

การศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังในจังหวัดหนองคาย

The study of engineering properties of laterite soil in Nong Khai Province

พัชร อ่อนพรม^{1*}, เมลินี นิลทะวัช², ปัสสร เจริญยศ³, ฤชญา ตันจันทร⁴ และ ภาณุวัฒน์ สงวนศักดิ์⁵Patchara Onprom¹, Mesinee Nintavat², Prapassorn Jaroenyod³,Kritsada Tonchan⁴ and Panuwat Sanguansak⁵^{1,4,5}สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย สถาบันอาชีวศึกษาตะวันออกเฉียงเหนือ 1 จังหวัดหนองคาย 43000^{2,3}แผนกวิชาช่างก่อสร้าง-โยธา วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย สถาบันอาชีวศึกษาตะวันออกเฉียงเหนือ 1 จังหวัดหนองคาย 43000^{1,4,5}Field of Civil Technology, Nongkhai Technical College, Institute of Vocational Education :

Northeastern Region 1, Nongkhai, 43000

^{2,3}Department of Construction -Civil, Nongkhai Technical College, Institute of Vocational Education :

Northeastern Region 1, Nongkhai, 43000

Received : 2023-09-07 Revised : 2025-01-15 Accepted : 2025-03-26

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังในจังหวัดหนองคาย โดยใช้ดินลูกรังจากบ่อดิน 3 แหล่ง ประกอบด้วย บ่อดินภายในอำเภอเมืองหนองคาย อำเภอท่าบ่อ และอำเภอโพนพิสัย โดยนำดินมาบดย่อย และผึ่งแดดเพื่อลดความชื้น จากนั้นทำการทดสอบการทดสอบเพื่อจำแนกชนิดดิน ตามมาตรฐาน ASTM D-422 การทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน มทข.(ท) 501.2-2545 ผลการศึกษาพบว่า ดินลูกรังอำเภอเมืองหนองคาย อำเภอท่าบ่อ และอำเภอโพนพิสัย มีค่า Liquid Limit เท่ากับร้อยละ 42.37 , 36.51 และ 37.03 ค่า Plastic Limit เท่ากับร้อยละ 35.17 , 32.87 และ 32.57 ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของดินตามมาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง กรมโยธาธิการและผังเมือง (มยพ.2103-57) สำหรับการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานให้ค่าปริมาณความชื้นสูงสุด เท่ากับร้อยละ 11.40, 12.36 และ 11.64 ในขณะที่ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด เท่ากับ 2.11, 2.10 และ 2.10 กรัม/ซม.³ ตามลำดับ

คำสำคัญ : สมบัติทางวิศวกรรม, ดินลูกรัง, การบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

Abstract

This project aims to study the engineering properties of laterite soil in Nong Khai Province. By using later soil from 3 soil pits, namely, clay pits within Mueang Nong Khai District, Tha Bo District, and Phon Phisai District. Then the soil is crushed and exposed to sunlight to reduce humidity subsequently, soil classification testing was carried out in accordance with ASTM D-422. Soil modified compaction testing of 501.2-2545. Laterite soils in Mueang Nong Khai District, Tha Bo District and Phon Phisai District had Liquid Limit values of 42.37, 36.51, and 37.03 % Plastic Limits were 3.17, 32.87, and 32.57 respectively, the engineering properties of the three soils conforms to the soil properties according to the standard for the underlayment material of Department of Public Works and Town & Country Planning 2 1 0 3 - 5 7 (standard 2103-57). while modified compaction test gave maximum moisture content were 11.40, 12.36, and 11.64 %, respectively, while the highest dry density was 2.11, 2.10, and 2.10 g/cm³, respectively.

Keywords : engineering properties, laterite soil, modified compaction test

*พัชร อ่อนพรม

E-mail address : Civilman2517@gmail.com

1. บทนำ

ดินที่นิยมนำมาใช้เพื่อที่จะเตรียมพื้นทำงานก่อสร้างถนน และ อาคาร สามารถแบ่งออกได้หลายชนิด เช่น ดินทั่วไป ดินดาน ดินลูกรัง ดินทราย และหน้าดิน โดยดินแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ต่างกันออกไปและนำไปใช้ในงานที่ต่างกัน โดยในงานก่อสร้างถนน มาตรฐานวัสดุรองพื้นทางตามมาตรฐาน มยผ.2102-57 [1] ที่ต้องการค่าความแน่นแห้งที่ร้อยละ 95 ของการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Density) ตามมาตรฐาน มทข.(ท) 501.2-2545 [2] และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแน่นแห้งในห้องทดสอบ มีขนาดเม็ดดินไม่ใหญ่กว่า 5 เซนติเมตร จึงจะสามารถนำมาทำเป็นวัสดุรองพื้นทางได้ โดยวัสดุรองพื้นทางนิยมใช้ดินลูกรังหรือวัสดุผสมรวมมาใช้ในการบดอัดชั้นรองพื้นทาง เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นแห้งสูง และดินลูกรังมีอัตราการยุบตัวต่ำ [1]

คณะผู้จัดซึ่งเป็นนักศึกษา สาขาเทคโนโลยีโยธา ได้เล็งเห็นความสำคัญของสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทาง จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมตัวอย่างของดินลูกรังภายในจังหวัดหนองคาย จาก 3 แห่ง ประกอบด้วย ดินลูกรังจากบ่อดิน อำเภอมืองหนองคาย อำเภอบ้านแพง และอำเภอโพนพิสัย เพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานทางวิศวกรรมของดินตัวอย่างดังกล่าวไปใช้ในการประกอบวิชาชีพในอนาคตต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังภายในจังหวัดหนองคาย

3. ขอบเขตโครงการ

3.1 การทดสอบเพื่อจำแนกชนิดดิน

3.2 การทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

4. การดำเนินการวิจัย

นำดินตัวอย่างที่ได้มาจากบ่อดินลูกรังในพื้นที่อำเภอมืองหนองคาย อำเภอบ้านแพง และอำเภอโพนพิสัย มาผึ่งให้แห้งในอุณหภูมิปกติ จากนั้นทำการบดให้เม็ดดินหลุดออกจากกันโดยไม่ทำให้เม็ดดินแตก

4.1 การหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D-422 [3]

1) ทำความสะอาดตะแกรงทั้งหมดด้วยแปรงทำความสะอาด แล้วทำการชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่ละเบอร์บันทึกค่า (ชั่งน้ำหนักของ Pan ด้วย)

2) นำตะแกรงมาเรียงซ้อนกันโดยให้ตะแกรงที่มีขนาดช่องใหญ่อยู่บน แล้วเรียงขนาดเล็กลดตามลำดับดังนี้ เบอร์ 3/8", 4, 10, 20, 40, 100, 200 และภาชนะรองตะแกรง

3) นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ทำใส่ลงบนตะแกรงชั้นบนสุดปิดฝาแล้วนำเข้าเครื่องเขย่าใช้เวลา ในการเขย่าอย่างน้อย 10 นาที แล้วนำตะแกรงแต่ละอันไปชั่งน้ำหนักจะได้ น้ำหนัก ตะแกรงรวมกับ ดินที่ค้างบนตะแกรง นำดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงออกทิ้งแล้วทำความสะอาดตะแกรงให้เรียบร้อย

4.2 ชีตจำกัดอัตราเบอร์ก (Atterberg Limits)

ทดสอบหาค่าชีตจำกัดเหลว (Liquid Limit) ชีตจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) โดยทดสอบตามวิธีและมาตรฐาน ASTM D-4318-17 [4] ซึ่งมีตัวอย่างดินลูกรังที่ใช้ในการทดสอบเป็นส่วนที่ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 40

ดินตัวอย่างที่ได้มาจากอำเภอบ้านแพงและอำเภอมืองหนองคายและอำเภอโพนพิสัย โดยถ้าตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบขึ้นให้ผึ่งให้แห้งจนสามารถใช้เกรียงบดให้ร่วนได้แล้ว บดให้เม็ดดินหลุดออกจากกันโดยไม่ทำให้เม็ดดินแตกและ นำตะแกรงเบอร์ 40 มาทำการร่อนให้ได้ตัวอย่างดินละ 300 กรัม

4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง (Liquid Limit)

1) นำตัวอย่างดินไปตากแห้งที่อุณหภูมิห้องหรืออบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จนแห้งพอที่จะใช้ ค้อนยางทุบเพื่อทำให้ดินที่จับตัวเป็นก้อนแยกออกจากกันเป็น ขนาดเม็ดตามธรรมชาติโดยไม่ทำให้เม็ดดินแตกไปด้วย

2) โดยให้ใช้ดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ให้ได้ประมาณ 100 กรัม

3) ผสมน้ำให้ตัวอย่างมีความชื้นสม่ำเสมอ อยู่ในสภาพที่จะทำการทดสอบ ชีตจำกัดเหลวโดยมีจำนวนครั้งการเคาะอยู่ที่ประมาณ 25 ถึง 35 ครั้ง และบ่มตัวอย่างในภาชนะปิดเป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมงและนำผลการทดลองหาค่าชีตจำกัดเหลว (Liquid Limit)

4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง (Plastic Limit)

นำดินตัวอย่างที่ได้มาจากอำเภอบ้านแพงและอำเภอมืองและอำเภอโพนพิสัย โดยถ้าตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบขึ้นให้ผึ่งให้แห้งจนสามารถใช้เกรียงบดให้ร่วนได้แล้ว

บดให้เม็ดดินหลุดออกจากกันโดยไม่ทำให้เม็ดดินแตกและนำตะแกรงเบอร์ 40 มาทำการร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ตัวอย่างดินจำนวน 300 กรัม

1) นำดินที่เตรียมไว้มาผสมกับน้ำให้เข้ากันพยายามทำให้มากที่สุด แล้วปั้นเป็นก้อนกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 มิลลิเมตรนำไปคลึงบนแผ่นกระจกในอัตรา 80-90 ครั้งต่ออนาที

2) นำตัวอย่างที่ได้ไปใส่กระป๋องเพื่อหาค่าปริมาณความชื้น ความชื้นดังกล่าวเรียกว่า (Plastic Limit)

3) ทำการทดสอบช้ำอย่างน้อย 3-5 ตัวอย่าง แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน (ค่าที่จะนำมาเฉลี่ยได้ต้องมีค่าใกล้เคียงกัน คือต่างกันไม่เกิน 2 %)

4.3 การทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)

การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดินกับปริมาณน้ำ ที่ใช้ในการบดอัดในแบบที่กำหนดขนาดไว้ด้วยตุ้มเหล็กหนัก 4.54 กก. (10 ปอนด์) ระยะปล่อยตุ้มตกกระทบสูง 457 มม. (18 นิ้ว)

วิธีทำ ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตามวิธีพริกเตอร์แบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor)

4.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

1) นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งจนสามารถใช้เกรียงบดให้ร่วนได้ หรือใช้ตุ้บบดดินให้แห้งก็ได้แต่ต้องใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส (140 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วบดให้เม็ดดินหลุดออกจากกันโดยไม่ทำให้เม็ดดินแตก

2) ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุดโตกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ร่อนเอาดินที่ค้างบนตะแกรงนี้ออก แล้วแทนด้วยดินที่ร่อนผ่านตะแกรงนี้แล้วค้างบนตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) จำนวนหนักเท่ากันใส่ลงแทนแล้วคลุกเคล้ากันให้ทั่วทำการแบ่งสี่ (Quartering) หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter)

3) ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้แบ่งตัวอย่างตามวิธีในข้อ 4.2

4) ในกรณีที่ทำการทดสอบตาม วิธี ค หรือ ง ให้ใช้ตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) เท่านั้นส่วนที่ค้างบนตะแกรงนี้ให้ทิ้งไป

5) ให้เตรียมตัวอย่างหนักประมาณ 6,000 กรัม (14 ปอนด์) สำหรับการทดสอบ วิธี ข. และ ง. ต่อการทดสอบ 1 ครั้ง และหนักประมาณ 3,000 กรัม (7 ปอนด์) สำหรับการทดสอบวิธี ก และ ค ต่อการทดสอบ 1 ครั้งการเตรียมตัวอย่างต้องเตรียมให้พอทดสอบได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

4.3.2 การทดสอบ

1) นำตัวอย่างดินที่เตรียมมาพรมน้ำ ให้ทั่วเพื่อให้ดินชื้นโดยเมื่อคลุกผสมกันแล้ว จะมีความชื้นต่ำกว่าปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content) ประมาณร้อยละ 4

2) ใส่ดินที่ผสมน้ำแล้ว ลงในแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) ซึ่งมีปลอก (Collar) สามอยู่เรียบร้อยแล้ว โดยประมาณว่าเมื่อบดอัดแล้วจะเหลือดินสูง 1/5 ของความสูงของแบบ แล้วบดอัดโดยตุ้มยกสูง 457 มม. (18 นิ้ว) จำนวน 25 ครั้ง ให้ทั่วผิวของดินในแบบ

3) ทำตามวิธีในข้อ 5.1.2 ซ้ำอีก 4 ครั้ง จนดินที่ถูกบดอัดแน่นในแบบมีความสูงกว่าแบบประมาณ 10 มม.

4) ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดดินปาดแต่งหน้าดินในแบบให้เรียบเท่ากับระดับขอบบนของแบบ ถ้าดินก้อนใหญ่หลุดออกให้เติมดินตัวอย่างลงไปแทนแล้วบดให้แน่นพอควรจนเรียบแล้วนำไปชั่งน้ำหนักเมื่อหักน้ำหนักของแบบออก จะได้น้ำหนักของดินขึ้น ต้องอ่านเครื่องชั่งละเอียดถึง 5 กรัม

5) นำตัวอย่างดินออกจากแบบ แล้วผ่าตามแนวตั้งผ่านจุดศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างดิน เก็บดินจากที่ผ่าประมาณ 300 กรัม ใส่ตลับบรรจุดินชั่งน้ำหนักทันที อ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

6) นำดินในตลับบรรจุดินไปบดให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส (230 ± 9 องศาฟาเรนไฮต์) อย่างน้อย 12 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักอ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

7) บดดินตัวอย่างที่แกะออกจากแบบที่เหลือให้ร่วนแล้วคลุกผสมกับดินในตลับแรกให้เข้ากัน พรมน้ำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ถึง 2

8) ดำเนินการตามข้อ 2) ถึง 7) โดยเพิ่มน้ำทุกครั้งที่จนกว่าน้ำหนักดินที่บดอัดในแบบลดลง หรือไม่เปลี่ยนแปลงหรืออาจลดน้ำที่ผสมลงเมื่อพบว่า การเพิ่มน้ำแล้วน้ำหนักดินที่บดอัดในแบบกลับลดลง

4.3.3 การคำนวณ

1) คำนวณหาค่าความชื้นในดินเป็นร้อยละตามสมการที่ 1

$$W = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \dots (1)$$

เมื่อ W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

W1 = น้ำหนักของดินชื้นหน่วยเป็นกรัม

W2 = น้ำหนักของดินอบแห้งหน่วยเป็นกรัม

2) คำนวณหาค่าความแน่นชื้น (Wet Density)

ตามสมการที่ 2

$$r_w = \frac{A}{V} \dots (2)$$

เมื่อ r_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

A = น้ำหนักดินชื้นที่บดอัดในแบบ หน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ ซึ่งเท่ากับปริมาตรของดินชื้นที่บดอัดในแบบ หน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3) คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

ตามสมการที่ 3

$$r_d = \frac{r_w}{1 + \frac{W}{100}} \dots (3)$$

เมื่อ r_d = ความแน่นแห้งของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

r_w = ความแน่นชื้นของดิน หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

W = ความชื้นในดินเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับน้ำหนักดินอบแห้ง

4.3.4 การรายงานผล

1) นำค่าความชื้นในดิน (W) และค่าความแน่นแห้งของดิน (r_w) ในแต่ละครั้งของการทดสอบมากำหนดจุดลงในกระดาษกราฟโดยให้ค่าความชื้นในดินอยู่ในแกนแนวนอนและค่าความแน่นแห้งของดินอยู่ในแกนตั้ง

2) เขียนเส้นกราฟให้ผ่านจุดที่กำหนดไว้ หรือใกล้เคียงให้มากที่สุด จะได้เส้นกราฟลักษณะเป็นเส้นโค้ง

รูปประฆังคว่ำ (Parabola Curve) จุดสูงที่สุดของเส้นโค้งคือค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) ของดินนั้นตามกรรมวิธีบดอัดที่ใช้ทดสอบนี้

3) ที่จุดค่าความแน่นแห้งสูงสุดของดิน เมื่อลากเส้นตรงขนานกับแกนตั้งลงมาตัดแกนแนวนอน จะได้ค่าความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด

4) ให้รายงานค่าความแน่นแห้งสูงสุด หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าความชื้นที่ทำให้ดินบดอัดได้แน่นสูงสุด (OMC) เป็นร้อยละ

5) ให้รายงานผลตามแบบฟอร์มที่ บพ.มยผ. 2202-57: มาตรฐานการทดสอบความแน่น แบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)

6) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของการทดลองบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

5. ผลการทดลอง

5.1 การหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D-422 ดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 1 บ่อดินภายในอำเภอเมืองหนองคาย

ค่าเฉลี่ยการผ่านตะแกรงของดินลูกรัง บ่อดินภายในอำเภอเมืองหนองคาย					
ตะแกรง (เบอร์)	ขนาด ตะแกรง	ร่อน ครั้งที่ 1	ร่อน ครั้งที่ 2	ร่อน ครั้งที่ 3	$\bar{X}$
No.3/8"	9.51	42.33	42.71	42.67	42.57
No.4	4.75	29.18	29.13	28.99	29.10
No.10	2.00	17.84	17.77	17.68	17.76
No.3/8"	9.51	42.33	42.71	42.67	42.57
No.4	4.75	29.18	29.13	28.99	29.10
No.10	2.00	17.84	17.77	17.68	17.76
No.20	0.855	3.41	3.23	3.27	3.30
No.40	0.425	2.59	2.40	2.80	2.60
No.100	0.015	2.28	2.36	2.24	2.29
No.200	0.075	1.21	1.22	1.12	1.18
Pan	-	1.16	1.18	1.25	1.20

ตารางที่ 2 บ่อดินภายในอำเภอท่าบ่อ

ค่าเฉลี่ยการผ่านตะแกรงของดินลูกรัง บ่อดินภายในอำเภอท่าบ่อ					
ตะแกรง (เบอร์)	ขนาด ตะแกรง	ร่อน ครั้งที่ 1	ร่อน ครั้งที่ 2	ร่อน ครั้งที่ 3	$\bar{X}$
No.3/8"	9.51	37.59	37.49	38.22	37.77
No.4	4.75	38.31	38.41	38.71	38.30
No.10	2.00	19.13	18.41	18.65	18.73
No.20	0.855	1.69	2.71	1.98	2.13
No.40	0.425	0.77	1.01	0.96	0.91
No.100	0.015	1.20	0.48	0.77	0.82
No.200	0.075	0.96	1.20	0.67	0.94
Pan	-	0.34	0.82	0.58	0.58

ตารางที่ 3 บ่อดินภายในอำเภอโพธิ์ชัย

ค่าเฉลี่ยการผ่านตะแกรงของดินลูกรัง บ่อดินภายในอำเภอโพธิ์ชัย					
ตะแกรง (เบอร์)	ขนาด ตะแกรง	ร่อน ครั้งที่ 1	ร่อน ครั้งที่ 2	ร่อน ครั้งที่ 3	$\bar{X}$
No.3/8"	9.51	8.96	9.11	9.22	9.10
No.4	4.75	19.70	19.56	19.44	19.57
No.10	2.00	35.78	35.81	35.07	35.55
No.20	0.855	11.26	11.04	11.41	11.24
No.40	0.425	15.11	15.33	15.52	15.32
No.100	0.015	6.85	6.48	6.30	6.54
No.200	0.075	1.52	1.85	2.04	1.80
Pan	-	0.81	0.81	1.00	0.87

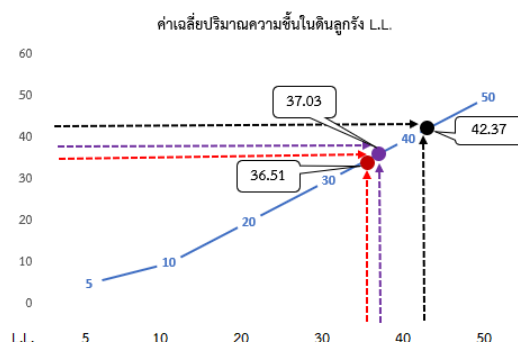
จากผลการทดสอบในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3 พบว่า ดินตัวอย่างทดสอบทั้ง 3 แหล่ง เป็นดินประเภทเม็ดหยาบ ประเภทกรวดมีเม็ดละเอียดปน (ค่าบนตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ และผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าร้อยละ 5) เป็นดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (C_c น้อยกว่า 1) โดยวิธีการจำแนกประเภทของดิน

โดยระบบ unified [5] และมีสมบัติตามมาตรฐานวัสดุลูกรังชนิดทำผิวจราจร โดยมีขนาดผ่านตะแกรง เบอร์ 200 ไม่มากกว่า 2/3 ของขนาดผ่านตะแกรง เบอร์ 40 [6]

5.1.1 ผลการทดสอบขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) ผลการทดสอบขีดจำกัดเหลว ดังแสดงในตารางที่ 4 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณน้ำในดิน ดังแสดงภาพที่ 1

ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้นในดินลูกรัง Liquid Limit (L.L.)

ปริมาณความชื้นในดินลูกรัง					
ลำดับ	อำเภอ	L.L.			$\bar{X}$
		ตย.1	ตย.2	ตย.3	
1	หนองคาย	46.91	41.10	39.10	42.37
2	ท่าบ่อ	35.90	36.67	36.96	36.51
3	โพธิ์ชัย	62.20	21.10	27.80	37.03



รูปที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณน้ำในดิน

จากผลการทดสอบพบว่า ปริมาณความชื้นในดินลูกรังบ่อดินภายในอำเภอเมืองหนองคาย บ่อดินภายในอำเภอท่าบ่อ และ บ่อดินภายในอำเภอโพธิ์ชัย มีค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit หรือ L.L.) เท่ากับ 42.37, 36.51, และ 37.03 ตามลำดับ ซึ่งดินตัวอย่างจากทั้ง 3 แหล่ง มีค่า L.L. มากกว่า 35 ดังนั้น หากต้องการนำไปใช้เป็นวัสดุลูกรังชนิดทำผิวจราจร จะต้องทำการปรับปรุงคุณสมบัติ (L.L. ไม่มากกว่า 35) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานวัสดุลูกรังชนิดทำผิวจราจร มาตรฐานงานทางกรมทางหลวงชนบท [6]

5.1.2 ผลการทดสอบขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit) ดังแสดงในตารางที่ 5 และค่าดัชนีความเหนียว (Plasticity Index, P.I.) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ผลค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน

ปริมาณความชื้นในดินลูกรัง					
ลำดับ	อำเภอ	P.L.			$\bar{X}$
		ตย.1	ตย.2	ตย.3	
1	หนองคาย	38.12	34.26	33.13	35.17
2	ท่าบ่อ	31.90	32.67	31.04	31.87
3	โพนพิสัย	34.20	31.54	31.97	32.57

ตารางที่ 6 ค่าดัชนีความเหนียว (Plasticity Index, P.I.)

ดัชนีความเหนียวของดินลูกรัง		
ลำดับ	อำเภอ	P.I.
1	หนองคาย	7.20
2	ท่าบ่อ	4.64
3	โพนพิสัย	4.46

จากผลการทดสอบพบว่า ค่า P.L. บ่อดินภายในอำเภอเมืองหนองคาย บ่อดินภายในอำเภอท่าบ่อ และบ่อดินภายในอำเภอโพนพิสัยเท่ากับ 35.17, 31.87, และ 32.57 ตามลำดับ และมีค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (P.I.) อยู่ระหว่าง 4-11 ซึ่งคุณสมบัติของดินตัวอย่างทั้ง 3 แหล่ง เป็นไปตามมาตรฐานวัสดุลูกรังชนิดทำผิวจราจร กรมทางหลวงชนบท [6]

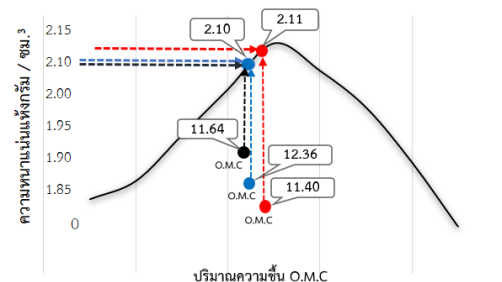
5.2 ผลการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)

ผลการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 7 และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสุดกับปริมาณความชื้นที่เหมาะสม จากการทดลองบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน ดังแสดงภาพที่ 2

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)

ค่าเฉลี่ยการทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)					
ลำดับ	อำเภอ	ความหนาแน่นแห้ง กรัม/ซม. ³			$\bar{X}$
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
		1	2	3	
1	หนองคาย	2.10	2.15	2.07	2.11
2	ท่าบ่อ	2.09	2.11	2.09	2.10
3	โพนพิสัย	2.12	2.08	2.10	2.10

ลำดับ	อำเภอ	ปริมาณความชื้น O.M.C. (%)			$\bar{X}$
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
		1	2	3	
1	หนองคาย	11.60	10.00	12.60	11.40
2	ท่าบ่อ	12.26	11.82	13.00	12.36
3	โพนพิสัย	11.70	11.40	11.82	11.64



รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสุดกับปริมาณความชื้นของการทดลองบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

จากผลการทดสอบความหนาแน่นแห้งสูงสุดพบว่า บ่อดินภายในอำเภอเมืองหนองคาย บ่อดินภายในอำเภอท่าบ่อ และบ่อดินภายในอำเภอโพนพิสัย มีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 2.11, 2.10, และ 2.10 กรัม/ซม.³

สำหรับปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (O.M.C) พบว่า บ่อดินภายในอำเภอเมืองหนองคาย บ่อดินภายในอำเภอท่าบ่อ

และบ่อดินภายในอำเภอโพธิ์ชัย มีค่าเท่ากับร้อยละ 11.40, 12.36, และ 11.64 ตามลำดับ

โดยคุณสมบัติในด้านค่าความหนาแน่นแห้ง และ ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของดินตัวอย่างจากการศึกษาในครั้งนี้ ไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นวัสดุทางวิศวกรรมการทาง เช่น ชั้นพื้นทางหรือชั้นรองพื้นทาง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ สรวาส์ และ สินอาด [7] อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุคันทาง (Subgrade) หรือวัสดุคัดเลือกที่นำมาใช้เสริมระหว่างวัสดุคันทางและวัสดุรองพื้นทาง เป็นต้น

6.สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังภายในจังหวัดหนองคาย ประกอบด้วย ตัวอย่างดินจากบ่อดินอำเภอเมืองหนองคาย อำเภอท่าบ่อ และ อำเภอเมืองโพธิ์ชัย สามารถสรุปได้ว่า ดินตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นดินจำพวกกรวด โดยสมบัติทางวิศวกรรมของดินทั้ง 3 แหล่ง มีสมบัติทางวิศวกรรมด้าน ขนาดของเม็ดดิน ค่า L.L. และ ค่า P.I. ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง กรมโยธาธิการและผังเมือง 2102-57 อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณความชื้นที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [7] พบว่าไม่สามารถใช้เป็นวัสดุทางวิศวกรรมการทาง เช่น ชั้นพื้นทางหรือชั้นรองพื้นทางได้ หากต้องการนำไปใช้ ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของดินก่อนนำไปใช้งานวิศวกรรม เช่น การใช้วัสดุเชื่อมประสานตามความเหมาะสมกับคุณสมบัติของดิน อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุคันทาง (Subgrade) หรือวัสดุคัดเลือกที่นำมาใช้เสริมระหว่างวัสดุคันทางและวัสดุรองพื้นทาง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] American Society for Testing and Materials, “Standard Method for Particle-Size Analysis of Soils D 422.”, [Online]. <https://www.astm.org/d0422-63r07.html>. (Accessed : 16 October 2023)
- [2] American Society for Testing and Materials, “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils D 4318-17”, [Online]. <https://www.astm.org/d0422-63r07.html>. (Accessed : 16 October 2023)
- [3] Department of Public Works and Town & Country Planning, “Subbase”, *Highway Construction Standards*, Bangkok : Material Analysis Research and Testing Division, 2014. (in Thai)
- [4] Department of Rural Road, “Modified Compaction Test”, [Online]. https://research.drr.go.th/?page_id=5944. (Accessed : 15 October 2023) (in Thai)
- [5] Department of Rural Road, “Specifications for Laterite Material for Traffic Surface”, [Online]. https://research.drr.go.th/?page_id=5944. (Accessed : 15 October 2023) (in Thai)
- [6] Montien Kangsasiatam, *Soil mechanics and engineering*, 7th ed. Bangkok : Amarin Printing and Publishing Public Company Limited, 1996. (in Thai)
- [7] Sarawat Boonhyong and Sinart Kosalanun, “Engineering Properties of Lateritic Soil in Chantaburi”, Rampai Panni Rajabhat University, 2018. (in Thai)