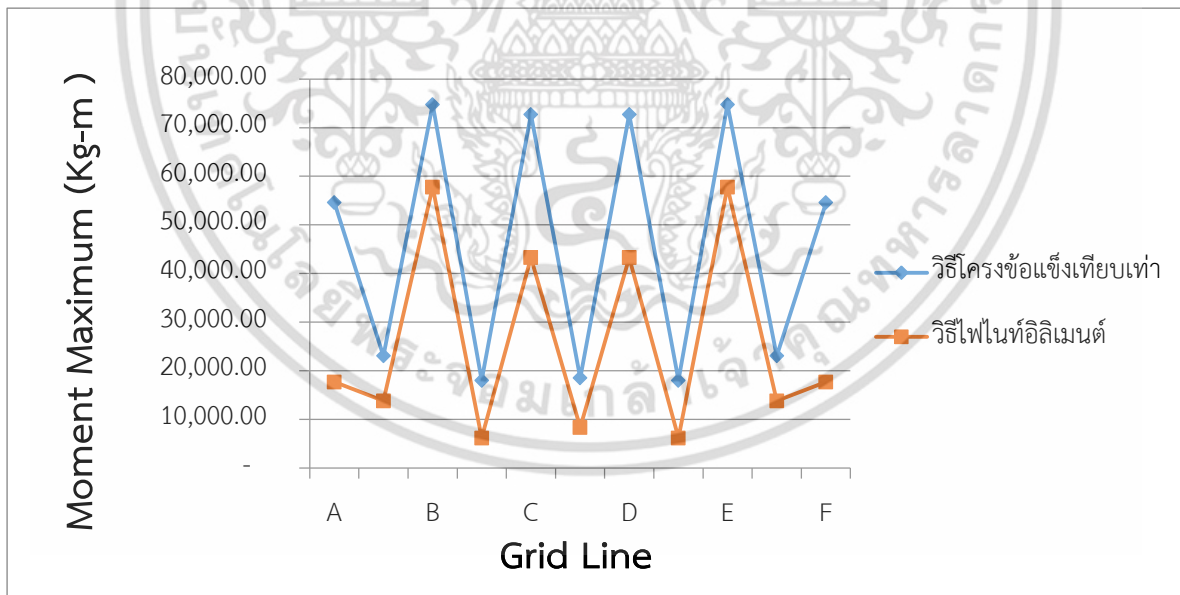


รูปที่ 4.35 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

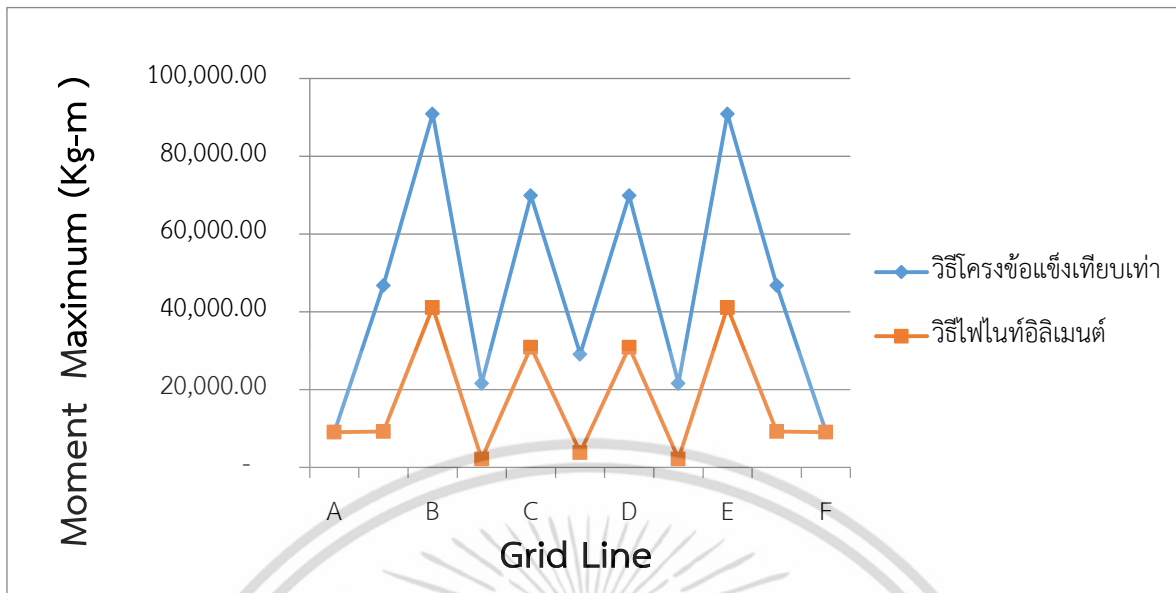


รูปที่ 4.36 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

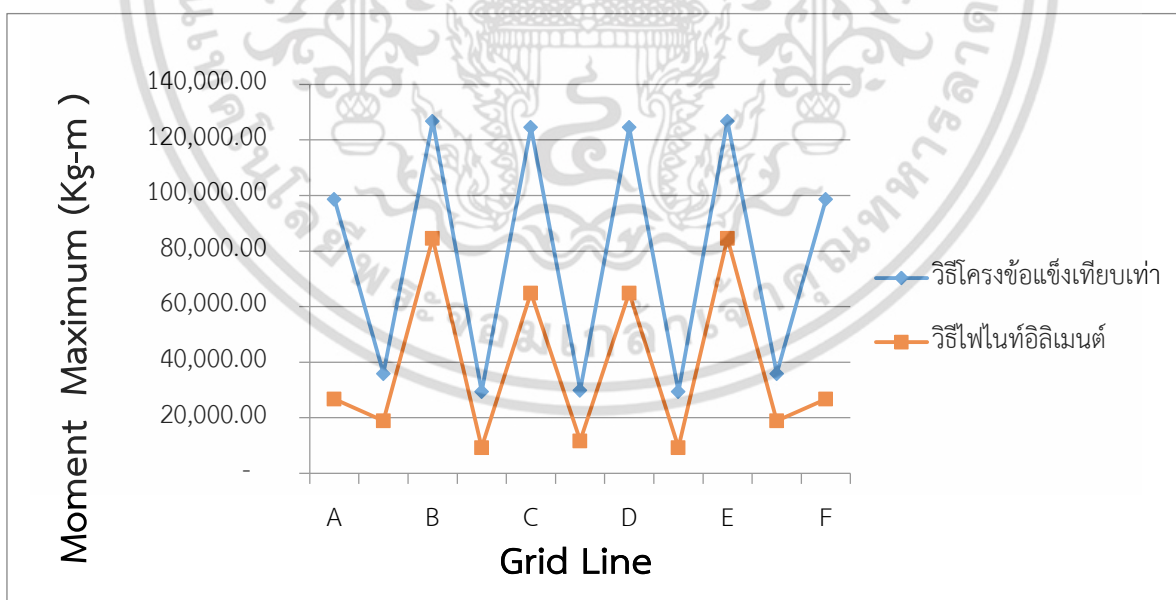


รูปที่ 4.37 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

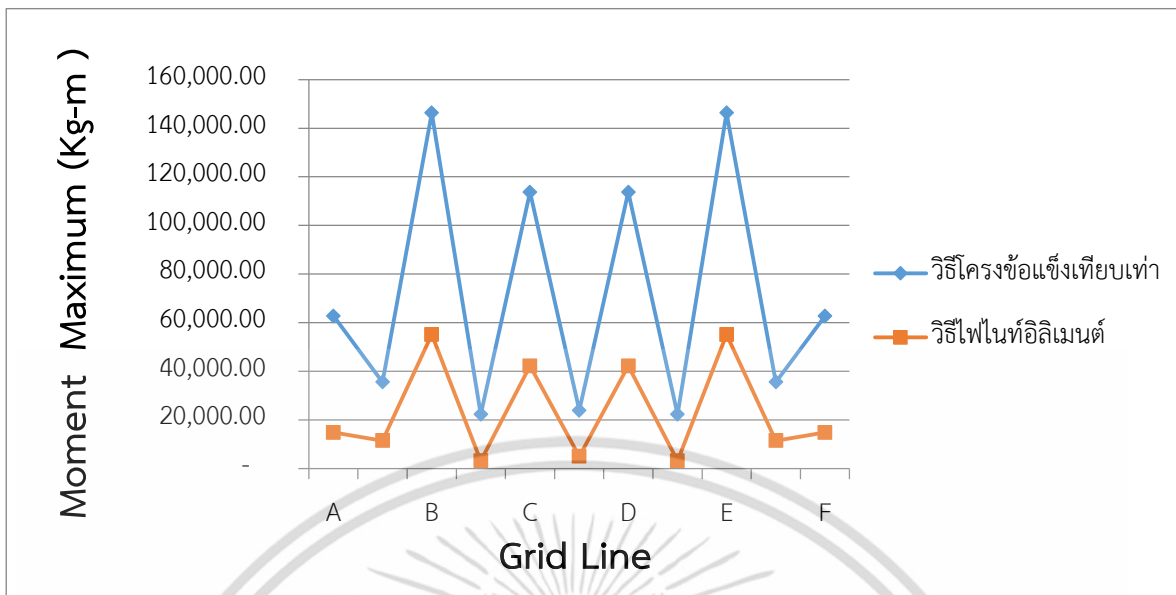


รูปที่ 4.38 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

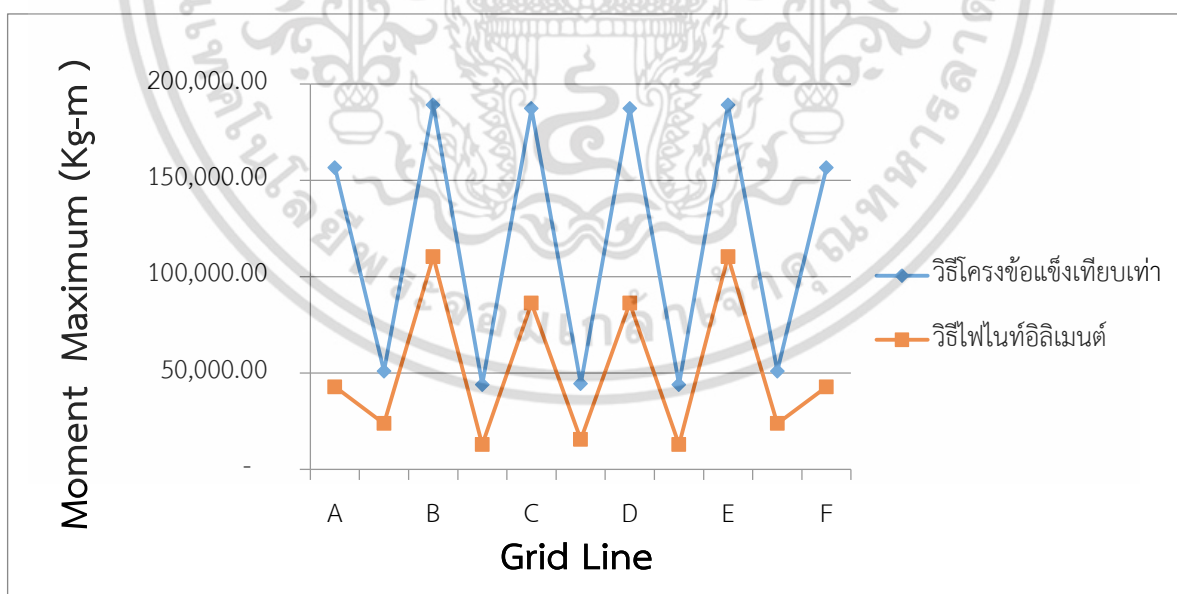


รูปที่ 4.39 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

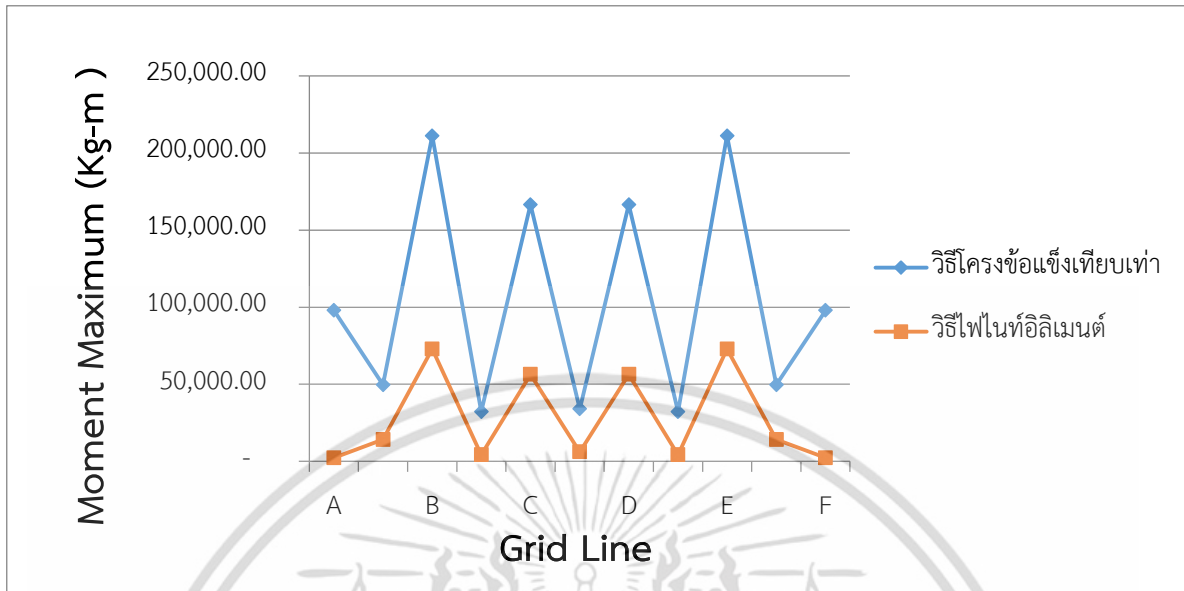


รูปที่ 4.40 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

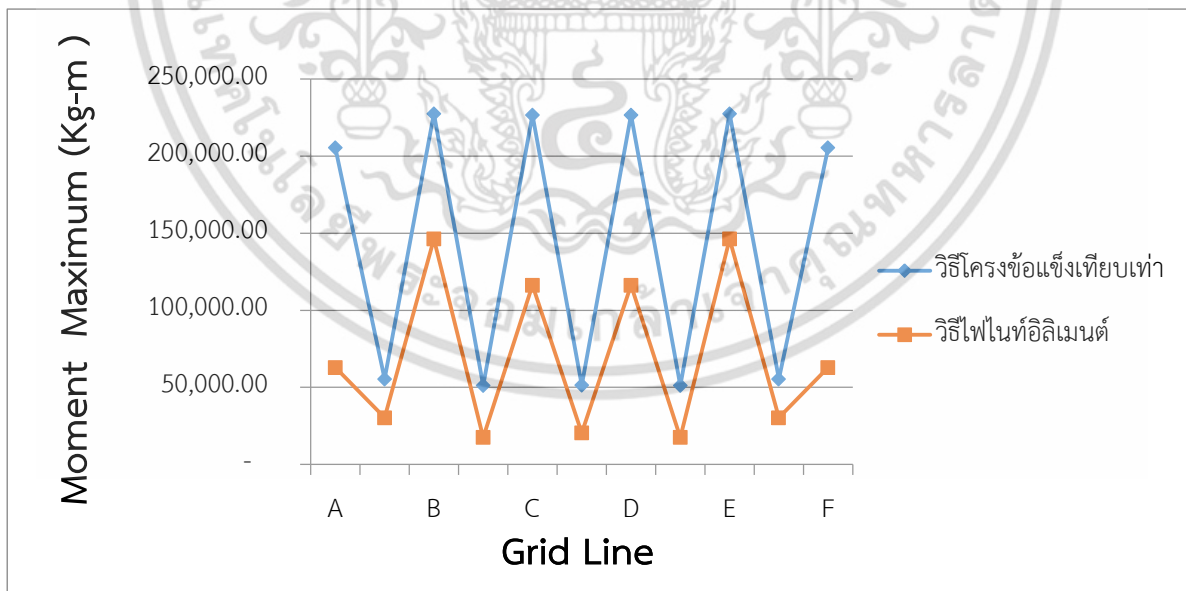


รูปที่ 4.41 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

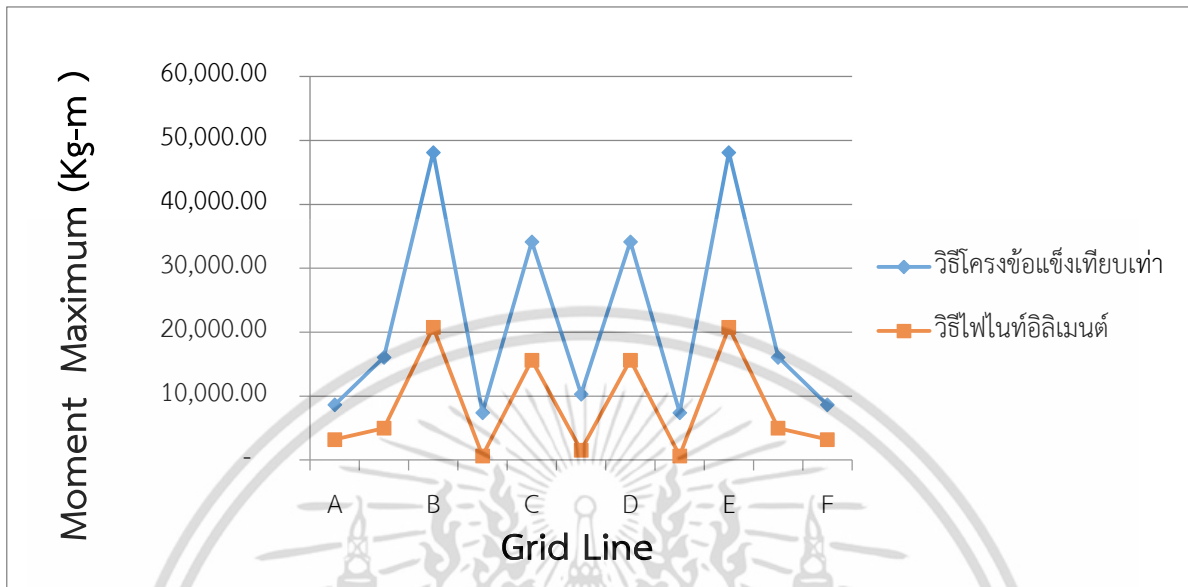


รูปที่ 4.42 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

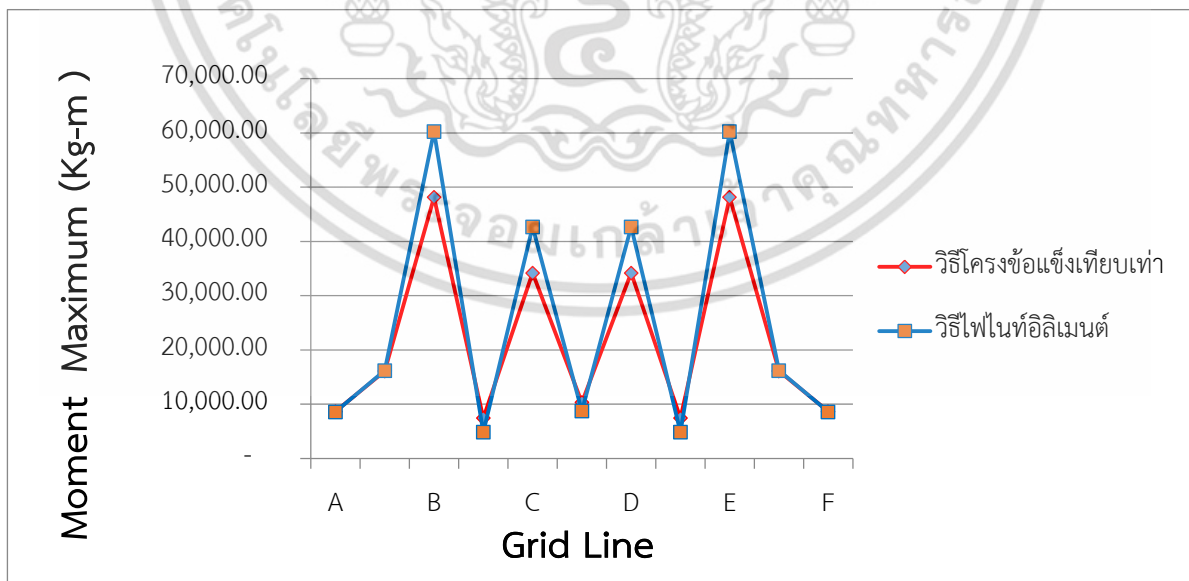


รูปที่ 4.43 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.6$ 

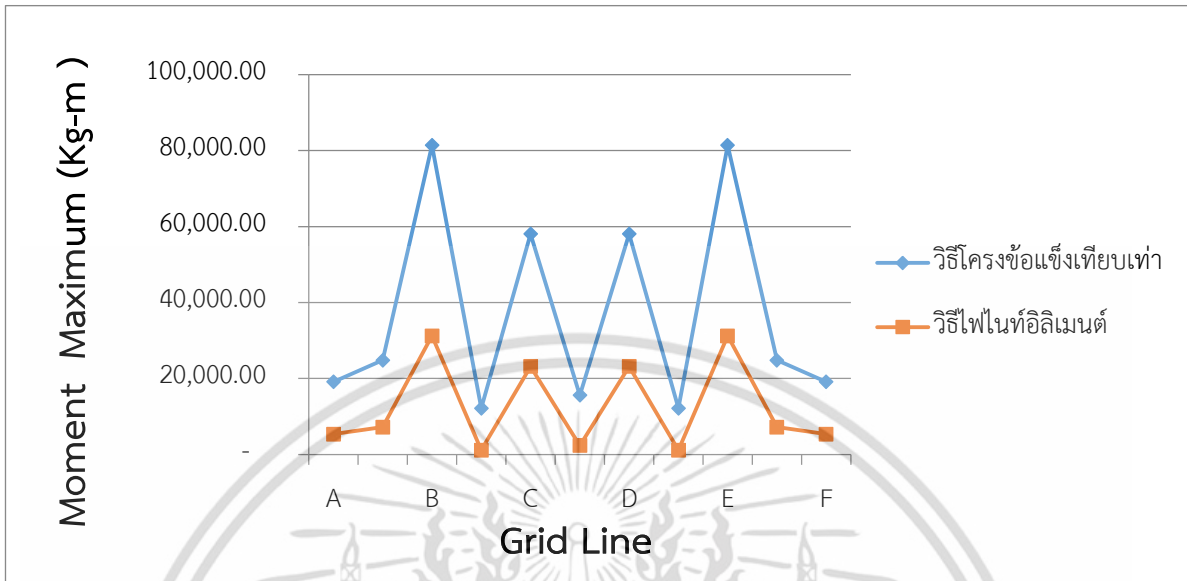
รูปที่ 4.44 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4×0.4 เมตร



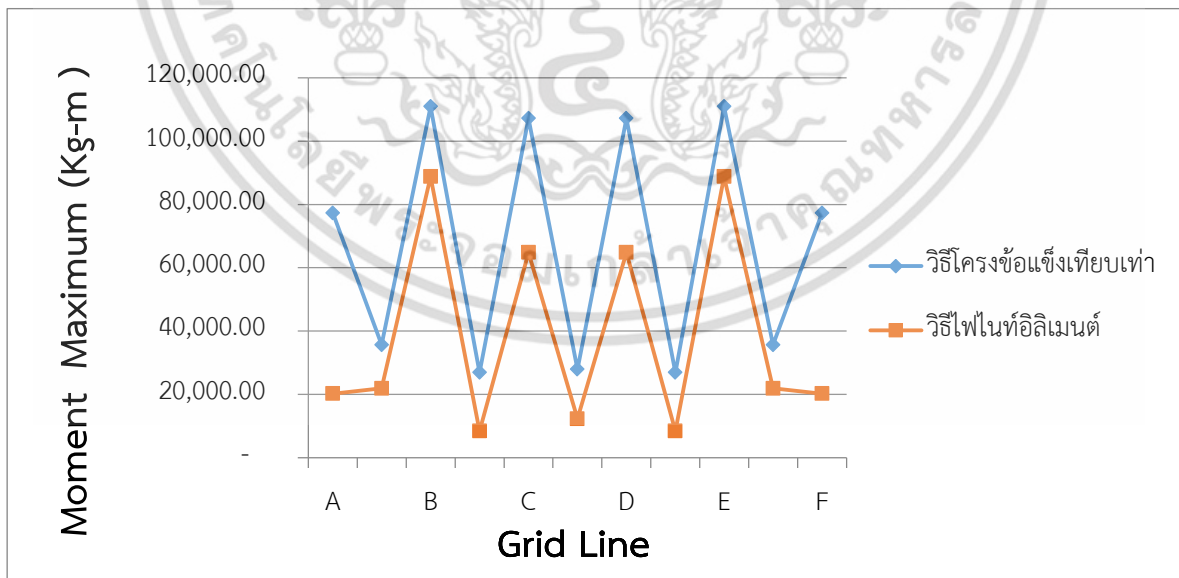
รูปที่ 4.45 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว

ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4×0.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

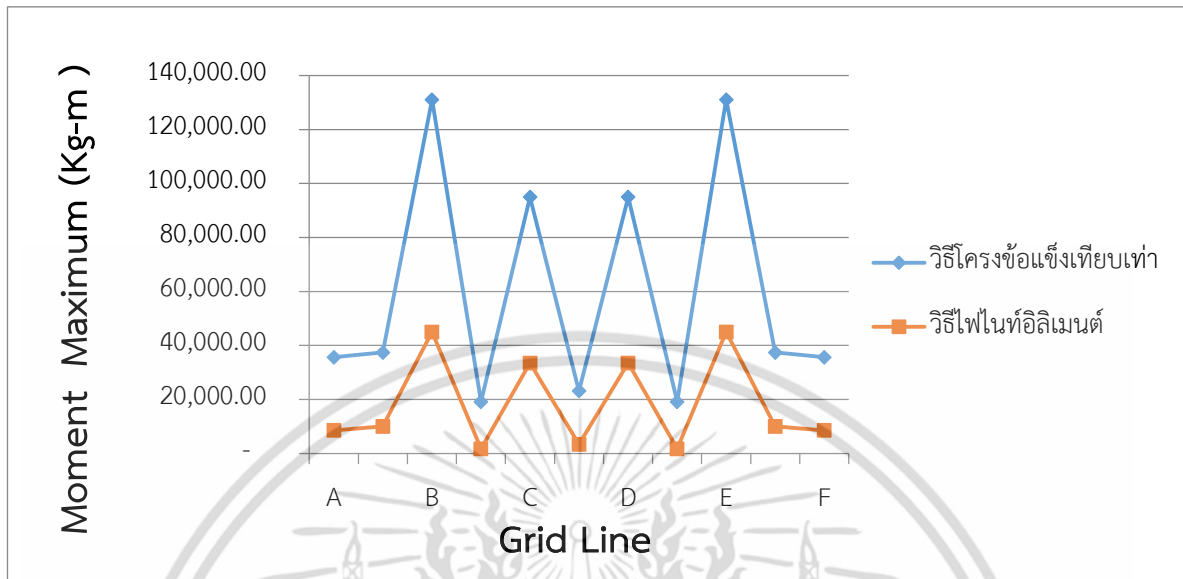


รูปที่ 4.46 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

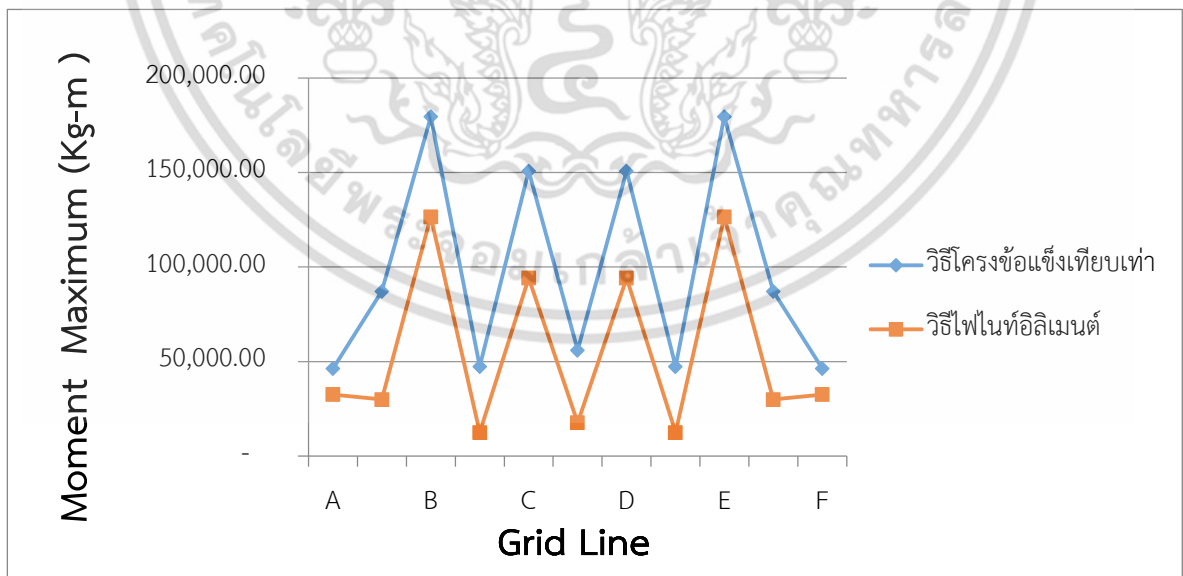


รูปที่ 4.47 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

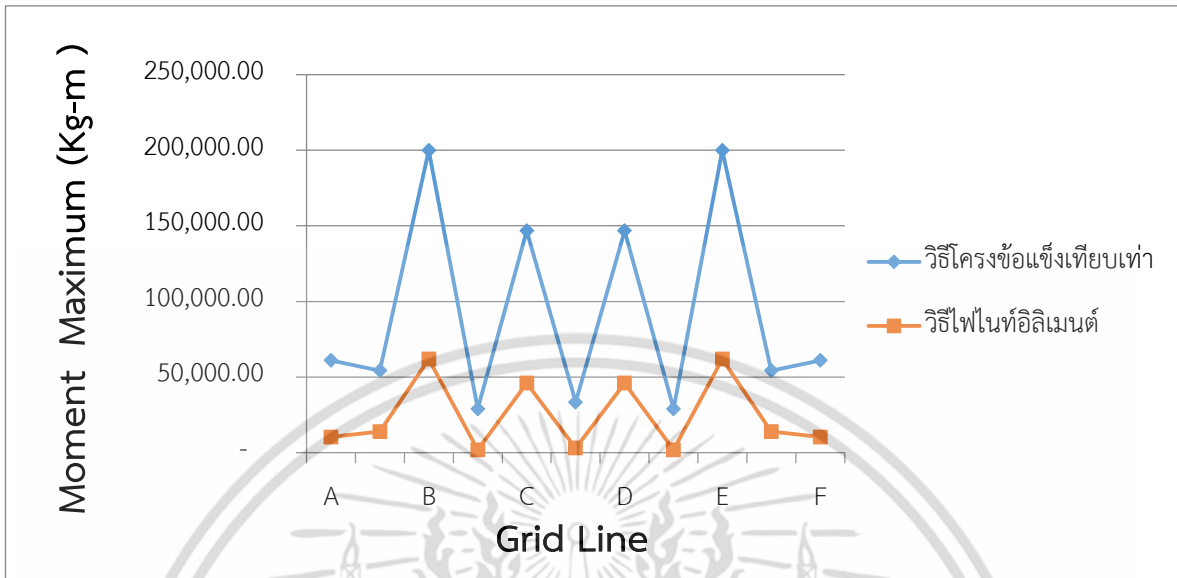


รูปที่ 4.48 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

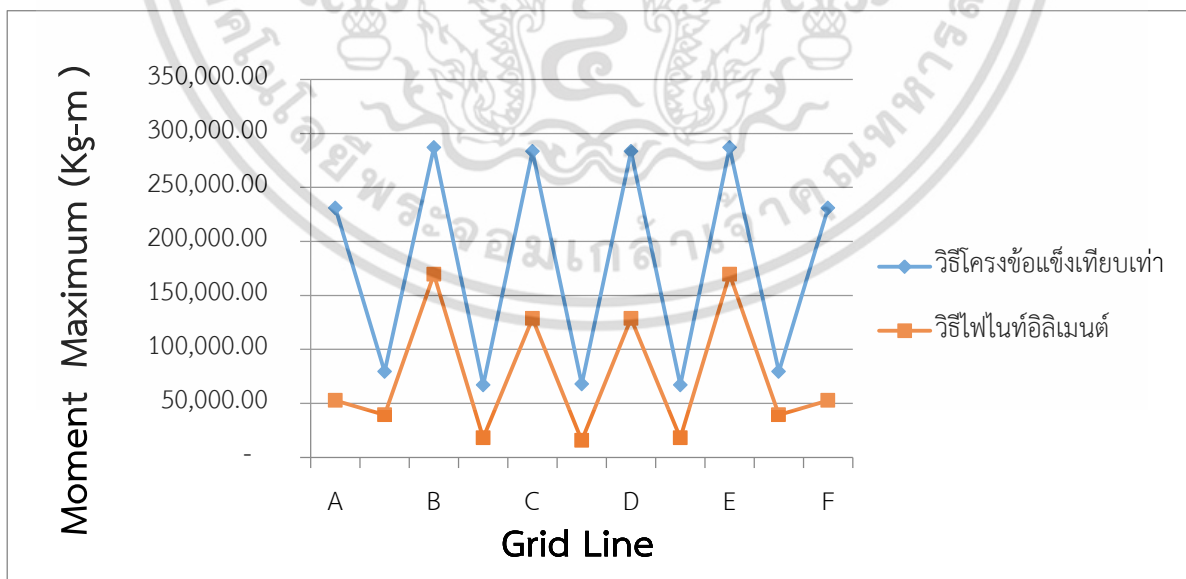


รูปที่ 4.49 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

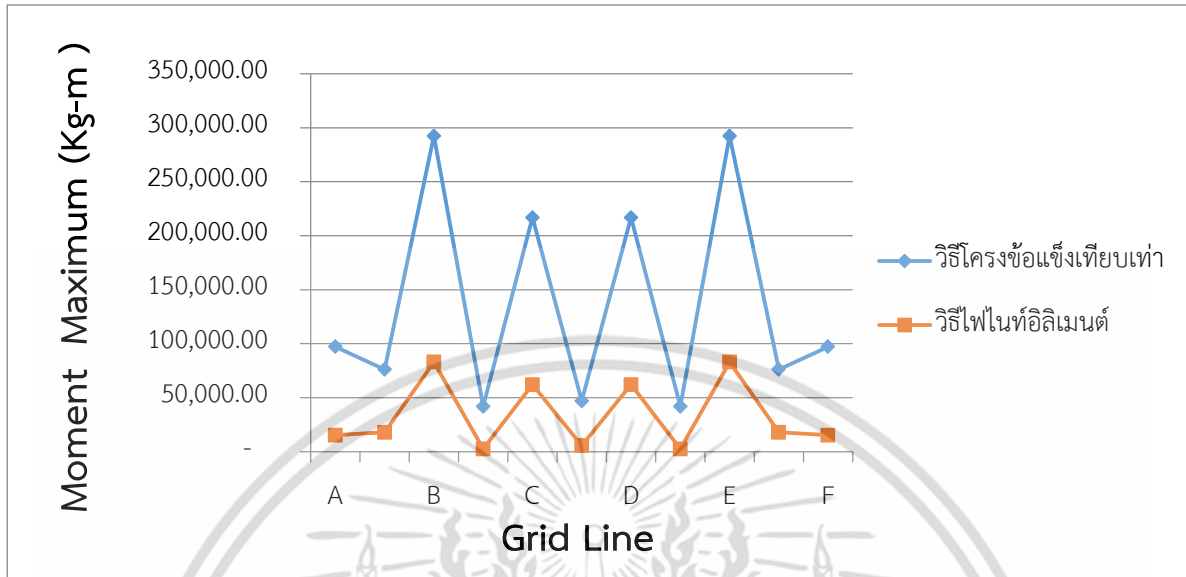


รูปที่ 4.50 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

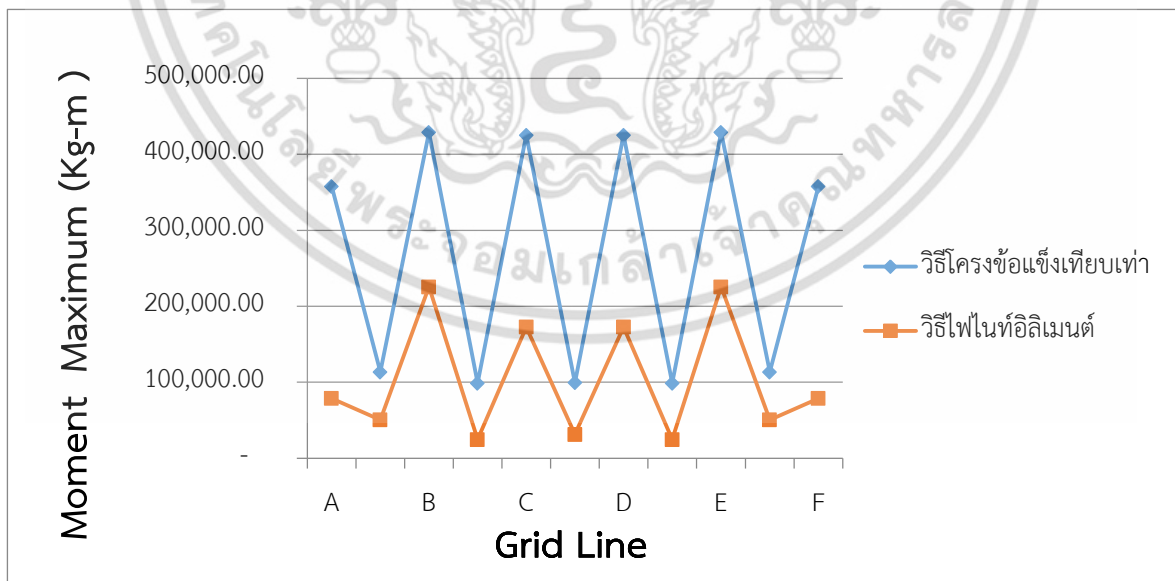


รูปที่ 4.51 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

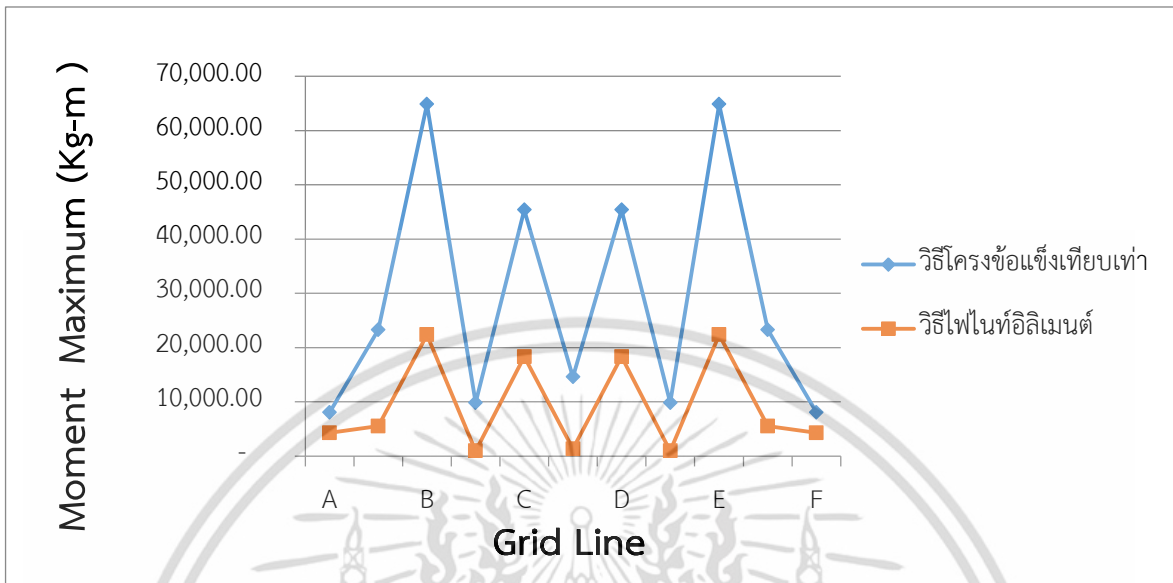


รูปที่ 4.52 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

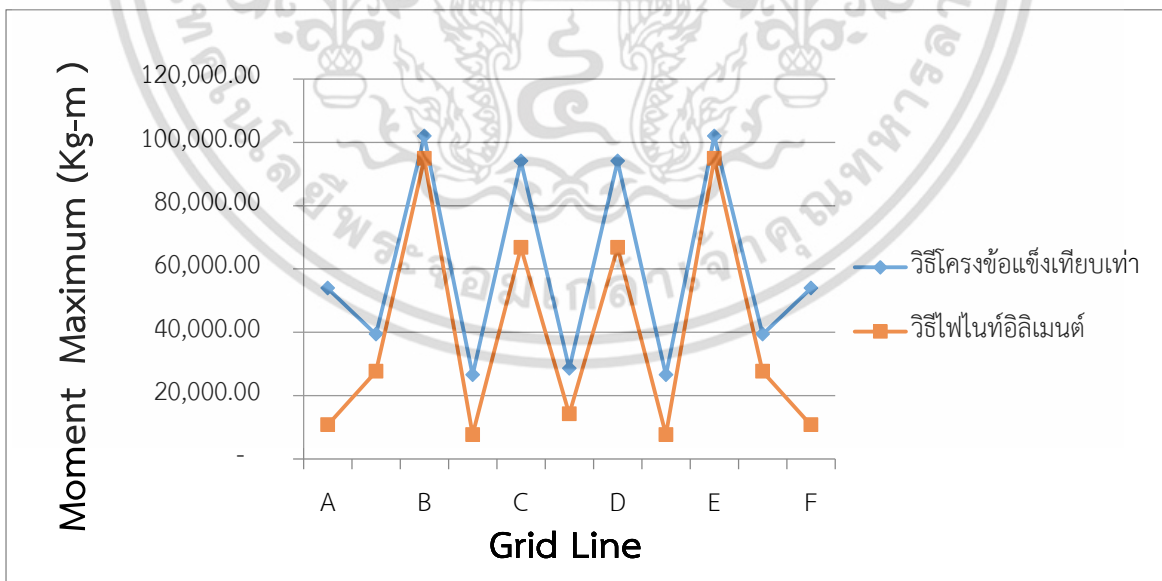


รูปที่ 4.53 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

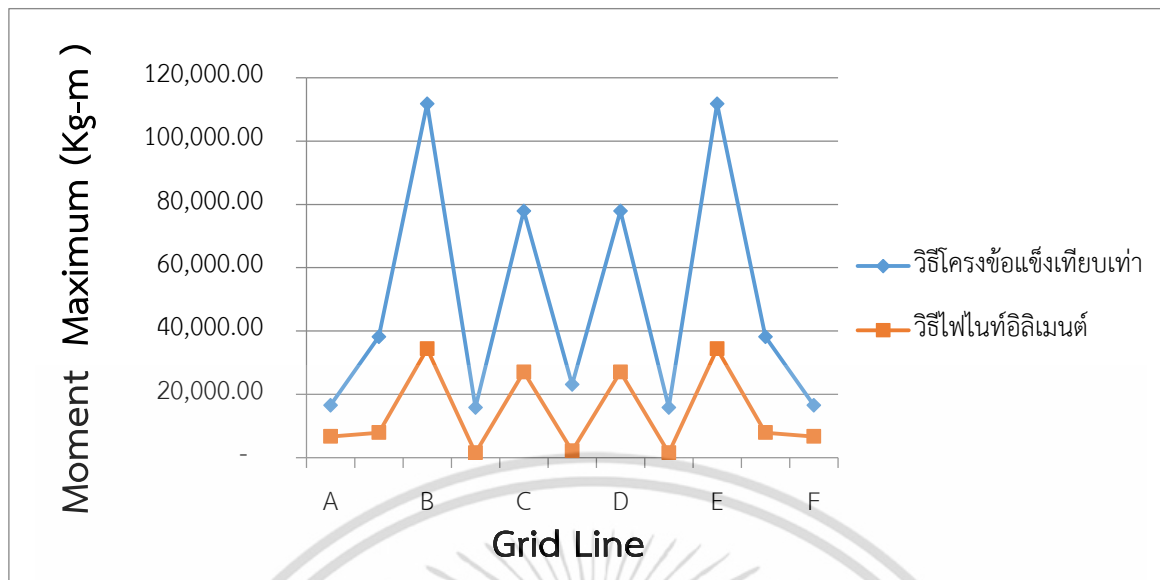
4.2.6 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.5$ 

รูปที่ 4.54 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

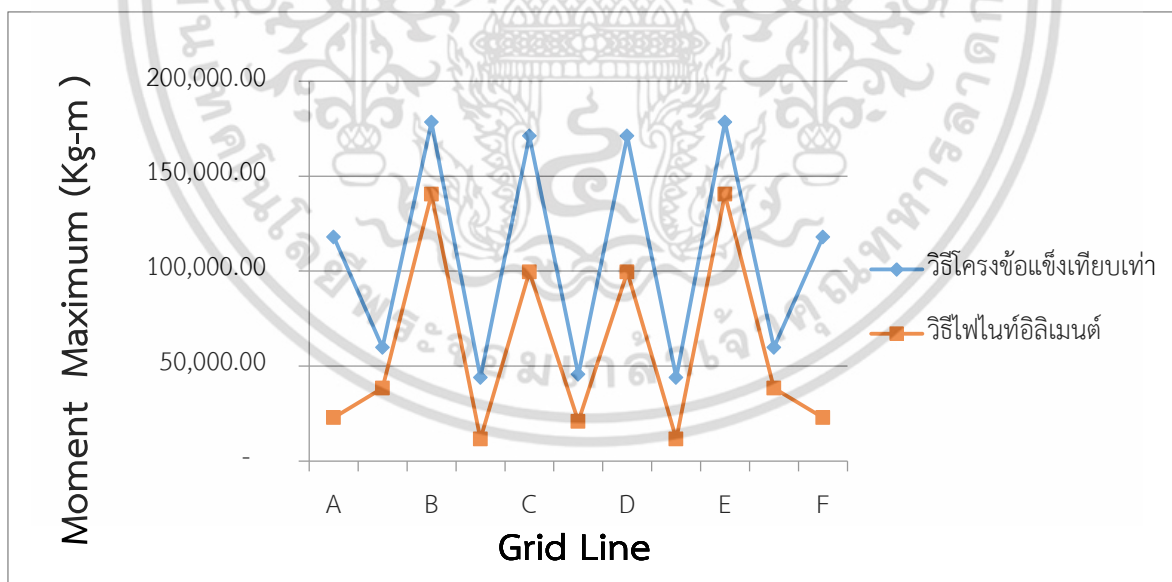


รูปที่ 4.55 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

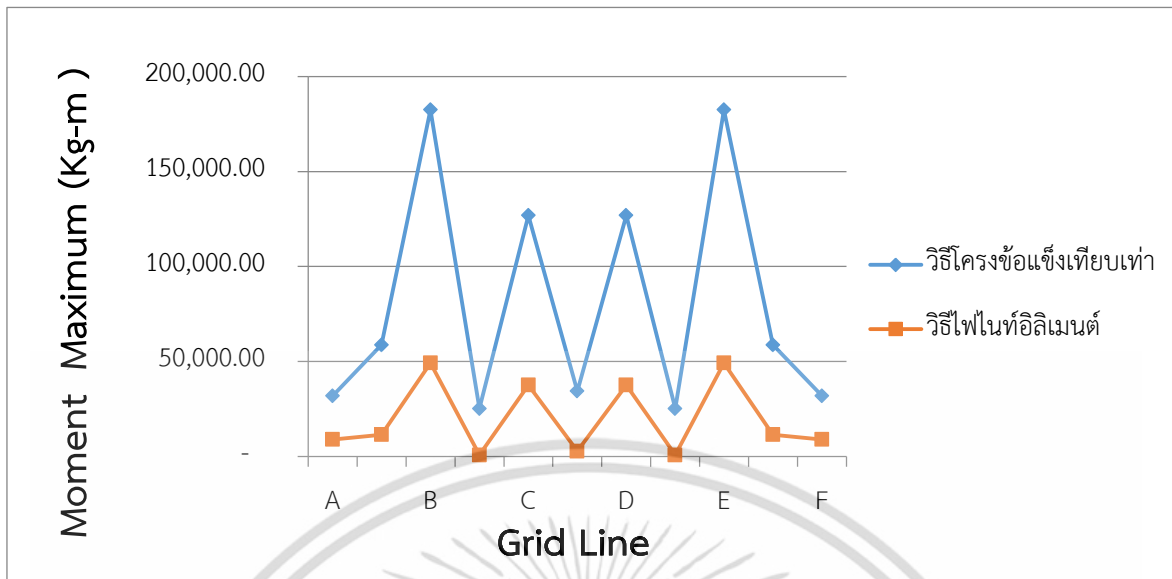


รูปที่ 4.56 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

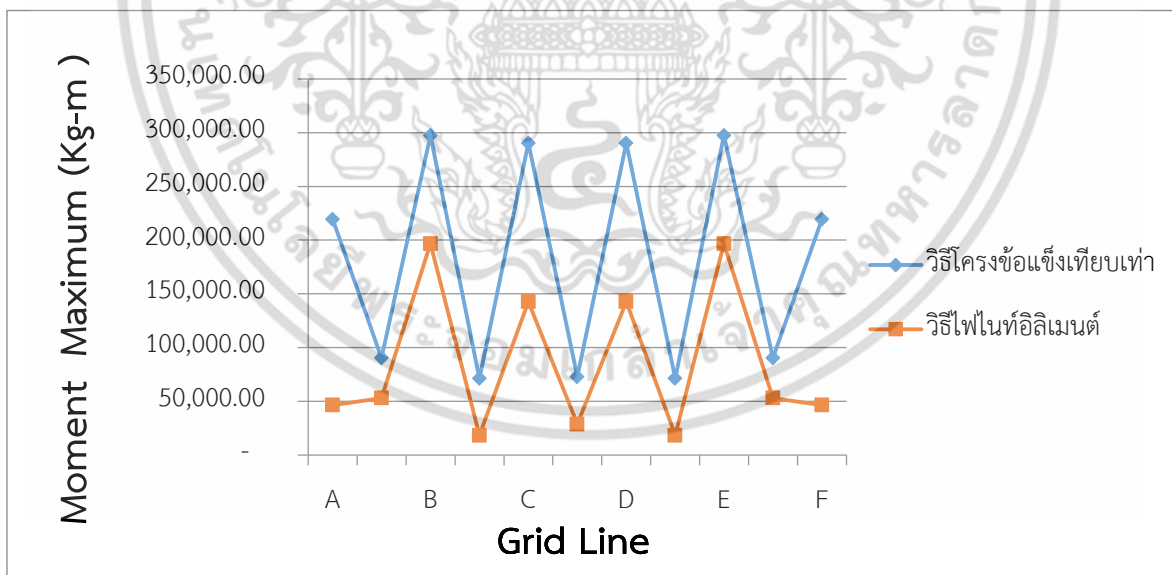


รูปที่ 4.57 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

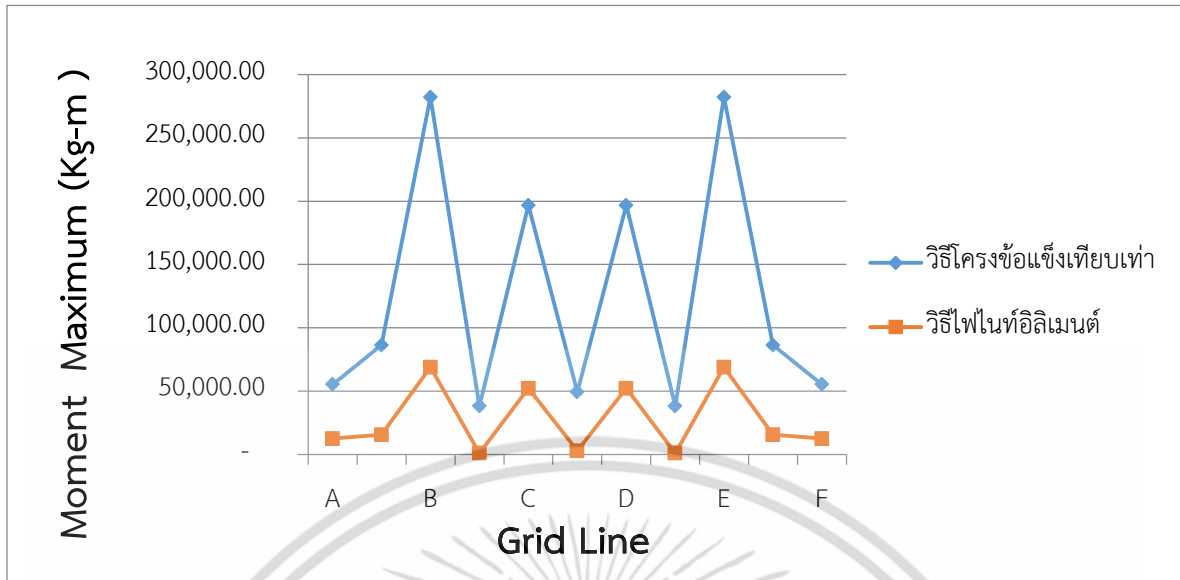


รูปที่ 4.58 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

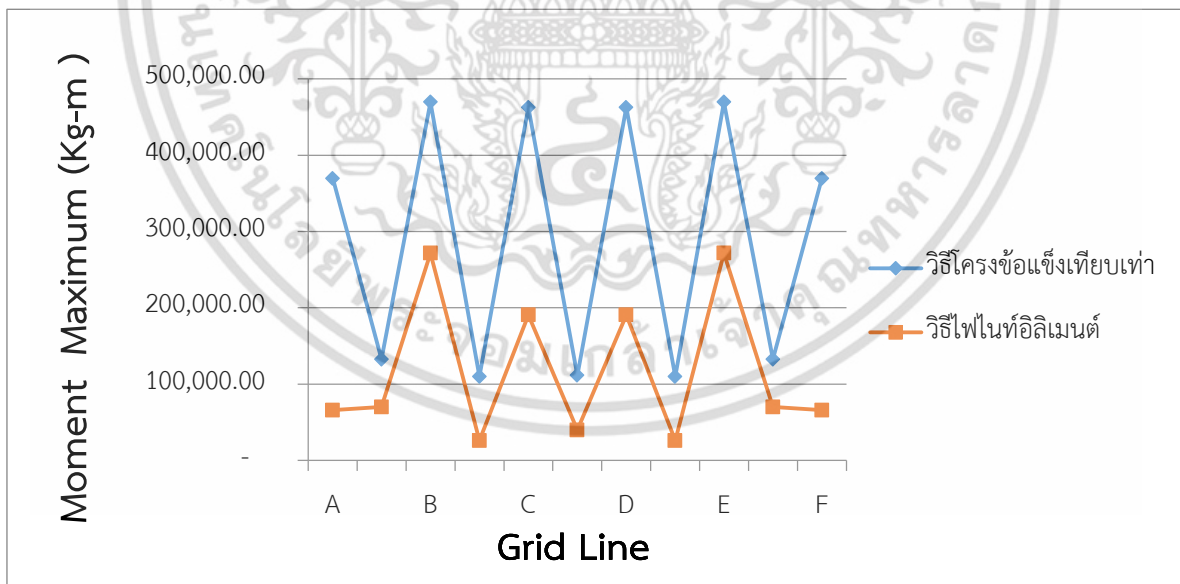


รูปที่ 4.59 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์เอลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

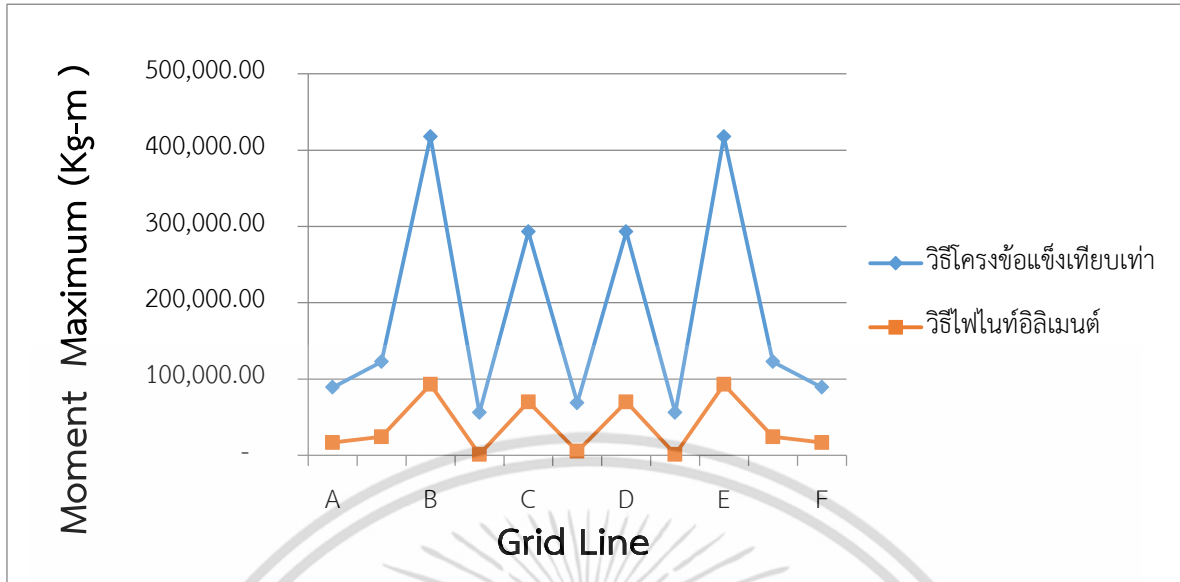


รูปที่ 4.60 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

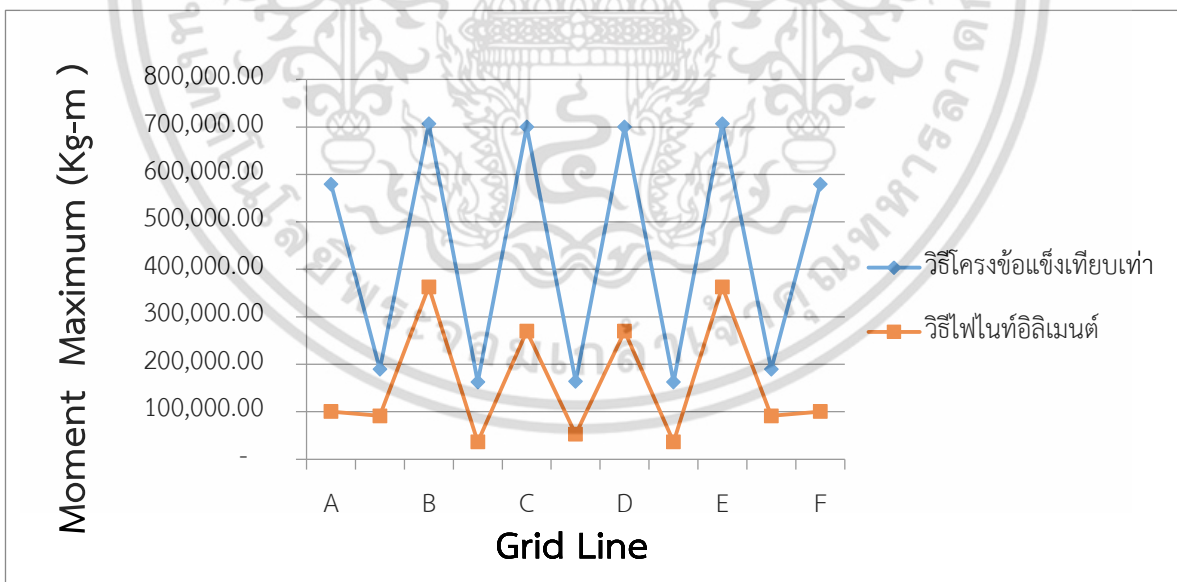


รูปที่ 4.61 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.62 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านสั้น ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร



รูปที่ 4.63 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อลิเมนต์ กับวิธี โครงสร้างข้อแข็งเทียบเท่า ในช่วงด้านยาว ซึ่งมีระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของสัมประสิทธิ์โมเมนต์ระหว่างวิธี ไฟไนท์อีลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า

4.3.1 กรณีอัตราส่วน $s/l = 1.0$

ตารางที่ 4.56 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.261	0.129	51%
	Middle Strips	0.108	0.071	34%
B	Column Strips	0.353	0.269	24%
	Middle Strips	0.085	0.044	48%
C	Column Strips	0.344	0.217	37%
	Middle Strips	0.087	0.050	43%
D	Column Strips	0.340	0.217	36%
	Middle Strips	0.085	0.044	49%
E	Column Strips	0.390	0.269	31%
	Middle Strips	0.104	0.071	32%
F	Column Strips	0.181	0.129	29%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.57 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.312	0.148	53%
	Middle Strips	0.096	0.064	33%
B	Column Strips	0.381	0.286	25%
	Middle Strips	0.082	0.042	49%
C	Column Strips	0.363	0.233	36%
	Middle Strips	0.081	0.047	42%
D	Column Strips	0.363	0.233	36%
	Middle Strips	0.082	0.042	49%
E	Column Strips	0.381	0.286	25%
	Middle Strips	0.096	0.064	33%
F	Column Strips	0.312	0.148	53%

ตารางที่ 4.58 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.323	0.143	56%
	Middle Strips	0.096	0.062	36%
B	Column Strips	0.348	0.261	25%
	Middle Strips	0.077	0.040	47%
C	Column Strips	0.339	0.218	36%
	Middle Strips	0.076	0.043	43%
D	Column Strips	0.339	0.218	36%
	Middle Strips	0.077	0.040	47%
E	Column Strips	0.348	0.261	25%
	Middle Strips	0.096	0.062	36%
F	Column Strips	0.323	0.143	56%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.59 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.362	0.179	51%
	Middle Strips	0.085	0.055	35%
B	Column Strips	0.342	0.262	23%
	Middle Strips	0.077	0.042	46%
C	Column Strips	0.336	0.222	34%
	Middle Strips	0.076	0.043	44%
D	Column Strips	0.336	0.222	34%
	Middle Strips	0.077	0.042	46%
E	Column Strips	0.342	0.262	23%
	Middle Strips	0.085	0.055	35%
F	Column Strips	0.362	0.179	51%

ตารางที่ 4.60 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.9 x 0.9 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.341	0.172	50%
	Middle Strips	0.083	0.057	32%
B	Column Strips	0.348	0.261	25%
	Middle Strips	0.084	0.044	48%
C	Column Strips	0.339	0.226	33%
	Middle Strips	0.084	0.046	46%
D	Column Strips	0.339	0.226	33%
	Middle Strips	0.084	0.044	48%
E	Column Strips	0.348	0.261	25%
	Middle Strips	0.083	0.057	32%
F	Column Strips	0.341	0.172	50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.9$

ตารางที่ 4.61 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.125	0.070	44%
	Middle Strips	0.177	0.083	53%
B	Column Strips	0.564	0.265	53%
	Middle Strips	0.081	0.033	59%
C	Column Strips	0.410	0.205	50%
	Middle Strips	0.105	0.043	59%
D	Column Strips	0.410	0.205	50%
	Middle Strips	0.081	0.033	59%
E	Column Strips	0.564	0.265	53%
	Middle Strips	0.177	0.083	53%
F	Column Strips	0.125	0.070	44%

ตารางที่ 4.62 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.167	0.097	42%
	Middle Strips	0.200	0.104	48%
B	Column Strips	0.650	0.332	49%
	Middle Strips	0.102	0.051	50%
C	Column Strips	0.484	0.257	47%
	Middle Strips	0.128	0.066	49%
D	Column Strips	0.484	0.257	47%
	Middle Strips	0.102	0.051	50%
E	Column Strips	0.650	0.332	49%
	Middle Strips	0.200	0.104	48%
F	Column Strips	0.167	0.097	42%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.63 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.196	0.118	40%
	Middle Strips	0.125	0.064	49%
B	Column Strips	0.508	0.279	45%
	Middle Strips	0.071	0.034	52%
C	Column Strips	0.416	0.220	47%
	Middle Strips	0.094	0.042	55%
D	Column Strips	0.416	0.220	47%
	Middle Strips	0.071	0.034	52%
E	Column Strips	0.508	0.279	45%
	Middle Strips	0.125	0.064	49%
F	Column Strips	0.196	0.118	40%

ตารางที่ 4.64 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.256	0.131	49%
	Middle Strips	0.158	0.071	55%
B	Column Strips	0.690	0.311	55%
	Middle Strips	0.088	0.038	57%
C	Column Strips	0.544	0.245	55%
	Middle Strips	0.109	0.047	57%
D	Column Strips	0.544	0.245	55%
	Middle Strips	0.088	0.038	57%
E	Column Strips	0.690	0.311	55%
	Middle Strips	0.158	0.071	55%
F	Column Strips	0.256	0.131	49%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.65 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.220	0.123	44%
	Middle Strips	0.101	0.063	38%
B	Column Strips	0.413	0.277	33%
	Middle Strips	0.071	0.035	51%
C	Column Strips	0.417	0.225	46%
	Middle Strips	0.084	0.040	53%
D	Column Strips	0.417	0.225	46%
	Middle Strips	0.071	0.035	51%
E	Column Strips	0.413	0.277	33%
	Middle Strips	0.101	0.063	38%
F	Column Strips	0.220	0.123	44%

ตารางที่ 4.66 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.293	0.164	44%
	Middle Strips	0.175	0.080	54%
B	Column Strips	0.629	0.340	46%
	Middle Strips	0.107	0.051	52%
C	Column Strips	0.434	0.278	36%
	Middle Strips	0.083	0.057	31%
D	Column Strips	0.434	0.278	36%
	Middle Strips	0.107	0.051	52%
E	Column Strips	0.629	0.340	46%
	Middle Strips	0.175	0.080	54%
F	Column Strips	0.293	0.164	44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.67 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.226	0.133	41%
	Middle Strips	0.100	0.061	39%
B	Column Strips	0.595	0.285	52%
	Middle Strips	0.098	0.034	65%
C	Column Strips	0.496	0.233	53%
	Middle Strips	0.079	0.039	51%
D	Column Strips	0.496	0.233	53%
	Middle Strips	0.098	0.034	65%
E	Column Strips	0.595	0.285	52%
	Middle Strips	0.100	0.061	39%
F	Column Strips	0.226	0.133	41%

ตารางที่ 4.68 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.299	0.176	41%
	Middle Strips	0.165	0.078	53%
B	Column Strips	0.716	0.315	56%
	Middle Strips	0.098	0.051	48%
C	Column Strips	0.435	0.287	34%
	Middle Strips	0.085	0.056	34%
D	Column Strips	0.435	0.287	34%
	Middle Strips	0.098	0.051	48%
E	Column Strips	0.716	0.315	56%
	Middle Strips	0.165	0.078	53%
F	Column Strips	0.299	0.176	41%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.69 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.266	0.152	43%
	Middle Strips	0.089	0.055	38%
B	Column Strips	0.549	0.280	49%
	Middle Strips	0.086	0.037	57%
C	Column Strips	0.441	0.234	47%
	Middle Strips	0.090	0.041	55%
D	Column Strips	0.441	0.234	47%
	Middle Strips	0.086	0.037	57%
E	Column Strips	0.549	0.280	49%
	Middle Strips	0.089	0.055	38%
F	Column Strips	0.266	0.152	43%

ตารางที่ 4.70 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.343	0.199	42%
	Middle Strips	0.166	0.075	55%
B	Column Strips	0.671	0.342	49%
	Middle Strips	0.111	0.052	53%
C	Column Strips	0.535	0.289	46%
	Middle Strips	0.087	0.055	36%
D	Column Strips	0.535	0.289	46%
	Middle Strips	0.111	0.052	53%
E	Column Strips	0.671	0.342	49%
	Middle Strips	0.166	0.075	55%
F	Column Strips	0.343	0.199	42%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.8$

ตารางที่ 4.71 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.100	0.056	44%
	Middle Strips	0.165	0.084	49%
B	Column Strips	0.570	0.285	50%
	Middle Strips	0.053	0.025	54%
C	Column Strips	0.482	0.217	55%
	Middle Strips	0.104	0.035	66%
D	Column Strips	0.482	0.217	55%
	Middle Strips	0.053	0.025	54%
E	Column Strips	0.570	0.285	50%
	Middle Strips	0.165	0.084	49%
F	Column Strips	0.100	0.056	44%

ตารางที่ 4.72 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.204	0.106	48%
	Middle Strips	0.268	0.134	50%
B	Column Strips	0.925	0.453	51%
	Middle Strips	0.126	0.057	55%
C	Column Strips	0.549	0.340	38%
	Middle Strips	0.152	0.077	49%
D	Column Strips	0.549	0.340	38%
	Middle Strips	0.126	0.057	55%
E	Column Strips	0.925	0.453	51%
	Middle Strips	0.268	0.134	50%
F	Column Strips	0.204	0.106	48%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.73 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.157	0.091	42%
	Middle Strips	0.107	0.068	36%
B	Column Strips	0.546	0.300	45%
	Middle Strips	0.052	0.025	52%
C	Column Strips	0.396	0.230	42%
	Middle Strips	0.066	0.036	46%
D	Column Strips	0.396	0.230	42%
	Middle Strips	0.052	0.025	52%
E	Column Strips	0.546	0.300	45%
	Middle Strips	0.107	0.068	36%
F	Column Strips	0.157	0.091	42%

ตารางที่ 4.74 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.339	0.183	46%
	Middle Strips	0.206	0.111	46%
B	Column Strips	0.928	0.464	50%
	Middle Strips	0.117	0.056	52%
C	Column Strips	0.635	0.362	43%
	Middle Strips	0.124	0.068	45%
D	Column Strips	0.635	0.362	43%
	Middle Strips	0.117	0.056	52%
E	Column Strips	0.928	0.464	50%
	Middle Strips	0.206	0.111	46%
F	Column Strips	0.339	0.183	46%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.75 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.017	0.010	42%
	Middle Strips	0.105	0.065	38%
B	Column Strips	0.597	0.305	49%
	Middle Strips	0.057	0.027	53%
C	Column Strips	0.432	0.237	45%
	Middle Strips	0.068	0.036	47%
D	Column Strips	0.432	0.237	45%
	Middle Strips	0.057	0.027	53%
E	Column Strips	0.597	0.305	49%
	Middle Strips	0.105	0.065	38%
F	Column Strips	0.017	0.010	42%

ตารางที่ 4.76 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.362	0.188	48%
	Middle Strips	0.209	0.106	49%
B	Column Strips	0.936	0.468	50%
	Middle Strips	0.112	0.060	47%
C	Column Strips	0.670	0.369	45%
	Middle Strips	0.142	0.071	50%
D	Column Strips	0.670	0.369	45%
	Middle Strips	0.112	0.060	47%
E	Column Strips	0.936	0.468	50%
	Middle Strips	0.209	0.106	49%
F	Column Strips	0.362	0.188	48%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.77 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.212	0.119	44%
	Middle Strips	0.106	0.059	44%
B	Column Strips	0.659	0.296	55%
	Middle Strips	0.053	0.028	47%
C	Column Strips	0.389	0.237	39%
	Middle Strips	0.068	0.034	50%
D	Column Strips	0.389	0.237	39%
	Middle Strips	0.053	0.028	47%
E	Column Strips	0.659	0.296	55%
	Middle Strips	0.106	0.059	44%
F	Column Strips	0.212	0.119	44%

ตารางที่ 4.78 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.430	0.220	49%
	Middle Strips	0.203	0.102	50%
B	Column Strips	0.844	0.456	46%
	Middle Strips	0.129	0.063	51%
C	Column Strips	0.728	0.371	49%
	Middle Strips	0.147	0.071	52%
D	Column Strips	0.728	0.371	49%
	Middle Strips	0.129	0.063	51%
E	Column Strips	0.844	0.456	46%
	Middle Strips	0.203	0.102	50%
F	Column Strips	0.430	0.220	49%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.79 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.176	0.097	45%
	Middle Strips	0.077	0.043	44%
B	Column Strips	0.531	0.228	57%
	Middle Strips	0.036	0.021	41%
C	Column Strips	0.328	0.183	44%
	Middle Strips	0.051	0.025	51%
D	Column Strips	0.328	0.183	44%
	Middle Strips	0.036	0.021	41%
E	Column Strips	0.531	0.228	57%
	Middle Strips	0.077	0.043	44%
F	Column Strips	0.176	0.097	45%

ตารางที่ 4.80 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.569	0.313	45%
	Middle Strips	0.312	0.131	58%
B	Column Strips	1.065	0.618	42%
	Middle Strips	0.179	0.084	53%
C	Column Strips	1.055	0.507	52%
	Middle Strips	0.201	0.093	54%
D	Column Strips	1.055	0.507	52%
	Middle Strips	0.179	0.084	53%
E	Column Strips	1.065	0.618	42%
	Middle Strips	0.312	0.131	58%
F	Column Strips	0.569	0.313	45%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.7$

ตารางที่ 4.81 ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.127	0.057	55%
	Middle Strips	0.149	0.078	48%
B	Column Strips	0.512	0.307	40%
	Middle Strips	0.045	0.017	62%
C	Column Strips	0.373	0.231	38%
	Middle Strips	0.085	0.029	66%
D	Column Strips	0.373	0.231	38%
	Middle Strips	0.045	0.017	62%
E	Column Strips	0.512	0.307	40%
	Middle Strips	0.149	0.078	48%
F	Column Strips	0.127	0.057	55%

ตารางที่ 4.82 ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.278	0.145	48%
	Middle Strips	0.249	0.171	31%
B	Column Strips	0.720	0.647	10%
	Middle Strips	0.172	0.070	59%
C	Column Strips	0.684	0.479	30%
	Middle Strips	0.189	0.098	48%
D	Column Strips	0.684	0.479	30%
	Middle Strips	0.172	0.070	59%
E	Column Strips	0.720	0.647	10%
	Middle Strips	0.249	0.171	31%
F	Column Strips	0.278	0.145	48%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.83 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.217	0.098	55%
	Middle Strips	0.208	0.110	47%
B	Column Strips	0.770	0.478	38%
	Middle Strips	0.057	0.025	57%
C	Column Strips	0.675	0.358	47%
	Middle Strips	0.147	0.046	69%
D	Column Strips	0.675	0.358	47%
	Middle Strips	0.057	0.025	57%
E	Column Strips	0.770	0.478	38%
	Middle Strips	0.208	0.110	47%
F	Column Strips	0.217	0.098	55%

ตารางที่ 4.84 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.444	0.144	68%
	Middle Strips	0.284	0.170	40%
B	Column Strips	0.838	0.648	23%
	Middle Strips	0.201	0.069	66%
C	Column Strips	0.740	0.440	41%
	Middle Strips	0.220	0.099	55%
D	Column Strips	0.740	0.440	41%
	Middle Strips	0.201	0.069	66%
E	Column Strips	0.838	0.648	23%
	Middle Strips	0.284	0.170	40%
F	Column Strips	0.444	0.144	68%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.85 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงสร้างแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.096	0.095	1%
	Middle Strips	0.187	0.112	40%
B	Column Strips	0.692	0.450	35%
	Middle Strips	0.048	0.022	54%
C	Column Strips	0.416	0.308	26%
	Middle Strips	0.105	0.044	58%
D	Column Strips	0.416	0.308	26%
	Middle Strips	0.048	0.022	54%
E	Column Strips	0.692	0.450	35%
	Middle Strips	0.187	0.112	40%
F	Column Strips	0.096	0.095	1%

ตารางที่ 4.86 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงสร้างแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.302	0.142	53%
	Middle Strips	0.232	0.169	27%
B	Column Strips	0.818	0.630	23%
	Middle Strips	0.135	0.070	48%
C	Column Strips	0.611	0.440	28%
	Middle Strips	0.190	0.093	51%
D	Column Strips	0.611	0.440	28%
	Middle Strips	0.135	0.070	48%
E	Column Strips	0.818	0.630	23%
	Middle Strips	0.232	0.169	27%
F	Column Strips	0.302	0.142	53%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.87 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.209	0.092	56%
	Middle Strips	0.217	0.113	48%
B	Column Strips	0.938	0.450	52%
	Middle Strips	0.057	0.024	58%
C	Column Strips	0.471	0.320	32%
	Middle Strips	0.120	0.049	59%
D	Column Strips	0.471	0.320	32%
	Middle Strips	0.057	0.024	58%
E	Column Strips	0.938	0.450	52%
	Middle Strips	0.217	0.113	48%
F	Column Strips	0.209	0.092	56%

ตารางที่ 4.88 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.308	0.145	53%
	Middle Strips	0.304	0.173	43%
B	Column Strips	0.590	0.460	22%
	Middle Strips	0.157	0.077	51%
C	Column Strips	0.525	0.399	24%
	Middle Strips	0.182	0.100	45%
D	Column Strips	0.525	0.399	24%
	Middle Strips	0.157	0.077	51%
E	Column Strips	0.590	0.460	22%
	Middle Strips	0.304	0.173	43%
F	Column Strips	0.308	0.145	53%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.89 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.224	0.092	59%
	Middle Strips	0.195	0.113	42%
B	Column Strips	0.703	0.450	36%
	Middle Strips	0.056	0.024	57%
C	Column Strips	0.593	0.320	46%
	Middle Strips	0.102	0.049	52%
D	Column Strips	0.593	0.320	46%
	Middle Strips	0.056	0.024	57%
E	Column Strips	0.703	0.450	36%
	Middle Strips	0.195	0.113	42%
F	Column Strips	0.224	0.092	59%

ตารางที่ 4.90 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.249	0.142	43%
	Middle Strips	0.309	0.169	45%
B	Column Strips	0.711	0.457	36%
	Middle Strips	0.157	0.069	56%
C	Column Strips	0.819	0.420	49%
	Middle Strips	0.207	0.095	54%
D	Column Strips	0.819	0.420	49%
	Middle Strips	0.157	0.069	56%
E	Column Strips	0.711	0.457	36%
	Middle Strips	0.309	0.169	45%
F	Column Strips	0.249	0.142	43%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.6$

ตารางที่ 4.91 ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.104	0.049	53%
	Middle Strips	0.149	0.076	49%
B	Column Strips	0.598	0.317	47%
	Middle Strips	0.025	0.010	61%
C	Column Strips	0.426	0.239	44%
	Middle Strips	0.055	0.024	57%
D	Column Strips	0.426	0.239	44%
	Middle Strips	0.025	0.010	61%
E	Column Strips	0.598	0.317	47%
	Middle Strips	0.149	0.076	49%
F	Column Strips	0.104	0.049	53%

ตารางที่ 4.92 ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โอมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.304	0.131	57%
	Middle Strips	0.358	0.247	31%
B	Column Strips	0.445	0.420	6%
	Middle Strips	0.150	0.074	51%
C	Column Strips	0.771	0.551	28%
	Middle Strips	0.265	0.133	50%
D	Column Strips	0.771	0.551	28%
	Middle Strips	0.150	0.074	51%
E	Column Strips	0.445	0.420	6%
	Middle Strips	0.358	0.247	31%
F	Column Strips	0.304	0.131	57%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.93 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.086	0.050	42%
	Middle Strips	0.131	0.077	41%
B	Column Strips	0.646	0.310	52%
	Middle Strips	0.033	0.015	54%
C	Column Strips	0.460	0.230	50%
	Middle Strips	0.060	0.026	57%
D	Column Strips	0.460	0.230	50%
	Middle Strips	0.033	0.015	54%
E	Column Strips	0.646	0.310	52%
	Middle Strips	0.131	0.077	41%
F	Column Strips	0.086	0.050	42%

ตารางที่ 4.94 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.287	0.132	54%
	Middle Strips	0.391	0.240	39%
B	Column Strips	0.526	0.421	20%
	Middle Strips	0.193	0.077	60%
C	Column Strips	0.910	0.550	40%
	Middle Strips	0.298	0.131	56%
D	Column Strips	0.910	0.550	40%
	Middle Strips	0.193	0.077	60%
E	Column Strips	0.526	0.421	20%
	Middle Strips	0.391	0.240	39%
F	Column Strips	0.287	0.132	54%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.95 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.109	0.048	56%
	Middle Strips	0.166	0.078	53%
B	Column Strips	0.702	0.309	56%
	Middle Strips	0.028	0.011	61%
C	Column Strips	0.493	0.222	55%
	Middle Strips	0.055	0.023	58%
D	Column Strips	0.493	0.222	55%
	Middle Strips	0.028	0.011	61%
E	Column Strips	0.702	0.309	56%
	Middle Strips	0.166	0.078	53%
F	Column Strips	0.109	0.048	56%

ตารางที่ 4.96 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.188	0.132	30%
	Middle Strips	0.511	0.240	53%
B	Column Strips	0.597	0.421	29%
	Middle Strips	0.163	0.075	54%
C	Column Strips	0.888	0.554	38%
	Middle Strips	0.362	0.134	63%
D	Column Strips	0.888	0.554	38%
	Middle Strips	0.163	0.075	54%
E	Column Strips	0.597	0.421	29%
	Middle Strips	0.511	0.240	53%
F	Column Strips	0.188	0.132	30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.97 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.109	0.051	53%
	Middle Strips	0.134	0.075	44%
B	Column Strips	0.449	0.319	29%
	Middle Strips	0.050	0.018	64%
C	Column Strips	0.412	0.210	49%
	Middle Strips	0.074	0.029	61%
D	Column Strips	0.412	0.210	49%
	Middle Strips	0.050	0.018	64%
E	Column Strips	0.449	0.319	29%
	Middle Strips	0.134	0.075	44%
F	Column Strips	0.109	0.051	53%

ตารางที่ 4.98 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.307	0.132	57%
	Middle Strips	0.490	0.243	50%
B	Column Strips	0.716	0.423	41%
	Middle Strips	0.200	0.074	63%
C	Column Strips	1.216	0.552	55%
	Middle Strips	0.374	0.131	65%
D	Column Strips	1.216	0.552	55%
	Middle Strips	0.200	0.074	63%
E	Column Strips	0.716	0.423	41%
	Middle Strips	0.490	0.243	50%
F	Column Strips	0.307	0.132	57%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.99 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.107	0.049	54%
	Middle Strips	0.141	0.076	46%
B	Column Strips	0.546	0.317	42%
	Middle Strips	0.028	0.010	64%
C	Column Strips	0.487	0.239	51%
	Middle Strips	0.056	0.024	58%
D	Column Strips	0.487	0.239	51%
	Middle Strips	0.028	0.010	64%
E	Column Strips	0.546	0.317	42%
	Middle Strips	0.141	0.076	46%
F	Column Strips	0.107	0.049	54%

ตารางที่ 4.100 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.605	0.133	78%
	Middle Strips	0.553	0.246	56%
B	Column Strips	0.803	0.422	47%
	Middle Strips	1.506	0.374	75%
C	Column Strips	1.358	0.551	59%
	Middle Strips	1.517	0.479	68%
D	Column Strips	1.358	0.551	59%
	Middle Strips	1.506	0.374	75%
E	Column Strips	0.803	0.422	47%
	Middle Strips	0.553	0.246	56%
F	Column Strips	0.605	0.133	78%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 กรณีอัตราส่วน $s/l = 0.5$

ตารางที่ 4.101 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.110	0.058	47%
	Middle Strips	0.171	0.075	56%
B	Column Strips	0.567	0.306	46%
	Middle Strips	0.033	0.013	61%
C	Column Strips	0.418	0.251	40%
	Middle Strips	0.049	0.018	64%
D	Column Strips	0.621	0.251	60%
	Middle Strips	0.134	0.013	91%
E	Column Strips	0.887	0.306	66%
	Middle Strips	0.319	0.075	76%
F	Column Strips	0.110	0.058	47%

ตารางที่ 4.102 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 6 m และขนาดเสา 0.4 x 0.4 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์	
A	Column Strips	0.292	0.146	50%
	Middle Strips	0.538	0.378	30%
B	Column Strips	0.478	0.445	7%
	Middle Strips	0.266	0.104	61%
C	Column Strips	0.641	0.455	29%
	Middle Strips	0.390	0.193	50%
D	Column Strips	0.641	0.455	29%
	Middle Strips	0.266	0.104	61%
E	Column Strips	0.478	0.445	7%
	Middle Strips	0.538	0.378	30%
F	Column Strips	0.292	0.146	50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.103 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.136	0.060	56%
	Middle Strips	0.173	0.071	59%
B	Column Strips	0.561	0.286	49%
	Middle Strips	0.041	0.016	61%
C	Column Strips	0.458	0.252	45%
	Middle Strips	0.049	0.019	61%
D	Column Strips	0.727	0.252	65%
	Middle Strips	0.171	0.016	91%
E	Column Strips	0.930	0.286	69%
	Middle Strips	0.344	0.071	79%
F	Column Strips	0.149	0.060	60%

ตารางที่ 4.104 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 7 m และขนาดเสา 0.5 x 0.5 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.292	0.146	50%
	Middle Strips	0.538	0.378	30%
B	Column Strips	0.478	0.445	7%
	Middle Strips	0.266	0.104	61%
C	Column Strips	0.641	0.455	29%
	Middle Strips	0.390	0.193	50%
D	Column Strips	0.641	0.455	29%
	Middle Strips	0.266	0.104	61%
E	Column Strips	0.478	0.445	7%
	Middle Strips	0.538	0.378	30%
F	Column Strips	0.292	0.146	50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.105 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.140	0.059	58%
	Middle Strips	0.150	0.072	52%
B	Column Strips	0.838	0.285	66%
	Middle Strips	0.042	0.018	57%
C	Column Strips	0.554	0.255	54%
	Middle Strips	0.028	0.011	61%
D	Column Strips	0.964	0.255	74%
	Middle Strips	0.698	0.018	97%
E	Column Strips	1.169	0.285	76%
	Middle Strips	0.403	0.072	82%
F	Column Strips	0.263	0.059	78%

ตารางที่ 4.106 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 8 m และขนาดเสา 0.6 x 0.6 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.349	0.143	59%
	Middle Strips	0.586	0.344	41%
B	Column Strips	0.665	0.440	34%
	Middle Strips	0.260	0.104	60%
C	Column Strips	0.916	0.450	51%
	Middle Strips	0.489	0.193	61%
D	Column Strips	0.916	0.450	51%
	Middle Strips	0.260	0.104	60%
E	Column Strips	0.665	0.440	34%
	Middle Strips	0.586	0.344	41%
F	Column Strips	0.349	0.143	59%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.107 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.140	0.059	58%
	Middle Strips	0.150	0.072	52%
B	Column Strips	0.838	0.285	66%
	Middle Strips	0.042	0.018	57%
C	Column Strips	0.554	0.255	54%
	Middle Strips	0.028	0.011	61%
D	Column Strips	0.964	0.255	74%
	Middle Strips	0.698	0.018	97%
E	Column Strips	1.169	0.285	76%
	Middle Strips	0.403	0.072	82%
F	Column Strips	0.263	0.059	78%

ตารางที่ 4.108 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาว ระยะด้านสั้น 9 m และขนาดเสา 0.7 x 0.7 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.349	0.143	59%
	Middle Strips	0.586	0.344	41%
B	Column Strips	0.673	0.445	34%
	Middle Strips	0.625	0.250	60%
C	Column Strips	0.916	0.450	51%
	Middle Strips	0.489	0.193	61%
D	Column Strips	0.916	0.450	51%
	Middle Strips	0.625	0.250	60%
E	Column Strips	0.673	0.445	34%
	Middle Strips	0.586	0.344	41%
F	Column Strips	0.349	0.143	59%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.109 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงสั้น ระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	โมเมนต์สูงสุด (Kg-m)		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.120	0.059	51%
	Middle Strips	0.144	0.072	50%
B	Column Strips	0.548	0.285	48%
	Middle Strips	0.041	0.018	56%
C	Column Strips	0.586	0.252	57%
	Middle Strips	0.040	0.019	52%
D	Column Strips	0.586	0.252	57%
	Middle Strips	0.041	0.018	56%
E	Column Strips	0.548	0.285	48%
	Middle Strips	0.144	0.072	50%
F	Column Strips	0.120	0.059	51%

ตารางที่ 4.110 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ในช่วงยาวระยะด้านสั้น 10 m และขนาดเสา 0.8 x 0.8 เมตร

Grid Line	Strips	ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์		เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
		วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า	วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์	
A	Column Strips	0.306	0.144	53%
	Middle Strips	0.711	0.342	52%
B	Column Strips	0.856	0.440	49%
	Middle Strips	0.598	0.251	58%
C	Column Strips	0.921	0.442	52%
	Middle Strips	0.487	0.190	61%
D	Column Strips	0.921	0.442	52%
	Middle Strips	0.598	0.251	58%
E	Column Strips	0.856	0.440	49%
	Middle Strips	0.711	0.342	52%
F	Column Strips	0.306	0.144	53%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ระหว่างวิธีโครงข้อแย้งเทียบเท่ากับวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ พบว่าวิธีโครงข้อแย้งเทียบเท่ามีค่ามากกว่าวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์เฉลี่ยอยู่ที่ 48 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทนี้เป็นกรกล่าวผลสรุปงานวิจัยและเปรียบเทียบผลการ วิเคราะห์ทั้งหมดที่ได้ศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในบทแรก รวมถึงการเสนอแนะของการวิจัย และการวิจัยและปรับปรุงในขั้นตอนต่อไปซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้วยวิธีทางFinite element

ผลการวิเคราะห์โมเมนต์ในพื้นที่คานที่ตำแหน่ง Column strips และ Middle strips นั้น จะทำให้ทราบค่า โมเมนต์สูงสุดซึ่งค่า โมเมนต์สูงสุด นี้ จะนำมาทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ซึ่ง สัมประสิทธิ์โมเมนต์ จะนำไปใช้ออกแบบเหล็กเพื่อเสริมคอนกรีต ในขั้นตอนต่อไป โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 30 แบบจำลอง พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์โมเมนต์ และได้ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของด้านสั้นและด้านยาวดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้านสั้น

Moment			Short Span					
			Span ratio					
			1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	0.037	0.042	0.043	0.049	0.053	0.054
		M+ช่วงใน	0.062	0.067	0.076	0.083	0.089	0.093
	Strips	M-ช่วงนอก	0.129	0.136	0.148	0.149	0.151	0.154
		M-ช่วงใน	0.025	0.026	0.026	0.029	0.032	0.035
	Middle	M+ช่วงใน	0.053	0.060	0.070	0.082	0.084	0.086
		M-ช่วงใน	0.021	0.022	0.023	0.025	0.027	0.029
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	0.022	0.023	0.025	0.026	0.027	0.029
		M+ช่วงใน	0.046	0.057	0.064	0.077	0.093	0.112
	Strips	M-ช่วงนอก	0.113	0.127	0.128	0.131	0.132	0.135
		M-ช่วงใน	0.018	0.019	0.020	0.022	0.025	0.028
	Middle	M+ช่วงใน	0.039	0.047	0.053	0.065	0.077	0.094
		M-ช่วงใน	0.016	0.017	0.018	0.020	0.022	0.027
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column	M+ช่วงใน	0.038	0.044	0.050	0.054	0.055	0.058
		M-ช่วงใน	0.024	0.025	0.027	0.030	0.050	0.075
	Middle	M+ช่วงใน	0.026	0.028	0.030	0.034	0.055	0.082
		M-ช่วงใน	0.022	0.023	0.025	0.028	0.046	0.068

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้านยาว

Moment			long Span					
			Span ratio					
			1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
ต่อเนื่อง 2 ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	0.037	0.052	0.068	0.099	0.137	0.237
		M+ช่วงใน	0.062	0.086	0.113	0.159	0.227	0.384
	Strips	M-ช่วงนอก	0.129	0.188	0.221	0.259	0.287	0.294
		M-ช่วงใน	0.025	0.053	0.069	0.083	0.091	0.103
	Middle	M+ช่วงใน	0.053	0.064	0.096	0.141	0.205	0.355
		M-ช่วงใน	0.021	0.032	0.041	0.059	0.122	0.256
ต่อเนื่อง 3 ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	0.022	0.038	0.048	0.065	0.086	0.134
		M+ช่วงใน	0.047	0.060	0.074	0.096	0.135	0.203
	Strips	M-ช่วงนอก	0.113	0.128	0.130	0.133	0.141	0.145
		M-ช่วงใน	0.018	0.051	0.062	0.082	0.094	0.107
	Middle	M+ช่วงใน	0.039	0.048	0.060	0.085	0.122	0.185
		M-ช่วงใน	0.016	0.024	0.030	0.047	0.092	0.233
ต่อเนื่อง 4 ด้าน	Column	M+ช่วงใน	0.038	0.058	0.071	0.093	0.147	0.196
		M-ช่วงใน	0.024	0.052	0.062	0.082	0.095	0.105
	Middle	M+ช่วงใน	0.027	0.050	0.063	0.088	0.131	0.190
		M-ช่วงใน	0.022	0.031	0.038	0.046	0.065	0.094

5.1.2 สรุปการเปรียบเทียบผลการออกแบบพื้นไร้คานด้วยวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าและวิธีทางไฟไนท์อีลิเมนต์

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟไนท์อีลิเมนต์ค่าโมเมนต์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าน้อยกว่า วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าเฉลี่ยอยู่ที่ 48 เปอร์เซ็นต์ หากเป็นไปได้จึงควรใช้วิธี ทางไฟไนท์อีลิเมนต์ค่าโมเมนต์ วิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า แต่ถ้าหากไม่มีโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์ค่าโมเมนต์ เช่น SAFE หรือ ETAB เป็นต้น การออกแบบโดยวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ก็ให้ค่าโมเมนต์ที่Conservative ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์ผลการวิเคราะห์

5.2.1 ในบางกรณีตำแหน่ง Moment maximum ค่าบวก ไม่ได้เกิดที่ กึ่งกลางพื้น อันเนื่องมาจากผลของจำนวนด้านที่ต่อเนื่อง มีจำนวนไม่เท่ากัน

5.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในด้านยาวของพื้นไร้คานนั้น จะแตกต่างกับค่า สัมประสิทธิ์โมเมนต์ ด้านยาวของพื้นสองทาง กรณีของพื้นไร้คาน ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ จะแบ่งตามกรณี ของอัตราส่วน ด้านสั้นต่อด้านยาว แต่ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของพื้นสองทางนั้น จะมีแค่ค่าเดียวไม่ได้แบ่งตามกรณี

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการสร้างโมเดลนั้น ต้องมีความรู้ความเข้าใจอย่างมาก เพราะถ้าโมเดลผิดแบบ ผลที่ได้ นั้นจะมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก

5.3.2 โครงสร้างพื้นไร้คานที่มีความซับซ้อน ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่ได้จากการวิเคราะห์โดย โปรแกรม Finite element นั้น อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ผู้ที่ใช้ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ ควร อ้างอิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและเพื่อความน่าเชื่อถือ

5.3.3 โครงสร้างโมเดลที่ทำการวิเคราะห์ควรเพิ่มหรือลด ระยะด้านสั้นและด้านยาว พร้อมทั้ง เปลี่ยน Uniform load, ความหนาพื้นและหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์มาเฉลี่ยหลายๆกรณี เพื่อความ แม่นยำของโมเมนต์ที่ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิจจา ทับทิมรัตนา ,พงศธร บุพลับ และ รัตน์ ประเดิมภูสิตกุล. “การหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์สำหรับพื้นไร้คานชนิดไม่มีแป้นหัวเสา” ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2557.
- [2] ชำนาญ ดวงจรัส และ เพลินพิศ ปานแก้ว. “การกระจายโมเมนต์ภายในแผ่นพื้นสองทางรับด้วยคานยึดหุ่่นและเสาด้วนนวิธิไฟไนท์อิเลิเมนต์” วรสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 3(1) : 1-10 .2550
- [3] ไพบูลย์ ปัญญาคะโป. การออกแบบอาคาร พ.ศ.2545. กรุงเทพมหานคร :Library nine publishing.
- [4] วินิต ซ่อวิเชียร และ วรนิติ ซ่อวิเชียร. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลัง พ.ศ. 2554. กรุงเทพมหานคร : นิวไทยไตรการพิมพ์
- [5] สภาวิศวกร. แนวทางการออกแบบและก่อสร้างเพื่อป้องกันตึกถล่มในพื้นที่ไร้คาน .[Online]. Available:http://www.coe.or.th/e_engineering/uploads/knowledge/files/File_20140818120918_a25839e63d08e091cb18d0.pdf . 2557
- [6] B.Ahmed and S.R. Chowdhury. “ ESTIMATIONS OF SERVICEABILITY DEFLECTION OF EDGE SUPPORTED SLABS PART2:COEFFICIENT METHODS.” Conference on OUR WORLD IN CONCRETE &STRUCTURES. 28(8): 203-210 . 2003
- [7] Hayder Mohammed and Kadhim AL-Mutairee. “Computer Program for Analysis and Design of Rectangular Edge – Supported Two-Way Slabs by Coefficient Method. “ Journal of Babylon University. 21(1): 174-187. 2013
- [8] Mahmoud Abdelkader. **Analysis of flat slab by safe v12** . [Online]. Available: <http://www.youtube.com/watch?v=DOChojf-ax0> . 2013

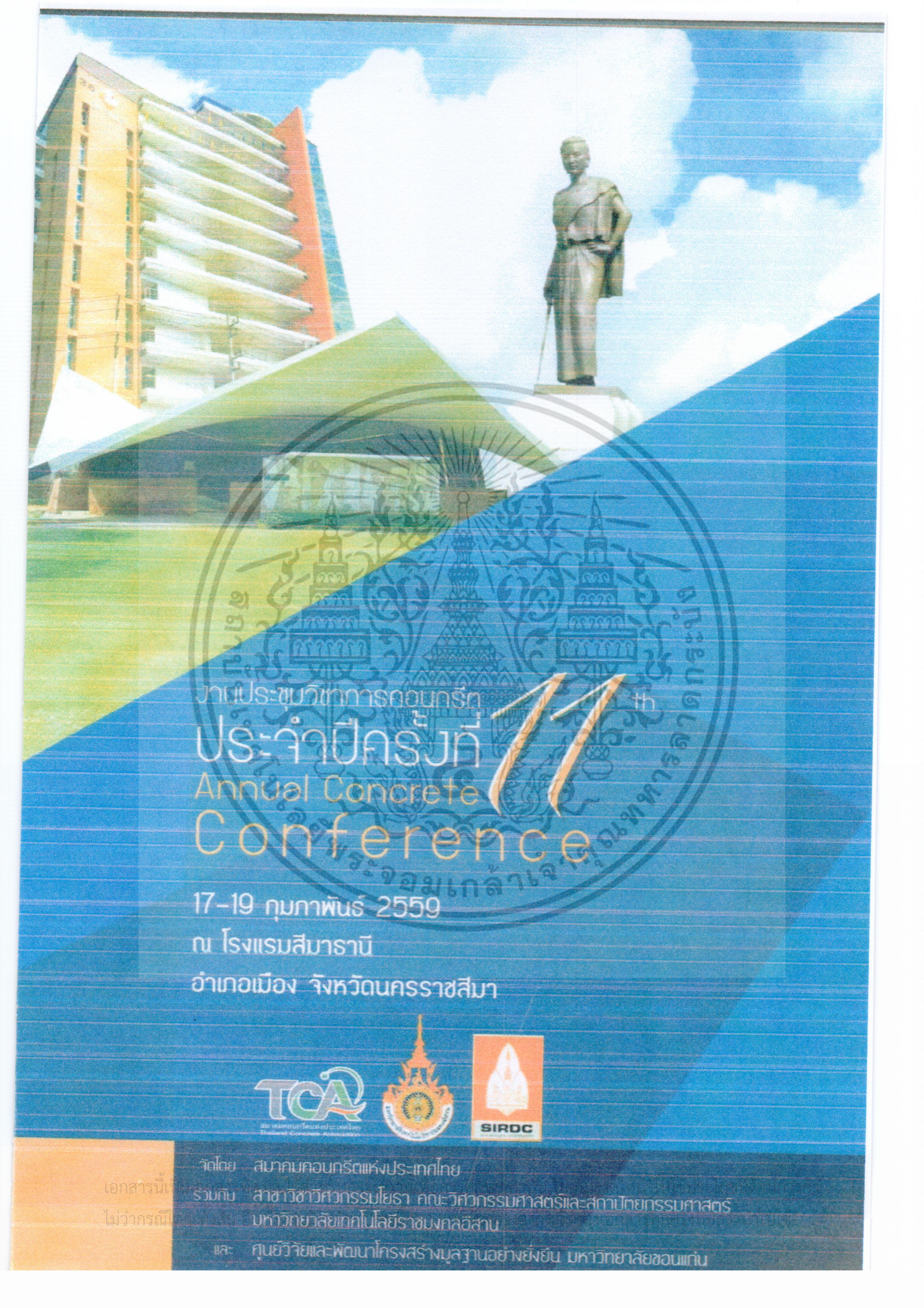
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

บทความการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



งานประชุมวิชาการคอนกรีต
ประจำปีครั้งที่ 11
Annual Concrete
Conference

17-19 กุมภาพันธ์ 2559

ณ โรงแรมสีมาราณี

อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา



เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณีใด

จัดโดย สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย
ร่วมกับ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีเป็นหัวเสา

พงศธร บุพลับ¹อาทิตย์ เพชรศิธร²¹นักศึกษาระดับปริญญาโท E-mail: jewbuplab@gmail.com²อาจารย์ E-mail: art_arthit@hotmail.com

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ : ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมกับการออกแบบพื้นไร้คานและเพื่อสร้างตารางค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์และศึกษาหาค่าโมเมนต์ในพื้นที่ไร้คานชนิดมีเป็นหัวเสาและเปรียบเทียบโดยวิธีการวิเคราะห์หาโมเมนต์ที่มากที่สุดจากวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่าและวิธีทางไฟไนต์อีลิเมนต์ การวิเคราะห์นี้จะทำให้ทราบค่าโมเมนต์ที่มากที่สุดและจะสามารถทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อที่จะนำไปใช้ในการออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจากการศึกษาพบว่าวิธีทางไฟไนต์อีลิเมนต์ ค่าโมเมนต์จากวิธีทางไฟไนต์อีลิเมนต์ในแต่ละกรณีจะมีค่าน้อยกว่าวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่าอยู่ที่ 40 ถึง 90เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ ถึงอย่างไรก็ตามแม้ว่าตัวโปรแกรมจะมีความน่าเชื่อถือเพียงใดก็ตาม ผู้ใช้โปรแกรมต้องมีความรู้และความเข้าใจในโครงสร้างประเภทนั้นๆด้วย

ABSTRACT : This research is aimed analyze the reasonable moment in under to design flat slab with drop panel by comparing the highest moment retrieved by the Equivalent Frame Method and the Finite Element Method. The result of analysis, the highest moment index, is coefficient moment shall be determined in the design of reinforcement in concrete based on the Finite Element Method. The result revealed that the moment from the Finite Element Method's was lesser than the Equivalent Frame Method by 40 to 90 percentages. However, besides the program's reliability is proven, an user must be able of understanding in structural knowledge.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

สิ่งที่จะกล่าวถึงในบทนำคือการศึกษาศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการหาโมเมนต์สูงสุดในแผ่นพื้น โดยเปรียบเทียบวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์กับวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า ซึ่งการหาโมเมนต์จากวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า นั้นยังยากต่อไปใช้หรือมีข้อจำกัดบางอย่างที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เช่นการหาค่าโมเมนต์ในแถบพื้นจะไม่สามารถรู้พฤติกรรมโมเมนต์ได้ทั้งหมดในพื้นที่นั้นซึ่งในบทความนี้จะอธิบายถึงการที่จะพัฒนาและตรวจสอบแบบจำลองของแผ่นพื้นจากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ และสิ่งที่ได้จากแบบจำลองจากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์จะสามารถทราบถึงพฤติกรรมของโมเมนต์ได้ทั้งหมด ทั้งนี้จะอาศัยหลักการของการหาค่าโมเมนต์สูงสุดจากวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าเพื่อที่จะนำมาตรวจสอบผลลัพธ์ของวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ โดยแยกออกเป็น 9 กรณี ทั้งนี้จะพิจารณาถึงความแตกต่างของอัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์กระทำได้แม่นยำยิ่งขึ้น บทความนี้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบจำลองและศึกษาหาพฤติกรรมโมเมนต์ได้ในข้อกำหนดต่างๆที่ได้กล่าวไว้ต่อไปนี้และบทความนี้ได้รวบรวมตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณหาสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแบบต่างๆ

2. วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เหมาะสมกับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสาเพื่อสร้างตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์จากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์ และ เปรียบเทียบกับค่าโมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้น ในแผ่นพื้นไร้คานจากวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า

2.2 ศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผ่นพื้นสองทางในการที่นำค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์มาออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาหาโมเมนต์ในแผ่นพื้นไร้คานแบบ

มีแป้นหัวเสาต่อไปโดยการจำลองโมเมนต์จากวิธีทางไฟไนท์อิลิเมนต์

3. ขอบเขตงานวิจัย

3.1 ทำการศึกษาวิเคราะห์เฉพาะกรณีอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.2 ทำการศึกษาและเปรียบเทียบในกรณีการคำนวณแบบ Equivalent frame method และ Conventional method (จากโปรแกรม Finite element)

3.3 ทำการศึกษาวิเคราะห์ อัตราส่วนด้านกว้างต่อด้านยาว (S/L) ที่ 1.0, 0.7 และ 0.5

3.4 ทำการศึกษาวิเคราะห์เฉพาะ กรณี น้ำหนักบรรทุกจรน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.75 เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่

4. ทบทวนวรรณกรรม

4.1 แผ่นพื้นไร้คาน (Flat Slab)

นิยามแผ่นพื้นไร้คาน คือ แผ่นพื้นคอนกรีตหล่อในที่ ไม่ได้มีการถ่ายน้ำหนักไปยังคาน สมมติฐานของการออกแบบพื้นไร้คานคือ “แผ่นพื้นที่เสริมเหล็กสองทางหรือมากกว่า และถือเสมือนว่าเป็นแผ่นพื้นเดียวทำการถ่ายน้ำหนักไปยังหมวกหัวเสา หรือ แป้นหัวเสา และทำการถ่ายน้ำหนักไปยังเสาอีกที” ทำให้ความหนาของแผ่นพื้นไร้คานในบางช่วงต้องหนามาก ในบางโครงสร้างจึงต้องทำ แป้นหัวเสา , หมวกเสา ต่างกันกับการออกแบบโครงสร้างให้เป็นระบบเสา,คาน คือ พื้นบางช่วงจะเป็นพื้นทางเดียว, พื้นสองทาง, พื้นยื่น อาจเสริมเหล็กไม่เท่ากันทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างถูกกว่า แต่ข้อดีของพื้นไร้คานก็มีเหมือนกัน คือ อย่างแรกคือ เมื่อมันไม่มีคาน มันก็สามารถเพิ่มความสูงของระดับชั้นต่อชั้นได้ (Floor to Floor height) การออกแบบของอาคารเรื่องความสูงของพื้นถึงฝ้าบางโครงการมีความจำเป็นมาก เช่นพวกอาคารที่มีความต้องการจำนวนชั้นมากๆ แต่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมโดยกฎหมาย ห้ามความสูงทำให้ระดับความสูงของชั้นแต่ละชั้นจำเป็นมาก

อีกเรื่องคือลักษณะของอาคารที่เป็นกริดตารางเท่ากัน ซ้ำๆกันหลายชั้น การออกแบบให้เป็นพื้นไร้คาน อาจจะทำให้ลดต้นทุนในการก่อสร้างได้อย่างน้อยคือเรื่องระยะเวลาการก่อสร้าง โดยเฉพาะผู้รับเหมาหรือช่างที่ชำนาญ สามารถทำได้เร็ว

4.2 ทฤษฎีและหลักการวิเคราะห์ห่ออกแบบใช้วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าหรือ Equivalent Frame Method สำหรับวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ห่ออกแบบใช้วิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าหรือ Equivalent Frame Method ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณออกแบบโดยพิจารณาพฤติกรรมโครงสร้างในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ในวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่าโครงสร้างจริง 3 มิติจะถูกแบ่งออกเป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ ทั้งทางยาวและทางขวางของอาคาร เรียกโครงข้อแข็งแต่ละอันว่า Equivalent frame ซึ่งจะประกอบด้วยเสาหนึ่งแถว และแถบออกแบบของพื้นที่อยู่ระหว่างเส้นกึ่งกลางของแผ่นพื้นที่อยู่ในแต่ละด้านของเส้นกึ่งกลางของศูนย์เสาที่รองรับ

การวิเคราะห์แบ่งออกเป็นชั้นๆ โดยสมมติว่าปลายคานไกลของเสานบนและล่างของชั้นที่กำลังพิจารณามีสภาพยึดแน่น และเมื่อต้องการหาโมเมนต์ที่จุดรองรับใดๆ ให้สมมติว่าปลายของแผ่นพื้นที่อยู่ห่างออกไปจากจุดรองรับนั้นทั้งสองข้าง ข้างละหนึ่งช่วงพื้นมีสภาพยึดแน่น โดยแผ่นพื้นนั้นต้องมีความต่อเนื่องไปจากจุดรองรับที่กำลังพิจารณา ในการวิเคราะห์ระบบโครงค้ำดังกล่าวนี้ที่สมบูรณ์จะต้องทำการวิเคราะห์ โครงข้อแข็งภายนอกและโครงข้อแข็งภายใน ในช่วงตามยาวและตามขวางของอาคาร แล้วจึงนำมาประกอบกันเป็นอาคารทั้งหมด

4.3 นิยามไฟไนต์เอลิเมนต์ คือวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ เขียนเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้คำนวณ แก้ปัญหาทางวิศวกรรม เช่น

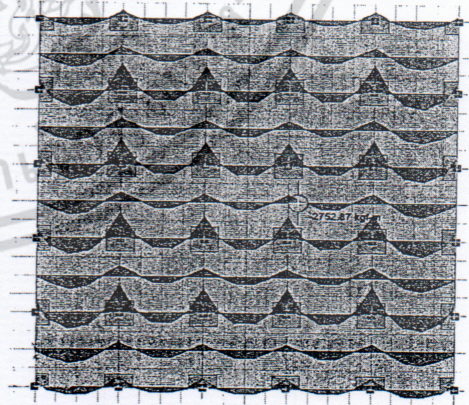
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาพฤติกรรมโมเมนต์ใน โครงสร้างเปลือกหอย รูปแบบการกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นเสียง ฯลฯ

หลักการของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ คือ การพิจารณา รูปทรง โครงสร้าง ด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ ที่มีรูปทรงเรขาคณิต เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ลูกบาศก์ เป็นต้น เนื่องจากเราสามารถคำนวณหาคำตอบที่แน่แท้ของ ชิ้นส่วนที่มีรูปทรงเรขาคณิตได้ ดังนั้นเมื่อ เราเติมชิ้นส่วนเล็กๆ เหล่านี้ลงไป ในชิ้นส่วนใหญ่ เราก็สามารถศึกษาพฤติกรรมโดยรวมของระบบได้

5. การวิเคราะห์สร้างตารางค่าสัมประสิทธิ์สำหรับพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา

ยกตัวอย่างขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์จากวิธีทาง ไฟไนต์เอลิเมนต์
ทำการวิเคราะห์โดยให้น้ำหนักบรรทุกทุกกองที่ = 652 kg/m^2
น้ำหนักบรรทุกจร 400 kg/m^2 $W_u = 1.4(652) + 1.7(400)$
 $= 1593 \text{ kg/m}^2$ ขนาดพื้น $5 \times 5 \text{ m}$ $S/L = 1.0$ ความหนาพื้น 30 cm ขนาดแป้นหัวเสา $L/3$ เมื่อทำการวิเคราะห์เสร็จ จะสามารถดูค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นตามทีออกแบบไว้



ภาพที่ 1 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริเวณแถบเสา (Column strips) และแถบกลาง (Middle strips)

ตารางแสดงค่า Moment maximum (M_u) ของพื้น ตัวอย่างจากนั้นนำค่า M_u และ W_u เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ (C) จากสมการ

$$M_u = CW_u S^2 \quad (1)$$

ตารางที่ 1 ตัวอย่างค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ โดยให้ 1593 kg/m² ขนาดพื้น 5x5 m S/L = 1.0 ความหนาพื้น 30 cm ขนาดเป็นหัวเสา L/3

			Mu/strips	C
ต่อเนื่อง 2ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	2441.836	0.061
		M+ช่วงใน	5336.816	0.134
	Strips	M-ช่วงนอก	3545.044	0.089
		M-ช่วงใน	9568.152	0.240
	Middle	M+ช่วงใน	4293.408	0.108
		Strips	M-ช่วงใน	2640.372
ต่อเนื่อง 3ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	1676.580	0.042
		M+ช่วงใน	3309.356	0.083
		M-ช่วงนอก	3147.640	0.0798
		M-ช่วงใน	8494.852	0.213
	Middle	M+ช่วงใน	2654.548	0.067
		Strips	M-ช่วงใน	2080.336
ต่อเนื่อง 4ด้าน	Column	M+ช่วงใน	3111.976	0.078
		Strips	M-ช่วงใน	7714.556
	Middle	M+ช่วงใน	2479.388	0.062
		Strips	M-ช่วงใน	2529.096

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้านสั้น

โมเมนต์			ด้านสั้น		
			Span ratio		
			1.0	0.7	0.5
ต่อเนื่อง 2ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	0.063	0.107	0.069
		M+ช่วงใน	0.132	0.248	0.135
		M-ช่วงนอก	0.093	0.225	0.121
		M-ช่วงใน	0.244	0.677	0.352
	Middle	M+ช่วงใน	0.122	0.142	0.078
		Strips	M-ช่วงใน	0.117	0.009
ต่อเนื่อง 3ด้าน	Column	M+ช่วงนอก	0.039	0.037	0.046
		M+ช่วงใน	0.075	0.078	0.067
		M-ช่วงนอก	0.074	0.084	0.112
		M-ช่วงใน	0.201	0.256	0.341
	Middle	M+ช่วงใน	0.066	0.056	0.063
		Strips	M-ช่วงใน	0.086	0.012
ต่อเนื่อง 4ด้าน	Column	M+ช่วงใน	0.083	0.074	0.067
		Strips	M-ช่วงใน	0.198	0.214
	Middle	M+ช่วงใน	0.755	0.046	0.044
		Strips	M-ช่วงใน	0.112	0.016

6. ผลการวิเคราะห์

6.1 หลังจากการวิเคราะห์และทำการทำแบบจำลองพื้นไร้คานไว้ถึง 9 กรณีเพื่อความแม่นยำของค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ที่เกิดขึ้น จะได้ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ดังนี้

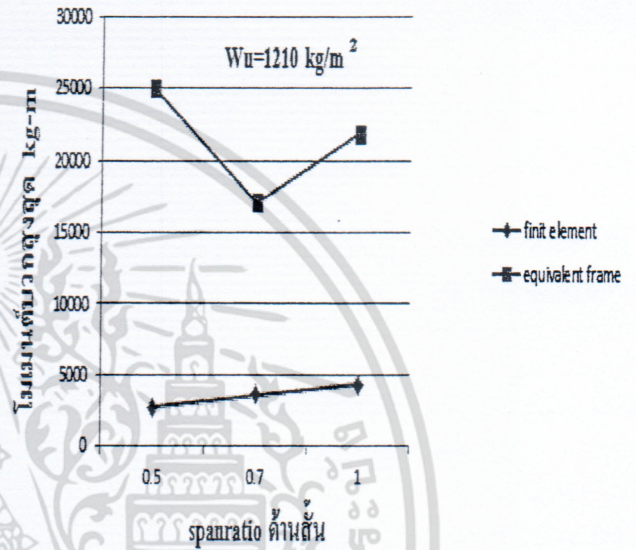
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ค้ำยันยาว

โมเมนต์			ค้ำยันยาว		
			Span ratio		
			1.0	0.7	0.5
ต่อเนื่อง 2 ค้ำยัน	Column	M+ช่วงนอก	0.063	0.123	0.235
		M+ช่วงใน	0.132	0.258	0.460
		M-ช่วงนอก	0.093	0.191	0.363
		M-ช่วงใน	0.244	0.459	0.809
	Middle	M+ช่วงใน	0.122	0.230	0.446
		M-ช่วงใน	0.117	0.283	0.635
ต่อเนื่อง 3 ค้ำยัน	Column	M+ช่วงนอก	0.039	0.089	0.154
		M+ช่วงใน	0.075	0.175	0.332
		M-ช่วงนอก	0.074	0.173	0.397
		M-ช่วงใน	0.201	0.382	0.662
	Middle	M+ช่วงใน	0.066	0.152	0.312
		M-ช่วงใน	0.086	0.254	0.581
ต่อเนื่อง 4 ค้ำยัน	Column	M+ช่วงใน	0.083	0.175	0.343
		M-ช่วงใน	0.198	0.375	0.742
	Middle	M+ช่วงใน	0.755	0.163	0.291
		M-ช่วงใน	0.112	0.253	0.603

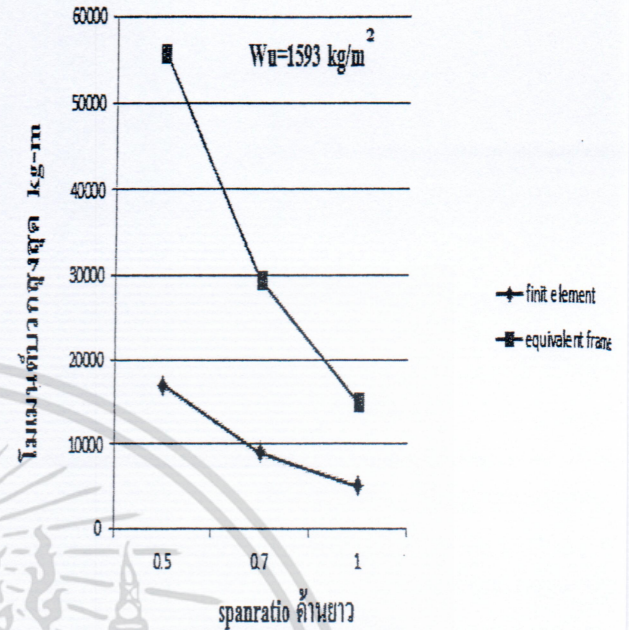
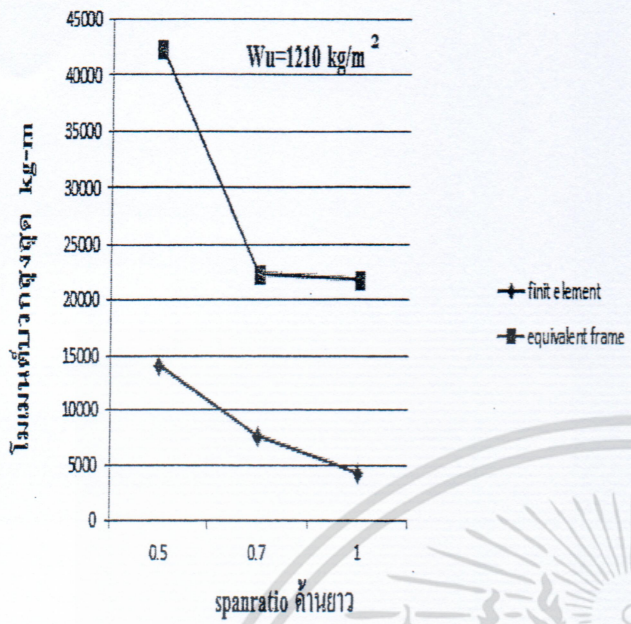
6.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของโมเมนต์ระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า

กรณีที่ 1 $W_u=1210 \text{ kg/m}^2$



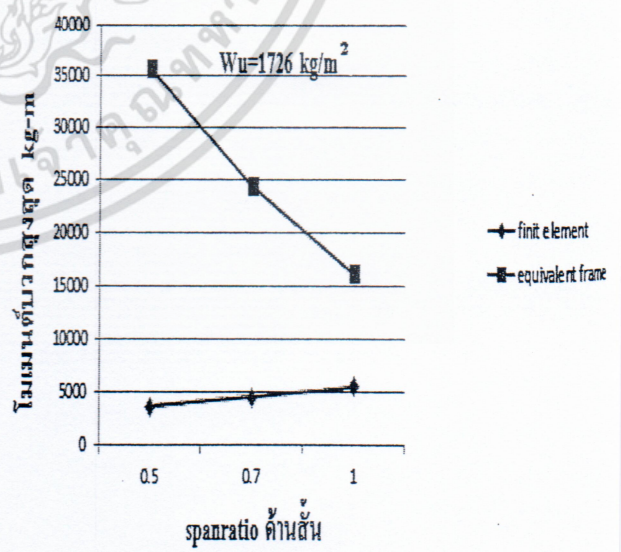
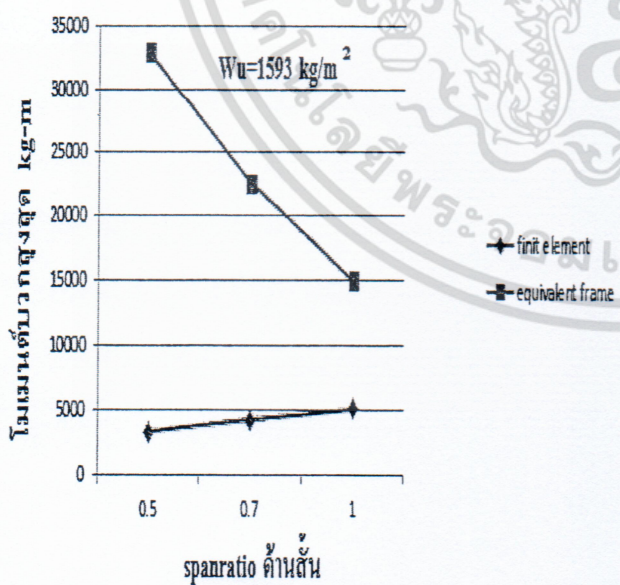
ภาพที่ 2 แก่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในค้ำยันโดยให้ $W_u=1210 \text{ kg/m}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



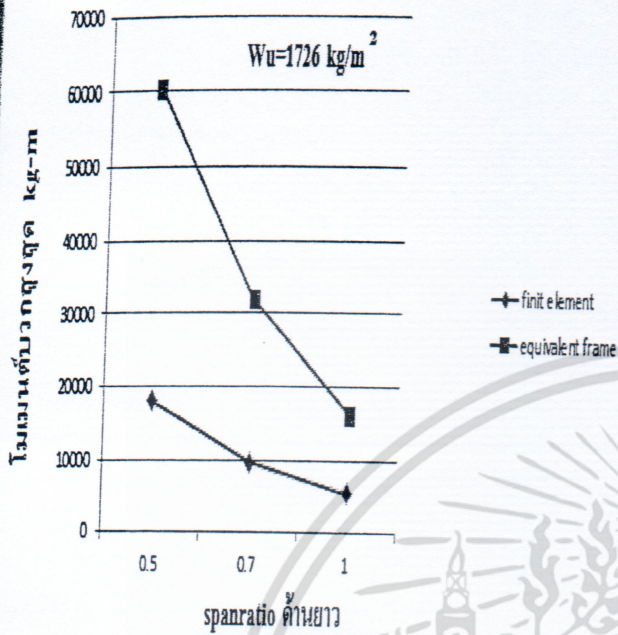
ภาพที่ 3 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในคานยาวโดยให้ $W_u=1210 \text{ kg/m}^2$ กรณีที่ 2 $W_u=1593 \text{ kg/m}^2$

ภาพที่ 5 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในคานยาวโดยให้ $W_u=1593 \text{ kg/m}^2$ กรณีที่ 3 $W_u=1726 \text{ kg/m}^2$



ภาพที่ 4 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในคานสั้นโดยให้ $W_u=1593 \text{ kg/m}^2$

ภาพที่ 6 ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างวิธี ไฟไนท์อิลิเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่าในคานสั้น โดยให้ $W_u=1726 \text{ kg/m}^2$



ภาพที่ 7 แสดงค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างไฟไนท์อิเลเมนต์ กับวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า ในด้านยาวโดยให้ $W_u=1726 \text{ kg/m}^2$

จากการทดลองเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นนี้ พบว่าค่าโมเมนต์ที่ได้จากวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์ มีค่าโมเมนต์น้อยกว่าวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า อยู่ในช่วง 40 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์

7.สรุปผลการวิเคราะห์

7.1 สรุปผลการวิเคราะห์หาค่า สัมประสิทธิ์โมเมนต์ (C) ด้วยวิธี ไฟไนท์อิเลเมนต์

ผลการวิเคราะห์โมเมนต์ในพื้นที่คานที่ตำแหน่ง แถบเสาและแถบกลางนั้นจะทำให้ทราบค่าโมเมนต์สูงสุด ซึ่งค่า โมเมนต์สูงสุด นี้ จะนำมาทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ (C) ซึ่ง สัมประสิทธิ์โมเมนต์ (C) จะนำไปใช้ออกแบบเหล็กเพื่อเสริมคอนกรีต ในขั้นตอนต่อไป โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ แบ่งเป็น 9 กรณีเพื่อความแม่นยำ พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์

โมเมนต์ (C) ของทั้งสองกรณี และได้ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ (C) ของคานสั้น และคานออกมามีแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

7.2 สรุปการเปรียบเทียบผลการออกแบบ พื้นไร้คานด้วยวิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่าแลวิธีจากโปรแกรมไฟไนท์อิเลเมนต์

จากการวิเคราะห์ ด้วยวิธี จากโปรแกรม ไฟไนท์อิเลเมนต์ ค่าโมเมนต์ ที่วิเคราะห์ได้มีค่าน้อยกว่า วิธี โครงข้อแข็งเทียบเท่า

8.วิจารณ์ผลการวิเคราะห์

ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ในด้านยาวของพื้นไร้คานนั้น จะแตกต่างกับค่า สัมประสิทธิ์โมเมนต์ด้านยาวของพื้นสองทาง กรณีของพื้นไร้คาน ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ จะแบ่งตามกรณี ของอัตราส่วนคานสั้นต่อคานยาว แต่ค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์ของพื้นสองทางนั้น จะมีแค่ค่าเดียวไม่ได้แบ่งตามกรณี

9. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ดร. อาทิตย์ เพชรศศิธร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นี้ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา เพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและคุณภาพมาตรฐาน ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างและขั้นตอนการดำเนินการทำปริญญาโท ผู้เขียนมีความสำนึกในพระคุณของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และโรงเรียนต่างๆ ที่ผู้เขียนได้ร่ำเรียนมาพร้อมทั้ง คณาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนความรู้ อย่างมากมายต่อผู้เรียนและขอสำนึกในพระคุณบิดามารดา และพี่น้องทุกคนรวมถึงเพื่อนๆทุกคนที่ให้การสนับสนุนทางด้านคำแนะนำและกำลังใจแก่ผู้เขียน จนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ขอสงวนลิขสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้ไว้เพื่อใช้ในการศึกษา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Ahmed and S.R. Chowdhury. 2003. “ Estimation of serviceability deflection of edge supported slabs ”
Conference on OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURES. : 203-210.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายพงศธร บุพลับ
วัน เดือน ปีเกิด	24 มิถุนายน 2536 ที่กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	85/45 ถนนรามอินทรา ซอยรามอินทรา 27 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220
ประวัติการศึกษา	
ระดับประถมศึกษา	โรงเรียนเอี่ยมพานิชวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2548
ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนนวมินทราชูทิศ กรุงเทพมหานคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2553
ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2557
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	พงศธร บุพลับและอาทิตย์ เพชรศศิธร., 2558 “การหาค่าสัมประสิทธิ์โมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นไร้คานชนิดมีแป้นหัวเสา” การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่11
ประสบการณ์การทำงาน	ตำแหน่งวิศวกรสนาม บริษัท ซีวิล เทคโนโลยี คอนซัลแตนท์ จำกัด พ.ศ.2558 (ตั้งแต่ 2 มิ.ย. 58 – 31 ส.ค. 58) ตำแหน่งวิศวกรโครงการ บริษัท ซีวิล เทคโนโลยี คอนซัลแตนท์ จำกัด พ.ศ.2558 (ตั้งแต่ 1ก.ย. 58) – ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้