ST-11

การศึกษากำลังรับแรงผนังอิฐก่อภายใต้การทดสอบด้วยเพนดูลัมเทส

A Study of Compressive Strength on Masonry Infilled Walls under Pendulum Test

อนุชาติ ลี้อนันต์ศักดิ์ศิริ

Anuchat Leeanansaksiri

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต/ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อีเมล: anuchat.lee@neu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังรับแรงของผนังอิฐก่อภายใต้การทดสอบด้วยเพนดูลัมเทส ผนังอิฐก่อที่ทดสอบมีทั้งหมด 4 ชนิดในแบบฉาบและไม่ฉาบ ประกอบด้วย อิฐมอญแบบไม่ฉาบ(A1) อิฐมอญแบบฉาบ(A2) อิฐบล็อกแบบไม่ฉาบ (B1) อิฐบล็อกแบบฉาบ(B2) อิฐมวลเบาแบบไม่ฉาบ(C1) อิฐมวลเบาแบบฉาบ(C2) อิฐประสานแบบไม่ฉาบ(D1) และอิฐประสานแบบฉาบ (D2) การทดสอบกระทำภายใต้แรงกระทำแบบค้อนเหวี่ยง ผลการทดสอบพบว่า ในส่วนผนังอิฐก่อแบบไม่ฉาบผนังอิฐมอญซึ่งเป็นชิ้นงานควบคุมรับพลังงานกระแทกได้ที่ 9.04 นิวตัน-เมตร และในผนังอิฐอีก 3 ชนิดเมื่อเทียบกับตัวควบคุมพบว่าผนังอิฐบล็อกรับพลังงานกระแทกได้น้อยกว่า 36.68% ผนังอิฐมวลเบารับพลังงานกระแทกได้น้อยกว่า 71.56% และผนังอิฐประสานรับพลังงานกระแทกได้มากกว่า 204.97% หรือ 2.04 เท่า ในส่วนผนังอิฐก่อแบบฉาบผนังอิฐมอญซึ่งเป็นชิ้นงานควบคุมรับพลังงานกระแทกได้ที่ 21.33 นิวตัน-เมตรและในผนังอิฐอีก 3 ชนิดเมื่อเทียบกับตัวควบคุมพบว่าผนังอิฐบล็อกรับพลังงานกระแทกได้น้อยกว่า 31.31% ผนังอิฐมวลเบารับพลังงานกระแทกได้น้อยกว่า 44.96% และผนังอิฐประสานรับพลังงานกระแทกได้มากกว่า 127.6% หรือ 1.27 เท่า สำหรับลักษณะการวิบัติของผนังอิฐก่อทั้ง 4 ชนิด จะวิบัติแบบเลื่อนไถลในผนังอิฐก่อ

คำหลัก: อิฐมอญ อิฐบล็อก อิฐมวลเบา อิฐประสาน และเพนดูลัมเทส

Abstract

The objective of this study was to the strength of masonry walls under the Pendulum test. There were four types of masonry walls tested, both in plaster and without plaster. Consists of Mon bricks without plaster (A1), Clay brick (A2), Non-plastered blocks (B1), Plastered Blocks (B2) Non-plastered lightweight concrete brick (C1), Plastered lightweight concrete (C2), Non-Putty Interlocking Brick (D1), and putty interlocking brick (D2). The test was performed under hammer action. The test results showed that in the non-plastered masonry wall, the monolithic brick wall, which is the control work piece, receives impact energy of 9.04 N.m, and in the other three types of a brick wall, compared with the controller, the impact energy of the block wall is less than 36.68%. The lightweight brick wall receives 71.56% impact energy, and the interlocking brick wall receives the impact energy

204.97% or 2.04 times the impact energy of the monolithic brick wall, which is the controlled work piece, receives the impact energy at 21.33 N.m and in the other 3 types of brick walls, compared with the controller, it was found that the impact energy of the brick wall was 31.31% lower. The lightweight concrete wall receives 44.96% less impact energy and the interlocking brick wall receives 127.6% or 1.27 times the impact energy. Mode of failure in four types of masonry walls were slip failure mode.

Keywords: Mon bricks, Clay brick, lightweight concrete brick, Interlocking Brick and Pendulum test

บทนำ

กำแพงหรือผนังอาคารมีทั้งภายนอกและภายใน โดยภายนอกนั้นคอยปกป้องตัวอาคารจากสภาพอากาศต่าง ๆ แสงแดด ความร้อน กระแสลม สายฝน ส่วนผนังภายในนั้นทำหน้าที่เป็นส่วนแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร นอกจากจะแบ่งกำแพงเป็นกำแพงภายนอกและภายในแล้วกำแพงของอาคารยังถูกแบ่งออกเป็นกำแพงที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหรือกำแพงที่ใช้รับน้ำหนักที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และกำแพงรับแรงของผนังอิฐแบบเต็มแผ่นซึ่งในงานก่อสร้างนั้นค่อนข้างมีราคาสูงกว่ากำแพง ทั่วไปและยังมีกำแพงที่ไม่ได้รับแรง เรียกได้ว่าไม่ได้เป็นชิ้นส่วนของโครงสร้างซึ่งในการก่อสร้างกำ แพงนั้นยังมีวัสดุอีกหลายประเภทที่นิยมนำมาใช้กันอาทิ อิฐตัน อิฐมอญ อิฐบล็อก อิฐมวลเบา เป็นต้น

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา Schmidt และ Cheng(2009) ได้ทำการศึกษาการเสริมกำลังผนังอิฐก่อโดยใช้วัสดุเสริมกำลัง CFRP ภายใต้การทดสอบแบบเพนดูลัมเทส ผลการศึกษาพบว่าการเสริมกำลังผนังอิฐก่อด้วย CFRP ให้กำลังรับแรงของผนังอิฐก่อเพิ่มสูงขึ้นกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้มีการเสริมกำลังผลของการฉาบผนังให้ค่ากำลังรับแรงสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้มีการฉาบและงานวิจัยของอนุชาติและคณะ(2563) ได้ทำการศึกษาพัฒนาอิฐประสานจากตะกอนประปาผสมวัสดุปอซโซลานจากการศึกษาพบว่าให้ค่ากำลังที่ได้สูงกว่าอิฐประสานที่ขายตามท้องตลาด ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการรับกำลังกระแทกด้านข้างของผนังอิฐก่อที่มีขายในประเทศไทย โดยใช้การทดสอบด้วยเพนดูลัมเทส หรือแบบค้อนเหวี่ยง มอก.2226-2548 เพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงวิศวกรรมในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในทางวิศวกรรม

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษากำลังรับแรงของผนังอิฐก่อแต่ละชนิดด้วยวิธีเพนดูลัมเทส

2.เพื่อศึกษาลักษณะและพฤติกรรมทางกายภาพที่เกิดขึ้นของผนังอิฐก่อแต่ละชนิดด้วยวิธีเพนดูลัมเทส

วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอนดังนี้

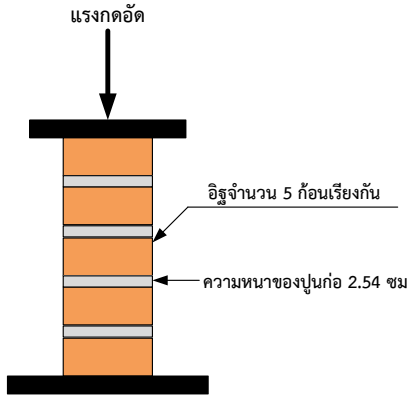
1.การทดสอบคุณสมบัติของอิฐทั้ง 4 ชนิด

การทดสอบคุณสมบัติของอิฐ เป็นการทดสอบกำลังรับแรงอัดสูงสุดของอิฐที่นำมาสร้างเป็นชิ้นงานเพื่อใช้ในการทดสอบทั้ง 4 ชนิดคือ อิฐมอญ,อิฐมวลเบา,อิฐบล็อกและอิฐประสาน ดังตารางที่ 1 ทั้งในแบบชิ้นเดี่ยวและแบบปริซึมที่มี

อัตราส่วนชะลูด 2:1 ASTM C1314-2007 เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการผลิตอิฐตามข้อกำหนด มอก.ของอิฐแต่ละชนิดดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 อิฐที่ใช้ในการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.

รูปอิฐ	ชนิดของอิฐในงานวิจัย	ขนาดของอิฐ (cm) กว้าง x ยาว x หนา
	อิฐมอญ	6 x 13.5 x 6
	อิฐบล๊อก	19 x 39 x 6.5
	อิฐมวลเบา	20 x 60 x 7.5
	อิฐประสาน	12.5 x 25 x 10



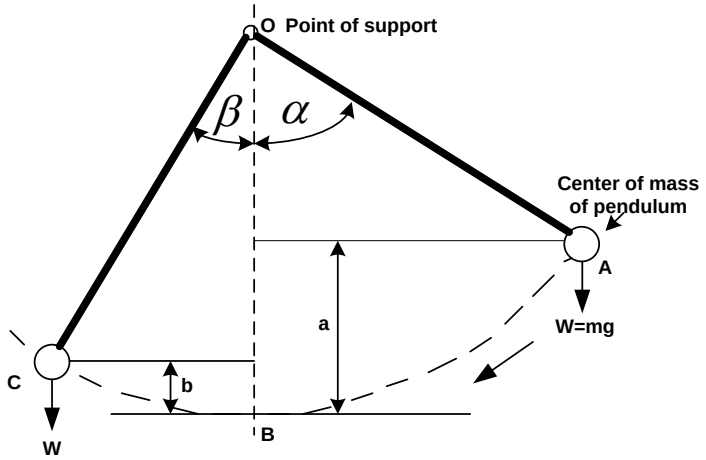
ภาพที่ 1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบปริซึมอิฐก่อ

2.กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ ปูนก่อ และ ปูนฉาบ

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ ที่ใช้ทำปูนก่อ และ ปูนฉาบ วิธีทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C109-2002 ทำการทดสอบปูนซีเมนต์งานก่อ ฉาบทั่วไปและปูนซีเมนต์สำหรับงานก่อ ฉาบอิฐมวลเบา สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน

3.การทดสอบเพนดูลัมเทสของผนังอิฐทั้ง 4 ชนิด

การทดสอบโดยแรงกระแทก ส่วนใหญ่เพื่อต้องหาความสามารถในการดูดกลืน พลังงานของวัสดุภายใต้แรงกระแทก ซึ่งทำได้โดยใช้พลังงานกระแทกชิ้นทดสอบนั้น ต้องใช้ค้อนเหวี่ยง (Pendulum hammer) ตีชิ้นงานภายใต้ภาวะที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หลักการทดสอบโดยการกระแทกแบบค้อนเหวี่ยง

จากภาพที่ 2 จะสังเกตเห็นว่ามีหลักการเหมือนแบบลูกตุ้มนาฬิกา ซึ่งสามารถที่จะคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้กระแทกชิ้นทดสอบ ได้จากผลต่างของระดับสูงของลูกตุ้ม เมื่อเริ่มแกว่งและหลังจากที่แกว่งไปกระแทกชิ้นทดสอบให้หักแล้ว ในการทดสอบโดยวิธีค้อนเหวี่ยงกระแทกนี้ จะเห็นได้ว่าพลังงานศักย์ของค้อนเหวี่ยง ก่อนปล่อยจากตำแหน่ง A คือ mga หลังจากปล่อยพลังงานศักย์จะลดลง และพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดก่อนการกระแทกที่ตำแหน่ง B พลังงานศักย์มีค่าเหลือศูนย์ส่วนพลังงานจลน์จะมีค่าที่มากที่สุด และที่ตำแหน่ง B ปริมาณพลังงานที่จะทำให้ชิ้นทดสอบแตกหักจะแพร่กระจายไป แต่เนื่องจากลูกตุ้มหรือ ค้อนยังคงเหวี่ยงต่อไปอีกนั้นก็คือ พลังงานจลน์ที่ยังคงเหลืออยู่ภายหลังการกระแทกโดยที่พลังงานจลน์นี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์และการทดสอบการกระแทกจะเสร็จสิ้น เมื่อค้อนเหวี่ยงมาถึงจุดไกลที่สุด คือตำแหน่ง C ซึ่งพลังงานศักย์มีค่าเป็น mgb ดังนั้นผลต่างระหว่างพลังงานศักย์ ที่ตำแหน่ง A และ C คือ พลังงานกระแทกที่ทำให้ชิ้นทดสอบแตกหักโดยคำนวณได้ดังนี้

พลังงานก่อนกระแทก= mga = mgr (1-cosα) (1)

พลังงานหลังกระแทก= mgb = mgr (1-cosβ) (2)

พลังงานกระแทกชิ้นทดสอบ = mg...(a-b) (3)

พลังงานกระแทกชิ้นทดสอบ = mgr (cosβ- cosα) (4)

เมื่อ m = กำหนดให้มีหน่วยกิโลกรัม (kg)

g = 9.806 m/s^2

α = มุมยกขึ้นก่อนการกระแทกเป็นองศา

β = มุมยกขึ้นภายหลังการกระแทกเป็นองศา

r = รัศมีความยาวจากจุดศูนย์กลางหมุนถึงตำแหน่งตี

สำหรับพลังงานกระแทกชิ้นทดสอบ จะมีค่าเป็น จูล (J) ซึ่งในเครื่องทดสอบส่วนมาก จะอ่านค่าพลังงานนี้ได้โดยตรงจากสเกลที่ถูกแบ่งเป็นหน่วยพลังงานไว้เป็นจูลด้วยเหมือนกัน

การทดสอบเพนดูลัมเทส หรือ การทดสอบการรับการกระแทกด้านข้างของผนังอิฐก่อด้วยวิธีค้อนเหวี่ยง ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยการนำผนังอิฐก่อที่ทำการเตรียมตัวอย่างขนาด 60 x 60 ซม.ทั้ง 4 ชนิด แบบฉาบและไม่ฉาบโดยมีสัญลักษณ์ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 2 เข้ามาทดสอบที่ชุดทดสอบเพนดูลัมเทสและทำการทดสอบจะเริ่มต้นเหวี่ยงแขนเหวี่ยงทำมุมที่ 5 องศา และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆครั้งละ 5 องศาจนชิ้นงานเกิดการวิบัติ และนำผลที่ได้จากการทดสอบความทนการกระแทกที่ไม่ทำให้เกิดรอยร้าวที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังอิฐก่อ และผลจากการทดสอบจนชิ้นงานเกิดการวิบัติเพื่อทราบถึงความทนการกระแทกของผนังแต่ละชนิดเพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผนังอิฐมอญซึ่งเป็นวัสดุควบคุม

ภาพที่ 3 ชุดเครื่องมือทดสอบเพนดูลัมเทสและการเตรียมตัวอย่างผนังอิฐก่อ

ตารางที่ 2 สัญลักษณ์ตัวอย่างอิฐที่ใช้ในงานวิจัย

ชนิดของผนังอิฐก่อ	สัญลักษณ์แทนตัวอย่างทดสอบ	ขนาดของตัวอย่าง (cm) กว้าง x ยาว x หนา
ผนังอิฐมอญ แบบไม่ฉาบ	A1	60 x 60 x 6.0
ผนังอิฐมอญ แบบฉาบ	A2	60 x 60 x 7.5
ผนังอิฐบล็อก แบบไม่ฉาบ	B1	60 x 60 x 7.0
ผนังอิฐบล็อก แบบฉาบ	B2	60 x 60 x 8.5
ผนังอิฐมวลเบา แบบไม่ฉาบ	C1	60 x 60 x 7.5
ผนังอิฐมวลเบา แบบฉาบ	C2	60 x 60 x 9.0
ผนังอิฐประสาน แบบไม่ฉาบ	D1	60 x 60 x 12.0
ผนังอิฐประสาน แบบฉาบ	D2	60 x 60 x 13.5

ผลการวิจัย

1.ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐทั้ง 4 ชนิด

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐ ตามมาตรฐาน ASTM C1314-2007 โดยการนำอิฐแต่ละชนิดที่ต้องใช้ในการทำชิ้นงานทดสอบ ทำการทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่องกดทดสอบ UTM นำผลที่ได้มาคำนวณหาคุณสมบัติการรับแรงอัดเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน มอก. ของอิฐแต่ละชนิดซึ่งได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

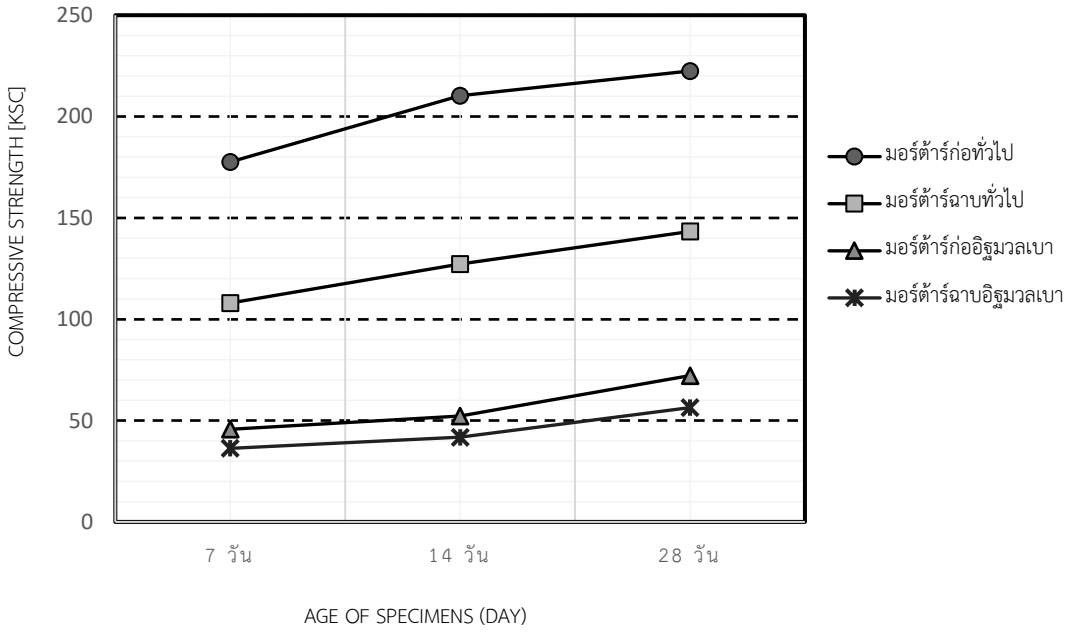
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดปริซึมอิฐก่อและกำลังรับแรงอัดของอิฐก้อนเดียว

ชนิดของผนังอิฐก่อ	กำลังรับแรงอัดสูงสุดของการกดอิฐ 1 ก้อน (ksc)	กำลังรับแรงอัดสูงสุดของการกดปริซึมอิฐก่อ (ksc)
อิฐมอญ	55.75	33.97
อิฐบล็อก	34.80	31.19
อิฐมวลเบา	33.86	29.76
อิฐประสาน	67.50	45.53

ผลการทดสอบการรับแรงอัดของอิฐทั้ง 4 ชนิดพบว่าอิฐทุกชนิดมีคุณสมบัติการรับกำลังอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. และสำหรับกำลังรับแรงอัดแบบก้อนเดี่ยวอิฐประสานมีคุณสมบัติการรับกำลังอัดได้สูงสุด คือ 67.50 ksc เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญสามารถรับกำลังอัดได้สูงกว่าถึง 25.01% ส่วนอิฐบล็อกและอิฐมวลเบามีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกัน คือ 38.84 และ 35.2 ตามลำดับ สำหรับการรับกำลังอัดของปริซึมอิฐก่อพบว่าอิฐบล็อกประสานให้กำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 45.53 ksc ผลของกำลังอัดของอิฐก้อนเดียวและปริซึมอิฐก่อมีความแตกต่างกันเนื่องจากผลของอัตราส่วนชะลูดที่มีผลต่อการรับกำลังอัด

2.ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ ปูนก่อ และ ปูนฉาบ

การทดสอบกำลังอัดของปูนซีเมนต์มอร์ต้าร์ ตามมาตรฐาน ASTM C109-2002 โดยการเก็บตัวอย่างซีเมนต์มอร์ต้าร์ ที่ใช้ในการก่อและฉาบชิ้นงานทดสอบ มาทำการทดสอบการทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง UTM ที่กำลังอัดสูงสุดแล้วนำผลที่ได้มาทำการคำนวณหาคุณสมบัติการรับแรงอัดเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน มอก. ซีเมนต์มอร์ต้าร์ผลการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดดังแสดงในภาพที่ 4



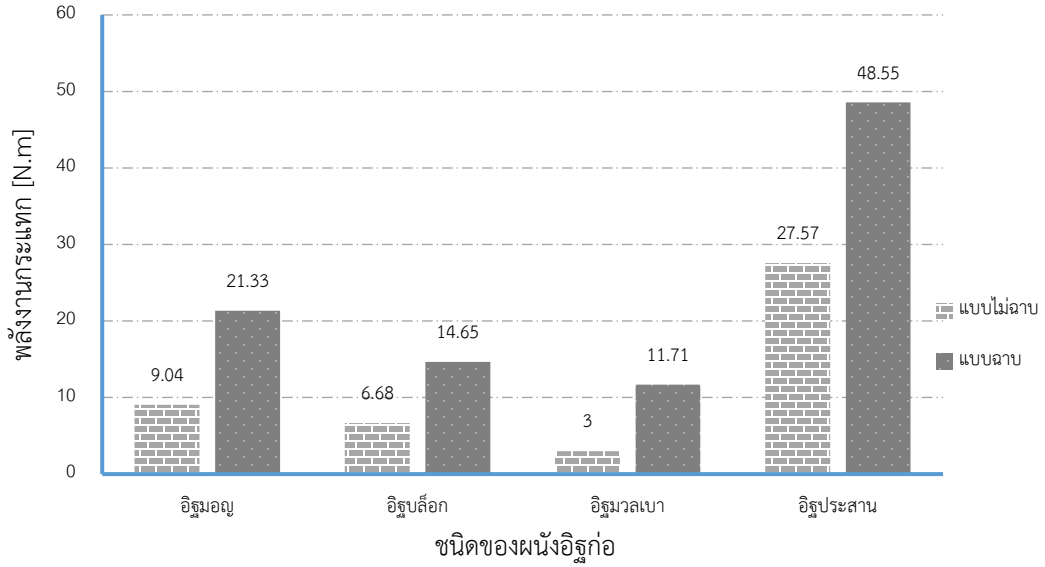
ภาพที่ 3 ผลการทดสอบปูนซีเมนต์งานก่อและงานฉาบ

3.ผลการทดสอบเพนดูลัมเทสของอิฐทั้ง 4 ชนิด

3.1 ผลการทดสอบเพนดูลัมเทส (Pendulum Test) หรือ การทดสอบการรับการกระแทกด้านข้างของผนังอิฐก่อจนชิ้นงานเกิดการวิบัติ แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4 และกำลังรับแรงกระแทกเปรียบเทียบของผนังอิฐก่อแสดงดังภาพที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเพนดูลัมเทสของอิฐทั้ง 4 ชนิด

สัญลักษณ์แทนตัวอย่างทดสอบ	ความสูงตกทบ (mm)	มุมเหวี่ยง (องศา)	พลังงานตกกระแทก (N.m)
A1	307	35	9.04
A2	725	55	21.33
B1	227	30	6.68
B2	498	45	14.65
C1	103	20	3.00
C2	398	40	11.71
D1	937	64	27.57
D2	1650	88	48.55



ภาพที่ 4 ผลการเปรียบเทียบกำลังรับพลังงานกระแทก

จากภาพที่ 4 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบผลการรับแรงกระแทกของผนังอิฐก่อแต่ละชนิดจากข้อมูลผลการทดสอบพบว่า ผนังอิฐมอญแบบฉาบ ซึ่งเป็นชิ้นงานควบคุมมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติที่พลังงานกระแทก 21.33 N.m และผนังอิฐประสานแบบฉาบมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติได้สูงสุดเมื่อเทียบกับผนังทั้ง 4 ชนิดที่พลังงาน 48.55 N.m ส่วนอิฐบล็อกและอิฐมวลเบา มีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ที่พลังงานกระแทก 14.65 N.m และ 11.71 N.m ตามลำดับ

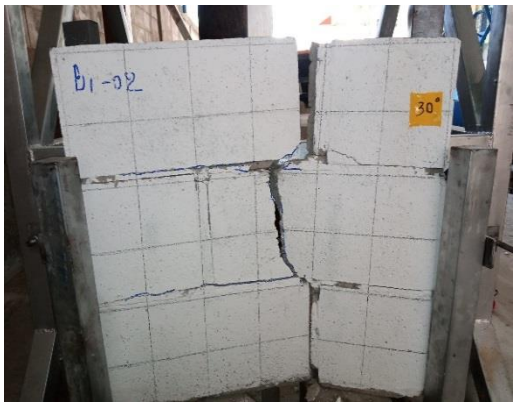
ส่วนผลการรับแรงกระแทกของผนังอิฐก่อแบบไม่ฉาบพบว่าผนังอิฐมอญมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติที่พลังงานกระแทก 9.04 N.m และผนังอิฐประสานมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติได้สูงสุดเมื่อเทียบกับผนังแบบไม่ฉาบทั้ง 4 ชนิดที่พลังงานกระแทก 27.57 N.m ส่วนอิฐบล็อกมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติ ที่พลังงานกระแทก 6.68 N.m และผนังอิฐมวลเบาแบบไม่ฉาบมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติได้น้อยที่สุด ที่พลังงานกระแทก 3 N.m

ผลกระทบของชิ้นงานแบบฉาบและไม่ฉาบ จะเห็นได้ว่าในอิฐทั้ง 4 ชนิดชิ้นงานที่มีการฉาบจะมีความทนการกระแทกได้ดีกว่าชิ้นงานที่ไม่มีการฉาบอยู่มากเป็นไปตามงานวิจัยของ Schmidt และ Cheng(2009) ตัวอย่างเช่น ชิ้นงาน A1 ซึ่งเป็นแบบไม่ฉาบมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติที่ 9.04 N.m ส่วนชิ้นงาน A2 ซึ่งเป็นแบบฉาบมีความทนการกระแทกจนถึงขั้นชิ้นงานเกิดการวิบัติที่ 21.33 N.m จะเห็นได้ว่าชิ้นงานมีความทนการกระแทกได้สูงขึ้นถึง 12.29 N.m การฉาบผนังอิฐก่อจึงมีผลโดยตรงกับความทนการกระแทกของผนังอิฐก่อแต่ละชนิด

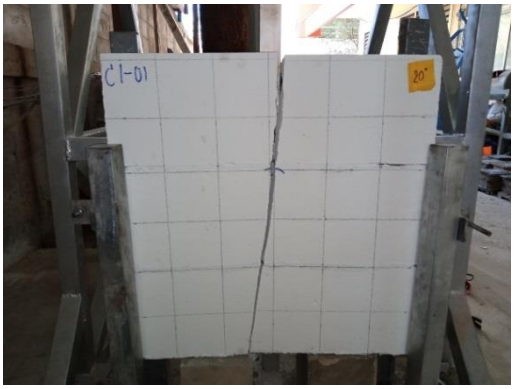
3.2 ลักษณะการวิบัติของผนังตัวอย่างอิฐก่อ

ลักษณะการเกิดการวิบัติในผนังอิฐก่อทั้ง 4 ชนิดในแบบไม่ฉาบจนถึงชิ้นงานเกิดการวิบัติจากองศาต่างๆ แสดงดังในภาพที่ 5

ผนังอิฐมอญไม่ฉาบ A1



ผนังอิฐบล๊อกไม่ฉาบ B1



ผนังอิฐมวลเบาไม่ฉาบ C1

ผนังอิฐประสานไม่ฉาบ D1

ภาพที่ 5 ลักษณะการวิบัติของผนังตัวอย่างอิฐก่อทั้ง 4 ชนิด

ผนังอิฐมอญแบบไม่ฉาบ A1 เมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 5 องศา ไม่เกิดรอยร้าว และเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 องศา พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่จะเกิดรอยร้าวที่ 10 องศา รอยร้าวเกิดขึ้นที่จุดกระแทกและรอยร้าวจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงที่องศาเฉลี่ย 35 องศา ซึ่งชิ้นงานเกิดการวิบัติที่วัสดุก่อและระหว่างอิฐกับปูนก่อ โดยผนังแตกออกจากกัน ทำการคำนวณความทนการกระแทกได้พลังงานกระแทกที่ 9.04 N.m

ผนังอิฐบล็อกแบบไม่ฉาบ B1เมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 5 องศา ไม่เกิดรอยร้าว และเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 องศา พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่จะเกิดรอยร้าวที่ 15 องศา รอยร้าวเกิดขึ้นที่จุดกระแทกและรอยร้าวจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงที่องศาเฉลี่ย 30 องศา ชิ้นงานเกิดการวิบัติที่วัสดุก่อและระหว่างอิฐกับปูนก่อโดยผนังแตกออกจากกันและเสียรูป ทำการคำนวณความทนการกระแทกได้พลังงานกระแทกที่ 6.68 N.m

ผนังอิฐมวลเบาแบบไม่ฉาบ C1 เมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 5 องศา ไม่เกิดรอยร้าว และเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 องศา พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่จะเกิดรอยร้าวที่ 10 องศา รอยร้าวเกิดขึ้นที่จุดกระแทกและรอยร้าวจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงที่องศาเฉลี่ย 20 องศา ชิ้นงานเกิดการวิบัติที่วัสดุก่อ และระหว่างอิฐกับปูนก่อ โดยผนังแตกออกจากกันและเสียรูป ทำการคำนวณความทนการกระแทกได้พลังงานกระแทกที่ 3 N.m

ผนังอิฐประสานแบบไม่ฉาบ D1 เมื่อเริ่มทำการทดสอบที่ 5 องศา ไม่เกิดรอยร้าว และเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 องศา พบว่ามีค่าเฉลี่ยที่จะเกิดรอยร้าวที่ 35 องศา รอยร้าวเกิดขึ้นที่จุดกระแทกและรอยร้าวจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงที่องศาเฉลี่ย 63.33 องศา ชิ้นงานเกิดการวิบัติที่วัสดุก่อ โดยผนังแตกออกจากกันและเสียรูป ทำการคำนวณความทนการกระแทกได้พลังงานกระแทกที่ 27.57 N.m สำหรับการวิบัติของผนังอิฐก่อทั้ง 4 ชนิด จะวิบัติแบบเลื่อนไถลในผนังอิฐก่อเป็นไปตามงานวิจัยของ Schmidt และ Cheng(2009) โดยจะเกิดการแตกหักของอิฐแยกออกจากมอร์ต้าร์เมื่อได้รับแรงกระแทกแบบค้อนเหวี่ยงเกิดความเสียหายที่ปูนฉาบและตัวของอิฐก่อ

3.3 ผลการทดสอบเพนดูลัมเทสโดยการแบ่งชั้นประเภทตามข้อกำหนด มอก.2226-2548

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบความทนการกระแทกที่ไม่ทำให้เกิดรอยร้าวที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังอิฐก่อดังนี้

ผนังอิฐมอญแบบฉาบมีความทนการกระแทกที่พลังงานกระแทก 6.68 N.m ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก โดยจัดอยู่ในประเภท HD คือใช้กั้นพื้นที่ที่มีการใช้งานสาธารณะจากบุคคลต่างๆ ซึ่งมีการดูแลน้อย มีการใช้งานหนักพอควร

ผนังอิฐบล็อกแบบฉาบมีความทนการกระแทกที่พลังงาน 4.68 N.m ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. โดยจัดอยู่ในประเภท MD คือใช้กั้นพื้นที่ที่มีการใช้งานปานกลาง มีการกระทบกระทั่งบ้างแต่ยังมีการดูแลที่ดีอยู่

ผนังอิฐมวลเบาแบบฉาบมีความทนการกระแทกที่พลังงาน 4.68 N.m ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก โดยจัดอยู่ในประเภท MD คือใช้กั้นพื้นที่ที่มีการใช้งานปานกลาง มีการกระทบกระทั่งบ้างแต่ยังมีการดูแลที่ดีอยู่

ผนังอิฐประสานแบบฉาบมีความทนการกระแทกที่พลังงาน 9.04 N.m ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก โดยจัดอยู่ในประเภท HD คือใช้กั้นพื้นที่ที่มีการใช้งานสาธารณะจากบุคคลต่างๆ ซึ่งมีการดูแลน้อย มีการใช้งานหนักพอควร

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1.ผลการทดสอบเพนดูลัมเทสของผนังอิฐก่อทั้ง 4 ชนิด พบว่าผนังอิฐประสานทีมีการฉาบ D2 ให้ค่ากำลังตกกระแทกสูงกว่าตัวอย่างผนังชนิดอื่นๆ เนื่องจากผลของความหนามีผลต่อกำลังรับแรงกระแทกซึ่งมากกว่าผนังอิฐมอญ 2.27 เท่า ผนังอิฐบล็อก 3.31 เท่า และผนังอิฐมวลเบา 4.14 เท่า

2.ผนังอิฐก่อทั้ง 4 ชนิดแบบฉาบผ่านเกณฑ์คุณภาพและมีความทนการกระแทกที่ไม่ทำให้เกิดรอยร้าวที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังอิฐก่อ ตามมาตรฐาน มอก.2226-2548 ได้ทั้งหมด โดยผนังอิฐมอญแบบฉาบซึ่งเป็นชิ้นงานควบคุมจัดอยู่ในประเภท HD เหมาะกับการใช้งานหนักได้พอสมควร ผนังอิฐบล๊อกแบบฉาบและผนังอิฐมวลเบาแบบฉาบจัดอยู่ในประเภท MD คือใช้กั้นพื้นที่ที่มีการใช้งานปานกลาง มีการกระทบกระทั่งบ้างแต่ยังมีการดูแลที่ดีอยู่ ส่วนผนังอิฐประสานแบบฉาบจัดอยู่ในประเภท HD คือใช้กั้นพื้นที่ที่มีการใช้งานสาธารณะจากบุคคลต่างๆ ซึ่งมีการดูแลน้อย มีการใช้งานหนักพอควร

3.การฉาบและไม่ฉาบผนังอิฐก่อมีผลโดยตรงกับผนังอิฐก่อทั้ง 4 ชนิด โดยผนังอิฐก่อที่มีการฉาบ ปูนฉาบจะส่งผลโดยตรงต่อผนังอิฐก่อโดยเพิ่มกำลังและความแข็งแรงให้กับผนังอิฐก่อ จากผลการทดสอบพบว่าในแบบฉาบมีความทนการกระแทกได้สูงกว่าแบบไม่ฉาบอยู่มาก โดยผนังอิฐมอญเพิ่มสูงขึ้น 1 เท่า อิฐบล็อกเพิ่มสูงขึ้น 1.16 เท่า อิฐมวลเบาเพิ่มสูงขึ้น 2.9 เท่า และอิฐประสานเพิ่มสูงขึ้น 0.76 เท่า ตามลำดับ

4.การวิบัติของผนังอิฐก่อทั้ง 4 ชนิด จะวิบัติแบบเลื่อนไถลในผนังอิฐก่อโดยจะเกิดการแตกหักของอิฐแยกออกจากมอร์ต้าร์เมื่อได้รับแรงกระแทกแบบค้อนเหวี่ยงเกิดความเสียหายที่ปูนฉาบและตัวของอิฐก่อ

ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการวิจัยต่อยอดเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทกของผนังอิฐก่อด้วยเทคนิคการเสริมกำลังต่างๆ

2.ควรศึกษากำลังรับแรงในแนวแกนรวมถึงแรงกระทำทางด้านข้างที่มาจากแรงแผ่นดินไหวเพื่อให้รู้ถึงพฤติกรรมของอิฐแต่ละชนิดที่มีขายตามท้องตลาดเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างงานนวัตกรรมอิฐใหม่ๆขึ้นมา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ให้พื้นที่ในการติดตั้งชุดทดสอบเพนดูลัมเทสในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2226-2548. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2565. จาก http://research.rid.go. th/vijais/moa/fulltext/TIS2226-2548.pdf.

อนุชาติ ลื้อนันต์ศักดิ์ศิริ, วรวิทย์ โพธิ์จันทร์ และฐิตินันท์ ป้องนาม. (2563). การพัฒนาอิฐบล็อกประสานมวลเบาจากดินตะกอนประปาผสมวัสดุปอซโซลาน. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, *31*(1), 135-143.

American Society for Testing and Materials (ASTM). *Standard test method for compressive strength of masonry prisms:* ASTM Standard No. ASTM C1314; 2007. Retrieved March 17, 2022, from https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=ASTM%20C1314&item_s_key=00234019.

American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars: ASTM Standard No. ASTM C109; 2002. Retrieved March 15, 2022, from https://gcs-concrete.com/assets/pdf/ASTM%20C%20109.pdf

Schmidt, M.E. & Cheng, L. (2009). Impact Response of Externally Strengthened Unreinforced Masonry Walls Using CFRP. *Journal of composites for Construction*, *13*(4), 252–261.