อิทธิพลของความเข้มข้นของโพลีเอทิลีนไกลคอลต่อกำลังอัดของคอนกรีต
Effect of polyethylene glycol concentrations on compressive strength of concrete

ณัชพล บุญเรืองศรี1 และ เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์2*

[1,2] *สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา*
**Corresponding author; E-mail address: Nuchapal.bo@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอล (FH โดยใช้ความเข้มข้นของโพลีเอทิลีนไกลคอล (FH ร้อยละ 2.5- 5- 7.5 และ 10 ค่ากำลังอัดของคอนกรีตควบคุมเท่ากับ 320 ltd ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง งานวิจัยนี้ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอลที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ค่ายุบตัวเมื่อใส่สาร FH จะได้ค่ายุบตัวเท่ากับ 3- 3- 5.5- 6 และ 12 เซนติเมตร และความเข้มข้นเท่ากับ 0- 2.5- 5- 7.5 และ 10% ตามลำดับ และหน่วยน้ำหนักคอนกรีตที่อายุ 28 วันและความเข้มข้นเท่ากับ 0- 2.5- 5- 7.5 และ 10% ของวัสดุ FH มีค่าเท่ากับ 2446- 2448- 2363- 2405 และ 2328 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ คอนกรีตที่อายุ 7 วัน และความเข้มข้นเท่ากับ 0- 2.5- 5- 7.5 และ 10% ของวัสดุ FH มีค่าเท่ากับ 304- 254- 227- 211- 180 ltd ตามลำดับ และคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 432- 321- 292- 212 และ 196 ltd ตามลำดับ

คำสำคัญ: คอนกรีต- พอลิเมอร์- โพลีเอทิลีนไกลคอล

Abstract

Ui jt sftfbsdi fybn jofe uif dpn sfttjwf tusfohui pg prmzfui zrnhof hrnzdpm) FH n pejgjfe dpodsfuf vtjoh prmzfui zrnhof hrnzdpm) FH dpodfousbujpot pg 3,6- 6- 8,6 boe 21 fsdfou/Uif dpn sfttjwf tusfohui pg uif dpouspmfe dpodsfuf jt 431 ltd bddpsejoh up uif tuboebset pg uif Ef bsun fou pg Ijhixbzt/ Uif tuvez uftufe uif dpn sfttjwf tusfohui pg dpodsfuf n pejgjfe x jui prmzfui zrnhof hrnzdpmbu 8 boe 39 ebzt dvsjoh/Uif dpmb tf wbnxft xifo FH xfsf b njfe zjfrefe uif dpmb tf wbnxft pg 4- 4- 6,6- 7 boe 23 dn - boe uif dpodfousbujpot xfsf 1- 3,6- 6- 8,6 boe 21 - sft fdujwfnz- boe uif dpodsfuf xfjhiuvojubu 39 ebzt boe uif dpodfousbujpo/Uif wbnxft pg 1- 3,6- 6- 8,6 boe 21 pg FH n bufsjbmxfsf 3557- 3559- 3474- 3516 boe 3439 lh0n 4- sft fdujwfnz/Dpodsfuf bu 8 ebzt pg bhf boe dpodfousbujpot xfsf 1- 3,6- 6- 8,6 boe 21/ pg FH n bufsjbmxfsf 415- 365- 338- 322- 291 ltd- sft fdujwfnz- boe dpodsfuf bu 39 ebzt xbt 543- 432- 3: 3- 323 boe 2: 7 ltd- sft fdujwfnz.

Lfzxpset Dpodsfuf - prnzn fs- prmzfui zrnhof hrnzdpm

1. คำนำ

วัสดุหลักที่ใช้เป็นส่วนประกอบโครงสร้างถนนภายในประเทศไทยส่วนใหญ่ คือ คอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีราคาถูก มีความทนทานสูงเทหล่อและขึ้นรูปได้ง่ายและสะดวก อีกทั้งยังใช้ประกอบกับวัสดุอื่นๆ เช่น เหล็กเสริม จนได้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความสามารถในการรับแรงได้ดี คอนกรีตจึงกลายเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยความสามารถในการรับแรงอัด แรงดึง แรงดัด ของคอนกรีตนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุผสม และอัตราส่วนผสมที่เลือกใช้ทั่วไปวัสดุผสมของคอนกรีตจะประกอบไปด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย หิน และน้ำ ในบางครั้งอาจใช้สารผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

พอลิเมอร์(prnzn fs เป็นวัสดุสังเคราะห์เกิดจากกระบวนการรวมโมเลกุลขนาดเล็กเข้าด้วยกัน จึงทำให้มีความยืดหยุ่นและยึดเกาะตัวกันได้ดี [1]- 2] ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เด่นของวัสดุพอลิเมอร์ อีกทั้งยังมีราคาต่ำ และถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรมเกือบทุกชนิด Bn jo fu bnt 3] ศึกษาคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตผสม FH พบว่า FH ส่งผลให้กำลังอัดของตัวอย่างสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผสม FH เนื่องจาก FH ช่วยลดการระเหยของน้ำจากคอนกรีตและเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุพอลิเมอร์เพื่อนำมาปรับปรุงกำลังอัดของคอนกรีต เพื่อประยุกต์ใช้ในงานถนน โดยวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ โพลีเอทิลีนไกลคอล (FH โดยพิจารณาตัวแปรควบคุม ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลาย และอายุบ่ม นำไปทดสอบการรับกำลังอัดเพื่อเปรียบเทียบกับผลทดสอบคอนกรีตที่ไม่ผสมพอลิเมอร์ตามมาตรฐานกรมทางหลวง (ค่ายุบตัวของคอนกรีตสด 5 2 และกำลังอัดไม่น้อยกว่า 325 กิโลกรมต่อตารางเซนติเมตร) [4]

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ตัวอย่างวัสดุทดสอบ

2.1.1 มวลรวมละเอียด

มวลรวมละเอียดหรือทรายที่ใช้ในการทดสอบเป็นทรายแม่น้ำธรรมชาติ ได้มาจากบ่อทรายพิมายทรายทอง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาทำการล้างน้ำเพื่อเอาส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ ดินเหนียวและสิ่งเจือปนอื่นๆออก แล้วนำมาอบแห้งและนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4

2.1.2 มวลรวมหยาบ

มวลรวมหยาบหรือหินเป็นหินปูนขาวที่ได้มาจากโรงโม่หินศิลาพรพิรุณ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ใช้มวลรวมหยาบเป็นขนาดคละโดยใช้หินเบอร์ 3/8และ3/4 นำมาหาขนาดคละโดยใช้มาตรฐาน ทล.-ท.204[5] คือหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง ส่วนขนาดใหญ่สุดของ

มวลรวมที่ใช้ควรมีขนาดไม่เกิน 1 ใน 5 ของส่วนที่บางสุดของโครงสร้างและต้องไม่เกิน 3 ใน 4 ของช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

คุณสมบัติทางกายภาพ	มวลรวมละเอียด	มวลรวมหยาบ
ค่าโมดูลัสความละเอียด	2.68	-
ความถ่วงจำเพาะ	3.76	3.81

2.1.3 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน BTUN D.150 [6]ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.15 คุณสมบัติทางเคมีแสดงในตารางที่ 2 ผลรวมของปริมาณธาตุ TJP 2- BnP 3 และ Gf 2P 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ30.23 และ DbP มีปริมาณร้อยละ 61.62

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

องค์ประกอบทางเคมี **(%)**	ปูนซีเมนต์
TJ 3	33.41
Bng 4	5.34
Gf 3P 4	4.81
DbP	72.73
TP 4	5.73
L 3P	1.51
UJ 3	1.37
N oP 3	1.17
N hP	3.32
MP m	9.2

2.1.4 โพลีเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol, PEG)

โพลีเอทิลีนไกลคอล ชนิด 4000 (FH 4000) เป็นกลุ่มของโพลีเมอร์เอทิลีนออกไซด์สังเคราะห์ มีลักษณะเป็นเกล็ดขนาด 1.00-15.00 มิลลิเมตร มีจุดหลอมเหลวประมาณ 57.5 องศาเซลเซียส [7] มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.12 [8] แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โพลีเอทิลีนไกลคอล (prpfui zrfnof hrpdpm FH

2.2 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

การออกแบบ ส่วนผสมคอนกรีต ตามมาตรฐาน BDJ211.1-91 [9] ดังแสดงในตารางที่ 3 งานวิจัยนี้ใช้ความเข้มข้นของ FH เท่ากับ 2.5- 5- 7.5- และ 10 ของปริมาตรน้ำ โดยใช้ระยะเวลาผสมประมาณ 5 นาทีหรือจนกระทั่งส่วนผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ตารางที่ 3 การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต

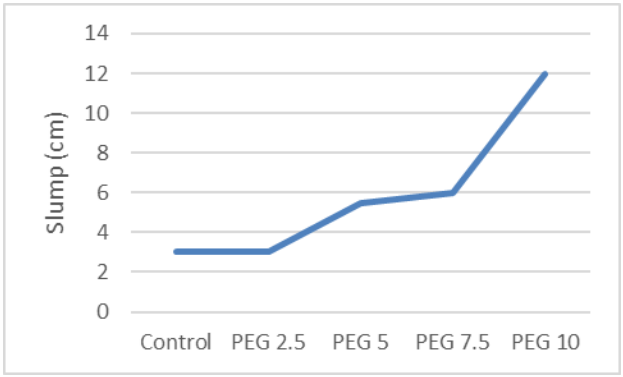
วัสดุผสม	(กก./ลบ.ม.)
ปูนซีเมนต์	496
ทราย	6: 9
หิน	2295
น้ำ	296
x 0d	1.59

เมื่อได้สารละลาย FH ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แล้ว ผู้วิจัยจึงเริ่มเตรียมตัวอย่างคอนกรีตผสมสารละลาย FH โดยการนำมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบมาใส่ในเครื่องโม่คอนกรีตและผสมจนเข้ากัน จากนั้นนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ใส่ลงไปในส่วนผสม และผสมให้เข้ากันเป็นเวลาประมาณ 5 นาที นำสารละลาย FH ใส่ลงไปในส่วนผสมแล้วผสมต่อจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำคอนกรีตผสมสารละลาย FH มาหาค่ายุบตัว ตามมาตรฐาน BTUN D143 [10] พร้อมทั้งนำตัวอย่างเทในแบบ Dznjoefs ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร แล้วบ่มตัวอย่างไว้ในแบบหล่อประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นแกะตัวอย่างออกจากแบบหล่อ แล้วจึงนำมาบ่มในน้ำ [11] เป็นระยะเวลา 7 และ 28 วัน เมื่อได้อายุบ่มตามที่ต้องการแล้ว ตัวอย่างถูกนำไปทดสอบกำลังอัด (dpn sfttjwf tusfohui ตามมาตรฐาน BTUN D 39 [12] และเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังอัดกับมาตรฐานกรมทางหลวง ซึ่งคอนกรีตต้องมีกำลังต้านทานแรงอัดประลัยไม่น้อยกว่า 325 ltd ที่อายุบ่ม 28 วัน และมีค่ายุบตัวระหว่าง 5 2 เซนติเมตร

3. ผลการทดสอบ

3.1 การยุบตัวคอนกรีตผสมโพลีเอทิลีนไกลคอล

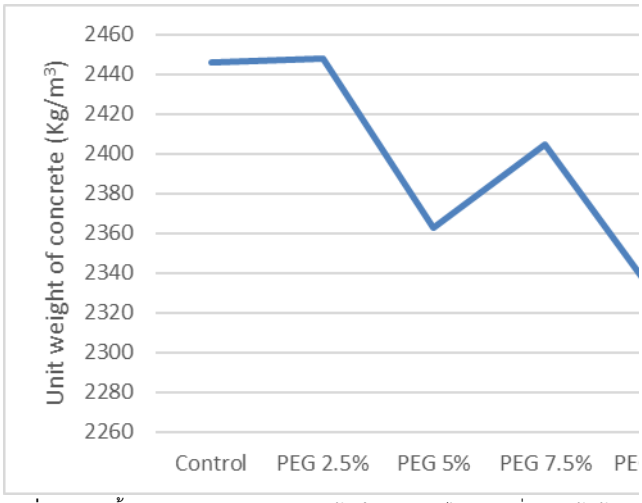
รูปที่ 2 แสดงค่าการยุบตัวของคอนกรีตผสมสารละลาย FH ที่ความเข้มข้นของ FH เท่ากับ 2.5- 5- 7.5- และ 10 ของปริมาตรน้ำ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ FH ที่เพิ่มขึ้น ค่ายุบตัวสูงสุดของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าเท่ากับ 12 เซนติเมตร สำหรับความเข้มข้นของ FH เท่ากับ 10 ของปริมาตรน้ำ ค่าการยุบตัวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสารละลาย FH เข้าไปเคลือบผิวของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด ซึ่งส่งผลให้แรงเสียดทานระหว่างมวลรวมลดลง [13] จากมาตรฐานกรมทางหลวง ซึ่งระบุค่ายุบตัวของคอนกรีตสำหรับผิวทางถนนคอนกรีตไว้ไม่น้อยกว่า 5 2 เซนติเมตร พบว่า ความเข้มข้นของ FH ที่เหมาะสมของคอนกรีตผสมสารละลาย FH ควรมีค่าไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร ซึ่งให้ค่าการยุบตัวเท่ากับ 6 เซนติเมตร



รูปที่ 2 ค่ายุบตัวของคอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอลที่ความเข้มข้นเท่ากับ 2.5- 5- 7.5 และ 10

3.2 หน่วยน้ำหนักคอนกรีตผสมโพลีเอทิลีนไกลคอล

รูปที่ 3 แสดงหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปรับปรุงด้วย FH ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 2.5- 5- 7.5 และ 10 พบว่าคอนกรีตปกติมีค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 2446 l h0n ^{3} หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปรับปรุงด้วย FH มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของ FH หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปรับปรุงด้วย FH ลดลงร้อยละ 100- : 7- : 9- และ 95 สำหรับความเข้มข้น FH เท่ากับ 2.5- 5- 7.5 และ 10 เนื่องจากสารโพลีเอทิลีนไกลคอลเข้าไปเติมเต็มช่องว่างระหว่างมวลรวมได้น้อยนั้นจะทำให้หน่วยน้ำหนักลดลงมาตามไปด้วย 14]

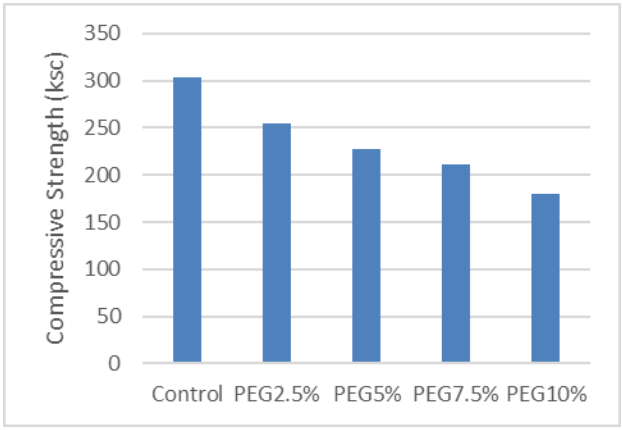


รูปที่ 3 หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอลที่ความเข้มข้นเท่ากับ 2.5- 5- 7.5 และ 10

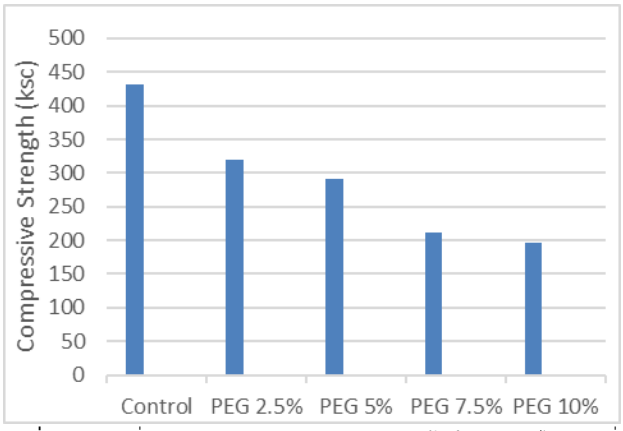
3.3 กำลังอัดของคอนกรีตผสมโพลีเอทิลีนไกลคอล

รูปที่ 4 และ 5 แสดงกำลังอัดที่อายุบ่ม 7 และ 28 วันของคอนกรีตผสมสารละลาย FH ที่ความเข้มข้นของ FH เท่ากับ 2.5- 5- 7.5- และ 10 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดที่อายุบ่ม 7 และ 28 วันของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ FH ยกตัวอย่างเช่น กำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วันของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าเท่ากับ 432- 320- 291- 211 และ 196 l td สำหรับความเข้มข้นของ FH เท่ากับ 2.5- 5- 7.5- และ 10 ตามลำดับ กำลังอัดที่ลดลงเนื่องจากสารละลาย FH ขัดขวางการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น 15] อีกทั้งปริมาณสารละลาย FH ที่มากเกินไปจะเข้าไปเคลือบผิวของมวลรวม ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการขัดตัวกันลดลง

อิทธิพลของอาบุบ่มต่อกำลังอัดของคอนกรีตผสมสารละลาย FH แสดงในรูปที่ 5 และ 6 พบว่า กำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วันของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าสูงกว่ากำลังอัดที่อายุบ่ม 7 วัน ประมาณร้อยละ 9 ถึง 29 กำลังที่สูงกว่านี้เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากการบ่มตัวอย่างในน้ำ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังอัดกับมาตรฐานกรมทางหลวง ซึ่งระบุคอนกรีตต้องมีกำลังต้านทานแรงอัดประลัยไม่น้อยกว่า 325 l td ที่อายุบ่ม 28 วัน พบว่าคอนกรีตผสมสารละลาย FH สำหรับทุกความเข้มข้นของสารละลาย FH ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง ซึ่งมีค่ากำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วัน เท่ากับ 325 l td



รูปที่ 4 กำลังอัดที่อายุบ่ม 7 วัน ของคอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอลที่ความเข้มข้นเท่ากับ 2.5- 5- 7.5 และ 10



รูปที่ 5 กำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วัน ของคอนกรีตปรับปรุงด้วยโพลีเอทิลีนไกลคอลที่ความเข้มข้นเท่ากับ 2.5- 5- 7.5 และ 10

4. บทสรุป

บทความนี้ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของโพลีเอทิลีนไกลคอลต่อกำลังอัดของคอนกรีต ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ FH ที่เพิ่มขึ้น ค่ายุบตัวสูงสุดของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าเท่ากับ 12 เซนติเมตร สำหรับความเข้มข้นของ FH เท่ากับ 10 ของปริมาตรน้ำ

3. กำลังอัดที่อายุบ่ม 7 และ 28 วันของคอนกรีตผสมสารละลาย FH มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ FH เนื่องจากสารละลาย FH ขัดขวางการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น อีกทั้งปริมาณ

สารละลาย FH ที่มากเกินไปจะเข้าไปเคลือบผิวของมวลรวม ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการขัดตัวกันลดลง

4. คอนกรีตผสมสารละลาย FH สำหรับทุกความเข้มข้นของสารละลาย FH ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง ซึ่งมีค่ากำลังอัดที่อายุบ่ม 28 วัน เท่ากับ 325 ltd

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการทดสอบและการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

2 Njsbcbcbfj- N/ Bsvmbkbi - B/ boe Pvtupo- N/)3128/ pnzn fst gps tubcjnjbujpo pg tpgu drbz tpjsth/ spdfeJo Fohjoff sjoh- 29: - /36.43/

3 Njsbcbcbfj- N/ Bsvmbkbi - B/ Ips jcvnbvl - T/ Tpmdoj- B/ boe Libzbu- O/)3129 /Tubcjnjbujpo pg tpgu drbz vtjoh tipsu gjcfs boe pnz wjozm bndpipm/ Hfpufyujnft boe Hfpnfncsbofst- 57- /757.766/

4 N/ Bnjo- B/ [fzbe- C/B/ Ubzfi - JT/ Bhxb- Fohjoff sjoh sp fsujft pg tfnjdvsfe opsnbmboe iJhi tusfohui dpodsfuf spevdfe vtjoh pnzfui zmfof hnzdpmboe pspvt dfsbn jdxbtuf bt dpbstf bhhsfhbuf - Dpotus/Cvjme/Nbufs/33:)3132/

5 Bnfsjdbo Tpdjfuz gps Uftujoh boe Nbufsjbmt - BoovbmCppl pg BTUN Tuboebset - BTUN Eftjhobujpo D 42.96 - D 2: 3.92/

6 Uif B nfsjdbo Bttpdjbujpo pg Tubuf I Jhixbz Pggjdjbmt/ Tuboebse T fdjgjdbujpo gps I Jhixbz Nbufsjbmt boe Nfuipet pg Tbnqjoh boe Uftujoh- bsu 1-BBTHTUP Eftjhobujpo N80-87 (1995).

7 Bnfsjdbo Tpdjfuz gps Uftujoh boe Nbufsjbm)2002). BTUN D109. Tuboebse uftu nfuipe gps dpn sfttjwf tusfohui pg izesbvnjdd fnfoun psubst/BTUN Jbufsobujpobm/

8 ธิดารัตน์ สุทธิภาศิลป์ และ ปิติ สุคนธสุขกุล (2561). การศึกษาคุณสมบัติการกักเก็บความร้อนของมอร์ตาร์ปูนฉาบผสมวัสดุเปลี่ยนสถานะประเภทพาราฟินและโพลีเอทิลีนไกลคอล. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระเกล้า- ปีที่ 28- ฉบับที่ 2- หน้า 341-352.

9 U/ Zbpxbsbu- T/ Ips jcvnbvl - B/ Bsvmbkbi - N/ Njsbcbcbfj- B/TJB/ Sbtijf- Dpn sfttjwf boe gnfyvsbm tusfohui pg pnzwjozm bndpipmn pejgjfe bwfnfou dpodsfuf vtjoh sfdzdmfe dpodsfuf bhhsfhbuf t- K/Nbufs/Djw/Foh/)2017).

: Tuboebse sbujdf gps Tfnfdujoh sp psujpot gps Opsnbm-Ifbwzx fJhiu boe Nbtt Dpodsfuf/

21 Tuboebse Uftu Nfuipe pg TMVN PG PSUMBOE DFNFOU DPODSFUF

22 รัฐพล สมนา (2556) ความต้านทานคลอไรด์ของคอนกรีตผสมเถ้าถ่านหินที่บ่มในสภาวะที่แตกต่างกัน รายงานการวิจัยสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

23 Tuboebse Uftu Nfuipe gps Dpn sfttjwf Tusfohui pg Dzmjoesjdbm Dpodsfuf T fdjn fot.

24 F/ Lob fo- E/KD/ bo Hfnfsu- d/ Sftfbsdi - Dfnfou izesbujpo boe n jdsptusvduvsf gpsn bujpo jo uif sftfodf pg xbufs.tpnvcmfn pnzn fst- 39(1) (2009) 6-13.

25 บุรฉัตร ฉัตรวีระ - สุธี จริยธีรเวช และ ณัฏฐ์ มากุล)3663 คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้นผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย วารสารวิจัยและพัฒนา พระจอมเกล้าธนบุรี- ปีที่ 32- ฉบับที่ 1- หน้า 66-67.

26 B/Bmbi wfse j- L/LJbo vs- N/S/Nphi cfnjn Fggfdu pg pnzwjozm bndpipmpo gnfyvsbmtusfohui boe tpnf jn psubou iztdabm sp fsujft pg psubnboe dfnfou btuf- Jbo/K/Nbufs/Tdj/Foh/8)2)3121 2 7.