

ประสิทธิภาพของเศษยางเหลือใช้ที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรม สำหรับงานคันทาง

Efficiency of rubber residual on the engineering properties for embankment

จักรวาล ตันสกุล^{1*} ศุภชัย ไทยพุ่ม² และ นพดล สุดสุข³

^{1,2,3}สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

^{1*}E-mail: jukkrawut.tun@rmutr.ac.th, ²E-mail: supachai.tha@rmutr.ac.th,

³E-mail: noppadon.sud@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเศษยางจากอุตสาหกรรมรถยนต์กลายเป็นขยะและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปี การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมเทคนิคธรณีเป็นอีกทางหนึ่งเพื่อลดปริมาณขยะจากเศษยางเหลือทิ้งโดยการนำมาผสมเข้ากับดินเพื่อเป็นวัสดุมวลเบาในกรณีที่จะต้องก่อสร้างงานบดอัดบนชั้นดินเหนียวอ่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเศษยางผสมกับดินลูกรังที่อัตราส่วนต่างกันโดยทำการทดสอบการบดอัดและการทดสอบ ซี บี อาร์ นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ได้สร้างบ่อทดสอบเพื่อทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน จากการทดสอบพบว่าค่าความหนาแน่นแห้งมีค่าลดลงตามสัดส่วนเศษยางที่เพิ่มขึ้นและผลการทดสอบซี บี อาร์และการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดินแสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับแรงเบกทานลดลงมากเมื่อเพิ่มปริมาณเศษยาง นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การทดสอบแบบหยั่งเบาในสนามในการประเมินคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม จากผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณเศษยางส่งผลให้ค่าจำนวนการยกค้อนลดลงและจำนวนการยกค้อนมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกของการทดสอบในทุกกรณี ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินผสมเศษยางในงานวิจัยนี้สามารถนำไปสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ เพื่อใช้หาคุณสมบัติต่างๆของวัสดุทางเลือกดินผสมเศษยางจากการประเมินด้วยการทดสอบการหยั่งเบาในสนาม

คำสำคัญ: วัสดุมวลเบา เศษยางรถยนต์ การปรับปรุงคุณภาพดิน

* Corresponding author, e-mail: jukkrawut.tun@rmutr.ac.th

Abstract

Nowadays, a number of rubbers from industrial become waste and have been continuously annually increased. Application of rubber tires for geotechnical engineering purposes is an alternative for reducing tire waste by mixed shredded tire and soils as light weight material in order to compact the soil on the soft clay layer. Therefore, this research is to study the engineering properties of rubber tires and rubber from industrial mixed with lateritic soil at various ratio by mean of compaction test and C.B.R. test. Moreover, the tank model under a same condition in laboratory was prepared for a plate bearing test. The obtained results reveal that the dry density significantly decreased with increasing of rubber portion. The field experiment with lightweight penetration test was used to evaluate the engineering properties. The results found that the number of blows(N) was decreasing with the increase in rubber content, and the number of blows(N) was increasing with the increase in depth. Finally, the diagram relating different properties established herein and could be applied to evaluate the engineering properties of alternative material (Soil mixed rubber tires) from lightweight penetration test.

Keywords: Lightweight material, Rubber tire waste, Soil improvement

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานโดยเฉพาะงานที่จะต้องใช้ดินเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างถนน ปรับปรุงงานทาง งานคันดิน จำเป็นที่จะต้องก่อสร้างบนชั้นดินที่มีความแข็งแรง แต่ทว่าในการก่อสร้างไม่สามารถเลือกวัสดุดินเดิมที่มีความแข็งแรงได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดินก่อนทำการก่อสร้างเพื่อให้คุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ดีขึ้น หากไม่มีการปรับปรุงคุณภาพดินก่อนการก่อสร้าง อาจส่งผลให้งานก่อสร้างเกิดการทรุดตัวที่ต่างกันหรือเกิดการพังทลายเชิงลาดได้ แนวคิดในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นมี 2 แนวทาง โดยแนวทางแรกคือการปรับปรุงดินเดิมให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น การใช้เสาเข็ม เสาเข็มดินซีเมนต์[1] การใช้แผ่นทรุดตัวรีดน้ำ การผสมปูนซีเมนต์[2] และการใช้จีโอโพลิเมอร์[3] เป็นต้น ถึงแม้ว่าวิธีที่กล่าวมาจะใช้แก้ปัญหาได้ดีแต่ก็มีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงและใช้เวลานาน แนวคิดที่สองคือการลดน้ำหนักบรรทุกของดินถม ในปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีวัสดุมวลเบามาใช้ก่อสร้าง[4-6]เทคโนโลยีวัสดุมวลเบานั้นยังสามารถเพิ่มเสถียรภาพของดิน ลดการทรุดตัวของโครงสร้างและลดแรงดันของดินซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการทรุดตัว ในปัจจุบันการนำเทคโนโลยีวัสดุมวลเบามาใช้มีด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น การใช้ Geofoam (EPS Blocks), Expanded-Beads Mixed Lightweight Soil, Air Foamed

Stabilized Soil, Coal Ash, Wood Chips และ Tire Chips เป็นต้น และมีหลายงานที่มีการประยุกต์ใช้วัสดุมวลเบาที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมาเป็นส่วนประกอบของวัสดุก่อสร้าง

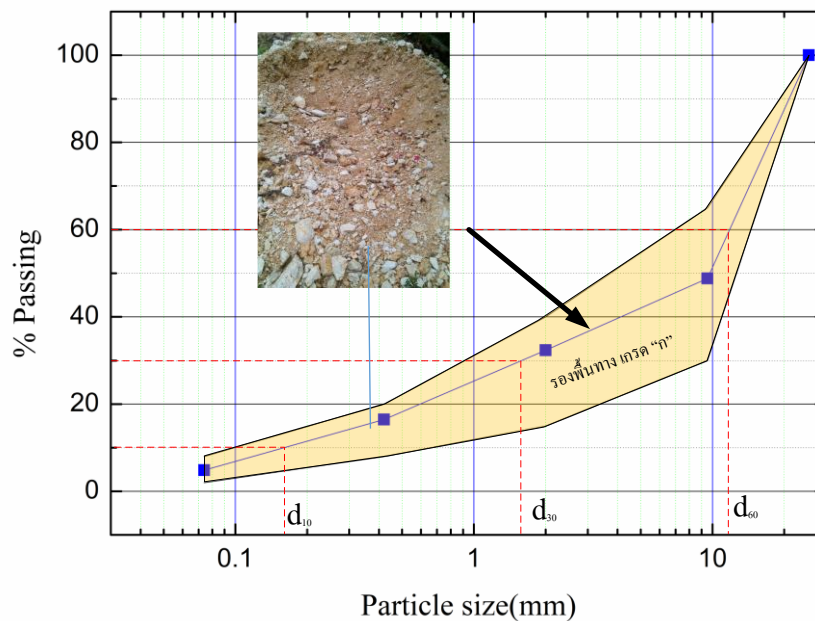
ในการใช้ดินเป็นวัสดุก่อสร้างนั้น ขั้นตอนที่สำคัญในการก่อสร้างคือการบดอัดดินเพื่อลดช่องว่าง ถ้ามีการบดอัดไม่ดีจะทำให้ค่าความหนาแน่นไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่ากำลังของวัสดุต่ำไปด้วย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ถนนเกิดการเสียหาย ในปัจจุบันการตรวจสอบค่าความแข็งแรงของงานบดอัดทำโดยใช้วิธีโดยอ้อมคือ การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม โดยใช้วิธีแทนที่ด้วยทราย (Sand Cone Method) เพื่อหาค่าความหนาแน่นซึ่งจะทำได้กับชั้นดินที่ไม่ลึกมากนัก ฉะนั้นเพื่อประเมินค่าความแข็งแรงของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินคุณสมบัติทางวิศวกรรมและความหนาแน่นตลอดความหนาของงานบดอัด จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการตรวจสอบคุณภาพของงานก่อสร้าง ดังนั้นควรจะมีวิธีการทดสอบอย่างง่ายเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ในสนามเบื้องต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการใช้ดินลูกรังเดิมที่มีการแทนที่ด้วยเศษยางเหลือใช้เพื่อลดน้ำหนักบรรทุก นอกจากนั้นยังได้เสนอวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติของงานบดอัดด้วยวิธีการทดสอบอย่างง่ายในสนามโดยวิธีหาค่ากำลังรับแรงแบกทานแบบหยั่งเบาและแปรผลเป็นค่ากำลังของวัสดุ

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังที่ผสมกับเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมต่อค่า ซี บี อาร์ และค่าโมดูลัสการต้านแรงกดของชั้นดิน
- 2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังที่ผสมกับเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมกับการทดสอบในสนามแบบอย่างง่าย

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในขั้นตอนการก่อสร้างจำเป็นต้องนำดินไปบดอัด จากนั้นจะต้องทดสอบหาค่าความแข็งแรงของชั้นดิน โดยตัวอย่างดินที่หาค่ากำลังจะต้องเป็นตัวอย่างที่ถูกเตรียมให้มีความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดที่ได้จากการทดสอบการบดอัด หลังจากนั้นจึงนำค่ามาออกแบบ ในงานวิจัยนี้ได้เน้นลักษณะงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานดินเป็นวัสดุก่อสร้างที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนักแต่น้ำหนักเบา ลักษณะงานดังกล่าวจะเป็นงานคันทางที่เกี่ยวข้องกับงานคันดิน เช่นงานกำแพงกันดินหรืองานก่อสร้างถนนในชั้นดินถมคันทางดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเมื่อแรงกดทับในแนวดิ่งยังมีค่าน้อยก็จะส่งผลให้แรงดันดินด้านข้างน้อยตามไปด้วย

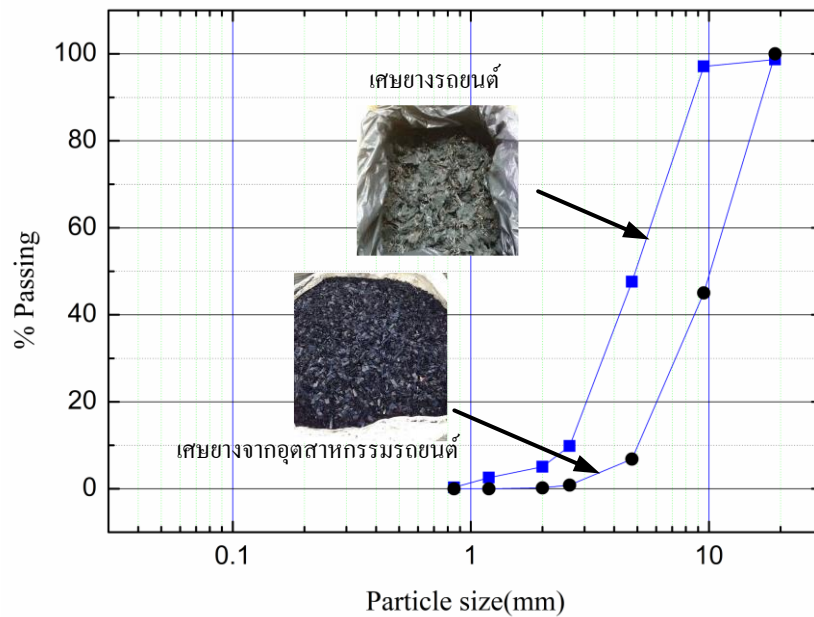


รูปที่ 2 การกระจายตัวของดินลูกรัง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติดินลูกรังและเศษยาง

	ดินลูกรัง	เศษยางรถยนต์	เศษยางเหลือใช้จาก อุตสาหกรรมรถยนต์
Specific gravity, G_s	2.71	1.10	1.04
Uniformity coefficient, C_u	40.87	2.32	2.10
Coefficient of gradation, C_c	2.31	0.80	0.93
Liquid Limit, LL (%)	30.00	-	
Plastic Limit, PL (%)	26.06	-	
Plasticity Index, PI (%)	3.94	-	
USCS classification	GW	-	
Water absorption (%)	-	2	2

ปัจจุบันมีการใช้รถยนต์เป็นปริมาณมากส่งผลให้มีเศษเหลือใช้จากอุตสาหกรรมรถยนต์ เช่น ยางจากยางรถยนต์และยางส่วนต่างๆภายในรถยนต์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ยางทั้ง 2 ประเภทคือ เศษยางรถยนต์เหลือใช้ที่ไม่เสริมใยเหล็กและเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการผลิตอะไหล่รถยนต์ ซึ่งยางทั้งสองประเภทได้เลือกใช้ขนาดความยาว 10-15 มิลลิเมตร และมีการกระจายตัวดังแสดงในรูปที่ 3 และคุณสมบัติเบื้องต้นดังแสดงในตารางที่ 1



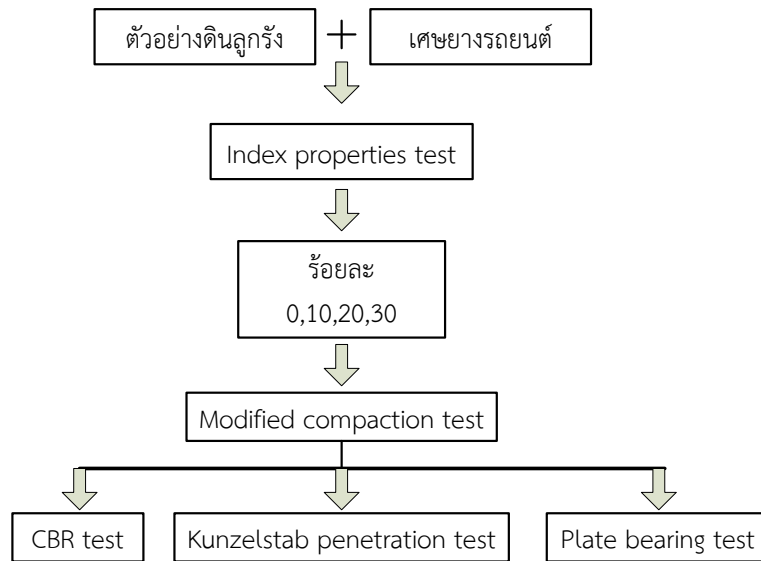
รูปที่ 3 การกระจายตัวของเศษยาง

4.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้เศษยางเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมรถยนต์มาผสมกับดินลูกรังเพื่อลดน้ำหนักบรรทุก แนวทางในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค่าคุณสมบัติของวัสดุดินลูกรังผสมเศษยางในแต่ละอัตราส่วนในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้เศษยางโดยการทดสอบในครั้งนี้ได้ทำการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) ในการศึกษาได้ใช้เศษยางผสมร้อยละ 10 20 และ 30 ของน้ำหนักดินแห้งตามลำดับ หลังจากได้ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมจากการทดสอบการบดอัดแล้ว ได้เตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบซีบีอาร์โดยการผสมเศษยางร้อยละ 10 20 และ 30 ของน้ำหนักดินแห้งตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 2 การทดสอบในสนามโดยวิธีการทดสอบกำลังแบกทานของดินในสนามแบบหยั่งเบา (Kunzelstab Penetration Test, KPT) และการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน (Plate Bearing Test) ได้ถูกประยุกต์มาใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมดังแสดงในรูปที่ 4 โดยตัวอย่างจะถูกเตรียมให้มีความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับการบดอัดในห้องปฏิบัติการ และสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของค่าจากในห้องปฏิบัติการและในสนามได้

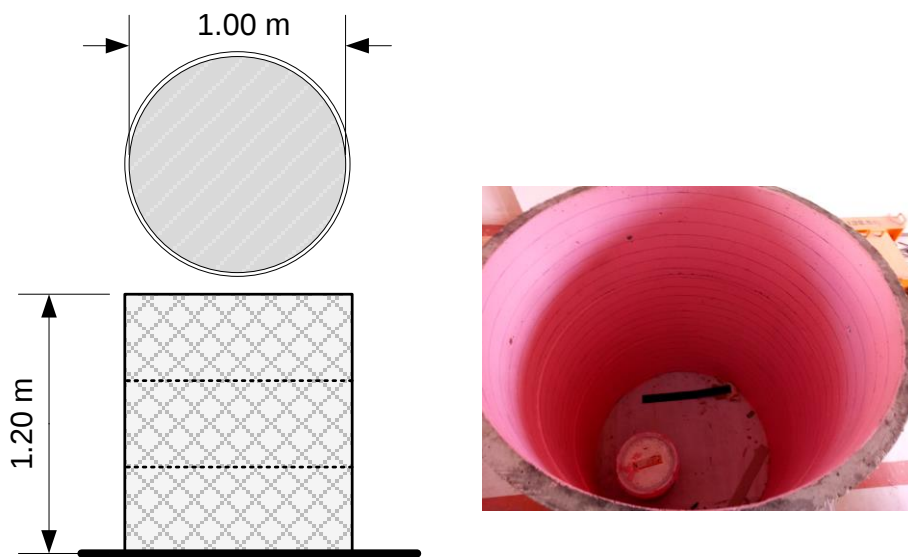
ตารางที่ 2 รายการการทดสอบ

ชนิดดิน	ชนิดยาง	ปริมาณเศษยาง(ร้อยละ)	การทดสอบ
GW	เศษยางรถยนต์	10, 20 และ 30	Modified Compaction Test C.B.R., KPT, Plate Bearing Test
	เศษยางจากอุตสาหกรรมรถยนต์	10, 20 และ 30	



รูปที่ 4 แผนผังการทดสอบ

หลังจากทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการเรียบร้อยแล้ว งานวิจัยนี้ได้เตรียมตัวอย่างของแต่ละอัตราส่วนผสมในบ่อทดสอบ สร้างโดยใช้ท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตรมาวางเรียงต่อกันในแนวตั้งจำนวน 3 ท่อ ทำให้บ่อทดสอบมีรูปทรงเป็นทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.00 เมตร สูง 1.20 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 5 ในการเตรียมตัวอย่างการทดสอบจะเตรียมตัวอย่างให้มีค่าความหนาแน่นเท่ากับผลที่ได้จากการทดสอบการบดอัด โดยการควบคุมปริมาณดิน ปริมาณความชื้นและปริมาตรของดิน ในการบดอัดได้มีการบดอัดโดยการกระทุ้ง โดยแบ่งชั้นการบดอัดชั้นละ 5 เซนติเมตร จำนวน 20 ชั้นเมื่อบดอัดเสร็จแล้วตัวอย่างจะมีความสูง 1.00 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อตัวอย่างถูกเตรียมเสร็จแล้ว การทดสอบการเจาะแบบหยั่งเบาจะทดสอบก่อนการทดสอบการรับน้ำหนักของชั้นดินเพื่อต้องการให้ตัวอย่างทดสอบถูกรบกวนน้อยที่สุด การเจาะแบบหยั่งเบาเป็นการทดสอบในสนามที่เป็นที่นิยมโดยเฉพาะใช้ในการประเมินชั้นดิน เป็นวิธีการหยั่งทดสอบชั้นดินในสนาม โดยใช้แรงกระแทกให้ก้านตอกจมลงไปในชั้นดิน แรงต้านการเคลื่อนที่สามารถใช้ในการประเมินความหนาแน่นและความแข็งแรงได้ อีกทั้งเป็นเครื่องมือขนาดเล็กสามารถพกพาได้สะดวกในงานวิจัยนี้ได้กำหนดการทดสอบ 4 จุดและนำค่ามาเฉลี่ยกันโดยแต่ละจุดจะมีระยะห่าง 45 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6(ก) หลังจากนั้นการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน (Plate Bearing Test) จะทำการทดสอบทันทีหลังการทดสอบการเจาะแบบหยั่งเบาเพื่อรักษาปริมาณความชื้นให้คงที่ให้มากที่สุด ในการทดสอบได้ใช้แผ่นทดสอบ (Bearing Plate) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตรและให้แรงกดด้วยแม่แรงและวัดแรงกระทำด้วยเครื่องมือวัดค่าแรงแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Load cell) และวัดการเคลื่อนที่ด้วยอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ (LVDT) ดังแสดงในรูปที่ 6(ข)



รูปที่ 5 แบบจำลองการทดสอบในสนาม



ก) การทดสอบการเจาะแบบหยั่งเบา ข) การทดสอบการรับน้ำหนักของชั้นดิน

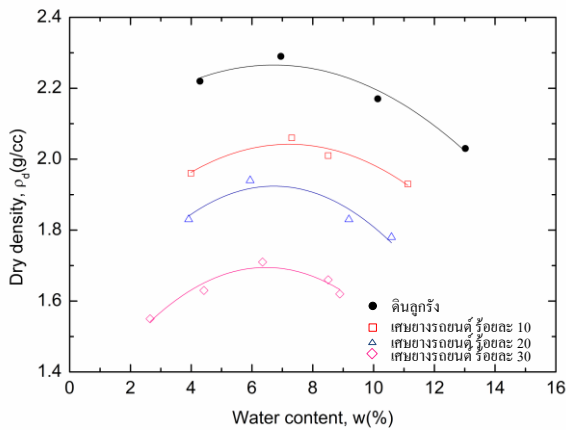
รูปที่ 6 ลักษณะการทดสอบ

5. ผลและวิจารณ์

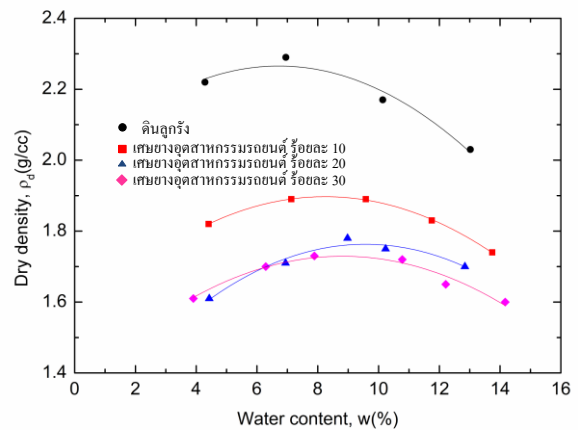
5.1 ผลการทดสอบการบดอัด

ผลการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานของดินลูกรังผสมเศษยางรถยนต์และเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมรถยนต์ร้อยละ 0 10 20 และ 30 ของน้ำหนักดินแห้งตามลำดับได้แสดงในรูปที่ 7 ผลการทดสอบแสดงถึงอิทธิพลของเศษยางแต่ละชนิดต่อค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (MDD) และปริมาณน้ำที่เหมาะสม(OMC) การใช้เศษยางทั้ง 2 ชนิด แสดงผลการทดสอบที่มีลักษณะที่คล้ายกันโดยที่ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดอยู่ในช่วงประมาณ 1.70-2.30 กรัมต่อลบ.ซม. ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดจะมีค่าลดลงตามการ

เพิ่มขึ้นของปริมาณเศษยาง โดยสามารถทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงประมาณ 0.50 กรัมต่อ ลบ.ซม. นอกจากนั้นในรูปที่ 7 ยังได้แสดงอิทธิพลของปริมาณเศษยางต่อค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC) จากผลการทดสอบพบว่าค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.71 สำหรับเศษยางรถยนต์และร้อยละ 8.40 สำหรับเศษยางจากอุตสาหกรรมรถยนต์ ปริมาณเศษยางที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีแนวโน้มของค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งสาเหตุเป็นผลมาจากการดูดซับน้ำได้ของยางมีค่าเพียงร้อยละ 2 และได้สรุปอิทธิพลของเศษยางที่มีผลต่อความหนาแน่นและปริมาณน้ำได้แสดงในรูปที่ 8

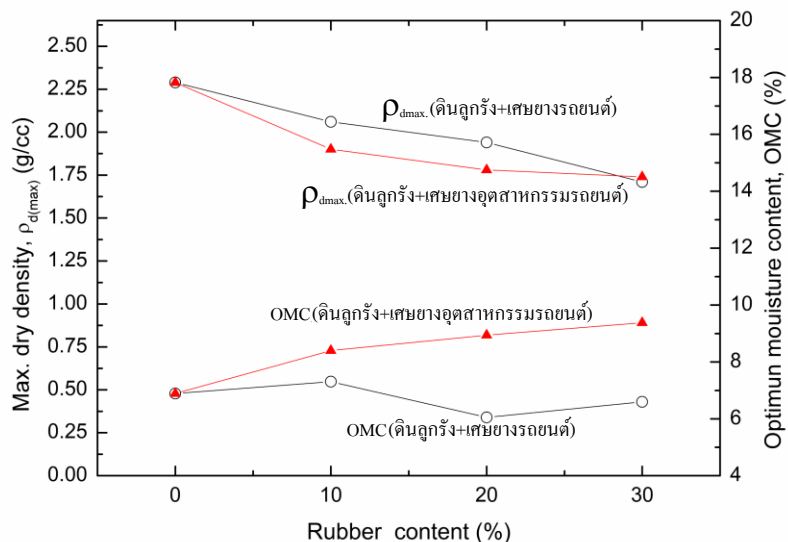


ก) เศษยางรถยนต์



ข) เศษยางจากอุตสาหกรรมรถยนต์

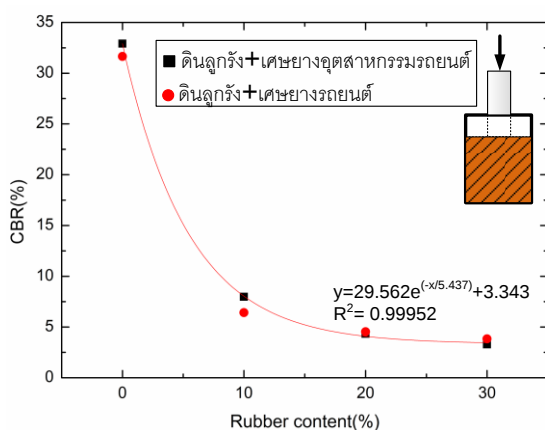
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของดินลูกรังผสมเศษยาง



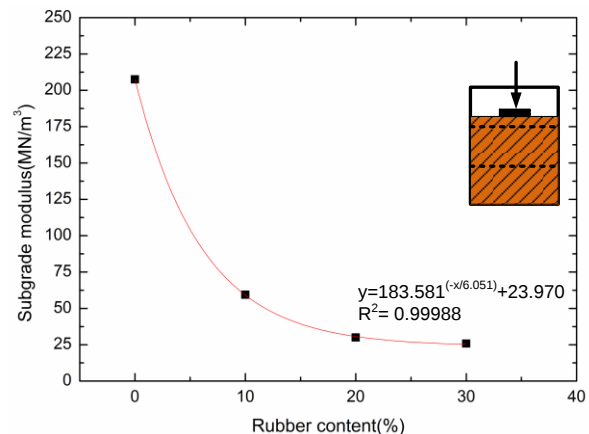
รูปที่ 8 อิทธิพลของปริมาณเศษยางต่อค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณน้ำที่เหมาะสม

5.2 ผลการทดสอบค่าคุณสมบัติทางด้านการกำลัง

ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบค่าคุณสมบัติด้านการรับกำลังด้วยการทดสอบซี บี อาร์ (C.B.R.) และการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน (Plate Bearing Test) โดยการเตรียมตัวอย่างด้วยความหนาแน่นและปริมาณน้ำที่เหมาะสม ผลการทดสอบพบว่าการใช้เศษยางทั้ง 2 ชนิดให้ผลการทดสอบซี บี อาร์ (C.B.R.) ที่ใกล้เคียงกันดังแสดงในรูปที่ 9 โดยค่าซี บี อาร์เฉลี่ยของการใช้เศษยางทั้ง 2 ชนิดมีค่าเท่ากับร้อยละ 32.28 7.20 4.44 และ 3.56 ตามการผสมปริมาณเศษยางที่ร้อยละ 0 10 20 และ 30 ตามลำดับ จากการทดสอบซี บี อาร์ของการใช้เศษยางทั้ง 2 ชนิดที่ให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเตรียมตัวอย่างในบ่อทดสอบสำหรับการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดินและการทดสอบกำลังแบกทานของดินในสนามแบบหยั่งเบา เลือกเตรียมตัวอย่างเฉพาะกรณีดินลูกรังผสมเศษยางจากอุตสาหกรรมเท่านั้น(รูปที่ 6) นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างการทดสอบซี บี อาร์(C.B.R.)และการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน(Plate bearing test) พบว่ามีพฤติกรรมการรับกำลังกับการเพิ่มของปริมาณเศษยางที่คล้ายกันอีกด้วย จากผลการทดสอบเห็นได้ชัดเจนว่าค่า ซี บี อาร์(C.B.R.) และโมดูลัสต้านทานแรงกด(Subgrade Modulus, K) มีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเศษยาง และมีค่าลดลงมากแม้จะผสมเศษยางเพียงแค่ร้อยละ 10 หลังจากเพิ่มเศษยางมากกว่าร้อยละ 10 พบว่าค่าคุณสมบัติทางด้านกำลังลดลงด้วยอัตราที่ลดลง ค่าคุณสมบัติทางด้านกำลังที่ลดลงเป็นผลมาจากเมื่อตัวอย่างรับแรงและส่งถ่ายแรงผ่านขึ้นยางจะเกิดการยุบตัว ดังนั้นหากนำดินลูกรังผสมเศษยางไปใช้ในงานที่ต้องการรับแรงเป็นหลักเช่นใช้ในงานชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทางอาจเป็นทางเลือกที่ไม่เหมาะสม แต่ทว่าสำหรับงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่นใช้เป็นวัสดุคัดเลือกสำหรับงานถนน งานทางจักรยานหรือใช้เป็นวัสดุดินหลังกำแพงกันดินก็จะเป็นตัวเลือกที่ดีในการนำไปก่อสร้างเนื่องจากมีน้ำหนักที่ค่อนข้างเบาและสามารถช่วยลดมลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม



ก) การทดสอบซี บี อาร์



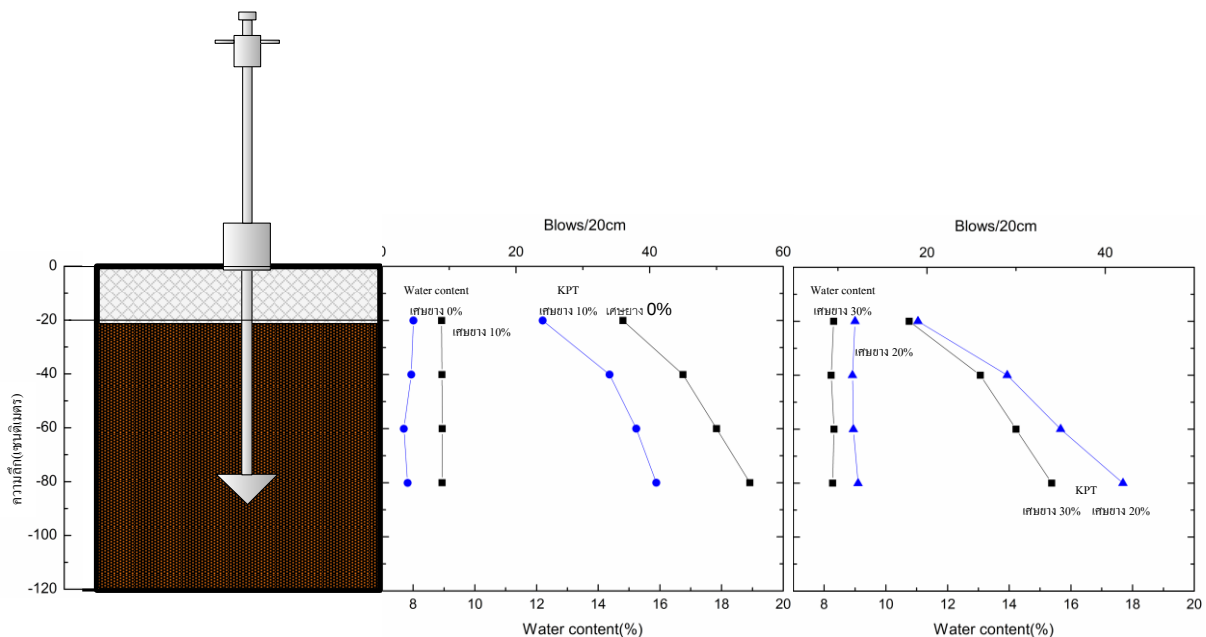
ข) การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน

รูปที่ 9 อิทธิพลของปริมาณเศษยางต่อค่า ซีบีอาร์และค่าโมดูลัสต้านทานแรงกด

5.3 การทดสอบการเจาะแบบหยั่งเบา (Kunzelstab Penetration Test)

ในงานวิจัยนี้ การทดสอบเจาะแบบหยั่งเบา(KPT)ได้ถูกประยุกต์ใช้ในการทดสอบ หลังจากการเตรียมตัวอย่างในบ่อทดสอบ ได้ทดสอบ KPT ทันทีเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น ซึ่งจะทำให้การทดสอบ 4 จุด

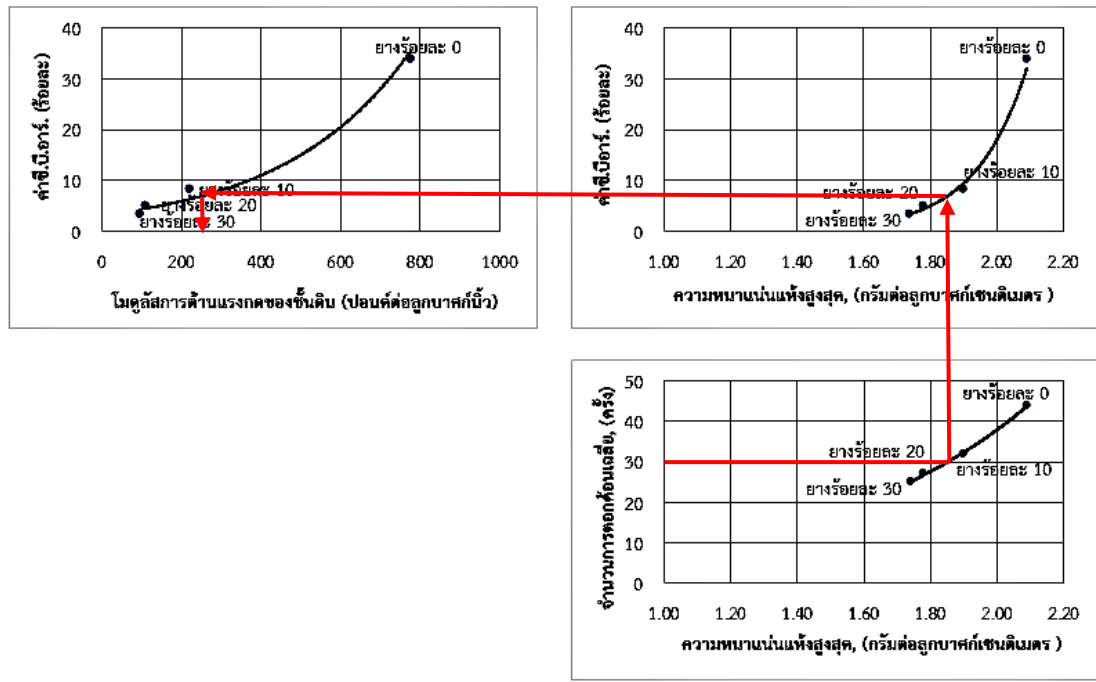
แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย ซึ่งในแต่ละจุดมีความลึก 80 เซนติเมตร เพื่อลดผลกระทบจากการถูกจำกัดด้วยพื้นที่ด้านล่าง และได้เก็บข้อมูลที่มีความลึกระดับ 20, 40, 60 และ 80 เซนติเมตรจากผิวดิน หลังจากการทดสอบได้มีการหาปริมาณความชื้นแต่ละระดับความลึกและได้แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 10 จากรูปได้แสดงข้อมูลจำนวนครั้งการยกค้อนและปริมาณความชื้นกับความลึกของดินลูกรังผสมเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมร้อยละ 0 10 20 และ 30 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งของการยกค้อนจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรม ผลการทดสอบพบว่าในแต่ละกรณีค่าปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่ในแต่ละกรณีพบว่าจำนวนครั้งในการตอกมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกที่เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลจากความเค้นกดทับ (Overburden Pressure) สำหรับในแต่ละกรณีของการเพิ่มขึ้นของร้อยละเศษยางส่งผลให้ค่าจำนวนการยกค้อนลดลงไปด้วย แสดงให้เห็นว่าดินมีความหนาแน่นที่น้อยลงสอดคล้องกับผลการทดสอบการบดอัดและค่ากำลังของวัสดุ นอกจากนี้ผลการทดสอบเจาะแบบหยั่งเบา(KPT) ของทุกกรณีสามารถจำแนกสภาพของดิน (Relative density) เป็นดินที่มีสภาพแน่นปานกลาง ซึ่งมีความรุนแรงเสียตทานภายใน 30-35 องศา[10]



รูปที่ 10 อิทธิพลของปริมาณเศษยางต่อค่าการยกค้อนโดยการทดสอบการเจาะแบบหยั่งเบา

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าการผสมเศษยางกับดินลูกรังทำให้คุณสมบัติทางวิศวกรรมลดลงอย่างมากอย่างไรก็ตามหากเป็นงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงของวัสดุมากนักและน้ำหนักเบา เช่น วัสดุคัดเลือก วัสดุมวลหลังกำแพงกันดิน อาจสามารถประยุกต์เพื่อนำเป็นวัสดุทางเลือกได้ นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ได้เชื่อมโยงผลการทดสอบโดยใช้เครื่องมือการทดสอบเจาะแบบหยั่งเบา(KPT)ที่ทดสอบได้ง่ายและไม่ซับซ้อนสามารถพกพาได้สะดวก มาช่วยในการประมาณค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรม ผลการทดสอบในงานวิจัยนี้ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทดสอบในสนามกับค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมดังรูปที่ 10 ซึ่งจากภาพพบว่าจำนวนครั้งของการตอกค้อนลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมทำให้ค่าซี.บี.อาร์ และค่าความหนาแน่นลดลงและยังส่งผลทำให้ค่าโมดูลัสการต้านแรงกดของชั้นดินลดลงด้วย ซึ่งจะมีลักษณะ

การลดลงแบบฟังก์ชันเอ็กซีโพเนนเชียล และรูปที่ 10 ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้ ยกตัวอย่างเช่น จากการทดสอบการเจาะแบบหยั่งเบาจะได้ค่าจำนวนครั้งของการตอกค้อนเฉลี่ย 30 ครั้ง เมื่อนำค่าดังกล่าวมาพล็อตในรูปล่างซ้ายพบว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ 1.89 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อทำการลากเส้นขึ้นไปยังรูปบนขวาที่ความหนาแน่นดังกล่าวก็จะพบว่าค่าซี.บี.อาร์มีค่าเท่ากับร้อยละ 8 และเมื่อลากเส้นต่อไปยังรูปบนซ้ายที่ค่าซี.บี.อาร์ดังกล่าวจะพบว่าค่าโมดูลัสการต้านแรงกดของชั้นดินนั้นจะมีค่าเท่ากับ 250 ปอนด์ต่อลูกบาศก์นิ้ว



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทดสอบในสนามกับค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรม

6. สรุปผล

บทความนี้ได้ประยุกต์ใช้เศษยางเหลือใช้มาใช้ในการงานบดอัด โดยได้ศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมในรูปแบบต่าง ๆ นอกจากนั้นยังได้ใช้การทดสอบในสนามแบบหยั่งเบา (KPT) มาใช้ในการประเมินและสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบในสนาม จากการศึกษาได้สรุปเป็นประเด็นหลัก ๆ ได้ดังนี้

1. ผลการทดสอบการบดอัด (Compaction Test) แสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นของดินลูกรังผสมเศษยางรถยนต์และเศษยางเหลือใช้จากอุตสาหกรรมรถยนต์ลดลงตามสัดส่วนของปริมาณเศษยางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าการผสมด้วยเศษยางรถยนต์สามารถลดหน่วยน้ำหนักของดินลูกรังได้
2. การทดสอบการรับกำลังแบกทาน (C.B.R. Test) และการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน (Plate bearing test) พบว่ากำลังแบกทานมีค่าลดลงตามสัดส่วนของปริมาณเศษยางที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการผสมเศษยางรถยนต์อาจจะไม่ช่วยในด้านการเพิ่มขึ้นของกำลังแต่การผสมเศษยางรถยนต์สามารถช่วยทำให้วัสดุมีพฤติกรรมเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและมีน้ำหนักลดลงอย่างมาก

3. จากการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังผสมเศษยางรถยนต์ในการศึกษานี้ สามารถสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ค่า ซี บี อาร์ และการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดิน (Plate bearing test) ในการใช้งานแผนภูมิความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์สามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้เมื่อทราบจำนวนครั้งในการยกค้อนจากการทดสอบในสนามแบบหยั่งเบา (KPT)

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ภายใต้งบประมาณประจำปี 2560(A48/2560)

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Yensri, P., Jongpradist, P. & Jamsawang, P. (2017). Behavior of T-Shaped Deep Cement Mixing Piles under Unit Cell Embankment Tests by a Physical Model, KMUTT R&D J., 40(3), 339-353.
- [2] Buritapun, A., Takaikaw, T., Horpibulsuk, S., Udomchai, A., Hoy, M., Vichitcholchai, N. & Arulrajah, A. (2020). Mechanical Strength Improvement of Cement-Stabilized Soil Using Natural Rubber Latex for Pavement Base Applications. J. Mater. Civ. Eng., 32(12), 04020372
- [3] Yensri, P., Jongpradist, P. & Jamsawang, P. (2017). Behavior of T-Shaped Deep Cement Mixing Piles under Unit Cell Embankment Tests by a Physical Model, KMUTT R&D J., 40(3), 339-353.
- [4] ชุติศักดิ์ ศิริรัตน์, ปิยะพงศ์ กิ่วสวัสดิ์คอน และทวิศักดิ์ รุ่งศักดิ์ทวีกุล. (2021). การปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยเถ้าหนักจีโอโพลิเมอร์สำหรับงานทาง. Rattanakosin Journal of Science and Technology, 3(2), 9-18.
- [5] Matsuo, A. (2002). Mechanical properties of air-cement-treated soils. Ground improvement, 6(1), 69-78.
- [6] Bosscher, P.J., Edil, T.B. & Eldin, N.N. (1992). Construction and performance of ashredded waste tire test embankment, Transp. Res. Rec, 44-52.
- [7] Department of Rural Roads. (2013). Standard Drawing.
- [8] Department of Highway. (1999). Standard of soil aggregate for subbase.
- [9] อรุณเดช บุญสูง (2020). การประเมินค่ากำลังรับน้ำหนักชั้นดินเหนียวแข็งด้วยวิธีการตอกหยั่งเบา. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 31(3), 127-136.