

ผลของการกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน, รูปร่างและความแข็งแรงทนทานของเม็ดดินที่มีต่อ  
คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรัง

**Effect of Grain Size Distribution, Shape and Durability on Engineering Properties of Lateritic  
Soil**

สุรชัย สิงห์สาทร (Surachai Singstorn)<sup>1</sup>

ประทีป ดวงเดือน (Prateep Duangduen)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>วิศวกรโยธา 5 สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง singsato@hotmail.com

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ fengptd@ku.ac.th

**บทคัดย่อ :** งานวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน, รูปร่าง และความแข็งแรงทนทานของดินลูกรังที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยเน้นการศึกษาการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินเกรด B ของกรมทางหลวง การศึกษาวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างดินลูกรัง 2 แหล่งคือ จากแหล่งพิษณุโลกซึ่งมีรูปร่างเหลี่ยมมน และมีความทนทานปานกลาง และจากแหล่งสระบุรีซึ่งมีรูปร่างเหลี่ยมคม และมีความทนทานต่ำ ใช้ตัวอย่างดินกรวดแม่น้ำ 1 แหล่งจากราชบุรีซึ่งมีรูปร่างกลมมน และมีความทนทานสูง โดยนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมดังนี้ ความหนาแน่นแห้งสูงสุด, ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม, ความซึมน้ำ และกำลังรับแรงเฉือนของดิน ผลการวิจัยพบว่า การกระจายตัวของขนาดเม็ดดินเมื่อมีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น ตัวอย่างดินมีแนวโน้มที่ทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด และกำลังรับแรงเฉือนมีค่าสูงขึ้น ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีแนวโน้มลดลง ส่วนความซึมน้ำไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน รูปร่างของเม็ดดินจะมีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินมากกว่าอิทธิพลของความแข็งแรงทนทานของเม็ดดิน ส่วนความหนาแน่นแห้งสูงสุด ความแข็งแรงทนทานของเม็ดดินจะมีอิทธิพลมากกว่ารูปร่างของเม็ดดิน

**ABSTRACT :** The research has studied Grain Size Distribution, Shape and Durability of Lateritic Soil Effecting on the Engineering Property. The research emphasizing on the distribution of B-graded soil of the Department of Highways. The research exploited the soil samples collected from two sources, that is, Pitsanulok soil, which was round-edged and had medium strength, and Saraburi soil, which was sharp-edged and had low strength. In addition, the river gravel soil from Ratchaburi, which was round and had high strength, was also collected. The samples were tested to obtain the engineering property in terms of highest dry density, Optimum moisture content, permeability and shear strength of soil. The research found that when the coarse part increased, the samples tends to achieve the increasing highest dry density and shear strength; Optimum moisture content decreased whereas permeability showed no tendency

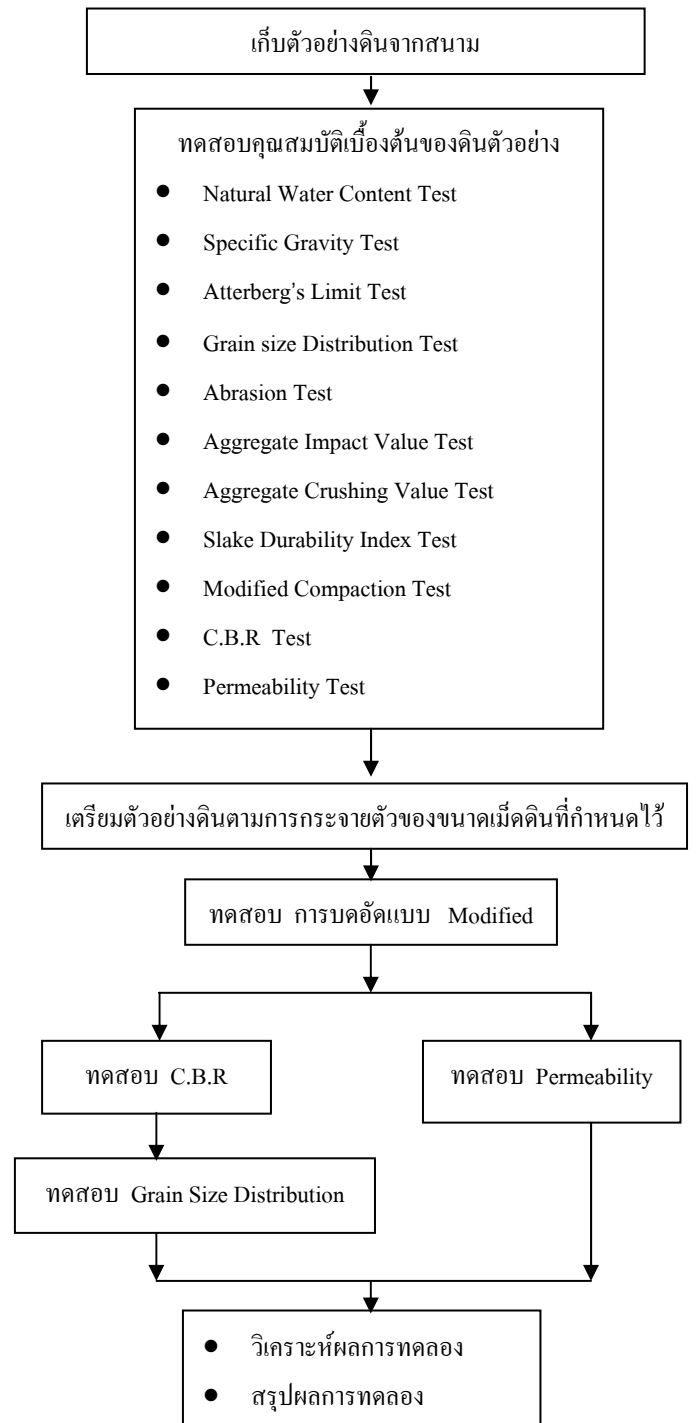
**KEYWORDS :** Lateritic Soil, Grain size Distribution, Shape, Durability, Engineering Properties

## 1. บทนำ

การกระจายตัวของขนาดเม็ดดินเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อการจัดเรียงโครงสร้างของเม็ดดิน ซึ่งดินที่มีโครงสร้างของเม็ดดินที่แตกต่างกันก็จะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ต่างกันไป ได้มีการศึกษาวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Grade Soil) และดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (Poorly Grade Soil) ซึ่งดินที่มีขนาดคละกันดีจะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ดีกว่าดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี เนื่องจากการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินนั้นมีผลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน ดังนั้น จึงมีการกำหนดมาตรฐานเพื่อใช้ควบคุมการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในงานถนน กรมทางหลวงแห่งประเทศไทย [1] ได้แบ่งการกระจายตัวของเม็ดดินที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง ชั้นรองพื้นทางไว้ 5 กลุ่ม คือ Grade A, B, C, D และ E โดย Grade A จะเป็นดินที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด และ Grade E จะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ต่ำที่สุด แต่ในช่วงของแต่ละ Grade อาจจะมีการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินแตกต่างกันได้คือ เป็นได้ทั้งดินที่มีขนาดคละกันดี และดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี ซึ่งดินที่มีขนาดคละกันไม่ดีไม่ว่าจะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ดี ขนาดและรูปร่างของเม็ดดินมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน โดยเฉพาะดินมวลหยาบ เม็ดดินมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ขนาดใหญ่ จนถึงขนาดเล็ก ลักษณะรูปร่างของเม็ดดินมีตั้งแต่ค่อนข้างกลมจนถึงทรงยาวรีหรือเป็นแผ่นบางๆ สำหรับดินมวลหยาบ รูปร่างของเม็ดดินมีความสำคัญต่อการรวมตัวของเม็ดดิน เม็ดดินที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม จะเป็นมวลดินที่มีเสถียรภาพสูง นอกจากนี้ ความคงทน ความสึกกร่อนของเม็ดดิน ยังมีผลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน ซึ่งเมื่อถูกบดอัด การแตกหักของเม็ดดินจะแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้คุณสมบัติของดินแตกต่างกันออกไป

## 2. วิธีการศึกษา

ตัวอย่างดินซึ่งถูกเก็บมาจากแหล่งดินธรรมชาติ จะถูกนำมาทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้นในด้านต่างๆ ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง[2] ตัวอย่างดินจากแหล่งดินธรรมชาติจะถูกทำร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆเพื่อทำการแยกขนาดของตัวอย่างดิน ก่อนที่จะนำมาผสมกันให้ได้ตามที่ต้องการแบบไว้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

## 3. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 3.1 คุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้น

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าดินจากแหล่งราชบุรีมีรูปร่างกลมมนและมีความแข็งแรงทนทานสูงที่สุด ดินจากแห่งพิบูลย์โลกมีรูปร่างเหลี่ยมมนและมีความแข็งแรงทนทานปานกลาง ดินจากแหล่งสระบุรีมีรูปร่างเหลี่ยมคมและมีความแข็งแรงทนทานต่ำที่สุด

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินเบื้องต้น

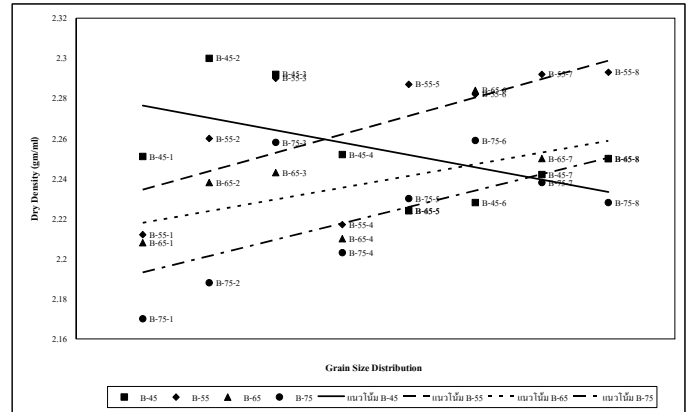
ตัวอย่างดินจากแหล่ง	ราชบุรี	พิษณุโลก	สระบุรี
Natural Water Content %	0.7	2.3	4.4
Specific Gravity	2.673	2.611	2.571
Atterberg's Limit			
- Liquid Limit	N.P.	31.4	34.4
- Plasticity Index	N.P.	8.3	10.6
Grain Size Distribution			
- เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4"	100	100	100
- เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8"	55	57.4	56.7
- เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 10	30	27.6	21.2
- เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 40	20	26.1	6.5
- เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 200	10	18.4	3.2
Abrasion %	28.8	42.8	51.6
Aggregate Impact Value %	11.25	23.42	29.22
Aggregate Crushing Value %	23.47	34.18	37.65
Slake Durability Index %	99.79	98.4	92.7
Modified Compaction ( gm/ml )	2.263	2.125	2.070
CBR %	84.5	59.4	87.6
Permeability cm/s	4.51E-05	8.67E-05	2.66E-05
การจำแนกดินระบบ AASHTO	A-1-a	A-2-4	A-2-4
รูปร่างตัวอย่างดิน	กลมมน	เหลี่ยมมน	เหลี่ยมคม

### 3.2 ความหนาแน่นแห้งสูงสุด

ในตัวอย่างดินจากแหล่งพิษณุโลก มีค่าความแน่นแห้งสูงสุดอยู่ระหว่าง 2.060 – 2.167 gm/ml และมีค่าความชื้นเหมาะสมอยู่ระหว่าง 9.20 - 12.8 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างดินจากแหล่งสระบุรี มีค่าความแน่นแห้งสูงสุดอยู่ระหว่าง 2.012 – 2.080 gm/ml และมีค่าความชื้นเหมาะสมอยู่ระหว่าง 7.20 – 10.10 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างดินจากแหล่งราชบุรี มีค่าความแน่นแห้งสูงสุดอยู่ระหว่าง

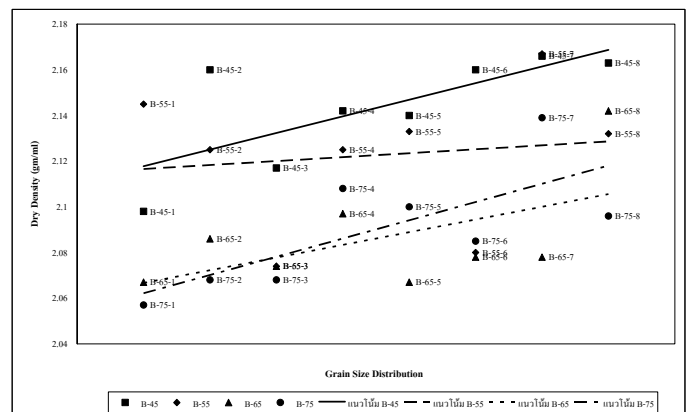
2.102 – 2.300 gm/ml และมีค่าความชื้นเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.60 – 7.70 เปอร์เซ็นต์

จากภาพที่ 2 ตัวอย่างดินจากแหล่งราชบุรี กลุ่มตัวอย่างดิน B-55, B-65 และ B-75 มีแนวโน้มเมื่อการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินมีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น จะทำให้ความแน่นแห้งสูงขึ้น แต่ในกลุ่มตัวอย่างดิน B-45 กลับมีความแน่นแห้งลดลง



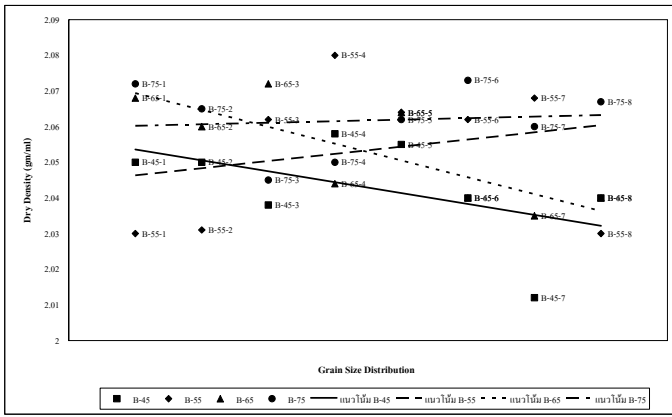
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Dry Density กับ Grain Size Distribution ของแหล่งราชบุรี

จากภาพที่ 3 ตัวอย่างดินจากแหล่งพิษณุโลกกลุ่มตัวอย่างดิน B-45, B-55, B-65 และ B-75 เมื่อการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินมีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ความแน่นแห้งสูงขึ้น



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Dry Density กับ Grain Size Distribution ของแหล่งพิษณุโลก

จากภาพที่ 4 ตัวอย่างดินจากแหล่งสระบุรีกลุ่มตัวอย่างดิน B-45 และ B-65 เมื่อการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินมีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ความแน่นแห้งลดลง แต่ในกลุ่ม B-55 และ B-75 ความแน่นแห้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

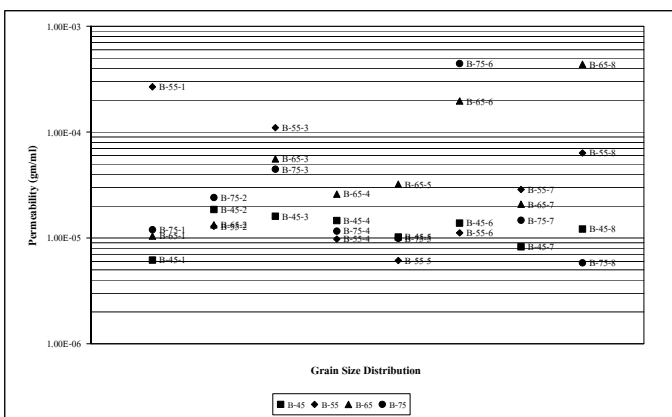


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Dry Density กับ Grain Size Distribution ของแหล่งสระบุรี

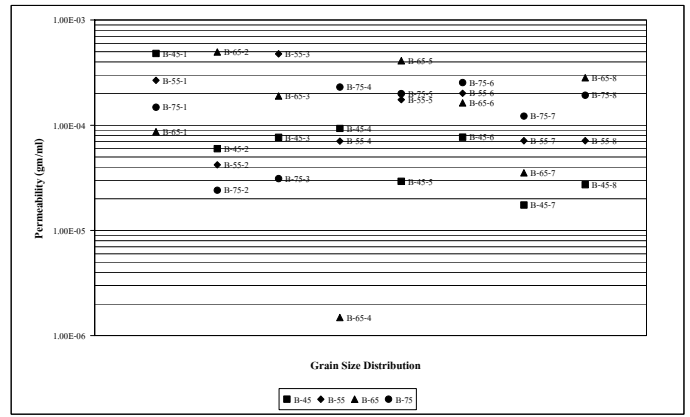
### 3.3 ความชื้นน้ำ

ในตัวอย่างดินจากแหล่งพิษณุโลก มีค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำอยู่ระหว่าง  $4.97 \times 10^{-4}$ – $1.49 \times 10^{-6}$  cm/sec ตัวอย่างดินจากแหล่งสระบุรี มีค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำอยู่ระหว่าง  $5.05 \times 10^{-4}$ – $6.50 \times 10^{-6}$  cm/sec ส่วนตัวอย่างดินจากแหล่งราชบุรี มีค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำอยู่ระหว่าง  $4.44 \times 10^{-4}$ – $5.03 \times 10^{-6}$  cm/sec ทุกกลุ่มตัวอย่างดิน เมื่อการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินมีปริมาณของส่วนหยาบที่เพิ่มขึ้น ไม่พบว่ามีความโน้มไค ๆ ต่อความชื้นน้ำ ความชื้นน้ำของตัวอย่างดินจากทุกแหล่งค่อนข้างจะจัดกระจาย

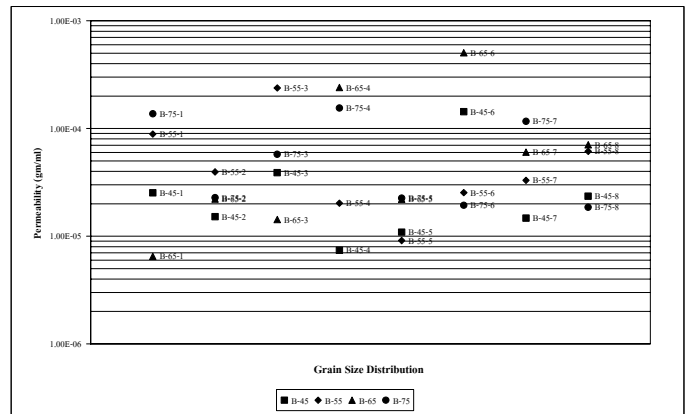
กลุ่มตัวอย่างดินทั้ง 3 รูปร่าง เมื่อการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินมีปริมาณของส่วนหยาบที่เพิ่มขึ้น ไม่พบว่ามีความโน้มไค ๆ ต่อความชื้นน้ำ ความชื้นน้ำของตัวอย่างดินจากทุกแหล่งค่อนข้างจะจัดกระจาย



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Permeability กับ Grain Size Distribution ของแหล่งราชบุรี



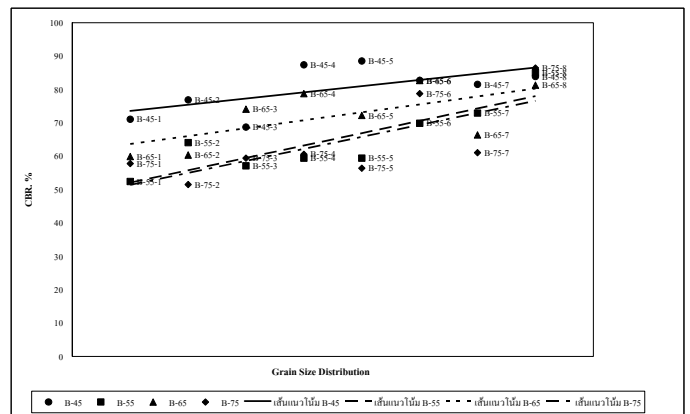
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Permeability กับ Grain Size Distribution ของแหล่งพิษณุโลก



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Permeability กับ Grain Size Distribution ของแหล่งสระบุรี

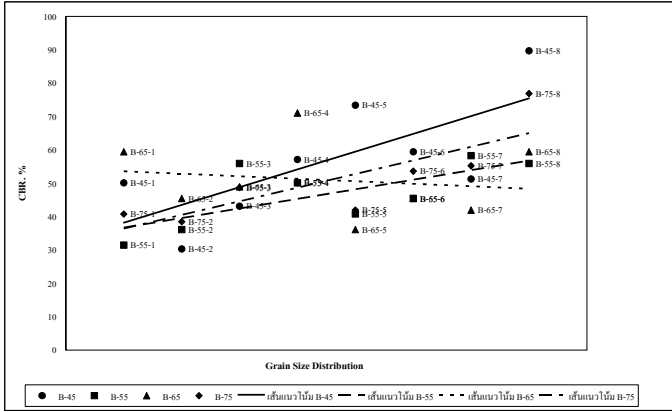
### 3.4 กำลังรับแรงเฉือน

จากภาพที่ 8 ตัวอย่างดินจากแหล่งราชบุรี พบว่า มีความโน้มไค ให้ผลการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างดิน B-45, B-55, B-65 และ B-75 เมื่อการกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน มีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น มีความโน้มไคทำให้ CBR มีค่าสูงขึ้น



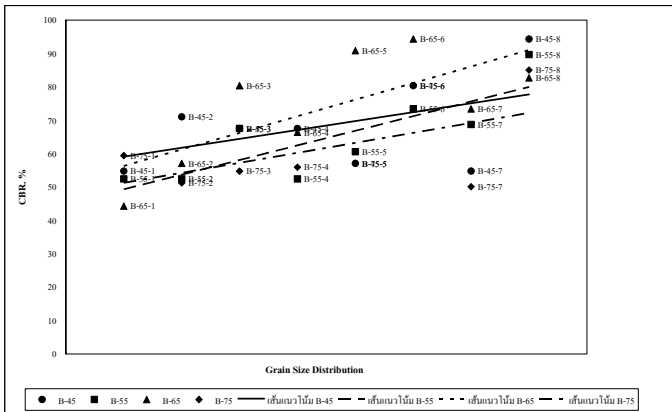
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Grain Size Distribution ของแหล่งราชบุรี

จากภาพที่ 9 ตัวอย่างดินจากแหล่งพิษณุโลกพบว่า มีแนวโน้มให้ผลการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างดิน B-45, B-65 และ B-75 การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน มีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ CBR มีค่าสูงขึ้น กลุ่มตัวอย่างดิน B-55 มีแนวโน้มที่ CBR มีค่าลดลง



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Grain Size Distribution ของแหล่งพิษณุโลก

จากภาพที่ 10 ตัวอย่างดินจากแหล่งสระบุรีพบว่า มีแนวโน้มให้ผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่างดิน B-45, B-55, B-65 และ B-75 การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน มีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ CBR มีค่าสูงขึ้น



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Grain Size Distribution ของแหล่งสระบุรี

#### 4. สรุปผลการทดลอง

การกระจายตัวของขนาดเม็ดดินมีปริมาณของส่วนหยาบเพิ่มขึ้น จะทำให้ความแน่นแห้ง มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ปริมาณความชื้นเหมาะสม มีแนวโน้มลดลง ความชื้นน้ำมีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน และ CBR มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

รูปร่างของเม็ดดินจะมีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนของดิน มากกว่าอิทธิพลของความแข็งแรงทนทานของเม็ดดิน ส่วนความ

หนาแน่นแห้งสูงสุดความแข็งแรงทนทานของเม็ดดินจะมีอิทธิพลมากกว่ารูปร่างของเม็ดดิน

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

หัวข้อการวิจัยนี้ได้แนวคิดมาจากงานวิจัยเรื่อง ผลของการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินที่มีต่อสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังบดอัด [3] และผู้เขียนต้องขอขอบพระคุณ รศ. ประทีป ดวงเดือน ที่คอยให้ความอนุเคราะห์ในการประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้เพื่อให้เกิดงานวิจัยเล่มนี้ขึ้นมา อีกทั้งยังช่วยอบรมสั่งสอนระเบียบวิธีชีวิตให้แก่ผู้วิจัยสามารถดำรงชีวิตในสภาวะปัจจุบัน

#### 4. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง, มาตรฐานงานทาง (Standards for Highway Construction), โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ, 2539.
- [2] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง, มาตรฐานวิธีการทดลอง (Standards Test Method), โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.), กรุงเทพฯ, 2534.
- [3] ธนัช ชยางกูร ณ อยุธยา, ผลของการกระจายตัวของขนาดเม็ดดินที่มีต่อสมบัติทางวิศวกรรม, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544