อิทธิพลของปูนขาวต่อการหดตัวของดินเหนียวบวมตัวที่พบในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

INFLUENCE OF LIMES ON SLRINKAGE OF EXPANSIVE CLAY IN SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

พรพจน์ ตันเส็ง (Pornpot Tanseng)[1]

พลอนันต์ สดโคกกรวด (Polanan Sodkokkruad)[2]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี pornpot@sut.ac.th

[2]นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและผู้ช่วยวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ: บทความนี้จะกล่าวถึงอิทธิพลของปูนขาวต่อการหดตัวและคุณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียวบวมตัวที่พบในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการวิจัยได้ทดลองปรับปรุงดินบวมตัวด้วยปูนขาว 3 ชนิดได้แก่แคลเซียมออกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต โดยดินที่ใช้มีสัดส่วนผสมของดินเหนียวบวมตัวสูงต่อดินเหนียวไม่บวมตัวเท่ากับ 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 โดยได้ทดลองผสมปูนขาว 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักกับดินผสม จากนั้น นำตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและทดสอบการหดตัวพร้อมกับตรวจสอบปริมาณน้ำในดิน เมื่อตัวอย่างแห้งสนิทในอากาศแล้วนำตัวอย่างไปศึกษาเนื้อดินที่เปลี่ยนแปลงไป ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ปูนขาวชนิดแคลเซียมออกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถลดดัชนีพลาสติกของดินได้ดี แต่ปูนขาวแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่สามารถลดดัชนีพลาสติกได้อย่างมีนัยยะสำคัญ การศึกษาเนื้อดินแสดงให้เห็นว่าเม็ดดินมีขนาดใหญ่ขึ้นและทำให้ดินเหนียวมีพฤติกรรมเหมือนกับซิลท์ ในงานวิจัยนี้สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปูนที่ใช้และชนิดของปูนต่อการหดตัวของดิน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการประมาณปริมาณปูนขาว ที่จะใช้และปริมาณการหดตัวของดินที่อาจเกิดขึ้น

ABSTRACT: This paper presents the influence of lime on index properties and shrinkage of an expansive clay in Suranaree University of Technology. In the research, calcium oxide, calcium hydroxide and calcium carbonate are selected to mix with the expansive soil. The soil samples are prepared by mixing low-expansive clay with high expansive clay at five ratios i.e. 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0. Amounts of additive are 1, 3, 5 percent by weight. The mixed samples are tests to determined index properties. The samples are dried at ambient environment. The shrinkage and water content are monitored during the test. The results show that calcium oxide and calcium hydroxide can reduce plasticity index significantly. However, calcium oxide cannot reduce plasticity index. After treated sample with calcium oxide or calcium hydroxide, soil texture is coarser than non-treated sample. In this research, the relationship between amount of lime and shrinkage and the relationship between type of lime and shrinkage can be established.

KEYWORDS: Ground improvement, Hydrated Lime, Quick Lime, Swelling clay, Montmorillonite

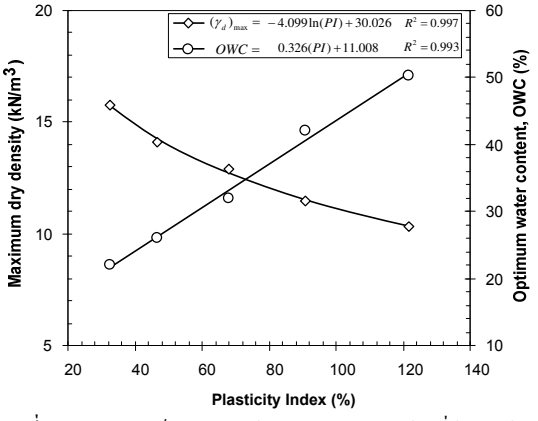
1. บทนำ

บทความนี้จะนำเสนอการวิจัยเพื่อศึกษาถึงการปรับปรุงดินเหนียวบวมตัวที่พบในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยปูนขาว เหตุผลในการวิจัยเนื่องจากความต้องการนำดินเหนียวที่ขุดลอกเพื่อก่อสร้างอ่างเก็บน้ำมาเป็นวัสดุคันทางหรือนำมาใช้เป็นวัสดุถมปรับพื้นที่ก่อนก่อสร้างอาคาร แต่จากการศึกษาเบื้องต้น

พบว่าชั้นดินในบริเวณที่ขุดเพื่อก่อสร้างอ่างเก็บน้ำประกอบไปด้วยชั้นดินเหนียวที่ไม่บวมตัวแทรกด้วยชั้นดินเหนียวที่บวมตัวสูงมาก ซึ่งดินเหนียวบวมตัวที่แทรกอยู่ในชั้นดินนั้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการวิบัติของลาดดินอ่างเก็บน้ำที่ขุดลอกขึ้นมาดังภาพที่ 1 ซึ่งรายละเอียดของการวิบัติได้รายงานไว้โดย [1]

ภาพที่ 1 การวิบัติของลาดดินอ่างเก็บน้ำเนื่องจากชั้นดินเหนียวบวมตัวแทรกแบบเอียงตัวอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการนำดินที่ขุดลอกจากอ่างมาใช้คือในขณะที่ขนย้ายดินเพื่อนำมากองเก็บดินบวมตัวและดินไม่บวมตัวจะผสมกันจนไม่สามารถแยกออกจากกันได้ในทางปฏิบัติ และเมื่อทดลองนำดินที่กองเก็บมาบดอัดโดยแปรเปลี่ยนอัตราส่วนของดินเหนียวบวมตัวพบว่าดินบดอัดจะมีความหนาแน่นแห้งสูงสุดแปรผกผันกับปริมาณดินบวมตัวซึ่งบ่งชี้ได้ด้วยดัชนีพลาสติก



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพลาสติกของดินเหนียวที่มีดินเหนียวบวมตัวผสมอยู่กับความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณน้ำเหมาะสมที่ได้จากการบดอัดด้วยวิธีมาตรฐาน: เมื่อดินมีดัชนีพลาสติกสูงขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุดลดลงและต้องการใช้น้ำในการบดอัดที่มากขึ้นทำให้ OWC สูงขึ้น

เนื่องจากดินเหนียวบวมตัวที่ปนอยู่ในดินจะดูดซับน้ำไว้รอบอนุภาคดินเหนียว ซึ่งน้ำที่ผสมดินเพื่อใช้บดอัดไม่ได้ช่วยในการจัดเรียงเม็ดดินให้แน่นขึ้น และการที่ดินมีความเป็นพลาสติกสูงจะทำให้บดอัดได้ยาก ซึ่งทำให้ต้องใช้น้ำในการบดอัดเพิ่มขึ้นจึงทำให้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการบดอัดเพิ่มขึ้นด้วย และดินที่บดอัดแล้วยังคงมีการบวมและหดตัวสูงดังที่ได้รายงานไว้โดย [2]

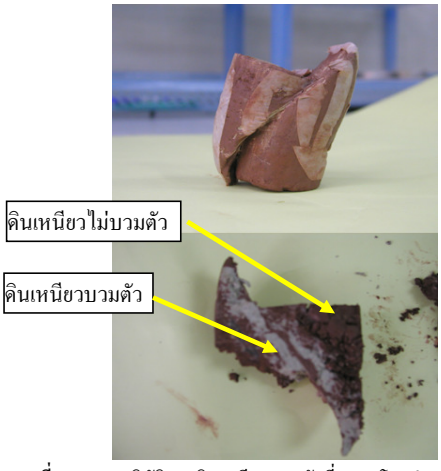
เพื่อที่จะหาแนวทางในปรับปรุงดินดังกล่าวให้มีการหดตัวลดลงจึงได้ทดลองใช้ปูนขาว 3 ชนิดมาผสมกับดินและศึกษาความเป็นพลาสติกของดินและคุณสมบัติการหดตัวเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงดินบดอัดก่อนการนำไปใช้งานคันทางและดินถมปรับพื้นที่ก่อนการก่อสร้างอาคารต่อไป

2. ข้อมูลดินบวมตัวในพื้นที่วิจัย

การศึกษาชั้นดินในบริเวณที่ทำการศึกษากระทำโดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินบนลาดดินอ่างเก็บน้ำ (ภาพที่ 3) พบว่าชั้นดินประกอบไปด้วยดินเหนียวอ่อนมากสีขาวมีค่า Activity เป็น 1.94 มีกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำเป็น 2.5 ตันต่อตารางเมตร การทดสอบการบวมตัวแบบไม่มีน้ำหนักกดทับ (Gibb and Holtz, 1956) ได้เปอร์เซ็นต์การบวมตัวเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียวแข็งปานกลางสีแดงเป็นดินเหนียวกระจายตัว (Dispersive Clay) ชนิด D1 เมื่อทดสอบด้วยวิธี Pinhole (ASTM D4647) มีคุณสมบัติแตกตัวและถูกพัดพาไปกับน้ำได้ง่ายเมื่อมีน้ำไหลผ่าน ค่า Activity เป็น 0.99 มีกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำเป็น 7.0 ตันต่อตารางเมตร

ชั้นดินที่พบในบริเวณนี้มีลักษณะไม่สม่ำเสมอโดยบางจุดชั้นดินจะวางตัวในแนวราบ แต่ในบางจุดที่ห่างไปเพียง 100 เมตร จะพบชั้นดินวางตัวเอียงทำมุมประมาณ 45 องศากับแนวราบดังจะเห็นได้จากตัวอย่างดินที่เก็บขึ้นมาทำการทดสอบจนวิบัติและผ่าตัวอย่างออกดูในภาพที่ 4

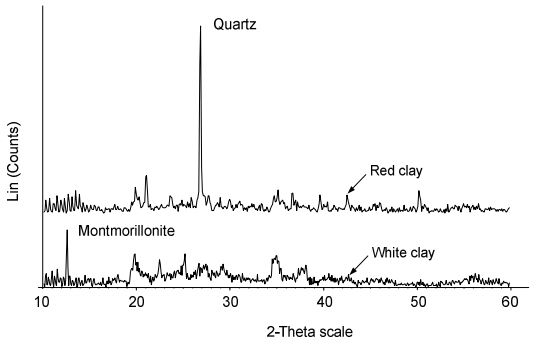
ภาพที่ 3 ตำแหน่งของชั้นดินเหนียวบวมตัวซึ่งมีสีขาวในพื้นที่วิจัย



ภาพที่ 4 แนวการวิบัติของดินเหนียวบวมตัวที่แทรกโดยทำมุมเอียงประมาณ 45 องศาอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบของดินเหนียวกระจายตัวสีแดงและดินเหนียวสีขาว ด้วยวิธี X-ray diffraction ได้ผลการวิเคราะห์ดัง

ภาพที่ 5 พบว่าดินเหนียวสีแดงมีองค์ประกอบหลักเป็นควอทซ์ ส่วนดินเหนียวสีขาวมีองค์ประกอบเป็นมอนท์มอริลโอไนท์ จากการวิเคราะห์ปริมาณแคทไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exchangeable Cation) ที่สกัดได้จากดินเหนียวสีขาวพบว่าดินมีปริมาณไอออนของแคลเซียมสูงกว่าปริมาณไอออนของโซเดียม แมกนีเซียม และโปแตสเซียม ดังนั้นจึงจัดว่าดินเหนียวสีขาวที่สำรวจพบน่าจะเป็นแร่ดินเหนียวชนิด Calcium Monmorillonite ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นคือสามารถดูดน้ำสูงและเกิดการบวมตัวได้มากและหดตัวเมื่อน้ำในดินระเหยออก ซึ่งการหดตัวนี้ก่อให้เกิดปัญหากับดินคันทางหรือฐานรากอาคารที่เป็นฐานรากตื้นเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบดินด้วยวิธี X-ray diffraction [3]

3. ชนิดของปูนขาวที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยได้เลือกใช้ปูนขาว 3 ชนิดในการปรับปรุงคุณภาพดิน ได้แก่ปูนขาว Calcium Oxide (CaO), Calcium Hydroxide ($Ca(OH)_2$) ซึ่งเป็นปูนขาวบริสุทธิ์สำหรับงานในห้องปฏิบัติการ และปูนขาวสำหรับใช้โรยสนามที่ซื้อมาจากร้านขายวัสดุก่อสร้าง จากการศึกษาองค์ประกอบของปูนทั้งสามชนิดด้วยด้วยวิธี X-ray diffraction พบว่าปูนขาวสำหรับโรยสนามที่จำหน่ายตามร้านวัสดุก่อสร้างทั่วไปมีองค์ประกอบหลักเป็น Calcium Carbonate $CaCO_3$ (ภาพที่ 6)

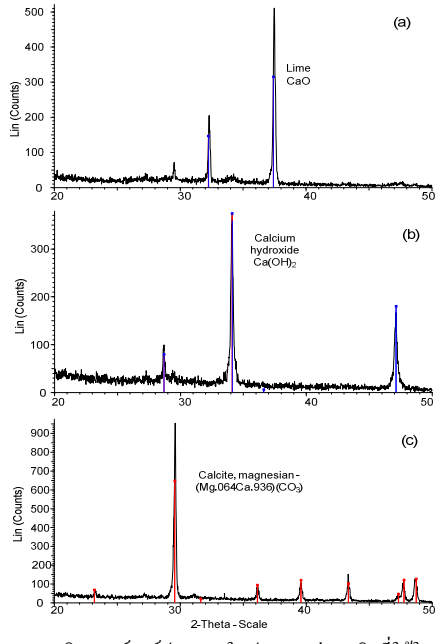
ปูนขาว Calcium carbonate นั้นได้มาจากการเผาหินปูนที่มี Calcium Carbonate เป็นองค์ประกอบดังสมการ

$$CaCO_3 + \text{ความร้อนจากการเผา} \longrightarrow CaO + CO_2$$

ปูนขาว Calcium Hydroxide หรือเรียกว่า Slaked lime หรือ Hydrated lime นั้นได้มาจากกระบวนการ Hydration ของปูน Calcium Oxide ซึ่งจะได้ Calcium Hydroxide และความร้อนดังสมการ

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + \text{ความร้อน}$$

เนื่องจากในการใช้งานปูนขาวที่เป็น Calcium Oxide จะเกิดปฏิกิริยา Hydration กับน้ำอย่างรุนแรงและคายความร้อนสูง อีกทั้งยังเป็นด่างซึ่งมีการกัดกร่อนสูง ดังนั้นในการปฏิบัติงานจึงต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ



ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในปูนขาวแต่ละชนิดที่ใช้ในการวิจัย (a) Calcium Oxide, (b) Calcium Hydroxide และ (c) Calcium Carbonate

4. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ในการทดสอบได้ผสมตัวอย่างดินโดยใช้สัดส่วนของดินเหนียวบวมตัวสูงและดินเหนียวไม่บวมตัวดังตารางที่ 1 โดยใช้ชื่อเรียกตัวอย่างเป็น WH-00, WH-25, WH-50, WH-75 และ WH-100 สำหรับระบุปริมาณดินเหนียวบวมตัวที่ผสมในอัตราส่วน 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

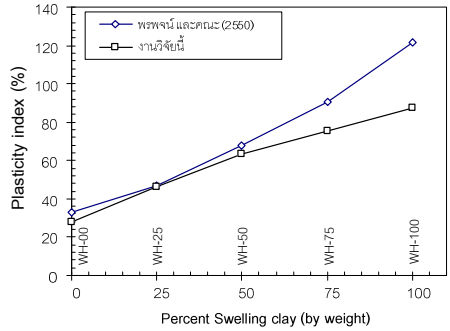
ตารางที่ 1 อัตราส่วนการผสมดินเพื่อใช้ทดสอบ

ชื่อเรียกตัวอย่าง	ปริมาณดินเหนียวบวมตัว (%)	ปริมาณดินเหนียวไม่บวมตัว (%)
WH-00	0	100
WH-25	25	75
WH-50	50	50
WH-75	75	25
WH-100	100	0

การทดสอบทำโดยนำดินตัวอย่างที่ผสมแล้วมาทดสอบหาพิกัดเหลว พิกัดพลาสติก และทดสอบการหดตัวเชิงเส้น (Linear shrinkage) ในการทดสอบ Linear Shrinkage ตามมาตรฐาน BS1337 จะนำดินตัวอย่างมาผสมน้ำให้มีปริมาณน้ำใกล้เคียงกับพิกัดเหลว จากนั้นบรรจุตัวอย่างในแบบมาตรฐาน แล้วปล่อยให้น้ำระเหยที่อุณหภูมิห้อง และบันทึกความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปและชั่งน้ำหนักตัวอย่างเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น เพื่อหาปริมาณน้ำในดินที่สัมพันธ์กับความยาวของตัวอย่างด้วย ในการทดสอบการปรับปรุงดิน ได้ผสมตัวอย่างกับปูนขาวทั้ง 3 ชนิด ด้วยอัตราส่วน 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วจึงนำไปทดสอบหาพิกัดเหลว พิกัดพลาสติก และการหดตัวเชิงเส้น

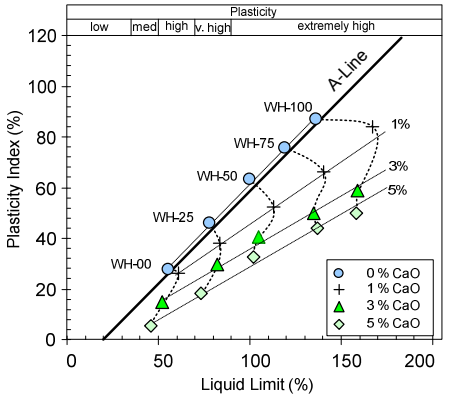
5. ผลการทดสอบ

ภาพที่ 7 แสดงค่าดัชนีพลาสติกของดินผสม จะเห็นได้ว่าดัชนีพลาสติกเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณดินขาวเพิ่มขึ้นโดยได้เปรียบเทียบกับผลการทดสอบของดินในบริเวณใกล้เคียงที่ทดสอบไว้โดย [2] จะเห็นได้ว่าดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะมีค่าดัชนีพลาสติกต่ำกว่าที่ทำไว้โดย [2] ซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนของตัวอย่างดินธรรมชาติ



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของดินเหนียวบวมตัวที่ปนอยู่ในดินกับดัชนีพลาสติก (ข้อมูลบางส่วนจาก [2])

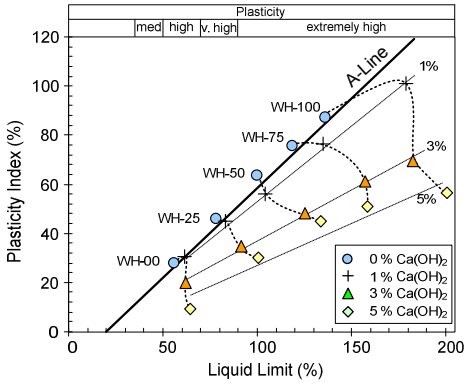
ภาพที่ 8 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเหลวกับดัชนีพลาสติก ของดินที่ผสมด้วยปูนขาว CaO จะเห็นได้ว่าพิกัดเหลวของดินตัวอย่างที่มีดินบวมตัวปนอยู่เกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (WH-50, WH-75 และ WH-100) เพิ่มขึ้นเมื่อผสมปูนขาว 1 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อปริมาณปูนขาวที่ผสมเพิ่มขึ้นแต่พิกัดเหลวจะไม่ลดลงต่ำกว่าดินที่ไม่ผสมปูนขาว ค่าดัชนีพลาสติกเมื่อพิจารณาเทียบกับเส้น A-Line พบว่าดินเหนียวที่ผสมปูนขาว CaO จะเลื่อนจากจุดที่อยู่เหนือ A-Line ลงมาต่ำกว่า A-Line แสดงให้เห็นว่าปูนขาว CaO ปรับเปลี่ยนดินเหนียวให้กลายเป็นดินที่มีพฤติกรรมเหมือนกับดินซิลท์ที่มีความเป็นพลาสติกสูงมาก (MH)



ภาพที่ 8 การปรับปรุงดินด้วยปูนขาว CaO ที่อัตราส่วน 0, 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาในรูปความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเหลวและดัชนีพลาสติก

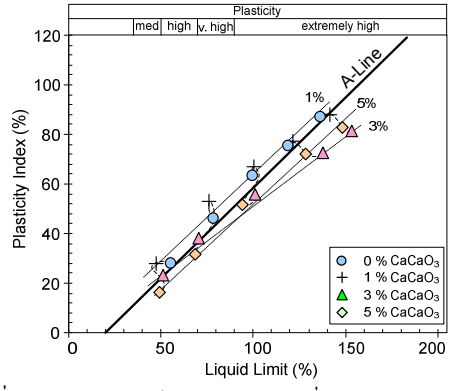
ภาพที่ 9 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเหลวกับดัชนีพลาสติก ของดินที่ผสมด้วยปูนขาว $Ca(OH)_2$ จะเห็นได้ว่าพิกัดเหลวของดินที่มีดินบวมตัวผสมเกินกว่า 25 เปอร์เซ็นต์จะเพิ่มขึ้นโดยแทบจะไม่มีการลดลงของพิกัดเหลวเลย เมื่อพิจารณาดัชนี

พลาสติกเทียบกับเส้น A-Line พบว่าดินเหนียวที่ผสมปูนขาว $Ca(OH)_2$ จะเปลี่ยนดินเหนียวให้กลายเป็นดินที่มีพฤติกรรมเป็นดินซิลท์ ซึ่งเหมือนกับดินที่ผสมด้วยปูนขาว CaO



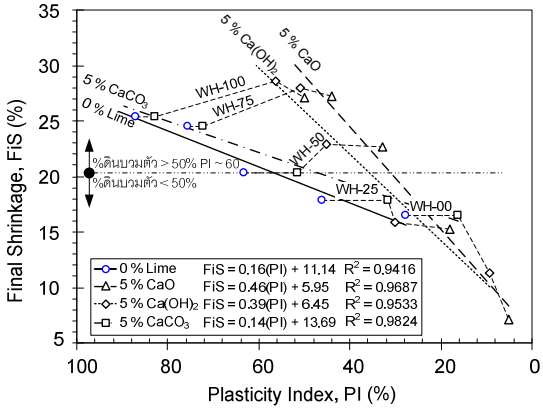
ภาพที่ 9 การปรับปรุงดินด้วยปูนขาว $Ca(OH)_2$ ที่อัตราส่วน 0, 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาในรูปความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเหลวและดัชนีพลาสติก

ภาพที่ **10** เป็นความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเหลวกับดัชนีพลาสติก ของดินที่ผสมด้วยปูนขาว $Ca(CO)_3$ จะเห็นได้ว่าพิกัดเหลวของดินไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญ และเมื่อพิจารณาดัชนีพลาสติกแล้วพบว่าดินที่ผสมปูนขาว $Ca(CO)_3$ ปริมาณ 1เปอร์เซ็นต์จะอยู่เหนือเส้น A-Line แต่ดินที่ผสมปูนขาว $Ca(CO)_3$ ปริมาณ 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์จะอยู่ต่ำกว่าเส้น A-Line ลงมาเล็กน้อย



ภาพที่ 10 การปรับปรุงดินด้วยปูนขาว $Ca(CO)_3$ ที่อัตราส่วน 0, 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาในรูปความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเหลวและดัชนีพลาสติก

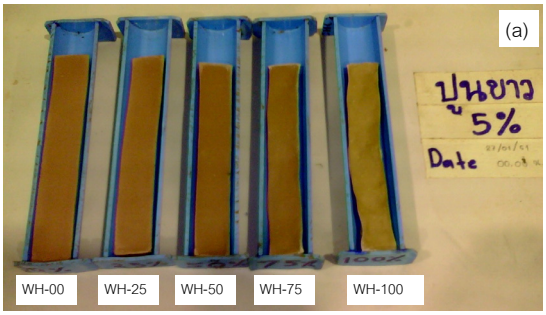
ผลการทดสอบการหดตัวสุดท้ายของดินที่ผสมปูนขาวทั้งสามชนิดเมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนปูนขาว 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดังภาพที่ 11

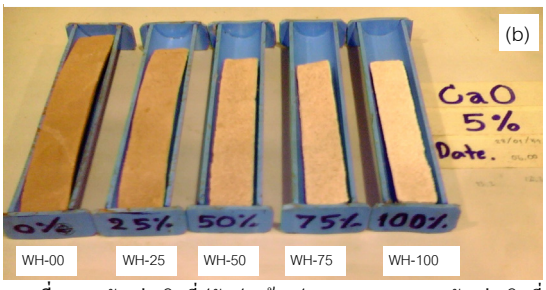


ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสุดท้ายของบดัชนีพลาสติกของดินที่ผสมปูนขาว CaO, $Ca(OH)_2$ และ $Ca(CO)_3$ ที่ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากภาพจะเห็นว่าปูนขาว CaO และปูนขาว $Ca(OH)_2$ จะลดการหดตัวสุดท้ายได้เมื่อมีปริมาณดินเหนียวบวมตัวปนอยู่ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีดัชนีพลาสติกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ (ได้แก่ ตัวอย่าง WH-00 และ WH-25) ซึ่งเมื่อดินมีปริมาณดินเหนียวบวมตัวเกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์แล้วจะทำให้การหดตัวสุดท้ายเพิ่มขึ้น (ได้แก่ตัวอย่าง WH-50, WH-75 และ WH-100) และเปอร์เซ็นต์การหดตัวสุดท้ายลดลงเมื่อดัชนีพลาสติกลดลงซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นดังแสดงในภาพที่ 11 สำหรับการผสมปูนขาว $Ca(CO)_3$ ที่ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์กลับจะทำให้การหดตัวสุดท้ายเพิ่มขึ้นโดยความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวสุดท้ายกับดัชนีพลาสติกเป็นแบบเชิงเส้นเช่นเดียวกับกรณีผสมปูนขาว CaO และปูนขาว $Ca(OH)_2$

ผลข้างต้นนั้นเป็นผลในเชิงปริมาณซึ่งเมื่อพิจารณาในเชิงคุณภาพของตัวอย่างดิน โดยพิจารณาจากลักษณะของตัวอย่างที่น้ำในดินระเหยออกจนสิ้นสุดการหดตัวแล้วที่ปริมาณปูน 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าตัวอย่างดินเหนียวที่ปรับปรุงด้วยปูนขาว $Ca(CO)_3$ ตัวอย่าง WH-100 จะมีการบิดเบี้ยวเนื่องจากมีการหดตัวที่ไม่สม่ำเสมอ แต่ตัวอย่างดินที่ปรับปรุงด้วยปูนขาว CaO จะมีการบิดเบี้ยวของตัวอย่างดินไม่มากเนื่องจากมีการหดตัวที่สม่ำเสมอ และเนื้อดินที่ปรับปรุงด้วยปูนขาว CaO และ $Ca(OH)_2$ จะมีเนื้อดินที่หยาบขึ้นซึ่งเกิดจากการที่แคลเซียมไอออนในปูนขาว CaO หรือ $Ca(OH)_2$ ดึงดูดเอาอนุภาคดินเหนียวให้เกาะกลุ่มกัน (Flocculation) จนมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น แต่ปูนขาว $Ca(CO)_3$ จะเสถียรและไม่แตกตัวให้แคลเซียมไอออนจึงไม่เกิดการเกาะกลุ่มกันของอนุภาคดินเหนียว





ภาพที่ 12 (a) ตัวอย่างดินที่ปรับปรุงด้วยปูนขาว $Ca(CO)_3$ (b) ตัวอย่างดินที่ปรับปรุงด้วยปูนขาว CaO

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

- เมื่อเปรียบเทียบปูนขาวที่ใช้ทั้ง 3 ชนิดปูนขาว CaO และ $Ca(OH)_2$ สามารถลดค่าดัชนีพลาสติกของดินได้โดยการลดลงจะแปรผกผันกับปริมาณปูนขาวที่ใช้ แต่ปูนขาว $CaCO_3$ ไม่เปลี่ยนค่าดัชนีพลาสติกของดินอย่างมีนัยยะสำคัญ
- เมื่อผสมปูนขาว CaO และ $Ca(OH)_2$ จะทำให้จุดที่อยู่เหนือเส้น A-Line ใน Plasticity Chart ลดลงจนอยู่ต่ำกว่าเส้น A-Line ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปูนขาวเปลี่ยนดินเหนียวให้เป็นดินที่มีดัชนีพลาสติกคล้ายกับดินซิลท์ที่มีความเป็นพลาสติกสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับขนาดของเนื้อดินที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ปูนขาว $CaCO_3$ ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญ
- จากผลการศึกษาสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพลาสติกกับกับการหดตัวสุดท้ายเป็นแบบเชิงเส้นโดยการหดตัวสุดท้ายจะลดลงเมื่อดัชนีพลาสติกลดลง โดยการหดตัวสุดท้ายต่ำสุดอยู่ที่ WH – 00 และถ้าในดินมีปริมาณดินบวมตัวมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวสุดท้ายจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อผสมกับปูนขาว ดังนั้นในการใช้งานจะต้องเลือกปรับปรุงดินที่มีค่าดัชนีพลาสติกไม่เกินกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ซึ่งทำได้โดยการผสมดินบวมตัวกับดินที่บวมตัวต่ำไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์แล้วจึงปรับปรุงด้วยปูนขาว ปูนขาว CaO หรือ $Ca(OH)_2$
- ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อคือการทดสอบการบดอัดดินเหนียวที่ปรับปรุงแล้วด้วยปูนขาว CaO หรือ $Ca(OH)_2$ แล้วศึกษาพฤติกรรมการบวมตัวและหดตัวของดินบดอัดก่อนการนำไปใช้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พรพจน์ ตันเส็ง, ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร, เชาวน์ หิรัญตียกุล และ อภิชิต คำภาหล้า, 2549, การวิบัติของคันดินอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในชั้นดินเหนียวกระจายตัวแทรกด้วยชั้นดินเหนียวบวมตัว, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 11. ภูเก็ต.

[2] พรพจน์ ตันเส็ง, ปทุมมา พจน์สูงเนิน, วีรชาติ เข็มจันทร์, วิสูตร การินธิ และ วิจิตร กุลศิริ, 2550, ผลของการพองตัวและหดตัวของของดินเหนียวบวมตัวบดอัดต่อฐานรากตื้น, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12. โรงแรมอมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก 2-4 พฤษภาคม

[3] พรพจน์ ตันเส็ง, 2549, คุณสมบัติทางกายภาพและการบวมตัวของดินเหนียวบวมตัวที่เกิดตามธรรมชาติ,. กรุงเทพ.การปรับปรุงคุณภาพดินและการใช้แผ่นใยสังเคราะห์ ครั้งที่ 6