

การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ เพื่อทดแทนวัสดุมวลรวมชั้นรองพื้นทาง

Utilization of By-product Material of The Feldspar Mineral Dressing Process as Alternative Soil-Aggregate Subbase

ปณิธาน เต็งยะ¹ พิชชาภรณ์ พัฒนศุภสุนทร² และ ภูวคต พรหมชา^{3*}

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

*Corresponding author; E-mail address: p.phomcha@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (BF) มาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสม เพื่อทดแทนการใช้ดินลูกรังในชั้นรองพื้นทาง ในการศึกษาได้กำหนดอัตราส่วนผสมซึ่งมีดินลูกรัง (S) เป็นวัสดุตั้งต้น แล้วแทนที่ด้วยวัสดุที่เหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (BF) ตามอัตราส่วนผสมร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 โดยน้ำหนัก ทำการทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวง จากการศึกษาพบว่าทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานสำหรับใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ยกเว้นอัตราส่วนผสมร้อยละ 100 ในขณะที่เดียวกันเมื่อพิจารณาค่า CBR แบบแช่น้ำในแต่ละอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อแทนที่วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 10-40 แต่กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแทนที่ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 50-90 โดยอัตราส่วนผสมร้อยละ 80 ให้ค่า CBR สูงสุด ที่ร้อยละ 81 เหมาะสมและสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานวัสดุรองพื้นทางมากที่สุด

คำสำคัญ: วัสดุชั้นรองพื้นทาง, ดินลูกรัง, เฟลด์สปาร์, วัสดุเหลือใช้, CBR

Abstract

This research attempted to study the feasibility of the utilization of by-product material of the feldspar mineral dressing process (BF). Which were used for alternative soil-aggregate subbase. Lateritic soil (S) was mixed with by-product material from the feldspar mineral dressing process (BF). The influences of BF content (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% and 100%). By weight of dry soil) Then, the characterization of each proportion was done by using several tests according to the Thailand Department of Highways standard for soil-aggregate subbase. Based on the experimental

results, the characterization of each proportion was past the criteria. Except, the proportion of 100% BF. Meanwhile, CBR values were decreased when mixed with 10% -40% BF but increased when blended with 50% -90% BF. The proper proportion of 80% BF contents carried out the highest CBR (81%) was recommended to use in soil-aggregate subbase.

Keywords: subbase, lateritic soil, feldspar, by-product, CBR

1. บทนำ

โครงสร้างทางที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน ส่งผลให้ความเสียหายของผิวทางจากการใช้งานลดลง มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมลดลง เนื่องจากชั้นพื้นทาง (Base) และชั้นรองพื้นทาง (Subbase) เป็นส่วนสำคัญที่รับการถ่ายหน่วยแรงจากผิวทางโดยตรง ปัจจุบันวัสดุสำหรับโครงสร้างชั้นพื้นทางและรองพื้นทางขาดแคลน เนื่องจากวัสดุประเภทหินคลุกและดินลูกรังที่ได้คุณภาพมีน้อย [1] โดยวัสดุมวลรวมต้องเป็นวัสดุที่แข็งแรง ทนทาน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียด ไม่มีวัชพืชและดินเหนียวปะปน [2]

ปัจจุบันได้มีแนวคิดการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์สำหรับงานปรับปรุงคุณภาพดิน อาทิเช่น การนำแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจากโรงงานมาปรับปรุงคุณภาพดินลูกรัง โดยอัตราส่วนผสมร้อยละ 4 ทำให้ค่า CBR มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ค่าการบวมตัวของดินลดลงเล็กน้อย [3] การนำเศษวัสดุรีไซเคิล (เศษคอนกรีต และเศษอิฐ) มาผสมกับขยะพลาสติก (PET) ร้อยละ 3 และ ร้อยละ 5 พบว่าค่า CBR สูงกว่าเกณฑ์ เป็นที่น่าพอใจ [4] การนำเถ้าถ่านเตาเผาใช้ปรับปรุงคุณภาพหินคลุกและทราย ส่งผลให้หินคลุกผสมเถ้าถ่านเตาเผา CBR มากที่สุดเมื่อผสมเถ้าถ่านเตาเผา ร้อยละ 25 หินคลุกและทรายที่ผสมเถ้าถ่านเตาเผา ค่า CBR เพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม [5] การนำปูนซีเมนต์จากกากอุตสาหกรรมมาใช้ปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ พบว่ามีค่าความชื้นน้ำลดลง และมีการพัฒนากำลังตามอัตราส่วนผสมและอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น [6] เป็นแนวทางในการช่วยประหยัดทรัพยากรและประหยัดค่าใช้จ่ายได้

แร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) คือ แร่ประกอบหินชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในกลุ่มแร่ซิลิเกต ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมเซรามิก แบ่งออกได้เป็นโปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ($KAlSi_3O_8$) โซเดียมเฟลด์สปาร์ ($NaAlSi_3O_8$) และแคลเซียมเฟลด์สปาร์ ($CaAl_2Si_2O_8$) [7] ซึ่งจังหวัดตากเป็นแหล่งผลิตรวมถึงส่งออกแร่เฟลด์สปาร์แห่งหนึ่งของประเทศไทย

แร่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการแต่งแร่ (Mineral dressing) เพื่อทำแร่ให้ปราศจากมลทิน โดยแยกแร่ออกจากกรวด หิน ดิน ทราายในธรรมชาติเสียก่อน จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ [8] เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ เศษวัสดุที่เหลือเหล่านี้นักถูกปล่อยทิ้ง ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ และอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำไปกำจัดเมื่อเศษวัสดุมีปริมาณมากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ มาสร้างประโยชน์ต่อยอดในงานทาง โดยประยุกต์ใช้เป็นชั้นรองพื้นทางทดแทนดินลูกรัง ตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับวัสดุชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวง เพิ่มทางเลือกในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างในอนาคตให้กับจังหวัดตาก และพื้นที่ใกล้เคียง รวมไปถึงบริเวณที่มีวัสดุชนิดนี้ในพื้นที่

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

2.1 ดินลูกรัง (Lateritic soil, S)

ดินลูกรัง (S) ที่ใช้ในงานวิจัยเป็นวัสดุในท้องถิ่น จากบ้านปากห้วยแม่ท้อ ตำบลแม่ท้อ อำเภอมะเข่ จังหวัดตาก ดินลูกรังแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ดินลูกรัง จาก บ.ปากห้วยแม่ท้อ ต.แม่ท้อ อ.เมือง จ.ตาก

2.2 วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (by-product material, BF)

วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ในงานวิจัยนี้ ได้จากการนำแร่เฟลด์สปาร์มาผ่านกระบวนการแต่งแร่ โดยย่อยและคัดแยกแร่ที่เป็นมลทินต่างๆ ออก วัสดุเหลือใช้หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการนี้ มีลักษณะแข็ง หยาบ คลุกเคล้าปะปนกันระหว่างเม็ดเล็กและใหญ่ แสดงดังรูปที่ 2

วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์เป็นเศษแร่ จำแนกประเภทแล้วจัดอยู่ในประเภทโซเดียมเฟลด์สปาร์ ($NaAlSi_3O_8$) เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีของ (Na_2O) เท่ากับร้อยละ 9.5 มากกว่าร้อยละ 8 ตามเกณฑ์ซีวีดี [7] แหล่งที่มาของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์นี้มาจาก ตำบลวังประจบ อำเภอมะเข่ จังหวัดตาก ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 2 เศษแร่เฟลด์สปาร์ จาก ต.วังประจบ อ.เมือง จ.ตาก

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์

ออกไซด์	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)
	วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (BF)
SiO ₂	66.1
Al ₂ O ₃	16.2
Fe ₂ O ₃	1.09
TiO ₂	0.19
CaO	1.68
MgO	1.84
K ₂ O	0.11
Na ₂ O	9.50
LOI	3.04

2.3 การออกแบบส่วนผสม

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองนำวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ มาแทนที่ดินลูกรังในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 โดยน้ำหนัก รวมทั้งสิ้น 11 อัตราส่วนผสม ซึ่งต่อไปนี้จะเขียนแทนด้วย S100:BF0, S90:BF10, S80:BF20, S70:BF30, S60:BF40, S50:BF50, S40:BF60, S30:BF70, S20:BF80, S10:BF90, S0:BF100 ตามลำดับ โดยที่ S คืออัตราส่วนร้อยละของดินลูกรัง และ BF คืออัตราส่วนร้อยละของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ อัตราส่วนผสมทั้งหมดแสดงดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในงานวิจัย

อัตราส่วนผสม	ร้อยละส่วนผสม	
	ดินลูกรัง (S)	วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (BF)
S100:BF0	100	0
S90:BF10	90	10
S80:BF20	80	20
S70BF:30	70	30
S60:BF40	60	40
S50BF:50	50	50
S40:BF60	40	60
S30:BF70	30	70
S20:BF80	20	80
S10:BF90	10	90
S0:BF100	0	100

2.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางวิศวกรรมของทุกร้อยละส่วนผสม ตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับเป็นวัสดุชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวง เมื่อทดสอบแล้วผลการทดสอบที่ได้ต้องมีค่าความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion ไม่เกินร้อยละ 60 ขนาดผลที่ทดสอบโดยการร่อนผ่านตะแกรงแบบล้าง ต้องมีขนาดใดขนาดหนึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง ค่าพิคัดเหลว (LL) ไม่เกินร้อยละ 35 ค่าพิคัดพลาสติก (PI) ไม่เกินร้อยละ 11 ค่า CBR แบบแช่น้ำที่ความหนาแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดด้วยวิธีบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานไม่ต่ำกว่าร้อยละ 25 [2]

3. ผลและการวิเคราะห์ผล

3.1 สมบัติทางกายภาพ

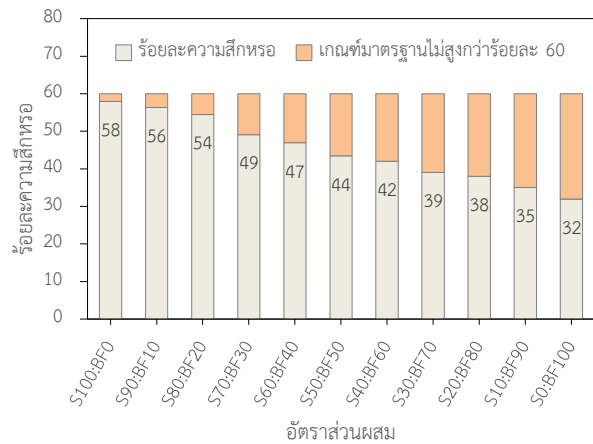
การทดสอบสมบัติทางกายภาพในงานวิจัยนี้ได้อีก การทดสอบพิคัดอัดเตอร์เบริก การทดสอบหาขนาดผล การทดสอบความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion พบว่าวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (S0:BF100) มีขนาดผลหยาบกว่า ร้อยละการสึกหรอน้อยกว่า ดินลูกรัง (S100:BF0) ที่เป็นวัสดุตั้งต้น ทุกอัตราส่วนผสมไม่มีความเป็นพลาสติก (NP) จำแนกดินตามระบบ AASTHO ทุกอัตราส่วนผสมจัดอยู่ในประเภท A-1-a(0) และ A-1-b(0) มีร้อยละการผ่านตะแกรงเบอร์ 200 อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 5-20 แสดงดังตารางที่ 3

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละการสึกหรอในทุกอัตราส่วนผสม พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง โดยการสึกหรอลดลงตามปริมาณของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ที่เพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 3 การกระจายขนาดผลในทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง (เกรดวัสดุ E) ยกเว้นอัตราส่วนผสม S0:BF100 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เนื่องจากมีลักษณะเป็นเม็ดหยาบมากเกินไป ทำให้อัตราส่วนผสมนี้เป็นอัตราส่วนผสมเดียวที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยการกระจายตัวของเม็ดดินของแต่ละอัตราส่วนผสมแสดงดังรูปที่ 4

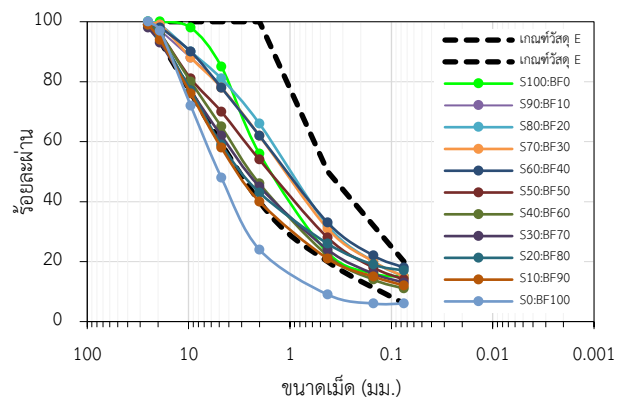
ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของแต่ละอัตราส่วนผสม

อัตราส่วนผสม	ประเภท (AASHTO)	พิคัดเหลว (LL)	พิคัดพลาสติก (PI)	ร้อยละผ่าน #200
S100:BF0	A-1-b(0)	NP	NP	14.06
S90:BF10	A-1-b(0)	NP	NP	15.45
S80:BF20	A-1-b(0)	NP	NP	15.89
S70BF:30	A-1-b(0)	NP	NP	15.62
S60:BF40	A-1-b(0)	NP	NP	18.66
S50BF:50	A-1-b(0)	NP	NP	14.23
S40:BF60	A-1-a(0)	NP	NP	11.43
S30:BF70	A-1-a(0)	NP	NP	13.44
S20:BF80	A-1-b(0)	NP	NP	17.24
S10:BF90	A-1-a(0)	NP	NP	12.54
S0:BF100	A-1-a(0)	NP	NP	5.79

หมายเหตุ : NP (Non-plastic)



รูปที่ 3 ร้อยละความสึกหรอในแต่ละอัตราส่วนผสมเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

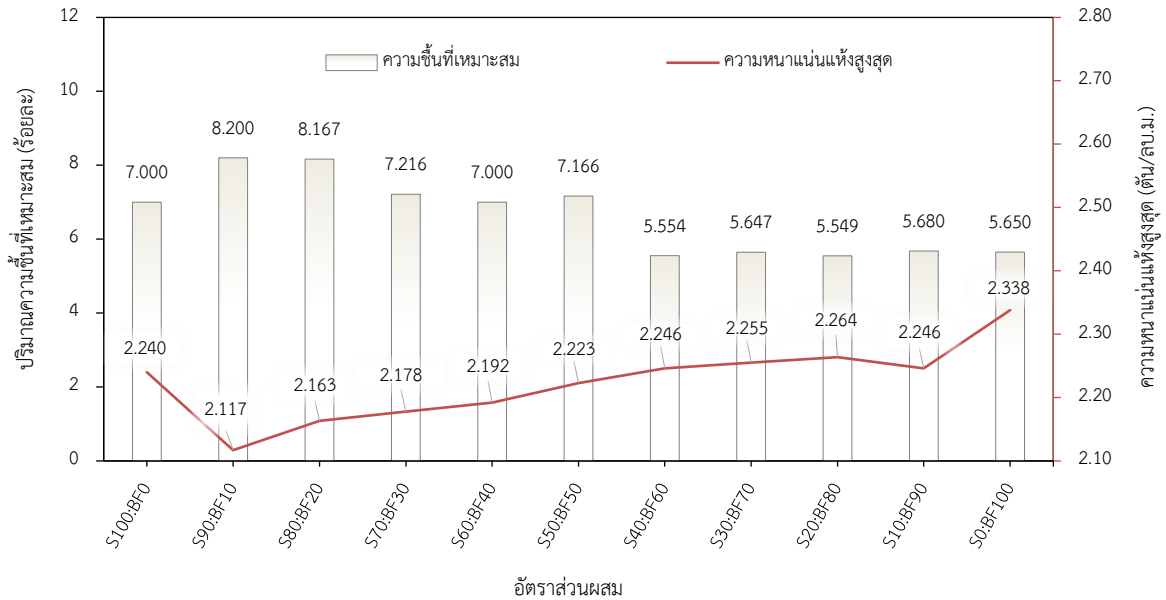


รูปที่ 4 การกระจายตัวของเม็ดดินของแต่ละอัตราส่วนผสม

3.2 ความหนาแน่นแห้งสูงสุดแบบสูงกว่ามาตรฐาน

ดินลูกรังเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์เข้าไปเป็นร้อยละ 10 (S90:BF10) ส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดลดลงจาก 2.240 เป็น 2.117 ตัน/ลบ.ม. ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7 เป็น 8.2 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ [3] [5] [9] ที่พบว่าค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดลดลง ในขณะที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมเพิ่มขึ้น ตามร้อยละของแคลเซียมคาร์บอเนต ถ้ำกันเตา และเศษคอนกรีตทุบรื้อที่เพิ่มขึ้น (ปริมาณไม่เกินร้อยละ 40)

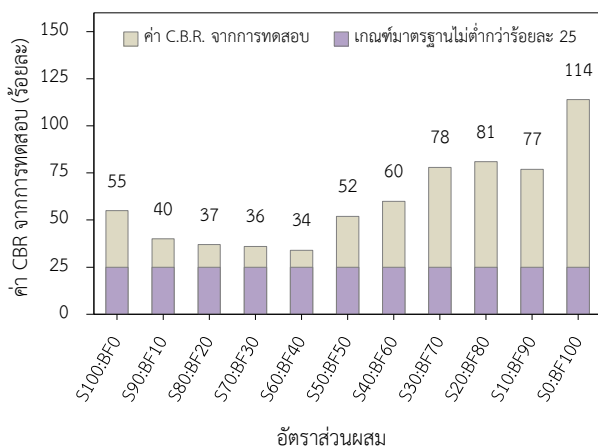
แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์มากขึ้น กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด สัมพันธ์กับการลดลงของค่าความชื้นที่เหมาะสม ตามอัตราส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ [10-11] ที่พบว่าค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมลดลง ตามร้อยละของถ้ำลอยและตะกรันเหล็กไม้ (Crushed slag) ที่เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด และปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของแต่ละอัตราส่วนผสมแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดและร้อยละความชื้นที่เหมาะสมในแต่ละอัตราส่วนผสม

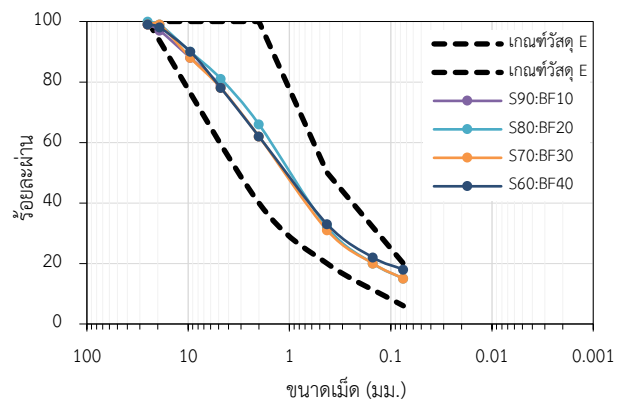
3.3 แคลิฟอร์เนียเบรจเรซีไอ (CBR)

การทดสอบทั้งหมดในทุกอัตราส่วนผสมเป็นการทดสอบหาค่า CBR แบบแช่น้ำ ใช้ร้อยละปริมาณความชื้นที่เหมาะสม ณ ความหนาแน่นแห้งสูงสุดของแต่ละอัตราส่วนผสม ทำการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่าง ต่อ 1 ชุด การทดสอบ บดอัด 5 ชั้นชั้นละ 12, 25 และ 56 ครั้ง โดยเกณฑ์มาตรฐานวัสดุรองพื้นทางกำหนดว่าต้องมีค่า CBR ที่ร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 จากผลการทดสอบพบว่า ค่า CBR ของดินลูกรัง (S100:BF0) มีค่าเท่ากับร้อยละ 55 น้อยกว่าค่า CBR ของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (S0:BF100) ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 114 สัมพันธ์กับผลการทดสอบหาขนาดผลของดินลูกรัง ที่มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดมากกว่าวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ ผลการทดสอบ CBR แสดงดังรูปที่ 6



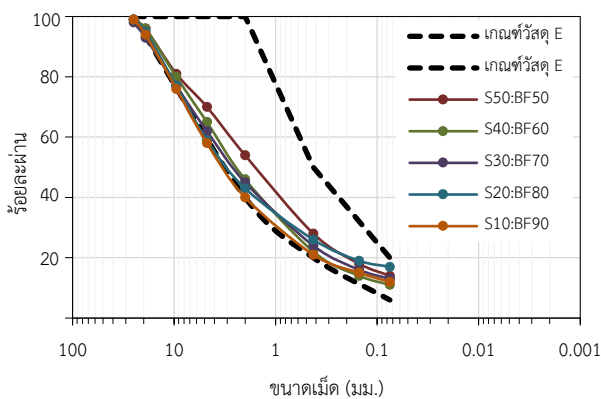
รูปที่ 6 ค่าร้อยละ CBR ในแต่ละอัตราส่วนผสมเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อพิจารณาค่า CBR ของการแทนที่วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 (S90:BF10), ร้อยละ 20 (S80:BF20), ร้อยละ 30 (S70:BF30) และ ร้อยละ 40 (S60:BF40) พบว่าค่า CBR มีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับขนาดผลของดินลูกรังที่แทนที่ด้วยวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ในอัตราส่วน S90:BF10, S80:BF20, S70:BF30 และ S60:BF40 ที่มีค่าการกระจายตัวของเม็ดดินอยู่ช่วงกลางค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง (เกรดวัสดุชั้น E) หรืออีกนัยหนึ่งคือ ดินมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 7 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ [4] ที่พบว่าค่า CBR ของเศษคอนกรีตและเศษอิฐ มีค่าลดลงตามอัตราส่วนของของขยะพลาสติก (PET) ที่เพิ่มขึ้นโดยอัตราส่วนการแทนที่อยู่ระหว่างร้อยละ 3 และร้อยละ 5



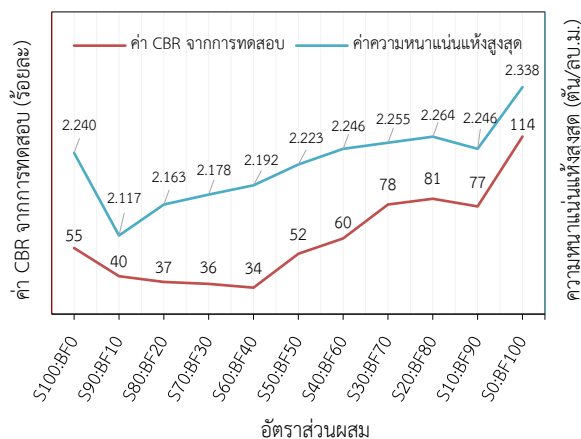
รูปที่ 7 การกระจายตัวของเม็ดดินของอัตราส่วนผสม S90:BF10, S80:BF20, S70:BF30 และ S60:BF40

แต่หากเพิ่มอัตราส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ ขึ้นอีกเป็นร้อยละ 50 (S50:BF50), ร้อยละ 60 (S40:BF60), ร้อยละ 70 (S30:BF70) และ ร้อยละ 80 (S20:BF80) ในกลุ่มนี้ก็พบว่าค่า CBR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับขนาดคละของดินลูกรังที่ถูกแทนที่ด้วยวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ในอัตราส่วน S50:BF50, S40:BF60, S30:BF70, S20:BF80 และ S10:BF90 เนื่องจากขนาดคละของเม็ดดินมีลักษณะเป็นเม็ดหยาบมากกว่า แสดงดังรูปที่ 8 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ [11-13] ที่พบว่าค่า CBR แบบแช่น้ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนแทนที่ของตะกรันเหล็กไม้อัด แก้วหนักลิแกนด์ และแก้วลอย ที่เพิ่มขึ้น

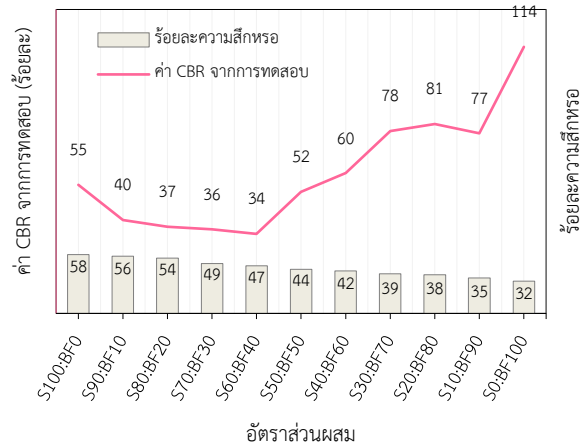


รูปที่ 8 การกระจายตัวของเม็ดดินของอัตราส่วนผสม S50:BF50, S60:BF40, S30:BF70, S20:BF80 และ S10:BF90

จากอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด อัตราส่วนผสม S20:BF80 ให้ค่า CBR สูงที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 81 หลังจากนั้นเมื่อแทนที่ส่วนผสมเพิ่มเข้าไปเป็นร้อยละ 90 (S10:BF90) กลับพบว่าค่า CBR มีค่าลดลง สอดคล้องกับผลของค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ปริมาณร้อยละความชื้นที่เหมาะสม และค่าความสึกหรอ ที่เมื่อเพิ่มปริมาณของวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมและค่าความสึกหรอลดลง แสดงดังรูปที่ 9 และ 10



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดและค่า CBR



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดและค่า CBR

4. บทสรุป

จากการศึกษาการแทนที่ดินลูกรังด้วยวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์พบว่า ทุกอัตราส่วนผสมเป็นดินที่ไม่มีความเหนียว (NP) จัดอยู่ในดินกลุ่ม A-1-a(0) และ A-1-b(0) ร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (ส่วนละเอียด) อยู่ระหว่าง 10-20 ค่าการสึกหรอซึ่งทดสอบโดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion มีค่าไม่เกินร้อยละ 60 ตามเกณฑ์มาตรฐาน ดินลูกรัง (S100:BF0) มีค่าการสึกหรอสูงที่สุด ในขณะที่วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ (S0:BF100) มีค่าการสึกหรอน้อยที่สุด ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมลดลง ตามร้อยละวัสดุของเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ที่เพิ่มขึ้น

ทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานสำหรับใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานของกรมทางหลวงทั้งหมด ยกเว้นอัตราส่วนการแทนที่วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ร้อยละ 100 (S0:BF100) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เนื่องจากตกเกณฑ์ขนาดคละ

ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาค่า CBR แบบแช่น้ำในแต่ละอัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์ พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อแทนที่วัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 10-40 แต่หากเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 50-80 กลับพบว่าค่า CBR มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อแทนที่ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 90 โดยอัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (S20:BF80) ให้ค่า CBR สูงสุดที่ร้อยละ 81 เหมาะสมและสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานวัสดุรองพื้นทางมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณบริษัท พัฒนากร จำกัด (จ.ตาก) เป็นอย่างสูง ที่ให้การสนับสนุนวัสดุเหลือใช้จากการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ รวมถึงข้อมูลประกอบอื่นๆ เพื่อดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณกิตติพงษ์ กาวิชัย คุณธิชาพงษ์ สุชาติวุฒิ และคุณนาราดาร์ แฉ่นทอง ที่เป็นกำลังสำคัญ ทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินการเสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษดา ธนะวงศ์, อนุพงศ์ คำปลอด, สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง และ ธนกร ชมภูรัตน์ (2562). พฤติกรรมการหดตัวของดินตะกอนผสมปูนซีเมนต์และเถ้าลอย. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24*, อุตรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562, หน้า 1349-1364.
- [2] ทล.- ม. 205/2532 (2532). มาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม.
- [3] ศราวุธ โกวเครือ และ ประทีปดวงเดือน (2552). การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจากโรงงาน. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14*, นครราชสีมา, 13-15 พฤษภาคม 2552, หน้า 281-286.
- [4] Sahan Perera, Arul Arulrajah, Yat Choy Wong, Suksun Horpibulsuk and Farshid Maghool (2019). Utilizing recycled PET blends with demolition wastes as construction materials. *Construction and Building Materials*, 221, pp. 200-209.
- [5] จุฑาทิพย์ เขียวแจ่ม และ ประทีปดวงเดือน (2552). การปรับปรุงคุณภาพของหินคลุกและทรายโดยใช้เถ้าแก้วแทน. *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14*, นครราชสีมา, 13-15 พฤษภาคม 2552, หน้า 293-298.
- [6] ศุภกิจ นนทนานันท์, ปณิธาน เต็งยะ, ก่อโชค จันทรวงกูร, ณพล อยู่บรรพต และ อาคม แสงวงการ (2555). คุณสมบัติของดินเหนียวอ่อนที่ปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ปูนซีเมนต์จากกากอุตสาหกรรม. *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 17*, อุตรธานี, 9-11 พฤษภาคม 2555, หน้า GTE060-1 - GTE060-6
- [7] แสงเพชร บุตชาดา (2547). *แนวทางการอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรแร่เฟลด์สปาร์*. กองอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 5-8.
- [8] กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ (2527). *คู่มือการแต่งแร่*. ฝ่ายสนเทศและวิเทศสัมพันธ์ กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 1-2.
- [9] Marzieh Kianimehr, Piltan Tabatabaie Shourijeh, Seyed Mohammad Binesh, Alireza Mohammadinia and Arul Arulrajah (2019). Utilization of recycled concrete aggregates for light-stabilization of clay soils. *Construction and Building Materials*, 227, pp. 116792-1 – 116792-11
- [10] สยาม ยิ้มศิริ และ วรณวรงค์ รัตนานิคม (2562). การปรับปรุงคุณสมบัติดินตะกอนทะเลด้วยจีโอโพลีเมอร์เพื่อใช้เป็นวัสดุงานทาง. *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 24*, อุตรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562, หน้า 1572-1576.
- [11] Phuttipong Sudla, Suksun Horpibulsuk, Avirut Chinkulkijniwat, Arul Arulrajah, Martin D. Liu and Menglim Hoy (2018). Marginal lateritic soil/crushed slag blends as an engineering fill material. *Soils and Foundations*, 58, pp. 786-795.
- [12] เกียรติกร เพ็ชรแบน, วรุตม์ เสรียงค์กูร, วิฑูรย์ แก้วมณี, อรรถนพ สมานธิ และ นิรชร พึ่งแดง (2549). การนำเถ้าหนักกลไกโนตมาแทนที่ดินลูกรังในชั้นรองพื้นทาง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 7, หน้า 14-20.
- [13] S. Frat, G. Yilmaz, A. T. Cömert and M. Sümer (2012). Utilization of Marble Dust, Fly Ash and Waste Sand (Silt-Quartz) in Road Subbase Filling Materials. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 16(7), 1143-1151.