การปรับปรุงคุณภาพของวัสดุคัดเลือกประเภท ก และ ข โดยใช้น้ำยางพาราชนิด HA60 และซีเมนต์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้าน California bearing ratio (CBR)

The improvement of selected material types A and B using latex type HA60 and cement to study the California bearing ratio (CBR)

อุมาพร ปฏิพันธ์ภูมิสกุล[1,*] ดวงนภา วานิชสรรพ์[2] และ เอกนรา จันดา[3]

[1,2,3] *สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จ.นครปฐม*
**Corresponding author; E-mail address: Umapornp@webmail.npru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุคัดเลือกประเภท ก และ ข ตามมาตรฐานกรมทางหลวงแห่งประเทศไทยโดยใช้น้ำยางพาราชนิด HA60 และซีเมนต์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้าน California bearing ratio (CBR) และสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำ โดยขั้นตอนแรกผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน 10%, 15%, 20%, 25% และ 30% โดยน้ำหนัก เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับวัสดุทั้งสองประเภทโดยอาศัยผลการทดสอบ CBR เป็นเกณฑ์ จากนั้นผสมซีเมนต์ที่ 2%, 4%, 6% และ 8% โดยน้ำหนักในขั้นตอนที่สอง จากผลการศึกษาวัสดุคัดเลือกประเภท ก พบว่าอัตราส่วนผสมของน้ำยางพาราและซีเมนต์ที่ 15% และ 2% ตามลำดับ ให้ค่า CBR สูงที่สุด สำหรับวัสดุคัดเลือกประเภท ข อัตราส่วนผสมของยางพาราและซีเมนต์ที่ 20% และ 4% ตามลำดับ ให้ค่า CBR สูงที่สุด นอกจากนั้นผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของวัสดุทั้งสองประเภทมีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนน้ำยางพาราและซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ยางพารา, วัสดุคัดเลือกประเภท ก, วัดสุคัดเลือกประเภท ข, ซีบีอาร์

Abstract

The objective of this research is to study the engineering properties California bearing ratio (CBR) and permeability, of the improvement of selected material types A and B, conforming to Highway Department of Thailand specifications, using latex type HA60 and cement. Firstly, selected materials were mixed with latex in proportions of 10%, 15%, 20%, 25%, and 30% by weight to obtain the optimum latex proportion by considering the CRB value. Secondly cement in proportions of 2%, 4%, 6%, and 8% by weight was mixed with improved materials from the first. The research results show that the selected material type A, mix with 15% of latex and 2% of cement provides the highest CBR value. For improved selected material type B, 20% of latex and 4% of cement provides the highest CBR value. According to the permeability test results, the coefficient of permeability of improved selected materials tends to decrease due to the increasing amount of latex and cement.

Keywords: Latex, Selected material type A, Selected material type B, California bearing ratio (CBR)

1. คำนำ

ปัจจุบันยางพาราเกิดภาวะราคาตกต่ำ รัฐบาลได้มีนโยบายเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวนยางที่ประสบปัญหา โดยกำหนดแนวทางช่วยเหลือเกษตรกรหลายประการ และหนึ่งแนวทางสำคัญคือ โครงการใช้ยางพาราในภาครัฐ เพื่อยกระดับราคายางพาราและเป็นแนวทางในการนำยางพารามาเป็นส่วนผสมสำหรับการก่อสร้างถนน ใช้ในงานบูรณะหรือก่อสร้างชั้นพื้นทางหรือผิวทางจราจร วิศวกรพยายามที่จะพัฒนาคุณสมบัติของยางพาราให้เป็นวัสดุที่ใช้ร่วมกับวัสดุหลักในการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพ แข็งแรง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยหาจุดเด่นและจุดด้อย รวมถึงการนำมาประยุกต์กับวัสดุเหลือทิ้งบางประเภท

จากทั้งหมดที่กล่าวมาจะเห็นว่าการวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาโครงสร้างชั้นทางโดยใช้ยางพาราเริ่มตั้งแต่ชั้นทางโดยประยุกต์ใช้วัสดุคัดเลือกผสมยางพาราและซีเมนต์ตามแบบมาตรฐานงานทางสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อาศัยผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ เช่น การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุคัดเลือก การทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงของดินเพื่อศึกษาคุณสมบัติ CBR ซึ่งใช้ออกแบบความหนาชั้นทางต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาชั้นโครงสร้างชั้นทางตามแบบมาตรฐานงานทาง สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น อาศัยผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของดินวัสดุคัดเลือก การทดสอบคุณสมบัติกำลังรับน้ำหนักของดินเป็นหลัก เพื่อให้ได้ผลที่อาจจะเป็นทางเลือกใหม่สำหรับวงการก่อสร้างงานทางรวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่ายางพาราที่เกิดวิกฤตการณ์ขึ้นในปัจจุบัน

2.1 โครงสร้างชั้นทาง

โครงสร้างชั้นทาง (Pavement Structures) หมายถึง ส่วนของถนนที่มีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักยวดยานต่างๆ ที่แล่นผ่านไปมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ น้ำหนักรถบรรทุกขนาดใหญ่ ปกติจะก่อสร้างกันเป็นชั้นๆ ตั้งแต่ส่วนล่าง ซึ่งอาจใช้วัสดุคุณภาพต่ำแล้วค่อยๆ ใช้วัสดุคุณภาพดีขึ้นจะทำให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามลำดับจนถึงชั้นที่มีคุณภาพสูงสุดในชั้นผิวทาง (Surface Course) โครงสร้างถนนในประเทศไทยนั้นจะเริ่มตั้งแต่การปรับปรุงบดอัดดินเดิม (Natural Subgrade) แล้วจะขึ้นมาชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected Materials) ชั้นรองพื้นทาง (Subbase) ชั้นพื้นทาง (Base) และชั้นผิวทาง (Surface) ตามลำดับ

ถนนทุกชนิดมักมีชั้นฐานรากเหมือนกันจนถึงชั้นรองพื้นทาง (Subbase) ซึ่งต่อจากชั้นนี้ขึ้นมา ถ้าเป็นถนนคอนกรีตเสริมเหล็กจะก่อสร้างชั้นทรายปรับระดับ (Sand Cushion) แล้วสร้างชั้นผิวคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนถนนผิวแอสฟัลท์นั้นจะก่อสร้างชั้นพื้นทาง (Base Course) แล้วสร้างผิวทางแอสฟัลท์ทับข้างบนลำดับของชั้นทางจะต้องเรียงตามลำดับ โดยให้ชั้นที่มีคุณภาพดีอยู่ส่วนบน เนื่องจากการถ่ายเทน้ำหนักจากล้อรถลงสู่พื้นถนนนั้นจะค่อยๆ ลดน้อยลงตามความลึกของชั้นทางโดยผิวทางส่วนที่สัมผัสกับล้อรถจะต้องรับแรงอัดเท่ากับกำลังอัด (Pressure) ภายในล้อยาง

[1] การกำหนดชนิดและข้อกำหนดในการตรวจสอบคุณภาพวัสดุก่อสร้างจะมีความแตกต่างกันในแต่ละชั้นทาง โดยเน้นไปที่ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected Material) ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้วัสดุคัดเลือกเพื่อเสริมคุณภาพของวัสดุคันทางนั้นจะพิจารณาว่า ควรจะใช้วัสดุชนิดใดจึงจะเหมาะสม อาจใช้ชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ตามมาตรฐานได้กำหนดให้ใช้ วัสดุคัดเลือก 2 ประเภท เรียกว่า วัสดุคัดเลือกประเภท “ก” และ วัสดุคัดเลือกประเภท “ข” โดย กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาใช้ดังนี้

ก. วัสดุคัดเลือก “ก” เป็นวัสดุที่มีคุณภาพดีกว่าวัสดุคัดเลือก “ข” มักกำหนดคุณสมบัติว่าต้อง เป็นวัสดุชนิด Soil Aggregate ที่ไม่ใช่ทราย ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump Shale) รากไม้ หรือ วัชพืชอื่นๆ เมื่อบดอัดแล้วต้องมีค่า CBR ไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในแบบก่อสร้างและค่าการพองตัวไม่มากกว่า 3% ขนาดใหญ่สุดของมวลคละต้องไม่โตกว่า 50 มม.

ข. วัสดุคัดเลือก “ข” เป็นวัสดุคัดเลือกชนิด Soil Aggregate หรือ ทราย หรือวัสดุอื่นใดที่มี คุณสมบัติเหมาะสม ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump Shale) รากไม้ หรือวัชพืชอื่นๆ ขนาดใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 50 มม.

2.2 ถนนพาราซีเมนต์ในประเทศไทย

ถนนผสมยางพาราหรือที่เรียกว่าถนนพาราซีเมนต์ การทำถนนชนิดนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องผสมโดยเฉพาะและผ่านกระบวนการที่ยากต่อการใช้งาน จำนวนยางพาราที่นำมาใช้มีปริมาณน้อย ข้อดีของการนำยางพารามาผสมเพิ่มคือ ทำให้ถนนมีการใช้งานยาวนานขึ้นลดจำนวนการซ่อมบำรุง จากงานวิจัยนี้จึงมีการนำมาปรับปรุงพัฒนาต่อยอดโดยมีแนวคิดที่จะนำยางพารามาใช้กับชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected Materials) ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่ด้านล่างสุดของโครงสร้างชั้นทาง และสามารถนำน้ำยางพารามาใช้ในปริมาณที่มากขึ้น

[2] กาญจนา ปิ่นวิเศษ ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาถนนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา The Development Of Para Soil Cement Road จากการวิจัยพบว่าดินลูกรังจัดอยู่ในกลุ่มดินประเภทกรวดมีดินเหนียวปน กรวด-ทราย-ดินเหนียว ขนาดคละกันไม่ดีผสมกัน (สัญลักษณ์กลุ่ม คือ GC) ผ่านมาตรฐานการทำงานพื้นทางดินซีเมนต์ เมื่อนำมาทำการทดลองหาส่วนผสมระหว่าง ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ น้ำยางพาราข้นร้อยละ 60 HA สารผสมเพิ่มและน้ำพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือคือ ปูนซีเมนต์ร้อยละ 8 ของน้ำหนักดินลูกรัง น้ำยางพาราข้นร้อยละ 5 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ สารผสมเพิ่มร้อยละ 2 ของน้ำหนักน้ำยางพาราข้น และปริมาณน้ำสะอาดที่ให้ดินมีความชื้นที่เหมาะสมที่ร้อยละ 95 เมื่อทำการบ่มตัวอย่างที่ 7 วัน พบว่ากำลังอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารามีกำลังอัดสูงสุด 21.49 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งผ่านมาตฐานงานพื้นทางดินซีเมนต์ของกรมทางหลวงชนบท (มทช. 244-2556)

[3] ทัศดนัย ภาษิต, ไกรสร หงส์ฤทัย และณัฐพงษ์ สาใจ ทำการศึกษาเรื่อง การปรับปรุงสมบัติชั้นรองพื้นทางถนนด้วยน้ำยางพารา Development Property Of Road Subbase With Para Rubber Latex ซึ่งมีการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินชั้นรองพื้นทาง ซึ่งมีคุณสมบัติตามมาตรฐานในการทดสอบคุณสมบัติด้านการรับกำลังโดยการนำดินลูกรังผสมซีเมนต์ จากการลองกำหนดค่า6 ค่า (1% 2% 2.5% 5% 7.5% และ 10%) โดยค่ามาตรฐานชั้นรองพื้นทางกำหนดไว้ว่าดินซีเมนต์จะต้องมีกำลังการรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 689 กิโลปาสคาลซึ่งปริมาณซีเมนต์ 1% ให้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่ามาตรฐานจึงเลือกใช้ปริมาณดินผสมซีเมนต์ที่ 2% เนื่องจากเป็นการประหยัดและได้กำลังตามมาตรฐานต่อมาทำการทดสอบดินซีเมนต์ผสมยางพารา (2.5% 5% และ 7.5%) พบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราที่ 2.5% มีค่าการซึมน้ำน้อยที่สุดแสดงว่าการซึมผ่านยากที่สุดเป็นผลดีกับโครงสร้างถนนในเรื่องการซึมน้ำแล้วถนนมีการรับกำลังที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

[4] พีรวัฒน์ ปลาเงิน ได้ทำการศึกษาเรื่อง ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง Application of Rubber Latex and Soil Cement Develop Drought Relieving Water Pond พัฒนาวัสดุเคลือบผิวคลองผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์สำหรับใช้ในการเคลือบผิวคลองชลประทานเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำและความต้านทานซัลเฟสของวัสดุเคลือบผิวคลอง การทดสอบในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย การศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรม การดูดซึมน้ำและการกัดกร่อนเนื่องจากสารละลายซัลเฟส กำหนดปริมาณน้ำยางต่อปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก (p/c) 5%, 10% และ 15% ปริมาณเถ้าแกลบที่ใช้ผสมวัสดุเคลือบผิว 5%, 10% และ 15% ของปริมาณน้ำหนักปูนซีเมนต์ ดังนั้นวัสดุเคลือบผิวประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ น้ำและน้ำยางพารา ผลการวิจัยพบว่าวัสดุเคลือบผิวคลองผสมน้ำยางโดยใช้ อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) 0.4 ปริมาณน้ำยางต่อปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก (p/c) 15% และปริมาณเถ้าแกลบ 5% ของปูนซีเมนต์ ได้ค่าคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมดีที่สุด ประกอบด้วย กำลังรับแรงอัด 316 ksc กำลังรับแรงดัด 29.5 ksc. กำลังรับแรงดึง 47 ksc. ร้อยละการดูดซึมน้ำ 3.25 ร้อยละความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายซัลเฟส 3.25 ดังนั้น วัสดุเคลือบผิวคลองผสมน้ำยางถูกนำไปใช้เคลือบผิวคลองและซ่อมแซมรอยแตกร้าวที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี

[5] ระพีพันธ์ แดงตันกี ได้ทำการศึกษาเรื่องถนนยางพาราดินซีเมนต์ Para Modified Rubber Latex Soil Cement Road มีการศึกษาถึงการสร้างถนนยางพาราดินซีเมนต์ระยะทาง 1 กิโลเมตร ใช้ปริมาณน้ำยางพาราสด (Dry Rubber Content; DRC 30%) ประมาณ 12,000 กิโลกรัม หรือน้ำยางพาราข้น 6,000 กิโลกรัม” โดยได้นำน้ำยางธรรมชาติมาผสมรวมกับสารเคมี เพื่อใช้ทดแทนการนำเข้าน้ำยาพอลิเมอร์สังเคราะห์จากต่างประเทศและมีราคาสูง ซึ่งการนำยางพารามาใช้ในการทำถนนยางพาราดินซีเมนต์นั้นสามารถนำไปประยุกต์ได้หลายรูปแบบ ทั้งถนนดินลูกรังตามชนบทแบบไร้ผิวทางหรือถนนแบบมีผิวทางเป็นคอนกรีตหรือลาดยางมะตอยข้อดีของถนนยางพาราดินซีเมนต์เพิ่มความทนทานต่อแรงกดอัดเพิ่มความทนทานต่อแรงดึงและแรงฉีกขาดสามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ดีและลดการเกิดฝุ่นในดินและซีเมนต์

3. วัตถุประสงค์การวิจัย

3.1 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและออกแบบส่วนผสมของวัสดุคัดเลือกผสมยางพาราและวัสดุผสมเพิ่ม ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางด้าน ซี บี อาร์ ของดินวัสดุคัดเลือกที่ได้ปรับปรุงคุณภาพ

4. ขั้นตอนการวิจัย

4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

4.1.1 วัสดุคัดเลือก (Selected Material)

วัสดุที่มีคุณภาพดีว่าชั้นดินคันทางเพื่อนำมาใช้เสริมระหว่างชั้นคันทางกับชั้นรองพื้นทาง หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบการก่อสร้าง การกำหนดให้มีงานชั้นวัสดุคัดเลือกในกรณีที่ค่า California Bearing Ratio (CBR) ของดินคันทางน้อยกว่า 6% แต่ถ้าค่า (CBR) ของชั้นดินคันทางไม่น้อยกว่า 6% ให้ใช้วัสดุคันทางก่อสร้างแทนวัสดุคัดเลือกได้ ซึ่งวัสดุคัดเลือกที่นำมาใช้ในงานวิจัยจะต้องมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.1

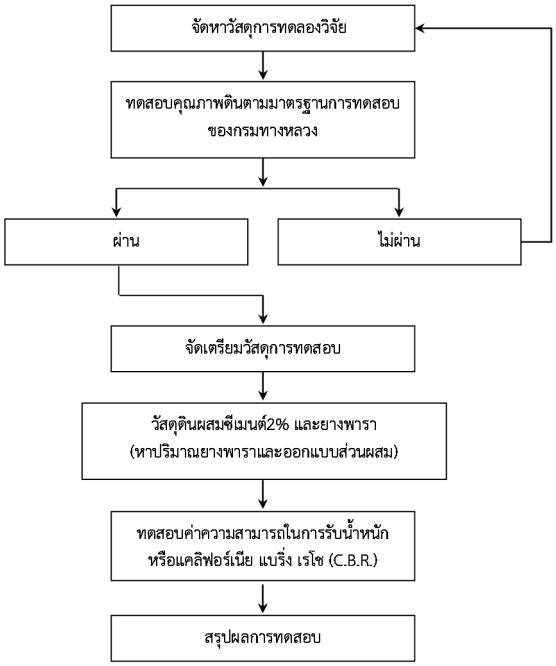
4.1.2 น้ำยางพาราข้นธรรมชาติ 60% DRC ชนิด High Ammonia (HA)

น้ำยางพาราที่ใช้เป็นสารผสมเพิ่มในการปรับปรุงคุณภาพของดินซีเมนต์สำหรับการวิจัยนี้เป็นยางข้นรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย (High Ammonia Latex)

4.1.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

4.1.4 น้ำสะอาด

4.2 รายละเอียดวิธีการวิจัย



รูปที่ 1 แผนการวิจัย

4.3 การออกแบบส่วนผสม (Mix design)

ศึกษาการออกแบบส่วนผสม (Mix design) แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

4.3.1 วัสดุคัดเลือกผสมน้ำยางพาราข้น

ขั้นตอนแรกนำน้ำยางข้นธรรมชาติ 60% DRC ชนิด High Ammonia (HA) ซึ่งรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียแต่เพียงอย่างเดียวผสมกับดินวัสดุคัดเลือกประเภท ก และ ข ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 10, 15, 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนักเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐานงานทางของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย เน้นที่ค่า ซี.บี.อาร์. จากห้องทดลอง (Lab CBR) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 และ 6 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1 และ 2

4.3.2 วัสดุคัดเลือกผสมน้ำยางพาราข้นและซีเมนต์

ขั้นตอนที่สองคือการใส่ซีเมนต์เข้าไปเพิ่ม ช่วยพัฒนาคุณสมบัติของดินซีเมนต์ให้มีประสิทธิภาพการใช้งานมากยิ่งขึ้นและเหมาะสมสำหรับการเลือกใช้งานดินซีเมนต์ที่ต้องการคุณสมบัติเฉพาะงาน โดยเลือกใช้จากร้อยละของน้ำยางพาราข้นที่ให้ค่า ซี.บี.อาร์. มากที่สุด นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ เพื่อสุ่มหาค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) ที่มากที่สุด

ตารางที่ **1** อัตราส่วนของวัสดุคัดเลือก ก ผสมน้ำยางพารา

เปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราข้น	เปอร์เซ็นต์เนื้อยาง	สัญลักษณ์	วัสดุคัดเลือก ก (กรัม)	ปริมาณน้ำ 9 % (กรัม)	ปริมาณน้ำยางพารา(กรัม)		
					HA60	เนื้อยาง	น้ำ
0%	0	AR0	5,000	450	0	0	0
10%	0.54	AR10	5,000	405	45	27	18
15%	0.81	AR15	5,000	382.5	67.5	40.5	27
20%	1.08	AR20	5,000	360	90	54	36
25%	1.35	AR25	5,000	337.5	112.5	67.5	45
30%	1.62	AR30	5,000	315	135	81	54

หมายเหตุ A หมายถึง ดินวัสดุคัดเลือก ก , R หมายถึง น้ำยางพารา และ AR10 หมายถึง วัสดุคัดเลือก ก ผสมน้ำยางพารา้อยละ 10 เป็นต้น

ตารางที่ **2** อัตราส่วนของวัสดุคัดเลือก ข ผสมน้ำยางพารา

เปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราข้น	เปอร์เซ็นต์เนื้อยาง	สัญลักษณ์	วัสดุคัดเลือก ก (กรัม)	ปริมาณน้ำ 9 % (กรัม)	ปริมาณน้ำยางพารา(กรัม)		
					HA60	เนื้อยาง	น้ำ
0%	0	BR0	5,000	625	0	0	0
10%	0.75	BR10	5,000	562.5	62.5	37.5	25
15%	1.125	BR15	5,000	531.25	93.75	56.25	37.5
20%	1.5	BR20	5,000	500	125	75	50
25%	1.875	BR25	5,000	468.75	156.25	93.75	62.5
30%	2.25	BR30	5,000	437.5	187.5	112.5	75

หมายเหตุ B หมายถึง ดินวัสดุคัดเลือก ข , R หมายถึง น้ำยางพารา และ BR10 หมายถึง วัสดุคัดเลือก ข ผสมน้ำยางพารา้อยละ 10 เป็นต้น

5. ผลการวิจัยและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคัดเลือก (Selected Material) หมายถึง วัสดุที่มีคุณภาพดีว่าชั้นดินคันทางเพื่อนำมาใช้เสริมระหว่างชั้นคันทางกับชั้นรองพื้นทางหรือตามที่กำหนดไว้ในแบบการก่อสร้าง การกำหนดให้มีงานชั้นวัสดุคัดเลือกในกรณีที่ค่ากำลังรับน้ำหนัก California Bearing Ratio (CBR) ของดินคันทางน้อยกว่า 10% แต่ถ้าค่า (CBR) ของชั้นดินคันทางไม่น้อยกว่า 10% ให้ใช้วัสดุคันทางก่อสร้างแทนวัสดุคัดเลือกได้

คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุคัดเลือกประเภท ก และ ข ผ่านเกณฑ์ของวัสดุคัดเลือกตามมาตรฐาน มทช.204-2545 มีค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 12.29 และร้อยละ 6.95 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าข้อกำหนดของกรมทางหลวงชนบทกำหนดคือ ร้อยละ 10 และร้อยละ 6 สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างบดอัดชั้นทางเพื่อใช้เป็นชั้นวัสดุคัดเลือกได้อย่างเหมาะสม (ต่อไปเรียกว่า “ค่าพื้นฐาน”)

ตารางที่ **3** สรุปผลการทดสอบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) ของวัสดุคัดเลือก

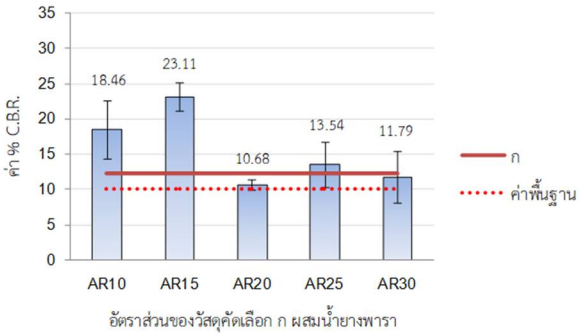
ครั้งที่	ค่าร้อยละ CBR แบบแห้ง		ค่าการบวมตัว (Swell)	
	ก	ข	ก	ข
1	10.83	7.12	1.1	1.85
2	11.79	6.51	0.43	1.2
3	14.25	7.22	0.59	0.94
ค่าเฉลี่ย	**12.29**	**6.95**	**0.71**	**1.33**
ค่ามาตรฐานกรมทางฯ	≥ 10	≥ 6	≤ 3	≤ 3

5.1 ผลการทดสอบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) ของวัสดุคัดเลือก ประเภท ก และ ข ที่ผสมน้ำยางพารา)

สำหรับการทดสอบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (CBR) แบบแห้ง ของวัสดุคัดเลือกประเภท ก ผสมน้ำยางพาราข้นที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าที่ปริมาณน้ำยางพาราข้นชนิด HA ที่ร้อยละ 10 และ 15 ให้ค่า CBR สูงกว่าค่าพื้นฐาน ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้น้ำยางพาราข้นในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้สามารถพัฒนากำลังต้านทานแรงของวัสดุคัดเลือกประเภท ก ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากลักษณะของดินเมื่อได้รับพลังงานในการบดอัด จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนัก และช่วยลดการซึมผ่านน้ำไปพร้อมกันโดยยังมีช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ทั้งนี้น้ำยางพาราเป็นสารโพลิเมอร์จากธรรมชาติ มีคุณสมบัติเป็นสารเชื่อมประสานที่ดีและสามารถแทรกเข้าไปในเนื้อดินบางส่วน จึงช่วยลดข้อด้อยของดินวัสดุคัดเลือกในเรื่องป้องกันการซึมผ่านน้ำใต้ถนน เพิ่มความยืดหยุ่นของถนนและความคงทนของถนน

ตารางที่ **4** ค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช ของอัตราส่วนต่างๆ ของวัสดุคัดเลือก ก ผสมน้ำยางพารา

จำนวนครั้ง	ค่า % CBR ของอัตราส่วนของวัสดุคัดเลือก ก ผสมน้ำยางพารา				
	AR10	AR15	AR20	AR25	AR30
1	16.81	21.44	11.37	10.99	7.63
2	15.48	24.77	9.99	17.16	13.77
3	23.09	24.9	11.11	12.47	13.97
ค่าเฉลี่ย	18.46	23.11	10.68	13.54	11.79

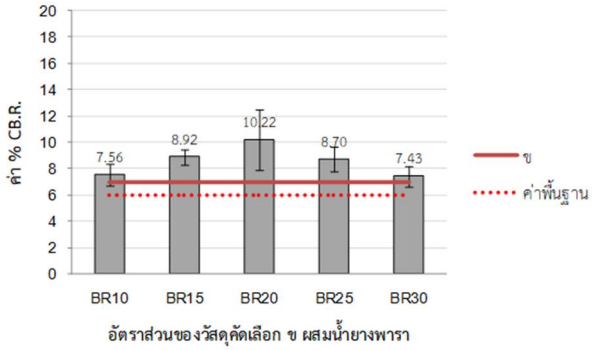


รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (CBR) แบบแห้ง ของวัสดุคัดเลือกประเภท ก ผสมน้ำยางพาราข้นที่อัตราส่วนต่างๆ

จากการแสดงผลการทดสอบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (CBR) แบบแห้ง ของวัสดุคัดเลือกประเภท ข ผสมน้ำยางพาราข้นที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าที่ปริมาณน้ำยางพาราข้นชนิด HA ที่ร้อยละ 20 ให้ค่า CBR สูงกว่าค่าพื้นฐานมากที่สุด ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้น้ำยางพาราข้นในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้สามารถพัฒนากำลังต้านทานแรงของวัสดุคัดเลือกประเภท ข ให้เทียบเท่าวัสดุคัดเลือกประเภท ก ได้

ตารางที่ **5** ค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่งเรโช ของอัตราส่วนต่างๆ ของวัสดุคัดเลือก ข ผสมน้ำยางพารา

จำนวนครั้ง	ค่า % CBR ของอัตราส่วนของวัสดุคัดเลือก ข ผสมน้ำยางพารา				
	BR10	BR15	BR20	BR25	BR30
1	8.4	8.4	8.11	7.76	8.27
2	7.53	9.45	12.33	8.72	7.26
3	6.76	8.43	11.85	9.62	6.76
ค่าเฉลี่ย	7.56	8.92	10.22	8.7	7.43



รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (CBR) แบบแห้ง ของวัสดุคัดเลือกประเภท ข ผสมน้ำยางพาราข้นที่อัตราส่วนต่างๆ

5.2 ผลการทดสอบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) ดินซีเมนต์ ก และ ข ผสมน้ำยางพารา

จากการศึกษาข้างต้นเห็นได้ว่าการนำน้ำยางข้นธรรมชาติ 60% DRC ชนิด High Ammonia (HA) มาปรับปรุงคุณภาพของวัสดุคัดเลือก ก และ ข ภายในห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สามารถพัฒนาคุณสมบัติกำลังต้านทานแรงของวัสดุคัดเลือกที่บดอัดและมีค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) เพิ่มขึ้นจากเดิมมากถึงร้อยละ 70 - 80 เมื่อเทียบกับวัสดุคัดเลือกที่ยังไม่ได้ปรับปรุงภาพ

นักวิจัยเล็งเห็นว่าการใส่ซีเมนต์เข้าไปเพิ่ม อาจช่วยพัฒนาคุณสมบัติของดินซีเมนต์ให้มีประสิทธิภาพการใช้งานมากยิ่งขึ้นและให้เหมาะสมสำหรับการเลือกใช้งานดินซีเมนต์ที่ต้องการคุณสมบัติเฉพาะงานด้วย โดยเลือกใช้จากร้อยละของน้ำยางพาราข้นที่ให้ค่า CBR มากที่สุด นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ เพื่อสุ่มหาค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงและเหมาะสมกับการก่อสร้าง ค่าอัตราส่วนของดินซีเมนต์ ก และ ข ผสมน้ำยางพาราแสดงในตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ **6** ผลการแสดงผลการทดสอบแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (CBR) แบบแห้ง ของวัสดุคัดเลือกประเภท ก ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 15 โดยใส่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ

จำนวนครั้ง	ค่า % CBR ของดินซีเมนต์ ก ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 15			
	AR15C2	AR15C4	AR15C6	AR15C8
1	26.82	23.6	25.86	26.65
2	26.48	17.98	23.43	25.07
3	24.97	22.95	22.78	28.88
ค่าเฉลี่ย	26.09	20.79	24.65	26.87

ตารางที่ **7** ผลการแสดงผลการทดสอบแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (CBR) แบบแห้ง ของวัสดุคัดเลือกประเภท ข ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 โดยใส่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ

จำนวนครั้ง	ค่า % CBR ของดินซีเมนต์ ข ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20			
	BR20C2	BR20C4	BR20C6	BR20C8
1	8.87	15.21	14.38	16.1
2	9.86	14.25	19.11	15.93
3	12.12	13.67	19.35	16.61
ค่าเฉลี่ย	10.29	14.73	16.75	16.21

เมื่อใส่สารผสมเพิ่มคือ ปูนซีเมนต์ เป็นการช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงของดินวัสดุคัดเลือกจากผลการทดสอบแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช

(CBR) แบบแห้ง วัสดุคัดเลือกประเภท ข ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 โดยผสมปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าคุณสมบัติด้านกำลังยังไม่พัฒนาเทียบเท่ากับวัสดุคัดเลือก ก ที่ผสมน้ำยางพาราเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 8 ตารางเปรียบเทียบค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) ของวัสดุคัดเลือก ประเภท ก และ ข ก่อนและหลังผสมน้ำยางพาราข้น

ชนิดของวัสดุคัดเลือก	สัญลักษณ์	อัตราส่วนผสมร้อยละของน้ำยางพาราข้น	ร้อยละของปูนซีเมนต์	แคลิฟอร์เนียแบริ่ง เรโชที่เหมาะสม
ก	A	-	-	12.29
	AR15	15	-	23.11
	AR15C2	15	2	26.09
ข	B	-	-	6.95
	BR20	20		10.22
	BR20C4	20	4	14.73

6. การก่อสร้างถนนตัวอย่างในพื้นที่ อบต. หนองปากโรง อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม

รูปที่ 4 ขั้นตอนการก่อสร้างถนนตัวอย่างในพื้นที่ อบต. หนองปากโรง อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม

7. บทสรุปผลการวิจัย

7.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุคัดเลือกประเภท ก และ ข

คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุคัดเลือกประเภท ก และ ข ผ่านเกณฑ์ของวัสดุคัดเลือกตามมาตรฐาน มทช.204-2545 มีค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 12.29 และร้อยละ 6.95 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าข้อกำหนดของกรมทางหลวงชนบทกำหนดคือ ร้อยละ 10 และร้อยละ 6 สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างบดอัดชั้นทางเพื่อใช้เป็นชั้นวัสดุคัดเลือกได้อย่างเหมาะสม

7.2 คุณสมบัติด้าน California bearing ratio (CBR)

วัสดุคัดเลือกประเภท ก และ ข ที่ผสมน้ำยางพาราข้นร้อยละ 10, 15 20, 25 และ 30 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบจากค่าแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio: CBR) ที่มากที่สุด สำหรับวัสดุคัดเลือกประเภท ก คืออัตราส่วนผสมน้ำยางพาราข้นร้อยละ 15 (AR15) ซึ่งสูงกว่าวัสดุคัดเลือกประเภท ก เพียงอย่างเดียว โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 23.11 ส่วนวัสดุคัดเลือกประเภท ก ที่ผสมน้ำยางพาราข้นร้อยละ 20 25 และ 30 ให้ค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าวัสดุคัดเลือกประเภท ก เพียงอย่างเดียวและวัสดุคัดเลือกประเภท ข ที่ผสมน้ำยางพาราข้นร้อยละ 20 (BR20) มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.22 ซึ่งในอัตราส่วนผสมน้ำยางพาราข้นร้อยละ 10, 15, 25 และ 30 นั้น ให้ค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าวัสดุคัดเลือกประเภท ข เพียงอย่างเดียว

7.3 การทดสอบโดยใส่สารผสมเพิ่ม

คุณสมบัติด้าน California bearing ratio (CBR) โดยการใส่สารผสมเพิ่มคือ ปูนซีเมนต์ร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 แทนที่ในวัสดุคัดเลือกวัสดุคัดเลือกประเภท ก ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 15 (AR15) และวัสดุคัดเลือกประเภท ข ที่ผสมน้ำยางพาราข้นร้อยละ 20 (BR20) พบว่าการใส่ปูนซีเมนต์เป็นการช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงของดินวัสดุคัดเลือกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมทางหลวงชนบท. (2550) *มาตรฐานการทดสอบวัสดุงานทาง. พิมพ์ครั้งที่ 1*. กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม.

[2] กาญจนา ปิ่นวิเศษ. (2560). *การพัฒนาถนนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. ม. ป.ท.

[3] ทัศดนัย ภาษิต, ไกรสร หงส์ฤทัย และณัฐพงษ์ สาใจ. (2559). *การปรับปรุงสมบัติชั้นรองพื้นทางถนนด้วยน้ำยางพารา*. [โครงงานวิศวกรรม]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[4] พีรวัฒน์ ปลาเงิน. (2557). *การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง* [Pdf]. https://programming.cpe.ku.ac.th/AgriInformatics/viewProject.php?itemID=5989

[5] ระพีพันธ์ แดงตันกี. (2557). *ถนนยางพาราดิน* [เอกสารนำเสนอ]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ