

การปรับปรุงคุณภาพดินในสภาพแช่น้ำโดยการผสมปูนซีเมนต์

Cement Stabilization for Soil in Submerged Condition

พงศกร นวลตรีณา วุฒิพงษ์ สิริปัญจโชติ สยาม ยัมศิริ*

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Email: ysiam@buu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่ถูกปรับปรุงโดยการผสมปูนซีเมนต์และอยู่ในสภาพแช่น้ำ โดยดินที่นำมาศึกษาเป็นดินเหนียวจากจังหวัดพิจิตร ซึ่งถูกผสมปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 2, 5, 8, 10 ของน้ำหนักดินแห้ง และมีอายุการบ่ม 0, 7, 14, 28 วัน และถูกทำการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor compaction) และ CBR (California Bearing Ratio) ที่ความชื้นต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณซีเมนต์ที่ผสมลงไปนั้นไม่มีผลต่อพฤติกรรมการบดอัด และ ค่า CBR (unsoaked) จะมีค่าลดลงเมื่อตัวอย่างมีความชื้นในการบดอัดมากขึ้น แต่ค่า CBR (soaked) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างมีความชื้นในการบดอัดมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการบ่มไม่มีผลต่อค่า CBR (soaked)

คำสำคัญ การปรับปรุงคุณภาพดินโดยการผสมปูนซีเมนต์, ดิน, คันทาง, สารผสมเพิ่ม, กำลังของดิน

1. บทนำ

จากโครงการสำรวจและวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่ใช้ก่อสร้างคันทางรถไฟในแถบจังหวัดภาคเหนือตอนล่างนั้น พบว่าคันทางรถไฟในบริเวณดังกล่าวมีปัญหาการเคลื่อนตัวและต้องการการบำรุงรักษามาก เนื่องจากดินที่ใช้ก่อสร้างคันทางรถไฟซึ่งเป็นดินเหนียวในท้องถิ่นนั้น สูญเสียกำลังอย่างมากเมื่อถูกแช่น้ำ โดยสภาพที่คันทางต้องแช่อยู่ในน้ำนั้นเป็นสิ่งที่ต้องเผชิญทุกปีในฤดูฝน โดยน้ำจะท่วมคันทางจนถึงระดับรางรถไฟ การแก้ปัญหานี้อาจทำได้โดยการเปลี่ยนดินชั้นใต้ชั้นหินโรยทางให้เป็นดินที่ดีขึ้น โดยควรจะเป็นดินทรายแน่น แต่การจะได้ดินทรายนั้นต้องทำการขนส่งมาจากแหล่งที่อยู่ห่างไกลออกไปซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้น จึงทำให้มีการคิดถึงความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงคุณภาพดินในท้องถิ่นโดยการผสมปูนซีเมนต์ เพื่อจะให้มีความเหมาะสมและเพื่อลดค่าใช้จ่าย

ความจริงนั้นการศึกษาถึงคุณสมบัติของดินที่ถูกปรับปรุงโดยการผสมปูนซีเมนต์นั้นได้มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย (เช่น ชิตชัย & วัฒนา, 2002; เกษม และคณะ, 2002; พานิช และคณะ, 2002; ศุภกิจ & กมล, 2002; Nontananandh et al., 2002) อย่างไรก็ตามการศึกษาล้วนสนใจถึงคุณสมบัติของดินที่ถูกปรับปรุงในสภาพแห้ง ไม่มีข้อมูลที่เป็นระบบของคุณสมบัติของดินที่ถูกปรับปรุงในสภาพแช่น้ำ ดังนั้นการศึกษานี้จึงถูกเสนอขึ้นเพื่อศึกษาคุณสมบัติของดินที่ถูกปรับปรุงโดยการผสมปูนซีเมนต์เมื่อถูกแช่น้ำเป็นเวลานานซึ่งเป็นสภาวะที่ตรงกับสภาวะจริงในสนามมากกว่า

2. คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่ทดลอง

ดินที่ใช้ในการทดลองได้มาจากบริเวณใกล้สถานีรถไฟหัวดวง จ.พิจิตร ที่หลักเสาโทรเลขที่ 331/1 การทดสอบ Atterberg Limits พบว่าดินมีค่า LL ~ 60, PL ~ 20 และมีความชื้นในดินประมาณค่า PL ดินนี้สามารถจำแนกตาม USCS ได้เป็น CH (highly plastic

clay) และจำแนกตาม AASHTO ได้เป็น A7-6 (clay with poor compressibility and high plasticity, fair to poor bearing capacity as subgrade soil, very high shrinkage and swelling, and poor permeability) ส่วนค่า CBR (soaked) จะอยู่ระหว่าง 1-3 ซึ่งตาม The American Railway Engineering Association (AREA) Manual for Railway Engineering (1997) สามารถจำแนกดินชนิดนี้ได้ว่าเป็นดินที่ไม่เหมาะสมต่อการก่อสร้างคันดิน และตาม Bowles (1992) สามารถจำแนกดินชนิดนี้ได้ว่าเป็น Very poor material และไม่เหมาะที่จะใช้ก่อสร้างชั้น base และ subbase (ดูตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การจำแนกดินสำหรับก่อสร้างคันทาง (Bowles, 1992)

CBR No.	General rating	Uses	Classification system	
			USCS	AASHTO
0 – 3	Very poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Poor to fair	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Fair	Subbase	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Good	Base or subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excellent	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

3. วิธีการทดลอง

3.1 การศึกษาถึงผลของปริมาณซีเมนต์ต่อพฤติกรรมการบดอัด

ดินแห้งจะถูกผสมกับปูนซีเมนต์ที่สัดส่วนต่างๆ (2%, 5%, 8%, 10% โดยน้ำหนักของดินแห้ง) และถูกทำการทดสอบการบดอัดตามมาตรฐาน Modified Proctor compaction test (ASTM D 1557-78, AASHTO T-180-90) แล้วทำการเปรียบเทียบ compaction curve ที่ % cement ต่างๆ โดยการ

บดอัดของแต่ละตัวอย่างนี้ได้กระทำเสร็จสิ้นภายใน 2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันผลกระทบของ delay compaction (Nontananandh et al., 2002)

3.2 การศึกษาถึงผลของปริมาณซีเมนต์ต่อค่า CBR

ดินที่ถูกผสมด้วยปูนซีเมนต์ที่สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่างๆจะถูกทำการทดสอบค่า California Bearing Ratio (CBR) (ASTM D1883-87, AASHTO T193-81) ที่ 5 จุด ณ Optimum moisture content, 2 จุดที่ Dry side, และ 2 จุดที่ Wet side โดยศึกษาค่า CBR ทั้ง soaked และ unsoaked

3.3 ผลของระยะเวลาการบ่มต่อค่า CBR

ดินที่ถูกผสมด้วยปูนซีเมนต์ที่สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่างๆจะถูกบ่มด้วยการมัดไว้ในถุงพลาสติกอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำก่อนนำไปทดสอบ CBR ระยะเวลาการบ่มตัวที่ใช้คือ 0, 7, 14, 28 วัน

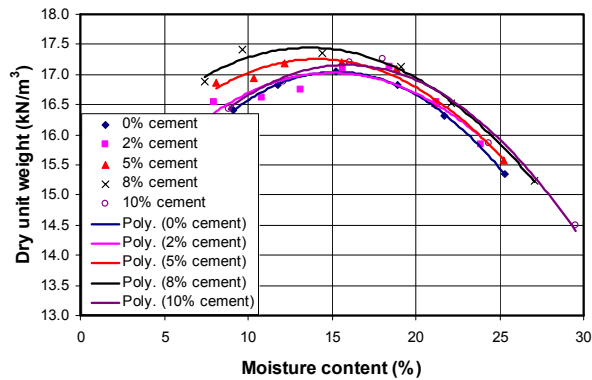
4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลของปริมาณซีเมนต์ต่อพฤติกรรมการบดอัด

พฤติกรรมการบดอัดของดินที่ถูกผสมด้วยปูนซีเมนต์ที่สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่างๆได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และรูปที่ 1 จากข้อมูลที่แสดงจะสามารถสรุปได้ว่าปริมาณซีเมนต์ที่ผสมลงในดินไม่มีผลต่อพฤติกรรมการบดอัด

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณซีเมนต์ต่อพฤติกรรมการบดอัด

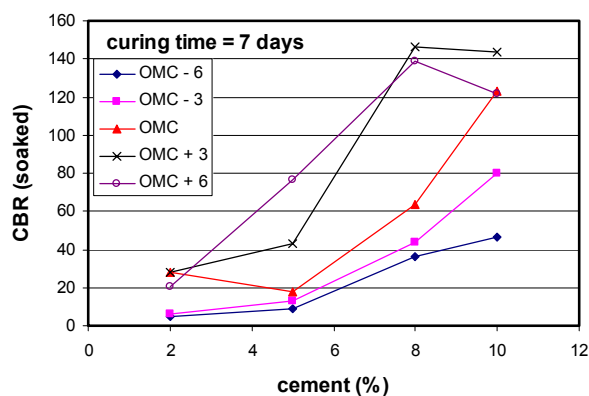
ปริมาณซีเมนต์	Maximum dry unit weight (kN/m ³)	Optimum moisture content (OMC) (%)
0%	17.0	15.0
2%	17.0	15.0
5%	17.2	14.0
8%	17.4	14.0
10%	17.2	16.0



รูปที่ 1 ผลของปริมาณซีเมนต์ต่อ compaction curve

4.2 ผลของปริมาณซีเมนต์ต่อค่า CBR

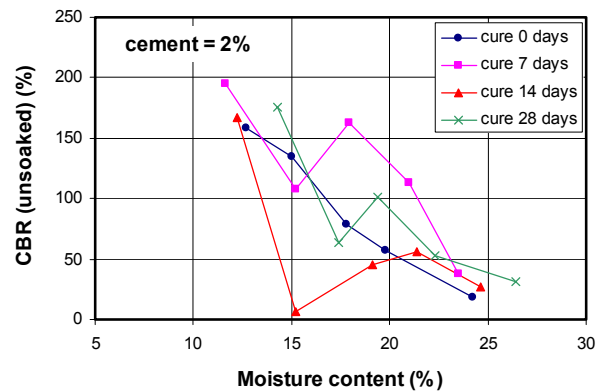
ตัวอย่างแสดงผลของปริมาณซีเมนต์ต่อค่า CBR (soaked) สำหรับระยะเวลาการบ่มตัวที่ 7 วัน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 ผลการทดลองแสดงว่ายิ่งปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้นค่า CBR (soaked) ก็เพิ่มขึ้น และผลของปริมาณซีเมนต์ต่อค่า CBR นี้จะมากขึ้นสำหรับตัวอย่างที่บดอัดด้วยความชื้นที่เพิ่มขึ้น (จะกล่าวในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป) อย่างไรก็ตามสำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นสูงกว่า Optimum Moisture Content (OMC) (MOC + 3%, OMC + 6%) ปรากฏว่าค่า CBR (soaked) จะมีค่าคงที่เมื่อ cement content มากกว่า 8%



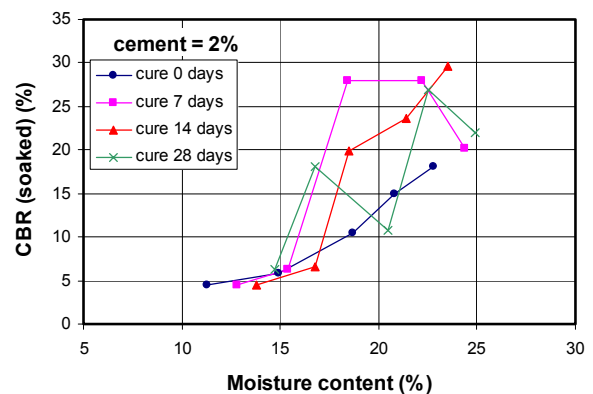
รูปที่ 2 ผลของปริมาณซีเมนต์ต่อค่า CBR (soaked)

4.3 ผลของความชื้นต่อค่า CBR

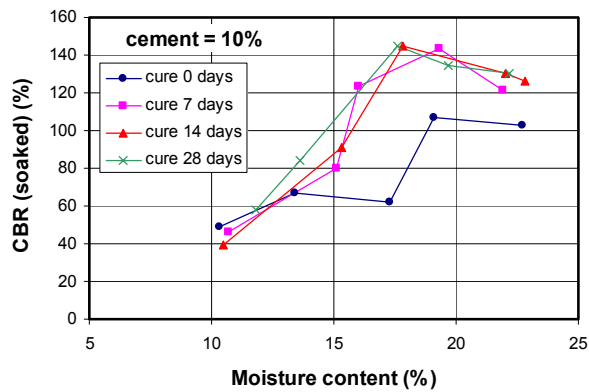
ตัวอย่างผลการทดสอบ CBR (unsoaked) ของดินที่มี cement content = 2% ได้แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าค่า CBR (unsoaked) จะมีค่าลดลงเมื่อตัวอย่างมีความชื้นในการบดอัดมากขึ้น ซึ่งความเข้าใจนี้น่าจะเป็นความเข้าใจของวิศวกรโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามผลการทดสอบ CBR (soaked) กลับตรงกันข้าม โดยที่ตัวอย่างผลการทดสอบ CBR (soaked) ของดินที่มี cement content = 2% ได้แสดงในรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าค่า CBR (soaked) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างมีความชื้นในการบดอัดมากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง และนอกจากนั้นจากผลการทดลองในรูปที่ 5 ยังพบว่าที่ cement content สูงๆ ค่า CBR (soaked) จะมีค่าคงที่ที่ความชื้น OMC + 3% และ OMC + 6%



รูปที่ 3 ผลของความชื้นต่อค่า CBR (unsoaked)



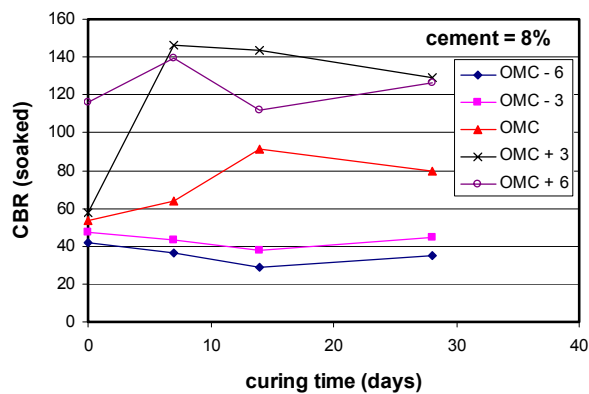
รูปที่ 4 ผลของความชื้นต่อค่า CBR (soaked)



รูปที่ 5 ผลของความชื้นต่อค่า CBR (soaked) ที่ cement content สูง

4.4 ผลของระยะเวลาการบ่มต่อค่า CBR

ตัวอย่างผลการทดสอบ CBR (soaked) ที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ ของดินที่มี cement content = 8% ได้แสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะเห็นว่าค่า CBR (soaked) มีได้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดกับระยะเวลาการบ่ม ฉะนั้นอาจสรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มไม่มีผลต่อค่า CBR (soaked)

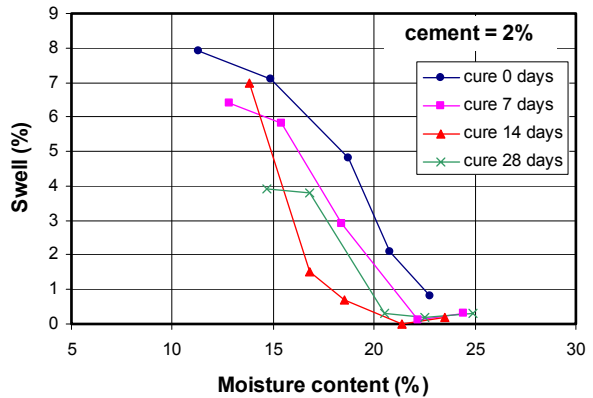


รูปที่ 6 ผลของระยะเวลาการบ่มต่อค่า CBR (soaked)

4.5 การบวมตัว

ตัวอย่างผลการทดสอบการบวมตัว (ระหว่างการทำ CBR (soaked)) ของตัวอย่างที่มี cement content = 2% ที่ความชื้นต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 7 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อตัวอย่างมีความชื้นในการบดอัดมากขึ้นการบวมตัวก็จะลดลง ซึ่งนี่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ CBR

(soaked) ของดินที่มีความชื้นเมื่อทำการบดอัดมากกว่ามีค่าสูงกว่า เพราะ swelling ทำให้น้ำถูกดูดเข้าไปในดินและทำให้ดินอ่อนแอลง



รูปที่ 7 การบวมตัว

5. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าค่า CBR (soaked) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างมีความชื้นในการบดอัดมากขึ้น เป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง เพราะขัดกับความเข้าใจสำหรับดินทั่วไปที่ว่าดินน่าจะแข็งแรงที่สุดเมื่อมีความหนาแน่นสูงสุด (ที่ OMC) ความรู้นี้จะช่วยในการออกแบบการก่อสร้างคันดินในสภาพแช่น้ำ โดยใช้ดินผสมปูนซีเมนต์ โดยออกแบบการบดอัดที่ความชื้นมากกว่าปกติเพื่อจะได้ใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณน้อยลงซึ่งจะเป็นการลดค่าก่อสร้าง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของดินที่ถูกปรับปรุงโดยการผสมปูนซีเมนต์ในสภาพแช่น้ำอย่างละเอียดกว่านี้เพื่อให้มีความมั่นใจในการออกแบบมากขึ้น

ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการบ่มไม่มีผลต่อค่า CBR (soaked) นั้นขัดกับผลการทดลองของนักวิจัยโดยทั่วไปและยังขัดกับความเข้าใจโดยทั่วไปของพฤติกรรมของซีเมนต์ ฉะนั้นน่าจะมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่ออธิบายถึงกลไกเบื้องหลังปรากฏการณ์นี้ เพื่อให้มีความมั่นใจในผลการทดลองที่ได้มากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาดุษฎี ประจำปี 2546 (เลขที่โครงการ IRPUS(FE0024/46))

เอกสารอ้างอิง

เกษม เพชรเกตุ, จักรธรรม์ โสภาวรรณ, กิตติพร

เทียบศรีไชย, และ จตุวิทย์ อินทรศิริ (2002), “การศึกษาคุณสมบัติของดินลูกรังผสมปูนซีเมนต์จากการทดสอบ UCS, UU-Triaxial และ CBR”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, เล่มที่ 2, หน้า GTE-108 – GTE-113

ชิตชัย อนันตเศรษฐ และ วัฒนา มกรโรจน์ฤทธิ์ (2002), “การปรับปรุงคุณภาพดินโดยการผสมปูนซีเมนต์สำหรับดินเหนียวแข็งและทรายปนดินเหนียว”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, เล่มที่ 2, หน้า GTE-90 – GTE-101

พานิช วุฒิพฤกษ์, นรินทร์ ศรีดอกไม้, ประพันธ์ ประพันธ์อนุรักษ์, และ จเร รุ่งฐานี (2002), “การแก้ปัญหาการทะลักของโคลนในดินคันทางรถไฟโดยใช้เถ้าลอยและซีเมนต์”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, เล่มที่ 2, หน้า GTE-114 – GTE-119

ศุภกิจ นนทนนท์ และ กมล อมรฟ้า (2002), “การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนโดยใช้ซีเมนต์และปูนขาว”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, เล่มที่ 2, หน้า GTE-120 – GTE-125

American Association of State Highway and

Transportation Officials (AASHTO) Standard

American Railway Engineering Association (AREA)

- Manual for Railway Engineering (1997)

American Society for Testing and Materials (ASTM)

Standard

Bowles, J. E. (1992), Engineering Properties of

Soils and Their Measurement, 4th Edition,

McGraw-Hill

Nontananandh, S. and Jirathanathaworn, T. (2002),

“Influence of delay compaction on strength of lateritic soil cement”, 8th National Convention in Civil Engineering, Vol. 2, pp. GTE-126 – GTE-131