

การปรับปรุงคุณภาพดินโดยผสมเถ้าไม้ยางพารา The soil improvement with Parawood Sawdust Ash

สันติ ขำตรี*, ปิติ จันทรุไทย** และสรวุธ จริตงาม***

Santi Khomtree*, Piti Jantruthai** and Sarawoot Charitngam***

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้ปูนซีเมนต์ในการก่อสร้างอย่างกว้างขวางทำให้มีแนวโน้มว่าทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ในการทำปูนซีเมนต์กำลังจะลดลงและหมดไป รวมถึงการระเบิดหินจนสร้างมลภาวะ ตลอดจนก่อให้เกิดปัญหาการทำลายป่า จึงควรให้มีการศึกษาถึงการหาวัสดุเหลือใช้มาทดแทน เพื่อลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ที่กำลังจะหมดลง โดยการหาวัสดุเหลือใช้ที่สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลาน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาหนึ่งในปูนซีเมนต์ได้

บทความวิจัยนี้ต้องการหาปริมาณและอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ต่อเถ้าไม้ยางพาราที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพดิน ระยะเวลาการบ่ม คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินหลังการปรับปรุงคุณภาพที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสามารถนำไปใช้ในการทำงานก่อสร้างถนนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด กลุ่มค่าที่สุด และช่วยลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า เถ้าไม้ยางพาราสามารถนำมาใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพของดินเหนียวให้สามารถใช้เป็นวัสดุทำถนนในชั้นรองพื้นทางได้

คำสำคัญ : ดินเหนียว, เถ้าไม้ยางพารา, ซีเมนต์

* อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

** อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

*** อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Abstract

At present, the use of cement has become very extensive in the construction which causes the shortage of natural resources including blasting, pollution and the deforestation problems. It should be educated to finding replacement materials to reduce the amount of cement which react pozzolan is similar to the pozzolanic reaction in cement.

The purpose of this paper is to determine the amount and the ratio of cement mixes with Parawood Sawdust Ash. The curing time, engineering properties of the treated soil, cost effective and the quality improvement at various periods are use as a design and can be used in the construction of roads to achieve maximum performance and reduce environmental pollution. The results of this study showed that Parawood Sawdust Ash can be mixed with cement to improve the quality of the clay for use as subbase material in road construction.

Keywords : Clay, Parawood Sawdust Ash, Cement

บทนำ

ประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเลื่อยไม้ยางพาราและทำเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา รวมทั้งมีกิจการแปรรูปไม้ยางพาราจำนวนมาก สถิติการส่งออกไม้แปรรูปไม้ยางพาราในปี 2546 มีปริมาณ 1,0641,064,815 ลบ.ม. ซึ่งคิดเป็น 96% ของปริมาณไม้แปรรูปเพื่อการส่งออกทั้งหมด [1, 2] ซึ่งนับเป็นปริมาณการส่งออกที่สูงมาก ในการแปรรูปไม้ยางพาราที่กล่าวมาข้างต้น จะได้ปริมาณขี้เลื่อยจากไม้ยางพาราเป็นจำนวนมากโดยทั่วไปแล้วขี้เลื่อยจากไม้ยางพาราจะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแก่หม้อต้ม หลังจากการเผาไหม้จะได้เถ้าไม้ยางพารา (Parawood Sawdust Ash) และเถ้าไม้ยางพาราจะถูกทิ้งโดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพาราพบว่า มีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงมากเมื่อนำเถ้าไม้ยางพารามาผสมกับคอนกรีต จะทำให้

คอนกรีตสามารถที่จะรับกำลังอัดได้สูงด้วย จึงควรหาวิธีการที่จะนำเถ้าไม้ยางพารามาเพื่อใช้ประโยชน์และเป็นการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุเหลือทิ้ง เช่น เถ้าไม้ยางพารามาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเฉพาะในการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อใช้ในการก่อสร้างถนนในส่วนของการขึ้นรองพื้นทางจะเป็นประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมก่อสร้าง และสนับสนุนให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ของประเทศอย่างคุ้มค่า ช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษ และช่วยส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของประเทศทางอ้อมอีกด้วย [2, 3, 4]

ถนนเป็นสาธารณูปโภคพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ และการพัฒนาประเทศ เป็นสิ่งก่อสร้างที่ช่วยอำนวยความสะดวก ในการคมนาคมและขนส่งของประเทศ เพื่อนำความเจริญจากชุมชนเมืองสู่ท้องถิ่น นอกจากประโยชน์ที่มีต่อ

ประเทศชาติและประชาชนดังกล่าวแล้ว ยังมีความจำเป็นต้องแนวทางเศรษฐกิจทางอ้อมขยายตลาดแรงงาน เพิ่มการกระจายรายได้ และพัฒนาท้องถิ่นให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ประเทศชาติมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างเพียงพอ ดินคันทาง (Subgrade) ที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวอ่อน มีความชื้นสูงจะรับกำลังอัดได้น้อย ซึ่งมีผลต่อความมั่นคงของถนน โดยเฉพาะเรื่องของการทรุดตัวและเสถียรภาพไหล่ทางของถนน อันนำไปสู่การซ่อมแซมและอายุการใช้งานลดลง ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อการพัฒนากระบวนเศรษฐกิจของประเทศ การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาการพัฒนากำลังของดินคันทางที่ปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เพื่อเพิ่มกำลังและลดการทรุดตัวของดินคันทาง [3] การพังของถนนในหลายโครงการเนื่องจากสภาพดินไม่สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามต้องการ ถึงแม้ว่าจะทำการบดอัดดินแล้วก็ตาม ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อเพิ่มเสถียรภาพให้ดียิ่งขึ้น โดยการใส่สารผสมเพิ่ม โดยส่วนใหญ่จะใช้ปูนซีเมนต์เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่ายทั่วไป และเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพดินในปัจจุบัน ดังนั้นการวิจัยเพื่อนำเอาวัสดุเหลือใช้ เช่น เถ้าเถ้าขี้เถ้าซึ่งเป็นกากของเหลือที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดและมีมากในภาคใต้ มาใช้ประโยชน์จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง

ดินเหนียวเป็นดินที่พบมากในพื้นที่ภาคใต้ และไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างทาง เพราะมีปัญหาในเรื่องของการรับน้ำหนักและการยุบตัว การนำดินเหนียวมาปรับปรุงคุณภาพก่อนทำการก่อสร้างจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง [3, 4, 5]

วิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ผลดีกับดินเหนียวคือ วิธีการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยวิธี

ทางเคมี โดยใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเคมี ซึ่งเมื่อผสมและทำปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว มีผลทำให้ดินเหนียวมีคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมดีขึ้น เช่น มีกำลังอัด (Unconfined Compressive Strength, UCS) สูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อนำวัสดุเหลือทิ้ง เช่น เถ้าเถ้าขี้เถ้า มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินสำหรับการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางของถนน เพื่อประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมก่อสร้าง
2. เพื่อสนับสนุนให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ของประเทศอย่างคุ้มค่า ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของประเทศทางอ้อมอีกด้วย

นอกจากนี้ความรู้ที่ได้จากการพัฒนาวัสดุท้องถิ่นดังกล่าว สามารถที่จะถ่ายทอดให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชน โดยผ่านทางเทศบาล องค์การบริหารส่วนจังหวัด และองค์การบริหารส่วนตำบล ซึ่งในระยะยาวจะส่งเสริมให้ชุมชนสามารถก่อสร้างและบำรุงรักษาทางได้อย่างมีมาตรฐาน

การปรับปรุงคุณภาพดินซีเมนต์ผสมเถ้าเถ้าขี้เถ้า

ลักษณะของเถ้าเถ้าขี้เถ้ามีขนาดอนุภาคหยาบกว่าอนุภาคของปูนซีเมนต์ ลักษณะของเถ้าเถ้าเถ้าเถ้าขี้เถ้าเป็นรูปร่างไม่แน่นอน มีขนาดแตกต่างกัน มีลักษณะเป็นเหลี่ยมๆ มนๆ ปะปนเป็นจำนวนมาก ลักษณะคล้ายวัตถุที่มีรูพรุน การกระจายตัวของอนุภาคลักษณะของเถ้าเถ้าเถ้าเถ้าขี้เถ้าอยู่ในเกณฑ์สูง ขนาดของอนุภาคแตกต่างกันมากโดยมีอนุภาคเล็กที่สุดเท่ากับ 0.375 ไมครอน และมีขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 717.80 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.91 ไมครอน ในขณะที่ปูนซีเมนต์มีอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 21.30 ไมครอน [4]

อนุภาคของเถ้าซีลี้อยู่ไม่ย่างพารามีขนาด 48.85 ไมครอน เถ้าซีลี้อยู่ไม่ย่างพารามีลักษณะทั้งเม็ดเหลี่ยมและเหลี่ยมมุม มีทั้งพื้นผิวขรุขระ มีรูพรุนอยู่ และมีบางอนุภาคเป็นแผ่นวางซ้อนหนาติดกัน ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงมีความดูดซึมน้ำได้มาก และพื้นที่บางส่วนบดบังการทำให้ปฏิกิริยาทำให้การทำให้ปฏิกิริยาได้ไม่ทั่วถึงองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าซีลี้อยู่ไม่ย่างพารา ประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณร้อยละ 40-55 โดยน้ำหนัก มีแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ประมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนัก และมีโพแทสเซียมออกไซด์ (K₂O) ประมาณร้อยละ 18-26 โดยน้ำหนัก [5]

เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบวัสดุพื้นทางและรองพื้นทางของถนนลาดยาง แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง [6]

การทดสอบ	พื้นทาง	รองพื้นทาง
CBR ค่าสุด	80	20
R-value ค่าสุด	78	55
LL สูงสุด	25	25
PI สูงสุด	NP	6
Sand Equivalent	35	25
% passing No.200	7	12
กำลังอัด (ksc) ที่ 7 วัน	ไม่น้อยกว่า 17.5	ไม่น้อยกว่า 5.6

การปรับปรุงคันทางทรายแบริ่งด้วยเถ้าลอยปูนขาว ปูนซีเมนต์และสารเคมี ทำให้กำลังอัดสัมประสิทธิ์เสถียรภาพน้ำ และความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แต่ลดการหดตัวลงจนทำให้ดินคันทางแข็งแรง [7]

การใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อเป็นวัสดุปอชโซลาน โดยนำไปแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 10 ถึง 50 สำหรับศึกษาการรับแรงอัดที่อายุ 1, 7, 14, 28, 60 และ 90 วัน ผลการศึกษาพบว่า กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ที่แทนที่ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้มีค่าไม่ถึง 75% ของมอร์ต้าร์มาตรฐาน และกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่แทนที่ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ยังมีความละเอียดมากก็จะสามารถรับกำลังอัดได้มากขึ้นด้วย [8]

การศึกษาโดยทำการนำเศษซีลี้อยู่ไม่ย่างพาราและนำไปแทนที่ในปูนซีเมนต์เพื่อเป็นส่วนผสมของคอนกรีตในอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึง 30 โดยน้ำหนักพบว่า การแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักมีกำลังอัดใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุมและยังมีกำลังอัดลดลงเมื่อมีการแทนที่มากขึ้น แต่คอนกรีตที่ผสมเถ้าไม้จะช่วยเพิ่มความทนทานต่อซัลเฟต และลดอัตราการซึมผ่านของน้ำอีกด้วย [9]

คุณสมบัติของมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าลอยและเถ้าซีลี้อยู่ไม่ย่างพารา โดยการศึกษาได้ใส่เถ้าทั้งสองในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40 โดยน้ำหนักและทำการบ่มเป็นเวลา 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า เถ้าลอยเป็นวัสดุปอชโซลานสามารถใช้แทนที่บางส่วน of ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ถึงร้อยละ 40 แต่เถ้าไม่ย่างพาราไม่สามารถใช้เป็นวัสดุปอชโซลานได้เพราะมีกำลังอัดค่อนข้างน้อย [10]

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการปรับปรุงดินโดยการผสมซีเมนต์และเถ้าไม่ย่างพารา เป็นการศึกษาการพัฒนา กำลังของดินให้มีกำลังสูงขึ้นโดยการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเถ้าไม่ย่างพาราผสมในอัตราส่วนต่างๆ ของน้ำหนักดินแห้ง ดังตารางที่ 3

ทำการบดอัดตัวอย่างแบบมาตรฐาน โดยใช้ปริมาณน้ำที่ค่าความชื้นที่เหมาะสม (OMC) บ่มตัวอย่างที่อายุ 0, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ การศึกษาจะพิจารณากำลังของตัวอย่างทดสอบจากค่าแรงอัดแกนเดียว (UCS) สำหรับการทดสอบเพื่อหากำลังของวัสดุ เมื่อนำมาผสมปูนซีเมนต์และเถ้าเฌียงพารา ให้มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด

1. คุณสมบัติของดินและเถ้าเฌียงพารา

ชนิดของซีเมนต์

ตัวอย่างดินที่จะนำมาศึกษาจากแหล่งดินเหนียวเกาะขย จังหวัดสงขลา ซึ่งมีลักษณะดินคล้ายกับดินเหนียวที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยลักษณะทั่วไปของพื้นที่จะเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ส่วนใหญ่มีน้ำขัง ตัวอย่างดินเหนียวที่เก็บใช้ในการทำวิจัย จะเป็นดินเหนียวที่มีลักษณะชั้น สีน้ำตาลอมส้ม

ตารางที่ 2 จำนวนตัวอย่างที่เตรียมสำหรับการวิจัย

Series #	ปริมาณดิน:เถ้าเฌียงพารา:ซีเมนต์	ระยะเวลาบ่มตัวอย่าง (วัน)			
		0	7	14	28
1	100:00:00	3	3	3	3
2	95:00:05	3	3	3	3
3	85:10:05	3	3	3	3
4	75:20:05	3	3	3	3
5	65:30:05	3	3	3	3
6	90:00:10	3	3	3	3
7	80:10:10	3	3	3	3
8	70:20:10	3	3	3	3
9	60:30:10	3	3	3	3

รวมตัวอย่างทดสอบกำลังอัดเท่ากับ 108 ตัวอย่าง

3. ขั้นตอนและมาตรฐานการทดสอบ

การทดสอบการบดอัดดินตัวอย่างแบบมาตรฐานเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Dry Density, MDD) และค่า

เถ้าเฌียงพาราที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้มาจากโรงงานเฌียงเฌียงหนึ่งเฌียงจังหวัดสงขลา ซึ่งใช้เฌียงเฌียงพาราเป็นเฌียงเฌียง เถ้าเฌียงพาราที่ได้มีลักษณะเป็นผงสีเฌียง

ชนิดของซีเมนต์เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง (Ordinary Portland Cement Type I)

2. การเตรียมตัวอย่าง

การผสมปริมาณดินเหนียว เถ้าเฌียงพาราและซีเมนต์เป็นไปตามตารางที่ 2 โดยปริมาณส่วนผสมที่ใช้จะคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักดินเฌียง

ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content, OMC) แล้วนำค่าดังกล่าวมาเตรียมตัวอย่างเพื่อหาค่ากำลังอัดต่อไป

การทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Proctor) เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบหาค่ากำลังของดินซีเมนต์ผสมแถ้าไม่ยางพาราต่อไป ผลการ

ทดสอบการบดอัดดินแบบมาตรฐานของดินตัวอย่างเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC) และค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (MDD) ที่ส่วนผสมต่างๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่เหมาะสม และค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด

Series #	ปริมาณดิน:แถ้าไม่ยางพารา:ซีเมนต์	OMC (%)	MDD (g/cc)
1	100:0:0	15.00	1.610
2	95:0:5	16.70	1.630
3	85:10:5	17.35	1.645
4	75:20:5	18.05	1.657
5	65:30:5	19.25	1.665
6	90:0:10	17.50	1.640
7	80:10:10	18.32	1.670
8	70:20:10	19.05	1.700
9	60:30:10	20.00	1.720

ผลการทดลองและการวิเคราะห์วิจัย

1. ตัวอย่างดินเหนียวจะมีคุณสมบัติเบื้องต้นก่อนที่จะนำไปผสมกับซีเมนต์และแถ้าไม่ยางพารา จากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นได้ค่าดังนี้

1.1 หาขนาดกะของดิน (Sieve analysis) พบว่าดินทั้งหมดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ทั้งหมด

1.2 ค่าปริมาณความชื้น เท่ากับ 38%

1.3 ค่า Liquid Limit (L.L.) เท่ากับ 44.2%

1.4 ค่า Plastic Limit (P.L.) เท่ากับ 21.5%

1.5 การจำแนกประเภทของดินพบว่า ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบเป็นกลุ่มดินเหนียว (CL)

2. การทดสอบกำลังอัด (Unconfined Compressive Strength, UCS)

ในการเตรียมดินตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบหาค่ากำลังอัดจะใช้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินตัวอย่างที่แต่ละอัตราส่วน ในช่วงขั้นตอนการบดอัดมาใช้ในการเตรียมตัวอย่างทุกๆ ตัวอย่างที่ทำการทดสอบหาค่ากำลังอัด ในขณะเดียวกันจะกำหนดให้มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ซีเมนต์ และอายุการบ่มของตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดสอบกำลังอัด ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่ากำลังอัดของดินที่อายุการบ่มต่างๆ

Series #	S	P	C	UCS (ksc) 0D	UCS (ksc) 7D	UCS (ksc) 14D	UCS (ksc) 28D
1	100	0	0	1.958	1.891	1.856	1.983
2	95	0	5	2.504	3.519	4.720	5.214
3	85	10	5	2.658	4.362	6.817	7.690
4	75	20	5	2.660	3.608	5.027	6.492
5	65	30	5	2.682	*	*	*
6	90	0	10	2.698	4.992	5.115	5.845
7	80	10	10	2.729	6.297	10.497	11.393
8	70	20	10	2.910	5.457	8.202	9.108
9	60	30	10	3.130	*	*	*

หมายเหตุ: S=ดิน; P=เถ้าไม้ยางพารา; C=ซีเมนต์; UCS XX D=ค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ XX วัน

* ตัวอย่างเกิดการบวมตัว ไม่สามารถทดสอบได้

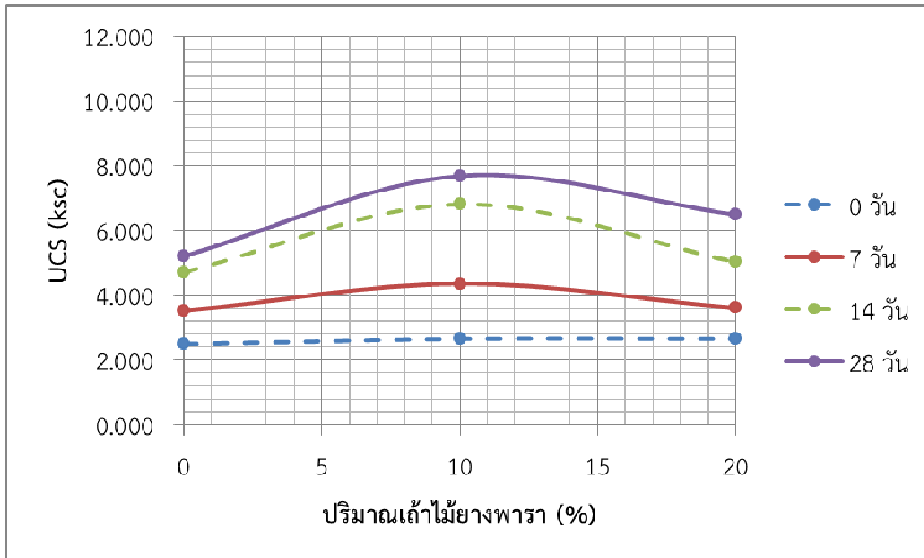
จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่ดินที่ไม่ผสมซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 0, 7, 14 และ 28 วัน มีค่าของ UCS เท่ากับ 1.958, 1.891, 1.856 และ 1.983 ksc ตามลำดับ ดังนั้นอายุการบ่มของตัวอย่างที่ไม่ผสมซีเมนต์จะไม่มีผลค่ากำลังอัด

ค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นชั้นรองพื้นทาง ควรมีค่า UCS ที่ 7 วัน มากกว่า 5.6 ksc จากตารางที่ 4 พบว่า ตัวอย่างดินที่ผสมซีเมนต์ที่ 10% ที่ผสมเถ้าไม้ยาง 10% และ 20% มีค่า UCS มากกว่ามาตรฐานของกรมทางหลวงคือ 6.297 ksc และ 5.457 ksc ตามลำดับ

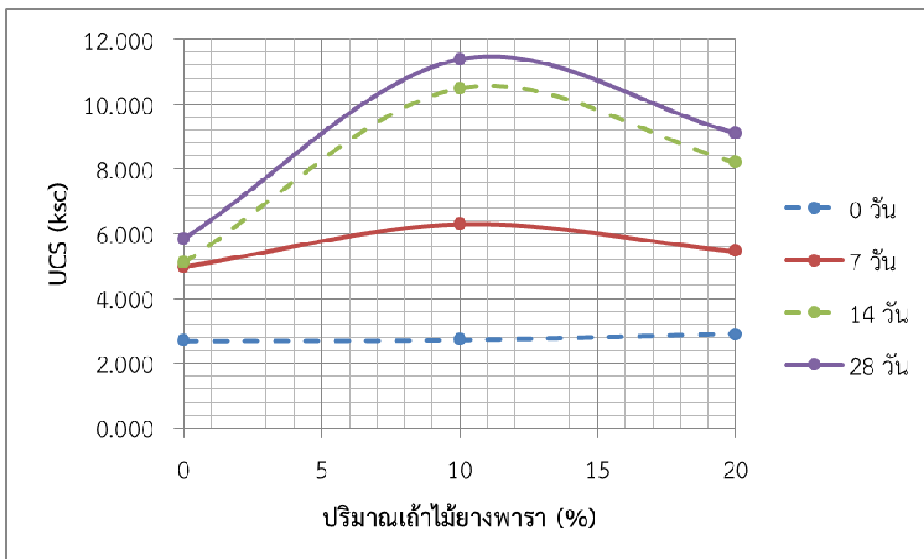
เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่มีอัตราส่วน ดิน : เถ้าไม้ยางพารา : ซีเมนต์ (80:10:10) ที่อายุการบ่ม 0, 7, 14 และ 28 วัน มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 2.729, 6.297, 10.497 และ 11.393 ksc ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้น 133.40, 289.07 และ 322.08 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับที่อายุการบ่ม 0 วัน เมื่อพิจารณาค่าที่ได้จะเห็นว่าเถ้าไม้ยางพารามีผลทำให้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มเช่นเดียวกับซีเมนต์ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

จากการที่ดินตัวอย่างมีการผสมซีเมนต์เข้าไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันในตัวอย่างขึ้น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ตัวอย่างมีความแข็งแรง หรือมีความสามารถในการรับแรงเพิ่มขึ้น

การแทนที่ของเถ้าลอยในปูนซีเมนต์ที่ 10 เปอร์เซ็นต์เป็นปริมาณการแทนที่ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน เนื่องจากปริมาณ CaO ในเถ้าไม้ยางพารามีค่ามาก ค่า CaO เป็นสารประกอบหลักในซีเมนต์ถ้าปริมาณ CaO มากจะทำให้สารประกอบหลักไตรแคลเซียมซัลเฟต (C_3S) มีค่ามากด้วย โดยคุณสมบัติของ C_3S จะให้เพิ่มกำลังแก่ตัวอย่างดิน แต่อย่างไรก็ตามหากใส่เถ้าไม้ยางพารามากเกินไปจะทำให้ค่า UCS ลดลง เนื่องจากเถ้าไม้ยางพารามีสารประกอบอัลคาไลน์ออกไซด์ (Na_2O , K_2O) มาก จึงส่งผลให้ตัวอย่างดินทำปฏิกิริยากับอัลคาไลน์ ซึ่งผลจากปฏิกิริยานี้จะก่อให้เกิดการขยายตัวของดินตัวอย่าง ทำให้ค่ากำลังอัดลดลง ตัวอย่างการทดสอบการรับแรงอัดแสดงการวิบัติของชิ้นทดสอบในภาพที่ 3 [11, 12]



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง UCS (ksc) และปริมาณเถ้าเฝ้ายางพารา ที่ปริมาณซีเมนต์ 5%



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง UCS (ksc) และปริมาณเถ้าเฝ้ายางพารา ที่ปริมาณซีเมนต์ 10%



ภาพที่ 3 ลักษณะการพินิจของตัวอย่างดินผสมเถ้า
ไม้ยางพาราหลังการทดสอบ UCS

สรุปผลการวิจัย

เถ้าไม้ยางพาราเป็นผลพลอยได้จากการใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงในการเผาให้ความร้อนกับการอบไม้ยางพาราของโรงงานอบไม้ยางพารา โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชมีอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพาราจำนวนมาก ในแต่ละปีพบว่า การนำเถ้าไม้ยางพารามาใช้ประโยชน์มีน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณเถ้าไม้ยางพาราที่เกิดขึ้นจึงเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้งและเป็นปัญหาส่งแวดล้อมเนื่องจากการสูญเสียพื้นที่ในการทิ้งและมลพิษจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นของเถ้าไม้ยางพาราจากการทบทวนเอกสารพบว่า เถ้าไม้ยางพารามีคุณสมบัติในการใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของดิน จึงได้มีการศึกษาในการทดลองกับดินเหนียวซึ่งมีค่ากำลังของดินน้อยมาก เพื่อทำการทดสอบให้ได้ผลที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้งานทางต่อไป โดยจะ

พยายามใช้เถ้าไม้ยางพาราในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ได้มากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากปริมาณเถ้าไม้ยางพาราที่เกิดจากอุตสาหกรรมเกษตร และเป็นการนำเถ้าไม้ยางพารามาใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นทางเลือกของการปรับปรุงวัสดุทางและเป็นการพัฒนาประเทศ

จากการทดสอบตัวอย่างที่ผสมเถ้าไม้ยางพาราและซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ ตลอดจนหาความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบ พบว่าที่อัตราส่วน ดิน : เถ้าไม้ยางพารา : ซีเมนต์ (85:10:5) มีค่า UCS มากที่สุด เนื่องจากปริมาณ CaO ในเถ้าไม้ยางพารามีค่ามาก ซึ่ง CaO นี้เป็นสารประกอบหลักในซีเมนต์ โดยปริมาณ CaO มากจะทำให้สารประกอบหลักไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) มีค่ามากด้วย คุณสมบัติของ C_3S คือ จะให้กำลังอัดเพิ่มมากขึ้น

2. ในตัวอย่างดินเหนียวที่ไม่ผสมเถ้าไม้ยางพาราและซีเมนต์ พบว่าอายุการบ่มไม่มีผลต่อค่ากำลังอัด แต่ในตัวอย่างดินที่ผสมเถ้าไม้ยางพาราและซีเมนต์ พบว่าค่ากำลังอัดของดินโดยการทดสอบกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการบดอัดดินที่เหมาะสมของตัวอย่างที่ปริมาณซีเมนต์ต่างๆ เพราะหากปริมาณน้ำมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ค่ากำลังอัดลดลง และควรศึกษาปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อคุณสมบัติของดินเพื่อใช้เป็นตัวแปรสำหรับการทดลองในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช สำนักงาน
คณะกรรมการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. (2546). รายงานสถิติการป่าไม้ของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองแผนงาน กรมป่าไม้.
- สราวุธ เทศศิริ. (2550). การศึกษาคุณสมบัติของมอร์ตาร์ผสมเถ้าลอย และเถ้าซีลี้อยู่ย่างพารา. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมมาตร ศรีสวัสดิ์, สราวุธ จิตงาม, คนุพล ตันนโยภาส และพิพัฒน์ ทองนิม. (2550). การปรับปรุงดินคันทางอ่อน
โดยการผสมซีเมนต์กรณศึกษาจังหวัดสงขลา. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12
(หน้า6). โรงแรมมรินทร์ลาดูน จังหวัดพิษณุโลก.
- จรูญ เจริญนครกุล. (2547). รายงานการศึกษากำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมด้วยเถ้าซีลี้อยู่ย่างพารา. การประชุม
วิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9. โรงแรมริเจนท์ อะอ้า จังหวัดเพชรบุรี.
- คนุพล ตันนโยภาส, ชัดเจน ฤทธิวิรุฬห์ และอำพล กิติโชติ. (2546). ผลกระทบจากการเติมเถ้าลอย และเถ้าซีลี้อยู่ย่าง
พาราที่มีต่อมอร์ตาร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์. การประชุมทางวิชาการคอนกรีตแห่งชาติ ครั้งที่ 1 14-16 พ.ค.
2546. (หน้า6). เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี.
- Ruenkairergsa, T. & Apimeteetamrong, S. (2000). **Comparative analysis of strains and displacements
between crushed rock base and soil-cement base asphalt pavement**, รายงานฉบับที่ วพ. 182 ศูนย์วิจัย
และพัฒนาทาง.
- Zhu, Z.D. & Liu, S.Y. 2008. Utilization of a New Soil Stabilizer for Silt Subgrade. **Engineering Geology**,
97:192–198.
- จักรพันธ์ วงษ์พา. (2546). การใช้เถ้ากลบ-เปลือกไม้เพื่อเป็นวัสดุปลูกโซลาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Elinwa, A.U., & Y.A. Mahmood. (2001). **Ash from timber waste as cement replacement material. cement
concrete composite**, n.p. 61.
- Tonnayopas, D. & J. Chaosincharoen. (2001). Properties of mortar containing fly ash and parawood sawdust ash.
Report to Proc of Regional Conf on Higher Engineering Education System. Kualalamper, Malasia:
University of Malaya.
- สถาบันวิจัย และสมศักดิ์ แห่ง. (2551). การปรับปรุงคุณภาพดินโดยวิธีผสมเถ้าอยู่ย่างพาราและซีเมนต์.
วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุรินทร์ ขวดใส และเบญจรงค์ อ่อนแก้ว (2534). คุณสมบัติของซีลี้อยู่ย่างและคอนกรีตผสมซีลี้อยู่ย่าง. สงขลา:
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่.