การศึกษาการนำเศษคอนกรีตมาใช้เป็นวัสดุร่วมในการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง
A STUDY OF RYCYCLE CONCRETE TO CONCERTED IN SUBBASE COURSE HIGHWAY MATERIALS

*โชคชัย ไตรยสุทธิ์**
Chokchai Traiyasut*

สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธาและสถาปัตยกรรม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
Major of Civil Technology and Architecture, Faculty of Liberal Art and Science, Sisaket Rajabhat University.

**Corresponding author, e-mail: ts.chokchai@gmail.com*

Received: *29 May 2020;* ***Revised:*** *16 February 2021;* ***Accepted:*** *21 May 2021*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาคุณสมบัติของดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ผสมด้วยเศษคอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้างเพื่อใช้ในการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง โดยใช้ดินลูกรังจากบ่อยืมในอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ กำหนดสัดส่วนระหว่างดินลูกรังและเศษคอนกรีตที่ร้อยละ 10 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ทำการทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ผลการวิจัยพบว่า ดินลูกรังที่นำมาใช้ในการทดลองมีดัชนีความเหนียว 14.63 ความถ่วงจำเพาะ 2.75 เมื่อบดอัดแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐานได้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด 2.24 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมร้อยละ 5.90 และเป็นดินประเภทกรวด หลังจากนั้นทำการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยซีเมนต์ที่ร้อยละ 5 ในทุกอัตราส่วนทดสอบเพื่อทดสอบหาค่า C.B.R. จากการทดสอบดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมเศษคอนกรีตผ่านเกณฑ์ชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงทุกอัตราส่วนผสม และมีกำลังอัดสูงขึ้นตามจำนวนครั้งในการบดอัด ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำเศษคอนกรีตใช้เป็นวัสดุร่วมในการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง

คำสำคัญ: วัสดุรองพื้นทาง เศษคอนกรีต การปรับปรุงคุณภาพดิน

Abstract

The purpose of this research is to study the behavior of lateritic-soil improved by Portland cement type 1 and recycle concrete for subbase course materials. The Sisaket province lateritic-soil sample were used and mixed with concrete recycle by 10 15 and 20 % by weight, and test were instead regarding to standard of highway testing of materials. The result was found that. The natural physical properties of lateritic-soil are as flowing, the plastic index value is 14.63 specific gravity is 2.75, maximum dry density using modified proctor compaction test is 2.24 gm/cm^3, optimum moisture content is 5.90% and this soil is classified as GW (gravel) type. After that the lateritic-soil was improved by Portland cement type 1 with 5% by weight. The California bearing ratio (C.B.R.) found that. Every sample test are pass standard of highway

subbase course materials and compressive strength vary on blow of compaction test, so that, there is a possibility to used concrete recycle into subbase course materials in highway construction.

Keywords: Subbase course materials, Concrete recycle, Soil improvement

บทนำ

วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางถนนตามมาตรฐานการก่อสร้างทางของกรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบทจะใช้วัสดุอยู่สองชนิดคือ หินคลุก และดินลูกรัง ในการเลือกใช้วัสดุใดนั้นจะพิจารณาจากคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดและต้นทุนเป็นหลัก การพิจารณาวัสดุนำมาใช้งานจะพิจารณาจากแหล่งวัสดุในท้องถิ่นบริเวณไม่ไกลจากแหล่งก่อสร้างเพื่อสะดวกและลดต้นทุนในการขนส่ง ทั้งนี้กรมทางหลวงได้นำเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพวัสดุงานทางด้วยซีเมนต์มากว่า 30 ปี สำหรับงานชั้นพื้นทาง (Base) และชั้นรองพื้นทาง (Subbase) เช่น งานวิจัยของ วสันต์ ปั้นสังข์ และคณะ [1] นำวัสดุท้องถิ่นมาใช้โดยการปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมให้ดีขึ้น สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลดปัญหาความเสียหายโครงสร้างทางและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีโครงการก่อสร้างถนนรวมทั้งการขยายผิวการจราจรเพื่อยกระดับการคมนาคม การขนส่ง โลจิสติกส์ ของประเทศให้สามารถเชื่อมโยงได้ทั้งภายในประเทศ และภูมิภาคอาเซียน จึงส่งผลให้ความต้องการวัสดุมากขึ้น เกิดปัญหาการขาดแคลนวัสดุ มีการพัฒนาวัสดุทดแทนและวัสดุผสมเพิ่มเพื่อพัฒนากำลัง จากการรายงานผลการวิจัยของ จตุรงค์ เสาวภาคย์ไพบูลย์ และคณะ [2] พบว่า สำหรับดินลูกรังแล้วการปรับปรุงคุณภาพต้องมีการผสมสารเคมีประเภทโพลีเมอร์เคมโรดเพื่อเพิ่มความเหนียวและความยืดหยุ่นให้กับดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพดินซีเมนต์ เนื่องจากการผสมซีเมนต์ในปริมาณที่มากเกินไปจะให้ให้วัสดุมีความเปราะ และจากผลการศึกษาในการวิจัยของ ภานุวัฒน์ สุริยฉัตร และธาดาพงศ์ ประถมวงษ์ [3] ยังพบปัญหาในเรื่องของ ระยะเวลาในการบดอัดที่ล่าช้าเป็นสาเหตุให้กำลังอัดของดินซีเมนต์ลดลงและความหนาแน่นที่ได้จะต่ำกว่าความเป็นจริง การนำวัสดุในท้องถิ่นมาปรับปรุงคุณภาพด้วยวัสดุทางธรรมชาติ เช่นงานวิจัยของ เมธาวี ชาวสวน และวีระเกษตร สวนผกา [4] นำดินลูกรังมาปรับปรุงคุณภาพด้วยฟูจิเบตอน (Fuji Beton) และน้ำยางพาราธรรมชาติ (Natural Rubber Latex) ผลปรากฏว่าการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังด้วยฟูจิเบตอนและน้ำยางพาราสามารถรับกำลังอัดได้สูงกว่าหรือเท่ากับมาตรฐานของกรมทางหลวง การปรับปรุงเพื่อเพิ่มคุณภาพของวัสดุจึงเป็นเรื่องที่หน่วยงานก่อสร้าง และนักวิจัยต้องเร่งคิดค้นและพัฒนาวัสดุ รวมถึงเทคนิค วิธีการก่อสร้างให้สามารถนำมาใช้งานได้ ด้วยพฤติกรรมการรับน้ำหนักของโครงสร้างชั้นทางที่ต้องรับน้ำหนักมาก การออกแบบและการเลือกใช้วัสดุจึงต้องมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการใช้งาน รวมถึงต้นทุนและคุณภาพของวัสดุที่นำมาใช้

การลดต้นทุนการก่อสร้างถนนด้วยการพิจารณาคัดเลือกวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นและใกล้กับบริเวณโครงการก่อสร้างมากที่สุดแล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์หรือสารเคมีผสมเพิ่ม ล้วนต้องการแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนวัสดุ ต้นทุน และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นหากสามารถนำวัสดุกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยเฉพาะการก่อสร้างซึ่งการหมุนเวียนวัสดุกลับมาใช้ด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติให้สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ จะช่วยลดต้นทุนได้ เช่นการวิจัยของ บัณฑิต ทองคำ [5] นำวัสดุเหลือทิ้งจากงานก่อสร้างมาทดแทนมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีตให้สามารถมีกำลังอัดตามที่ออกแบบไว้ พร้อมทั้งศึกษาต้นทุนการผลิต พบว่า คุณสมบัติทางกลผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และมีต้นทุนที่ต่ำกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุเหลือทิ้งยังมีประโยชน์สามารถมารถประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างด้วยการทดแทนวัสดุหลัก หรือทำหน้าที่เป็นวัสดุร่วมในวัสดุหลักอีกทาง ปัญหาในเรื่องการกำจัดของเสียจากการก่อสร้างโดยเฉพาะคอนกรีตนั้นการกำจัดค่อนข้างยากเนื่องจากวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมีน้ำหนักมากการขนถ่ายไปยังสถานที่จัดเก็บเป็นไปด้วย

ความลำบากและมีต้นทุนสูง จากการวิจัยของ สถิตย์พงษ์ วงศ์สง่า และอาภา สธนเสาวภาคย์ [6] ทำการกำจัดของเสียด้วยการนำมาบดละเอียดสำหรับงานมอร์ตาร์ในงานปูนฉาบ เพื่อทดแทนทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดในอัตราส่วนร้อยละ 0 - 30 พบว่า ขนาดของอนุภาคของคอนกรีตเก่าที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้กำลังอัดของมอร์ต้าปูนฉาบลดลง และมีปริมาณการแทนที่ที่เหมาะสมของอนุภาค เล็ก กลาง และใหญ่ ที่ร้อยละ 28 30 และ 30 ตามลำดับ และการวิจัยของ พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร [7] ทำการแทนที่วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร คือ ใบอ้อยและใบข้าวโพดด้วยการแทนในปูนซีเมนต์ ที่อัตราส่วน 4,6,8,และ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ซึ่งการแทนที่ของใบอ้อยที่ร้อยละ 4 ทำให้สมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล๊อกลดลง แต่คุณสมบัติด้านการต้านทามความร้อนมากขึ้น เหมาะต่อการพัฒนาต่อให้เป็นวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนอาคาร ในส่วนของการนำคอนกรีตเก่าที่ใช้แล้วกลับมาแทนมวลรวมหยาบในวัสดุที่ใช้เป็นท่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็กดังเช่นการวิจัยของ สุภาพ ตรีธัญญา [8] นำคอนกรีตเก่าแทนที่มวลรวมหยาบทำให้ค่ากำลังอัดลดลงตามสัดส่วนของการแทนที่ และสามารถแทนที่ได้สูงสุดร้อยละ 80 ของมวลรวมธรรมชาติ ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การขาดแคลนวัสดุในการก่อสร้างทางเป็นปัญหาอย่างมากเนื่องจากการก่อสร้างถนนต้องใช้วัสดุในการก่อสร้างโครงสร้างถนนในปริมาณมากจึงได้มีการนำวัสดุเก่ากลับมาใช้มากขึ้นด้วยการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการก่อสร้างมาใช้ในการก่อสร้างพื้นทางหินคลุกตามมาตรฐานของ ASSHTO ASTM และกรมทางหลวงเพื่อหาความเป็นไปได้ของการนำคอนกรีตเหลือทิ้งกลับมาใช้งานโดยการวิจัยของ อานนท์ ต้นสายเพชร [9] ทำการศึกษาวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุกผสมด้วยคอนกรีตเหลือทิ้งผลการศึกษาพบว่าทุกอัตราส่วนผสมผ่านมาตรฐานการก่อสร้างของกรมทางหลวง ในส่วนของการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรฐศาสตร์ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นของการลงทุนความคุ้มค่าของคอนกรีตเหลือทิ้งจะอยู่ที่ 40 บาท ต่อตัน การวิจัยของอภิชิต คำภาหล้า และคณะ [10] ทำการปรับปรุงกำลังอัดแกนเดียวและซีบีอาร์ของดินลูกรังโดยกากแคลเซียคาร์ไบด์และเถ้าลอย เมื่อผสมกากแคลเซี่ยมคาร์ไบด์ทำให้ค่าดัชนีความเป็นพลาสติกของดินตัวอย่างลดลง ในส่วนค่ากำลังอัดแกนเดียวและค่า ซีบีอาร์ มีค่าเพิ่มขึ้น การผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในปริมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักดินแห้ง ส่งผลให้ดินตัวอย่างใช้เป็นวัสดุในงานชั้นรองพื้นทางได้ และในงานวิจัยของนิโรจน์ เงินพรม [11] ทำการวิจัยโดยใช้ดินลูกรังผสมซีเมนต์และตระกันเหล็กสำหรับงานชั้นทางดินซีเมนต์ ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อดินชั้นทาง คือ ดินลูกรังร้อยละ 95 ปูนซีเมนต์ร้อยละ 3.5 และตระกันเหล็กที่ร้อยละ 1.5 ส่งผลให้ค่าซีบีอาร์สูงขึ้นและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของชั้นทางดินซีเมนต์ของกรมทางหลวง ดังนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่าการนำเศษคอนกรีตมาประยุกต์และนำกลับมาใช้ในการก่อสร้างงานถนนมีความเป็นไปได้ ซึ่งในโครงสร้างทางแล้วยังมีชั้นรองพื้นทางที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นวัสดุร่วมกับวัสดุหลัก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำคอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้างมาผสมร่วมกับวัสดุหลักคือดินลูกรังเพื่อทดสอบคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง เป็นการกำจัดของเสียจากการก่อสร้างนำกลับมาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์ พร้อมทั้งลดปัญหาผลกระทบของของเสียจากการก่อสร้างที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมอีกทาง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินลูกรังที่นำมาผสมกับคอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้าง
2. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้คอนกรีตเหลือทิ้งกับดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์สำหรับการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง โดยยึดตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ดินลูกรัง (Lateritic Soil) เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการก่อสร้างทาง ประกอบด้วยดินคันทาง รองพื้นทาง เป็นต้น ดินลูกรังเกิดจากการผุพังของหินตามธรรมชาติ มีลักษณะเป็นชั้นอยู่ลึกจากผิวดินลงไปประมาณ 0.3 – 2.0 เมตร มีสีแดงอมส้ม สีจะเข้มขึ้นตามปริมาณของแร่เหล็ก อลูมิเนียม ไททาเนียม และแมกนีเซียม ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้ดินลูกรังจากบ่อยืม อำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งบ่อยืมนี้เป็นบ่อที่กรมทางหลวง และ กรมทางหลวงชนบทนำไปใช้ในการก่อสร้างถนนภายในจังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดใกล้เคียง นำดินที่ได้จากบ่อยืมมาทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางวิศวกรรม

2. เศษคอนกรีต หรือ คอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้าง (Recycle Concrete) ใช้คอนกรีตเหลือทิ้งจากโครงการก่อสร้างอาคารภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษที่ทำการทดสอบกำลังอัดจากเครื่องทดสอบแล้วเหลือเป็นเศษคอนกรีต ซึ่งมีกำลังอัด 240 ksc. (Cylinder) นำมาทุบด้วยฆ้อนและบดด้วยเครื่อง Los Angeles Abrasion เพื่อให้อนุภาคเล็กลง หลังจากนั้นทำการร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาดคละใกล้เคียงกับอนุภาคของเม็ดดินลูกรังที่ใช้ในการวิจัย

3. ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

4. น้ำ ใช้น้ำประปาในการผสมตัวอย่างทดสอบ

การเตรียมตัวอย่าง

นำดินลูกรังที่ได้จากบ่อยืมมาทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมตามเกณฑ์มาตรฐานวัสดุงานทางของกรมทางหลวง ในส่วนของคอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้างนำมาบดย่อยให้มีอนุภาคเล็กลงโดยใช้ฆ้อนทุบให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร และนำเข้าเครื่อง Los Angeles ทำการบดอัดที่ 500 รอบ หลังจากนั้นนำมาร่อนผ่านตระแกรงเบอร์ 3/4” เพื่อให้มีขนาดคละเท่ากันกับดินลูกรัง แล้วนำมาผสมกับซีเมนต์ โดยซีเมนต์ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้กำหนดเริ่มต้นที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก จำนวนตัวอย่างการทดสอบ 6 ตัวอย่างต่อหนึ่งสูตรการผสม การเตรียมวัสดุดินลูกรังและคอนกรีตเหลือทิ้งที่ใช้ในการวิจัย แสดงในภาพที่ 1 และการกำหนดอัตราส่วนผสมแสดงในตารางที่ 1

ภาพที่ 1 การเตรียมวัสดุในการทดสอบ

ตารางที่ 1 ร้อยละโดยน้ำหนัก อัตราส่วนผสมระหว่าง ดินลูกรัง ซีเมนต์ และคอนกรีตเหลือทิ้ง

ตัวอย่าง	ดินลูกรัง (%)	ปูนซีเมนต์ (%)	เศษคอนกรีต (%)	จำนวนตัวอย่าง
SC-RC-A	85	5	10	6
SC-RC-B	80	5	15	6
SC-RC-C	75	5	20	6

*** SC-RC คือ ตัวอย่างทดสอบ ดินซีเมนต์ผสมเศษคอนกรีต

มาตรฐานการทดสอบ

การวิจัยในครั้งนี้ทำการทดสอบวัสดุชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานของกรมทางหลวง [12] ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มาตรฐานการทดสอบ

การทดสอบ	มาตรฐาน
การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ	ทล.-ท 101/2515
การทดสอบหาขนาดคละของเม็ดดินแบบล้าง	ทล.-ท 205/2517
การทดสอบหาค่า Liquid Limit (LL.) ของดิน	ทล.-ท 102/2515
การทดสอบหาค่า Plastic Limit (PL.), Plastic Index (PI.) ของดิน	ทล.-ท 103/2515
การทดสอบหาค่าความสึกหรอของดิน	ทล.-ท 202/2515
การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน	ทล.-ท 108/2517
การทดสอบ California Bearing Ratio (C.B.R.)	ทล.-ท 109/2515
การทดสอบ Unconfined Compressive Strength (UCS)	ทล.-ท 105/2515

ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินลูกรังที่นำมาใช้ในการวิจัยประกอบด้วยการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน ขีดจำกัดความเหลว (LL.) ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (PL.) การทดสอบหาค่าความสึกหรอ การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน และการทดสอบ C.B.R. เป็นต้น

ขั้นที่ 2 นำดินลูกรังมาปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก [13] ทำการเติมปริมาณน้ำจากการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Test) ซึ่งผลของการทดสอบได้ปริมาณน้ำที่เหมาสม Optimize Water Content (O.W.C) จากตารางที่ 3 มีค่าเท่ากับ 5.90 ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Max Dry Density) เท่ากับ 2.24 gm/cm^3

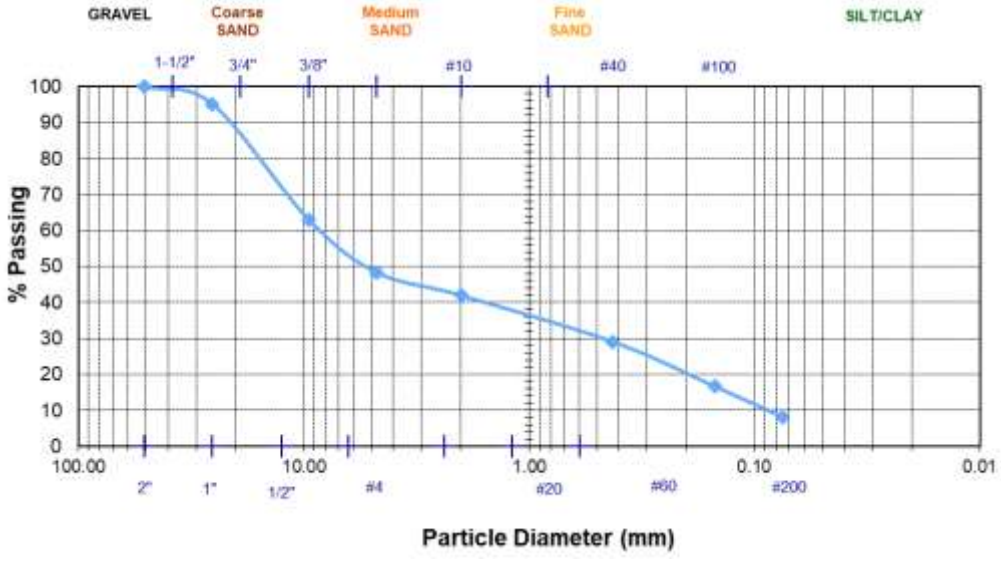
ขั้นที่ 3 นำเศษคอนกรีตผสมเข้ากับดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ตามสัดส่วนที่กำหนดในตารางที่ 1 และใช้ปริมาณน้ำจากขั้นตอนที่ 2 ที่ร้อยละ 6 เพื่อใช้ในการผสมหลังจากนั้นทำการทดสอบหาค่า C.B.R. แบบแช่น้ำ (Soaked) ที่ 4 วัน ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 การทดสอบ C.B.R. แบบแช่น้ำ

ขั้นที่ 4 จากสัดส่วนผสมในตารางที่ 1 ทำการทดสอบ C.B.R. ที่การบดอัด 12 25 และ 56 ครั้ง เพื่อหาค่ากำลังอัดของตัวอย่างทดสอบ

ผลการวิจัย

การทดสอบขนาดคละของดินลูกรังซึ่งเป็นวัสดุหลักที่จะนำมาผสมกับเศษคอนกรีตที่เป็นวัสดุรีไซเคิลตามอัตราส่วนที่กำหนด ขนาดคละของดินลูกรังที่ได้จากบ่อยืมในอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษซึ่งเป็นบ่อยืมที่กรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท ใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างถนนในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดใกล้เคียง ขนาดคละเป็นดังภาพที่ 3 และคุณสมบัติทางวิศวกรรมเป็นดังตารางที่ 3



ภาพที่ 3 ขนาดคละของดินลูกรัง

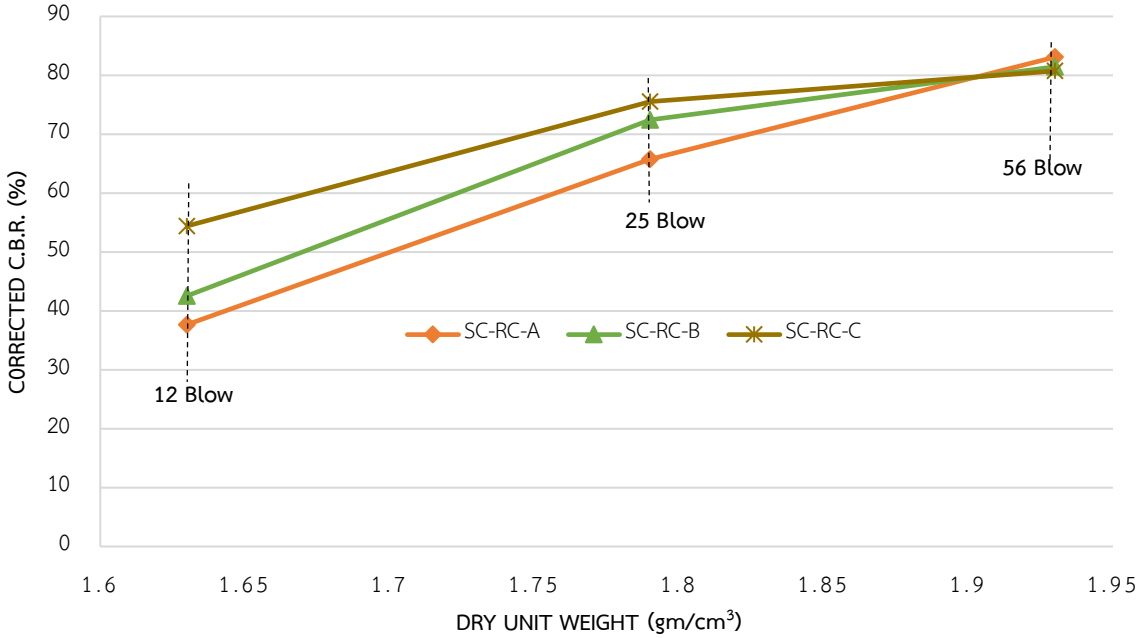
การทดสอบคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินลูกรังตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ได้ค่าดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของดินลูกรัง

รายการทดสอบ	ค่าที่ได้	หน่วย
Liquid Limit, LL	28.13	%
Plastic Limit, PL	13.50	%
Plastic Index, PI	14.63	%
Modified Proctor Compaction Test		
Dry Unit Weight of Soil	2.24	gm/cm^3
Optimize Moisture Content	5.90	%
Specific Gravity	2.75	-
Los Angeles Abrasion of Coarse Aggregate	31	%
Unconfined Compressive Strength	1.65	ksc
California Bearing Ratio, CBR (Soaked)	18	%
Soil Classification	GW	-

จากการศึกษาสมบัติด้านวิศวกรรมที่สำคัญของดินลูกรังที่นำมาใช้ในการทดลองในครั้งนี้ตามตารางที่ 3 พบว่า มีค่าความถ่วงจำเพาะที่ 2.75 การจำแนกประเภทของดินเป็นกรวด (GW) ร้อยละการผ่านตระแกรงและขนาดคละเป็นดังภาพที่ 1 ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการบดอัดด้วยวิธีสูงกว่ามาตรฐานอยู่ที่ร้อยละ 5.90 และมีค่า C.B.R. เท่ากับ 18 % แสดงให้เห็นว่าดินนี้มีคุณสมบัติด้านวิศวกรรมค่อนข้างต่ำ เหมาะสำหรับใช้ในการก่อสร้างเป็นดินคันทาง [10,11] ในการก่อสร้างถนนซึ่งยังไม่เหมาะสำหรับชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นพื้นทางที่ต้องการค่า C.B.R. ที่สูงกว่านี้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงดินที่ได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศไทยไม่เพียงเฉพาะงานถนนเท่านั้น หากแต่คุณภาพทางด้านวิศวกรรมของดินในงานก่อสร้างต่ำการปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์จึงเป็นวิธีการที่จะเพิ่มความแข็งแรง ความคงทน และลดการทรุดตัว [14]

การศึกษากำลังอัดของดินลูกลังปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมเศษคอนกรีตด้วยการทดสอบ C.B.R. ที่การบดอัด 12, 25 และ 56 ครั้ง ผลที่ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่า C.B.R. ต่อหน่วยน้ำหนักที่การบดอัด 12 25 และ 56 ครั้ง

จากภาพที่ 4 แสดงค่า C.B.R. ของตัวอย่างทดสอบทั้ง 3 ที่มีปริมาณเศษคอนกรีตที่ร้อยละ 10 15 และ 20 พบว่า C.B.R. ของการทดสอบ SC-RC-A การบดอัดที่ 12 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 37.68 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.63 gm/cm^3 การบดอัดที่ 25 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 65.73 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.79 gm/cm^3 การบดอัดที่ 56 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 83.10 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.93 gm/cm^3 การทดสอบ SC-RC-B การบดอัดที่ 12 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 42.56 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.59 gm/cm^3 การบดอัดที่ 25 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 72.46 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.73 gm/cm^3 การบดอัดที่ 56 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 81.46 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.84 gm/cm^3 การทดสอบ SC-RC-C การบดอัดที่ 12 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 54.42 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.59 gm/cm^3 การบดอัดที่ 25 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 75.53 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.70 gm/cm^3 การบดอัดที่ 56 ครั้งได้ค่า C.B.R. ร้อยละ 80.74 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง 1.75 gm/cm^3 จากการทดสอบยังพบว่า C.B.R มีค่าสูงขึ้นตามจำนวนครั้งของการบดอัดที่การบดอัด 12 25 และ 56 ครั้ง แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดจะแปรผันตามจำนวนครั้งที่ทำการบดอัดและปริมาณเศษคอนกรีต

การทดสอบค่า C.B.R. ของดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมเศษคอนกรีตของตัวอย่างทดสอบทั้ง 3 สูตรผสมผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่า C.B.R. ของตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่าง	C.B.R. (%)	Dry density gm/cm^3	Swell (%)	ชั้นคุณภาพ	เกณฑ์ชั้นทาง [10,11]
SC-RC-A	83.10	1.93	0.85	ดีที่สุด	พื้นทาง
SC-RC-B	81.46	1.84	0.68	ดีที่สุด	พื้นทาง
SC-RC-C	80.74	1.75	0.63	ดีที่สุด	พื้นทาง

การทดสอบค่า C.B.R. ของทั้ง 3 ตัวอย่าง พบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานชั้นทางของกรมทางหลวงอยู่ในเกณฑ์ดีที่สุด ค่าที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างผ่านเกณฑ์สำหรับชั้นพื้นทาง แต่ในการวิจัยในครั้งนี้การทดสอบและคาดหวังผลและการนำมาใช้ประโยชน์ในชั้นรองพื้นทางเท่านั้น ซึ่งสามารถการเปรียบเทียบค่า C.B.R. ของตัวอย่างทดสอบกับเกณฑ์ของกรมทางหลวงที่กำหนดชั้นรองพื้นทางกำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 จึงสามารถใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางได้

สรุปและอภิปรายผล

1. สรุปผล

1.1 คุณสมบัติของดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ผสมเศษคอนกรีตเหลือทิ้งมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวง

1.2 ค่า C.B.R. ของตัวอย่างทดสอบที่ผสมเศษคอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้างที่ร้อยละ 10 15 และ 20 มีค่า 83.10 81.46 และ 80.74 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงที่กำหนดไว้ขั้นต่ำที่ร้อยละ 25

1.3 ปริมาณการใช้คอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้างที่ร้อยละ 10 15 และ 20 นำมาบดละเอียดและร่อนผ่านตระแกรงให้มีขนาดคละที่เท่ากันกับดินลูกรังตามมาตรฐานกรมทางหลวง การแทนที่ดินลูกรังในปริมาณข้างต้นจากสูตรการทดสอบทั้ง 3 สูตรการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวง

1.4 แนวโน้มของค่ากำลังอัดของตัวอย่างทดสอบมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามปริมาณของเศษคอนกรีตและปริมาณการบดอัดซึ่งสามารถปรับปรุงคุณภาพการบดอัดและกำลังอัดได้อีก

2. อภิปรายผล

ตัวอย่างทดสอบทุกส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงที่การบดอัด 56 ครั้ง ซึ่งตามมาตรฐานของกรมทางหลวงกำหนดค่า C.B.R. ของชั้นรองพื้นทางไว้ที่ร้อยละ 25 เท่านั้นดังปรากฏในงานวิจัยของ อภิชิต คำภาหล้า และคณะ [10] ในมาตรฐานของกรมทางหลวง [13] ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่างทดสอบมีปริมาณซีเมนต์เก่าที่อยู่ในคอนกรีตเหลือทิ้งและมีการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยปูนซีเมนต์ทำหน้าที่ในการเชื่อมประสานระหว่างอนุภาคของดินลูกรังเศษคอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์เก่าปนอยู่ กอปรกับจำนวนครั้งในการบดอัดที่พลังงานในการบดอัดสูงขึ้นจึงทำให้อนุภาคของวัสดุมีความแน่นมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นแห้งของวัสดุ และสอดคล้องกับงานวิจัยของจตุรงค์ เสาวภาคย์ไพบูลย์ และคณะ [2] อานนท์ ต้นสายเพชร [9] อภิชิต คำภาหล้า และคณะ [10] และนิโรจน์ เงินพรม [11] ที่ผลของกำลังอัดจะแปรผันตามจำนวนครั้งของการบดอัด พร้อมทั้งการบดย่อยอนุภาคของเศษคอนกรีตที่มีทั้งปูนซีเมนต์เก่าที่ผสมอยู่เมื่อได้รับปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มจากการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังจึงทำให้คุณภาพของการบดอัดสูงตามไปด้วย อีกทั้งการนำเศษคอนกรีตร่อนผ่านตระแกรงให้มีขนาดคละเดียวกันกับดินลูกรังแล้วนำมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยมีซีเมนต์เป็นตัวเชื่อมประสานก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่า C.B.R อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเศษคอนกรีตมาใช้เป็นวัสดุร่วมในการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางและผ่านมาตรฐานของกรมทางหลวงเนื่องจากค่า C.B.R. คือค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก และผลจากการทดสอบ พบว่า มีค่าอยู่ในมาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเศษคอนกรีตเหลือทิ้งจากการก่อสร้างนั้นสามารถนำมาบดละเอียดตามมาตรฐานขนาดคละของวัสดุคัดเลือกแล้วสามารถใช้ประโยชน์เป็นวัสดุร่วมกับดินลูกรังปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ใช้ในการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางตามมาตรฐานการก่อสร้างของกรมทางหลวง

จากผลการวิจัย หากนำเศษคอนกรีตทั้ง 3 ส่วนผสมมาใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางแล้วยังสามารถใช้ได้ตั้งแต่วัสดุคันทาง วัสดุรองพื้นทาง และวัสดุพื้นทาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อานนท์ ต้นสายเพชร [9]

ทั้งนี้เนื่องมาจากดินลูกรังที่นำมาใช้ในการทดสอบผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการผสมปูนซีเมนต์เพื่อให้สามารถรับกำลังและเพิ่มค่า C.B.R. ของวัสดุได้ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ พานิช วุฒิพฤกษ์ [14] หากแต่การนำดินมาจากบ่อยืมที่แตกต่างกันมาใช้ในการก่อสร้างทางต้องทำการออกแบบอัตราส่วนผสมระหว่างดินและปริมาณซีเมนต์ให้มีความเหมาะสมและผ่านเกณฑ์วัสดุชั้นทางตามเกณฑ์มาตรฐานของ กรมทางหลวง [13] ดังนั้น หากจะทำการกำจัดของเสียจากการก่อสร้างโดยเฉพาะเศษคอนกรีต การนำมาเป็นวัสดุร่วมกับดินซีเมนต์ใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างถนนจึงเป็นอีกทางเลือกที่สามารถทำได้

3. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเศษคอนกรีตมาใช้ในการผสมแทนที่ดินลูกรังตามธรรมชาติจากบ่อยืมในจังหวัดศรีสะเกษตามปริมาณสัดส่วนการผสมที่กำหนดในการวิจัย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดการขาดแคลนวัสดุก่อสร้างถนน การกำจัดของเสียจากการก่อสร้าง และการนำวัสดุเก่ามาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์ ในการวิจัยยังไม่ได้ศึกษาถึงโครงสร้าง ส่วนประกอบและองค์ประกอบทางเคมี ของคอนกรีตเหลือทิ้งที่อาจจะส่งผลต่อคุณสมบัติของวัสดุที่ทดสอบและนำมาใช้งาน รวมถึงการเสริมกำลังด้วยซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ Hydraulic ร่วมกับวัสดุอื่น เช่น เถ้าลอย กากแคลเซียมคาร์ไบด์ Renolith Lime Fuji Beton Polymer ฯ และทำการทดสอบเพิ่มเติม เช่น ความคงทน กำลังอัดแกนเดียว และการทดสอบ C.B.R. การบดอัดสูงขึ้นที่ 75 ครั้ง เพื่อดูแนวโน้มของกำลังอัด ให้สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างถนนชั้นพื้นทาง หรือพื้นทางแบบรีไซเคิล เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผลการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

เอกสารอ้างอิง

[1] Wasan Punsung, Baramate Wannapooti, Kritsana Pensomboon and Jirarote Sukonrat. (2010, November). Durability and Strength of Cement-Treated Base Highway Materials. *KU Journal of Engineering*. 23(74): 75-86.

[2] Jaturonk Saowapakpiboon, Dennes T. Bergado and Thanawarath Kritpuckkrapong. (18 August 2017). Increasing Engineering Properties of Laterrite Soil by Using Portland Cement Type 1 and Chemroad. Retrieved May 30, 2018 from CHEM-Road: http://www.chemroad.com/th/

[3] Phanuwat Suriyachat and Tadapong Pratomvong. (2003, July). Delayed Time Effect before Compaction on Strength of Soil Cement and Soil Cement with Renolith. *KMUTT Research and Development Journal*. 26(3): 311-321.

[4] Methawee Chaosuan and Weerakasate Suanpaka. (2018, July). Improvement Lateritic Soil in Nan Province by using Fuji Beton and Natural Rubber Latex for Subbase Course Material. *KU Journal of Engineering*. 31(2): 61-68.

[5] Bandit Thongkham. (2014, November). A Study of Utilizing Construction Waste as Coarse Aggregates. NCTeched07 pp. 169-174. Bangkok: KMUTNB.

[6] Sathitphong Wongsa-nga and Apha Sathonsaowaphak. (2018, Janbuary). Optimum Usage of Recycle Concrete with Different Particle Size for Compressive Strength of Mortar Plastering. *SWU Journal of Science and Technology*. 10(19): 136-143.

[7] Pongsak Jittabut. (2019, April). The Mechanical Properties and Thermal Conductivity of Concrete Block from Agricultural Waste. *The Journal of KMUTNB*. 29(2): 342-351.

[8] Supap Treethanya. (1999). A Tsudy of Recycle Concrete Use to Coarse Aggregate: Case study Not Reainforcement Drainage pipe. Nakorn Prathom: Graduate Thesis Mahidol University.

[9] Arnon Tonsaipetch. (2013). A Study of Recycle Concrete for Crushed Rock Soil Aggregate Type Base. Ubonratchatani University: Graduate Thesis of Civil Engineering.

[10] Apichat Kampala, Suksan Horpibulsuk, Weera Ploykrajang and Weerapan Deesawat. (2010). Improvement of Unconfined Compressive Strength and California Bearing ratio of Laterritic Carbide Residue and Fly Ash. Bangkok: Department of Highway.

[11] Niroth Ngueanprom. (2010, March). Study on Properties of Laterite Soil Portland Cement and Slag Mix as a Pavement Materials. *RMUTP Research Journal*. 4(1): 25-31.

[12] Department of Highway. (2012). *Design of Soil Cement.* Bangkok: Department of Highway.

[13] Department of Hiway. (2012). *Hand Book : Soil and Aggreate Test.* Bangkok: Department of Hiway.

[14] Panich Voottipruex. (2019). *Ground Improvement Techniques*. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok.