การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวปนดินตะกอนด้วยสารอัคคาร์ไลน์เศษคอนกรีตและเถ้าชานอ้อย

Improvement of silty clay with alkali-activated recycle concrete and bagasse ash

นายกุลศุภณัช พรมมา[1], ชยกฤต เพชรช่วย[1] เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์[1] จักษดา ธำรงวุฒิ[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา

**Corresponding author; E-mail address: jaksada.th@rmuti.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวปนดินตะกอนด้วยสารอัลคาร์ไลน์ เศษคอนกรีต และเถ้าชานอ้อย โดยใช้เถ้าชานอ้อย (BA) และเศษคอนกรีต (RC) เป็นสารตั้งต้น และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารละลาย Alkali activator เพื่อนำวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์สำหรับงานถนน งานวิจัยนี้ศึกษากำลังอัดของดินที่ถูกปรับปรุงแปรผันตามอัตราส่วนผสมดินเหนียวปนดินตะกอนต่ออัตราส่วนสารเชื่อมประสานเท่ากับ 70:30 RC:BA ที่ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดร็อกไซด์เท่ากับ 8 โมลาร์ การทดสอบกำลังอัดแกนเดียวทดสอบที่ 2 สภาวะ ได้แก่ แบบแช่น้ำ และแบบไม่แช่น้ำ แปรผันอายุบ่มที่ 7, 14 และ 28 วัน และแปรผันความชื้นที่ 0.8OWC, OWC และ 1.2OWC ผลการทดสอบพบว่าค่ากำลังอัดสูงสุดตัวอย่างแบบไม่แช่น้ำ พบที่ปริมาณความชื้น OWC อัตราส่วนการผสม RC:BA 100:0 มีค่าเท่ากับ 3,582 kPa. นอกจากนี้พบว่าการทดสอบแบบแช่น้ำตัวอย่างส่วนใหญ่เสียหายโดยกำลังอัดที่สูงที่สุดพบที่อัตราส่วน RC:BA 50:50 ที่ความชื้น 1.2OWC ที่อายุบ่ม 28 วัน จะได้กำลังอัดที่สูงที่สุดที่ 890 kPa. ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปปรับใช้กับงานมาตรฐานรองพื้นทางสำหรับงานทาง [1]

คำสำคัญ: ดินเหนียวปนดินตะกอน, เศษคอนกรีต, เถ้าชานอ้อย, สารอัลคาร์ไลน์, การปรับปรุงคุณภาพดิน

Abstract

This research also studied the improvement of clay soil quality. alkaline substances, concrete shavings and bagasse ash using bagasse ash (BA) and concrete crumbs (RC) as substrates. and sodium hydroxide (NaOH) as an Alkali activator solution to recycle waste material for road applications. This study examined the compressive strength of modified soils which vary according to the silt-clay mixture to binder ratio of 70:30 RC:BA at 100:0, 75:25, 50:50 and 25:75. The concentration of sodium hydroxide solution was 8 molar. The uniaxial compressive strength test was tested under two conditions: immersion and non-immersion. The curing age was variable at 7, 14 and 28 days and the humidity was variable at 0.8OWC, OWC and 1.2OWC. At the OWC moisture content, the RC:BA mix ratio 100:0 was 3582 kPa. In addition, most of the samples were damaged by the immersion test, with the highest compressive strength found at the RC:BA 50:50 ratio at humidity. 1.2OWC at a curing age of 28 days has the highest compressive strength of 890 kPa. Therefore, it is possible to apply it to the standard pavement for road applications [1].

Keywords: Silt clay soil, Concrete crumb, Bagasse ash, Alkaline substance, Soil quality improvement.

1. คำนำ

การก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างต่างๆในปัจจุบันมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น แต่ในปัจจุบันนั้นงานด้านวิศวกรรมเกิดปัญหาเกี่ยวกับต้นทุนของวัสดุที่มีราคาเพิ่มขึ้นสูง และภาวะขาดแคลนวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างที่จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ การหาวัสดุทดแทนเป็นอีกทางเลือกของงานด้านวิศวกรรม เช่น การปลูกสร้าง การรื้อถอน จะมีเศษคอนกรีตเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งมาจากการทำลายสิ่งปลูกสร้าง เพื่อสร้างขึ้นมาใหม่ หรือการต่อเติมอาคาร โดยเศษคอนกรีตที่ได้จากการทำลายสิ่งปลูกสร้างสามารถนำไปใช้ในการถมที่ดิน หรือกำจัดทิ้งข้อจำกัดของการกำจัดทิ้งคือ งบประมาณ เครื่องมือ และพื้นที่ โดยกระบวนการการกำจัดต้องเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม และทัศนียภาพ โดยส่วนใหญ่จึงนิยมนำเศษคอนกรีตที่เหลือจากการถูกทำลายสิ่งปลูกสร้างไปใช้ในงานถมดินมากกว่าการกำจัดทิ้งหากสามารถนำเศษคอนกรีตมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรม อาจช่วยลดปัญหาการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลืองได้

การปรับปรุงงานถนนโดยการนำเถ้าชานอ้อยมาทดแทนปูนซีเมนต์มีความเป็นไปได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลาน แต่จะให้กำลังอัดต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมในช่วงแรกที่อายุ 3 วัน และ 7 วัน กำลังอัดสามารถพัฒนาเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาได้โดยคอนกรีตที่มีเถ้าชานอ้อยผสมร้อยละ 20 และร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานมีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน สูงกว่าและใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุมตามลำดับ [2]

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) มีสถานะเป็นของแข็ง อยู่ในรูปผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีฤทธิ์กัดกร่อนอย่าง

รุนแรง ในสถานะของแข็ง NaOH ดูดความชื้นได้ดี การละลาย NaOH ในน้ำจะปล่อยความร้อนจำนวนมาก ความหนืดของ NaOH เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลาย หรือปริมาณ NaOH โดยส่วนใหญ่ใช้ในส่วนผสมจีโอโพลีเมอร์ ทำหน้าชะอิออนของซิลิกอน และอะลูมิเนียมออกจากสารปอซโซลาน โดยความเข้มข้นของสารละลายเบสมีผลต่อการชะอิออนของสารปอซโซลาน [8]

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งจากงานวิศวกรรม ได้แก่ เศษคอนกรีต มาพัฒนาเพื่อปรับใช้ในงานโครงสร้างถนน โดยศึกษาความเป็นไปได้ที่จะใช้ สารอัลคาไลน์ เศษคอนกรีต และเถ้าชานอ้อย ในการเชื่อมประสานเพื่อมาใช้ในงานโครงสร้างถนนตามมาตรฐานกรมทางหลวง ชั้นรองพื้นทางกำลังอัดที่ 689 kPa [1] เพื่อเป็นการทดแทนการใช้ซีเมนต์ ซึ่งมีปัญหาด้านมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงปริมาณวัสดุเหลือใช้ของเศษคอนกรีตมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตลอดจนปัญหาแหล่งวัสดุตามธรรมชาติที่จะนำมาทำชั้นโครงสร้างทางมีจำนวนลดน้อยลง จึงทำให้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาวัสดุดังกล่าวมาใช้ เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้วัสดุเหลือใช้เหล่านี้ให้เกิดประโยชน์

2. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1) ดินเหนียวปนดินตะกอน (Silty Clay)

ดินเหนียวปนดินตะกอน มีค่าความถ่วงจำเพาะ (Gs) เท่ากับ 2.67 โดยเก็บตัวอย่างจากบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ค่าขีดจำกัดของเหลว (LL), ขีดจำกัดพลาสติก (PL) และดัชนีพลาสติก (PI) ของดินเหนียวปนดินตะกอนเท่ากับร้อยละ 51, 17 และ 33 ตามลำดับ ดินเหนียวปนดินตะกอนสามารถจำแนกได้เป็นดินเหนียวที่มีความเป็นพลาสติกสูง (CH) ตามมาตรฐาน USCS หน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดที่พลังงานการบดอัดสูงกว่ามาตรฐาน เท่ากับ 17.3 kN/m^3 และปริมาณความชื้นที่เหมาะสมร้อยละ 17.05 โดยเตรียมตัวอย่างโดยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10

รูปที่ 1 ดินเหนียวปนดินตะกอน

2) สารอัลคาไลน์ โซเดียมไฮดร็อกไซด์ (NaOH)

สารอัลคาไลน์ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดร็อกไซด์ชนิดเหลว ค่าความเข้มข้นที่นำมาใช้ในการทดสอบอยู่ที่ 8 โมลลาร์

รูปที่ 2 สารอัลคาไลน์ โซเดียมไฮดร็อกไซด์ (NaOH)

3) เศษคอนกรีต

เศษคอนกรีตมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.70 โดยเตรียมตัวอย่างการทดสอบผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 10 เศษคอนกรีตที่นำมาศึกษามาจากโครงการก่อสร้างทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวงหมายเลข 231 กับทางหลวงหมายเลข 23 แยกดงอู่ผึ้ง(พร้อมทางคู่ขนาน) จังหวัดอุบลราชธานี

รูปที่ 3 เศษคอนกรีต

4) เถ้าชานอ้อย (Bagasse ash, BA)

เถ้าชานอ้อย มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.35 ใช้เถ้าชานอ้อยจากบริษัท น้ำตาลครบุรี จำกัด (มหาชน) โดยเตรียมตัวอย่างเถ้าชานอ้อยโดยอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 มีองค์ประกอบทางเคมีตามตารางที่ 1

รูปที่ 4 เถ้าชานอ้อย

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของ BA

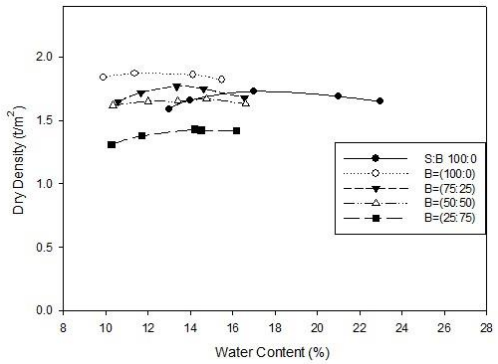
องค์ประกอบทางเคมี	BA (%)
SiO_2	62.60
Al_2O_3	5.69
Fe_2O_3	2.54
CaO	10.63
MgO	0.45
SO_3	0.03
Na_2O	-
K_2O	-
LOI	20.17

2.2 วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบใช้การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว โดยนำเถ้าชานอ้อย (BA) และเศษคอนกรีต (RC) เป็นสารตั้งต้น และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารละลาย Alkali activator อัตราส่วนผสมดินเหนียวปนดินตะกอนต่อ อัตราส่วนสารเชื่อมประสานเท่ากับ 70:30 RC:BA ที่ 100:0, 70:25, 50:50 และ 25:75 ผสมกับโซเดียมไฮดร็อกไซด์ ชนิดเหลวความเข้มข้นเท่ากับ 8 โมลาร์ ทำการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว ทดสอบที่ 2 สภาวะ ได้แก่ แบบแช่น้ำ และแบบไม่แช่น้ำโดยแบบแช่น้ำจะนำตัวอย่างแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ก่อนทดสอบ แปรผันอายุบ่มที่ 7, 14 และ 28 วัน และแปรผันความชื้นที่ 0.8OWC, OWC และ 1.2OWC ทดสอบหาค่ากำลังอัดแกนเดียวที่จะทำตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์ตามมาตราฐานกรมทางหลวง [1]

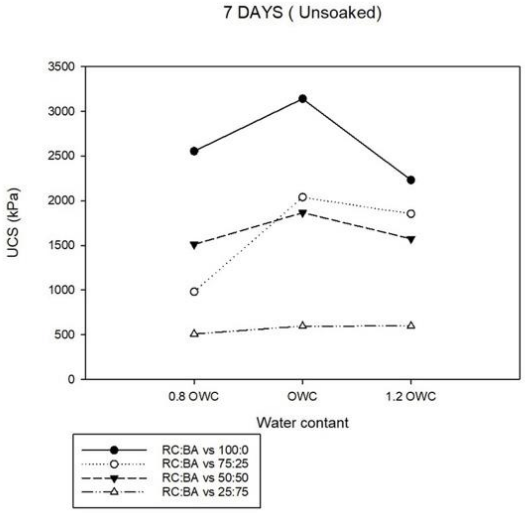
รูปที่ 5 วิธีการทดสอบใช้การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว

3. บทสรุปและการวิเคราะห์ผล

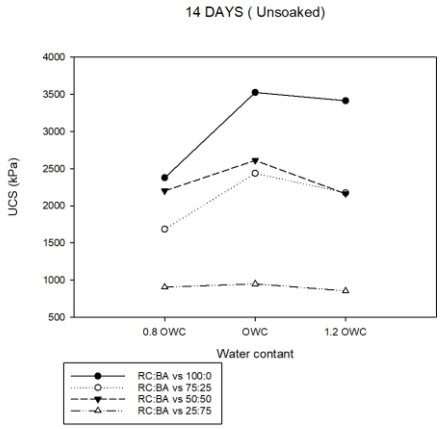


รูปที่ 6 กราฟการบดอัดดินเหนียวปนดินตะกอนปรับปรุงด้วยเศษคอนกรีตและสารเชื่อมประสาน

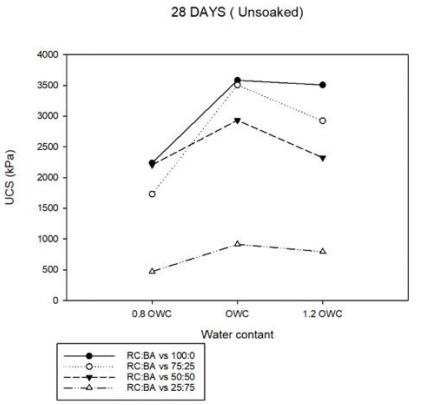
รูปที่ 6 แสดงกราฟการบดอัดดินเหนียวปนดินตะกอน และกราฟการบดอัดดินเหนียวปนดินตะกอนที่ปรับปรุงด้วยสารอัลคาไลน์เศษคอนกรีตผสมกับเถ้าชานอ้อยที่อัตราส่วนดินผสมสารเชื่อมประสาน (S:B) ที่ 70:30 อัตราส่วนเศษคอนกรีตต่อเถ้าชานอ้อยเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50, และ 25:75 ที่พลังงานการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดของดินเหนียวปนตะกอนที่มีการปรับปรุงด้วยเศษคอนกรีต และเถ้าชานอ้อย มีน้ำหนักแห้งสูงสุดลดลงตามปริมาณเถ้าชานอ้อยที่ผสมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าชานอ้อย น้อยกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของดิน และเศษคอนกรีต



รูปที่ 7 กราฟกำลังอัดแปรผันปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 7 วัน (ตัวอย่างแบบไม่แช่น้ำ)

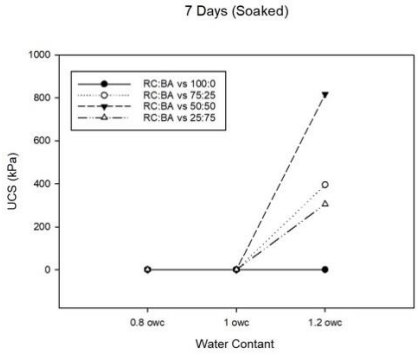


รูปที่ 8 กราฟกำลังอัดแปรผันปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 14 วัน (ตัวอย่างแบบไม่แช่น้ำ)

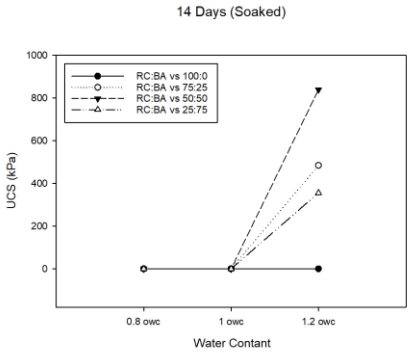


รูปที่ 9 กราฟกำลังอัดแปรผันปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 28 วัน (ตัวอย่างแบบไม่แช่น้ำ)

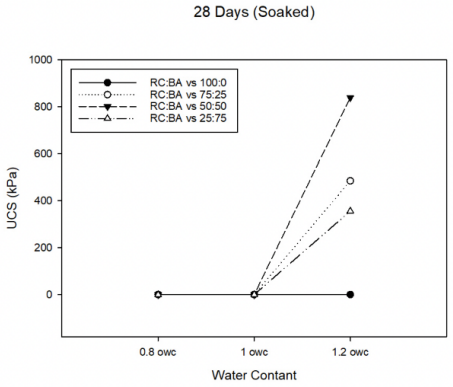
รูปที่ 7-9 จากรูปจะเห็นได้ว่าค่ากำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นจนถึงค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (ปริมาณความชื้นเท่ากับ 1.0OWC) จากนั้นกำลังอัดมีค่าลดลงตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณความชื้นที่น้อยเกินไป (0.8OWC) มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการทำปฏิกิริยา ในขณะที่ปริมาณความชื้นที่มากเกินไป (ปริมาณความชื้นเท่ากับ 1.2 OWC) ทำให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) และเกิดโพรง (Honey comb) หรือช่องว่างทำให้ตัวอย่างมีกำลังอัดลดลง [11]



รูปที่ 10 กราฟกำลังอัดแปรผันปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 7 วัน (ตัวอย่างแบบแช่น้ำ)



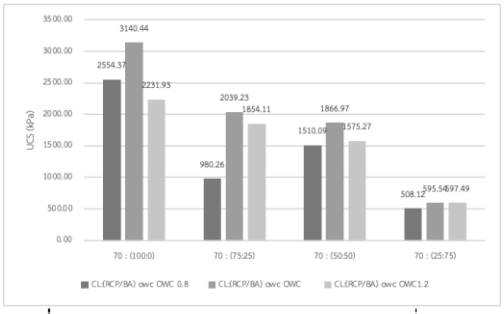
รูปที่ 11 กราฟกำลังอัดแปรผันปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 14 วัน (ตัวอย่างแบบแช่น้ำ)



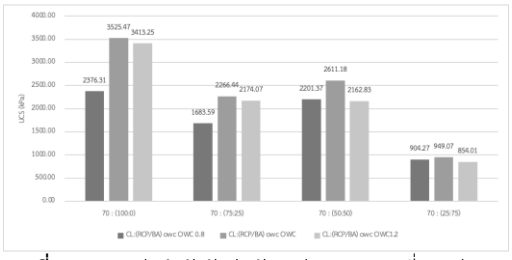
รูปที่ 12 กราฟกำลังอัดแปรผันปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 28 วัน (ตัวอย่างแบบแช่น้ำ)

จากรูปที่ 10-12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดต่อปริมาณความชื้นที่อายุบ่ม 7 และ28 วัน (ที่สภาวะแช่น้ำ) จากรูปจะเห็นได้ว่าค่ากำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น (ปริมาณความชื้นเท่ากับ 1.2 OWC) เนื่องจากปริมาณความชื้นที่เหลือจากการกระบวนการบดอัดนั้นจะยังคงหลงเหลือไปใช้ในการทำปฏิกิริยาทำให้ช่องว่างภายในลดลง และเมื่อวิเคราะห์ผลของสภาวะดินไม่อิ่มตัว (Unsaturated Soil) ที่ความชื้น 0.8 และ 1.0 OWC นั้นเป็นการเตรียมตัวอย่างในสภาวะดินไม่อิ่มตัว ในสภาวะนี้โครงสร้างภายในจะทำให้มีความดันน้ำเป็นลบ (Negative Pore Pressure) หรือสภาวะแรงดูด (Suction) สูงจะยังคงมีความมั่นคง เนื่องจากเกิดแรงตึงผิวของความชื้นที่เกาะอยู่ระหว่างเม็ดดินซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแข็งแรงของตัวอย่าง สังเกตได้จากตัวอย่างอัตราส่วน RC : BA เท่ากับ 100:0 จะมีค่าการรับกำลังที่สูงทุกอัตราส่วน แต่เมื่อความชื้นในตัวอย่างสูงขึ้น จะพบว่าความแข็งแรงของดินก็จะลดลงตามความชื้นในมวลดินที่เพิ่มขึ้น พฤติกรรมนี้เกิดจากการทำลายแรงดูดของน้ำและอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และเมื่อตัวอย่างถูกเพิ่มความชื้นที่ 1.2OWC (ในการทดสอบสภาวะที่แช่น้ำ) จะทำให้ตัวอย่างเปลี่ยนสภาวะความดันน้ำจากลบเป็นบวก (Positive Pore Pressure) ทำให้การยึดเกาะ

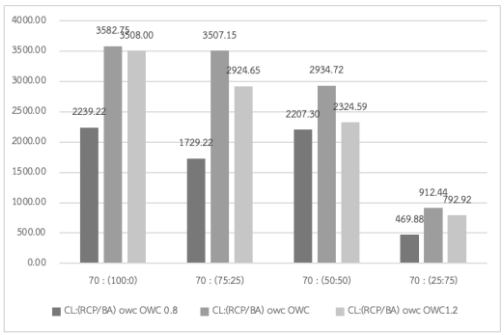
กันระหว่างเม็ดดินกับวัสดุเชื่อมประสานลดลงซึ่งส่งผลต่อการลดลงของกำลังเมื่ออยู่ในสภาวะแช่น้ำดังกล่าว



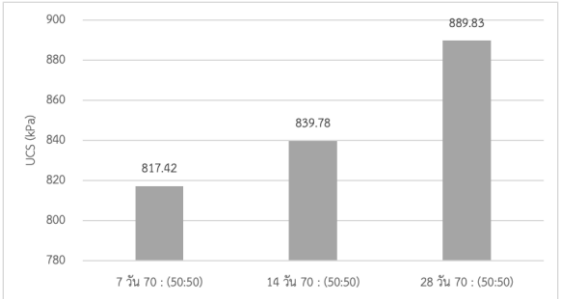
รูปที่ 13 กราฟค่ากำลังอัดต่ออัตราส่วน RC:BA ที่อายุบ่ม 7 วัน (ตัวอย่างแบบไม่แช่น้ำ)



รูปที่ 14 กราฟค่ากำลังอัดต่ออัตราส่วน RC:BA ที่อายุบ่ม 14 วัน (ตัวอย่างแบบไม่แช่น้ำ)

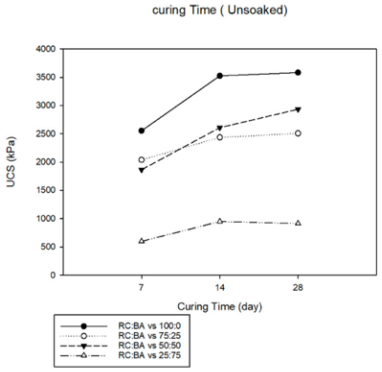


รูปที่ 15 กราฟค่ากำลังอัดต่ออัตราส่วน RC:BA ที่อายุบ่ม 28 วัน (ตัวอย่างแบบไม่แช่น้ำ)

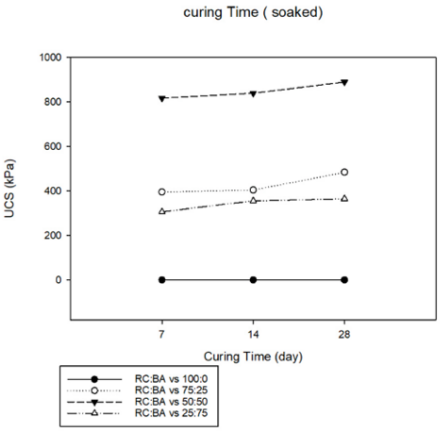


รูปที่ 16 กราฟค่ากำลังอัดต่ออัตราส่วน RC:BA ที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 (ตัวอย่างแบบแช่น้ำ)

จากรูปที่ 13-16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดต่ออัตราส่วน RC:BA และที่อายุบ่มต่าง ๆ จากรูปจะพบว่า ค่ากำลังอัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุบ่ม และอัตราส่วน RC:BA ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาจีโอโพลีเมอร์ การพัฒนากำลังอัดจะพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตามปริมาณโซเดียมอลูมิโนซิลิเกตไฮเดรท (N-A-S-H) และ แคลเซียมอลูมิโนซิลิเกตไฮเดรท (C-A-S-H) ที่เกิดขึ้นในระบบ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Punurai [12] และที่ความเข้มข้นของ NaOH ที่สูงจะสามารถชะเอาซิลิกาและอลูมินาจากเถ้าชานอ้อยออกมาได้มาก และส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้ดีจึงมีกำลังอัดในช่วงต้นได้ดีเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rattanasak U and Chindaprasirt [12] แต่ต้องพิจารณาพฤติกรรมของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำร่วมด้วยเนื่องจากส่งผลต่อกำลังในกรณีทดสอบกำลังอัดที่สภาวะไม่แช่น้ำ



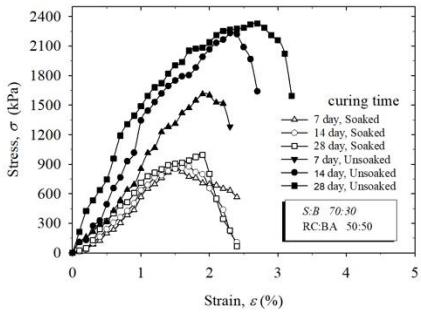
รูปที่ 17 กราฟกำลังรับแรงอัดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วัน



รูปที่ 18 กราฟกำลังรับแรงอัดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วัน

รูปที่ 17 ผลการทดสอบค่ากำลังอัดแกนเดียวที่ความชื้นร้อยละ 80, 100 และ 120 ของความชื้นที่เหมาะสมที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วัน พบว่าค่ากำลังอัดของการทดสอบแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked) อัตราส่วนการผสมของ RC:BA ที่ 100:0 จะมีค่ากำลังอัดสูงสุด ระยะเวลาในการบ่มจากวันที่ 7 ถึง 14 จะพบว่าจะมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น ส่วนวันที่ 14 ถึง 28 จะพบว่าจะมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น แต่ความชันจะลดลงจากช่วงวันที่ 7 ถึง 14 ซึ่งการทดสอบแบบแช่น้ำ (Soaked) ความชื้นร้อยละ 80, 100 และ 120 พบว่าค่ากำลังอัดจะมีค่าสูงสุดที่ความชื้นร้อยละ 120 จาก

รูปที่ 18 อัตราส่วนผสมที่ 50:50 จะมีค่ากำลังสูงสุดส่วนระยะเวลาในการบ่มมีผลเพิ่มกำลังอัดเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของดินเหนียวปนดินตะกอนที่ปรับปรุงด้วยสารอัลคาไลน์เศษคอนกรีตผสม กับเถ้าชานอ้อย

จากรูปที่ 19 อัตราส่วนดินผสมสารเชื่อมประสาน (S:B) ที่ 70:30 อัตราส่วนเศษคอนกรีตต่อเถ้าชานอ้อยเท่ากับ 50:50 ที่ปริมาณความชื้นที่ 1.2 OWC กับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วัน ในสภาวะแช่น้ำ และไม่แช่น้ำ พบว่าค่ากำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก NaOH จะสามารถชะเอาซิลิกา และอะลูมินาจากเถ้าชานอ้อยออกมาได้มาก และส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้ดีจึงมีกำลังอัดในช่วงต้น สูงขึ้นตามลำดับและส่งผลให้เกิดเจลสามารถทำให้เกิดการพัฒนากำลังได้ตามจำนวนอายุบ่มที่มากขึ้น [12]

4. สรุปผล

การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวปนดินตะกอนด้วยสารอัลคาร์ไลน์เศษคอนกรีต และเถ้าชานอ้อย ด้วยการทดสอบแบบกำลังอัดแกนเดียว สามารถเพิ่มคุณสมบัติของการรับกำลังอัดของดินได้ โดยค่ากำลังอัดจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณอัตราส่วนผสม และจำนวนระยะเวลาในการบ่ม โดยการทดลองสามารถให้ข้อสรุปได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวปนดินตะกอนด้วยสารอัลคาร์ไลน์ เศษคอนกรีต และเถ้าชานอ้อยที่เหมาะสม ตัวอย่างแบบแช่น้ำจะรับแรงอัดได้สูงสุดที่พบจะมีค่าความชื้นที่ร้อยละ 120 อัตราส่วนการผสม RC:BA 50:50 จะรับแรงอัดแกนเดียวที่สูงที่สุดได้ 890 kPa. ซึ่งสามารถนำมาใช้ในงานทางซึ่งมีค่ามาตรฐานกำลังอัดอยู่ที่ 689 Kpa.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาของอาจารย์ชยกฤต เพชรช่วย อาจารย์เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์ อาจารย์จักษดา ธำรงวุฒิ และคณะอาจารย์ที่ได้สละเวลาอันมีค่าแก่ผู้วิจัย ในการให้คำปรึกษา และแนะนำตลอดจนทำการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่เอื้ออำนวยสถานที่ในการศึกษา การทดลอง และขอขอบคุณสถานประกอบการ สำนักงาน ที่เอื้ออำนวยวัสดุ อาทิเช่น เถ้าชานอ้อย เศษคอนกรีต และขอขอบคุณหน่วยงานผู้จัดงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27 ที่ได้ให้ผู้วิจัยมีโอกาสในการนำเสนอบทความในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (206/2564)

[2] ดำรงศีล สาโรจน์, & สัจจวาณิชย์ สุวิมล. (2550). *ผลกระทบของปูนซีเมนต์ผสมเท่าชานอ้อยและเถ้าลอยในลักษณะบดร่วมต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของคอนกรีต.* http://www.sptn.dss.go.th/otopinfo/attachments/article/116/CF79(B9).pdf

[3] เวียงใต้ เพ็ญชาย. (2558). *การใช้ประโยชน์จากเถ้าชานอ้อยเพื่อพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต*. http://research.rmu.ac.th/rdi-mis//upload/fullreport/1631678578.pdf

[4] มาตรฐานชั้นพื้นทาง (204/2556) และชั้นรองพื้นทางกรมทางหลวง (205/2517)

[5] มาตรฐานการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐานตามวิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) ทล.-ท. 108/2517

[6] กรมทางหลวงสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง. วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน (เทียบเท่า AASHTO T 208) การทดลองที่ ทล. – ท. 105/2515. http://www.doh.go.th/doh/images/aboutus/standard/02/dht105-15.pdf.

[7] รชต พรมมาพงษ์. การพัฒนาบล็อกประสานเขียวจากเส้นใยมะพร้าวผสมเถ้าลอย จีโอโพลีเมอร์. (2563). วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[8] รัชชานนท์ ศักดิณากร. การพัฒนาเสาเข็มดินไฮบริดซีเมนต์จากปริมาณซีเมนต์ต่ำ. (2561). วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

[9] Raphaelle, P., Martin, C., Raphael, B. (2019) Influence of the initial water content in flash calcined metakaolin- based geopolymer, Construction and Building Materials, pp. 421-429

[10] วิทวัส สิทธิกูล. (2544). เทคนิคการก่อสร้าง (Construction Technique). พิมพ์ครั้งที่ 1.แผนกวิชาเทคนิคก่อสร้าง คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตอุเทนถวาย.

[11] Punurai, W., Kroehong, W., Saptamongkol, A. and Chindaprasirt, P. (2018). Mechanical properties, microstructure and drying shrinkage of hybrid fly ash-basalt

fiber geopolymer paste. Construction and Building Materials, 186, pp.62-70.

[12] Rattanasak, U and Chindaprasirt, P. (2009). Influence of NaOH solution on the synthesis of fly ash geopolymer. Minerals Engineering, 22(12), pp.1073-1078.