การปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ในอัตราส่วนร้อยละที่แตกต่างกัน

Lateritic Soil Improvement with Calcium Carbide Residue Mixed in Different Ratios

อัตพล บุบพี[1,*] ปราชญ์ อมรภิญโญ[1] ยงยุทธ ศิริศรีเพ็ชร์[1] จาลุวัฒน์ สีดา[2] พิชชาภา พัฒนกูลเกียรติ[2] และ ศุภสิทธิ์ สายขุน[2]

[1]สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น
[2] สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น
**Corresponding author; E-mail address: Attaphol009tum@gmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการรับกำลังรับแรงอัดของดินลูกรังที่ผสมด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ซึ่งเป็นขยะจากอุตสาหกรรมจากการผลิตก๊าซอะเซทิลีน เพื่อเป็นการลดขยะและนำกลับมาใช้ใหม่ โดยผสมในอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 12 ตามลำดับซึ่งมีปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดได้แก่ ปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ กำลังแรงอัด ปริมาณน้ำ และระยะเวลาในการบ่มของตัวอย่าง โดยนำมาทดสอบด้วยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Proctor Test) ผลการทดสอบการรับแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง ดินที่นำมาผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 0 มีกำลังแรงอัดที่ 2.969 ksc ร้อยละ 2 มีกำลังรับแรงอัดที่ 3.248 ksc ร้อยละ 4 มีกำลังรับแรงอัด 4.303 ksc ร้อยละ 6 มีกำลังรับแรงอัด 4.508 ksc ร้อยละ 8 มีกำลังรับแรงอัด 4.710 ksc ร้อยละ 10 มีกำลังรับแรงอัด 4.418 ksc ร้อยละ 12 มีกำลังรับแรงอัด 4.390 ksc โดยดินที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์และมีกำลังรับแรงอัดโดยปราศจากแรงด้านข้างสูงที่สุดคือร้อยละ 8 โดยมีกำลังรับแรงอัดที่ 4.710 ksc และมีการรับกำลังสูงขึ้นจากดินลูกรังที่ไม่ได้ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ถึงร้อยละ 58.639

คำสำคัญ: ดินลูกรัง,กากแคลเซียมคาร์ไบด์,การปรับปรุงคุณภาพดิน,การรับแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง

Abstract

The objectives of this project are was to study the unconfined compressive strength of laterite soil mixed with calcium carbide Residue (CCR) Which is industrial waste from Acetylene gas production. In order to reduce waste and reduce by mixing in the ratio of 0% to 12% receptively Which has factor that affect the compressive strength, including calcium carbide residue content, compressive strength, water content and sample curing time of the sample tested by standard proctor test The result of unconfined compressive test. The soil mixed in 0% calcium carbide residue to receive a compressive strength as 2.969 ksc 2% has strength of 3.248 ksc a 4%, has a strength of 4.303 ksc a 6% has strength of 4.508 ksc a 8%, has strength of 4.710 ksc a 10%, has strength of 4.412 ksc a 12%, a strength of 4.330 ksc The soil mixed with calcium carbide sludge had the highest compressive strength without lateral force at 8%, with a compressive strength of 4.710 ksc and higher strength from laterite soil without calcium carbide sludge. Up to 58.639%

Keywords: Lateral soil, Calcium carbide, improvement, Unconfined compressive strength test

1. คำนำ

ถนนเป็นหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานของการคมนาคมหลาย ๆ ประเทศและของโลก ในทุกประเทศจะมีถนนที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบมากมาย และถนนมีบทบาทอย่างมากในประเทศที่ต้องการพัฒนา และมีการขยายตัวอย่างกว้างขวางของสิ่งก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม โลจิสติก และการคมนาคมเพื่อที่อยู่อาศัย และการสร้างสิ่งก่อสร้างนั้น เป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้ในการที่ประเทศได้พัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง ในการก่อสร้างต่าง ๆ นั้นเป็นการใช้วัสดุไปโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ วัสดุบางชนิดจึงหายากขึ้นหรือเกิดขยะจากการก่อสร้าง หรือขยะจากอุตสาหกรรมมากมาย ขยะจากอุตสาหกรรมบางอย่างยังมีคุณสมบัติที่ตรงตามข้อกำหนดของมาตรฐานงานทางอีกด้วย เนื่องจากวัสดุในการก่อสร้างมีการนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง พร้อมกับมีวิธีในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินหลายวิธีเช่น การปรับปรุงด้วยการนำมาผสมปูนซีเมนต์ หรือการนำคอนกรีตที่ใช้แล้วมาผสม แต่เป็นการปรับปรุงคุณภาพดินที่มีราคาแพง

กากแคลเซียมคาร์ไบด์ เป็นกากของเสียที่เหลือจากปฏิกิริยาเคมีในการผลิตก๊าซอะเซทิลีน

แคลเซียมคาร์ไบด์มีส่วนประกอบหลักอยู่ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากความต้องการใช้ก๊าซอะเซทิลีนที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปีส่งผลให้ปริมาณของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ดังกล่าว ได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้

พบว่ากากแคลเซียมคาร์ไบด์มีคุณสมบัติเป็นด่างสูง ทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมในบริเวณที่ทิ้ง โดยส่วนใหญ่คิดว่าเป็นเศษวัสดุที่เหลือจากการผลิตและเป็นภาระที่จะต้องนำไปทิ้งหรือกำจัดด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะศึกษาวิจัยคุณสมบัติของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ในการนำไปเป็นส่วนผสมสำหรับปรับปรุงคุณภาพของดิน เพื่อสามารถหาคุณสมบัติเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของดินเดิม ซึ่งจะทำให้สามารถลดต้นทุนลงได้โดยจะส่งผลให้สามารถนำทรัพยากรกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ที่ถือเป็นวัสดุเหลือใช้ มาสร้างให้เกิดคุณค่าช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อีกทางหนึ่ง ดังที่กล่าวมานั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์ คณะผู้วิจัยได้นำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เหลือจากงานอุตสาหกรรมมาใช้ ซึ่งเป็นการลดขยะจากอุตสาหกรรม เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินให้มีคุณสมบัติที่มีกำลังรับแรงอัดที่ดีขึ้นโดยคณะผู้วิจัยมีการแบ่งส่วนผสมที่แตกต่างกัน แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดินลูกรัง (Lateral soil)

2.1.1 ความหมายของดินลูกรัง

ดินลูกรังเกิดจากการผุพังของหินในสภาพภูมิอากาศร้อนหรือกึ่งร้อนชื้นมีอุณหภูมิและความชื้นสูงและจากการศึกษาการผุพังและการเกิดสีแดงของหิน อุณหภูมิที่อบอุ่นและความชื้นสูงมีอิทธิพลต่อการผุพังของหินมากกว่าอุณหภูมิที่เย็นและมีความชื้นต่ำกระบวนการกัดเซาะทางเคมีจะชะล้างและพัดพาเอาซิลิกา ออกไปจากดินเดิมและในขณะเดียวกันก็มีการสะสมเซสควิออกไซด์ในดินเดิมทำให้เกิดเป็นก้อนแข็งผลของกระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดดินที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์ และอลูมิเนียมออกไซด์สูงกว่าปกติซึ่งดินประเภทนี้เรียกว่า ดินลูกรัง และกระบวนการเกิดขึ้นทั้งหมดนี้เรียกว่า กระบวนการ Laterization Holland ได้สนับสนุนว่าที่อุณหภูมิและความชื้นหรือในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนจะเกิดกระบวนการกักเซาะทางเคมี

2.1.2 ส่วนประกอบของเม็ดดิน

ส่วนประกอบมี 3 ส่วนใหญ่ ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลว และส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ สามารถแบ่งเป็นข้อได้ดังต่อไปนี้

1). ของแข็งคือเนื้อดินหรืออาจจะเป็นเม็ดดิน โดยส่วนมากจะเป็นแร่ธาตุ

2). ของเหลวซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยส่วนมากจะเป็นน้ำ

3). ก๊าซซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยส่วนมากจะเป็นอากาศ

- ถ้าช่องว่างเต็มไปด้วยอากาศ จะเรียกว่าดินแห้ง (Dry Soil)
- ถ้าช่องว่างเต็มไปด้วยน้ำ จะเรียกว่าดินอิ่มตัว (Saturated Soil)
- ถ้าช่องว่างมีทั้งน้ำและอากาศเรียกว่า จะเรียกว่าดินชื้นและดินเปียก (Wet Soil)

2.1.3 ขนาดของเม็ดดิน

เม็ดดินมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดหยาบ เช่นพวกหิน กรวดและทรายจนถึงขนาดละเอียด (Fine Grained) เช่นพวกตะกอนทรายดินเหนียวและพวกแขวนลอย การแบ่งขนาดของเม็ดดินเหล่านี้แต่ละสถาบันจะกำหนดขึ้นมาและให้เป็นมาตรฐานซึ่งแตกต่างกันออกไปดังตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางขนาดของเม็ดดิน

ชนิดของดิน	ช่วงของขนาดของเม็ดดิน
หิน	ใหญ่กว่า 75 (3”)
กรวดหยาบ	75 - 19 (3/4”)
กรวดละเอียด	19 - 4.75 (#4)
ทรายหยาบ	4.75 – 2 (#10)
ทรายปานกลาง	2 - 0.425 (#40)
ทรายละเอียด	0.425 – 0.075 (#200)
ตะกอนทราย	0.075 – 0.005 หรือ 0.002
ดินเหนียว	0.005 หรือ 0.002 – 0.001

2.2 กากแคลเซียมคาร์ไบด์

2.2.1 ความหมายของกากแคลเซียมคาร์ไบด์

กากแคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium Carbide Residue CaC) เป็นกากของเสียที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาเคมีในการผลิตก๊าซอะเซทิลีน แคลเซียมคาร์ไบด์มีส่วนประกอบหลัก อยู่ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานกับวัสดุปอซโซลานได้ กากแคลเซียมคาร์ไบด์ เป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยาเคมีในการผลิตก๊าซอะเซทิลีน โดยการนำแคลเซียมคาร์ไบด์ไปทำปฏิกิริยากับน้ำ แคลเซียมคาร์ไบด์นั้นต้องเก็บไว้ในที่มิดชิด ไม่ให้อากาศหรือความชื้นเข้าไปทำปฏิกิริยากับก้อนแคลเซียมคาร์ไบด์ได้ อาจจะทำให้ก้อนแคลเซียมคาร์ไบด์จะระเบิดเป็นแก๊สลอยไปในอากาศได้ ซึ่งจะมีคุณสมบัติที่สำคัญคือทำให้ติดไฟได้ และเมื่อรวมตัวกับออกซิเจนในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว จะได้เปลวไฟที่มีความร้อนสูงประมาณ 5,500°C-6,000°C หรืออาจจะมีความร้อนสูงขึ้นได้อีก เมื่อได้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่มากขึ้น กากแคลเซียมคาร์ไบด์จะมีน้ำหนักที่เบากว่าอากาศ จากธรรมชาติโดยทั่วไปแล้วกากแคลเซียมคาร์ไบด์จะไม่มีสีมีกลิ่น ถ้าจะมีกลิ่นก็จะมีกลิ่นที่คล้ายกลิ่นกระเทียม

2.2.2 แหล่งที่มา

กากแคลเซียมคาร์ไบด์ คือกากที่เหลือจากปฏิกิริยาเคมีจากการผลิตก๊าซอะเซทิลีนซึ่งนำไปใช้ในระบบอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมการเชื่อม หรือ อุตสาหกรรมการเกษตรซึ่งใช้ก๊าซอะเซทิลีน เพื่อให้ความร้อนในการบ่มผลไม้ทำให้การบ่มผลไม้สุกได้รวดเร็วยิ่งขึ้น การผลิตก๊าซอะเซทิลีนจะเหลือกากแคลเซียมคาร์ไบด์จะอยู่ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สูงถึงร้อยละ 74 โดยน้ำหนัก ดังนั้นหากมีงานวิจัยที่สามารถพัฒนาการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้แทนวัสดุก่อสร้างได้ ก็จะเป็นแรงผลักดันในการนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ มาใช้ให้เกิดประโยชน์และยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

2.3 การบดอัดดิน (Compaction Test)

2.3.1 ความหมายของการบดอัดดิน

การบดอัดดินคือการปรับปรุงคุณภาพดิน โดยทำการประยุกต์ใช้พลังงานเชิงกลเพื่อทำให้ดินแน่นขึ้น การไล่อากาศออกไปจากดินซึ่งเป็นการปรับปรุงปริมาณความชื้นในมวลดินให้มีความเหมาะสมที่ดีที่สุด และวัดปริมาณความแน่นของดินในรูปของความหนาแน่นแห้งหรือหน่วยน้ำหนักแห้ง [8]

2.3.2 ทฤษฎีการบดอัดดิน

การนำดินมาใช้ในการก่อสร้างนั้น จำเป็นที่จะต้องทราบถึงวิธีการในทางปฏิบัติและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะทำให้ดินที่มีอยู่ในบริเวณที่ทำการก่อสร้างหรือดินที่นำมาจากที่อื่นเพื่อใช้ในการก่อสร้าง มีความมั่นคงและมีความสามารถในการรับน้ำหนักเหมาะสม กับจุดประสงค์ของการก่อสร้าง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือการสร้างถนน และทางหลวงซึ่งมีดินเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างที่สำคัญน้ำหนักบรรทุกคงที่ ที่วิศวกรคำนวณไว้ในส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของน้ำหนักบรรทุกจร อันเนื่องมาจากการใช้งานบนถนนดินที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง หรือดินที่มีอยู่ในบริเวณก่อสร้างตามธรรมชาติจะต้องได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อให้มีความสามารถทนทานต่อ Design Load ที่ได้คำนวณไว้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวจราจร ข้อกำหนดของการบดอัดดินจะวัดเป็นความแน่นแห้งของดิน ค่าคาดหมายของความแน่นแห้งของดินจะแปรไปตามชนิดของดินที่จะทำการบดอัด การบดอัดเป็นกระบวนการที่ใช้แรง หรือ น้ำหนักที่กระทำให้เม็ดดินเบียดตัวชิดกัน เพื่อเพิ่มความแน่นและความสามารถในการรับน้ำหนักลดการทรุดตัว การเลือกใช้เครื่องมือชนิดใดขึ้นอยู่กับประเภทของดินหรือวัสดุที่จะบดอัด การบดอัดให้ได้ความแน่น ตามความต้องการของการใช้งานดินที่มีปริมาณความชื้นมากขึ้น ก็จะได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงขึ้นจนถึงค่าหนึ่งซึ่งอากาศในดินส่วนมากได้ถูกขัดออก และทำให้ได้ความแน่นแห้งสูงสุด โดยปริมาณความชื้น ที่ทำให้ได้ความหนาแน่นแห้งสูงสุดนี้เรียกว่า Optimum Moisture Content หากเติมน้ำเข้าไปในดินอีกก็จะทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งต่ำลงได้ เพราะน้ำส่วนที่เพิ่มเข้าไปจะไปแทนที่บางส่วนของอนุภาคดิน ทำให้เม็ดดินเลื่อนห่างจากกันดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ความหนาแน่นแห้งและปริมาณน้ำในมวลดิน

ด้วยเหตุผลและข้อเท็จจริงดังกล่าว จึงได้มีการกำหนดวิธีทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับความหนาแน่นของดิน ที่ได้จากการบดอัดดินในห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีการทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Compaction Test) โดยเฉพาะการทดสอบเพื่อควบคุมการก่อสร้างถนนในปัจจุบัน ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งได้มีวิวัฒนาการให้มีขนาดใหญ่ขึ้นบรรทุกน้ำหนักได้มากขึ้นหลายเท่าตัว จึงได้มีการกำหนดวิธีการทดสอบบดอัดโดยการเพิ่มพลังงานให้สูงขึ้น เพื่อจะได้ฐานดินที่มีความสูงรับน้ำหนักได้มากขึ้นเรียกว่า วิธีการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) ในการทำการบดอัดในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะใช้มาตรฐานในการควบคุมการบดอัดในสนามต่อไป [4]

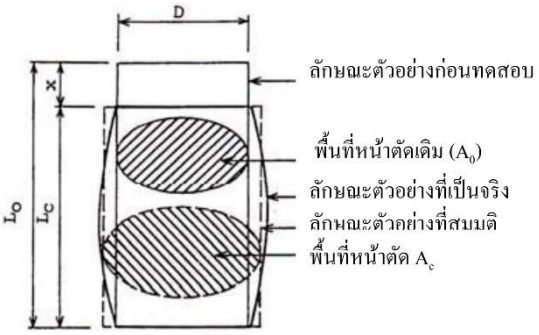
2.4 ทดสอบหาขีดจำกัดเหลวและพิกัดพลาสติก

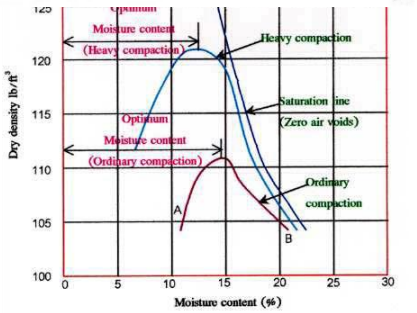
ความชื้นในมวลดิน มีอิทธิพลสูงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินทั้งในด้านการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพ เช่น น้ำมากดินเป็นของเหลว น้ำน้อยดินเป็นของแข็ง และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น ความแข็งแรงของดินฐานรากมีค่าลดลงเมื่อมีน้ำหนัก อิทธิพลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดังกล่าว มีผลมากต่อดินที่ขนาดเม็ดละเอียด (Fine Grain Soil) ได้แก่ดินที่เรียกว่าดินเหนียว (Cohesive Soil) ดินประเภทนี้มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงไป ความชื้นในมวลดิน ณ จุดขณะเปลี่ยนสภาพเรียกว่า ขอบเขตสถานะภาพ (Limit State) เช่น เป็นปริมาณความชื้นที่ดินจะเริ่มไหลเหมือนของเหลว ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของมวลดินนั้น ๆ นอกจากจะใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณสมบัติพื้นฐานแล้ว ยังใช้ในการจัดจำแนกหมวดหมู่และคาดคะเนคุณสมบัติทางวิศวกรรมบางอย่าง เช่น การทรุดตัวของชั้นดิน [6][7]

2.5 การทดสอบแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง

ทฤษฎีการทดสอบแรงอัดของดินโดยปราศจกแรงด้านข้าง

การทดสอบแรงอัดดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง เป็นการทดสอบหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน โดยที่ไม่มีแรงดันข้างมากระทำต่อผิวตัวอย่างดิน ทำให้สภาพของตัวอย่างดินที่ทดสอบ แตกต่างจากสภาพดินในธรรมชาติ การทดสอบนี้สามารถให้ผลรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบเป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น แต่ก็สามารถนำไปใช้งานได้อย่างปลอดภัยจึงเป็นวิธีที่แพร่หลาย[10]





รูปที่ 2 การรับน้ำหนักแรงที่กระทำด้านบนและด้านล่าง

การทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compressive) เป็นการทดสอบแบบเร็ว (Quick Test) ที่ไม่ปล่อยให้มีการระบายน้ำ (Unconfined) ออกจากตัวอย่าง หรือมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นเกิดขึ้น การทดสอบจึงต้องใช้อัตราการกระทำแรงเฉือนอย่างเร็ว การทดสอบแบบควบคุมความเครียด (Strain Control) ที่นิยมทำการทดสอบกว่าการ

ทดสอบแบบควบคุมความเค้น (Stress Control) และใช้อัตราการกระทำแรงเฉือนประมาณร้อยละ 0.5-2 ของความยาวตัวอย่างดิน และสำหรับตัวอย่างดินทั่วไปจะใช้เวลาทดสอบ 5-10 นาที หรือจนกระทั่งตัวอย่างดินจะวิบัติ ในการทดลอง Unconfined Compression Test ตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกจะถูกกดทางแนวดิ่งโดยไม่มีความดัน หรือการอัดช่วยทางด้านข้าง ดังรูปที่ 1 [11]

2.6 การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

ดินตามธรรมชาติ (Natural Soil) จะประกอบด้วยอากาศ น้ำ และเม็ดดินโดยเม็ดดิน จะเกิดจากการรวมตัวกันของแร่ธาตุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงเป็นผลให้ดินในแต่ละพื้นที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ในขณะที่น้ำจะมีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน แต่ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ความถ่วงจำเพาะของดิน คืออัตราส่วนของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดินในอุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของดินได้ ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน เป็นค่าโดยประมาณของเฉพาะส่วนที่เป็นเม็ดดินเท่านั้น (Solid) ซึ่งเป็นค่าที่หาออกมาได้จะมีค่ามากกว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของก้อนดินเท่านั้น (Bulk Specific Gravity) ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินยังสามารถที่จะนำไปใช้ในการคำนวณค่าคุณสมบัติอื่น ๆ ได้ เช่น ความพรุน (Porosity) อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ระดับความอิ่มตัว (Saturation) ความหนาแน่น (Density) เป็นต้น ทั้งยังสามารถนำค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินไปใช้สำหรับวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดิน ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ การอัดตัวคายน้ำ เป็นต้น [8]

2.7 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ชยกฤต เพชรช่วย (2553) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยมาปรับปรุงกำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนซึ่งผลการศึกษาพบว่าเมื่อผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณเกินร้อยละ 7 ปฏิกิริยาปอซโซลานมีอิทธิพลอย่างมากต่อการพัฒนากำลังอัดของดินเหนียวที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย ปริมาณการใช้ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ช่วงอายุบ่ม 7 ถึง 28 วัน ของดินที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยมีมากกว่าดินที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์เพียงอย่างเดียว [1]

วัฒนพงศ์ ภูมิโคกรักษ์และคณะ (2555) การศึกษาอัตราส่วนผสมสูงสุดในการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ และเถ้าลอยเพื่อการปรับปรุงกำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอน ซึ่งการศึกษาพบว่าการพัฒนากำลังของดินเหนียวปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยในสภาวะแช่น้ำมีกำลังอัดน้อยกว่าในสภาวะไม่แช่น้ำ เนื่องจากการดูดซึมน้ำทำให้อนุภาคดินเหนียวบวมตัว และมีผลให้ความแข็งแรงของพันธะเชื่อมประสานลดลง อัตราส่วนระหว่างกำลังอัดในสภาวะแช่น้ำ และกำลังอัดในสภาวะไม่แช่น้ำมีค่าระหว่าง 0.45 ถึง 0.65 และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.5 สำหรับทุกปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย และทุกอายุการบ่ม [2]

อภิชิต คำภาหล้า และคณะ (2556)[3] งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย ซึ่งการศึกษาพบว่าเมื่อผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ทำให้ค่าดัชนีพลาสติกของดินตัวอย่างมีค่าลดลง ค่ากำลังอัดแกนเดียวและค่า CBR มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เพิ่มขึ้น การผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักดินแห้ง ส่งผลให้ดินตัวอย่างสามารถใช้เป็นวัสดุในงานชั้นรองพื้นทางได้

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

อัตพล บุบพิ และคณะ (2562) 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 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร [6]

3. วิธีการดำเนินการ

3.1 คุณสมบัติของวัสดุ

3.1.1 ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

การทดลองนี้ ทำตามวิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน ด้วยมาตรฐาน AASHTO T100 [10] ของกรมทางหลวงของสหรัฐอเมริกา

รูปที่ 3 ขั้นตอนทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน [10]

3.1.2 ทดสอบหาขีดจำกัดเหลวและขีดจำกัดพลาสติก

การทดลองนี้ทำตามวิธีการทดลอง Liquid Limit เทียบเท่า AASHTO T89 [7] และวิธีการทดลอง Plastic Limit Plastic Index เทียบเท่า AASHTO T90 [8] ของสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

รูปที่ 4 ทดสอบหาขีดจำกัดเหลวและขีดจำกัดพลาสติก [8]

3.2 การจำแนกดินด้วยระบบ AASHTO

การจำแนกของดินโดยวิธีนี้ จุดประสงค์เพื่อจะพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นดินคันทาง ในการก่อสร้างถนน โดยแบ่งดินดอกเป็น 7 ประเภท ตามการกระจายตัวของเม็ดดินตามค่า P.I และ L.L. และตามดรรชนีของกลุ่ม

3.3 การทดสอบการบดอัดดิน (Determination of Compaction Test)

การทดลองนี้ทำตามวิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน AASHTO T99 [9] ของสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง [9]

รูปที่ 5 การทดสอบการบดอัดดิน

3.4 การทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compressive Test)

การทดลองนี้ทำตามวิธีการทดลอง (Unconfined compressive strength ของ AASHTO T208 [11] ของสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง [11]

รูปที่ 6 การทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด

3.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ทำการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและอิทธิพลที่มีต่อผลคลาดเคลื่อนความผิดพลาดในการทำงาน วัสดุเครื่องมือ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน วิธีการบ่ม หรืออื่น ๆ ที่มีผลต่อสภาพดิน

4. ผลการทดสอบ

4.1 ผลทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

Sample: ดินลูกรัง

Source: บ่อดิน บ้านนาจาน ตำบลนาจาน อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

ค่าความถ่วงจำเพาะของดินลูกรัง = 2.732

ค่าความถ่วงจำเพาะของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ = 2.293

4.2 ผลทดสอบหาขีดจำกัดเหลวและพิกัดพลาสติก

Liquid Limit L.L. = ร้อยละ 19.298

Plastic Limit P.L. = ร้อยละ 9.890

Plastic city Index P.I. = ร้อยละ9.408

4.3 การจำแนกประเภทของดินด้วยระบบ AASHTO

ข้อมูลเพื่อการจำแนก : ผ่านเบอร์ 4 = ร้อยละ 53.89, ผ่านเบอร์ 10 = ร้อยละ 24.07 ผ่านเบอร์ 20 = ร้อยละ 11.88, ผ่านเบอร์ 40 = ร้อยละ 6.87, ผ่านเบอร์ 60 = ร้อยละ 4.91, ผ่านเบอร์ 100 = ร้อยละ 2.70, ผ่านเบอร์ 200 = ร้อยละ 1.20

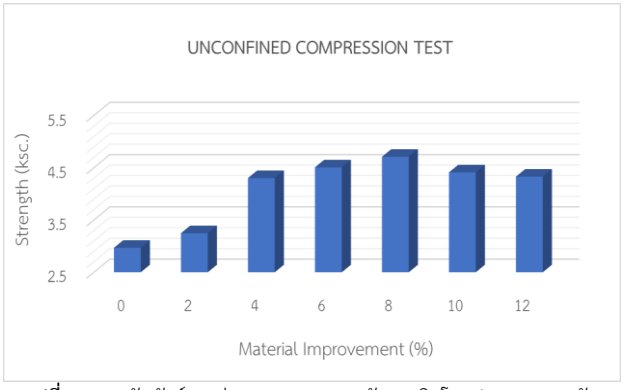
ดังนั้น G.I. = 0.200(0)+0.005(0)(0)+0.010(0)(0) = 0

การจำแนกดินครั้งสุดท้ายคือ ดิน A – 2 – 4 (0) หมายถึงกรวดและทรายปนตะกอนหรือดินเหนียว

4.4 ผลการทดสอบบดอัดดิน

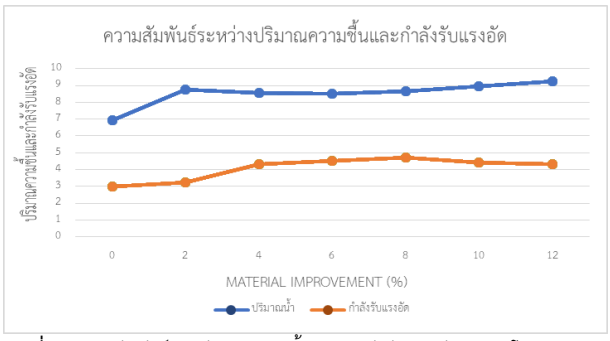
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์

4.5 ผลการทดสอบแรงอัดของดินแบบปราศจากแรงด้านข้าง



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบแรงอัดของดินโดยปราศจากแรงดันด้านข้างและปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับกำลังรับแรงอัดของดิน



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและกำลังรับแรงดัดของดินโดยปราศจากแรงจากด้านข้าง

4.7 การวิบัติของตัวอย่างของดินลูกรังผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์เมื่อทำการบดอัดด้วยเครื่องทดสอบโดยปราศจากแรงด้านข้าง

รูปที่ 10 การวิบัติของก้อนตัวอย่างของดินลูกรังที่ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์

5. สรุปและอภิปรายผล

การนำดินลูกรังมาปรับปรุงคุณภาพด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อัตราร้อยละ 2 4 6 8 10 และ 12 แล้วนำไปทดสอบการบดอีกแบบมาตรฐานแล้วนำไปทดสอบแรงอัดโดยปราศจากแรงด้านข้าง ซึ่งอัตราร้อยละ 8 ค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงที่สุด เท่ากับ 4.710 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อเทียบกับดินที่ไม่ได้ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ที่มีกำลังการรับแรงอัดโดยปราศจากแรงจากด้านข้างอยู่ที่ 2.969 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 58.64

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้ร่วมวิจัยและนักศึกษาผู้ช่วยวิจัย สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น บริษัทเจ.เอส. อินจิเนียริ่งจำกัด และ กรมทางหลวงขอนแก่นที่ 7 ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ชยกฤต เพชรช่วย, 2553. การพัฒนากำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนผสมกากและเถ้าลอย, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] วัฒนพงษ์ ภูมิโคกรักษณ์, 2555. กำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนปรับปรุงกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3] อภิชิต คำภาหล้าและคณะ . 2556. การปรับปรุงคุณสมบัติด้านกำลังของวัสดุชั้นทางเดิมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ด้วยเถ้าลอย, นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน แคลเซียมคาร์ไบด์ด้วยเถ้าลอย, นครราชสีมา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[4] จิติวุฒิ สมภารและคณะ 2557 การศึกษากำลังอัดของส่วนผสมระหว่างดินลูกรังกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วนร้อยละที่แตกต่างกัน,วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[5] สยาม ยิ้มศิริ 2561 คุณสมบัติการบดอัดของดินที่มีอนุภาคใหญ่ปน, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2561

[6] อัตพล บุบพิและคณะ, 2562. “การศึกษากำลังอัดของส่วนผสมระหว่างดินลูกรังกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์” *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 15*

[7] AASHTO T89 – standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soil.

[8] AASHTO T90 - standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity index of Soil.

[9] AASHTO 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.

[10] AASHTO T100 - standard Method of Test for Specific Gravity of Soil.

[11] AASHTO T208 - standard Method of Test for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.