วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี | Agriculture and Technology Journal

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2566 | Vol.4 No.1 January – April 2023

Received: December 8, 2022; Revised: February 6, 2023; Accepted: February 17, 2023

การศึกษาคุณสมบัติการบดอัด และค่า ซี บี อาร์ ของดินถมลาดคันทางที่ผสมเส้นใยจากกระสอบป่าน

A study on compaction characteristics and C.B.R. of embankment fill stabilized by hemp fiber

ชลธิชา จีบตะคุ[1*] ลาวัลย์ ขันเกษตร[1] และสมใจ ยุบลชิต[2]

Choltticha Jeebtaku[1*], Lawan Kankaset[1] and Somjai Yubonchit[2]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดนนทบุรี

[1]Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Nonthaburi Province

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

[2]Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima Province

[*]Corresponding Author E-mail Address : jeebtaku@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติการบดอัด และค่า ซี บี อาร์ ของดินถมลาดคันทางที่ผสมเส้นใยกระสอบป่านในห้องปฏิบัติการ โดยแต่ละตัวอย่างได้เพิ่มปริมาณเส้นใยกระสอบป่านที่ 0, 25, 50 และ 75 กรัม ต่อดิน 7,000 กรัม นำไปทดสอบการบดอัดเพื่อหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม และทดสอบแคลิฟอร์เนียแบริ่งเรโช จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยกระสอบป่านค่าความหนาแน่นแห้งจะมีค่าลดลงเป็น 2.100, 2.052, 2.029 และ 2.015 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการบวมตัวของดินมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 0.4, 0.9, 1.8 และ 2.3 ตามลำดับ และผลของค่า ซี บี อาร์ เท่ากับร้อยละ 14.2, 19.2, 20.9 และ 13.9 การเพิ่มปริมาณเส้นใยกระสอบป่านส่งผลให้ค่าความหนาแน่นแห้งลดลง และค่าการบวมตัวของดินเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินลดลง ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมคือการเพิ่มปริมาณของเส้นใยกระสอบป่านที่ร้อยละ 0.71 ของน้ำหนักดิน โดยจะได้ค่า ซี บี อาร์ สูงสุดที่ร้อยละ 20.9 ค่าการบวมตัวร้อยละ 1.8 และค่าความหนาแน่นแห้ง 2.029 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

คำสำคัญ: เส้นใยกระสอบป่าน ลาดดินถมคันทาง การทดสอบซีบีอาร์

Abstract

This research aimed to study compaction properties and California Bearing Ratio (C.B.R.) of road embankment soils stabilized by hemp sack fibers. The hemp sack fibers of 0, 25, 50 and 75 g. were mixed into 7,000 g of soil. The mixed soils were compacted in the laboratory to determine an optimal water content (OWC) subjected to a modified proctor energy. The compacted samples at the OWC were then used to conduct the C.B.R. test. The tested results showed that an increasing of the hemp sack fiber resulted in dry density reduction of 2.100, 2.052, 2.029 and 2.015 g/cm^3. The soil swelling values increased to 0.4%, 0.9%, 1.8%, and 2.3%, and the C.B.R. effect is 14.2%, 19.2%, 20.9%, and 13.9%, respectively. Increasing the amount of hemp sack fiber results in a decrease in dry density and an increase in soil swelling, which reduces the soil's load capacity. Therefore, the optimal ratio is the amount of 50 g. of hemp sack fiber per 7,000 g. of soil, with the highest C.B.R. value of 20.9%, swelling value of 1.8%, and dry density of 2.029 g/cm^3.

Keywords: Hemp fiber, Embankment, C.B.R.

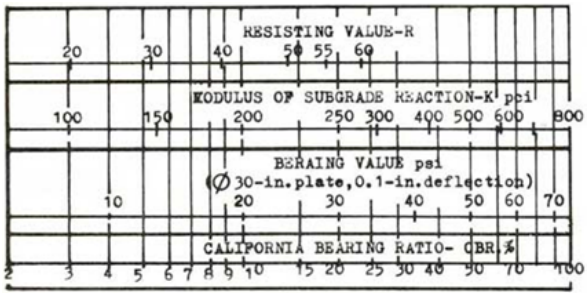
บทนำ

ปัญหาการชำรุดเสียหายของถนนในชนบท ที่อยู่ในบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าวของเกษตร เนื่องจากดินในบริเวณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นบ่อย ทำให้กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินลดลง และเมื่อมีน้ำหนักมากระทำจากรถที่วิ่งสัญจรบนถนน จึงอาจทำให้ดินถมลาดคันทางเกิดการทรุดตัว ปัจจุบันมีการเพิ่มเสถียรภาพของคันทางถนนหลายวิธี เช่น การปลูกหญ้าคลุมลาดคันทาง การดาดคอนกรีตลาดคันทาง หรือการใช้วัสดุสังเคราะห์ เป็นต้น

การทดสอบ California Bearing Ratio: CBR ตามมาตรฐาน ASTM 1883 – 67 เป็นวิธีการทดสอบวัดแรงเฉือน (Shearing resistance) ของดินที่บดอัดจนแน่นดีแล้ว (ส่วนมากจะทดสอบที่ Optimum moisture content) โดยการใช้ท่อนเหล็กกลมตัน (Piston) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว กดลงบนดินตัวอย่างที่เตรียมไว้ด้วยอัตรา 0.05 นิ้วต่อนาที แล้วนำไปหาอัตราส่วนเปรียบเทียบกับค่า Unit load มาตรฐานที่ได้จากการทดลองกด Piston ขนาดเดียวกันนี้บนหินที่ Compact แน่นที่ความลึกของ Penetration เท่ากัน ค่าที่ได้นี้เรียกว่า “เปอร์เซ็นต์ CBR” เทียบอัตราส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Standard unit load เขียนเป็นสมการของอัตราส่วนได้ดังนี้

$$CBR. = \frac{\text{Test Unit Load}}{\text{Standard Unit Load}} \times 100\% \quad (1)$$

ค่า CBR นำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบความหนาของถนนลาดยาง (Flexible pavement) โดยการกำหนดความหนาจาก Design charts หรืออาจใช้ช่วยในการกำหนดค่า Subgrade modulus (K) ของดินจากตารางเปรียบเทียบเพื่อช่วยในการออกแบบถนนคอนกรีตดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง C.B.R., K, R และ Bearing value

จากค่า C.B.R. ของดินแต่ละชนิดยังสมารถกำหนดคุณสมบัติของดินอย่างคร่าว ๆ ว่าเหมาะที่จะใช้กับงานก่อสร้างถนนในชั้นดินถม ชั้นรองพื้นทาง (Subbase) หรือชั้นพื้นทาง (Base) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ C.B.R. และการใช้งาน

เปอร์เซ็นต์ C.B.R.	คุณสมบัติเหมาะสมทางวิศวกรรม	การใช้งาน
3 - 0	very poor	excellent
3 – 7	poor to fair	subgrade
7 – 20	fair	subbase
20 -50	good	subbase, base
50 - 80	very	good base
>80	excellent	base

การศึกษาคุณสมบัติการบดอัดและค่า C.B.R. ในห้องปฏิบัติการดำเนินการโดยการรวบรวมผลทดสอบจากศูนย์สร้างทางขอนแก่น กรมทางหลวง การทดสอบในสนามดำเนินการที่โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 2038 บ้านเมืองใหม่ อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น (สถิต, 2556) ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็น ว่าความหนาแน่นแห้งและ C.B.R. สามารถประมาณได้จากคุณสมบัติพื้นฐาน อันได้แก่ ร้อยละของเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 และขีดจำกัดเหลว ผลการบดอัดดินเม็ดละเอียดด้วยรถบดอัดใน สนามที่ปริมาณความชื้นเหมาะสมแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งและ C.B.R. ในสนามมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตามจำนวนเที่ยววิ่งของรถบดอัด ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และ C.B.R. กับจำนวนเที่ยววิ่งสามารถประมาณได้ด้วยฟังก์ชันล็อกการิทึมจนถึงหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุด ผลการศึกษาทั้งหมดนำมาซึ่งวิธีการบดอัดและควบคุมการบดอัดในสนามที่มีประสิทธิภาพ และจากงานวิจัยผลกระทบของความชื้นในการบดอัดต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาพไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (สยาม, 2559) จากผลการทดสอบกำลังรับแรงของดินจากการทดสอบ C.B.R. สามารถสรุปได้ว่าหากความหนาแน่นของดินมีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลให้กำลังรับแรงของดินเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไป โดยหากดินมีความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงของดินมีค่ามากขึ้นตามความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

จากงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาพฤติกรรมการทรุดตัวกับเวลาของคันดินเสริมกำลังด้วยวัสดุ Geotextile ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาตั้งอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มตะกอนน้ำพาบริเวณเขตภาคกลางของประเทศไทย (ยิ่งยศ, 2556) ดินในบริเวณนี้เป็นดินเหนียวอ่อนที่มีความเป็นพลาสติกสูง (CH) ดังนั้นจึงมักเกิดการทรุดตัว และการเสียรูปด้านข้างอย่างมาก ถนนตามแนวตลิ่งมักจะเกิดการวิบัติของทางลาด ปัจจัยที่ควบคุมการวิบัติขึ้นอยู่กับความสูงของดินถม คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินฐานรากใต้ดินถม และการลดลงของระดับน้ำตามฤดูกาล งานวิจัยดังกล่าวจึงได้เสริมกำลังคันดินด้วยวัสดุ Geotextile รุ่น

Polyfelt PEC 150 เปรียบเทียบกับคันดินที่ไม่เสริมแผ่นใยสังเคราะห์ พบว่าการทรุดตัวของคันดินที่เสริมแผ่นใยสังเคราะห์เกิดขึ้นน้อยมากหลังการก่อสร้างแล้ว 14 วัน ขณะที่การทรุดตัวยังคงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับคันดินที่ไม่เสริมแผ่นใยสังเคราะห์ ผลการตรวจวัดแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ในการปรับปรุงเสถียรภาพของคันดิน แต่เนื่องด้วยวัสดุ Geotextile นั้นมีราคาแพงผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวัสดุอื่นเพื่อมาทดแทน และจากงานวิจัยที่มีการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยป่านศรนารายณ์ (Agave sisalana) ลักษณะใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวเส้นใยยาว (วิมล ลักษณ์, 2558) มีปริมาณของเส้นใยระหว่าง ร้อยละ 3.5-5 เส้นใยมีลักษณะแข็ง เป็นเยื่อชั้นในของเปลือกไม้ ความยาวของเส้นใยป่านศรนารายณ์ประมาณ 1.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร เส้นใยป่านศรนารายณ์มีความแข็งแรงเชิงกลโดยมีความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) 511-635 MPa มีค่ามอดุลัสของยังก์ (Young's modulus) 9.4-22.0 GPa และสามารถยืดได้ก่อนขาด (Elongation at break) 2.0-2.5% ผลผลิตเส้นใยป่านศรนารายณ์ประมาณครึ่งหนึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเชือก เนื่องจากมีสมบัติพิเศษคือ ไม่ลื่น มีการยืดหดตัวน้อย และทนทานมากเมื่อถูกน้ำ นอกจากนั้นนำไปใช้ในการทำหัตถกรรม หรือนำไปผสมในวัสดุก่อสร้างเพื่อเพิ่มความแข็งแรงแต่มีน้ำนักเบา เช่น ฝ้า เพดาน ฝาผนัง และกระสอบป่าน มักจะพบว่ากระสอบป่านที่มีการชำรุดเสียหายแล้วจะนำไม่ใช้ประโยชน์ต่อได้ไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำมาเป็นส่วนผสมของดินคันทาง

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติด้านการรับน้ำหนักบรรทุกของดินบดอัด โดยการนำกระสอบป่านมาเป็นวัสดุผสมกับวัสดุดินถมคันทาง เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่านที่มีผลต่อค่า C.B.R. และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดินถมคันทางและเส้นใยกระสอบป่าน โดยทดสอบเพื่อหาค่า C.B.R. แบบแช่น้ำ (Soaked) ในห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นการหาค่าเปรียบเทียบค่าความสามารถในการรับน้ำหนักกับวัสดุหินมาตรฐานเพื่อทดสอบวัสดุมวลรวมดิน หินคลุก หรือวัสดุอื่นใด เมื่อทำการบดอัดวัสดุนั้นโดยใช้ตุ้มบดอัดในแบบเมื่อมีความชื้นที่ความแน่นแห้งสูงสุด (Optimum moisture content) หรือปริมาณอื่นใด เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนนและเพื่อใช้ควบคุมงาน เมื่อบดอัดให้ได้ความแน่นและความชื้นตามต้องการ โดยค่ามาตรฐานของค่า C.B.R. สำหรับชั้นดินถมคันทางต้องมีค่ามากกว่าร้อยละ 8 และมีค่าการบวมตัวไม่เกินร้อยละ 3 (กรมทางหลวงชนบท, 2545)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ขั้นตอนการทดสอบการบดอัดดินในห้องทดลอง ด้วยวิธี Modified proctor ตามมาตรฐาน Standard Test Method for Laboratory Compaction of soil using Modified Effort. (2014). (ASTM D1557-07.)

1. นำตัวอย่างดินร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 และ เบอร์ 4 น้ำหนักดิน = 7,000 กรัม ที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 3

2. นำเส้นใยกระสอบป่าน ที่ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบไว้มาผสมกับตัวอย่างดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.(ก)

3. เติมน้ำปริมาณหนึ่ง โดยปกติมักเริ่มต้นปริมาณความชื้นที่ประมาณร้อยละ 4 ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ให้ความหนาแน่นสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.(ข)

4. คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้ว หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากันดี แบ่งตัวอย่างดินใส่ลงในแบบซึ่งมีปลอกสวมเรียบร้อย โดยประมาณให้ดินแต่ละชั้นเมื่อบดแล้วมีความสูงประมาณ 1/5 ของแบบ

5. การบดโดยค้อนด้วยวิธี Modified proctor จำนวน 56 ครั้ง ดำเนินการบดจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดแล้วเป็นชั้นจำนวน 5 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.(ค)

6. ดำเนินการถอดปลอกเหล็กแล้วใช้เหล็กปาดหน้าให้เรียบเท่าระดับตอนบนของแบบ กรณีมีหลุมบนหน้าให้เติมดินแล้วใช้ค้อนยางทุบให้แน่นพอควร

7. นำไปชั่งจะได้มวลของดินตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของดินตัวอย่างเปียก หลังจากนั้นให้แบ่งตัวอย่างใส่ภาชนะแล้วนำไปอบในตู้อบเพื่อหาค่าร้อยละของปริมาณความชื้นของดิน

(ก) ชั่งน้ำหนักเส้นใยกระสอบป่านตามอัตราส่วน

(ข) เติมน้ำเพื่อหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสม

(ค) บดโดยค้อนด้วยวิธี Modified proctor

รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการบดอัดดินในห้องทดลอง

ขั้นตอนการทดสอบหาค่า C.B.R ตามมาตรฐาน Standard Test Method for C.B.R. (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. (2016). (ASTM D1883-14)

1. นำตัวอย่างดินและเส้นใยกระสอบป่านที่เตรียมไว้ และทำการทดลองหาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและค่าร้อยละของความชื้นที่เหมาะสมด้วยวิธี Modified proctor นำค่าที่ได้มาใช้ในการทดลองสำหรับการทดสอบ California Bearing Ratio, C.B.R.

2. ทำการเตรียมตัวอย่างดินอีก 3 ตัวอย่าง โดยทำการบดแต่ละชั้นด้วยค้อน ตัวอย่างที่ 1 จำนวน 12 ครั้ง ตัวอย่างที่ 2 จำนวน 25 ครั้ง และ ตัวอย่างที่ 3 จำนวน 56 ครั้ง ต่อชั้นทั้งหมด 5 ชั้น

3. นำตัวอย่างพร้อมแบบที่เตรียมไว้ ไปชั่งจะได้มวลของตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของตัวอย่างเปียก ในขณะเดียวกันให้นำดินใส่ตัวอย่างภาชนะนำไปอบเพื่อหาค่าปริมาณร้อยละของความชื้น

4. นำแผ่นวัดการขยายตัว (Swell plate) พร้อมแผ่นถ่วงน้ำหนักวางบนตัวอย่างที่เตรียมให้แนบสนิทกับตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.(ก) แล้วนำไปแช่น้ำให้ท่วมตัวอย่างให้หมดดังแสดงในรูปที่ 3.(ข) วางก้าน 3 ขา (Tripod) ลงบนปลอกของแบบวัดแล้วอ่านค่า Dial gauge ทุกวันจำนวน 4 วัน พร้อมจดบันทึกค่าบวมตัวของดิน

5. เมื่อครบ 4 วัน แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดขึ้นจากน้ำแล้วทิ้งไว้ 10-15 นาที ให้น้ำที่ค้างอยู่ในโมลทดสอบไหลออกให้หมดแล้วจึงนำตัวอย่างไปกดทดสอบหาค่า C.B.R ดังแสดงในรูปที่ 3.(ค)

6. นำตัวอย่างขึ้นตั้งบนที่ตั้งเครื่องกด ตั้งให้ท่อนกดอยู่ตรงกลางพอดีกับกึ่งกลางรูของแผ่นถ่วงน้ำหนัก ทำการหมุนเครื่องจนท่อนกดสัมผัสผิวหน้าของตัวอย่างตั้งหน้า (Dial gauge) ที่วัด (Penetration) ให้เป็นศูนย์ เพิ่มแรงกดบนท่อนกด ด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอ แล้วทำการบันทึกค่าที่อ่านได้

7. เสร็จแล้วคลายแรงที่กดออก นำตัวอย่างพร้อมแบบออกจากแท่นของเครื่องกดยกแผ่นถ่วงน้ำหนักออก นำตัวอย่างบริเวณที่ถูกท่อนกดลงไปเป็นรูไปหาปริมาณร้อยละของความชื้นดังแสดงในรูปที่ 3.(ง)

(ก) ติดตั้ง Dial gauge เพื่อวัดการบวมตัวของดิน

(ข) นำตัวอย่างดินไปแช่น้ำ 4 วัน

(ค) นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำเพื่อนำไปกดวัดค่า Penetration

(ง) นำตัวอย่างไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

รูปที่ 3 แสดงวิธีการดำเนินงานการทดสอบ C.B.R.

ผลการวิจัย

จากการทดสอบการบดอัดเพื่อหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสมพบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของแต่ละตัวอย่างทดสอบมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่านจนถึง 50 กรัม และมีปริมาณน้ำลดลงเมื่อน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่านเท่ากับ 75 กรัม และความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มน้ำหนักเส้นใยกระสอบป่าน แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักของเส้นกระสอบป่านพบว่า ค่าความหนาแน่นสูงสุดลดลงเป็น 2.100, 2.052, 2.029 และ 2.015 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อดินมีความหนาแน่นลดลงจะส่งผลทำให้ความสามารถในรับน้ำหนักของดินลดลงด้วย ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองค่าความหนาแน่นสูงสุด และค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม

น้ำหนักเส้นใยกระสอบป่าน (กรัม)	ไม่ผสม	25	50	75
ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (กรัม/ ลบ.ซม.)	2.100	2.052	2.029	2.015
ปริมาณน้ำที่เหมาะสม (ร้อยละ)	8.7	11.0	12.8	9.0

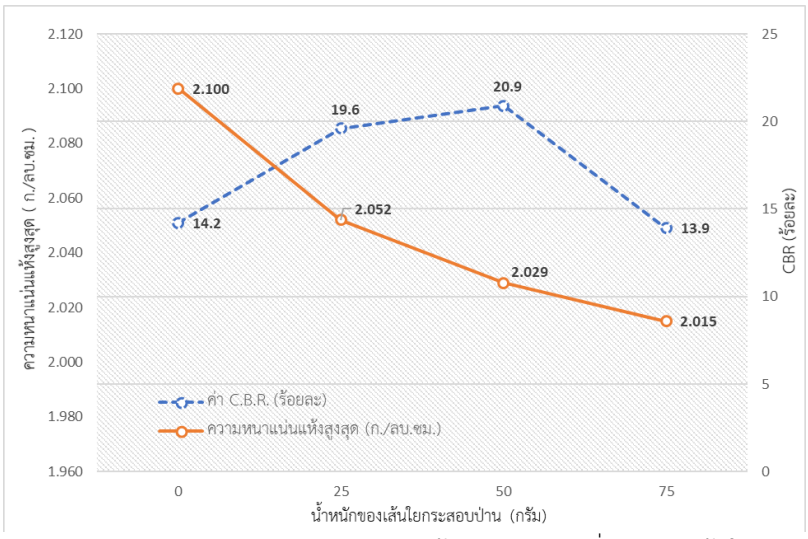
จากการทดสอบหาค่า California Bearing Ratio, C.B.R. ของตัวอย่างดินที่ผสมเส้นใยกระสอบป่านพบว่า เมื่อเพิ่มน้ำหนักเส้นใยกระสอบป่านค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 14.2, 19.6 จนมีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 20.9 ที่น้ำหนักเส้นใยกระสอบป่าน 50 กรัม และมีค่า C.B.R. ลดลงเท่ากับร้อยละ 9.0 เมื่อน้ำหนักเส้นใยกระสอบป่านเท่ากับ 75 กรัม การเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่านทำให้ค่าการบวมตัวของดินเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.4, 0.9, 1.8 และ 2.3 การบวมตัวของดินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กำลังและความสารถของดินลงลดด้วย ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลอง California Bearing Ratio, C.B.R. ของดินที่ผสมเส้นใยกระสอบป่านของแต่ละอัตราส่วน

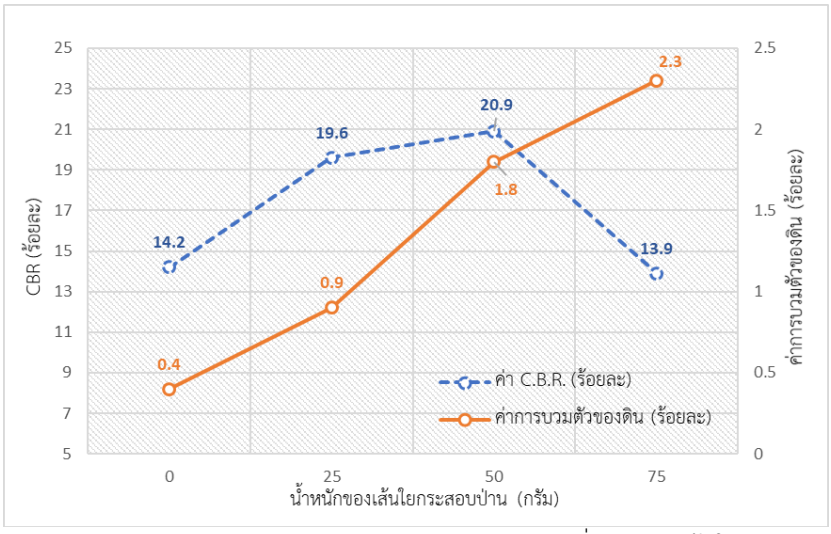
น้ำหนักเส้นใยกระสอบป่าน (กรัม)	ไม่ผสม	25	50	75
ค่าความหนาแน่นแห้ง ที่ร้อยละ 95 (กรัม/ ลบ.ซม.)	1.995	1.949	1.927	1.914
ค่า C.B.R. (ร้อยละ)	14.2	19.6	20.9	13.9
ค่าการบวมตัวของดิน (Swell) (ร้อยละ)	0.4	0.9	1.8	2.3

การอภิปรายผล

จากผลการทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. ต่อการเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่าน เมื่อนำผลการทดสอบมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. และค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดต่อการเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่าน พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่าน แต่ค่าของความหนาแน่นแห้งมีค่าลดลง การลดลงของความหนาแน่นแห้งจะส่งผลให้กำลังและความสามารถในการรับน้ำหนักของดินลดลง เมื่อพิจารณาจากกราฟ จะเห็นว่าค่า C.B.R. มีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. สูงที่สุดเท่ากับ 20.9 เมื่อน้ำหนักเส้นใยกระสอบป่านเท่ากับ 50 กรัม หลังจากนั้นมีค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. ลดลงเท่ากับ 13.9 ที่ความหนาแน่นแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 2.015 กรัม/ลบ.ซม. เมื่อเพิ่มน้ำหนักเส้นใยกระสอบป่านที่ 75 กรัม



รูปที่ 4 กราฟแสดงผลการทดสอบค่า C.B.R. และความหนาแน่นแห้งสูงสุดต่อการเพิ่มปริมาณเส้นใยกระสอบป่าน



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลการทดสอบค่า C.B.R. และค่าการบวมตัวของดิน ต่อการเพิ่มปริมาณเส้นใยกระสอบป่าน

เมื่อนำผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. และค่าการบวมตัวของดิน ต่อการเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่านมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 5 จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มน้ำหนักเส้นใยกระสอบจะส่งผลให้ค่าการบวมตัวของดินเพิ่มสูงขึ้น การบวมตัวของดินที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้กำลังและความสามารถในการรับน้ำหนักของดินลดลง จากกราฟจะเห็นว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 20.9 เช่นเดียวกับค่าการบวมตัวที่เพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งเมื่อน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่านเท่ากับ 75 กรัมต่อดิน 7,000 กรัม ค่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของดินมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.3 กรัม และผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. เท่ากับ 13.9 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุด แต่ค่าการบวมตัวของดินของตัวอย่างทดสอบทั้งหมดยังถือว่าผ่านค่ามาตรฐาน ตามมาตรฐานกรมทางหลวง 220 (2542) ดินถมคันทางต้องมีผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ C.B.R. ไม่ต่ำกว่า 8 และค่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของดินต้องไม่เกิน 3

บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลการทดสอบหาค่าร้อยละของ C.B.R. ที่เกิดจากการเพิ่มน้ำหนักของเส้นใยกระสอบป่านต่อดินถมคันทางเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมให้ได้ค่า C.B.R. สูงที่สุด จากตัวอย่างทดสอบดินถมคันทางที่ไม่ผสมเส้นใยกระสอบป่าน เมื่อเพิ่มน้ำหนักเส้นใยกระสอบป่าน 25, 50, และ 75 กรัม ค่าร้อยละของ C.B.R. จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 14.2, 19.6, 20.9 และร้อยละ 13.9 ตามลำดับ จะเห็นว่าที่น้ำหนักเส้นใยที่ 75 กรัม จะทำให้ค่าร้อยละของ C.B.R. มีค่าลดลง ค่าความหนาแน่นแห้งต่ำที่สุด ส่วนค่าการบวมตัวของดินจะมีค่าสูงที่สุด ซึ่งหากดินมีค่าความหนาแน่นต่ำและมีค่าการบวมตัวสูงจะทำให้กำลังและความสามารถในการรับน้ำหนักของดินลดลง ดังนั้นการเพิ่มน้ำหนักขึ้นของเส้นใยกระสอบป่านที่มากเกินไปจะส่งผลให้ค่า C.B.R. ของดินลดลง หากพิจารณาจากค่า C.B.R. จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนระหว่างดินถมคันทาง 7,000 กรัมต่อเส้นใยกระสอบป่าน 50 กรัมเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม เนื่องจากได้ค่าค่าร้อยละของ C.B.R. สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 20.9 ซึ่งค่ามาตรฐานสำหรับดินถมคันทางต้องมีค่า C.B.R. มากกว่าร้อยละ 8 และได้ค่าการบวมตัวของดินเท่ากับร้อยละ 1.8 ซึ่งค่ามาตรฐานสำหรับการบวมตัวของดินต้องไม่เกินร้อยละ 3

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

สถิต ชินอ่อน (2556). คุณสมบัติการบดอัดและค่า ซี บี อาร์ (C.B.R.) ของดินถมคันทาง. หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิตการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค. สาขาวิศวกรรมโยธา. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สยาม ยิ้มศิริ (2558). ผลกระทบของความชื้นในการบดอัดต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาพไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ. รายงานการวิจัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

ยิ่งยศ บุณยานันต์ (2556). การประยุกต์ใช้วัสดุสังเคราะห์ในการเพิ่มเสถียรภาพของคันทางถนนในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิตการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค. สาขาวิศวกรรมโยธา. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิมลลักษณ์ สุตะพันธ. (2558). การศึกษาผลการดัดแปรด้วยความร้อนต่อลักษณะจำเพาะของเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ปลูกในนครราชสีมา. รายงานการวิจัย. สาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

กรมทางหลวงชนบท. (2545). มทช. 220-2545. มาตรฐานงานถมคันทาง (Embankment: Construction).

Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. (2002). ASTM D 422 – 63.

Standard Test Method for Laboratory Compaction of soil using Modified Effort. (2014). ASTM D1557-07.

Standard Test Method for C.B.R. (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. (2016). ASTM D1883-14.