

ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างของดินลมหอบขอนแก่นในสภาพบดอัด

The Coefficient of the Lateral Earth Pressure of Khon Kaen Loess Soil in Compacted Condition

ณัฏพล สุทธิเจริญพานิชย์ (Natchaphon Suttijaroenpanit)^{1*} รัตมณี นันทสาร (Ratamane Nuntasarn)**

(Received: May 3, 2021; Revised: August 1, 2021; Accepted: August 3, 2021)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมและค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินเชิงรุกของดินลมหอบขอนแก่นในสภาพบดอัดแน่น ในสภาพเปียกและในสภาพแห้ง โดยใช้เครื่องวัดค่าความเค้น (earth pressure cell) หรือเรียกโดยย่อว่า EPC ในการวัดความดันด้านข้างทั้งในแนวตั้งและในแนวนอน ตัวอย่างดินถูกบดอัดในกล่องเหล็กสี่เหลี่ยม โดยเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ในการบดอัดเลือกใช้ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ แบบมาตรฐาน ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดทางด้านเปียก ขนาดความสูงของดินบดอัดที่ใช้ทดสอบนั้นบดอัดสูง 0.6 เมตร กว้าง 0.5 เมตรยาว 1.0 เมตร และให้น้ำหนักบรรทุกพื้นฐานรากขนาด กว้าง 0.2 เมตร ยาว 0.2 เมตร และหนา 0.1 เมตร และจากผลการทดสอบนั้นแสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเค้นในแนวตั้งและความเค้นในแนวนอนที่ระดับความลึกน้อยกว่า 1.5 เท่าของขนาดความกว้างของแบบจำลองฐานรากนั้น จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่ กระทั่งดินตัวอย่างนั้นถึงจุดวิบัติ จะทำให้ค่าความเค้นในแนวนอนนั้นค่อยๆลดลง ส่วนความสัมพันธ์ของค่าความเค้นแนวตั้งและค่าความเค้นในแนวนอนที่ระดับความลึกมากกว่า 1.5 เท่าของขนาดความกว้างของแบบจำลองฐานรากนั้น ก่อนที่ตัวอย่างดินนั้นจะเกิดการวิบัติจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ค่าความชันหนึ่ง แต่เมื่อตัวอย่างดินเกิดการวิบัตินั้น ทำให้ค่าความชันที่เปลี่ยนไป ดังนั้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินเชิงรุก เพิ่มขึ้นตามความเค้นที่ใช้จนกว่าจะถึงจุดที่ตัวอย่างดินนั้นเกิดการวิบัติ หลังจากนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความดันดินเชิงรุกลดลง ระบายที่ตัวอย่างดินเกิดการวิบัตินั้น เกิดขึ้นที่ตำแหน่งจากขอบของฐานรากถึงความลึก 1.5 เท่าของขนาดความกว้างของแบบจำลองฐานราก ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินในการทดสอบแบบแห้งและแบบเปียกนั้นมีค่าที่แตกต่างกัน โดยที่น้ำหนักบรรทุกที่เท่ากันนั้นค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินในการทดสอบแบบเปียกจะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินในการทดสอบแบบแห้ง

ABSTRACT

This research studied the active pressure behavior and coefficient of active earth pressure of compacted Khon Kaen loess soil under wet and dry conditions. Two earth pressure cell were used to measure the lateral pressure. The soil sample was compacted in a mold size of a cubic meter at 90% of maximum dry density on a wet side by the modified proctor method. The soil sample size was 0.6 meters in thickness, 0.5 meters in width, and 1.0 meters in length. The foundation size 0.2x0.2x0.1 m was seated on the ground surface 0.25 m away from the cut edge. The test result shows an excellent

¹Corresponding author: ratamane.nuntasarn@gmail.com

*นักศึกษาลัทธิวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

linear relationship between the vertical and stresses horizontal stress at a depth of 1.5B until a soil reached the failure. Then the horizontal stress is gradually reduced. However, the vertical and stress horizontal stress relationship at a depth greater than 1.5B is non-linear. Therefore the coefficient of the active earth pressure increased with the applied stress until failure was reached. Then the coefficient of the active earth pressure was dropped. The failure plane has occurred from the edge of the foundation to the depth of 1.5B. The soil pressure coefficient in dry and wet baking is different. With the same load weight, the soil pressure coefficient in the wet test is greater than the soil pressure coefficient in the dry test.

คำสำคัญ: แรงดันดินด้านข้าง ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินเชิงรุก การเคลื่อนตัวด้านข้างของดิน

Keywords: Lateral earth pressure, Coefficient of active earth pressure, Lateral displacement of soil

บทนำ

เนื่องด้วยจังหวัดขอนแก่นเป็นจังหวัดที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และคาดการณ์ว่าจะมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นในอนาคต ซึ่งทำให้ต้องมีการก่อสร้างสาธารณูปโภคต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกให้ทั้งคนในพื้นที่และคนที่สัญจรยกตัวอย่างเช่น อาคาร ถนน และสถานที่ต่างๆ ประกอบกับดินในจังหวัดขอนแก่นส่วนใหญ่เป็นดินลมหอบ ซึ่งเป็นดินที่สามารถรับกำลังได้ดีในสภาพแห้ง แต่เมื่อโดนน้ำจะทำให้กำลังของดินลดลงและเกิดการทรุดตัวเมื่อน้ำหนักอย่างรวดเร็วดังที่ [1] ได้กล่าวว่าดินลมหอบบริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นดินที่มีลักษณะการยึดเกาะกันแบบหลวมๆ โครงสร้างของดินมีลักษณะคล้ายกับรังผึ้ง เมื่อมีแรงกดทับมากขึ้นและปริมาณความชื้นในดินสูงขึ้น กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินจะมีค่าลดลง และดินจะเกิดการทรุดตัวลงอย่างฉับพลันซึ่งจากการศึกษาพบว่าดินลมหอบเป็นดินที่มีความรุนแรงในการพังสลาย ดังนั้นจึงถือได้ว่าดินลมหอบในบริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นดินพังยุบตัว จึงต้องมีการศึกษาพฤติกรรมของดินชนิดนี้ให้ถี่ถ้วนจะวางแผนและลงมือเพื่อทำการก่อสร้าง ซึ่งในงานก่อสร้างบางประเภท จำเป็นต้องทำการขุดหลุม หรือ ใช้กำแพงกันดินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในงานก่อสร้าง จึงจำเป็นต้องทราบค่าของแรงดันดินด้านข้างที่ความลึกต่างๆ เมื่อทำการรับน้ำหนัก เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างกำแพงกันดิน หรือความลึกในการขุดที่ปลอดภัย โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษา ค่าของแรงดันดินด้านข้างเชิงรุกของดินลมหอบขอนแก่นบดอัดในแบบจำลองโดยปล่อยให้ดินด้านหนึ่งเป็นผิวดินแบบอิสระ ไม่มีกำแพงหรือวัตถุมาดัน ซึ่งจะใช้เครื่องมือ EPC ในการวัดค่าแรงดันด้านข้างของดินบดอัดสูง 60 เซนติเมตร โดย [2] ได้กล่าวไว้ว่า ตำแหน่งของพิกัดที่อยู่ใกล้กับผนังหรือกำแพงจะมีค่าแรงดันที่สูงขึ้นเล็กน้อยจากด้านใน ซึ่งเกิดจากการเสียดสีของดินที่ผิวหน้าด้านข้าง ส่วนความดันดินในแนวราบที่วัดได้จากเครื่อง EPC จะมีค่าที่สูงมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ โดยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจะขึ้นอยู่กับความสูงของดินถม การให้น้ำหนักบรรทุกทุกผ่านจะใช้ ฐานราก ขนาด 20x20 เซนติเมตร เพื่อดูค่าแรงดันดินด้านข้าง ทั้งในสภาพแห้งและในสภาพเปียก การทดสอบแบบเปียก จะเติมน้ำที่ผิวด้านบนของตัวอย่างดินที่บดอัดไว้ ให้มีค่าอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ที่ 65 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษา [3] พบว่า เส้นโค้งลักษณะเฉพาะของดินและน้ำ (SWCC) ของดินลมหอบขอนแก่นในสภาพบดอัดที่ความ

หนาแน่นแห้งมีค่าเท่ากับ 90%ของความหนาแน่นสูงสุด พบว่าที่ระดับความอิ่มตัวมากกว่า 65% ดินลมหอบอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าของสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างของดินลมหอบอัดที่สภาวะActive ในสภาพเปียกและแห้ง
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของแรงดันดินด้านข้างของดินลมหอบคอนแกนในสภาพเปียกและแห้ง

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ได้ทำการแบ่งแผนดำเนินงานวิจัยเป็น 4 หัวข้อและสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดินลมหอบ ได้แก่ การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของดิน การทดสอบหาการกระจายขนาดของเม็ดดินและการหาค่าพิกัดดัดเทอร์เบอร์ก

2. การเตรียมดินที่ใช้ในการบดอัด นำดินจากสนามมาทำการอบในตู้อบ เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง นำดินที่ผ่านการอบแล้วมาทำการบดละเอียดในเครื่องลอสเองเจสิส ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 ในการบดละเอียดต่อครั้งใช้ดินครั้งละประมาณ 20 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลา 30 นาที ทำชั้นตอนนี้จนกว่าจะได้ปริมาณดินที่เพียงพอสำหรับการบดอัด หรือเท่ากับ 573 กิโลกรัม ซึ่งเป็นค่าปริมาณดินแห้งที่ได้จากการคำนวณจากกราฟการบดอัดดิน โดยใช้ค่าหน่วยน้ำหนักดินแห้งที่เปอร์เซ็นต์การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังภาพที่ 4

3. การผสมดินลมหอบที่ผ่านการบดละเอียดกับน้ำให้ดินนั้นมีปริมาณความชื้นที่ต้องการตาม ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในการบดอัดที่ 90 เปอร์เซ็นต์แบบสูงกว่ามาตรฐานฝั่งทางด้านเปียก ที่ความชื้น 11.85 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็นน้ำหนัก 67.6 กิโลกรัมต่อดินตัวอย่างทั้งหมด หรือ 16.9 กิโลกรัมต่อชั้นการบดอัดและใช้ดิน 142.5 กิโลกรัมต่อชั้น

4. ในการบดอัดดิน จะบดอัดดินลมหอบที่ผสมกับน้ำลงในกล่องตัวอย่าง โดยบดอัดดินขนาด กลาง 50 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง 60 เซนติเมตร แบ่งการบดอัดดินเป็น 4 ชั้น ชั้นละ 15 เซนติเมตร ดังภาพที่ 5 และจะติดตั้งเครื่องมือ EPC ที่ใช้วัดค่าแรงดันดินในแนวดิ่งและในแนวราบที่ระยะความลึก 30 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร โดยใช้ที่กั้นที่ทำจากไม้อัดเป็นตัวกั้นกล่องเพื่อบดอัด เมื่อบดอัดดินเสร็จแล้ว หลังจากนั้นติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัว(LVDT) ซึ่งการติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวนั้น จะติดตั้งที่ตำแหน่งเดียวกับเครื่อง EPC และคันเหล็กที่ใช้สำหรับใช้แม่แรงไฮดรอลิคดันเพื่อให้หน้าหนักบรรทุกทุกแ่งแบบจำลองฐานราก โดยที่ฐานเสาของคันเหล็กจะใช้เพลทเหล็กให้น้ำหนัก เพื่อไม่ให้คันเกิดการยกตัว เมื่อมีการใช้งานแม่แรงไฮดรอลิค ซึ่งก่อนทำการทดสอบต้องทำการตั้งค่าเครื่องมือให้อ่านค่าที่แสดง ณ ปัจจุบันมีค่าเท่ากับศูนย์ เพื่อหักล้างค่าที่เกิดขึ้นจากการบดอัด เนื่องจากการทดสอบของ Coyle and Bartoskewitz [4] พบว่า การบดอัดดินแต่ละชั้นอย่างต่อเนื่องจะก่อให้เกิดแรงอัดสะสมที่ชั้นใต้สุด ถ้ามีการติดตั้งเครื่องมือก่อนทำการบดอัดดินเมื่อมีการบดอัดจะก่อให้เกิดความเครียดสะสมค้างบนเครื่องมือที่ใช้ในการอ่านค่าของแรงดันดินด้านข้าง ทำให้ค่าแรงดันดินที่เครื่องมืออ่านออกมามีค่าที่สูงกว่าความเป็นจริง นอกจากนี้ผลกระทบจากน้ำหนักภายนอก เช่น การก่อสร้างหรือการสัญจร ยังมีผลต่อการอ่านค่าความดันของดินด้วย ดังแสดงในภาพที่ 6 และภาพที่ 7

ผลการทดสอบ

1. ผลการหาค่าคุณสมบัติพื้นฐานของดินลมหอบ พบว่าดินลมหอบขอนแก่นประกอบด้วย ดินตะกอน 19.9 % และ ดินเหนียว 21.60 % เมื่อจำแนกตามระบบ USCS พบว่าเป็น SM และค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity, Gs) มีค่าเท่ากับ 2.66

2. ผลการทดสอบแรงดันดินด้านข้าง ซึ่งมีผลการทดสอบและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ต่างๆดังนี้

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นในแนวตั้งกับความเค้นในแนวนอน

จากภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่า การทดสอบแบบแท่งนั้น เมื่อความเค้นในแนวตั้งมีค่ามากขึ้น ค่าของความเค้นในแนวนอนก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกันตามทฤษฎีทั้งที่ความลึก 30 เซนติเมตร และที่ความลึกเท่ากับ 60 เซนติเมตรนั้น เมื่อดินเกิดการเคลื่อนตัวการเพิ่มขึ้นความเค้นในแนวนอนจะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่น้อยลงและเมื่อถึงจุดที่ดินตัวอย่างนั้นเกิดการวิบัติ ค่าความเค้นในแนวตั้งนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วและคงที่ ที่มีค่าเข้าใกล้ศูนย์เนื่องจากยังมีความเค้นจากการอัดตัวของดินนั้นตกค้างอยู่ที่เครื่องมือ โดยที่ความลึก 60 เซนติเมตรนั้นจะมีค่าความเค้นที่น้อยกว่าที่ความลึก 30 เซนติเมตร เนื่องจากการแผ่กระจายของความเค้นในดินนั้นจะขึ้นอยู่กับความลึกที่พิจารณา และจากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่าการทดสอบแบบเปียกนั้น พฤติกรรมของดินตัวอย่างและข้อมูลผลการทดสอบมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับการทดสอบแบบแห้ง ซึ่งสิ่งที่แตกต่างกันคือขนาดของแรงที่ทำให้ดินเกิดการเคลื่อนตัวและวิบัตินั้นจะมีค่าที่น้อยกว่าการทดสอบแบบแห้งอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากความชื้นที่มากขึ้นส่งผลถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรม ทำให้ดินนั้นสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยลงตามทฤษฎี

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นในแนวตั้งกับการเคลื่อนตัวในแนวนอน

จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่า ในการทดสอบแบบแท่งนั้น การเคลื่อนตัวที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรจะเกิดการเคลื่อนตัวก่อนและเกิดการวิบัติที่ค่าความเค้นในแนวตั้งเท่ากับ 2.52 กิโลปาสคาลเนื่องจากแรงที่แผ่ลงมาจากความเค้นในแนวตั้งนั้นมีปริมาณที่มากกว่าที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร โดยที่พฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของดินตัวอย่างนั้นจะยังมีค่าที่มากขึ้นมากตามความเค้นในแนวตั้ง ซึ่งในช่วงแรกที่เริ่มเกิดการเคลื่อนตัวนั้นค่าการเคลื่อนตัวจะเคลื่อนตัวในปริมาณที่น้อยและจะมีปริมาณการเคลื่อนตัวที่เป็นทวีคูณ คือเคลื่อนตัวในปริมาณที่มากโดยที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเค้นในแนวตั้งที่ไม่มาก ส่วนรูปที่ 11 นั้นจะเห็นได้ว่าเส้นกราฟจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกับภาพที่ 11 แต่สิ่งที่แตกต่างกันคือระยะการเคลื่อนตัวของแบบเปียกนั้น มีค่าการเคลื่อนตัวที่มากกว่าในค่าของความเค้นในแนวตั้งที่เท่ากัน และเกิดการวิบัติที่ความเค้นในแนวตั้งเพียง 1.14 กิโลปาสคาล และสามารถสังเกตได้ว่าปริมาณความเค้นในแนวตั้งของความลึกที่แตกต่างกันนั้นจะมีค่าที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากความเค้นที่แผ่กระจายลงสู่ดินตัวอย่างนั้นมีย่าน้อยลงเมื่อมีความลึกที่มากขึ้น ดังข้อมูลนั้นเป็นไปในทางเดียวกับการทดสอบของ Lin Peiyuan [5] ที่พบว่า พฤติกรรมของดินที่ระดับความลึกต่างๆ ในทิศทางด้านข้างจะมีการขยายตัวออกและจะมีค่าความเค้นเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกัน ตามลำดับของความลึกที่ทำการอ่านค่า โดยส่วนที่มีการขยายตัวและความเค้นสูงที่สุดคือที่ผิวด้านบนของชั้นดินนั้น แรงเฉือนด้านล่างของชั้นดินนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มขึ้น จนกว่าค่าความเค้นจะมีค่าคงที่ ซึ่งค่าการขยายตัวของดินนั้นก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดิน

จากภาพที่ 12 นั้นพบว่า การทดสอบแบบแท่งนั้น เมื่อความเค้นในแนวตั้งนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าของสัมประสิทธิ์แรงดันดินก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินจะมีค่าเข้าใกล้ 1 มากๆ หรือกล่าวได้ว่าความเค้นในแนวนอนมีค่าเทียบเท่ากับค่าความเค้นในแนวตั้ง แต่ที่ความลึก 30 เซนติเมตรนั้น ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินเพิ่มขึ้นเพียงช่วงสั้นๆเท่านั้น เนื่องจากดินตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบนั้นเกิดการวิบัติ ทำให้ไม่สามารถที่จะอ่านค่าความเค้นทั้งในแนวตั้งและในแนวนอนได้ ดินตัวอย่างเกิดการวิบัติทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ลดลงอย่างรวดเร็ว และลดลงจนที่ค่าเข้าใกล้ศูนย์

เนื่องจากยังมีความเค้นที่ยังตกค้างอยู่จากการอัดตัวของดินหลังการทดสอบ และสาเหตุที่ทำให้แนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์มีอัตราส่วนที่ไม่เท่ากันนั้น เนื่องจากที่ความลึก 30 เซนติเมตร เกิดการเคลื่อนตัวอย่างมากและเกิดการวิบัติ ส่วนที่ความลึก 60 เซนติเมตรมีการเคลื่อนตัวที่ช้ากว่าและน้อยกว่าอย่างมากเมื่อเทียบการวัดค่าที่ความลึก 30 เซนติเมตร และจากภาพที่ 12 นั้นจะเห็นได้ว่า ค่าของสัมประสิทธิ์แรงดันดินจะมีแนวโน้มเดียวกับกับการทดสอบในสภาพแห้ง แต่ตัวอย่างนั้น จะเกิดการเคลื่อนตัวและเกิดการวิบัติที่ความเค้นที่น้อยกว่าการทดสอบแบบแห้ง เนื่องจากคุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณความชื้นของการทดสอบที่มีค่าไม่เท่ากัน

2.4 การวิบัติของดินลมหอบขนนแก่บอัดในการทดสอบแบบแห้งและแบบเปียกนั้น

จากภาพที่ 13 และ 14 เป็นการแสดงการวิบัติของการทดสอบแบบแห้งและแบบเปียกตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการทดสอบสภาพแห้งนั้น จะมีลักษณะการวิบัติแบบเฉือนเฉพาะที่(Local Shear Failure) สังเกตจากเมื่อค่าความเค้นในแนวดิ่งนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น การทรุดตัวและการเคลื่อนตัวในแนวนอนจะเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่ดินเกิดการวิบัตินั้น แบบจำลองฐานรากจะทรุดตัวอย่างฉับพลัน หลังจากนั้นการเคลื่อนตัวในแนวนอนจะมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว และผลการทดสอบแบบเปียกนั้น จะมีลักษณะการวิบัติแบบเฉือนทะลุ(Punching Shear Failure) สังเกตได้จาก เมื่อค่าความเค้นในแนวดิ่งนั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้น ที่แนววิบัติของตัวอย่างดินนั้นจะไม่ขยายตัวไปยังผิวดินและแนวนอนดินด้านข้างนั้นมีปริมาณการเคลื่อนตัวในแนวนอนที่น้อยมาก แต่จะมีลักษณะที่จมลงตัวอย่างดินที่บอัดในช่วงแรกของการทดสอบ เมื่ออยู่ในจุดที่หน่วยแรกที่กระทำมีค่าน้อยกว่ากำลังรับแรงแบททานประลัย การทรุดตัวก็มีค่าน้อยกว่าที่ เนื่องจากดินตัวอย่างนั้นมีปริมาณความชื้นที่มากกว่าการทดสอบแบบแห้ง

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า ความชื้นนั้นมีผลอย่างมากต่อการรับน้ำหนักบรรทุก และการเคลื่อนตัวของดินลมหอบขนนแก่บอัด ซึ่งการวิบัติของดินตัวอย่างนั้นจะวิบัติในช่วงบ้านบนหรือช่วงที่ความลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตรขึ้นไปจนถึงผิวดินในการทดสอบแบบแห้งนั้นค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ดินตัวอย่างรับได้ก่อนเกิดการวิบัติ คือ 115.6 กิโลปาสกาล และแบบเปียกได้ 40.6 กิโลปาสกาล เมื่อเกิดการวิบัติแล้วนั้น ดินตัวอย่างยังสามารถที่จะรับน้ำหนักบรรทุกได้อยู่ แต่ปริมาณการเคลื่อนตัวนั้นจะเพิ่มมากขึ้นเป็นเท่าตัวในอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นเดิม ตามผลการทดสอบของ [2] พบว่า ตำแหน่งของเครื่องมือวัดที่อยู่ใกล้กับผนังหรือกำแพงจะมีค่าแรงดันที่สูงขึ้นเล็กน้อย เกิดจากการเคลื่อนตัวในแนวนอนของดินที่ผิวหน้าด้านข้าง ส่วนความดันดินในแนวนอนที่วัดได้จากเครื่องวัด จะมีค่าที่สูงมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งค่าความเค้นส่วนนี้มีผลโดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินที่เกิดขึ้น การเคลื่อนตัวนั้นจะเกิดขึ้นที่ผิวชั้นบนก่อน เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกที่ให้นั้นฐานรานั้นแผ่กระจายได้น้อยที่ความลึกมากขึ้น แต่เมื่อดินชั้นบนเกิดการวิบัติ การเคลื่อนตัวของดินชั้นล่างจะเพิ่มในอัตราส่วนที่มากขึ้น และจากผลการทดสอบพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินในแบบเชิงรุกลนั้น ที่ระดับผิวดินถึงระดับความลึกที่ 30 เซนติเมตรขึ้นไป มีแนวโน้มที่ค่าสัมประสิทธิ์นั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งดินนั้นเกิดการวิบัติและค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าเข้าใกล้ 0 เนื่องจากดินส่วนบนมีการเคลื่อนตัวได้ง่ายจากการให้น้ำหนักบรรทุก ส่วนที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตรลงมาถึงระดับความลึก 60 เซนติเมตร ค่าของสัมประสิทธิ์แรงดันดินจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งตัวอย่างดินด้านล่างนั้นเกิดการเคลื่อนตัว จะทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นนั้นลดลง แต่จะยังเพิ่มขึ้น จนค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินนั้นมีค่าเข้าใกล้ 1 หรือกล่าวได้ความเค้นในแนวนอน มีค่าเทียบเท่าความเค้นในแนวดิ่ง ซึ่งผลของงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับงานประเภทกำแพงกันดินหรือการก่อสร้างฐานรากบริเวณริมพื้นที่ที่มีความชันสูง ถึงอิทธิพลของความชื้นที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของดินไปจนถึงการเกิดการวิบัติหรือการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนตัวของดินลมหอบเมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุกบริเวณข้างเคียง

กิตติกรรมประกาศ

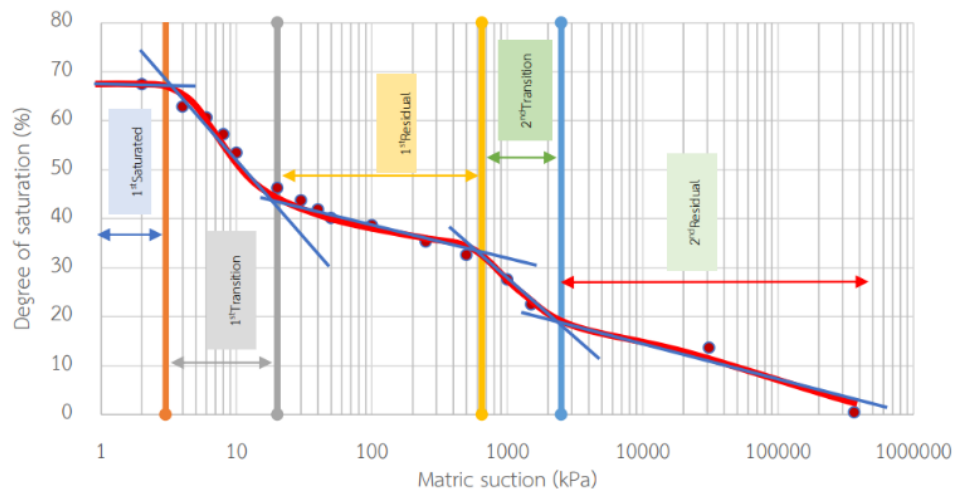
ทางผู้เขียนขอขอบพระคุณครอบครัว ที่ให้การผลักดัน ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การอนุเคราะห์สถานที่ใช้งานวิจัย รวมถึงการอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ และขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับทุนที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Udomchoke. Origin and Engineering Characteristics of the Problem Soil in the Khorat Basin. Northeastern Thailand. Ph.D. dissertation. Asian Institute of Technology. Bangkok, Thailand, 1991.
2. Philippe L. Bourdeau, Field Performance of a 17 m-High Reinforced Soil Retaining Wall, Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/239615372_Field_Performance_of_a_17_m_High_Reinforced_Soil_Retaining_Wall, 2015
3. Sangthongthip A. The shear strength of Khon Kaen soil was re-compaction under water unsaturated state by means of direct shear test and infinite compressive strength. Master of Engineering Thesis Department of Civil Engineering Graduate school Khon Kaen University, 2019
4. Coyle HM, Bartoskewitz RE. Field Measurements of Lateral Earth Pressures and Movements on Retaining Walls, Retrieved from <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1977/640/640-006.pdf>, 1974
5. Peiyuan Lin, Liansheng Tang, Pengpeng Ni. Field evaluation of subgrade soils under dynamic loads using orthogonal earth pressure transducers, Retrieved from : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118311291>, 2019

ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติของดินที่ใช้ทำการทดสอบ

%Passing #4 (%)	%Passing #200 (%)	LL (%)	PL (%)	G _s	OMC (%)	$\gamma_d(t/m^3)$	USCS
100	45	16.5	NP	2.65	7.22	2.12	SM



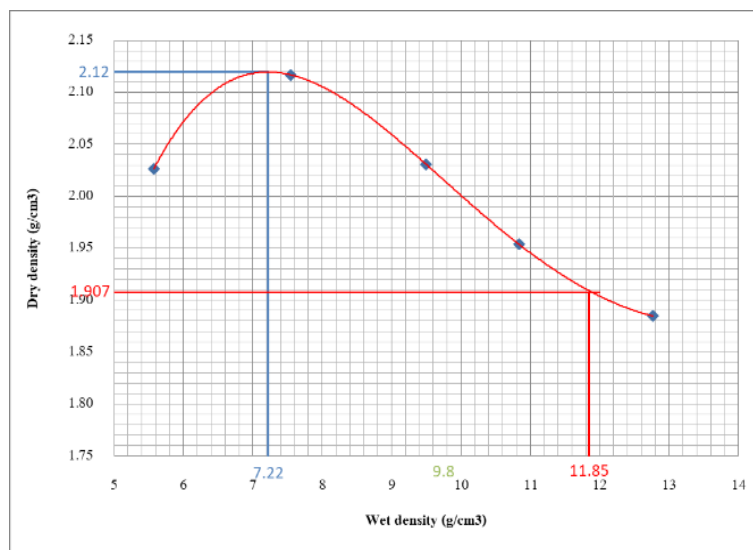
ภาพที่ 1 Soil Water Characteristic Curve ของดินลมหอบซอนแก่นที่สภาวะบดอัด (อัจฉริยะ, 2562 [3])



ภาพที่ 2 การอบดินก่อนการบดละเอียด



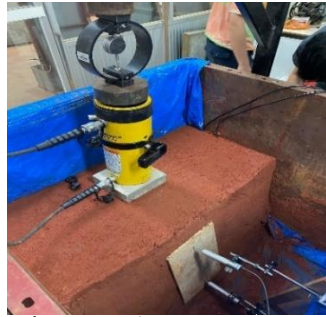
ภาพที่ 3 เครื่องลอสแองเจลิส



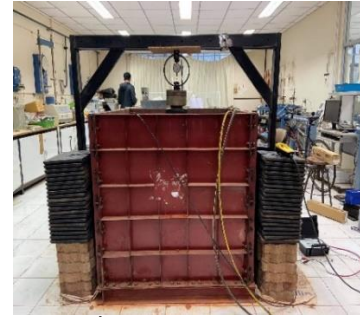
ภาพที่ 4 ค่าการบดอัดดินขอนแก่นโดยวิธีสูง มาตรฐาน (จุฑาภรณ์ และคณะ, 2558 [2])



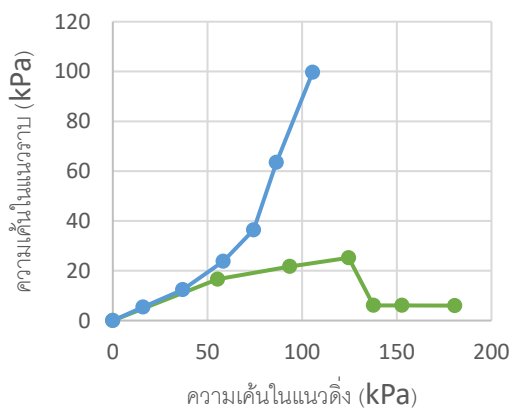
ภาพที่ 5 การบดอัดดินในโมลตัวอย่าง



ภาพที่ 6 การติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัว

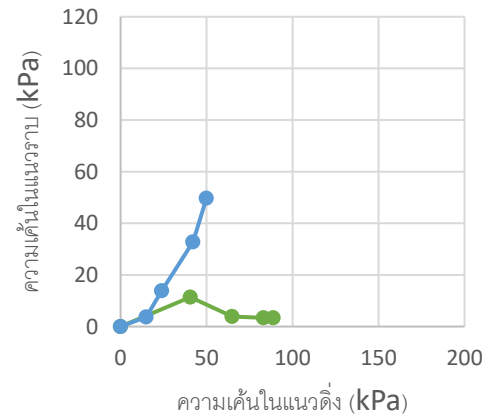


ภาพที่ 7 การทดสอบแรงดันดินด้านข้าง



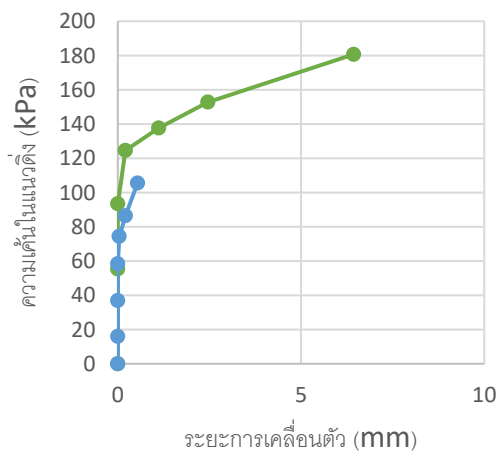
● ความลึก 30 เซนติเมตร ● ความลึก 60 เซนติเมตร

ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นในแนวตั้งกับความเค้นในแนวราบสภาพแห้ง



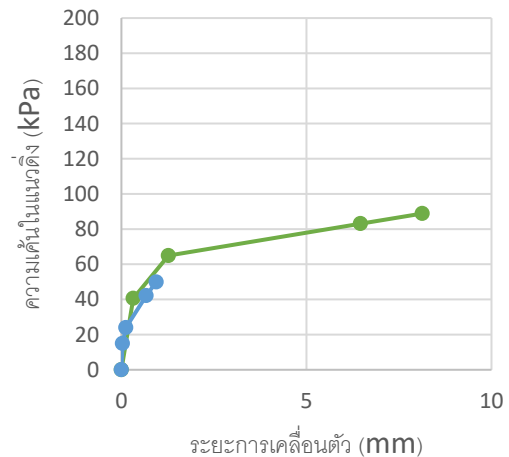
● ความลึก 30 เซนติเมตร ● ความลึก 60 เซนติเมตร

ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นในแนวตั้งกับความเค้นในแนวราบสภาพเปียก



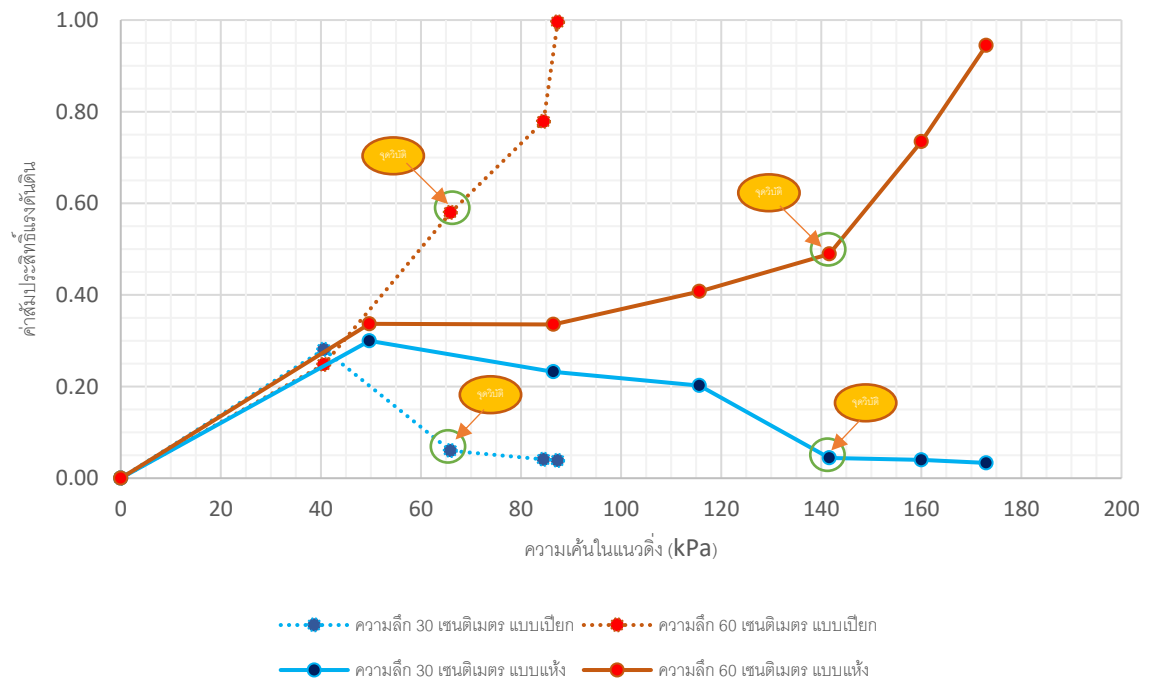
● ความลึก 30 เซนติเมตร ● ความลึก 60 เซนติเมตร

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นในแนวตั้งกับระยะการเคลื่อนตัวแนวราบสภาพแห้ง



● ความลึก 30 เซนติเมตร ● ความลึก 60 เซนติเมตร

ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นในแนวตั้งกับระยะการเคลื่อนตัวแนวราบสภาพเปียก



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นในแนวตั้งกับและค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดิน



ภาพที่ 13 การวัดของการทดสอบในสภาพแข็ง



ภาพที่ 14 การวัดของการทดสอบในสภาพเปียก