

อิทธิพลของการบดอัดซ้ำต่อคุณสมบัติของดินลูกรังในการทดสอบการบดอัด ในห้องปฏิบัติการ

EFFECT OF RECOMPACTION ON LATERITIC SOIL PROPERTIES IN LABORATORY COMPACTION TEST

นพรัตน์ ท้วมประดิษฐ์¹, ประทีป ดวงเดือน²

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท, ²รองศาสตราจารย์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ: ดินลูกรังได้ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างแพร่หลายในงานวิศวกรรมปฐพี เช่น งานถนน งานเขื่อนดิน การบดอัดเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติดินลูกรังให้เหมาะสมในการใช้งาน ในการบดอัดจะใช้ผลการทดสอบการบดอัดในห้องปฏิบัติการเพื่อควบคุมผลการบดอัดในสนาม ในปัจจุบันการทดสอบการบดอัดในห้องปฏิบัติการจะอ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM โดยได้ผลการบดอัดจากการบดอัดซ้ำดินตัวอย่างเดิม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อจะศึกษาอิทธิพลของการบดอัดซ้ำต่อคุณสมบัติของดินลูกรัง โดยในการทดสอบจะศึกษาทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินตัวอย่างที่เตรียมขึ้นทั้งกลุ่มที่ผ่านการบดอัดซ้ำและในกลุ่มที่เปลี่ยนตัวอย่างใหม่ทุกครั้งในขบวนการทดสอบการบดอัดในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างดินที่ผ่านการบดอัดซ้ำจะเกิดการแตกของเม็ดดิน ซึ่งเป็นผลทำให้การกระจายของเม็ดดินเปลี่ยนไป ค่าพิกัดเหลวมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ค่าพิกัดพลาสติกมีแนวโน้มคงที่ ความแน่นแห้งและค่า C.B.R. สูงขึ้นในบางกลุ่มดิน และต่ำลงในบางกลุ่มดิน และค่าความซึมน้ำมีแนวโน้มต่ำลง

ABSTRACT: Lateritic soil has been used as construction material in soil engineering work such as embankment works, roadwork and earth dam. Compaction is one of the common methods used to improve the properties of lateritic soil. The results of compaction test from laboratory are widely used to control the quality of compaction in field. Now, the compaction test in laboratory has been done by following ASTM standard that the compaction energy is used to recompact on the original soil sample. The purpose of this research is to study the effect of recompaction process on the engineering properties of lateritic soil sample. The soil samples were prepared in to two groups. One was tested by using repeated sample and the other groups were tested by using non-repeated sample. The results show that the grain size distribution of repeated sample was changed to be more finer than the non-repeated sample that caused to increase plasticity, dry density and CBR for some group of lateritic soil but decrease the permeability.

KEYWORDS: Compaction, Lateritic Soil

For further details, contact นายนพรัตน์ ท้วมประดิษฐ์ ศูนย์วิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.พหลโยธิน บางเขน จตุจักร กทม. 10900

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการนำดินลูกรังมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างอย่างแพร่หลายในงานวิศวกรรมปฐพี เช่น งานถนน และงานเขื่อนดิน ซึ่งก่อนการนำดินลูกรังไปใช้จะต้องทำการปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมให้เหมาะสมในการใช้งานซึ่งนิยมใช้การบดอัดเพราะเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด

ในปัจจุบันจะใช้ผลการทดสอบการบดอัดในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ASTM เพื่อควบคุมการบดอัดในสนามซึ่งถ้าพิจารณากระบวนการบดอัดในห้องปฏิบัติการแล้วจะเห็นได้ว่าเป็นการบดอัดตัวอย่างซ้ำในขณะที่กระบวนการบดอัดในสนามมักจะไม่เกิดการบดอัดซ้ำ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมปฐพีบางประเภทใช้ผลจากการทดสอบตัวอย่างที่บดอัดซ้ำไปออกแบบเช่น การใช้ค่า C.B.R. ในการออกแบบโครงสร้างถนนและสนามบินหรือการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำไปออกแบบชั้นที่บดอัดของเขื่อน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อแสดงให้เห็นคุณสมบัติต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากผลของการบดอัดตัวอย่างซ้ำในห้องปฏิบัติการ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เปลี่ยนตัวอย่างใหม่ทุกครั้งก่อนการบดอัดตามเส้นโค้งของการบดอัดเพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจสำหรับวิศวกรผู้ควบคุมงานในสนามและวิศวกรผู้ออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมปฐพี

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างดินลูกรังที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ เมื่อทำการบดอัดโดยใช้พลังงานในการบดอัด 3 ขนาด ได้แก่ การบดอัดแบบมาตรฐาน ($60,542 \text{ kg-m}^3$) การบดอัดเหนือมาตรฐาน ($273,416 \text{ kg-m}^3$) และ 1.5 เท่าของการบดอัดเหนือมาตรฐาน ($410,124 \text{ kg-m}^3$) โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างซ้ำและบดอัดตัวอย่างใหม่ในการบดอัดแต่ละครั้งตลอดเส้นโค้งของการบดอัดโดยจะศึกษาดังนี้

1. ความชื้นและความแน่นแห้งของตัวอย่างดินลูกรังบดอัด
2. การกระจายของเม็ดดิน (Grain Size Distribution) ของตัวอย่างดินลูกรังบดอัด
3. ความเป็นพลาสติกของตัวอย่างดินลูกรังบดอัด
4. ความสามารถในการรับน้ำหนักโดยวิธี California Bearing Ratio (C.B.R.) แบบ Soaked ของตัวอย่างดินลูกรังบดอัด
5. ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของตัวอย่างดินลูกรังบดอัด

3. ขอบเขต

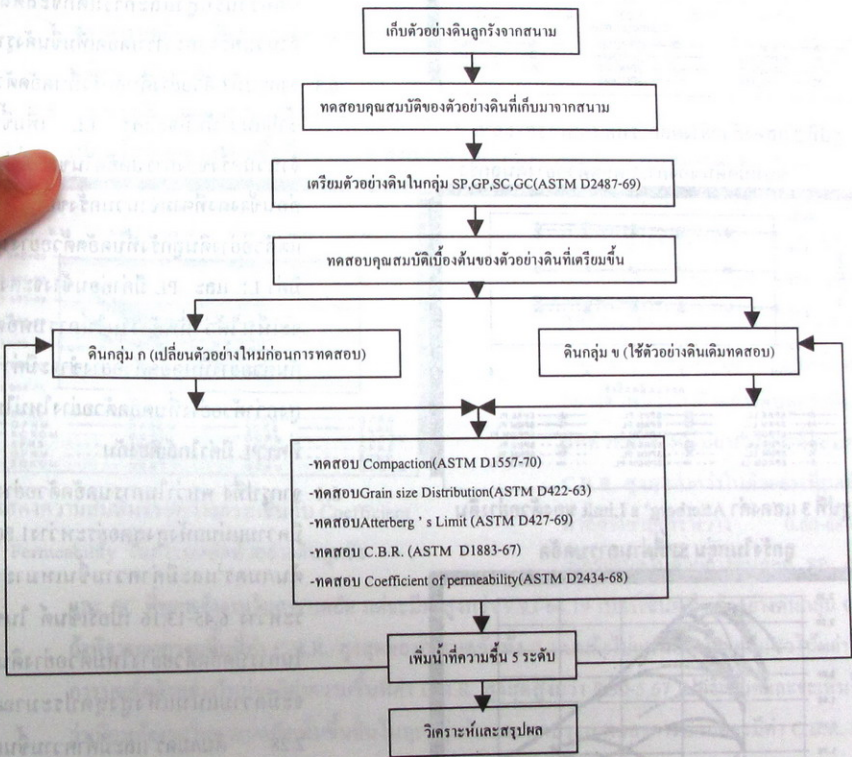
- 3.1 ในงานวิจัยจะใช้ตัวอย่างดินลูกรังบริเวณ อ. สนามชัยเขต จ. ฉะเชิงเทรา
- 3.2 ตัวอย่างดินที่จะนำมาทดสอบได้จากการเตรียมขึ้นจากตัวอย่างที่เก็บมาจากสนามในกลุ่ม SP, GP, SC และ GC ตามการจำแนกในระบบ Unified Soil
- 3.3 ในการบดอัดตามเส้นโค้งของการบดอัดจะทำการบดอัดที่ระดับความชื้นทั้งหมด 5 ระดับ

4. สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ของตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยจะประกอบด้วยตัวอักษร 3 กลุ่มคือ

- 4.1 กลุ่มแรกจะอยู่ในตำแหน่งหน้าสุดจะแสดงชื่อของกลุ่มดินที่เตรียมขึ้นประกอบด้วย SP, SC, GP และ GC
- 4.2 กลุ่มที่สองอยู่ต่อจากกลุ่มแรกจะแสดงชนิดของการบดอัดประกอบด้วยตัวอักษรสองตัวคือ R (Repeated-Sample) และ N (Non-Repeated Sample) ซึ่งกลุ่มนี้อาจจะไม่มีก็ได้
- 4.3 กลุ่มที่สามอยู่ต่อจากกลุ่มแรกหรือกลุ่มที่สองจะแสดงพลังงานในการบดอัดจะมีอักษรอยู่สามลักษณะคือ S (Standard Proctor), M (Modified Proctor) และ OM (Over- Modified Proctor หรือ 1.5 of Modified Proctor)
- 4.4 ตัวเลขที่ตามหลังกลุ่มตัวอักษรกลุ่มที่สามแสดงจำนวนครั้งในการบดอัดประกอบด้วยเลข 1-5

5. วิธีการวิจัย



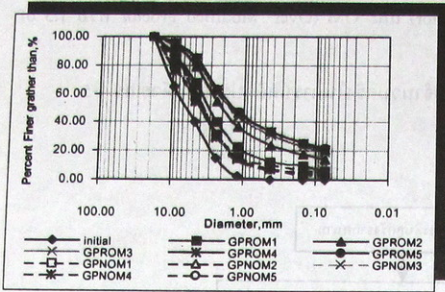
รูปที่ 1 แสดงรายละเอียดวิธีการวิจัย

6. ผลและวิจารณ์

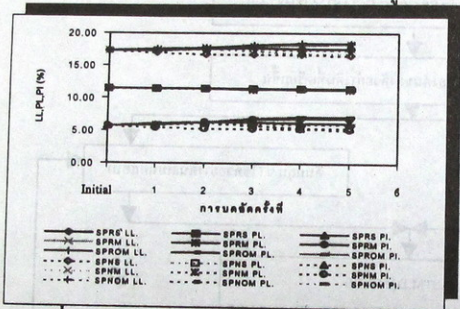
ผลการวิจัยแสดงไว้ในรูปที่ 2-รูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่า

1.6.1 ดินลูกรังที่เก็บมาจากสนามสามารถจำแนกได้ในกลุ่ม SW และ GW โดยการจำแนกดินในระบบ Unified Soil มีค่า LL อยู่ระหว่าง 17.50-18.21 เปอร์เซ็นต์ มีค่า PL อยู่ระหว่าง 11.39-12.05 เปอร์เซ็นต์ มีค่า Natural Water Content ระหว่าง 5.21-6.56 เปอร์เซ็นต์ มีความถ่วงจำเพาะ (Gs) อยู่ระหว่าง 2.85-2.90 และมีเปอร์เซ็นต์การสึกหรอประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดสอบโดยวิธี Los

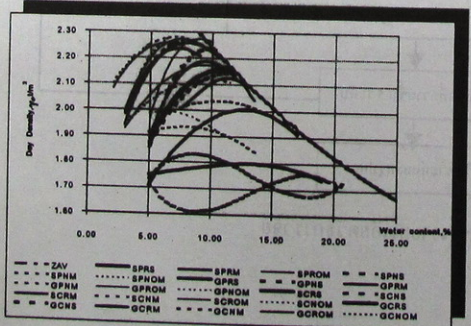
Angelas Test



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบการกระจายของเม็ดดินของการบดอัดตัวอย่างดินลูกรัง



รูปที่ 3 แสดงค่า Atterberg's Limit ของตัวอย่างดินลูกรังในกลุ่ม SP ที่ผ่านการบดอัด

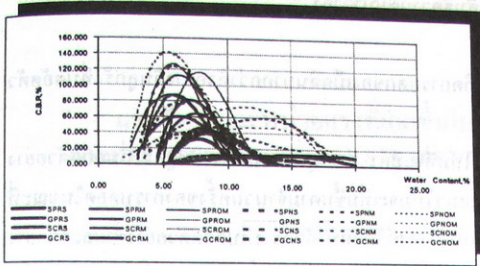


รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความแน่นแห้งในการบดอัดตัวอย่างดินลูกรัง

6.2 ในตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างซ้ำมีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกของเม็ดดินเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการบดอัดแต่ในตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างใหม่มีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกของเม็ดดินในการบดอัดครั้งแรกสูงและการแตกจะลดลงเมื่อจำนวนครั้งของการบดอัดเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 2

6.3 จากรูปที่ 3 ตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างซ้ำมีแนวโน้มที่จะมีค่า LL เพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการบดอัดในขณะที่ค่า PL ก่อนข้างคงที่ตามจำนวนครั้งของการบดอัดแต่ตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างใหม่จะมีค่า LL และ PL มีค่าก่อนข้างจะคงที่โดยจะเห็นได้ว่าที่พลังงานในการบดอัดเดียวกันตัวอย่างที่บดอัดตัวอย่างซ้ำจะมีค่า LL ที่สูงกว่าตัวอย่างที่บดอัดตัวอย่างใหม่ในขณะที่ค่า PL มีค่าใกล้เคียงกัน

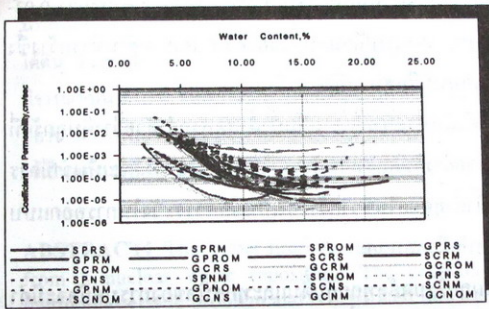
6.4 จากรูปที่ 4 พบว่าในการบดอัดตัวอย่างซ้ำจะมีความแน่นแห้งสูงสุดอยู่ระหว่าง 1.80-2.27 ดัน/เมตร³ และมีค่าความชื้นเหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.45-13.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในการบดอัดตัวอย่างใหม่ตัวอย่างดินลูกรังจะมีความแน่นแห้งสูงสุดประมาณ 1.76-2.28 ดัน/เมตร³ และมีค่าความชื้นเหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.45-17.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การบดอัดตัวอย่างซ้ำพบว่าในตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างใหม่มีแนวโน้มที่จะมีความแน่นแห้งสูงสุดต่ำกว่า 0.03-0.28 ดัน/เมตร³ ในตัวอย่างดิน



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับ C.B.R. ในการบดอัดตัวอย่างดินลูกรัง

ของการบดอัดจะมีความแน่นแห้งสูงสุดเพิ่มขึ้นโดยในกลุ่ม SP และ GP จะมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าในกลุ่ม SC และ GC

6.5 จากรูปที่ 5 พบว่าในการบดอัดตัวอย่างดินลูกรังจะมีค่า C.B.R. สูงสุดอยู่ระหว่าง 11.85-127.04 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นที่ค่า C.B.R. สูงสุดอยู่ระหว่าง 5.50-16.04 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในการบด



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับ Coefficient of Permeability ในการบดอัดตัวอย่างดินลูกรัง

และ SC ที่ทุกพลังงานในการบดอัด แต่จะมีค่าสูงกว่า 9.93-64.19 เปอร์เซ็นต์ ในตัวอย่างดินกลุ่ม GC ถ้าพิจารณาความชื้นที่ค่า C.B.R. สูงสุดของการบดอัดทั้ง 2 แบบยังไม่แน่นอนนักแต่มีแนวโน้มว่าในการบดอัดตัวอย่างใหม่จะมีความชื้นที่ค่า C.B.R. สูงสุดสูงกว่า 0.30-5.67 เปอร์เซ็นต์และจะเห็นได้ว่าเมื่อพลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้นดินในทุกกลุ่มดินและทุกประเภทของการบดอัดจะมีค่า C.B.R. สูงสุดเพิ่ม

6.6 จากรูปที่ 6 พบว่าในการบดอัดตัวอย่างดินลูกรังจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำสุดอยู่ระหว่าง 2.19×10^{-6} - 1.30×10^{-3} cm/sec ในขณะที่ในการบดอัดตัวอย่างใหม่ตัวอย่างดินลูกรังจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำสุดอยู่ระหว่าง 1.23×10^{-5} - 1.59×10^{-3} cm/sec ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการบดอัดตัวอย่างซ้ำพบว่าในตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างใหม่จะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำสุดสูงกว่า 1.0-9.9 เท่า เมื่อเพิ่มพลังงานในการบดอัดพบว่าตัวอย่างดินทุกกลุ่มดินทั้งตัวอย่างที่บดอัดตัวอย่างซ้ำและตัว

กลุ่ม SP และ GP ที่ทุกพลังงานการบดอัดแต่จะมีค่าสูงกว่า 0.01-0.09 ตัน/เมตร³ ในตัวอย่างดินในกลุ่ม SC และ GC ถ้าพิจารณาความชื้นเหมาะสมของการบดอัดทั้ง 2 แบบยังไม่แน่นอนนักแต่มีแนวโน้มว่าในการบดอัดตัวอย่างใหม่จะมีความชื้นเหมาะสมต่ำกว่าการบดอัดตัวอย่างซ้ำ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อพลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้นตัวอย่างดินทุกกลุ่มดินและทุกประเภท

อัดตัวอย่างใหม่ตัวอย่างดินลูกรังจะมีค่า C.B.R. สูงสุดอยู่ระหว่าง 11.12-142.07 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นที่ C.B.R. สูงสุดอยู่ระหว่าง 5.37-12.47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการบดอัดตัวอย่างซ้ำพบว่าในตัวอย่างดินลูกรังที่บดอัดตัวอย่างใหม่มีแนวโน้มที่จะมีค่า C.B.R. สูงสุดต่ำกว่าในตัวอย่างที่บดอัดตัวอย่างซ้ำอยู่ระหว่าง 0.60-68.47 เปอร์เซ็นต์ในตัวอย่างดินกลุ่ม SP, GP

อย่างทีบคอดตัวอย่างใหม่จะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำลง

7. สรุป

- 7.1 ตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างซ้ำจะเกิดการแตกของเม็ดดินมากกว่าตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างใหม่ที่พลังงานในการบคอดเดียวกัน
- 7.2 ตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างซ้ำมีแนวโน้มที่จะมีค่า LL สูงกว่าตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างใหม่ที่พลังงานในการบคอดเดียวกันและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการบคอด ในขณะที่ตัวอย่างทีบคอดตัวอย่างใหม่มีค่า LL ก่อนข้างคงที่โดยที่ทั้งตัวอย่างทีบคอดตัวอย่างซ้ำและตัวอย่างทีบคอดตัวอย่างใหม่มีค่า PL ก่อนข้างคงที่และใกล้เคียงกันนอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อเพิ่มพลังงานในการบคอดตัวอย่างดินลูกรังทั้ง 2 ประเภทจะมีค่า LL สูงขึ้นในขณะที่ค่า PL ก่อนข้างคงที่
- 7.3 ตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างใหม่จะมีความแน่นแห้งสูงสุดต่ำกว่าตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างซ้ำ 0.03-0.28 ตัน/เมตร³ ในกลุ่ม SP และ GP ที่ทุกพลังงานการบคอดแต่จะมีค่าสูงกว่า 0.01-0.09 ตัน/เมตร³ ในกลุ่ม SC และ GC ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลของการบคอดซ้ำไม่ทำให้ค่าความแน่นแห้งสูงสุดเปลี่ยนแปลงมากนัก
- 7.4 ตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างใหม่มีค่า C.B.R. สูงสุดต่ำกว่าตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างซ้ำ 0.60-68.47 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มดิน SP, GP และ SC ที่ทุกพลังงานการบคอดแต่จะมีค่าสูงกว่า 9.93-64.19 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มดิน GC โดยจะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่า C.B.R. อยู่ในช่วงกว้างซึ่งเป็นข้อควรระวังในการออกแบบโครงสร้างถนนหรือสนามบิน
- 7.5 ตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างใหม่จะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำสุดสูงกว่าตัวอย่างดินลูกรังทีบคอดตัวอย่างซ้ำ 1.0-9.9 เท่าที่ทุกกลุ่มตัวอย่างดินและทุกพลังงานในการบคอดโดยจะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำสุดอยู่ในช่วงกว้างซึ่งเป็นข้อควรระวังในการออกแบบโครงสร้างที่ใช้ปิดกั้นน้ำเช่น แกนเขื่อนหรือบ่อฝังกบขยะ
- 7.6 เมื่อพลังงานในการบคอดเพิ่มขึ้นตัวอย่างดินลูกรังบคอดทุกกลุ่มดินและทุกชนิดของการบคอดจะมีค่าความแน่นแห้งสูงสุดและค่า C.B.R. สูงสุดเพิ่มขึ้น
- 7.7 เมื่อพลังงานในการบคอดเพิ่มขึ้นตัวอย่างดินลูกรังบคอดทุกกลุ่มดินและทุกชนิดของการบคอดจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำต่ำสุดลดลง

เอกสารอ้างอิง

1. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standard. 459 p, 1980