

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อกำลังรับแรงอัดแกนเดียว ของดินลมหอบในสภาวะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

อนุชิต อุชายภิชาติ¹

มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมเชิงวิศวกรรมของดินลมหอบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะผลกระทบของความชื้นและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อกำลังของดินลมหอบ ซึ่งโครงสร้างของดินประเภทนี้จะจับตัวกันแข็งแรงเมื่ออยู่ในสภาวะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ และจะมีการสูญเสียกำลังเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการทรุดตัว การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test) กับตัวอย่างดินลมหอบขนแค้นบดอัดที่มีความชื้นและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่แตกต่างกัน จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มขึ้นของความชื้นของตัวอย่างดินเป็นสาเหตุของการสูญเสียกำลังรับแรงอัดแกนเดียว ผลกระทบนี้มีมากในช่วงความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 5 และสอดคล้องกับการลดลงของค่าแรงดึงจุดชนิดเมตริกเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นในช่วงนี้ ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างดินบดอัดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวกับปริมาณความชื้น

¹ อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

E-mail: anuchit_u@hotmail.com

Effect of Water Content on Unconfined Compressive Strength of Compacted Loess under Unsaturated Conditions

Anuchit Uchaipichat ¹

Vongchavalitkul University, Muang, Nakhonratchasima 30000

Abstract

This research is aimed at studying the engineering behavior of loess in Northeastern region of Thailand, particularly on the effect of water content and wetting-drying process on the strength of this soil. The concern for this soil is that the bond between the soil particles is relatively strong under unsaturated state but becomes very weak under saturated state. This research was studied by conducting a series of unconfined compression tests on the compacted Khon Kaen loess with different water contents within the samples and different wetting-drying paths. The results from the experiments showed the strength of loess decreased with increasing water content. This effect is very significant at water content below 5 %. The results also showed that there is no effect of wetting-drying paths on the change in unconfined compressive strength with water content.

¹ Lecturer, Department of Civil Engineering.

E-mail: anuchit_u@hotmail.com

1. บทนำ

ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การก่อสร้างอาคารนิยมใช้ฐานรากแผ่ เนื่องจากชั้นดินแข็งสามารถพบได้ในระดับที่ตื้น ชั้นดินในระดับนี้ส่วนใหญ่จะเป็นชั้นดินลมหอบ ซึ่งเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นดินชนิดนี้จะมีการสูญเสียกำลัง และทำให้เกิดการทรุดตัวทันทีภายใต้น้ำหนักกดทับได้ สาเหตุมักเกิดขึ้นจากการสูญเสียพันธะระหว่างเม็ดดินเมื่อความชื้นของดินเพิ่มสูงขึ้น ดินลมหอบในประเทศไทยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ดินลมหอบแดงและดินลมหอบเหลือง ดินสองประเภทนี้มีแร่ประกอบดินคล้ายคลึงกัน ต่างกันแค่สถานะของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีสีที่แตกต่างกัน [1]

การศึกษาพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและกำลังของดินประเภทนี้เมื่อความชื้นของดินเพิ่มสูงขึ้นมักกระทำกับดินลมหอบขอนแก่น [1-3] และพบว่าการสูญเสียกำลังและการทรุดตัวทันทีที่ทันใดเกิดขึ้นจากความชื้นเพิ่มขึ้น [1, 2] ซึ่งกำลังของดินลมหอบนั้นจะขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของน้ำระหว่างเม็ดดิน (suction) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น [3] นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการการออกแบบเสาเข็มและการปรับปรุงดินชนิดนี้ขึ้นอีกด้วย [4, 5]

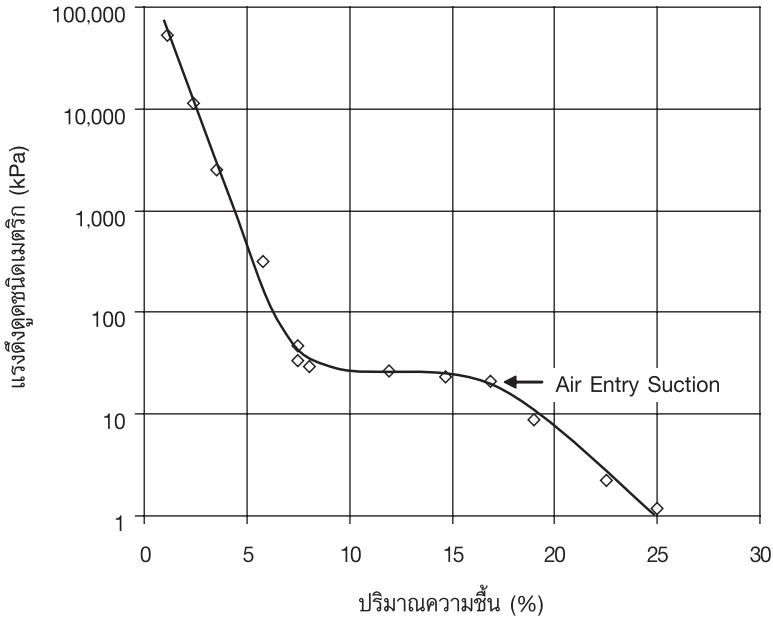
อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่ผ่านมายังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ในทางปฏิบัติ และยังคงเหลือผลกระทบของวงจรของการเปียกและแห้งของดิน (Wetting-Drying cycle) อีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของความชื้นและผลกระทบของรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังของดินชนิดนี้

2. วัสดุที่ใช้ทดสอบ

การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบตัวอย่างดินลมหอบบดอัดตัวอย่างดินถูกนำขึ้นมาจากความลึกประมาณ 2 เมตร ในบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น คุณสมบัติทั่วไปของดินประเภทนี้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น (water content) กับแรงดึงดูดชนิดเมตริก (matric suction) ที่ได้จากวิธีการวัดค่าโดยใช้กระดาษกรอง แสดงไว้ในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินลมหอบขอนแก่น

คุณสมบัติ	ค่าที่วัดได้
พิกัดเหลว	14.3
พิกัดพลาสติก	n/a
ความถ่วงจำเพาะ	2.68
ค่า Air entry suction (kPa)	25
หน่วยน้ำหนักแห้งธรรมชาติ (kN/m ³)*[3]	15.3
ปริมาณความชื้นธรรมชาติช่วงฤดูฝน (%) * [3]	8-12



รูปที่ 1 ความความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับแรงดึงดูดซึมนิตเมตริก

3. วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test) กับตัวอย่างดินบดอัดที่มีความชื้นระหว่างร้อยละ 3.29 ถึง 8.34 ตัวอย่างดินทุกตัวอย่างถูกเตรียมโดยการบดอัดแบบสถิตให้มีความหนาแน่นแห้งประมาณ 15.3 kN/m³ ที่ความชื้นประมาณร้อยละ 10 ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นในธรรมชาติ

ก่อนที่จะบดอัดดิน ตัวอย่างดินจะถูกผึ่งลมให้แห้งภายใต้อุณหภูมิห้องทดลอง และทุบให้ละเอียดด้วยค้อนยาง ต่อมาค่อยๆ เติมน้ำลงไปให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 10 และบ่มไว้ในถุงพลาสติกเป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นทำการบดอัดในกระบอกขนาด 38 มม. โดยแบ่งดินเพื่อบดอัดสามชั้น การบดอัดทำโดยการกดดินลงในกระบอกด้วย

อัตราความเร็ว 1 มม./นาที ตัวอย่างบดอัดจะมีค่าความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.0

ในการศึกษานี้ได้กำหนดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างดินบดอัดไว้ในตารางที่ 2 การทำให้ตัวอย่างดินเปียก (wetting) สามารถทำได้โดยการหยดน้ำจำนวนต่างๆ กันลงบนตัวอย่างดิน ส่วนการทำให้ตัวอย่างดินแห้ง (drying) สามารถทำได้โดยการผึ่งตัวอย่างดินไว้ในห้องทดสอบเพื่อให้ น้ำระเหยออกจากตัวอย่างดินเป็นระยะเวลาต่างๆ กัน ต่อมาตัวอย่างดินบดอัดจะถูกเก็บไว้ในถุงพลาสติกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นกระจายตัวเท่ากันทั่วทั้งตัวอย่างดิน หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างดินออกจากกระบอกเพื่อนำไปทดสอบหากำลังรับแรงอัดแกนเดียวต่อไป ค่าหน่วยน้ำหนักแห้งและความชื้นหลังการบดอัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

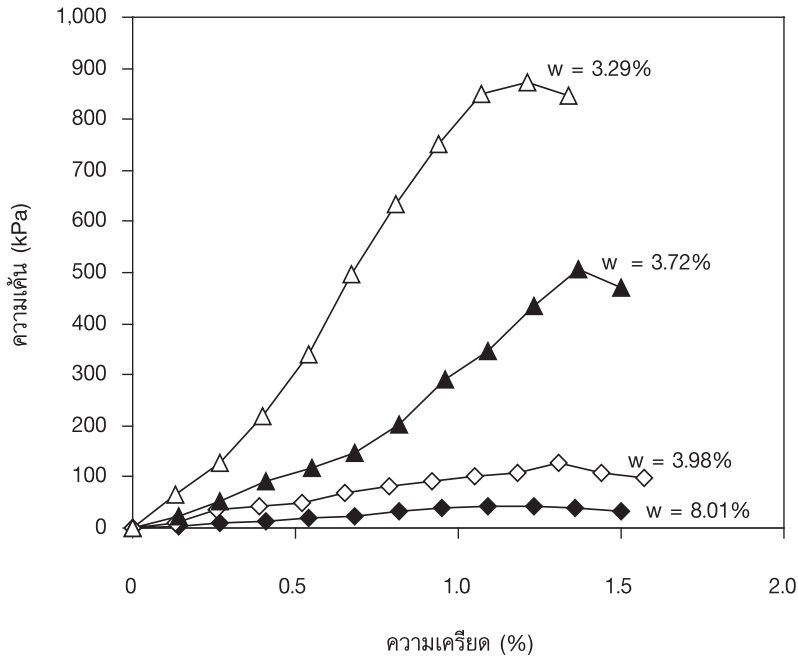
ตารางที่ 2 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างดินบดอัด

การทดลองชุดที่	รูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างดินบดอัด
1	ตัวอย่างดินบดอัดถูกทำให้แห้งจนมีค่าความชื้นต่างๆ กัน
2	ตัวอย่างดินบดอัดถูกทำให้เปียกชื้นจนอิ่มตัวด้วยน้ำ และผึ่งให้แห้งจนมีค่าความชื้นต่างๆ กัน
3	ตัวอย่างดินบดอัดถูกผึ่งให้แห้ง 7 วัน และต่อมาทำให้ตัวอย่างดินเปียกจนมีค่าความชื้นต่างๆ กัน
4	ตัวอย่างดินบดอัดถูกผึ่งให้แห้ง 5 วัน และต่อมาทำให้ตัวอย่างดินเปียกจนมีค่าความชื้นต่างๆ กัน
5	ตัวอย่างดินบดอัดถูกผึ่งให้แห้ง 3 วัน และต่อมาทำให้ตัวอย่างดินเปียกจนมีค่าความชื้นต่างๆ กัน

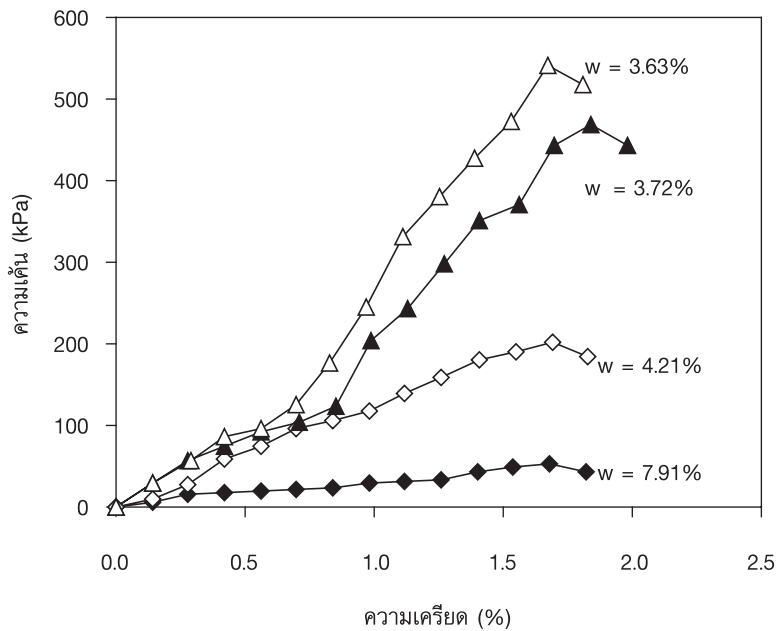
4. ผลการทดลอง

รูปที่ 2 ถึง 6 แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นต่อความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในแนวแกนสำหรับการทดสอบแรงอัดแกนเดียวกับตัวอย่างดินที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่างๆ กัน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าดินมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และค่าความเค้นแนวแกนสูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นของดินลดลง ตารางที่ 3 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength) ซึ่งคือค่าความเค้นในแนวแกนสูงสุดและความชื้นหลังการทดสอบ ซึ่งสามารถ

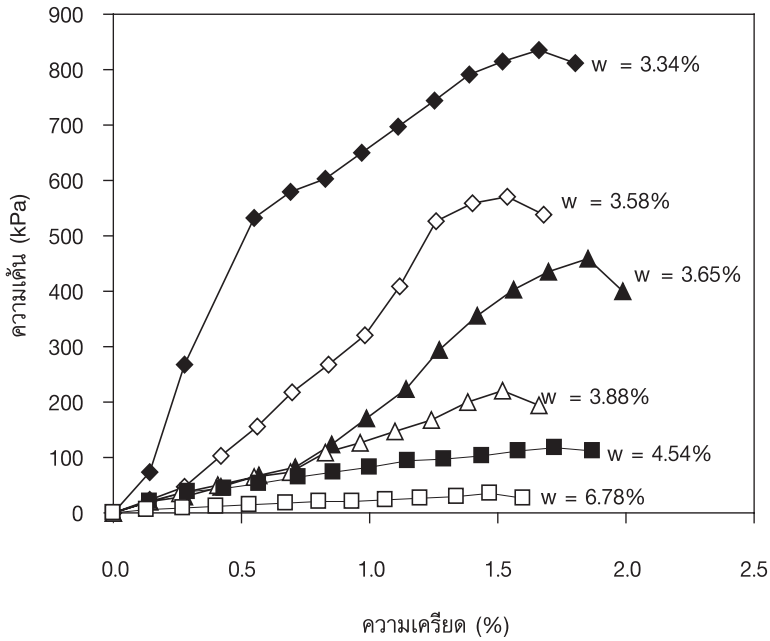
นำค่าทั้งสองไปพล็อตเป็นความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 7 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างดินบดอัดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวกับปริมาณความชื้น ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าแรงอัดแกนเดียวกับปริมาณความชื้นจะมากในช่วงความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 5 ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวกับปริมาณความชื้นไม่นับสำคัญในช่วงความชื้นมากกว่าร้อยละ 5



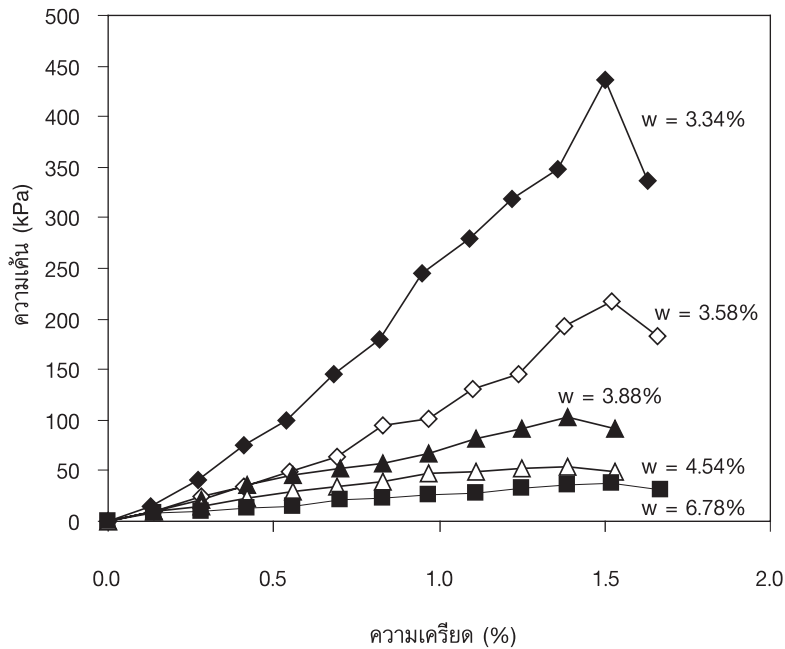
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับการทดสอบชุดที่ 1



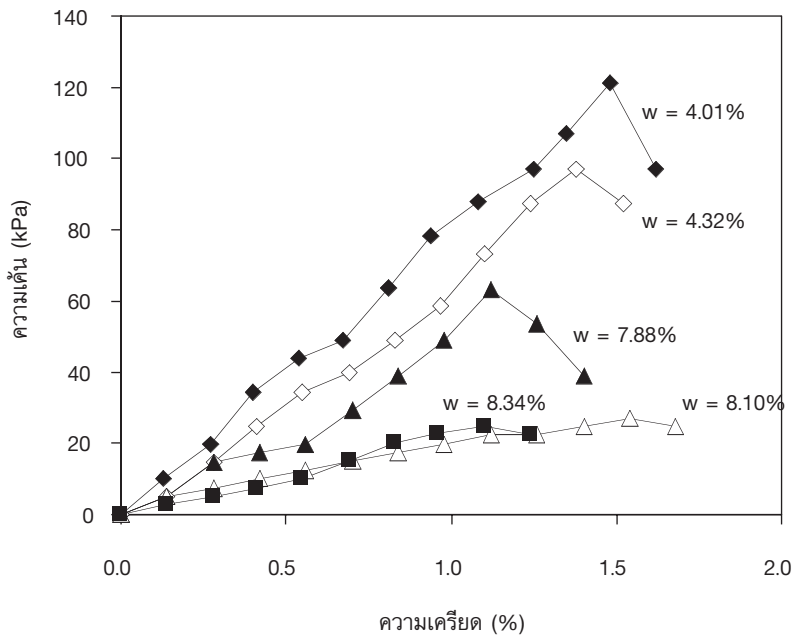
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับการทดสอบชุดที่ 2



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับการทดสอบชุดที่ 3



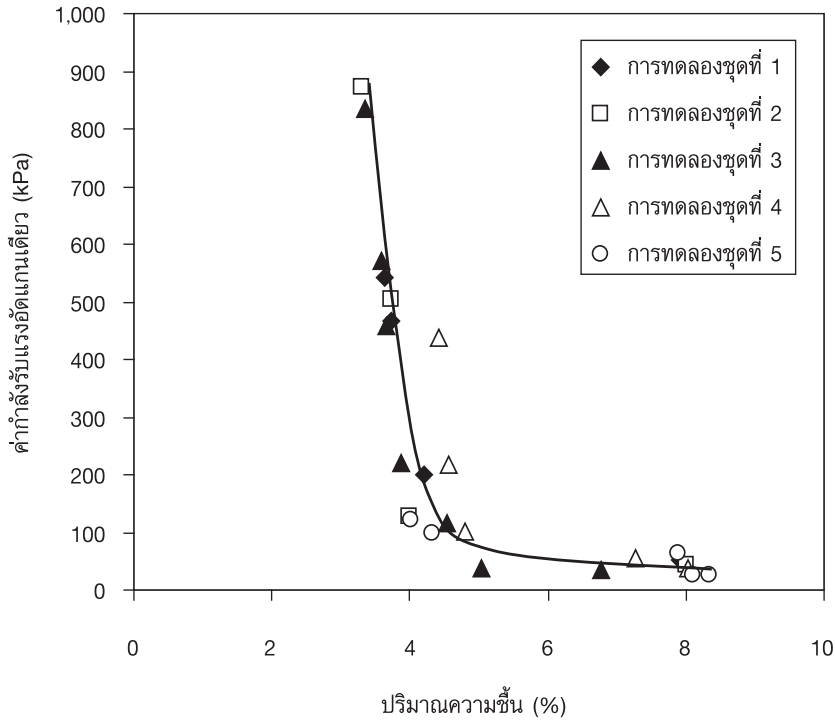
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับการทดสอบชุดที่ 4



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับการทดสอบชุดที่ 5

ตารางที่ 3 ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวของตัวอย่างดินบดอัดที่ความชื้นต่างๆ

การทดลองชุดที่	ตัวอย่างที่	หน่วยน้ำหนักแห้งหลังการบดอัด (kN/m ³)	ความชื้นหลังการบดอัด (%)	ความชื้นหลังการกดตัวอย่างดิน (%)	ค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว (kPa)
1	1	15.1	9.82	8.01	43
	2	15.4	9.71	3.98	126
	3	15.2	10.25	3.72	506
	4	15.6	10.13	3.29	872
2	1	14.9	10.08	7.91	53
	2	15.0	10.54	4.21	201
	3	15.2	9.71	3.72	468
	4	15.1	10.10	3.63	542
3	1	15.4	10.37	3.34	836
	2	15.5	9.70	3.58	571
	3	15.3	10.24	3.65	459
	4	15.2	10.06	3.88	219
	5	15.1	9.82	4.54	117
	6	15.2	9.95	6.78	34
4	1	15.7	9.61	4.41	437
	2	15.1	9.86	4.57	217
	3	15.4	9.57	4.80	102
	4	15.3	10.14	7.28	54
	5	15.2	10.49	8.03	38
5	1	14.9	10.32	4.01	192
	2	15.4	9.75	4.32	97
	3	15.6	9.57	7.88	63
	4	15.5	10.22	8.10	27
	5	15.6	10.19	8.34	25



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวและค่าปริมาณความชื้น

5. วิจัยารณ์ผลการทดลอง

สาเหตุที่กำลังรับแรงอัดแกนเดียวของตัวอย่างดินลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากค่าแรงดึงดูชชนิดเมตริกลดลงเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นสาเหตุให้ค่าความเค้นประสิทธิผล (effective stress) ซึ่งเป็นตัวควบคุมกำลังของดินไม่อึมตัวด้วยน้ำลดลงดังแสดงในสมการที่ 1 [6]

$$\sigma' = (\sigma - u_a) + \chi(u_a - u_w) \tag{1}$$

โดยที่ σ' คือค่าความเค้นประสิทธิผล, σ คือค่าความเค้นรวม, u_a คือค่าความดันอากาศ (มีค่าเท่ากับศูนย์ในกรณีนี้), u_w คือค่าความดันน้ำ, χ คือค่าพารามิเตอร์ของความเค้นประสิทธิผล (Effective Stress Parameter), และ $(u_a - u_w)$ คือค่าแรงดึงดูชชนิดเมตริก

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (รูปที่ 7) กับการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดึงดูชชนิดเมตริก (รูปที่ 1) เมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไป จะเห็นได้ว่าความ

สัมพันธ์ของรูปแบบทั้งสองนี้มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว และค่าแรงดึงดูชชนิดเมตริกมีความเปลี่ยนแปลงมากในช่วงความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 5 และมีความเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงความชื้นมากกว่าร้อยละ 5

สำหรับดินลมหอบซอนแกน การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในสนามเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ไปใช้ในการออกแบบฐานรากเช่น การทดสอบโดยการตอกทะลุทะลวง (Standard Penetration Test) หรือการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของดิน (Plate Bearing Test) ไม่ควรกระทำในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากความชื้นของดินอาจมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งทำให้ค่ากำลังของดินที่ได้มีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝนมาก หรือถ้าจะทำการทดสอบในฤดูแล้งก็ควรที่จะทดสอบในสภาพเปียกน้ำ

5. สรุปผลการทดลอง

การเพิ่มขึ้นของความชื้นของดินลมหอบเป็นสาเหตุของการสูญเสียค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียว สำหรับดินลมหอบซอนแกนผลกระทบนี้มีมากในช่วงความชื้นน้อย

กว่าร้อยละ 5 และสอดคล้องกับการลดลงของค่าแรงดึงจุดชนิดเมตริกเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นในช่วงนี้ ส่งผลให้เกิดการลดลงของค่าความเค้นประสิทธิผล ซึ่งเป็นสาเหตุหลักให้เกิดการสูญเสียกำลังของดินขึ้น ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างดินบดอัดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวกับปริมาณความชื้น

สำหรับดินลมหอบขอนแก่นการทดสอบกำลังในสนามเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ไปใช้ในการออกแบบฐานรากไม่ควรกระทำในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากความชื้นของดินอาจมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งทำให้ค่ากำลังของดินที่ได้มีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝนมาก การละเลยความสำคัญในจุดนี้อาจส่งผลให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับฐานรากของอาคารขึ้นได้ภายหลังการก่อสร้าง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือทดสอบจากมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

7. เอกสารอ้างอิง

1. Phien-wej, N., Pientong, T., and Balasubramaniam, A.S., 1992. "Collapse and Strength Characteristics of Loess in Thailand," *Engineering Geo-*

logy, Vol. 32, pp. 59-72.

2. วัชรินทร์ กาสลัก และ สุวัฒน์ มบขุนทด, 2542, "อิทธิพลของปริมาณความชื้นที่มีต่อกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินตะกอนทรายปนดินทราย," *เอกสารประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 5, พัทยา*, pp. GTE 203-208.

3. Punrattanasin, P., Kusakabe, A.S.O., and Nishimura T., 2002, "Engineering Properties of Khon Kaen Loess under Unsaturated Condition", 8th *National Conference on Civil Engineering*, Khon Kaen, Thailand, pp. GTE 316-321.

4. วัชรินทร์ กาสลัก, 2545, "พารามิเตอร์ในการออกแบบฐานรากเสาเข็มในดินลมหอบขอนแก่น," *เอกสารประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 8, ขอนแก่น*, pp. GTE 375-379.

5. วัชรินทร์ กาสลัก และ รัตมณี นันทสาร, 2545, "การปรับปรุงคุณภาพดินลมหอบขอนแก่นด้วยเถ้าลอยและเถ้าแกลบสำหรับชั้นพื้นทาง," *เอกสารประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 8, ขอนแก่น*, pp. GTE 143-148.

6. Bishop, A.W., 1959, *The Principal of Effective Stress*, Teknisk Ukebladk, Norway, Vol. 39, pp. 859-863.