Improvement of Hnong-Han Soil With Natural Rubber and Cement Suitable for Highway Material

1,* 1

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จ.สกลนคร
*Corresponding author; E-mail address: pattanasak.ca@rmuti.ac.th

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติดินจากหนองหาร จังหวัดสกลนครบริเวณสวนสมเด็จเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา (สวนแม่ สวนลูก) เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้ก่อสร้างชั้นทาง ด้วยการผสมน้ำยางพาราที่เป็นน้ำยางสดและรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีทั้งตัวอย่างที่ผสมน้ำยางพาราและผสมน้ำยางพารากับซีเมนต์ โดยปริมาณน้ำยางพาราใช้ค่าที่ร้อยละ 2.5, 5.0 และ 7.5 ส่วนปริมาณซีเมนต์ใช้ค่าที่ร้อยละ 4, 6 และ 8 ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ตัวอย่างที่ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 2.5 และ 5 มีแนวโน้มที่ค่าความหนาแน่นแห้งเพิ่มขึ้น แต่ในปริมาณยางพาราที่ร้อยละ 7.5 มีแนวโน้มที่ลดลง ค่า C.B.R เพิ่มขึ้นและลดลงตามความหนาแน่นแห้ง โดยปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 3.5 - 6.1 ส่วนในตัวอย่างที่ผสมซีเมนต์ได้ทำการบ่มแห้งในอากาศ 28 วันก่อนนำมาการทดสอบ ผลที่ได้พบว่าดินตัวอย่างมีความหนาแน่นและค่า CBR เพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์

คำสำคัญ: แคลิฟอร์เนียแบริ่งเรโช, ซีเมนต์, ดินหนองหาร, ยางพารา

Abstract

The objective of this research is to improve the CBR value of Hnong Harn sediment soil to be suitable for highway material. The natural rubber and cement are used to improvement addition. The natural rubber content was at 2.5, 5.0 and 7.5 %, while the cement content was at 4.0, 6.0 and 8.0 % by weight of dry soil. In case of natural rubber at 2.5 and 5.0 % tended to increase the dry unit weight. In case of natural rubber content greater than 7.5%, dry unit weight decreases with an increase in the natural rubber. The CBR value increase with increase of the dry unit weight. The appropriate content of natural rubber to be in the range of 3.5% - 6.1%. In the cement-mixed sample that after curing 28 days, the results showed that soil unit weight and CBR increase with an increase of cement content.

Keywords: CBR, Cement, Hnong Han Soil, Natural Rubber

1.

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น งานก่อสร้างถนนก็จัดได้ว่าเป็นอีกหนึ่งงานที่มีการก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย และมีความสำคัญทั้งในด้านของเศรษฐกิจและความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศเพราะต้องใช้ในการเดินทาง การขนส่งสินค้าจากท้องถิ่นหนึ่งไปสู่อีกท้องถิ่นหนึ่งหรือจากท้องถิ่นหนึ่งไปสู่เมืองหนึ่ง ทำให้เกิดการกระจายสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อันจะนำมาซึ่งความเจริญทางเศรษฐกิจอย่างทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยยังมีถนนอีกหลายเส้นที่จำเป็นต้องทำการก่อสร้างหรือปรับปรุง (ดังแสดงในตารางที่ 1) ในงานก่อสร้างถนนเส้นหนึ่งนั้นมีความยาวมากและจำเป็นจะต้องใช้ดินเป็นจำนวนมากเพราะโครงสร้างของถนนนั้นจะมีอยู่หลายชั้นด้วยกัน ซึ่งในแต่ละชั้นก็จะใช้ดินเป็นวัสดุในการก่อสร้างที่แตกต่างกันออกไป เช่น หินคลุก ดินลูกรัง ดินดาน เป็นต้น โดยวัสดุบางชนิดก็มีราคาที่ค่อนข้างสูงและหาซื้อได้ยากในบางพื้นที่ ทำให้ในบางครั้งจะต้องมีการขนส่งวัสดุซึ่งจะทำให้ราคาในการก่อสร้างสูงขึ้นไปอีก

ดินเกือบทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในงานถนนได้ แต่ตะกอนดินนั้นไม่สามารถนำมาใช้ได้ ตะกอนดินนั้นมีขนาดอนุภาคที่เล็กมากทำให้การจับตัวกันของอนุภาคนั้นจับตัวกันอย่างหลวม ๆ ทำให้ไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ในงานถนน ซึ่งในงานก่อสร้างถนนนั้นบางครั้งก็ได้มีการปรับปรุงคุณภาพดินที่นำมาใช้งานเพื่อให้มีคุณภาพผ่านเกณฑ์และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการปรับปรุงคุณภาพนั้นทำได้หลายวิธี อาทิเช่น การเติมสารเคมีต่าง ๆ การผสมวัสดุบางชนิด การใช้วัสดุทดแทน เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาและวิจัยถึงการนำวัสดุในท้องถิ่นที่หาได้ง่ายอย่างยางพารามาทำการปรับปรุงคุณภาพของดินอีกด้วย ซึ่งประเทศไทยนั้นจัดได้ว่ามีการปลูกยางพาราในปริมาณที่สูงและมีอยู่เกือบทุกภูมิภาค แต่ราคายางพารามีแนวโน้มต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 1 อาจเป็นเพราะมีการ

เพราะปลูกมากขึ้น และมีการใช้วัสดุปิโตรเคมีทดแทนวัสดุยางพารา ยางพารามีคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายประการ เช่น ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความต้านท้านการขัดถู รวมถึงคุณสมบัติในการยึดติดหรือเชื่อมประสาน การทึบน้ำ ถือได้ว่าเป็นวัสดุเหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุเชื่อมประสานเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านวิศวกรรมในดินตะกอนเป็นอย่างดี



1 ราคาซื้อขายยางพาราแผ่นรมควันล่วงหน้า ณ ปี พ.ศ.2563 [1]

1 ระยะทางถนนของประเทศไทย [2]

		/ ( )
		2563
ถนนสายหลักและสายรอง	กรมทางหลวง	51,936.843
ถนนสายหลักและสายรอง	กรมทางหลวงชนบท	48,597.753
ถนนท้องถิ่น	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น	597,667
ถนนท้องถิ่น	กรุงเทพมหานคร	3,784.035
ทางพิเศษ	การทางพิเศษแห่งประเทศไทย	224,600
		702,210.231

ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้านกำลังของดินตะกอนหนองหาร และเป็นการเพิ่มคุณค่าให้ยางพาราและดินตะกอนหนองหาร โดยการใช้น้ำยางพาราร่วมกับปูนซิเมนต์ปรับปรุงคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของดินตะกอนหนองหาร เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทาง

2.

2.1 ยางพารา

ต้นกำเนิดของยางพาราอยู่ที่บริเวณชนเผ่าพื้นเมืองเกาชู (cao tchu) อาศัยอยู่ที่ประเทศบราซิล และประเทศเปรู [3] นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยสมัยพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี ใน พ.ศ.2425 ที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ขยายพื้นที่เพราะปลูกทั่วภาคใต้ [4] พ.ศ.2532 เริ่มนำยางพาราไปปลูกในภาคตะวันออกเฉียงโดยเริ่มต้นที่จังหวัดบึงกาฬและจังหวัดบุรีรัมย์

ยางคือโพลิเมอร์ชนิดหนึ่ง น้ำยางพาราสดมีลักษณะเหนียวเหลวสีขาวเหมือนน้ำนม มีความหนืดประมาณ 12 – 15 centipoises มีค่า pH ระหว่าง 6.5 – 7.0 มีความหนาแน่น 0.975 – 0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีชื่อทางเคมีว่า CISI เมื่อแข็งตัวถือเป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติเด่นหลายอย่างไม่ว่าจะเป็น ความยืดหยุ่น (Elastic) ความเหนียว (Toughness) ความต้านทานการขัดถู (Abrasion Resistance) ฉนวนความร้อน (Heat insulation) และฉนวนไฟฟ้า (Electrical insulation)

จังหวัดสกลนครมีพื้นที่ทั้งหมด 6,003,603 ไร่พ.ศ. 2561 เนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 2,902,151 ไร่ [5] เพราะปลูกยางพาราทั้งหมด 337,018 ไร่ คิดเป็น 11.6% ของพื้นที่ทางการเกษตร นับได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดสกลนคร ราคาน้ำยางพาราสูงสุดที่ 113.81 บาท/กิโลกรัม ช่วงโควิดเคยลงไปต่ำสุดที่ 42.05 บาท/กิโลกรัม ขณะนี้ราคาอยู่ 71.60 บาท/กิโลกรัม ในปัจจุบันวัสดุสังเคราะห์ และผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีเข้ามาทดแทนการใช้น้ำยางพารา ส่งผลให้ราคาน้ำยางพารามีทิศทางต่ำลง ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ.2561 [6] มีพื้นที่ปลูกยางพาราที่สามารถกรีดได้มีพื้นที่ 19 ล้านไร่ เพิ่มเป็น 22 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2561 ชี้ให้เห็นมีปริมาณยางพาราในตลาดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ราคาต่อหน่วยของยางราคาลดลง มีหลายการศึกษาที่ได้พยายามเพิ่มมูลค่าน้ำยางพาราหนึ่งในนั้นคือใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานในงานวิศวกรรมโดยเฉพาะวิศวกรรมโยธา

[7] ได้นำดินลูกรังในเขตจังหวัดนครราชสีมาทำเป็นดินซีเมนต์ โดยเลือกใช้ปริมาณดินซีเมนต์ที่ 2% นำไปผสมกับน้ำยางพาราในปริมาณที่กำหนดขึ้นเอง พบว่าดินซีเมนต์ที่ผสมน้ำยางพารานั้นมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่ามาตรฐาน มีความเหนียวมากขึ้นแต่การรับกำลังน้อยกว่าดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมน้ำยางพารา เนื่องจากน้ำยางพาราทำให้ดินจับตัวกันเป็นก้อนและไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

[8] นำดินลูกรังในเขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีทำเป็นดินซีเมนต์และปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราชนิดข้นผสมแอมโมเนีย ซึ่งดินในพื้นที่ดังกล่าวเป็นดินกรวดมีดินเหนียวปน ขนาดคละกันไม่ดี เมื่อทำเป็นดินซีเมนต์และผสมน้ำยางพาราแล้วนำไปทดสอบกำลังอัด พบว่าน้ำยางพาราทำให้ดินแน่นขึ้นและกำลังของดินซีเมนต์มีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กรมทางหลวงชนบทกำหนดไว้

[9] นำดินลูกรังที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำจากแหล่งดินในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา นำมาทำดินซีเมนต์และปรับปรุงคุณภาพด้วยน้ำยางพาราแล้วนำไปเปรียบเทียบกับดินซีเมนต์ที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพาราและดินซีเมนต์ที่ผสมน้ำยาโพลิเมอร์สังเคราะห์ เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดและขยายขอบเขตการใช้น้ำยางพารานอกจากในทางเกษตรกรรม โดยได้ทำการบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วัน พบว่าดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมน้ำยางพาราหรือน้ำยาสังเคราะห์มีค่าต่าง ๆ เช่น ค่ากำลังรับแรงอัด ค่า CBR ค่าแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัดด้านข้างน้อยที่สุด และตัวอย่างดินที่มีค่ามากที่สุดคือดินซีเมนต์ที่ผสมน้ำยาโพลิเมอร์สังเคราะห์ ส่วนดินซีเมนต์ที่ผสมน้ำยางพารานั้นพบว่าสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดของดินได้และผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุพื้นทางของกรมทางหลวง โดยปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 5 โดยน้ำหนักน้ำ

[10] นำดินลูกรังในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลามาผสมกับดินลูกรังเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยางพาราที่ใช้ผสมกับดินลูกรัง รวมถึงความ

คุ้มค่าในการนำน้ำยางพารามาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินลูกรังสำหรับงานทางวิศวกรรม ซึ่งเมื่อผสมน้ำยางพาราเข้าไปและทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด พบว่าดินลูกรังที่ผสมน้ำยางพาราจะมีน้ำยางพาราเคลือบเม็ดดินอยู่ทำให้ดินลูกรังที่ผสมยาพารามีความยืดหยุ่นมีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำมากขึ้น ทำให้การบวมตัวของดินลูกรังที่ผสมน้ำยางพารามีค่าต่ำลงตามปริมาณน้ำยางพาราที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมลงไปและระยะเวลาในการบ่มตัวอย่างดินก็มีผลต่อค่า CBR

2.2 ดินตะกอนหนองหาร

หนองหาร เป็นบึงน้ำจืดธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมพื้นที่ 77,016 ไร่ ประโยชน์ที่ได้รับจากหนองหารคือ ป้องกันอุทกภัย, ป้องกันภัยแล้ง, ใช้เพื่อการเกษตร, ใช้เพื่อการประมง, ใช้เพื่อการขนส่ง รวมถึงเป็นแหล่งท่องเที่ยว ปริมาณน้ำไหลเข้าหนองหาร 548 ล้าน ลบ.ม./ปี ปริมาณน้ำกักเก็บ 196 ล้าน ลบ.ม. มีปริมาณตะกอน70 ล้าน ลบ.ม. ในแต่ละปีจะมีโครงการขุดลอกหนองหาร ดินตะกอนที่ขุดลอกถูกนำมาถมเป็นคันดินรอบหนองหาร งบประมาณในการขุดลอกหนองหารแสดงในตารางที่ 2

2.3 โครงสร้างชั้นทาง

ถนน เป็นทางสัญจรทางบกระหว่างสถานที่สองแห่งที่ได้รับการปูพื้นผิวหรือได้รับการปรับปรุงสำหรับการเดินทางทางเท้าหรือยานพาหนะต่าง ๆ ซึ่งผิวถนนนั้นจะนิยมสร้างด้วยคอนกรีตหรือยางมะตอย ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน โดยถนนคอนกรีตจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าในการก่อสร้าง แต่ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาจะถูกกว่าถนนยางมะตอย ลักษณะของผิวถนนจะมีการลาดเอียงออกทั้งสองด้านเพื่อให้น้ำที่ผิวถนนสามารถไหลออกได้ง่ายเวลาเกิดฝนตก โครงสร้างของถนนเรียงกันเป็นชั้นๆ ในแนวดิ่งโดยทั่วไปประกอบด้วย ชั้นพื้นทาง, ชั้นรองพื้นทาง, ชั้นวัสดุคัดเลือก และชั้นดินถมคันทาง คุณสมบัติของแต่ละชั้นแสดงในตารางที่ 3 และ 4

2 งบประมาณการขุดลอกหนองหาร [11]

			( )
ขุดลอกหนองหาร	กรมชลประทาน	งานขุดลอกหนองหาร (ใช้เรือขุด) 76,800,000 ลบ.ม.	494,200,000
		งานขุดลอกลำน้ำสาขา 640,000 ลบ.ม.	2,100,000
		งานขนย้ายดิน 76,800,000 ลบ.ม.	220,600,000
รวมทั้งสิ้น			716,900,000

3 มาตรฐานค่า C.B.R. และการบดอัดงานถนนแต่ละชั้นของกรมทางหลวง [12-14]

	C.B.R. %	Compaction (%)
ดินถมคันทาง	ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ	>= 95
วัสดุคัดเลือก (ก)	>= 10	>= 95
วัสดุคัดเลือก (ข)	>= 6	>= 95
รองพื้นทาง	>= 25	>= 95

4 มาตรฐานคุณสมบัติวัสดุชั้นทางของกรมทางหลวง [12-14]

	LL (%)	P.I. (%)	Loss (%)	Passing #200 (%)
ดินถมคันทาง	-	-	-	-
วัสดุคัดเลือก (ก)	<=4	<=20		<8 or >30
วัสดุคัดเลือก (ก)	-	-		<=35
รองพื้นทาง	<=30	<=11	<=60	-
พื้นทาง (ดินซีเมนต์	<=4	<=15	<=60	<=25

3.

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ (1) ดินจากบริเวณสวนแม่สวนลูก (2) ดินลูกรัง (3) น้ำยางพาราเข้มข้น บรรจุในแกลลอนพลาสติก (4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (5) อุปกรณ์สำหรับการทดสอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การหาขนาดของเม็ดดินโดยการล้างผ่านตะแกรง การทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน การทดสอบขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก เป็นต้น

3.2 *ขั้นตอนการทดสอบ*

3.2.1 *การเก็บตัวอย่าง*

การเก็บตัวอย่างดิน ทำการขุดเปิดหน้าดินด้วยจอบหรือเสียมแล้วขุดลงไปอีกประมาณ 0.30 ม. แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างดินใส่ภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิดและรัดด้วยเชือกหรือสายรัดเพื่อเก็บรักษาตัวอย่างดินให้มีสภาพสมบูรณ์ที่สุด

3.2.2 *การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน*

การทดสอบการหาขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก โดยปกติแล้วจะทำการใช้เครื่องเคาะที่ประกอบด้วยถ้วยทองเหลืองและฐานที่เป็นแท่นยางแข็ง แต่จากการจำแนกดินพบว่าดินที่ใช้ในการทดสอบเป็นดินประเภทดินทรายปนทรายแป้ง ที่มีขนาดคละกันดี (Silty SAND; SW-SM)

ปริมาณยางในน้ำยางที่นำมาใช้ทดสอบเท่ากับ 30%

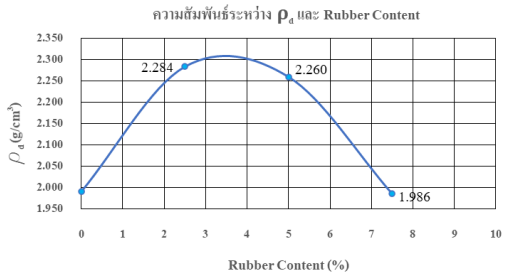
3.2.3 *การทดสอบการบดอัดและการทดสอบ CBR*

การทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน ทำการทดสอบโดยหาค่า O.M.C. ของดินที่ปรับปรุงเกรดแล้ว จากนั้นทำการผสมน้ำยางพาราตามปริมาณที่ได้มีการกำหนดไว้ คือ ร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 ซึ่งในการผสมนั้นจะต้องผสมน้ำกับดินก่อน แล้วจึงผสมน้ำยางพาราเป็นส่วนผสมสุดท้าย เพราะถ้าดินสัมผัสกับน้ำยางพาราโดยตรงจะทำให้จับตัวกันเป็นก้อนและยากแก่การผสม ในส่วนของตัวอย่างที่ผสมซีเมนต์ก็ปฏิบัติเช่นเดียวกัน โดยผสมดินกับซีเมนต์ก่อนแล้วผสมน้ำ และน้ำยางพาราตามลำดับ โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีทั้งหมด 12 ตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 5

5 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

	O.M.C (%)	W/C
1. R25C0	12	-
2. R25C4	12	0.5
3. R25C6	12	0.5
4. R25C8	12	0.5
5. R5C0	9.50	-
6. R5C4	9.50	0.5
7. R5C6	9.50	0.5
8. R5C8	9.50	0.5
9. R75C0	9.60	-
10. R75C4	9.60	0.5
11. R75C6	9.60	0.5
12. R75C8	9.60	0.5

หมายเหตุ: R = Rubber, C = Cement

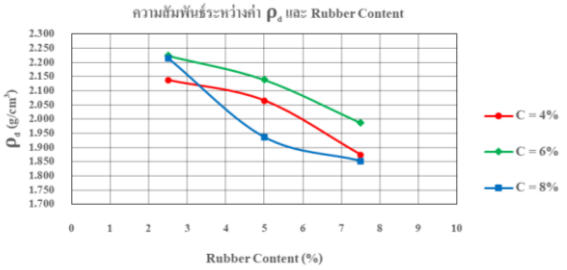


2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณน้ำยางพาราของตัวอย่างที่ผสมเฉพาะน้ำยางพารา

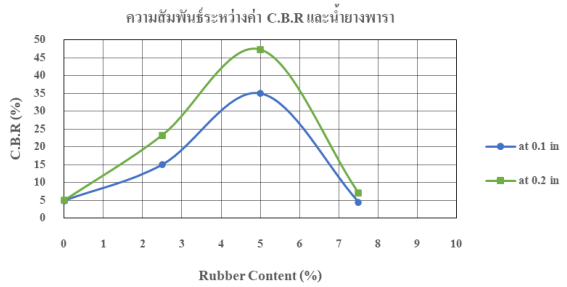
4.

ผลการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานของตัวอย่างที่ไม่ผสมน้ำยางพาราและตัวอย่าง R25, R5 และ R75 โดยที่แต่ละตัวอย่างมีค่า O.M.C. แตกต่างกันแต่ไม่มาก พบว่า ในตัวอย่าง R25C0 และ R5C0 มีแนวโน้มที่ค่าความหนาแน่นแห้งจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ตัวอย่าง R75C0 มีแนวโน้มที่ค่าความหนาแน่นจะลดลงเป็นอย่างมากและมีค่าที่น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผสมน้ำยางพารา ดังแสดงในรูปที่ 2

ผลการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานของตัวอย่างที่มีน้ำยางพาราและซีเมนต์ผสมอยู่ พบว่าค่าความหนาแน่นแห้งของดินมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในบางตัวอย่าง แต่ในบางตัวอย่างก็มีค่าเพิ่มขึ้นมาก นอกจากนี้ยังพบว่าในปริมาณซีเมนต์ที่มาก จะส่งผลให้ความหนาแน่นแห้งมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3

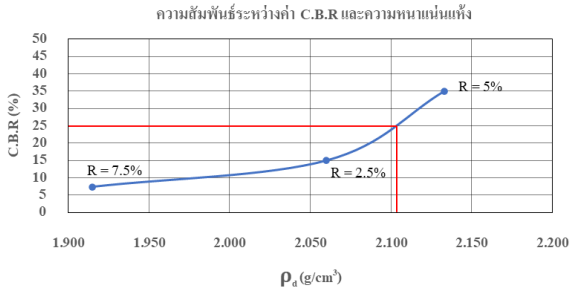


3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณน้ำยางพาราของตัวอย่างที่ผสมทั้งน้ำยางพาราและปูนซีเมนต์

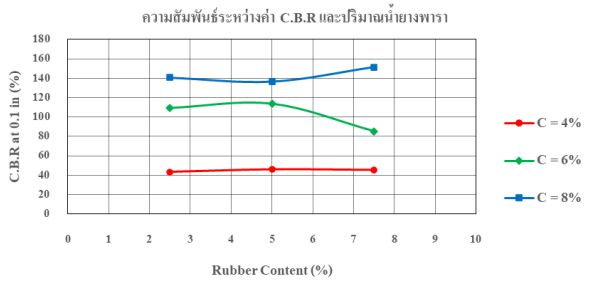


4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C.B.R และปริมาณน้ำยางพาราของตัวอย่างที่ผสมเฉพาะน้ำยางพารา

ผลการทดสอบการหาค่า C.B.R ของตัวอย่างที่ผสมเฉพาะน้ำยางพารา เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผสมน้ำยางพารา พบว่าค่า C.B.R ตัวอย่างที่ไม่ผสมน้ำยางพารามีค่าเท่ากับร้อยละ 5 ในขณะที่ตัวอย่าง R25C0 และ R5C0 มีแนวโน้มที่ค่า C.B.R จะเพิ่มขึ้นไป ส่วนตัวอย่าง R75C0 มีแนวโน้มที่มีค่าคงที่หรือลดลงเล็กน้อย ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงที่จะต้องมีค่า C.B.R ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 นั้นจะพบว่าปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงร้อยละ 3.5 - 6.1 (เส้นสีแดง) ซึ่งทำให้ค่า C.B.R มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 25 ดังแสดงในรูปที่ 4



5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C.B.R และความหนาแน่นแห้งของตัวอย่างที่ผสมเฉพาะน้ำยางพารา



5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C.B.R และปริมาณน้ำยางพาราของตัวอย่างที่ผสมน้ำยางพาราและซีเมนต์

เมื่อนำค่าความหนาแน่นแห้งของแต่ละตัวกับค่า C.B.R มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ จะพบว่าหากต้องการให้ดินมีค่า C.B.R มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 25 (เส้นสีแดง) จะต้องทำการบดอัดดินให้ได้ค่าความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 2.11 g/cm^3 ดังแสดงในรูปที่ 5

ผลการทดสอบการหาค่า C.B.R ของตัวอย่างที่ผสมน้ำยางพาราและซีเมนต์ พบว่าค่า C.B.R มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยที่เมื่อเพิ่มปริมาณซีเมนต์เข้าไปก็จะทำให้ค่า C.B.R มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ชั้นรองพื้นทางที่มีค่า C.B.R ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 (เส้นสีแดง) จะเห็นได้ว่าทุกตัวอย่างทดสอบที่มีน้ำยางพาราและซีเมนต์ผสมอยู่ผ่านเกณฑ์ทุกตัวอย่าง แต่ถ้าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของถนนชั้นถัดไปคือชั้นพื้นทาง (Base) ที่จะต้องมีค่า C.B.R ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 (เส้นสีส้ม) จะพบว่าตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คือตัวอย่างที่มีซีเมนต์อยู่ร้อยละ 6 และ 8 ดังแสดงในรูปที่ 6

จากผลการทดสอบในตัวอย่างที่ผสมซีเมนต์นั้นยิ่งปริมาณซีเมนต์มากก็ยิ่งทำให้ดินมีความแน่นมากขึ้นแล้ว ยังทำให้ดินมีความแข็งมากขึ้นอีกด้วย ทำให้สามารถรับแรงอัดได้เป็นอย่างดีเพราะทำให้แรงอัดที่กดลงตัวอย่างนั้นมีค่ามาก ซึ่งเมื่อนำไปคำนวณหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นแล้วจะได้ค่าที่มากและส่งผลให้ค่า C.B.R มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

นอกจากนี้ในระหว่างการทดสอบการหาค่า C.B.R ซึ่งเป็นการทดสอบแบบแช่น้ำ (96 ชั่วโมง) โดยจากผลการทดสอบการบวมตัวของตัวอย่าง (Swell Data) พบว่าดินที่ไม่ผสมน้ำยางพารามีการบวมตัวที่เกิดขึ้น แต่ในตัวอย่างที่ผสมน้ำยางพารานั้นการบวมตัวที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าน้อยมากหรือไม่เกิดขึ้นเลย ซึ่งทางผู้วิจัยคาดว่าเป็นเพราะคุณสมบัติของน้ำยางพารา

[1] ราคาซื้อขายล่วงหน้ายางแผ่นรมควันชั้น 3. สืบค้นจาก https://th.investing.com/ commodities/rubber-rss3-futures-candlestick

[2] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (2565). *ความยาวถนนของประเทศไทย*. สืบค้นจาก https://datagov.mot.go.th/dataset/thailand-road-length

[3] วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี (2563). *ยางพารา*. สืบค้นจาก https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%ยางพารา

[4] งานวิจัยเกษตร สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2565). *ประวัติการปลูกยางพาราของประเทศไทย*. สืบค้นจาก https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/history/01-05.php

[5] สถิติทางการประเทศไทย (2565). *รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดสกลนคร*. สืบค้นจาก http://osthailand.nic.go.th/masterplan_area/userfiles/file%20Download/Report%20Analysis%20Province/%E0%รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดสกลนคร.pdf

[6] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2565). ข้อมูลการผลิตยางพารา. สืบค้นจาก http://mis-app.oae.go.th/product/ยางพารา

[7] ทัศดนัย ภาษิต, ไกรสร หงษ์ฟทัย และ ณัฐพงษ์ สาใจ (2559). *การปรับปรุงสมบัติชั้นรองพื้นทางด้วยถนนน้ำยางพารา*. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ประเทศไทย

[8] กาญจนา ปิ่นวิเศษ. (2560). *การพัฒนาถนนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา*. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ประเทศไทย

[9] ญาโณทัย ผาสุก และสุภัสรา หมวดมงคล (2560). *การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยปูนซีเมนต์ โดยวิธีระบบเปียก*. ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ประเทศไทย

[10] ศาสน์ สุขประเสริฐ, สุดนิรันดร์ เพชรัตน์ และ รุ่งอรุณ บุญถ่าน (2559). *การประยุกต์ใช้ยางพาราและดินซีเมนต์สำหรับงานก่อสร้างถนน*. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, ประเทศไทย

[11] สำนักงานจังหวัดสกลนคร (2563). *สรุปแผนงานโครงการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 (แบบ จ.3.1)*. สืบค้นจาก http://www.sakonnakhon.go.th/officeprovince/plan/5 plan/64/j3.pdf

[12] กองวิเคราะห์และวิจัย (2532). *มาตรฐานที่ ทล.-ม. 205/2532 มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุ*. กรมทางหลวง, ประเทศไทย

[13] กองวิเคราะห์และวิจัย (2532). *มาตรฐานที่ ทล.-ม. 102/2532 มาตรฐานดินถมคันทาง*. กรมทางหลวง, ประเทศไทย

[14] กองวิเคราะห์และวิจัย (2532). *มาตรฐานที่ ทล.-ม. 201/2544 มาตรฐานหินคลุก*. กรมทางหลวง, ประเทศไทย