

ผลกระทบของสารละลายโพแทสเซียมต่อคุณสมบัติการบวมตัวของดินบวมตัวในพื้นที่แม่เมาะ Effect of Potassium Solutions on Swelling Properties of Expansive Soil in Mae Moh Area

ศุภกิตต์ กรวดสูงเนิน^{1*} และ เศรษฐพงษ์ เศรษฐบุปผา²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

*Corresponding author; E-mail address: supakit_kruads@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการทดลองใช้สารละลายโพแทสเซียมเพื่อลดศักยภาพการบวมตัวของดินเหนียวบวมตัวในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับอาคารและถนนในพื้นที่เมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้น แร่ธาตุในดินบวมตัวของแม่เมาะส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่มอนต์มอริลโลไนต์ซึ่งดึงดูดน้ำได้มากเมื่อเทียบกับแร่อิไลต์ในดินที่ไม่บวมตัว ข้อแตกต่างเพียงอย่างเดียวคือ อิไลต์มีโพแทสเซียมไอออนจับแผ่นเหล่านั้นเข้าด้วยกันในขณะที่มอนต์มอริลโลไนต์ไม่มีโพแทสเซียมไอออนอยู่ ช่วยให้ น้ำถูกดึงดูดเข้าสู่ช่องว่างระหว่างแผ่นได้อย่างง่าย จากข้อเท็จจริงนี้ มีการตั้งสมมติฐานว่าหากเติมโพแทสเซียมไอออนเข้าไประหว่างแผ่นสามชั้นของมอนต์มอริลโลไนต์ ศักยภาพในการบวมก็จะลดลง ในการทดลองนี้ได้ใช้วิธีทดสอบการบวมตัวอิสระ โดยตัวอย่างดินบวมตัวของแม่เมาะจะถูกแช่ในสารละลายโพแทสเซียมสามประเภท ได้แก่ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl), โพแทสเซียมไนเตรต (KNO₃), และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) จากนั้นจึงทดสอบหาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการบวมและวิเคราะห์ผล X-Ray Diffraction ด้วยโปรแกรม Match!3 ผลการวิจัยพบว่าการใช้สารละลาย KCl 10% โดยน้ำหนัก สารละลาย KNO₃ 20% โดยน้ำหนัก และร้อยละ KOH 20% โดยน้ำหนัก ช่วยลดเปอร์เซ็นต์การบวมของดินจาก 8.04% เหลือ 3.94%, 5.04% และ 6.73% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ดินบวมตัว, ร้อยละการบวมตัว, สารละลายโพแทสเซียม

Abstract

This paper presents the result of an experiment of using potassium solutions to reduce swell potential of expansive clay soil in Mae Moh District, Lampang Province, which has caused a lot of damages on buildings and road pavements in the area when moisture in the soil increased. Mae Moh expansive soil mineral was mainly montmorillonite mineral which is attractive to water in contrast to illite mineral of non-expansive soils. The only difference is illite has potassium ions bonding those sheets together while montmorillonite has no potassium ions present. This allows

water to be attracted into the space between the sheets easily. Based on this fact, an assumption was set that if potassium ions were added in between the three-layer sheet of montmorillonite of the soils the swell potential could be reduced. In this experiment, Unrestrained swell test was used. samples of Mae Moh expansive soil were soaked in three types of potassium solutions: potassium chloride (KCl); potassium nitrate (KNO₃); and potassium hydroxide (KOH), and then tested for the resultant swelling potential and X-Ray Diffraction analysis was performed using the Match! 3 program. The results showed that using 10% by weight KCl solution, 20% by weight KNO₃ solution, and percent KOH solution. 20 % by weight reduces percent swell of soils from 8.04% to 3.94%, 5.04% and 6.73% respectively.

Keywords: Expansive Soil, Percent Swell, Potassium Solution

1. บทนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการสำรวจคุณสมบัติของดินในพื้นที่ในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (กฟผ. แม่เมาะ) พบว่าดินบริเวณดังกล่าวเป็นดินที่มีคุณสมบัติในการบวมตัวสูง (Expansive soils) คือ ดินที่เกิดการบวมตัวเมื่อมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นและหดตัวเมื่อปริมาณความชื้นลดลง โดยคุณสมบัติสำคัญที่พบในดินบวมตัว ได้แก่ มีค่าขีดความชื้นเหลวสูง ค่าความเป็นพลาสติกสูง และมีค่า Activity สูงและมีแร่มอนต์มอริลโลไนต์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งดินประเภทนี้มักพบอยู่บริเวณพื้นที่ที่มีภูเขาไฟหรือพื้นที่แห้งแล้ง จึงทำให้สิ่งก่อสร้างอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (กฟผ. แม่เมาะ) เกิดความเสียหายมากมายจากดินบวมตัว เช่น บริเวณถนนในบริเวณศูนย์บริการของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งเกิดความเสียหายที่มีลักษณะเป็นรอยแตกไม่ราบเรียบและผิวทางมีลักษณะสูงต่ำไม่เท่ากัน ทำให้เกิดปัญหาต่อการสัญจรของยานพาหนะตามรูป 1



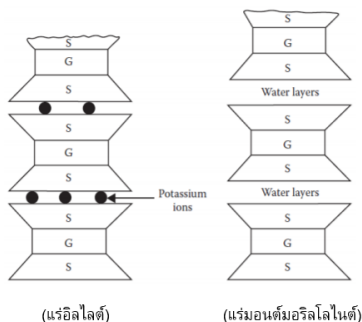
รูปที่ 1 ความเสียหายของถนนบริเวณศูนย์บริการของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

จากการศึกษาพบว่า การแก้ปัญหาการบวมตัวของดินมีหลายวิธี โดยการปรับปรุงเสถียรภาพของดินเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลาย โดยเป็นวิธีที่นำวัสดุต่างๆ หรือสารละลายผสมลงไปในดินเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการบวมตัวของดินลดลง เช่น ซีเมนต์ (cement) เถ้าลอย (fly ash) ปูนขาว (lime) สารละลายชนิดต่างๆ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า

โพแทสเซียมคลอไรด์ผสมในดินบวมตัวด้วยสัดส่วน 0-7.5% โดยน้ำหนักแห้งของดิน พบว่าสามารถช่วยลดค่าขีดจำกัดของเหลว, ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก และสามารถลดการบวมตัวของดินได้มากถึง 50% ด้วยสัดส่วนของโพแทสเซียมคลอไรด์ 5% [1]

โพแทสเซียมคลอไรด์ผสมกับดินบวมตัวในประเทศอินเดีย พบว่าโพแทสเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ค่าขีดจำกัดของเหลว, ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก, ค่าดัชนีการหดตัวของดิน, ศักยภาพในการบวมตัวลดลงทั้งหมด และทำให้ค่า UCS เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของโพแทสเซียมคลอไรด์และจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของโพแทสเซียมคลอไรด์มากกว่า 6% โดยน้ำหนักแห้งของดิน [2]

แร่ธาตุในดินบวมตัวของแม่เมาะส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่มอนต์มอริลโลไนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับแร่โอลด์ไนต์ในดินที่ไม่บวมตัว แร่ธาตุทั้งสองนั้นมีโครงสร้างแร่เกือบเหมือนกัน โดยประกอบด้วยแผ่นสามชั้น โดยมีแผ่นอลูมินา (gibbsite sheet) อยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นซิลิกา (silica sheet) สองแผ่น ข้อแตกต่างเพียงอย่างเดียวคือ โอลด์ไนต์มีโพแทสเซียมไอออนจับแผ่นเหล่านั้นเข้าด้วยกัน ในขณะที่มอนต์มอริลโลไนต์ มีน้ำเป็นตัวกลางเชื่อมช่องว่างระหว่างแผ่น จึงเห็นว่าถ้านำโพแทสเซียมผสมลงไปในดินแม่เมาะน่าจะช่วยให้ช่วยลดศักยภาพของดินบวมตัวได้ [3]



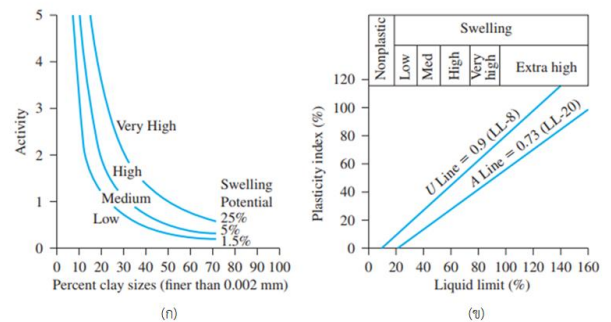
รูปที่ 2 โครงสร้างเชิงสัญลักษณ์ของโอลด์ไนต์ และ แร่มอนต์มอริลโลไนต์ [3]

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาสารละลายที่มีโพแทสเซียมไอออน ได้แก่ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl), โพแทสเซียมไนเตรต (KNO₃), และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ว่ามีผลต่อคุณสมบัติในการบวมตัวของดินบวมตัวในแม่เมาะอย่างไร

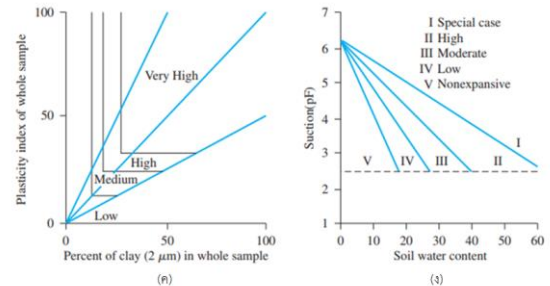
2. การบ่งชี้ดินบวมตัวและการทดสอบ

2.1 การจำแนกประเภทดินบวมตัว

ทำการจำแนกศักยภาพของดินบวมตัวโดยใช้คุณสมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ ค่าขีดจำกัดความชื้นเหลว, ดัชนีความเป็นพลาสติก, ค่า Activity และค่าปริมาณความชื้นในดิน [4] ดังแสดงตามรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของดินบวมตัวกับศักยภาพในการบวมตัว [5]



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของดินบวมตัวกับศักยภาพในการบวมตัว [5]

2.2 การทดสอบหาค่าคุณสมบัติในการบวมตัว

2.2.1 การทดสอบ Free swell index test

เป็นการทดสอบการบวมตัวของดินอย่างง่ายโดยปล่อยให้มีการบวมตัวอย่างอิสระโดยการทดสอบนำดินแห้ง 2 ตัวอย่างโดยตัวอย่างละ 10 กรัม ตัวอย่างแรกใส่กระบอกตวงแล้วใส่น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรและอีกตัวอย่างใส่กระบอกตวงแล้วใส่น้ำมันก๊าด 100 มิลลิลิตร แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมงและทำการวัดปริมาตรของทั้ง 2 ตัวอย่าง จากการทดสอบสามารถคำนวณหาค่าการบวมตัวอย่างอิสระ [6-7] ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{Free swell index (\%)} = \frac{V_d - V_k}{V_k} (100) \quad (1)$$

โดยที่ V_d = ปริมาตรของดินที่อ่านจากกระบอกตวงที่ใส่น้ำกลั่น
 V_k = ปริมาตรของดินที่อ่านจากกระบอกตวงที่ใส่น้ำมันก๊าด

2.2.2 การทดสอบการบวมตัวอิสระ (Unrestrained swell test)

เป็นการทดสอบโดยการนำดินใส่ใน Oedometer วางไว้ภายใต้ น้ำหนัก ที่กดทับ 6.9 KN/m² หรือ 1 lb/in² จากนั้นปล่อยให้เกิดการบวมตัว ซึ่ง อัตราส่วนของการบวมตัวอย่างอิสระคิดจาก ความสูงของตัวอย่างดินที่ เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับความสูงเดิมของตัวอย่างดิน เรียกว่า “ร้อยละของ การบวมตัวอย่างอิสระ” หรือ “Percent free swell” [8] แสดงตามสมการ ที่ 1

$$S_{w(free)} \% = \frac{\Delta H}{H} (100) \quad (2)$$

โดยที่ $S_{w(free)}$ = การบวมตัวอย่างอิสระ (%)

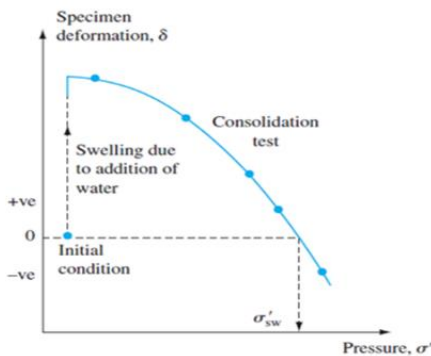
ΔH = ความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

H = ความสูงเริ่มต้นของตัวอย่างดิน

2.2.3 การทดสอบแรงดันจากการบวมตัว (Swelling pressure test)

การทดสอบหาแรงดันจากการบวมตัวแบ่งได้ 2 วิธี คือ

Conventional consolidation test เป็นการทดสอบที่ให้น้ำหนักอยู่ ภายใต้ น้ำหนักกดทับตามมาตรฐาน (6.9 KPa หรือ 1 lb/in²) จนเกิดการ บวมตัวสูงสุดหลังจากนั้นให้แรงดันเพิ่มจนดินยุบตัวลงเหลือปริมาตรเท่าเดิม จากการทดสอบจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันที่กดทับกับปริมาตรที่ เปลี่ยนแปลงไปดังรูปที่ 5 ซึ่งจากรูปที่ 5 แรงดันที่ทำให้ปริมาตรที่เพิ่มของ ดินเป็นศูนย์ คือ แรงดันในการบวมตัวของดิน



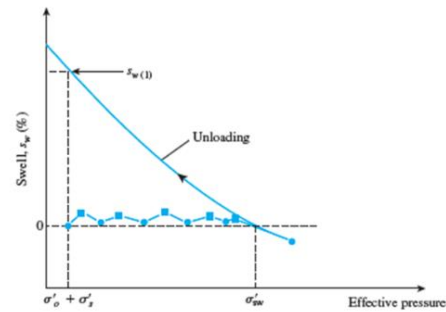
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวกับน้ำหนักกดทับ [8]

Constant volume test เป็นการทดสอบที่วัดแรงดันที่ใช้ในการกดทับ ของตัวอย่างดินให้มีปริมาตรเท่าเดิมอยู่ตลอดจนได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 6 จากรูปที่ 6 สามารถคำนวณหาแรงดันที่ต้านการบวมตัวได้ตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$\sigma'_{sw} = \sigma'_0 + \sigma'_s + \sigma'_1 \quad (3)$$

โดยที่ σ'_{sw} = แรงดันต้านการบวมตัวทั้งหมด

σ'_1 = แรงดันที่เพิ่มขึ้นจากการต้านการบวมตัว



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบวมตัวและแรงดันที่กดทับขณะทำการ ทดสอบหาแรงดันจากการบวมตัว [8]

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

- 1) จำแนกดินบวมตัวโดยใช้คุณสมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ ค่าขีดจำกัด ความชื้นเหลว, ดัชนีความเป็นพลาสติก ตามที่ U.S. Army Waterways Experiment Station [4] ตามรูปที่ 3ข
- 2) ทดสอบ Free swell index เพื่อหาความเข้มข้นที่สูงสุดของ สารละลายต่างๆ ที่ช่วยลดการบวมตัวได้มากที่สุด โดยความเข้มข้นต่างๆของ สารละลาย ได้แก่ 10%, 20%, 30%, 40% และ 50%
- 3) ทดสอบการบวมตัวและแรงดันในการบวมตัวของดินบวมตัวที่ผสม สารละลายต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นตามหัวข้อ 2.2.2 และ 2.2.3
- 4) ทดสอบ X-Ray Diffraction (XRD) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแร่ ธาตุภายในดินบวมตัวว่ามีแร่ชนิดใดบ้าง

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของดิน

จากการทดสอบคุณสมบัติของดินบวมตัวพบว่าคุณสมบัติพื้นฐานที่ใช้ใน การจำแนกศักยภาพในการบวมตัวแสดงตามตารางที่ 1

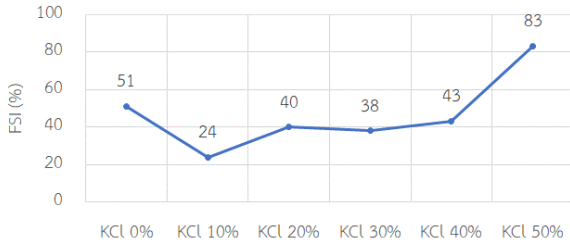
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินบวมตัวที่นำมาทดสอบ

Soil Properties	Test value
Specific gravity	2.51
Atterberg limits (%)	
Liquid limit	63
Plastic limits	27
Unified soil classification	CH
Swell properties	
Free swell index (%)	51%
Percent swell (%)	7% - 10%
Swell pressure (KN/m ²)	60 - 120

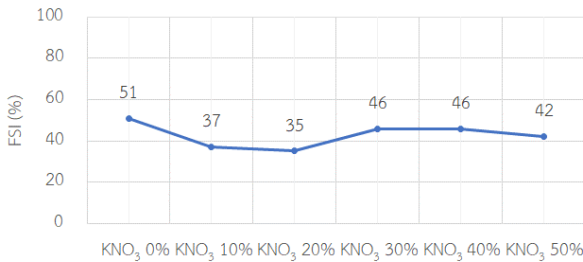
เมื่อนำคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่ใช้ทดสอบมาทำการจำแนกศักยภาพ ในการบวมตัวตามที่ U.S. Army Waterways Experiment Station [4] ตามรูปที่ 3ข พบว่าดินมีศักยภาพในการบวมตัวสูง

4.2 ผลการทดสอบ Free swell index test

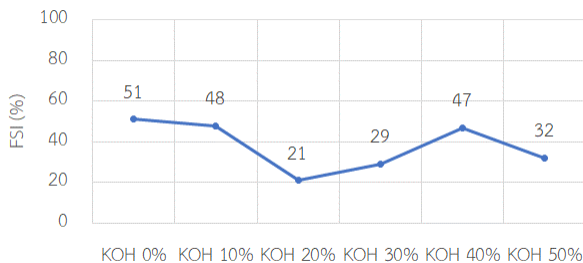
ผลการทดสอบ Free swell index ของดินบวมตัวที่ผสมสารละลายต่างๆ แสดงได้ตามรูปที่ 7, 8 และ 9



รูปที่ 7 ผลการทดสอบ Free swell index ของดินบวมตัวที่ผสมสารละลาย KCl



รูปที่ 8 ผลการทดสอบ Free swell index ของดินบวมตัวที่ผสมสารละลาย KNO₃



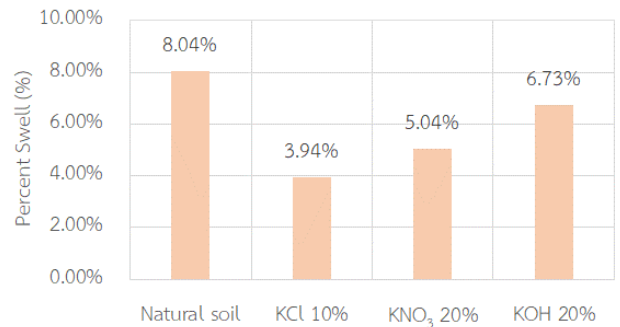
รูปที่ 9 ผลการทดสอบ Free swell index ของดินบวมตัวที่ผสมสารละลาย KOH

การหาความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสม จะเลือกจากความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดที่ช่วยลดค่าการบวมตัวอย่างอิสระ หรือ FSI (Free swell index) ได้มากที่สุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใส่น้ำกลั่น จากตารางที่ 2, 3 และ 4 พบว่า ความเข้มข้นของสารละลาย KCl 10% โดยน้ำหนัก ความเข้มข้นของสารละลาย KNO₃ 20% โดยน้ำหนัก และความเข้มข้นของสารละลาย KOH 20% โดยน้ำหนัก ให้ค่า FSI ที่ 24%, 35% และ 21% ตามลำดับ

4.3 ผลการทดสอบการบวมตัวของดินและแรงดันในการบวมตัวของดิน

4.3.1 ผลการทดสอบการบวมตัวของดิน (Percent free swell test)

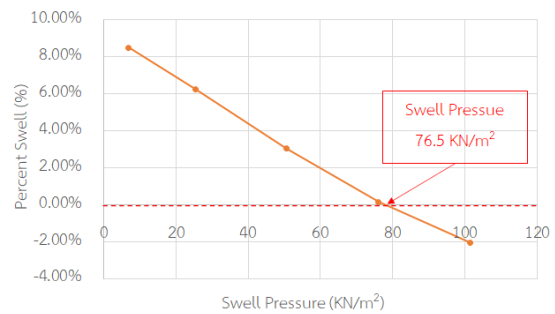
จากผลการทดสอบการบวมตัวของดินพบว่า การใช้สารละลายโพแทสเซียม (KCl, KNO₃, KOH) สามารถช่วยลดการบวมตัวของดินจาก 8.04% เหลือ 3.94%, 5.04% และ 6.73% ตามลำดับ ดังแสดงตามรูปที่ 10



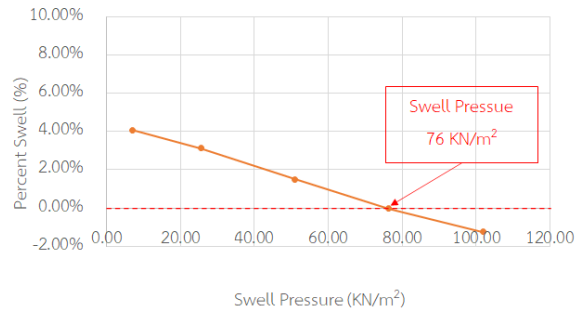
รูปที่ 10 ผลการทดสอบการบวมตัวของดินก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพ

4.3.2 ผลการทดสอบแรงดันในการบวมตัวของดิน

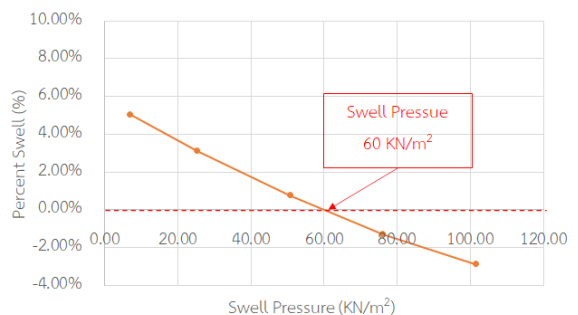
การทดสอบแรงดันในการบวมตัวใช้วิธี Conventional consolidation ในการทดสอบ โดยได้ผลการทดสอบแรงดันในการบวมตัวของดิน ดังแสดงตามรูปที่ 11, 12, 13 และ 14



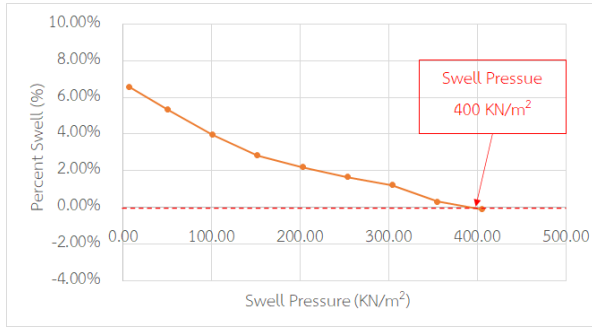
รูปที่ 11 ผลการทดสอบแรงดันในการบวมตัวของดินตามธรรมชาติ



รูปที่ 12 ผลการทดสอบแรงดันในการบวมตัวของดินหลังปรับปรุงด้วยสารละลาย KCl ความเข้มข้น 10%



รูปที่ 13 ผลการทดสอบแรงดันในการบวมตัวของดินหลังปรับปรุงด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 20%



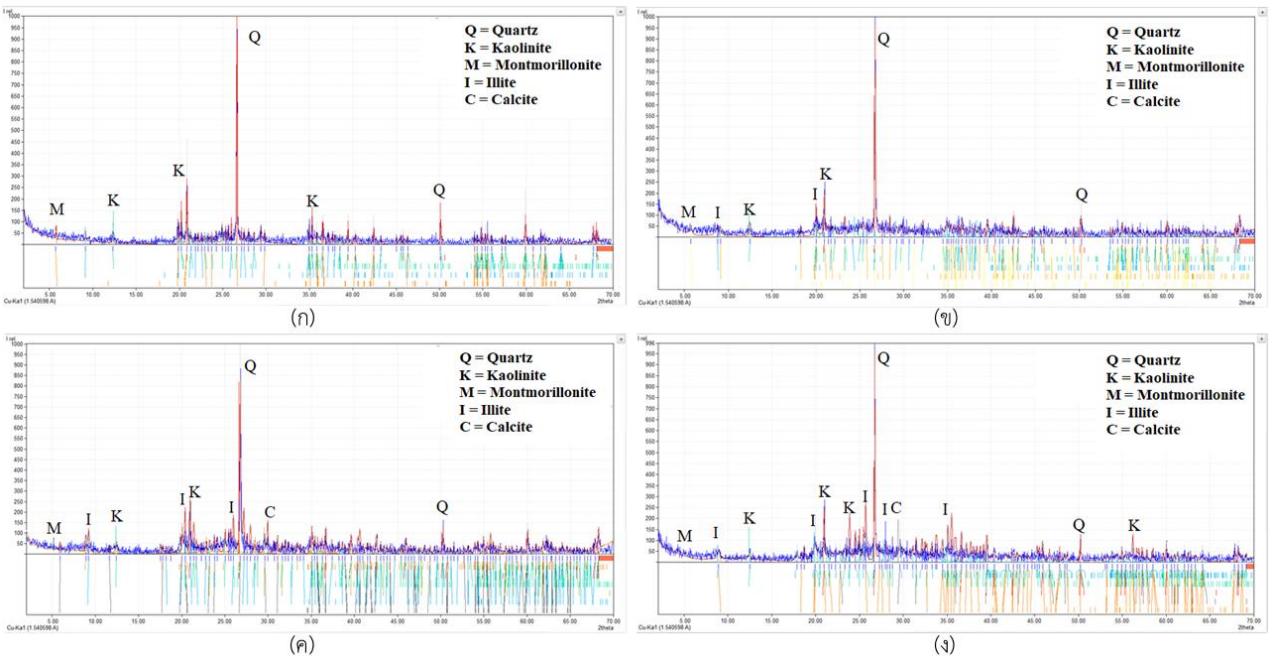
รูปที่ 14 ผลการทดสอบแรงดันในการบวมตัวของดินหลังปรับปรุงด้วยสารละลาย KOH ความเข้มข้น 20%

จากผลการทดสอบแรงดันในการบวมตัวของดินพบว่า ดินที่แก้ไขในสารละลาย KCl 10% แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับแรงดันของดินตามธรรมชาติ ส่วนดินที่แก้ไขในสารละลาย KNO₃ 20% พบว่าแรงดันในการบวมตัวลดลงจาก 76.5 KN/m² เป็น 60.5 KN/m² แต่ดินที่แก้ไขในสารละลาย KOH 20% พบว่าทำให้แรงดันของดินเพิ่มขึ้น 5 เท่าเมื่อเทียบกับแรงดันของดินในธรรมชาติ

4.4 ผลการทดสอบ X-Ray Diffraction (XRD)

การทดสอบ X-Ray Diffraction เป็นการทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ เมื่อรังสีกระทบวัตถุจะเกิดการหักเหของรังสี สะท้อนออกมาทำมุมกับระนาบของอนุภาคเพื่อใช้แยกโครงสร้างผลึกและจำแนกชนิดของแร่ ในการพิจารณาเลือกตัวอย่างเพื่อใช้ทดสอบ XRD ได้เลือกตัวอย่างจากผลการทดสอบ Free swell index test โดยเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายแต่ละชนิด ที่ส่งผลให้การบวมตัวของดินลดลงมากที่สุด ในการวิเคราะห์ได้ใช้โปรแกรม Match! 3 ในการวิเคราะห์โดยได้ผลการทดสอบดังแสดงตามรูปที่ 15

จากผลการทดสอบ X-Ray Diffraction ตามรูปที่ 15 และตารางที่ 2 พบว่าเมื่อนำดินตามธรรมชาติมาเปรียบเทียบกับดินที่ผสมสารละลาย จะมีปริมาณแร่ควอตซ์, เคโอลิไนต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ จะลดลงและมีแร่อิลไลต์และแคลไซต์เพิ่มขึ้น ดังแสดงตามรูปที่ 15ค และ 15ง ส่วนรูปที่ 15ข จะมีปริมาณแร่ควอตซ์และมอนต์มอริลโลไนต์ลดลง และมีแร่เคโอลิไนต์และอิลไลต์เพิ่มขึ้น



รูปที่ 15 ผลการทดสอบ X-Ray Diffraction ของ (ก) ดินตามธรรมชาติ, (ข) ดินที่ปรับปรุงด้วยสารละลาย KCl ความเข้มข้น 10%, (ค) ดินที่ปรับปรุงด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 20%, (ง) ดินที่ปรับปรุงด้วยสารละลาย KOH ความเข้มข้น 20%

ตารางที่ 2 องค์ประกอบแร่ธาตุที่ปรากฏในตัวอย่างดิน

Minerals	Sample			
	Natural soil	KCl 10%	KNO ₃ 20%	KOH 20%
Quartz	67.4	38.6	32.3	16.7
Kaolinite	28.5	28.9	21.9	25.7
Montmorillonite	4.1	3.7	3.6	1.0
Illite	0.0	28.8	35.9	50.3
Calcite	0.0	0.0	6.3	6.3
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

5. บทสรุป

จากการศึกษาสารละลายโพแทสเซียม 3 ชนิด (KCl, KNO₃, KOH) ต่อคุณสมบัติในการบวมตัวของดินเหนียวในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบว่า

1) ความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิด (KCl, KNO₃, KOH) ที่ช่วยลดค่าการบวมตัวอย่างอิสระ (Free swell index) ได้มากที่สุด คือ สารละลาย KCl ความเข้มข้น 10 %, สารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 20 %, สารละลาย KOH ความเข้มข้น 20 %

2) สารละลาย KCl สามารถช่วยลดการบวมสูงสุดถึง 50% เมื่อใช้สารละลายความเข้มข้น 10%

3) การเติมสารละลายโพแทสเซียม (KCl, KNO₃, KOH) ทำให้ปริมาณแร่ควอตซ์, เคโอลิไนต์และมอนต์มอริลโลไนต์ลดลง และมีการเพิ่มเข้ามาของแร่โอลิไต์และแคลไซต์ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบการบวมตัวของดิน พบว่า การลดลงของแร่มอนต์มอริลโลไนต์ทำให้การบวมตัวของดินลดลง

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อเติมสารละลายต่างๆ มีผลทำให้แร่มอนต์มอริลโลไนต์ลดลงเล็กน้อย แต่ที่น่าสนใจคือ แร่โอลิไต์ที่เพิ่มขึ้นพอๆกับการลดลงของควอตซ์ซึ่งน่าจะทำการศึกษาต่อไปเพื่อหาคำอธิบายปรากฏการณ์นี้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองโยธาฝ่ายการผลิตโรงไฟฟ้าแม่เมาะที่อนุเคราะห์ให้เก็บตัวอย่างดินมาทำการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Raid Al-Omari, Saad Ibrahim and Ishraq Al-Bayati (2010). Effect of Potassium Chloride on Cyclic Behavior of Expansive Clays, International Journal of Geotechnical Engineering, pp.231-239.
- [2] Shukla, R. P., Parihar, N. S., & Gupta, A. K. (2018). Stabilization of expansive soil using potassium chloride. *Civil Engineering Journal*, (1).
- [3] Das, B.M., (2018). Principles of Geotechnical Engineering, Cengage Learning, Boston, MA, USA, pp.30-33
- [4] Snethen, D. R., Johnson, L. D., and Patrick, D. M. (1977). An Evaluation of Expedient Methodology for Identification of Potentially Expansive Soils, Report No. FHWA-RD-77-94, U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- [5] S.N. and Al-Sulaimani, G. J. (1993). Determination of Swell Potential of Al-Qatif Clay, Geotechnical testing Journal,

American Society for Testing and Materials, Vol.16, No.4, pp. 469-484.

- [6] Holtz WG, Gibbs HJ (1956) Engineering properties of expansive clays. Trans ASCE 121, pp.641-663.
- [7] IS: 2720 (1977) Part 40, Indian standard methods of test for soils:determination of free swell index of soils. BIS, New Delhi.
- [8] Das, B.M., (2016). Principles of Foundation Engineering (8th edition), Cengage Learning, Boston, MA, USA, pp.570-573.