

อิทธิพลของเถ้าชานอ้อยต่อการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวโดยใช้ปูนขาว

Effect of Bagasse Ash on Lime Stabilization of Clay

สุรัชย์ โกเมนธรรมโสภณ¹ และ ประภาส วันทอง²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี
จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-3410 โทรสาร 0-2549-3412 E-mail: criticaldepth@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการนำเถ้าชานอ้อยมาปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนร่วมกับปูนขาว โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปูนขาวต่อเถ้าชานอ้อย 1:2 เป็นสารผสมเพิ่ม แล้วใช้สารผสมเพิ่มผสมกับดินเหนียวตากแห้งและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 40 ปริมาณร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักดินเหนียว และทำการบ่มที่อายุ 7, 14 และ 28 วันจากนั้นทำการทดสอบกำลังอัดแกนเดี่ยว (UCS) ของดินปรับปรุงคุณภาพจากผลการทดสอบแรงอัดแกนเดี่ยวพบว่า ค่ากำลังอัดแกนเดี่ยว (UCS) มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารผสมเพิ่มที่เติมลงไปเหนียว คือที่อัตราส่วนผสมเพิ่มร้อยละ 40 จะมีค่า UCS สูงที่สุด เนื่องจากปฏิกิริยา Pozzolanic ระหว่างปูนขาว เถ้าชานอ้อยและดินเกิดขึ้นไม่สูง นอกจากนี้ค่า UCS จะมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม คือ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ดินปรับปรุงคุณภาพจะมีค่า UCS สูงที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม ซึ่งจากการทดสอบพบว่ามีความเป็นไปได้ที่ค่า UCS จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีเพิ่มปริมาณสารผสมเพิ่ม แต่ทั้งนี้ปริมาณปูนขาวที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน ไม่ควรเกินร้อยละ 10 เนื่องจากจะทำให้มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการใช้งานจริง

คำสำคัญ: เถ้าชานอ้อย, การปรับปรุงคุณภาพดิน, การบดอัดดิน, กำลังอัดแกนเดี่ยว, ดินเหนียวอ่อน

Abstract

The focus of this paper is to evaluate the effectiveness of using bagasse ash as admixture to enhance the lime stabilization of soft clay. The improved property of soil are investigated by unconfined compressive strength (UCS). Bagasse ash was mixed with pulverized clay and lime and UCS tests were conducted. The results of unconfined compression test shown that amount of admixture at 40% by weight of clay at curing time of 28 days has the highest UCS which is 13.71 ksc. It is feasible to use bagasse ash in construction of roads because of reduced construction costs and reduced environmental impact due to the disposal of waste material as bagasses ash.

Keywords: Bagasse ash, Lime stabilization, compaction, Unconfined Compressive Strength, Soft Clay

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมกรรมการเกษตรของไทยได้มีการเจริญเติบโตมากขึ้นตามกำลังการบริโภคของประชากรที่เพิ่ม แต่การได้มาซึ่งผลผลิตทางอุตสาหกรรมเกษตรย่อมต้องใช้วัตถุดิบทางการเกษตรมาทำการแปรรูป และหลังจากการแปรรูปแล้วก็จะเหลือของเหลือใช้ (By-products) ซึ่งส่วนใหญ่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งในกระบวนการผลิตน้ำตาลจากอ้อยมีของเหลือใช้จากอ้อย เช่น ชานอ้อย กากน้ำตาล และกากขี้เถ้า เป็นต้น ทำให้มีปริมาณของเหลือใช้จากอ้อยเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนการผลิตและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นเถ้าจากการเผาชานอ้อยจะถูกพัดพาได้ง่ายโดยลมและน้ำซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม[1] ทำให้รัฐต้องสูญเสียงบประมาณในการจัดการกำจัดของเหลือใช้จากอ้อย แต่ในต่างประเทศได้มีการวิจัยพบว่า ชี้เถ้าจากอ้อยมีส่วนประกอบของธาตุ เช่น ธาตุแคลเซียม ซิลิกอน และอลูมิเนียม แคลเซียม และอื่น ๆ โดยมีปริมาณแคลเซียม และซิลิกา สูงถึงประมาณร้อยละ 60 และ 20 ตามลำดับ และองค์ประกอบของธาตุบางส่วนคล้ายคลึงกันกับวัสดุปอชโซลัน [2] ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในทางวิศวกรรมได้ ดังเช่น การนำเถ้าชานอ้อยมาใช้เป็นส่วนผสมทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในการผลิตคอนกรีตบล็อก [3]

เนื่องจากองค์ประกอบของเถ้าชานอ้อยมีความคล้ายคลึงกับดินเหนียวดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำ เถ้าชานอ้อยมาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินในด้านการรับกำลังของดิน โดยเฉพาะชั้นดินเดิมที่เป็นดินเหนียวอ่อน ที่มีความต้านทานแรงเฉือนต่ำผลที่ได้จากโครงการนี้จะทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุเถ้าชานอ้อยในปริมาณที่เหมาะสมมาใช้ในการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านกำลังรับแรงเฉือนของดิน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

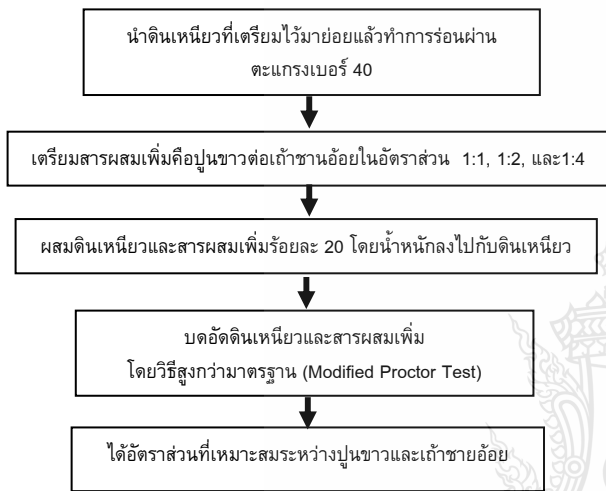
1. เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนโดยใช้เถ้าชานอ้อย
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเถ้าชานอ้อยที่มีต่อค่ากำลังอัดแกนเดี่ยวของดินเหนียวที่ปรับปรุงคุณภาพโดยใช้เถ้าชานอ้อย

3. ขอบเขตของงานวิจัย

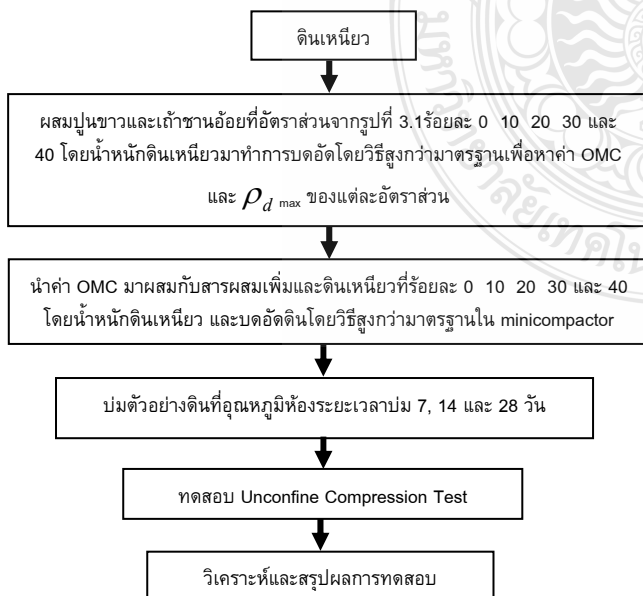
1. ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯที่ระดับความลึก 2-4 เมตรจากผิวดิน โดยใช้รถ back hoe ดักจากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง และย่อยให้ละเอียดด้วยเครื่องทดสอบ Los angeles Machine จากนั้นนำดินมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40

2. นำดินเหนียวที่เตรียมไว้มาย่อยแล้วทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40
3. ใช้อัตราส่วนปูนขาวไฮเดรตต่อดินเหนียวร้อยละ 1:1, 1:2, 1:4 เป็นสารผสมเพิ่ม
4. ใช้อัตราส่วนของสารผสมเพิ่มต่อดินเหนียวร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักดินเหนียวแห้ง
5. ทดสอบการบดอัดดินในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี Modified Proctor ตามมาตรฐาน ASTM:D 1557-70
6. บ่มตัวอย่างดินที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7, 14 และ 28 วัน
7. ทดสอบการแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compression Test) ตามมาตรฐาน ASTM:D 2166

4. ขั้นตอนในการดำเนินงาน



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนขาวและเถ้าขायอ้อย



รูปที่ 2 การทดสอบกำลังของดินปรับปรุงคุณภาพ

5. ผลการทดสอบ

5.1 การจำแนกชนิดของดินเหนียว

ตารางที่ 1 สมบัติพื้นฐานของดิน

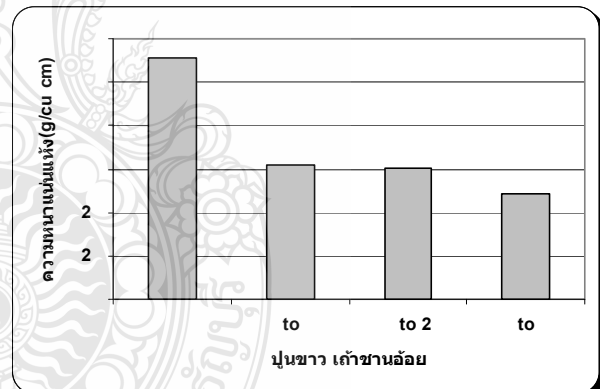
Liquid Limit : LL	54.74
Plastic Limit : PL	28.98
Plastic Index : PI	28.49
ความถ่วงจำเพาะดินเหนียว	2.68

จากสมบัติพื้นฐานของดินพบว่าดินเหนียวที่นำมาทดสอบนี้จำแนกในระบบ Unified Classification System ว่าเป็นดินเหนียวที่มีความเป็นพลาสติกสูง (High Plasticity Clay : CH) เนื่องจากค่า LL และ ค่า PI อยู่เหนือเส้น A-Line ของ Plasticity Chart [4] และจำแนกในระบบ ASSHTO เป็นดินกลุ่ม A7-6 [5]

5.2. อัตราส่วนระหว่างปูนขาวและเถ้าขायอ้อยที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของสารผสมเพิ่ม ค่า OMC และความหนาแน่นแห้ง

ปูนขาว:เถ้าขायอ้อย	OMC	ความหนาแน่นแห้ง (g/cu cm)
0	29.5	1.428
1:1	30.1	1.305
1:2	33.6	1.301
1:4	35.2	1.272



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของสารผสมเพิ่ม ค่า OMC และความหนาแน่นแห้ง

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 3 พบว่าการเพิ่มปริมาณสารผสมเพิ่มคือปูนขาวและเถ้าขायอ้อยลงไปในดินนั้นจะมีผลให้ค่า OMC เพิ่มขึ้นเนื่องจากเถ้าขायอ้อยเองจะมีการดูดซึมน้ำค่อนข้างสูง ส่วนความหนาแน่นแห้งของดินบดอัดก็มีค่าลดลงเมื่อปริมาณของสารผสมเพิ่มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าขायอ้อยมีน้ำหนักน้อยกว่าดินเหนียวมากเมื่อนำไปแทนที่ในดินเหนียวจะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นแห้งของดินบดอัดลดลง ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างปูนขาวและเถ้าขायอ้อยที่เหมาะสมที่จะนำมาผสมกับดินเหนียวอ่อนตากแห้งคือ 1:1 เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นแห้งสูงกว่าที่อัตราส่วน 1:2 และ 1:4

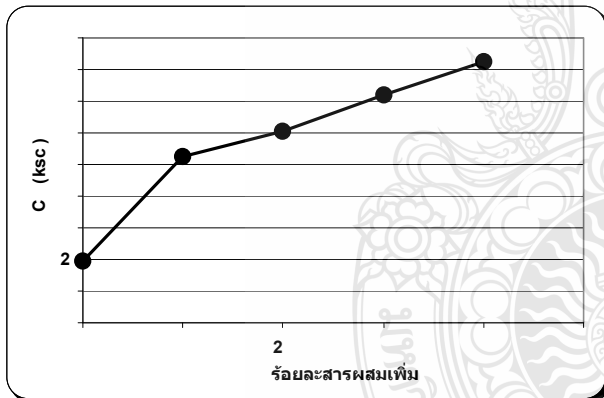
5.3 ผลการทดสอบการบดอัดดิน

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการบดอัดดิน

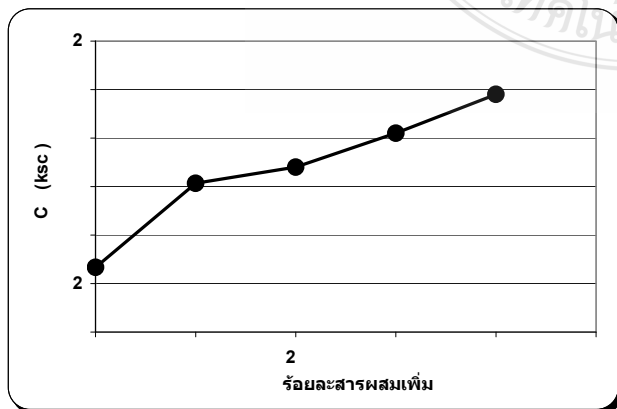
ปริมาณส่วนผสม	ปริมาณน้ำ OMC (%)	Max.Dry Density (g/cu-cm)
0	30.1	1.428
10	32.6	1.319
20	33.5	1.301
30	34.7	1.293
40	35.2	1.290

จากผลการทดสอบจากตารางที่ 3 พบว่าค่าปริมาณน้ำเพื่อใช้ในการบดอัดที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content : OMC) นั้นจะสูงขึ้นตามปริมาณสารผสมเพิ่มที่เติมลงไปเหนือดิน เนื่องจากเถ้าขานอ้อยจะมีการดูดซึมน้ำและปูนขาวยังต้องการน้ำในการทำปฏิกิริยา ส่วนความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารผสมเพิ่ม เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของเถ้าขานอ้อยมีค่าต่ำกว่าดินเหนียวมาก คือความถ่วงจำเพาะของเถ้าขานอ้อยเท่ากับ 1.93 ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะของดินเหนียวเท่ากับ 2.68 ดังนั้นการเพิ่มปริมาณส่วนผสมลงไปแทนที่ในดินจะทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งลดลง

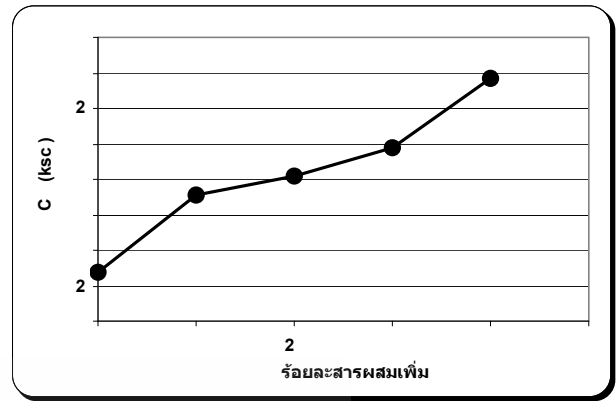
5.4 ผลการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว



รูปที่ 4 ค่ากำลังอัดแกนเดียวที่อายุการบ่ม 7 วันกับปริมาณสารผสมเพิ่มในอัตราส่วนต่างๆ

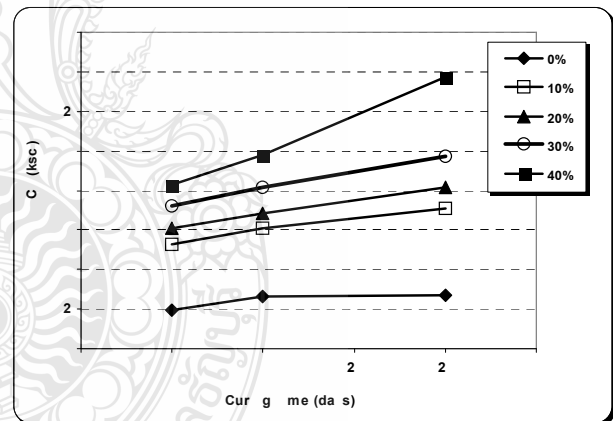


รูปที่ 5 ค่ากำลังอัดแกนเดียวที่อายุการบ่ม 14 วันกับปริมาณสารผสมเพิ่มในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 6 ค่ากำลังอัดแกนเดียวที่อายุการบ่ม 28 วันกับปริมาณสารผสมเพิ่มในอัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4 - 6 พบว่าค่า UCS ของดินเหนียวมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณสารผสมเพิ่มที่ใส่เข้าไปซึ่งปริมาณสารผสมเพิ่มที่ร้อยละ 40 ในทุกระยะเวลาการบ่มค่า UCS จะมีค่าสูงที่สุด คือ 8.26, 9.77 และ 13.71 ksc สำหรับอายุการบ่มที่ 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ และการพัฒนากำลังของดินเหนียวปรับปรุงคุณภาพจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม คือ ค่า UCS ของทุกอัตราส่วนผสมจะมีค่าสูงที่สุดที่อายุการบ่ม 28 วัน



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดแกนเดียวและระยะเวลาในการบ่ม

การเพิ่มขึ้นของค่า UCS ตามปริมาณสารผสมเพิ่มนั้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนจากรูปที่ 7 พบว่าค่า UCS จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารผสมเพิ่มคือปูนขาวและเถ้าแกลบ ซึ่งที่ปริมาณสารผสมเพิ่มร้อยละ 40 ของปริมาตรดินจะมีค่า UCS สูงที่สุดในแต่ละระยะเวลาการบ่ม เมื่อพิจารณาการพัฒนากำลังอัดแกนเดียวของดินที่ปรับปรุงคุณภาพจะพบว่ามีพัฒนาการกำลังตามระยะเวลาการบ่ม คือ ที่อายุการบ่ม 28 วันค่า UCS จะมีค่าสูงที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม

6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวโดยการใช้เถ้าขานอ้อยร่วมกับปูนขาวนั้นพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินชั้นทางสำหรับงานวิศวกรรมการทาง เนื่องจากองค์ประกอบของเถ้า

ขานอ้อยนั้นเป็นวัสดุปอซโซลานซึ่งประกอบด้วย Silica และ Alumina เป็นองค์ประกอบหลัก แต่ในการนำเอาขานอ้อยจะนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินอย่างเดียวยังไม่ได้เนื่องจากเอาขานอ้อยไม่มีคุณสมบัติด้านการเชื่อมประสาน (cementitious property) ดังนั้นจึงต้องนำปูนขาวมาใช้เป็นวัสดุประสานการเพิ่มขึ้นของค่า UCS นั้นเป็นผลมาจากปฏิกิริยา Pozzolanic ระหว่าง Silica และ Alumina ของดินและปูนขาว[6] เมื่อเพิ่มสารปอซโซลานคือเอาขานอ้อยลงไปจะทำให้ปฏิกิริยา pozzolanic เกิดมากขึ้นซึ่งส่งผลให้ค่า UCS มีค่าสูงขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 7 วันแรกของการบ่ม นอกจากนี้เอาขานอ้อยยังช่วยเพิ่มกำลังของดินในระยะยาวด้วย คือ หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วันไปแล้วค่า UCS จะมีการพัฒนากำลังอย่างช้าๆ เนื่องจากปฏิกิริยา pozzolanic ซึ่งการพัฒนากำลังจะใช้เวลาประมาณ 1-2 ปี [7]

ปริมาณสารผสมเพิ่มที่เหมาะสมจากงานวิจัยนี้พบว่าที่ปริมาณสารผสมเพิ่มที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนขาวต่อเอาขานอ้อยที่ร้อยละ 40 ของน้ำหนักดินจะมีค่า UCS สูงที่สุดซึ่งมีค่า 13.71 ksc (1371 Kpa) ที่อายุการบ่ม 28 วัน แต่การเพิ่มปริมาณวัสดุเพิ่มที่สูงกว่าร้อยละ 40 นั้นจะไม่เหมาะสมเนื่องจากจะส่งผลให้ใช้ปริมาณปูนขาวมากเกินไป อันจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงขึ้น ดังนั้นจากงานวิจัยนี้จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำเอาขานอ้อยไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินค้นทางร่วมกับปูนขาวในการก่อสร้างถนน ซึ่งจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์และลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ลงอันจะส่งผลให้วัสดุเหลือใช้เหล่านั้นคงค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมน้อยลงและก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

7. ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาถึงค่า UCS ที่ระยะเวลาในการบ่มที่นานกว่า 28 วัน เพื่อศึกษาถึงการพัฒนากำลังอัตราระยะยาว และนอกจากนี้ควรมีการทดสอบค่า California Bearing Ration (CBR) เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นชั้นพื้นทาง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลที่เอื้อเฟื้อสถานที่เอื้อใช้ในการทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J.N. Jha. (2006). "Effect of Rice Husk Ash on Lime Stabilization". *Journal of the Institution of Engineers (India)* Vol. 87 November 28,2006, pp. 33-39.
- [2] N. Kantinaris, "Re-cycling of Sugar Ash: A raw Feed Material for Rotary Kilns", *Waste Management* 24, pp. 999-1004
- [3] สุภกิจ นนทนนท์ และศรัณรัตน์ พวงพันธ์. 2550. การปรับปรุงคุณภาพของดินโดยใช้ปูนขาวและเถ้าลอยลิกไนต์. ม.ป.ท.
- [4] American Society for Testing Materials (ASTM) Standard. 2005

- [5] American Society of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Standard. 2007.
- [6] M.Alhassan. Effect of Rice Husk Ash on Cemnet Stabilized Laterite. เข้าถึงได้จาก lejpt.academicdirect.org
- [7] H.Brandon. " Alteration of Soil Parameters by Stabilization with Lime". Xth ICSME, Stockholm,Vol.3, 1981. pp587-594