



การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจากโรงงาน IMPROVEMENT OF LATERITIC SOIL BY CALCIUM CARBONATE WASTE

ศราวุธ โกวเครือ (Saravut Kowkrua)¹
ประทีป ดวงเดือน (Prateep Duengdeun)²

¹ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, saravut_kow@yahoo.com.

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, fengptd@ku.ac.th.

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้ศึกษาการนำแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจากโรงงานมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังเพื่อพัฒนาคุณภาพของวัสดุสำหรับนำไปใช้ในงานทาง โดยนำดินลูกรังเกรด B และ D ตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทยมาผสมกับแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งในอัตราส่วนร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยน้ำหนักของดินแห้ง จากนั้นทำการทดสอบหาดัชนีความเหนียวของดิน, ความหนาแน่นของดิน, California Bearing Ratio และความชื้นน้ำของดิน โดยทำการทดสอบทันทีหลังบดอัดและที่อายุการบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อผสมปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีความเหนียวของดินลดลง, ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลง, ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น, ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่ทำให้ค่า Unsoaked และ Soaked CBR มีค่าเพิ่มสูงมากที่สุด คือประมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของดินแห้งและเมื่อผสมเกินกว่าค่านี้กำลังจะไม่เพิ่มขึ้นอีก ค่า Unsoaked และ Soaked CBR เพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น, ค่าการบวมตัวของดินลดลงประมาณ 0.01-0.05% และค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำที่ทดสอบทันทีหลังบดอัดมีแนวโน้มลดลง

ABSTRACT : This research attempted to study the improvement of engineering properties of lateritic soil by calcium carbonate waste for road embankment construction. The lateritic soil were classified as B and D according to the subbase standard specification of The Department of Highways, Thailand. They were mixed with calcium carbonate waste at the proportion of 2, 4, 6, 8 and 10% by dry weight of soil. Then, the specimens were tested to find out plasticity index, compaction characteristics, California Bearing Ratio and permeability after compaction and curing for 3, 7, 14 and 28 days. Experimental results showed that when the quantity of calcium carbonate waste increase, the plasticity index and the maximum dry density tend to decrease, while the optimum moisture content increase. Unsoaked and Soaked CBR values increase with increasing curing time. Swelling decrease by 0.01-0.05% and coefficient of permeability with calcium carbonate waste after compaction decrease. The proportion quantity of calcium carbonate waste giving the highest CBR is 4% by dry weight of soil.

KEYWORDS : Improvement, Lateritic Soil, Calcium Carbonate Waste, CBR

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีงานก่อสร้างและปรับปรุงสาธารณูปโภคพื้นฐานต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะการก่อสร้างและปรับปรุง

ถนนหนทางซึ่งจะพบเห็นได้เกือบทั่วทุกภูมิภาค ทำให้มีการใช้วัสดุ เช่น หิน ดิน ทราย เป็นจำนวนมากดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดจำเป็นต้องนำวัสดุในท้องถิ่น มาใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง

แต่ในบางครั้งวัสดุที่นำมาใช้มีคุณภาพต่ำและไม่สามารถในการรับน้ำหนักตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นเมื่อไม่สามารถหาวัสดุที่มีคุณภาพดีได้จำเป็นต้องนำวัสดุที่มีมาปรับปรุงคุณภาพดินด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิบซั่ม เถ้าหนัก เถ้าลอย ตะกรันจากเตาถลุง คอนกรีตเก่า ฆานอ้อย และอื่นๆ แต่ยังไม่มีการศึกษาเพื่อนำแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจากโรงงานมาผสมกับดินลูกรังโดยใช้เทคนิคการบดอัดดินควบคู่ไปด้วย

การผลิตแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) ในประเทศไทยเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีปริมาณการผลิตประมาณ 0.8-1.0 ล้านตันต่อปี ในจำนวนนี้ ร้อยละ 90 เป็นการผลิตโดยวิธีการบดจากธรรมชาติ (GCC) [1] นอกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้แล้วยังก่อให้เกิดแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณวัตถุดิบที่ผลิตได้ โดยทั่วไปแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมรอง เช่น ผสมสัตว์ อาหารสัตว์ เป็นต้น ส่วนที่เหลือจะนำไปใช้เป็นวัสดุสำหรับถม ดังนั้นเมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของดินลูกรังโดยใช้เทคนิคการบดอัดควบคู่ไปด้วยพบว่าน่าจะมีความเป็นไปได้ในการใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นเนื่องจากส่วนประกอบหลักของ (CaCO₃) คือ CaO ซึ่งมีคุณสมบัติของสารเชื่อมประสานและการนำแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งมาใช้ในด้านวิศวกรรมจะเกิดประโยชน์ ทั้งยังช่วยลดปัญหาการจับเก็บ ปัญหามลภาวะและปัญหาการกำจัดของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม ซึ่งถือได้ว่าเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งมาใช้งานทางด้านวิศวกรรมให้เกิดมูลค่ามากขึ้น

2. วัตถุประสงค์

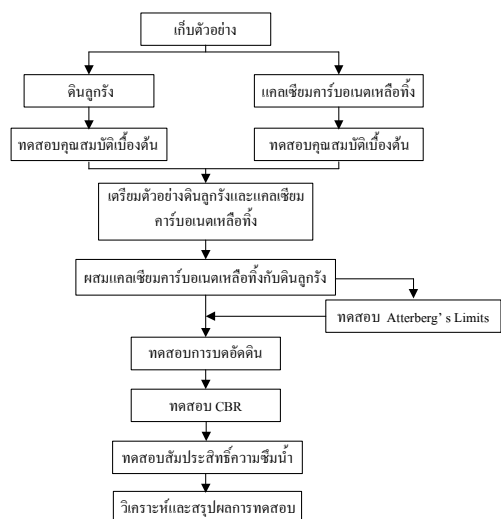
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมของดินลูกรังที่ผสมด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง โดยเปลี่ยนปริมาณของสารเชื่อมประสานและอายุการบ่มต่างๆ รวมไปถึงพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งไปใช้งานชั้นรองพื้นทางของงานถนน

3. วิธีการวิจัย

ตัวอย่างดินลูกรังถูกเก็บจากบ่อดินใน อ.โพธาราม จ.ราชบุรี ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินก่อนการปรับปรุงคุณภาพ สำหรับแคลเซียม

คาร์บอเนตเหลือทิ้งนำมาจาก โรงงานแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จ.ลพบุรี โดยทำการเตรียมตัวอย่างด้วยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 แบบแห้งและทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมเบื้องต้นของตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างดินลูกรังให้ได้การกระจายขนาดของเม็ดดินให้อยู่ในช่วงดินลูกรังเกรด B และ D ตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย จากนั้นนำดินลูกรังมาผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งในปริมาณร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักดินแห้ง ทำการทดสอบ Atterberg 's Limits หลังผสมและที่อายุการบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน จากนั้นทำการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Compaction Test) ของดินลูกรังผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่ปริมาณร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักดินแห้งเพื่อหาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด(MDD) และปริมาณความชื้นเหมาะสม(OMC) ของดินลูกรัง จากนั้นเตรียมตัวอย่างดินลูกรังด้วยการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน นำตัวอย่างดินบ่มในถุงพลาสติก ที่อายุการบ่ม 0, 3, 7, 14 และ 28 วัน สำหรับการทดสอบ California Bearing Ratio (CBR) และ ที่อายุการบ่ม 0 และ 28 วัน สำหรับการทดสอบ Permeability เมื่อครบอายุการบ่มนำตัวอย่างดินออกจากถุงพลาสติกแล้วทำการทดสอบ CBR แบบ Unsoaked และ Soaked และทดสอบค่าความชื้นน้ำของดิน วิธีการวิจัยแสดงไว้ดังภาพที่ 1 จากนั้นหาความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบต่างๆ ดังแสดงผลในข้อ 4



ภาพที่ 1 ลำดับวิธีการวิจัย

4. ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติดินลูกรังเกรด B และ D

4.1.1 ดินลูกรัง

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมของดินลูกรังและแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งแสดงไว้ดังตารางที่ 1

4.1.2 แคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

มีลักษณะรูปร่างเหลี่ยมและมีผลึก มีสีขาวหรือขาวปนลักษณะคล้ายเกลือสามารถบดให้ละเอียดโดยใช้แรงไม่มากนัก การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมของแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งแสดงไว้ดังตารางที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง (ข้อมูลผลการทดสอบแคลเซียมคาร์บอเนตจากโรงงานแคลเซียมโปรดัคส์ จ. ลพบุรี) พบว่า ประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 52, เหล็กออกไซด์ (Fe₂O₃) ร้อยละ 0.1, อลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃) ร้อยละ 0.2, ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) ร้อยละ 0.3, แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 0.8, pH มีค่า 9.5±0.5 และค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition, LOI) ร้อยละ 43

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมของดินลูกรังและแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

| คุณสมบัติ | ผลการทดสอบ | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | เกรด B | เกรด D | แคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง |
| Liquid Limit (%) | 29.48 | 32.30 | - |
| Plastic Limit (%) | 15.47 | 17.20 | - |
| Plasticity Index (%) | 14.01 | 15.10 | NP. |
| การจำแนกตามระบบ Unified | GW-GC | SC | SP |
| ความถ่วงจำเพาะ | 2.81 | 2.81 | 2.65 |
| MDD (t/m ³) | 2.23 | 2.13 | 1.90 |
| OMC (%) | 6.8 | 7.7 | 4.5 |
| Unsoaked CBR (%) | 50.18 | 20.07 | - |
| Soaked CBR (%) | 32.73 | 8.29 | - |
| Permeability (cm/sec) | 9.39 x 10 ⁻⁶ | 3.37 x 10 ⁻⁶ | 1.04 x 10 ⁻⁴ |

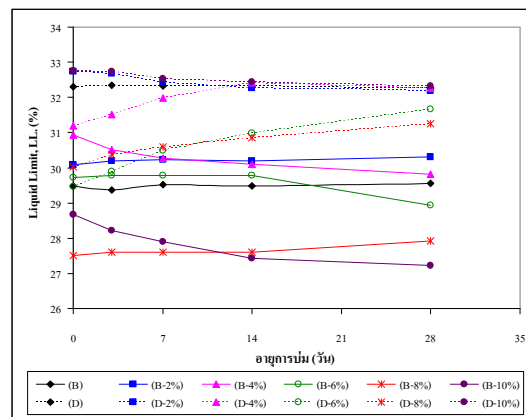
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

4.2.1 Atterberg's Limits

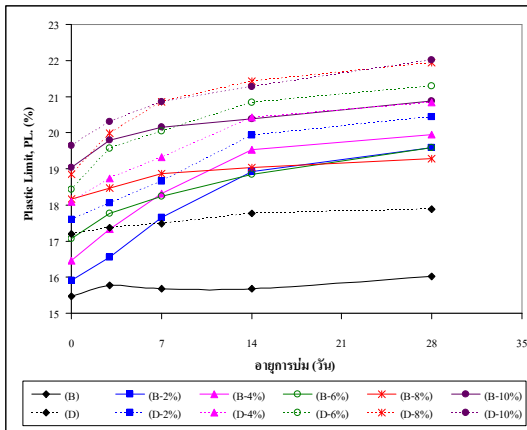
ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งมากขึ้น ค่า Liquid Limit ของดินลูกรังเกรด B และ D มีค่าลดลงเล็กน้อย ค่า Plastic Limit ของดินลูกรังเกรด B และ D มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.58 และ 2.45 ตามลำดับ ค่า Plasticity Index ของดินลูกรังเกรด B และ D มีค่าลดลงร้อยละ 4.38 และ 2.00 ตามลำดับ

เมื่ออายุการบ่มเพิ่มมากขึ้นค่า Liquid Limit ของดินลูกรังเกรด B มีค่าลดลงร้อยละ 2.05 ดินลูกรังเกรด D จะมีแนวโน้มคงที่ค่า Plastic Limit มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งในดินลูกรังเกรด B และ D ค่าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.70 และ 2.15 ตามลำดับ ค่า Plasticity Index ของดินลูกรังเกรด B และ D มีค่าลดลงร้อยละ 6.76 และ 3.62 ตามลำดับ ค่า Liquid Limit, Plastic Limit และ Plasticity Index แสดงไว้ดังภาพที่ 2 ถึง 4

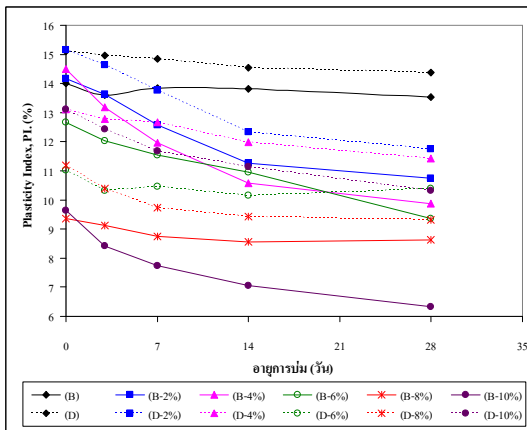
สาเหตุที่ความเหนียวของดินลูกรังลดลงอาจเนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งเป็นวัสดุที่ไม่มีคุณสมบัติด้านความเหนียว (Non Plastic) เมื่อผสมกับดินลูกรังจึงส่งผลให้ดินลูกรังมีความเหนียวลดลงซึ่งเกิดขึ้นในช่วงแรกและอาจเกิดจากการแลกเปลี่ยนประจุและการจับตัวกันของเม็ดดินทำให้อนุภาคขนาดดินเหนียวเกิดการรวมตัวเกาะกลุ่มกันเป็นก้อนและมีความใหญ่ขึ้นทำให้ดินร่วนขึ้นในช่วงอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Liquid Limit กับอายุการบ่มของดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Plastic Limit กับอายุการบ่มของดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

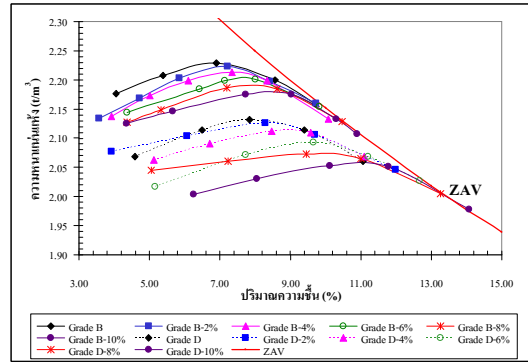


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Plasticity Index กับอายุการบ่มของดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

4.2.2 Modified Proctor Compaction Test

ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินลูกรังเกรด B และ D มีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งมีน้ำหนักเบาเมื่อถูกผสมและลงไปแทนที่ดินลูกรังทำให้ขนาดผลของดินมีการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีค่าลดลง [2] ในส่วนของปริมาณความชื้นเหมาะสมของดินลูกรังเกรด B และ D มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่ผสมลงในดินลูกรังมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าดินลูกรังมากพื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่าส่งผลให้ความต้องการปริมาณน้ำเพื่อใช้ในการจัดเรียงตัวกันใหม่ของอนุภาคดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

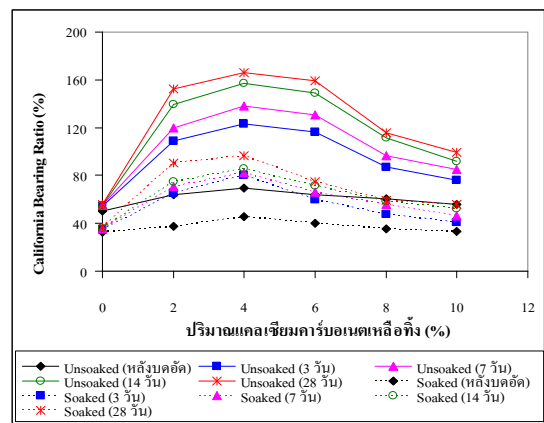
ตามไปด้วยโดยผลการทดสอบการบดอัดของดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งแสดงไว้ดังภาพที่ 5



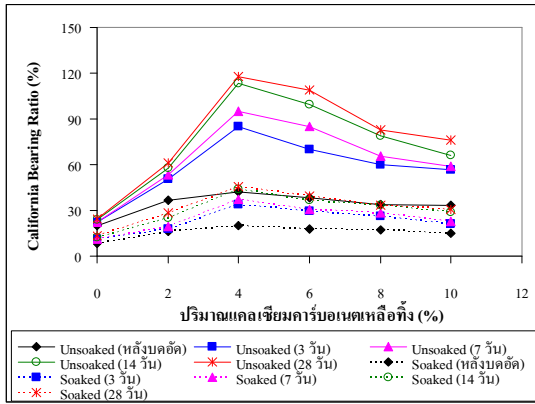
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

4.2.3 California Bearing Ratio (CBR)

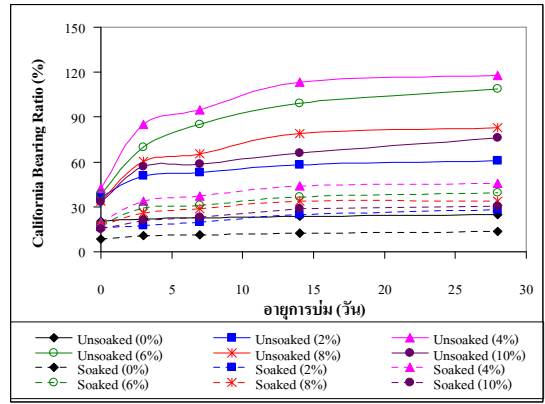
เมื่อพิจารณาค่า Unsoaked และ Soaked CBR ของดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง พบว่าค่า CBR ของดินลูกรังมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งที่ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งร้อยละ 4 ของน้ำหนักดินแห้ง จากนั้นแม้จะเพิ่มปริมาณมากขึ้นค่า CBR มีค่าลดลง ผลการทดสอบแสดงไว้ดังภาพที่ 6 และ 7 โดยค่า Unsoaked และ Soaked CBR ของดินลูกรังผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจะให้ค่าสูงกว่าดินลูกรังที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพทุกอัตราส่วนผสม



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unsoaked และ Soaked CBR กับปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งผสมดินลูกรังเกรด B



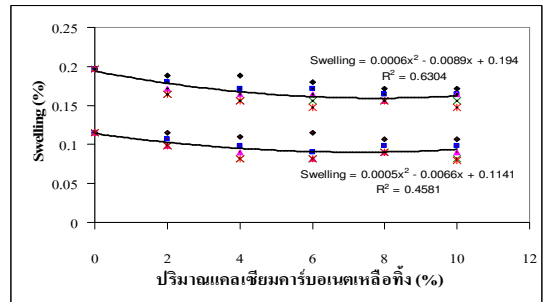
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unsoaked และ Soaked CBR กับ ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง (%)



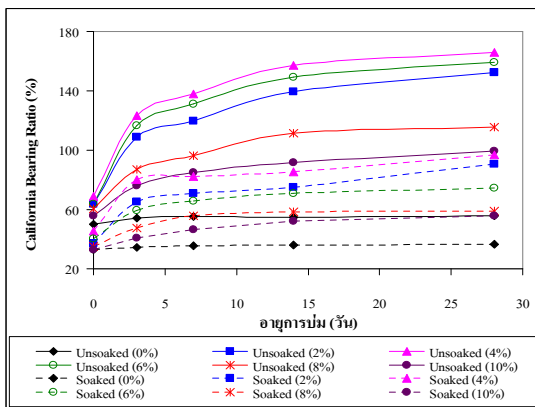
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unsoaked และ Soaked CBR กับอายุ การบ่มของดินลูกรังเกรด D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของค่า CBR กับอายุการบ่ม พบว่า ค่า CBR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก อายุ 3 วัน ถึง 14 วัน และหลังจากนั้นในช่วงอายุ 14 ถึง 28 วัน ค่า CBR จะเพิ่มขึ้นค่อนข้างช้าๆ โดยทุกปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่ใช้ผสมมีแนวโน้มการพัฒนา ค่า CBR ไปในแบบเดียวกัน ผลการทดสอบแสดงไว้ดังภาพที่ 8 และ 9

การบวมตัวของดิน (Swelling) แสดงไว้ดังภาพที่ 10 พบว่า เมื่อปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งมากขึ้น ค่าการบวมตัวของดินลูกรังเกรด B มีค่างที่และดินลูกรังเกรด D มีค่าลดลง เมื่ออายุการบ่มที่เพิ่มขึ้นดินลูกรังเกรด B และ D ลดลงโดยมีค่าลดลงประมาณ 0.01-0.05%



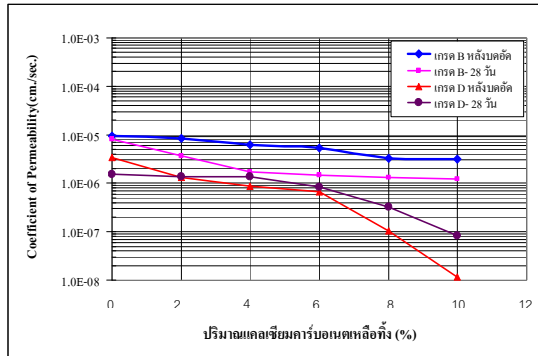
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Swelling กับปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งผสมดินลูกรังเกรด B และ D



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unsoaked และ Soaked CBR กับอายุ การบ่มของดินลูกรังเกรด B ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง

4.2.4 Permeability Test

อิทธิพลของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้ง แสดงไว้ดังภาพที่ 11 พบว่า เมื่อปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดินลูกรังเกรด B และ D มีแนวลดลงสูงสุด 3 เท่า และ 295 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งมีขนาดเล็กเมื่อนำมาผสมกับดินลูกรังและทำการบดอัดจะทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงไป โดยอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจะเข้าไปอุดในช่องว่างภายในมวลดินทำให้ดินลูกรังมีค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำต่ำลง เมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้นค่าความชื้นน้ำของดินลูกรังเกรด B มีค่าลดลงต่ำสุด 6 เท่า ส่วนดินลูกรังเกรด D มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด 18 เท่า การเพิ่มขึ้นของค่าความชื้นน้ำของดินลูกรังเกรด D อาจเนื่องจาก เมื่อผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งลงในดินจะทำให้เม็ดดินเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนและมีอนุภาคใหญ่ขึ้น ดินร่วนขึ้นส่งผลให้น้ำในมวลดินสามารถไหลซึมผ่านได้มากขึ้น



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำกับปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งของดินลูกรังเกรด B และ D ทดสอบทันที หลังบดอัดและอายุการบ่ม 28 วัน

5. สรุป

ดินลูกรังที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินลูกรังที่นำมาจากบ่อดินใน อ. โขธาราม จ.ราชบุรี โดยจัดอยู่ในกลุ่ม GW-GC และ SC ตาม Unified Soil Classification

เมื่อปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่ผสมลงในดินลูกรังเกรด B และ D เพิ่มขึ้น

5.1 ค่า Liquid Limit ของดินลูกรังเกรด B และ D มีค่าลดลงสูงสุดร้อยละ 2.05 ค่า Plastic Limit มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดร้อยละ 4.70 ค่า Plasticity Index ลดลงสูงสุดร้อยละ 6.76

5.2 ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีค่าลดลงและปริมาณความชื้นเหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้น

5.3 Unsoaked และ Soaked CBR มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้นจนถึงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (ร้อยละ 4) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณขึ้นอีกกำลังจะมีค่าลดลง โดยมีการพัฒนากำลังจะเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้นอายุการบ่ม 3 วัน ถึง 14 วันนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างช้า ๆ

5.4 การบวมตัวของดินลดลงร้อยละ 0.01-0.05

5.5 สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดินลูกรังเกรด B และ D มีแนวโน้มต่ำลง ตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าต่ำสุดประมาณ 1.14×10^{-8} cm./sec.

5.6 เมื่อพิจารณาค่า Soaked CBR ที่อายุการบ่ม 14 วัน เป็นข้อกำหนดตามมาตรฐานของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย ดินลูกรังเกรด B และ D ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักดินแห้ง สามารถนำไปใช้งานชั้นรองพื้นทาง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มยุรี ปาลวงค์ และ อรรณูวัฒน์ วัฒนาวรรณ . 2547. แคลเซียมคาร์บอเนตกรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ประชาชน.
- [2] สุภาพร สนิทวงศ์ชัย. 2528. อิทธิพลของพลังงานบดอัดที่มีต่อดินลูกรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.