รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลที่ขุดลอกบริเวณท่าเรือแหลมฉบังเพื่อใช้เป็นวัสดุทางเลือกใหม่ในงานทาง

Study and development of engineering properties of marine dredged sediments from Laemchabang harbour as a new material resource for road construction

นางสาววรรณวรางค์ รัตนานิคม

กรกฎาคม 2558

รหัสโครงการ 2557A10862010

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลที่ขุดลอกบริเวณท่าเรือแหลมฉบังเพื่อใช้เป็นวัสดุทางเลือกใหม่ในงานทาง

Study and development of engineering properties of marine dredged sediments from Laemchabang harbour as a new material resource for road construction

นางสาววรรณวรางค์ รัตนานิคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา
และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ
สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2557 รหัสโครงการ 2557A10862010

บทคัดย่อ

กระบวนการขุดลอกดินตะกอนทะเลบริเวณชายฝั่งที่ทับถมกันเป็นเวลาอันยาวนานจากอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ถือเป็นกระบวนการสำคัญที่สามารถแก้ไขปัญหาการตื้นเขินบริเวณชายฝั่งทะเลได้ แต่ภายหลังการขุดลอกการขาดแคลนพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับขยะจำนวนมากนี้กลับเป็นปัญหาการจัดการขยะทางสิ่งแวดล้อมที่ตามมาและควรได้รับการแก้ไข ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้และการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง กรมทางหลวงแห่งประเทศไทย โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและหลักเศรษฐศาสตร์ การทดลองถูกออกแบบโดยแปรผันอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักแห้งระหว่างทรายต่อดินตะกอน ดังนี้ 100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 และ 70:30 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนต่างๆ ถูกนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทางต่างๆ ของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย จากผลการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนผสม 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นรองพื้นทางได้ ทุกๆ อัตราส่วนผสมสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ และ ”ข“ และชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทางได้

คำสำคัญ: ดินตะกอนทะเล, วัสดุมวลรวม, คุณสมบัติพื้นฐาน, คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม

Abstract

Marine sediment dredging operations are necessary to maintain navigation in waterways and access to harbors. However, large disposal sites are required for this waste. In order to solve this problem, this research aimed to study the possibility of using and developing of engineering properties of marine dredged sediments from Laemchabang Harbour as a new material resource for road construction. The ratios of sand-marine silt samples were 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 and 70:30. The basic and engineering properties obtained from this research were compared with the standard specification for road construction design. The results showed that it was possible to use the sand-marine silt samples in the ratio of 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 to strengthen the subbase and all samples could be used for selected and embankment materials.

Keywords: Marine sediment, Soil aggregate, Basic properties, Engineering properties

สารบัญเรื่อง

กิตติกรรมประกาศ

บทคัดย่อ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1/1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 1/2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 1/2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1/3

บทที่ 2 มาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง

การออกแบบผิวทางและโครงสร้างชั้นทาง 2.1 2/1

(Pavement design and pavement structure)

2.2 มาตรฐานชั้นโครงสร้างทาง 2/3

2.2.1 มาตรฐานชั้นพื้นทาง 2/3

2.2.2 มาตรฐานชั้นรองพื้นทาง 2/4

2.2.3 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ข“ และ ”ก“ 2/6

2.2.4 มาตรฐานชั้นคันทางหรือดินถม 2/8

2.3 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินตะกอนทะเลในงานทางด้านวิศวกรรม 2/9

2.3.2 การปรับปรุงคุณภาพดิน 2/11

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 3/1

บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินตะกอน 4/1

4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอน 4/2

4.2.1 การทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง 4/2

4.2.2 การทดสอบหาค่าพิกัดข้นเหลว (Consistency limit) 4/4

4.2.3 การทดลองการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) 4/5

4.2.4 การทดลองหาค่า CBR Test (California Bearing Ratio) 4/3

4.3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง 4/5

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย 5/1

ผลงานตีพิมพ์

รายงานการเงิน

บรรณานุกรม

ประวัตินักวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานชั้นพื้นทางหินคลุก (ทล.ม-.201/2544) 2/3
ตารางที่ 2.2 ขนาดคละของวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุก 2/4
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (ทล.ม-.205/2532) 2/4
ตารางที่ 2.4 ขนาดคละของวัสดุชั้นรองพื้นทาง 2/5
ตารางที่ 2.5 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“(ทล.ม-.208/2532) และ ”ข“ (ทล.ม-.209/2532) 2/5
ตารางที่ 2.5 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“(ทล.ม-.208/2532) และ “ข” (ทล.ม-.209/2532) 2/6
ตารางที่ 2.6 มาตรฐานชั้นดินถมคันทาง (ทล.ม-.102/2532) และทรายถมคันทาง
(ทล.ม-.103/2532) 2/8
ตารางที่ 3.1 ลูกเหล็กทรงกลม (Abrasive Charge) ที่ใช้ในการทดลอง 3/4
ตารางที่ 3.2 จำนวนรอบในการหมุนของเครื่อง Los Angeles ในแต่ละ Grading 3/5
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง
(เทียบกับมาตรฐานชั้นรองพื้นทาง(4/2
ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ 4/3
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน
ทล.ม-.201/2544 มาตรฐานชั้นพื้นทางหินคลุก 4/8
ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน
ทล.ม-.205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม 4/9
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน
ทล.ม-.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ และ ”ข“ 4/10
ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน
ทล.ม-.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ และ ”ข“ 4/11
ตารางที่ 4.7 สรุปผลความเป็นไปได้ในการนำทรายผสมดินตะกอนมาใช้เป็นวัสดุมวลรวม 4/7

สารบัญรูป

รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย 3/3
รูปที่ 4.1 การจำแนกประเภทของดินตามระบบ USCS 4/2
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน (Grain size distribution curve) 4/3
รูปที่ 4.3 ค่าพิกัดเหลว พิกัดพลาสติกและดัชนีพลาสติกของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอน ในอัตราส่วนต่างๆ 4/4
รูปที่ 4.4 ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการบดอัดของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอน ในอัตราส่วนต่างๆ 4/6
รูปที่ 4.5 ค่าความหนาแน่นสูงสุดของการบดอัดของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอน ในอัตราส่วนต่างๆ 4/6
รูปที่ 4.6 ค่าซี บี อาร์ของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ 4/7

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันระบบการขนส่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทางสังคมและเศรษฐกิจ บทบาทสำคัญของการขนส่ง คือ การอำนวยความสะดวกในการเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ เข้าด้วยกัน รวมไปถึงการขนส่งสินค้าและบริการไปสู่ผู้บริโภค ระบบการขนส่งในประเทศไทยนั้น การขนส่งทางถนนถือเป็นระบบการขนส่งที่สำคัญและนิยมมากกว่าการขนส่งระบบอื่น ทั้งนี้เพราะเป็นการขนส่งที่สะดวก รวดเร็ว และเข้าถึงได้ทุกพื้นที่ทั้งในเมืองและพื้นที่ห่างไกลความเจริญ การขยายตัวและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทางด้านเศรษฐกิจและการลงทุนส่งผลให้ปริมาณการจราจรเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบและก่อสร้างถนนให้มีความแข็งแรงและคงทนเพื่อรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

การออกแบบชนิดของถนนขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานหลายประการ ได้แก่ ลักษณะการใช้งาน ปริมาณการจราจร น้ำหนักบรรทุก อายุบริการออกแบบ และกำลังแบกทานของดินคันทาง เป็นต้น ปัจจุบันนิยมออกแบบผิวทางจราจร)Surface(2 ประเภท คือ ผิวทางจราจรแบบหยุ่นตัว (Flexible pavement) เช่น ทางลาดยางแอลฟัลต์ และผิวทางจราจรแบบเกร่งตัว)Rigid pavement(เช่น ทางคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น ภายใต้ผิวทางจราจรทั้งสองประเภทนี้มีส่วนประกอบของโครงสร้างชั้นทางที่สำคัญดังนี้ คือ ชั้นพื้นทาง (Base course) ชั้นรองพื้นทาง (Subbase course) ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected material) และชั้นดินคันทางหรือดินถม (Compacted subgrade or embankment) วัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นมักเป็นวัสดุมวลรวม (Aggregate) ที่มีความแข็งแรง ทนทาน โดยมีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเนื้อประสานที่ดี เช่น หินคลุก หินปูน หินบะซอลท์ หินแกรนิต นิยมใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง ลูกรังและทราย นิยมใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทาง เป็นต้น

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น การแสวงหาแหล่งวัสดุใหม่เพื่อใช้ทดแทนวัสดุแหล่งเดิมที่กำลังจะหมดไปถือว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งทางเลือกหนึ่งในการแสวงหาแหล่งวัสดุใหม่ คือ การนำวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุทางธรรมชาติที่มีอยู่ในพื้นที่มาใช้ประโยชน์ อาทิเช่น การนำเถ้าก้นเตาและแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหลือทิ้งจากโรงงานมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพดิน ลูกรังเพื่อใช้เป็นวัสดุในงานทาง เป็นต้น (วิเศษ แจ้งจิตร และประทีป ดวงเดือน, 2552; ศราวุธ โกวเครือ และประทีป ดวงเดือน, 2552(

ดินตะกอนทะเล คือ ดินตะกอนเนื้อละเอียดที่เกิดจากการสะสมของวัตถุต้นกำเนิดบริเวณชายฝั่ง การทับถมของตะกอนที่เพิ่มขึ้นเป็นเวลานานจากอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเป็นสาเหตุให้บริเวณชายฝั่งตื้นเขิน ซึ่งส่งผลกระทบอย่างยิ่งต่อการเข้าเทียบเรือของเรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ จนมีความจำเป็นต้องขุดลอกดินตะกอนทะเลบริเวณท่าเทียบเรือนี้ออกเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการขุดลอกดินตะกอนทะเลจะสามารถแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้ แต่ปัญหาทาง

สิ่งแวดล้อมที่ตามมาอันเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น การขาดแคลนพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับ ตลอดจนปัญหาการจัดการและกำจัดดินตะกอนทะเลภายหลังการขุดลอก ซึ่งถือเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่ไม่มีประโยชน์และอาจเรียกได้ว่าเป็น “ขยะทางสิ่งแวดล้อม” ที่ไม่ถูกต้องและเหมาะสม ยังคงเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ควรให้ความสำคัญและแก้ไขอย่างเร่งด่วน ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบด้านอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นตามมาในอนาคต

ดังนั้นเพื่อช่วยลดปัญหาการขาดแคลนวัสดุและปัญหาทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ การศึกษาความเป็นไปได้และการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกเพื่อแก้ไขปัญหาการเข้าเทียบเรือของเรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่บริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางเพื่อทดแทนวัสดุมวลรวมแหล่งเดิมที่กำลังจะหมดไป โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คือการลดต้นทุนการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางหรือถนน ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการขยะทางสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางเพื่อทดแทนวัสดุมวลรวมแหล่งเดิมที่กำลังจะหมดไป โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คือการลดต้นทุนการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางหรือถนน
2. เพื่อแก้ไขปัญหาการจัดการทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยการนำ “ขยะทางสิ่งแวดล้อมหรือดินตะกอนทะเลภายหลังจากการขุดลอก” มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและวิศวกรรม
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลบริเวณชายฝั่งท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ผู้วิจัยจึงออกแบบขอบเขตของโครงการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง ดังนี้

1. ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลบริเวณชายฝั่งท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

2. ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนทะเล (ตามมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง) โดยแปรผันอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักแห้งระหว่างทรายต่อดินตะกอนทะเล คือ100 :0 95:5 90:10 85:15 80:20 และ 70:30 เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมของโครงสร้างชั้นทาง และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง ได้แก่ มาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.ม-.201/2544 มาตรฐานชั้นพื้นทางหินคลุก ทล.ม-.205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ทล-..ม208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ และ ”ข“ และ ทล.ม-.102-103/2532 มาตรฐานชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทาง

3. ประมวลผลการทดสอบที่ได้เพื่อพิจารณาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำดินตะกอนทะเลมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างชั้นโครงสร้างทาง เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้างชั้นโครงสร้างชั้นทางโดยเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจำได้รับ

1. สามารถทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐานของดินตะกอนจากชายฝั่งท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

2. สามารถนำทรายผสมดินตะกอนมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมชั้นรองพื้นทางได้เทียบเท่ามาตรฐานที่ ทล.ม-.205/2532 (Standard No. DH-S 205/2532) หรือมากกว่า

3. ได้องค์ความรู้ใหม่ในการนำขยะทางธรรมชาติหรือวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ในพื้นที่ มาใช้เป็นแหล่งวัสดุทางเลือกใหม่สำหรับงานทางเพื่อลดต้นทุนการก่อสร้าง

4. สามารถแก้ไขปัญหาการจัดการขยะทางธรรมชาติ โดยการนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

บทที่ 2
มาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง

2.1 การออกแบบผิวทางและโครงสร้างชั้นทาง (Pavement design and pavement structure)

การออกแบบชนิดของถนนขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานหลายประการ ได้แก่ ลักษณะการใช้งาน ปริมาณการจราจร น้ำหนักบรรทุก อายุบริการออกแบบ และกำลังแบกทานของดินคันทาง เป็นต้น ผิวทางจราจร (Surface) คือโครงสร้างชั้นทางส่วนบนสุดที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกและกระจายแรงกระทำลงสู่โครงสร้างชั้นด้านล่างเป็นทอดๆ ต่อเนื่องกันจนถึงชั้นดินคันทางและดินเดิม ดังนั้นชั้นผิวทางจราจรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความแข็งแรงทนทานต่อการเสียดสีและการเคลื่อนที่ของยวดยาน เนื่องจากเป็นส่วนที่สัมผัสล้อโดยตรงและต้องมีเสถียรภาพภายใต้น้ำหนักบรรทุกการจราจร ตลอดจนสามารถป้องกันน้ำไม่ให้ซึมผ่านลงไปทำลายคุณสมบัติในการรับน้ำหนักของชั้นทางที่อยู่ถัดลงไป ปัจจุบันนิยมออกแบบผิวทางจราจร 2 ประเภท คือ ผิวทางจราจรแบบหยุ่นตัว (Flexible pavement) เช่น ทางลาดยางแอลฟัลต์ และผิวทางจราจรแบบเกร่งตัว)Rigid pavement(เช่น ทางคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น ภายใต้ผิวทางจราจรทั้งสองประเภทนี้มีส่วนประกอบของชั้นโครงสร้างทางที่สำคัญดังนี้ คือ ชั้นพื้นทาง (Base course) ชั้นรองพื้นทาง (Subbase course) ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected material) และชั้นดินคันทางหรือดินถม (Compacted subgrade or embankment)

ชั้นพื้นทาง (Base Course) เป็นชั้นที่มีเสถียรภาพและความแข็งแรงสูงมาก ทำหน้าที่กระจายหน่วยแรงซึ่งเกิดจากน้ำหนักล้อ (Wheel Loads) ซึ่งกระทำบนผิวทาง โดยให้หน่วยแรงที่ส่งผ่านต่อไปยังชั้นรองพื้นทางหรือคันทางมีค่าไม่มากจนเกินขีดความสามารถในการรับน้ำหนักของวัสดุชั้นดังกล่าว ส่วนใหญ่วัสดุที่ใช้ทำชั้นพื้นทางจะเป็นวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น อาจจะเป็นหินคลุก กรวดย่อย หรือวัสดุเม็ดปรับปรุงคุณภาพ)Stabilized soil ก็ได้ ซึ่งจะต้องมีค่า (CBR > 80% การก่อสร้างจะต้องบดอัดเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นหนาประมาณ 15 เซนติเมตร หลังจากบดอัดแล้ว จะต้องทดสอบให้ได้ความแน่นตามที่กำหนดไว้

ชั้นรองพื้นทาง (Subbase Course) จะอยู่ใต้ชั้นพื้นทาง ทำหน้าที่รับการกระจายแรงจากชั้นพื้นทางลงสู่ชั้นล่างลงไป ส่วนใหญ่วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุเม็ดคละหรือวัสดุปรับปรุง (ลดความเค้นในชั้นต่อไป) คุณภาพ ซึ่งมีคุณภาพรองลงมาจากชั้นพื้นทาง โดยมากจะใช้วัสดุมวลรวมที่มีเม็ดแข็งทนทาน มีส่วนผสมของวัสดุเชื่อมประสานที่ดี ขนาดคละที่ดี (Well Grade) ปราศจากดินเหนียว วัชพืช และส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งโตเกินกว่า 50 มิลลิเมตร วัสดุที่เหมาะสำหรับโครงสร้างทางชั้นนี้ เช่น ดินลูกรัง ทราย ซึ่งสามารถช่วยป้องกันความชื้นภายใต้ผิวทางอันเนื่องมาจาก Capillary Rise ได้และสามารถช่วยระบายน้ำที่ซึมผ่านผิวทางออกไปโดยไม่ทำลายความแข็งแรงของโครงสร้างถนนชั้นอื่นๆ

ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected Material) เป็นวัสดุที่หาได้ในพื้นที่ก่อสร้างมีคุณภาพด้อยกว่าวัสดุชั้นรองพื้นทางแต่มีคุณภาพดีกว่าชั้นดินคันทาง สามารถนำมาคั่นระหว่างชั้นรองพื้นทางกับชั้นดินถมได้ เพื่อ

ช่วยลดความหนาของชั้นรองพื้นทางลง และลดราคาค่าก่อสร้างลงได้ โดยแยกเป็นชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ ตามความจำเป็นตามที่แบบกำหนด ”ข“ และชั้นวัสดุคัดเลือก

ชั้นคันทางหรือดินถม (Compacted subgrade or embankment) เป็นชั้นดินเดิมในบริเวณที่ถนนวางพาดผ่านไป ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่ถ่ายจากชั้นรองพื้นทาง ซึ่งอาจเป็นดินเดิม)Natural subgrade บดอัดแน่น (หรืออาจเป็นดินเดิมที่นำมาจากที่อื่นมาถมแล้วบดอัดเพื่อยกคันทางให้สูงขึ้นก็ได้ ความหนาของโครงสร้างถนนทั้งหมดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินคันทางนี้

ในงานก่อสร้างงานถนนหรืองานที่เกี่ยวข้องกับดินถม เช่น งานเขื่อน จำเป็นต้องทำการบดอัดดินในแต่ละชั้นให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานที่กำหนด มาตรฐานของดินบดอัดแน่นในสนามสามารถกระทำได้บนพื้นฐานของการทดลองบดอัดดินตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเพื่อหาความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum dry unit weight, $\gamma_{dry_{\max}}$) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum moisture content, w_{OMC})

เมื่อพิจารณาทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่า วัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นมักเป็นวัสดุมวลรวมที่มีความแข็งแรง ทนทาน โดยมีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเนื้อประสานที่ดี ซึ่งโดยทั่วไปมักเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและราคาถูก เพื่อประโยชน์ในการลดต้นทุนการก่อสร้างตามหลักเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมนั่นเอง

2.2 มาตรฐานชั้นโครงสร้างทาง

2.2.1 มาตรฐานชั้นพื้นทาง

ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.ม-.201/2544 มาตรฐานพื้นทางหินคลุก วัสดุหินโม่มวลรวมต้องเป็นวัสดุที่มีเนื้อแข็งเหนียว สะอาดไม่ผุและปราศจากวัสดุอื่นเจือปน

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานชั้นพื้นทางหินคลุก (ทล.ม-.201/2544)

มาตรฐานการทดสอบ	คุณสมบัติของชั้นพื้นทางหินคลุก
1. ทล.ท-.202: วิธีการทดสอบค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion	มีค่าการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 40
2. ทล.ท-.213: วิธีการทดสอบค่าความคงทนของมวลรวม โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ	มีค่าของส่วนที่ไม่คงทนไม่เกินร้อยละ 9
3. ทล.ท-.205/2517: วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง	มีขนาดคละที่ดีดังตารางที่ 2.2 และมีส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกินสองในสามของส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40
3. ทล.ท-.102/2515: วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit) LLของดิน (	มีค่า Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 25
4. ทล.ท-.103/2515: วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index ”	มีค่า Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 6
5. ทล.ท-.109/2517: วิธีการทดลองหาค่า CBR ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด จากการทดลองด้วย วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน .ท-.ตาม ทล ”108/2515	มีค่า CBRไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และ 90 สำหรับผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีตและเซอร์เฟสตเมนต์ตามลำดับทรี

ตารางที่ 2.2 ขนาดคละของวัสดุชั้นพื้นทางหินคลุก

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยมวล	
	A	B
50 (2 นิ้ว(	100	100
25.0 (1 นิ้ว(	-	75-95
9.5 (3/8 นิ้ว(	30-65	40-75
4.75 (เบอร์ 4)	25-55	30-60
2.00 (เบอร์ 10)	15-40	20-45
0.425 (เบอร์ 40)	8-20	15.30
0.075 (เบอร์ 200)	2-8	5-20

2.2.2 มาตรฐานชั้นรองพื้นทาง

ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.ม-.205/2532 วัสดุมวลรวม (Soil aggregate) จะต้องเป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็ง ทนทาน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเชื้อประสานที่ดีและต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (ทล.ม-.205/2532)

มาตรฐานการทดสอบ	**คุณสมบัติของชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม**
1. ทล.ท-.202/2515: วิธีการทดสอบค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion	มีค่าการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 60
2. ทล.ท-.205/2517: วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง	มีขนาดคละที่ดีดังตารางที่ 2.4
3. ทล.ท-.102/2515: วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit ของดิน	มีค่า Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 35
4. ทล.ท-.103/2515: วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index ”	มีค่า Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 11

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (ทล.ม-.205/2532) (ต่อ)

มาตรฐานการทดสอบ	**คุณสมบัติของชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม**
5. ทล.ท-.109/2517: วิธีการทดลองหาค่า CBR ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด จากการทดลองด้วย วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน .ท-.ตาม ทล ”108/2515	มีค่า CBRไม่น้อยกว่าร้อยละ 25
6. ทล.-ท.206/2517: วิธีการทดลองหาค่า Durability ของวัสดุ กรณีใช้วัสดุจำพวก Shale	มีค่าเฉลี่ย Durability indexไม่น้อยกว่าร้อยละ30

ตารางที่ 2.4 ขนาดคละของวัสดุชั้นรองพื้นทาง

ขนาดตะแกรง	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยมวล				
มิลลิเมตร	A	B	C	D	E
50 (2 นิ้ว(	100	100	-	-	-
25.0 (1 นิ้ว(	-	-	100	100	100
9.5 (3/8 นิ้ว(	30-65	40-75	50-85	60-100	-
2.00 (เบอร์ 10)	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
0.425 (เบอร์ 40)	8-20	15.30	15-30	25-45	20-50
0.075 (เบอร์ 200)	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20

2.2.3 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข”

ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.-ม.208-209/2532 มีรายละเอียดดังนี้

วัสดุคัดเลือก “ก”: วัสดุมวลรวม (Soil aggregate) จะต้องเป็นวัสดุที่ต้องมีความคงทน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดเพื่อเป็นวัสดุประสานที่ดี ปราศจากดินเหนียวและวัชพืช ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร ต้องกำจัดออกหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกัน

วัสดุคัดเลือก “ข”: วัสดุมวลรวม (Soil aggregate) หรือทราย ต้องเป็นวัสดุที่มีความคงทน ปราศจากดินเหนียวและวัชพืช ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร ต้องกำจัดออกหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกัน

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“(ทล.ม-.208/2532) และ ”ข“ (ทล.ม-.209/2532)

มาตรฐานการทดสอบ	**<u>คุณสมบัติของวัสดุคัดเลือก “ก”</u>**	**<u>คุณสมบัติของวัสดุคัดเลือก “ข”</u>**
1. ทล.ท-.205/2517: วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง	มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และมีส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกิน ร้อยละ30 **<u>หมายเหตุ</u>**: ห้ามใช้ทรายที่มีคุณสมบัติข้อใดข้อหนึ่งต่อไปนี้ทำวัสดุคัดเลือก “ก” 1. ทรายแม่น้ำ 2. เมื่อทดสอบด้วยวิธีของ ทล-..ท205/2517 แล้ว มีส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 เกินกว่าร้อยละ 80 หรือมีส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าร้อยละ 8 หรือเกินกว่าร้อยละ 30	มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และมีส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกิน ร้อยละ35

มาตรฐานการทดสอบ	**<u>คุณสมบัติของวัสดุคัดเลือก “ก”</u>**	**<u>คุณสมบัติของวัสดุคัดเลือก “ข”</u>**
2. ทล.ท-.102/2515: วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit ของดิน	มีค่า Liquid Limit ไม่เกิน ร้อยละ40	-
3. ทล.ท-.103/2515: วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index ”	มีค่า Plasticity Index ไม่เกิน ร้อยละ20	-
4. ทล.ท-.109/2517: วิธีการทดลองหาค่า CBR ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด จากการทดลองด้วย วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน .ท-.ตาม ทล ” 108/2515	มีค่า CBRไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 และมีค่าการขยายตัวไม่เกิน ร้อยละ3	มีค่า CBRไม่น้อยกว่าร้อยละ 6 และมีค่าการขยายตัวไม่เกิน ร้อยละ3
5. ทล.-ท.206/2517:วิธีการทดลองหาค่า Durability ของวัสดุกรณีใช้วัสดุจำพวก Shale	มีค่าเฉลี่ย Durability indexไม่น้อยกว่าร้อยละ 30	-

2.2.4 มาตรฐานชั้นคันทางหรือดินถม

ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.-ม.102-103/2532 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานชั้นดินถมคันทาง (ทล.ม-.102/2532) และทรายถมคันทาง (ทล.ม-.103/2532)

มาตรฐานการทดสอบ	**<u>คุณสมบัติของดินถมคันทาง "ก"</u>**	**<u>คุณสมบัติของทรายถมคันทาง "ข"</u>**
1. ทล.ท-.205/2517: วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง	มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร	มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 9.5 มิลลิเมตร และมีส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกินร้อยละ25
2. ทล.ท-.109/2517: วิธีการทดลองหาค่า CBR ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด จากการทดลองด้วย วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน .ท-.ตาม ทล " 108/2515	มีค่า CBRไม่น้อยกว่าร้อยละที่กำหนดไว้ในแบบ และมีค่าการขยายตัวไม่เกินร้อยละ 4	มีค่า CBRไม่น้อยกว่าร้อยละ 10

2.3 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินตะกอนทะเลในงานทางด้านวิศวกรรม

กระบวนการขุดลอกดินตะกอนทะเลหรือดินที่เกิดจากการสะสมของวัตถุต้นกำเนิดบริเวณชายฝั่งที่ทับถมกันเป็นเวลาอันยาวนานจากอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ถือเป็นกระบวนการสำคัญที่สามารถแก้ไขปัญหาการตื้นเขินบริเวณชายฝั่งทะเลได้ ปัญหาเหล่านี้มักพบบ่อยในบริเวณท่าเทียบเรือ ส่งผลให้เรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าจอดเทียบเรือเพื่อขนส่งสินค้าใกล้ชายฝั่งได้

ภายหลังการขุดลอกดินตะกอนทะเล การจัดการขยะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการขุดลอกถือเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ควรให้ความสำคัญเช่นกัน ทั้งนี้เพราะวิธีการกำจัดขยะทางสิ่งแวดล้อมแบบดั่งเดิม เช่น การทิ้งลงไปในทะเลลึก ปัจจุบันถือว่ามีข้อจำกัดทางกฎหมายทั่งในและระหว่างประเทศส่งผลให้ไม่สามารถทำได้ นอกจากนั้นวิธีการกำจัดขยะทางสิ่งแวดล้อมทางเลือกอื่น เช่น การทิ้งบนบก ก็ยังคงมีข้อจำกัดทางด้านราคาค่าดำเนินการ ตลอดจนปัญหาการขาดแคลนพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับขยะจำนวนมากเช่นกัน (Dubois et. al., 2009) ดังนั้นการคิดแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการขยะทางสิ่งแวดล้อมจึงถือเป็นเรื่องสำคัญที่ควรให้ความสนใจเพื่อป้องกันปัญหาทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่อาจเกิดตามมาในอนาคต

ปัจจุบันเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว นักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการนำเอาขยะทางธรรมชาติหรือดินที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งมาใช้ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมโยธา เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมมากขึ้น (Dubois et. al., 2009; Ulbricht, 2002) เช่น การนำดินทรายหรือดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งทะเลมาใช้เป็นวัสดุทางเลือกใหม่ในการดินและงานคอนกรีต เป็นต้น (Dubois et. al., 2009; Zentar et.al., 2008; Kozlova et.al., 2004; Millrath et. al., 2001; Chapman, 1968, Limeira et. al., 2011; Siham et. al., 2008) นอกจากนั้นการประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งที่ได้รับความสนใจสูงสุดอีกอย่างหนึ่งในปัจจุบันคือ การใช้ดินทรายหรือดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งมาเป็นแหล่งวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางนั่นเอง (Dubois et. al., 2009; Zentar et.al., 2008; Siham et. al., 2008)

จากการศึกษาพบว่าหลักการจัดเรียงโครงสร้างชั้นทางของถนนที่ใช้ในประเทศไทยและต่างประเทศไม่แตกต่างกัน คือ โครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นจะที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกและกระจายแรงกระทำลงสู่โครงสร้างชั้นด้านล่างเป็นทอดๆ ต่อเนื่องกันจากชั้นบนจนถึงชั้นดินคันทางและดินเดิมซึ่งเป็นชั้นล่างสุด ซึ่งประกอบด้วยชั้นโครงสร้างที่สำคัญดังนี้ ชั้นผิวทาง (Surface) ชั้นพื้นทาง (Base course) ชั้นรองพื้นทาง (Subbase course) ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected material) และชั้นดินคันทางหรือดินถม (Compacted subgrade or embankment) วัสดุที่ถูกคัดเลือกมาใช้ในการก่อสร้างมีความจำเป็นต้องเหมาะสมกับความสามารถในการรับนำหนักบรรทุกของแต่ละชั้น นอกจากนั้นในการก่อสร้างถนนจะต้องทำการบดอัดดินให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานที่กำหนดในแต่ละชั้นอีกด้วย จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่ผ่านพบว่า แม้การจัดเรียงโครงสร้างชั้นทางของถนนในแต่ละประเทศจะเหมือนกัน แต่มาตรฐานการออกแบบ

โครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นกลับมีข้อกำหนดแตกต่างกัน เช่น มาตรฐานที่ใช้ในประเทศฝรั่งเศส ความหนาแน่นของโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นจะถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติทางด้านกำลัง 3 ค่า คือ CBR index, Tensile strength และ Young's modulus (Dubois et. al., 2009; Zentar et.al., 2008; Siham et. al., 2008) ในขณะที่มาตรฐานโครงสร้างชั้นทางกรมทางหลวงของประเทศไทย ความหนาแน่นของโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นจะถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติทางด้านกำลังเพียง 1 ค่า คือ CBR index แต่พิจารณาคุณสมบัติอื่นเพิ่มเติมด้วย เช่น ขนาดคละของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง ค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate และค่า Plastic Limit และ Plasticity Index เป็นต้น (ทล.ม-.201/2544; ทล.ม-.205/2532; ทล.ม-.208-209/2532; ทล.ม-.102-103/2532)

แม้ว่าในต่างประเทศจะมีการศึกษาวิจัยเบื้องต้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินทรายหรือดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งทะเลมาเป็นวัสดุทางเลือกสำหรับงานทางแล้ว แต่พบว่าในประเทศไทยเอง ยังไม่มีการศึกษาเรื่องดังกล่าวนี้อย่างจริงจัง นอกจากนั้นลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ตลอดจนมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างชั้นทางของแต่ละประเทศที่ไม่เหมือนกัน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ไม่สามารถให้คาดเดาผลหรือความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งทะเลไทยในงานทางได้ ดังนั้นเพื่อการแก้ไขปัญหาอย่างจริงจัง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้และการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐานโครงสร้างชั้นทางกรมทางหลวง โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คือการลดต้นทุนการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางหรือถนน ตลอดจนสามารถใช้เป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการต่อยอดงานวิจัยและพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างอื่นๆ ต่อไป

2.3.2 การปรับปรุงคุณภาพดิน

2.3.2.1 การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรัง

วิเศษ และประทีป)2552 (ศึกษาการใช้เถ้าก้นเตาในการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรัง เพื่อใช้เป็นวัสดุในการทำชั้นรองพื้นทาง โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของดินลูกรังผสมเถ้าก้นเตา ซึ่งได้แก่ การกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณของเถ้าก้นเตา และอายุการบ่ม ซึ่งตัวอย่างของดินลูกรังที่ใช้ในการทดสอบนี้นำมาจากแหล่งดินในจังหวัดกาญจนบุรี โดยนำมาร่อนแยกและนำเม็ดดินแต่ละขนาดมาผสมกันให้ได้การกระจายขนาดตามที่กำหนดไว้ โดยจะแบ่งออกเป็นสองเกรด ได้แก่ เกรด B และ D ตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย โดยเกรด B ผสมเถ้าก้นเตากับดินลูกรังในอัตราส่วน 5, 10, 15 และ 20% และเกรด D ผสมเถ้าก้นเตากับดินลูกรังในอัตราส่วน 10, 20, 25, และ 30% โดยน้ำหนักของดินแห้ง ผลกาศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณเถ้าก้นเตาเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีความเหนียวและความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีค่าสูงขึ้น ค่า Unsoaked และ Soaked CBR ให้ค่าสูงสุดที่อัตราส่วนผสม 10 และ 25% ของดินลูกรังเกรด B และ D ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำที่ทดสอบทันทีของดินลูกรังเกรดผสม B ผสมเถ้าก้นเตาทึบน้ำมากขึ้น แต่ในดินลูกรังเกรดผสม D ผสมเถ้าก้นเตามีค่าสูงขึ้น ที่อายุการบ่ม 28 วัน ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำมีค่าสูงขึ้นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2–10 เท่าทั้งในดินลูกรังเกรดผสม B และเกรดผสม D

อุมาพร และประทีป)2553(ศึกษาการใช้เถ้าก้นเตา เศษปูนขาว และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างทาง โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของดินลูกรัง ได้แก่ การกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณของเถ้าก้นเตาและเศษปูนขาว และอายุของการบ่ม เถ้าก้นเตาและเศษปูนขาวที่ใช้นำมาจากไฟฟ้าบีแอลซีพี เพาเวอร์ จังหวัดระยอง ศึกษาหาสัดส่วนของสารผสมเพิ่มระหว่างเถ้าก้นเตาและเศษปูนขาวตามอัตราส่วน 1:9, 3:7, 1:1 และ 7:3 โดยน้ำหนักแห้งของสารผสม นำมาผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5 โมลาร์ทุกอัตราส่วนผสม จากนั้นนำสารผสมเพิ่มในสัดส่วนที่เหมาะสมมาผสมในดินลูกรังเกรด B และ D ตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของสารผสมเพิ่มที่เหมาะสมคือ 3:7 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อนำมาผสมกับดินลูกรังเกรด B และ D ทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีแนวโน้มสูงขึ้น และค่า CBR แบบแช่น้ำและไม่แช่น้ำมีค่าสูงขึ้นตามอายุการบ่ม

รณภูมิ และ ประทีป) 2553(ศึกษาการใช้เถ้าหนักและเศษปูนขาวในการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรัง โดยศึกษาคุณสมบัติของดินลูกรังเมื่อนำมาผสมกับเถ้าหนักและเศษปูนขาว ได้แก่ การกระจายขนาดของเม็ดดิน ปริมาณของเถ้าหนัก ปริมาณเศษปูนขาวและอายุของการบ่ม โดยในการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 เกรด ได้แก่ เกรด B และเกรด D ตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย โดยเกรด B ผสมเถ้าหนักและเศษปูนขาวกับดินในอัตราส่วน 5%, 10%, 15% และ 20% ส่วนเกรด D จะผสมเถ้าหนักและเศษปูนขาวกับดินในอัตราส่วน 10%, 20%, 25% และ 30% โดยน้ำหนักของดินแห้ง ผลการศึกษา

พบว่า ถ้าปริมาณเถ้าหนักเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีค่าสูงขึ้น ค่า Unsoaked และ Soaked CBR ให้ค่าสูงสุดที่อัตราส่วนผสมที่ 10% สำหรับดินลูกรัง เกรด B และ 25% สำหรับดินลูกรังเกรด D และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของการบ่ม สำหรับค่าสูงสุดของอัตราส่วนของเกรด B และ D ข้างต้น แนะนำให้ใช้ในงานรองพื้นทางโดยใช้เปอร์เซ็นต์ CBR เพื่อเป็นข้อกำหนดตามมาตรฐานของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย

ศราวุธ และประทีป)2552(ศึกษาการนำแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหลือทิ้งจากโรงงานมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังเพื่อพัฒนาคุณภาพของวัสดุสำหรับนำมาใช้ในงานทาง โดยนำดินลูกกรังเกรด B และ D ตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย มาผสมกับแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหลือทิ้งในอัตราส่วนร้อยละ 2, 4, 6, 8, และ 10 โดยน้ำหนักของดินแห้ง จากนั้นทำการทดสอบหาดัชนีความเหนียวของดินลูกรัง, ความหนาแน่นของดินลูกรัง, CBR และความชืมน้ำของดิน โดยทำการทดสอบทันทีหลังบดอัดและที่อายุการบ่ม 3, 7, 14, และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อผสมปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหลือทิ้งเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีความเหนียวของดินลดลง ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งที่ทำให้ค่า Unsoaked และ Soaked CBR มีค่าเพิ่มสูงมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของดินแห้ง เมื่อผสมเกินกว่าค่านี้กำลังจะไม่เพิ่มขึ้นอีก ค่า Unsoaked และ Soaked CBR เพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น ค่าการบวมตัวของดินลดลงประมาณ 0.01-0.05% และค่าสัมประสิทธิ์ความชืมน้ำที่ทดสอบทันทีหลังบดอัดมีแนวโน้มลดลง

Kanchit Tongmark (1966) ได้ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงดินลูกรังด้วยซีเมนต์ โดยนำดินลูกรังมาจากจังหวัดสระบุรี มาผสมซีเมนต์ในสัดส่วนต่างๆ กันจาก 6, 9 และ 12 เปอร์เซ็นต์ และบดอัดโดยวิธี Modified Proctor จากผลการสำรวจพบว่าการผสมซีเมนต์ตั้งแต่ 6 เปอร์เซ็นต์ ที่ความหนาแน่นแห้ง 95 เปอร์เซ็นต์ จะผ่านเกณฑ์กำหนดของกรมทางหลวง คือ จะได้ค่ากำลังอัดมากกว่า 250ปอนด์/ตารางนิ้ว และสามารถใช้เป็นวัสดุพื้นทางได้

2.3.2.2 การปรับปรุงคุณภาพของดินทรายตะกอน

ธีระชาติ (2525) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพดินทรายตะกอนเพื่อใช้เป็นพื้นทางแทนหินคลุก จากผลการวิจัยพบว่าดินทรายตะกอนเมื่อผสมกับซีเมนต์ ร้อยละ จะมีความแข 3งแรงพอที่จะใช้แทนพื้นทางได้ ดินทรายตะกอนผสมกับซีเมนต์และยางมะตอยน้ำร้อยละ จะพบว่ามีความแข็งแรงสูง พอที่จะใช้เป็นพื้น 3 ทางโดยที่ไม่มีรอยแตกร้าวมากเกินไป ได้มีการก่อสร้างถนนทดลองโดยใช้ส่วนผสมดังกล่าวเพื่อตรวจสอบพฤติภาพของพื้นทางภายใต้สภาพการจราจรที่เป็นจริง จากการประเมินผลนานประมาณ ปี ก็สามารถจะ 7 สรุปได้ว่า ถนนทดลองที่มีส่วนผสมต่างๆ ดังกล่าวมีพฤติรูปที่ดี จากผลการวิจัยดังกล่าวมาแล้วพอจะสรุปได้ทั้งที่มีและไม่มียางมะตอยน้ำเป็นสารผสมร่วมสามารถจะใช้ 3 ว่า ดินทรายตะกอนผสมกับซีเมนต์ร้อยละเป็นพื้นทางแทนหินคลุกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้

2.3.2.3 การปรับปรุงคุณภาพของดินเหนียว

Boonjune Nithi – Uthai (1969) ได้ศึกษาการปรับปรุงดินเหนียวด้วยซีเมนต์ โดยนำ ดินจากกรุงเทพฯ และดินเหนียวจากภาคตะวันออก (จังหวัดจันทบุรี) โดยดินเหนียวจากกรุงเทพฯ ใช้ส่วนผสมของซีเมนต์ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดินเหนียวจากจันทบุรี ใช้สัดส่วน 5 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบสรุปได้ว่า ปริมาณซีเมนต์ 8 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมในการปรับปรุงดินเหนียวจากจันทบุรีเพื่อใช้เป็นโครงสร้างชั้นพื้นทาง แต่ดินเหนียวจากกรุงเทพฯไม่พบปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมในการใช้เป็นโครงสร้างชั้นพื้นทาง

2.3.2.4 การปรับปรุงคุณภาพของหินผุ

Teeracharti and Somwang (1978) ได้ทำการสำรวจและทดสอบหินผุที่เกิดจากหินแกรนิต หรือที่เรียกว่า ดินแกรนิต (Granitic soil) ซึ่งดินชนิดนี้พบมากในภาคเหนือ และแถบคาบสมุทรทางภาคใต้ และเป็นดินที่มีขนาดคละที่ดีซึ่งส่วนมากจัดอยู่ในดินประเภท A–1 หรือ A–2 มีความเป็นพลาสติกต่ำ ผู้ทำการวิจัยได้แนะนำไว้ว่าดินชนิดดังกล่าวเหมาะสมอย่างมากในการนำมาสร้างชั้นดินถมคันทางและใช้ได้ดีในการนำมาสร้างชั้นรองพื้นทาง และชั้นพื้นทางในถนนที่มีการจราจรต่ำ

2.3.2.5 การปรับปรุงคุณภาพของหินคลุกและทราย

จุฑาทิพย์ และประทีป)2552(ได้ศึกษาการใช้เถ้าก้นเตาในการปรับปรุงคุณภาพของหินคลุกและทรายเพื่อใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างทาง โดยหินคลุกและทรายที่นำมาทำการทดสอบนั้นนำมาจากจังหวัดชลบุรีและนครสวรรค์ ตามลำดับ ซึ่งหินคลุกนั้นได้นำมาร่อนแยกขนาดและนำเม็ดดินมาผสมให้ได้การกระจายตัวเกรด B ตามมาตรฐานกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย เถ้าก้นเตาที่ใช้ในการทดสอบเป็นเถ้าก้นเตาที่ไม่ได้ปรับปรุงความละเอียดได้จากโรงไฟฟ้าบริษัทบีแอลซีพี จังหวัดระยอง โดยผสมเถ้าก้นเตากับหินคลุกในอัตราส่วน 20, 25 และ 30% โดยน้ำหนักดินแห้ง และผสมกับทรายในอัตราส่วน 10, 20, และ 30% โดยน้ำหนักดินแห้ง จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณเถ้าก้นเตาเพิ่มสูงขึ้น หินคลุกมีค่าดัชนีความเหนียวลดลง ในหินคลุกและทรายมีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแนวโน้มลดลง ปริมาณความชื้นเหมาะสมมีแนวโน้มสูงขึ้น ค่า CBR แบบไม่แช่น้ำและแช่น้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณเถ้าก้นเตาและอายุการบ่ม

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ผู้วิจัยออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัยของโครงการวิจัยโดยเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และพัฒนาคุณสมบัติทางด้านกำลังและวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง และสามารถแบ่งงานได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลบริเวณชายฝั่งท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยทำการทดสอบดังนี้

1.1 ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity test: ASTM D854)

หาค่าความถ่วงจำเพาะของดินตะกอนทะเล เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในงานก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง

1.2 ทดสอบหาค่าพิกัดข้นเหลว (Atterberg limit test: ASTM D4318, D427)

ทดสอบหาค่าพิกัดข้นเหลว ได้แก่ ค่าขีดจำกัดเหลว) Liquid limit) ค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic limit) และค่าดัชนีพลาสติก (Plastic index) ของดินตะกอนทะเล เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในงานก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง

1.3 ทดสอบหาค่าดัชนีบวมตัวอิสระ (Differential free swell test: IS 2720 Part 40-1977)

ทดสอบหาค่าดัชนีบวมตัวอิสระของของดินตะกอนทะเล เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในงานก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง

ส่วนที่ 2 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนทะเล (ตามมาตรฐานชั้นโครงสร้างทาง) โดยแปรผันอัตราผสมโดยน้ำหนักแห้งระหว่างทรายต่อดินตะกอนทะเล คือ100 :0 95:5 90:10 85:15 80:20 และ 70:30 เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมของโครงสร้างชั้นทาง และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง ได้แก่ มาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.ม-.201/2544 มาตรฐานชั้นพื้นทางหินคลุก ทล.ม-.205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ทล.ม-.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ และ ”ข“ และ ทล.ม-.102-103/2532 มาตรฐานชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทาง โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

2.1 ทล.ท-.202: วิธีการทดสอบค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion

2.2 ทล.ท-.213: วิธีการทดสอบค่าความคงทนของ มวลรวม โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ

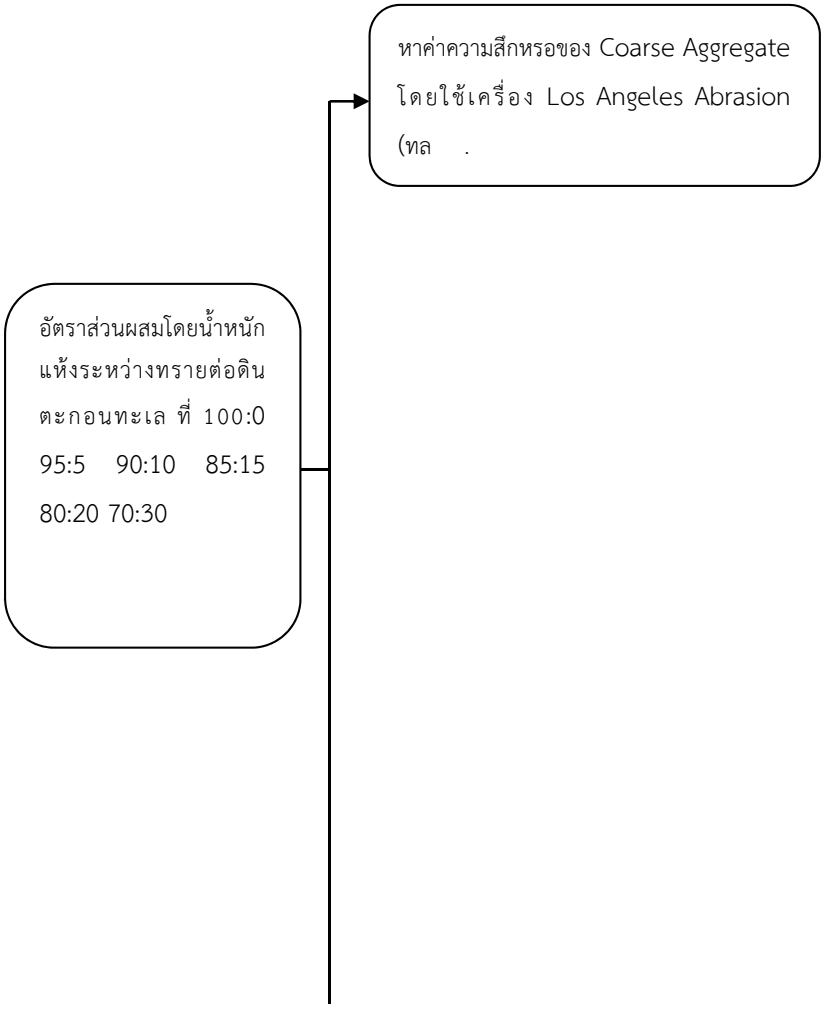
2.3 ทล.ท-.205/2517: วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

2.4 ทล.ท-.103/2515: วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index ”

2.5 ทล .ท-.108/2515 วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

2.6 ทล.ท-.109/2517: วิธีการทดลองหาค่า CBR ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด จากการทดลองด้วย วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐานตาม ” .ท-.ทล108/2515

ส่วนที่ 3 ประมวลผลการทดสอบที่ได้เพื่อพิจารณาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำดินตะกอนทะเลมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างชั้นโครงสร้างทาง เพื่อลดต้นทุนในการก่อสร้างชั้นโครงสร้างทางโดยเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีดำเนินการวิจัย

1. การทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion (ทล .ท-.202/2515)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่อง Los Angeles Abrasion
2. ตะแกรงสำหรับหาขนาดของ Coarse Aggregate
3. เครื่องชั่ง ความละเอียดอ่านได้ถึง กรัม 1
4. Abrasive Charge เป็นลูกเหล็กทรงกลม จำนวนขึ้นอยู่กับ Grading ของตัวอย่างกำหนดไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลูกเหล็กทรงกลม (Abrasive Charge) ที่ใช้ในการทดลอง

จำนวน Abrasive Charge ที่ใช้ในการทดลองแต่ละ Grading		
Grading	**Abrasive Charge (ลูก(**	**มวลรวม (กรัม)**
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15
E	12	5000±25
F	12	5000±25
G	12	5000±25

ตารางที่ 3.2 จำนวนรอบในการหมุนของเครื่อง Los Angeles ในแต่ละ Grading

ขนาดตะแกรง (.มม)		**มวล (กรัม และ (Grading ของตัวอย่าง**						
ผ่าน	**ค้าง**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**
75.0	63.0	-	-	-	-	2500+50	-	-
63.0	50.0	-	-	-	-	2500+50	-	-
50.0	37.5	-	-	-	-	5000+50	5000+50	-
37.5	25.0	1250+25	-	-	-	-	5000+25	5000+25
25.0	19.0	1250+25	-	-	-	-	-	-
19.0	12.5	1250+10	2500+50	-	-	-	-	-
12.5	9.5	1250+10	2500+50	-	-	-	-	-
9.5	6.3	-		2500+50	-	-		-
6.3	4.75	-		2500+50				
4.75	2.36				5000+10			
มวลตัวอย่างรวม		5000+10	5000+10	5000+10	5000+10	10000+100		
จำนวนรอบ		500				1000		

วิธีการทดลอง

(กการเตรียมตัวอย่าง (

1. ถ้าตัวอย่างไม่มีดินเหนียวปน ให้ตากตัวอย่างจนแห้งหรืออบจนแห้งที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส แล้วทำตามข้อ 3.

2. ถ้าตัวอย่างมีดินเหนียวปน หรือมีส่วนละเอียดติดเป็นก้อนใหญ่แน่น ให้นำตัวอย่างไปล้างน้ำเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ออกทิ้ง แล้วนำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 8 มาอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส แล้วทำตามข้อ 3.

3. นำตัวอย่างไปแยกขนาดตาม Grading ถ้าเข้าได้หลาย Grading ให้เลือกใช้ตัวที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการใช้งานมากที่สุด

(ข) การทดลอง

1. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้จากข้อ 3. Abrasive Charge ตามจำนวนลูกในตารางที่ 3.1 ใส่เข้าไปในเครื่อง Los Angeles หมุนเครื่องด้วยความเร็วที่ 30-33 รอบต่อนาที ให้ได้จำนวนรอบตามตารางที่ 3.2

2. เอาตัวอย่างออกจากเครื่อง ล้างส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 12 ออกทิ้ง นำส่วนที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 12 มาอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส จนได้มวลคงที่ ชั่งหามวลตัวอย่างที่เหลือ

การคำนวณ (ค)

ความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles = $\frac{M_1 - M_2}{M_1} x100$

เมื่อ M_1 = มวลตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ทดลอง

M_2 = มวลที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 12

2. การทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง .ท-.ทล)205/2517)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ตะแกรงขนาดช่องผ่านต่างๆ พร้อมเครื่องเขย่าตะแกรง
2. เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.2% ของตัวอย่างทั้งหมด
3. เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110± องศาเซลเซียส 5
4. เครื่องแบ่งตัวอย่าง)Sample Splitterขนาดต่างๆ (
5. แปรงทำความสะอาดตะแกรงชนิดลวดทองเหลือง แปรงพลาสติก และแปรงขน
6. ภาชนะสำหรับใช้แช่และล้างตัวอย่างด้วยมือ หรือ
7. ภาชนะล้างตัวอย่างชนิดใช้เครื่องเขย่า ความจุประมาณ)8,000 มิลลิลิตร(
8. น้ำยาสำหรับใช้ล้างส่วนละเอียด ได้จากการละลาย)$NaPO_{36}$(

วิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่าง (ก)

1. นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากันและแยกด้วยวิธี Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว

(ข) การทดลอง

1. การทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุเล็กกว่าเบอร์ 4
2. ถ้าตัวอย่างมีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนต้องทำให้แยกออกจากกันให้หมด แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับใช้ล้างตัวอย่าง เทน้ำหรือน้ำยาลงไปจนท่วมดินตัวอย่าง แช่ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปเขย่าประมาณ 10 นาที เทตัวอย่างลงบนตะแกรงเบอร์ 200 ใช้น้ำล้างจนกว่าไม่มีวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เทตัวอย่างลงภาชนะ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C
3. นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆ ตามต้องการ เขย่านานประมาณ 15 นาที เมื่อเขย่าเสร็จแล้วนำตัวอย่างที่ค้างแต่ละขนาดไปชั่ง
4. การทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่ และเล็กกว่าเบอร์ วิธี คือ 2 ทำได้ 4

วิธีที่ 1

1. ถ้าตัวอย่างมีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนใหญ่ต้องทำให้แยกออกจากกันให้หมดโดยใช่ค้อนยางทุบ แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อแยกส่วนที่ค้างและผ่านตะแกรง

2. นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C ชั่งหามวลของตัวอย่างแห้ง แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆ ตามต้องการ

3. นำส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C ชั่งหามวลของตัวอย่างแห้ง แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดหรือแยกตัวอย่างเพียงบางส่วนดำเนินการทดลองตามข้อ ก.

<u>วิธีที่ 2</u>

1. นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C ชั่งหามวลของตัวอย่างแห้ง

2. นำตัวอย่างไปดำเนินการทดลองตามข้อ ก. ถ้ามีขนาดก้อนใหญ่มากควรจัดตะแกรงที่จะล้างให้มีขนาดต่างๆ ลดหลั่นกัน

3. การทดลองหาค่า Liquid Limit ของดิน (ทล.-ท. 102/2515)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องแบ่งตัวอย่าง)Sample Splitter(
2. ตะแกรงเบอร์ 4(4. 40 และตะแกรงเบอร์ (มิลลิเมตร 75(0.(มิลลิเมตร 425
3. เครื่องมือทดลอง Liquid Limit 1 ชุด
4. เครื่องมือปาดร่องดิน)Grooving Tool(
5. ถ้วยกระเบื้องเคลือบหรือแผ่นกระจกสำหรับผสมดิน
6. Spatula
7. Pipette หรือเครื่องมือสำหรับใส่น้ำ
8. กระป๋องอบดินขนาดเล็ก
9. เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.กรัม 01
10. เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110± องศาเซลเซียส 5

วิธีการทดลอง

<u>(กการเตรียมตัวอย่าง (</u>

1. นำตัวอย่างตากแห้งหรืออบที่อุณหภูมิไม่เกิน 60°C มาผสมกันให้ทั่ว แล้วแบ่งด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่างดิน หรือใช้วิธี Quartering โดยมากทำพร้อมกับทำ Sieve Analysis
2. ถ้ามีตัวอย่างจับกันเป็นก้อน ให้ใช้เครื่องบดหรือค้อนยางบดหรือทุบให้ก้อนดินแตกตัว แต่ต้องไม่ให้ส่วนที่เป็นเม็ดแข็งแตก
3. นำดินมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ใช้เวลาร่อนไม่น้อยกว่า 5 นาที
4. นำดินที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 40 ทิ้งไป เทดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ใส่ขวดหรือภาชนะใดๆ

(ข) การทดลอง

1. ตรวจสอบเครื่องมือทดลอง Liquid Limit โดยเครื่องมือทดลองต้องอยู่ในสภาพดี สลักยึดถ้วยกระทะต้องไม่สึกหรอและจะต้องแน่น แนวปาดดินในถ้วยกระทะจ้องไม่สึกเป็นร่อง และตรวจสอบความสูงของถ้วยกระทะที่จะยกขึ้นต้องให้ได้ระยะตก 10 มิลลิเมตร
2. นำตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียมไว้มาเทบนแผ่นกระจก ผสมกันให้ทั่ว แบ่งตัวอย่างเป็น 4 ส่วนด้วยวิธี Quartering
3. นำตัวอย่างที่แบ่งได้นี้ผสมกับน้ำในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ใช้ Spatula ผสมไปมาจนกระทั่งดินและน้ำผสมทั่วกัน เพิ่มน้ำอีกครั้งละ 1-3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจนทั่ว
4. นำตัวอย่างใส่ถ้วยกระเบื้องเคลือบ ใช้แผ่นกระจกปิดด้านบน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 50-60 นาที เพื่อให้ส่วนที่เป็นดินเหนียว (ถ้ามี) ดูดซึมน้ำจนทั่ว
5. นำตัวอย่างใส่ลงกลางถ้วยกระทะ ใช้ Spatula กดและปาดดินโดยพยายามปาดให้น้อยครั้งที่สุดและไม่ให้มีฟองอากาศข้างใน ให้ดินตรงกลางหนาประมาณ 10 มิลลิเมตร นำตัวอย่างที่เหลือเก็บไว้ในถ้วยอย่างเดิม
6. ยับยึดถ้วยกระทะให้แน่น ใช้เครื่องมือปาดร่องดินปาดตัวอย่างให้เป็นร่องตรงกลาง
7. หมุนเคาะถ้วยกระทะด้วยอัตรา 2 ครั้งต่อวินาที จนกระทั่งดินเคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันเป็นระยะ 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)
8. ถ้าไม่แน่ใจว่าการทดลองในข้อ 7. ถูกต้อง ให้ทำการตรวจสอบ โดยรีบนำตัวอย่างมาผสมกันใหม่โดยเร็ว แล้วนำกลับไปทดลองใหม่ ถ้าการเคาะในครั้งนี้ได้จำนวนครั้งเท่าเดิมหรือต่างกันหนึ่งครั้ง ถือว่าการทดลองถูกต้อง แต่ถ้าผิดกันมากกว่านั้น จะต้องนำเอาตัวอย่างมาผสมกันใหม่ แล้วนำมาทดลองอีกครั้งหนึ่ง
9. ทันทีที่ตัวอย่างเคลื่อนที่มาสัมผัสกันยาว 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ให้ใช้ช้อนตักตัวอย่างผ่านตรงที่ตัวอย่างเคลื่อนที่มาสัมผัสกันตลอดแนวความกว้างของตัวอย่างที่ตั้งฉากกับร่องตัวอย่าง เอาตัวอย่างใส่กระป๋องปิดฝาให้แน่น แล้วนำไปชั่งหามวล และบันทึกจำนวนครั้งที่เคาะไว้ด้วย
10. รวมตัวอย่างจากถ้วยกระทะมาใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบตามเดิม เติมน้ำลงไปแล้วผสมให้เข้ากัน แล้วดำเนินการทดลองตามข้อ 5. ถึงข้อ 9.
11. ทำการทดลอง 4 จุด แตะละจุดให้การเคาะต่างกันประมาณ 5-7 ครั้ง และควรอยู่ระหว่างช่วงต่อไปนี้

จุดที่ 1 ช่วงการเคาะ 35-40 ครั้ง
จุดที่ 2 ช่วงการเคาะ 25-35 ครั้ง
จุดที่ 3 ช่วงการเคาะ 20-30 ครั้ง
จุดที่ 4 ช่วงการเคาะ 15-25 ครั้ง
การทดลองที่เคาะนอกช่วง 15-40 ใช้ไม่ได้

12. ถ้าหากตัวอย่างเปียกเพราะเติมน้ำมากเกินไป ให้เกลี่ยตัวอย่างบางๆในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ผึ่งลมไว้ชั่วครู่ แล้วทำการคลุกผสมกันใหม่จนกว่าตัวอย่างจะแห้งตามที่ต้องการ

13. ตัวอย่างที่ใส่กระป๋อง หลังจากชั่งหามวลแล้ว นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105-110 °C อบจนแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้วนำออกจากเตาอบทิ้งไว้จนเย็น ชั่งหามวลอบแห้ง คำนวณหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content) ของตัวอย่างแต่ละจุด

(ค) การคำนวณ

w = {[มวลของน้ำในดิน (กรัม)]/[มวลของดินอบแห้ง (กรัม)]}x100

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

4. การทดลองหาค่า Plasticity Limit และ Plasticity Index (ทล .ท-.103/2515)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ใช้เครื่องมือชุดเดียวกับที่ทดลองหาค่า Liquid Limit
2. แผ่นกระจก

วิธีการทดลอง

(ก) การเตรียมตัวอย่าง

ดำเนินการตามวิธีการเตรียมตัวอย่างของวิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit ของดิน ตามการทดลองที่ ทล.-ท. 102/2515

(ข) การทดลอง

1. นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากัน แล้วทำเป็นรูปยาวรี (Ellipsoidal Shape)
2. ใช้นิ้วมือคลึงตัวอย่างออกเป็นเส้น โดยใช้น้ำหนักกดลงแต่เพียงพอดี ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นตัวอย่างโตสม่ำเสมอโดยตลอด
3. เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นตัวอย่างเล็กลงจนเท่ากับ 3.2 มิลลิเมตร และเส้นตัวอย่างแตกพอดี ให้ดำเนินการตามข้อ 7.
4. ถ้าเส้นตัวอย่างยังไม่แตก เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นตัวอย่างเล็กลงถึง 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) ให้หักเส้นตัวอย่างออกเป็นหกหรือแปดชิ้น แล้วขยี้และขยำจนเข้ากันดี แต่งเป็นรูปยาวรีแล้วคลึงใหม่เช่นเดียวกับข้อ 2.
5. ถ้าดำเนินการตามข้อ 4. แล้วเส้นตัวอย่างยังไม่แตก ให้ดำเนินการตามข้อ 4. ซ้ำใหม่ จนกระทั่งเส้นตัวอย่างแตก ไม่สามารถคลึงต่อไปได้
6. ถ้าการแตกของเส้นตัวอย่างตามข้อ 5. เกิดขึ้นเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดโตกว่า 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) และเส้นตัวอย่างนั้นเคยคลึงได้ขนาด 3.2 มิลลิเมตร มาก่อนแล้ว ให้ดำเนินการตามข้อ 7. ได้
7. รวบรวมตัวอย่างที่แตกทั้งหมดใส่ลงในกระป๋องปิดฝา รีบนำไปชั่งแล้วบันทึกมวลไว้ และเอาไปอบจนแห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5°C นำไปชั่ง บันทึกมวลดินแห้ง หามวลที่หายไป และถือว่าเป็นมวลของน้ำ
8. ให้ทำการทดลองตัวอย่างละอย่างน้อย 2 ครั้ง แต่ผลต่างของค่า Plastic Limit จะต้องไม่เกิน 2 %

การคำนวณ (ค)

Plastic Limit = {[มวลของน้ำ (กรัม)]/[มวลของดินแห้ง (กรัม)]}x100

Plasticity Index = L.L. – P.L.

5. การทดลองทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล .ท-.108/2517)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แบบ)Mold101 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 ลักษณะทรงกระบอกกลวงมี (. 6 มิลลิเมตรและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 152.มิลลิเมตร พร้อมฐานทึบ 4
2. แท่งโลหะรอง (Spacer Disc)
3. ค้อน
4. เครื่องดันตัวอย่าง)Sample Extruder(
5. ตาชั่งแบบ Balance สามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 0 กิโลกรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 16.กิโลกรัม สำหรับชั่ง 001 ตัวอย่างทดลอง
6. ตาชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance ชั่งได้ละเอียดถึง 0.กรัม สำหรับชั่งหาปริมาณน้ำในดิน 1
7. เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110± องศาเซลเซียส สำหรับอบดินตัวอย่าง 5
8. เหล็กปาด)Straight Edge(
9. ตะแกรงร่อนดินขนาด ¾ นิ้ว และตะแกรงเบอร์ 4
10. เครื่องผสม ใช้ผสมตัวอย่างกับน้ำ ได้แก่ ถาด, ช้อน, พลั่ว เกรียง, ค้อนยาง, ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ หรือใช้เครื่องผสมแบบ Mechanical Mixer ก็ได้
11. กระป๋องอบดิน

วิธีการทดลอง

(ก) การเตรียมตัวอย่าง

1. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุด)Maximum Size มีนาดใหญ่กว่า (¾ นิ้ว ให้เตรียมตัวอย่างดังนี้
2. นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง และทำ Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง เมื่อแห้งพอเหมาะแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่กว่า ¾ นิ้ว, ขนาดระหว่าง ¾ นิ้ว ถึงขนาดเบอร์ 4 และขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4
3. ชั่งหามวลของวัสดุแต่ละขนาดที่เตรียมไว้จากข้อ 1.1 ก็จะทราบมวลของตัวอย่าง แต่ละขนาดมีอยู่ขนาดละเท่าใด
4. ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า ¾ นิ้ว ให้ทิ้งไป
5. แทนที่ตัวอย่างในข้อ 1.3 ด้วยตัวอย่างที่มีขนาดระหว่าง ¾ นิ้ว ถึงขนาดเบอร์ 4 ด้วยมวลที่เท่ากับตัวอย่าง ที่เหลือจะเป็นขนาดเล็กกว่า ¾ นิ้ว ตามที่มีจริง
6. คลุกตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1.4 ให้เข้ากัน

7. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุด มีขนาดเล็กว่า ¾ นิ้ว ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง และทำ Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างแล้วคลุกตัวอย่างให้เข้ากัน
8. ถ้าต้องการทดลอง โดยใช้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีการตากแห้งแล้วใช้ค้อนยางทุบให้ก้อนหลุดจากกันและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 คลุกตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงให้เข้ากัน
9. ชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้จากข้อ 1, 2 และ 3 แล้วแต่กรณี โดยปริมาณที่เตรียมต้องสามารถทดลองได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง

<u>การทดลอง (ข)</u>

1. นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วมาคลุกเคล้าจนเข้ากัน
2. เติมน้ำปริมาณหนึ่ง โดยปกติมักเริ่มต้นที่ประมาณ 4% ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ให้ความหนาแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content)
3. คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้ว หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากันดี
4. แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบซึ่งมีปลอกสวมเรียบร้อย โดยประมาณให้ดินแต่ละชั้นเมื่อบดอัดแล้วมีความสูงประมาณ 1 ใน 5 ของ 5 นิ้ว
5. ทำการบออัดโดยใช้ค้อน จำนวน 25 ครั้ง สำหรับแบบ (Mold) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 101.6 มิลลิเมตร และจำนวน 56 ครั้ง สำหรับแบบ (Mold) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 152.4 มิลลิเมตร
6. ดำเนินการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดทับแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 5 ชั้น โดยให้สูงกว่าแบบประมาณ 10 มิลลิเมตร
7. ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับของตอนบนของแบบ นำไปชั่งจะได้มวลของดินตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกจะได้มวลดินตัวอย่างเปียก (A)
8. นำดินที่ได้จากการบดทับตัววอย่างในแบบใส่กระป๋องอบดิน เพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดิน
9. คำนวณหาค่าความแน่นเปียก ρ_t (Wet Density) และความแน่นแห้ง ρ_d (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดิน w (Moisture Content)
10. ดำเนินดารตามข้อ 1. ถึงข้อ 9. โดยเพิ่มน้ำขึ้นอีกครั้งละ 2 % จนกว่าจะได้ความแน่นลดลงจึงหยุดการทดลอง หรืออาจลดน้ำที่ผสม ในกรณีที่เพิ่มน้ำแล้วได้ความแน่นลดลง เพื่อให้เขียน Curve ได้
11. เขียน Curve ระหว่างความแน่นแห้ง ρ_d และปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ w ก็จะทราบค่าความแน่นแห้งสูงสุด Max. ρ_d (Maximum Dry Density) และปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นแห้งสูงสุด OMC (Optimum Moisture Content)

6.การทดลองหาค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องกด)Loading Machine(
2. แบบ)Mold (ลักษณะทรงกระบอกกลวงมี 101 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2. 6 152 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน.มิลลิเมตร พร้อมฐานทึบ 4
3. แท่งโลหะรอง (Spacer Disc)
4. ค้อน)Rammer4 แบบ คือ 2 ทำด้วยโลหะมี (,537 กรัม)10 ปอนด์และ (2,) กรัม 4955.5 ปอนด์(\
5. เครื่องวัดการขยาย)Expansion Measuring Apparatus) ประกอบด้วย แผ่นวัดการขยายตัว (Swell Plate) และสามขา (Tripod(
6. แผ่นถ่วงน้ำหนัก)Surcharge Weight(
7. ท่อนกด)Penetration Piston(
8. เครื่องดันตัวอย่าง)Sample Extruder(
9. ตาชั่งแบบ Balance สามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 0 กิโลกรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 16.กิโลกรัม สำหรับชั่ง 001 ตัวอย่างทดลอง
10. ตาชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance ชั่งได้ละเอียดถึง 0.กรัม สำหรับชั่งหาปริมาณน้ำในดิน 1
11. เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110± องศาเซลเซียส สำหรับ 5อบดินตัวอย่าง
12. เหล็กปาด)Straight Edge(
13. เครื่องแบ่งตัวอย่าง)Sample Splitter(
14. ตะแกรงร่อนดินขนาด ¾ นิ้ว และตะแกรงเบอร์ 4
15. เครื่องผสม ใช้ผสมตัวอย่างกับน้ำ ได้แก่ ถาด, ช้อน, พลั่ว เกรียง, ค้อนยาง, ถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ หรือใช้เครื่องผสมแบบ Mechanical Mixer ก็ได้
16. กระป๋องอบดินสำหรับใส่ตัวอย่างดิน เพื่ออบหาปริมาณน้ำในดิน
17. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดลอง

<u>(ก) การเตรียมตัวอย่าง</u>

1. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุด)Maximum Size มีนาดใหญ่กว่า (¾ นิ้ว ให้เตรียมตัวอย่างดังนี้

1.1 นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง และทำ Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง เมื่อแห้งพอเหมาะแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่กว่า ¾ นิ้ว, ขนาดระหว่าง ¾ นิ้ว ถึงขนาดเบอร์ 4 และขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4

1.2 ชั่งหามวลของวัสดุแต่ละขนาดที่เตรียมไว้จากข้อ 1.1 ก็จะทราบมวลของตัวอย่างแต่ละขนาดมีอยู่ขนาดละเท่าใด

1.3 ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า ¾ นิ้ว ให้ทิ้งไป

1.4 แทนที่ตัวอย่างในข้อ 1.3 ด้วยตัวอย่างที่มีขนาดระหว่าง ¾ นิ้ว ถึงขนาดเบอร์ 4 ด้วย มวลที่เท่ากับตัวอย่าง ที่เหลือจะเป็นขนาดเล็กกว่า ¾ นิ้ว ตามที่มีจริง

1.5 คลุกตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1.4 ให้เข้ากัน

2. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุด มีขนาดเล็กว่า ¾ นิ้ว ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้งและทำ Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างแล้วคลุกตัวอย่างให้เข้ากัน

3. ถ้าต้องการทดลอง โดยใช้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีการตากแห้งแล้ว 4 คลุกตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงให้เข้ากัน 4 ใช้ค้อนยางทุบให้ก้อนหลุดจากกันและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์

4. ชั่งตัวอย่างที่เตรียมไว้จากข้อ 1 .2 และ .3โดยปริมาณที่เตรียมต้องสามารถทดลองได้ไม่น้ .อยกว่า ครั้ง 4

<u>ข)) การทดลอง</u>

1. การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบ

1.1 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี

1.2 โดยวิธีการทดลอง Compaction Test ตามการทดลองที่ ทล.-ท.107/2517 หรือ ทล.-ท.108/2517 จะทราบปริมาณน้ำในดินที่ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content) ให้ใช้ปริมาณน้ำในดินดังนี้

- ในการทดลองที่ ทล.-ท.107/2517 หรือ ทล.-ท.108/2517 เปรียบเทียบปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างกับปริมาณน้ำในดินที่คำนวณได้จากการอบ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองดังกล่าว เป็นค่าปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่าง เพิ่มน้ำเข้าไปในตัวอย่างที่เตรียมไว้ จนได้ปริมาณน้ำในดินที่ความแน่นสูงสุด

- กรณีที่คาดว่าปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างที่เตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง CBR อาจจะไม่เท่ากับที่ทำ Compaction Test ให้หาปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่จริง โดยการอบให้แห้ง ก็จะทราบปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่าง เพิ่มน้ำเข้าไปในตัวอย่างที่เตรียมไว้ จนได้ปริมาณน้ำในดินที่ความแน่นสูงสุด

1.3 เติมน้ำตามที่คำนวณได้จากข้อ 2

1.4 คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้ว หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากัน

1.5 แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบ (ใส่แท่งโลหะ+สวมปลอก+กระดาษกรอง) โดยประมาณให้ตัวอย่างแต่ละชั้นเมื่อบดอัดแล้วสูงประมาณ 1 ใน 5 ของ 5 นิ้ว

1.6 ทำการบดทับโดยค้อนแล้วแต่กรณี จำนวน 12 ครั้ง

1.7 ดำเนินการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดทับแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 5 ชั้น โดยให้สูงกว่าแบบประมาณ 10 มิลลิเมตร

1.8 ถอดปลอก (Collar) ออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่ากับระดับตอนบนของแบบ

1.9 คลายสกรูที่ยึดระหว่างแผ่นฐานกับแบบออก พลิกแบบโดยให้ด้านล่างของแบบอยู่ด้านบนนำเข้าประกอบกับแผ่นฐานอย่างเดิม ก็จะได้ตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับการทดลองหาค่า CBR ต่อไป (กรณีต้องการทดลองแบบไม่แช่น้ำ ไม่ต้องใส่กระดาษกรองรองใต้แบบ)

1.10 ทำการเตรียมตัวอย่างอีก 2 ตัวอย่าง โดยการบดทับแต่ละชั้นด้วยค้อน จำนวน 25ครั้ง และ 56 ครั้ง ตามวิธีการข้างต้นในข้อ 1.

2. การหาความแน่นในการบดทับและปริมาณน้ำในดิน

2.1 นำตัวอย่างพร้อมแบบที่เตรียมไว้จากข้อ ข.1 (10.) ไปชั่งจะได้มวลของตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของตัวอย่างเปียก (A)

2.2 นำตัวอย่างที่ได้จากการบดทับตามข้อ ข.1 ใส่กระป๋องอบตัวอย่าง เพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

2.3 คำนวณหาค่าความแน่นเปียก ρ_t (Wet Density) และความแน่นแห้ง ρ_d (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดิน w (Moisture Content)

3. การหาค่าการขยายตัว)Swell(

3.1 นำแผ่นวัดการขยายตัว (Swell Plate) พร้อมแผ่นถ่วงน้ำหนักจำนวน 2 อัน สำหรับวัสดุพื้นทาง วัสดุรองพื้นทาง และวัสดุคัดเลือก และ 3 อัน สำหรับวัสดุ Subgrade วางลงบนตัวอย่างที่เตรียมไว้ตามข้อ 1.9 ให้แนบสนิทกับตัวอย่าง แล้วนำไปแช่ในน้ำให้ท่วมตัวอย่างให้หมด วางก้านสามขาลงบนปลอกของแบบจัดให้ก้านของ Dial Gauge อยู่กึ่งกลางบนก้านของแผ่นวัดการขยายตัว จด Initial Reading ที่อ่านได้จาก Dial Gauge แช่น้ำทิ้งไว้ บันทึกวันและเวลาที่อ่าน Reading บน Dial Gauge ทุกๆวัน เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การขยายตัว (Swell) ในการอ่าน Reading บน Dial Gauge แต่ละครั้ง

3.2 เมื่อครบกำหนด 4 วัน ให้นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำแล้วเทน้ำออกจากตัวอย่าง ระวังอย่าให้ผิวหน้าของตัวอย่างเสียหาย เสร็จแล้วชั่งหามวล นำตัวอย่างเตรียมไว้เพื่อทดลอง Penetration Test ต่อไปทันที

4. การทดลอง Penetration Test เพื่อหาค่า CBR

4.1 ถ้าต้องการทดลองโดยวิธีไม่แช่น้ำ (Unsoaked) ไม่ต้องหาค่าการขยายตัว (Swell) ตามข้อ 3. ให้นำตัวอย่างหลังจากชั่งหามวลจากข้อ 2. มาทดลอง Penetration Test ได้ทันทีนำตัวอย่างตามข้อ 3.2 หรือข้อ 4.1 แล้วแต่กรณีมาใส่แผ่นถ่วงน้ำหนักจำนวน 2 อัน สำหรับวัสดุพื้นทาง วัสดุรองพื้นทาง และวัสดุคัดเลือก และ 3 อัน สำหรับวัสดุ Subgrade วางลงบนตัวอย่าง

4.2 นำตัวอย่างวางบนเครื่องกด แล้วทำการกดตัวอย่าง โดยเพิ่มแรงลงบนท่อนกดด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอ โดยอ่าน Penetration Dial Gauge เทียบเท่านาฬิกาจับเวลา

4.3 ทำการบันทึกแรงกด เมื่อ Penetration อ่านได้ ทุกๆ 0.025 นิ้ว จนถึง 0.500 นิ้ว เสร็จแล้วคลายแรงกดออก แล้วนำตัวอย่างออกจากเครื่องกด นำตัวอย่างที่ถูกกดไปหาปริมาณน้ำในดิน

4.4 ทำการทดลอง Penetration Test ของตัวอย่างที่เตรียมไว้อีก 2 ตัวอย่างโดยวิธีเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

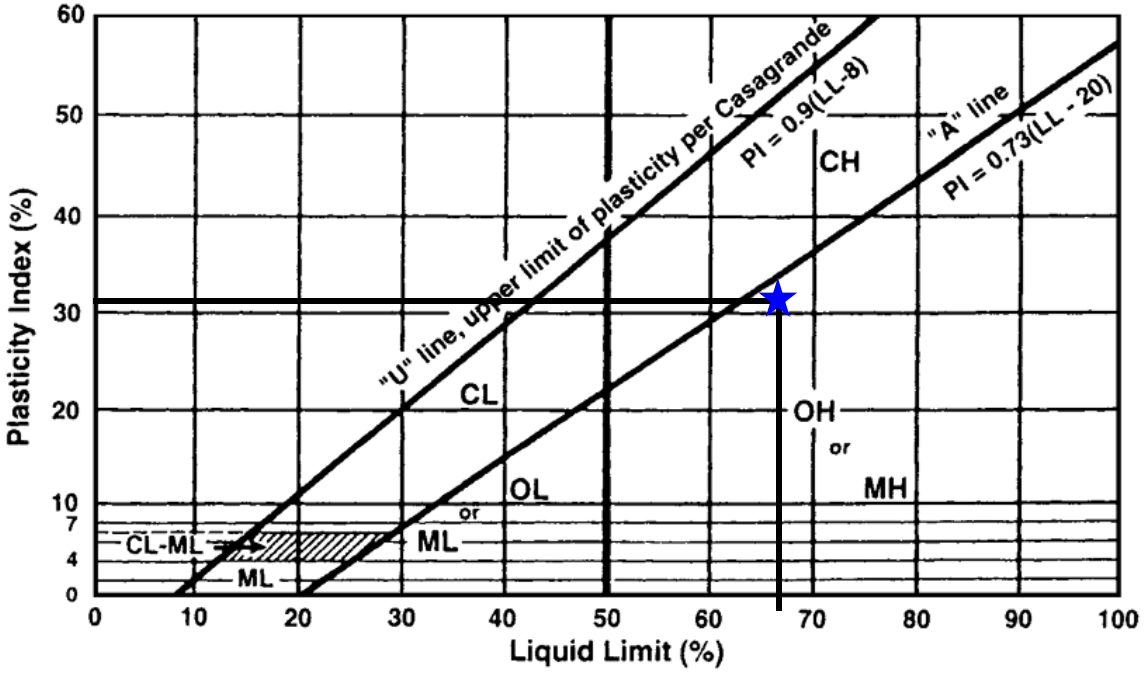
4.5 นำผลการทดลองที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างแรงกดกับระยะที่ท่อนกดจมลงในตัวอย่าง เพื่อหาค่า CBR ต่อไป

4.6 เมื่อได้ค่า CBR ของแต่ละตัวอย่างแล้ว ให้เขียนกราฟระหว่างค่า CBR กับค่าความแน่นแห้ง เพื่อหาค่า CBR ที่เปอร์เซ็นต์ของการบดอัดที่ต้องการต่อไป

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินตะกอน

จากการทดสอบตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล .ท-.102/2515 และทล .ท-.103/2515 พบว่าค่าพิกัดเหลว ค่าพิกัดพลาสติก และค่าดัชนีพลาสติกของดินตะกอนทะเลมีค่าเท่ากับ 67% 35.80% และ 31.20 % ตามลำดับ โดยการจำแนกประเภทของดินตามระบบ USCS ดินตัวอย่างจัดเป็นดินตะกอนที่มีสภาพความเป็นพลาสติกสูง (High plasticity silt, MH) และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.69 (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 การจำแนกประเภทของดินตามระบบ USCS

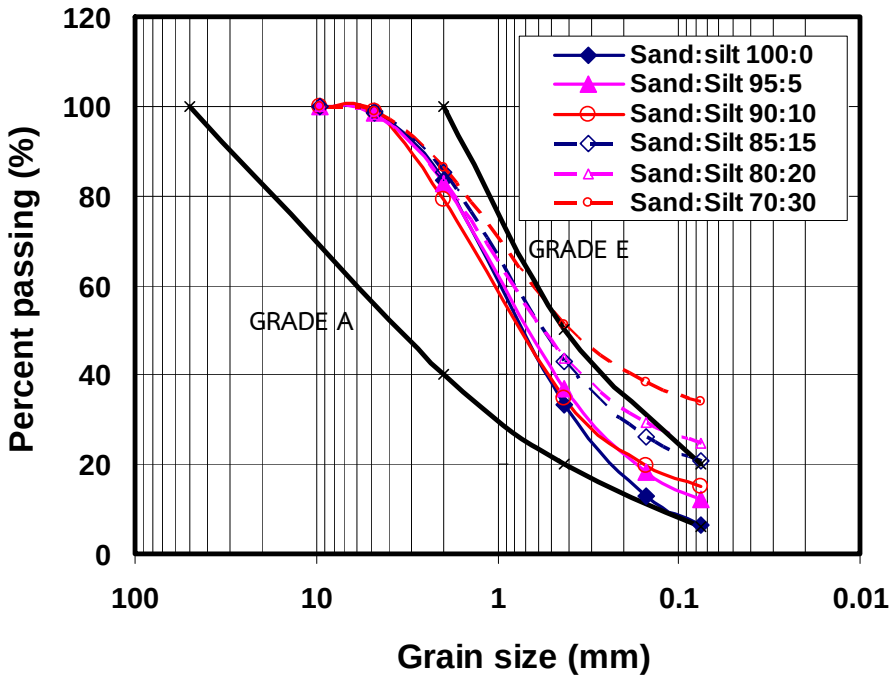
4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอน

4.2.1 การทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

ตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการหาขนาดคละของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนที่อัตราส่วนต่างๆ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง พบว่า ตัวอย่างดินที่อัตราส่วนผสมระหว่างทรายและดินตะกอนเท่ากับ 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 จัดอยู่ในเกรด E ตามเกณฑ์มาตรฐานข้อกำหนดของกรมทางหลวง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (เทียบกับมาตรฐานชั้นรองพื้นทาง(

ทรายดินตะกอน:	**Percent Passing (%)**						**Grade**
	2 in	**1 in**	**3/8 in**	**#10**	**#40**	**#200**	
100:0	-	-	100	82.36	28.87	6.35	E
95:5	-	-	100	80.52	28.35	12.28	E
90:10	-	-	100	75.63	23.43	15.00	E
85:15	-	-	100	81.4	28.09	20.73	E
80:20	-	-	100	77.81	25.52	24.62	-
70:30	-	-	100	79.02	25.92	34.15	-



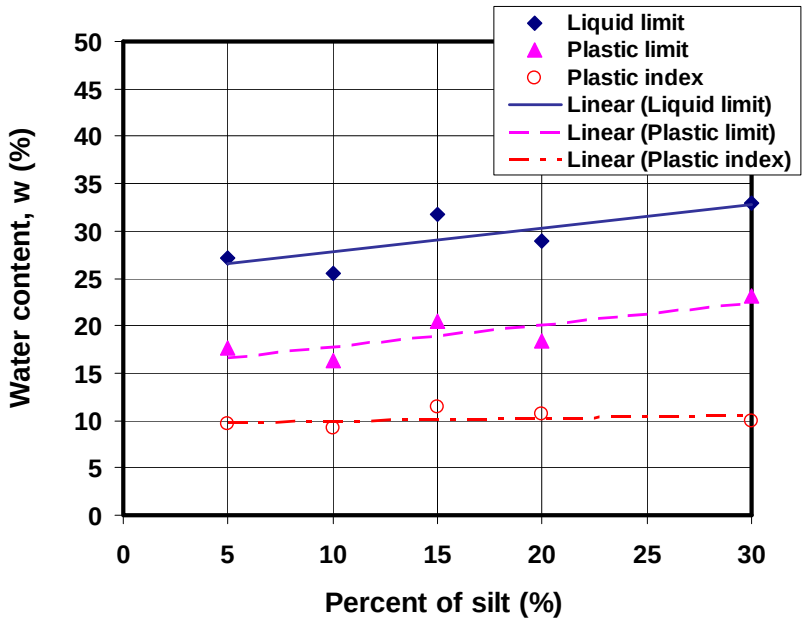
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน (Grain size distribution curve)

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนผสม	LL (%)	PL (%)	PI (%)	OMC (%)	$\gamma_{dry,max}$ (kN/m^3)	CBR (%)
Sand : Silt 100:0	-	-	-	9.0	2.03	103
Sand : Silt 95:5	27.2	17.6	9.6	7.8	2.09	118
Sand : Silt 90:10	25.5	16.3	9.2	8.0	2.10	63
Sand : Silt 85:15	31.8	20.4	11.4	7.8	2.10	35
Sand : Silt 80:20	29	18.4	10.6	8.2	2.06	26
Sand : Silt 70:30	33	23.1	9.9	10.0	2.20	9.2

4.2.2 การทดสอบหาค่าพิกัดข้นเหลว (Consistency limit)

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบหาค่าพิกัดข้นเหลว (Consistency limit) จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดงค่าพิกัดข้นเหลวของตัวอย่างทรายผสมดินตะกอนที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของดินตะกอนเพิ่มขึ้น ค่าพิกัดเหลวและค่าพิกัดพลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะค่าพิกัดข้นเหลวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของดินมวลละเอียด (Fine-grain soils) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณดินตะกอนซึ่งเป็นดินมวลละเอียดในตัวอย่างมากขึ้น ย่อมส่งผลให้ค่าพิกัดเหลวและพิกัดพลาสติกเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของค่าพิกัดเหลวและค่าพิกัดพลาสติกอยู่ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าดัชนีพลาสติกของดินตัวอย่างจึงมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่



รูปที่ 4.3 ค่าพิกัดเหลว พิกัดพลาสติกและดัชนีพลาสติกของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ

4.2.3 การทดลองการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)

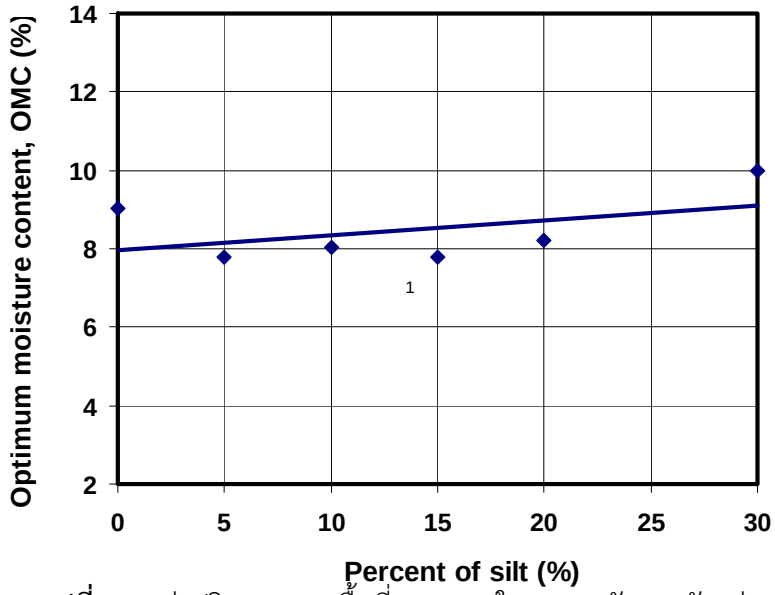
ทุกๆ อัตราส่วนผสมของดินตัวอย่างจะถูกนำมาทำการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน เพื่อหาค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC) และค่าความหนาแน่นสูงสุด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ พบว่า ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่ใช้ในการบดอัดดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณสัดส่วนของดินตะกอนที่เพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4.5 พบว่าค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนผสมของดินตะกอนเพิ่มขึ้น

4.2.4 การทดลองหาค่า CBR Test (California Bearing Ratio)

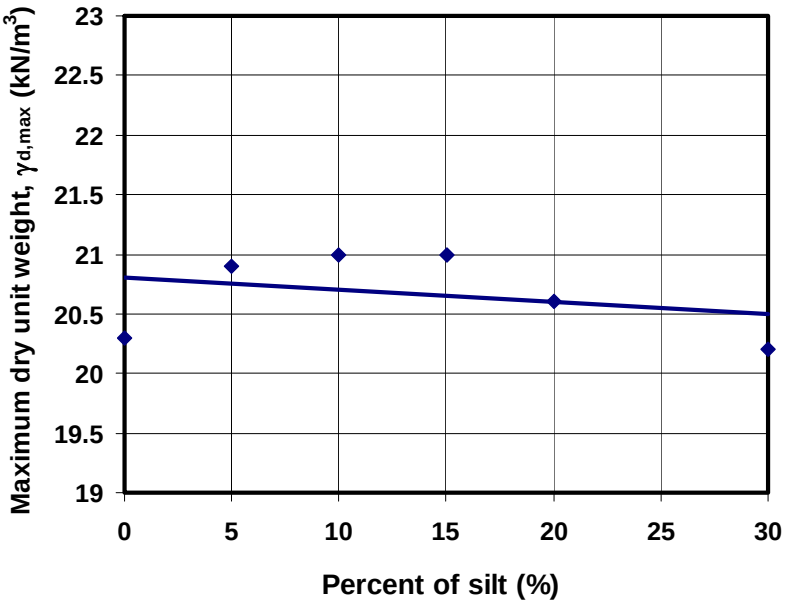
จากรูปที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบค่าซี บี อาร์ แบบแช่น้ำของดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าทั้งค่าซี บี อาร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของดินตะกอนเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุดที่อัตราส่วนผสมของทรายผสมดินตะกอนที่ 95:5 แต่เมื่ออัตราส่วนผสมของทรายผสมดินตะกอนสูงขึ้น ค่าซี บี อาร์ กลับมีแนวโน้มลดลง

4.3 การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง

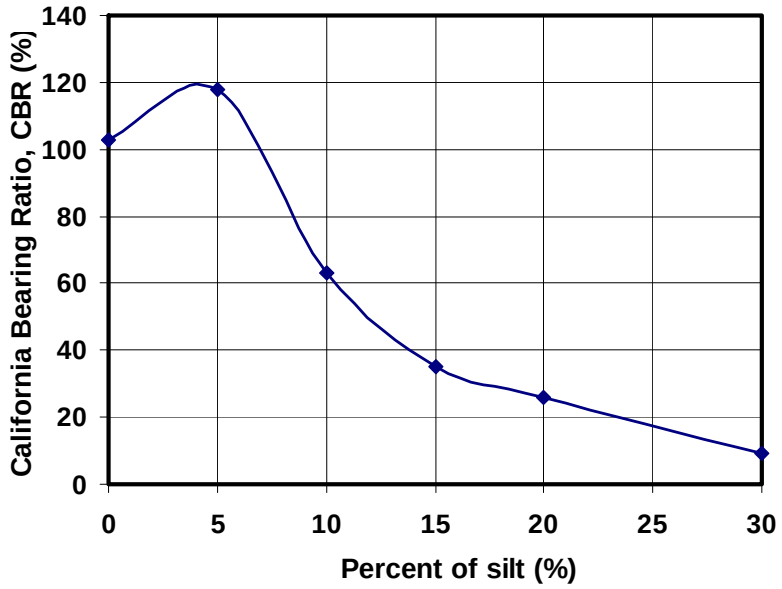
ค่าคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนในทุกๆ อัตราส่วนผสมที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างชั้นทาง ทล.ม-. 205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ซึ่งมีข้อกำหนดค่าคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ของวัสดุมวลรวมดังสรุปไว้ในตารางที่ 4.3-4.6 พบว่าตัวอย่างทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วน 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 มีค่าคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมผ่านข้อกำหนดคุณสมบัติวัสดุมวลรวมชั้นรองพื้นทางทุกประการ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุมวลรวมของชั้นรองพื้นทางได้ ส่วนชั้นวัสดุคัดเลือก ก , ข และชั้นคันทางหรือดินถม ก ข ทุกอัตราส่วนผสมมี, ความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุมวลรวม ยกเว้นที่อัตราส่วนผสม 70:30 ไม่สามารถที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุมวลรวมในชั้นวัสดุคัดเลือก ก และชั้นคันทางหรือดินถม ข ได้ เนื่องจากไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานข้อกำหนดของกรมทางหลวง ดังแสดงในตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.4 ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการบดอัดของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.5 ค่าความหนาแน่นสูงสุดของการบดอัดของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.6 ค่าซี บี อาร์ของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ

ตารางที่ 4.7 สรุปผลความเป็นไปได้ในการนำทรายผสมดินตะกอนมาใช้เป็นวัสดุมวลรวม

โครงสร้างชั้นทาง	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน					
	100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30
ชั้นพื้นทาง (Base Course)	×	×	×	×	×	×
ชั้นรองพื้นทาง (Subbase Course)	√	√	√	√	×	×
ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected Material)						
- วัสดุคัดเลือก ก	√	√	√	√	√	×
- วัสดุคัดเลือก ข	√	√	√	√	√	√
ชั้นคันทางหรือดินถม (Compacted embankment)						
- วัสดุคันทาง ก	√	√	√	√	√	√
- วัสดุคันทาง ข	√	√	√	√	√	×

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน ทล.-ม.201/2544 มาตรฐานชั้นพื้นทางหินคลุก

ลำดับ	คุณลักษณะ	หน่วย	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน						ข้อกำหนดชั้นรองพื้นทาง
			100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30	
1	การทดสอบค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion (ทล.-ท. 202/2515)	%	-	-	-	-	-	-	<= 40
2	การทดสอบค่าความคงทนของมวลรวม โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ (ทล.-ท.213)	%	-	-	-	-	-	-	<= 9
3	การทดสอบขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)	-	E	E	E	E	-	-	เกรด A และ B
4	การทดสอบค่า Liquid Limit (LL) ของดิน (ทล.-ท. 102/2515)	%	-	27.2	25.5	31.8	29	33	<= 25
5	การทดสอบค่า Plastic Limit และ Plasticity Index (ทล.-ท. 103/2515)	%	-	9.59	9.17	11	10.65	10	<= 6
6	การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล.-ท. 108/2517)	kN/m^3	20.3	20.9	21.0	21.0	20.6	20.2	-
		%	9.04	7.80	8.04	7.80	8.20	10.00	
7	การทดสอบค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)	%	103	118	63	35	26	5	>= 80* หรือ >= 90**

>= 80* (ผิวทางแอสฟัลส์) >= 90** (ผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนต์)

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน ทล.-ม.205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

ลำดับ	คุณลักษณะ	หน่วย	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน						ข้อกำหนดชั้นรองพื้นทาง
			100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30	
1	การทดสอบค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion (ทล.-ท. 202/2515)	%	-	-	-	-	-	-	<= 60
2	การทดสอบขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)	-	E	E	E	E	-	-	เกรด A-E
3	การทดสอบค่า Liquid Limit (LL) ของดิน (ทล.-ท. 102/2515)	%	-	27.2	25.5	31.8	29	33	<= 35
4	การทดสอบค่า Plastic Limit และ Plasticity Index (ทล.-ท. 103/2515)	%	-	9.59	9.17	11	10.65	10	<= 11
5	การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล.-ท. 108/2517)	kN/m^3	20.3	20.9	21.0	21.0	20.6	20.2	-
		%	9.04	7.80	8.04	7.80	8.20	10.00	
6	การทดสอบค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)	%	103	118	63	35	26	5	>= 25

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน ทล.-ม.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข”

ลำดับ	คุณลักษณะ	หน่วย	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน						ข้อกำหนด	
			100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30	วัสดุคัดเลือก ก	วัสดุคัดเลือก ข
1	การทดสอบขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)	-	6.35	12.28	15.00	20.73	24.62	34.15	<= 30 (ผ่าน #200)	<=35 (ผ่าน #200)
2	การทดสอบค่า Liquid Limit (LL) ของดิน (ทล.-ท. 102/2515)	%	-	27.2	25.5	31.8	29	33	<= 40	-
3	การทดสอบค่า Plastic Limit และ Plasticity Index (ทล.-ท. 103/2515)	%	-	9.59	9.17	11	10.65	10	<= 20	-
4	การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล.-ท. 108/2517)	kN/m^3	20.3	20.9	21.0	21.0	20.6	20.2	-	-
		%	9.04	7.80	8.04	7.80	8.20	10.00		
5	การทดสอบค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)	%	103	118	63	35	26	5	>= 10	>= 6
			0.001	0.007	0.014	0.081	0.291	0.502	<= 3	<= 3
6	การทดลองหาค่า Durability ของวัสดุกรณีใช้วัสดุจำพวก Shale (ทล.-ท. 206/2517)	%	-	-	-	-	-	-	>= 30	-

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน ทล.-ม.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข”

ลำดับ	คุณลักษณะ	หน่วย	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน						ข้อกำหนด	
			100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30	วัสดุคัดเลือก ก	วัสดุคัดเลือก ข
1	การทดสอบขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)	mm	2	2	2	2	2	2	<= 50 mm (เม็ดโตสุด) -	<= 9.5 mm (เม็ดโตสุด) <= 25 (ผ่าน #200)
		%	6.35	12.28	15.00	20.73	24.62	34.15		
2	การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล.-ท. 108/2517)	kN/m^3	20.3	20.9	21.0	21.0	20.6	20.2	-	-
		%	9.04	7.80	8.04	7.80	8.20	10.00		
3	การทดสอบค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)	%	103	118	63	35	26	5	>= ตามแบบ	>= 10
			0.001	0.007	0.014	0.081	0.291	0.502	<= 4 (Swelling)	-

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยความเป็นไปได้ในการนำทรายผสมดินตะกอน มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมเพื่อเพิ่มความเชื่อมแน่นและความแข็งแรงในชั้นรองพื้นทาง สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ดินตะกอนจากชายฝั่งท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีคุณสมบัติพื้นฐานด้านค่าพิกัดเหลว)Liquid Limit เป็น (53.65% และค่าพิกัดพลาสติก)Plastic Limitและค่าดัชนี ( ) ความเหนียวPlasticity Index(เป็น 28.13% และ 25.52% ตามลำดับ

5.1.2 เมื่อนำทรายมาผสมกับดินตะกอนจากชายฝั่งท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี แล้วมีการพัฒนากำลังสูงขึ้น โดยกำลังจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณดินตะกอนที่เพิ่มมากขึ้นจนถึงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณดินตะกอนเพิ่มขึ้นไปอีกกำลังจะมีค่าลดลง

5.1.3 งานวิจัยนี้สามารถบ่งชี้ได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการนำทรายผสมดินตะกอนมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในชั้นรองพื้นทางที่อัตราส่วน 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 ส่วนชั้นวัสดุคัดเลือก ก, ข และชั้นคันทางหรือดินถม ก, ข ทุกอัตราส่วนผสมมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวม ยกเว้นที่อัตราส่วนผสม 70:30 ไม่สามารถที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุมวลรวมในชั้นวัสดุคัดเลือก ก และชั้นคันทางหรือดินถม ข

5.1.4 เมื่อพิจารณาในด้านกำลังของทรายผสมดินตะกอนมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในชั้นรองพื้นทาง จะพบว่า ที่อัตราส่วนผสม 95:5 จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ CBR สูงที่สุด คือ 118 เปอร์เซ็นต์ และ เมื่อพิจารณาด้านความประหยัด พบว่า ที่อัตราส่วนผสม 85:15 จะสามารถลดปริมาณทรายลงได้แต่ยังคงคุณสมบัติตามมาตรฐานชั้นรองพื้นทางที่กำหนดไว้

ผลงานตีพิมพ์

วรรณวรางค์ รัตนานิคม ธนาภรณ์ ทองรูปพรรณ์ และพัสดา ปัดชุมมี, 2558. การพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลที่ขุดลอกเพื่อใช้เป็นวัสดุในงานทาง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20 ณ โรงแรมเดอะซายน์ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 8-10 กรกฎาคม 2558 หน้า 1-6

การพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลที่ขุดลอกเพื่อใช้เป็นวัสดุในงานทาง

Improvement of Engineering Properties of Marine Dredged Sediments for Road Construction

วรรณวรางค์ รัตนานิคม[1,*] ธนาภรณ์ ทองรูปพรรณ์[1] พัสดา ปัดชุมมี[1]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

บทคัดย่อ

กระบวนการขุดลอกดินตะกอนทะเลบริเวณชายฝั่งที่ทับถมกันเป็นเวลาอันยาวนานจากอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ถือเป็นกระบวนการสำคัญที่สามารถแก้ไขปัญหาการตื้นเขินบริเวณชายฝั่งทะเลได้ แต่ภายหลังการขุดลอกการขาดแคลนพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับขยะจำนวนมากนี้กลับเป็นปัญหาการจัดการขยะทางสิ่งแวดล้อมที่ตามมาและควรได้รับการแก้ไข ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้และการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง กรมทางหลวงแห่งประเทศไทย โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและหลักเศรษฐศาสตร์ การทดลองถูกออกแบบโดยแปรผันอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักแห้งระหว่างทรายต่อดินตะกอน ดังนี้ 100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 และ 70:30 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนต่างๆ ถูกนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทางต่างๆ ของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย จากผลการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนผสม 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นรองพื้นทางได้ ทุกๆ อัตราส่วนผสมสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข” และชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทางได้

คำสำคัญ: ดินตะกอนทะเล, วัสดุมวลรวม, คุณสมบัติพื้นฐาน, คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม

Abstract

Marine sediment dredging operations are necessary to maintain navigation in waterways and access to harbors. However, large disposal sites are required for this waste. In order to solve this problem, this research aimed to study the possibility of using and developing of engineering properties of marine dredged sediments from Laemchabang Harbour as a new material resource for road construction. The ratios of sand-marine silt samples were 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 and 70:30. The basic and engineering properties obtained from this research were compared with the standard specification for road construction design. The results showed that it was possible to use the sand-marine silt samples in the ratio of 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 to strengthen the subbase and all samples could be used for selected and embankment materials.

Keywords: Marine sediment, Soil aggregate, Basic properties, Engineering properties

1. คำนำ

ปัจจุบันระบบการขนส่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทางสังคมและเศรษฐกิจ บทบาทสำคัญของการขนส่ง คือ การอำนวยความสะดวกในการเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ เข้าด้วยกัน รวมไปถึงการขนส่งสินค้าและบริการไปสู่ผู้บริโภค ระบบการขนส่งในประเทศไทยนั้น การขนส่งทางถนนถือเป็นระบบการขนส่งที่สำคัญและนิยมมากกว่าการขนส่งระบบอื่น ทั้งนี้เพราะเป็นการขนส่งที่สะดวก รวดเร็ว และเข้าถึงได้ทุกพื้นที่ทั้งในเมืองและพื้นที่ห่างไกลความเจริญ การขยายตัวและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทางด้านเศรษฐกิจและการลงทุนส่งผลให้ปริมาณการจราจรเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องออกแบบและก่อสร้างถนนให้มีความแข็งแรงและคงทนเพื่อรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

การออกแบบชนิดของถนนขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานหลายประการ ได้แก่ ลักษณะการใช้งาน ปริมาณการจราจร น้ำหนักบรรทุก อายุบริการออกแบบ และกำลังแบกทานของดินคันทาง เป็นต้น ปัจจุบันนิยมออกแบบ

* ผู้เขียนผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding author)
E-mail address: wanwarangr@buu.ac.th

ผิวทางจราจร (Surface) 2 ประเภท คือ ผิวทางจราจรแบบหยุ่นตัว (Flexible pavement) เช่น ทางลาดยางแอลฟัลต์ และผิวทางจราจรแบบเกร่งตัว (Rigid pavement) เช่น ทางคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น ภายใต้ผิวทางจราจรทั้งสองประเภทนี้มีส่วนประกอบของโครงสร้างชั้นทางที่สำคัญดังนี้ คือ ชั้นพื้นทาง (Base course) ชั้นรองพื้นทาง (Subbase course) ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected material) และชั้นดินคันทางหรือดินถม (Compacted subgrade or embankment) วัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นมักเป็นวัสดุมวลรวม (Aggregate) ที่มีความแข็งแรง ทนทาน โดยมีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเนื้อประสานที่ดี เช่น หินคลุก หินปูน หินบะซอลท์ หินแกรนิต นิยมใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง ลูกรังและทราย นิยมใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทาง เป็นต้น

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น การแสวงหาแหล่งวัสดุใหม่เพื่อใช้ทดแทนวัสดุแหล่งเดิมที่กำลังจะหมดไปถือว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งทางเลือกหนึ่งในการแสวงหาแหล่งวัสดุใหม่ คือ การนำวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุทางธรรมชาติที่มีอยู่ในพื้นที่มาใช้ประโยชน์ อาทิเช่น การนำเถ้าก้นเตาและแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหลือทิ้งจากโรงงานมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังเพื่อใช้เป็นวัสดุในงานทาง เป็นต้น [1-2]

ดินตะกอนทะเล คือ ดินตะกอนเนื้อละเอียดที่เกิดจากการสะสมของวัตถุต้นกำเนิดบริเวณชายฝั่ง การทับถมของตะกอนที่เพิ่มขึ้นเป็นเวลานานจากอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเป็นสาเหตุให้บริเวณชายฝั่งตื้นเขิน ซึ่งส่งผลกระทบอย่างยิ่งต่อการเข้าเทียบเรือของเรือบรรทุกสินค้าขนาดใหญ่จนมีความจำเป็นต้องขุดลอกดินตะกอนทะเลบริเวณท่าเทียบเรือนี้ออกเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการขุดลอกดินตะกอนทะเลจะสามารถแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้ แต่ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่ตามมาอันเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น การขาดแคลนพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับ ตลอดจนปัญหาการจัดการและกำจัดดินตะกอนทะเลภายหลังการขุดลอก ซึ่งถือเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่ไม่มีประโยชน์และอาจเรียกได้ว่าเป็น “ขยะทางสิ่งแวดล้อม” ที่ไม่ถูกต้องและเหมาะสม ยังคงเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ควรให้ความสำคัญและแก้ไขอย่างเร่งด่วน ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบด้านอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นตามมาในอนาคต

ปัจจุบันเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว นักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการนำเอาขยะทางธรรมชาติหรือดินที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งมาใช้ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมโยธา เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมมากขึ้น [3-4] เช่น การนำดินทรายหรือดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งทะเลมาใช้เป็นวัสดุทางเลือกใหม่ในการดินและงานคอนกรีต เป็นต้น [3, 5-10] นอกจากนั้นการประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งที่ได้รับความสนใจสูงสุดอีกอย่างหนึ่งในปัจจุบันคือ การใช้ดินทรายหรือดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งมาเป็นแหล่งวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางนั่นเอง [3, 5, 10]

จากการศึกษาพบว่าหลักการจัดเรียงโครงสร้างชั้นทางของถนนที่ใช้ในประเทศไทยและต่างประเทศไม่แตกต่างกัน คือ โครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นจะที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกและกระจายแรงกระทำลงสู่โครงสร้างชั้นด้านล่างเป็นทอดๆ ต่อเนื่องกันจากชั้นบนจนถึงชั้นดินคันทางและดินเดิมซึ่งเป็นชั้นล่างสุด ซึ่งประกอบด้วยชั้นโครงสร้างที่สำคัญดังนี้ ชั้นผิวทาง (Surface) ชั้นพื้นทาง (Base course) ชั้นรองพื้นทาง (Subbase course) ชั้นวัสดุคัดเลือก (Selected material) และชั้นดินคันทางหรือดินถม (Compacted subgrade or embankment) วัสดุที่ถูกคัดเลือกมาใช้ในการก่อสร้างมีความจำเป็นต้องเหมาะสมกับความสามารถในการรับนำหนักบรรทุกของแต่ละชั้น นอกจากนั้นในการก่อสร้างถนนจะต้องทำการบดอัดดินให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานที่กำหนดในแต่ละชั้นอีกด้วย จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่ผ่านพบว่า แม้การจัดเรียงโครงสร้างชั้นทางของถนนในแต่ละประเทศจะเหมือนกัน แต่มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นกลับมีข้อกำหนดแตกต่างกัน เช่น มาตรฐานที่ใช้ในประเทศฝรั่งเศส ความหนาแน่นของโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นจะถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติทางด้านกำลัง 3 ค่า คือ CBR index, Tensile strength และ Young’s modulus [2, 5, 10] ในขณะที่มาตรฐานโครงสร้างชั้นทางกรมทางหลวงของประเทศไทย ความหนาแน่นของโครงสร้างชั้นทางแต่ละชั้นจะถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติทางด้านกำลังเพียง 1 ค่า คือ CBR index แต่พิจารณาคุณสมบัติอื่นเพิ่มเติมด้วย เช่น ขนาดคละของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง ค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate และค่า Plastic Limit และ Plasticity Index เป็นต้น (ทล.-ม.201/2544; ทล.-ม.205/2532; ทล.-ม.208-209/2532; ทล.-ม.102-103/2532)

แม้ว่าในต่างประเทศจะมีการศึกษาวิจัยเบื้องต้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินทรายหรือดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งทะเลมาเป็นวัสดุทางเลือกสำหรับงานทางแล้ว แต่พบว่าในประเทศไทยเองยังไม่มีการศึกษาเรื่องดังกล่าวนี้อย่างจริงจัง นอกจากนั้นลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ตลอดจนมาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างชั้นทางของแต่ละประเทศที่ไม่เหมือนกัน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ไม่สามารถให้คาดเดาผลหรือความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ประโยชน์ดินตะกอนที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งทะเลไทยในงานทางได้ ดังนั้นเพื่อการแก้ไขปัญหาอย่างจริงจัง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้และการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐานโครงสร้างชั้นทางกรมทางหลวง โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คือการลดต้นทุนการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางหรือถนน ตลอดจนสามารถใช้เป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการต่อยอดงานวิจัยและพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างอื่นๆ ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำทรายผสมดินตะกอนทะเลที่ถูกขุดลอกบริเวณชายฝั่งซึ่งถือเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่เหลือใช้ มาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง

3. ขอบเขตการศึกษาและวิธีการทดสอบ

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ผู้วิจัยจึงออกแบบขอบเขตของโครงการวิจัยคือ ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนทะเลที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (ตามมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง) โดยแปรผันอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักแห้งระหว่างทรายต่อดินตะกอน คือ 100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 และ 70:30 เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทางของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย ได้แก่ ทล.-ม. 205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ทล.-ม.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข” และ ทล.-ม.102-103/2532 มาตรฐานชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทาง โดยรายละเอียดในการทดสอบมีดังนี้

- ทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)
- ทดสอบหาค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit, LL) (ทล.-ท. 102/2515)
- ทดสอบหาค่าพิกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL) และดัชนีพลาสติก (Plasticity Index) (ทล.-ท. 103/2515)
- ทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Procter compaction test) (ทล.-ท. 108/2517)
- ทดสอบ CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินตะกอนและดินทราย

จากการทดสอบตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.-ท. 102/2515 และ ทล.-ท. 103/2515 พบว่าค่าพิกัดเหลว ค่าพิกัดพลาสติก และค่าดัชนีพลาสติกของดินตะกอนทะเลมีค่าเท่ากับ 67% 35.80% และ 31.20% ตามลำดับ โดยการจำแนกประเภทของดินตามระบบ USCS ดินตัวอย่างจัดเป็นดินตะกอนที่มีสภาพความเป็นพลาสติกสูง (High plasticity silt, MH) และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.69

ดินทรายที่ใช้ในการทดสอบนี้มีการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินดังรูปที่ 1 (อัตราส่วน Sand: Silt 100:0)

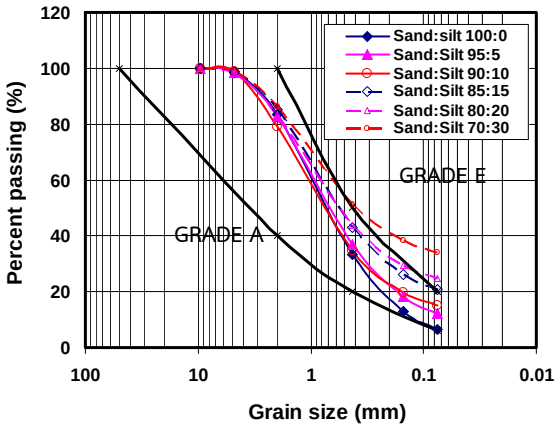
ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนผสม Sand:Silt	LL (%)	PL (%)	PI (%)	OMC (%)	$\gamma_{dry,max}$ (kN/m^3)	CBR (%)
100:0	-	-	-	9.0	2.03	103
95:5	27.2	17.6	9.6	7.8	2.09	118
90:10	25.5	16.3	9.2	8.0	2.10	63
85:15	31.8	20.4	11.4	7.8	2.10	35
80:20	29	18.4	10.6	8.2	2.06	26
70:30	33	23.1	9.9	10.0	2.20	9.2

4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอน

4.2.1 ผลการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

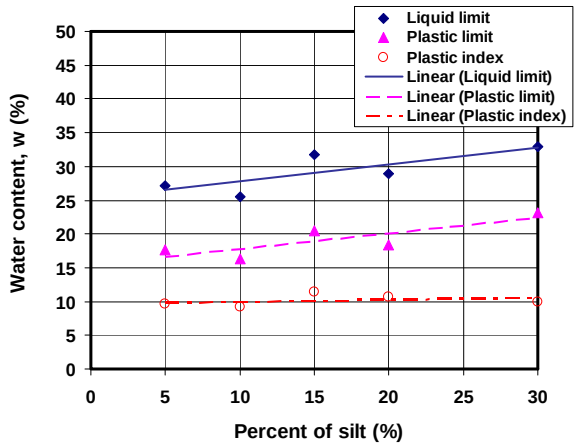
รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบการหาขนาดคละของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง พบว่าตัวอย่างดินที่อัตราส่วนผสมระหว่างทรายและดินตะกอนเท่ากับ 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 จัดอยู่ในเกรด E ตามเกณฑ์ข้อกำหนด ทล.-ม. 205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมของกรมทางหลวง คือมีขนาดคละที่ดีและมีร้อยละที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 โดยมวล 6-20 %



รูปที่ 1 การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน (Grain size distribution curve)

4.2.2 ผลการทดสอบหาค่าพิกัดข้นเหลว (Consistency limit)

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบหาค่าพิกัดข้นเหลว จากตารางที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงค่าพิกัดข้นเหลวของตัวอย่างทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของดินตะกอนเพิ่มขึ้น ค่าพิกัดเหลวและค่าพิกัดพลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะค่าพิกัดข้นเหลวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของดินมวลละเอียด (Fine-grain soils) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณดินตะกอนซึ่งเป็นดินมวลละเอียดในตัวอย่างมากขึ้น ย่อมส่งผลให้ค่าพิกัดเหลวและพิกัดพลาสติกเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของค่าพิกัดเหลวและค่าพิกัดพลาสติกอยู่ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าดัชนีพลาสติกของดินตัวอย่างจึงมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่

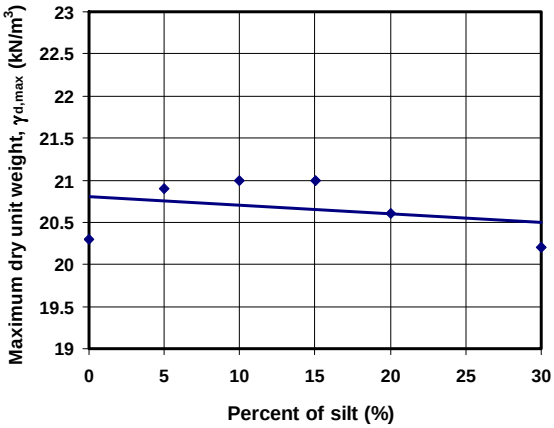


รูปที่ 2 ค่าพิกัดเหลว พิกัดพลาสติกและดัชนีพลาสติกของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ

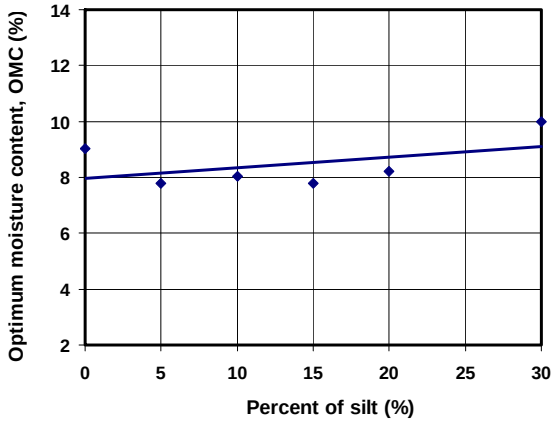
4.2.3 ผลการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) และการทดสอบ ซี บี อาร์

ทุกๆ อัตราส่วนผสมของดินตัวอย่างจะถูกนำมาทำการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานเพื่อหาค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC) และค่าหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ พบว่า ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่ใช้ในการบดอัดดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณสัดส่วนของดินตะกอนที่เพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4 พบว่าค่าหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดของดินตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนผสมของดินตะกอนเพิ่มขึ้น

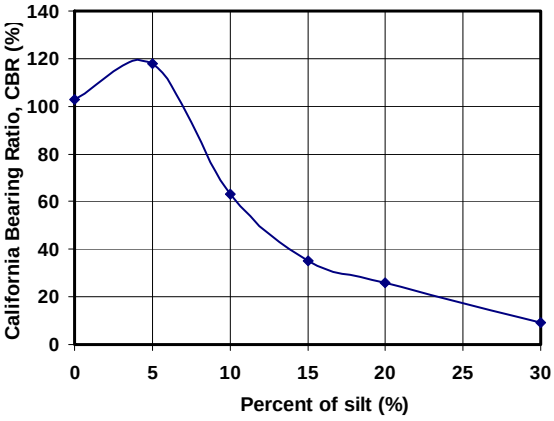
จากรูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบค่าซี บี อาร์ แบบแช่น้ำของดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าทั้งค่าซี บี อาร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของดินตะกอนเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุงที่อัตราส่วนผสมของทรายผสมดินตะกอนที่ 95:5 แต่เมื่ออัตราส่วนผสมของทรายผสมดินตะกอนสูงขึ้น ค่าซี บี อาร์ กลับมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 4 ค่าหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดของการบดอัดของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 3 ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการบดอัดของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 5 ค่าซี บี อาร์ของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน ทล.-ม.205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

ลำดับ	การทดสอบ	หน่วย	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน						ข้อกำหนดชั้นรองพื้นทาง
			100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30	
1	การทดสอบค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregat (ทล.-ท. 202/2515)	%	-	-	-	-	-	-	<= 60
2	การทดสอบขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)	-	E	E	E	E	-	-	เกรด A-E
3	การทดสอบค่า Liquid Limit (LL) ของดิน (ทล.-ท. 102/2515)	%	-	27.2	25.5	31.8	29	33	<= 35
4	การทดสอบค่า Plasticity Limit และ Plasticity Index (ทล.-ท. 103/2515)	%	-	9.59	9.17	11	10.65	10	<= 11
5	การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล.-ท. 108/2517)	$\gamma_{dry,max}$ (kN/m^3)	20.3	20.9	21.0	21.0	20.6	20.2	-
		OMC (%)	9.04	7.80	8.04	7.80	8.20	10.00	
6	การทดสอบค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)	%	103	118	63	35	26	9.2	>= 25

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน ทล.-ม.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข”

ลำดับ	การทดสอบ	หน่วย	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน						ข้อกำหนด	
			100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30	วัสดุ คัดเลือก ก	วัสดุ คัดเลือก ข
1	การทดสอบขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)	-	6.35	12.28	15.00	20.73	24.62	34.15	<= 30 (ผ่าน #200)	<=35 (ผ่าน #200)
2	การทดสอบค่า Liquid Limit (LL) ของดิน (ทล.-ท. 102/2515)	%	-	27.2	25.5	31.8	29	33	<= 40	-
3	การทดสอบค่า Plastic Limit และ Plasticity Index (ทล.-ท. 103/2515)	%	-	9.59	9.17	11	10.65	10	<= 20	-
4	การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล.-ท. 108/2517)	$\gamma_{dry,max}$ (kN/m^3)	20.3	20.9	21.0	21.0	20.6	20.2	-	-
		OMC (%)	9.04	7.80	8.04	7.80	8.20	10.00		
5	การทดสอบค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)	%	103	118	63	35	26	5	>= 10	>= 6
			0.001	0.007	0.014	0.081	0.291	0.502	<= 3 (Swelling)	<= 3 (Swelling)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนที่ได้กับมาตรฐาน ทล.-ม.102-103/2532 มาตรฐานชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทาง

ลำดับ	การทดสอบ	หน่วย	อัตราส่วนผสมทรายต่อดินตะกอน						ข้อกำหนด	
			100:0	95:5	90:10	85:15	80:20	70:30	วัสดุคันทาง ก	วัสดุคันทาง ข
1	การทดสอบขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง (ทล.-ท. 205/2517)	mm	2	2	2	2	2	2	<= 50 mm (เม็ดโตสุด)	<= 9.5 mm (เม็ดโตสุด)
		%	6.35	12.28	15.00	20.73	24.62	34.15	-	<= 25 (ผ่าน #200)
2	การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (ทล.-ท. 108/2517)	$\gamma_{dry,max}$ (kN/m^3)	20.3	20.9	21.0	21.0	20.6	20.2	-	-
		OMC (%)	9.04	7.80	8.04	7.80	8.20	10.00		
3	การทดสอบค่า CBR (California Bearing Ratio) (ทล.-ท. 109/2517)	%	103	118	63	35	26	5	>= ตามแบบ	>= 10
			0.001	0.007	0.014	0.081	0.291	0.502	<= 4 (Swelling)	-

4.2.4 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่างดินทรายผสมดินตะกอนกับมาตรฐานต่างๆ

ค่าคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ของทรายผสมดินตะกอนในทุกๆ อัตราส่วนผสมที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างชั้นทางต่างๆ ซึ่งมีข้อกำหนดค่าคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ของวัสดุมวลรวมดังสรุปไว้ในตารางที่ 2-4 พบว่าตัวอย่างทรายผสมดินตะกอนในอัตราส่วน 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 มีค่าคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมผ่านข้อกำหนดคุณสมบัติวัสดุมวลรวมชั้นรองพื้นทางทุกประการ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุมวลรวมของชั้นรองพื้นทางได้ และพบว่าทุกๆ อัตราส่วนผสมสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข” และชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทางได้ เนื่องจากมีค่าคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมผ่านข้อกำหนดคุณสมบัติของชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข” และชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทาง

5. บทสรุป

จากผลการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนและเปรียบเปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างชั้นทางต่างๆ ของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย สามารถสรุปได้ว่าที่อัตราส่วนผสม 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มความเชื่อมแน่นและความแข็งแรงในชั้นรองพื้นทางได้และทุกๆ อัตราส่วนผสมสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นวัสดุคัดเลือก “ก” และ “ข” และชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทางได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา (HERP) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 เลขที่สัญญา 8/2557

เอกสารอ้างอิง

[1] วิเศษ แจ้งจิตร และ ประทีป ดวงเดือน. (2552). การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้เถ้าก้นเตา (Improvement of Lateritic Soil bye Bottom ASH). การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14. สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ระหว่างวันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552.

[2] ศราวุธ โกวเครือ และ ประทีป ดวงเดือน. (2552). การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจากโรงงาน (Improvement of Lateritic Soil by Calcium Carbonate Waste). การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14. สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ระหว่างวันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552.

[3] Dubois V., Abriak NE., Zentar R. and Ballivy G. (2009). The used of marine sediments as a pavement base material. Waste Management 29: 774-782.

[4] Ulbricht J.P. (2002), “Contaminated sediments: raw materials for brick”. Symposium Dradged, Dunkerque, France, October.

[5] Zentar R., Dubois V. and Abriak NE. (2008). Machanical behavior and environmental impacts of a test road built with marine dredged sediments. Resources Conservation and Recycling 52: 947-954.

[6] Kozlova S., Shimanovich S. and Meyer C. (2004). Method of treatment of dredged material for benefit use. United States Patent Application Publication. Pub. No.: US 2004/0158114A1. August, 12th.

[7] Millrath K., Kozlova S., Sjimannovich S. and Meyer C. (2001). Benefit use of dredged materials I and II progress report prepared for Echo Environmental Inc., Columbia University, New York, NY.

[8] Chapman G.P. (1968). The sea dredged sand gravel industry of Great Britain. Sea-dredged aggregates for concrete. In: Proceeding of Symposium sand and gravel association of great Britiain. Buckunghamshire.

[9] Limeira J., Agullo L. and Etxeberrir M. (2010). Dredged marine sand on concrete: an experimental section of a harbor pavement. Construction Build Material 24: 863-870.

[10] Siham K., Fabrice B., Edine A.N. (2008). Marine dredge sediments as new material resource for road construction. Waste Management 28: 919-928.

รายงายสรุปการเงิน

เลขที่โครงการ 2557A10862010

โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลที่ขุดลอกบริเวณท่าเรือแหลมฉบังเพื่อใช้เป็นวัสดุทางเลือกใหม่ในงานทาง

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ดร. วรรณวรางค์ รัตนานิคม

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2558

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี 10 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2556 ถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2558

หมวด	รายจ่ายสะสมจากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	รายจ่ายรวมรายจ่ายสะสมจนถึงงวดปัจจุบัน	งบประมาณทั้งโครงการ	คงเหลือ (หรือเกิน)
1. ค่าตอบแทน	0	0	0	0	0
2. ค่าจ้าง	0	50,000	50,000	50,000	0
3. ค่าวัสดุ	0	70,000	70,000	70,000	0
4. ค่าใช้สอย	0	35,000	35,000	35,000	0
5. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	0	15,000	15,000	15,000	0
6. ค่าบริหารโครงการวิจัยสำหรับมหาวิทยาลัย		17,000	17,000	17,000	
รวม	0	187,000	187,000	187,000	0

<u>จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินคงเหลือ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1	93,500	บาท	เมื่อ	พฤศจิกายน 2557
งวดที่ 2	0	บาท	เมื่อ	-
รวม	93,500	บาท		

.....

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

.....

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

บรรณานุกรม

ทล.ม-.201/2544 มาตรฐานชั้นพื้นทางหินคลุก

ทล.ม-.205/2532 มาตรฐานชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

ทล.ม-.208-209/2532 มาตรฐานชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ และ ”ข“

ทล.ม-.102-103/2532 มาตรฐานชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทาง

ศราวุธ โกวเครือ และ ประทีป ดวงเดือน, “การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเหลือทิ้งจากโรงงาน (Improvement of Lateritic Soil by Calcium Carbonate Waste)”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14. สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี . ระหว่างวันที่13-15 พฤษภาคม 2552

วิเศษ แจ้งจิตร และ ประทีป ดวงเดือน, “การปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังโดยใช้เถ้าก้นเตา)Improvement of Lateritic Soil bye Bottom ASH)”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14. สุรสัมมนาคาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ระหว่างวันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552

นิรชร นกแก้ว “วิศวกรรมการทาง”, พิมพ์ครั้งที่1.ปทุมธานี: แผนกเอกสารการพิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญญบุรี, 2553.

วิศิษฐ์ อยู่ยงวัฒนา. “ปฐพีกลศาสตร์”, พิมพ์ครั้งที่2.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โฟร์เพซ, 2549.

Chapman G.P. (1968), “The sea dredged sand gravel industry of Great Britain”. Sea-dredged aggregates for concrete. In: Proceeding of Symposium. Sand anf gravel association of great Britiain. Buckunghamshire.

Dubois V., Abriak NE., Zentar R. and Ballivy G. (2009), “The used of marine sediments as a pavement base material”. Waste Management 29, 774-782.

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ	ดร.วรรณวรางค์ รัตนานิคม
หน่วยงาน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
การศึกษา	Ph.D. (Civil Engineering), Chulalongkorn University
ความเชี่ยวชาญ	Geotechnical Engineering

บทสรุปผู้บริหาร
[Executive Summary]

ข้าพเจ้า ดร. วรรณวรางค์ รัตนานิคม ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณโครงการวิจัยภายใต้ โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา สกอ. (HERP)

โครงการวิจัย (ภาษาไทย) การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลที่ขุดลอกบริเวณท่าเรือแหลมฉบังเพื่อใช้เป็นวัสดุทางเลือกใหม่ในงานทาง

(ภาษาอังกฤษ) Study and development of engineering properties of marine dredged sediments from Laemchabang harbour as a new material resource for road construction

รหัสโครงการ 2557A10862010 เลขที่สัญญา 8/2557 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 187,000 บาท (สองแสนแปดหมื่นเจ็ดพันบาทถ้วน) ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี 10 เดือน ระหว่าง 1 ตุลาคม 2556 ถึง 20 กรกฎาคม 2558

บทคัดย่อ

กระบวนการขุดลอกดินตะกอนทะเลบริเวณชายฝั่งที่ทับถมกันเป็นเวลาอันยาวนานจากอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ถือเป็นกระบวนการสำคัญที่สามารถแก้ไขปัญหาการตื้นเขินบริเวณชายฝั่งทะเลได้ แต่ภายหลังการขุดลอกการขาดแคลนพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อรองรับขยะจำนวนมากนี้กลับเป็นปัญหาการจัดการขยะทางสิ่งแวดล้อมที่ตามมาและควรได้รับการแก้ไข ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้และการพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลชายฝั่งที่ถูกขุดลอกบริเวณท่าเทียบเรือแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทางตามมาตรฐานโครงสร้างชั้นทาง กรมทางหลวงแห่งประเทศไทย โดยมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางด้านอุตสาหกรรมการก่อสร้างและหลักเศรษฐศาสตร์ การทดลองถูกออกแบบโดยแปรผันอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักแห้งระหว่างทรายต่อดินตะกอน ดังนี้ 100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 และ 70:30 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของทรายผสมดินตะกอนต่างๆ ถูกนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานโครงสร้างชั้นทางต่างๆ ของกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย จากผลการศึกษาพบว่าที่อัตราส่วนผสม 100:0 95:5 90:10 และ 85:15 สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นรองพื้นทางได้ ทุกๆ อัตราส่วนผสมสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนในชั้นวัสดุคัดเลือก ”ก“ และ ”ข“ และชั้นดินถมคันทางและทรายถมคันทางได้

Output / Outcome

บทความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติเรื่อง วรรณวรางค์ รัตนานิคม ธนาภรณ์ ทองรูปพรรณ์ และพัสดา ปัดชุมมี, 2558. การพัฒนาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินตะกอนทะเลที่ขุดลอกเพื่อใช้เป็นวัสดุในงานทาง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20 ณ โรงแรมเดอะซายน์ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 8-10 กรกฎาคม 2558 หน้า 1-6

ข้อเสนอแนะ ไม่มี