



วารสาร

วิจัยและพัฒนาอาชีวศึกษา

Journal of Research and Vocational Education Development (JRVED)

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน 2567 Vol. 3 No.1 January - June 2024



สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4

Institute of Vocational Education : Northeastern Region 4

การศึกษาผลของการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพของดินลูกรัง The Study of the Effects of Using Calcium Carbide Residue to Enhance the Efficiency of Lateritic Soil.

ณัฐวรรณ เกษกุล^{*1} เรืองชัย เขียวสด² กนกพร ไชยวิเศษ³ และศุภสิทธิ์ สายขุน⁴

ภาควิชาเทคโนโลยีโยธา วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี สถาบันอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ 4

E-mail : Natthawat@utc.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษากำลังรับแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงจากด้านข้าง โดยใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมดินลูกรังในอัตราส่วนร้อยละที่แตกต่างกันโดยมีอายุบ่ม 7 วัน 2) เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ทำให้ดินมีกำลังสูงสุด รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้แนวคิดการเสริมความแข็งแรงของวัสดุเป็นกรอบการวิจัย พื้นที่ดำเนินการวิจัยคือห้องปฏิบัติการทดสอบทางวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น กลุ่มตัวอย่างคือดินลูกรังผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในสัดส่วนต่างๆ จำนวน 7 กลุ่ม โดยผสมในอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 12 ตามลำดับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) ทดสอบหาขีด จำกัด ความเหลวและพิกัดพลาสติก 2) ทดสอบการบดอัดดินแบบมาตรฐาน และ 3) ทดสอบแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบพบว่า การผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ร้อยละ 8 ทำให้ดินมีกำลังรับแรงอัดสูงสุด โดยเพิ่มกำลังรับแรงอัดของดินลูกรังขึ้นถึงร้อยละ 58.639 และพบว่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการผสมดินและปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 8.681

องค์ความรู้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินในการก่อสร้างถนนหรืองานวิศวกรรมโยธาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: [ดินลูกรัง], [กากแคลเซียมคาร์ไบด์], [การปรับปรุงคุณภาพดิน], [กำลังรับแรงอัด]

Abstract

The research objectives are as follows 1) To study the unconfined compressive strength of lateritic soil mixed with calcium carbide residue at varying percentages, aged for 7 days. 2) To determine the optimal moisture content for mixing calcium carbide residue that maximizes soil strength. This experimental research applies material reinforcement concepts as its framework. The study is conducted in the Civil Engineering Laboratory at Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus. The sample comprises seven groups of lateritic soil mixed with calcium carbide residue in percentages from 0% to 12%. The tools used include 1) Liquid limit and plasticity index tests, 2) Standard soil compaction tests, and 3) Unconfined compressive strength tests. Results show that soil mixed with 8% calcium carbide residue achieves the highest unconfined compressive strength, increasing by 58.639%. Additionally, the optimal moisture content for the soil mixture with 8.681% calcium carbide residue enhances soil properties effectively.

The findings can be applied to improve soil characteristics for road construction and other civil engineering projects efficiently.

Keywords: [Lateritic soil], [Calcium carbide residue], [Soil improvement], [Unconfined compressive strength]

1. บทนำ

การปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังในการทำถนนเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ถนนมีความแข็งแรง ทนทาน และสามารถรองรับน้ำหนักได้ดี เนื่องจากดินลูกรังที่ไม่ได้ปรับปรุงอาจมีปัญหาดังต่อไปนี้ ดินลูกรังเดิมมักไม่แข็งแรงพอที่จะรองรับน้ำหนักของยานพาหนะ โดยเฉพาะเมื่อฝนตกหรือมีน้ำท่วม ดินจะอ่อนตัวและเกิดการยุบตัว ดินลูกรังอาจมีการระบายน้ำที่ไม่ดี ทำให้เกิดน้ำขังบนถนน ทำให้ดินอ่อนตัว และเกิดหลุมบ่อได้ง่าย เมื่อดินลูกรังสัมผัสกับน้ำหรือการใช้งานหนักบ่อยครั้ง ดินอาจสึกกร่อนพังทลาย หรือเกิดฝุ่นได้ง่าย ทำให้ถนนไม่ได้มาตรฐาน ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังมักจะรวมถึงการเพิ่มวัสดุเสริม เช่น ทราย ปูนซีเมนต์ หรือสารเคมีเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและช่วยให้ดินลูกรังสามารถรองรับน้ำหนักได้ดีขึ้น แต่เป็นการปรับปรุงคุณภาพดินที่มีราคาแพง

กากแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นกากของเสียที่เหลือจากปฏิกิริยาเคมีในการผลิตก๊าซอะเซทิลีน แคลเซียมคาร์ไบด์มีส่วนประกอบหลักอยู่ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากความต้องการใช้ก๊าซอะเซทิลีนที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปีส่งผลให้ปริมาณของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ดังกล่าวได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยคุณสมบัติกากแคลเซียมคาร์ไบด์สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและดิน ทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ซึ่งช่วยปรับปรุงโครงสร้างและเสริมสร้างการยึดเกาะของอนุภาคดิน ทำให้ดินมีความแข็งแรงและเสถียรภาพมากขึ้น อีกทั้งกากแคลเซียมคาร์ไบด์ช่วยลดการอุ้มน้ำของดินและช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินในการทนทานต่อการซึมซับน้ำ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วม หรือดินที่มีความชื้นสูง เช่น พื้นฐานรากของถนนหรือสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ชุ่มน้ำ ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะศึกษาวิจัยคุณสมบัติของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในการนำไปเป็นส่วนผสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพของดิน เพื่อสามารถหาคุณสมบัติเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของดินเดิม โดยได้นำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เหลือจากงานอุตสาหกรรมมาใช้ เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินให้มีคุณสมบัติที่มีกำลังรับแรงอัดที่ดีขึ้น โดยคณะผู้วิจัยมีการแบ่งส่วนผสมที่แตกต่างกันแล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการรับแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง โดยใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมดินลูกรังในอัตราส่วนร้อยละที่แตกต่างกันที่อายุบ่ม 7 วัน

2.2 เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ทำให้ดินมีกำลังสูงสุด

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ชยกฤต เพชรช่วย (2553) [1] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยมาปรับปรุงกำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนซึ่งผลการศึกษาพบว่า

เมื่อผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณเกินร้อยละ 7 ปฏิกริยาปอซโซลานมีอิทธิพลอย่างมากต่อการพัฒนากำลังอัดของดินเหนียวที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย ปริมาณการใช้ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ช่วงอายุบ่ม 7 ถึง 28 วัน ของดินที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยมีมากกว่าดินที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์เพียงอย่างเดียว

วัฒนพงศ์ ภูมิโคกรักษ์และคณะ (2555)[2] การศึกษาอัตราส่วนผสมผสมสูงสุดในการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ และเถ้าลอยเพื่อการปรับปรุงกำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอน ซึ่งการศึกษาพบว่าการพัฒนากำลังของดินเหนียวปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยในสภาวะแช่น้ำ มีกำลังอัดน้อยกว่าในสภาวะไม่แช่น้ำ เนื่องจากการดูดซึมน้ำทำให้อนุภาคดินเหนียวบวมตัว และมีผลให้ความแข็งแรงของพันธะเชื่อมประสานลดลง อัตราส่วนระหว่างกำลังอัดในสภาวะแช่น้ำ และกำลังอัดในสภาวะไม่แช่น้ำ มีค่าระหว่าง 0.45 ถึง 0.65 และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.5 สำหรับทุกปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย และทุกอายุการบ่ม

อภิชาติ คำภาหล้า และคณะ (2556)[3] งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย ซึ่งการศึกษาพบว่าเมื่อผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ทำให้ค่าดัชนีพลาสติกของดินตัวอย่างมีค่าลดลง ค่ากำลังอัดแกนเดียวและค่า CBR มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เพิ่มขึ้น การผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักดินแห้งส่งผลให้ดินตัวอย่างสามารถใช้เป็นวัสดุในงานชั้นรองพื้นทางได้

จิตติวุฒิ สมภาร และคณะ (2557)[4] งานวิจัยได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ซึ่งการศึกษาพบว่ากำลังอัดของดินที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นวัสดุปรับปรุงเพื่อให้มีคุณภาพดีขึ้นจากเดิมในอัตราส่วนการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์คือร้อยละที่แตกต่างกัน โดยที่ดินผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 7 มีค่ากำลังอัดที่สูงที่สุด เท่ากับ 2.300 กก./ตร.ซม. เมื่อเทียบกับดินที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 0 มีค่ากำลังอัด เท่ากับ 1.992 กก./ ตร.ซม. และค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 30.8%

สยาม ยิ้มศิริ (2561)[5] เรื่อง "คุณสมบัติการบดอัดของดินที่มีอนุภาคใหญ่ปน" ศึกษาค่าหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดและค่าความชื้นที่เหมาะสมในการควบคุมคุณภาพการก่อสร้างสำหรับดินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ (ใหญ่กว่าตะแกรง 4.75 มม.) ซึ่งงานนี้วิเคราะห์ผลที่อนุภาคใหญ่ส่งผลต่อการบดอัดของดิน โดยมีการทดสอบในตัวอย่างดินที่มีสัดส่วนอนุภาคใหญ่ตั้งแต่ 10% ถึง 100% เพื่อช่วยลดปัญหาข้อขัดแย้งในกระบวนการก่อสร้างถมดิน และเพื่อให้เข้าใจในข้อกำหนดการบดอัดของดินที่มีอนุภาคใหญ่ได้ดียิ่งขึ้น

อัทพล บุบพิ และคณะ (2562)[6] การรับกำลังอัดของดินลูกรังที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นส่วนหนึ่งของการผสมในอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 13 ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาพบว่าค่า Optimum Moisture Content. ทุกอัตราส่วนอยู่ที่ร้อยละ 9.799, ร้อยละ 12.304 ,ร้อยละ12.00 ,

ร้อยละ 13.194 ,ร้อยละ 14.251 ,ร้อยละ 14.436 และร้อยละ 15.925ตามลำดับ ผลการทดสอบกำลังอัดของดินลูกรัง อยู่ที่ร้อยละ 1.992 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราส่วนร้อยละ 7 ได้กำลังอัดที่สูงสุด คือ 2.30 กิโลกรัมต่อตาราง

4. ขอบเขตของการวิจัย

- 4.1 ดินลูกรังที่ได้จาก บ้านนาจาน ตาบลนาจาน อ.มัญจาคีรี จ.ขอนแก่น จำนวน 1 แหล่ง
- 4.2 กากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ได้จาก ไทยอะเซทิลีนจำกัด จ.ปทุมธานี
- 4.3 ใช้น้ำประปาเป็นส่วนผสม
- 4.4 การเก็บแท่งตัวอย่าง โดยใช้วิธีการทดสอบ Unconfined
- 4.5 ปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมในอัตราส่วนร้อยละ 0,2,4,6,8,10,12 ของดิน
- 4.6 อายุการบ่มของตัวอย่างเท่ากับ 7 วัน
- 4.8 การจำแนกประเภทของดินโดยระบบ AASHTO

5. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการจัดทำกรวิจัยครั้งนี้ได้มีการกำหนดขอบเขตการวางแผนในการทดสอบวัสดุที่จะนำมาใช้งานเพื่อให้แผนการดำเนินโครงการเป็นไปอย่างมีระบบโดยมีการกำหนดขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 การศึกษาค้นคว้าข้อมูลทฤษฎีอ้างอิง
- 3.2 การวางแผนการดำเนินโครงการ
- 3.3 การจัดเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ
- 3.4 ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน
- 3.5 ทดสอบหาขีด จำกัด เหลวและพิกัดพลาสติก (Liquid Limit & Plastic Limit)
- 3.6 การจำแนกดินด้วยระบบ AASHTO
- 3.7 ทดสอบการบดอัดดินแบบมาตรฐาน (Compaction Test)
- 3.8 ทดสอบแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง (Unconfined Compressive Test)
- 3.9 วิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 3.10 สรุปผลการทดสอบ

6. ผลการวิจัย

ผลทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของดินลูกรัง แหล่งที่มา บ่อดิน บ้านนาจาน ตำบลนาจาน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของดินลูกรังเท่ากับ 2.732 และค่าความถ่วงจำเพาะของกากแคลเซียมคาร์ไบด์เท่ากับ 2.293

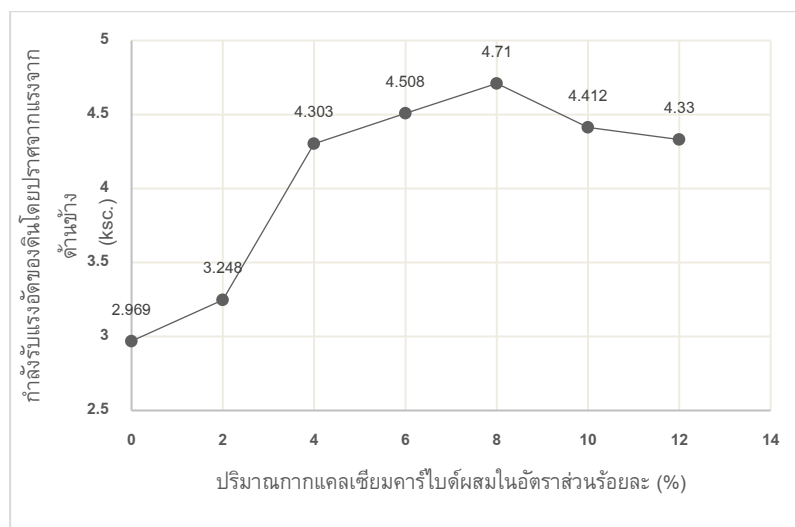
ผลทดสอบหาขีดจำกัดเหลวและพิกัดพลาสติก Liquid Limit L.L. ร้อยละ 19.298, Plastic Limit P.L. ร้อยละ 9.890 และ Plastic city Index P.I. ร้อยละ 9.408

การจำแนกประเภทของดินด้วยระบบ AASHTO พบว่าดินร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ ร้อยละ 53.89, ผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ร้อยละ 24.07 ผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ร้อยละ 11.88, ผ่านตะแกรงเบอร์ 40

ร้อยละ 6.87, ผ่านตะแกรงเบอร์ 60 ร้อยละ 4.91, ผ่านตะแกรงเบอร์ 100 ร้อยละ 2.70, ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ร้อยละ 1.20

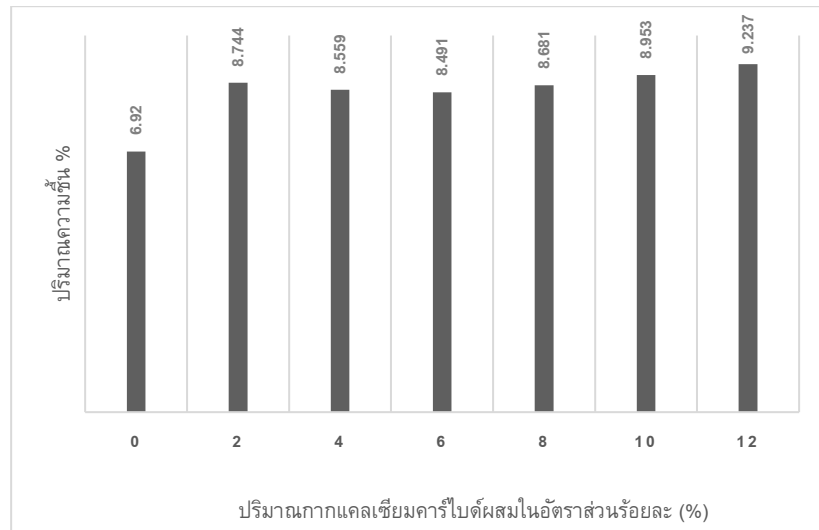
ดังนั้น $G.I. = 0.200(0) + 0.005(0)(0) + 0.010(0)(0) = 0$ การจำแนกดินคือ ดิน A - 2 - 4 (0) หมายถึงกรวดและทรายปนตะกอนหรือดินเหนียว

ในการทดสอบการรับแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงจากด้านข้าง (Unconfined Compressive Strength) ของดินลูกรังผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วนร้อยละ 0 พบว่ากำลังรับแรงอัดโดยปราศจากแรงจากด้านข้างน้อยที่สุดคือ 2.696 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และดินลูกรังผสมกากเคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วนร้อยละ 8 พบว่ากำลังรับแรงอัดโดยปราศจากแรงจากด้านข้างมากที่สุดคือ 4.71 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงจากด้านข้างและปริมาณกากเคลเซียมคาร์ไบด์

ในการทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test) พบว่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการผสมดินและปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 8 ที่ทำให้ดินแน่นที่สุดในร้อยละ 8.681 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและกำลังรับแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงจากด้านข้าง การบีบอัดของตัวอย่างของดินลูกรังผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์เมื่อทำการบดอัดด้วยเครื่องทดสอบโดยปราศจากแรงด้านข้าง ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การบีบอัดของก้อนตัวอย่างของดินลูกรังที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์

7. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในสัดส่วน 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, และ 12% แล้วทำการทดสอบการบดอัดตามมาตรฐาน พร้อมทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่มีแรงจากด้านข้าง พบว่า

- 7.1 ปริมาณการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในสัดส่วน 8% สามารถรับกำลังอัดได้สูงสุดอยู่ที่ 4.710 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งการพัฒนากำลังอัดไม่ได้ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่มีกำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 2.969 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 58.64%
- 7.2 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ทำให้ดินมีกำลังสูงสุด คือร้อยละ 8.681

8. ข้อเสนอแนะการวิจัย

- 8.1 ควรศึกษากากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับจีโอโพลิเมอร์เพื่อนำไปปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและสมรรถนะของดิน เช่น ลดการยุบตัวและเพิ่มการรับน้ำหนัก
- 8.2 ควรทำการศึกษาการบดอัดดินเทียบเท่า CBR เพื่อนำไปออกแบบถนน เพื่อประเมินความแข็งแรงของดินและนำผลไปออกแบบถนนให้มั่นคงและปลอดภัย

9. เอกสารอ้างอิง

- ชยกฤต เพชรช่วย. (2553). การพัฒนากำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนผสมกากและเถ้าลอย (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).
- วัฒนพงษ์ ภูมิโคกรักษ์. (2555). กำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนปรับปรุงกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).
- อภิชาติ คำภาหล้า และคณะ. (2556). การปรับปรุงคุณสมบัติด้านกำลังของวัสดุชั้นทางเดิมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ด้วยเถ้าลอย. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- จิตวุฒิ สมภาร และคณะ. (2557). การศึกษากำลังอัดของส่วนผสมระหว่างดินลูกรังกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วนร้อยละที่แตกต่างกัน (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตขอนแก่น).

สยาม ยิ้มศิริ. (2561). คุณสมบัติการบดอัดของดินที่มีอนุภาคใหญ่ปน (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา).

อัทพล บุปพิ และคณะ. (2562). การศึกษากำลังอัดของส่วนผสมระหว่างดินลูกรังกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์. ในการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 15.

AASHTO. (n.d.). T89 – standard method of test for determining the liquid limit of soil.

AASHTO. (n.d.). T90 - standard method of test for determining the plastic limit and plasticity index of soil.

AASHTO. (n.d.). T99 - standard method of test for moisture-density relations of soil using a 2.5-kg (5.5-lb) rammer and a 305-mm (12-in) drop.

AASHTO. (n.d.). T100 - standard method of test for specific gravity of soil.

AASHTO. (n.d.). T208 - standard method of test for unconfined compressive strength of cohesive so



สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4

Institute of Vocational Education : Northeastern Region 4



สอบถามเพิ่มเติม

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4
632 หมู่ 4 ตำบลบึงไผ่ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
Tel : 045-210-691 Website : www.iven4.ac.th