

การปรับปรุงคุณภาพเถ้าก้นเตาโดยใช้เปลือกไข่เพื่อใช้เป็นวัสดุงานทาง

Improvement of Bottom Ash by egg shell for Highway Materials

นิสิตผู้ทำโครงการ

นายสืบสกุล ดวงเดือน 51052256

นายจิรวัดน์ เฟื่องศรีทอง 51053098

นายชนาวุฒิ กองสังข์ 51053239

ประธานกรรมการที่ปรึกษาโครงการ รองศาสตราจารย์ ประทีป ดวงเดือน

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 081-611-3928 E-mail: fengptd@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของเถ้าก้นเตาโดยใช้เปลือกไข่บด เพื่อใช้เป็นวัสดุงานทาง โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านการบดอัดของเถ้าก้นเตา ได้แก่ ปริมาณของเปลือกไข่ และอายุการบ่ม ศึกษาหาสัดส่วนของสารผสมที่เหมาะสมระหว่างเถ้าก้นเตาและเปลือกไข่บดตามอัตราส่วน 95:5, 90:10, 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำสารผสมตามสัดส่วนที่เหมาะสมไปทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านการบดอัดและCBR จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของสารผสมที่เหมาะสมคือ 90:10 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านการบดอัด พบว่า ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมลดลงเล็กน้อย และค่าCBRแบบแฉ้ำน้ำและไม่แฉ้ำน้ำ มีค่าสูงสุดที่สัดส่วน 90:10 ของน้ำหนักแห้งและมีค่าสูงสุดที่อายุการบ่ม 14 วัน และอัตราส่วนผสมที่สามารถนำไปใช้ในวัสดุในชั้นพื้นทางได้นั้นอยู่ที่อัตราส่วน 95:5 ซึ่งจะให้ค่า CBR ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดของวัสดุชั้นพื้นทางของกรมทางหลวง

Abstract

This project is aimed to study the improvement of engineering properties of bottom ash with crushed egg shells to be used as highway materials. The study focuses on the effect of factors such as amount of crushed egg shells and curing times on the compaction and CBR properties. The ratio of bottom ash and crushed egg shell such as 95:5, 90:10, 80:20 and 70:30 are designed to be used in this study. The tested results also show that at the ratio 90:10 maximum dry density of bottom ash are increase with increasing crushed egg shells and the optimum water contents are a little bit decreasing.

The curing time at 14 day giving the maximum CBR at the ratio 90:10. The mixing ratio 95:5 of bottom ash and crushed egg shell is proper to use as highway material for base course-specified by Highway Department of Thailand

1 บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.1.1 ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของเถ้าก้นเตาและเปลือกไข่บด
- 1.1.2 ศึกษาสัดส่วนผสมของเถ้าก้นเตาและเปลือกไข่บดที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุงานทาง
- 1.1.3 ศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณส่วนละเอียดที่มีผลต่อการบดอัด
- 1.1.4 ศึกษาถึงอายุของการบ่มที่มีผลต่อค่า CBR
- 1.1.5 ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเถ้าก้นเตาผสมเปลือกไข่บดมาใช้เป็นวัสดุงานทาง

1.2 ขอบเขตของโครงการ

- 1.2.1 ตัวอย่างเถ้าก้นเตา ที่ไม่ได้ปรับปรุงความละเอียดนำมาจากบริษัท BLCPP POWER จำกัด นครอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง
- 1.2.2 สารผสมที่ใช้ในโครงการ ได้แก่ เปลือกไข่เป็ด จากตลาดยิ่งเจริญ สะพานใหม่ เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
- 1.2.3 ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านการบดอัดของเถ้าก้นเตาผสมเปลือกไข่บด ที่สัดส่วนผสม ต่างๆ ที่อายุการบ่ม 3, 7 และ 14 วัน กับเถ้าก้นเตาที่ไม่ได้ผสมเปลือกไข่บดซึ่งได้แก่

1.2.3.1 ทดสอบการบดอัดในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานของ Modified Proctor Compaction Test จนได้ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content)

1.2.3.2 การทดสอบค่า CBR ตามมาตรฐาน ASTM D1883-94 ทั้งแบบ Soaked CBR และ Unsoaked CBR

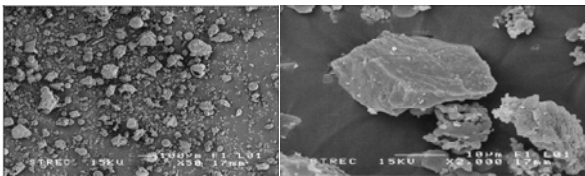
1.2.3.4 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ที่จะนำเถ้าหนักผสมเปลือกลงที่สัดส่วนผสมต่างๆ และอายุการบ่มต่างๆ มาใช้เป็นวัสดุงานทาง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการงาน

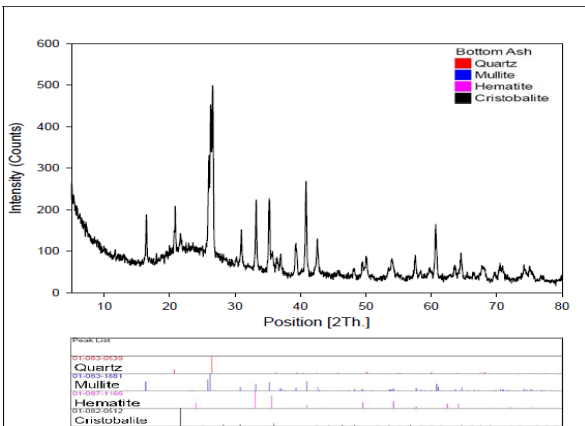
2.1 เถ้าก้นเตา

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าก้นเตา

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าหนัก โดยวิธี X-Ray Diffraction พบว่าเถ้าก้นเตาประกอบด้วยสารหลายชนิด ซึ่งเมื่อเทียบกับกราฟของสารมาตรฐานคาดว่า เถ้าก้นเตานี้มีองค์ประกอบของสารประเภทซิลิกาเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ quartz, cristobalite และ mullite และจากการทดสอบโดยเครื่อง scanning electron microscope พบว่าเถ้าหนักมีลักษณะโครงสร้างอนุภาคนั้นมีขนาดที่แตกต่างและรูปร่างที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 1 ลักษณะพื้นผิวของอนุภาคเถ้าก้นเตา

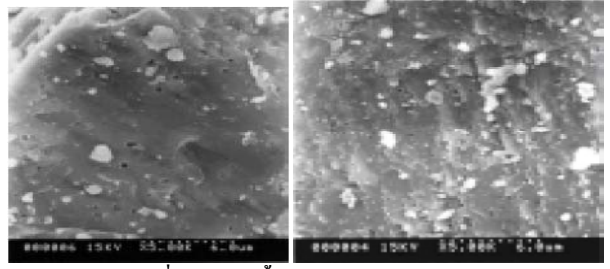


รูปที่ 2 กราฟระหว่าง intensity และ theta ของเถ้าก้นเตาจากการตรวจวัดโดยใช้เครื่อง XRD

2.2 เปลือกไข่

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเปลือกไข่

สารประกอบทางเคมีของเปลือกไข่นั้นสามารถแยกได้โดยใช้เครื่อง X-Ray fluorescence spectrometer โดยสารประกอบในทุกๆเปลือกไข่จะมีสารประกอบหลักคือ $CaCO_3$ และธาตุประกอบส่วนน้อยได้แก่ S, Mg, P, Al, K, Sr



รูปที่ 3 ลักษณะพื้นผิวของอนุภาคเปลือกไข่

3. ผลการดำเนินโครงการงานและวิจารณ์

ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเถ้าก้นเตา และเปลือกไข่

คุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าก้นเตา และเปลือกไข่ ที่เตรียมขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ค่า Liquid Limit, Plastic Limit, Plasticity Index และ Specific Gravity ซึ่งผลการทดสอบต่างๆแสดงดังตาราง

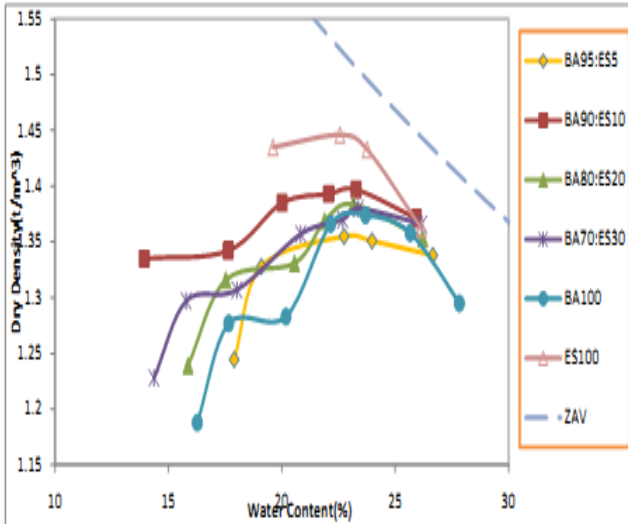
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเถ้าก้นเตาและเปลือกไข่

คุณสมบัติเบื้องต้น	เถ้าก้นเตา	เปลือกไข่
ปริมาณความชื้น, %	11.93 – 12.66	3.39-3.47
ความถ่วงจำเพาะ	2.32	2.55
Liquid Limit, %	ไม่มี	ไม่มี
Plastic Limit, %	ไม่มี	ไม่มี
Plasticity Index, %	ไม่มี	ไม่มี
USCS Classification	SP	SP

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุผสม

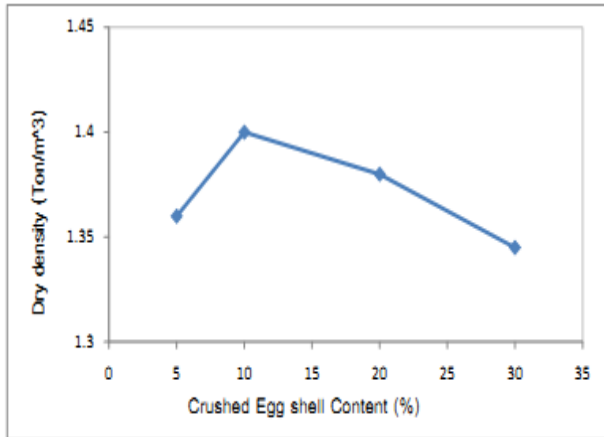
คุณสมบัติด้านการบดอัด

ผลการทดสอบบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน โดยใช้ Mold มาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 4.6 นิ้ว มีพลังงานประมาณ 56,000 ปอนด์ฟุต ต่อลูกบาศก์ฟุต ($lb.ft/ft^3$) ผสมสารผสมเพิ่ม (เปลือกไข่บด) ที่สัดส่วนผสม 5, 10, 20 และ 30% โดยน้ำหนักแห้งของวัสดุผสม แสดงไว้ในภาพที่ 4-5 พบว่า ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดที่สัดส่วน 90:10 และแนวโน้มลดลงตามปริมาณของสารผสมเพิ่มที่มากขึ้น



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของ

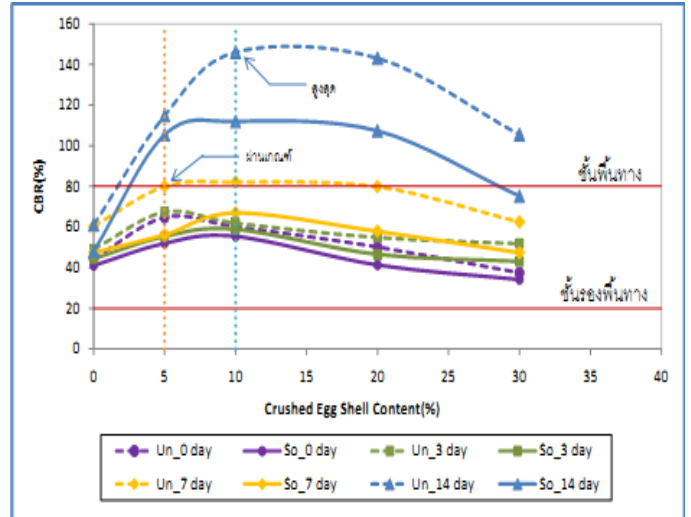
แฉกดินเตาผสมสารผสมเพิ่มที่ปริมาณต่างๆ



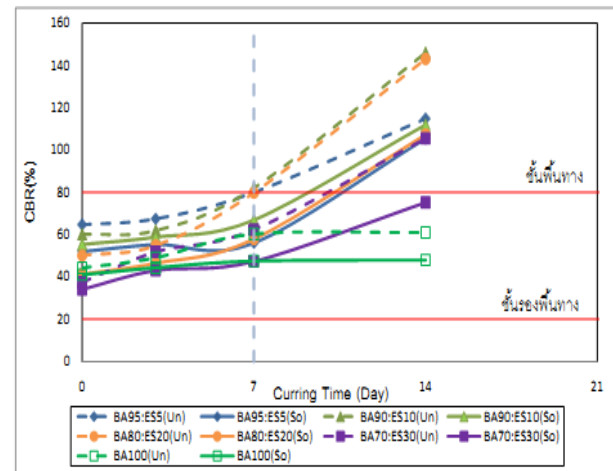
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งกับปริมาณสารผสมเพิ่ม (เปลือกไข่บด)

คุณสมบัติด้านกำลัง

ผลการทดสอบ Soaked และ Unsoaked CBR ของแฉกดินเตาผสมสารผสมเพิ่ม โดยที่แฉกดินเตาผสมสารผสมเพิ่มที่สัดส่วน 5, 10, 20 และ 30% โดยน้ำหนักแห้งของวัสดุผสม ทำการทดสอบทันทีหลังบดอัดและที่อายุการบ่ม 3, 7 และ 14 วัน โดยผลการทดสอบแสดงไว้ดังภาพที่ 6-7 จากการทดสอบพบว่า คุณสมบัติด้านกำลังที่เพิ่มขึ้นของแฉกดินเตา ที่ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยสารผสมเพิ่ม (เปลือกไข่บด) ทำให้ค่า Soaked และ Unsoaked CBR มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากอายุการบ่มทำให้ค่า CBR มีค่าสูงขึ้น ส่วนปริมาณสารผสมเพิ่มทำให้ค่า Soaked และ Unsoaked CBR มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ปริมาณสารผสมเพิ่ม 10% และลดลงเรื่อยๆที่ปริมาณสารผสมเพิ่มที่มากขึ้น



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Soaked และ Unsoaked CBR กับปริมาณสารผสมเพิ่มของวัสดุผสมที่อายุการบ่มต่างๆ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Soaked และ Unsoaked CBR กับอายุการบ่มของวัสดุผสม

4. สรุปผลการดำเนินงาน

4.1 แฉกดินเตาปูนินส์ที่ใช้ในโครงการในครั้งนี้มีลักษณะคล้ายทราย ส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ และฟุ้งกระจายได้ง่าย จากตัวอย่างภาพถ่ายแฉกดินเตาจากการใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope ตรวจสอบที่ กำลังขยายแตกต่างกัน จะพบว่าอนุภาคของแฉกดินเตานั้นมีขนาดที่แตกต่างกันและรูปร่างที่แตกต่างกันไปโดยจะมีลักษณะพื้นผิวทั้งที่เรียบและที่เป็นแบบขรุขระ และมีลักษณะความเป็นเหลี่ยมคม ซึ่งประกอบด้วยปริมาณขนาดเทียบเท่าทราย (Sand) และ กรวด (Gravel) เป็นหลักประมาณ 94.06% ที่เหลือเป็นขนาดเทียบเท่าตะกอนทราย (Silt) และ ดินเหนียว (Clay) มีการกระจายขนาดของเม็ดดินคละกันไม่สม่ำเสมอ (Poorly-grade) การจำแนกดินในระบบ Unified Soil Classification และ AASHTO จัดอยู่ในกลุ่ม SP และ A-3(0)

4.2 เปลือกไข่ที่ผ่านการบดที่นำมาทดสอบมีลักษณะคล้ายทรายละเอียด มีสีขาวยิ่งครึ้ม จากตัวอย่างภาพถ่ายเปลือกไข่จากการใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope ตรวจสอบที่กำลังขยาย 5000x จะพบว่า เปลือกไข่มีรูปร่างทางกายภาพที่ไม่แน่นอน ขนาดของรูไข่ไปตามธรรมชาติและผ่านการต้ม มีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-0.6 μm ส่วนขนาดของรูไข่เป็ดตามธรรมชาติและผ่านการต้ม 0.2-0.4 μm ส่วนเปลือกไข่บดเมื่อนำมาจำแนกดินในระบบ Unified Soil Classification จัดอยู่ในกลุ่ม SP และ AASHTO จัดอยู่ในกลุ่ม A-3(0)

4.3 เข้ากันเตา และเปลือกไข่บด มีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ประมาณ 1.38 และ 1.44 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นเหมาะสมประมาณ 22.95 และ 22.10% ตามลำดับ ค่า Soaked และ Unsoaked CBR ของเข้ากันเตา มีค่าสูงกว่าเปลือกไข่บด

4.4 ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดอยู่ที่สัดส่วนผสม 90:10 มีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1.400 ตันต่อลูกบาศก์เมตรและสัดส่วนอื่นมีค่าความหนาแน่นแห้งใกล้เคียงกัน

4.5 วัสดุผสมจะให้ค่า Soaked และ Unsoaked CBR สูงที่สุด ที่สัดส่วนระหว่างเข้ากันเตาและเปลือกไข่บดคือ 90:10 โดยน้ำหนักแห้งของวัสดุผสม และปริมาณสัดส่วนที่ให้ค่า Soaked และ Unsoaked CBR ผ่านเกณฑ์มาตรฐานพื้นทางของกรมทางหลวง คือ สัดส่วนระหว่างเข้ากันเตาและเปลือกไข่บด 95:5 ดังตาราง

5. กิตติกรรมประกาศ

ประโยชน์อันเนื่องมาจากโครงการวิศวกรรมโยธาเล่มนี้ ขอมอบแก่ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบันและขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนโครงการนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

กรมทางหลวง. 2532. **รายละเอียดควบคุมการก่อสร้าง.**

กรมทางหลวงแผ่นดิน, กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพฯ.

กิตติศักดิ์ โชติ. 2553. **การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังด้วยเข้ากันเตาและปูนขาว.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทักษ์พงษ์ ทองยอดอินทร์ และ สุรศักดิ์ โสฬส. 2544. **การปรับปรุงดินลูกรังเพื่อใช้เป็นพื้นทางโดยใช้เถ้าลอย.** วิทยานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ธณภูมิ ถิ่นศรีสวัสดิ์. 2553. **การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้เข้ากันเตาและเศษปูนขาว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วารสาร ไม้เรียง, จิตรพัฒน์ โชติกไกร และประทีป ดวงเดือน. 2522.

ปฏิภนศาสตร์ทฤษฎีและปฏิบัติการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิเศษ แจ่มจิตร. 2552. **การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้เถ้ากันเตา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุมาพร ปฏิพันธ์ภูมิสกุล. 2553. **การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้เถ้ากันเตาเศษปูนขาวและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภกิจ นามพิชญ์, ชูศักดิ์ ศิริรัตน์, เอกรัตน์ รวยรวย, สุกสิทธิ พงศ์ศิวะสดี และนายสุธี ปิยะพิพัฒน์, 2549. **คู่มือการทดสอบทางปฏิภนศาสตร์.** สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Bo B, L. L. Larsson. S.A.k. Ohlsson. H. Bristav. and J.norrman. 2006

Geochemical anomalies from bottom ash in a road construction-Comparison of the leaching potential between an ash road and the surroundings.

Waste management.