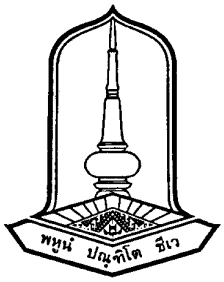


กำลังรับน้ำหนักของเสาประกอบที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท และส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

ศักดิ์ชัย ทราบรัมย์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
กรกฎาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

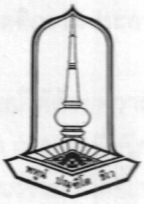
Mahasarakham University

กำลังรับน้ำหนักของเสาประกอบที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท และส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

ศักดิ์ชัย ทราบรัมย์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
กรกฎาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายศักดิ์ชัย ทราบรัมย์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....	ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.นพปฎล เสงี่ยมศักดิ์)	(กรรมการบัณฑิตศึกษาประจำคณะ)
.....	กรรมการ
(ผศ.ดร.สหลาภ หอมวุฒิวงศ์)	(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก)
.....	กรรมการ
(ผศ.ดร.กริสน์ ชัยมูล)	(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม)
.....	กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยชาญ โชติถนอม)	(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)
.....	กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สมชาย อินทะตา)	(ผู้ทรงคุณวุฒิ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(ศ.ดร.สัมพันธ์ ฤทธิเดช)	(ศ.ดร.ประดิษฐ์ เทอดทูล)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 29 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2558

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สหลาภ หอมวุฒิวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กริสน์ ชัยมูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ชี้แนวทางในการศึกษาวิจัยให้ข้อคิด คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง และดูแลเอาใจใส่ในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.นพปฎล เสงี่ยมศักดิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ชัยชาญ โชติถนอม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.สมชาย อินทะตา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาสละเวลาและให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ตลอดจนให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ยิ่ง ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกเป็นเกียรติยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณและน้อมรำลึกในพระคุณของ คุณแม่สุนีย์ อึงกล้า และคุณพอใจ ทราบรัมย์ และ อาจารย์ วัชรานนท์ จุฑาจันทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ญาติพี่น้องทุกคนซึ่งได้คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาโดยตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จ และขอขอบพระคุณไว้ ณ. โอกาสนี้ด้วย

ศักดิ์ชัย ทราบรัมย์

Mahasarakham University

ชื่อเรื่อง กำลังรับน้ำหนักของเสาประกอบที่ทำจากแผ่นเมทัลชีทและส่วนผสมคอนกรีตบล็อก
ผู้วิจัย นายศักดิ์ชัย ทราบรัมย์
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโยธา
กรรมการควบคุม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สหลาภ หอมวุฒิวงศ์ และ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กริสน์ ชัยมูล
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่ทำจาก แผ่นเมทัลชีท แล้วกรอกด้วยส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก โดยใช้แผ่นเมทัลชีท ที่มีความหนา 3 ขนาดคือ 0.23 0.28 และ 0.33 มม. ตามลำดับ ทำการพับแผ่นเมทัลชีท ให้เป็นเสาสี่เหลี่ยมขนาด 15 x 15 ซม และมีความสูง 91 ซม จากนั้นใช้ตะปูรีเวทเย็บรอยต่อของแผ่น โดยระยะห่างของรอยเย็บเท่ากับ 5 10 และ 15 ซม ตามลำดับ ทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่อายุของคอนกรีตบล็อกเท่ากับ 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ

จากผลการวิจัยพบว่า กำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตบล็อก เช่นเดียวกันกับระยะการเย็บของเสา 5 ซม จะมีแนวโน้มทำให้เสารับน้ำหนักกดประลัยได้สูงสุด แต่สำหรับความหนาของแผ่นเมทัลชีท นั้น กลับพบว่า ไม่มีผลต่อการรับน้ำหนักกดประลัยของเสา และยังพบอีกว่า กำลังรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่อายุ 28 วัน ที่ได้จากการทดสอบ มีค่าสูงกว่ากำลังรับน้ำหนักของเสาที่คำนวณตามทฤษฎี เท่ากับร้อยละ 62.99 62.19 และ 64.33 เมื่อความหนาของแผ่นเมทัลชีท เท่ากับ 0.23 0.28 และ 0.33 มม ตามลำดับ

คำสำคัญ: แผ่นเมทัลชีท, เสา, น้ำหนักบรรทุก, ส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

Mahasarakham University

TITLE Loading Capacity of Copsite Column from Metal Sheet and Concrete Block Mixture.
AUTHOR Mr. Sakchai Sabrum.
DEGREE Master Degree of Engineering **MAJOR** Civil Engineering
ADVISORS Asst. Prof. Dr. Sahalaph Homwottiwong
Asst. Prof. Dr. Krit Chaimoon
UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2015

ABSTRACT

The aim of this research was to study the axial load capacity of column made of metal sheet and filled with concrete block mixture. The 3 thickness of metal sheet were used 0.23, 0.28 and 0.33 mm. The metal sheets were folded to a square column with 15x15 cm and 91 cm height. Then, the enclosed metal sheet columns were sewed by rivet with spacing of 5, 10 and 15 cm. After that column were filled by concrete block mixture and determined the axial capacity at 7, 14 and 28 days.

From the result, it was found that the ultimate load capacity of metal sheet column increased with age of concrete mixture. Also the same result was found with the spacing of sewing by rivet of 5 cm, which tended to make the maximum load capacity. However, the thickness of metal sheet had no significant effect on ultimate load capacity of column. In addition, the 28 day ultimate capacities of columns were higher than the theorical capacity of 62.99 62.19 and 64.33 %, when The thickness of metal sheet was 0.23, 0.28 and 0.33 mm respectively.

Keywords: Metal Sheet, Columns, Load capacity, Concrete Block Mixture

Mahasarakham University

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพประกอบ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการศึกษาที่ผ่านมา	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 พฤติกรรมและกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีต	10
2.3 การศึกษาที่ผ่านมา	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
3.1 การเตรียมตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	17
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	18
3.3 ขั้นตอนการศึกษาและทดสอ	19
3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดสอบ	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	24
4.1 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อก	24
4.2 ผลของอายุและระยะเย็บที่มีผลต่อน้ำหนักกดประลัยของเสา	25
4.3 พฤติกรรมในการรับน้ำหนักของเสาประกอบ	30
4.4 รูปแบบของการวิบัติ	36
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผล	42
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก	49
ภาคผนวก ข ตารางผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบ	51
ภาคผนวก ค รายการคำนวณการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากทฤษฎี	54
ประวัติย่อผู้วิจัย	58

Mahasarakham University

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของแผ่นเมทัลชีท	9
ตาราง 2.2 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นเมทัลชีท เปรียบเทียบกับ วัสดุโอบรัดชนิดอื่นๆ	10
ตาราง 4.1 น้ำหนักกดประลัยและค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก	24
ตาราง 4.2 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.23 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ	26
ตาราง 4.3 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.28 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ	27
ตาราง 4.4 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.33 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ	29
ตาราง 4.5 น้ำหนักของเสาตามทฤษฎีกับน้ำหนักที่เสารับได้จริง (ความหนา 0.23 มม.)	31
ตาราง 4.6 น้ำหนักของเสาตามทฤษฎีกับน้ำหนักที่เสารับได้จริง (ความหนา 0.28 มม.)	33
ตาราง 4.7 น้ำหนักของเสาตามทฤษฎีกับน้ำหนักที่เสารับได้จริง (ความหนา 0.33 มม.)	35
ตาราง 4.8 การทรุดตัวของเสาประกอบที่ความหนา 0.23 มม.	36
ตาราง 4.9 การทรุดตัวของเสาประกอบที่ความหนา 0.28 มม.	37
ตาราง 4.10การทรุดตัวของเสาที่ความหนา 0.33 มม.	38
ตาราง ก.1 ผลการทดสอบกำลังรับอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก 7 วัน	50
ตาราง ก.2 ผลการทดสอบกำลังรับอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก 14 วัน	50
ตาราง ก.3 ผลการทดสอบกำลังรับอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก 28 วัน	50
ตาราง ข.1 ผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบที่อายุคอนกรีตบล็อก 7 วัน	52
ตาราง ข.2 ผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบที่อายุคอนกรีตบล็อก 14 วัน	52
ตาราง ข.3 ผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบที่อายุคอนกรีตบล็อก 28 วัน	53

Mahasarakham University

สารบัญภาพประกอบ

		หน้า
ภาพประกอบ 2.1	การหาความยาวปลอกเกลียวหนึ่งรอบ	6
ภาพประกอบ 3.1	เครื่องทดสอบการรับน้ำหนักของเสา	18
ภาพประกอบ 3.2	เครื่องมือบันทึกข้อมูล (Data Logger)	18
ภาพประกอบ 3.3	การพับเสาและเย็บตะเข็บจากแผ่นเมทัลชีท	19
ภาพประกอบ 3.4	เสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท	20
ภาพประกอบ 3.5	เสาที่เย็บตะเข็บตามระยะห่างที่กำหนด	20
ภาพประกอบ 3.6	การผสมคอนกรีตบล็อก	21
ภาพประกอบ 3.7	การกรอกคอนกรีตบล็อกลงในเสาประกอบ	21
ภาพประกอบ 3.8	เสาประกอบที่กรอกคอนกรีตบล็อก	22
ภาพประกอบ 3.9	การเก็บตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเพื่อนำไปทดสอบหากำลังอัดประลัย	22
ภาพประกอบ 3.10	การทดสอบน้ำหนักกดประลัย	23
ภาพประกอบ 3.11	แผนผังขั้นตอนการทดสอบ	23
ภาพประกอบ 4.1	การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตบล็อก	25
ภาพประกอบ 4.2	แสดงการรับน้ำหนักกดประลัย ที่อายุของคอนกรีตบล็อกต่างกัน ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม.	26
ภาพประกอบ 4.3	แสดงการรับน้ำหนักกดประลัย ที่อายุของคอนกรีตบล็อกต่างกัน ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 มม.	28
ภาพประกอบ 4.4	แสดงการรับน้ำหนักกดประลัย ที่อายุของคอนกรีตบล็อกต่างกัน ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม.	29
ภาพประกอบ 4.5	เปรียบเทียบน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎีกับเสาประกอบ ที่รับน้ำหนักกดประลัยได้จริงของความแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม.	31
ภาพประกอบ 4.6	น้ำหนักกดประลัยที่มีผลต่อระยะเย็บและอายุของคอนกรีตบล็อก 7 วัน	31
ภาพประกอบ 4.7	เปรียบเทียบน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎีกับเสาประกอบ ที่รับน้ำหนักกดประลัยได้จริงของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 มม.	33
ภาพประกอบ 4.8	น้ำหนักกดประลัยที่มีผลต่อระยะเย็บและอายุของคอนกรีตบล็อก 14 วัน	33
ภาพประกอบ 4.9	เปรียบเทียบน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎีกับเสาประกอบ ที่รับน้ำหนักกดประลัยได้จริงของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม.	35
ภาพประกอบ 4.10	น้ำหนักกดประลัยที่มีผลต่อระยะเย็บและอายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน	35
ภาพประกอบ 4.11	ความสัมพันธ์ของการทรุดตัวกับอายุของคอนกรีตบล็อกที่ความหนา 0.23 มม.	37
ภาพประกอบ 4.12	ความสัมพันธ์ของการทรุดตัวกับอายุของคอนกรีตบล็อกที่ความหนา 0.28 มม.	38
ภาพประกอบ 4.13	ความสัมพันธ์ของการทรุดตัวกับอายุของคอนกรีตบล็อกที่ความหนา 0.33 มม.	39
ภาพประกอบ 4.14	การวิบัติของเสาบริเวณปลายเสาด้านบน	40
ภาพประกอบ 4.15	การวิบัติของเสาบริเวณกึ่งกลางเสา	40
ภาพประกอบ 4.16	การวิบัติของเสาโดยการฉีกขาดของแผ่นเมทัลชีท	41

Mahasarakham University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การก่อสร้างภายในประเทศไทยนั้น ปัจจุบันมีการนำเอาวัสดุต่างๆ มาใช้เป็นวัสดุสำหรับงานก่อสร้างทั้งวัสดุทางวิศวกรรมหรือวัสดุทางสถาปัตยกรรม เป็นต้น และวัสดุที่เป็นที่นิยมนำมาใช้กับงานก่อสร้างก็คือ แผ่นเหล็กรีดเย็น หรือเรียกอีกอย่างว่า แผ่นเมทัลชีท โดยการนำมาใช้เป็นวัสดุในงานโครงสร้าง เช่น วัสดุในโรงงานอุสาหกรรม วัสดุในอาคารบ้านพักอาศัย โดยเฉพาะใช้เป็นวัสดุมุงหลังคา หรืองานสถาปัตยกรรม เช่น ผนังอาคาร ผนังระบายความร้อน เป็นต้น ปัจจุบัน แผ่นเมทัลชีท นับว่าเป็นวัสดุทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะมีการติดตั้งที่ง่ายสะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลา และได้รูปทรงตามที่ต้องการ น้ำหนักเบา ราคาถูก นอกจากเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาแล้วยังมีความแข็งแรง และมีคุณสมบัติทางด้านกำลังรับแรงดึงที่สูงเนื่องจากผลิตจากเหล็กกล้ากำลังสูง ผิวแผ่นเมทัลชีทเคลือบด้วยสารกันสนิทพิเศษ ผสมระหว่างอลูมิเนียมกับสังกะสี จากคุณสมบัติของแผ่นเมทัลชีทดังกล่าว ได้มีงานวิจัยและการศึกษาเกี่ยวกับแผ่นเมทัลชีท ที่นำมาเป็นส่วนประกอบของงานโครงสร้างทางด้านวิศวกรรม เช่น การนำมาเสริมในการรับน้ำหนักของเสา เป็นต้น

การค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาพฤติกรรมการเสริมกำลังของเสาคอนกรีตหลายวิธี โดยวิธีที่ได้รับความนิยมคือ 1. การพอกเสาด้วยคอนกรีต (Concrete Jacketing) 2. การหุ้มด้วยเหล็ก (Steel Jacketing) 3. การหุ้มเสาด้วยวัสดุคอมโพสิต (Composite Jacketing) จากวิธีการดังกล่าว การหุ้มเสาด้วยวัสดุคอมโพสิต (เสาประกอบ) ได้มีงานวิจัยนำแผ่นเมทัลชีทมาเป็นวัสดุคอมโพสิตที่ใช้เสริมกำลังการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาโดยการโอบรัดหรือพันรอบเสา โดยแผ่นเมทัลชีทที่โอบรัดอยู่ภายนอกจะมีส่วนช่วยในการขยายตัวด้านข้างของเสาคอนกรีต เนื่องจากแผ่นเมทัลชีทมีกำลังรับแรงดึงที่สูง จึงสามารถช่วยการขยายตัวทางด้านข้างของเสาคอนกรีตได้และทำให้สามารถเสริมกำลัง (Strengthening) และเพิ่มความเหนียว (Ductility) ของเสาคอนกรีตได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาโครงสร้างเสาคอมโพสิต หรือเสาประกอบที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักในแนวแกนและสามารถใช้ในงานก่อสร้างได้จริง โดยการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้น การทำเสาประกอบสำหรับโครงสร้างของเสาที่มีแต่คอนกรีตล้วน เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปศึกษาต่อ และสำหรับอาคารขนาดเล็ก หรือบ้านพักอาศัยทั่วไป ที่ไม่ต้องแบกรับน้ำหนักมาก การวิจัยครั้งนี้จึงน่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการประยุกต์ใช้เทคนิคและการพัฒนาวัสดุที่ใช้ ในงานก่อสร้างให้มีการใช้งานได้จริงต่อไป

Mahasarakham University

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมและการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกด้วยส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกด้วยส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยศึกษาครั้งนี้ได้นำเอาแผ่นเมทัลชีท มาใช้ในการศึกษา โดยนำมาพับประกอบเป็นเสาและกรอกคอนกรีตโดยใช้ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก เพื่อเพิ่มกำลังในการรับน้ำหนักในแนวแกนของเสาประกอบ โดยงานวิจัยมีขอบเขต ดังต่อไปนี้

1.3.1 ขนาดหน้าตัดของเสาประกอบคือ กว้าง 15 ซม. ยาว 15 ซม. และ สูง 91 ซม. ตามลำดับ โดยขนาดหน้าตัดของเสาที่ใช้เป็นขนาดหน้าตัดของอาคารบ้านพักอาศัยทั่วๆไป ชั้นเดียว ที่รับน้ำหนักบรรทุกไม่มาก และความสูงของเสาเป็นความกว้างของแผ่นเมทัลชีท ที่ผลิตมาจากโรงงาน

1.3.2 ความหนาของแผ่นเมทัลชีท มีคุณสมบัติพื้นฐานคือ เป็นเหล็กกล้ากำลังสูง Grade 550 มีค่ารับแรงดึงในแนวครากได้ 5,600 กก/ตร.ซม. โดยความหนาของแผ่นเมทัลชีทเป็นความหนาแท้จริงที่ยังไม่เคลือบอลูซิงค์ (Base Metal Thickness) มี 3 ขนาดความหนาคือ 0.23 0.28 และ 0.33 มม. ตามลำดับ

1.3.3 ส่วนผสมของคอนกรีตใช้อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก ในอัตราส่วน 1:7 คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อ หินคลุก 7 ส่วน โดยใช้ปริมาณน้ำคงที่

1.3.4 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกใช้ตัวอย่างในการเก็บ ขนาด 10 x 10 x 10 ซม.

1.3.5 ขนาดของเสาประกอบที่ใช้เป็นเสาที่มีขนาดเป็นเสาสั้นในทุกตัวอย่าง

Mahasarakham University

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการศึกษาที่ผ่านมา

การศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกำลังรับน้ำหนักของเสาประกอบที่ทำจากแผ่นเมทัลชีทและส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก นั้น พบว่าในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยที่ไม่กว้างขวางพอ ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงถือว่าเป็นแนวทางเริ่มต้นสู่การศึกษา วิจัยและพัฒนาให้เป็นมาตรฐานในประเทศไทย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นการคำนวณออกแบบเพื่อเลือกใช้ขนาดรูปตัดของคอนกรีต และปริมาณของเหล็กที่เหมาะสม โดยมีความแข็งแรง (Strength) สามารถต้านทานต่อแรง หรือน้ำหนักบรรทุกต่างๆที่กระทำ ตลอดอายุของการใช้งาน ได้อย่างปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน อีกทั้งในขณะที่รับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน (Service Load) ก็มีความสามารถในสภาวะใช้งาน (Serviceability) ได้ดี โดยไม่แอ่นหรือโก่งตัวมาก หรือมีความกว้างของรอยร้าวที่ปรากฏไม่มากเกินกว่าพิกัดที่กำหนดให้

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีวิธีเฉพาะสำหรับแต่ละส่วน ของโครงสร้างทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับแรงหรือโมเมนต์ ที่ส่วนโครงสร้างนั้นต้องการรับหรือต้านทาน ส่วนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ต้องพิจารณาออกแบบ ได้แก่ ส่วนโครงสร้างที่รับแรงตามแนวแกน ส่วนโครงสร้างที่รับโมเมนต์ดัด โมเมนต์บิด และแรงเฉือน ส่วนโครงสร้างที่รับแรงตามแนวแกน และโมเมนต์ดัดร่วมกัน และรวมถึงการพิจารณาให้รายละเอียดเกี่ยวกับการเสริมเหล็ก ในส่วนโครงสร้างนั้นๆ เพื่อให้ทุกๆ ส่วนของโครงสร้างร่วมกันทำหน้าที่รับแรง หรือน้ำหนัก ได้ตามต้องการอย่างประหยัดและปลอดภัย (วินิต ช่อวิเชียร, 2542)

2.1.2 มาตรฐานหรือข้อบัญญัติ (Specifications)

เกณฑ์มาตรฐานหรือข้อบัญญัติที่ได้กำหนดไว้ส่วนใหญ่ได้มาจากผลการวิเคราะห์และวิจัยสำหรับโครงสร้างส่วนนั้นๆ มาตรฐานสำหรับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบ่งออกดังนี้

2.1.2.1 มาตรฐานประเทศสหรัฐอเมริกาที่นิยมใช้คือ มาตรฐานของ ACI (American Concrete Institute)

2.1.2.2 มาตรฐานข้อกำหนดประเทศไทยคือ บัญญัติของกรุงเทพมหานคร มาตรฐาน ว.ส.ท. (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย) ซึ่งมาตรฐาน ว.ส.ท. ให้ข้อกำหนดเหมือนกับที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานของ ACI

Mahasarakham University

2.1.3 วิธีการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มี 2 วิธีคือ

2.1.3.1 วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design) เมื่อพิจารณาออกแบบให้ส่วนโครงสร้างรับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน (Working Load) : WSD

2.1.3.2 วิธีกำลัง (Strength Design) เมื่อพิจารณาออกแบบให้ส่วนโครงสร้างรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานที่เพิ่มค่าแล้ว (Factored Load) : SDM

2.1.4 การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสา (Column) เป็นโครงสร้างในแนวดิ่ง และเป็นโครงสร้างหลักของอาคารที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ จากโครงสร้างคาน หรือจากโครงสร้างพื้นไร้คาน แล้วถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงเสาจากชั้นบนสุด ลงสู่เสาชั้นล่างๆ จนถึงเสาตอม่อและฐานราก โดยทั่วไปแล้ว เสาจะทำหน้าที่รับแรงอัด แต่บางกรณี เสาทำหน้าที่รับแรงดัดด้วย เช่น เสาที่มีบ่าหูช้าง เสาที่มีความสูงมาก เสาที่มีแรงดันด้านข้าง หรือเสาที่อยู่ใกล้กับที่ ที่มีแรงสั่นสะเทือน ลักษณะหน้าตัดเสามักเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมพื้นผ้า กรณีมีแรงดัดร่วมด้วย หรือเป็นเสากลม หรือขึ้นอยู่กับสถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบด้วย

ในการออกแบบกำลังของเสา ต้องพิจารณาเกี่ยวกับความสูงของเสาด้วย เสาที่มีความสูงมากก็อาจมีโอกาสโก่งเดาะ แตกหัก ได้ง่ายกว่าเสาที่สั้นกว่า เหล็กแกนในเสา จะทำหน้าที่ต้านทานแรงอัดร่วมกับคอนกรีต และต้านทานแรงดัด เหล็กปลอกในเสามีความสำคัญมาก จะช่วยยึดเหล็กแกนและช่วยต้านทาน การปริแตกของเสา เมื่อต้องรับแรงกดมากๆ เมื่อเสาคอนกรีตล้วน ถูกเสริมเหล็กในแนวแกน แต่ไม่มีการเสริมเหล็กปลอก (Stirrup) เพื่อป้องกันแรงเฉือน เสาคอนกรีตเสริมที่ไม่มีการเสริมเหล็กปลอก ดังกล่าวจะมีพฤติกรรม และลักษณะการวิบัติคล้ายกับเสาคอนกรีตล้วน เนื่องจาก เมื่อเสาคอนกรีตรับแรงกระทำ เหล็กเสริมในแนวแกน จะถูกกดอัด และเกิดการโก่งเดาะ ทำให้เนื้อคอนกรีตหลุดร่อนออกมาจากเหล็กเสริมในแนวแกน แต่เมื่อมีการเสริมเหล็กปลอก ทั้งเหล็กปลอกเดี่ยว หรือเหล็กปลอกเกลียว แก่เสาคอนกรีต จะทำให้แกนคอนกรีตถูกโอบรัด จากเหล็กปลอก มีผลทำให้เสาดังกล่าว สามารถรับแรงกดอัดได้สูงขึ้น และมีพฤติกรรม แบบเหนียวมาก ขึ้นก่อนเกิดการวิบัติ สำหรับการวิเคราะห์หาหน่วยแรงกดอัดในแนวแกน ของเสาสั้น เมื่อพิจารณา ความสัมพันธ์ของหน่วยแรงกดอัดและค่าความเครียดในแนวแกน ของคอนกรีต และเหล็กเสริมคอนกรีต กำหนดให้หน่วยแรงกดอัดสูงของคอนกรีตมีค่า 0.85 f'_{co} มีค่าความเครียดเท่ากับ 0.002 มิลลิเมตร/มิลลิเมตร (ACI Committee 318-05) และให้คอนกรีตมีค่าความเครียดสูงสุดก่อนการวิบัติเท่ากับ 0.003 มิลลิเมตร/มิลลิเมตร และกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกน ของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีค่าเท่ากับผลรวมของกำลังรับแรงกดอัดที่ได้จากคอนกรีตและเหล็กเสริมหลัก พบว่า หน่วยแรงครากของเหล็กเสริม มีค่าประมาณ 300-400 MPa และมีค่าความเครียดที่จุดครากเท่ากับ 0.002-0.003 มิลลิเมตร/มิลลิเมตร ซึ่งเหล็กเสริมจะเกิดการครากก่อนที่คอนกรีตจะถึงหน่วยแรงกดอัดสูงสุด ดังนั้น ก่อนที่คอนกรีตจะเกิดการกดอัดแตก หน่วยแรงกดอัดของคอนกรีตจะถูกสมมุติให้มีค่า 0.85 f'_{co} และหน่วยแรงกดอัดของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับหน่วยแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริม (Yielding Stress, f_y) ดังแสดงในสมการ 2.1 (วินิต ช่อวิเชียร, 2542)

Mahasarakham University

$$P = 0.85 f'_{co} (A_g - A_s) + f_y As \quad (2.1)$$

โดยที่ f'_{co} คือ กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีต
A_g คือ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา
A_s คือ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมในแนวแกน
f_y คือ หน่วยแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริมในแนวแกน

2.1.5 การออกแบบเสาสั้นรับแรงอัดตามแนวแกน ตามม.าตรฐาน ACI หรือ ว.ส.ท.

เสาสั้น (Short Column) หมายถึง เสาที่มีค่าอัตราส่วนความสูงต่อหน้าแคบของเสา (h/t) ไม่เกินค่า 15 เมื่อเสาได้รับแรงอัดตามแนวแกน เสาก็จะมีการหดตัวลงและการขยายตัวด้านข้าง ซึ่งจะเกิดแรงดันด้านข้างไปดันเหล็กแกนเสาให้โก่งออก ฉะนั้นเหล็กปลอก จึงทำหน้าที่รัดเหล็กแกนเสาและต้านทานการโก่งของเหล็กแกน เหล็กปลอกในเสาแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ เหล็กปลอกเดี่ยวและเหล็กปลอกเกลียว

2.1.5.1 การออกแบบเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมและใช้เหล็กปลอกเดี่ยวรัดรอบ ซึ่งจะมีความสามารถรับน้ำหนักปลอดภัยสูงสุดตามแกนเสาได้ร้อยละ 85 ของเสาที่เสริมด้วยเหล็กปลอกเกลียว คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P_a = 0.85A_g(0.25f_c' + f_s p_g) \quad (2.2)$$

2.1.5.2 การออกแบบเสาหน้าตัดกลมและใช้เหล็กปลอกเกลียวรัดรอบ คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P_a = A_g(0.25f_c' + f_s p_g) \quad (2.3)$$

โดยที่ P_a = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย (กก.)
A_g = พื้นที่หน้าตัดเสาทั้งหมด (ตร.ซม.)
f_c' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)
f_s = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กเสริม กำหนดให้ใช้ได้ร้อยละ 40 ของกำลังคราก แต่ต้องไม่เกิน 2,100 กก./ตร.ซม. ในที่นี้ถ้าเป็นเหล็กเส้นกลม กำหนดให้ใช้ = 960 กก./ตร.ซม. และ 1,200 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD30 และ 1,600 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD40
p_g = อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดเหล็กแกนเสาต่อพื้นที่หน้าตัดเสาคอนกรีต จำนวนของเหล็กปลอกเกลียว (p_s) ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P_s = 0.45\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{fc'}{f_y} \text{ และ } S = \frac{4A_s}{p_s D_c} \quad (2.4)$$

Mahasarakham University

โดยที่ p_s = ค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของเหล็กปลอกเกลียวกับปริมาตรของแกนเสาคอนกรีตวัดถึงขอบนอกของเหล็กปลอกเกลียว

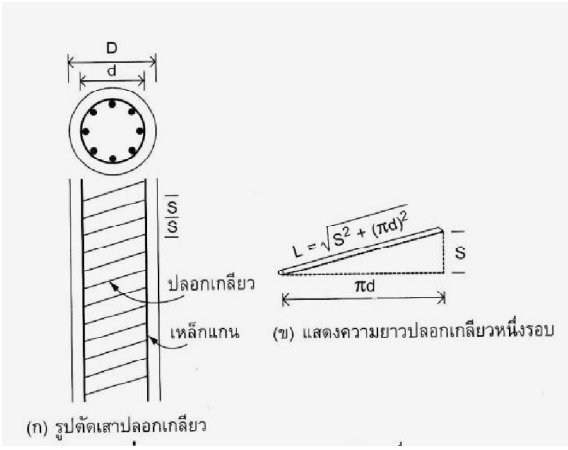
S = ระยะห่างของเหล็กปลอกเกลียว (ซม.)

A_s = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กปลอกเกลียว (ตร.ซม.)

D_c = เส้นผ่าศูนย์กลางแกนเสาภายในปลอกเกลียว (ซม.)

A_c = พื้นที่หน้าตัดแกนเสาภายในปลอกเกลียว (ตร.ซม.)

f_y = หน่วยแรงครากของเหล็กเสริม กำหนดให้ใช้ได้ไม่เกิน 4,000 กก./ตร.ซม. ในที่นี้ถ้าเป็นเหล็กเส้นกลม = 2,400 กก./ตร.ซม. และ 3,000 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD30 และ 4,000 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็กข้ออ้อย SD40



(วินิต ช่อวิเชียร, 2542)

ภาพประกอบ 2.1 การหาความยาวปลอกเกลียวหนึ่งรอบ

นอกจากเสาทั้งสองประเภทข้างต้นนี้แล้ว ยังมีการออกแบบเสาให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกให้ได้มากขึ้น หรือสามารถต้านทานแรงดัดหรือการโก่งตัวได้ดีกว่าเดิม โดยการเสริมเหล็กรูปพรรณเข้าไปในเสาคอนกรีตด้วยดังต่อไปนี้

2.1.5.3 เสา คสล. แกนเหล็กรูปพรรณและเสริมเหล็กปลอกเกลียว คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P_a = A_g (0.25 f_c' + f_s p_g) \qquad (2.5)$$

โดยที่ P = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย (กก.)

A_g = พื้นที่หน้าตัดเสาเฉพาะส่วนที่เป็นคอนกรีต (ตร.ซม.)

f_c' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)

Mahasarakham University

f_s = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กเสริม กำหนดให้ใช้ได้ร้อยละ 40 ของกำลังคราก แต่ต้องไม่เกิน 2,100 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็กเหล็กเส้นกลม กำหนดให้ใช้ = 960 กก./ตร.ซม. และ 1,200 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็กข้ออ้อย

A_{st} = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเส้นกลม (ตร.ซม.)

f_r = หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กรูปพรรณ กำหนดให้ใช้ได้ไม่เกิน 1,200 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็ก มอก. 116-259 ชั้นคุณภาพ Fe24 และ 700 กก./ตร.ซม. สำหรับเหล็กที่เป็นเหล็กหล่อ

A_r = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กรูปพรรณ (ตร.ซม.) และต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดเสาคอนกรีต ถ้าเป็นท่อเหล็กกลมกลวงต้องเทคอนกรีตภายในให้เต็ม ช่องระหว่างเหล็กปลอกเกลียวกับเหล็กรูปพรรณต้องมากกว่า 7.5 ซม. และถ้าเป็นเหล็กรูปพรรณรูปตัว H ยอมให้ช่องว่างส่วนที่แคบที่สุดไม่น้อยกว่า 5 ซม.

2.1.5.4 เสาเชิงประกอบ เสาเหล็กรูปพรรณหุ้มด้วยคอนกรีต โดยมีคอนกรีตหุ้มหนาไม่น้อยกว่า 6 ซม. จากผิวเหล็ก (ยกเว้นหัวหมุดย้ำ) โดยเสาเหล็กนี้ออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกระหว่างก่อสร้างได้โดยปลอดภัยก่อนที่จะมีการหุ้มคอนกรีต ให้คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$P = A_r f_r' \left(1 + \frac{A_g}{100 A_r} \right) \qquad (2.6)$$

โดยที่ P = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย (กก.)

A_r = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กรูปพรรณ (ตร.ซม.)

A_g = พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา (ตร.ซม.)

f_r' = หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กรูปพรรณ กก./ตร.ซม.

เมื่อ $f_r' = 1{,}195 - 0.0342 \frac{h}{r_y^2}$ และ $\frac{h}{r_y} < 120$

h = ความสูงของเสา (ซม.)

r_y = รัศมีไจเรชันของเสาเหล็ก (ซม.)

กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุ 28 วันต้องไม่น้อยกว่า 200 กก./ตร.ซม. และให้เสริมลวดตาข่ายเบอร์ 10 A S&W Gage พันรอบเสาให้มีระยะเหลื่อมอย่างน้อย 40 เท่าของขนาดลวด และให้ห่างจากผิวเหล็กอย่างน้อย 2.5 ซม. หรือใช้เหล็กเส้นเทียบเท่าพันรอบแนวนอนระยะห่างไม่เกิน 10 ซม. และแนวตั้งระยะห่างไม่เกิน 20 ซม.

2.1.5.6 เสาเชิงประกอบ เสาคอนกรีตหุ้มด้วยท่อเหล็ก เป็นเสาท่อเหล็กกลวง แต่เทคอนกรีตให้เต็มภายในเพื่อเสริมให้ท่อแข็งแกร่งขึ้น ใช้ออกแบบเป็นเสาตกแต่งที่ไม่รับน้ำหนักมากนัก คำนวณได้จากสูตรดังนี้

Mahasarakham University

$$P = 0.25 f_c' \left(1 - 0.000025 \frac{h^2}{r_c^2} \right) A_c + f_r' A_r \qquad (2.7)$$

โดยที่ P = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย (กก.)

A_r = พื้นที่หน้าตัดของท่อเหล็ก (ตร.ซม.)

A_c = พื้นที่หน้าตัดของเสาส่วนที่เป็นคอนกรีต (ตร.ซม.)

f_c' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)

f_r' = หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กรูปพรรณ (กก./ตร.ซม.) และท่อเหล็กต้องมีกำลังคราก (f_y) ไม่น้อยกว่า 2,300 กก./ตร.ซม. เมื่อ

$$f_r' = 1{,}195 - 0.0342 \frac{h^2}{r_y^2} \text{ และ } \frac{h}{r_y} < 120$$

h = ความสูงของเสา (ซม.)

r_y = รัศมีไจเรชั่นของท่อเหล็ก (ซม.)

r_c = รัศมีไจเรชั่นของเสาคอนกรีต (ซม.)

2.1.6 แผ่นเมทัลชีท

เมทัลชีท (Metal Sheet) คือ แผ่นเหล็กอลูมิเนียมเคลือบสังกะสีมีคุณสมบัติ น้ำหนักเบา ทำให้ลดต้นทุนโครงสร้าง แข็งแรงทนทาน มีหลากหลายให้เลือก ติดตั้งง่าย สะดวก รวดเร็ว ผลิตได้ตามความยาวที่ต้องการ สามารถดัดโค้งได้ตามที่ต้องการ และความหนาของแผ่นเมทัลชีทมีอยู่ 2 ลักษณะคือ BMT (Base Metal Thickness) เป็นความหนาที่แท้จริงของแผ่นเหล็กก่อนเคลือบอลูซิงค์ และ TCT (Total Coated Thickness) เป็นความหนาของแผ่นเหล็กที่เคลือบอลูซิงค์แล้ว (กฤษดากร วังสระ, ทวีศักดิ์ อินลา และประเชิญ เจริญศรี, 2554)

2.1.6.1 ข้อแนะนำในการเลือกความหนาของแผ่นเมทัลชีท

1) ความหนา 0.30 มม. (BMT) เหมาะสำหรับงานโครงหลังคาขนาดเล็ก งานผนังประหยัด เช่น โรงรถ กันสาด ที่มีระยะแป ไม่เกิน 1.2 เมตร

2) ความหนา 0.35 – 0.40 มม.(BMT) เหมาะสำหรับ งานหลังคาขนาดปานกลาง งานผนังทั่งไป

3) ความหนา 0.42 มม. (BMT) เหมาะสำหรับงานหลังคามาตรฐาน ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เป็นความหนาที่แนะนำสำหรับงานคุณภาพสูง และเป็นไปตาม Australian Standard สามารถใช้กับระยะได้ถึง 1.50 เมตร (ขึ้นอยู่กับลอนของแผ่นเมทัลชีทด้วย)

4) ความหนา 0.48 มม. (BMT) เหมาะสำหรับงานหลังคามาตรฐานที่ต้องการความแข็งแรง และความกว้างของแป มากเป็นพิเศษ สามารถใช้ได้กับระยะแป ถึง 2.50 เมตร (ขึ้นอยู่กับลอนของแผ่นเมทัลชีทด้วย)

Mahasarakham University

2.1.6.2 คุณสมบัติพื้นฐานของแผ่นเมทัลชีท

ตาราง 2.1 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของแผ่นเมทัลชีท

รายละเอียด	คุณสมบัติ
วัสดุที่ใช้	เหล็กเคลือบสารป้องกันสนิทพิเศษ Aluzinc เป็นเหล็กเคลือบโลหะ ผสมระหว่างอลูมิเนียมกับสังกะสี
ส่วนประกอบโดยน้ำหนักในสารเคลือบ	ผลิตจากเหล็กกล้ากำลังสูง Grade 550 และ Grade 300 เคลือบสารกันสนิม 3 ประเภท 1) AZ-150 : Zincalume and Clean Colorbond 2) Az-70 : ZACS and P-ZACS 3) AZ-100 “ Prima
ความแตกต่างระหว่างเหล็กกล้ากำลังสูง Grade 550 และ Grade 300	Grade 550 : Yield Strength ไม่ต่ำกว่า 550 MPa (รับแรงดึงในแนวครากได้ถึง 5,600 กก./ตร.ซม.) มีความเหนียว คืนตัวดี ต้านทานแรงลมได้ดีกว่า Grade 300 : Yield Strength ไม่ต่ำกว่า 300 MPa (รับแรงดึงในแนวครากได้ถึง 3,100 กก./ตร.ซ) นิยมทำสังกะสี เหล็กขึ้นรูป เช่น ตู้เซฟ ตู้เย็น
ประเภทของสีที่ใช้งาน	แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ 1) สี Polyester แบบที่ไม่มีสีรองพื้นช่วยในการป้องกันการเกิดสนิม ป้องกันแสง UV 2) สี Polyester แบบที่มีสีรองพื้นประเภท epoxy และสีชั้นบน ช่วยใน ประเภท Polyester การป้องกันการเกิดสนิม ป้องกันแสง UV 3) สี PVDF หรือสี Kynar500 เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความทนทานของสีเป็นพิเศษ มีราคาสูง
ประโยชน์ด้านอื่นๆ	มีน้ำหนักเบา ประหยัดโครงสร้างหลังคา ได้ถึง 25-30% ไม่มีปัญหาเรื่องมลภาวะสิ่งแวดล้อม ติดตั้งได้รวดเร็วกว่า

(กฤษฎ์ ศิรมุนินท์, โยธิน พิลา และวัชรศักดิ์ เบญจประยูรศักดิ์, 2553)

Mahasarakham University

ตาราง 2.2 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นเมทัลชีท เปรียบเทียบกับ วัสดุโอบรัดชนิดอื่นๆ

คุณสมบัติ	แผ่น เมทัลชีท	เหล็ก SD 40	เส้นใยแก้ว (E-glass)	เส้นใย คาร์บอน	พลาสติกเสริมเส้นใย คาร์บอน(ปริมาณเส้นใย คาร์บอน = 60%	
					แนวเส้นใย	ตั้งฉากเส้นใย
ความ หนาแน่น (g/cm^2)	6.51 Kg/cm^2	7.8	2.54-2.62	1.75-1.80	1.6	1.6
กำลังแรงดึง (MPa)	500	400 (Yielding)	3,450	3,000	1,725	40

(กฤษฎ์ ศิรมุนินท์, โยธิน พิลา และวัชรศักดิ์ เบญจประยูรศักดิ์, 2553)

2.2 พฤติกรรมและกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีต

2.2.1 เสาคอนกรีต เสาคอนกรีตล้วนไม่มีการเสริมเหล็ก จะมีพฤติกรรมในการรับหน่วยแรงกดอัดเป็นแบบวัสดุเปราะ ซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายคลึงกับตัวอย่างทดสอบคอนกรีตทรงกระบอก เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดอัด และค่าความเครียดในแนวแกน พบว่า ในช่วงแรกของเส้นกราฟ มีลักษณะเป็นเส้นตรง จนกระทั้ง หน่วยแรงมีค่าประมาณร้อยละ 50 ของหน่วยแรงสูงสุดของคอนกรีต หลังจากนั้น ค่าความชันจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากเกิดการแตกร้าวของเสาคอนกรีต เมื่อเสาคอนกรีตรับหน่วยแรงกดอัดจนถึงค่าสูงสุดแล้ว ค่าความชัน จะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั้ง มีค่าความชันเป็นศูนย์ หลังจากนั้นคอนกรีตจะเริ่มรับหน่วยแรงกดอัดได้น้อยลง และรอยแตกร้าวจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนเสาคอนกรีตเกิดการวิบัติ ซึ่งการวิบัติจะเกิดการแตกออกตามแนวยาว (Splitting) หรือเป็นแบบแนวเฉือนในแนวระนาบเอียง โดยหน่วยแรงกดอัดของเสาคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.85 เท่าของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีต สามารถหาค่ากำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของเสาคอนกรีต ดังแสดงในสมการ 2.8 สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อกำลังอัดประลัยของเสาคอนกรีตล้วน มีหลายปัจจัยเช่น ขนาดและรูปร่างของเสา คุณภาพของคอนกรีต อัตราในการให้แรงกระทำแก่เสา ความชะลูด ของเสา เป็นต้น (นันทิกา นามวิจิตร, 2554)

$$P = 0.85 f'_{co} A_c \qquad (2.8)$$

โดยที่ f'_{co} คือ กำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของคอนกรีต

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดของเสาคอนกรีต

2.2.2 ผลการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาถึงผลของการโอบรัดต่อพฤติกรรมของคอนกรีตกำลังปกติ (Normal Strength Concrete) โดยการทดสอบ

Mahasarakham University

ในตัวอย่างทดสอบตัวอย่างทดสอบภายใต้แรงกดอัดในแนวแกนและให้แรงกระทำทางด้านข้าง (Lateral Load) ซึ่งใช้ความดันจากของเหลวในการให้แรงกระทำทางด้านข้าง โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันหลายค่าการให้แรงกระทำทางด้านข้างลักษณะนี้เรียกว่า Active confinement จากการศึกษาพบว่าผลของการโอบรัดทำให้คอนกรีตมีค่าหน่วยแรงกดอัด ความแกร่ง และความเครียดในแนวแกนสูงเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากในปีถัดมาได้ศึกษาตัวอย่างทดสอบคอนกรีตทรงกระบอกที่ถูกโอบรัดโดยเหล็กเส้นซึ่งพันเป็นเกลียวรอบตัวอย่างทดสอบ (Continuous Steel Spiral) ภายใต้แรงกระทำในแนวแกนหรือเรียกแรงกระทำในลักษณะนี้ว่า Passive Confinement จากการทดสอบพบว่าถ้ากำหนดให้ระยะห่างของ Steel Spiral มีค่าน้อย ๆ จะทำให้ผลการทดสอบในกรณีของ Active confinement มีลักษณะเช่นเดียวกันกับกรณี Passive confinement (Richart, Brandtzeag and Brown, 1928) ได้นำเสนอสมการเพื่อทำนายกำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตโดยให้แรงกระทำทางด้านข้างดังแสดงในสมการ 2.9 (นันทิกา นามวิจิตร, 2554)

$$f'_{cc} = f'_{co} + k_1 f_1 \qquad (2.9)$$

โดยที่ f'_{cc} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตเมื่อมีแรงดันรอบข้าง

f'_{co} คือ กำลังต้านทานแรงกดอัดในแนวแกนของคอนกรีตเมื่อไม่มีแรงดันรอบข้าง

f_1 คือ แรงดันรัดรอบ (Confining pressure)

k_1 คือ สัมประสิทธิ์การโอบรัด (Confinement effectiveness coefficiency) มีค่าเท่ากับ 4.1

2.3 การศึกษาที่ผ่านมา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นบางส่วนกับการศึกษาในครั้งนี้ จากการที่ได้ศึกษาและรวบรวมม.านั้นเกี่ยวข้องกับการวิจัยการรับแรงในแนวแกนของแผ่นเมทัลชีท โดยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

มนูญกิตติ์ คำทอง และคณะ (2555) ได้ศึกษาการเสริมกำลังรับแรงอัดของเสาคอนกรีตโดยการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท ภายใต้การรับแรงอัดในแนวแกน จำนวน 57 ตัวอย่าง โดยใช้กำลังอัดคอนกรีตทรงกระบอก มาตรฐานที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 210 กก./ตร.ซม. โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี เสาหน้าตัดวงกลม เสาสี่เหลี่ยมจัตุรัส เสาสี่เหลี่ยมจัตุรัสลบมุมรัศมี 2 มม. เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า และเสาสี่เหลี่ยมผืนผ้าลบมุมรัศมี 2 มม. โดยที่ เสาคอนกรีตทั้งหมดถูกควบคุมให้มีพื้นที่หน้าตัดขนาดเท่ากันประมาณ 177 ตร.ซม. สูง 30 ซม. และถูกเสริมกำลังโดยการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท จำนวน 1-3 ชั้น การยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นเมทัลชีท และ เสาคอนกรีตใช้อีพอกซี่เป็นวัสดุเชื่อมประสาน เมื่อตัวอย่างเสาคอนกรีตรับแรงอัดแกนเสาคอนกรีตจะเบ่งตัวและขยายตัวออกทางด้านข้าง และแผ่นเมทัลชีทที่โอบรัดเสาคอนกรีตจะกันไม่ให้เสาคอนกรีตขยายตัวออกและลักษณะการวิบัติของเสาคอนกรีตทรงกระบอกเสริมกำลังด้วยแผ่นเมทัลชีท จะมีรอยฉีกขาดที่บริเวณหัวเสาลงมาตามแนวแกน เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้าไม่ลบเหลี่ยมที่มุมจะเกิดรอยฉีกขาดที่บริเวณมุมเสาเนื่องจากบริเวณนี้มีความเข้มข้นของหน่วยแรงสูง (stress intensity) สำหรับ เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้าลบเหลี่ยมที่มุม และ เสาสี่เหลี่ยมจัตุรัสลบเหลี่ยมที่มุมจะเกิดการ

Mahasarakham University

วิบัติ โดยการเปิดออกของแผ่นเมทัลชีทตรงรอยทาบ เสาสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะเกิดรอยฉีกขาดบริเวณมุมเสา และ ตรงตำแหน่งฐานเสาบริเวณใกล้กับกึ่งการด้านกว้างของเสา

กฤษดากร วังสระ และคณะ (2554) ได้ศึกษากำลังรับแรงอัดสูงสุดของเสาคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่โอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท ตัวอย่างเสาคอนกรีตทั้งหมด 24 ตัวอย่าง โดยมีขนาดเสา 15x15x60 ซม. และหัวเสา บน ล่าง ขนาด 25x25x10 ซม. (เสริมเหล็กปลอก RB 6 มม. ฝังลงที่หัวเสา 5 ซม.) โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างกลุ่มแรก ไม่มีมีการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท กลุ่มที่สองมีการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท จำนวน 2 ชั้น กลุ่มที่สามมีการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท จำนวน 1 ชั้น และโอบรัดแบบเป็นช่วงๆ อีก 1 ชั้น ระยะห่าง 3 ซม. และกลุ่มที่สี่มีการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีทเป็นช่วงๆ แถบ กว้าง 6 ซม. จำนวน 2 ชั้น ซึ่งแต่ละช่วงมีระยะห่าง 3 ซม. จากผลการทดสอบพบว่า วิธีการเสริมกำลังโดยการโอบรัดเสาแบบเป็นช่วงๆ 2 ชั้น สามารถเพิ่มกำลังได้ดีที่สุด อีกทั้งยังใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่างน้อย ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการทางานที่ดีที่สุด การวิบัติของตัวอย่างเสาคอนกรีต เริ่มม.าจากการเกิดการแตกร้าวที่หัวเสาก่อน ชิ้นส่วนของคอนกรีตที่แตกร้าวและหลุดออกมาเปรียบเสมือนลิ่มอัดลงมาในปลอกแผ่นเมทัลชีท และทำให้ แผ่นเมทัลชีทฉีกขาดที่มุมบน เสาจึงรับกำลังได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ สาหรับเสาตัวอย่างที่พันเต็มแผ่น ก่อนการวิบัติด้วยการฉีกขาดจะมีการเกิดการยู่ของแผ่นเมทัลชีทก่อน และในตัวอย่างที่พันเป็นช่วงๆ 2 รอบ จะวิบัติแบบฉีกขาดบริเวณกลางแผ่น โดยขาดทั้งสองชั้น ไม่ได้ฉีกขาดที่เหลี่ยมมุมของเสา

วีระพงษ์ สายแสน และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาการเสริมกำลังรับแรงอัดในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยแผ่นเมทัลชีท เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้นั้น จึงได้แบ่งวิธีดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ ในส่วนของการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก การทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมที่ใช้หล่อในเสาคอนกรีต และส่วนของการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดประลัยของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งในกรณีที่ไม่มีการโอบรัดโดยด้วยแผ่นเมทัลชีท และ มีการมีการโอบรัดโดยด้วยแผ่นเมทัลชีท ส่วนปริมาณเหล็กเสริมในเสากำหนดให้เท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่หน้าตัด โดยใช้เหล็กกลมแบบข้ออ้อย (Deformed Bar) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร สำหรับเหล็กยืน และ เหล็กกลมแบบผิวเรียบ (Round Bar) ขนาดส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สำหรับเหล็กปลอก ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกเท่ากับ 15 เซนติเมตร จากผลการทดลอง พบว่า เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท มีที่มีการพับปิดหน้าเสา (OverLap) จำนวน 2 ด้านของหน้าเสา จะมีพฤติกรรมการรับแรงกดอัดเป็นแบบเชิงเส้นตรง (Linear) จนกระทั่งเสาวิบัติ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี พบว่า มีค่ารับแรงกดอัดในแนวแกนเพิ่มขึ้นประมาณ 20% ของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุดทางทฤษฎี โดยไม่พิจารณาผลของการโอบรัดจากแผ่นเมทัลชีท ในกรณีที่มีการพับปิดหน้าเสา (Over Lap) จำนวน 1 ด้านของหน้าเสาค่าของแรงกดอัดของเสาที่ได้ไม่ได้ช่วยในการเพิ่มกาลังของเสาแต่อย่างใด เนื่องจากเกิดการเปิดของแผ่นเมทัลชีทที่หน้าเสา หลังจากนั้นกำลังรับแรงกดอัดของเสาจะลดลงอย่าง รวดเร็ว เมื่อให้แรงกดอัดในครั้งที่สอง จนเสาเกิดการวิบัติในที่สุด พบว่า ค่าแรงกดอัดดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับค่าการให้แรงกดอัดในครั้งแรกและยังใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

กฤษฎ์ ศิรมุนินท์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาผลกระทบของรูปร่างหน้าตัดเสาที่มีต่อรูปแบบการวิบัติของเมทัลชีท ที่เสริมพันรอบในเสาเสริมกำลัง ประกอบด้วย เสาหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมสี่เหลี่ยมลบมุม และทรงกระบอก โดยทำการทดสอบเสาในลักษณะหน้าตัดต่างๆ จัดเป็น 2 ชุด ชุดละ 3

Mahasarakham University

ตัวอย่าง ชุดแรกคือ ไม่มีการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท ชุดที่สองมีการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท โดยพันเมทัลชีท จำนวน 1-2 รอบ จากการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการวิบัติของเมทัลชีท สำหรับการพัน 1 รอบเสริมกำลังของตัวอย่างที่ทดสอบ การวิบัติของเสาคอนกรีตที่มีการเสริมกำลัง โดยการพันรอบของเมทัลชีท จากการทดสอบ พบว่า การวิบัติของเสาคอนกรีตเริ่มจากการที่อีพ็อกซี่ และ แผ่นเมทัลชีทเริ่มหลุดออกจากกัน ทำให้เกิดการยู่ของแผ่นเมทัลชีท โดยที่เสาคอนกรีตหน้าตัดทรงกระบอกเกิดการยู่ของแผ่นเมทัลชีท เป็นรอยขนาดเล็กๆ กระจายทั่วตัวอย่าง เมื่อให้เสาหน้าตัดทรงกระบอกรับน้ำหนักต่อไป พบว่า แผ่นเมทัลชีทฉีกขาด ส่วนในกรณีของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า และเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีรัศมีที่มุม จะเกิดการยู่ของแผ่นเมทัลชีทเป็นรอยขนาดใหญ่ โดยจะเกิด 1-2 รอยในแต่ละด้าน แต่ในเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า แผ่นเมทัลชีทจะเกิดรอยยู่ที่มุมด้วย ซึ่งเป็นผลให้แผ่นเมทัลชีทวิบัติโดยฉีกขาดที่มุม ส่วนเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีรัศมีที่มุม พบว่า เกิดการวิบัติโดยการฉีกขาดที่บริเวณใกล้ๆมุมหรือวิบัติโดยการเปิดออกของรอยทาบ อันน่าจะเกิดจากการยึดเหนี่ยวที่ไม่ดี ลักษณะการวิบัติของเสา กลุ่มตัวอย่างเสาคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส และ เสาคอนกรีตสี่เหลี่ยมจัตุรัสลบมุมที่โอบรัดด้วยเมทัลชีท 1 รอบและ 2 รอบ จะเห็นได้ว่า ที่ค่าหน่วยแรงอัดในแนวแกนเดียวกัน ค่าหน่วยการยืดหดที่มุมจะมีค่ามากกว่าจุดอื่น เนื่องมาจากที่มุมมีค่าความหนาแน่นของหน่วยแรงมากกว่าบริเวณอื่น จึงส่งผลต่อลักษณะการวิบัติของคอนกรีต โดยส่วนมากจะเกิดที่มุมของเสาคอนกรีต ส่วนในกรณีที่เมทัลชีทด้านพันทับหลุด อาจเกิดจากการยึดเหนี่ยวที่ไม่ดีระหว่างอีพ็อกซี่ที่อยู่ระหว่างแผ่นเมทัลชีทชั้นนอกและชั้นใน

เกริกพันธ์ พิทักษ์ภูพันธ์ และคณะ (2553) ได้ศึกษาการทดสอบตัวอย่างเสาสั้น 24 ตัวอย่าง โดยศึกษาผลของรูปร่างหน้าตัดของเสาคอนกรีต คือ หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสและหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสลบมุม และจำนวนรอบของแผ่นเมทัลชีทที่พันเสาคอนกรีต คือ 1 รอบและ 2 รอบ พบว่าเสาคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการลบมุมสามารถรับแรงกดอัดในแนวแกนได้มากกว่าเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่ไม่ได้ลบมุม นอกจากนั้น สำหรับเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสลบมุมนั้น การโอบรัดแผ่นเมทัลชีท 2 รอบ จะมีความสามารถรับแรงกดอัดได้มากกว่ากรณีโอบรัดแผ่นเมทัลชีท 1 รอบ

ไกรฤกษ์ บุญญรัตน์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาพฤติกรรมของเสาสั้นคอนกรีตหน้าตัดวงกลมที่ถูกโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท ที่ค่ากำลังของคอนกรีตแตกต่างกัน ภายใต้แรงอัดในแนวแกน ที่ค่ากำลังของคอนกรีตแตกต่างกัน แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ชุด แต่ละชุดมีค่ากำลังอัดทรงกระบอก 150 ksc, 300 ksc และ 400 ksc ตามลำดับ ได้ผลของการเปรียบเทียบกำลังอัดประลัย และ กำลังที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่างเสาคอนกรีต โดยประเภทของตัวอย่าง เสาคอนกรีตที่มีค่ากำลังอัดของแกนคอนกรีตสูง มีกำลังอัดประลัยสูงที่สุด ทั้งตัวอย่างเสาคอนกรีต ที่ไม่มีการเสริมกำลังด้วยแผ่นเมทัลชีท ตัวอย่างเสาคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยแผ่นเมทัลชีท 1 รอบ และตัวอย่างเสาคอนกรีตที่เสริมกำลังด้วยแผ่น เมทัลชีท 3รอบ รองลงมา ประเภทของตัวอย่างเสาคอนกรีตที่มีค่ากำลังอัดของแกนคอนกรีต “ปานกลาง” และของตัวอย่างเสาคอนกรีตที่มี ค่ากำลังอัดของแกนคอนกรีต “ต่ำ” ตามลำดับ ผลการทดสอบ จะเห็นได้ว่า เมื่อจำนวนชั้นของเมทัลชีท มากขึ้น ความสามารถในการรับแรงจะสูงขึ้น แต่สัดส่วนการเพิ่มของแรงไม่ได้เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนโดยตรงกับชั้นของเมทัลชีทและค่ากำลังที่เพิ่มขึ้นของคอนกรีตจะมีประสิทธิภาพที่สุด กับตัวอย่างเสาที่มีกำลังต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเสาประเภทอื่น

นัชฌานันท์ ห้องสินหลาภ และคณะ (2557) ได้ศึกษาแบบจำลองไฟไนต์อิลิเมนต์แบบไม่เป็นเชิงเส้นของเสาคอนกรีตที่โอบรัดด้วยเมทัลชีท โดยได้เสนอแบบจำลอง 3 มิติ ที่ใช้เงื่อนไขการคราก แบบ ดรักเกอร์-พลักเกอร์ และใช้ฟังก์ชันกำลังถดถอย (Softening function) ในการจำลองพฤติกรรม

Mahasarakham University

กำลังถดถอย (Softening) ของคอนกรีต ใช้เงื่อนไขการคราดแบบ ฟอน-มีสเซส (Von-mises) สำหรับวัสดุเมทัลชีทและใช้อิลิเมนต์ รอยต่อในการจำลองในส่วนของวัสดุยึดเหนี่ยวผลการศึกษา พบว่า แบบจำลองไฟไนต์อิลิเมนต์ ที่เสนอสามารถจำลองพฤติกรรมของเสาคอนกรีตที่ถูกโอบรัดด้วยเมทัลชีท โดยให้ผลไปในทางเดียวกับที่พบในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังอธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการอีกด้วย

นันทิกา นามวิจิตร (2554) ศึกษาพฤติกรรมและลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบคอนกรีตและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดกลมที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก และมีการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อนภายใต้แรงกระทำในแนวแกน เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับ สมการออกแบบเสาเชิงประกอบของ ACI Committee 318 และ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเสนอสมการ การออกแบบที่เหมาะสมของเสาประเภทดังกล่าว ตัวแปรหลักที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย กำลังอัดประลัยคอนกรีต ความหนาของปลอกเหล็ก และมีการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อนทางด้านข้าง จากการศึกษาตัวอย่างทดสอบคอนกรีตหน้าตัดกลมทรงกระบอกที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก และมีการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน พบว่า ตัวอย่างทดสอบมีกำลังอัดสูงสุดและความเหนียวสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบอ้างอิง โดยขึ้นอยู่กับตัวแปรหลักทั้ง 3 ตัวแปรดังกล่าวข้างต้น โดยมีพฤติกรรมภายใต้แรงกดอัดเป็นแบบเชิงเส้นตรงถึง 50-70%ของหน่วยแรงกดอัดสูงสุด จากนั้น ตัวอย่างทดสอบมีพฤติกรรมเข้าสู่ช่วงไร้เชิงเส้นโดยสามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบคือ (1) Strain hardening (2) Elastic-perfectly plastic และ (3) Strain softening และการวิบัติจะเกิดขึ้นแบบค่อยเป็นค่อยไป และสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้สูงก่อนเกิดการวิบัติจากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า ความหนาของปลอกเหล็ก 4.5 มิลลิเมตร และมีการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อนทางด้านข้าง เป็นตัวแปรที่มีความเหมาะสม ในการนำไปศึกษาขั้นต่อไป จากการศึกษาตัวอย่างทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดกลมที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก และ มีการให้หน่วยแรงโอบรัดก่อน พบว่า ตัวอย่างทดสอบมีพฤติกรรมการรับแรงกดอัดในช่วงเส้นตรง มีค่าถึง 60-70% ของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุด จากนั้น ตัวอย่างทดสอบมีพฤติกรรมเข้าสู่ช่วงไร้เชิงเส้น โดยสามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบคือ Strain hardening และ Elastic-perfectly plastic ตัวอย่างทดสอบจะมีการวิบัติแบบค่อยเป็นค่อยไปและมีความเหนียวสูงเพิ่มขึ้นก่อนการวิบัติ โดยมีอัตราส่วนของกำลังรับแรงกดอัดของตัวอย่างทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ทำนายโดยสมการออกแบบกำลังรับแรงกดอัดเสาเชิงประกอบตาม ม.าตรฐานของ ACI Committee 318 มีค่าน้อยกว่า 1.0 ดังนั้น เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้งานสมการออกแบบเสาเชิงประกอบของ ACI Committee 318 จึงควรถูกปรับให้เหมาะสม

นเรศ คำเปรว (2549) ซ่อมแซม.เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่เกิดรอยแตกร้าว โดยการเทพอกด้วยคอนกรีตเสริม เหล็กที่ห่อหุ้มด้วยลวดตาข่าย โดยทำการทดสอบตัวอย่าง เสาคอนกรีตเสริมเหล็กสั้น ขนาดหน้าตัด 0.20 m x 0.20 m ยาว 0.45 m จำนวน 39 ตัวอย่าง รับแรงอัดตามแนวแกน แบบตรงศูนย์ โดยเริ่มจากทำการกดเสาที่มีขนาดหน้าตัด 0.10 m × 0.10 m ยาว 0.45 m ให้เกิดรอยแตกร้าวแล้ว ทำการเทพอกเสาที่ชำรุดให้มีความหนาด้านละ 5 cm ในส่วนตัวอย่างเสาที่เทพอกนั้นจะมีการเปลี่ยนขนาดของเหล็กแกน 9 mm และ 12 mm ระยะเรียงของเหล็กปลอก 10 cm และ 20 cm และจำนวนรอบที่พันด้วยลวดตาข่าย 1 และ 2 รอบ ตามลำดับ จากการศึกษา พบว่า ลวดตาข่ายสามารถทำให้เสาที่ได้รับการซ่อมแซม.แล้วมีความเหนียวเพิ่มขึ้นแต่ลวดตาข่ายไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของกำลังเสาแต่ประการใด

Mahasarakham University

สิทธิชัย แสงอาทิตย์ ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก โดยเลือกใช้ขนาดของอิฐบล็อกขนาดความกว้าง 190 มม. ความยาว 390 มม. ความหนา 70 มม. ตามม.าตรฐาน มอก.57-2530 ประเภทไม่รับน้ำหนักและควบคุมความชื้น ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผลิตในโรงงานจังหวัดนครราชสีมา กำหนดให้มีอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่งต่อปริมาตรของหินฝุ่นในอัตราส่วนผสมต่างๆคือ 1:6 1:7 1:8 1:9 1:10 และ 1:11 โดยใช้ปริมาณน้ำคงที่ทุกอัตราส่วนผสม จัดเก็บคอนกรีตบล็อกไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 7 วัน โดยไม่มีการบ่มด้วยน้ำ เพื่อให้เหมือนกับสภาพจริง ทำการทดสอบตามม.าตรฐานของสมาคมเพื่อการทดสอบและวัสดุอเมริกัน ASTM C140 เพื่อหากำลังรับแรงอัด ผลการทดสอบ พบว่า ผลการรับกำลังอัดทุกกลุ่มตัวอย่างมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงกว่ากำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตบล็อกประเภทไม่รับน้ำหนักตามม.าตรฐาน มอก. 58-2516 ที่กำหนดให้มีค่าไม่น้อยกว่า 25 ksc. และอัตราส่วนที่รับกำลังแรงอัดได้มากที่สุดต่อราคาต้นทุนคือ อัตราส่วนระหว่า 1 : 7

Tan (2002) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยการเสริมเส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber Reinforced Pollymer, CFRP) และเส้นใยแก้ว(Grass Fiber Reainforce Polymer, GFRP) โดยพันหุ้มให้เส้นใยตั้งฉาก และ ขนานกับแนวแกนเสา แล้วจึงฉาบปิดด้วยปูนซีเมนต์ ผลการศึกษาพบว่า การพันหุ้มด้วยวัสดุ FRP โดยให้เส้นใยมีทิศทางตั้งฉาก และขนานกับแนวแกนเสา ทำให้เสามีความสามารถในการรับน้ำหนักตามแนวแกนเพิ่มม.ากขึ้น หากมีการพันหุ้มเสริมด้วยเส้นใยในแนวขวางกับแกนเสาที่มากเพียงพอ นอกจากนี้ยัง พบว่า แผ่นไฟเบอร์จะหลุดออกจากผิวคอนกรีต เมื่อเสารับแรงอัดระหว่าง 60%-90% ของแรงอัดสูงสุด โดยจะเกิดขึ้นกับการพันหุ้มด้วยเส้นใยแก้วมากกว่าเส้นใยคาร์บอน และยังพบอีกว่า การฉาบปิดด้วยปูนซีเมนต์ ไม่ส่งผลให้เสารับแรงอัดสูงขึ้นแต่อย่างใด หากนำผลการศึกษาดังกล่าวมาศึกษาเพิ่มเติม ในการซ่อมแซม.เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ มีรอยแตกร้าวโดยใช้ วิธีการหล่อพอกด้วยคอนกรีตแทนการฉาบปิดด้วยปูนซีเมนต์ ก็น่าจะส่งผลให้เสามีความสามารถรับแรงอัดได้สูงขึ้น โดยที่เสาเกิดการหดตัวน้อยลง

Sezen และ Miller (2006) ได้ทำการศึกษาการซ่อมแซม.และเสริมกำลังคอนกรีตของตอม่อสะพานที่มีลักษณะหน้าตัดกลม ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การพันหุ้มด้วยวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber Reinforced Polymer) การคลุมด้วยท่อเหล็กแล้วเทกรอกด้วยคอนกรีต (Concrete Filled in Fube, CFRP) และการหล่อพอกด้วยคอนกรีต จากผลการงานวิจัยของ Sezen and Miller ทำให้เราทราบว่าอการซ่อมแซม.และเสริมกำลังของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดกลมโดยการพันหุ้มด้วยวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยคาร์บอน (CFRP) ให้กำลังในการรับแรงอัดตามแนวแกนต่ำและเกิดการวิบัติเร็วกว่าวิธีอื่น แต่สามารถให้กำลังกว่าเสาที่ไม่ได้เสริมกำลังหรือซ่อมแซม.ใดๆ ถึง 2 เท่า อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ง่ายสะดวกรวดเร็วในการติดตั้ง

Shehata (2003) ได้ทำการศึกษาการโอบรัดของเสาคอนกรีตที่พันด้วยแผ่น CFRP เป็นเทคนิคที่ประสิทธิภาพสำหรับการเสริมโครงสร้างให้แข็งแรงขึ้น และข้อดีของเทคนิคนี้ คือ อัตราส่วนที่สูงของความต้านทานต่อน้ำหนัก คุณสมบัติของความทนทาน ประสิทธิภาพของการไม่กัดกร่อนของ CFRP และความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมการทดสองการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย 54 ตัวอย่างของเสาขนาดเล็ก ซึ่งได้ดำเนินการเพื่อทดสอบการเพิ่มความแข็งแรง และ ความสามารถทำให้เป็นเส้นบางของเสาคอนกรีตที่ภายนอกพันด้วย CFRP ตัวแปรที่ศึกษาเป็น เสาที่ตัดตามขวาง (วงกลม, สี่เหลี่ยม, และสี่เหลี่ยมมุมฉาก) และปริมาณของการกักตัวที่แสดงออกต่อจำนวนแผ่น CFRP ที่นำมาประยุกต์ใช้

Mahasarakham University

กับแบบจำลอง (หนึ่งหรือสองชั้น) ผลการศึกษาพบว่าเสาที่มีประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักได้สูงที่สุดและมีความเหนียวดีที่สุดเป็นเสาหน้าตัดกลม ส่วนเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมจะมีประสิทธิภาพการรับน้ำหนักและมีความเหนียวต่ำ ที่สุด

Amir Mirmiran และ Mohsen Shahaway (1997) ได้ทำการศึกษากำลังรับแรงกดอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วย เส้นใยพลาสติก (Fiber Reinforced Plastic) โดยทดสอบตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 152 mm สูง 305 mm จำนวน 30 ตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง เป็นคอนกรีตธรรมดา และอีก 24 ตัวอย่าง เป็นคอนกรีตที่ถูกห่อหุ้มด้วย แผ่น FRP โดยแปรผันจำนวนชั้นของแผ่น FRP จากการศึกษาพบว่า แผ่น FRP ที่ห่อหุ้มคอนกรีตด้านนอก มีส่วนทำให้เกิด Confinement เป็นผลให้กำลัง(Strength) และความเหนียว (Ductility) ของคอนกรีตมีค่าสูงขึ้น โดยกำลังและความเหนียวของคอนกรีต จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนาหรือจำนวนชั้นของแผ่น FRP ที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากการที่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียด มีค่ากำลังรับแรงกดอัดและพื้นที่ใต้เส้นกราฟมากขึ้น นอกจากนั้นแล้วยังพบอีกว่า การเกิดรอยแตกใน แผ่น FRP ที่ห่อหุ้มคอนกรีตอยู่รอบนอกเปรียบเสมือนเครื่องเตือนการวิบัติของตัวอย่างทดสอบ

Kaminski และ Trapko (2005) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าตัดเหลี่ยมผืนผ้า ขนาด กว้าง 8 ซม. ยาว 15 ซม. สูง 80 ซม. วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงทิศทางการพันหุ้มด้วยของวัสดุโพลิเมอร์เสริมเส้นใยคาร์บอน(Carbon Fiber Reinforced Pollymer, CFRP) ชนิด Sika Wrap-230c ที่มีผลต่อความสามารถในการรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผลการศึกษา พบว่าเมื่อนำ เอาวัสดุ CFRP ของ Sika Wrap-230c มาพันหุ้มโดยให้ทิศทางเส้นใยของ CFRP ขวางกับแนวแกนเสาทำ ให้ความสามารถในการรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาเพิ่มขึ้นในขณะที่การหดตัวของเสาลดลง

Mahasarakham University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย และวิธีการการศึกษาทั้งหมด โดยสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยๆ ได้ดังนี้

3.1 การเตรียมตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.3 ขั้นตอนการศึกษาและทดสอบ

3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดสอบ

3.1 การเตรียมตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 แผ่นเมทัลชีท

สำหรับการทดสอบ เตรียมแแผ่นเมทัลชีท ที่มีขายอยู่ในท้องตลาด และมีคุณสมบัติพื้นฐาน คือ เป็นเหล็กกล้ากำลังสูง Grade 550 มีค่ารับแรงดึงในแนวครากได้ 5,600 กก/ตร.ซม. โดยความหนาของแผ่นเมทัลชีทเป็นความหนาแท้จริงที่ยังไม่เคลือบอลูชิงค์ (Base Metal Thickness) มี 3ขนาดความหนาคือ 0.23 0.28 และ 0.33 มม. ตามลำดับ

3.1.2 การประกอบเสาจากแผ่นเมทัลชีท

นำแผ่นเมทัลชีท ตามความหนาที่เลือกไว้ มาพับประกอบเป็นเสา มีขนาดหน้าตัด กว้าง 15 ซม. ยาว 15 ซม. และ สูง 91 ซม. ตามลำดับ โดยขนาดหน้าตัดของเสาที่ใช้เป็นขนาดหน้าตัดของอาคารบ้านพักอาศัยทั่วๆไป ชั้นเดียว ที่รับน้ำหนักบรรทุกไม่มาก และความสูงของเสาเป็นความกว้างของแผ่นเมทัลชีท ที่ผลิตมาจากโรงงาน เพื่อเป็นตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.1.3 การเย็บตะเข็บของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท

เมื่อทำการพับเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ได้ขนาดหน้าตัดตามที่ต้องการเพื่อทดสอบแล้ว นำเสาประกอบทั้งหมดมาเย็บตะเข็บ โดยใช้หมุดย้ำ (ตะปูรีเวท) เย็บตลอดแนวตะเข็บของเสา โดยกำหนดระยะห่างของรอยเย็บคือ ระยะห่าง 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ เป็นวิธีการเย็บตะเข็บรอยต่อของแผ่นเมทัลชีท เพื่อเป็นตัวอย่างเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.1.4 คอนกรีตบล็อก

สำหรับส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ใช้นั้น เลือกใช้ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกกรอกลงในเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท โดยเลือกใช้อัตราส่วนผสม 1:7 คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อ หินคลุก 7 ส่วน โดยใช้ปริมาณน้ำคงที่ในส่วนผสม โดยแบ่งชั้นการกรอกคอนกรีตบล็อกลงในเสาประกอบเป็น 3 ชั้น ชั้นละประมาณ 30 ซม. แล้วทำการกระทุ้งเบาๆด้วย ค้อน (Hammer ขนาด 1 ปอนด์) ยกสูง 18 นิ้ว จำนวน 56 ครั้ง (การทดสอบการบดอัดดินแบบ Modified Compaction) เพื่อเป็นตัวอย่างการทดสอบสำหรับรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

Mahasarakham University

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 เครื่องทดสอบการรับน้ำหนักของเสา
3.2.2 เครื่องมือวัดค่า Linear Variable Differential Transducers (LVDT)
3.2.3 เครื่องมือบันทึกข้อมูล (Data Logger)
3.2.4 เครื่องผสมคอนกรีต (Pan Mixer)
3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก

ภาพประกอบ 3.1 เครื่องทดสอบการรับน้ำหนักของเสา

ภาพประกอบ 3.2 เครื่องมือบันทึกข้อมูล (Data Logger)

3.3 ขั้นตอนการศึกษาและทดสอบ

ในการศึกษา การทดสอบสมบัติของวัสดุจะกระทำตามมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM) โดยการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM

3.3.1 การทดสอบน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท

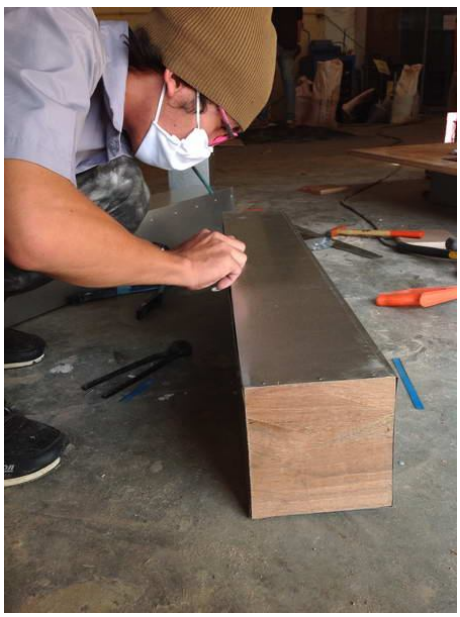
1) ติดตั้งตัวอย่างเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท เข้ากับเครื่องทดสอบการรับน้ำหนักของเสา โดยแรงกดอัดในแนวแกนกระทำต่อตัวอย่างทดสอบ ลงสู่เสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกคอนกรีตบล็อกโดยตรง การหดตัวในแนวแกนของตัวอย่างที่ทดสอบถูกวัดค่าโดย Linear Variable Differential Transducers (LVDT) จำนวน 2 ตัว ในแนวดิ่งติดตั้งที่ด้านข้างของเสาประกอบกับบริเวณหัวกดของเครื่องทดสอบการรับน้ำหนักของเสา และจำนวน 4 ตัว ในแนวราบติดตั้งด้านข้างของเสา เมื่อติดตั้งตัวอย่างเสาประกอบทดสอบเข้าที่แล้ว ตัวอย่างเสาประกอบจะถูก pre-loading ประมาณ 25% ของน้ำหนักกดประลัย และ unloading เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างหัวกดและตัวอย่างเสาประกอบ จากนั้นจึงเริ่มกดตัวอย่างเสาประกอบ โดยเพิ่มแรงกดอย่างช้าๆจนตัวอย่างเกิดการวิบัติอย่างสมบูรณ์

2) แบ่งเสาประกอบที่ทดสอบออกเป็น 3 กลุ่มตัวอย่าง ตามระยะเวลาของคอนกรีตบล็อกที่กำหนดไว้คือ เสาประกอบที่มีอายุของคอนกรีตบล็อกครบ 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ

3) แบ่งความหนาของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีทที่กรอกด้วยส่วนผสมคอนกรีตบล็อก เป็น 3 ความหนาคือ 0.23 0.28 และ 0.33 มม. ตามลำดับ

3.3.2 การทดสอบกำลังอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

ทำการเก็บตัวอย่างคอนกรีตบล็อก เพื่อหากำลังอัดประลัย โดยเก็บตัวอย่างจากแบบหล่อคอนกรีตขนาด 10 x 10 x 10 ซม.จำนวน 9 ตัวอย่างแล้วนำไปทดสอบกำลังอัดประลัยตามอายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3.3 การพับเสาและเย็บตะเข็บจากแผ่นเมทัลชีท

Mahasarakham University

ภาพประกอบ 3.4 เสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท

ภาพประกอบ 3.5 เสาที่เย็บตะเข็บตามระยะห่างที่กำหนด

Mahasarakham University

ภาพประกอบ 3.6 การผสมคอนกรีตบล็อก

ภาพประกอบ 3.7 การกรอกคอนกรีตบล็อกลงในเสาประกอบ

Mahasarakham University

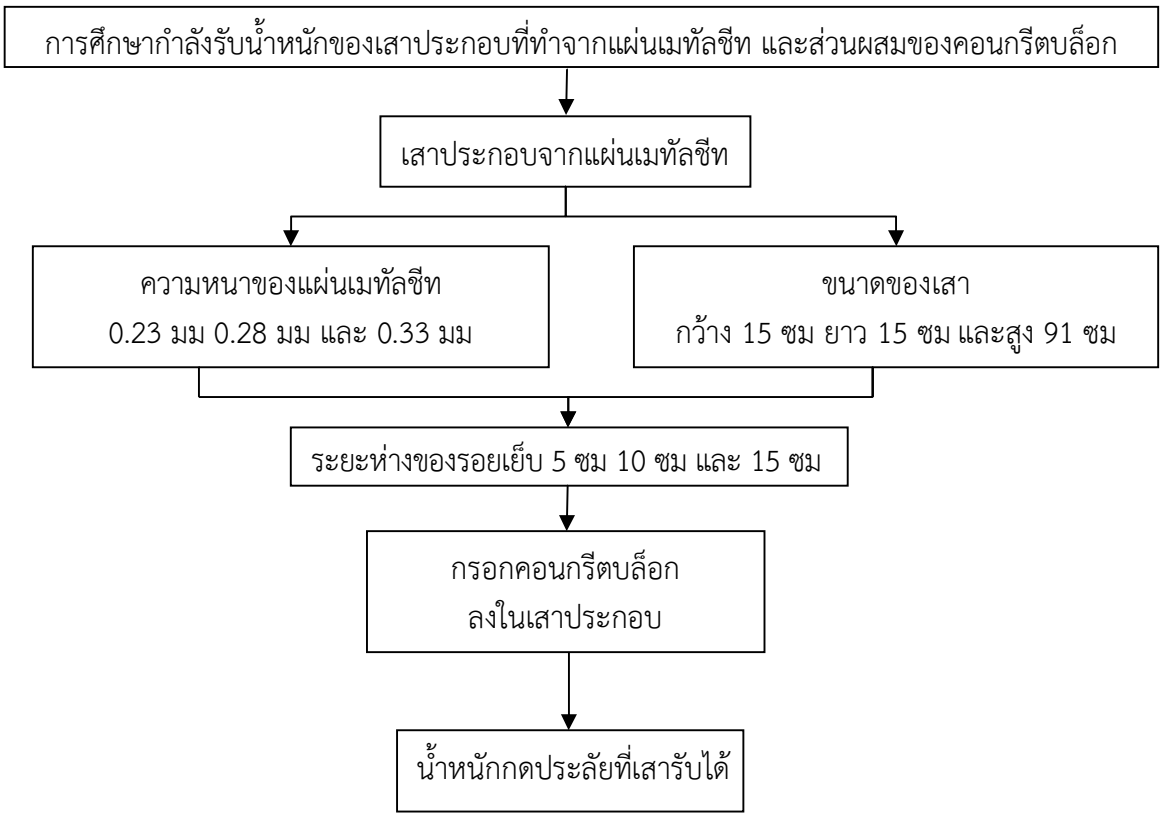
ภาพประกอบ 3.8 เสาประกอบที่กรอกคอนกรีตบล็อก

ภาพประกอบ 3.9 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเพื่อนำไปทดสอบหากำลังอัดประลัย

Mahasarakham University

ภาพประกอบ 3.10 การทดสอบน้ำหนักกดประลัย

3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดสอบ



ภาพประกอบ 3.11 แผนผังขั้นตอนการทดสอบ

Mahasarakham University

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

จากความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการรับน้ำหนักและรูปแบบการวิบัติของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท โดยทำการวิเคราะห์ผลจากการนำแผ่นเมทัลชีท มาประกอบพับขึ้นรูปเป็นเสาขนาด กว้าง 15 ซม. ยาว 15 ซม. สูง 91 ซม. ตามลำดับ และเลือกใช้ความหนาของแผ่นเมทัลชีท ที่ความหนา 0.23 0.28 และ 0.33 มม. ตามลำดับ และกำหนดระยะเย็บของแผ่นเมทัลชีท เสาที่ระยะห่าง 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ โดยออกแบบส่วนผสมคอนกรีตใช้ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก ในอัตราส่วน 1:7 คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อ หินคลุก 7 ส่วน ทำการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ

4.1 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

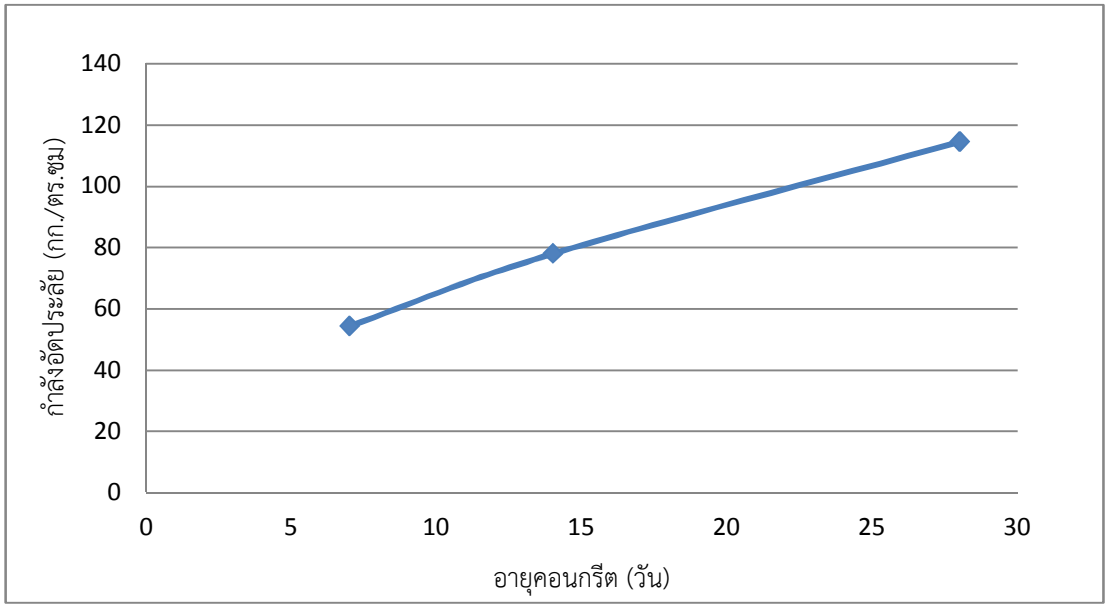
ผลการทดสอบตัวอย่างของคอนกรีตที่ใช้จากอัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ 1 ส่วนต่อ หินคลุก 7 ส่วน โดยเก็บตัวอย่างคอนกรีตบล็อกทดสอบรูปทรงลูกบาศก์(สี่เหลี่ยมจัตุรัส) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTMขนาดตัวอย่าง 10 x 10 x 10 ซม. แล้วนำไปทดสอบหากำลังอัดประลัยที่อายุการบ่มคอนกรีตครบ 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 น้ำหนักกดประลัยและค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	น้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตบล็อก (กก)	น้ำหนักกดประลัย (กิโลนิวตัน)	ค่ากำลังอัดประลัย (กก/ตร.ซม.)
7	2.32	53.36	54.39
14	1.97	76.55	78.03
28	2.15	112.41	114.57

จากตารางผลการทดสอบหาน้ำหนักกดประลัยและค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกซึ่งแสดงในตาราง 4.1 น้ำหนักกดประลัยที่ก้อนตัวอย่างรับได้เฉลี่ยที่อายุคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เท่ากับ 53.36 76.55 และ 112.41 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และค่ากำลังอัดประลัยเฉลี่ยที่อายุคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เท่ากับ 54.39 78.03 และ 114.57 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักกดประลัยและค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกเป็นไปตามทฤษฎีของการพัฒนากำลังของคอนกรีตตามระยะเวลาดังภาพประกอบ 4.1

Mahasarakham University



(วินิต ช่อวิเชียร, 2544)

ภาพประกอบ 4.1 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

4.2 ผลของอายุและระยะเย็บที่มีผลต่อน้ำหนักกดประลัยของเสา

4.2.1 การนำเอาแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

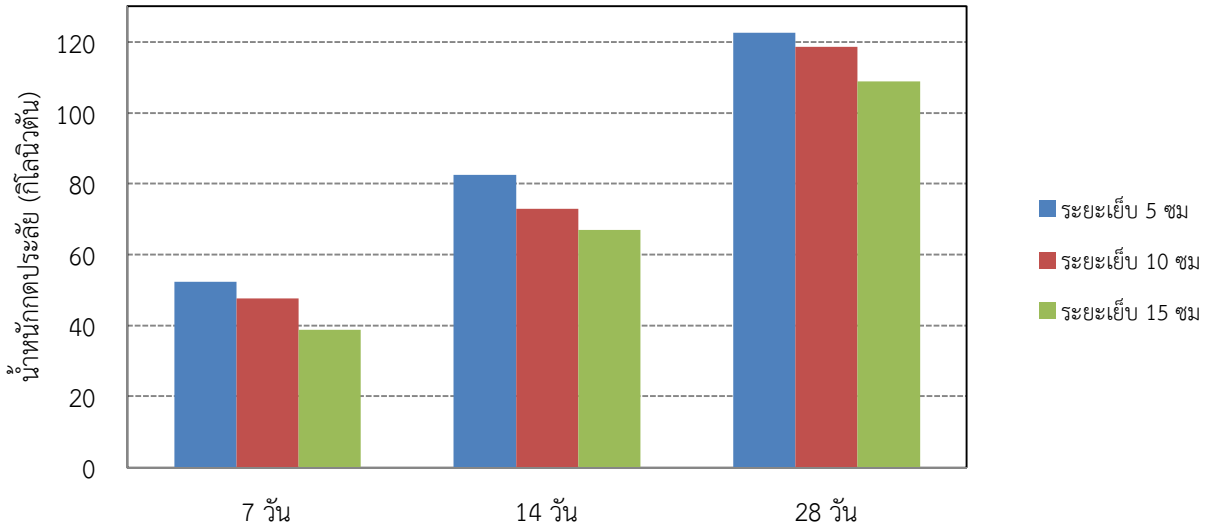
จากผลการทดสอบดังแสดงในตาราง 4.2 พบว่าการรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.23 มม. พับประกอบเป็นเสา และ ระยะเย็บ 5 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วันตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 52.3 82.6 และ 122.6 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และระยะเย็บ 10 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 47.6 72.9 และ 118.6 กิโลนิวตันตามลำดับ และระยะเย็บ 15 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 38.9 66.9 และ 108.9 กิโลนิวตัน ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าเสาที่รับน้ำหนักได้มากที่สุดคือ เสาที่มีระยะเย็บ 5 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน โดยรับน้ำหนักได้เท่ากับ 122.6 กิโลนิวตัน เสาที่รับน้ำหนักได้รองลงมาคือ เสาที่มีระยะเย็บ 10 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน โดยรับน้ำหนักได้เท่ากับ 118.6 กิโลนิวตัน และเสาที่รับน้ำหนักได้น้อยที่สุดคือ เสาที่มีระยะเย็บ 15 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน โดยรับน้ำหนักได้เท่ากับ 108.9 กิโลนิวตัน จากภาพประกอบ 4.2 แสดงให้เห็นการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ของแต่ละช่วงอายุของคอนกรีตบล็อก และตามความหนาของแผ่นเมทัลชีท โดยมีการพัฒนากำลังเพิ่มขึ้นตามทฤษฎี โดยระยะเย็บ 5 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 52.3 และ 82.6 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับร้อยละ 42.65 และร้อยละ 67.37 ตามลำดับ และระยะเย็บ 10 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 47.6 และ 72.9 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนัก

Mahasarakham University

ได้เท่ากับ 40.13 และร้อยละ 61.47 ตามลำดับ และระยะเย็บ 15 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 38.9 และ 66.9 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับ 35.72 และร้อยละ 61.43 จากข้อมูลผลทดสอบดังกล่าว พบว่า การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกส่วนผสมคอนกรีตบล็อกนั้น มีการพัฒนาความสามารถในการรับกำลังได้ดีและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตบล็อก และที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ คิดเป็นร้อยละ 100 ของความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

ตาราง 4.2 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.23 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

ระยะเย็บ (ซม.)	น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้ (กิโลนิวตัน)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	52.3	82.6	122.6
10	47.6	72.9	118.6
15	38.9	66.9	108.9



ภาพประกอบ 4.2 แสดงการรับน้ำหนักกดประลัย ที่อายุของคอนกรีตบล็อกต่างกัน ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม.

Mahasarakham University

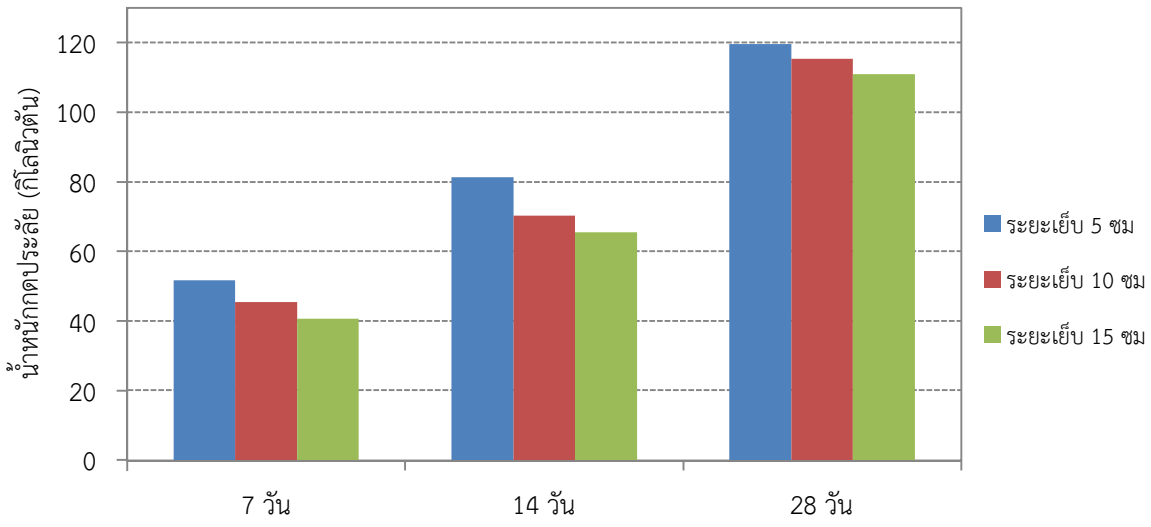
4.2.2 การนำเอาแผ่นเมทัลชีท 0.28 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

จากผลการทดสอบ ตาราง 4.3 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.28 มม. มาพับเป็นเสา ที่ระยะห่างของรอบเย็บ 5 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้ เท่ากับ 51.7 81.3 และ 119.6 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และที่ระยะห่างของรอบเย็บ 10 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 45.5 70.3 และ 115.3 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และที่ระยะห่างของรอบเย็บ 15 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 40.6 65.05 และ 110.9 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และจากผลการทดสอบดังกล่าว พบว่า เสาที่รับน้ำหนักได้มากที่สุดคือ เสาที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 5 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน รับน้ำหนักได้เท่ากับ 119.6 กิโลนิวตัน และเสาที่รับน้ำหนักได้รองลงมาคือ เสาที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 10 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน รับน้ำหนักได้เท่ากับ 115.3 กิโลนิวตัน และเสาที่รับน้ำหนักได้น้อยที่สุดคือ เสาที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 15 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน รับน้ำหนักได้เท่ากับ 110.9 กิโลนิวตัน และจากภาพประกอบ 4.3 แสดงให้เห็นการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ของแต่ละช่วงอายุของคอนกรีตบล็อก และตามความหนาของแผ่นเมทัลชีท โดยมีการพัฒนากำลังเพิ่มขึ้นตามทฤษฎี โดยระยะเย็บ 5 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 51.7 และ 81.3 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับ 43.23 และร้อยละ 68.98 ตามลำดับ และระยะเย็บ 10 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 45.5 และ 70.3 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับร้อยละ 39.46 และร้อยละ 60.97 ตามลำดับ และระยะเย็บ 15 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 40.6 และ 65.5 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับร้อยละ 36.61 และร้อยละ 59.15 ตามลำดับ จากข้อมูลผลทดสอบดังกล่าว พบว่า การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกส่วนผสมคอนกรีตบล็อกนั้น มีการพัฒนาความสามารถในการรับกำลังได้ดีและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตบล็อก และที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ คิดเป็นร้อยละ 100 ของความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกส่วนผสมคอนกรีตบล็อก และจากความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาประกอบ ยังพบอีกว่า ระยะเย็บที่มีการพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยได้ค่อนข้างต่ำคือ ระยะเย็บ 15 ซม.

ตาราง 4.3 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.28 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

ระยะเย็บ (ซม.)	น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้ (กิโลนิวตัน)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	51.7	81.3	119.6
10	45.5	70.3	115.3
15	40.6	65.5	110.9

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 4.3 แสดงการรับน้ำหนักกดประลัย ที่อายุของคอนกรีตบล็อกต่างกันของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 มม.

4.2.3 การนำเอาแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

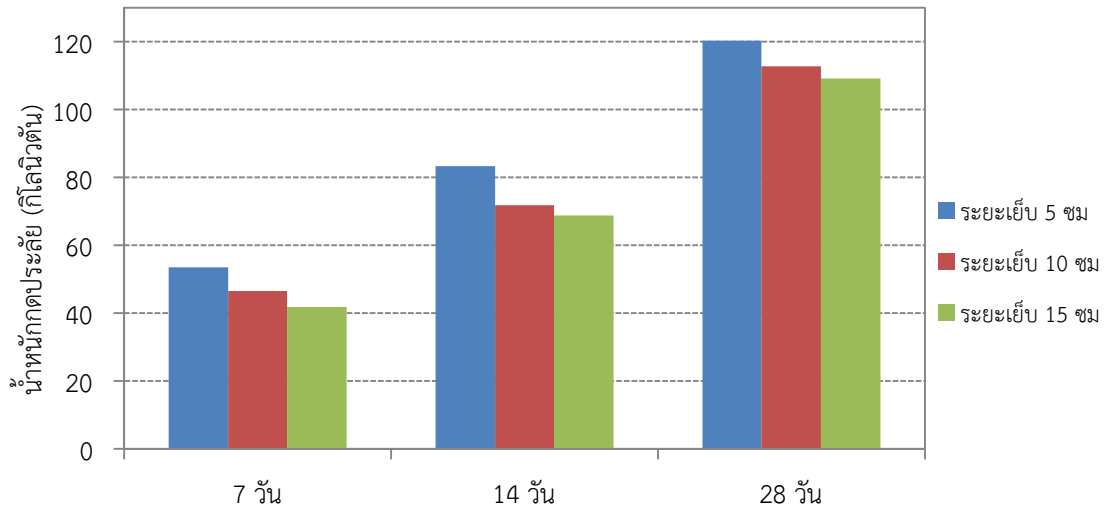
จากตาราง 4.4 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.33 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ ที่ระยะห่างของรอบเย็บ 5 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 53.67 83.3 และ 120.3 กิโลนิวตัน ตามลำดับ ที่ระยะห่างของรอบเย็บ 10 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 46.5 71.9 และ 112.9 กิโลนิวตัน ตามลำดับ ที่ระยะห่างของรอบเย็บ 15 ซม. อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เสาสามารถรับน้ำหนักได้เท่ากับ 41.9 68.9 และ 109.3 กิโลนิวตัน ตามลำดับ จากผลการทดสอบดังกล่าว พบว่า เสาที่รับน้ำหนักกดประลัยได้มากที่สุดคือ เสาที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 5 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน โดยรับน้ำหนักได้เท่ากับ 120.3 กิโลนิวตัน และเสาที่รับน้ำหนักได้รองลงมาคือ เสาที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 10 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน โดยรับน้ำหนักได้เท่ากับ 112.9 กิโลนิวตัน และเสาที่รับน้ำหนักได้น้อยที่สุดคือ เสาที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 15 ซม. ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน โดยรับน้ำหนักได้เท่ากับ 109.3 กิโลนิวตัน และจากภาพประกอบ 4.3 แสดงให้เห็นการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ของแต่ละช่วงอายุของคอนกรีตบล็อก และตามความหนาของแผ่นเมทัลชีท โดยมีการพัฒนากำลังเพิ่มขึ้นตามทฤษฎี โดยระยะเย็บ 5 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 53.6 และ 83.3 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับ 44.56 และร้อยละ 69.24 และระยะเย็บ 10 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 46.5 และ 71.9 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับร้อยละ 41.19 และร้อยละ 63.68 และระยะเย็บ 15 ซม. การพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ14 วัน พบว่า เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้ 41.9 และ 68.9 กิโลนิวตัน คิดเป็นร้อยละของการรับน้ำหนักได้เท่ากับร้อยละ 38.33 และร้อยละ 63.03 ตามลำดับ จากข้อมูลผลทดสอบ

Mahasarakham University

ดังกล่าว พบว่า การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกส่วนผสมคอนกรีตบล็อกนั้น มีการพัฒนาความสามารถในการรับกำลังได้ดีและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตบล็อก และที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ คิดเป็นร้อยละ 100 ของความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกส่วนผสมคอนกรีตบล็อก และจากความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาประกอบ ยังพบอีกว่า ระยะเย็บที่มีการพัฒนาการรับน้ำหนักกดประลัยได้ค่อนข้างต่ำคือ ระยะเย็บ 15 ซม. เมื่อนำน้ำหนักกดประลัยที่เสาประกอบรับได้เปรียบเทียบกัน พบว่า ระยะเย็บ 5 ซม. สามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้มากที่สุดและมีการพัฒนาความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยที่เพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตบล็อกได้มากด้วนเช่นกัน

ตาราง 4.4 การรับน้ำหนักของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท ความหนา 0.33 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

ระยะเย็บ (ซม.)	น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้ (กิโลนิวตัน)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	53.6	83.3	120.3
10	46.5	71.9	112.9
15	41.9	68.9	109.3



ภาพประกอบ 4.4 แสดงการรับน้ำหนักกดประลัย ที่อายุของคอนกรีตบล็อกต่างกันของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม.

Mahasarakham University

4.3 พฤติกรรมในการรับน้ำหนักของเสาประกอบ

จากผลการทดสอบจะพบว่า เสาประกอบดังกล่าวมีความสามารถในการรับน้ำหนักประลัยเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตบล็อก อนึ่งระยะเย็บรอยต่อของเสาประกอบก็แสดงอิทธิพลที่ชัดเจนต่อการรับน้ำหนักเช่นเดียวกันโดยที่ทุกอายุการบ่มของคอนกรีตบล็อกที่มากขึ้นเสาที่มีระยะเย็บน้อยจะมีการรับน้ำหนักกดประลัยได้สูงขึ้น

4.3.1 การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบในแนวแกนโดยคอนกรีตตามทฤษฎี

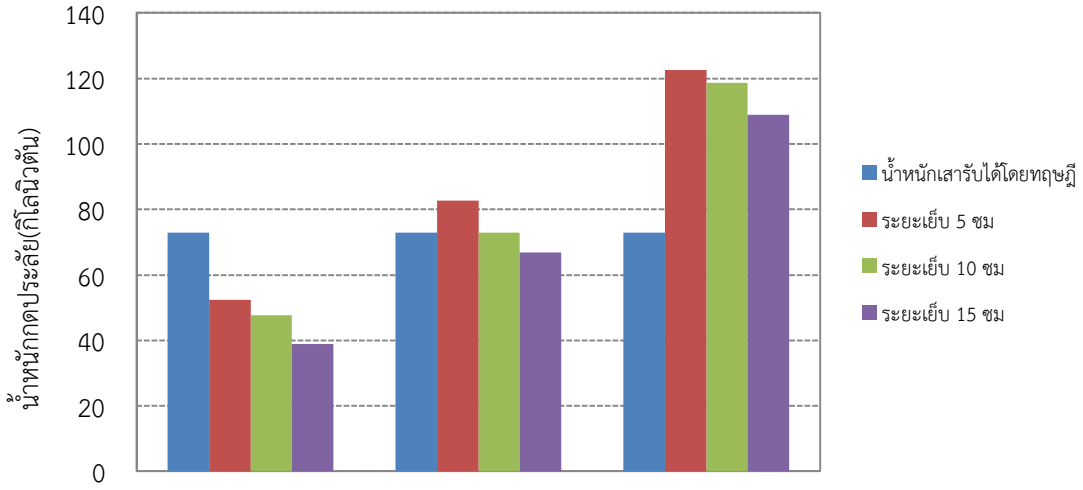
พฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 ซม. มาพับเป็นเสาประกอบ การรับน้ำหนักในแนวแกนของเสาประกอบนั้น พบว่า จากทฤษฎีการคำนวณหาน้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย ได้ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเท่ากับ 71.41 กิโลนิวตัน ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่รับได้จริงจากเครื่องทดสอบ ปรากฏว่า น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้จริง ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ 14 วัน เสารับน้ำหนักกดประลัยได้น้อยกว่าน้ำหนักที่เสารับได้ตามทฤษฎี แต่ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน เสาสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้มากกว่าตามทฤษฎี และอายุของคอนกรีตบล็อก 14 วัน ที่ระยะเย็บ 5 ซม. พบว่า เสาสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้มากกว่าตามทฤษฎี ดังแสดงในตาราง 4.5 พฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่คำนวณตามทฤษฎี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ และนำไปเปรียบเทียบกับเสาประกอบ ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 4.5 นั้น สังเกตได้ว่าน้ำหนักกดประลัยของเสาคอนกรีตบล็อกที่อายุ 7 และ 14 วัน นั้น มีค่าการรับน้ำหนักน้อยกว่าทฤษฎี แต่ระยะเย็บ 5 ซม. ของอายุคอนกรีตบล็อก 14 วัน รับน้ำหนักได้มากกว่าทฤษฎี และน้ำหนักกดประลัยของเสาคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้สูงกว่าค่าการรับน้ำหนักที่คำนวณจากทฤษฎีการคำนวณหาน้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย โดยที่มีอายุของคอนกรีตบล็อกเท่ากันที่ 28 วัน และคิดเป็นร้อยละได้ของการรับน้ำหนักกดประลัยที่มากกว่าทฤษฎี ได้ร้อยละ 62.99 โดยความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบที่มากกว่านั้น อาจมีผลมาจากคุณสมบัติของแผ่นเมทัลชีทที่มาพับเป็นเสาประกอบ

จากภาพประกอบ 4.6 แสดงพฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่มีอายุคอนกรีตบล็อกเท่ากับ 7 วัน เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่า ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ แสดงผลการรับน้ำหนักกดประลัยที่ชัดเจน โดยระยะเย็บ 5 ซม. ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 0.28 และ0.33 มม. ตามลำดับ นั้นสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเย็บ 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ แต่แนวโน้มการรับน้ำหนักกดประลัยของระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. มีแนวโน้มของการรับน้ำหนักกดประลัยที่ต่างกันโดยระยะเย็บ 5 ซม. ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม. จะรับน้ำหนักกดประลัยได้มากที่สุด แต่ระยะเย็บ 10 ซม. ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม. กลับรับน้ำหนักกดประลัยมากที่สุด และแนวโน้มการพัฒนาการรับน้ำหนักของแผ่นเมทัลชีทที่เพิ่มขึ้น โดยสังเกตจากผลทดสอบพบว่า แผ่นเมทัลชีท ระยะเย็บ 15 ซม. ที่มีความหนาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มการรับน้ำหนักกดประลัยเพิ่มม.ากขึ้นตามความหนาของแผ่นเมทัลชีท

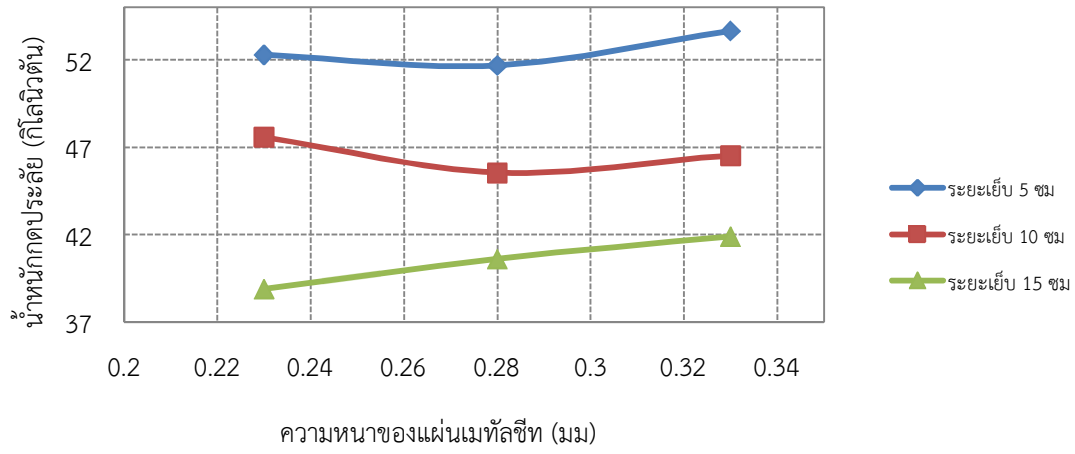
Mahasarakham University

ตาราง 4.5 น้ำหนักของเสาตามทฤษฎีกับน้ำหนักที่เสารับได้จริง (ความหนา 0.23 มม.)

ระยะเย็บ (ซม.)	เสารับน้ำหนักในแนวแกนโดยคอนกรีต (กิโลนิวตัน)	เสารับน้ำหนักกดประลัยในแนวแกนจากการทดสอบ (กิโลนิวตัน)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	71.41	52.3	82.6	112.6
10	71.41	47.6	72.9	118.6
15	71.41	38.9	66.9	108.9



ภาพประกอบ 4.5 เปรียบเทียบน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎีกับเสาประกอบที่รับน้ำหนักกดประลัยได้จริงของความแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม.



ภาพประกอบ 4.6 น้ำหนักกดประลัยที่มีผลต่อระยะเย็บและอายุของคอนกรีตบล็อก 7 วัน

Mahasarakham University

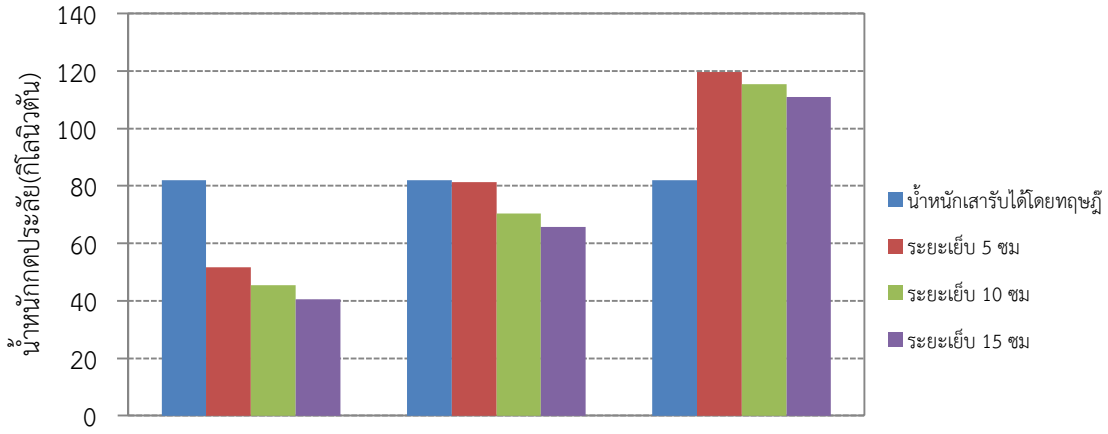
พฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 ซม. มาพับเป็นเสาประกอบ การรับน้ำหนักในแนวแกนของเสาประกอบนั้น พบว่า จากทฤษฎีการคำนวณหาน้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย ได้ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเท่ากับ 71.69 กิโลนิวตัน ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่รับได้จริงจากเครื่องทดสอบ ปรากฏว่า น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้จริง ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 วัน ของทุกระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ เสารับน้ำหนักกดประลัยได้น้อยกว่า น้ำหนักที่เสารับได้ตามทฤษฎี แต่ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 14 วัน ระยะเย็บ 5 ซม. เสารับน้ำหนักได้มากกว่าทฤษฎี และระยะเย็บ 10 และ 15 ซม. เสารับน้ำหนักกดประลัยได้น้อยกว่า น้ำหนักที่เสารับได้ตามทฤษฎี และที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน ของทุกระยะเย็บ เสาสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้มากกว่าตามทฤษฎี ดังแสดงในตาราง 4.6 พฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่คำนวณตามทฤษฎี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ และนำไปเปรียบเทียบกับเสาประกอบ ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 4.7 นั้น สังเกตได้ว่าน้ำหนักกดประลัยของเสาคอนกรีตบล็อกที่อายุ 7 และ 14 วัน นั้น มีค่าการรับน้ำหนักน้อยกว่าทฤษฎี แต่ระยะเย็บ 5 ซม. ของอายุคอนกรีตบล็อก 14 วัน รับน้ำหนักได้มากกว่าทฤษฎี และน้ำหนักกดประลัยของเสาคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้สูงกว่าค่าการรับน้ำหนักที่คำนวณจากทฤษฎีการคำนวณหาน้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย โดยที่มีอายุของคอนกรีตบล็อกเท่ากันที่ 28 วัน และคิดเป็นร้อยละได้ของการรับน้ำหนักกดประลัยที่มากกว่าทฤษฎี ได้ร้อยละ 62.19 โดยความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบที่มากกว่านั้น อาจมีผลมาจากคุณสมบัติของแผ่นเมทัลชีทที่มาพับเป็นเสาประกอบ และกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีกำลังไม่สูงมาก เมื่อนำค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกไปคำนวณในทฤษฎีแล้วจึงได้ค่าการรับน้ำหนักกดประลัยที่ต่ำตามกำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

จากภาพประกอบ 4.8 แสดงพฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่มีอายุคอนกรีตบล็อกเท่ากับ 14 วัน เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่า ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ แสดงผลการรับน้ำหนักกดประลัยที่ชัดเจน โดยระยะเย็บ 5 ซม. ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 0.28 และ 0.33 มม. ตามลำดับ นั้นสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเย็บ 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ แต่แนวโน้มการรับน้ำหนักกดประลัยของระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. มีแนวโน้มของการรับน้ำหนักกดประลัยที่คล้ายกัน โดยแผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 มม. ของทุกระยะเย็บ รับน้ำหนักกดประลัยได้น้อยที่สุด และแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม. ของระยะเย็บ 5 และ 15 ซม. รับน้ำหนักกดประลัยมากที่สุด และแนวโน้มการพัฒนาการรับน้ำหนักของแผ่นเมทัลชีทที่เพิ่มขึ้น โดยสังเกตจากผลทดสอบ พบว่า แผ่นเมทัลชีท ระยะเย็บ 5 และ 15 ซม. ที่มีความหนาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มการรับน้ำหนักกดประลัยเพิ่มมากขึ้นตามความหนาของแผ่นเมทัลชีท และจากภาพประกอบ 4.8 ยังพบว่าความหนาของแผ่นเมทัลชีทที่มีความหนาไม่ต่างกันมาก มีผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยได้ไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างของรอยเย็บ โดยที่ระยะเย็บจะทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักได้ดีกว่า

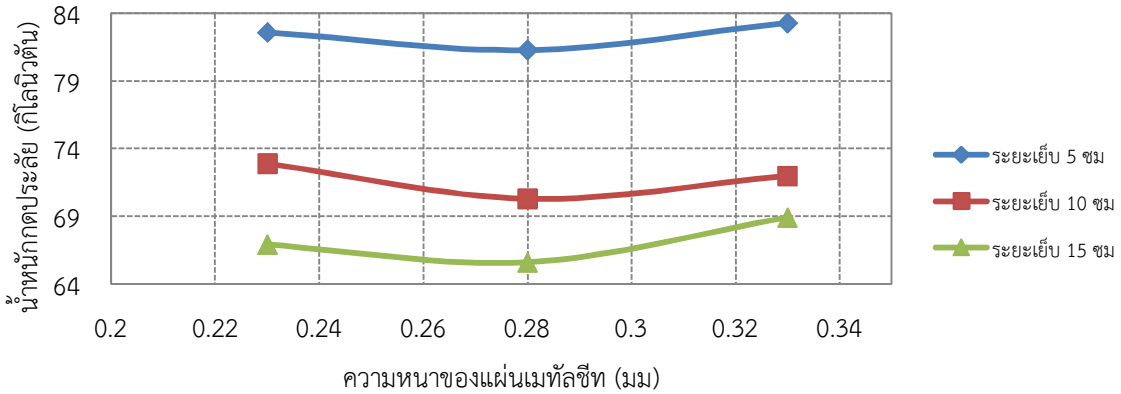
Mahasarakham University

ตาราง 4.6 น้ำหนักของเสาตามทฤษฎีกับน้ำหนักที่เสารับได้จริง (ความหนา 0.28 มม.)

ระยะเย็บ (ซม.)	เสารับน้ำหนักในแนวแกนโดยคอนกรีต (กิโลนิวตัน)	เสารับน้ำหนักกดประลัยในแนวแกนจากการทดสอบ (กิโลนิวตัน)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	71.69	51.7	81.3	119.6
10	71.69	45.5	70.3	115.3
15	71.69	40.6	65.6	110.9



ภาพประกอบ 4.7 เปรียบเทียบน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎีกับเสาประกอบที่รับน้ำหนักกดประลัยได้จริงของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 มม.



ภาพประกอบ 4.8 น้ำหนักกดประลัยที่มีผลต่อระยะเย็บและอายุของคอนกรีตบล็อก 14 วัน

Mahasarakham University

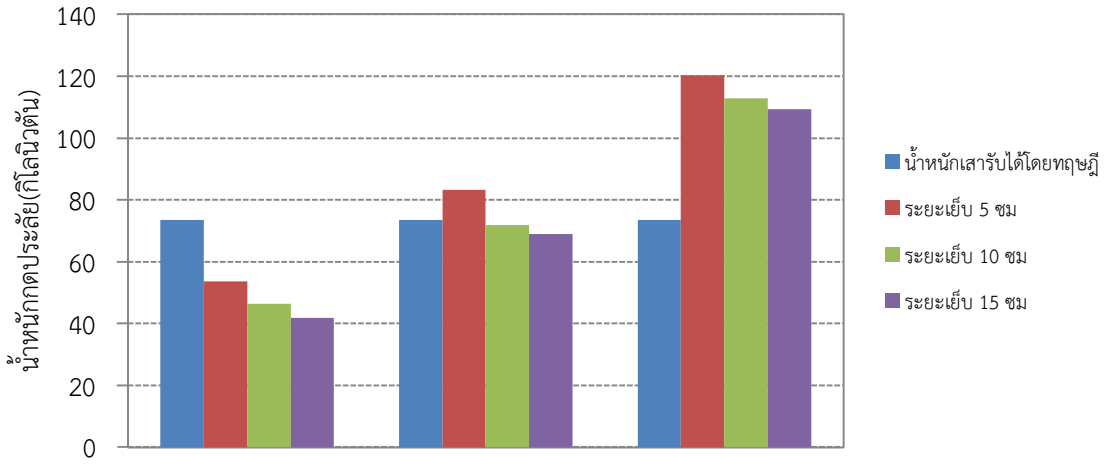
พฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่มีแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 ซม. มาพับเป็นเสาประกอบ การรับน้ำหนักในแนวแกนของเสาประกอบนั้น พบว่า จากทฤษฎีการคำนวณหาน้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย ได้ค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเท่ากับ 73.45 กิโลนิวตัน ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่รับได้จริงจากเครื่องทดสอบ ปรากฏว่า น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้จริง ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 วัน ของทุกระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ เสารับน้ำหนักกดประลัยได้น้อยกว่าน้ำหนักที่เสารับได้ตามทฤษฎี แต่ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 14 วัน ระยะเย็บ 5 ซม. เสารับน้ำหนักได้มากกว่าทฤษฎี และระยะเย็บ 10 และ 15 ซม. เสารับน้ำหนักกดประลัยได้น้อยกว่าน้ำหนักที่เสารับได้ตามทฤษฎี และที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน ของทุกระยะเย็บ เสาสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้มากกว่าตามทฤษฎี ดังแสดงในตาราง 4.7 พฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่คำนวณตามทฤษฎี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเสาประกอบ ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ และนำไปเปรียบเทียบกับเสาประกอบ ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 4.9 นั้น สังเกตได้ว่าน้ำหนักกดประลัยของเสาคอนกรีตบล็อกที่อายุ 7 และ 14 วัน นั้น มีค่าการรับน้ำหนักน้อยกว่าทฤษฎี แต่ระยะเย็บ 5 ซม. ของอายุคอนกรีตบล็อก 14 วัน รับน้ำหนักได้มากกว่าทฤษฎี และน้ำหนักกดประลัยของเสาคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน เสาประกอบสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้สูงกว่าค่าการรับน้ำหนักที่คำนวณจากทฤษฎีการคำนวณหาน้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย โดยที่มีอายุของคอนกรีตบล็อกเท่ากันที่ 28 วัน และคิดเป็นร้อยละได้ของการรับน้ำหนักกดประลัยที่มากกว่าทฤษฎี ได้ร้อยละ 64.33 โดยความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบที่มากกว่านั้น อาจมีผลมาจากคุณสมบัติของแผ่นเมทัลชีทที่มาพับเป็นเสาประกอบ และกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีกำลังไม่สูงมาก เมื่อนำค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกไปคำนวณในทฤษฎีแล้วจึงได้ค่าการรับน้ำหนักกดประลัยที่ต่ำตามกำลังอัดของคอนกรีตบล็อก และจากคุณสมบัติพื้นฐานของแผ่นเมทัลชีท ที่นำมาทดสอบมีกำลังรับแรงดึงที่จุดครากเท่ากับ 5,600 กก/ตร.ซม. ซึ่งมีกำลังมากกว่ากำลังรับแรงดึงที่จุดครากของเหล็กทั่วไป

จากภาพประกอบ 4.10 แสดงพฤติกรรมการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาที่มีอายุคอนกรีตบล็อกเท่ากับ 28 วัน เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่า ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ แสดงผลการรับน้ำหนักกดประลัยที่ชัดเจน โดยระยะเย็บ 5 ซม. ของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 0.28 และ 0.33 มม. ตามลำดับ นั้นสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเย็บ 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ แต่แนวโน้มการรับน้ำหนักกดประลัยของระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ มีแนวโน้มของการรับน้ำหนักกดประลัยที่ต่างกัน โดยแผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม. ของระยะเย็บ 5 และ 10 ซม. รับน้ำหนักกดประลัยได้มากที่สุดตามลำดับ และแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม. ของระยะเย็บ 5 และ 10 ซม. รับน้ำหนักกดประลัยน้อยที่สุด และแนวโน้มการพัฒนาการรับน้ำหนักของแผ่นเมทัลชีทมีแนวโน้มที่ไม่คงที่ โดยความแผ่นเมทัสชีท หนา 0.33 มม. มีการรับน้ำหนักกดประลัยน้อยลง และสังเกตจากผลทดสอบ พบว่า แผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 ของระยะเย็บ 10 ซม. มีการรับน้ำหนักกดประลัยเพิ่มม.ากขึ้นซึ่งไม่สอดคล้องกับรอยเย็บอื่นๆ และจากผลการทดสอบความหนาของแผ่นเมทัลชีท ทั้ง 3 ความหนา ความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบทั้ง 3 มีค่าการรับน้ำหนักกดประลัยที่ไม่คงที่ ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่า ความหนาของแผ่นเมทัลชีท ไม่ได้ส่งผลต่อการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท ที่กรอกส่วนผสมคอนกรีตบล็อกแต่อย่างใด

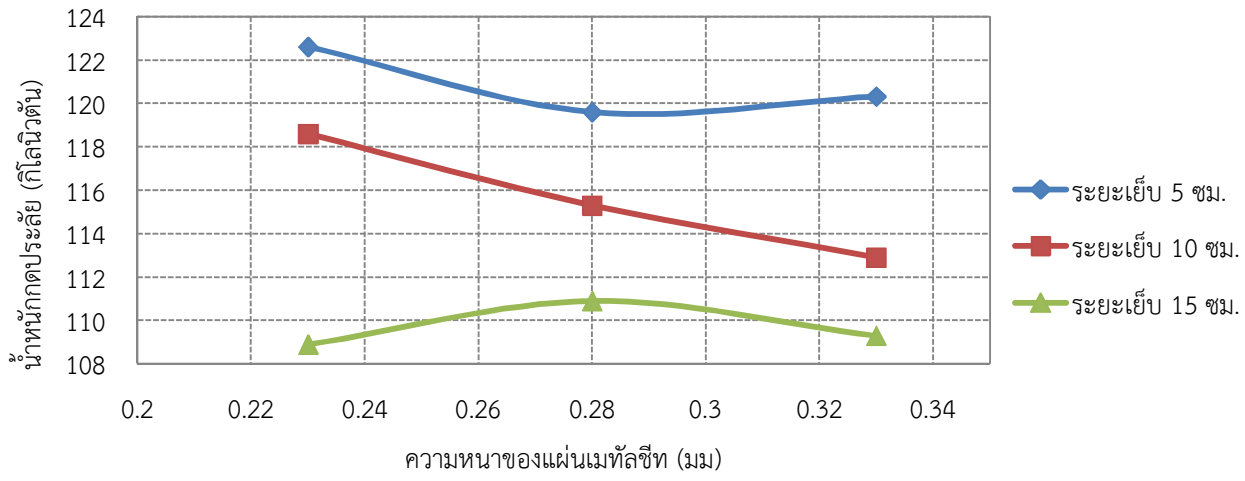
Mahasarakham University

ตาราง 4.7 น้ำหนักของเสาตามทฤษฎีกับน้ำหนักที่เสารับได้จริง (ความหนา 0.33 มม.)

ระยะเย็บ (ซม.)	เสารับน้ำหนักในแนวแกนโดยคอนกรีต (กิโลนิวตัน)	เสารับน้ำหนักกดประลัยในแนวแกนจากการทดสอบ (กิโลนิวตัน)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	85	53.6	83.3	120.3
10	85	465	71.9	112.9
15	85	41.9	68.9	109.3



ภาพประกอบ 4.9 เปรียบเทียบน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎีกับเสาประกอบที่รับน้ำหนักกดประลัยได้จริงของแผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม.



ภาพประกอบ 4.10 น้ำหนักกดประลัยที่มีผลต่อระยะเย็บและอายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน

Mahasarakham University

4.4 รูปแบบของการวิบัติ

จากการผลการทดสอบเนื่องจากแผ่นเมทัลชีท มีลักษณะทางกายภาพเป็นวัสดุแบบบาง จึงทำให้ไม่สามารถที่จะรับแรงอัดประลัยในแนวแกนได้ แต่การนำแผ่นเมทัลชีท มาประกอบเป็นเสา แล้วกรอกคอนกรีตบล็อกนั้น ช่วยทำให้เสาประกอบที่กรอกคอนกรีตบล็อกสามารถรับน้ำหนักได้ดีขึ้นและยังช่วยป้องกันการขยายตัวด้านข้างและทำให้เสาประกอบสามารถรับแรงต่อไปได้จนกว่าแผ่นเมทัลชีท จะวิบัติ

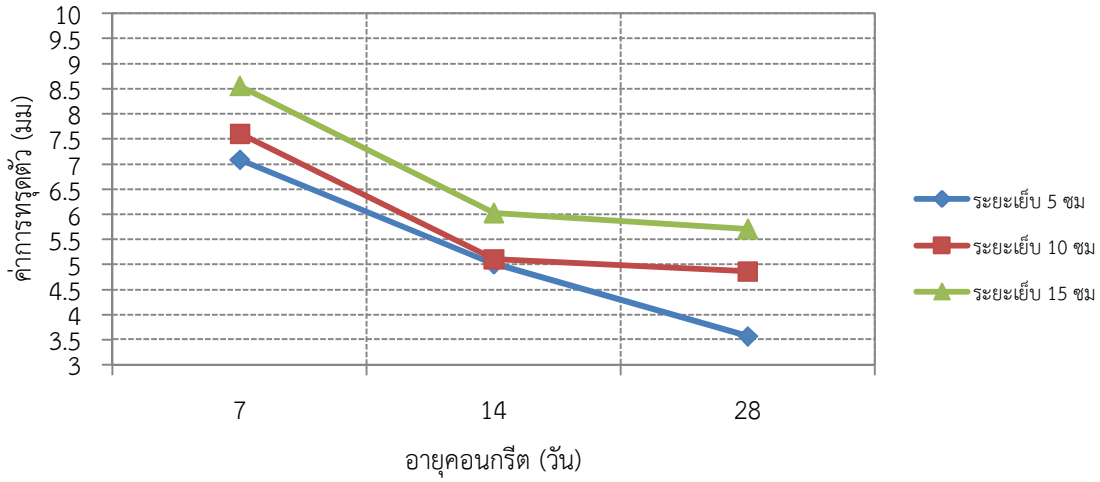
4.4.1 ผลของการทรุดตัวของเสาที่ใช้แผ่นเมทัลชีท หนา 0.23 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

การทดสอบการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ เมื่อเสาประกอบรับน้ำหนักกดประลัยในแนวแกนจะมีการถ่ายแรงระหว่างคอนกรีตบล็อกในเสาประกอบมายังแผ่นเมทัลชีท เพื่อให้แผ่นเมทัลชีท นั้นช่วยรับแรงจากคอนกรีตบล็อก และยังมีหมุดย้ำ (ตะปูรีเวท) ที่เย็บตะเข็บของเสาช่วยป้องกันไม่ให้เสาเกิดการวิบัติ โดยสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้เพิ่มมากขึ้น จากผลการทดสอบดังตาราง 4.8 พบว่า การทรุดตัวของเสาประกอบกรอกด้วยคอนกรีตบล็อกนั้น มีลักษณะการทรุดตัวเป็นไปตามอายุของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มมากขึ้น โดยค่าการทรุดตัวที่มากที่สุดเฉลี่ยอยู่ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ 14 วัน ตามลำดับ สำหรับค่าการทรุดตัวที่น้อยที่สุดอยู่ที่อายุของคอนกรีบล็อก 28 วัน และภาพประกอบ 4.11 พบว่า ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ ของอายุคอนกรีตบล็อก 28 วัน มีค่าการทรุดตัวที่น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ อายุของคอนกรีตบล็อกอายุ 7 และ 14 วัน และวิเคราะห์ต่อไปได้อีกว่า อายุของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มมากขึ้นสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้มากขึ้น ค่าการทรุดตัวก็จะน้อยลง

ตาราง 4.8 การทรุดตัวของเสาประกอบที่ความหนา 0.23 มม.

ระยะเย็บ (ซม.)	ค่าการทรุดตัวของเสาประกอบ (มม.)		
	7 (วัน)	14 (วัน)	28 วัน)
5	7.089	5.014	3.571
10	7.606	5.107	4.861
15	8.558	6.028	5.710

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 4.11 ความสัมพันธ์ของการทรุดตัวกับอายุของคอนกรีตบล็อกที่ความหนา 0.23 มม.

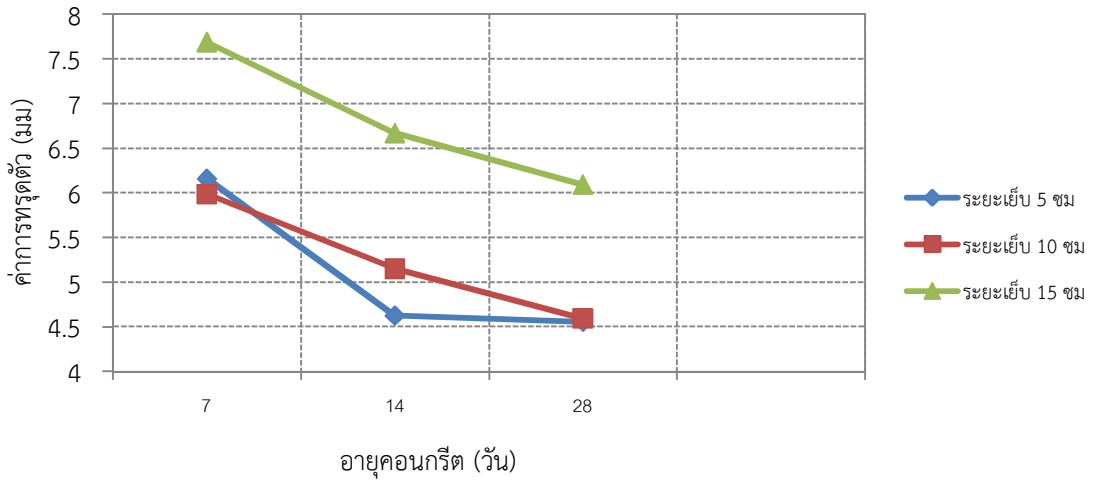
4.4.2 ผลของการทรุดตัวของเสาที่ใช้แผ่นเมทัลชีท หนา 0.28 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

การทดสอบการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ เมื่อเสาประกอบรับน้ำหนักกดประลัยในแนวแกนจะมีการถ่ายแรงระหว่างคอนกรีตบล็อกในเสาประกอบมายังแผ่นเมทัลชีท เพื่อให้แผ่นเมทัลชีท นั้นช่วยรับแรงจากคอนกรีตบล็อก และยังมีหมุดย้ำ (ตะปูรีเวท) ที่เย็บตะเข็บของเสาช่วยป้องกันไม่ให้เสาเกิดการวิบัติ โดยสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้เพิ่มมากขึ้น จากผลการทดสอบดังตาราง 4.9 พบว่า การทรุดตัวของเสาประกอบกรอกด้วยคอนกรีตบล็อกนั้น มีลักษณะการทรุดตัวเป็นไปตามอายุของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มมากขึ้น โดยค่าการทรุดตัวที่มากที่สุดเฉลี่ยอยู่ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ 14 วัน สำหรับค่าการทรุดตัวที่น้อยที่สุดอยู่ที่อายุของคอนกรีบล็อก 28 วัน และภาพประกอบ 4.11 พบว่า ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ ของอายุคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ มีค่าการทรุดตัวที่ต่างกันตามการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท เมื่อเปรียบเทียบกับ อายุของคอนกรีตบล็อกอายุ 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ระยะเย็บ 15 ซม. มีค่าการทรุดตัวที่มากที่สุด โดยมีผลจากการยึดเหนี่ยวของหมุดย้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

ตาราง 4.9 การทรุดตัวของเสาประกอบที่ความหนา 0.28 มม.

ระยะเย็บ (ซม.)	ค่าการทรุดตัวของเสาประกอบ (มม.)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	6.156	4.625	4.559
10	5.986	5.151	4.595
15	7.686	6.668	6.090

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 4.12 ความสัมพันธ์ของการทรุดตัวกับอายุของคอนกรีตบล็อกที่ความหนา 0.28 มม.

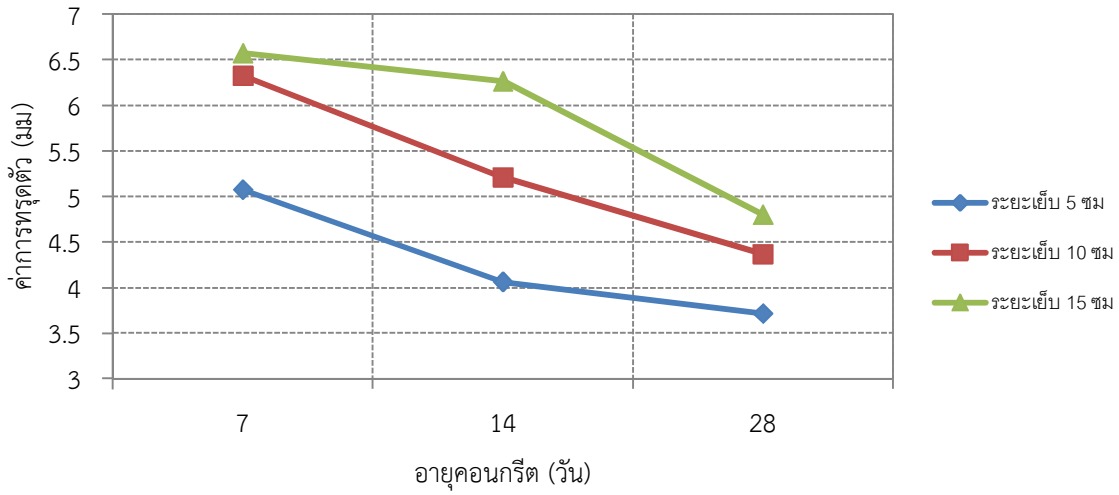
4.4.3 ผลของการทรุดตัวของเสาที่ใช้แผ่นเมทัลชีท หนา 0.33 มม. มาพับเป็นเสาประกอบ

การทดสอบการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ เมื่อเสาประกอบรับน้ำหนักกดประลัยในแนวแกนจะมีการถ่ายแรงระหว่างคอนกรีตบล็อกในเสาประกอบมายังแผ่นเมทัลชีท เพื่อให้แผ่นเมทัลชีท นั้นช่วยรับแรงจากคอนกรีตบล็อก และยังมีหมุดย้ำ (ตะปูรีเวท) ที่เย็บตะเข็บของเสาช่วยป้องกันไม่ให้เสาเกิดการวิบัติ โดยสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้เพิ่มมากขึ้น จากผลการทดสอบดังตาราง 4.10 พบว่า การทรุดตัวของเสาประกอบกรอกด้วยคอนกรีตบล็อกนั้น มีลักษณะการทรุดตัวเป็นไปตามอายุของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มมากขึ้น โดยค่าการทรุดตัวที่มากที่สุดเฉลี่ยอยู่ที่อายุของคอนกรีตบล็อก 7 และ 14 วัน สำหรับค่าการทรุดตัวที่น้อยที่สุดอยู่ที่อายุของคอนกรีบล็อก 28 วัน และภาพประกอบ 4.12พบว่า ระยะเย็บ 5 10 และ 15 ซม. ตามลำดับ ของอายุคอนกรีตบล็อก 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ มีค่าการทรุดตัวที่ต่างกัน ตามการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท เมื่อเปรียบเทียบกับ อายุของคอนกรีตบล็อกอายุ 7 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ระยะเย็บ 15 ซม. มีค่าการทรุดตัวที่มากที่สุดและระยะเย็บ 5 ซม. รับน้ำหนักกดประลัยได้มากที่สุด โดยมีผลจากการยึดเหนี่ยวของหมุดย้ำที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการช่วยป้องกันการขยายตัวทางด้านข้างของคอนกรีตบล็อก ทำให้เสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีทที่กรอกคอนกรีตบล็อกสามารถรับน้ำหนักกดประลัยได้เพิ่มมากขึ้น

ตาราง 4.10 การทรุดตัวของเสาที่ความหนา 0.33 มม.

ระยะเย็บ (ซม.)	ค่าการทรุดตัวของเสา (มม.)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
5	5.073	4.062	3.715
10	6.323	5.208	4.367
15	6.570	6.262	4.798

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 4.13 ความสัมพันธ์ของการทรุดตัวกับอายุของคอนกรีตบล็อกที่ความหนา 0.33 มม.

4.4.4 ผลการวิบัติของเสาประกอบ

ผลของการทอสอบการรับน้ำหนักประลัยสูงสุดที่เสารับได้ เมื่อเสารับน้ำหนักกดประลัย คอนกรีตบล็อกที่กรอกลงในเสาจะเกิดการขยายตัวด้านข้างออกมา ทำให้การเกิดการถ่ายแรงจากคอนกรีตบล็อกที่กรอกลงในเสา มายังแผ่นเมทัลชีท ที่ประกอบเป็นเสาอยู่ โดยแผ่นเมทัลชีท ที่ประกอบเป็นเสานั้น สามารถช่วยไม่ให้คอนกรีตบล็อกเกิดการแตกร้าว และทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยได้มากขึ้น และพบว่า ระยะห่างของรอยเย็บแผ่นเมทัลชีท มีผลช่วยในการรับน้ำหนักของเสา ซึ่งระยะห่างของรอยเย็บ 5 ซม. มีความถี่ของรอยเย็บมาก จึงส่งผลให้เสาสามารถรับกำลังอัดประลัยได้มากขึ้น แต่ระยะห่างของรอยเย็บ 10 และ15 ซม. มีระยะห่างที่มากไปและยังไม่เหมาะสมในการนำมาเย็บตะเข็บของเสาประกอบ รูปแบบของการวิบัติแบ่งได้ดันนี้

4.4.4.1 การวิบัติเสาประกอบที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท และส่วนผสมคอนกรีตบล็อก เกิดการวิบัติบริเวณปลายหัวเสาด้านบน โดยคอนกรีตบล็อกและแผ่นเมทัลชีท เกิดการเสียรูปที่ไม่สอดคล้องกัน โดยคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักกดประลัยที่รวดเร็วกว่าแผ่นเมทัลชีท จึงทำให้แผ่นเมทัลชีทที่บางกว่าเกิดการยู้ที่บริเวณปลายหัวเสาด้านบน โดยการวิบัติลักษณะนี้จะเกิดขึ้นกับเสาประกอบที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 10 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษฎ์ ศิรมุนินท์ และคณะ (2553) ดังภาพประกอบ 4.14

Mahasarakham University

ภาพประกอบ 4.14 การวิบัติของเสาบริเวณปลายเสาด้านบน

4.4.4.2 การวิบัติของเสาบริเวณกึ่งกลาง โดยเกิดการขยายตัวด้านข้างกึ่งกลางของเสา เป็นผลมาจากการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบที่ทำจากแผ่นเมทัลชีท และส่วนผสมคอนกรีตบล็อก และการยึดเหนี่ยวของหมุดย้ำ (ตะปูรีเวท) ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยทำให้แผ่นเมทัลชีทมีส่วนช่วยในการรับน้ำหนักของเสาประกอบที่เพิ่มขึ้น โดยการวิบัติลักษณะนี้จะเกิดขึ้นกับเสาประกอบที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 5 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษดากร วังสระ และคณะ (2554) ดังภาพประกอบ 4.15

ภาพประกอบ 4.15 การวิบัติของเสาบริเวณกึ่งกลางเสา

Mahasarakham University

4.4.4.3 การวิบัติจากของเสาโดยการฉีกขาดของแผ่นเมทัลชีท เป็นผลมาจากมุมของเสาประกอบที่เป็นเหลี่ยมและการยึดเหนี่ยวของหมุดย้ำ (ตะปูรีเวท) ไม่ดีพอจึงเป็นกลไกลที่ทำให้การโอบรัดของแผ่นเมทัลชีท ไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ จึงทำให้แผ่นเมทัลชีทเกิดการวิบัติก่อนที่คอนกรีตจะรับน้ำหนักกดประลัยได้ โดยการวิบัติลักษณะนี้จะเกิดขึ้นกับเสาประกอบที่มีระยะห่างของรอยเย็บ 15 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มนูญกิตติ์ คำทอง และคณะ (2555) ดังภาพประกอบ 4.16

ภาพประกอบ 4.16 การวิบัติของเสาโดยการฉีกขาดของแผ่นเมทัลชีท

Mahasarakham University

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของงานวิจัยในเรื่องกำลังรับน้ำหนักของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท และส่วนผสมคอนกรีตบล็อก รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีประโยชน์สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้องานวิจัยนี้

5.1 สรุปผล

5.1.1 จากผลการทดสอบการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีทที่กรอกส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก พบว่าความสามารถในการรับน้ำหนักของเสามีการพัฒนาตามอายุของคอนกรีตบล็อก

5.1.2 ความหนาของแผ่น เมทัลชีท มีผลต่อการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาค่อนข้างน้อย

5.1.3 ระยะของรอยเย็บมีผลต่อการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบโดยระยะรอยเย็บ 5 ซม. สามารถรับน้ำหนักกดประลัยของเสาได้มากที่สุด กล่าวคือ ระยะรอยเย็บของเสาประกอบยิ่งถี่ความสามารถในการรับน้ำหนักกดประลัยก็มากขึ้นด้วยเข้าที่หัวเสา

5.1.4 ผลการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบ และการคำนวณการรับน้ำหนักตามทฤษฎีนั้น มีความสามารถในการรับน้ำหนักที่ต่างกัน โดยการ รับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจริงรับน้ำหนักได้มากกว่าน้ำหนักที่ คำนวณได้ตามทฤษฎี

5.1.5 การวิบัติของเสาประกอบ จากแผ่น เมทัลชีทที่กรอกส่วนผสมของ คอนกรีตบล็อก พบว่า มีปัจจัยหลายด้านที่ส่งผลต่อการวิบัติของเสา อาทิ เช่น การทำให้แน่นของคอนกรีตบล็อก ระยะของรอยเย็บ และวัสดุที่ใช้เย็บ ตะเข็บ เป็นต้น

5.1.6 จากรูปแบบการวิบัติที่กึ่งกลางของเสาประกอบนั้น พบว่า เสาที่วิบัติลักษณะนี้สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด

5.1.7 จากการทดสอบของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีทที่ กรอกส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้จริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทดลองครั้งนี้ยังไม่ยังมีการนำแผ่นเมทัลชีท มาทดสอบหาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงดึงอย่างละเอียด ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการนำแผ่นเมทัลชีท มาทดสอบเพื่อเป็นข้อมูลที่แท้จริงในการทดสอบ

5.2.2 ควรมีการศึกษานำวัสดุชนิดอื่นที่มีความสามารถในการยึดเหนี่ยวที่ เหมาะสมสำหรับนำมาเย็บตะเข็บของเสาประกอบจากแผ่นเมทัลชีท

5.2.3 การศึกษาในครั้งต่อไปควรมีการทดสอบคุณสมบัติส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกเพิ่มเติม เช่น ซีเมนต์ หินคลุก ที่นำมาใช้งานทดสอบ

Mahasarakham University

5.2.4 การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการออกแบบความยาวของเสาเป็นเสาที่มียาวตามจริงและทดสอบตามสภาพการนำไปใช้งานจริง

Mahasarakham University

เอกสารอ้างอิง

Mahasarakham University

เอกสารอ้างอิง

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2549). *การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

เกริกพันธ์ พิทักษ์ภูพันธ์, วิทวัส กลุ่มเหรียญทอง และโชคชัย ทองสุขนอก. (2553). *พฤติกรรมการรับแรงของเมทัลชีทที่โอบรัดเสาคอนกรีต หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ภายใต้แรงอัดในแนวแกน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไกรฤกษ์ บุญญรัตน์, ศิระพล พินิจทรวัฒน์กุล และอภิชาต จันทร์พิลา. (2555). *ผลของกำลังอัดของคอนกรีตต่อการเพิ่มกำลังรับน้ำหนักของเสาคอนกรีตที่เสริมกำลังโดยใช้เมทัลชีท.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กฤษฎ์ ศิรมุนินท์, โยธิน พิลา และวัชรศักดิ์ เบญจประยูรศักดิ์. (2553). *ผลกระทบของรูปร่างหน้าตัดที่มีต่อรูปแบบการวิบัติของเมทัลชีทที่เสริมพันรอบในเสาเสริมกำลัง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กฤษดากร วังสระ, ทวีศักดิ์ อินลา และประเชิญ เจริญศรี. (2554). *การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเสาคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่โอบรัดโดยแผ่นเมทัลชีท ภายใต้แรงอัดในแนวแกน.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จักษดา ธำรงวุฒิ. (2552). *การทดสอบเสาคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกเหล็กภายใต้การรับน้ำหนักกดอัดตามแนวแกนตรงศูนย์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชุลีพร อุยยืนยงค์. (2554). *พฤติกรรมการรับแรงอัดของคอนกรีตหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกโอบรัดด้วยปลอกเหล็ก.* เอกสารการประชุมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16 มหิดล, 18-20 พฤษภาคม 2554.

นันทิกา นามวิจิตร. (2554). *การเสริมกำลังอัดเสาคอนกรีตเหล็กหน้าตัดวงกลม โดยการโอบรัดก่อด้วยปลอกเหล็ก.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

นัชฌานันท์ ห้องสินหลาภ, ธันยดา พรรณเชษฐ์ และเมธี บุญพิเชฐวงศ์. (2557). *แบบจำลองพฤติกรรมของเสาคอนกรีตที่ถูกโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีทภายใต้แรงอัดตามแนวแกน.* ใน: เอกสารวิศวกรรมมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นเรศ คำเปรว. (2549). *การซ่อมแซมเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่เกิดรอยร้าวโดยการเทพอกด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กที่ห่อหุ้มด้วยลวดตาข่าย.*วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มนูกิตติ์ คำทอง. (2555). *การเสริมกำลังอัดของเสาคอนกรีตโดยการโอบรัดด้วยแผ่นเมทัลชีท.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Mahasarakham University

มนตรี เย็นเปี่ยม. (2553). *ผลกระทบรูปแบบการขึ้นลอนต่อการดัดของคานเหล็กรีดเย็น รูปทรง หมวก.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มอก.409-2525. (ม.ป.ป.). *มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต (Standard Test Method for Compressive Strength of Concrete) มยผ. 1210-50*. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

วีระพงษ์ สายแสน, หัตถะชัย ดาเนินผล และอรรถวุฒิ เรืองศักดิ์. (2552). *การศึกษาการเสริมกำลังอัดในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยแผ่นเมทัลชีท.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิโรจน์ พลอยศรี. (2540). *พฤติกรรมในการรับแรงอัดของเสาเหล็กกลวงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่บรรจุคอนกรีต และไม่บรรจุคอนกรีต*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วินิต ช่อวิเชียร. (2542). *การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก*. กรุงเทพฯ: วินิต ช่อวิเชียร.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2546). ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (ม.ป.ป.). *อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก.* ม.ป.ท.: สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย.

American Society of Testing Materials ASTM C 39. (1998). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Annual book of ASTM Standards,* 4, 118-119.

Amir Mirmiran, Mohsen Shahaway. (1997). Behavior of Concrete Columns Confined by Composites Fiber*. ASCE*., 123(5), 583-590, May.

Bae S.-W., Belarbi A. and Myers J.J. (2007). *Performance of Corrosion-Damaged RC Columns Repaired by CFRP Sheets.* s.n.: s.l.

Bank, L.C. (2006). *Composites for Construction: Structural Design with FRP Materials.* s.n.: John Wiley & Sons.

British Standard Institute BS EN 12390-2. (2000). *Making and Curing Specimens for Strength Tests.* London: British Standards Institution.

Kaiminski, M. and Trapko,T**.** (2005). Experimental Behavior of Reinforced Concrete Column Models Strengthened by CFRP Materials. *Journal of Civil Engineering and Management*, XII(2), 109-115, October.

Matthys, S., Toutanji, H., Audenaert, K. and Taerwe, L. (2005). Axial load behavior of large-Scale columns confined with fiber-reinforced polymer composites. *ACI Struct. J.,* 20, 258–267.

Sezen, H. and Miller, E. (2006). *Retrofit of Circular Bridge Piers Using FRP, Steel, and Concrete Jackets. OTEC-2006*, *Annual Ohio Transportation Engineering Concrete*. Ohio: The Ohio State University.

Mahasarakham University

Shehata I.A.E.M., Carneiro L.A.V. and Shehata L.C.D. (2002). Strength of short concrete columns confined with CFRP sheets. *Materials and structures/Materiaux et Constructions*, 35, 50-58, January-February.

Tan, K. H. (2002). Strength Enhancement of Rectangular Reinforced Concrete Column using Fiber-Reinforced Polymer. *Journal of Composites for Construction*, 6(3), 175-183, August.

Toutanji H., Han M., Gilbert J. and Matthys S. (2010). Behavior of Large-Scale Rectangular Columns Confined with FRP Composites. *Journal of composites for Construction @ASCE*, 3, 62-71, January-February.

Mahasarakham University

ภาคผนวก

Mahasarakham University

ภาคผนวก ก
ตารางผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

Mahasarakham University

ตาราง ก.1 ผลการทดสอบกำลังรับอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก 7 วัน

ตัวอย่างที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กก)	น้ำหนักกดประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัดประลัย (กก/ตร.ซม)
1	1.85	30.85	31.45
2	2.05	61.61	62.80
3	3.05	67.61	68.92
ค่าเฉลี่ย	2.32	53.36	54.39

ตาราง ก.2 ผลการทดสอบกำลังรับอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก 14 วัน

ตัวอย่างที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กก)	น้ำหนักกดประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัดประลัย (กก/ตร.ซม)
1	1.96	78.26	79.77
2	2.04	71.94	73.33
3	1.93	79.44	80.97
ค่าเฉลี่ย	1.97	76.55	78.03

ตาราง ก.3 ผลการทดสอบกำลังรับอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก 28 วัน

ตัวอย่างที่	น้ำหนักตัวอย่าง (กก)	น้ำหนักกดประลัย (กิโลนิวตัน)	กำลังอัดประลัย (กก/ตร.ซม)
1	2.16	124.69	127.10
2	2.22	100.19	102.13
3	2.08	112.32	114.49
ค่าเฉลี่ย	2.15	112.41	114.57

Mahasarakham University

ภาคผนวก ข
ตารางผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบ

Mahasarakham University

ตาราง ข.1 ผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบที่อายุคอนกรีตบล็อก 7 วัน

ตัวอย่างที่	ความสูง (ซม)	ความหนา (มม)	ขนาดหน้าตัดเสา (ซม)	ระยะเย็บ (ซม)	น้ำหนักเสา (กิโลกรัม)	น้ำหนักกดประลัย (กิโลนิวตัน)
1	91	0.23	15 x 15	5	40.07	52.3
2	91	0.23	15 x 15	10	39.90	47.6
3	91	0.23	15 x 15	15	40.38	38.9
4	91	0.28	15 x 15	5	41.70	51.7
5	91	0.28	15 x 15	10	35.62	45.5
6	91	0.28	15 x 15	15	39.55	40.6
7	91	0.33	15 x 15	5	36.54	53.6
8	91	0.33	15 x 15	10	37.67	46.5
9	91	0.33	15 x 15	15	42.99	41.9

ตาราง ข.2 ผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบที่อายุคอนกรีตบล็อก 14 วัน

ตัวอย่างที่	ความสูง (ซม)	ความหนา (มม)	ขนาดหน้าตัดเสา (ซม)	ระยะเย็บ (ซม)	น้ำหนักเสา (กิโลกรัม)	น้ำหนักกดประลัย (กิโลนิวตัน)
1	91	0.23	15 x 15	5	40.07	82.6
2	91	0.23	15 x 15	10	42.91	72.9
3	91	0.23	15 x 15	15	44.41	66.9
4	91	0.28	15 x 15	5	44.85	81.3
5	91	0.28	15 x 15	10	41.56	70.3
6	91	0.28	15 x 15	15	45.42	65.5
7	91	0.33	15 x 15	5	41.17	83.3
8	91	0.33	15 x 15	10	37.73	71.9
9	91	0.33	15 x 15	15	37.05	68.9

Mahasarakham University

ตาราง ข.3 ผลการทดสอบค่าน้ำหนักกดอัดประลัยของเสาประกอบที่อายุคอนกรีตบล็อก 28 วัน

ตัวอย่างที่	ความสูง (ซม)	ความหนา (มม)	ขนาดหน้าตัดเสา (ซม)	ระยะเย็บ (ซม)	น้ำหนักเสา (กิโลกรัม)	น้ำหนักกดประลัย (กิโลนิวตัน)
1	91	0.23	15 x 15	5	44.16	122.6
2	91	0.23	15 x 15	10	42.11	118.6
3	91	0.23	15 x 15	15	41.97	108.9
4	91	0.28	15 x 15	5	45.86	119.6
5	91	0.28	15 x 15	10	43.96	115.3
6	91	0.28	15 x 15	15	39.32	110.9
7	91	0.33	15 x 15	5	39.16	120.3
8	91	0.33	15 x 15	10	36.60	112.9
9	91	0.33	15 x 15	15	37.22	109.3

Mahasarakham University

ภาคผนวก ค
รายการคำนวณการรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบจากทฤษฎี

Mahasarakham University

รายการคำนวณที่ 1. การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎี

ข้อมูลพื้นฐาน

กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก f_c' = 114 กก/ตร.ซม

ความหนาของแผ่นเมทัลชีท 0.23 มม

เสาประกอบขนาดหน้าตัด 15 x 15 ซม ความสูง 91 ซม

การคำนวณ

สูตรคำนวณ เสาเชิงประกอบ เสาคอนกรีตหุ้มด้วยท่อเหล็ก

$$P = 0.25 f_c' \left(1 - 0.000025 \frac{h^2}{r_c^2}\right) A_c + f_r' A_r \qquad (1.1)$$

โดยที่ P = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย (กก.)

A_r = พื้นที่หน้าตัดของท่อเหล็ก (ตร.ซม.)

A_c = พื้นที่หน้าตัดของเสาส่วนที่เป็นคอนกรีต (ตร.ซม.)

f_c' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)

f_r' = หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กรูปพรรณ (กก./ตร.ซม.)

$$f_r' = 1{,}195 - 0.0342 \frac{h^2}{r_y^2} \text{ และ } \frac{h}{r_y} < 120 \qquad (1.2)$$

h = ความสูงของเสา (ซม.)

r_y = รัศมีไจเรชั่นของท่อเหล็ก (ซม.)

r_c = รัศมีไจเรชั่นของเสาคอนกรีต (ซม.)

พื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต A_C = 224.31 ซม^2

พื้นที่หน้าตัดของแผ่นเมทัลชีท A_r = 0.689 ซม^2

ค่า $I_{รวม}$ = $(bh^3/12)$ = $(15 \times 15^3)/12$

= 4,218.75 ซม^4

ค่า $I_{คอนกรีต}$ = $(bh^3/12)$ = $(14.977 \times 14.977^3)/12$

= 4,192.93 ซม^4

ค่า $I_{เหล็ก}$ = 4,218.75 – 4,192.93

= 25.82 ซม^4

ค่า r_r = 6.121 ซม

ค่า r_C = 4.32 ซม

ค่า f_r' ในสมการ 1.2 = (91/6.121) = 14.86 < 120 ok.

แทนค่าในสมการ ในสมการ 1.1 ได้น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้

= 7,140.66 กิโลกรัม หรือ 71.41 กิโลนิวตัน

Mahasarakham University

รายการคำนวณที่ 2. การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎี

ข้อมูลพื้นฐาน

กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก f_c' = 114 กก/ตร.ซม

ความหนาของแผ่นเมทัลชีท 0.28 มม

เสาประกอบขนาดหน้าตัด 15 x 15 ซม ความสูง 91 ซม

การคำนวณ

สูตรคำนวณ เสาเชิงประกอบ เสาคอนกรีตหุ้มด้วยท่อเหล็ก

$$P = 0.25 f_c' \left(1 - 0.000025 \frac{h^2}{r_c^2}\right) A_c + f_r' A_r \qquad (1.1)$$

โดยที่ P = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย (กก.)

A_r = พื้นที่หน้าตัดของท่อเหล็ก (ตร.ซม.)

A_c = พื้นที่หน้าตัดของเสาส่วนที่เป็นคอนกรีต (ตร.ซม.)

f_c' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)

f_r' = หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กรูปพรรณ (กก./ตร.ซม.)

$$f_r' = 1{,}195 - 0.0342 \frac{h^2}{r_y^2} \text{ และ } \frac{h}{r_y} < 120 \qquad (1.2)$$

h = ความสูงของเสา (ซม.)

r_y = รัศมีไจเรชั่นของท่อเหล็ก (ซม.)

r_c = รัศมีไจเรชั่นของเสาคอนกรีต (ซม.)

พื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต A_C = 224.16 ซม^2

พื้นที่หน้าตัดของแผ่นเมทัลชีท A_r = 0.839 ซม^2

ค่า $I_{รวม}$ = $(bh^3/12)$ = $(15 \times 15^3)/12$

= 4,218.75 ซม^4

ค่า $I_{คอนกรีต}$ = $(bh^3/12)$ = $(14.972 \times 14.972^3)/12$

= 4,187.33 ซม^4

ค่า $I_{เหล็ก}$ = 4,218.75 – 4,187.33

= 31.42 ซม^4

ค่า r_r = 6.119 ซม

ค่า r_C = 4.319 ซม

ค่า f_r' ในสมการ 1.2 = (91/6.119) = 14.87 < 120 ok.

แทนค่าในสมการ ในสมการ 1.1 ได้น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้

= 7,308.151 กิโลกรัม หรือ 71.69 กิโลนิวตัน

Mahasarakham University

รายการคำนวณที่ 3. การรับน้ำหนักกดประลัยของเสาประกอบตามทฤษฎี

ข้อมูลพื้นฐาน

กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก f_c' = 114 กก/ตร.ซม

ความหนาของแผ่นเมทัลชีท 0.33 มม

เสาประกอบขนาดหน้าตัด 15 x 15 ซม ความสูง 91 ซม

การคำนวณ

สูตรคำนวณ เสาเชิงประกอบ เสาคอนกรีตหุ้มด้วยท่อเหล็ก

$$P = 0.25 f_c' \left(1 - 0.000025 \frac{h^2}{r_c^2}\right) A_c + f_r' A_r \qquad (1.1)$$

โดยที่ P = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย (กก.)

A_r = พื้นที่หน้าตัดของท่อเหล็ก (ตร.ซม.)

A_c = พื้นที่หน้าตัดของเสาส่วนที่เป็นคอนกรีต (ตร.ซม.)

f_c' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (กก./ตร.ซม.)

f_r' = หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กรูปพรรณ (กก./ตร.ซม.)

$$f_r' = 1{,}195 - 0.0342 \frac{h^2}{r_y^2} \text{ และ } \frac{h}{r_y} < 120 \qquad (1.2)$$

h = ความสูงของเสา (ซม.)

r_y = รัศมีไจเรชั่นของท่อเหล็ก (ซม.)

r_c = รัศมีไจเรชั่นของเสาคอนกรีต (ซม.)

พื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต A_C = 224.011 ซม^2

พื้นที่หน้าตัดของแผ่นเมทัลชีท A_r = 0.989 ซม^2

ค่า $I_{รวม}$ = $(bh^3/12)$ = $(15 \times 15^3)/12$

= 4,218.75 ซม^4

ค่า $I_{คอนกรีต}$ = $(bh^3/12)$ = $(14.967 \times 14.967^3)/12$

= 4,181.747 ซม^4

ค่า $I_{เหล็ก}$ = 4,218.75 – 4,181.747

= 37.003 ซม^4

ค่า r_r = 6.116 ซม

ค่า r_C = 4.32 ซม

ค่า f_r' ในสมการ 1.2 = (91/6.116) = 14.879 < 120 ok.

แทนค่าในสมการ ในสมการ 1.1 ได้น้ำหนักกดประลัยที่เสารับได้

= 7,487.85 กิโลกรัม หรือ 73.45 กิโลนิวตัน

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล	นายศักดิ์ชัย ทราบรัมย์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2525
จังหวัดและประเทศที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์ ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสุรวิทยาคาร อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ พ.ศ. 2543 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ พ.ศ. 2545 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาช่างโยธา วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ พ.ศ. 2549 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต พ.ศ. 2558 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน	-
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	บ้านเลขที่ 29/1 หมู่2 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

Mahasarakham University