อิทธิพลของเถ้าขยะต่อกำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานผสมปูนซีเมนต์

Effect of Waste Ash on Compressive Strength of Marginal Lateritic Soil Mixed with Cement

เชาวรินทร์ เชียรพิมาย[1], เสริมศักดิ์ ติยะแสงทอง[2], เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์[3], วิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง[4], นันทชัย ชูศิลป์[5] และ จุฑามาศ ลักษณะกิจ[6]

[1,2,3] *หน่วยวิจัยเทคโนโลยีโครงสร้างพื้นฐานและการขนส่งทางราง สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน*

[4,5,6] *สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*

E-mail address: jamebangpu_vmp@hotmail.com, cherdsak.su@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ และเถ้าขยะ ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานได้จากบ่อลูกรัง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา เถ้าขยะได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ (Waste to Energy Power Plant) จังหวัดสงขลา งานวิจัยนี้ใช้ปริมาณวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์ และเถ้าขยะ) เท่ากับร้อยละ 0 1 3 และ 5 โดยน้ำหนักดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขยะเท่ากับ 100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 ปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.8OWC 1.0OWC และ 1.2OWC (OWC คือปริมาณความชื้นที่เหมาะสม) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดแช่น้ำที่อายุบ่ม 7 วัน ของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ และเถ้าขยะ มีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าขยะที่เพิ่มขึ้น อัตราส่วนที่เหมาะสมดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ และเถ้าขยะพบที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขยะเท่ากับ 80:20 และปริมาณความชื้นเท่ากับ 1.0OWC

คำสำคัญ: กำลังอัด, ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน, ปูนซีเมนต์, เถ้าขยะ

Abstract

This research investigated compressive strength of marginal lateritic soil improved by cement and waste ash. Marginal lateritic soil was obtained from borrow pit, Chaloem Phra Kiat District, Nakhon Ratchasima. Waste ash obtained from Waste to Energy Power Plant, Songkhla. Binder (cement:waste ash) contents of 0, 1, 3 and 5, cement:waste ash ratios of 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25 and 70:30 and water content of 0.8OWC, 1.0OWC and 1.2OWC (Optimal Water Content, OWC). It can be seen that 7-day soaking compressive strength of marginal lateritic soil improved by cement and waste ash increased as waste ash content. The optimum ingredient of marginal lateritic soil improved by cement and waste ash was found at cement:waste ash ratios of 80:20 and water content of 1.0OWC

Keywords: Compressive Strength, Marginal Lateritic Soil, Cement, Waste Ash

1. บทนำ

ในช่วงที่ผ่านมาประเทศไทยมีการขนส่งสินค้าทางถนนร้อยละ 87.50 การขนส่งทางรถไฟร้อยละ 1.40 และการขนส่งทางน้ำร้อยละ 11.08 ตามลำดับ [1] จากข้อมูลข้างต้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางถนนของประเทศมีความสำคัญอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงสร้างพื้นฐานทางถนนในความดูแลของกรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท ทางพิเศษของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นระยะทาง 66,940 47,916 207.90 และ 352,157 กิโลเมตร ตามลำดับ [1] โครงสร้างพื้นฐานทางถนนประกอบไปด้วยผิวทาง ชั้นพื้นทาง ชั้นรองพื้นทาง และวัสดุดินเดิม วัสดุรองพื้นทางที่นิยมใช้ในประเทศไทยคือดินลูกรัง ในปัจจุบัน ดินลูกรังที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบทมีจำนวนลดน้อยลง

จากปัญหาการขาดแคลนวัสดุดังกล่าว ปัจจุบันกรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท ได้มีการประยุกต์ใช้ปูนซีเมนต์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมด้านกำลังอัดของวัสดุที่ไม่ผ่านมาตรฐาน เช่น ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน และหินผุ วิธีดังกล่าวเรียกว่า “Soil Cement” อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งทำให้เกิดปัญหาโลกร้อน [2-5]

เถ้าขยะ (Waste Ash) ในปัจจุบันประชาชนชาวไทยสามารถสร้างขยะได้มากถึงเฉลี่ย 14 ล้านตันต่อปี ซึ่งเป็นปัญหาในการกำจัดขยะ ซึ่งความสามารถในการจำกัดขยะในประเทศไทยมีไม่เพียงพอจึงทำให้เกิดปริมาณมูลฝอยตกค้างตามสถานที่ต่าง ๆ พบเห็นได้ทั่วไป เช่น น้ำเสีย มลพิษทางอากาศ เป็นต้น ซึ่งปัญหาการทิ้งขว้างขยะนั้นพบเห็นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีบางหน่วยงานนำขยะที่ทิ้งขว้างนำมาสร้างประโยชน์โดยการ

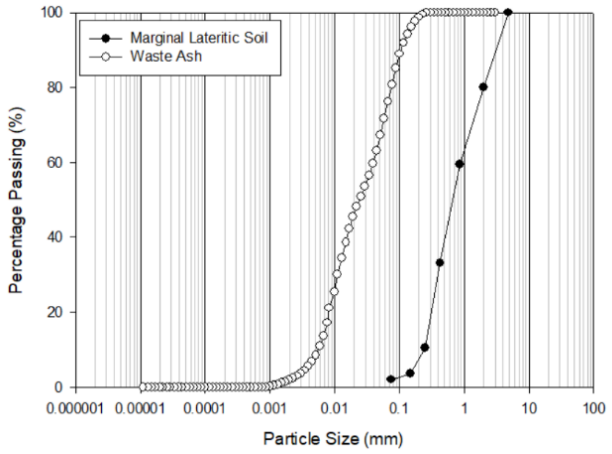
ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยโรงงานไฟฟ้าพลังงานขยะ (Waste Energy Power Plant) ซึ่งการเผาเถ้าขยะทำให้เกิดผลพลอยได้คือ เถ้าขยะ (Waste Ash)

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าขยะ (Waste Ash) เป็นวัสดุประสานทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ โดยการทดสอบกำลังอัดแกนเดียวของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยเถ้าขยะ (Waste Ash) และปูนซีเมนต์ และเปรียบเทียบกำลังอัดกับเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ตัวอย่างวัสดุทดสอบ

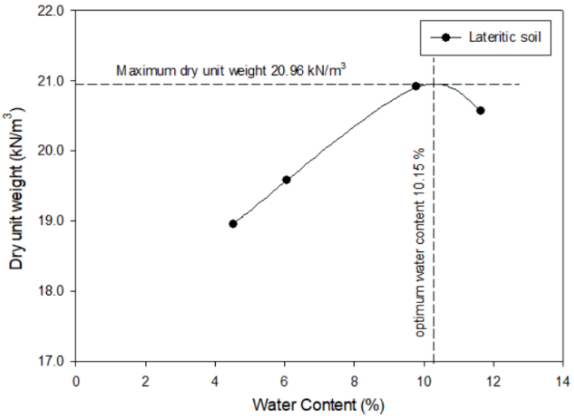
ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานได้จากบ่อลูกรัง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีส่วนประกอบของดินเม็ดหยาบร้อยละ 50.36 และดินเม็ดละเอียดร้อยละ 49.52 ดังแสดงในรูปที่ 1 ดินลูกรังมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.31 ค่าขีดจำกัดของเหลว (Liquid Limit, LL) ขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL) และดัชนีพลาสติก (Plasticity Index, PI) ของดินลูกรัง เท่ากับร้อยละ 32.05 15.71 และ 16.33 ตามลำดับ ดินลูกรังสามารถจำแนกเป็นทรายปนดินเหนียว (Clayey Sand, SC) หน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดที่พลังงานบดอัดสูงกว่ามาตรฐาน เท่ากับ 20.96 kN/m^3 และปริมาณความชื้นที่เหมาะสมร้อยละ 10.50 ดังแสดงในรูปที่ 2 ค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio, CBR) ที่ร้อยละ 95 ของหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดที่พลังงานการบดอัดสูงกว่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.15 ค่าสึกหรอ (Abrasion) ของดินตัวอย่างเท่ากับร้อยละ 65.50 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน ทล.ม. 206/2532 [6] จะพบว่าดินลูกรังชนิดนี้ไม่ผ่านมาตรฐาน



รูปที่ 1 การกระจายขนาดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและเถ้าขยะ

เถ้าขยะ (Waste Ash, WA) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ (Waste Energy Power Plant) จังหวัดสงขลา คุณสมบัติทางเคมีแสดงในตารางที่ 1 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.03 ผลรวมของปริมาณธาตุ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 เท่ากับร้อยละ 18.82 และ CaO มีปริมาณร้อยละ 23.88 การกระจายขนาดคละของเถ้าขยะแสดงในรูปที่ 1

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement, C) มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.15 คุณสมบัติทางเคมีแสดงในตารางที่ 1 ผลรวมของปริมาณธาตุ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 เท่ากับร้อยละ 27.5 และ CaO มีปริมาณร้อยละ 64.69



รูปที่ 2 การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขยะ และปูนซีเมนต์

องค์ประกอบทางเคมี	เถ้าขยะ (WA)	ปูนซีเมนต์ (C)
SiO_2	8.95	19.56
Al_2O_3	3.71	4.8
Fe_2O_3	6.16	3.14
CaO	23.88	64.69
Cl	18.85	N.D.
SO_3	N.D.	2.89
K_2O	20.37	0.39
TiO_2	1.38	N.D.
MnO_2	0.46	N.D.
Br_2O	1.08	N.D.
Rb_2O	1.00	N.D.
ZnO	5.19	N.D.
PbO	3.17	N.D.
MgO	N.D.	1.37
LOI	5.80	3.16

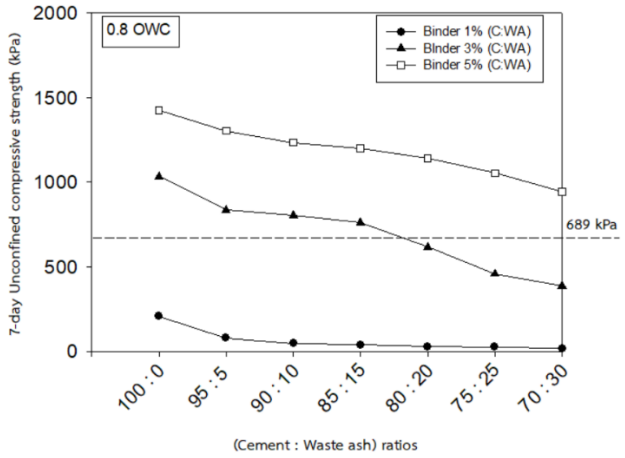
2.2 การเตรียมตัวอย่าง และวิธีการทดสอบ

นำดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน (Marginal lateritic soil, MLS) และวัสดุประสาน (Binder, B) ร้อยละ 1 3 และ 5 วัสดุประสานเป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์และเถ้าขยะที่อัตราส่วน 100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 มาผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำ และผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปริมาณน้ำที่ใช้คือปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Water Content, OWC) ซึ่งได้จากการทดสอบการบดอัดสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) [7] จากนั้นจะนำมาเตรียมตัวอย่างขนาด

เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 50 มิลลิเมตร และมีความสูงเท่ากับ 100 มิลลิเมตร และนำมาบ่มในห้องปฏิบัติการ จนได้ระยะเวลาบ่มตัวอย่าง 7 วัน เมื่อครบอายุบ่มที่กำหนด นำตัวอย่างมาแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวตามมาตรฐาน ASTM D5102-09 [8] ซึ่งแต่ละอัตราส่วนผสมจะเตรียมตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนของส่วนผสมที่มีค่าถูกต้องแม่นยำ

3. ผลการศึกษา

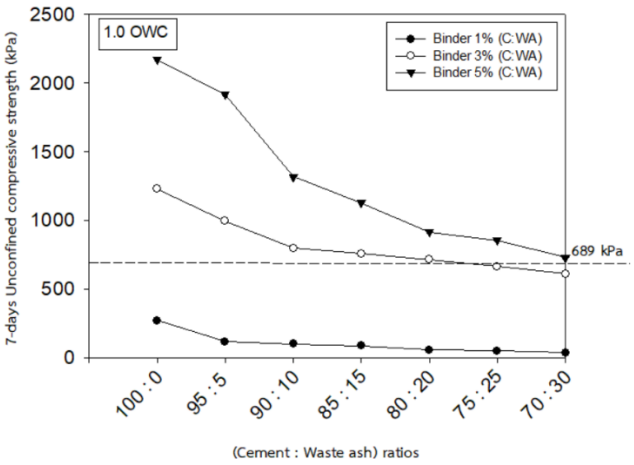
รูปที่ 3-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดแกนเดียว และอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขยะของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะที่ปริมาณ B ร้อยละ 1 3 และ 5 และปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.8OWC 1.0OWC และ 1.2OWC จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะ มีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าขยะที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณอัลคาไลของเถ้าขยะที่ค่อนข้างสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างด่างและมวลรวมในช่องว่างของตัวอย่าง และทำให้เกิดเจล ซึ่งส่งผลให้ตัวอย่างแตกร้าวได้ กำลังอัดสูงสุดที่อายุบ่ม 7 วันของตัวอย่างดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์และเถ้าขยะเท่ากับ 100:0 และปริมาณความชื้น 1.0OWC มีค่าเท่ากับ 268 1,227 และ 2,168 กิโลปาสกาล สำหรับปริมาณ B ร้อยละ 1 3 และ 5



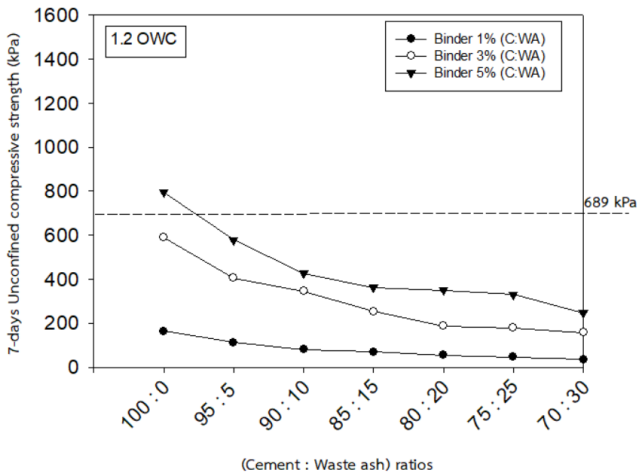
รูปที่ 3 กำลังอัดแช่น้ำที่อายุบ่ม 7 วัน ของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะที่ปริมาณความชื้น 0.8OWC

ปริมาณความชื้นส่งผลต่อกำลังอัดแกนเดียวของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะ จากผลการทดสอบพบว่ากำลังอัดแกนเดียวของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะมีค่าเพิ่มขึ้นกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น จากนั้นกำลังของตัวอย่างมีค่าลดลง สำหรับทุกอัตราส่วนผสม กำลังอัดสูงสุดที่อายุบ่ม 7 วันของตัวอย่างดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะพบที่ปริมาณ B ร้อยละ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,425 2,168 และ 794 กิโลปาสกาล สำหรับปริมาณความชื้นเท่ากับ 0.8OWC 1.0OWC และ 1.2OWC ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ทล.206/2532 [6] ซึ่งระบุกำลังอัดต้องไม่น้อยกว่า 689 กิโลปาสกาล ตามลำดับ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะพบที่ปริมาณ B ร้อยละ 3 ปริมาณความชื้นเหมาะสมและอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขยะเท่ากับ 80:20 ซึ่งให้ค่ากำลังผ่านเกณฑ์มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์



รูปที่ 4 กำลังอัดแช่น้ำที่อายุบ่ม 7 วัน ของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะที่ปริมาณความชื้น 1.0OWC



รูปที่ 5 กำลังอัดแช่น้ำที่อายุบ่ม 7 วัน ของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะที่ปริมาณความชื้น 1.2OWC

4. บทสรุป

บทความนี้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะ โดยการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength, UCS) แบบแช่น้ำที่อายุบ่ม 7 วัน ผลการศึกษาสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) กำลังรับแรงอัดแกนเดียวของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะ มีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าขยะที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณอัลคาไลของเถ้าขยะที่ค่อนข้างสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างด่างและมวลรวมในช่องว่างของตัวอย่าง และทำให้เกิดเจล ซึ่งส่งผลให้ตัวอย่างแตกร้าวได้

2) ปริมาณความชื้นส่งผลต่อกำลังอัดแกนเดียวของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะ ปริมาณเถ้าขยะ และปริมาณความชื้นที่มากเกินไปทำให้กำลังอัดแกนเดียวของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะมีค่าลดลง

3) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ซึ่งระบุกำลังอัดต้องไม่น้อยกว่า 689 กิโลปาสกาล พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าขยะพบที่ปริมาณ B ร้อยละ 3 ปริมาณความชื้นเหมาะสม และอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าขยะเท่ากับ 80:20 ซึ่งให้ค่ากำลังผ่านเกณฑ์มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงไฟฟ้าพลังงานขยะ (Waste to Energy Power Plant) จังหวัดสงขลา ที่ได้อนุเคราะห์เถ้าขยะเพื่อใช้ในการวิจัย คุณพิษณุ นาคเม้า ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างดินลูกรังจากบ่อลูกรัง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดนครราชสีมา สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท สำหรับเครื่องมือทดสอบและห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม 29 กรกฎาคม 2557

[2] Suksiripattanapong C., Horpibulsuk S., Chanprasert P., Sukmak P. and Arulrajah A., 2015. “Compressive strength development in fly ash geopolymer masonsy units manufactured from water treatment sludge”. Construction and Building Materials, 82, pp.20- 30.

[3] Horpibulsuk, S., Suksiripattanapong, C., Samingthong, W., Chinkulkijniwat, A., Rachan, R., and Arulrajah, A., 2015 “Durability against wet-dry cycles of water treatment sludge–fly ash geopolymer”, Journal of Materials in Civil Engineering, 94, pp.807-816

[4] Suksiripattanapong, C., Horpibulsuk, S., Boongrasan, S., Udomchai, A., Chinkulkijniwat, A. and Arulrajah, A., 2015. “Unit weight, strength and microstructure of a water treatment sludge–fly ash lightweight cellular geopolymer”, Construction and Building Materials,58 pp.254-257

[5] Suksiripattanapong, C., Srijumpa, S., Horpibulsuk, S., Sukmak, P., Arulrajah, A., and Du, J.Y., 2015. “Compressive strength of water treatment sludge–fly ash geopolymer at various compression energies”, Lowland Technology International Journal, Vol.17, No.2.

[6] กรมทางหลวง, มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต (Soil cement subbase), มาตรฐานที่ ทล.-ม. 206/2532

[7] สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ (2556). การทดลองที่ ทล.-ท. 108/2517 การทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Compaction Test), กรมทางหลวง.

[8] ASTM-D1633 Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil Cement Cylinders ASTM International, 2007