การปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้อยมาตรฐานด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์

Improvement of Sub-Standard Lateritic Soil with Cement-Polymer Mixtures

กัญจน์ สลีวงศ์[1,*] พีรพงศ์ จิตเสงี่ยม[2] และ กรกฎ นุสิทธิ์[3]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 239 99 หมู่ที่ 9 ถนนพิษณุโลก-นครสวรรค์ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
**Corresponding author; E-mail address: gun_superhero_162555@hotmail.com*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังด้อยมาตรฐานด้วยวัสดุผสม ซีเมนต์-โพลีเมอร์ (cement-polymer mixture) เพื่อลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ลงในการปรับปรุงคุณภาพดิน ให้สามารถรับกำลังรับแรงอัดได้ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งในปัจจุบัน ซีเมนต์ถูกใช้เพื่อการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังอยู่ด้วย แต่เนื่องด้วยดินปรับปรุงด้วยซีเมนต์จะมีค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงแต่มีความสามารถในการรับแรงดัดต่ำ และก็ไวต่อการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากน้ำและความชื้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างซีเมนต์และโพลีเมอร์ (Polymers) ที่นำมาปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้อยมาตรฐาน โดยมีเป้าประสงค์ที่จะให้โพลีเมอร์มาช่วยในการพัฒนาความสามารถในการรับแรดดัดและการทนต่อการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากน้ำและความชื้น โดยการศึกษานี้พิจารณาการพัฒนากำลังรับแรงอัดแกนเดียว กำลังการรับแรงดัด และความสามารถในการดูดซึมน้ำของดินลูกรังด้อยมาตรฐานที่ผสมซีเมนต์ประเภทที่ 1 และโพลีเมอร์ ในการทำเป็นตัวเชื่อมประสานของดินลูกรัง โดยแทนที่ซีเมนต์ด้วยโพลีเมอร์ที่ 0, 5, 10, 15, 20% และที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน จากผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนการแทนที่ด้วยโพลีเมอร์ 10% มีค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวดีที่สุด และมีการพัฒนาการรับแรงดัด ร่วมกับการซึมได้ของน้ำที่ต่ำ ดังนั้น ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมนี้จะสามารถนำไปใช้ในการรักษาเสถียรภาพดินลูกรังด้อยมาตรฐานสำหรับการใช้งานบนถนน

คำสำคัญ: การปรับปรุงคุณภาพดิน, ดินลูกรัง, ปูนซีเมนต์, โพลีเมอร์, กำลังรับแรงอัดแกนเดียว

Abstract

This paper presents the improvement of sub-standard lateritic soil using cement-polymer mixtures. Mixing polymer into cement to create such a cement-polymer mixture could cause the cement use reduction in the cement stabilization technique for roadway applications. Cement as a soil stabilizing agent has been popularly used to stabilize any sub-standard materials for the road. However, the cement-stabilized material has relatively less flexural strength and still prone to have a moisture sensitivity characteristic even it can provide good compressive strength. This study aims to determine a proper ratio between cement and polymer for using as a stabilizing agent for sub-standard lateritic soil. This polymer would assist gaining more flexural strength and less moisture sensitivity for such cement-stabilized lateritic soil. In this study, the cement-polymer mixtures in forms of the paste were investigated with varying the polymer content of 0, 5, 10, 15, 20% by dry mass of cement. Cement-polymer paste samples were cured for 7 and 28 days before a series of the compressive strength tests, the flexural strength tests, and the water absorption tests. The results revealed that the 10% polymer content of cement can provide the best compressive strength with better flexural strength and least water absorption compared to other mixtures. With this proper ratio, it can be further used in stabilizing the sub-standard lateritic soil for roadway application.

Keywords: Soil Improvement, Lateritic Soil, Cement, Polymers, Compressive Strength

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ใช้ถนนเป็นคมนาคมหลัก และมีระยะทางประมาณ 467,000 กิโลเมตร ปัจจุบันมีปริมาณผู้ใช้ถนนเพิ่มมากขึ้นจึงมีการก่อสร้างและปรับปรุงซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งวัสดุที่นำใช้ในการก่อสร้างถนนมีหลายชนิด เช่น ดินลูกรัง หินคลุก เป็นต้น และต้องผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ในปัจจุบันดินลูกรังที่ผ่านมาตรฐานนั้นมีจำนวนน้อยลงและหาได้ยาก ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังจึงเป็นวิธีการหนึ่งเพื่อเพิ่มวัสดุในการก่อสร้างถนน [1]

การปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังในประเทศไทยนิยมใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Portland cement type 1) เป็นสารผสมเพิ่มเพื่อให้คุณสมบัติของวัสดุดีขึ้น [3,4] อย่างไรก็ตามดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์จะมีกำลังรับแรงอัดที่สูง แต่ไม่สามารถรับแรงดึงได้ดี และยังทนต่อสภาพความชื้นที่เปลี่ยนแปลงได้ไม่ดีพอ เพราะซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ไม่ได้ถูกผลิตมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการผสมดิน เพื่อเป็นการพัฒนาการนำซีเมนต์มาปรับปรุงถนนให้ดียิ่งขึ้น จึงมีการพัฒนาวัสดุเชื่อมประสานชนิดใหม่ในการปรับปรุงคุณภาพของดิน ซึ่งวัสดุทางเลือกที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ คือ โพลีเมอร์ (Polymer) ด้วยคุณสมบัติด้านกำลังที่ดี และยังช่วยป้องกันความชื้นได้มากกว่าซีเมนต์ปกติ

งานวิจัยนี้จึงมุ่งสนใจศึกษาการพัฒนาวัสดุงานถนน แนวทางความเป็นไปได้ในการนำดินลูกรังผสมกับวัสดุเชื่อมประสานชนิดใหม่ และผลจากการศึกษาส่วนใหญ่ยืนยันได้ว่าสารละลายโพลีเมอร์ เป็นวัสดุทางเลือกชนิดหนึ่งที่นำมาปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังได้ [5] ทำให้มีความเป็นได้ที่จะสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ และศึกษาถึงคุณสมบัติด้านกำลังของดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวัสดุเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ เพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ในงานถนนได้จริง ตามมาตรฐานที่กรมทางหลวงกำหนด [1]

2. วัสดุและขั้นตอนวิจัย

2.1 วัสดุ

2.1.1 ดินลูกรัง

ดินลูกรังที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เก็บตัวอย่างจากบ่อดินลูกรัง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อทำการจำแนกดินด้วยระบบการจำแนกแบบ Unified soil classification system (USCS) พบว่าเป็นดินชนิด CL-ML ซึ่งจัดว่าเป็นดินเหนียวปนตะกอนทราย และจำแนกทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่าตัวอย่างดินลูกรังมีค่า Sieve ไม่จัดอยู่ในกลุ่ม A-E, LA Abrasion 88%, Liquid limit 19.80%, Plastic limit 15.22%, Plasticity index 4.58%, Maximum dry density 2,120 กรัม/ลบ.ซม. และ CBR 4.12% เมื่อเทียบกับมาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม มาตรฐานที่ ทล.-ม. 205/2532 พบว่าเป็นดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานของกรมทางหลวง และสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพดินด้วยวิธีดินซีเมนต์ตามมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ทล.-ม. 206/2532 ของกรมทางหลวง [1,6]

2.1.2 ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา

เป็นปูนซีเมนต์ประเภทใช้กันมากในงานคอนกรีต ประมาณได้ว่าร้อยละ 90 ของปูนซีเมนต์ที่ผลิตในสหรัฐอเมริกา เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ใช้สำหรับการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานรากของอาคาร ถนน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังสูงสุดในระยะเวลาไม่รวดเร็วและให้ความร้อนปานกลาง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว ตราทีพีไอสีแดง ตราภูเขาตรา ดาวเทียม และตราเอกซีเมนต์สีน้ำเงิน เป็นต้น

2.1.3 โพลีเมอร์

โพลีเมอร์ (Polymer) ที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นโพลีเมอร์สังเคราะห์แบบสารละลายลาเทกซ์ชนิด Styrene acrylic สามารถสังเกตลักษณะด้วยตาและมือสัมผัสมีสีขาวและมีความเหนียวข้นแสดงในรูปที่ 1 โพลีเมอร์จะกระจายตัวในของเหลวอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นตัวทำละลายของโพลีเมอร์เองหรือกระจายตัวเป็นอิมัลชันในน้ำ ซึ่งโพลีเมอร์ที่ใช้จะมีคุณสมบัติในการเพิ่มกำลังรับแรงดัดและแรงอัด [7,8] แต่การใส่โพลีเมอร์ในปริมาณที่มากจะทำให้วัสดุมีความเหนียวทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลง และผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของสารละลายโพลีเมอร์จะแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 1

รูปที่ 1 สารละลายโพลีเมอร์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของสารละลายโพลีเมอร์

คุณสมบัติทั่วไป	Styrene acrylic
1. รูปร่าง	ของเหลว
2. ร้อยละของแข็งทั้งหมด	ร้อยละ 54.0 - 56.0
3. pH	7.0 - 9.0
4. ความเหนียว (Brookfield RVT, CPS)	500 – 2,000
5. Ionic nature	Anionic
6. ความถ่วงจำเพาะ	1.000 – 1.100
7. ความหนาแน่นของไอ	< 1 water
8. จุดเดือด	100 degree c
9. การละลายในน้ำ	กระจายตัวในน้ำ

2.2 ขั้นตอนการวิจัย

มีขั้นตอนการศึกษา 2 ขั้น คือ การทดสอบหาอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ และการทดสอบเพื่อหาปริมาณการผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ในการปรับปรุงดินลูกรังด้อยมาตรฐานเพื่อใช้เป็นชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์

2.2.1 การทดสอบหาอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์

การทดสอบหาอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์เพื่อนำไปใช้เป็นตัวเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ และซีเมนต์ที่ใช้เป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 กับโพลีเมอร์ชนิด Styrene acrylic โดยทำการผสมตัวอย่างทดสอบที่มีซีเมนต์และโพลีเมอร์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ปูนซีเมนต์ : โพลีเมอร์ = 100 : 0 (ปูนซีเมนต์ 100% และ โพลีเมอร์ 0%)
ปูนซีเมนต์ : โพลีเมอร์ = 95 : 5 (ปูนซีเมนต์ 95% และ โพลีเมอร์ 15%)
ปูนซีเมนต์ : โพลีเมอร์ = 90 : 10 (ปูนซีเมนต์ 90% และ โพลีเมอร์ 10%)
ปูนซีเมนต์ : โพลีเมอร์ = 85 : 15 (ปูนซีเมนต์ 85% และ โพลีเมอร์ 15%)
ปูนซีเมนต์ : โพลีเมอร์ = 80 : 20 (ปูนซีเมนต์ 80% และ โพลีเมอร์ 20%)

หลังจากผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปบรรจุในแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ (Mold) ขนาด กว้าง 4 ซม. ยาว 16 ซม. สูง 4 ซม. นำพลาสติกแผ่นบางหุ้มแบบไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นบริเวณผิวตัวอย่าง ทิ้งไว้จน 24 ชั่วโมงจึงนำตัวอย่างออกจากแบบ จากนั้นวัดขนาดตัวอย่างทดสอบและชั่งน้ำหนักให้เรียบร้อยแล้วนำมาหุ้มด้วยพลาสติกแผ่นบาง บ่มตัวอย่างทดสอบที่อุณหภูมิห้องตามอายุการบ่ม 7 และ 28 วัน ทั้งนี้การนับระยะเวลาในการบ่ม ทำการนับโดยเริ่มตั้งแต่การผสมตัวอย่างทดสอบ เมื่อครบอายุการบ่มนำตัวอย่างไปทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) ตามมาตรฐาน ASTM C348 และกำลังรับแรงอัด (Compressive strength) ตามมาตรฐาน ASTM C109 / C109M เพื่อหาค่าเฉลี่ยกำลังของตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2 และ 3 หลังจากนั้นคำนวณหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์

2.2.2 การทดสอบ Soil Cement Subbase

ในการทดสอบจะเตรียมวัสดุทดสอบดินลูกรังด้อยมาตรฐานที่เก็บจากบ่อดินลูกรัง กับตัวเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมได้จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงที่สุด และนำมาผสมกันในปริมาณต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดส่วนผสมดังนี้

ดินลูกรัง 3000 กรัม สารเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ 60 กรัม (2%)
ดินลูกรัง 3000 กรัม สารเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ 120 กรัม (4%)
ดินลูกรัง 3000 กรัม สารเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ 180 กรัม (6%)
ดินลูกรัง 3000 กรัม สารเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ 240 กรัม (8%)
ดินลูกรัง 3000 กรัม สารเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์ 300 กรัม (10%)

หลังจากดินซีเมนต์ผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปบรรจุในแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ (Mold) ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10.16 ซม. สูง 11.64 ซม. ด้วยวิธีการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction) กับปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกจากแบบหล่อและวัดขนาดตัวอย่างทดสอบกับชั่งน้ำหนักให้เรียบร้อยแล้วนำมาหุ้มด้วยพลาสติกแผ่นบาง จากนั้นจึงบ่มตัวอย่างทดสอบที่อุณหภูมิห้องตามอายุการบ่ม 7 และ 28 วัน แสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้การนับระยะเวลาในการบ่ม ทำการนับโดยเริ่มตั้งแต่การผสมตัวอย่างทดสอบ เมื่อครบอายุการบ่มนำตัวอย่างไปทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined compressive strength test) เพื่อหาค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง ตามมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ทล.-ม. 206/2532 [1] และทดสอบการดูดซึมน้ำ (Capillary rise test) ดินซีเมนต์ตามมาตรฐาน Australian Standard AS 1141.53-1996 [2] ของดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน

รูปที่ 2 แบบหล่อและตัวอย่างวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์

รูปที่ 3 ตัวอย่างวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์

รูปที่ 4 ก้อนตัวอย่างดินลูกรังที่ปรับปรุงด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์

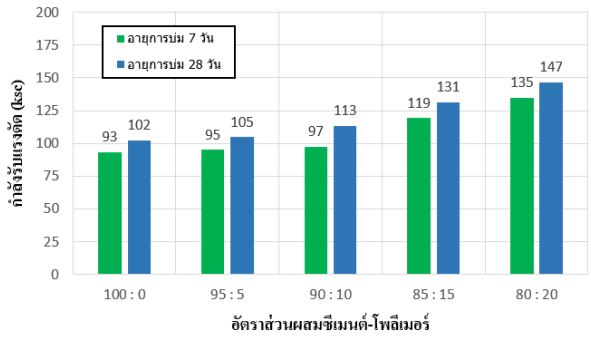
3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์

ผลทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) พบว่าก้อนตัวอย่างมีการพัฒนากำลังรับแรงดัดที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน แสดงในรูปที่ 5 และมีค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดที่อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : โพลีเมอร์ = 80 : 20 มีค่าเท่ากับ 135 ksc ที่อายุการบ่ม 7 วัน และ 147 ksc ที่

อายุการบ่ม 28 วัน สังเกตได้ว่าค่ากำลังรับแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณโพลีเมอร์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสารละลายโพลีเมอร์นั้นมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความเหนียวให้กับวัสดุ ทำให้การพัฒนากำลังรับแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้น

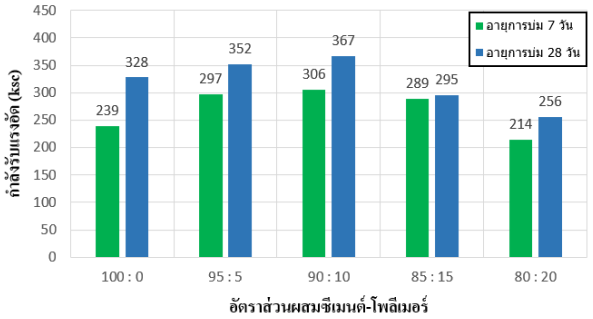
ผลทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive strength) พบว่าก้อนตัวอย่างมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน แสดงในรูปที่ 6 และมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : โพลีเมอร์ = 90 : 10 มีค่าเท่ากับ 306 ksc ที่อายุการบ่ม 7 วัน และ 367 ksc ที่อายุการบ่ม 28 วัน สังเกตได้ว่าค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นในปริมาณโพลีเมอร์ 5, 10% และมีค่าลดลงในปริมาณโพลีเมอร์ 15, 20% ซึ่งสารละลายโพลีเมอร์นั้นมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความเหนียวให้กับวัสดุ แต่ในทางกลับกันยิ่งมีความเหนียวมากจะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง

เมื่อพิจารณาการพัฒนากำลังของวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ในแต่ละช่วงอายุการบ่ม จะเห็นได้ว่าค่ากำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันค่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นในเปอร์เซ็นต์โพลีเมอร์ที่น้อย และมีค่าลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์โพลีเมอร์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติของโพลีเมอร์ ในการวิเคราะห์หาอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปปรับปรุงคุณภาพดินลูกรัง ซึ่งในการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังโดยทั่วตามตามมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ทล.-ม. 206/2532 ของกรมทางหลวง [1] กำหนดค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 7 วันที่ 6.9 ksc จึงพิจารณาอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ที่มีการพัฒนากำลังรับแรงอัดสูงสุดใช้เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนซีเมนต์-โพลีเมอร์ 90 : 10

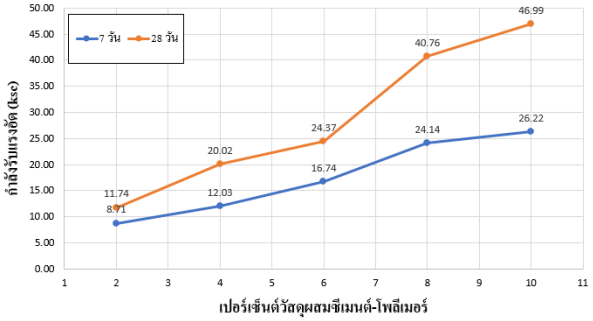


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดของอัตราส่วนผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน

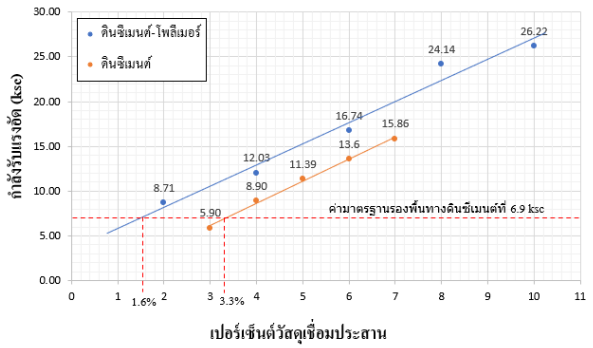
ผลการทดสอบการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้อยมาตรฐานด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามเปอร์เซ็นต์วัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ 2, 4, 6, 8, 10% ตามลำดับ และแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์กับวัสดุเชื่อมประสาน 2 ชนิด คือ ซีเมนต์ และ ซีเมนต์-โพลีเมอร์ สังเกตได้ว่าดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์-โพลีเมอร์มีค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่าดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพดินด้วยซีเมนต์เพียงอย่างเดียว และเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ที่ 6.9 ksc ทล.-ม. 206/2532 [1] พบว่าดินลูกรังที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์ผ่านมาตรฐาน 6.9 ksc ที่ 3.3% และดินลูกรังที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์-โพลีเมอร์ผ่านมาตรฐาน 6.9 ksc ที่ 1.6%



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของอัตราส่วนผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของดินลูกรังผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน

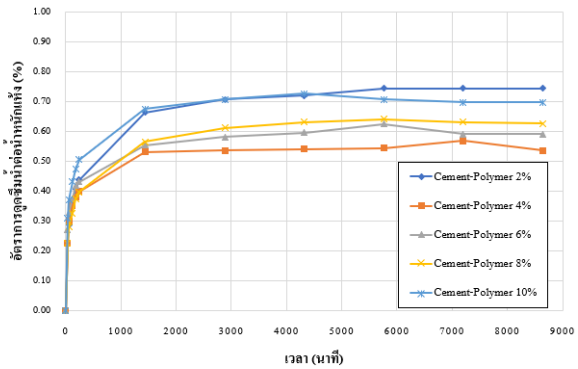


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์กับวัสดุเชื่อมประสาน

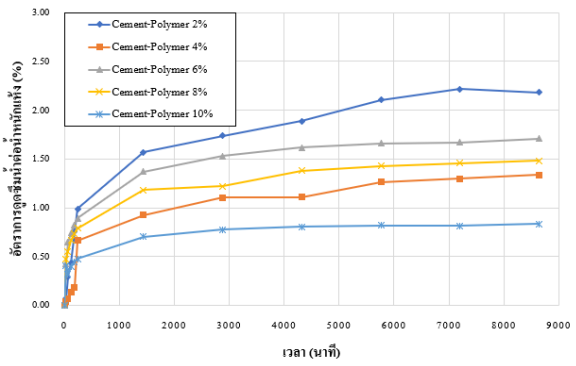
เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ พบว่ามีค่ากำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์เพิ่มขึ้น เมื่อวัสดุเชื่อมประสานซีเมนต์-โพลีเมอร์มีกำลังรับแรงอัดที่เพิ่มขึ้น จะสามารถนำมาปรับปรุงกำลังรับแรงอัดของดินลูกรังได้ และค่ากำลังรับแรงอัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณวัสดุเชื่อมประสานจนผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดตาม

มาตรฐานกรมทางหลวงที่ขนาดแรงเท่ากับ 6.9 ksc แสดงในรูปที่ 8 และยังสามารถลดปริมาณของซีเมนต์ที่นำมาใช้เป็นตัวเชื่อมประสานสำหรับปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังได้

รูปที่ 9 ตัวอย่างทดสอบการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำต่อน้ำหนักแห้งกับเวลาที่อายุการบ่ม 7 วัน



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำต่อน้ำหนักแห้งกับเวลาที่อายุการบ่ม 28 วัน

รูปที่ 9 แสดงวิธีทดสอบการดูดซึมน้ำ (Capillary rise test) ตามมาตรฐาน Australian Standard AS 1141.53-1996 [2] โดยใช้วิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง จากผลการทดสอบพบว่าอัตราการดูดซึมน้ำของแต่ละตัวอย่างจะมีค่าเพิ่มขึ้นมากในระยะแรกและหลังจาก 72 ชั่วโมงผ่านไปจะมีค่าค่อยๆคงที่ มีอัตราการดูดซึมน้ำสูงสุดอยู่ที่ปริมาณวัสดุเชื่อมประสาน 2% เท่ากับ 0.74%, 2.22% ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน ตามลำดับแสดงในรูปที่ 10 และ 11 ดินซีเมนต์ที่มีปริมาณวัสดุเชื่อประสานสูงจะมีอัตราการดูดซึมน้ำน้อยลง เนื่องจากสารละลายโพลีเมอร์จะไปอุดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และเมื่อเทียบกับอัตราการดูดซึมน้ำของดินลูกรังปกติ พบว่าดินลูกรังปกติที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพจะมีระยะเวลาการดูดซึมน้ำที่ 20-30 นาที หลังจากนั้นดินจะพังทลาย ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันความชื้นของดินซีเมนต์

4. บทสรุป

จากผลการทดสอบหาอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์เพื่อใช้เป็นวัสดุเชื่อประสานของดินลูกรัง และการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้อยมาตรฐานด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. วัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์มีการพัฒนากำลังรับแรงดัดได้ดี และมีค่าที่เพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์โพลีเมอร์ที่เพิ่มขึ้น ส่วนการพัฒนากำลังรับแรงอัดจะดีในช่วงเปอร์เซ็นต์สารละลายโพลีเมอร์น้อย แต่เมื่อมีสารละลายโพลีเมอร์มากจะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง ซึ่งโพลีเมอร์ที่ใช้มีคุณสมบัติในการเพิ่มกำลังรับแรงดัดและแรงอัด แต่การใส่โพลีเมอร์ในปริมาณที่มากจะทำให้วัสดุมีความเหนียวและทำให้มีค่ากำลังรับแรงอัดลดลง

2. ในการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังโดยทั่วตามมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ทล.-ม. 206/2532 ของกรมทางหลวงกำหนดค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 7 วัน เท่ากับ 6.9 ksc จึงพิจารณาอัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ที่มีการพัฒนากำลังรับแรงอัดสูงที่สุดใช้เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนซีเมนต์-โพลีเมอร์ 90 : 10 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น

3. การปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้อยมาตรฐานด้วยวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ช่วยในการพัฒนากำลังรับแรงอัดได้ดี ที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน ทั้งนี้การพัฒนากำลังรับแรงอัดที่เพิ่มขึ้นของดินซีเมนต์สอดคล้องกับการพัฒนากำลังรับแรงอัดที่เพิ่มขึ้นของวัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ เมื่อเทียบกับดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์เพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้ซีเมนต์ในการปรับปรุงคุณภาพได้ จากปริมาณวัสดุเชื่อมประสาน 3.3% เป็น 1.6% โดยน้ำหนักดิน และผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดตามมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ทล.-ม. 206/2532 ของกรมทางหลวง

4. วัสดุผสมซีเมนต์-โพลีเมอร์ที่ใช้เป็นสารเชื่อมประสานของดินลูกรังมีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันความชื้นได้ เห็นได้ชัดที่อายุการบ่ม 28 วัน คือ เมื่อเปอร์เซ็นต์วัสดุผสมมากจะช่วยลดการดูดซึมน้ำได้ดี เมื่อเทียบกับดินลูกรังปกติ

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทางหลวง (2532). มาตรฐานงานทาง, สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง, กรมทางหลวง, กรุงเทพฯ.

[2] Jayantha Kodikara, Kok Yun Lee and Srijib Chakrabarti. (2003). Laboratory Assessment of Capillary Rise in Stabilized Pavement Materials. Monash University: Australia.

[3] นิโรจน์ เงินพรหม (2553). การศึกษาคุณสมบัติของชั้นทางผสมดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และตะกรันเหล็ก. รายงานการวิจัยสาขาวิศวกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[4] สุขสันต์ หอพิบูลสุข. (2548). ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังของดินซีเมนต์บดอัดสำหรับงานถนน. รายงานการวิจัยสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[5] Rauch, A. F., Katz, L. E., & Liljestrand, H. M. (1993). AN analysis of the mechanisms and efficacy of three liquid chemical soil stabilizers: VOLUME. Work, 1.

[6] Gunalan, K.N. (2005). Highway Construction. The Handbook of Highway Engineering. Ed. T.W. Fwa. CRC Press 2005.

[7] Wang, R., Li, X. G., & Wang, P. M. (2006). Influence of polymer on cement hydration in SBR-modified cement pastes. Cement and concrete research, 36(9), 1744-1751.

[8] Wu, K. R., Zhang, D., & Song, J. M. (2002). Properties of polymer-modified cement mortar using pre-enveloping method. Cement and Concrete research, 32(3), 425-429.