

ชาญุทธ กองเกิด : การพัฒนากำลังของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานด้วยตะกรันเหล็ก
เถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ (STRENGTH DEVELOPMENT OF MARGINAL LATERITIC
SOIL STABILIZED WITH SLAG-FLY ASH GEOPOLYMER) อาจารย์ที่ปรึกษา :
ศาสตราจารย์ ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 67 หน้า

วัสดุลูกรังที่มีคุณสมบัติไม่ได้มาตรฐานงานทางมักจะทำการปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์
(Ordinary Portland cement, OPC) กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ต้องใช้พลังงานสูงและมีการปล่อย
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จีโอโพลิเมอร์เป็น
วัสดุเชื่อมประสานที่เถ้าลอยเป็นสารตั้งต้นและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์
ไรเซชันสามารถปรับปรุงได้ด้วยการเติมสารที่มีแคลเซียมออกไซด์สูง ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุเหลือ
ทิ้งที่มีมากในประเทศไทยและมีองค์ประกอบของแคลเซียมออกไซด์สูง การวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษา
อิทธิพลของสารเร่งปฏิกิริยา ระยะเวลาการบ่ม และสัดส่วนของปริมาณตะกรันเหล็กต่อเถ้าลอย
ต่อกำลังอัดแกนเดียวสัดส่วนของดินลูกรัง : เถ้าลอย : ตะกรันเหล็ก กำหนดไว้ 3 สัดส่วน คือ
60:30:10, 50:30:20 และ 40:30:30 สัดส่วนของโซเดียมซิลิเกตต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 สัดส่วน
คือ 100:0, 90:10, 80:20, 50:50 และ 40:60 และระยะเวลาการบ่มกำหนด 7 วัน, 14 วัน
และ 28 วัน

ผลทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Compaction Test) พบว่า
หน่วยน้ำหนักแห้งมีค่าสูงขึ้นตามสัดส่วนตะกรันเหล็กโมที่เพิ่มขึ้น และปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา
เหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนโซเดียมซิลิเกตในสารเร่งปฏิกิริยาที่สูงขึ้น กำลังอัดของดินลูกรัง
จีโอโพลิเมอร์แปรผันตรงตามระยะเวลาการบ่ม ปริมาณของตะกรันเหล็กโม และปริมาณของ
โซเดียมซิลิเกตในสารเร่งปฏิกิริยา ปริมาณของโซเดียมซิลิเกตในสารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มความหนืด
ของสารเร่งปฏิกิริยาและเร่งปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์ไรเซชัน ส่งผลให้ปริมาณสารเร่งปฏิกิริยา
เหมาะสมมีค่าลดลง ดังนั้น หากคำนึงด้านความสามารถในการปฏิบัติงาน (Workability) และ
ต้นทุนการใช้สัดส่วนของโซเดียมซิลิเกตที่น้อยลง (เพิ่มปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากกว่า
ร้อยละ 50) ทำให้สารเร่งปฏิกิริยามีความหนืดน้อยลง และระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยานานขึ้น
ถึงแม้กำลังอัดแกนเดียวจะมีต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ปริมาณโซเดียมซิลิเกตในสัดส่วนสูง
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกรมทางหลวงซึ่งกำหนดค่ากำลังอัดแกนเดียวที่อายุบ่ม
7 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 1.72 เมกกะปาสกาล สำหรับงานปรับปรุงคุณภาพชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ที่
มีปริมาณการจราจรต่ำ และ 2.41 เมกกะปาสกาล สำหรับงานปรับปรุงคุณภาพชั้นพื้นทางดิน
ซีเมนต์ที่มีปริมาณการจราจรสูง ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 50 ถึง 60 ให้กำลังอัดที่มี

ค่ายอมรับได้ตามมาตรฐานกรมทางหลวงภาพถ่ายด้วยกล้องส่องกราดพบว่าตัวอย่างที่ให้ค่ากำลังอัดต่ำเกิดจากระบวนการชะละลายซิลิกาและอลูมินาจากเม็ดเถ้าลอยที่ช้า ขณะที่อนุภาคเถ้าลอยของตัวอย่างที่ให้ค่ากำลังอัดสูงเกิดรูพรุนอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเกิดปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์ไลเซชันได้ดี

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยเถ้าลอย ตะกรันเหล็กไหม้ จีโอโพลิเมอร์ เพื่อใช้เป็นโครงสร้างทางชั้นพื้นทางเขียว โดยสัดส่วนของสารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมควรใช้สัดส่วนปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ระหว่างร้อยละ 50 ถึง 60 ที่อัตราส่วนเถ้าลอยต่อตะกรันเหล็กเท่ากับ 3 : 1 ถึง 1 : 1 ซึ่งให้กำลังอัดที่สูงกว่าข้อกำหนดของกรมทางหลวง นอกจากการศึกษาวิจัยด้านการพัฒนากำลังอัดแล้ว ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านคุณสมบัติอื่นๆ เช่น คุณสมบัติด้านความคงทน ความต้านทานการซึมผ่านของน้ำ และความคุ้มค่าทางด้านต้นทุน เป็นต้น



สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

CHANYUTH KHONGKRED : STRENGTH DEVELOPMENT OF
MARGINAL LATERITIC SOIL STABILIZED WITH SLAG-FLY ASH
GEPOLYMER. THESIS ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK,
Ph.D., 67 PP.

GEPOLYMER/LATERITIC SOIL/FLY ASH/SLAG

Marginal lateritic soil is generally stabilized with Ordinary Portland cement. The cement production consumes energy significantly and emits carbon dioxide (CO_2) to atmosphere, leading to greenhouse effect. Geopolymer is a green binder, which use fly ash (FA) as a precursor. Geopolymerization reaction can be improved by an addition of calcium-rich material. Steel slag, which is abundant in Thailand, is composed of very high calcium oxide. This thesis attempts to investigate effects of liquid alkaline activator, curing time and slag to FA ratio on unconfined compressive strength (UCS). The lateritic soil : FA : slag ratios studied are 60:30:10, 50:30:20 and 40:30:30, the sodium silicate:sodium hydrolysis (Na_2SiO_3 :NaOH) ratios are 100:0, 90:10, 80:20, 50:50 and 40:60 and the curing times are 7, 14 and 28 days.

The modified compaction test results show that the maximum dry density increases with increasing slag content and the optimum alkaline content increases with increasing Na_2SiO_3 . The UCS mainly depends on curing time, slag content and Na_2SiO_3 content. The input of Na_2SiO_3 increases the viscosity of the liquid alkaline activator and fastens the geopolymerization reaction resulting lower optimum liquid alkaline activator. Considering the workability and cost effectiveness, the reduction in Na_2SiO_3 (increase in NaOH over 50%) reduces the viscosity of the liquid alkaline

activator and increases initial setting time. Though the UCS of high NaOH geopolymer is lower than that of low NaOH geopolymer, the 7-day UCS values of high NaOH geopolymer meets the requirement for stabilized base of the Department of Highways, which are 1.7 MPa for low traffic loads and 2.41 MPa for high traffic loads, respectively. The optimum NaOH is found to be 50-60% where the UCS is greater than the requirement of Department of Highways. Scanning electron microscopy analysis shows that the low UCS of FA-slag geopolymer is caused by the poor leaching process of silica and alumina oxides from FA whereas FA particles of high UCS specimen have many etching holes, which indicate the better geopolymerization reaction.

This research shows the viability of marginal lateritic soil improvement with FA-slag geopolymer to be green stabilized base layers. The suggested NaOH content is about 50 to 60% and the slag : FA is about 3 : 1 to 1 : 1 in which the UCS is greater than the requirement of the Department of Highways. Besides, future works on the investigation of durability, permeability and cost effectiveness are recommended.

School of Civil Engineering

Academic Year 2015

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____