

คุณสมบัติด้านกำลังของดินลูกรังแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตา

Strength Properties of Lateritic Soil replaced by Bottom Ash

อรทิมา จันทร์สิงห์ (Onticha Junsing)^{1*} วีรยา นิมอ้อย (Weeraya Chimoye)**

ปานเทพ จุณนิพิฐวงษ์ (Parnthep Julnipitawong)***

(Received: October 7, 2020; Revised: December 20, 2020; Accepted: December 22, 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับน้ำหนักของดินลูกรังแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตา โดยเถ้าก้นเตาเป็นวัสดุพลอยได้จากโรงไฟฟ้า BLCP Power จำกัด จังหวัดระยอง สำหรับดินลูกรังที่ใช้จากจังหวัดสระบุรี นำมาทดสอบตามมาตรฐานรองพื้นทางมวลรวมกรมทางหลวง ทล.-ม. 205/2532 Type B และ Type D โดยมีอัตราส่วนการแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าก้นเตาที่ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 สำหรับดินลูกรัง Type B และ ที่ร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 สำหรับดินลูกรัง Type D ผลการศึกษาพบว่าดินลูกรังทั้ง 2 ประเภทมีความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนการแทนที่เถ้าก้นเตาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้นเหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ดินด้วยเถ้าก้นเตา สำหรับคุณสมบัติด้านกำลังรับน้ำหนัก พบว่าสำหรับดินลูกรัง Type B และ Type D เมื่อถูกแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาส่งผลให้ค่า CBR สูงขึ้น จนถึงอัตราส่วนแทนที่ที่เหมาะสม หลังจากนั้นค่า CBR มีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงว่าเถ้าก้นเตาสามารถปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังได้ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานชั้นรองพื้นทางพบว่า ดินลูกรัง Type B และ Type D เมื่อแทนที่เถ้าก้นเตาในช่วงร้อยละ 30 – 50 สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมชั้นรองพื้นทางได้

ABSTRACT

The research aimed to study the strength properties of laterite soil replaced bottom ash. The bottom ash is a by-product from BLCP Power Co., Ltd., Rayong province and laterite soil is from Saraburi province. The grain size distribution of lateritic soil was graded according to the Department of Highways Standard, DOH 205/2532 Type B and Type D. The bottom ash replacement ratios are at 10, 20, 30, 40 and 50 percent for Type B and at 10, 20, 30, 40, 50 and 60 percent for Type D. The results showed that both types of lateritic soils had the maximum dry density tended to decrease with the bottom ash replacement ratio. On the opposite way the optimum water content increased with the bottom ash replacement ratio. For the strength properties, it was found that for Type B and Type D when replaced with bottom ash resulted in a higher CBR value to the optimum replacement ratio. After that, the CBR tends to decrease which means the bottom ash can improve the strength properties of lateritic soil. Compare to DOH standard for subbase material, the lateritic soil Type B and Type D can be replaced by bottom ash in the range of 30 – 50 percent for subbase material.

คำสำคัญ: เถ้าก้นเตา การบดอัด CBR

Keywords: Bottom Ash, Compaction, CBR

¹Corresponding author: ontichajunsing@gmail.com

*นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

**รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้างและบำรุงรักษา สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร

บทนำ

ในปัจจุบันการขยายตัวของอุตสาหกรรมและการลงทุนมายังกลุ่มประเทศในอาเซียน ประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มประเทศเหล่านี้ที่ต้องการเป็นศูนย์กลางของการลงทุนจากต่างประเทศ ซึ่งทำให้มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานขึ้นอย่างมาก พลังงานไฟฟ้าเป็นสาธารณูปโภคที่สำคัญอย่างยิ่งในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของประเทศ โดยในประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าในหลายรูปแบบ แต่โรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินหลักของประเทศไทย คือ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และโรงไฟฟ้าของบริษัท BCLP Power จำกัด ในจังหวัดระยอง ซึ่งวัสดุพลอยได้จากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหิน คือ เถ้าลอย และเถ้าก้นเตา โดยเถ้าลอยนั้นมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมคอนกรีตในการแทนที่ซีเมนต์ ทำให้เถ้าลอยเป็นวัสดุพลอยได้ที่มีมูลค่า ในทางตรงข้ามเถ้าก้นเตายังไม่มีการนำมาใช้งานแพร่หลาย ที่ผ่านมามีการศึกษาเพื่อนำไปใช้ในงานคอนกรีตโดยการบดให้ละเอียด โดยใช้เป็นวัสดุปอชโซลาน แต่พบว่าประสิทธิภาพด้อยกว่าการใช้เถ้าลอย [1] รวมถึงมีการศึกษาการใช้เถ้าก้นเตาเพื่อแทนที่ทรายในวัสดุมวลรวมในงานคอนกรีต [2] สามารถใช้ทดแทนได้ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งยังเป็นการใช้เถ้าก้นเตาในปริมาณน้อยมาก จึงมีแนวคิดที่จะนำเถ้าก้นเตามาใช้เป็นวัสดุงานทาง หรือวัสดุสำหรับคันดินถม ซึ่งต้องใช้วัสดุธรรมชาติเป็นจำนวนมาก ที่ผ่านมามีการศึกษาเพื่อนำเถ้าก้นเตามาใช้ในวัสดุงานทาง ทั้งการใช้เฉพาะเถ้าก้นเตาล้วน [3] หรือศึกษาโดยการแทนที่ดินลูกรัง และมีวัสดุผสมเพิ่ม เช่น หินฝุ่น ซีเมนต์ ปูนขาว [4-7] เพื่อใช้เป็นวัสดุงานทาง หรือใช้เถ้าก้นเตาเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินเหนียว [8-9] แต่ยังไม่มีการใช้งานเถ้าก้นเตาอย่างจริงจัง

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ดินลูกรังสำหรับวัสดุงานทาง โดยใช้เถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้าของบริษัท BCLP Power จำกัด และดินลูกรังที่ใช้เป็นดินลูกรังที่มีการคัดขนาดตามมาตรฐานรองพื้นทางมวลรวมกรมทางหลวง ทล.-ม. 205/2532 Type B และ Type D [10] โดยพิจารณาจากคุณสมบัติด้านการบดอัดและคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงด้วยการทดสอบ California Bearing Ratio (CBR) และนำไปเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ [11]

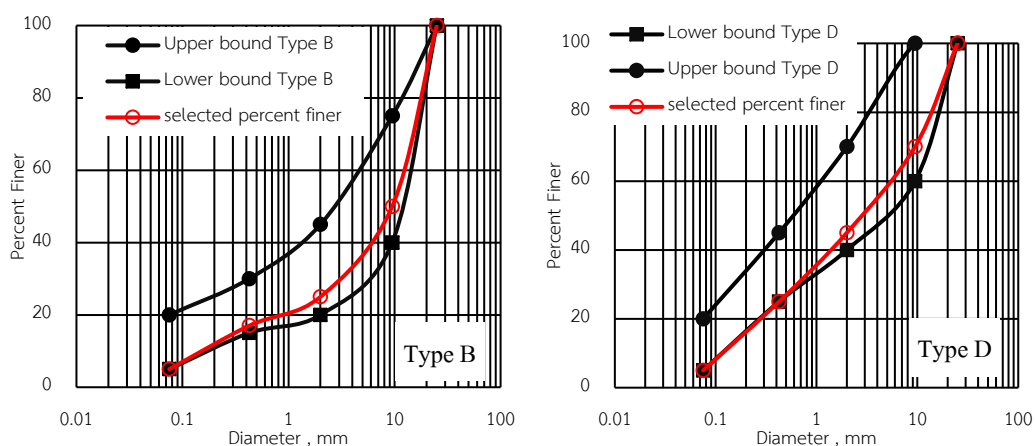
วิธีการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้และวิธีการศึกษา

1.1 ดินลูกรัง

ตัวอย่างดินลูกรัง ชื้อจากร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้างทั่วไป โดยนำมาจากแหล่งดินลูกรังจังหวัดสระบุรี เมื่อนำมาทดสอบการกระจายขนาดพบว่าไม่เข้าตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางทั้ง Type B และ Type D และเมื่อนำมาทดสอบหาค่าความเป็นพลาสติก (Atterberg's Limit Determination) โดยมีค่า Liquid Limit เท่ากับร้อยละ 29.50, Plastic Limit เท่ากับร้อยละ 20.76, Plasticity Index เท่ากับร้อยละ 8.74 โดยค่า Liquid Limit และ Plasticity Index ผ่านมาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม โดยจากมาตรฐาน Liquid Limit ของดิน ไม่เกินร้อยละ 35 และ

Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 11 และหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.86 ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวมกรมทางหลวง ทล.-ม. 205/2532 Type B และ Type D ดังแสดงในภาพที่ 1 จากคุณสมบัติทางกายภาพของดินลูกรัง นำมาจำแนกดินด้วยระบบ AASHTO (ASTM D-3282) พบว่าเป็นดินประเภท A-2-4 ทั้งดิน Type B และ Type D และจำแนกด้วยระบบ USCS (ASTM D-2487) พบว่าดิน Type B เป็นประเภทกรวดที่มีขนาดละเอียดและมีดินเหนียวปน GP-GC (Poorly Graded Gravel with Clay) และ Type D เป็นประเภททรายขนาดละเอียดและมีดินเหนียวปน SP-SC (Poorly graded sand with clay)



ภาพที่ 1 การกระจายขนาดของเม็ดดินวัสดุรองพื้นทาง Type B และ Type D ตามมาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวมกรมทางหลวง ทล.-ม. 205/2532

1.2 แก้วกันตา

ตัวอย่างแก้วกันตา จากโรงไฟฟ้าของบริษัท BLC Power จำกัด นำมาทดสอบการกระจายขนาดพบว่า โดยส่วนใหญ่ผ่านตะแกรงขนาด 1 นิ้ว เมื่อนำมาทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.03 โดยแก้วกันตาไม่มีความเป็นพลาสติก เช่นเดียวกับแก้วกันตา จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ที่มีการกระจายขนาดผ่านตะแกรง 1 นิ้ว และมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.7 ซึ่งแก้วกันตาจากแม่เมาะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าแก้วกันตาจาก BLC Power ในงานวิจัยนี้เลือกใช้แก้วกันตาที่มีขนาดผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ดังแสดงในภาพที่ 2 เนื่องจากต้องการใช้แก้วกันตาในสภาพธรรมชาติให้มากที่สุดเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้งาน



ภาพที่ 2 ถ้ำก้นเตาจากโรงไฟฟ้า BLCP Power จำกัด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินลูกรังและถ้ำก้นเตาโดยวิธี X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) แสดงในตารางที่ 1 พบว่าถ้ำก้นเตา BLCP และดินลูกรังมีองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกอนออกไซด์ และอลูมิเนียมออกไซด์ โดยมีแคลเซียมออกไซด์น้อยมาก ซึ่งต่างจากถ้ำก้นเตาจากแม่เมาะ (MM) ที่มีแคลเซียมออกไซด์ใกล้เคียงกับซิลิกอนออกไซด์ ซึ่งแสดงว่าถ้ำก้นเตา BLCP มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับดินลูกรังมากกว่าถ้ำก้นเตาจากแม่เมาะ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบออกไซด์ของดินลูกรัง ถ้ำก้นเตา BLCP และถ้ำก้นเตาแม่เมาะ (MM)

สารประกอบออกไซด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก		
	ดินลูกรัง	ถ้ำก้นเตา BLCP	ถ้ำก้นเตาแม่เมาะ
Silicon Oxide (SiO_2)	79.0	59.50	28.50
Calcium Oxide (CaO)	0.39	2.92	25.30
Iron Oxide (Fe_2O_3)	6.29	6.07	16.20
Aluminum Oxide (Al_2O_3)	10.90	25.70	14.40
Sulfur Oxide (SO_3)	-	0.18	8.33
Magnesium Oxide (MgO)	0.45	0.80	2.65
Potassium Oxide (K_2O)	1.41	1.56	2.08
Sodium Oxide (Na_2O)	-	0.40	1.15
others	1.62	2.87	1.36

1.3 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านการบดอัดโดยการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor test , ASTM D-1557) สำหรับดินลูกรังคำนวณปริมาณดินจากร้อยละผ่านตะแกรงแต่ละที่กำหนด นำมาผสมให้เข้ากันก่อน ภาพที่ 3 แสดงดินลูกรังที่คัดขนาดตามมาตรฐาน Type B และ Type D แล้วจึงเติมน้ำแล้วบดอัดตามการทดสอบมาตรฐาน ในกรณีผสมเข้ากันเตาคำนวณปริมาณดินลดลงตามร้อยละการแทนที่ของเข้ากันเตาผสมให้เข้ากัน แล้วจึงใส่เข้ากันเตาตามปริมาณร้อยละการแทนที่ที่กำหนดในแต่ละกรณีผสมให้เข้ากับดินก่อน ภาพที่ 4 แสดงดินลูกรังคัดขนาดตามมาตรฐาน Type B แทนที่ด้วยเข้ากันเตาร้อยละ 30 (B+BA30%) และ Type D แทนที่ด้วยเข้ากันเตาร้อยละ 50 (D+BA50%) แล้วจึงค่อย ๆ เติมน้ำผสมให้เข้ากัน แล้วจึงบดอัดตามมาตรฐานการทดสอบ เนื่องจากเข้ากันเตาไม่มีความไวในการเกิดปฏิกิริยา [12] ดังนั้นการบดอัดจึงไม่ได้กำหนดเวลา เมื่อได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (ρ_{dmax}) และปริมาณความชื้นเหมาะสม (W_{opt}) ของแต่ละกรณีแล้ว นำมาเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ CBR ตามมาตรฐาน ASTM D-1883-99 โดยควบคุมความหนาแน่นแห้งของตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดและมีความชื้นที่ความชื้นเหมาะสม ความชื้นเหมาะสม + ร้อยละ 2 และทดสอบกรณีไม่แช่น้ำ และแช่น้ำ



ก) Type B



ข) Type D

ภาพที่ 3 ตัวอย่างดินลูกรังที่คัดขนาดตามมาตรฐาน Type B และ Type D



ก) Type B + BA30%



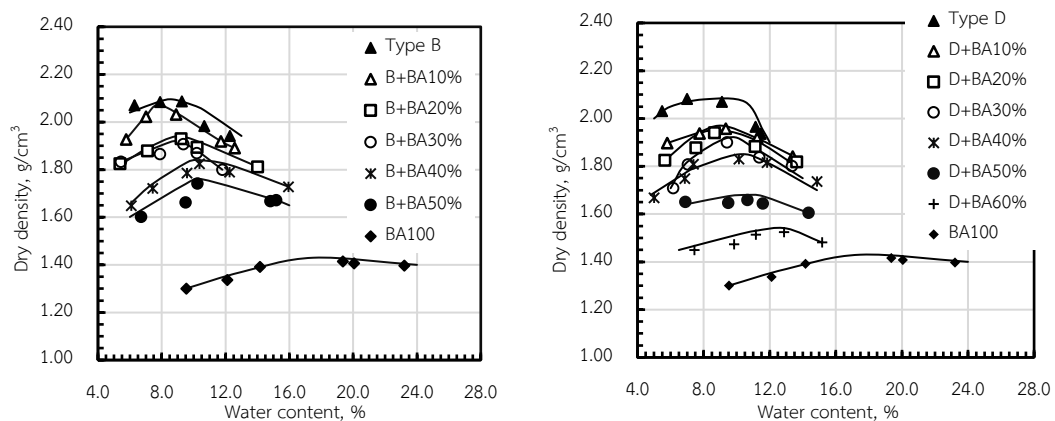
ข) Type D + BA50%

ภาพที่ 4 ตัวอย่างดินลูกรังที่คัดขนาดตามมาตรฐาน Type B และ Type D แทนที่ด้วยเข้ากันเตา

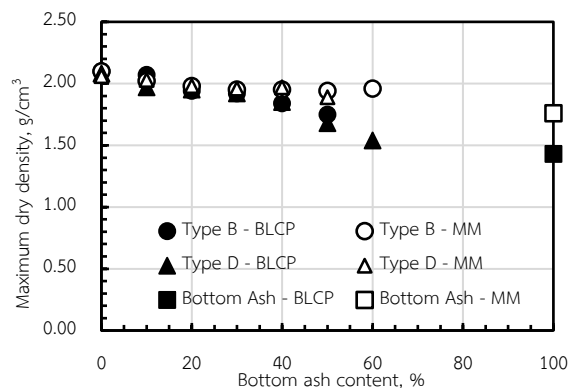
ผลการวิจัย

1.1 คุณสมบัติด้านการบดอัด

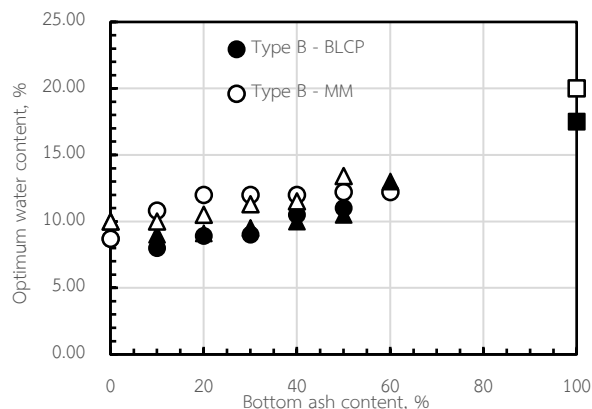
จากผลการทดสอบแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Compaction) พบว่าดินลูกรัง ดินลูกรังแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาทั้ง 2 ประเภท สามารถบดอัดได้ดี ดังแสดงในภาพที่ 5 ในขณะที่เถ้าก้นเตามีเส้นโค้งการบดอัดที่แบนกว่าดินลูกรังซึ่งแสดงว่าเถ้าก้นเตาบดอัดได้ไม่ดีนัก จะเห็นได้ชัดสำหรับดินลูกรัง Type D เมื่อการแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตามากขึ้นจนใกล้เคียงหรือมากกว่ากับดินลูกรัง (แทนที่ตั้งแต่ร้อยละ 50) พบว่าเส้นโค้งของการบดอัดใกล้เคียงกับเถ้าก้นเตามากขึ้น ความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนการแทนที่เถ้าก้นเตาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้นเหมาะสมของดินลูกรังทั้ง 2 ประเภท มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ดินด้วยเถ้าก้นเตาดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7 ตามลำดับ เนื่องจากเถ้าก้นเตาซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าดิน เมื่อเข้าไปแทนที่ดินจึงทำให้ความหนาแน่นน้อยลง แต่ด้วยคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าก้นเตาที่มีความพรุนมาก ดูดซับน้ำได้ดีกว่าดินลูกรัง จึงทำให้ความชื้นเหมาะสมมีค่ามากขึ้นตามปริมาณเถ้าก้นเตาที่เพิ่มขึ้น [8] เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าก้นเตาแม่เมาะก็พบความสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน ซึ่งเถ้าก้นเตาของ BLCP มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าจึงมีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดต่ำกว่ากรณีของแม่เมาะ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นจากการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานของ ดินลูกรัง Type B และ Type D แทนที่ด้วยเถ้าก้นเตา



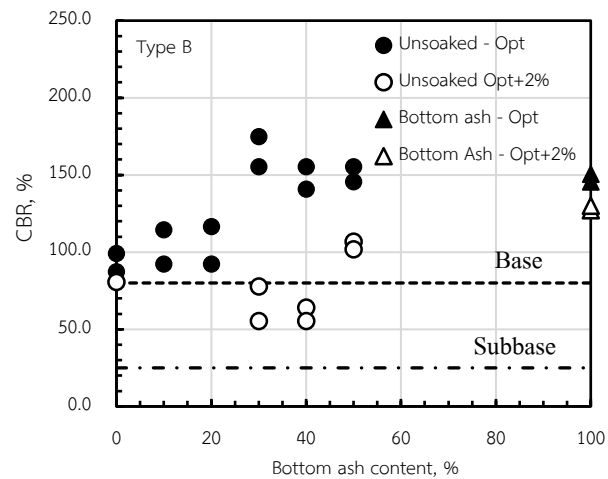
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดกับปริมาณเถ้าก้นเตา



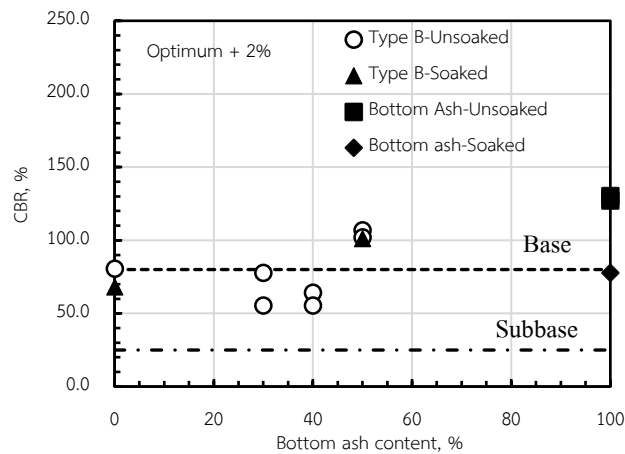
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเหมาะสมกับปริมาณเถ้าก้นเตา

1.2 คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงด้วยการทดสอบ CBR

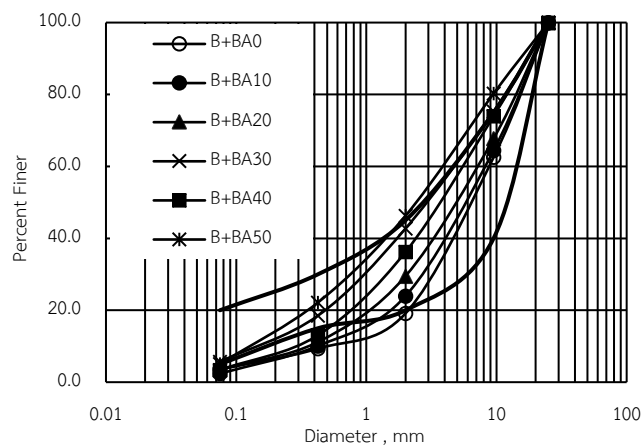
จากผลการทดสอบกำลังรับแรงด้วยการทดสอบ CBR พบว่าสำหรับดินลูกรัง Type B บดอัดด้วยความชื้นเหมาะสม และทดสอบกรณีไม่แช่น้ำ พบว่าการแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าก้นเตาในปริมาณน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 20) ค่า CBR ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าก้นเตาจะมีค่า CBR สูงขึ้นจนถึงที่อัตราส่วนการแทนที่ดินเถ้าก้นเตาร้อยละ 30 หลังจากนั้นค่า CBR มีแนวโน้มลดลงไปเทียบเท่ากับค่า CBR ของเถ้าก้นเตา ดังแสดงในภาพที่ 8 ทั้งนี้กรณีการบดอัดด้วยความชื้นเหมาะสม+ร้อยละ 2 พบว่าค่า CBR กรณีบดอัดที่ความชื้นเหมาะสม+ร้อยละ 2 มีค่าน้อยกว่ากรณีที่บดอัดที่ความชื้นเหมาะสม ซึ่งแสดงว่าความชื้นเริ่มต้นในการบดอัดมีผลต่อค่า CBR โดยค่า CBR ลดลงจนถึงการแทนที่ร้อยละ 40 และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการแทนที่ร้อยละ 50 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีแช่น้ำ พบว่าที่ร้อยละการแทนที่เถ้าก้นเตาร้อยละ 60 ค่า CBR กรณีแช่น้ำไม่แตกต่างจากกรณีไม่แช่น้ำ ดังแสดงในภาพที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานชั้นรองพื้นทางพบว่า ดินลูกรัง Type B สามารถผ่านมาตรฐานในทุกร้อยละการแทนที่ และทุกความชื้นในการบดอัด แต่หากต้องการใช้เป็นชั้นพื้นทางซึ่งต้องการค่า CBR มากกว่าร้อยละ 80 ร้อยละการแทนที่เถ้าก้นเตาในช่วงร้อยละ 30 – 60 ทั้งนี้ต้องควบคุมความชื้นในการบดอัดให้อยู่ในช่วงความชื้นเหมาะสม ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าก้นเตาในสัดส่วนที่เหมาะสม เถ้าก้นเตาซึ่งมีการกระจายขนาดเป็นทรายสามารถเข้าไปแทรกกระหว่างช่องว่างระหว่างกรวดของดินลูกรัง Type B นอกจากนี้เถ้าก้นเตามีความเปราะเมื่อถูกบดอัดทำให้มีการแตกหัก ทำให้การกระจายขนาดของดินลูกรังละเอียดขึ้น โดยเฉพาะขนาดในช่วงตะแกรง 3/8 นิ้ว ถึงตะแกรงเบอร์ 40 ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งทำให้ดินแน่นขึ้นมีอัตราส่วนช่องว่างน้อยลง เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมุติฐานนี้จึงได้มีการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 11 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำมีค่าต่ำสุดเมื่อร้อยละการแทนที่ร้อยละ 30 ซึ่งมีค่า CBR สูงสุด โดยที่ร้อยละการแทนที่ร้อยละ 10 มีค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำมากกว่าที่ร้อยละการแทนที่ร้อยละ 50 ซึ่งแสดงว่าที่ร้อยละการแทนที่ร้อยละ 50 ดินมีความแน่นกว่าเมื่อแทนที่ร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับค่า CBR เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เถ้าก้นเตาแม่เมาะ กรณีบดอัดที่ความชื้นเหมาะสม พบว่ามีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน โดยกรณีของเถ้าก้นเตาแม่เมาะพบว่าเมื่อแทนที่เถ้าก้นเตาร้อยละ 20 ได้ค่า CBR ต่ำสุด และมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าก้นเตาที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 12 โดยค่า CBR ของเถ้าก้นเตา BLCP มีค่ามากกว่าเถ้าก้นเตาแม่เมาะ



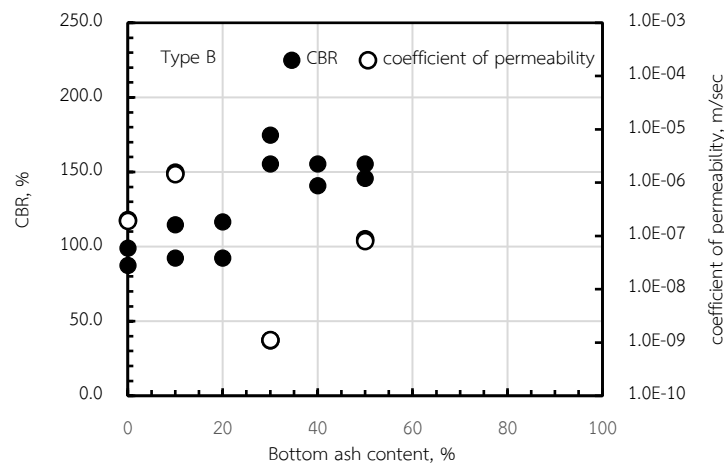
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับร้อยละการแทนที่ของเถ้าก้นเตาของดินลูกรัง Type B กรณีไม่แช่น้ำ



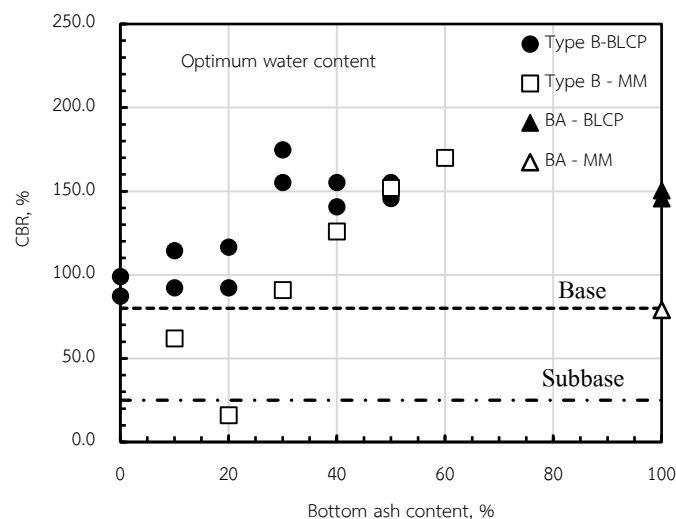
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับร้อยละการแทนที่ของเถ้าก้นเตาของดินลูกรัง Type B กรณีแช่น้ำและไม่แช่น้ำ



ภาพที่ 10 การกระจายของดินลูกรัง Type B ผสมเถ้าก้นเตาที่อัตราส่วนการแทนที่ต่าง ๆ หลังการทดสอบ CBR



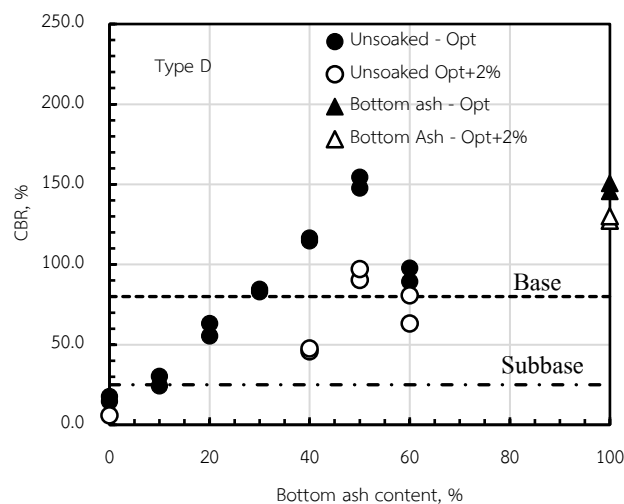
ภาพที่ 11 ค่า CBR และสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำ กับร้อยละการแทนที่ของเถ้าก้นเตา



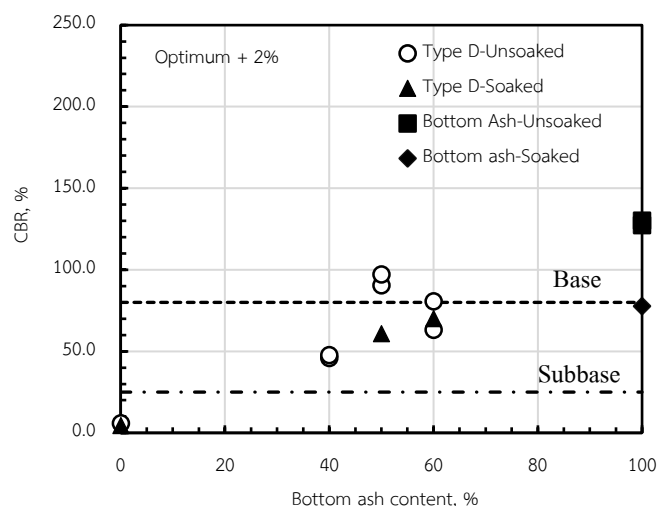
ภาพที่ 12 ค่า CBR กับร้อยละการแทนที่ของเถ้าก้นเตาของ BLCP กับเถ้าก้นเตาแม่เมาะ ของดินลูกรัง Type B กรณีนับค่าความชื้นที่เหมาะสม

สำหรับดินลูกรัง Type D ซึ่งเมื่อถูกแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาพบว่า เถ้าก้นเตาสามารถทำให้ค่า CBR มีค่าสูงขึ้นจนถึงอัตราส่วนการแทนที่ดินด้วยเถ้าก้นเตาร้อยละ 50 หลังจากนั้นค่าลดลง เนื่องจากดินลูกรัง Type D จัดได้ว่าเป็นดินประเภททรายจึงมีค่า CBR ต่ำ ซึ่งแสดงว่าเถ้าก้นเตาสามารถปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังได้ โดยแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนทั้งกรณีบดอัดด้วยความชื้นเหมาะสมและความชื้นเหมาะสม+ร้อยละ 2 ดังแสดงในภาพที่ 13 และเมื่อเปรียบเทียบค่า CBR กรณีไม่แช่น้ำและแช่น้ำ ดังแสดงในภาพที่ 14 พบว่ามีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน โดยการแทนที่เถ้าก้นเตาร้อยละ 50 ให้ค่า CBR สูงสุด ซึ่งหากเปรียบเทียบกับมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงพบว่า การแทนที่เถ้าก้นเตาร้อยละ 40 - 60 มีค่า CBR มากกว่าร้อยละ 25 ผ่านมาตรฐาน แต่หากต้องการใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางมีเพียงการแทนที่เถ้าก้นเตาร้อยละ 50 เท่านั้นที่มีค่า CBR มากกว่าร้อยละ 80 ที่ผ่านมาตรฐาน เช่นเดียวกับเถ้าก้นเตาของแม่เมาะ ก็มีพฤติกรรมใกล้เคียงกัน แต่กรณีของเถ้าก้นเตาแม่เมาะ ค่า

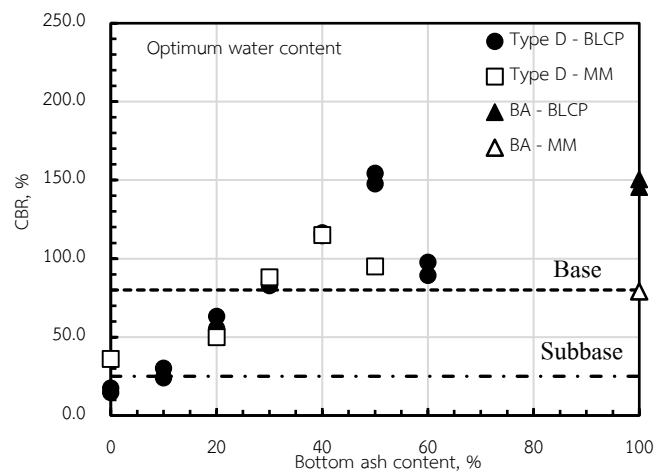
CBR สูงสุดเมื่อมีการแทนที่ร้อยละ 40 ดังแสดงในภาพที่ 15 ซึ่งแสดงว่าการใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ในดินลูกรังนั้นขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของดินลูกรังตั้งต้น หากดินลูกรังมีคุณสมบัติการรับน้ำหนักที่ดี การแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาที่ร้อยละต่ำ ๆ (ไม่เกินร้อยละ 20) ไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังได้มากนัก แต่หากแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตามากขึ้นด้วยปริมาณที่เหมาะสมสามารถพัฒนากำลังรับแรงของดินลูกรังได้ ในขณะที่ดินลูกรังที่มีคุณสมบัติการรับน้ำหนักไม่ดีนัก การแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาสามารถพัฒนากำลังรับแรงของดินลูกรังได้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสม หากเพิ่มปริมาณเถ้าก้นเตามีผลทำให้กำลังรับแรงลดลง



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับร้อยละการแทนที่ของเถ้าก้นเตาของดินลูกรัง Type D กรณีไม่แช่น้ำ



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับร้อยละการแทนที่ของเถ้าก้นเตาของดินลูกรัง Type D กรณีไม่แช่น้ำและแช่น้ำ



ภาพที่ 15 ค่า CBR กับร้อยละการแทนที่ของเถ้าก้นเตาของ BLCP กับเถ้าก้นเตาแม่เมาะ ของดินลูกรัง Type D กรณีบดอัดที่ความชื้นเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

- เมื่อแทนที่ดินลูกรังที่ทำการคัดขนาดตามมาตรฐานรองพื้นทางวัสดุมวลรวมกรมทางหลวง ทล.-ม. 205/2532 Type B และ Type D ด้วยเถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้า BLCP Power จำกัด จังหวัดระยอง ทำให้ดินทั้ง 2 ประเภท สามารถบดอัดได้ดีขึ้น โดยที่เถ้าก้นเตาทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณอัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเถ้าก้นเตามีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าดิน ในขณะที่ความชื้นเหมาะสมมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเถ้าก้นเตามีรูพรุนสูง จึงดูดซับน้ำได้มากด้วย
- เถ้าก้นเตาจากทั้ง 2 แหล่งสามารถปรับปรุงคุณสมบัติด้านการรับน้ำหนักของดินลูกรังทั้ง 2 ประเภทได้ โดยเฉพาะเมื่อแทนที่เถ้าก้นเตาด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้ค่า CBR มีค่าสูงสุด โดยกรณีของดินลูกรัง Type B ที่อัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 30 และสำหรับดิน Type D ที่อัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 50 สำหรับเถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้า BLCP เมื่อบดอัดที่ความชื้นเหมาะสมให้ค่า CBR สูงสุด
- ความชื้นในการบดอัด มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักของดินลูกรังแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตา ดังนั้นหากต้องการใช้ดินลูกรังแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาสำหรับวัสดุรองพื้นทางอัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาในช่วงร้อยละ 30 - 50 ให้ค่า CBR ผ่านมาตรฐานชั้นรองพื้นทาง สำหรับดินทั้งสองประเภท แต่หากต้องการใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง ต้องมีการควบคุมความชื้นในการบดอัด สำหรับอัตราส่วนการแทนที่เถ้าก้นเตาร้อยละ 50 สำหรับดินทั้งสองประเภทมีค่า CBR ผ่านมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ต้องขอขอบคุณความอนุเคราะห์เถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้า BLCP Power จำกัด ขอขอบคุณภาควิชาโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับสถานที่และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำการทดลอง และสำหรับเงินทุนการศึกษาและการทำวิจัยได้รับทุนการศึกษาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

1. Chai J, Raungrut C. Use of Ground Bottom Ash as a Pozzolanic Material in Concrete. Research and Development Journal. 2003; 15(2): 1-8. Thai.
2. Manual for using Bottom Ash replacement fine Aggregates of Concrete. Thailand Concrete Association (TCA). 2016. Thai.
3. Cabrera M, Galvin AP, Agrela F, Carvajal MD, Ayuso J. Characterisation and technical feasibility of using biomass bottom ash for civil infrastructures. Construction and Building Materials. 2014; 58, pp. 234-244.
4. Ronnapoom L, Prateep D. Improvement of lateritic soil by bottom ash and Typical Lime a BLCP Provider. The 15th National Convention on Civil Engineering. 2010; May 12 – 14; Ubon Ratchathani, Thailand.
5. Kittisak C. Improvement of Lateritic Soil by Bottom Ash and Lime. [M.Eng]. Bangkok: Kaseetsart University; 2013. Thai.
6. Nidapa P, Jutamath Y. The use of bottom ash mixed with lateritic soil for subbase. [B.Eng]. Phathumtani: Thammasat University; 2018. Thai.
7. Nunthawat S, Jirawat A. Stabilization of Lateritic Soil by Bottom Ash. Civil Engineering. [B.Eng]. Phathumtani: Thammasat University; 2018. Thai.
8. Balachowski L, Sikora S. Mechanical properties of bottom ash – dredge material mixtures in laboratory tests. Studia Geotechnica et Mechanica. 2013; 35(3), pp. 3-11.
9. Cabrera M, Garcia JR, Ayuso J, Estaire J, Agrela F. Feasibility of using olive biomass bottom ash in the sub-bases of roads and rural paths. Construction and Building Materials. 2018; 181 pp. 266-275.
10. Department of Highways. “Standard No. DH-S 205/2532 standard for subbase material” [Internet 2019 Jun 7 ; cite 2020 Nov 25]. Available www.doh.go.th/doh/images/aboutus/standard/01/dhs205-32.pdf
11. Thet Htet Ye Htun, Parnthep J, Weeraya C, Somnuk T. Use of Bottom Ash as a Subbase Material for Pavement. The 15th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (iSAINLP 2020) and The International Conference on Artificial Intelligence and Internet of Things (AIoT 2020); 2020 Nov 18 – 20; Bangkok, Thailand.
12. Onticha J. Possibility Study to Use Lateritic Soil Replaced by Bottom Ash as Highway Material. [M.Eng]. Phathumtani: Thammasat University; 2020. Thai.