

การวิเคราะห์การยกตัวของถนนผิวคอนกรีตจากผลการทดสอบศักยภาพในการบวมตัวของดิน An Analysis of Concrete Pavement Heaving based on Swell Potential Tests

สุธินันท์ กันเงิน^{1,*} เศรษฐพงษ์ เศรษฐบุปผา²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางในการคาดการณ์การยกตัวของผิวทางที่อาจเกิดขึ้นจากการบวมตัวของชั้นดินที่อยู่ใต้ผิวทางนั้น โดยได้ใช้ถนนคอนกรีตสายหนึ่งในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ที่เกิดการแตกหักเสียหายอย่างหนักเป็นกรณีศึกษา กิจกรรมที่ได้ดำเนินการนั้นประกอบด้วย การเจาะสำรวจชั้นดินและเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกบาง การทดสอบปริมาณความชื้นของตัวอย่างดินที่เก็บมา การทดสอบการบวมตัวอย่างอิสระของดิน การทดสอบความดันจากการบวมตัวของดิน และนำผลการทดสอบที่ได้มาประมาณการยกตัวของผิวทางจากระดับเดิม จากผลการทดสอบและคำนวณทำให้สามารถสรุปได้ว่า ความเสียหายของผิวทางคอนกรีตนั้นเกิดขึ้นจากการบวมตัวของชั้นดินที่อยู่ข้างใต้ และพบว่าผลการประมาณการยกตัวที่ได้นั้น ใกล้เคียงกับการยกตัวของผิวถนนคอนกรีตที่วัดได้จริง ดังนั้นจึงถือได้ว่าแนวทางที่ได้ใช้ในการวิเคราะห์นี้สามารถนำไปประมาณการยกตัวของผิวถนนสายอื่นๆ ที่ถูกสร้างบนชั้นดินที่มีศักยภาพในการบวมตัว

คำสำคัญ: ดินบวมตัว, ถนนผิวคอนกรีต, การยกตัวของดินบวมตัว

Abstract

This article presents an approach for heave prediction of a pavement surface caused by the swelling of expansive soil layers underneath. This research project used a road with heavily damaged concrete pavement in Mae Moh District, Lampang Province as a case study. Activities performed in this research included were subsoil investigation and collecting soil samples by thin-wall tubes, laboratory testing for moisture content of those collected soil samples, free swell test, swell pressure test, and estimating the heave of the pavement surface using those testing results. The laboratory testing and the calculation reveal that the damages of the road was caused by the swelling of the underneath expansive soil and the heave prediction based on the laboratory testing results was close to the actual heave of the pavement. Therefore, the

approach employed in this analysis is capable of surface heave estimation of other pavements.

Keywords: expansive soil, Concrete Pavement, d Heaving of expansive soils.

1. บทนำ

จากพื้นผิวถนนบริเวณหน้าสถานีพยาบาลในพื้นที่ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (กฟผ. แม่เมาะ) เกิดความเสียหายที่ผิวถนนมีลักษณะเป็นรอยแตก จากการสำรวจบริเวณผิวถนนดังกล่าวพบว่ารอยแตกไม่ราบเรียบ มีความสูงต่ำไม่เท่ากัน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุกับยานพาหนะที่สัญจรบริเวณดังกล่าว

เมื่อนำตัวอย่างดินมาทำการทดสอบเบื้องต้นโดยการสำรวจวัดค่าระดับถนน เจาะสำรวจดินและนำตัวอย่างดินไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่าชั้นดินบริเวณใต้ถนน เป็นชั้นดินที่มีคุณสมบัติในการบวมตัวสูง (Expansive soils) ดินที่มีคุณสมบัติในการบวมตัวสูง (Expansive soils) คือ ดินเหนียวที่เกิดการบวมตัวเมื่อมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อสูญเสียปริมาณความชื้นดินจะเกิดการหดตัวสูง ในขณะที่ดินเกิดการบวมตัวก็เกิดแรงดันจากการที่ดินขยายตัว (Swell Pressure) ดินบวมตัวเป็นดินที่ไม่แยกออกได้ด้วยตาเปล่า จึงจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะต้องมีการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวบวมตัวก่อนเนื่องจากดินเหนียวบวมตัวมีคุณสมบัติทางกายภาพที่เด่นชัดคือมีค่าขีดจำกัดความเหลวสูง มีความเป็นพลาสติกสูง มีแร่ มอนมอริลโลไนท์เป็นองค์ประกอบหลัก มีค่า Activity สูง มีการบวมตัวเมื่อดินมีความชื้นสูงขึ้น และหดตัวลงเมื่อสูญเสียความชื้น

จากการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของดินในเขต อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง พบว่ามีลักษณะเป็นชั้นดินเหนียวและชั้นดินทรายสลับกัน โดยในชั้นดินเหนียวเป็นดินเหนียวที่มีค่าขีดจำกัดความเหลวสูง และเป็นดินที่มีดัชนีความเหนียวสูง เมื่อทำการจำแนกประเภทของดินเหนียวพบว่า ที่ระดับผิวดินถึงระดับ 3 เมตรจากผิวดินเป็นดินเหนียวที่มีศักยภาพในการบวมตัวบวมตัว จากการทดสอบหาแรงดันในการบวมตัวเป็นการทดสอบที่ต้องใช้ระยะเวลาและความชำนาญในการทดสอบ หากสามารถพัฒนาแบบจำลองในการบวมตัวหรือสร้างสมการคาดการณ์การบวมตัวจากคุณสมบัติพื้นฐาน

ของดิน ทำให้ประหยัดระยะเวลาในการทดสอบและสามารถนำไปประกอบการพิจารณาในการแก้ไขปัญหาจากดินบวมตัวได้

บทความนี้จึงทำการศึกษาเกี่ยวกับการคาดการณ์ การยกตัวของผิวทางที่อาจเกิดขึ้น จากการบวมตัวของชั้นดินที่อยู่ใต้ผิวทางนั้น โดยได้ใช้ถนนคอนกรีตสายหนึ่งในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ที่เกิดการแตกหักเสียหายอย่างหนักเป็นกรณีศึกษา กิจกรรมที่ได้ดำเนินการนั้นประกอบด้วย การเจาะสำรวจชั้นดินและเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกบาง การทดสอบปริมาณความชื้นของตัวอย่างดินที่เก็บมา การทดสอบการบวมตัวอย่างอิสระของดิน การทดสอบความดันจากการบวมตัวของดิน และนำผลการทดสอบที่ได้มาประมาณการยกตัวของผิวทางจากระดับเดิม

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ลักษณะภูมิทัศน์และข้อมูลชั้นดินบริเวณถนน

1. ลักษณะภูมิทัศน์ของถนน

ถนนเส้นนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่หน้าสถานีพยาบาลกลาง โรงไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ แม่เมาะ) มีลักษณะเส้นโค้งเป็นรูปตัวยู(U)มีความยาวประมาณ 500 เมตร จากการสำรวจและรังวัดค่าระดับของผิวถนนดังกล่าวในช่วงความยาวของถนนที่ 200 ถึง 300 เมตร พบว่าค่าระดับถนนสูงกว่าค่าระดับเดิมเดิม 0.20 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 ลักษณะภูมิทัศน์ของบริเวณถนนพบว่าด้านข้างของถนนทั้งสองข้างเป็นเนินสูงและข้างถนนมีการฝังท่อระบายน้ำดังแสดงในรูปที่ 2 หากท่อระบายน้ำดังกล่าวเกิดรั่วซึมทำให้ชั้นดินใต้ถนนได้รับปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นก็จะเกิดการบวมตัว



รูปที่ 1 แสดงภาพจากมุมมองสูงของถนนหน้าสถานีพยาบาล กฟผ. แม่เมาะ



รูปที่ 2 ภาพภูมิทัศน์ของถนนหน้าสถานีพยาบาล กฟผ. แม่เมาะ

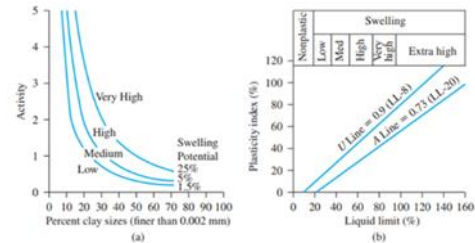
2. ข้อมูลชั้นดินบริเวณถนน

จากการสำรวจชั้นดินบริเวณถนนพบว่า ชั้นใต้ดินบริเวณถนนเป็นชั้นดินเหนียวสีน้ำตาลแดงอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 1.00 ถึง 3.00 เมตร ที่ระดับความลึก 3.00 ถึง 6.00 เมตรเป็นชั้นดินเหนียวสีน้ำตาลเหลืองและชั้นทรายที่ระดับความลึกช่วง 6.00 ถึง 10.00 เมตร

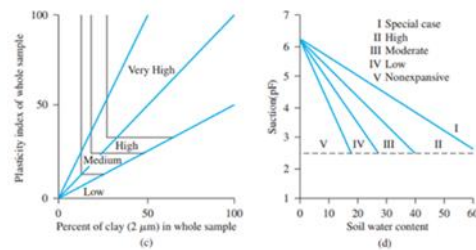
- งานวิจัยที่เกี่ยวกับดินบวมตัว

1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจำแนกประเภทของดินบวมตัว

U.S. Army Waterways Experiment Station (Snethen et al., 1977) [3] ได้ทำการจำแนกศักยภาพของดินบวมตัวโดยใช้คุณสมบัติเบื้องต้นของดินเช่น ค่า activity ของดิน ร้อยละของค่าดินเหนียว ค่าขีดจำกัดความเหลว ค่าดัชนีความเหนียว และค่าปริมาณความชื้นในดิน ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4



รูปที่3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของดินบวมตัวกับศักยภาพในการบวมตัว(Das B.M. ,2016) [1]



รูปที่4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของดินบวมตัวกับศักยภาพในการบวมตัว(ต่อ) (Das B.M. ,2016) [1]

O'Neill and Poormoayed (1980) [2] ได้ทำการจำแนกประเภทของดินบวมตัวโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพคือ ค่าขีดจำกัดความเหลว, ดัชนีการเป็นพลาสติก, อัตราส่วนของกรบวมตัว จำแนกประเภทของดินบวมตัวได้ 3 ชนิดได้แก่ ดินที่มีการบวมตัวต่ำ ดินที่มีการบวมตัวปานกลาง และดินที่มีการบวมตัวสูงดังตารางที่ 1 และจำแนกศักยภาพของดินบวมตัวโดยใช้ค่าร้อยละของการบวมตัว และ ชนิดของแร่ดินเหนียวในการจำแนกดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่1 การจำแนกประเภทดินเหนียวบวมตัว โดย O'Neill and Poormoayed (1980) [2] (Das B.M. ,2016)[1]

ขีดจำกัดความเหลว (%)	ดัชนีความเหนียว (%)	ร้อยละของการบวมตัว (%)	ประเภทของดินบวมตัว
< 50	< 25	< 0.5	ต่ำ
50 - 60	25 - 35	0.5 - 1.5	ปานกลาง
> 60	> 35	> 1.5	สูง

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทดินเหนียวบวมตัวโดยใช้ร้อยละของการบวมตัวโดย O'Neill and Poormoayed (1980) [2] (Das B.M., 2016) [1]

อัตราส่วนการบวมตัวอิสระ	แร่ดินเหนียว	ประเภทของดินเหนียว	ศักยภาพในการบวมตัว
1.0	Kaolinite	ไม่บวมตัว	ไม่มีศักยภาพในการบวมตัว
1.0 - 1.5	Kaolinite and montmorillonite	ไม่บวมตัว - บวมตัว	ต่ำ
1.5 - 2.0	Montmorillonite	บวมตัว	ปานกลาง
2.0 - 4.0	Montmorillonite	บวมตัว	สูง

2. การทดสอบหาแรงดันจากการบวมตัว

ในการศึกษาขนาดของความเป็นไปได้ในการบวมตัวสามารถทำการทดสอบโดย Oedometer tests อย่างง่ายในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปมีการทดสอบอยู่ 2 การทดสอบคือ การทดสอบการบวมตัวอย่างอิสระ (Unrestrained swell test) และ การทดสอบแรงดันจากการบวมตัว (Swelling pressure test) (Das B.M., 2016) [1]

2.1 การทดสอบการบวมตัวอย่างอิสระ (Unrestrained swell test) การทดสอบนี้จะนำตัวอย่างดินใส่ใน Oedometer ภายใต้น้ำหนักกดทับ 6.9 กิโลนิมิตันต่อตารางเมตร จากนั้นทำการเพิ่มปริมาณน้ำ แล้วทำการวัดปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง (ความสูง) โดยอัตราส่วนของการบวมตัวอย่างอิสระหาได้จากสมการที่ 1

$$S_{w(free)} \% = \frac{\Delta H}{H} (100) \quad (1)$$

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

ΔH = ความสูงของตัวอย่างดินที่เพิ่มขึ้นเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

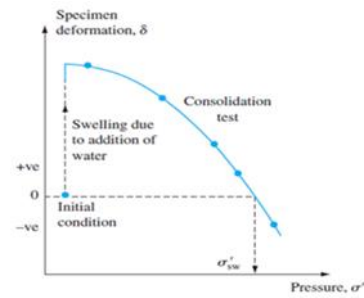
H = ความสูงเริ่มต้นของตัวอย่างดิน

2.2 การทดสอบแรงดันจากการบวมตัว (Swelling Pressure Test)

การทดสอบแรงดันจากการบวมตัวสามารถหาได้จากการทดสอบที่แตกต่างกัน 2 การทดสอบคือ

- Conventional consolidation test

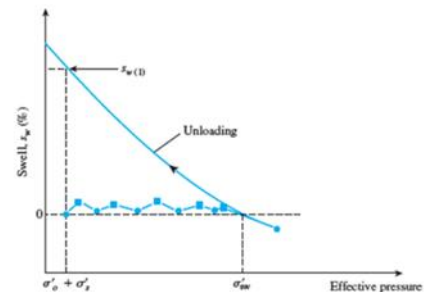
วิธีนี้เป็นวิธีที่ยอมให้ดินเกิดการบวมตัวภายใต้น้ำหนักกดทับค่าหนึ่ง ซึ่งตามมาตรฐานคือ 1 ปอนด์ตารางนิ้ว (6.9 kPa) จากนั้นให้แรงดันจนดินยุบลงเหลือเท่าเดิม อีกนัยหนึ่งคือการปล่อยให้ให้น้ำซึมเข้าไปตามเวลาที่กำหนดแล้วค่อยให้แรงดันจนปริมาตรเหลือเท่าเดิม เมื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันที่กดทับกับปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 5 จากรูปที่ 5 แรงดันที่ทำให้ปริมาตรที่เพิ่มของดินเท่ากับศูนย์คือแรงดันในการบวมตัว



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวกับน้ำหนักกดทับ (Das B.M., 2016)

- Constant volume test

เป็นการทดสอบที่พยายามวัดแรงดันที่ต้องใช้บังคับให้ดินมีปริมาตรเท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา อยู่ในลักษณะที่ปล่อยให้ให้น้ำซึมเข้าไปในดินอย่างจำกัด การทดสอบนี้จะนำตัวอย่างดินใส่ใน Oedometer จากนั้นใส่แรงดันกดทับให้เท่ากับแรงดันประสิทธิผลที่ดินได้รับ (σ'_0) บวกกับน้ำหนักของสิ่งก่อสร้างที่กดทับ (σ'_s) จากนั้นใส่น้ำในตัวอย่างดินทำให้ดินเกิดการบวมตัว จากนั้นเริ่มใส่แรงดันเพื่อต้านการบวมตัว จากการทดสอบสามารถหาแรงดันที่ต้านการบวมตัวจากสมการที่ 2 เมื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันที่กดทับกับอัตราส่วนปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอัตราการบวมตัวและแรงดันที่กดทับขณะทำการทดสอบหาแรงดันจากการบวมตัว (Das B.M., 2016)

3. การประมาณการบวมตัว

จากการทดสอบ constant volume สามารถหาพื้นที่ผิวในการยกตัว (O'Neill and Poormoayed, 1980) [2] จากสมการที่ 3

$$\Delta S = \sum_{i=1}^n [S_{w(1)}(\%)] (H_i) (0.01) \quad (3)$$

โดยที่ $S_{w(1)}(\%)$ = เปอร์เซ็นต์การบวมตัวของชั้น i ภายใต้น้ำหนักกดทับ $\sigma'_0 + \sigma'_s$ ดังรูปที่ 6

H_i = ความหนาของดินชั้น i

จากการทดสอบ constant volume สามารถหาพื้นที่ผิวในการยกตัว Nelson and Miller, 1992 [4] ในสมการที่ 4

$$\rho = \sum_{i=1}^n \left[\frac{c_p z_i}{(1+e_0)_i} \log \left(\frac{\sigma'_i}{\sigma'_i} \right) \right] \quad (4)$$

โดยที่ ρ = การยกตัวอิสระของดิน

c_p = ดัชนีการยกตัวของดินตามสมการที่ 5

σ'_f = ความเค้นประสิทธิผลที่ระยะสุดท้าย

σ'_s = แรงดันในการบวมตัวที่ได้จากการทดสอบ constant volume test

e_0 = initial void ratio
 Z_i = ความหนาของชั้นดิน

$$C_p = \frac{\Delta e_s}{\log\left(\frac{\sigma'_s}{\sigma'_i}\right)} \quad (5)$$

โดยที่ Δe_s = void ratio ที่เพิ่มขึ้นขณะที่ดินกล้างบวมตัว

σ'_s = แรงดันในการบวมตัวที่ได้จากการทดสอบ constant volume test

σ'_i = Overburden pressure

3. ระเบียบวิธีวิจัย Methodology

การวิเคราะห์การยกตัวของถนนผิวคอนกรีตจากผลการทดสอบศักยภาพในการบวมตัวของดิน : กรณีศึกษาถนนคอนกรีตสายหนึ่งในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

3.1 ขอบเขตงานวิจัย

3.1.1 วัสดุดินที่ทำการทดสอบหลักมีแหล่งที่มาจากพื้นที่รับผิดชอบของกองโยธาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.แม่เมาะ)

3.1.2 การทดสอบหาแรงดันและปริมาตรจากการบวมตัวเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 4546-96 (Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นถนนบริเวณหน้าสถานีพยาบาลกองการแพทย์และอนามัย โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ถนนมีระยะทาง ประมาณ 500 เมตร ซึ่งลักษณะของถนนแสดงในภาพถ่ายดาวเทียมดังรูปที่ 1

3.2.2 ทดสอบหาคคุณสมบัติของดินบวมตัว

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบหาคคุณสมบัติของดินบวมตัวของดินบริเวณถนนคอนกรีตสายหนึ่งในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY								Summary of Field and Laboratory Tests						
								Client: -		Job No: -				
								Project: -		Borehole No: AH14				
								Location: ถนนหน้าสถานีพยาบาล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ จ. ลำปาง		Page No: 1 of 1				
No.	Sample		As Received Conditions			Laboratory Tests								
	TYPE	DEPTH (m.)	WATER CONTENT (%)	BULK DENSITY (ton/m ³)	DRY DENSITY (ton/m ³)	ATTENBERG LIMITS			Gs	Free Swell (%)	Potential Swell Class	Swell Pressure (kN/m ²)		
						LL	PL	PI						
1	US1	0.50 - 0.90	21.58	1.87	1.54	65.76	25.51	40.26	2.68	2.39	High	116		
2	US2	0.90 - 1.20	28.70	1.87	1.45	62.63	36.12	26.51	2.67	5.80	Very High	86		
4	US3	1.20 - 1.80	27.47	1.87	1.47									
5	US4	1.80 - 2.30	9.96	1.90	1.73	23.17	14.38	8.79	2.59	0.01	Negligible	-		
6	US5	2.30 - 2.70	10.49	1.87	1.69									
7	US6	2.70 - 3.00	14.09	1.87	1.64	22.29	14.38	7.91	2.68	6.89	Very High	38		

จำแนกดินบวมตัวตามที่ O'Neill and Poormoayed (1980) ได้ทำการจำแนกประเภทของดินบวมตัวโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพคือ ค่าขีดจำกัดความเหลว, ดัชนีการเป็นพลาสติก, อัตราส่วนของการบวมตัว ดังตารางที่ 1

3.2.3 ทดสอบความดันจากการบวมตัวของดิน และนำผลการทดสอบที่ได้มาประมาณการยกตัวของผิวทางจากระดับเดิม

3.2.4 ประมาณการยกตัวของผิวทางจากระดับเดิม โดยทำการแบ่งชั้นดินเป็นชั้นๆ ที่มีความหนาของชั้นดินใกล้เคียงกับ ตัวอย่างดินที่ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สมการการประมาณการบวมตัวของ O'Neill and Poormoayed, 1980 [2] และ Nelson and Miller, 1992 [4]

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบหาคคุณสมบัติของดินบวมตัว

การทดสอบหาคคุณสมบัติของตัวอย่างดินเพื่อประเมินคุณสมบัติของดินบวมตัว โดยจะทำการทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลดินการทดสอบเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของดินการทดสอบเพื่อประเมินขนาดและปริมาณดินในมวลดินคละการทดสอบเพื่อประเมินค่าพิกัดสถานะความคงตัวของมวลดิน การทดสอบหาร้อยละของการบวมตัวอย่างอิสระเพื่อจำแนกประเภทของดินบวมตัวได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งมีชั้นดินที่มีศักยภาพในการบวมตัวอยู่ 3 ระดับความลึกคือ ที่ระดับความลึก 0.50 ถึง 0.90 เมตร เป็นดินที่มีศักยภาพในการบวมตัวสูง ระดับ 0.90 ถึง 1.80 เมตร และที่ระดับ 2.30 ถึง 3.00 เมตร ทั้งสองระดับความลึกเป็นดินที่มีศักยภาพในการบวมตัวสูงมาก จากการจำแนกประเภทของดินบวมตัวดังแสดงในตารางที่ 2 ได้ผลการทดสอบดังที่แสดงในตารางที่ 4

4.2 ทดสอบความดันจากการบวมตัวของดิน

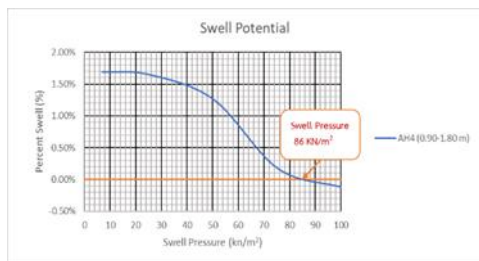
จากการทดสอบหาคคุณสมบัติของดินพบว่า มีชั้นดินที่มีคุณสมบัติในการบวมตัวอยู่ 3 ระดับความลึก ไปทำการทดสอบหาแรงดันในการบวมตัว เพื่อทดสอบหาค่าศักยภาพในการบวมตัวของดินแต่ละชั้นโดยมีผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 7, 8, และ 9

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบหาคุณสมบัติของดินบวมตัวของดินบริเวณถนนคอนกรีตสายหนึ่งในพื้นที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

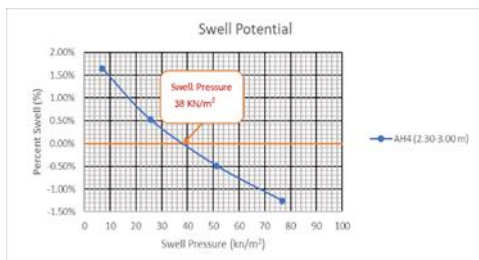
No.	Sample						
	TYPE	DEPTH			Free Swell (%)	Clay mineral	Swell Potential
		(m.)					
1	US1	0.50	-	0.90	2.39	Montmorillonite	High
2	US2	0.90	-	1.20	5.80	Montmorillonite	High
4	US3	1.20	-	1.80			
5	US4	1.80	-	2.30	0.01	Quartz	Non
6	US5	2.30	-	2.70	6.89	Montmorillonite	High
7	US6	2.70	-	3.00			



รูปที่ 7 ผลการทดสอบ Swell Potential ของดินที่ระดับความลึก 0.50 ถึง 0.90 เมตร



รูปที่ 8 ผลการทดสอบ Swell Potential ของดินที่ระดับความลึก 0.90 ถึง 1.80 เมตร



รูปที่ 9 ผลการทดสอบ Swell Potential ของดินที่ระดับความลึก 2.30-3.00 เมตร

4.3 การประมาณการยกตัวของผิวทางจากระดับเดิม

จากการประมาณการยกตัวของผิวถนนตามสมการของของ O'Neill and Poormoayed, 1980 [2] ผลการประมาณการบวมตัวของชั้นดินใต้ถนนภายใต้น้ำหนักที่กดทับชั้นดินที่ระดับความลึก 0.50 ถึง 0.90 เมตรได้ 0.0087 เมตร ที่ระดับความลึก 0.90 ถึง 1.80 เมตร

ได้ 0.014 เมตรแต่ดินที่ระดับความลึก 2.30 ถึง 3.00 เมตรดินมีศักยภาพในการบวมตัวเนื่องจากดินมีน้ำหนักรกดทับมากขึ้นดังนั้นผลรวมของการประมาณการยกตัวของผิวดินตามสมการของ O'Neill and Poormoayed, 1980 [2] ได้ 0.0228 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลการประมาณการยกตัวของผิวดินตามสมการของ O'Neill and Poormoayed, 1980 [2]

ความลึก (m)		Δs เซนติเมตร
From	to	
0.50	0.90	0.87
0.90	1.80	1.40
2.30	3.00	-
Sum		2.28

จากการประมาณการยกตัวของผิวถนนตามสมการของของ Nelson and Miller, 1992 [4] ผลการประมาณการบวมตัวของชั้นดินใต้ถนนภายใต้น้ำหนักที่กดทับชั้นดินที่ระดับความลึก 0.50 ถึง 0.90 เมตรได้ 5.29 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 0.90 ถึง 1.80 เมตรได้ 16.44 เซนติเมตร และดินที่ระดับความลึก 2.30 ถึง 3.00 เมตรได้ 12.63 เซนติเมตร ผลรวมของการประมาณการยกตัวของผิวดินตามสมการของ Nelson and Miller, 1992 [4] ได้ 34.36 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางแสดงผลการประมาณการยกตัวของผิวดินตามสมการของ Nelson and Miller, 1992 [4]

ความลึก (m)		ρ เซนติเมตร
From	to	
0.50	0.90	5.29
0.90	1.80	16.44
2.30	3.00	12.63
Sum		34.36

5. สรุปผล

จากการศึกษาคุณสมบัติของดินในเขต อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง พบว่ามีลักษณะเป็นชั้นดินเหนียวและชั้นดินทรายสลับกัน โดยในชั้นดินเหนียวเป็นดินเหนียวที่มีค่าขีดจำกัดความเหลวสูง และเป็นดินที่มีดัชนีความเหนียวสูง มีชั้นดินที่มีศักยภาพในการบวมตัวอยู่ 3 ระดับความลึกคือ ที่ระดับความลึก 0.50 ถึง 0.90 เมตร เป็นดินที่มีศักยภาพในการบวมตัวสูง ทุ่ระดับ 0.90 ถึง 1.80 เมตร และที่ระดับ 2.30 ถึง 3.00 เมตร

การทดสอบความดันจากการบวมตัวของดิน และนำผลการทดสอบที่ได้มาประมาณการยกตัวของผิวทางจากระดับเดิม จากผลการทดสอบและคำนวณทำให้สามารถสรุปได้ว่า จากการประมาณการยกตัวของผิวถนนตามสมการของของ O'Neill and Poormoayed, 1980 [2]

ระดับของผิวดินที่ยกตัวตามสมการของ O'Neill and Poormoayed, 1980 [2] ได้ 0.0228 เมตร และระดับของผิวดินที่ยกตัวตามสมการของ Nelson and Miller, 1992 [4] ได้ 0.34 เมตร ซึ่งจากค่าระดับของผิวดินพบว่าค่าระดับถนนสูงกว่าค่าระดับเดิมเดิม 20 cm ดังนั้นการประมาณการยกตัวตามสมการของ Nelson and Miller, 1992 [4] ใกล้เคียงกับการยกตัวของผิวดินคอนกรีตที่วัดได้จริง

จากการทดสอบหาแรงดันในการบวมตัวเป็นการทดสอบที่ต้องใช้ระยะเวลาและความชำนาญในการทดสอบ หากสามารถพัฒนาแบบจำลองในการบวมตัวหรือสร้างสมการคาดการณ์การบวมตัวจากคุณสมบัติพื้นฐานของดิน ทำให้ประหยัดระยะเวลาในการทดสอบและสามารถนำไปประกอบการพิจารณาในการแก้ไขปัญหาจากดินบวมตัวได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองโยธา กฟผ. แม่เมาะที่อนุเคราะห์ให้เก็บตัวอย่างดินมาทำการศึกษา

อ้างอิง

- [1] Das, B.M., (2016). Principles of Foundation Engineering (8th edition), Cengage Learning, Boston, MA, USA
- [2] O'Neill, M. W. and Poormoayed, N. (1980). "Methodology for Foundations on Expansive Clays," Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 106, No. GT12, pp. 1345-1367.
- [3] 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.
- [4] Nelson, J.D. and Miller, D.J., (1992), Expansive Soils. Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering, John Wiley and Sons, New York.