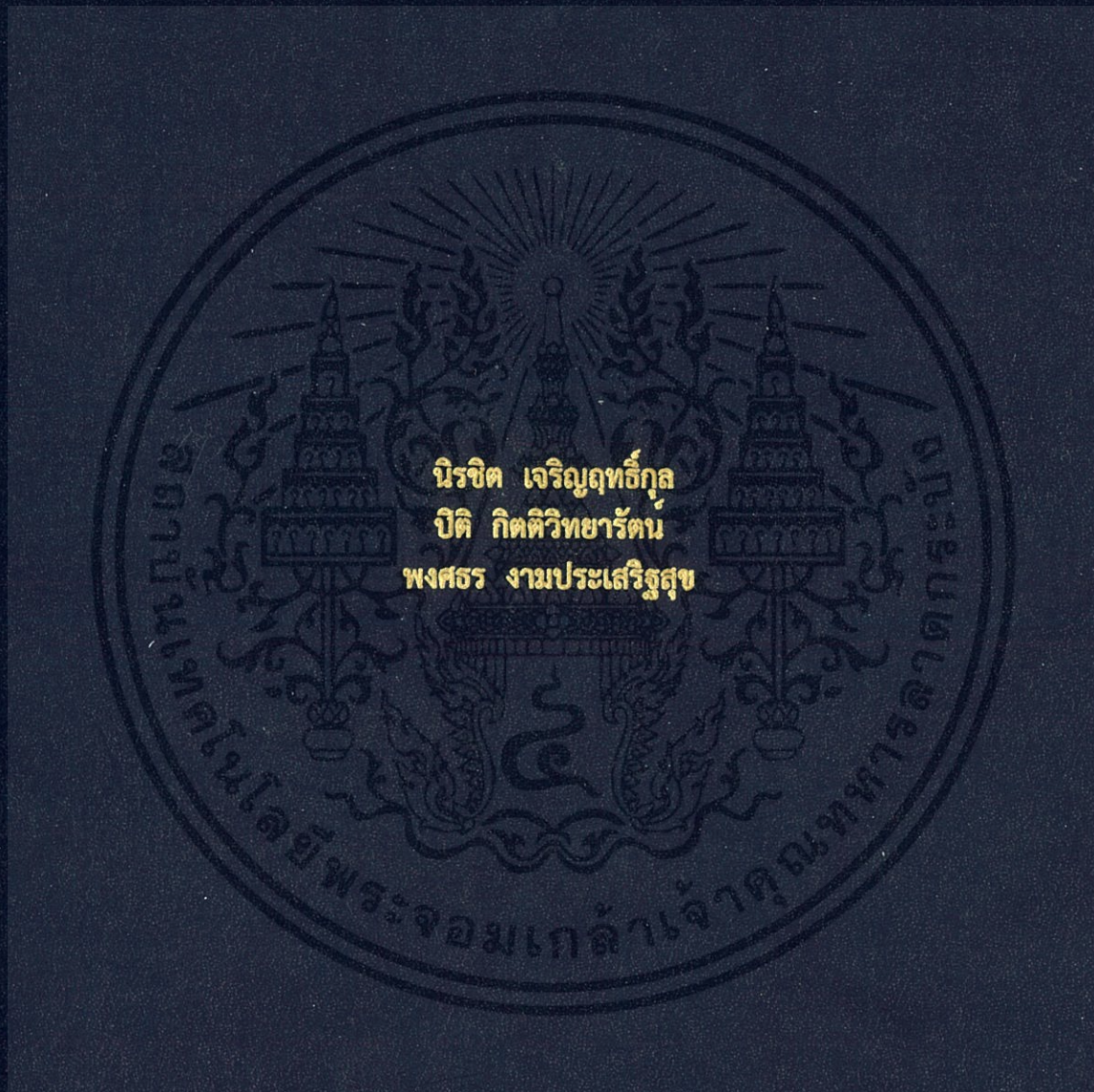


การศึกษาการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา
A Study Lateral Loading Of Concrete Block Masonry Wall And
Lightweight Concrete Block Masonry Wall



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การศึกษาการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา
A Study Lateral Loading Of Concrete Block Masonry Wall And
Lightweight Concrete Block Masonry Wall



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY LATERAL LOADING OF CONCRETE BLOCK
MASONRY WALL AND LIGHTWEIGHT CONCRETE BLOCK
MASONRY WALL



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา

นักศึกษา นายนิรชิต เจริญฤทธิกุล รหัสประจำตัว 56010685
นายปิติ กิตติวิทยารัตน์ รหัสประจำตัว 56010755
นายพงศธร งามประเสริฐสุข รหัสประจำตัว 56010776

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชลิตา อู่ตะเภา

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.สุพจน์ ศรีนิล	
รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร	
ผศ.ดร.ชลิตา อู่ตะเภา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 19 เมษายน 2560 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาชั้น 2 (ห้อง CV202)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(รศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 12 มิ.ย. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นาใบใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อก และผนังก่ออิฐมวลเบา

นายนิรชิต เจริญฤทธิกุล รหัสประจำตัว 56010685
นายปิติ กิตติวิทยารัตน์ รหัสประจำตัว 56010755
นายพงศธร งามประเสริฐสุข รหัสประจำตัว 56010776

ผศ.ดร. ชลิตา อุตะเกา

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผนังของอาคารที่พักอาศัยมักเป็นผนังก่ออิฐ ซึ่งวัสดุที่นิยมนำมาก่อผนังคือ อิฐ บล็อก และอิฐมวลเบา เพราะสามารถก่อได้รวดเร็วกว่าอิฐมอญ ในโครงสร้างงานก่อนั้นมักไม่ได้ คำนึงถึงความสามารถในการรับแรงของผนังที่ทำจากวัสดุก่อ โดยจะให้โครงสร้างผนังที่ทำจากวัสดุก่อ รับน้ำหนักเพียงน้ำหนักของตัวเองเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงโครงสร้างงานก่อนั้น ผนังก่ออิฐยังต้อง รับแรงต่างๆโดยเฉพาะการรับแรงกระทำด้านข้าง ได้แก่ แรงลม แรงที่เกิดจากอุบัติเหตุ แรง แผ่นดินไหว แรงที่เกิดจากภัยพิบัติธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้ผนังวัสดุก่อนี้เกิดความเสียหายและ เกิดการวิบัติขึ้น โดยโครงการพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และเปรียบเทียบแรงกระทำ ด้านข้างที่กระทำต้งฉากกับระนาบของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบาจนกระทั่งผนังเกิดการ วิบัติ รวมถึงศึกษาพฤติกรรมการแอ่นตัวและการแตกร้าวของผนัง

จากผลการทดลองพบว่าผนังก่ออิฐบล็อกสามารถรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้มากกว่าผนัง ก่ออิฐมวลเบา โดยผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบาสามารถรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้ เท่ากับ 609.58 kg และ 472.99 kg ตามลำดับ และยังพบว่าการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐมวลเบาจะ มากกว่าผนังก่ออิฐบล็อกเมื่อเพิ่มแรงกระทำด้านข้างมากขึ้นเรื่อยๆ ส่วนลักษณะการวิบัติจะเกิดการ วิบัติเนื่องจากแรงดึงจากการตัดและทำให้ผนังเกิดการแตกร้าวขึ้น

A Study Lateral Loading Of Concrete Block Masonry Wall And Lightweight Concrete Block Masonry Wall

Mr. Nirachit Charernritkul Student ID. 56010685

Mr. Piti Kittivittayarat Student ID. 56010755

Mr. Pongsatorn Ngamprasertsuk Student ID. 56010776

Asst.Prof.Dr. Chalida U-tapao

Academic Year 2016

ABSTRACT

In current the wall of building usually is masonry wall. Concrete block and lightweight concrete block are the most extensively used type of masonry wall because they can be constructed faster than clay bricks. In masonry structures is not consider ability to support or resist loads on the masonry wall, by it only supports self-weight. Actuality masonry wall not only support self-weight but also support a lateral loads, such as wind loads, accidental loads, earthquake loads, water pressure from the flood, etc. that may be affect to failure or cracking on the masonry wall, so this special project aims to study, analyze and comparison behavior that occurs from the lateral loads at perpendicular to the plane of concrete block masonry wall and lightweight concrete block masonry wall until failure. A study deflection and cracking on the masonry wall.

The results showed concrete block masonry wall can support lateral load 609.58 kg and lightweight concrete block masonry wall can support lateral load 472.99 kg. A deflection of lightweight concrete block masonry wall more than concrete block masonry wall when increase continuously lateral loading. Mode failure is flexural tensile stress and to cause the cracking.

กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีบทลีหรือคำกล่าวใดที่สามารถใช้บ่งชี้ถึงความกรุณา และความอนุเคราะห์ของ อาจารย์ชลิตา อุตะภา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ และอาจารย์สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์ที่ปรึกษา ร่วมกับโครงการพิเศษนี้ ที่ได้คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษามาตลอดระยะเวลาของการศึกษาของท่านทั้งสองได้ให้คำสั่งสอนและให้คำแนะนำที่มีค่ามากมายทั้งในด้านความรู้ทางวิชาการ แนวทางการศึกษาหาความรู้ แนวทางการทดสอบเพื่อการบรรลุเป้าหมายโครงการพิเศษนี้ และคำแนะนำอีกมากมายที่นอกเหนือจากช่วยทางวิศวกรรม ท่านได้เน้นให้ประพฤติปฏิบัติตนโดยอุทิศให้แก่งานพร้อม คอยให้คำแนะนำทั้งด้านการเขียนรูปเล่มและการนำเสนอโครงการพิเศษ ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญและทรงคุณค่ามากโดยกลุ่มผู้จัดทำโครงการพิเศษนี้มีความประทับใจและได้รับความรู้ความเข้าใจในการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่งทางกลุ่มผู้จัดทำจึงกล่าวขอบคุณอย่างซาบซึ้งและขอแสดงความนับถือเป็นอย่างสูง และที่ขาดไปไม่ได้เลยคือ ต้องขอขอบคุณพี่ๆ ช่างเทคนิคที่อยู่ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ คอยให้คำแนะนำและคอยให้ความช่วยเหลือทางด้านการติดตั้งเครื่องมือและการทดสอบผนังก่ออิฐจนสามารถทำให้ผลการทดสอบสามารถบรรลุผลที่เป็นไปตามความคาดหมายได้ ต้องขอขอบคุณที่อย่างสุดซึ่งไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ขอเฝ้าขอบคุณให้แก่สมาชิกครอบครัวทุกท่านของทางกลุ่มผู้จัดทำ ที่คอยมอบความรัก ความห่วงใย คำแนะนำความช่วยเหลือ และคอยให้กำลังใจอย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษาของกลุ่มผู้จัดทำ

นิรชิต เจริญฤทธิ์กุล

ปิติ กิตติวิทยารัตน์

พงศธร งามประเสริฐสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	5
2.1 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการศึกษา.....	27
3.2 ขั้นตอนการทำงานในการก่อผนังก่ออิฐมวลเบาและผนังก่ออิฐบล็อก.....	28
3.3 ขั้นตอนการทดสอบผนังก่ออิฐมวลเบา และผนังก่ออิฐบล็อก.....	37
3.4 ขั้นตอนการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐมวลเบาและอิฐบล็อก.....	43

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	46
4.1 ผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา.....	47
เพื่อใช้วิเคราะห์ผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐ	
4.2 ผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐมวลเบา.....	48
และผนังก่ออิฐบล็อก	
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบจริง.....	61
4.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อก.....	67
และผนังก่ออิฐมวลเบา	
4.5 การวิเคราะห์ลักษณะการวิบัติและพฤติกรรมการแตกร้าวของ.....	69
ผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา	
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลงานวิจัย.....	74
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขนาดและน้ำหนักของ อิฐมวลเบา (ตามมาตรฐาน Q-Con).....	9
ตารางที่ 2.2 ตัวคุณต่างๆของกำลังรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนัง.....	19
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา.....	47
ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	49
ของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 1	
ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	51
ของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 2	
ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	53
ของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 3	
ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	55
ของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1	
ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	57
ของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 2	
ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	59
ของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 3	
ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	62
ของผนังก่ออิฐบล็อก	
ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัว.....	65
ของผนังก่ออิฐมวลเบา	

สารบัญรูป

		หน้า
รูปภาพที่ 2.1	ลักษณะการวิบัติของผนังก่อบนแบบต่างๆ.....	7
รูปภาพที่ 2.2	ผนังพาดรับแรงแบบต่างๆ.....	12
รูปภาพที่ 2.3	ค่าตัวแปรต่างๆบนผนังก่อก่อที่ใช้ในการคำนวณ.....	17
รูปภาพที่ 2.4	ขนาดของก๊อมนิวส์ทูก่อที่ใช้ในการคำนวณ.....	18
รูปภาพที่ 2.5	ค่าขนาดของผนังที่ใช้ในการคำนวณ.....	18
รูปภาพที่ 2.6	ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง..... เมื่อรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉาก	20
รูปภาพที่ 2.7	สภาวะของการรับแรงดึงจากการตัดของพื้นที่หน้าตัด..... รอยแตกร้าวของผนังก่อก	22
รูปภาพที่ 2.8	ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวนอน.....	23
รูปภาพที่ 2.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Overlap ratio (r_0)..... และ Torque coefficient (k_b)	23
รูปภาพที่ 2.10	กราฟแนวโน้มวิกฤติ เพื่อใช้ทำนายลักษณะการวิบัติของ..... ผนังพาดรับแรงในแนวนอน	24
รูปภาพที่ 2.11	ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงสองทิศทาง.....	25
รูปภาพที่ 2.12	ความลาดชันการวิบัติแบบเส้นทแยงของผนังก่อก.....	26
รูปภาพที่ 3.1	การเจาะพื้นโดยใช้สว่าน.....	28
รูปภาพที่ 3.2	การเชื่อมติด Plate เหล็ก กับเสาเหล็ก.....	28
รูปภาพที่ 3.3	การวางแนวการก่ออิฐโดยใช้เส้นเอ็น.....	29
รูปภาพที่ 3.4	การผสมปูนก่อสำเร็จรูป.....	29
รูปภาพที่ 3.5	ปูนก่อสำเร็จรูปสำหรับอิฐมวลเบาและอิฐบล็อก.....	30
รูปภาพที่ 3.6	การก่ออิฐบล็อก.....	30

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปภาพที่ 3.7	การก่ออิฐมวลเบา..... 31
รูปภาพที่ 3.8	การเชื่อมเหล็กหนวดกุ้ง..... 31
รูปภาพที่ 3.9	การค้ำยันบริเวณเสาเหล็ก..... 32
รูปภาพที่ 3.10	การติดตั้งทับหลังเหล็ก..... 32
รูปภาพที่ 3.11	ภาพผนังก่ออิฐบล็อก..... 33
รูปภาพที่ 3.12	ภาพผนังก่ออิฐมวลเบา..... 33
รูปภาพที่ 3.13	การผสมปูนฉาบสำเร็จรูป..... 34
รูปภาพที่ 3.14	การฉาบปูน..... 34
รูปภาพที่ 3.15	ปูนฉาบสำเร็จรูปสำหรับอิฐมวลเบาและอิฐบล็อก..... 35
รูปภาพที่ 3.16	การตกแต่งงานฉาบให้สวยงามโดยการป่นปูน..... 35
รูปภาพที่ 3.17	ภาพผนังก่ออิฐที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว..... 36
รูปภาพที่ 3.18	ฐานรองรับตัว Hydraulic Jack..... 37
รูปภาพที่ 3.19	ตัววัดการแอ่นตัวLVDT..... 37
รูปภาพที่ 3.20	ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งตัว LVDT..... 38
รูปภาพที่ 3.21	เครื่อง Data Logger กับ Battery..... 38
รูปภาพที่ 3.22	การติดตั้ง Hydraulic Jack กับตัว Load Cell..... 39
รูปภาพที่ 3.23	Load Cell และเครื่อง Digital Display..... 39
รูปภาพที่ 3.24	การเชื่อมต่อ Data Logger กับเครื่อง Computer..... 40
รูปภาพที่ 3.25	การบันทึกวีดีโอผลการทดสอบ1..... 40
รูปภาพที่ 3.26	การบันทึกวีดีโอผลการทดสอบ2..... 41
รูปภาพที่ 3.27	Hydraulic hand pump..... 41
รูปภาพที่ 3.28	การวัดของผนังก่ออิฐมวลเบา..... 42
รูปภาพที่ 3.29	การวัดของผนังก่ออิฐบล็อก..... 42
รูปภาพที่ 3.30	วัดขนาดของอิฐบล็อก..... 43
รูปภาพที่ 3.31	วัดขนาดของอิฐมวลเบา..... 43
รูปภาพที่ 3.32	ทำการทดสอบการรับแรงดัด..... 44
รูปภาพที่ 3.33	บันทึกค่าแรงสูงสุดที่อิฐเกิดการวิบัติ จากจอแสดงผล..... 44

สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปภาพที่ 3.34	ลักษณะการวิบัติของอิฐบล็อกทั้ง 3 ตัวอย่าง.....	45
รูปภาพที่ 3.35	ลักษณะการวิบัติของอิฐมวลเบาทั้ง 3 ตัวอย่าง.....	45
รูปภาพที่ 4.1	ผนังก่ออิฐแสดงตำแหน่งที่ทำการวัดการแอ่นตัว.....	48
รูปภาพที่ 4.2	กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอ่นตัวของ ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 1	50
รูปภาพที่ 4.3	กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอ่นตัวของ ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 2	52
รูปภาพที่ 4.4	กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอ่นตัวของ ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 3	54
รูปภาพที่ 4.5	กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอ่นตัวของ ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1	56
รูปภาพที่ 4.6	กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอ่นตัวของ ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 2	58
รูปภาพที่ 4.7	กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอ่นตัวของ ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 3	60
รูปภาพที่ 4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้าง และระยะแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อก	63
รูปภาพที่ 4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้าง และระยะแอ่นตัวของผนังก่ออิฐมวลเบา	66
รูปภาพที่ 4.10	กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัว ของผนังก่ออิฐบล็อกกับผนังก่ออิฐมวลเบา	67
รูปภาพที่ 4.11	ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่1.....	69
รูปภาพที่ 4.12	ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่2.....	70
รูปภาพที่ 4.13	ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่3.....	70
รูปภาพที่ 4.14	ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่1.....	71
รูปภาพที่ 4.15	ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่2.....	72
รูปภาพที่ 4.16	ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่3.....	72
รูปภาพที่ 4.17	ลักษณะการแตกร้าวของผนังพาดรับแรงสองทิศทางที่มีการรองรับสามด้าน...	73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันโครงสร้างอาคารที่พิกอาศัย หากไม่ใช่โครงสร้างอาคารที่สร้างจากไม้แล้ว ส่วนมากจะเป็นโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งในส่วนของผนังมักจะเป็นโครงสร้างงานก่อ ซึ่งผนังสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่างพร้อมกัน คือนอกจากจะใช้ปกป้องมนุษย์จากลมฟ้าอากาศแล้วยังเป็นวัสดุกันแบ่งพื้นที่ใช้สอย และเนื่องจากในการออกแบบโครงสร้างงานก่อ มักจะไม่คำนึงถึงความสามารถในการรับแรงของผนังที่ทำจากวัสดุก่อ โดยจะให้โครงสร้างผนังที่ทำจากวัสดุก่อรับน้ำหนักเพียงน้ำหนักของตัวเองเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงโครงสร้างงานก่อนั้น ผนังยังต้องรับแรงต่างๆ เช่น น้ำหนักจากหลังคาหรืออาคารชั้นบนขึ้นไป แรงแลม แรงแผ่นดินไหว แรงจากน้ำและดินรวมไปถึง แรงที่เกิดจากอุบัติเหตุ เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นว่า ผนังที่ทำจากวัสดุก่อนั้นไม่ได้ทำหน้าที่รับน้ำหนักของตัวเองเพียงอย่างเดียวแต่ยังมีความสามารถรับแรงอื่นๆได้โดยเฉพาะการรับแรงกระทำด้านข้าง โดยแรงที่กระทำด้านข้างต่อผนังของอาคาร ได้แก่ แรงแลม แรงแผ่นดินไหว แรงที่เกิดจากอุบัติเหตุ แรงที่เกิดจากภัยพิบัติธรรมชาติ ฯลฯ ซึ่งเมื่อพิจารณาแรงแลมที่ปะทะกับผนังด้านหน้าอาคารจึงทำให้ทราบว่าแรงแลมจะถูกถ่ายแรงไปยังพื้นและผนังด้านที่ขนานแนวแรงแลม ผนังด้านหน้าอาคารที่รับแรงแลมจึงเป็นผนังรับแรงตั้งฉากกับระนาบของผนังซึ่งปกติแรงนี้มีค่าน้อยเมื่อคำนึงถึงขนาดและน้ำหนักของผนังวัสดุก่อ จึงไม่เป็นปัญหาในการคำนวณและออกแบบ แต่หากผนังวัสดุก่อนั้นต้องรับแรงกระทำตั้งฉากกับระนาบอันเนื่องมาจาก แรงแผ่นดินไหวและแรงที่เกิดจากภัยพิบัติเช่น แรงดันน้ำเนื่องจากอุทกภัย อาจเกิดความเสียหายและเกิดการวิบัติขึ้นในผนังวัสดุก่อ จึงเป็นที่มาว่าหากผนังวัสดุก่อนี้ต้องรับแรงกระทำด้านข้างที่เกิดขึ้นโดยที่ไม่คาดคิดหรือแรงจากภัยพิบัติ ผนังวัสดุก่อนี้จะสามารถรับแรงกระทำด้านข้างได้สูงสุดเท่าไรหรือก่อนจะถึงจุดที่ผนังวัสดุก่อเกิดการวิบัติขึ้น และเมื่อเกิดการวิบัติ ผนังวัสดุก่อมีลักษณะการวิบัติที่เกิดขึ้นจริงอย่างไร

ปัจจุบันนี้การก่อสร้างบ้านหรืออาคารที่พิกอาศัย ส่วนมากผนังมักเป็นผนังก่ออิฐ ซึ่งอิฐที่นิยมนำมาเป็นวัสดุก่อ เช่น อิฐมอญ อิฐมวลเบา อิฐบล็อกหรือคอนกรีตบล็อก เป็นต้น ซึ่งอิฐแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติ และข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป โดยโครงการงานเล่มนี้มุ่งหวังที่จะศึกษาและเปรียบเทียบในส่วนของกำลังและความแข็งแรงของผนังก่ออิฐ โดยทำการวิเคราะห์แรงกระทำด้านข้างซึ่งในที่นี้คือแรงกระทำตั้งฉากกับระนาบของผนังและศึกษาพฤติกรรมการโก่งตัวของผนังก่ออิฐ

ลักษณะการวิบัติที่เกิดขึ้นต่อผนังก่ออิฐ โดยการวิเคราะห์จะทำตามหลักทฤษฎีและการทดสอบ และเพื่อที่การทดสอบจะสามารถเป็นบรรทัดฐานที่ใช้อ้างอิงผลการทดสอบได้ จึงต้องมีการกำหนดขอบเขตของวัสดุและมีการกำหนดตัวแปรควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดผลต่อความคลาดเคลื่อนในการทดสอบได้

วัสดุที่ใช้สำหรับโครงการนี้ คือ อิฐบล็อกและอิฐมวลเบา เพื่อเป็นการทดสอบว่าเมื่อมีการนำอิฐทั้ง 2 ชนิดมาใช้ในการก่อผนังแล้วพฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของผนังก่ออิฐทั้ง 2 ประเภทจะแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งปัจจัยต่างๆที่ทำให้เกิดความแตกต่างมักเกิดจากสาเหตุ ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติทางกลของวัสดุที่ก่อผนังและปูนก่อ
2. ขนาดและรูปร่างของก้อนวัสดุที่ก่อผนัง
3. การยัดเรียงชั้นก่ออิฐ
4. ผลของรูปแบบการก่อหรือรูปแบบการเรียงวัสดุที่ก่อผนัง
5. ผลของฝีมือช่างหรือคุณภาพของแรงงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อวิเคราะห์แรงกระทำด้านข้างที่กระทำต่อกับระนาบของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา จนกระทั่งผนังเกิดการวิบัติ รวมถึงศึกษาพฤติกรรมการแอ่นตัว และการแตกร้าว

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำต่อกับระนาบของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา รวมถึงเปรียบเทียบพฤติกรรมการแอ่นตัว และการแตกร้าว

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. อิฐมวลเบาที่นำมาก่อผนังมีขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร และใช้ปูนก่อฉาบสำหรับอิฐมวลเบาของ ตราเสือ โดยความหนาของปูนก่ออยู่ที่ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และความหนาของปูนฉาบอยู่ที่ประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร (โดยทำการฉาบ 2 ครั้ง ครั้งละ 0.8 เซนติเมตร) การฉาบจะฉาบทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผนังก่อ ซึ่งจะได้ผนังก่ออิฐที่มีความหนาอยู่ที่ประมาณ 10 เซนติเมตร

2. อิฐบล็อกที่นำมาก่อผนังมีขนาด กว้าง 19 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร และใช้ปูนก่อฉาบทั่วไปของ ตราเสือ โดยความหนาของปูนก่ออยู่ที่ประมาณ 2-3 เซนติเมตร และความหนาของปูนฉาบอยู่ที่ประมาณ 1.5 เซนติเมตร การฉาบจะฉาบทั้งด้านหน้าและด้านหลังของผนังก่อ ซึ่งจะได้ผนังก่ออิฐที่มีความหนาอยู่ที่ประมาณ 10 เซนติเมตร

- 3.รูปแบบการก่อเป็นแบบก่อสร้างและก่อแบบครึ่งแผ่น (Running bond)
- 4.ใช้เหล็กรูปพรรณ เป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดหน้าตัด กว้าง 4 นิ้ว ลึก 2 นิ้ว และหนา 2 มิลลิเมตร เป็นโครงข้อแข็งเหล็กที่ทำหน้าที่เสมือนโครงสร้างเสาเอ็นและคานทับหลัง
5. ผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา นี้ จะใช้โครงข้อแข็งเหล็กยึดบริเวณด้านข้างทั้ง 2 ข้างเป็นเสาเอ็นของผนัง รวมทั้งใช้โครงข้อแข็งเหล็กยึดด้านบนเป็นคานทับหลังของผนัง
- 6.โครงข้อแข็งเหล็กของผนัง กำหนดให้ใช้เหล็กขนาดกึ่งเสริมทุกๆระยะ 40 เซนติเมตร โดยเสริมเหล็กขนาดกึ่งทั้งแนวราบและแนวตั้ง
- 7.ขนาดของผนังก่ออิฐหลังจากรวมขนาดของโครงข้อแข็งเหล็กแล้วจะมีขนาด ความยาว 2 เมตร ความสูง 2 เมตร ความหนา 10 เซนติเมตร
- 8.แรงที่กระทำเป็นแรงกระทำแบบจุดที่มีการทำให้กระจายสม่ำเสมอ กระทำตั้งฉากกับระนาบของผนัง โดยแรงที่นำมาทดสอบเป็นการถ่ายแรงจากเครื่อง Hydraulic Jack ผ่านลงบนแผ่นเพลทเหล็กเพื่อให้แรงที่ทดสอบเป็นเสมือนเป็นแรงกระจายสม่ำเสมอ ซึ่งเครื่อง Hydraulic Jack ที่นำมาใช้งานเป็นเครื่องของ Lab Civil Engineering สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยการติดตั้งและการทดสอบจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.ค้นหาข้อมูลเพื่อทำการวิจัยโครงการพิเศษ พร้อมทั้งรวบรวมแนวคิดในการวิเคราะห์และแนวทางในการทำการวิจัยโครงการพิเศษเบื้องต้น โดยเมื่อรวบรวมข้อมูลและแนวคิดต่างๆได้แล้ว ในแต่ละสัปดาห์ที่จะต้องไปเสนอและพบอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพูดคุยถึงข้อมูลในการทำการวิจัยโครงการพิเศษ และปรึกษาแนวทางในการทำงานและศึกษาเพิ่มเติม
- 2.ศึกษาข้อมูลเพื่อใช้ในการทบทวนความรู้และเอกสารที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัยโครงการพิเศษและ ระบุถึงปัญหาต่างๆที่คาดว่าจะเกิดจากการทำการวิจัยโครงการพิเศษนี้ เพื่อนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดและขอคำแนะนำต่างๆเพื่อให้สามารถทำงานได้ง่ายและถูกต้องที่สุด
- 3.ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา ซึ่งคือ การทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบาเพื่อหาค่า โมดูลัสการแตกหัก (Modulus of rupture)
- 4.สรุปผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐต่อไป
- 5.ศึกษาพฤติกรรมเบื้องต้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนังก่ออิฐ โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้างงานก่อ
- 6.ทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา ในการรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนังก่ออิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7.สรุปผลการทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา
- 8.เปรียบเทียบและสรุปผลการทดสอบระหว่างผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา
- 9.สรุปบทความและเนื้อหาทั้งหมดที่ทำการศึกษา พร้อมทั้งจัดทำรูปเล่ม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.ได้รู้ถึงพฤติกรรมการรับแรงกระทำด้านข้างที่กระทำตั้งฉากกับระนาบผนังของผนังก่ออิฐบล็อก และผนังก่ออิฐมวลเบา ว่าผนังก่ออิฐสามารถรับแรงกระทำสูงสุดได้เท่าไร ก่อนจะถึงจุดวิบัติของโครงสร้าง
- 2.ได้รู้ถึงพฤติกรรมและลักษณะการวิบัติที่เกิดขึ้นกับผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา หลังจากรับแรงกระทำด้านข้างที่กระทำตั้งฉากกับระนาบผนัง
- 3.ได้รู้และเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของโครงสร้างผนังก่ออิฐบล็อกกับโครงสร้างผนังก่ออิฐมวลเบา อีกทั้งยังได้ความรู้ทางด้านเทคนิคการก่อผนังและการฉาบ
- 4.สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาแรงกระทำและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับผนังก่ออิฐ ในรูปแบบอื่นๆต่อไป เพราะรูปแบบการก่อผนังนั้นมีหลายรูปแบบ ซึ่งพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันออกไป
- 5.สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและออกแบบผนังก่ออิฐที่คงทนต่อการรับแรงกระทำด้านข้าง เช่น แรงแผ่นดินไหว และ แรงจากอุบัติเหตุ เป็นต้น

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับแรงกระทำด้านข้างที่ตั้งฉากกับระนาบของผนังก่อในต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็น อเมริกา ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป ต่างมีงานค้นคว้า วิจัยและการทดสอบ ทำให้มีการกำหนดมาตรฐานการออกแบบงานก่อขึ้นมาเป็นของตนเอง ส่วนในประเทศไทยก็มีการออกมาตรฐานการออกแบบโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2518 ชื่อ ว.ส.ท. 1005-18 มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ แต่เนื่องจากโครงสร้างงานก่อ (Structural Masonry) เป็นที่รู้จักน้อยมากในประเทศไทย จึงยังไม่มีบททบทวนมาตรฐานดังกล่าวจนถึงปัจจุบัน

2.1.1. การวิเคราะห์ผนังก่ออิฐรับแรงกระทำด้านข้าง

Page and Sekender (1989) [1] ได้ทำการวิเคราะห์กำแพงอิฐภายใต้แรงกระทำเฉพาะที่ คุณสมบัติของอิฐและปูนก่อ ใช้เป็นแบบไม่ยืดหยุ่น ในการวิเคราะห์ได้แยกอิฐและปูนก่อเป็นคนละชิ้นส่วน แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ได้ใช้แบบรูปสี่เหลี่ยม ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบน้ำหนักที่ทำให้เกิดความเสียหายเริ่มต้น น้ำหนักบรรทุกทุกประลัยของกำแพงและรูปแบบของความเสียหายสุดท้าย ที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบพบว่าได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยหากสมมติให้มีการกระจายความเค้นที่ละน้อย (Strain Softening Model) จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกว่าการสมมติให้ความเค้นกระจายหมดไปในทันที (Brittle Collapse Model) หลังจากเกิดการแตกร้าว

Hamid and Shing (1994) [2] ได้ทำการวิเคราะห์กำแพงอิฐภายใต้แรงกระทำด้านข้าง (Lateral Load) ในการวิเคราะห์ได้สมมติว่ากำแพงเป็นเนื้อผสมซึ่งประกอบด้วย อิฐ และปูนก่อ โดยอิฐถูกจำลองให้มีพฤติกรรมที่มีการแตกร้าวแบบกระจาย (Smear Crack Modeling) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์โครงสร้างคอนกรีต โดยความเสียหายของกำแพงเกิดขึ้นเนื่องจากรอยแตกจากแรงดึง (Tensile Fracture) มากกว่ารอยแตกจากแรงกด (Compressive Fracture) ส่วนปูนก่อถูกจำลองเป็นชิ้นส่วนสัมผัส (Interface Element) โดยจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างอิฐแต่ละก้อน การที่แบ่งปูนก่อเป็นชิ้นส่วนสัมผัส เนื่องจากการเสียหายของกำแพงอิฐที่ไม่มีการเสริมเหล็กส่วนใหญ่อจะเกิดที่ปูนก่อ ซึ่งจะมีแรงเฉือนเป็นตัวแปรสำคัญ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าสามารถทำนายความสามารถในการรับแรงเฉือน น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย รูปแบบความเสียหาย และความเหนียว (Ductility) ของกำแพง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับศึกษาความสามารถในการต้านทานแรงแผ่นดินไหว (Seismic Resistance) ของกำแพงอิฐ

Miha Tomazevic (2008) [3] เมื่อผนังอิฐก่อถูกแรงกระทำรวมกันทั้งทางด้านแนวดิ่งและแนวราบพฤติกรรมของผนังอิฐก่อนั้น จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของผนัง (height/length ratio) , คุณสมบัติ และกาลังของอิฐก่อ นอกจากนี้พฤติกรรมของผนังอิฐก่อยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress) ในผนังอิฐก่อ กับน้ำหนักที่กระทำ และกาลังอัดของอิฐก่อ เช่นเดียวกันกับผนังอิฐก่อเมื่อรับแรงด้านข้าง พฤติกรรมของผนังอิฐก่อจะขึ้นอยู่กับทิศทาง และขนาด ของแรงกระทำด้วยเช่นกัน

2.1.2. การทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐ

TNO report (2004) [4] ได้กล่าวถึงตัวแปรหลายๆ ตัวที่พบในการทดสอบผนังก่ออิฐ ซึ่งได้แก่

- 1) ชนิดของอิฐก่อที่ใช้ก่อเป็นผนังก่ออิฐทดสอบ
- 2) ผนังก่ออิฐที่ช่องเปิด
- 3) ผนังก่ออิฐที่มี หรือไม่มีการเสริมกาลัง
- 4) ผนังก่ออิฐที่มี หรือ ไม่มีเฟรม (frame) ล้อมรอบผนังอิฐก่อ
- 5) ทิศทางในการกระจายน้ำหนัก
- 6) เงื่อนไขที่ด้านบนของผนังก่ออิฐ
- 7) ผนังก่ออิฐที่มี หรือไม่มี แรงกระทำกดทับในแนวดิ่ง
- 8) ชนิดของน้ำหนักกระทำ (monotonic, cyclic, impact)

เงื่อนไขต่างๆ เหล่านี้ จะสามารถกำหนดลักษณะของการเกิดแรงเฉือน และการเสียรูปของผนังอิฐก่อทดสอบ

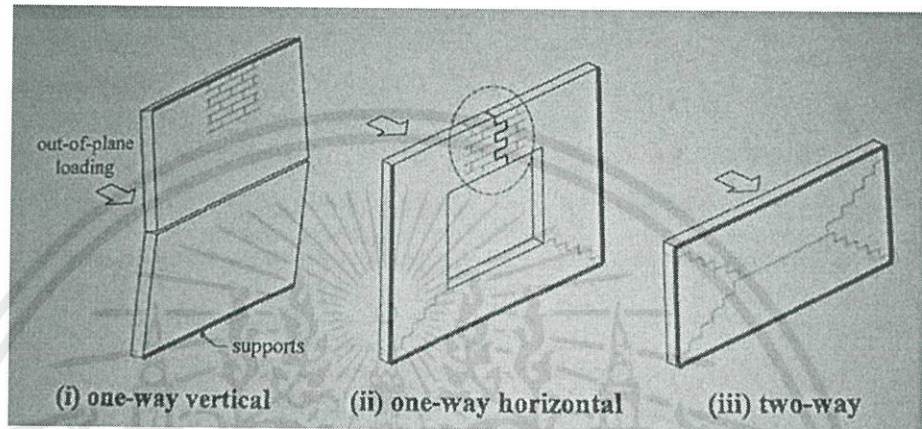
ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร และนภดล เกื้อนศิริ (1979) [5] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐชนิดต่าง ๆ ที่คาดว่าจะสามารถนำมาก่อเป็นผนังรับน้ำหนักได้โดยศึกษาถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมแล้วนำมาแทนค่าในสูตรคำนวณกำลังรับน้ำหนักของผนังรับน้ำหนักโดยไม่ได้มีการทดสอบผนังก่ออิฐจริง จากการศึกษาปรากฏว่า อิฐที่นำมาศึกษานี้ยังมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นผนังรับน้ำหนักโดยตรงในโครงสร้างทั่วไปได้ เพราะอิฐยังมีกำลังต่ำอันเป็นผลมาจากขั้นตอนและกรรมวิธีการผลิตที่ยังไม่ได้มาตรฐาน วัสดุที่ใช้ทำอิฐมีคุณภาพต่ำ อย่างไรก็ตามผนังก่อด้วยอิฐที่นำมาศึกษานี้ยังมีกำลังส่วนหนึ่งที่จะนำมาใช้รับน้ำหนักของโครงสร้างง่าย ๆ ที่รับน้ำหนักไม่มากได้

อเนก ชมวงษ์ (1981) [6] ได้ศึกษาผนังก่ออิฐ 5 ตัวอย่าง ซึ่งใช้อิฐมอญและอิฐชลบุรี โดยก่อผนังแบบ RUNNING BOND สูง 1.50 ม. แล้วทำการทดสอบโดยการใส่แรงทางด้านข้าง จากการทดสอบปรากฏว่าความแข็งแรงของผนังก่ออิฐต่อการรับแรงทางด้านข้างขึ้นอยู่กับกำลังรับแรงดึงของผนังอิฐ และอัตราส่วนความยาวต่อความสูงของผนังอิฐ (L/H)

Clay Brick and Paver Institute (1999) [7] ได้ทำการทดสอบแรงกระทำด้านข้างกับตัวอย่างผนังก่อที่พิจารณา โดยผนังก่อ มีความหนา 110 มิลลิเมตร, ความสูง 2.4 ม. และความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.0 ม. ซึ่งผนังก่อไม่มีแรงกระทำในแนวแกนและไม่มีช่องเปิดตรงส่วนที่ทำการพิจารณา ที่จุดรองรับ เป็นการรองรับแบบง่ายและกำลังรับหน่วยแรงดึงแบบดัดจำเพาะ (Characteristic flexural tensile strength, f'_{mt}) มีค่าเท่ากับ 0.2 MPa ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง ผนังพาดรับแรงในแนวนอน และผนังพาดรับแรงสองทิศทาง สามารถรับแรงกระทำได้โดยประมาณเท่ากับ 0.34 , 0.78 , 2.0 kPa ตามลำดับ ซึ่งลักษณะการวิบัติที่เกิดขึ้นสามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะการวิบัติของผนังก่อแบบต่างๆโดย (i) ผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง (ii) ผนังพาดรับแรงในแนวนอน (iii) ผนังพาดรับแรงสองทิศทาง

2.2. ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1. คอนกรีตมวลเบา [8]

คอนกรีตมวลเบา คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตซึ่งผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ปูนขาว ยิปซั่ม น้ำ และส่วนผสมพิเศษในอัตราส่วนที่เป็นสูตร Cement Base ผสมกัน ทำให้ได้คอนกรีตมวลเบา ซึ่งผู้ผลิตหลายรายใช้ระบบ AAC (Autoclaved Aerated Concrete) การผลิตส่วนใหญ่เป็นการนำเทคโนโลยีและเครื่องจักรที่นำเข้ามาจากต่างประเทศอาทิเช่น เยอรมนี ออสเตรเลีย ฯ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุก่อสร้างยุคใหม่ที่มุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการนำไปใช้งานทุกด้าน ด้วยคุณสมบัติพิเศษ คือ ตัววัสดุมีน้ำหนักเบา ขนาดก้อนได้มาตรฐานเท่ากันทุกก้อน ทนไฟ ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ตัดแต่งเข้ารูปง่าย ใช้งานได้เกือบ 100% ไม่มีเศษเป็นอิฐหัก และที่สำคัญคือ ทำงานได้รวดเร็ว พื้นที่ก่อสร้างสะอาด ขนาดก้อนใช้งานง่าย ลดระยะเวลาในการก่อสร้างและลดต้นทุนโครงสร้าง

คอนกรีตมวลเบา มีมากมายหลายประเภท และกระบวนการผลิตที่ต่างกันจะทำให้คุณสมบัติของอิฐมวลเบาแตกต่างกันด้วย คอนกรีตมวลเบาโดยทั่วไปอาจแบ่งตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Non-Autoclaved System)

ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Non-Autoclaved System) ซึ่งจะแบ่งย่อยออกได้อีกเป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ใช้วัสดุเบาที่มากกว่ามาตรฐาน เช่น ขี้เลื่อย ขี้เถ้า ขานอ้อย หรือเม็ดโฟม ทำให้คอนกรีต มีน้ำหนักที่เบาขึ้นแต่จะมีอายุการใช้งานที่สั้นเสื่อมสภาพได้เร็ว และหากเกิดไฟไหม้ สารเหล่านี้จะเป็นพิษต่อผู้อยู่อาศัย

ประเภทที่ 2 ใช้สารเคมี (Circular Lightweight Concrete) เพื่อให้เนื้อคอนกรีตฟู และทิ้งให้แข็งตัว คอนกรีตประเภทนี้จะมีการหดตัวมากกว่า ทำให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่าย ไม่ค่อยแข็งแรง

คอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงนี้ส่วนใหญ่ เนื้อผลิตภัณฑ์มักจะมีสีเป็นสีปูนซีเมนต์ ต่างจากคอนกรีตที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงซึ่งจะมีเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นผลึกสีขาว

2. ระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง(Autoclaved System)

ระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง(Autoclaved System) ซึ่งแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 Lime Base ใช้ปูนขาว ซึ่งควบคุมคุณภาพได้ยาก มาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตทำให้คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอมีการดูดซึมน้ำมากกว่าปกติ

ประเภทที่ 2 Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เป็นระบบที่นอกจากจะช่วยให้คอนกรีต มีคุณภาพได้มาตรฐานสม่ำเสมอแล้ว ยังช่วยให้เกิดการตกผลึก (Calcium Silicate) ในเนื้อคอนกรีตทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรง ทนทาน กว่าที่การผลิตในระบบอื่นมาก

ตารางที่ 2.1 ขนาดและน้ำหนักของ อิฐมวลเบา (ตามมาตรฐาน Q-Con)

ขนาด (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)
20x60x7.5	5.58
20x60x10	7.44
20x60x12.5	9.30
20x60x15	11.16
20x60x20	14.89
20x60x25	18.61

2.2.2 คอนกรีตบล็อก (อิฐบล็อก) [9]

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทก่อ สำหรับการก่อสร้างผนังอาคารทั่วไป ผลิตจากส่วนผสมของซีเมนต์ ทราย หินย่อยและน้ำ คอนกรีตบล็อกจะถูกผลิตในอุตสาหกรรมมากกว่าอิฐมวลส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวง เป็นที่นิยมใช้มากเนื่องจากมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และไม่มีปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้างจากช่างมีความเคยชินในการทำงานอยู่แล้ว อีกทั้งยังสามารถทำงานได้รวดเร็วเนื่องจากมีขนาดใหญ่กว่าอิฐมวล และจากลักษณะที่มีรูกลวงตรงกลางทำให้ช่องอากาศภายในนั้นเป็นฉนวนในการกันความร้อนที่ดี

โดยคอนกรีตบล็อกมีขนาดและมาตรฐานต่างๆดังนี้

1. อิฐบล็อก 7 ซม. ธรรมดา ที่เราเห็นกันตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไปนั้น ความจริงมีขนาดความหนาแค่ 6.5 ซม. ไม่ได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรม ผนังเปลือกบล็อกจึงบางมาก น้ำหนักเบา เพื่อลดต้นทุนให้มากที่สุด ใช้กับงานผนังทั่วไป ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น ผนังรั้วบ้าน, ผนังกันห้องภายในบ้าน , แบบหล่อฐานราก FOOTING เป็นต้น

2. อิฐบล็อก 7 ซม มอก. หรือที่เรียกกันว่า คอนกรีตบล็อก นั้น แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ มอก.57 และ มอก.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 มอก.57 เป็นผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก ใช้สำหรับผนังภายนอก หรือภายในอาคาร ที่คำนวณโครงสร้างให้ผนังคอนกรีตบล็อก รับน้ำหนักด้วย คอนกรีตบล็อก มาตรฐานนี้ จึงมีความแข็งแรงมาก รับน้ำหนักได้มากกว่า 50 -100 ตัน ต่อ 1 ก้อนขึ้นอยู่กับความหนาของอิฐบล็อกที่เลือกใช้ ผนังอาคารที่เลือกใช้ ส่วนใหญ่เป็นงานราชการขนาดใหญ่ เช่น ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT , ผนังอาคารผู้โดยสาร สนามบินสุวรรณภูมิ , ผนังอาคารกำเนิดไฟฟ้า เขื่อนน้ำเทิน ประเทศลาว เป็นต้น

2.2 มอก.58 เป็นผนังคอนกรีตที่ไม่รับน้ำหนัก ใช้สำหรับผนังภายในอาคาร/บ้าน ที่ต้องการผนังคอนกรีต คุณภาพสูง ดูดซึมน้ำต่ำ ทึบเสียงได้ดี ทนไฟได้ 4 ชม. เช่น ผนังบ้าน , ผนังอาคาร , ผนังคอนโดมิเนียม , ผนังโรงงาน ตัวอย่างโครงการที่เลือกใช้ เช่น ผนังอาคารอิมแพคเมืองทอง , ผนังอาคาร สยามพาราก่อน เป็นต้น

ในแต่ละมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.ยังแบ่งออกเป็นควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมความชื้นอีก ซึ่งถ้าควบคุมความชื้นเหมาะกับผนังภายนอก ที่ต้องโดนฝน แดด สภาพอากาศต่างๆ ส่วนไม่ควบคุมความชื้นเหมาะกับผนังภายในอาคาร ที่ไม่โดนสภาพอากาศภายนอก

3. อิฐบล็อก 9 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงาน, โกดังขนาดเล็ก ,อาคารสินค้า หรือ รั้วกำแพง ที่ต้องการความแข็งแรงสูง ตัวอย่างโครงการที่เลือกใช้ เช่น ผนังและรั้วโรงงานโตโยต้า บ้านโพธิ์, ผนังโรงงานแคนอล โคราช เป็นต้น

4. อิฐบล็อก 14 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงาน/อาคารที่ต้องการความแข็งแรงสูง ป้องกันผนังจากการกระทบ กับเครื่องจักร เช่น ผนังโรงสีข้าว , ผนังอาคารเก็บสินค้าขนาดใหญ่ ตัวอย่าง ผนังอาคารโกดังเก็บสินค้า อดท. ผนังอาคารสนามบินสุวรรณภูมิ

5. อิฐบล็อก 19 ซม. เป็นอิฐบล็อกขนาดมาตรฐานที่มีขนาดใหญ่ที่สุด สำหรับผนังที่ต้องการความแข็งแรงสูงสุด ใช้ในผนังบ้าน หรือ ผนังอาคารที่ก่อสร้างโดยไม่ใช้เสา ตัวอย่างเช่น ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT สายสีส้มและม่วงในปัจจุบันนี้

2.2.3 คุณสมบัติการรับแรงของงานก่อ [10]

งานก่อในแต่ละส่วนของอาคารหลังหนึ่งอาจทำหน้าที่รับแรงแตกต่างกันไป และในแต่ละหน้าที่มีแรงกระทำที่มีลักษณะเฉพาะ โดยในโครงงานพิเศษนี้จะกล่าวถึง ผนังงานก่อที่ต้องรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนังซึ่งจะทำให้เกิดแรงดัดในระนาบของผนังขึ้น

2.2.3.1 กำลังรับแรงดึงจากการดัด (Flexural Tensile Strength)

แรงดัดในผนังงานก่อเกิดจากการรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนัง ซึ่งอาจเป็นแรงลม แรงดันดินหรือแรงดันน้ำ แรงดัดนี้มีได้สองแกน คือกรณีที่ผนังถูกยึดตั้งในแนวนอนที่ขอบล่างและขอบบน แรงดัดจะเกิดรอบแกนขนานกับแนวก่อ กรณีนี้แรงดัดจะเกิดจากการยึดเกาะระหว่างก้อนวัสดุก่อและปูนก่อเช่นเดียวกับกรณีรับแรงดึงแบบตรง จึงไม่น่าเชื่อถือ ในการออกแบบต้องอาศัยแรงอัดในแนวตั้งช่วยเพื่อไม่ให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้น ส่วนกรณีที่ผนังถูกรองรับในแนวตั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงานนี้ ไม่นับญาติเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าง เช่น จากเสาแนบ (Engaged pier) หรือเล็บผนัง (Return wall) แรงดัดจะเกิดรอบแกนตั้ง และจะถูกต้านด้วยกำลังรับแรงดัดของก้อนวัสดุก่อเป็นหลักในกรณีที่ก่อแบบเหลื่อมกัน กำลังรับแรงดัดในแกนนี้จะมีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงดัดรอบแกนนอนหลายเท่า อย่างไรก็ตาม ความแปรปรวนมีมาก เช่นเดียวกับกำลังรับแรงดัดแบบตรง มาตรฐานการออกแบบของสหภาพยุโรปยอมให้หาค่ากำลังรับแรงดัดจากการทดสอบเท่านั้น และให้ใช้เพื่อรับแรงชั่วขณะ เช่น แรงลมเท่านั้น มาตรฐานการออกแบบของอเมริกาให้ค่าหน่วยแรงดัดจากการดัดที่ยอมให้ (Allowable flexural tensile stress) สำหรับวัสดุก่อและปูนก่อแบบต่างๆ (ตารางที่ 6.3.1.1 ใน ACI 530-9) มาตรฐานการออกแบบของอังกฤษให้ค่ากำลังรับแรงดัดเนื่องจากแรงดัดสำหรับวัสดุก่อและปูนก่อแบบต่างๆ (ตารางที่ 3 ใน BS 5628 : part I) มาตรฐานการออกแบบของออสเตรเลียกำหนดให้กำลังรับแรงดัดเนื่องจากแรงดัดเป็นศูนย์ยกเว้นเพื่อรับแรงชั่วขณะ เช่น แรงลม แรงแผ่นดินไหว หรือแรงลักษณะคล้ายกัน โดยไม่ถือว่าน้ำหนักบรรทุกจรเป็นแรงชั่วขณะ และในกรณีเหล่านี้ยอมให้กำลังรับแรงดัดเนื่องจากการดัดที่แนวปูนก่อมีค่าไม่เกิน 0.20 MPa

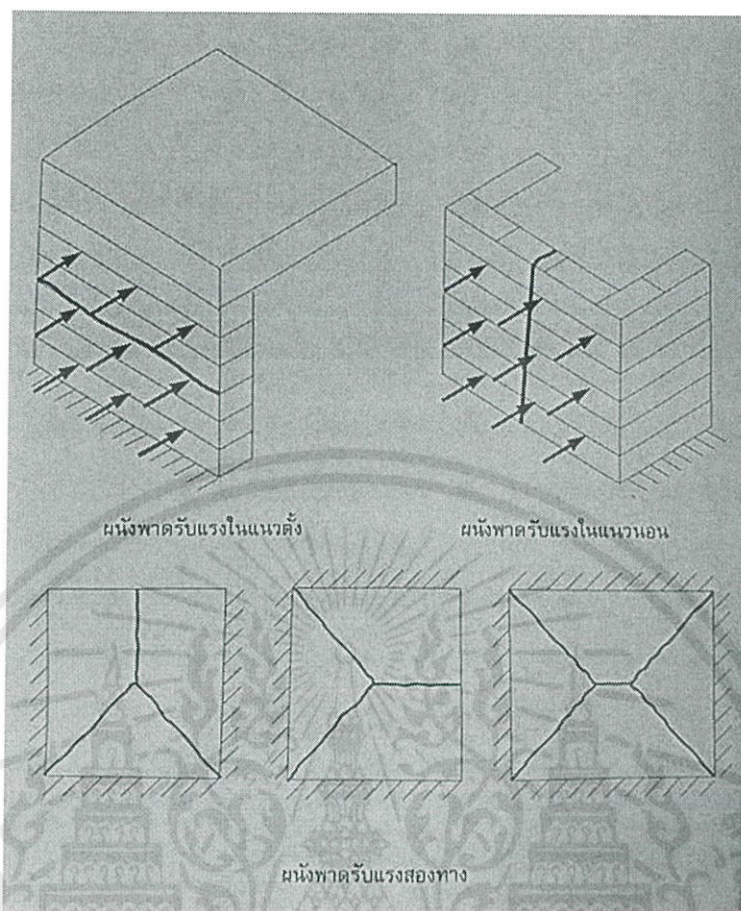
2.2.4 ผนังรับแรงด้านข้างและไม่มีแรงกด [11]

ผนังงานก่อเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติแปรปรวนมากเนื่องจากทั้งคุณสมบัติของวัสดุประกอบได้แก่ก้อนวัสดุก่อและปูนก่อ และมีมือการก่อ นอกจากนั้น หน่วยแรงดัดและหน่วยแรงยึดหยุ่นก็เป็นหน่วยแรงที่มีความแปรปรวนมากกว่าหน่วยแรงอื่น ดังนั้นเราอาจคาดเดาได้ว่าการแตกร้าวจะเกิดที่จุดที่มีกำลังน้อยที่สุด ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ทดสอบได้ แต่ในขณะเดียวกัน เป็นที่ทราบดีจากการวิจัยว่าวัสดุทั้งสองมีความสัมพันธ์ของความเค้น-ความเครียดเป็นแบบไม่เป็นเส้นตรง จึงมีความสามารถในการถ่ายแรงจากจุดที่มีหน่วยแรงสูงและอ่อนตัวแล้ว ไปสู่บริเวณข้างเคียงที่ไม่ได้รับหน่วยแรงเต็มที่ ค่ากำลังที่วัดได้จึงกลับไปใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย

ผนังรับแรงด้านข้างอาจมีการรองรับเป็น 3 รูปแบบดังนี้

- 1.รองรับแบบง่าย (Simple support) ที่ขอบบนและล่าง นั่นคือ พาดรับแรงในแนวตั้ง
- 2.รองรับแบบง่ายที่ขอบข้างทั้งสองข้าง นั่นคือ พาดรับแรงในแนวนอน
- 3.รองรับแบบง่ายหรือแบบต่อเนื่อง (Continuous support) มากกว่าสองด้าน ซึ่งอาจไม่มีการรองรับที่ขอบบน หรือที่ขอบข้างด้านใดด้านหนึ่ง หรือมีการรองรับทั้งสองด้าน

รูปแบบของผนังรับแรงด้านข้างแบบต่างแสดงได้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ผนังพาดรับแรงแบบต่างๆ

2.2.4.1 ผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง

กรณีผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง อาจพบได้ไม่บ่อยนัก คืออาจเป็นผนังที่มีโครงสร้างหลังคาหรือพื้นเกาะที่ขอบบนของผนัง และสามารถยึดรั้งขอบบนโดยถ่ายแรงไปยังโครงสร้างส่วนอื่น เช่น ผนังรับแรงเฉือนซึ่งแข็งแรงกว่า และไม่มีผนังขวาง (Cross wall) เล็บผนัง (Return wall) หรือเสาแนบ (Engaged pier) ช่วยยึดรั้งขอบสองข้าง ในกรณีนี้แรงที่กระทำกับผนัง นอกจากมีโมเมนต์ดัดที่เกิดจากแรงด้านข้างแล้ว ยังมีแรงกดที่เกิดจากน้ำหนักตัวของผนังและแรงอื่นๆ ซึ่งถึงแม้จะมีน้อยแต่ไม่ควรทิ้งไปเพราะแรงเหล่านี้มีส่วนช่วยลดหน่วยแรงดึงจากโมเมนต์ดัด และมีส่วนทำให้แนวที่เกิดการวิบัติเคลื่อนไปจากกึ่งกลางช่วง สมการที่ใช้คำนวณออกแบบโดยมาตรฐาน AS3700 มีดังนี้

$$\begin{aligned}
 M_{dc} &\leq M_{cv} \\
 &= (\phi k_{mt} f'_{mt} + f_d) Z_d
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\text{แต่ไม่มากกว่า} = 3.0 \phi k_{mt} f'_{mt} Z_d \tag{2.1a}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สมการหลังเป็นการจำกัดหน่วยแรงอัดจากน้ำหนักคดผนังไม่ให้สูงเกินไป ซึ่งจะทำให้พฤติกรรมเปลี่ยนเป็นแบบมีแรงกดเป็นหลัก)

เมื่อ	M_{dc}	=	โมเมนต์ดัดแนวตั้งจากแรงประลัยที่ออกแบบ
	M_{cv}	=	กำลังรับโมเมนต์ดัดในแนวตั้งของหน้าตัด
	ϕ	=	ตัวคูณทอนกำลัง ซึ่ง = 0.6 ในกรณีนี้
	k_{mt}	=	ตัวคูณกำลังรับแรงดัด ซึ่ง = 1.0 สำหรับงานก่อทั่วไป
	f'_{mt}	=	กำลังรับหน่วยแรงดึงแบบดัดจำเพาะ (Characteristic flexural tensile strength) ของงานก่อที่แนวก่อ (bedding area) ซึ่งยอมให้ใช้ค่า = 0.20 MPa สำหรับแรงกระทำชั่วขณะ เช่นแรงลม แรงแผ่นดินไหว เป็นต้น หากคุณภาพงานก่อต่ำ ควรพิจารณาใช้ค่าน้อยกว่านี้ และหากต้องการใช้ค่ามากกว่านี้ต้องมีการทดสอบยืนยัน
	f_d	=	หน่วยแรงอัดที่เกิดจากแรงประลัย (น้ำหนักผนัง+แรงกดอื่นๆ) ที่แนวก่อที่คาดว่าจะหัก
	Z_d	=	โมดูลัสของหน้าตัดของชั้นปูนก่อ

2.2.4.2 ผนังพาดรับแรงในแนวนอน

กรณีผนังพาดรับแรงในแนวนอนก็ไม่พบบ่อยเช่นกันเนื่องจากขอบล่างของผนังต้องถูกยึดตรึงเสมอด้วยฐานรองรับ แต่อาจมีกรณีที่มีผนังมีช่วงพาดในแนวนอนแคบเมื่อเทียบกับความสูงและที่ขอบสองข้างมีสิ่งรองรับ เช่น ผนังขวาง (Cross wall) เล็บผนัง (Return wall) หรือเสาแนบ (Engaged pier) ในกรณีนี้ผนังจะเกิดการวิบัติ หรือ หักได้สองแบบ คือ

1. หักในแนวตั้งผ่านแนวปูนก่อ ซึ่งแนวแตกหักต้องเป็นรูปซิกแซกในกรณีของการก่อแบบเหลื่อมก้อน (Running bond)

2. หักในแนวตั้งเป็นเส้นตรงผ่านแนวปูนก่อแนวตั้งบางส่วน และผ่านก้อนวัสดุก่อบางส่วน

สมการเงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบ

$$M_{dh} \leq M_{ch} \quad (2.2)$$

กรณีหักผ่านแนวปูนก่อ สมการเอมพิริคอลที่แนะนำในมาตรฐาน AS3700 คือ

$$M_{ch} = 2.0 \phi k_p \sqrt{f'_{mt}} \left(1 + \frac{f_d}{f'_{mt}}\right) Z_d \quad (2.3)$$

$$\text{แต่ไม่มากกว่า} = 4.0 \phi k_p \sqrt{f'_{mt}} Z_d \quad (2.3a)$$

กรณีหักผ่านแนวปูนก่อ สมการเอมพิริคอลที่แนะนำในมาตรฐาน AS3700 คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิได้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_{ch} = \phi (0.44 f'_{ut} Z_u + 0.56 f'_{mt} Z_p) \quad (2.4)$$

- เมื่อ M_{dh} = โมเมนต์ดัดแวนอนที่ออกแบบ จากแรงชั่วขณะ (Transient load) ที่กระทำตั้งฉากกับผนังที่พาดในแวนอน
- M_{ch} = กำลังรับโมเมนต์ดัดแวนอนของหน้าตัดของผนังต่อหน่วยความยาว (KN/m)
- ϕ = ตัวคูณทอนกำลัง ซึ่ง = 0.6 เช่นกันในกรณีนี้
- k_p = ตัวคูณที่ขึ้นอยู่กับช่วงระหว่างผนังหักฉาก ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าของ
- $$k_p = \frac{s_p}{t_u}$$
- $$k_p = \frac{s_p}{h_u} \quad \text{หรือ}$$
- $$k_p = 1$$
- เมื่อ s_p = ระยะเหลื่อมต่ำสุดของก้อนวัสดุก่อ
- t_u = ความกว้างของก้อนวัสดุก่อ ในทิศตั้งฉากกับผนัง
- h_u = ความสูงของก้อนวัสดุก่อ
- โดยค่าขนาดของก้อนวัสดุก่อสามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4
- f'_{mt} = กำลังรับหน่วยแรงดัดแบบดัดจำเพาะ (Characteristic flexural tensile strength) ของงานก่อที่แนวก่อ (bedding area) ซึ่งยอมให้ใช้ค่า = 0.20 MPa สำหรับแรงกระทำชั่วขณะ เช่นแรงลม แรงแผ่นดินไหว เป็นต้น หากคุณภาพงานก่อต่ำ ควรพิจารณาใช้ค่าน้อยกว่านี้ และหากต้องการใช้ค่ามากกว่านี้ต้องมีการทดสอบยืนยัน
- f_d = หน่วยแรงอัดที่เกิดจากแรงประลัย (น้ำหนักผนัง+แรงกดอื่นๆ) ที่แนวก่อที่คาดว่าจะหัก
- f'_{ut} = โมดูลัสแตกหักด้านข้างจำเพาะ (Characteristic lateral modulus of rupture) ของก้อนวัสดุ และไม่ให้เกิน 0.8 MPa หากไม่มีผลทดสอบยืนยัน
- Z_d = โมดูลัสของหน้าตัดของชั้นปูนก่อ
- Z_u = โมดูลัสของหน้าตัดด้านข้าง (mm^3/m) ของก้อนวัสดุก่อ ซึ่งคำนวณจากหน้าตัดรวม ยกเว้นเมื่อเป็นบล็อกให้คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดของเปลือก

$$Z_p = \text{โมดูลัสของหน้าตัดด้านข้าง (mm}^3\text{/m) ของพื้นที่ปูนก่อ ที่แนวปูนก่อด้านตั้ง}$$

2.2.4.3 ผนังพาดรับแรงสองทิศทาง

กรณีนี้เกิดจากการที่ผนังมีขอบรองรับมากกว่าสองด้าน ในระยะแรกของการใส่แรงกระทำผนังมีพฤติกรรมคล้ายแผ่นพื้นอิลาสติก แต่เมื่อผนังเริ่มแตกร้าว กำลังของผนังจะลดลงเนื่องจากผนังส่วนที่แตกร้าวแล้วไม่รับแรงอีกต่อไป ซึ่งเป็นความแตกต่างจากทฤษฎี “Yield line” ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก เพราะพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กยังสามารถรับแรงดัดได้ตามรอยแตกเนื่องจากการยึดตัวของเหล็กเสริม ดังนั้นถึงแม้ผนังจะมีรูปแบบการแตกร้าวคล้ายแผ่นพื้น แต่ทฤษฎี “Yield line” นั้นนำมาใช้กับผนังไม่ได้ มาตรฐาน BS5628 ของอังกฤษให้ตารางค่าตัวคูณเพื่อคำนวณโมเมนต์ดัด สำหรับผนังที่มีสัดส่วนต่างๆ และฐานรองรับที่ขอบแบบต่างๆ ซึ่งได้มาจากทฤษฎี “Yield line”

Sinha (1978) [12] ได้เสนอวิธีวิเคราะห์ที่เรียกว่า “Fracture line analysis” ซึ่งเป็นการสมมติแนวแตกร้าวขึ้นมาแล้ววิเคราะห์หาแรง รูปแบบการแตกร้าวที่ให้แรงน้อยที่สุดคือรูปแบบที่ถูกต้อง และได้ให้สูตรคำนวณค่าโมเมนต์ดัดสำหรับผนังที่มีสัดส่วนต่างๆ และฐานรองรับที่ขอบแบบต่างๆ เช่นกัน

มาตรฐาน AS3700 อิงผลงานวิจัยของ Lawrence & Marshall (1998) ซึ่งอาศัยหลักของงานเสมือน (Virtual work principle) และมีรายละเอียดดังนี้

สมการเงื่อนไขในการออกแบบคือ

$$w_d \leq \left(2 \frac{a_f}{L_d}\right) (k_1 M_{ch} + k_2 M_{cd}) \quad (2.5)$$

เมื่อ w_d = หน่วยแรงดันจากแรงลมหรือแผ่นดินไหว (กก./ตรม.)

a_f = ตัวคูณสัดส่วนความสูง (ดูตาราง 2.1)

L_d = ความกว้างผนังที่ใช้ออกแบบ ซึ่งมีวิธีกำหนดดังนี้

1. ถ้าผนังที่มีการรองรับด้านข้างที่ขอบผนังด้านตั้งเพียงด้านเดียว ให้ใช้ความกว้างจริงจากด้านที่รองรับไปถึงด้านที่ไม่มีการรองรับหรือถึงรอยต่อควบคุม
2. ถ้าผนังที่มีการรองรับด้านข้างที่ขอบผนังด้านตั้งทั้งสองด้าน ให้ใช้ค่าครึ่งหนึ่งของความกว้างผนังจริงระหว่างที่รองรับ
3. ถ้าผนังมีช่องเปิด ให้ใช้ความกว้างจากขอบผนังที่มีการรองรับไปถึงขอบของช่องเปิดเท่านั้น

k_1, k_2 = ตัวคูณที่ใช้กำหนดค่าสัดส่วนการรับแรงดัดในแนวนอนและแนวทแยง ซึ่งคำนวณจากตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 2.2 ค่าต่างๆหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_{f1} &= \text{ตัวคูณการยึดรั้งที่ขอบที่รองรับข้างที่หนึ่ง} \\
 R_{f2} &= \text{ตัวคูณการยึดรั้งที่ขอบที่รองรับข้างที่สอง} \\
 R_{f1}, R_{f2} &= 0 \quad \text{เมื่อไม่มีการยึดรั้งการหมุน} \\
 &= 1 \quad \text{เมื่อมีการยึดรั้งการหมุนเต็มที่} \\
 &= \text{ค่าระหว่างกลางเมื่อการยึดรั้งการหมุน} \\
 &\quad \text{บางส่วน}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \text{ตัวคูณค่าความชัน} = G \frac{L_d}{H_d} \\
 G &= \text{ค่าความชันของรอยแตกในแนวเฉียงสำหรับอิฐ} \\
 &\quad \text{ก่อแบบเหลี่ยมก่อน} \\
 &= \frac{2(h_u + t_j)}{(l_u + t_j)} \\
 &\quad \text{เมื่อ } h_u \text{ ความสูงของก้อนวัสดุก่อ} \\
 &\quad \quad \quad l_u \text{ ความยาวของก้อนวัสดุ} \\
 &\quad \quad \quad t_j \text{ ความหนาของแนวปูนก่อ} \\
 &\quad \text{โดยค่าขนาดของก้อนวัสดุก่อสามารถแสดงได้ใน} \\
 &\quad \text{รูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.4} \\
 L_o &= \text{ความยาวของช่องเปิด (ถ้ามี)} \\
 H_d &= \text{ความสูงที่ออกแบบ} \\
 &= \text{ความสูงจริง } H \text{ เมื่อไม่มีการรองรับด้านข้างที่} \\
 &\quad \text{ขอบบน} \\
 &= H/2 \quad \text{เมื่อมีการรองรับด้านข้างที่ขอบบน} \\
 &\quad \text{สำหรับค่าขนาดของผนังที่ใช้คำนวณ แสดงได้ใน} \\
 &\quad \text{รูปที่ 2.5}
 \end{aligned}$$

$$M_{ch} = \text{กำลังรับแรงดัดในแนวนอน ตามที่คำนวณได้ในสมการข้อ (2.2)}$$

$$M_{cd} = \text{กำลังรับแรงดัดในแนวทแยงมุมต่อหน่วยความยาวของแนว} \\ \text{แตกร้าวทางทแยง}$$

$$= \phi f'_t Z_t$$

$$\text{เมื่อ } \phi = \text{ตัวคูณทอนค่ากำลัง}$$

$$f'_t = \text{กำลังรับแรงบิดจำเพาะเทียบเท่า (Equivalent} \\ \text{characteristic torsional strength)} = 2.25\sqrt{f'_m} \\ \text{(In MPa)}$$

$$Z_t = \text{โมดูลัสหน้าตัดเทียบเท่า คัดที่ตั้งฉากกับแนวแตกร้าว} \\ \text{ทแยง ดังนี้}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน $B \times t_u$ เมื่อ $B \geq t_u$

$$Z_t = \left(\frac{2B^2 t_u^2}{3B + 1.8t_u} \right) / ((l_u + t_j)\sqrt{1 + G^2})$$

2. หน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน $B \times t_u$ เมื่อ $B < t_u$

$$Z_t = \left(\frac{2B^2 t_u^2}{3t_u + 1.8B} \right) / ((l_u + t_j)\sqrt{1 + G^2})$$

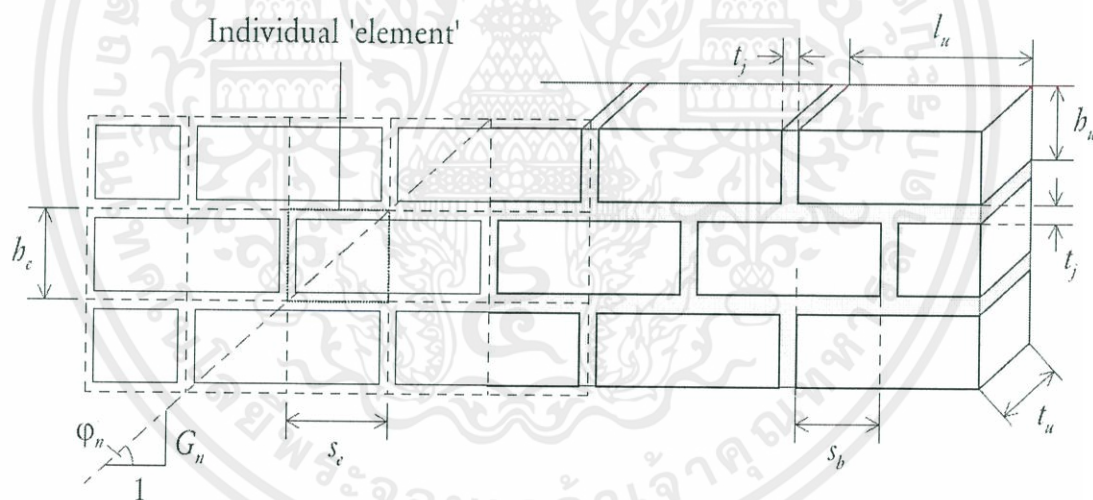
3. หน้าตัดกลาง

$$Z_t = 2Bt_s \left(\left(\frac{Bt_s}{0.9t_s + 1.5B} \right) + t_u - t_s \right) / ((l_u + t_j)\sqrt{1 + G^2})$$

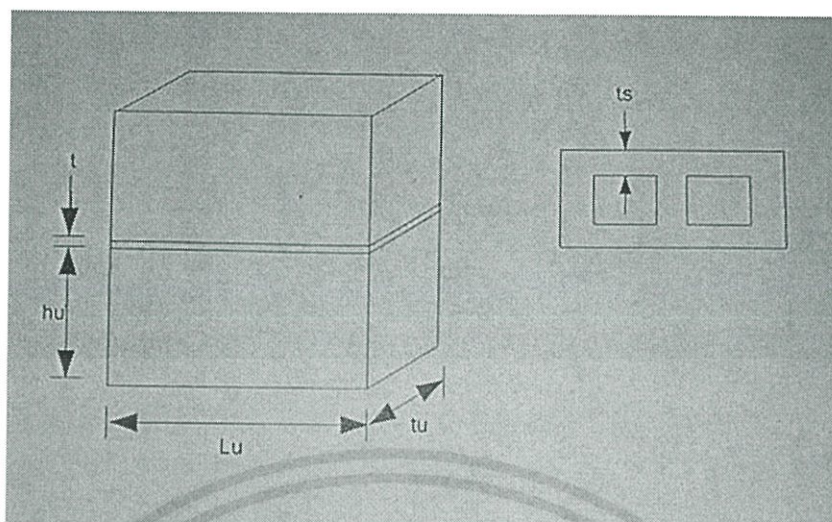
$$B = \text{ตัวคูณความสูง} = (h_u + t_j) / (\sqrt{1 + G^2})$$

t_u = ความกว้างของก้อนวัสดุก่อ (ด้านความหนาผนัง)

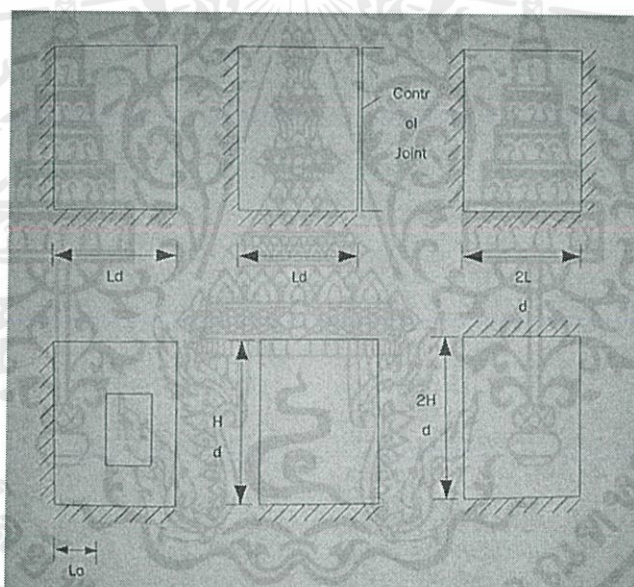
t_s = ความหนาของเปลือกหน้าของก้อนบล็อกกลางที่ตำแหน่งที่บางที่สุด



รูปที่ 2.3 ค่าตัวแปรต่างๆบนผนังก่อที่ใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 2.4 ขนาดของก้อนวัสดุที่ใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 2.5 ค่าขนาดของผนังที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวคูณต่างๆของกำลังรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนัง

ช่องเปิด	จำนวนขอบแนวตั้งที่มีการรองรับ	ตัวคูณค่าความชัน α	ตัวคูณสัดส่วนความสูง (a_r)	k_1	k_2
ไม่มี	ทั้งสอง	≤ 1	$\frac{1}{1 - \frac{\alpha}{3}}$	$\frac{R_{f1} + R_{f2}}{2} + 1 - \alpha$	$\alpha \left(1 + \frac{1}{G^2}\right)$
ไม่มี	ทั้งสอง	> 1	$\frac{\alpha}{1 - \frac{1}{3\alpha}}$	$R_{f1} + R_{f2}$	$\left(1 + \frac{1}{G^2}\right)$
ไม่มี	ข้างเดียว	≤ 1	$\frac{1}{1 - \frac{\alpha}{3}}$	R_{f1}	$\alpha \left(1 + \frac{1}{G^2}\right)$
ไม่มี	ข้างเดียว	> 1	$\frac{\alpha}{1 - \frac{1}{3\alpha}}$	R_{f1}	$\left(1 + \frac{1}{G^2}\right)$
มี	ทั้งสอง	≤ 1	$\frac{1}{1 - \frac{\alpha}{3}}$	R_{f1}	$\alpha \left(1 + \frac{1}{G^2}\right)$
มี	ทั้งสอง	> 1	$\frac{\alpha}{\left(1 - \frac{1}{3\alpha}\right) + \left(\frac{L_0}{2L_d}\right)}$	R_{f1}	$\left(1 + \frac{1}{G^2}\right)$

2.2.5 ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงแบบต่างๆ [13] , [14]

ลักษณะการวิบัติของผนังรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนัง จะเกิดขึ้นแตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของการรองรับ จากที่ได้กล่าวไปในข้างต้น ผนังรับแรงด้านข้างสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ ผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง ผนังพาดรับแรงในแนวนอน และผนังพาดรับแรงสองทิศทาง

2.2.5.1 ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง

หากความเค้นดึงของรอยต่อในแนวนอนที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับผนังนั้นมีความมากกว่าผลรวมของความเค้นดึงเนื่องจากการดัดที่เป็นผลมาจากแรงยึดเหนี่ยวในปูนก่อกับความเค้นอัดเนื่องจากน้ำหนักของผนังและแรงในแนวแกน แล้วจะทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้นที่รอยต่อนั้น ตำแหน่งที่เกิดรอยแตกร้าวขึ้นโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นตรงตำแหน่งที่อยู่เหนือกึ่งกลางความสูงของผนังขึ้นมาเล็กน้อย หากพิจารณาเงื่อนไขการใช้แรงกระทำคงที่เป็นตัวกำหนดการวิบัติที่ทำให้ผนังเกิดการพังทลาย ผนังจะไม่เกิดการพังทลายเว้นแต่มีแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากมากพอที่ก่อให้เกิดการวิบัติแบบพังทลาย และในทางตรงกันข้าม Priestley (1985) หากพิจารณาเงื่อนไขการใช้การแอ่นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

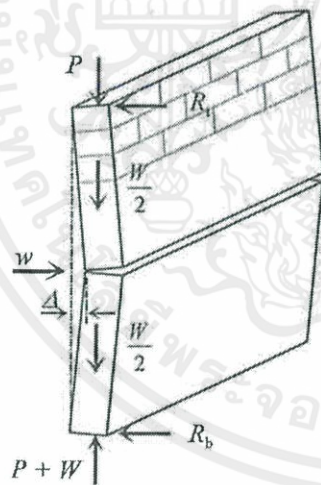
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวกำหนด การพังทลายจะไม่เกิดขึ้นจนกว่าระยะแอ่นตัวที่กึ่งกลางความสูงของผนังจะมีค่ามากเกินไปจนทำให้จุดนั้นสูญเสียเสถียรภาพ และยังได้มีการให้ความเห็นของ Doherty et al (2000) บอกว่าโดยทั่วไประยะแอ่นตัวที่ทำให้เกิดการสูญเสียเสถียรภาพ (Δ_u) จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับความหนาของผนัง (t) โดยลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนังก่อนแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งสามารถคำนวณหาโมเมนต์ดัดประลัยในแนวตั้งได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$M_{v \text{ ult}} = (f_{mt} + \sigma_v) Z_{be} \quad (2.6)$$

เมื่อ f_{mt} = กำลังรับหน่วยแรงดึงจากการดัด
 σ_v = หน่วยแรงอัดที่เกิดจากแรงประลัย (น้ำหนักผนัง+แรงกดอื่นๆ) ที่แนวก่อที่คาดว่าจะหัก
 Z_{be} = โมดูลัสของหน้าตัดของชั้นปูนก่อ

หมายเหตุ เมื่อพิจารณาแล้วสมการที่ (2.6) นี้ ก็คือสมการเดียวกับสมการที่ (2.1) เพียงแต่ในสมการที่ (2.1) ได้มีการใช้ค่าตัวคูณปรับลดค่า เพิ่มลงในสมการเพื่อใช้ในการออกแบบ ซึ่งเมื่อนำสมการทั้งสองมาเปรียบเทียบตัวแปรกันแล้วจะได้ว่า ($M_{v \text{ ult}} = M_{cv}$), ($f_{mt} = \phi k_{mt} f'_{mt}$), ($\sigma_v = f_d$), ($Z_{be} = Z_d$)



where:

P = vertical axial load
 R_b = horizontal reaction at bottom support
 R_t = horizontal reaction at top support
 W = self-weight of wall
 w = out-of-plane load
 Δ = mid-height deflection

รูปที่ 2.6 ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวตั้ง เมื่อรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉาก

หากเราพิจารณาถึงสถานะคงค้างของกำลัง (Residual strength) สามารถแบ่งสถานะของการรับแรงดึงจากการดัดตามพื้นที่หน้าตัดของรอยแตกกร้าวของผนังก่อออกได้เป็น 4 สถานะต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.7 โดยเมื่อเราพิจารณาผนังก่อที่เกิดรอยแตกกร้าวซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดที่มี ความหนา (t_u) และความกว้าง (L_d) และรับแรงกระทำในแนวแกน เช่น แรงเนื่องจากน้ำหนักของตัวผนัง แรงกระทำในแนวตั้งอื่นๆ (P) ที่สถานะพักหรือสถานะหยุดนิ่ง (รูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7a) ซึ่งเป็นสภาวะที่ยังไม่มีแรงดัดหรือโมเมนต์ดัดมากกระทำ แต่จะมีหน่วยแรงอัด (σ_v) กระจายบนพื้นที่หน้าตัดอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$(\sigma_v) = \frac{P}{S_e t_u} \quad (2.7)$$

$$\text{เมื่อ } S_e = \frac{(I_u + t_j)}{2}$$

และเมื่อเกิดแรงดัดกระทำให้เกิดโมเมนต์ขึ้น หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนจากการกระจายสม่ำเสมอเป็นการกระจายแบบเส้นตรงที่ต่อเนื่องโดยเริ่มจาก $2\sigma_v$ จนกระทั่งเป็น 0 เรียกสภาวะ ณ จุดนี้ว่าเป็น สภาวะที่หน้าตัดเริ่มมีการแตกร้าวขึ้น (รูปที่ 2.7b) ซึ่งสามารถหาโมเมนต์ที่เกิดขึ้นได้จากสมการต่อไปนี้

$$M_{v \text{ res}} = \sigma_v Z_{be} \quad (2.8)$$

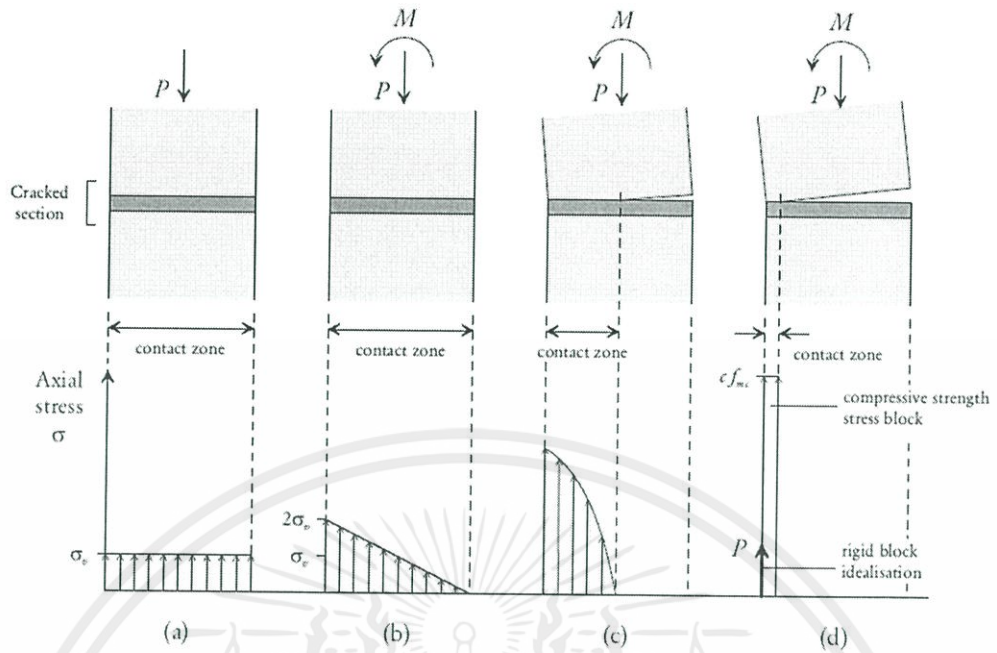
$$\text{เมื่อ } Z_{be} = \frac{S_e t_u^2}{6}$$

หลังจากโมเมนต์มีขนาดที่เพิ่มมากขึ้น รอยแตกร้าวจะเกิดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งทำให้ความยาวของแนวรอยต่อตามขวางของหน้าตัดลดน้อยลง และแนวรอยแยกจะเลื่อนเข้ามามากขึ้นเป็นผลให้เกิดเส้นแนวแรงอัดขนาดสูงขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นในวัสดุไม่เป็นเส้นตรงอีกต่อไป ซึ่งสภาวะนี้เรียกว่า สภาวะที่เกิดรอยแตกร้าวบางส่วน (รูปที่ 2.7c) และเมื่อมีการรับโมเมนต์มากขึ้นไปกระทั่งถึงโมเมนต์สูงสุด ซึ่งจะสามารถทราบค่าที่ใกล้ความเป็นจริงของขอบเขตบนได้ โดยใช้พื้นที่แบกรับน้อยสุดที่ถ่ายแรงอัดผ่านรอยแตกร้าว ถ้าเราสมมติให้หน่วยแรงกระจายบนวัสดุ ขอบเขตของการบดอัดสามารถประมาณได้โดยการใช้หน่วยแรงที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีขนาดเท่ากับ $c f_{mc}$ สภาวะที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าสภาวะที่เกิดรอยแตกร้าวเต็มที (รูปที่ 2.7d) ซึ่งจะใช้วิเคราะห์หาโมเมนต์ดัดคงค้างที่เกิดขึ้นดังสมการต่อไปนี้

$$M_{v \text{ res}} = \sigma_v \frac{S_e t_u^2}{2} \left(1 - \frac{\sigma_v}{c f_{mc}}\right) \quad (2.9)$$

เมื่อ c = ตัวคูณลดทอน โดยทั่วไปมักใช้ 0.85 ในงานออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

f_{mc} = กำลังรับหน่วยแรงบดอัดของงานก่อ



รูปที่ 2.7 สถานะของการรับแรงดึงจากการตัดของพื้นที่หน้าตัดรอยแตกกว้างของผนังก่อ : (a) สถานะพักหรือสถานะหยุดนิ่ง ; (b) สถานะที่หน้าตัดเริ่มเกิดการแตกร้าว และแรงเค้นมีลักษณะกระจายแบบเส้นตรง ; (c) สถานะที่เกิดรอยแตกร้าวบางส่วน ; (d) สถานะที่เกิดรอยแตกร้าวเต็มที

2.2.5.2 ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวนอน

เมื่อผนังพาดรับแรงในแนวนอน รับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบผนัง ผนังจะสามารถเกิดลักษณะการวิบัติได้ในสองรูปแบบ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ ความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดขึ้นในผนังก่อ ซึ่งลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวนอนสามารถแสดงได้ใน รูปที่ 2.8

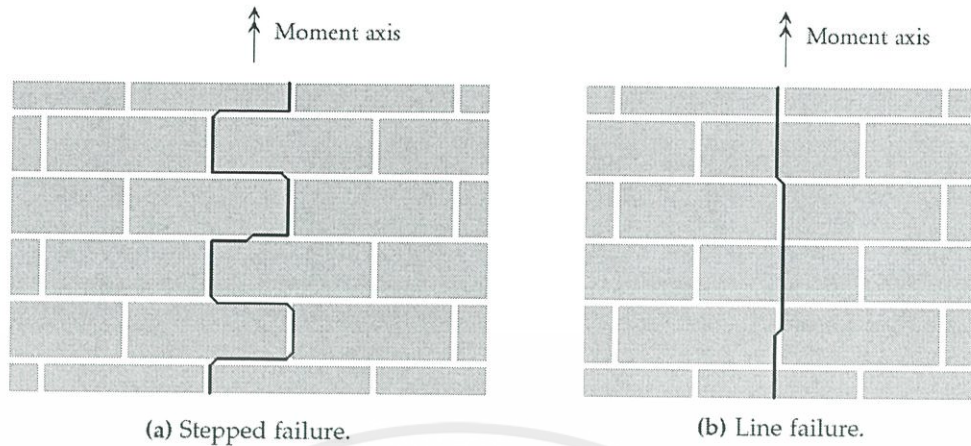
1. การวิบัติแบบแตกร้าวเป็นซิกแซก หรือ แบบขั้น (Stepped failure) ลักษณะการวิบัติที่เกิดขึ้นจะเกิดรอบแตกร้าวผ่านรอยต่อในแนวตั้งแล้วแตกร้าวผ่านครึ่งหนึ่งของรอยต่อแนวนอนสลับกันไปเป็นลักษณะซิกแซก (รูปที่ 2.8a) ในงานวิจัยระดับปริญญาเอกของ Willis (2004) ได้เสนอการวิเคราะห์สมการที่ใช้ในการคำนวณหา โมเมนต์ตัดประลัยในแนวนอนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการวิบัติในลักษณะนี้ ตามสมการดังต่อไปนี้

$$M_{h \text{ ult step}} = k_{be} \tau_{um} t_u^3 \tag{2.10}$$

เมื่อ τ_{um} = กำลังรับหน่วยแรงเฉือนสูงสุดของผนังก่อ

เมื่อ $\tau_{um} = 1.6f_{mt} + 0.9\sigma_v$

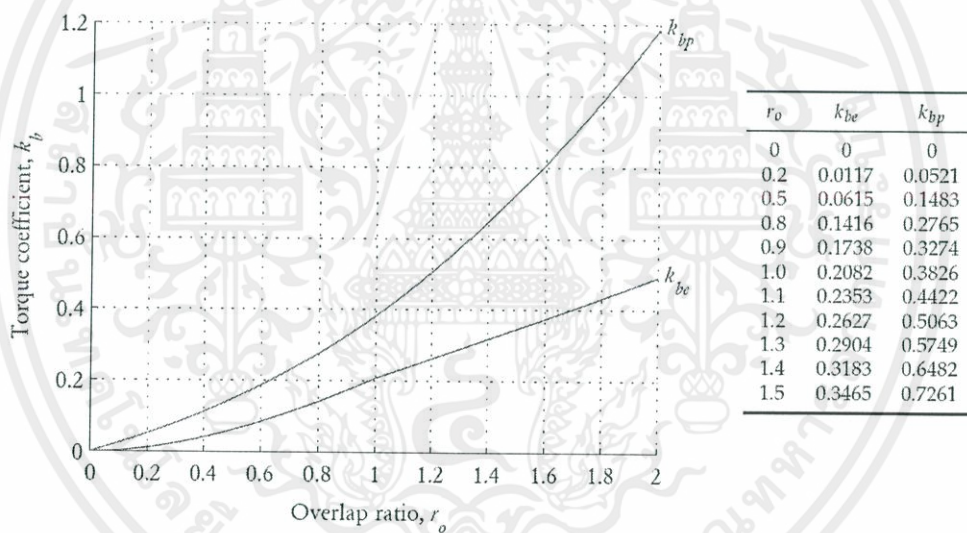
k_{be} = ค่าสัมประสิทธิ์การรับแรงบิดอิลาสติก ดูกราฟ (รูปที่ 2.9)



(a) Stepped failure.

(b) Line failure.

รูปที่ 2.8 ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวนอน

รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Overlap ratio (r_o) และ Torque coefficient (k_b)

$$\text{เมื่อ } r_o = \frac{s_b}{t_u} \quad (2.11)$$

$$\text{เมื่อ } s_b = \frac{l_u - t_j}{2}$$

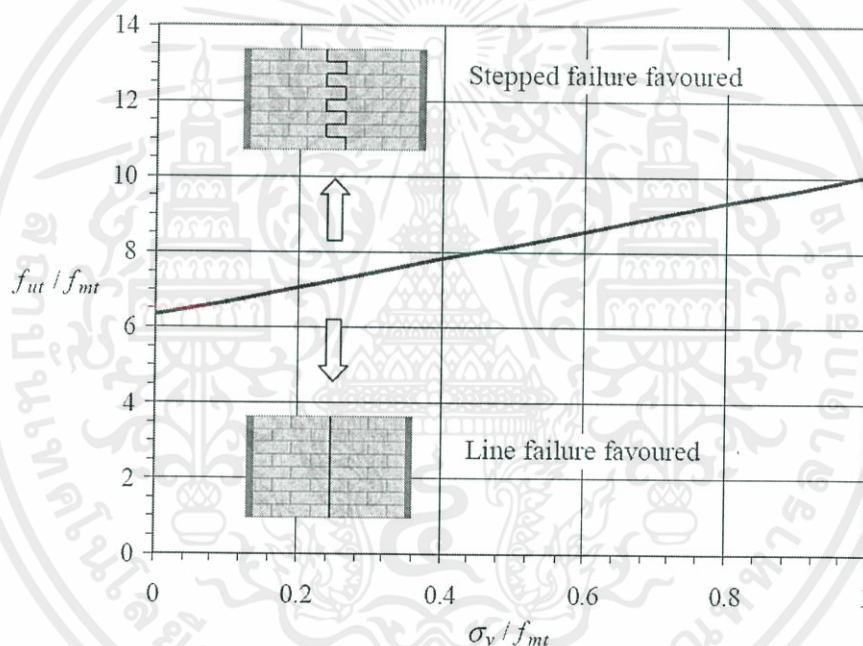
2. การวิบัติแบบแตกร้าวเป็นเส้นตรง (Line failure) เป็นลักษณะการวิบัติที่เกิดการที่ผนังแตกร้าวหรือเกิดการหักในแนวตั้งเป็นเส้นตรงผ่านแนวปูนก่อแนวตั้งบางส่วนและผ่านก้อนวัสดุก่อบางส่วน (รูปที่ 2.8b) แรงดัดที่เกิดในแกนที่ตั้งฉากกับรอยต่อในแนวนอนจะถูกต้านโดยกำลังรับหน่วยแรงดึงจากการดัดของรอยต่อในแนวตั้งและโมดูลัสแตกหักด้านข้างของก้อนวัสดุก่อ และ

สามารถคำนวณหาโมเมนต์ดัดประลัยในแนวนอนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการวิบัติในลักษณะนี้ ตามสมการดังต่อไปนี้

$$M_{h \text{ ult line}} = \frac{1}{2}(f_{ut} - v_u \sigma_v) \frac{h_u t_u^2}{6} \quad (2.12)$$

เมื่อ f_{ut} = โมดูลัสแตกหักด้านข้างของก้อนวัสดุก่อ
 v_u = อัตราส่วนปัวซองของก้อนวัสดุก่อ

การพิจารณากราฟแนวโน้มวิกฤติ เพื่อทำนายลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวนอน ว่าอาจจะเกิดลักษณะการวิบัติในรูปแบบไหน สามารถใช้กราฟความสัมพันธ์ใน รูปที่ 2.10 ซึ่งนำมาจากมาตรฐานการออกแบบของประเทศออสเตรเลีย



รูปที่ 2.10 กราฟแนวโน้มวิกฤติ เพื่อใช้ทำนายลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงในแนวนอน

หากพิจารณาถึงสถานะคงค้างของกำลังแล้ว การแตกร้าวในแนวตั้งที่เป็นการวิบัติแบบซิกแซกหรือแบบขั้นนั้นเมื่อถึงขีดจำกัดการรับกำลังสูงสุดแล้ว จะเกิดโมเมนต์ดัดคงค้างเกิดขึ้นเนื่องแรงเสียดทานจากการบิดผ่านส่วนที่เชื่อมต่อกันของรอยต่อในแนวนอน ซึ่งคำนวณหาโมเมนต์ดัดคงค้างในแนวนอนได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$M_{h \text{ res}} = k_{bp} \tau_f t_u^3 \quad (2.13)$$

เมื่อ k_{bp} = ค่าสัมประสิทธิ์การรับแรงบิดพลาสติก

โดยที่สามารถหาค่า k_{bp} ได้โดยตรงจากสมการดังต่อไปนี้

$$k_{bp} = \frac{1}{12} [(2r_0\sqrt{1+r_0^2}) + \ln(r_0 + \sqrt{1+r_0^2}) + r_0^3 \ln(r_0^{-1} + \sqrt{1+r_0^{-2}})]$$

โดยที่ค่า k_{bp} และ r_0 แสดงได้ในกราฟรูปที่ 2.7

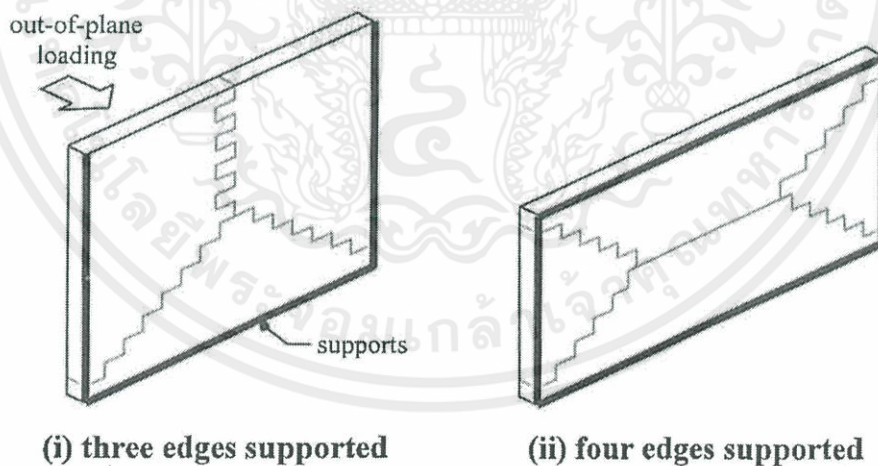
$$\tau_f = \text{กำลังรับหน่วยแรงเฉือนเนื่องจากการเสียดทาน}$$

เมื่อ $\tau_f = \mu_m \sigma_v$

โดยที่ $\mu_m = \text{ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน}$

2.2.5.3 ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงสองทิศทาง

ผนังก่อก่อที่มีการรองรับสามด้าน หรือสี่ด้าน จะส่งผลให้ผนังก่อก่อนั้นต้องรับแรงตัดในสองทิศทางซึ่งแรงตัดนั้นเป็นผลมาจากการรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบผนัง ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงสองทิศทางนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปแบบการรองรับของผนัง ซึ่งการวิบัติที่เกิดขึ้นมักเกิดในลักษณะการแตกร้าวนแบบเส้นทแยง (Diagonal crack line) และเมื่อผนังต้องรับแรงกระทำประลัย มีความเป็นไปได้ว่าผนังจะเกิดโมเมนต์ดัดขึ้นตามแนวการวิบัติแบบเส้นทแยงนั้น (M_d) ซึ่งลักษณะการวิบัติของผนังก่อก่อนี้เมื่อมีการรองรับสามด้านแสดงได้ใน รูปที่ 2.11(i) และลักษณะการวิบัติของผนังก่อก่อนี้เมื่อมีการรองรับสี่ด้านสามารถแสดงใน รูปที่ 2.11(ii)



รูปที่ 2.11 ลักษณะการวิบัติของผนังพาดรับแรงสองทิศทาง : (i) ผนังพาดรับแรงสองทิศทางที่มีการรองรับสามด้าน ; (ii) ผนังพาดรับแรงสองทิศทางที่มีการรองรับสี่ด้าน

Willis (2004) ได้วิเคราะห์และทำนายการเกิดโมเมนต์ดัดประลัยในแนวเส้นทแยง โดยมีแนวคิดมาจากความลาดชันการวิบัติแบบเส้นทแยงของผนังก่อก (รูปที่ 2.12) โดยแบบจำลองนี้เป็นการ

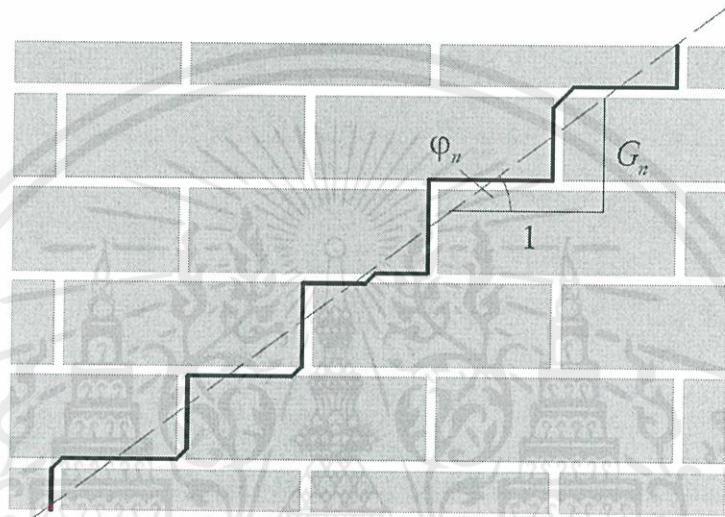
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติจุดที่เกิดแรงประลัย การต้านทานโมเมนต์ดัดของรอยแตกร้าวมาจากแรงดัดและแรงบิดที่กระทำบนรอยต่อในแนวนอน

โดยการหาโมเมนต์ดัดประลัยในแนวทแยง สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$M_{d \text{ ult}} = M_{v \text{ ult}} (\cos \varphi)^3 + M_{h \text{ ult step}} (\sin \varphi)^3 \quad (2.14)$$

เมื่อ φ = มุมของแนวการแตกร้าวแบบเส้นทแยง



รูปที่ 2.12 ความลาดชันการวิบัติแบบเส้นทแยงของผนังก่อ

หากพิจารณาโมเมนต์ดัดคงค้างที่เกิดในแนวการแตกร้าวแบบเส้นทแยงจะสามารถหาค่าโดยประมาณได้คล้ายแบบเดียวกับการหาโมเมนต์ดัดในแนวตั้งซึ่งแสดงใน (รูปที่ 2.7d) จะสามารถหาสมการดังกล่าวได้ดังนี้

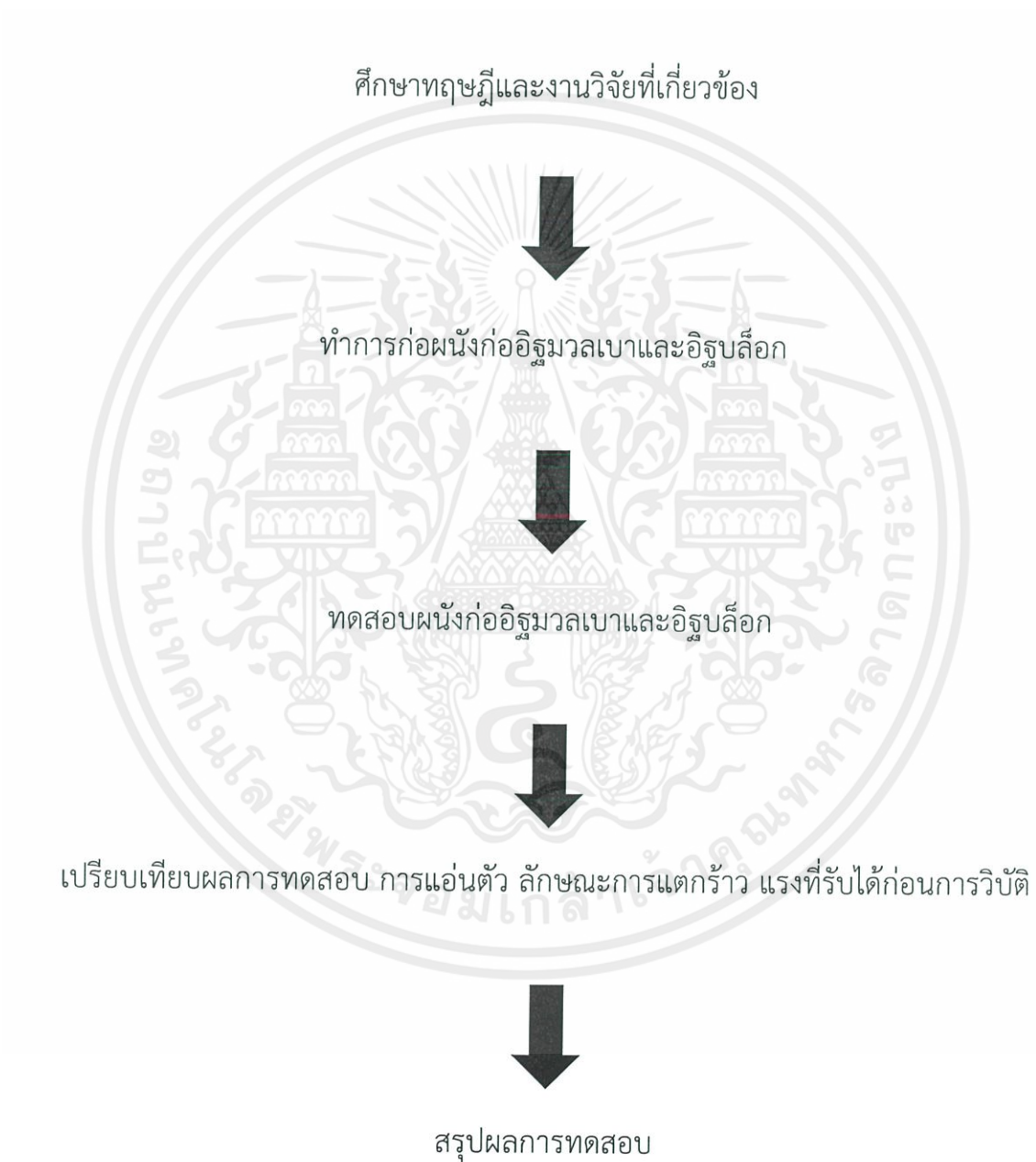
$$M_{d \text{ res}} = \sigma_v \frac{s_e t_u^2}{2} \cos \varphi \quad (2.15)$$

$$\text{เมื่อ } s_e = \frac{(l_u + t_j)}{2}$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการทำงานในการก่อผนังก่ออิฐมวลเบาและผนังก่ออิฐบล็อก

1. ทำการเจาะรูเพื่อฝัง Bolt ณ บริเวณพื้นที่ๆต้องการวางเสาเพื่อติดตั้ง Plate เหล็ก



รูปที่ 3.1 การเจาะพื้นโดยใช้สว่าน

2. ทำการติดตั้ง Plate เหล็ก จากนั้นทำการเชื่อมเสาเหล็กติดกับ Plate เหล็ก



รูปที่ 3.2 การเชื่อมติด Plate เหล็ก กับเสาเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เริ่มทำการวางแนวอิฐก่อนแรกโดยใช้เส้นเอ็น เพื่อช่วยให้อิฐอยู่ในแนวเดียวกันตลอด



รูปที่ 3.3 การวางแนวการก่ออิฐโดยใช้เส้นเอ็น

4. ทำการผสมปูนก่อ เพื่อใช้ในการก่ออิฐมวลเบาและก่ออิฐบล็อก



รูปที่ 3.4 การผสมปูนก่อสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ เนื่องจากเป็นอิฐคนละประเภท จึงจำเป็นต้องใช้ปูนก่อคนละประเภทกัน โดยใช้เป็นปูนก่อสำเร็จรูปสำหรับอิฐบล็อก และปูนก่อสำเร็จรูปสำหรับอิฐมวลเบา



รูปที่ 3.5 ปูนก่อสำเร็จรูปสำหรับอิฐมวลเบาและอิฐบล็อก

5. เริ่มทำการก่ออิฐมวลเบา และอิฐบล็อก



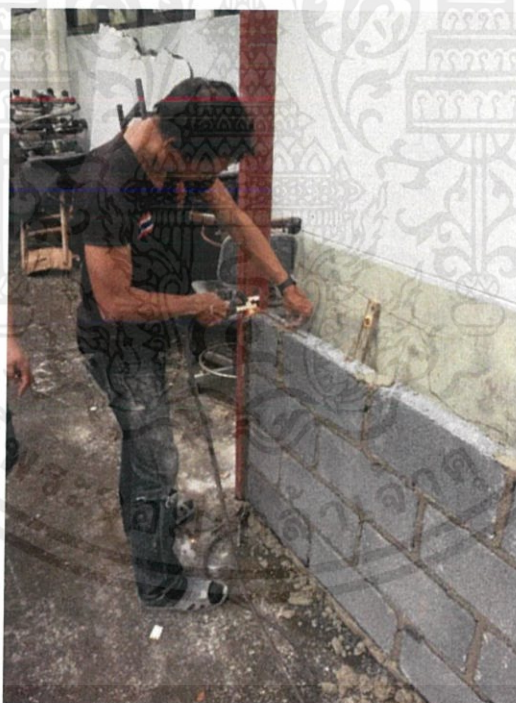
รูปที่ 3.6 การก่ออิฐบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การก่ออิฐมวลเบา

6. ทำการเชื่อมเหล็กหนวดกุ้งยึดติดกับเสาเหล็ก ในทุกๆระยะ 40 เซนติเมตร



รูปที่ 3.8 การเชื่อมเหล็กหนวดกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. มีการติดตั้งค้ำยันบริเวณเสาเหล็ก เพื่อป้องกันการเกิน Overturning ของผนังก่ออิฐและป้องกันการแอ่นตัวของเสาขณะทำการทดสอบผนังก่ออิฐ



รูปที่ 3.9 การค้ำยันบริเวณเสาเหล็ก

8. ทำการเชื่อมเหล็กกล่องระหว่างเสาเพื่อใช้เป็นทับหลังเหล็ก



รูปที่ 3.10 การติดตั้งทับหลังเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. จากนั้นก็ทำการก่ออิฐมวลเบา และก่ออิฐบล็อกต่อไปจนกระทั่งได้ผนังก่ออิฐขนาด 2*2 เมตร หลังจากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 1- 2 วันเพื่อทำการฉาบต่อไป



รูปที่ 3.11 ภาพผนังก่ออิฐบล็อก



รูปที่ 3.12 ภาพผนังก่ออิฐมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ทำการผสมปูนฉาบเพื่อใช้ในการฉาบผนังก่ออิฐมวลเบา และผนังก่ออิฐบล็อก



รูปที่ 3.13 การผสมปูนฉาบสำเร็จรูป

11. ทำการฉาบผนังก่ออิฐ โดยการลงปูนฉาบให้เต็มกำแพง



รูปที่ 3.14 การฉาบปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ เนื่องจากเป็นอิฐคนละประเภท จึงจำเป็นต้องใช้ปูนฉาบคนละประเภทกัน โดยใช้เป็นปูนฉาบสำเร็จรูปสำหรับอิฐบล็อก และปูนฉาบสำเร็จรูปสำหรับอิฐมวลเบา



รูปที่ 3.15 ปูนฉาบสำเร็จรูปสำหรับอิฐมวลเบาและอิฐบล็อก

12. ทำการฉาบให้สวยงามโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ อาทิเช่น ไม้สามเหลี่ยม จากนั้นจึงค่อยปั้นปูนและค่อยทำการลงฟองน้ำ



รูปที่ 3.16 การตกแต่งงานฉาบให้สวยงามโดยการปั้นปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เมื่อได้ผนังก่ออิฐมวลเบา และผนังก่ออิฐบล็อกเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ จึงค่อยทำการทดสอบการอัดแรงด้วยตัว Hydraulic Jack



รูปที่ 3.17 ภาพผนังก่ออิฐที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

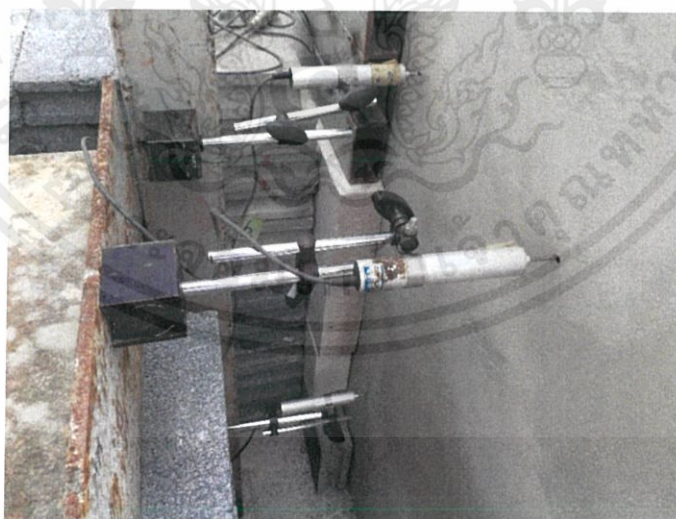
3.3 ขั้นตอนการทดสอบผนังก่ออิฐมวลเบาและผนังก่ออิฐบล็อก

1. ทำการเตรียมสถานที่ทดสอบ โดยเอาอิฐมาวางต่อกันเพื่อใช้เป็นฐานรองรับตัว Hydraulic Jack

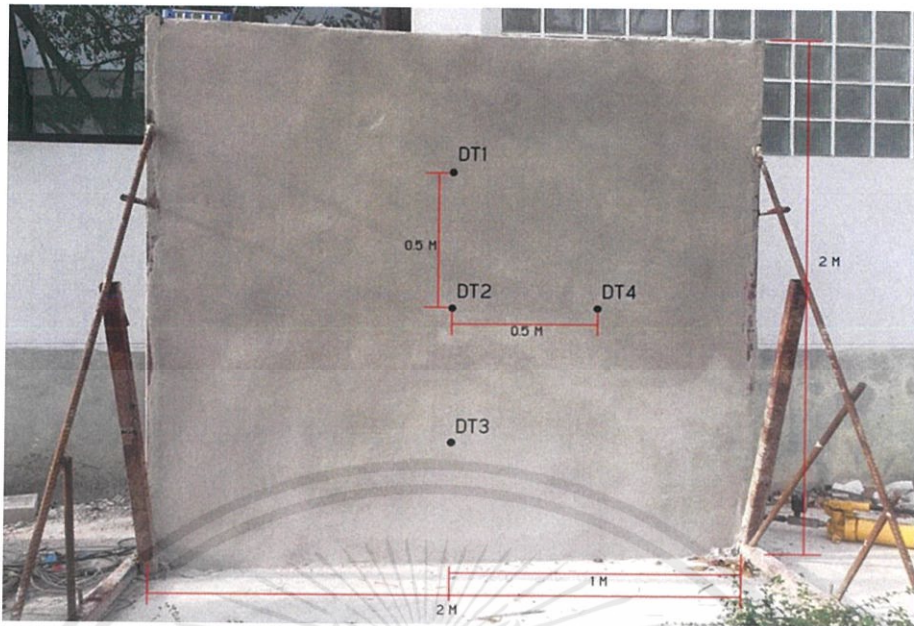


รูปที่ 3.18 ฐานรองรับตัว Hydraulic Jack

2. ทำการติดตั้งตัว LVDT ทั้งหมด 4 จุดเพื่อวัดค่าการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐ



รูปที่ 3.19 ตัววัดการแอ่นตัว LVDT



รูปที่ 3.20 ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งตัว LVDT

3. ทำการติดตั้งเครื่อง Data Logger โดยใช้งานร่วมกับ Battery จากนั้นทำการเชื่อมต่อตัววัดการแอ่นตัว LVDT เข้ากับเครื่อง Data Logger



รูปที่ 3.21 เครื่อง Data Logger กับ Battery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการติดตั้งตัว Hydraulic Jack เพื่อใช้ในการทดสอบ และมีการใช้ตัว Load Cell เพื่อช่วยในการอ่านค่าแรงกระทำทำให้มีความถูกต้องและละเอียดมากยิ่งขึ้น



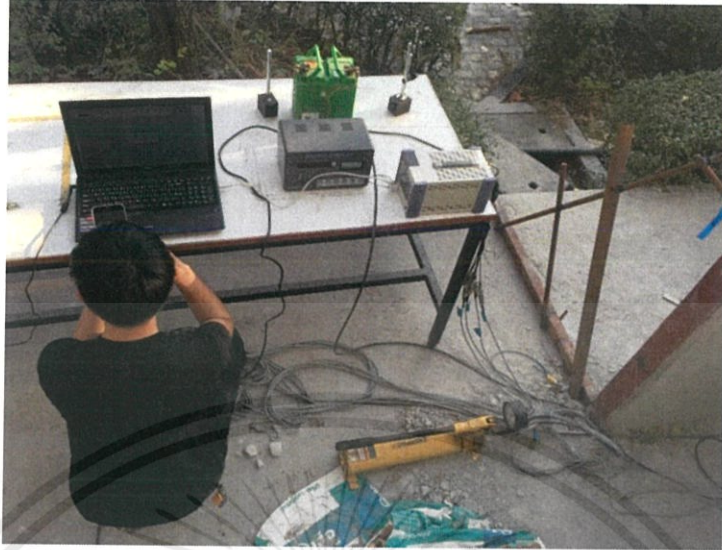
รูปที่ 3.22 การติดตั้ง Hydraulic Jack กับตัว Load Cell



รูปที่ 3.23 Load Cell และเครื่อง Digital Display

5. ทำการเชื่อมต่อตัว Data Logger เข้ากับเครื่อง Computer เพื่อให้ค่าระยะการแอนตัวของทั้ง 4 จุดแสดงผลบนเครื่อง Computer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



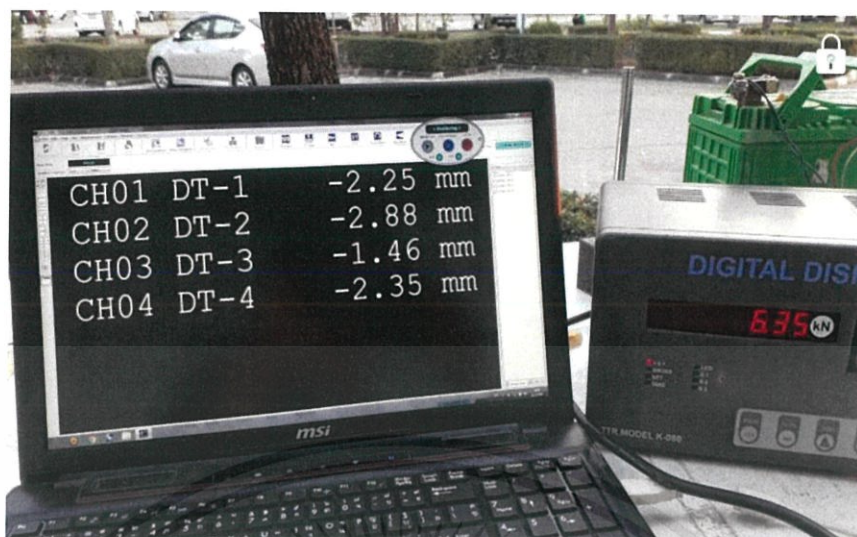
รูปที่ 3.24 การเชื่อมต่อ Data Logger กับเครื่อง Computer

6. ทำการปั๊มแรงจากตัว Hydraulic hand pump โดยให้แรงอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง จนกระทั่งผนังก่ออิฐเกิดการวิบัติ โดยระหว่างนั้นทำการอัดวิดีโอบันทึกค่าระยะการแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นต่อแรงที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป



รูปที่ 3.25 การบันทึกวิดีโอผลการทดสอบ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 การบันทึกวิดีโอผลการทดสอบ2



รูปที่ 3.27 Hydraulic hand pump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ลักษณะการวิบัติของผนังก่ออิฐมวลเบา



รูปที่ 3.28 การวิบัติของผนังก่ออิฐมวลเบา

8. ลักษณะการวิบัติของผนังก่ออิฐบล็อก



รูปที่ 3.29 การวิบัติของผนังก่ออิฐบล็อก

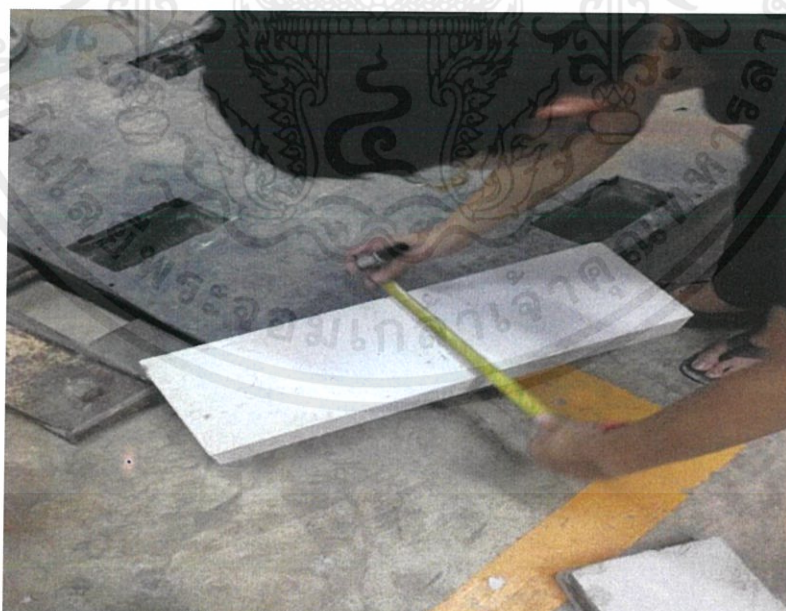
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา

1. ทำการวัดขนาดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา



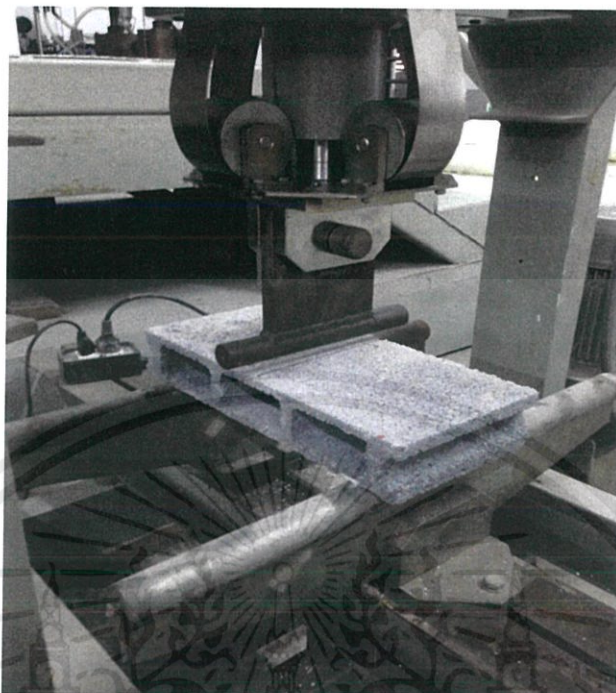
รูปที่ 3.30 วัดขนาดของอิฐบล็อก



รูปที่ 3.31 วัดขนาดของอิฐมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการทดสอบแรงดัดของอิฐโดยกดอิฐที่ตำแหน่งกึ่งกลางจนกระทั่งเกิดการวิบัติ และบันทึกผล



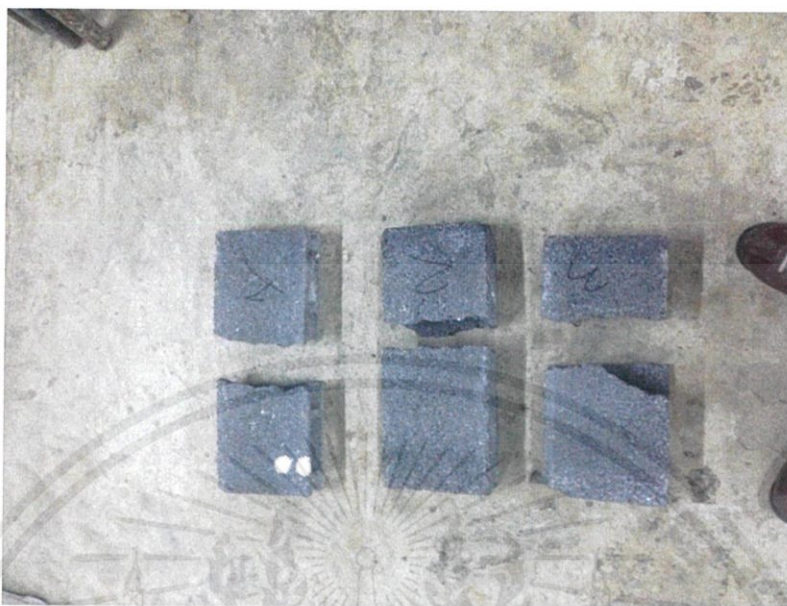
รูปที่ 3.32 ทำการทดสอบการรับแรงดัด



รูปที่ 3.33 บันทึกค่าแรงสูงสุดที่อิฐเกิดการวิบัติ จากจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ลักษณะการวิบัติของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา ของแต่ละตัวอย่าง



รูปที่ 3.34 ลักษณะการวิบัติของอิฐบล็อกทั้ง 3 ตัวอย่าง



รูปที่ 3.35 ลักษณะการวิบัติของอิฐมวลเบาทั้ง 3 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึง

1. ผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา เพื่อใช้วิเคราะห์ผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐ
2. ผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา
3. การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบจริง
4. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา
5. การวิเคราะห์ลักษณะการวิบัติและพฤติกรรมการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา

4.1 ผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา เพื่อใช้วิเคราะห์ผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐ

การรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบาจะสามารถหาค่าได้จาก โมดูลัสการแตกหัก (Modulus of rupture) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการต้านการแตกหักหรือความแข็งแรงของตัววัสดุได้ด้วย

$$\begin{aligned} \text{โดยที่} \quad \text{Modulus of rupture } (\sigma) &= \frac{MC}{I} && \text{ksc.} \\ \text{เมื่อ} \quad \text{Moment (M)} &= \frac{PL}{4} && \text{kg-cm.} \\ \text{และ} \quad \text{Moment of inertia (I)} &= \frac{bh^3}{12} - \frac{b'h'^3}{12} && \text{cm}^4 \end{aligned}$$

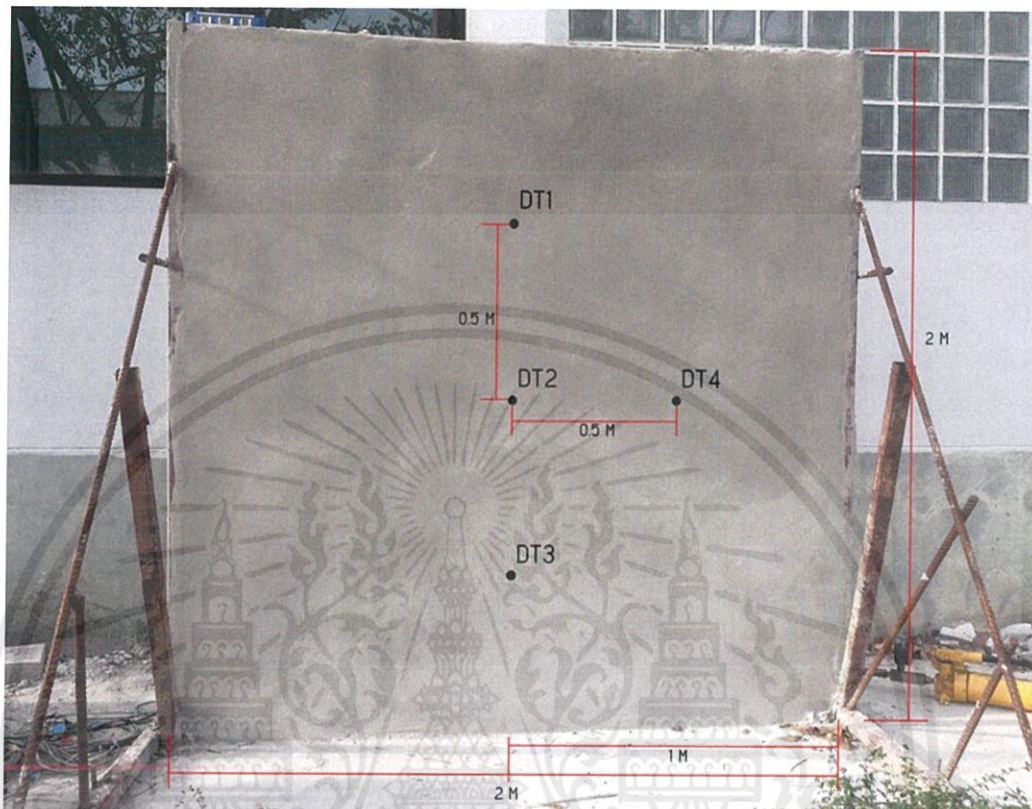
จากผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบาอย่างละสามตัวอย่าง พบว่าสามารถหาค่าความสามารถการต้านทานแรงดัดต่อการแตกหักได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา

sample		Dimension (cm.)			Moment of inertia (cm.)	Weight (kgs.)	Span Length (m.)	Maximum Load (kg.)	Moment (kg-cm.)	Modulus of Rupture Stress (ksc.)
Type	No.	Width	Length	Thickness						
อิฐบล็อก	1.00	18.50	38.50	6.50	404.62	4.82	38.50	180.15	1733.93	13.93
	2.00	18.50	39.00	6.50	404.62	4.80	39.00	177.07	1726.41	13.87
	3.00	19.00	38.50	6.50	415.56	4.90	38.50	182.27	1754.36	13.72
									average	13.84
อิฐมวลเบา	1.00	20.00	60.00	7.50	703.13	5.57	60.00	163.57	2453.61	13.09
	2.00	19.80	60.00	7.50	696.09	5.44	60.00	150.19	2252.78	12.14
	3.00	19.80	60.00	7.50	696.09	5.48	60.00	168.58	2528.73	13.62
									average	12.95

จากตารางผลการทดสอบ พบว่าค่าโมดูลัสการแตกหักโดยเฉลี่ยของอิฐบล็อกมีค่าเท่ากับ 13.84 ksc. และค่าโมดูลัสการแตกหักโดยเฉลี่ยของอิฐมวลเบา มีค่าเท่ากับ 12.95 ksc. ซึ่งบอกได้ว่าอิฐบล็อกมีค่าโมดูลัสการแตกหักมากกว่าอิฐมวลเบาเล็กน้อย โดยสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านของผนังก่ออิฐได้ในเบื้องต้น

4.2 ผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา



รูปที่ 4.1 ผนังก่ออิฐแสดงตำแหน่งที่ทำการวัดการแอ่นตัว

จากรูปผนังก่ออิฐด้านบน แสดงตำแหน่งที่มีการติดตั้งตัววัดการแอ่นตัว LVDT ไว้ทั้งหมด 4 จุด ดังภาพ โดยมีระยะต่างๆดังนี้

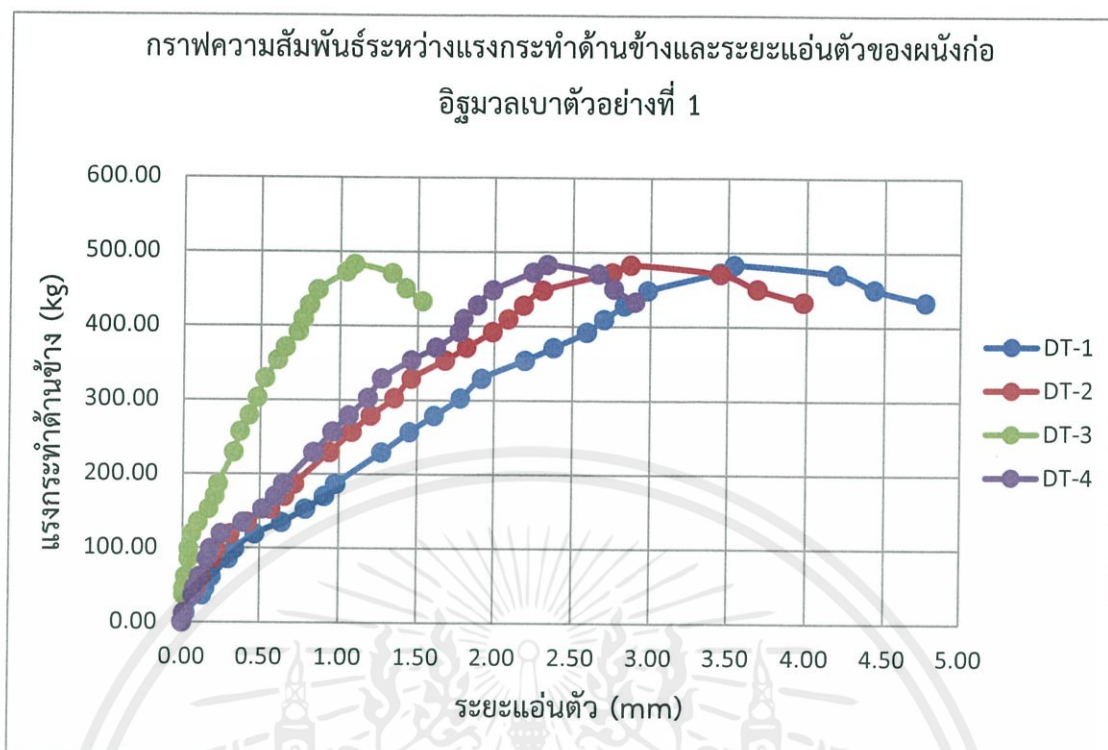
1. DT - 1 อยู่เหนือจากพื้นเป็นระยะ 1.5 เมตร และอยู่ห่างจากเสาเป็นระยะ 1.0 เมตร
2. DT - 2 อยู่เหนือจากพื้นเป็นระยะ 1.0 เมตร และอยู่ห่างจากเสาเป็นระยะ 1.0 เมตร
3. DT - 3 อยู่เหนือจากพื้นเป็นระยะ 0.5 เมตร และอยู่ห่างจากเสาเป็นระยะ 1.0 เมตร
4. DT - 4 อยู่เหนือจากพื้นเป็นระยะ 1.0 เมตร และอยู่ห่างจากเสาเป็นระยะ 0.5 เมตร

ซึ่งผลการทดสอบแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐมวลเบาสามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 ส่วนผลการทดสอบแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อกสามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 และ ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของ
ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 1

แรงกระทำด้านข้าง (kN)	แรงกระทำด้านข้าง (kg)	ระยะแอ่นตัว (mm)			
		DT-1	DT-2	DT-3	DT-4
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	12.23	0.02	0.01	0.01	0.01
0.36	36.70	0.13	0.07	0.01	0.07
0.45	45.87	0.15	0.09	0.01	0.08
0.60	61.16	0.19	0.12	0.02	0.11
0.84	85.63	0.30	0.19	0.04	0.16
0.97	98.88	0.34	0.22	0.04	0.18
1.17	119.27	0.47	0.31	0.06	0.25
1.32	134.56	0.64	0.42	0.10	0.39
1.50	152.91	0.79	0.57	0.17	0.52
1.67	170.23	0.91	0.66	0.21	0.60
1.83	186.54	0.98	0.72	0.23	0.65
2.25	229.36	1.27	0.94	0.33	0.84
2.52	256.88	1.45	1.08	0.37	0.96
2.74	279.31	1.61	1.20	0.43	1.06
2.97	302.75	1.78	1.35	0.48	1.18
3.23	329.26	1.92	1.46	0.53	1.27
3.47	353.72	2.20	1.68	0.61	1.46
3.64	371.05	2.38	1.82	0.66	1.62
3.85	392.46	2.59	1.99	0.74	1.77
4.02	409.79	2.70	2.09	0.77	1.80
4.20	428.13	2.83	2.19	0.81	1.89
4.40	448.52	2.98	2.31	0.86	1.99
4.64	472.99	3.45	2.75	1.04	2.25
4.74	483.18	3.54	2.87	1.09	2.34
4.62	470.95	4.19	3.45	1.33	2.66
4.42	450.56	4.43	3.69	1.42	2.76
4.25	433.23	4.77	3.98	1.53	2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 1

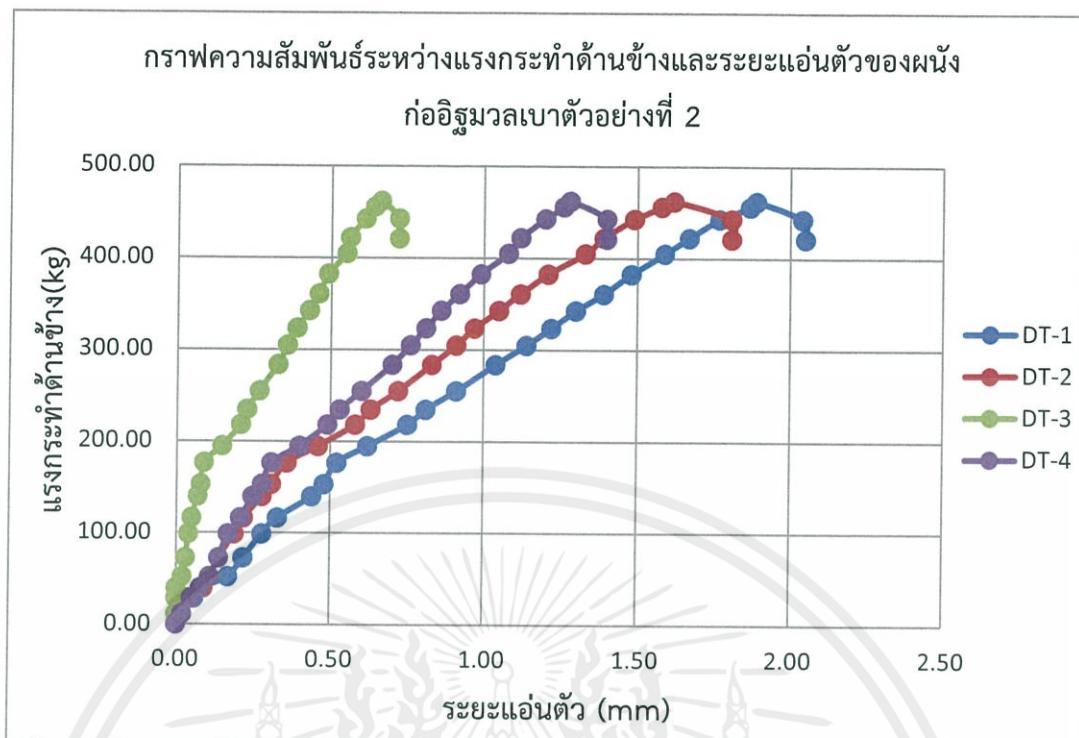
ผนังก่ออิฐมวลเบา ตัวอย่างที่ 1

จากกราฟและข้อมูลที่แสดงการเพิ่มแรงกระทำทางด้านข้างกับการแอนตัวทางด้านข้าง (Lateral Displacement) ของการทดสอบจริง เมื่อทำการใส่แรงเข้าไปในผนังก่ออิฐมวลเบาโดยการใส่แรงผ่าน(Hydraulic Jack) โดยผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 1 สามารถใส่แรงได้ 483.18 kg โดยที่แรงสูงสุด 483.18 kg สามารถวัดค่าการแอนตัวทางด้านข้าง(Lateral Displacement) สูงสุดที่ตำแหน่ง DT-1 3.54 mm. DT-2 2.87 mm. DT-3 1.09 mm. และ DT-4 2.34 mm. โดยเมื่อเพิ่มแรงจาก Hydraulic Jack ใส่เข้าไปในผนังก่ออิฐมวลเบา ผนังก่ออิฐเริ่มรับแรงได้น้อยลง ซึ่งแสดงว่าการทดสอบผนังก่ออิฐมวลเบาถึงจุดวิบัติ ซึ่งถูกต้องและเป็นไปตามหลักกลศาสตร์วัสดุ(Strength of material)

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของ
ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 2

แรงกระทำด้านข้าง (kN)	แรงกระทำด้านข้าง (kg)	ระยะแอ่นตัว (mm)			
		DT-1	DT-2	DT-3	DT-4
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.11	11.21	0.01	0.00	0.00	0.02
0.28	28.54	0.06	0.04	0.00	0.05
0.39	39.76	0.09	0.09	0.00	0.08
0.51	51.99	0.17	0.11	0.02	0.11
0.71	72.38	0.22	0.14	0.03	0.14
0.97	98.88	0.28	0.19	0.04	0.17
1.14	116.21	0.33	0.22	0.05	0.21
1.37	139.65	0.44	0.28	0.07	0.25
1.50	152.91	0.48	0.31	0.08	0.28
1.73	176.35	0.52	0.36	0.09	0.31
1.91	194.70	0.62	0.46	0.15	0.40
2.14	218.14	0.75	0.58	0.21	0.49
2.30	234.45	0.81	0.63	0.23	0.53
2.50	254.84	0.91	0.72	0.27	0.60
2.78	283.38	1.04	0.83	0.33	0.70
2.99	304.79	1.14	0.91	0.36	0.76
3.17	323.14	1.22	0.97	0.39	0.81
3.36	342.51	1.30	1.05	0.43	0.86
3.54	360.86	1.39	1.12	0.46	0.92
3.75	382.26	1.48	1.21	0.49	0.99
3.97	404.69	1.59	1.33	0.55	1.08
4.14	422.02	1.67	1.39	0.56	1.12
4.34	442.41	1.77	1.49	0.61	1.20
4.47	455.66	1.87	1.58	0.64	1.26
4.53	461.77	1.89	1.62	0.66	1.28
4.34	442.41	2.04	1.81	0.72	1.40
4.13	421.00	2.05	1.81	0.72	1.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 2

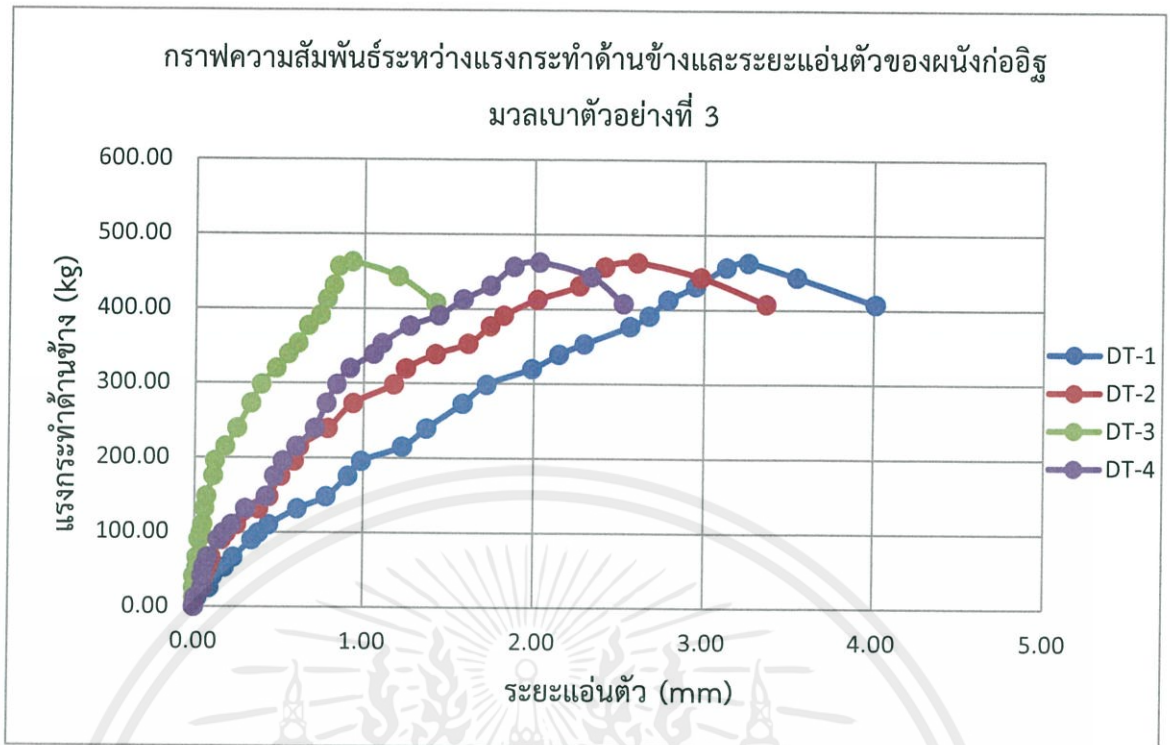
ผนังก่ออิฐมวลเบา ตัวอย่างที่ 2

จากกราฟและข้อมูลที่แสดงการเพิ่มแรงกระทำทางด้านข้างกับการแอนตัวทางด้านข้าง (Lateral Displacement) ของการทดสอบจริง เมื่อทำการใส่แรงเข้าไปในผนังก่ออิฐมวลเบาโดยการใส่แรงผ่าน(Hydraulic Jack) ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 2 สามารถใส่แรงได้ 461.77 kg โดยที่แรงสูงสุด 461.77 kg สามารถวัดค่าการแอนตัวทางด้านข้าง(Lateral Displacement) สูงสุดที่ตำแหน่ง DT-1 1.89 mm. DT-2 1.62 mm. DT-3 0.66 mm. และ DT-4 1.28 mm. และเมื่อเพิ่มแรงจาก Hydraulic Jack ใส่เข้าไปในผนังก่ออิฐมวลเบา ผนังก่ออิฐเริ่มรับแรงได้น้อยลง ซึ่งแสดงว่าการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐมวลเบาถึงจุดวิบัติ ซึ่งถูกต้องและเป็นไปตามหลักกลศาสตร์วัสดุ (Strength of material)

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของ
ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 3

แรงกระทำด้านข้าง (KN)	แรงกระทำด้านข้าง (kg)	ระยะแอ่นตัว (mm)			
		DT-1	DT-2	DT-3	DT-4
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	12.23	0.02	0.01	0.00	0.01
0.25	25.48	0.09	0.05	0.00	0.05
0.40	40.77	0.11	0.06	0.00	0.05
0.52	53.01	0.18	0.08	0.02	0.06
0.65	66.26	0.23	0.10	0.02	0.08
0.88	89.70	0.34	0.16	0.03	0.14
0.97	98.88	0.38	0.19	0.04	0.17
1.08	110.09	0.44	0.25	0.05	0.22
1.29	131.50	0.61	0.38	0.06	0.30
1.45	147.81	0.78	0.44	0.07	0.42
1.72	175.33	0.91	0.51	0.11	0.47
1.92	195.72	0.99	0.59	0.12	0.52
2.11	215.09	1.23	0.62	0.18	0.60
2.35	239.55	1.37	0.79	0.25	0.71
2.68	273.19	1.58	0.94	0.33	0.78
2.93	298.67	1.72	1.18	0.39	0.84
3.14	320.08	1.99	1.25	0.48	0.92
3.33	339.45	2.15	1.42	0.55	1.06
3.47	353.72	2.30	1.61	0.61	1.11
3.70	377.17	2.57	1.74	0.67	1.27
3.84	391.44	2.68	1.82	0.74	1.44
4.05	412.84	2.79	2.02	0.78	1.58
4.23	431.19	2.95	2.27	0.82	1.74
4.48	456.68	3.13	2.42	0.85	1.88
4.54	462.79	3.26	2.61	0.93	2.03
4.35	443.43	3.55	2.98	1.20	2.34
4.00	407.75	4.01	3.37	1.42	2.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



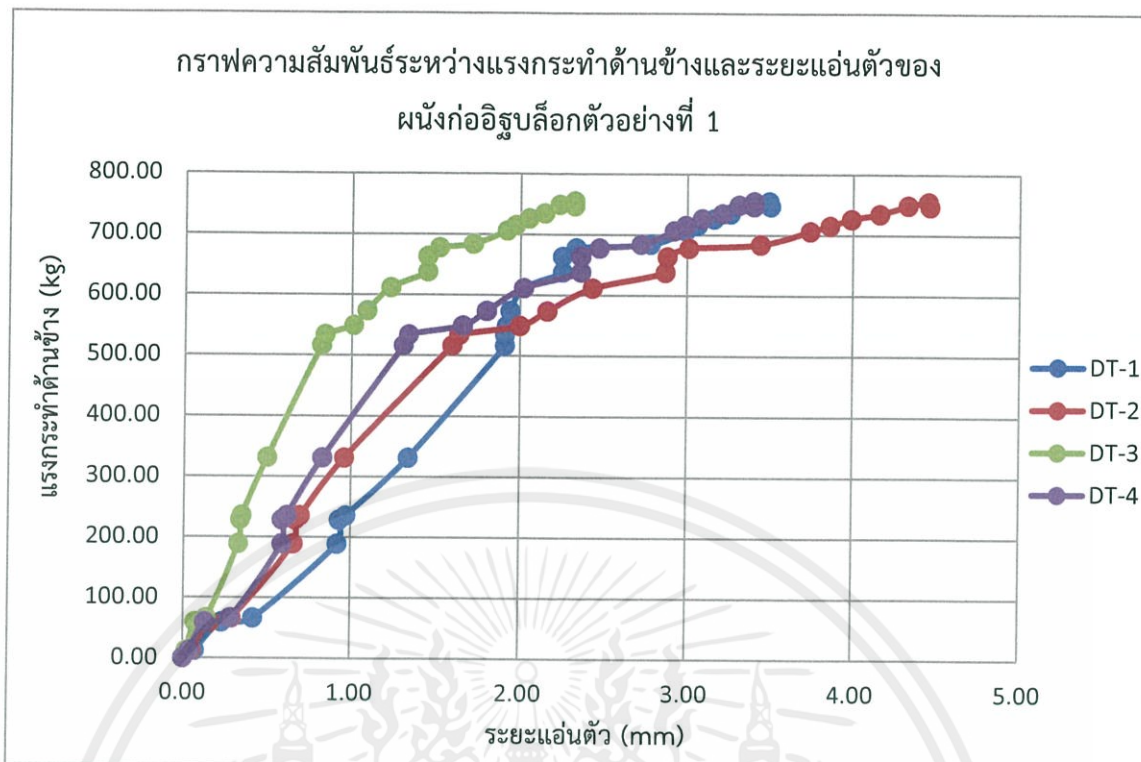
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอ่นตัวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 3

ผนังก่ออิฐมวลเบา ตัวอย่างที่3

จากกราฟและข้อมูลที่แสดงการเพิ่มแรงกระทำทางด้านข้างกับการแอ่นตัวทางด้านข้าง (Lateral Displacement) ของการทดสอบจริง เมื่อทำการใส่แรงเข้าไปในผนังก่ออิฐมวลเบาโดยการใส่แรงผ่าน(Hydraulic Jack) ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 3 สามารถใส่แรงได้ 462.79 kg โดยที่แรงสูงสุด 462.79 kg สามารถวัดค่าการแอ่นตัวทางด้านข้าง(Lateral Displacement) สูงสุดที่ตำแหน่ง DT-1 3.26 mm. DT-2 2.61 mm. DT-3 0.93 mm. DT-4 2.03 mm. โดยเมื่อเพิ่มแรงจาก Hydraulic Jack ใส่เข้าไปในผนังก่ออิฐมวลเบา ผนังก่ออิฐเริ่มรับแรงได้น้อยลง ซึ่งแสดงว่าการทดสอบผนังก่ออิฐมวลเบาถึงจุดวิบัติ ซึ่งถูกต้องและเป็นไปตามหลักกลศาสตร์วัสดุ (Strength of material)

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของ
ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1

แรงกระทำด้านข้าง (kN)	แรงกระทำด้านข้าง (kg)	ระยะแอ่นตัว (mm)			
		DT-1	DT-2	DT-3	DT-4
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.12	12.23	0.07	0.05	0.02	0.04
0.58	59.12	0.23	0.16	0.07	0.13
0.65	66.26	0.42	0.29	0.14	0.28
1.85	188.58	0.92	0.66	0.33	0.59
2.24	228.34	0.93	0.67	0.34	0.59
2.31	235.47	0.97	0.70	0.35	0.62
3.25	331.29	1.34	0.96	0.50	0.83
5.07	516.82	1.91	1.60	0.82	1.31
5.24	534.15	1.91	1.64	0.84	1.34
5.39	549.44	1.92	2.00	1.01	1.66
5.63	573.90	1.94	2.16	1.09	1.80
6.00	611.62	2.02	2.43	1.23	2.02
6.26	638.12	2.25	2.87	1.45	2.36
6.51	663.61	2.25	2.88	1.45	2.36
6.65	677.88	2.33	3.01	1.52	2.47
6.71	684.00	2.78	3.44	1.72	2.72
6.93	706.42	2.99	3.74	1.92	2.92
7.02	715.60	3.06	3.86	1.97	2.99
7.13	726.81	3.16	3.99	2.05	3.09
7.21	734.96	3.26	4.16	2.14	3.21
7.35	749.24	3.39	4.33	2.23	3.31
7.41	755.35	3.49	4.45	2.32	3.40
7.33	747.20	3.50	4.46	2.32	3.40
7.16	729.87	3.50	4.48	2.34	3.41



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1

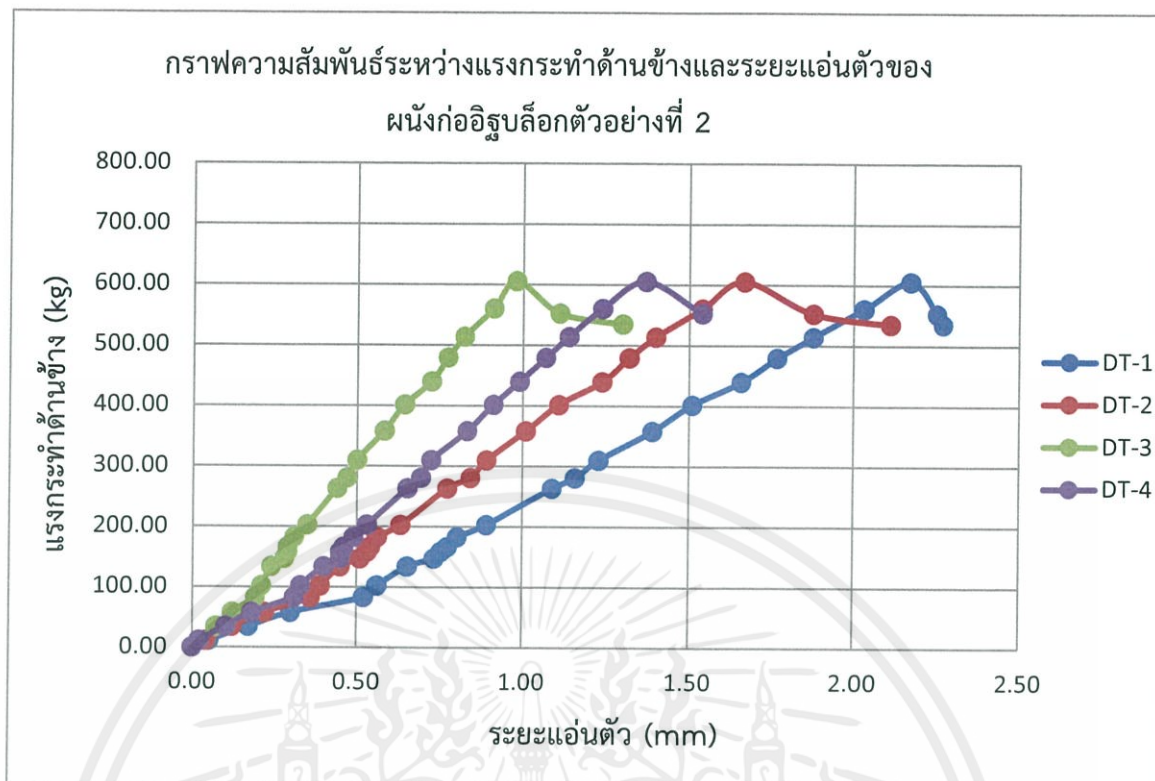
ผนังก่ออิฐบล็อก ตัวอย่างที่1

จากกราฟและข้อมูลที่แสดงการเพิ่มแรงกระทำทางด้านข้างกับการแอนตัวทางด้านข้าง (Lateral Displacement) ของการทดสอบจริง เมื่อทำการใส่แรงเข้าไปในผนังก่ออิฐบล็อกโดยการใส่แรงผ่าน(Hydraulic Jack) ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1 สามารถใส่แรงได้ 755.35 kg โดยที่แรงสูงสุด 755.35 kg สามารถวัดค่าการแอนตัวทางด้านข้าง(Lateral Displacement) สูงสุดที่ตำแหน่ง DT-1 3.49 mm. DT-2 4.45 mm. DT-3 2.32 mm. DT-4 3.40 mm. โดยเมื่อเพิ่มแรงจาก Hydraulic Jack ใส่เข้าไปในผนังก่ออิฐบล็อก ผนังก่ออิฐเริ่มรับแรงได้น้อยลง ซึ่งแสดงว่าการทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกถึงจุดวิบัติเนื่องจากผนังก่ออิฐบล็อกรับแรงได้น้อยลง ซึ่งถูกต้องและเป็นไปตามหลักกลศาสตร์วัสดุ (Strength of material)

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของ
ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 2

แรงกระทำด้านข้าง (kN)	แรงกระทำด้านข้าง (kg)	ระยะแอ่นตัว (mm)			
		DT-1	DT-2	DT-3	DT-3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.11	11.21	0.05	0.04	0.02	0.02
0.34	34.66	0.17	0.12	0.07	0.10
0.57	58.10	0.30	0.22	0.12	0.18
0.81	82.57	0.52	0.36	0.19	0.31
1.00	101.94	0.56	0.39	0.21	0.33
1.31	133.54	0.65	0.45	0.24	0.40
1.44	146.79	0.73	0.51	0.28	0.45
1.55	158.00	0.75	0.53	0.29	0.45
1.63	166.16	0.77	0.54	0.29	0.46
1.79	182.47	0.80	0.56	0.31	0.49
1.99	202.85	0.89	0.63	0.35	0.53
2.58	263.00	1.09	0.77	0.44	0.65
2.75	280.33	1.16	0.84	0.47	0.69
3.04	309.89	1.23	0.89	0.50	0.72
3.51	357.80	1.39	1.01	0.58	0.83
3.94	401.63	1.51	1.11	0.64	0.91
4.31	439.35	1.66	1.24	0.72	0.99
4.70	479.10	1.77	1.32	0.77	1.07
5.04	513.76	1.88	1.40	0.82	1.14
5.50	560.65	2.03	1.54	0.91	1.24
5.94	605.50	2.17	1.67	0.98	1.37
5.42	552.50	2.25	1.88	1.11	1.54
5.25	535.17	2.27	2.11	1.30	1.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



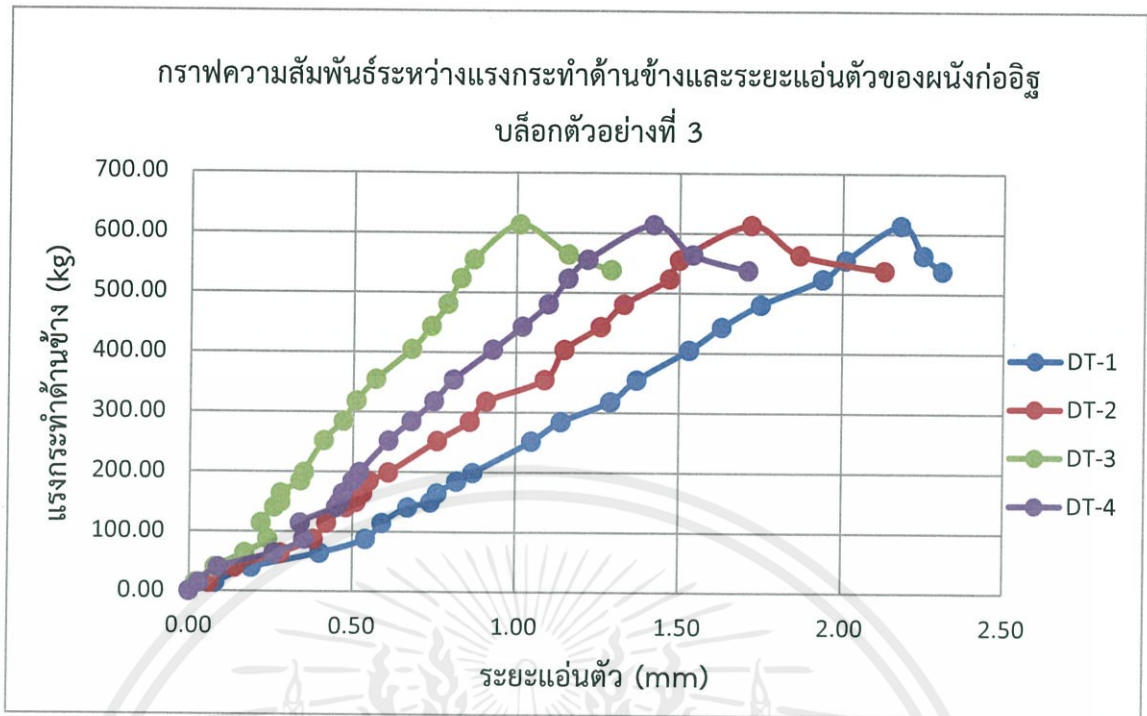
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 2

ผนังก่ออิฐบล็อก ตัวอย่างที่ 2

จากกราฟและข้อมูลที่แสดงการเพิ่มแรงกระทำทางด้านข้างกับการแอนตัวทางด้านข้าง (Lateral Displacement) ของการทดสอบจริง เมื่อทำการใส่แรงเข้าไปในผนังก่ออิฐบล็อกโดยการใส่แรงผ่าน(Hydraulic Jack) ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 2 สามารถใส่แรงได้ 605.50 kg โดยที่แรงสูงสุด 605.50 kg สามารถวัดค่าการแอนตัวทางด้านข้าง(Lateral Displacement) สูงสุดที่ตำแหน่ง DT-1 2.27 mm. DT-2 1.67 mm. DT-3 0.98 mm. DT-4 1.37 mm. โดยเมื่อเพิ่มแรงจาก Hydraulic Jack ใส่เข้าไปในผนังก่ออิฐบล็อก ผนังก่ออิฐเริ่มรับแรงได้น้อยลง ซึ่งแสดงว่าการทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกถึงจุดวิบัติ ซึ่งถูกต้องและเป็นไปตามหลักกลศาสตร์วัสดุ (Strength of material)

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของ
ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 3

แรงกระทำด้านข้าง (kN)	แรงกระทำด้านข้าง (kg)	ระยะแอ่นตัว (mm)			
		DT-1	DT-2	DT-3	DT-4
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	14.27	0.08	0.06	0.02	0.03
0.39	39.76	0.19	0.14	0.08	0.09
0.63	64.22	0.40	0.28	0.17	0.26
0.86	87.67	0.54	0.38	0.24	0.35
1.12	114.17	0.59	0.42	0.22	0.34
1.38	140.67	0.67	0.48	0.26	0.45
1.46	148.83	0.74	0.51	0.28	0.46
1.61	164.12	0.76	0.53	0.28	0.47
1.81	184.51	0.82	0.55	0.34	0.50
1.95	198.78	0.87	0.61	0.35	0.52
2.47	251.78	1.05	0.76	0.41	0.61
2.79	284.40	1.14	0.86	0.47	0.68
3.12	318.04	1.29	0.91	0.51	0.75
3.48	354.74	1.37	1.09	0.57	0.81
3.97	404.69	1.53	1.15	0.68	0.93
4.35	443.43	1.63	1.26	0.74	1.02
4.72	481.14	1.75	1.33	0.79	1.10
5.14	523.96	1.94	1.47	0.83	1.16
5.45	555.56	2.01	1.5	0.87	1.22
6.02	613.66	2.18	1.72	1.01	1.42
5.53	563.71	2.25	1.87	1.16	1.54
5.28	538.23	2.31	2.13	1.29	1.71



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลแรงกระทำด้านข้างต่อระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 3

ผนังก่ออิฐบล็อก ตัวอย่างที่ 3

จากกราฟและข้อมูลที่แสดงการเพิ่มแรงกระทำทางด้านข้างกับการแอนตัวทางด้านข้าง (Lateral Displacement) ของการทดสอบจริง เมื่อทำการใส่แรงเข้าไปในผนังก่ออิฐบล็อกโดยการใส่แรงผ่าน(Hydraulic Jack) ผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 3 สามารถใส่แรงได้ 613.66 kg โดยที่แรงสูงสุด 613.66 kg สามารถวัดค่าการแอนตัวทางด้านข้าง(Lateral Displacement) สูงสุดที่ตำแหน่ง DT-1 2.18 mm. DT-2 1.72 mm. DT-3 1.01 mm. DT-4 1.42 mm. โดยเมื่อเพิ่มแรงจาก Hydraulic Jack ใส่เข้าไปในผนังก่ออิฐบล็อก ผนังก่ออิฐเริ่มรับแรงได้น้อยลง ซึ่งแสดงว่าการทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกถึงจุดวิบัติ ซึ่งถูกต้องและเป็นไปตามหลักกลศาสตร์วัสดุ (Strength of material)

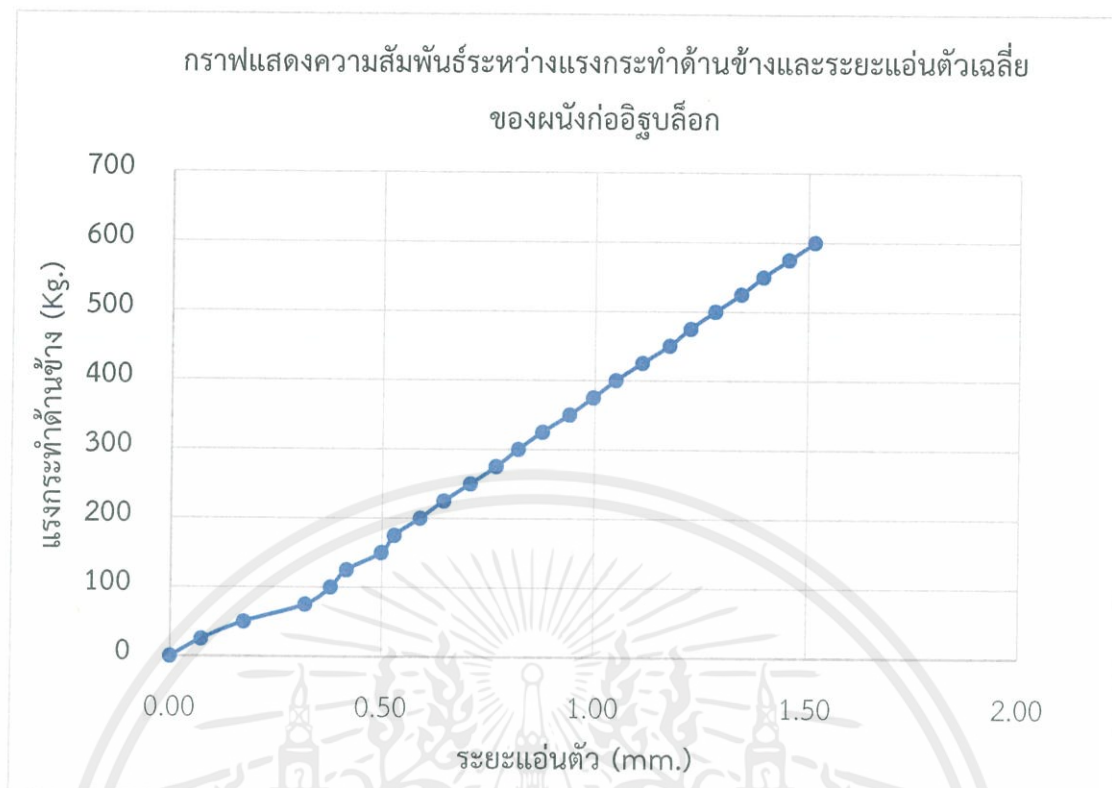
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบจริง

1. จากผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐบล็อกทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่าในผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่1 สามารถการรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้เท่ากับ 755.35 kg. ส่วนผนังก่ออิฐบล็อกในตัวอย่างที่2 และตัวอย่างที่3 สามารถรับแรงกระทำด้านข้างได้สูงสุดเท่ากับ 605.50 kg. และ 613.66 kg. ตามลำดับ โดยที่ผนังก่ออิฐบล็อกในตัวอย่างที่1 สามารถรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้มากกว่าตัวอย่างที่2 และตัวอย่างที่3 ซึ่งจากทฤษฎีในบทที่2 ที่กล่าวว่ารูปแบบการแตกร้าวที่ให้เรงน้อยที่สุดคือรูปแบบที่ถูกต้อง ซึ่งทำให้ผลการทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกในตัวอย่างที่1 ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลร่วมกับ ตัวอย่างที่2 และตัวอย่างที่3 เพื่อใช้เป็นผลการทดสอบตัวแทนของผนังก่ออิฐบล็อกได้ ดังนั้นจึงเลือกผลการทดสอบของผนังก่ออิฐบล็อกในตัวอย่างที่2 และตัวอย่างที่3 มาหาค่ากลางทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย โดยเป็นการนำค่าระยะแอนตัว ที่ DT-1, DT-2, DT-3 และ DT4 ของผนังก่ออิฐบล็อกในตัวอย่างที่2 และตัวอย่างที่3 มาหาค่าเฉลี่ยกัน ทั้งนี้เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแต่ละ DT ที่เป็นตัวแทนของผนังก่ออิฐบล็อกแล้ว จะสามารถหาระยะแอนตัวที่เป็นตัวแทนของผนังก่ออิฐบล็อกได้โดยการหาค่าเฉลี่ยแต่ละ DT โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐบล็อกได้ ดังตารางที่ 4.8 และสามารถหากราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐบล็อกในรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อก

ผนังก่ออิฐบล็อก	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-1	DT-2	DT-3	DT-4	ระยะแอ่นตัว (mm.)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.12	0.09	0.05	0.06	0.08
50	0.26	0.19	0.11	0.15	0.18
75	0.47	0.33	0.19	0.30	0.32
100	0.57	0.40	0.22	0.34	0.38
125	0.62	0.44	0.23	0.38	0.42
150	0.75	0.52	0.28	0.46	0.50
175	0.79	0.55	0.31	0.48	0.53
200	0.88	0.62	0.35	0.52	0.59
225	0.96	0.68	0.38	0.57	0.65
250	1.05	0.75	0.42	0.62	0.71
275	1.13	0.83	0.46	0.67	0.77
300	1.21	0.88	0.49	0.71	0.82
325	1.30	0.94	0.53	0.75	0.88
350	1.36	1.03	0.57	0.81	0.94
375	1.44	1.09	0.61	0.86	1.00
400	1.51	1.13	0.66	0.92	1.05
425	1.59	1.19	0.70	0.97	1.11
450	1.67	1.27	0.75	1.03	1.18
475	1.75	1.31	0.77	1.08	1.23
500	1.83	1.38	0.81	1.12	1.28
525	1.93	1.46	0.84	1.16	1.34
550	2.00	1.50	0.88	1.21	1.40
575	2.07	1.56	0.92	1.28	1.46
600	2.13	1.64	0.96	1.34	1.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐบล็อก

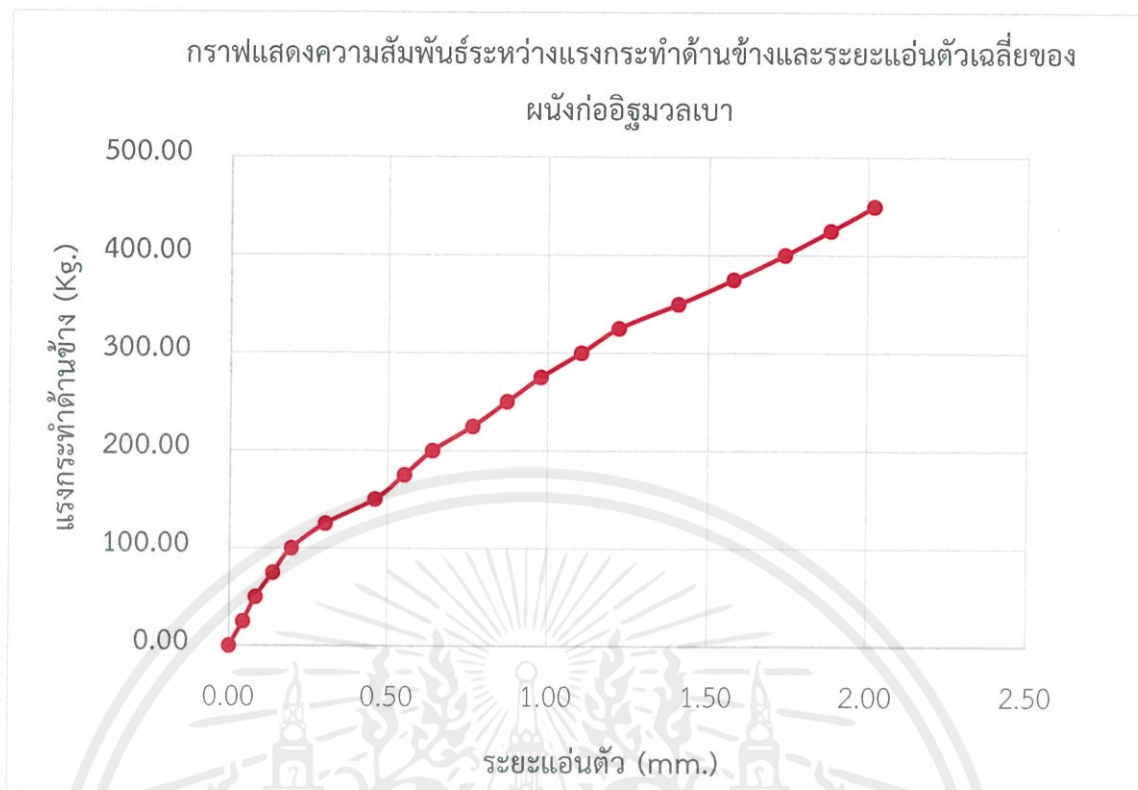
จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐบล็อก ที่นำค่าของการแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-1, DT-2, DT-3 และ DT4 มาเฉลี่ยกัน จะพบว่าผนังก่ออิฐบล็อกนั้นสามารถต้านทานต่อแรงกระทำด้านข้างได้ประมาณ 600 kg. ถึงจะเกิดการวิบัติเนื่องจากแรงดึงจากการตัด โดยมีระยะการแอนตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันคงที่ โดยระยะแอนตัวเฉลี่ยสูงสุดนั้นมีค่าอยู่ที่ 1.52 mm

2. จากผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังก่ออิฐมวลเบาทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่า ในผนังก่อมวลเบาตัวอย่างที่1 สามารถการรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้เท่ากับ 483.18 kg. ส่วนผนังก่อมวลเบาในตัวอย่างที่2 และตัวอย่างที่3 สามารถรับแรงกระทำด้านข้างได้สูงสุดเท่ากับ 461.77 kg. และ 462.79 kg. ตามลำดับ โดยที่แรงกระทำสูงสุดของแต่ละผนังมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐมวลเบาในตัวอย่างที่2 มีค่าที่ค่อนข้างแตกต่างไปจากตัวอย่างที่1 และตัวอย่างที่3 เมื่อเปรียบเทียบที่แรงกระทำด้านข้างที่เท่ากัน ซึ่งทำให้ผลการทดสอบผนังก่ออิฐมวลเบาในตัวอย่างที่2 ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลร่วมกับ ตัวอย่างที่1 และตัวอย่างที่3 เพื่อใช้เป็นผลการทดสอบตัวแทนของผนังก่ออิฐมวลเบาได้ ดังนั้นจึงเลือกผลการทดสอบของผนังก่ออิฐมวลเบาในตัวอย่างที่1 และตัวอย่างที่3 มาหาค่ากลางทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย โดยเป็นการนำค่าระยะแอนตัว ที่ DT-1, DT-2, DT-3 และ DT4 ของผนังก่ออิฐมวลเบาในตัวอย่างที่1 และตัวอย่างที่3 มาหาค่าเฉลี่ยกัน ทั้งนี้เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแต่ละ DT ที่เป็นตัวแทนของผนังก่ออิฐมวลเบาแล้ว จะสามารถหาระยะแอนตัวที่เป็นตัวแทนของผนังก่ออิฐมวลเบาได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของ DT-1, DT-2, DT-3 และ DT-4 โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐมวลเบาได้ ดังตารางที่ 4.9 และสามารถหากราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐมวลเบาได้ ในรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวเฉลี่ยของผนังก่ออิฐมวลเบา

ผนังก่ออิฐมวลเบา	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-1	DT-2	DT-3	DT-4	การแอ่นตัว
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.09	0.05	0.00	0.05	0.04
50.00	0.16	0.09	0.01	0.08	0.08
75.00	0.27	0.14	0.03	0.12	0.14
100.00	0.36	0.21	0.04	0.19	0.20
125.00	0.54	0.34	0.06	0.29	0.31
150.00	0.78	0.50	0.10	0.47	0.46
175.00	0.93	0.60	0.14	0.55	0.55
200.00	1.05	0.70	0.19	0.63	0.64
225.00	1.27	0.80	0.25	0.74	0.76
250.00	1.42	0.94	0.30	0.84	0.87
275.00	1.59	1.07	0.36	0.91	0.98
300.00	1.75	1.27	0.41	1.01	1.11
325.00	1.96	1.36	0.47	1.10	1.22
350.00	2.21	1.61	0.55	1.26	1.41
375.00	2.48	1.79	0.60	1.45	1.58
400.00	2.68	1.97	0.69	1.65	1.74
425.00	2.85	2.19	0.73	1.79	1.89
450.00	3.04	2.35	0.78	1.92	2.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

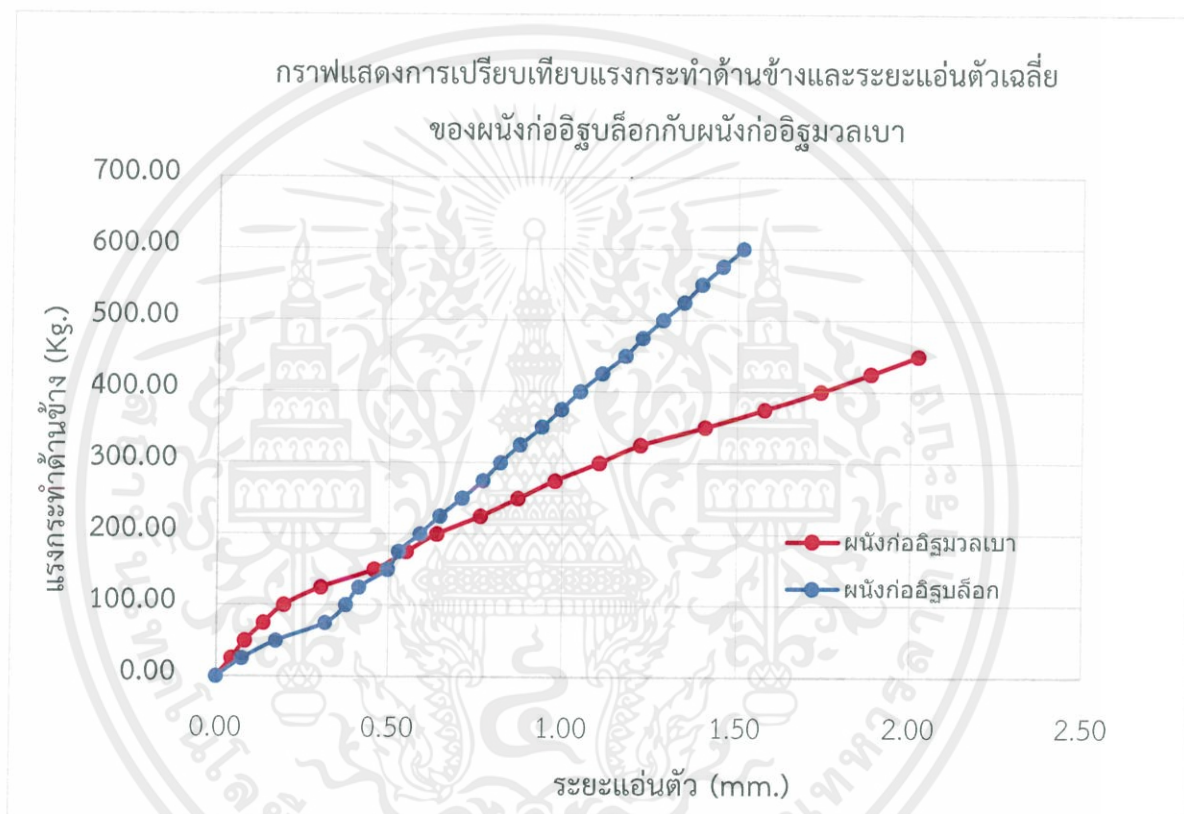


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของ
ผนังก่ออิฐมวลเบา

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวของผนังก่ออิฐมวลเบา ที่นำค่าของการแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-1, DT-2, DT-3 และ DT4 มาเฉลี่ยกัน จะพบว่าผนังก่ออิฐมวลเบา นั้นสามารถต้านทานต่อแรงกระทำด้านข้างได้ประมาณ 450 kg. ถึงจะเกิดการวิบัติเนื่องจากแรงดึงจากการตัด โดยมีระยะการแอนตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอนตัวมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบลา โดยระยะแอนตัวเฉลี่ยสูงสุดนั้นมีค่าอยู่ที่ 2.02 mm

4.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา สามารถนำกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวมาใช้เปรียบเทียบการแอ่นตัวที่แรงกระทำต่างๆได้ดัง รูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างและระยะแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อกกับผนังก่ออิฐมวลเบา

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าเมื่อใส่แรงกระทำด้านข้างเข้าไปในช่วงแรกพบว่าผนังก่ออิฐบล็อกมีการแอ่นตัวมากกว่าผนังก่ออิฐมวลเบาซึ่งเห็นได้จากระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในกราฟเส้นสีฟ้า แต่เมื่อมีการเพิ่มแรงกระทำด้านข้างเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ พบว่าที่แรงกระทำประมาณ 150 kg. การแอ่นตัวของผนังก่ออิฐบล็อกจะมีค่าเท่ากับการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐมวลเบา และเมื่อเพิ่มแรงกระทำมากกว่า 150 kg. ขึ้นไป พบว่าการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐมวลเบา นั้นกลับมีค่ามากกว่าผนังก่ออิฐบล็อก และยังพบว่าผนังก่ออิฐบล็อกนั้นสามารถรับแรงกระทำด้านข้างได้มากกว่าผนังก่ออิฐมวลเบา โดยผนังก่ออิฐบล็อกสามารถรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้เท่ากับ 609.58 kg. ซึ่งหาได้จากการเอกสสารนี้เป็นเอกสสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าเฉลี่ยระหว่างแรงกระทำด้านข้างสูงสุดของผนังกออิฐบล็อกในตัวอย่างที่ 2 และ ตัวอย่างที่ 3 ส่วนผนังกออิฐมวลเบาสามารถรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้เท่ากับ 472.99 kg. ซึ่งหาได้จากการหาค่าเฉลี่ยระหว่างแรงกระทำด้านข้างสูงสุดของผนังกออิฐมวลเบาในตัวอย่างที่ 1 และ ตัวอย่างที่ 3 จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 สามารถนำมาใช้อ้างอิงผลการทดสอบที่เกิดขึ้นได้ว่าทำไมผนังกออิฐบล็อกจึงสามารถรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้มากกว่าผนังกออิฐมวลเบา และยังมีการแอ่นตัวที่น้อยกว่าด้วย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากน้ำหนักของตัวผนังที่สามารถช่วยต้านหน่วยแรงดึงเนื่องจากการตัดได้ เพราะเมื่อผนังกออิฐรับแรงกระทำด้านข้าง ผนังจะเกิดหน่วยแรงดึงเนื่องจากการตัดขึ้น ผนังกออิฐบล็อกนั้นมีน้ำหนักผนังที่มากกว่าผนังกออิฐมวลเบา ผนังกออิฐบล็อกจึงสามารถต้านหน่วยแรงดึงจากการตัดได้มากกว่าผนังกออิฐมวลเบา อีกทั้ง จากผลการทดสอบการรับแรงดัดของอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา พบว่าค่าโมดูลัสการแตกหัก (Modulus of rupture) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงความสามารถในการต้านทานการแตกหักจากแรงดัดนั้น ของอิฐบล็อกจะมีค่ามากกว่าอิฐมวลเบาอยู่เล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอิฐบล็อกนั้นสามารถรับแรงดัดได้ดีกว่าอิฐมวลเบา ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบการรับแรงกระทำด้านข้างของผนังกออิฐ และเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ใช้สนับสนุนว่าผนังกออิฐบล็อกสามารถต้านทานแรงดึงจากการตัดได้มากกว่าผนังกออิฐมวลเบาแล้วทำให้ผนังกออิฐบล็อกรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดได้มากกว่าด้วย

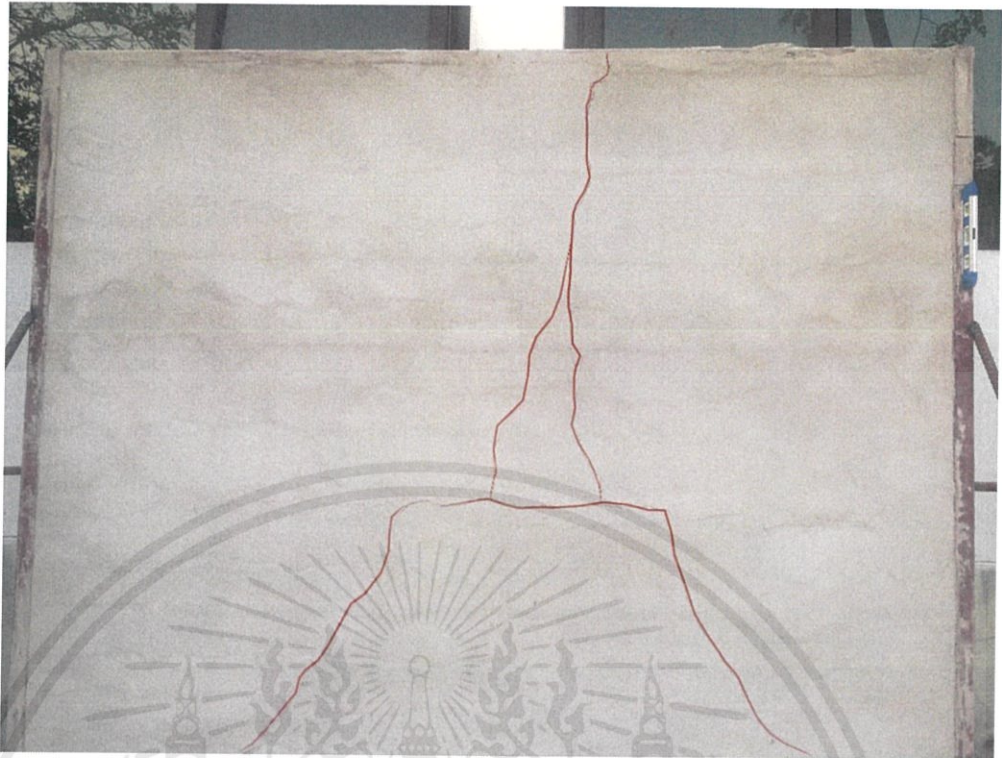
4.5 การวิเคราะห์ลักษณะการวิบัติและพฤติกรรมการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อก และผนังก่ออิฐมวลเบา

4.5.1 ลักษณะการวิบัติและพฤติกรรมการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อก

จากผลการทดสอบพบว่าลักษณะการวิบัติของผนังก่ออิฐบล็อกในตัวอย่างที่1 มีลักษณะการแตกร้าวจากขอบบนที่ไม่มีการรองรับลงมาถึงประมาณกึ่งกลางของผนังและเกิดรอยแตกร้าวต่อออกไปตรงขอบของเสาที่มีการรองรับ รวมถึงมีการแตกร้าวต่อลงไปอีกตรงบริเวณขอบล่าง ส่วนตัวอย่างที่2 และตัวอย่างที่3 ลักษณะการแตกร้าวจะคล้ายกันคือ เกิดการแตกร้าวจากขอบบนมาลงมาถึงบริเวณกึ่งกลางของผนังและเกิดการแตกร้าวแยกออกเป็นลักษณะเส้นทแยงไปยังขอบมุมล่างของผนัง ซึ่งลักษณะการแตกร้าวที่มีความแตกต่างกันนั้น อาจเป็นผลมาจากกำลังของปูนก่อและปูนฉาบที่ไม่เท่ากันทุกครั้งที่ในการก่อฉาบผนัง



รูปที่ 4.11 ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่1



รูปที่ 4.12 ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่2



รูปที่ 4.13 ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่3

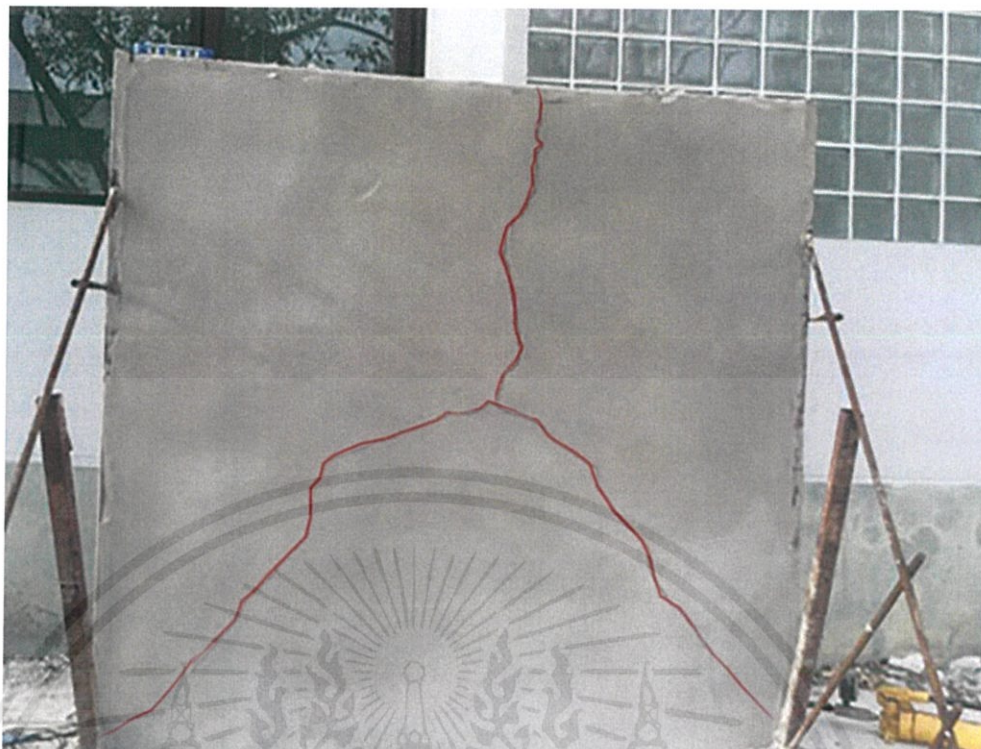
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ลักษณะการวิบัติและพฤติกรรมการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบา

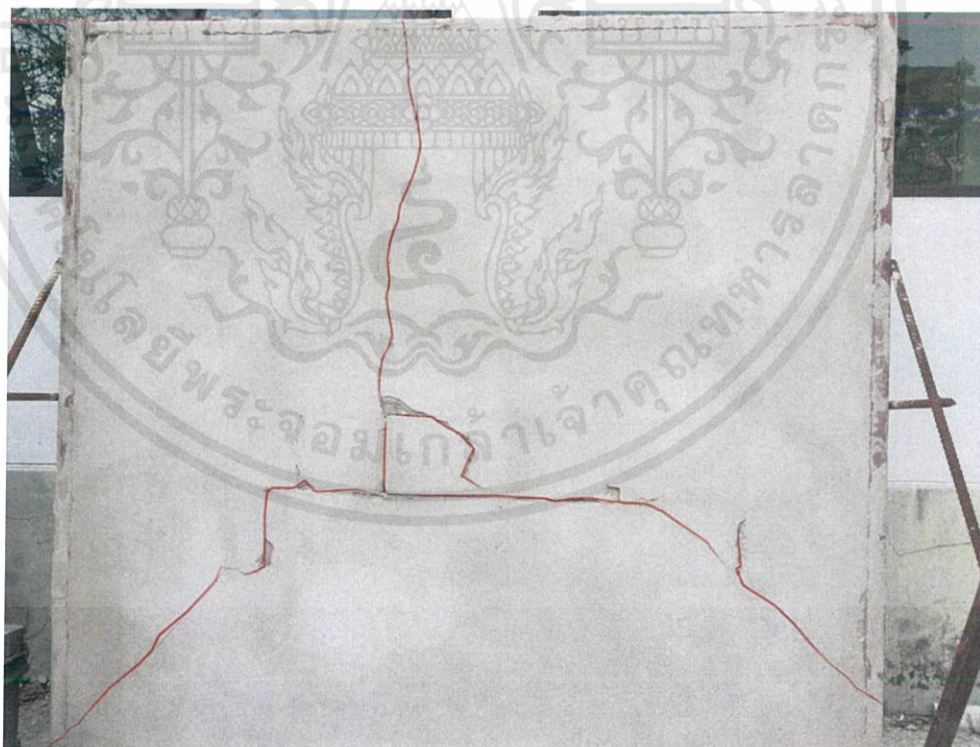
จากผลการทดสอบพบว่าลักษณะการวิบัติของผนังก่ออิฐมวลเบาในตัวอย่างที่1 มีลักษณะการแตกร้าวจากขอบบนที่ไม่มีภาระรองรับลงมาถึงประมาณกึ่งกลางของผนังและเกิดรอยแตกร้าวต่อออกไปตรงขอบของเสาที่มีการรองรับคล้ายกับรูปแบบการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกในข้างต้น และการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่1 จะคล้ายคลึงกับการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่3 ส่วนการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่2 ลักษณะการแตกร้าวจะเกิดการแตกร้าวจากขอบบนมาลงมาถึงบริเวณกึ่งกลางของผนังและเกิดการแตกร้าวแยกออกเป็นลักษณะเส้นทแยงไปยังขอบมุมล่างของผนัง ซึ่งคล้ายกับการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกในตัวอย่างที่3 ลักษณะการแตกร้าวที่มีความแตกต่างกันนั้น อาจเป็นผลมาจากกำลังของปูนก่อและปูนฉาบที่ไม่เท่ากันทุกครั้งที่ในการก่อฉาบผนัง



รูปที่ 4.14 ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่1



รูปที่ 4.15 ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่2

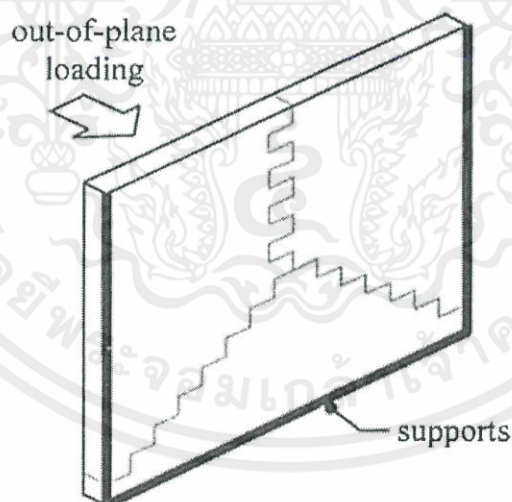


รูปที่ 4.16 ลักษณะการวิบัติและการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 วิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะการวิบัติและพฤติกรรมการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา

เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการรองรับของผนังก่ออิฐทั้งผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา พบว่าเป็นผนังที่มีการรองรับอย่างง่ายทั้งสามด้านคือ ขอบล่าง และที่ขอบทั้งสองข้างของผนังก่อ ส่วนขอบบน เป็นปลายอิสระ ซึ่งทางทฤษฎีเรียกผนังที่มีรูปแบบการรองรับแบบนี้ว่า ผนังพาดรับแรงสองทิศทาง โดยลักษณะการวิบัติที่เกิดขึ้นของ ผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบาค่อนข้างมีความคล้ายกัน โดยลักษณะการวิบัตินี้เป็นการวิบัติเนื่องจากหน่วยแรงดึงจากการตัด ซึ่งทำให้ผนังเกิดการแตกร้าวเป็นแนวเส้นตรงมาถึงประมาณกึ่งกลางความสูงของผนังจากขอบที่ไม่มีการรองรับ นั่นคือขอบบน และแนวการแตกร้าวจะเกิดต่อเป็นแนวเส้นทแยงไปยังขอบมุมล่างของผนัง แต่หากพิจารณา ลักษณะการแตกร้าวโดยละเอียด ลักษณะการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบาก็ยังมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง อาจเป็นผลมาจากปูนก่อและปูนฉาบ เพราะปูนก่อและปูนฉาบของผนังก่ออิฐบล็อกกับผนังก่ออิฐมวลเบาเป็นคนละประเภทกันซึ่งให้ผลกำลังและการยึดเหนี่ยวที่แตกต่างกัน โดยลักษณะการแตกร้าวของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบา สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบ ลักษณะการแตกร้าวของผนังพาดรับแรงสองทิศทางจากทฤษฎีได้ดังรูปที่ (4.17)



รูปที่ 4.17 ลักษณะการแตกร้าวของผนังพาดรับแรงสองทิศทางที่มีการรองรับสามด้าน

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลงานวิจัย

โครงการพิเศษนี้ได้ทำศึกษาและเปรียบเทียบแรงกระทำด้านข้างที่กระทำตั้งฉากกับระนาบของผนังก่ออิฐบล็อกและผนังก่ออิฐมวลเบาจนกระทั่งผนังเกิดการวิบัติ ซึ่งใช้ Hydraulic Jack เป็นเครื่องมือในการถ่ายแรง โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงกระทำด้านข้างกับระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้น และยังศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของผนังก่ออิฐมวลเบาและผนังก่ออิฐบล็อกอีกด้วย เมื่อทำการทดสอบเสร็จสิ้นแล้ว พบว่าผนังก่ออิฐบล็อกนั้นสามารถรับแรงกระทำด้านข้างจนกระทั่งเกิดการวิบัติได้มากกว่าผนังก่ออิฐมวลเบา อีกทั้งผนังก่ออิฐบล็อกยังมีระยะการแอนตัวที่น้อยกว่าผนังก่ออิฐมวลเบาด้วย ทำให้สรุปได้ว่าผนังก่ออิฐบล็อกนั้นมีความแข็งแรงมากกว่าผนังก่ออิฐมวลเบาเมื่อรับแรงกระทำด้านข้างตั้งฉากกับระนาบของผนัง

จากการทดสอบจริงพบว่า ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 2 นั้นมีผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนจากอีก 2 ตัวอย่าง ดังนั้นจึงนำผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 1 กับ 3 มาวิเคราะห์แรงกระทำด้านข้าง ซึ่งพบว่าผนังก่ออิฐมวลเบาสามารถรับแรงกระทำด้านข้างได้ 609.58 kg ส่วนผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1 นั้นมีความคลาดเคลื่อนจากอีก 2 ตัวอย่าง จึงนำผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 2 กับ 3 มาวิเคราะห์แรงกระทำด้านข้าง พบว่าผนังก่ออิฐบล็อกนั้นสามารถรับแรงกระทำทางด้านข้างได้ 472.99kg โดยลักษณะการวิบัติของผนังก่ออิฐมวลเบาและผนังก่ออิฐบล็อกนั้นเป็นไปในแนวทางเดียวกันคือวิบัติเนื่องจากแรงดึงจากการดัด และการแตกร้าวเกิดขึ้นในรูปแบบของผนังพาดรับแรงสองทิศทางที่มีการรองรับสามด้าน ลักษณะการแตกร้าวจะเกิดการแตกร้าวเป็นแนวตรงจากขอบบนที่ไม่มีการรองรับและแตกร้าวออกเป็นลักษณะเส้นทแยงไปที่มุมของผนัง

สาเหตุที่ผนังก่ออิฐมวลเบาตัวอย่างที่ 2 และผนังก่ออิฐบล็อกตัวอย่างที่ 1 นั้นมีความคลาดเคลื่อนจากอีก 2 ตัวอย่าง อาจเป็นผลมาจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น ผลของฝีมือช่างในการก่อและฉาบที่อาจจะไม่เท่ากันในแต่ละตัวอย่างหรือคุณภาพของอิฐมวลเบาและอิฐบล็อกในแต่ละก้อน เป็นต้น

บรรณานุกรม

- [1] Sk. Sekender Ali and Adrian W. Page (1989). Finite Element Model for Masonry Subjected to Concentrated Loads. Journal of Structural Engineering 114, 1761
- [2] Hamid and Shing (1994). Interface Model Applied to Fracture of Masonry Structures. Journal of Structural Engineering Vol.120 Issue 1
- [3] Miha Tomazevic. Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6. Materials and structures (2009). No.42, Published online, 2008.
- [4] Dr. ir.M.R.A. van Vliet. Shear tests on masonry panels; Literature survey and proposal for experiments. TNO Building and Construction Research, 2004.
- [5,6] พฤติกรรมของกำแพงที่ทำจากอิฐท้องถิ่นภายใต้น้ำหนักบรรทุกในแนวตั้ง
- [7] Craig Robert Willis. Design of Unreinforced Masonry walls for Out-of-plane Loading. The University of Adelaide, 2004
- [8] พฤติกรรมการรับแรงดัดข้างของโครงสร้างเหล็กที่มีการก่ออิฐกับไม่มีการก่ออิฐ
- [9] Professional Block Maker. <http://www.wkblock.com/block-talk.html?start=5>.
- [10,11] อนุสรณ์ อินทร์สี. การออกแบบโครงสร้างงานก่อ.
- [12] A.W. Hendry and F.M. Khalaf. Masonry Wall Construction. New York, 2001.
- [13] Craig Robert Willis. Design of Unreinforced Masonry walls for Out-of-plane Loading. The University of Adelaide, 2004
- [14] Jaroslav Vaculik. Unreinforced Masonry Wall Subjected to Out-of-plane Seismic Action. The University of Adelaide, 2012



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-1 ผนังก่ออิฐบล็อก

ผนังก่ออิฐบล็อก	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-1	DT-1	DT-1
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.11	0.12	0.12
50.00	0.24	0.27	0.26
75.00	0.46	0.47	0.47
100.00	0.56	0.57	0.57
125.00	0.62	0.62	0.62
150.00	0.74	0.75	0.75
175.00	0.78	0.79	0.79
200.00	0.88	0.87	0.88
225.00	0.96	0.96	0.96
250.00	1.05	1.05	1.05
275.00	1.14	1.11	1.13
300.00	1.20	1.21	1.21
325.00	1.28	1.31	1.30
350.00	1.36	1.36	1.36
375.00	1.44	1.43	1.44
400.00	1.50	1.51	1.51
425.00	1.60	1.58	1.59
450.00	1.69	1.65	1.67
475.00	1.77	1.73	1.75
500.00	1.83	1.83	1.83
525.00	1.91	1.94	1.93
550.00	1.99	2.00	2.00
575.00	2.07	2.06	2.07
600.00	2.13	2.13	2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-2 ผนังก่ออิฐบล็อก

ผนังก่ออิฐบล็อก	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-2	DT-2	DT-2
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.08	0.09	0.09
50.00	0.18	0.19	0.19
75.00	0.32	0.33	0.33
100.00	0.39	0.40	0.40
125.00	0.43	0.44	0.44
150.00	0.52	0.51	0.52
175.00	0.55	0.54	0.55
200.00	0.62	0.61	0.62
225.00	0.68	0.68	0.68
250.00	0.74	0.76	0.75
275.00	0.82	0.83	0.83
300.00	0.87	0.88	0.88
325.00	0.93	0.94	0.94
350.00	0.99	1.07	1.03
375.00	1.05	1.12	1.09
400.00	1.11	1.14	1.13
425.00	1.18	1.20	1.19
450.00	1.27	1.27	1.27
475.00	1.31	1.31	1.31
500.00	1.37	1.39	1.38
525.00	1.43	1.48	1.46
550.00	1.51	1.49	1.50
575.00	1.57	1.55	1.56
600.00	1.63	1.64	1.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-3 ผนังก่ออิฐบล็อก

ผนังก่ออิฐบล็อก	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-3	DT-3	DT-3
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.05	0.04	0.05
50.00	0.10	0.12	0.11
75.00	0.17	0.21	0.19
100.00	0.21	0.23	0.22
125.00	0.23	0.23	0.23
150.00	0.28	0.28	0.28
175.00	0.30	0.31	0.31
200.00	0.35	0.35	0.35
225.00	0.38	0.38	0.38
250.00	0.42	0.41	0.42
275.00	0.46	0.45	0.46
300.00	0.49	0.49	0.49
325.00	0.53	0.52	0.53
350.00	0.57	0.56	0.57
375.00	0.60	0.61	0.61
400.00	0.64	0.67	0.66
425.00	0.69	0.71	0.70
450.00	0.74	0.75	0.75
475.00	0.76	0.78	0.77
500.00	0.80	0.81	0.81
525.00	0.84	0.83	0.84
550.00	0.89	0.86	0.88
575.00	0.93	0.91	0.92
600.00	0.95	0.96	0.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-4 ผนังก่ออิฐบล็อก

ผนังก่ออิฐบล็อก	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-4	DT-4	DT-4
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.06	0.05	0.06
50.00	0.15	0.15	0.15
75.00	0.28	0.31	0.30
100.00	0.33	0.34	0.34
125.00	0.38	0.38	0.38
150.00	0.45	0.46	0.46
175.00	0.48	0.48	0.48
200.00	0.52	0.52	0.52
225.00	0.57	0.56	0.57
250.00	0.63	0.61	0.62
275.00	0.68	0.66	0.67
300.00	0.71	0.71	0.71
325.00	0.74	0.76	0.75
350.00	0.81	0.80	0.81
375.00	0.86	0.86	0.86
400.00	0.91	0.92	0.92
425.00	0.96	0.98	0.97
450.00	1.01	1.04	1.03
475.00	1.06	1.09	1.08
500.00	1.11	1.13	1.12
525.00	1.16	1.16	1.16
550.00	1.21	1.21	1.21
575.00	1.27	1.28	1.28
600.00	1.33	1.35	1.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-1 ผนังก่ออิฐมวลเบา

ผนังก่ออิฐมวลเบา	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-1	DT-1	DT-1
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.08	0.09	0.09
50.00	0.16	0.16	0.16
75.00	0.26	0.27	0.27
100.00	0.34	0.38	0.36
125.00	0.52	0.55	0.54
150.00	0.76	0.79	0.78
175.00	0.94	0.91	0.93
200.00	1.06	1.03	1.05
225.00	1.24	1.29	1.27
250.00	1.40	1.44	1.42
275.00	1.58	1.59	1.59
300.00	1.76	1.73	1.75
325.00	1.89	2.03	1.96
350.00	2.16	2.26	2.21
375.00	2.42	2.54	2.48
400.00	2.64	2.72	2.68
425.00	2.80	2.90	2.85
450.00	2.99	3.08	3.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-2 ผนังก่ออิฐมวลเบา

ผนังก่ออิฐมวลเบา	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-2	DT-2	DT-2
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.04	0.05	0.05
50.00	0.10	0.07	0.09
75.00	0.16	0.12	0.14
100.00	0.22	0.19	0.21
125.00	0.34	0.34	0.34
150.00	0.55	0.45	0.50
175.00	0.68	0.51	0.60
200.00	0.79	0.60	0.70
225.00	0.92	0.68	0.80
250.00	1.04	0.83	0.94
275.00	1.18	0.95	1.07
300.00	1.34	1.19	1.27
325.00	1.44	1.28	1.36
350.00	1.65	1.57	1.61
375.00	1.85	1.73	1.79
400.00	2.04	1.89	1.97
425.00	2.18	2.19	2.19
450.00	2.32	2.38	2.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-3 ผนังก่ออิฐมวลเบา

ผนังก่ออิฐมวลเบา	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-3	DT-3	DT-3
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.01	0.00	0.01
50.00	0.01	0.01	0.01
75.00	0.03	0.02	0.03
100.00	0.04	0.04	0.04
125.00	0.07	0.06	0.07
150.00	0.16	0.07	0.12
175.00	0.22	0.11	0.17
200.00	0.26	0.13	0.20
225.00	0.32	0.21	0.27
250.00	0.35	0.28	0.32
275.00	0.42	0.34	0.38
300.00	0.48	0.39	0.44
325.00	0.52	0.50	0.51
350.00	0.60	0.60	0.60
375.00	0.67	0.66	0.67
400.00	0.76	0.76	0.76
425.00	0.80	0.81	0.81
450.00	0.87	0.84	0.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยระยะแอนตัวที่ตำแหน่ง DT-4 ผนังก่ออิฐมวลเบา

ผนังก่ออิฐมวลเบา	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 3	ค่าเฉลี่ย
แรงกระทำด้านข้าง (kg)	DT-4	DT-4	DT-4
0.00	0.00	0.00	0.00
25.00	0.04	0.05	0.05
50.00	0.09	0.06	0.08
75.00	0.14	0.10	0.12
100.00	0.20	0.17	0.19
125.00	0.30	0.27	0.29
150.00	0.50	0.43	0.47
175.00	0.62	0.47	0.55
200.00	0.71	0.54	0.63
225.00	0.82	0.65	0.74
250.00	0.93	0.74	0.84
275.00	1.04	0.78	0.91
300.00	1.17	0.84	1.01
325.00	1.25	0.95	1.10
350.00	1.43	1.09	1.26
375.00	1.65	1.25	1.45
400.00	1.79	1.50	1.65
425.00	1.88	1.69	1.79
450.00	2.00	1.84	1.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้