

อิทธิพลของปริมาณยางพาราและพลังงานบดอัด ต่อค่าการซึมผ่านของน้ำในดินและกำลังรับแรงอัดของดินเม็ดหยาบ

Influence of rubber content and compaction energy on the permeability and compressive strength of coarse-grained soil

วงศ์กานต์ ธนบุรี¹, นัฐวุฒิ เหมะธูลิน^{2*}, พัฒนศักดิ์ ชัยพรรณา² และ จิรวัดน์ ศุภโกศล²

Wongsakan Thonburee¹, Nuttawut Hemathulin^{2*}, Pattanasak Chaipanna² and Jirawat Supakosol²

Received: 12 September 2024 ; Revised: 16 October 2024 ; Accepted: 19 November 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติดินเม็ดหยาบด้วยการผสมน้ำยางพารารักษาสภาพ เพื่อลดการซึมของน้ำและกำลังรับแรงอัดในดินเม็ดหยาบ เนื่องจากบ่อขุดในพื้นที่ที่เป็นดินเม็ดหยาบมีการรั่วซึมของน้ำสูง โดยการศึกษาจะใช้อัตราส่วนผสมเนื้อยางพาราที่ 0%, 1%, 2% และ 3% โดยน้ำหนักดินแห้ง ทำการบดอัดแบบมาตรฐานด้วยพลังงาน 25%, 50%, 75%, และ 100% ในแต่ละอัตราส่วน บ่มตัวอย่างในอากาศที่อายุ 3 วัน จากนั้นนำตัวอย่างไปทดสอบหาค่าการซึมผ่านด้วยแรงดัน โดยใช้หลักเกณฑ์การประเมินค่าการซึมผ่าน (k_{20}) เท่ากับ 0.5 cm/hr และทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด ผลที่ได้พบว่าในดินที่ไม่มีการปรับปรุงด้วยน้ำยางพารารักษาสภาพมีค่าการซึมผ่านลดลงตามพลังงานบดอัดที่เพิ่มขึ้น ส่วนในดินที่มีการปรับปรุงด้วยน้ำยางพารารักษาสภาพเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานบดอัดเดียวกันพบว่า ค่าการซึมผ่านมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณเนื้อยางพาราที่เพิ่มขึ้น การทำนายหาปริมาณเนื้อยางพาราที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติดินที่ผ่านหลักเกณฑ์การประเมิน ผลที่ได้คือ ที่พลังงานบดอัด 25%, 50%, 75%, และ 100% จะต้องใช้ปริมาณเนื้อยางพาราไม่น้อยกว่า 2.85%, 2.57%, 2.39% และ 2.15% ตามลำดับ และตัวอย่างที่ปรับปรุงด้วยน้ำยางพารารักษาสภาพ 1.0% ที่พลังงานบดอัด 100% มีค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.51 ksc ผลที่ได้สามารถประยุกต์ใช้โดยการทำเป็นวัสดุคาดกันบ่อและผนังบ่อจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำให้แก่เกษตรกรในพื้นที่นอกเขตชลประทานที่เป็นดินเม็ดหยาบ

คำสำคัญ: ยางพารา, ดินเม็ดหยาบ, การบดอัดแบบมาตรฐาน, ค่าการซึมผ่าน

Abstract

This research focuses on studying and improving the properties of coarse-grained soil by mixing it with Preservative natural rubber latex to reduce water seepage in coarse-grained soils. Excavated ponds in areas with coarse-grained soil experience high water leakage, preventing them from retaining water for use during the dry season. Rubber latex content was used at ratios of 0%, 1%, 2%, and 3% by weight of dry soil. The samples were compacted using standard compaction energies of 25%, 50%, 75%, and 100% for each ratio, then cured in open air for 3 days. The samples were subsequently tested for permeability coefficient under pressure, using a criterion of a permeability coefficient (k_{20}) equal to 0.5 cm/hr, and for compressive strength. The results showed that, in soil without rubber latex improvement, the permeability coefficient decreased as compaction energy increased. In soils improved with rubber latex, the permeability coefficient decreased at the same compaction energy as the rubber latex content increased.

¹ นักศึกษาปริญญาโท, สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

² อาจารย์, สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

¹ Master Student, Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Sakhon Nakhon Campus

² Lecturer, Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Sakhon Nakhon Campus

* Corresponding author, Email: nattawut.he@rmuti.ac.th

The prediction for the amount of rubber latex required to improve soil properties to meet the evaluation criteria indicated that compaction energies of 25%, 50%, 75%, and 100% needed at least 2.85%, 2.57%, 2.39%, and 2.15% rubber latex content, respectively. The sample improved with 1% rubber latex at 100% compaction energy had the highest compressive strength value of 1.51 ksc. These findings can be applied by using the improved soil as lining material for the bottoms and walls of ponds, which will enhance water retention efficiency for farmers in coarse-grained soil areas outside irrigation zones.

Keywords: Natural rubber, coarse-grained soil, standard compaction, coefficient of permeability

บทนำ

ปัจจุบันปัญหากักเก็บน้ำและการขาดแคลนน้ำส่งผลกระทบต่อเป็นวงกว้างในหลายพื้นที่ และมีแนวโน้มความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการจัดการทรัพยากรน้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็น อ่างเก็บน้ำ ฝายตามธรรมชาติ และสระน้ำที่มีอยู่ ยังไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ใช้ได้เพียงพอต่อความต้องการในการอุปโภคบริโภค โดยเฉพาะภาคการเกษตร ซึ่งในไทยมีพื้นที่ทำการเกษตรประมาณ 149.25 ล้านไร่ โดยพื้นที่การเกษตรดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีระบบชลประทานประมาณ 32.79 ล้านไร่ หรือร้อยละ 21.97 ของพื้นที่ทำการเกษตร ส่วนพื้นที่ 116.45 ล้านไร่ หรือร้อยละ 78.02 เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน (กองแผนงาน, สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, 2567) ที่ขาดการจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพอีกหลายพื้นที่

ปัญหาการขาดน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทาน ส่งผลให้รัฐมีการพัฒนาโดยนโยบายโครงการขุดสระในไร่นานอกเขตชลประทาน ขนาด 1,260 ลูกบาศก์เมตร เพื่อช่วยเกษตรกรกักเก็บน้ำใช้ในฤดูแล้งนาน 6 เดือน อย่างไรก็ตามปัญหาต่อมาคือการสูญเสียน้ำ การสูญเสียน้ำในบ่อจะมีอยู่ 2 ปัจจัยหลักๆ คือจากการระเหย และการรั่วซึมลงในดิน การสูญเสียน้ำจากการระเหยนั้นเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่ควบคุมได้ค่อนข้างยาก แต่การสูญเสียน้ำจากการรั่วซึมลงในดินนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะดินในแต่ละพื้นที่ ในทางวิศวกรรมสามารถปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติให้ดินมีความกักเก็บน้ำได้ โดยทั่วไปดินที่มีลักษณะเป็นดินเม็ดหยาบหรือดินทรายจะมีการรั่วซึมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในจังหวัดสกลนคร ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการสำรวจและวินิจฉัยคุณภาพดิน เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและวิศวกรรม โดยจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification System พบว่ามีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายที่มีกรวดลูกรัง ดินล่างเป็นดินร่วนปนกรวด ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม SM หรือ ML ซึ่งน้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย และจะเห็นได้ว่าการขุดบ่อน้ำในพื้นที่ดินเม็ดหยาบหรือดินทรายจึงไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าไรนัก การปรับปรุงคุณสมบัติดินเพื่อลดการ

รั่วซึมในอดีตนิยมใช้วัสดุธรรมชาติที่หาได้ง่าย เช่น มูลสัตว์ ผสมฟาง และนอกจากนี้ยังมียางพาราที่ถือว่าเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่จะนำไปปรับปรุงคุณสมบัติดินเพื่อลดการรั่วซึมได้ เนื่องจากยางพารามีคุณสมบัติเด่นในการกักน้ำ เป็นวัสดุเชื่อมประสาน และหาได้ง่าย

ในจังหวัดสกลนคร ปี พ.ศ.2565 มีเนื้อที่ยางพารายืนต้นทั้งหมด 398,954 ไร่ มีเนื้อที่ยางพาราที่สามารถกรีตได้ 375,183 ไร่ สามารถผลิตน้ำยางพาราได้ถึง 85,646 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) และมีเนื้อที่ยางพาราที่ยังรอกรีตอีก 23,771 ไร่ ซึ่งถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดสกลนครและเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของไทยอีกด้วย โดยมีการผลิตน้ำยางพาราจำนวนมากทั้งเพื่อการส่งออกและใช้งานในประเทศ น้ำยางพาราสจะต้องได้รับการเติมสารรักษาสภาพภายใน 2-3 ชั่วโมงเพื่อคงสภาพเป็นของเหลว และทำเป็นน้ำยางข้นที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 60% เพื่อประหยัดค่าขนส่ง ชื่อทางเคมีของยางพารา คือ cis-1,4 Polyisoprene เมื่อแข็งตัวถือเป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความยืดหยุ่น ความเหนียว และความต้านทานการขาดฉีก เป็นต้น

จากผลพยากรณ์ผลการผลิตยางพารา ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อที่กรีตได้ในปี 2567 คาดว่าเพิ่มขึ้นจากการขยายพื้นที่ปลูกใหม่เมื่อปี 2561 เริ่มให้ผลผลิตได้ในปี 2567 นี้ สำหรับผลผลิตต่อเนื้อที่กรีตได้คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ประกอบกับกรมอุตุนิยมวิทยาคาดการณ์จะเข้าสู่สภาวะลานีญาในช่วงปลายปีคาดว่าปริมาณน้ำฝนมากกว่าปีที่แล้ว ทำให้ต้นยางสมบูรณ์ขึ้น ส่งผลให้ภาพรวมผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งให้เห็นว่าเมื่อมีปริมาณยางพาราในตลาดเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) อาจส่งผลให้ราคาต่อหน่วยของยางพาราลดลง

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาในการนำน้ำยางพารามาใช้เป็นสารผสมเพิ่มหรือนำมาใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสาน หนึ่งในนั้น คือ พีรวัฒน์ ปลาเงิน (2561) ได้ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาน้ำสื่อน้ำต้านภัยแล้ง ได้ศึกษาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของดินลูกรังซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ผลพบว่า

อัตราส่วนของดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ น้ำ เท่ากับ 5 : 2 : 1 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 12% และเมื่อมีการปรับปรุงด้วยน้ำยาง 7.5% ของปริมาณน้ำ มีค่าการดูดซึมน้ำลดลงต่ำที่สุดเท่ากับ 6.23% และนำไปใช้งานภาคสนามโดยการก่อสร้างสระน้ำ ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

ศาสน์ สุขประเสริฐ และคณะ (2560) ประยุกต์ใช้ยางพาราปรับปรุงคุณภาพดินซีเมนต์สำหรับก่อสร้างพื้นทางผลพบว่า ดินซีเมนต์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพารา 5% โดยน้ำหนัก มีสมบัติทางวิศวกรรมตามมาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ และมีกำลังอัดเพิ่มขึ้น 16.67% เมื่อเปรียบเทียบกับดินซีเมนต์ที่ไม่ปรับปรุงด้วยยางพารา

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าน้ำยางพารารวมชาติสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินได้ แต่ส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับปูนซีเมนต์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการใช้ยางพาราเพียงอย่างเดียว ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเม็ดหยาบเพื่อการลดการรั่วซึมของน้ำในบ่อขุด โดยอาศัยหลักการใช้น้ำยางพาราเป็นสารเชื่อมประสานและอุดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำผิวดินและบรรเทาการขาดแคลนน้ำ อีกทั้งเป็นการเพิ่มคุณค่าให้น้ำยางพาราอีกด้วย ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเม็ดหยาบด้วยน้ำยางพารารักษาสภาพในการวิจัยนี้ ใช้หลักเกณฑ์การประเมินอัตราการรั่วซึมหรือค่าการซึมผ่านของน้ำในดิน (k_{20}) เท่ากับ 0.5 cm/hr หรือ 1.38×10^{-4} cm/s ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด ที่กรมพัฒนาที่ดินใช้ในการประเมินความเหมาะสมของดินสำหรับสร้างบ่อขุด (สุวณี ศรีวัช ฒ อยู่ธยา, 2538)

ระเบียบและวิธีการวิจัย

1. ขั้นตอนการวิจัย

รายละเอียดในงานวิจัยและขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบหาค่าการซึมผ่านของดินเม็ดหยาบที่ปรับปรุงด้วยน้ำยางพารารักษาสภาพ ดัง Figure 1

ดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินเม็ดหยาบในจังหวัดสกลนคร จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดิน และทดสอบการบดอัดดินแบบมาตรฐาน โดยใช้ ค้อนบดอัดน้ำหนัก 5.5 ปอนด์ บดอัดด้วยพลังงาน 25%, 50%, 75% และ 100% ของจำนวน 25 ครั้ง แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และค่าความชื้นที่มีความเหมาะสมของแต่ละพลังงาน เนื่องจากผู้วิจัยมีความพยายามในการจำลองการปรับปรุงดินบริเวณสระน้ำในสนามจริงกรณีที่มีข้อจำกัดเรื่องการใช้เครื่องทุ่นแรง อีกทั้งพลังที่ใช้ในการบดอัดมีผลต่อค่าการซึมผ่านของน้ำในดิน

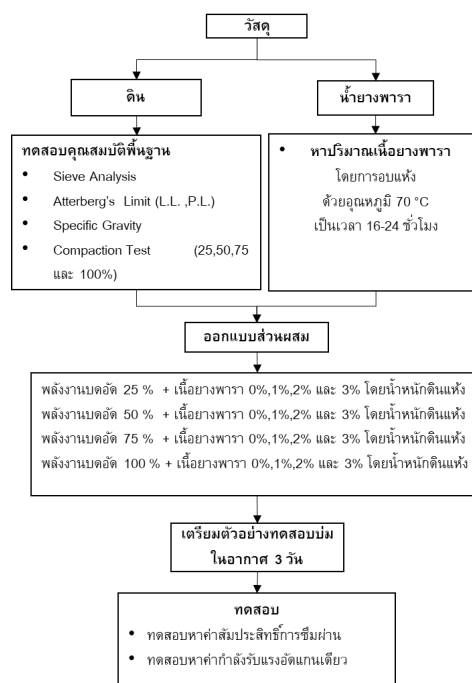


Figure 1 Research process

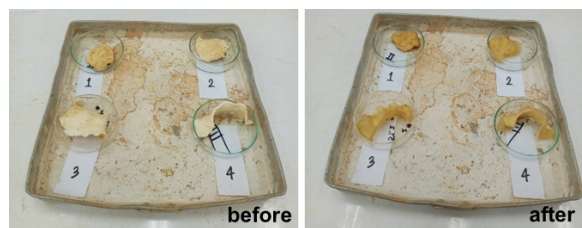
น้ำยางพาราในงานวิจัยนี้จะใช้น้ำยางพารารักษาสภาพ และเนื่องจากในน้ำยางพารารักษาสภาพจะมีส่วนที่เป็นเนื้อยางประมาณ 60% และไม่ใช่ส่วนที่เป็นเนื้อยางพารา ดังนั้นจำเป็นต้องมีการทดสอบหาปริมาณเนื้อยางพารา (Dry Rubber content, DRC) ด้วยวิธีการอบ ตามมาตรฐาน ISO 126:2005 เพื่อให้ทราบปริมาณเนื้อยางที่แน่นอน โดยนำน้ำยางมาทำให้จับตัวด้วยกรดแอซิดิกเข้มข้น เมื่อยางจับตัวกันดีแล้วทำการรีดเป็นแผ่นบางๆ โดยมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ล้างแผ่นยางด้วยน้ำกลั่น 2 - 3 ครั้ง จากนั้นนำแผ่นยางพาราไปอบให้แห้งในตู้อบอุณหภูมิประมาณ 70°C ใช้เวลา 16 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดัง Figure 2 (a) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งได้จากสมการ

$$DRC = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

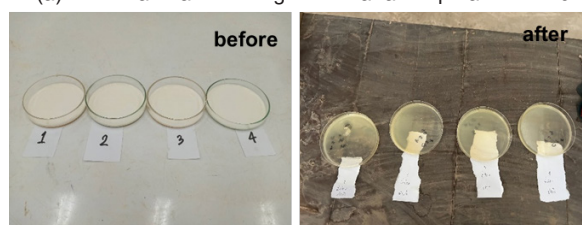
เมื่อ DRC = ปริมาณเนื้อยางแห้งโดยน้ำหนัก (%)
 m_0 = น้ำหนักน้ำยางพารา (ก่อนอบ) (g)
 m_1 = น้ำหนักแผ่นยางแห้ง (หลังอบ) (g)

จากนั้นจะทำการทดสอบหาระยะเวลาการแข็งของตัวอย่างยางพารา โดยการเทตัวอย่างน้ำยางพาราหนัก 10 กรัม ลงในภาชนะถ้วยแก้วทดสอบ แล้วทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง แล้วบันทึกข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 วัน จนกว่าจะได้ น้ำหนักเนื้อยางแห้งเท่ากับการทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง

พาราโดยการอบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการบ่มตัวอย่างก่อนการทดสอบ ดัง Figure 2 (b)



(a) Before and after curing rubber at a temperature of 70°C



(b) Before and after of natural rubber when left at room temperature for 3 days

Figure 2 Testing for the amount of preservative natural rubber latex

อัตราส่วนผสมในการศึกษานี้ เนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างซึ่งเป็นค่าความชื้นสูงสุด (Optimum Moisture Content) ที่ได้จากการทดสอบการบดอัดดินในพลังงานต่างๆ เพื่อไม่ให้ผลของน้ำบางส่วนที่อยู่ในน้ำยางพารากระทบต่อค่าความชื้นสูงสุด ในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ปริมาณน้ำยางพาราเป็นอัตราส่วนผสมต่อน้ำหนักดินแห้ง ส่วนปริมาณน้ำที่อยู่ในน้ำยางพาราจะถือเป็นส่วนหนึ่งของค่าความชื้นสูงสุด จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา (พีรวัฒน์ ปลาเงิน, 2561; ศาสน์ สุขประเสริฐ และคณะ, 2560) พบว่าปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 1.5% – 5.0% โดยน้ำหนักหรือปริมาณเนื้อยางแห้งที่ 0.9% – 3.0% ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้ปริมาณน้ำยางพาราที่อัตราส่วน 0.0%, 1.0%, 2.0% และ 3.0% โดยน้ำหนักดินแห้ง แต่ละอัตราส่วนทำการบดอัดด้วยพลังงาน 25%, 50%, 75% และ 100% ของจำนวนครั้งตามมาตรฐาน

การทดสอบหาค่าการซึมผ่านเป็นการทดสอบโดยใช้แรงดัน โดยค่าการซึมผ่าน (k_{20}) คำนวณได้จากสมการ

$$k = \frac{Q}{Ait} = \frac{QL}{hAt} \quad (2)$$

$$\text{โดยที่} \quad h = z + \frac{P}{\gamma_w} \quad (3)$$

เมื่อ

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านมวลดิน

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

t = เวลาของน้ำที่ไหลซึมผ่านของน้ำในตัวอย่าง

i = ความลาดชันทางชลศาสตร์

L = ความยาวตัวอย่างดิน

h = ผลรวมของความต่างของระดับน้ำที่ไหลผ่าน

ตัวอย่างดิน (Total Head)

z = ความสูงของตำแหน่งที่สนใจ เทียบกับระดับ

อ้างอิง

P = ความสถิตการไหล ณ ตำแหน่งที่สนใจ

γ_w = ความหนาแน่นของน้ำ

2. การเตรียมตัวอย่างและอุปกรณ์การทดสอบ

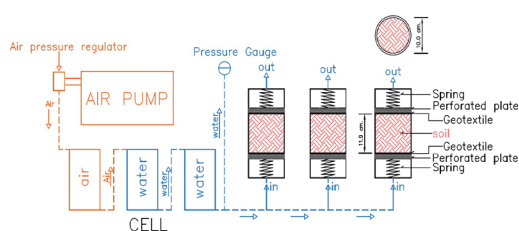
2.1 การทดสอบหาค่าการซึมผ่าน

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ ทำการบดอัดดินที่ผสมกับน้ำยางพาราที่เปอร์เซ็นต์เนื้อยางต่างๆ ลงในโมลด์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.0 ซม. ให้ตัวอย่างดินมีความสูง 11.9 ซม. บ่มในอากาศ 3 วัน จากนั้นทำการติดตั้งแผ่นซีโอเท็กซ์ไทล์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกรองไม่ให้เม็ดดินหลุดออกจากตัวอย่างไปกับน้ำขณะทดสอบ จากนั้นติดตั้งเพทเหล็กเจาะรูและสปริงเพื่อประคองตัวอย่างไม่ให้เคลื่อนที่ โดยติดตั้งประกบทั้งสองด้านจากนั้นประกอบเข้ากับชุดทดสอบ ดัง Figure 3 (a)

ชุดทดสอบหาค่าการซึมผ่านโดยใช้แรงดันเข้าช่วย ประกอบไปด้วยปั๊มลมซึ่งเป็นตัวให้แรงดัน ควบคุมแรงดันด้วยตัวควบคุมแรงดัน (Regulators) ผ่านไปยังเซลล์น้ำ โดยระหว่างตัวควบคุมแรงดันและเซลล์น้ำ ทำการติดตั้งเซลล์อากาศ ซึ่งเป็นตัวดันน้ำในกรณีมีแรงดันคงค้างในระบบ ซึ่งทำให้น้ำไหลย้อนไปยังปั๊มลม หลังจากนั้นน้ำไหลผ่านโมลด์ที่ได้เตรียมตัวอย่างดินไว้ รอจนกระทั่งตัวอย่างอิ่มตัวด้วยน้ำและอัตราการไหลคงที่แล้ว เริ่มวัดอัตราการไหลพร้อมจับเวลา โดยทำการทดสอบ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ดัง Figure 3(b)



(a) Sample Preparation



(b) Testing Diagram

Figure 3 Sample preparation and testing procedure diagram for permeability coefficient using pressure

2.2 การทดสอบ Unconfined Compressive Strength

ในการทดสอบหาค่าแรงแกนเดี่ยวอ้างอิงมาตรฐานที่ ทล.-ม. 204/2533 และการทดลองที่ ทล.ท. 105/2515 (เทียบเท่า AASHTO T 208) ของกรมทางหลวง

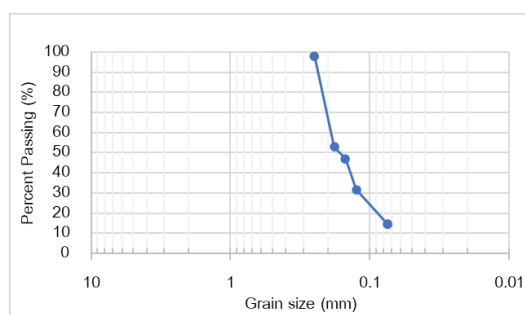
**Figure 4** Unconfined compressive strength test

การเตรียมตัวอย่างทดสอบทำการบดอัดดินที่ผสมกับน้ำยางพาราที่เปอร์เซ็นต์เนื้อยางต่างๆ ลงในโมลด์ขนาด 4 นิ้ว สูง 4.584 นิ้ว ด้วยการลดจำนวนครั้งในการบดอัดให้มีพลังงานบดอัด 25%, 50%, 75% และ 100% จากนั้นดินตัวอย่างออกจากโมลด์แล้วบ่มตัวอย่างในอากาศ 3 วัน แล้วนำไปหาค่ากำลังอัดแกนเดี่ยว ดัง Figure 4

3. ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน

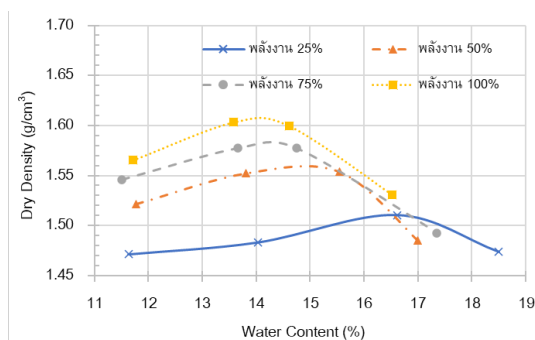
3.1 การจำแนกดิน

ดินตัวอย่างเป็นดินในจังหวัดสกลนครมีการกระจายตัวดังแสดงใน Figure 5 และทดลองหาขีดความชื้นเหลวของดิน (Atterberg's Limit) พบว่าค่า LL และ PL มีค่าเท่ากับ 22.8% และ 21.1% ตามลำดับ นำข้อมูลที่ได้มาจำแนกชนิดของดินระบบ Unified Soil Classification System, USCS. พบว่าดินตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเป็นดินทรายที่มีตะกอนทรายปน หรือสัญลักษณ์กลุ่มคือ SM และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.65

**Figure 5** Particle Size Distribution Curve

3.2 การทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐาน

การทดสอบการบดอัดได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของดินตัวอย่างที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพาราที่พลังงานบดอัด 25%, 50%, 75% และ 100% มีปริมาณความชื้นเหมาะสมเท่ากับ 16.60%, 14.90%, 14.30% และ 14.00% ตามลำดับ ดัง Figure 6 ซึ่งใช้ค่านี้ในการเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อทดสอบหาค่าการซึมผ่านของน้ำในดิน

**Figure 6** The relationship between dry density and water content

3.3 การทดสอบคุณสมบัติยางพารารักษาสภาพ

การทดสอบหาปริมาณเนื้อยางพารา (Dry Rubber content, DRC) ด้วยวิธีการมาตรฐาน ISO 126:2005 ผลที่ได้คือตัวอย่างน้ำยางพารารักษาสภาพมีเนื้อยางแห้งเท่ากับ 62.52% และการทดสอบหาระยะเวลาการแข็งของตัวอย่างน้ำยางพารารักษาสภาพ ผลทดสอบพบว่าต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 3 วัน จึงจะได้ปริมาณเนื้อยางแห้งเท่ากับ 62.52% ดังนั้นผู้วิจัยจะใช้ระยะเวลาบ่มตัวอย่างก่อนการทดสอบ 3 วัน

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบค่าการซึมผ่าน

จากผลทดสอบดัง Figure 7 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างดินที่ปรับปรุงด้วยเนื้อยางพารารักษาสภาพในอัตราส่วนเดียวกัน เห็นได้ว่าค่าการซึมผ่านมีแนวโน้มลดลงตามพลังงานบดอัดที่เพิ่มขึ้น มีค่าต่ำสุดที่พลังงานบดอัด 100% เนื่องจากการบดอัดดินเป็นผลให้เม็ดดินเรียงตัวกันแน่นขึ้น ทำให้อัตราส่วนช่องว่างลดลงส่งผลให้การซึมผ่านของน้ำลดลงตามไปด้วย แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวอย่างดินที่บดอัดในพลังงานเดียวกันพบว่าค่าการซึมผ่านมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณเนื้อยางพาราที่เพิ่มมากขึ้น มีค่าต่ำสุดที่ปริมาณเนื้อยางพารา 3.0% เนื่องจากเนื้อยางพาราจะแทรกเข้าไปแทนที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดินทำให้ดินมีความทึบมากขึ้น อีกทั้งดินที่ปรับปรุงด้วยน้ำยางพารามีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบอยู่เม็ดดิน ทำให้ป้องกันการซึมของน้ำได้ (สุทธิชัย เจริญกิจ, 2560) ซึ่งตรงกับ อรุณ ลูกจันทร์ และคณะ (2561) กล่าวว่า ช่องว่างระหว่างอนุภาคเม็ดดินบางส่วนถูกแทนที่ด้วยอนุภาคของยางพารา โดยเม็ดดินถูกเคลือบจนเกิดการเชื่อมแน่นระหว่างเม็ดดิน เป็นผลทำให้ค่าการซึมผ่านลดลง

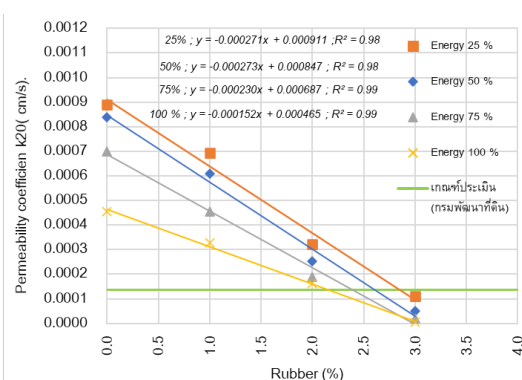


Figure 7 The relationship between the soil water permeability coefficient (k20) and the amount of natural rubber content

จาก Figure 7 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการซึมผ่าน (k20) และปริมาณเนื้อยางพารา มีลักษณะเป็นเส้นตรง เมื่อพิจารณาผลทดสอบโดยใช้สมการเชิงเส้นในแต่ละพลังงานบดอัดได้แก่ 25%, 50%, 75% และ 100% จะได้สมการเชิงเส้น เมื่อพิจารณาถึงค่า R² พบว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจะใช้สมการจาก Figure 7 ในการทำนายหาปริมาณเนื้อยางพาราที่ต้องใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติดินให้ผ่านหลักเกณฑ์การประเมินที่ค่าการซึมผ่าน (k20) เท่ากับ 0.000138 cm/s โดยจะแทนค่า y เท่ากับ 0.000138 จากนั้นทำการแก้สมการหาค่าตัวแปร x ได้ปริมาณเนื้อยางพาราที่ต้องใช้ในการปรับปรุงดินของแต่ละพลังงานบดอัด ผลที่ได้คือที่พลังงานบดอัด 25%, 50%, 75% และ 100% จะต้องใช้ปริมาณเนื้อยางพารารักษาสภาพเท่ากับ 2.85%, 2.57%, 2.39% และ 2.15% ตามลำดับ

2. ผลการทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียว

จากผลการทดสอบหาค่าแรงอัดแกนเดียวใน Figure 8 เห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่ปรับปรุงด้วยเนื้อยางพาราที่อัตราส่วนเดียวกัน ตัวอย่างดินที่ไม่ปรับปรุงด้วยเนื้อยางพารา และปรับปรุงด้วยเนื้อยางพาราอัตราส่วน 1% ของน้ำหนักดินแห้ง ค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามพลังงานบดอัดและมีค่าสูงสุดที่พลังงานบดอัด 100% มีค่าเท่ากับ 1.51 ksc เนื่องจากพลังงานบดอัดทำให้เม็ดดินเรียงตัวกันแน่นขึ้น ส่วนตัวอย่างที่ปรับปรุงด้วยเนื้อยางพาราอัตราส่วน 2.0% และ 3.0% ของน้ำหนักดินแห้ง ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าสูงสุดที่พลังงานบดอัด 75% มีค่าเท่ากับ 0.72 ksc และ 0.65 ksc ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณยางพาราที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เม็ดดินเรียงตัวกันในลักษณะหลวม เมื่อใช้พลังงานบดอัดที่สูงเกินไปจะทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอระหว่างยางพาราและเม็ดดิน

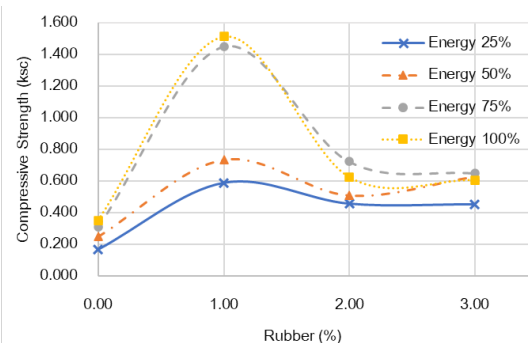


Figure 8 The relationship between unconfined compressive strength and rubber latex content

จาก Figure 8 เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างทดสอบในพลังงานบดอัดเดียวกัน พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างดินที่ปรับปรุงด้วยเนื้องานพาราที่อัตราส่วน 1.0% ของน้ำหนักดินแห้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างดินที่ไม่ปรับปรุงด้วยยางพารา จากนั้นค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลง เมื่อตัวอย่างดินมีการปรับปรุงด้วยเนื้องานพารามากกว่า 1.0% ซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาของ พีรวัฒน์ ปลายเงิน (2561) พบว่าอัตราส่วนของดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ น้ำ เท่ากับ 5 : 2 : 1 มีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 59 ksc และเมื่อปรับปรุงด้วยน้ำยางพารา 5% ของปริมาณน้ำ พบว่ามีกำลังเพิ่มขึ้น 3.38% จากนั้นกำลังอัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการปรับปรุงด้วยน้ำยางพารามากกว่า 5% ของปริมาณน้ำ ดังที่ อรุณ ลูกจันทร์ และคณะ (2561) กล่าวว่า ความหนาแน่น ความชื้นแน่น การยึดลือระหว่างเม็ดดิน และอัตราส่วนกำลังรับแรงอัดมีความสัมพันธ์กับยางพาราในลักษณะระฆังคว่ำ เมื่อปริมาณยางพาราเพิ่มขึ้นทำให้การเชื่อมแน่นระหว่างเม็ดดินเพิ่มขึ้น เม็ดดินเรียงตัวแน่นขึ้นทำให้ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณยางพาราที่มากเกินไป เป็นการดันเม็ดดินให้อยู่ในลักษณะหลวม ทำให้ความหนาแน่น ความชื้นแน่น การยึดลือระหว่างเม็ดดิน และอัตราส่วนกำลังรับแรงอัดลดลงตามไปด้วย

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติดินเม็ดหยาบด้วยการผสมน้ำยางพารารักษาสภาพ เพื่อลดความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ โดยใช้หลักเกณฑ์การประเมินค่าการซึมผ่านของน้ำในดิน (k_{20}) เท่ากับ 0.00138 cm/s ใช้ปริมาณเนื้องานพาราในอัตราส่วน 0.0%, 1.0%, 2.0% และ 3.0% ของน้ำหนักดินแห้ง จากนั้นทำการบดอัดแบบมาตรฐานด้วยพลังงาน 25%, 50%, 75% และ 100% ของจำนวนครั้งตามมาตรฐาน บ่มตัวอย่างในอากาศที่อายุ 3 วัน แล้วทดสอบหาค่าการซึมผ่านด้วยแรงดัน และการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังนี้

- การปรับปรุงคุณสมบัติดินเม็ดหยาบด้วยยางพารารักษาสภาพ ทำให้ค่าการซึมผ่านลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินที่ไม่มีการปรับปรุงด้วยยางพารา และค่าการซึมผ่านมีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณเนื้องานพาราที่เพิ่มมากขึ้น จึงมีค่าต่ำสุดในตัวอย่างดินที่ปรับปรุงด้วยปริมาณเนื้องานพาราในอัตราส่วน 3.0% ของน้ำหนักดินแห้งเท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาอัตราส่วนปริมาณเนื้องานพาราที่มากกว่า 3.0% และจากการทำนายปริมาณเนื้องานพาราที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติดินเม็ดหยาบ ต้องใช้ปริมาณเนื้องานพาราไม่น้อยกว่า 2.85%,

2.57%, 2.39% และ 2.15% สำหรับพลังงานบดอัด 25%, 50%, 75% และ 100% ตามลำดับ จึงจะผ่าน หลักเกณฑ์การประเมินที่ค่าการซึมผ่าน (k_{20}) เท่ากับ 0.00138 cm/s

- สำหรับค่ากำลังรับแรงอัดการใช้ยางพารารักษาสภาพปรับปรุงคุณสมบัติดินเม็ดหยาบทำให้มีความต้านทานแรงอัดเพิ่มมากขึ้น ปริมาณเนื้องานพาราที่เหมาะสมคืออัตราส่วน 1.0% ของน้ำหนักดินแห้ง

- ควรพิจารณาเรื่องปริมาณยางพารา การใช้ยางพารามากเกินไปจะเป็นผลเสียต่อความแข็งแรงของตัวอย่างทดสอบเนื่องจากปริมาณยางพาราที่มากเกินไปจะเข้าไปแทนที่มวลเนื้อดิน ซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่นแห้ง ทำให้ความหนาแน่นแห้งลดลง ประกอบกับยางพาราเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น จึงทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบที่ปรับปรุงด้วยปริมาณเนื้องานพารามากกว่า 1.0% มีแนวโน้มลดลง

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติดินเม็ดหยาบด้วยการผสมน้ำยางพารารักษาสภาพ เพื่อลดความสามารถในการซึมผ่านของน้ำนั้น มีข้อเสนอแนะดังนี้

- ควรพิจารณาเรื่องปัจจัยด้านเวลาในการเตรียมตัวอย่าง เนื่องจากถ้าใช้ระยะเวลาน้อยเกินไปจะทำให้การกระจายตัวดินและยางพาราเกิดความไม่สม่ำเสมอ และถ้าใช้เวลามากเกินไปยางพาราจะจับตัวกัน ทำให้อนุภาคของยางพาราไม่สามารถแทรกเข้าไปช่องว่างของมวลดินได้

- ควรพิจารณาเรื่องอุณหภูมิและระยะเวลาในการบ่ม ซึ่งมีผลต่อการแข็งตัวของยางพารา เนื่องจากงานวิจัยนี้บ่มตัวอย่างในอากาศที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งในแต่วันอุณหภูมิอาจมีการเปลี่ยนแปลงไม่เท่ากัน จึงทำให้ผลมีความคลาดเคลื่อน จึงควรพิจารณาวิธีการและระยะเวลาในการบ่มเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งด้วย

- งานวิจัยนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนามที่เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน มีลักษณะเป็นเม็ดหยาบหรือดินทราย โดยการทำเป็นวัสดุลาดกันบ่อและผนังบ่อจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำและลดการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ทำการเกษตร ช่วยให้เกษตรกรสามารถเพาะปลูกได้ในช่วงฤดูแล้ง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวไม่มากนัก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และเครื่องมือในการทำการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- กองแผนงาน, สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน. (2567). *หนังสือคู่มือโครงการแหล่งน้ำไร่นานอกเขตชลประทาน ปรับปรุง กุมภาพันธ์ 2565* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- พีรวัฒน์ ปลาเงิน. (2561). ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาน้ำสระน้ำด้านภัยแล้ง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 25(2), 170–180.
- ศาสน์ สุขประเสริฐ, สุนันันต์ เพชรรัตน์ และรุ่งอรุณ บุญถ่าน. (2560). รายงานวิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์สำหรับงานก่อสร้างถนน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2565*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). *เอกสารประกอบการแถลงข่าวภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2566 และแนวโน้มปี 2567*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุทธิชัย เจริญกิจ. (2560). *การปรับปรุงคุณสมบัติของดินลูกรังด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์].
- สุวณี ศรีวัช ณ อยุธยา. (2538). *การวินิจฉัยคุณภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มชุดดินของประเทศไทย*. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- อรุณ ลูกจันทร์, อาศิส อัยรักษ์, สมมาตร สวัสดิ์ และจารุณ สมบูรณ์. (2561). คุณลักษณะกำลังต้านทานแรงเฉือนของทรายที่เพิ่มแรงยึดเกาะด้วยยางพารา. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 29(4), 5–18.