การศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมลวดสลิง

The Study of Movement Behavior of Brick Block Retaining Wall Reinforced by Wire Stand

ยงยุทธ ศิริศรีเพ็ชร์ (Yongyuth Sirisriphet)* อัตพล บุบพิ (Attaphol Bubpi)[1]*
ดร.ปราชญ์ อมรภิญโญ (Dr.Prach Amornpinyo)* ดร.ธวัชชัย โทอินทร์ (Dr.Tawatchai Tho-In)*
ภคพร ยอดศิริ (Pakaphorn Yodsiri)** ดร.พงศกร พวงชมภู (Dr.Pongsagorn Poungchompu)***

(Received: *May 25, 2023*; Revised: *July 17, 2023*; Accepted: *July 17, 2023*)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานแบบรอยต่อแห้งเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม โดยอิฐบล็อกประสานมีขนาด 12.5x25x10 เซนติเมตร น้ำหนัก 15 กิโลกรัมต่อก้อน กำลังรับแรงอัด 80.51 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน ขนาดความสูง 1.50 เมตร กว้าง 2.00 เมตร หนา 0.125 เมตร โดยการก่อสร้างกำแพงกันดินด้วยบล็อกประสานแบบรอยต่อแห้งสำหรับกำแพงกันดินแบบถาวรและชั่วคราวนั้นง่าย สะดวก รวดเร็วโดยไม่ต้องอาศัยแรงงานฝีมือ และเครื่องจักรขนาดใหญ่ การทดลองพบว่า กำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนด 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม เกิดการเคลื่อนตัวในแนวราบสูงสุดเท่ากับ 4.06 4.27 และ 4.55 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นซึ่งมีค่าเท่ากับ 140,441 111,262 และ 78,325 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานที่เสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม พบว่าโครงสร้างกำแพงกันดินแบบอิฐบล็อกประสานที่เสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพสูงสุด กล่าวคือเมื่อพิจารณาผลจากการดึงลวดสลิง ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัม การเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินเป็นแนวเส้นตรงมากสุดและยังมีการเคลื่อนตัวในแนวราบน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัมในลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เป็นช่วงแรงดึงที่เหมาะสมต่อพื้นที่หน้าตัดของลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จึงทำให้โครงสร้างที่เสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดดังกล่าวมีเสถียรภาพ มีความแข็งเกร็ง และมีความสามารถต้านทานแรงดันด้านข้างให้กับโครงสร้างกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการให้แรงดึงที่ขนาด 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม ร้อยละของการเคลื่อนตัวที่อยู่ที่ร้อยละ 5.17 และ 12.0 ตามลำดับ

[1]*Corresponding author: Attaphol.bu@rumti.ac.th*

**อาจารย์ สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น*
Professor, Department of Industrial Education, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น*
Assistant Professor, Department of Industrial Education, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

****ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น*
Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

ABSTRACT

This paper presented the movement behavior of a dry-joint interlocking brick retaining wall reinforced with wire ropes in diameter size is 4 mm under the tensile strength of 4.54 9.07 and 13.61 kilograms. The interlocking bricks had dimensions of 12.5x25x10 cm. and weigh 15 kg/block. Compressive strength 80.51 kg/cm^2. To study the behavior of horizontal displacement of its, had height 1.50 m width 2.00 m thickness 0.125 m. The dry-joint interlocking brick retaining walls for both permanent and temporary walls was simple, convenient and fast for construction without requiring skilled labours and large machinery. The experiment found that the interlocking brick retaining wall reinforced with 4 mm. of diameter wire ropes under 4.54, 9.07 and 13.61 kilograms. of many tensile forces had the maximum horizontal displacement of 4.06 4.27 and 4.55 mm., respectively, and the modulus of elasticity values was 140,441 111,262 and 78,325 kg/cm^2 respectively. And compared the behavior of its under conditioner above – mentioned, found the structure of its had maximum efficiency under tensile forces 4.54 kilograms with this condition it had the most straight line of displacement and had the least horizontal displacement to shows that under tensile forces 4.54 kilograms with wire ropes in diameter size 4 mm. was the suitable force per section area of wire ropes in diameter 4 mm. to result in of retaining wall had a high resistance from lateral earth pressure. This cased was the best to apply for the dry-joint interlocking brick retaining walls when comparison with other cares in condition under tensile forces 9.07 and 13.61 kilograms there are showed the percentage of displacement values were 5.17 and 12.0 respectively.

คำสำคัญ: กำแพงกันดิน อิฐบล็อกประสาน ลวดสลิง
Keywords: Retaining wall, Interlocking brick, Wire stand

บทนำ

การดำเนินงานก่อสร้างในปัจจุบันจำเป็นต้องคำนึงถึงต้นทุน ความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน และระยะเวลาในการดำเนินโครงการที่สั้น อย่างไรก็ตามการก่อสร้างบางประเภทจำเป็นต้องสร้างกำแพงกันดินก่อนโครงสร้างหลัก ในการก่อสร้างทางวิศวกรรม กำแพงกันดินมักถูกออกแบบให้มีเหล็กเสริมหรือวัสดุรับแรงดึงเพื่อความแข็งแรงของโครงสร้าง งานวิจัยนี้มีความสนใจในอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิง ซึ่งอิฐบล็อกประสานเป็นวัสดุทางเลือกและมีแนวโน้มนำไปใช้ในการสร้างกำแพงกันดิน [1-3] อิฐบล็อกประสานส่วนใหญ่สามารถผลิตขึ้นจากวัตถุดิบในท้องถิ่น เช่น ดินลูกรัง ดินขาว หินฝุ่น และวัสดุอื่นๆ ผสมกับปูนซีเมนต์ในสัดส่วนที่เหมาะสม ส่วนใหญ่นิยมอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมประมาณ 1 : 6 ถึง 1 : 8 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลัก แล้วนำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบแห้ง และบ่มด้วยความชื้นไม่น้อยกว่า 7 วัน ให้อิฐบล็อกประสานแข็งตัวและเกิดความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ โดยมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602/2547 [4] ควบคุมคุณภาพ การก่อสร้างสามารถพึ่งพาแรงงานในท้องถิ่นสามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ และทำงานได้สะดวกและรวดเร็ว

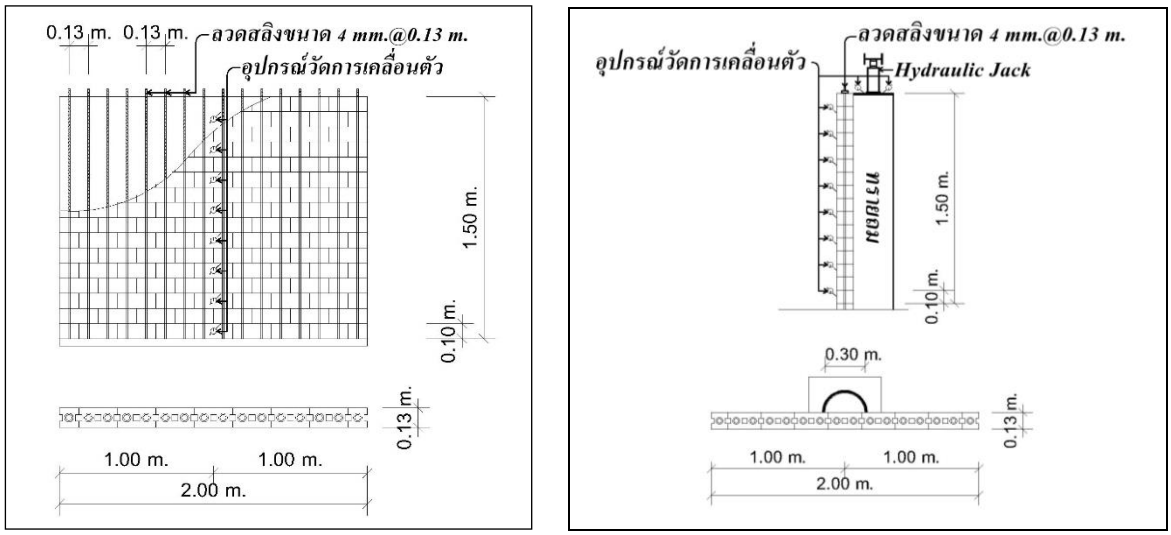
การก่อสร้างกำแพงกันดินที่สูงและชัน โครงสร้างของกำแพงกันดินจำเป็นต้องมีความสามารถในการต้านทานแรงดันดินทางด้านข้าง ซึ่งนอกจากระดับความสูงที่แตกต่างกันที่มีผลต่อแรงดันดินด้านข้างแล้ว ชนิดของดินที่อยู่บริเวรโดยรอบกำแพงกันดิน หรือแม้แต่ความแข็งแรงของโครงสร้างที่อยู่ใต้กำแพงกันดิน ก็ส่งผลแรงดันดินที่เกิดขึ้น [5-7] ดังนั้น

การสร้างกำแพงกันดินที่มีความสามารถในการต้านทานแรงดันดินด้านข้าง จึงจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงและมีความสามารถในการต้านทานแรงดันดังกล่าว การเสริมวัสดุเสริมแรงในกำแพงกันดินสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กำแพงกันดินได้ ซึ่งปัจจุบันมีการเลือกใช้วัสดุเสริมแรงในกำแพงกันดินที่หลากหลาย [8-13] เช่น การเสริมแรงด้วยเหล็กสตัดเกลียว [14] การเสริมแรงด้วยวัสดุ GFRP [15-17] หรือแม้กระทั้งเสริมแรงด้วยวัสดุเส้นใยสังเคราะห์อื่นๆ

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกเสริมความแข็งแรงของกำแพงกันดินด้วยลวดสลิง เนื่องจากลวดสลิงเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง มีความเหนียว มีค่าการยืดตัวได้ดีและยังมีความสามารถในการกระจายพลังงานในระนาบให้ดีขึ้น [18-21] ซึ่งจากคุณสมบัติของวัสดุดังกล่าว ผู้วิจัยจึงความสนใจในการนำเอาวัสดุดังกล่าว มาเสริมแรงในโครงสร้างกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานแบบจุดต่อแห้ง โดยให้แรงดึงที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของพฤติกรรมของวัสดุและโครงสร้างกำแพงกันดิน รวมถึงการพิจารณาค่า Elastic modulus ของวัสดุดังกล่าวด้วย เนื่องจากเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่บงชี้ถึงความแข็งเกร็งของโครงสร้าง

วัสดุ

การทดสอบนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ทางด้านข้างของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน ซึ่งมีขนาดความสูง 1.50 เมตร กว้าง 2.00 เมตร และหนา 0.13 เมตร เสริมแรงด้วยลวดสลิง ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จำนวน 16 เส้น โดยมีการจัดเรียงระยะห่างของลวดสลิงทุกๆ 0.13 เมตร ภายใต้แรงดึงที่แตกต่างกัน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม มีการติดตั้งเครื่องวัดแบบละเอียด (dial gauge) เพื่อวัดการเคลื่อนที่ทางด้านข้างของกำแพงกันดินทั้งหมด 8 จุด ดังแสดงในภาพที่ 1 และใช้ประแจปอนด์ในการขันสกรูเพื่อยึดสลิงกับบล็อกประสานดังแสดงในภาพที่ 2 รายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้



ภาพที่ 1 ขนาดของตัวอย่างทดสอบกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานด้านหน้า (ซ้าย) และด้านข้าง (ขวา)



ภาพที่ 2 การยึดสลิงกับบล็อกประสาน

1. อิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสานที่ใช้ศึกษาครั้งนี้มีขนาด กว้าง 12.5 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร และสูง 10 เซนติเมตร น้ำหนัก 15 กิโลกรัมต่อก้อน กำลังรับแรงอัด 80.51 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามมาตรฐานการทดสอบกำลังอัดของอิฐ มอก 77-2545 ดังแสงในภาพที่ 3

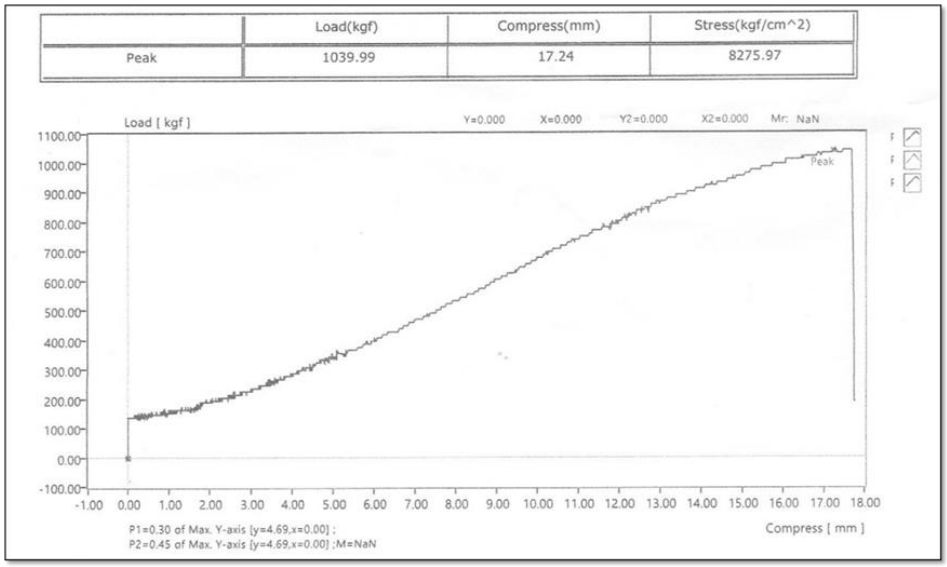


ภาพที่ 3 อิฐบล็อกประสาน

2. ลวดสลิง

ลวดสลิงที่ใช้ในการเสริมแรงในโครงสร้างกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร คุณสมบัติ ในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงสูงสุดได้ค่า 8,275.97 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีการยืดตัวสูงสุดอยู่

ที่ 17.24 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 จำนวน 16 เส้น ยาวตลอดแนวความสูงของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน 1.50 เมตร และที่ปลายทั้งสองข้างถูกขันล็อคด้วยน็อตและให้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ผลการทดสอบกำลังดึงของวัสดุสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ที่ใช้ในการทดสอบ



ภาพที่ 5 การติดตั้งลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร

3. ทราย

ทรายที่ใช้จำลองการถมดินมีวัตถุประสงค์เพื่อสำหรับวัดค่าการทรุดตัวแนวดิ่ง มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ FM = 1.78 มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,695 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมชุดทดสอบโดยมีลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรจำนวน 16 เส้นยาวตลอดแนวมีความสูง 1.60 เมตร เพื่อขันเร่งให้กำลังภายในของอิฐบล็อกประสานโดยใช้ประแจปอนด์

2. ทำการก่ออิฐบล็อกประสานในแนวดิ่งตามแนวของลวดสลิง เสริมแรงให้กำลังภายในของอิฐบล็อกประสานโดยร้อยลงตามลวดสลิง

3. ทำการชั่งน้ำหนักทรายและเติมทรายทุกสองชั้นต่อ 13 กิโลกรัมจะมีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,495 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจนถึงชั้นสุดท้าย

4. ติดตั้ง hydraulic jack และ dial gauge วัดการทรุดตัวของทรายในแนวดิ่ง 2 ตัว

5. ติดตั้ง dial gauge วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดิน จำนวน 8 ตัวที่ ระดับ 0.05 0.25 0.45 0.65 0.85 1.05 1.25 และ 1.45 เมตร ตามลำดับ โดยกำหนดให้ตำแหน่งบนสุดของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน เป็น 0.00 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 6

6. ใส่แรงดึงในลวดสลิงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัมตามลำดับ

7. ทำการให้ load เป็นขั้นๆ และแต่ละขั้นกำหนดที่การทรุดตัวของทรายถมที่ 1.00 มิลลิเมตรและทำการบันทึกผลการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมลวดสลิง ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม ตามลำดับ

8. ทำการทดสอบไปค่าการทรุดตัวของทรายถมถึง 25 มิลลิเมตรและทำการ บันทึกผลการเคลื่อนตัวแนวราบสูงสุดของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน

9. ทำการทดสอบทั้งหมด 3 รอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยของการทดสอบ

10. ทำการวิเคราะห์ผล

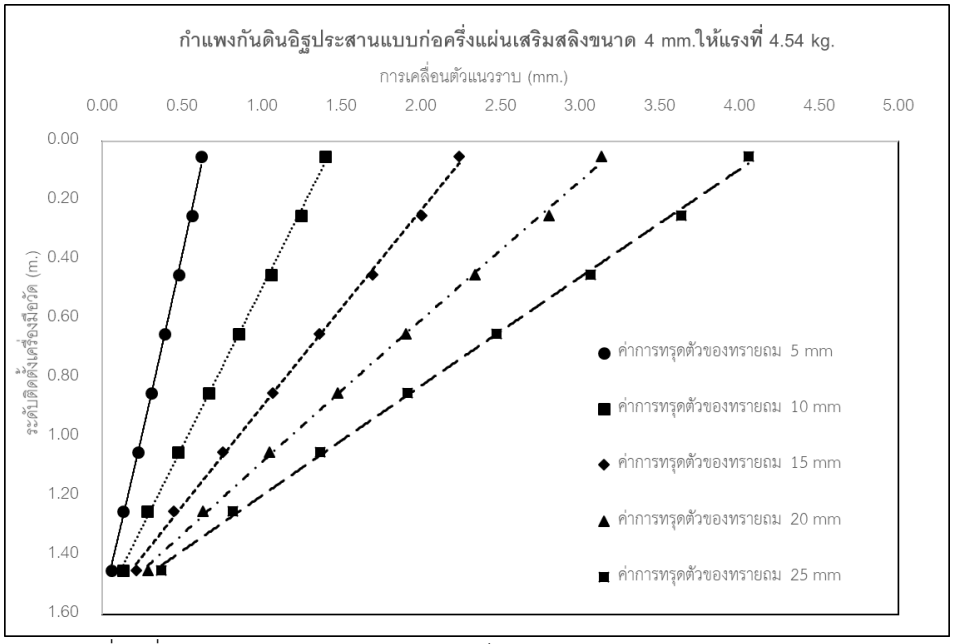


ภาพที่ 6 การติดตั้ง dial gauge เพื่อวัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดิน จำนวน 8 ตัว

ผลการทดลองและวิจารณ์

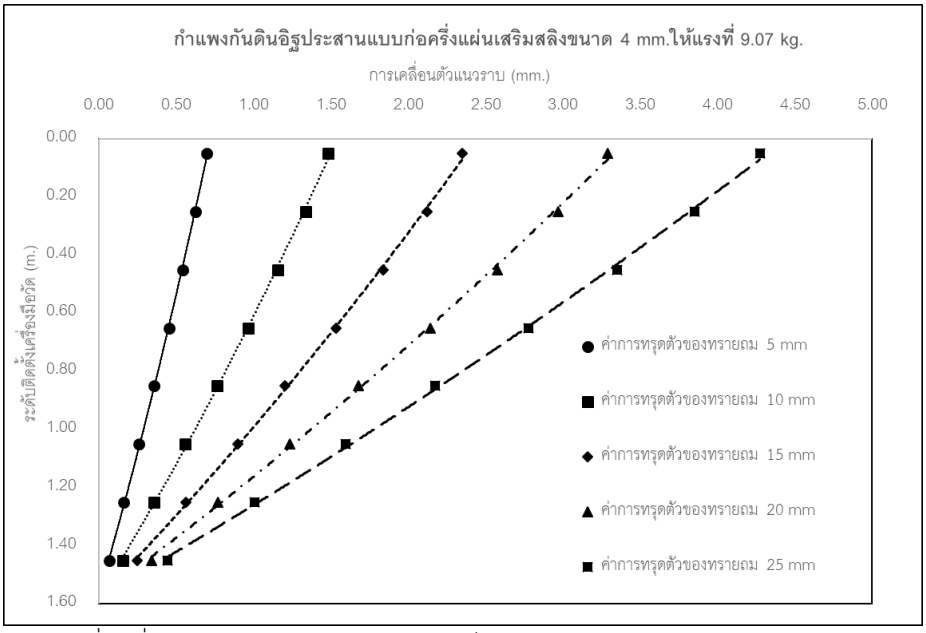
การศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ทางด้านข้างของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม ทำการทดสอบซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาสร้างกราฟเพื่อหาเส้นแนวโน้มค่าเฉลี่ยของข้อมูล จากการทดสอบพฤติกรรมการเคลื่อนที่ด้านข้างของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิง ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัม ซึ่งควบคุมการทรุดตัวของทรายถมที่ 25 มิลลิเมตร วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบมีค่าที่สุดเท่ากับ 4.06 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งบนสุดของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาด 4 มิลลิเมตร จากกราฟพบว่าเส้นแนวโน้มการเคลื่อนตัวในแนวราบเป็นเส้นตรง เมื่อค่าการทรุดตัวของทรายสูงขึ้นและลักษณะการเคลื่อนตัวของกำแพงอิฐบล็อกประสานแต่ละก้อนเคลื่อนตัวเป็นแบบกลุ่มดังแสดงในภาพที่ 7



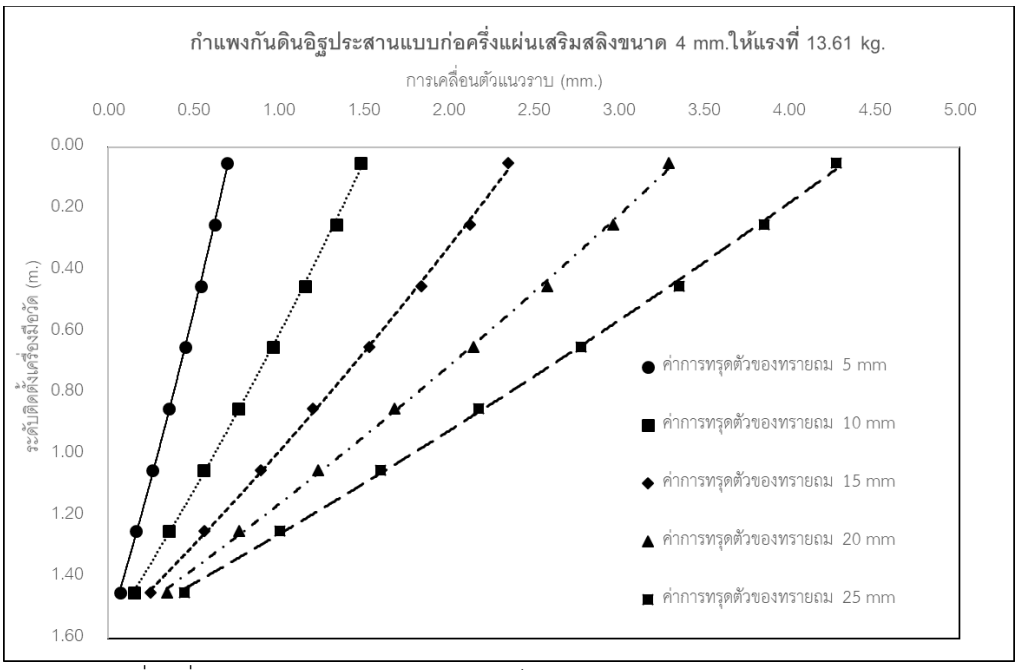
ภาพที่ 7 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัม

ผลการทดสอบการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 9.07 กิโลกรัม ซึ่งควบคุมการทรุดตัวของทรายถมที่ 25 มิลลิเมตร วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบมีค่าที่สุดเท่ากับ 4.27 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งบนสุดของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จากกราฟพบว่าเส้นแนวโน้มการเคลื่อนตัวในแนวราบมากขึ้นและลักษณะการเคลื่อนตัวค่อนข้างเป็นเส้นโค้งเล็กน้อยเมื่อค่าการทรุดตัวของทรายสูงขึ้นและลักษณะการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานแต่ละก้อนเคลื่อนตัวเป็นแบบกลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 8



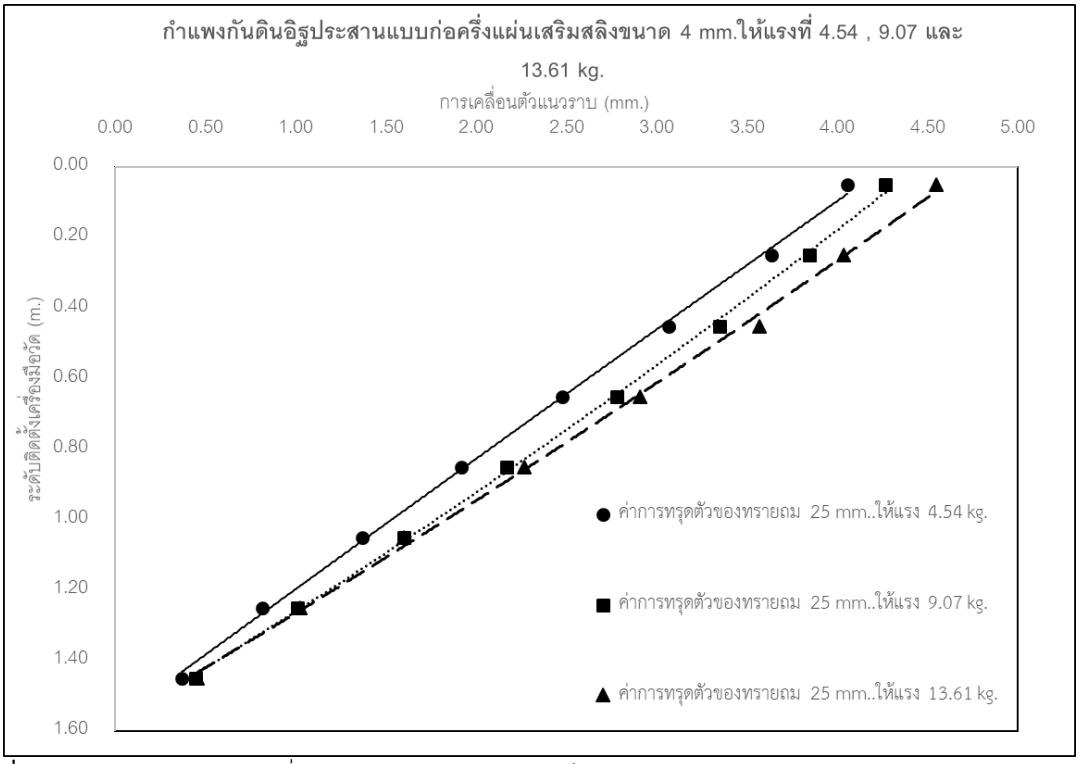
ภาพที่ 8 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 9.07 กิโลกรัม

ผลการทดสอบการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 13.61 กิโลกรัม ซึ่งควบคุมการทรุดตัวของทรายถมที่ 25 มิลลิเมตร วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบมีค่าที่สุดเท่ากับ 4.55 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งบนสุดของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จากกราฟพบว่าเส้นแนวโน้มการเคลื่อนตัวในแนวราบมากขึ้นและลักษณะการเคลื่อนตัวค่อนข้างเป็นเส้นโค้งมากขึ้นเมื่อค่าการทรุดตัวของทรายสูงขึ้นและลักษณะการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานแต่ละก้อนเคลื่อนตัวเป็นแบบกลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 13.61 กิโลกรัม

ผลการเปรียบเทียบทดสอบการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม ซึ่งควบคุมการทรุดตัวของทรายถมที่ 25 มิลลิเมตร วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.06 4.27 และ 4.55 มิลลิเมตรตามลำดับ ที่ตำแหน่งบนสุดของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน ดังแสดงในภาพที่ 10 จากการทดลองพบว่าเส้นแนวโน้มการเคลื่อนตัวในแนวราบมากขึ้นเมื่อค่าการทรุดตัวของทรายสูงขึ้นและลักษณะการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานแต่ละก้อนเคลื่อนตัวเป็นแบบกลุ่ม



ภาพที่ 10 การเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานที่เสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม พบว่าโครงสร้างกำแพงกันดินแบบอิฐบล็อกประสานที่เสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพสูงสุด กล่าวคือเมื่อพิจารณาผลจากการดึงลวดสลิง ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัม การเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินเป็นแนวเส้นตรงมากสุดและยังมีการเคลื่อนตัวในแนวราบน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 กิโลกรัมในลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เป็นช่วงแรงดึงที่เหมาะสมต่อพื้นที่หน้าตัดของลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร จึงทำให้โครงสร้างที่เสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาดดังกล่าวมีความแข็งเกร็งและมีความสามารถต้านทานแรงดันด้านข้างให้กับโครงสร้างกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการให้แรงดึงที่ขนาด 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม ร้อยละของการเคลื่อนตัวที่อรยู่ที่ร้อยละ 5.17 และ 12.0 ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าการที่ให้แรงดึงเข้าไปในลวดสลิงมากขึ้นนั้น ทำให้ลวดสลิงมีการยืดตัวออกเลื่อยๆเพราะด้วยลักษณะของลวดสลิงเองที่มีลักษณะเป็นวัสดุสปริงที่มีค่าการยืดตัวที่สูงอยู่แล้ว จึงทำให้การให้แรงที่มากเกินไปไม่ได้ส่งผลดีต่อลวดสลิงเท่าที่ควร ทั้งนี้ผลการทดสอบ

ดังกล่าว ยังให้ผลไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยของ พงศกร และคณะ (2019) [22-23] ซึ่งพบว่า ภายใต้การเสริมแรงด้วยแรงดึงที่เหมาะสม ส่งผลทำให้กำแพงกันดินอิฐบล็อกนาโนมีเสถียรภาพที่ดีกว่า

ด้านความแข็งเกร็งของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสาน เนื่องจากค่าความแข็งหรืออ่อนตัวของโครงสร้าง สามารถอธิบายผ่านทางค่าความแข็งเกร็ง (Stiffness) ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Elastic modulus (E_{total})) ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยค่าโมดูลัสยืดหยุ่นในแต่ละตัวอย่างทดสอบมีค่าแตกต่างกันเป็นผลมาจากค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบ (Δ_{max}) ที่แตกต่างกันที่ได้จากการทดสอบในแต่ละตัวอย่างทดสอบ และค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I) ของหน้าตัดกำแพงกันดินเสริมแรงด้วยลวดสลิง ในที่นี้ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยมีค่าเท่ากันเนื่องจากขนาดของกำแพงกันดินที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดเท่ากัน ความแข็งเกร็งของกำแพงกันดินจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่กดทับ (P) และแรงเสียดทานของผิววัสดุ โดยน้ำหนักที่กดทับ (P) ได้จากค่าแรงอัดแนวดิ่งจากการทดสอบ และแรงเสียดทานของผิววัสดุซึ่งมีค่าเท่ากัน ดังนั้นความแข็งแรงของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงนั้น จึงขึ้นอยู่กับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Elastic modulus (E_{total})) ดังแสดงในตารางที่ 1

$$\Delta_{max} = \frac{PL^3}{3EI} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 ค่า Elastic modulus (E_{total})

ขนาดแรงดึงการทดสอบ กก.	แรงที่กระทำ (P) กก.	ความยาวของกำแพง (L) ซม.	ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I) ซม.^{4}	ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบ (Δ_{max}) มม.	Elastic modulus (E_{total}) (ksc.)
4.54	247.48	150	4882.82	4.06	140,441
9.07	206.24	150	4882.82	4.27	111,282
13.61	154.68	150	4882.82	4.55	78,325

สรุปและอภิปรายผล

การทดลองการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานเสริมลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 มิลลิเมตร ภายใต้แรงดึงขนาด 4.54 9.07 และ 13.61 กิโลกรัม เกิดการเคลื่อนตัวในแนวราบสูงสุดเท่ากับ 4.06 4.27 และ 4.55 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของโครงสร้างกำแพงกันดินอิฐประสานที่เสริมแรงด้วยลวดสลิงขนาด 4 มิลลิเมตรที่ให้แรงแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 140,441 111,262 และ 78,325 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

จากผลการทดสอบพบกำแพงอิฐบล็อกประสานเสริมแรงด้วยลวดสลิงภายใต้แรงดึงที่เหมาะสม ส่งผลทำให้กำแพงกันดินอิฐบล็อกมีเสถียรภาพที่ดี โครงสร้างสามารถต้านทานการเสียรูปในแนวราบได้ดีขึ้น การเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินลดลง อีกทั้งการก่อสร้างกำแพงกันดินด้วยอิฐบล็อกประสานแบบรอยต่อแห้งนั้นง่าย สะดวก และรวดเร็ว โดยไม่ต้องอาศัยแรงงานฝีมือและเครื่องจักรขนาดใหญ่ ดังนั้นอิฐบล็อกประสานอาจเป็นเป็นวัสดุทางเลือกที่น่าสนใจในงานโครงสร้างกำแพงกันดิน อย่างไรก็ตามการที่กำแพงกันดินอิฐบล็อกประสานที่มีการเสริมลวดสลิงสามารถต้านทานแรงดันดินด้านข้างได้ดี แต่ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าวัสดุและค่าแรงในการดำเนินการมากกว่ากรณีที่ไม่มีการเสริมลวดสลิง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

1. Ketkan W, Khamphala A. A Model of Maximum Pullout Force of Bearing Reinforcement Stabilized on Compacted Sandy Soil. RMUTI Journal Science and Technology. 2010; 3(1): 1-9.
2. Colas AS, Garnier D, Morel JC. Yield Design Modelling of Dry Joint Retaining Structures. Construction and Building Materials. 2013; 41: 912-917.
3. Tanakrit B, Attaphol B, Sorasak S, Pongsagorn P. Strength and Behaviors of Dry-Joint Retaining Nano-Block. Proceedings of the 22 National Convention on Civil Engineering. 2017; 338-345.
4. MSU 602/2547. Community product standard. Thai Industrial Standards Institute, Thailand; 2004.
5. Gao J, Liu L, Zhang Y, Xie X. Deformation Mechanism and Soil Evolution Analysis Based on Different Types Geogrid Reinforced Foundation. Construction and Building Materials. 2022; 331: 127322.
6. Rahmaninezhad SM, Han J. Lateral Facing Deflections of Geosynthetic-Reinforced Retaining Walls Under Footing Loading. Transportation Geotechnics. 2021; 30: 100594.
7. Prongmanee N, Noulmanee A. Properties of Chiang Khruea Lateritic Soil and Their Applications in Civil Engineering. RMUTI Journal Science and Technology. 2020; 13(3): 14-30.
8. Li LH, Yu CD, Xiao HL, Feng WQ, Ma Q, Yin JH. Experimental Study on the Reinforced Fly Ash and Sand Retaining Wall Under Static Load. Construction and Building Materials. 2020; 248: 118678.
9. Arefnia A, Dehghanbanadaki A, Kassim KA. Sustainable Implementation of Recycled Tire-Derived Aggregate as a Lightweight Backfill for Retaining Walls. KSCE Journal of Civil Engineering. 2021; 25(11): 4196-4206.
10. Wang JQ, Zhang LL, Tang Y, Huang SB. Influence of Reinforcement-Arrangements on Dynamic Response of Geogrid-Reinforced Foundation Under Repeated Loading. Construction and Building Materials. 2021; 274: 122093.
11. Liu S, Fan K, Xu Si. Field Study of a Retaining Wall Constructed with Clay-Filled Soilbags. Geotextiles and Geomembranes. 2021; 47(1): 87-94.
12. Villemus B, Morel JC, Boutin C. Experimental Assessment of Dry Stone Retaining Wall Stability on a Rigid Foundation. Engineering Structures. 2007; 29(9): 2124-2132.
13. Bubpi A, Sirisriphet Y, Amornpinyo P, Tho-In T, Yodsiri P, Poungchompu P. Behavior of Nano Block Retaining Walls Reinforced with GFRP Bars. RMUTI Journal Science and Technology. 2022; 15(3): 85-95.
14. Bubpi A, Amornpinyo P, Teerawong J. Comparison of Retaining Walls from Half-Panel Interlocking Bricks with Dry Joints Reinforced with GFRP Material and Stud Steel. RMUTI Journal Science and Technology. 2022; 15(2): 107-117.

15. Nanni A. North American Design Guidelines for Concrete Reinforcement and Strengthening using FRP: Principles, Applications and Unresolved Issues. Construction and Building Materials.2003; 17(6): 439-446.
16. Hamzeh L, Hassanein A, Galal K. Numerical Study on the Seismic Response of GFRP and Steel Reinforced Masonry Shear Walls with Boundary Elements. Structures. 2020; 28: 1946-1964.
17. Ceroni F, Cuzzilla R, Pecce M. Assessment of Performance of Steel and GFRP bars as Injected Anchors in Masonry Walls. Construction and Building Materials. 2016; 123: 78-98.
18. Yang KH, Byun HY, Ashour AF. Shear Strengthening of Continuous Reinforced Concrete T-Beams Using Wire Rope Units. Engineering Structures. 2009; 31(5): 1154-1165.
19. Misnon NA, Giaretton M, Ingham J, Dizhur D. Pull-Out Behaviour of Near Surface Mounted Steel Wire Rope Bonded to Clay-Brick Masonry. Structures. 2021; 29: 119-210.
20. Yang KH, Joo DB, Sim JI, Kang JH. In-Plane Seismic Performance of Unreinforced Masonry Walls Strengthened with Unbonded Prestressed Wire Rope Units. Engineering Structures. 2012; 45: 449-459.
21. Yang KH, Byun HY, Ashour AF. Shear Strengthening of Continuous Reinforced Concrete T-Beams Using Wire Rope Units. Engineering Structures. 2009; 31(5): 1154-1165.
22. Pongsagorn P, Tanakrit B, Attaphol B. Strength and Behaviors od Dry-Joint Retaining Nano-Block. International Journal of Geomate. 2019; 16(54): 42-48.
23. Colas AS, Moral JC, Garnier D. Full-scale field trials to assess dry-stone retaining wall stability. Engineering Structures. 2010; 32(5): 1215-1222.