

การศึกษากำแพงกันดินจากอิฐประสานแบบจุกต่อแห้งเสริมแรงด้วย GFRP STUDY THE RETAINING WALL FROM INTERLOCKING BRICK REINFORCED BY GFRP

อัฒพล บุบพิ ^{1,*}, ยงยุทธ ศิริศรีเพ็ชร¹, สมหมาย สงบาง¹, จริญญา หล้าลุน², พิฤดี ทล่าวทอง² และ วิมลลิน เกื่อนเบา²

¹ อาจารย์สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

² นักศึกษาสาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

*Corresponding author; E-mail address: attaphol009tum@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาแบบจำลองกำแพงกันดิน โดยใช้อิฐประสานเสริมแรงด้วย GFRP, มีวัตถุประสงค์หลัก คือการศึกษาพฤติกรรม การเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงกันดินที่สร้างจาก อิฐประสานในลักษณะก่อครึ่งแผ่นแบบจุกต่อแห้งมี GFRP เสริมแรงที่ 10 ปอนด์ 20 ปอนด์ และ 30 ปอนด์ ขนาดของกำแพงกันดิน กว้าง 2 เมตร สูง 1.6 เมตร ทหนา 0.1 เมตร เสริมแรงด้วย GFRP ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 16 เส้น โดยจำลองให้แรงดันดินด้านข้างผ่านการทรุดตัวของทรายภายในโมเดลเหล็กและมีการวัดการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพง ผลการทดสอบ การเคลื่อนที่ของกำแพงกันดินอิฐประสาน, มีค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบสูงสุดที่ 4.87, 4.42, 3.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ GFRP เป็นวัสดุทางเลือกใหม่สำหรับกำแพงกันดินเนื่องจากรับแรงดึงได้ดีและวัสดุไม่เกิดสนิมเมื่ออยู่ในความชื้นได้ดิน

คำสำคัญ: กำแพงกันดินอิฐประสาน ,เสริมแรง ,ไฟเบอร์กลาส

Abstract

This project was to study the model of retaining wall by used GFRP reinforced in interlocking bricks. The objective to study behavior horizontal displacement of its by dry joint type and tighten by torque wrench at 10, 20, and 30 pounds. It had size is width 2 meters, height 1.6 meters and thickness 0.1 meters, which was reinforced by GFRP with the diameter 12 millimeters used 16 bars in pattern. simulated the lateral soil pressure by settlement of sand in steel mold and measured horizontal displacement values of wall. The result of highest horizontal displacement showed 4.87, 3.82 and 3.25 millimeters respectively, So this concept can be as a new alternative and applied for tensile strength in retaining wall and the material does not become rusty in for used in moisture condition on site.

Keywords: Interlocking brick retaining wall, Reinforce, Fiberglass(GFRP)

1. บทนำ

การก่อสร้างอาคารบ้านเรือน หรือสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ มักจะพบเจอปัญหาการพังทลายของดินอยู่เสมอ อาจเป็นเพราะปัจจุบันมีการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน หรือสิ่งปลูกสร้างที่มีพื้นที่อาศัยอยู่ใกล้แม่น้ำ และมักจะมีการถมดินเพื่อเตรียมในการก่อสร้างอยู่เป็นประจำ เพราะการถมดินเป็นรากฐานเบื้องต้นที่สร้างความมั่นคงให้กับสิ่งที่จะปลูกสร้างต่าง ๆ

กำแพงกันดิน เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยปกป้องรากฐานสำคัญของสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ และจะยังคงถูกนำไปใช้งานอย่างต่อเนื่องทั้งในปัจจุบัน และอนาคตเนื่องจากการก่อสร้างกำแพงกันดินมีความซับซ้อน หากผู้ควบคุมงานมีความชำนาญไม่มากพอจะทำให้เกิดปัญหาตามมา อาทิ การสั่นไหวของกำแพงกันดิน การทรุดตัวของกำแพงกันดิน และการเสถียรของกำแพงกันดิน เป็นต้น อีกทั้งวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการก่อสร้างกำแพงกันดินมีราคาสูง และการก่อสร้างมีความซับซ้อน และการทดสอบของกำแพงกันดินเป็นไป

ยากจึงทำวิธีการทดสอบที่ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายซึ่งได้ผลใกล้เคียงกับข้อเท็จจริง

ทดสอบพฤติกรรมเคลื่อนตัวการเสถียรของกำแพงกันดินจากอิฐประสานสามรูปแบบลักษณะการก่อครึ่งแผ่นแบบเสริมแรงด้วยGFRP ให้แรงโดยประแจปอนด์ที่ 10 ปอนด์ 20 ปอนด์ 30 ปอนด์ ขนาดของกำแพงกันดิน กว้าง 2 เมตร สูง 1.6 เมตร ทหนา 0.1 เมตร ขนาดGFRPเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ยาว 1.55 เมตร จำนวน 16 เส้น โดยเสริมด้วยGFRPห่างกันที่ระยะ 6.25 เซนติเมตร โดยจำลองให้แรงดันดินด้านข้างผ่านการทรุดตัวของทรายภายในโมเดลเหล็ก ทรงกระบอกครึ่งวงกลมตามข้อกำหนดการทรุดตัวที่ยอมให้

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1. ทฤษฎี

กำแพงกันดิน (Retaining Wall) ถือเป็นรูปแบบโครงสร้างที่

ได้รับการออกแบบให้มีความทนทานมากเป็นพิเศษ โดยสร้างขึ้นเพื่อต้านทานแรงดันทางด้านข้างของมวลดิน หรือ ของไหล เช่น โคลน และน้ำ เมื่อมีการก่อสร้าง หรือ สภาพธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไปแล้วทำให้เกิดระดับดินที่ต่างกัน

ชนิดของกำแพงกันดิน

- 1) Gravity Wall
- 2) Piling Wall
- 3) Cantilever Wall
- 4) Anchored Wall
- 5) Diaphragm Wall

2.1.1. การวิบัติของกำแพงกันดิน

การวิบัติของกำแพงกันดินลักษณะการวิบัติของกำแพงกันดินเกิดจากแรงดันดินด้านข้างการวิบัติต่างๆ เกิดจากการกำแพงกันดินไม่เสถียรภาพ เสถียรภาพของกำแพงกันดินมี 2 ลักษณะ คือ

- กำแพงกันดินที่มีเสถียรภาพภายนอก(External stability) ซึ่งหมายถึงกำแพงกันดินตั้งอยู่ในตำแหน่งเดิม
- กำแพงกันดินที่มีเสถียรภาพภายใน โดยที่ต้องสามารถต้านทานความเค้นที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างปราศจากการพังทลาย

2.1.2. อีฐประสาน

อีฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนักหมายถึง อีฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกันห้องหรือก่อส่วนอื่น ตามมาตรฐานของ มพข. 602-2554 [12] อีฐประสานชนิดรับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัล ชนิดไม่รับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5

2.1.3. GFRP (FIBER GLASS)

GFRP (Fiber glass) ผลิตภัณฑ์GFRP เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้วัสดุอื่นเพื่อเสริมความแข็งแรง (มีวัสดุมากกว่า 2 ชนิดมาประสานกัน) วัสดุที่นำมาเสริมแรงให้พลาสติกคือ “ใยแก้ว” ซึ่งมีลักษณะอ่อนนุ่มแต่เหนียว ทนความร้อนได้สูง [11]

ตารางที่ 1 มาตรฐานทั่วไปของ GFRP เลขที่มอก.: 2973-2562 [11]

ขนาดทั่วไป	เส้นผ่านศูนย์กลาง	กำลังดึง	โมดูลัส
มม.	นิ้ว#	มม.	MPa
6	#2	6.35	840
9	#3	9.53	750
12	#4	12.7	685
16	#5	15.88	665
19	#6	19.05	615

ขนาดทั่วไป	เส้นผ่านศูนย์กลาง	กำลังดึง	โมดูลัส
มม.	นิ้ว#	มม.	MPa
22	#7	22.23	585
25	#8	25.4	540
32	#10	31.75	520

2.2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Anne-Sophie Colas et al. (2013) [13]ได้ทำการศึกษา ผลการออกแบบแบบจำลองโครงสร้างกันดินลักษณะจุดต่อแห้ง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ เพื่อศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างกันดินลักษณะจุดต่อแห้ง ประเมินถึงความมั่นคงของโครงสร้างก่อนฝังอิฐที่แห้งขณะมีการถมดิน ใช้อิฐธรรมดาและบล็อกไม่มีการวางบนฐานรากแครงทั้งคู่และใช้ Schneebeli ในการถมแทนดิน ซึ่งมีพฤติกรรมคล้ายกับดิน ระยะในการถมดินจะมีความยาว 65 เซนติเมตร เมื่อมีการถมดินแล้วสิ่งที่พบ คือ โครงสร้างของกำแพงมีการเลื่อนของโครงสร้างน้อยกว่าการพลิกคว่ำและยังมีแรงดันที่เกิดจากแรงเสียดทานของหน้าสัมผัสของแต่ละชั้นส่วนของอิฐด้วย แต่เมื่อเกิดการเลื่อนมาก ๆ จนโครงสร้างมีความลาดชันก็จะมีเสถียรภาพ ซึ่งผู้วิจัยและคณะ ได้สรุปไว้ว่า เสถียรภาพของโครงสร้างกันดินแบบจุดต่อแห้งนี้ ขึ้นอยู่กับ แรงเสียดทานภายในของวัสดุก่อ ความลาดชันของโครงสร้างและรูปทรงของโครงสร้าง

จากผลการศึกษาของ สกล โพธิ์ไทร (2559) [4] ศึกษากำแพงกันดินโดยใช้อิฐประสานที่มีขนาด 12.5x25x10 เซนติเมตร เสริมเหล็กสตัดทำการทดสอบทั้งหมด 3 รอบเพื่อเป็นแนวโน้มการเคลื่อนตัวที่แท้จริงซึ่งค่า Elastic modulus ของกำแพงของรูปแบบก่อครึ่งแผ่นและมีเหล็กเสริมแรง 10 ปอนด์ แรงที่กระทำ156 กิโลกรัม มีค่า Elastic modulus เท่ากับ 13,990 กิโลกรัมต่อตาราง กำแพงรูปแบบ ก่อครึ่งแผ่นและมีเหล็กเสริมแรง 20 ปอนด์ แรงที่กระทำ 232 กิโลกรัม มีค่า Elastic modulus เท่ากับ 20,750 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำแพงของรูปแบบก่อครึ่งแผ่นและมีเหล็กเสริมแรง 30 ปอนด์ แรงที่กระทำ 330 กิโลกรัม มีค่า Elastic modulus เท่ากับ 29,516 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

จากผลการศึกษาของ นายอาทิตย์ อุดมชัย (2556) [17] ศึกษาพฤติกรรมทางกล (การทรุดตัวและการเคลื่อนตัวด้านข้าง) และพฤติกรรมการไหลซึม (เส้นระดับน้ำและความชื้นโดยปริมาตร) แบบเสริมและไม่เสริม Geocomposite โดยใช้ถังทดสอบของแบบจำลองย่อส่วนทำจากเสริมเหล็กขนาดกว้าง 1.4 เมตร ยาว 3.6 เมตร และสูง 1.6 เมตร ผิวด้านในของถังคอนกรีตจะติดแผ่นเหล็กหนา 3 มิลลิเมตร เพื่อลดการดูดซึมของน้ำในผนังคอนกรีตแผ่นคอนกรีตพูนหนา 0.1 เมตร ความสูง 1.6 เมตร และ 0.2 เมตร

ผลการทดสอบพบว่า การเสริม Geocomposite ที่มีความสามารถในการระบายน้ำต่ำกว่า สัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของดินถมส่งผลทางลบต่อพฤติกรรมเชิงกล พฤติกรรมการระบาย น้ำไม่แปรผันกับโมดูลัสยืดหยุ่นของดินถม ดังจะเห็นได้ว่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินถมไม่อิทธิพลต่อความชื้นในมวลดินและเส้นระดับน้ำ ขณะที่โมดูลัสยืดหยุ่นมีอิทธิพลอย่างมากต่อการทรุดตัวของดินถมและการเคลื่อนตัวของด้านข้างของกำแพง เนื่องจากโมดูลัสยืดหยุ่นมีความสัมพันธ์ต่อการต้านทานการเสียรูปของวัสดุ

จากผลการศึกษาของ ธนภฤต บุญญะรัตน์ (2561) [3] ศึกษา กำลังและพฤติกรรมของกำแพงกันดินที่สร้างด้วยอิฐนาโนโดยใช้อิฐบล็อกนาโนสร้างกำแพงกันดินแบบมีสมอรั้งแทนการก่อสร้างกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กจากการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินจากอิฐบล็อกนาโนได้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ 5 รูปแบบการทดสอบ คือกำแพงกันดินอิฐบล็อกนาโนแบบ ก่อครึ่งแผ่นมีการเคลื่อนตัวในแนวราบสูงสุด โดยถ้าเพิ่มเสถียรภาพให้กับกำแพงกันดินอิฐบล็อกนาโนด้วยเหล็กเสริมแรงที่ 1.38 , 2.77 และ 4.15 กิโลกรัม-เมตร จะมีการเคลื่อนตัวในแนวราบน้อยลงตามลำดับและกำแพงกันดินที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือกำแพงกันดิน อิฐบล็อกนาโนเหล็กเสริมแรง 1.38 กิโลกรัมเมตร มีสมอยึดรั้งพิจารณาจากเคลื่อนตัวในแนวราบที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2.9 มิลลิเมตร เนื่องจากการใช้เหล็กเสริมแรงร่วมกับสมอยึดรั้งนั้นจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้กับกำแพงกันดินอิฐบล็อกนาโนต้านทานแรงดันดินด้านข้างได้ดี

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1. ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย

- เตรียมชุดทดสอบ GFRP เสริมแรง ขนาด 12 มิลลิเมตร จำนวน 16 เส้น ยาวตลอดแนวมีความสูง 1.60 เมตร โดยมีเหล็กสตัดต่อเกลียวหัว-ท้าย เพื่อขันแรงให้กำลังภายในของอิฐประสานโดยใช้ประแจปอนด์

- ทำการชั่งน้ำหนักทราย 13 กิโลกรัม และเติมทรายทุกสองชั้น โดยใช้เหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร กระทุ้ง 25 ครั้งจนถึงชั้นสุดท้าย

- เริ่มดันให้แรงที่ 10 ปอนด์, 20 ปอนด์ และ 30 ปอนด์ตามลำดับ

- ติดตั้ง Hydraulic Jack และ Dial Gauge วัดการทรุดตัวของทรายในแนวตั้ง 2 ตัว

- ติดตั้ง Dial Gauge วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงจำนวน 8 ตัว ที่ระดับ 0.05, 0.25, 0.45, 0.65, 0.85, 1.05, 1.25 และ 1.45 เมตรตามลำดับ โดยกำหนดให้ตำแหน่งบนสุดของกำแพงเป็น 0.00 เมตร

3.2. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1. อิฐประสาน

กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 12.5x25x10 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1 อิฐประสาน

3.2.2. ทราย



รูปที่ 3.2 ทราย

3.2.3. เหล็ก GFRP

เหล็กเสริมกำลังภายในโครงสร้างกำแพงกันดินอิฐประสานครั้งนี้ใช้ GFRP ในการเสริมแรง เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3 GFRP

ทำการให้น้ำหนักเป็นขั้นๆ และแต่ละขั้นกำหนดที่การทรุดตัวของทรายถมที่ 1 มิลลิเมตร และทำการบันทึกผลการเคลื่อนตัวแนวราบของกำแพงอิฐประสาน



รูปที่ 3.4 ทดสอบกำแพงกันดินเสริมแรง GFRP

ทำการทดสอบไปค่าการทรุดตัวของทรายเป็นถึง 25 มิลลิเมตร และทำการบันทึกผลการเคลื่อนตัวแนวราบสูงสุดของกำแพงอิฐประสาน

ทำการทดสอบทั้งหมด 3 รอบเพื่อเป็นข้อมูลแนวโน้มการเคลื่อนตัวที่แท้จริง

นำข้อมูลทั้งหมดมาสร้างกราฟและวิเคราะห์ผล

4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบของวัสดุเกี่ยวข้องกับกำแพงกันดินในห้องปฏิบัติการ

4.1. อิฐประสาน

น้ำหนักต่อก้อนประมาณ 5.1 กิโลกรัม กำลังต้านทานแรงอัดได้ค่า 8.05 เมกะพาสคัล

4.2. ทราย

มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ $FM=1.78$ มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,495 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

4.3. GFRP

ข้อมูลตัวอย่างของ GFRP ที่นำมาใช้ในการทดสอบ ดังรูป

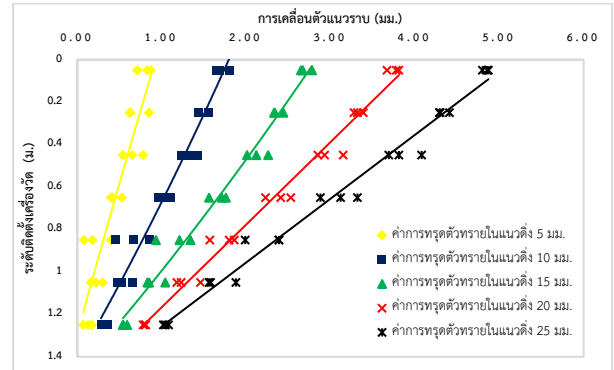
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการทดสอบ GFRP

รายการ	ตัวอย่าง GFRP		
	1	2	3
พื้นที่หน้าตัด (cm ²)	1.13	1.13	1.13
Yields Point (kg)	8661.50	9037.51	8858.65
Yield Stress (ksc.)	7665.04	7997.79	2952.88
Breaking strength (kg)	4237.96	8954.31	7865.76
Ultimater Strength (kg)	10,223.09	11,112.28	10,830.44

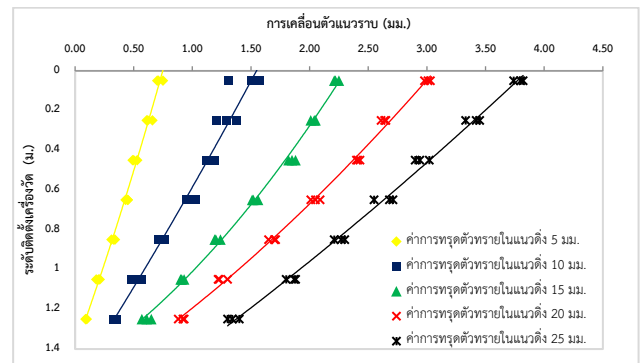
รายการ	ตัวอย่าง GFRP		
	1	2	3
Maximum Stress (ksc.)	9046.98	9833.88	9584.46
Percent Elongation	52.5%	52.7%	52.9%

จากการทดสอบพฤติกรรมการรับแรงดันด้านข้างของกำแพงกัน

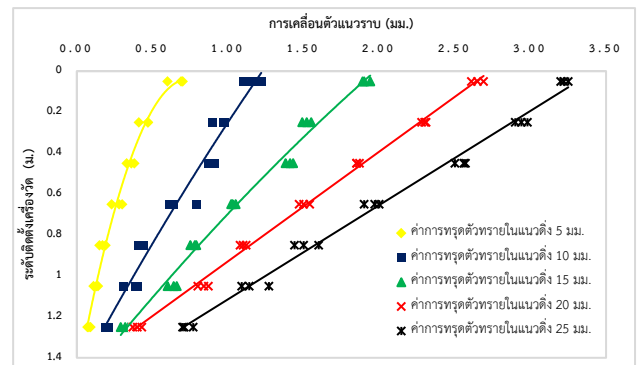
ดินรูปแบบการก่อสร้าง แผ่นแบบมี GFRP เสริมแรง



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐประสานเสริมแรงด้วย GFRP ให้แรงที่ 10 ปอนด์



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐประสานเสริมแรงด้วย GFRP ให้แรงที่ 20 ปอนด์



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ในแนวราบของกำแพงกันดินอิฐประสานเสริมแรงด้วย GFRP ให้แรงที่ 30 ปอนด์

5. สรุปผลการทดลอง

กำแพงกันดินอิฐประสานแบบก่อครึ่งแผ่นเสริมแรงด้วย GFRP ให้แรงที่ 10 ปอนด์ มีการเคลื่อนตัวมากที่สุดเท่ากับ 4.87 มิลลิเมตร

กำแพงกันดินอิฐประสานแบบก่อครึ่งแผ่นเสริมแรงด้วย GFRP ให้แรงที่ 20 ปอนด์ มีการเคลื่อนตัวมากที่สุดเท่ากับ 3.82 มิลลิเมตร

กำแพงกันดินอิฐประสานแบบก่อครึ่งแผ่นเสริมแรงด้วย GFRP ให้แรงที่ 30 ปอนด์ มีการเคลื่อนตัวมากที่สุดเท่ากับ 3.25 มิลลิเมตร

เนื่องจาก GFRP รับแรงดึงได้สูงและไม่เป็นสนิมจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของวัสดุเสริมแรงในการก่อสร้างกำแพงกันดิน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนต้องขอขอบคุณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น อาจารย์ผู้ร่วมงานวิจัยและนักศึกษาคณะวิศวกรรมโยธา ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำวิจัยฉบับนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กำแพงกันดินและเข็มพืด, 2552. วิศวกรรมฐานราก. พิมพ์ครั้งที่ 3 เชียงใหม่: บริษัทโรงช่าง พรินต์ติ้ง จำกัด.
- [2] แรงดันด้านข้างของดิน. 2552. วิศวกรรมฐานราก. พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพฯ: บริษัทโพธิ์เพชร.
- [3] ธนกฤต บุญธรรมรัตน์, 2560. กำแพงและพฤติกรรมของกำแพงกันดินที่สร้างด้วยอิฐนาโน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น.
- [4] สกล โพธิ์ไทร, 2559. การศึกษาพฤติกรรมของกำแพงกันดินจากอิฐประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น.
- [5] ณรงค์ ทัศนนิพันธ์, 2550. การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินที่เกิดจากการขุดดินเพื่อก่อสร้างห้องใต้ดิน. 16 (พฤษภาคม 2550).
- [6] นายเชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒน์พงศ์, 2553. การศึกษาพฤติกรรมของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบบทวน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [7] ศลิษา ไชยพุทธ, 2561. พฤติกรรมการเคลื่อนตัวของกำแพงเข็มพืดจากอิทธิพลของอาคารข้างเคียง. วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- [8] สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2552. หนังสือวิศวกรรมฐานราก. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แมคโครฮิล. [9] สำนักวิจัยและพัฒนาการทาง. 2550. ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างพื้นฐานที่สามารถนำมาใช้เป็นกำแพงกันดิน. เข้าถึงได้จาก: <http://www.winti.pte.co.th>. 25 สิงหาคม 2558. AKANEK.com., 2556.
- [9] ยิ่งยศ มิ่งมณี. “กำลังอัดของเสาไม้ที่เสริมกำลังด้วยเส้นใยไฟเบอร์กลาส (2561).
- [10] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐาน GFRP. www.tisi.go.th. 2537 และครั้งที่ 1 มา : https://www.tisi.go.th/website/standardlist/list_measures สืบค้นเมื่อ 2 มกราคม 2564
- [11] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.อิฐบล็อกประสาน.[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:<https://law.resource.org>
- [12] Anne-Sophie Colas, 2016. การออกแบบแบบจำลองผลผลิตของโครงสร้างยึดข้อต่อแบบแห้ง วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต Universite Gustave Eiffel
- [13] Liyan Wang, 2015. การตอบสนอง.Geogrid.ต่อกำแพงกันดินกับทรายอิมตัวด้านทานต่อแผ่นดินไหว วิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมโยธาและสถาปัตยกรรม Jiangsu University of Science and Technology, 212003, Zhenjiang, China
- [14] J.C. Morel et al. (2007) การทดลองประเมินเสถียรภาพกำแพงกันดินที่สร้างด้วยหินแห่งที่วางบนฐานรากแข็งแรง วิทยานิพนธ์ Structures du Genie Civil (CNRS, UMR 113), Universite de Paris-Est
- [15] Kang He. (2020) การวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการรับน้ำหนักแนวตั้งของคอนกรีตทรงกลมที่เติมเสา GFRP แบบคดเคี้ยวหลังจากเกิดการกระแทกด้านข้าง วิทยานิพนธ์ National Natural Science Foundation of China
- [16] อาทิตย์ อุดมชัย (2556) การทดสอบแบบจำลองทางกายภาพของกำแพงกันดินเสริมกำลังที่ใช้วัสดุใยสังเคราะห์ เป็นระบบระบายน้ำภายใต้สภาวะการไหล วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี