หน่วยที่ 1
คุณสมบัติและส่วนประกอบของดินทางฟิสิกส์

1

[1] http://www.siamvolunteer.com

หน่วยที่ 1
คุณสมบัติและส่วนประกอบของดินด้านฟิสิกส์

หัวข้อเรื่อง

1.1 ความหมายของดิน
1.2 แหล่งกำเนิดของดิน
1.3 วัฏจักรของดิน
1.4 ส่วนประกอบของดิน
1.5 รูปร่างของเม็ดดิน
1.6 โครงสร้างของดิน
1.7 ขนาดของเม็ดดิน
1.8 การกระจายตัวของเม็ดดิน
1.9 คุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์
1.10 การคำนวณคุณสมบัติพื้นฐานของดิน

สาระสำคัญ

ดินเกิดจากการกัดกร่อน ผุพัง และแตกสลายของหินต่างๆ โดยธรรมชาติ จะประกอบไปด้วย กรวด ทราย ทรายเม็ดป่น ดินเหนียว น้ำและอากาศหรือก๊าซ โดยมีเม็ดแร่ธาตุต่างๆ ที่ตกตะกอนทับถมกันไม่แน่นมารวมกัน แต่สามารถแยกให้ออกจากกันได้ เม็ดดินส่วนมากมีขนาดเล็กกว่า 300 มิลลิเมตร เชื่อมยึดติดกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคแล้วแต่สถานะของดิน แต่การเชื่อมยึดไม่ได้ยึดแน่นเหมือนการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของหิน วัตถุต้นกำเนิดดินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ อนินทรีย์วัตถุ ได้แก่ หินและแร่ต่าง ๆ และอินทรีย์วัตถุ ได้แก่ ซากพืชและสัตว์ที่ย่อยสลายแล้ว

ในทางวิศวกรรมจะแบ่งออกเป็นสองลักษณะใหญ่ๆ คือ คุณสมบัติของดินโดยทั่วไป และคุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์ โดยคุณสมบัติทั่วไปของดินใช้ในการจำแนกดิน ขนาดคละของดิน ความข้นเหลว ส่วนคุณสมบัติทางฟิสิกส์นั้นได้แก่ การเคลื่อนตัวของดิน ความสามารถในการไหลซึมน้ำผ่านดิน ด้านกำลังรับน้ำหนัก และด้านการรับแรงเฉือนเป็นต้น

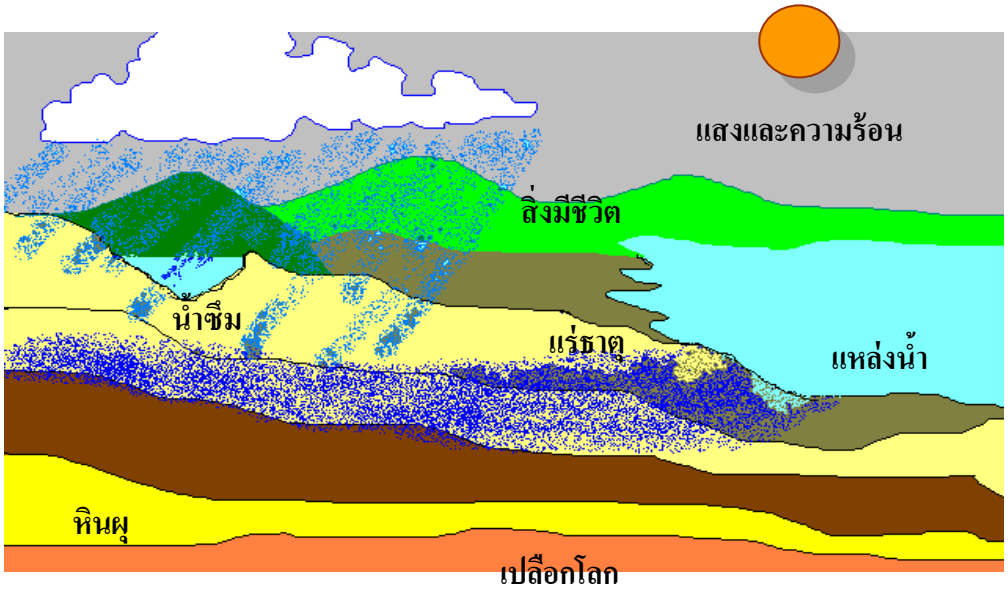
จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของดินได้
2. เข้าใจแหล่งกำเนิดดิน
3. เข้าใจวัฏจักรของดิน
4. บอกส่วนประกอบของดินได้
5. บอกรูปร่างของเม็ดดินได้
6. บอกโครงสร้างของดินได้
7. จำแนกขนาดของเม็ดดินได้
8. บอกการกระจายตัวของเม็ดดินได้
9. บอกคุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์ได้
10. คำนวณคุณสมบัติพื้นฐานของดินได้

1.1 ความหมายของดิน (Soil)

ดินหมายถึง วัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บางๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่ และอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้ากัน ดิน เป็นตะกอนวัสดุบนเปลือกโลก ได้แก่ บรรยากาศ น้ำ และสิ่งมีชีวิต เราเรียกตะกอนวัสดุเหล่านี้ว่าดินก็ต่อเมื่อมีส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต เช่น ซากพืช ซากสัตว์ เข้ามาเกี่ยวข้อง หากเป็นแต่เพียงตะกอนวัสดุที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตก็จะเรียกว่า เรโกลิธ (Regolith) เช่น ผงตะกอนบนดวงจันทร์ ดินมีความสำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก ดินดึงธาตุไนโตรเจนและคาร์บอน จากบรรยากาศมาสร้างธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต ในเวลาเดียวกันสิ่งมีชีวิตเองก็ทำให้หินผุพังกลายเป็นดิน จะเห็นได้ว่า ดิน สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีอิทธิพลซึ่งกันและกันเป็นอย่างมาก ดังที่แสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อดิน[2]

1.2 แหล่งกำเนิดของดิน (Origin of Soil)

ดินจะมีที่กำเนิดจากหลายสาเหตุตามกระบวนการต่างๆ ดังนี้

[2] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.2.1 กระบวนการ การผุพัง (Weathering) คือ การที่หินผุพังทำลายลง (อยู่กับที่) ด้วยกรรมวิธีต่างๆ จากลมฟ้าอากาศ สารละลาย และรวมทั้งการกระทำของต้นไม้ แบคทีเรียตลอดจนการแตกตัวทางกลศาสตร์ มีการเพิ่มอุณหภูมิและลดอุณหภูมิสลับกันดังรูปที่ 1.2 แสดงให้เห็นถึงการผุพัง ของหินชั้นบนประกอบกับการดันตัวจากใต้เปลือกโลกทำให้เกิดภูเขาหินแกรนิต

รูปที่ 1.2 แสดงการผุพังของหินชั้นบน[3]

1.2.2 กระบวนการ การย่อยสลาย (Mechanical Disintegration) ซึ่งเป็นกระบวนการหลักในการย่อยทำลายก้อนหินทางกายภาพคือการสลายตัวของก้อนหินลงเป็นเม็ดหินย่อยและดินเม็ดหยาบ ซึ่งเกิดจากการกระทำของกระแสน้ำ คลื่น และแรงโน้มถ่วงดังรูปที่ 1.3

รูปที่ 1.3 แสดงการย่อยสลายทางกายภาพที่เกิดจากกระแสน้ำ คลื่น[4]

[3] http://www.learners.in.th

[4] http://www.commons.wikimedia.org

1.2.3 กระบวนการ การกร่อน (Erosion) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้สารเปลือกโลกหลุดละลายไป หรือกร่อนไป (โดยมีการเคลื่อนที่ไปจากที่เดิม) โดยมีต้นเหตุคือตัวการธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ ลม ฟ้า อากาศ กระแสน้ำ ธารน้ำแข็ง การครูดถู ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วง ดังรูปที่ 1.4

รูปที่ 1.4 แสดงการกร่อนจาก ลม ฟ้า อากาศ[5]

1.2.4 กระบวนการ การพัดพา (Transportation) หมายถึง การเคลื่อนที่ของมวลหินดิน ทราย โดยกระแสน้ำ กระแสลม หรือธารน้ำแข็ง ภายใต้แรงดึงดูดของโลกอนุภาคขนาดเล็กจะถูกพัดพาให้เคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 1.5

รูปที่ 1.5 แสดงการคัดขนาดตะกอนด้วยการพัดพาของน้ำ[6]

[5] http:// www.perceptions.couk.com

[6] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.2.5 กระบวนการ การกลับคืนเป็นหิน (Lithification) เมื่อเศษตะกอนทับถมกัน จะเกิดโพรงขึ้นประมาณ 20 – 40% ของเนื้อตะกอน น้ำพาสารละลายเข้ามาแทนที่อากาศในโพรง เนื้อตะกอนจะถูกทำให้เรียงชิดติดกันทำให้โพรงจะมีขนาดเล็กลง จนน้ำที่เคยมีอยู่ถูกขับไล่ออกไป สารที่ตกค้างอยู่ทำหน้าที่เป็นซีเมนต์เชื่อมตะกอนเข้าด้วยกันกลับเป็นหินอีกครั้ง ดังรูปที่ 1.6

รูปที่ 1.6 แสดงการกลับคืนเป็นหิน[7]

1.2.6 การทับถม (Deposit) เกิดขึ้นเมื่อตัวกลางซึ่งทำให้เกิดการพัดพา เช่น กระแสน้ำ กระแสลม หรือธารน้ำแข็ง อ่อนกำลังลงและยุติลง ตะกอนที่ถูกพัดพาจะสะสมตัวทับถมกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ ความกดดัน ปฏิกิริยาเคมี และเกิดการตกผลึก หินตะกอนที่อยู่ชั้นล่างจะมีความหนาแน่นสูงและมีเนื้อละเอียดกว่าชั้นบน เนื่องจากแรงกดดันซึ่งเกิดขึ้นจากน้ำหนักตัวทับถมกันเป็นชั้นๆ (การทับถมบางครั้งเกิดจากการระเหยของสารละลาย ส่วนที่เป็นน้ำระเหยไปในอากาศ ทิ้งสารที่เหลือให้ตกผลึกไว้เช่นเดียวกับการทำนาเกลือ) ดังรูปที่ 1.7

รูปที่ 1.7 แสดงการทับถมของดิน[8]

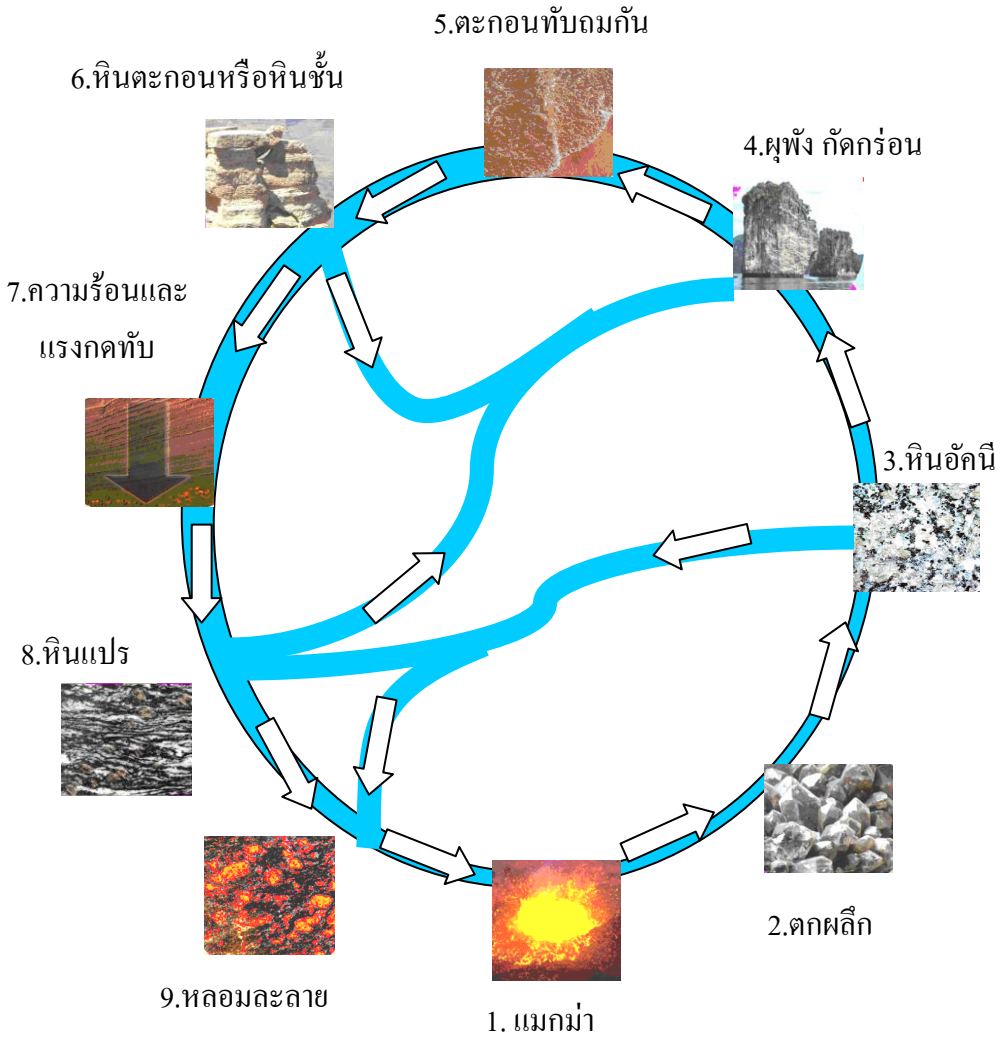
[7] http:// www.windows.ucar.edu

[8] http:// www. ana20cristina.blogspot.com

1.3 วัฏจักรของดิน (Soil Cycle)

วัฏจักรดินหรือการกำเนิดของดิน โดยหินที่เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรดินนั้น คือหินอัคนี (Igenous Rock) เกิดการสลายตัว ทำให้เกิดเป็นดิน และดินบางส่วนถูกพัดพามาตกตะกอนเป็นดินไปอยู่ที่อื่น และหลังจากนั้นดินที่ตกตะกอน บางตำแหน่งถูกความร้อนและความดันอัดแน่นจนกลายเป็นหินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary Rock) หรือหินแปร (Metamorphic Rock) อีกครั้ง หินชั้นและหินแปรจะมีการสลายตัวกลับเป็นดินได้อีกครั้ง ด้วยกระบวนการสลายตัวของหินกระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นวงรอบเรียกว่าวัฏจักรดิน

หินต้นกำเนิดของดิน ดินเป็นอนินทรีย์วัตถุเกิดจากการสลายตัวของหินทั้งสิ้น ทั้งนี้หินจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะการเกิดคือ หินอัคนี หินชั้นหรือหินตะกอน และหินแปร เมื่อหินหนืดร้อนภายในโลก (Magma) และหินหนืดร้อนบนพื้นผิวโลก (Lava) กระทบกับบรรยายกาศของโลก ก็เกิดเย็นตัวลงและจับตัวของหินละลายกลายเป็นหินอัคนี ลม ฟ้า อากาศ น้ำและแสงแดด ทำให้หินผุพังสึกกร่อนเป็นตะกอน ทับถมกันเป็นเวลานานหลายล้านปีเข้าจนแข็งแกร่ง แรงอัดที่เกิดจากน้ำหนักของชั้นดินที่อยู่เหนือขึ้นไป ทำให้ดินตะกอนเข้าอยู่แทรกตามช่องว่างของเม็ดดิน โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานยึดเม็ดดิน จนเม็ดดินเกิดการรวมตัวเป็น หินตะกอน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหินชั้น การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก การเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและความร้อนทำให้เนื้อหินเกิดการแปรสภาพขึ้นเป็นหินแปร กระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นวงรอบเรียกว่า วัฏจักรดิน อย่างไรก็ตามกระบวนการไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับ หินอัคนี หินชั้น และหินแปร การเปลี่ยนแปลงประเภทหินอาจเกิดขึ้นย้อนกลับไปมาได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อม ตามที่แสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 แสดงวัฏจักรของหินก่อนมาเป็นดิน[9]

1.4 ส่วนประกอบของดิน (Soil Phase)

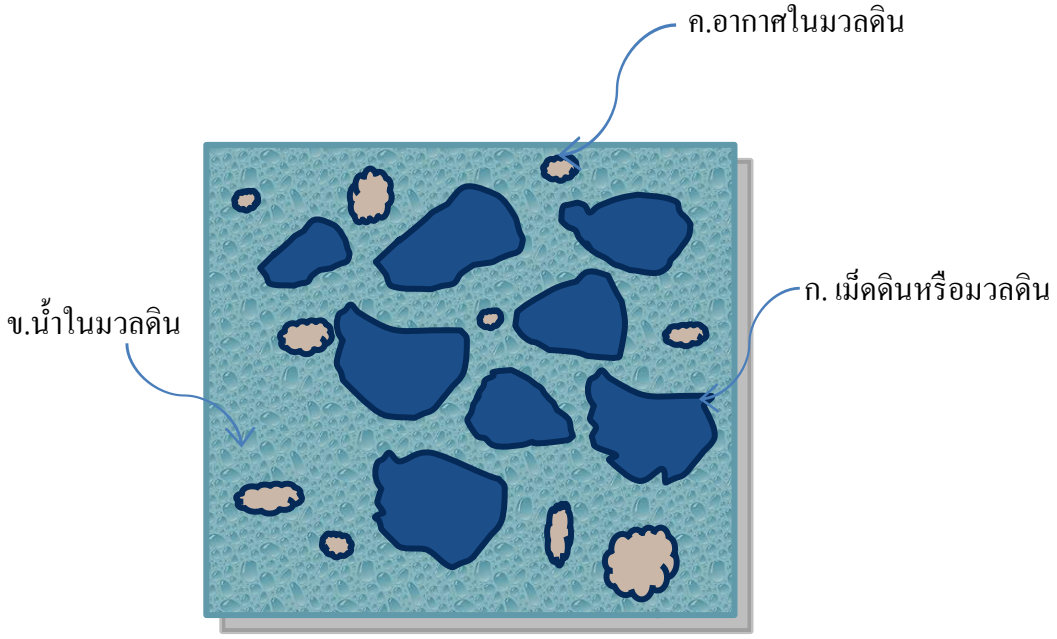
ส่วนประกอบของมวลดิน มี 3 ส่วนใหญ่ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลวและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดนี้จะมีสัดส่วนมากหรือน้อยเท่าใดต่อมวลดินหนึ่งหน่วยปริมาตร จะเป็นตัวบอก คุณสมบัติคุณภาพในการรับกำลังของดินนั้นๆ

[9] วัฒนา ธรรมมงคล, วินิต ช่อวิเชียร. ปฐพีกลศาสตร์. 2532. หน้า 3

1.4.1 เม็ดดินหรือของแข็ง (Solid) เป็นส่วนที่มีเม็ดดินหรือมวลดิน ที่เกิดจากหินผ่านกระบวนการทางฟิสิกส์ ให้ผุพัง แตกสลาย หรือจากตะกอนที่ทับถมกันมา ซึ่งมีแร่และสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ ดังรูปที่ 1.9 (ข้อ ก.)

1.4.2 น้ำหรือของเหลว (Water) น้ำเป็นส่วนประกอบอีกอย่างของดิน ซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ถ้าช่องว่างระหว่างเม็ดดินเต็มไปด้วยน้ำเรียกว่า ดินอิ่มตัว (Saturated soil) ดังรูปที่ 1.9 (ข้อ ข.)

1.4.3 อากาศหรือก๊าซ (Air) ซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ถ้าช่องว่างระหว่างเม็ดดินเต็มไปด้วยอากาศเรียกว่า ดินแห้ง (Dry soil) ถ้าช่องว่างระหว่างเม็ดดินเต็มไปด้วยน้ำและอากาศเรียกว่า ดินชื้นหรือดินเปียก (Unsaturated หรือ Wet soil) ดังรูปที่ 1.9 (ข้อ ค.)



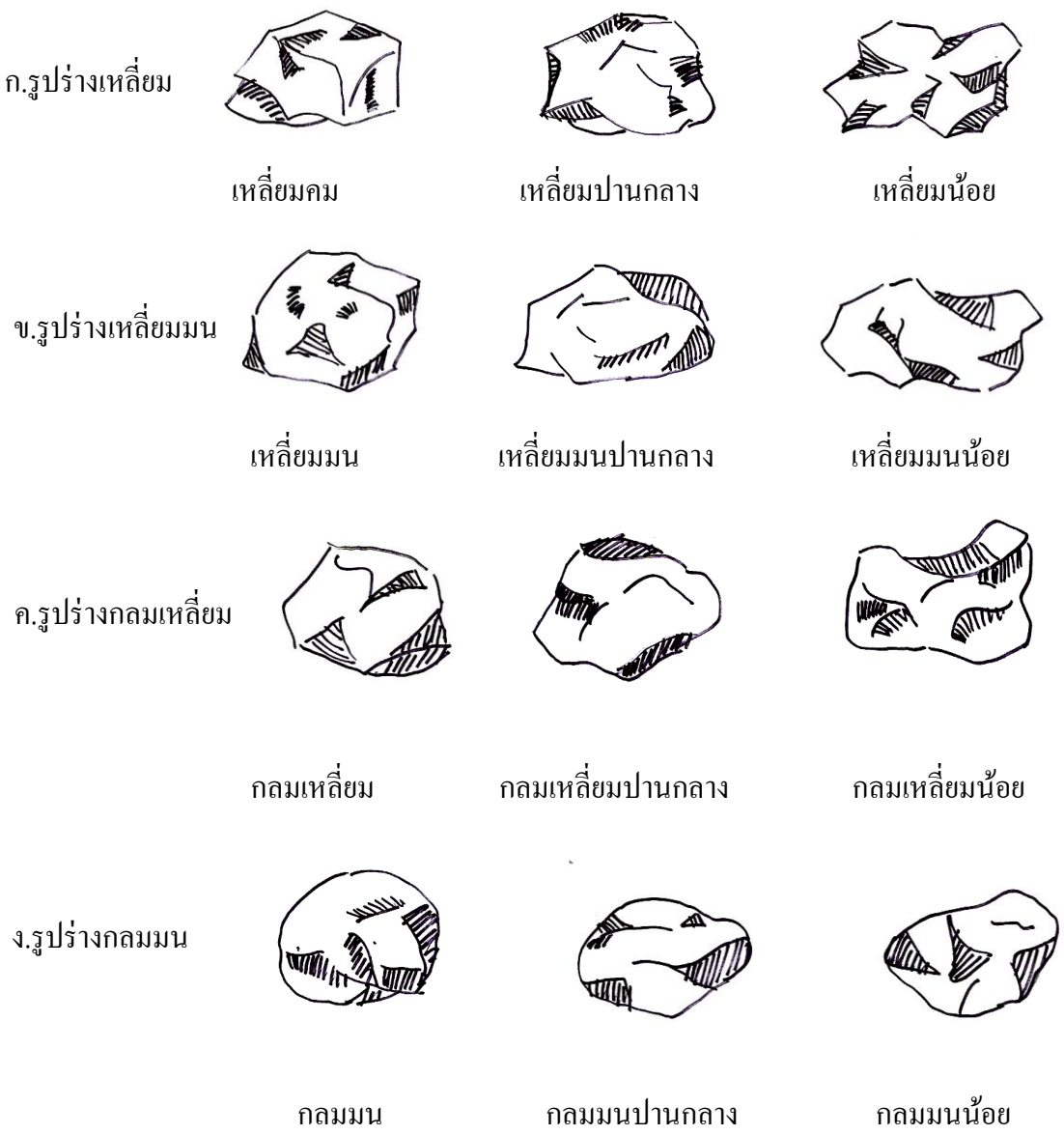
รูปที่ 1.9 แสดงส่วนประกอบของเม็ดดิน[10]

1.5 รูปร่างของเม็ดดิน

รูปร่างของเม็ดดินมีลักษณะแตกต่างกันไปตามถิ่นกำเนิดของดิน จากสภาวะการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ หรือปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ ทั้งนี้เนื่องจากเม็ดดินประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ รวมตัวกัน จึงทำให้มีรูปร่างแตกต่างกันไป และรูปร่างของเม็ดดินจะมีอิทธิพลทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนไป โดยส่วนใหญ่รูปร่างของเม็ดดินจะมี 3 กลุ่มดังนี้

[10] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.5.1 รูปร่างเป็นก้อนหรือเป็นเม็ด (Bulky grains) มีลักษณะเป็นเม็ดกลม กลมมน เหลี่ยมมน และเหลี่ยมคม ได้แก่ ดินพวกเม็ดหยาบเช่น กรวด ทราย ดินกลุ่มนี้มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากและมีการยุบตัวน้อย ถ้ารูปร่างเป็นเหลี่ยมจะสามารถบดอัดได้ง่ายด้วยแรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทกดังภาพที่ 1.10 ก. – จ.



รูปที่ 1.10 แสดงรูปร่างของเม็ดดินแบบเป็นก้อนหรือเป็นเม็ด[11]

[11] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

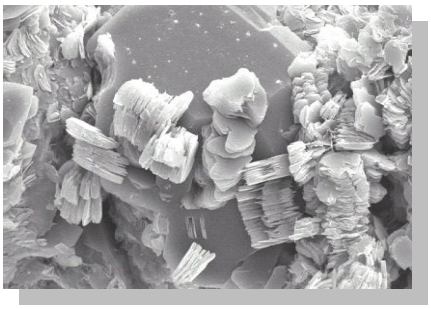
จ.รูปร่างกลม

กลม กลมปานกลาง กลมน้อย

รูปที่ 1.10 (ต่อ) รูปร่างของเม็ดดินแบบเป็นก้อนหรือเป็นเม็ด[12]

1.5.2 รูปร่างเป็นแผ่นหรือเป็นเกล็ด (Flakey หรือ Plate-like grains) มีลักษณะเป็นแผ่นแบนและบาง ดังรูปที่ 1.11 (ก. และ ข.) ดินกลุ่มนี้ได้แก่ ดินเม็ดละเอียดเช่น ตะกอนทราย และ ดินเหนียว ซึ่งประกอบด้วยแร่พวก Mega และแร่ดินเหนียวบางชนิดเช่น Kaolinite คุณสมบัติที่สำคัญของดินกลุ่มนี้คือสามารถยุบตัวได้ง่ายภายใต้น้ำหนักคงที่ การกดอัดด้วยแรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทกทำให้ดินอัดตัวกันแน่นได้ยาก

ก. Mica [13]



ข. Kaolinite [14]

รูปที่ 1.11 แสดงรูปร่างของเม็ดดินแบบเป็นแผ่นหรือเป็นเกล็ด

[12] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

[13] http:// www. skywalker.cochise.edu

[14] http//www.webmineral.com

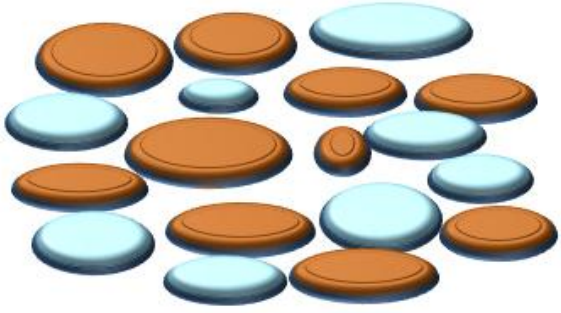
1.5.3 รูปร่างเป็นเส้น (Elongaed หรือ Needle-like Grains) ส่วนมากเป็นรูปร่างของแร่ Halloysite พวกใยหิน ขี้เถ้าภูเขาไฟบางชนิด และพวกอินทรีย์สาร เช่น Peat ดังรูปที่ 1.12

รูปที่ 1.12 แสดงรูปร่างของเม็ดดินแบบเป็นเส้น[15]

1.6 โครงสร้างของดิน (Structure of Soil)

โครงสร้างของเม็ดดิน คือการจัดเรียงตัวตามธรรมชาติ ตามขนาดและรูปร่างของเม็ดดิน รวมทั้งแร่ที่ประกอบกันเป็นเม็ดดิน เนื่องมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของเม็ดดินและแรงดึงดูดของโลก ดังนั้น โครงสร้างของดินเหล่านี้จึงมีผลต่อคุณสมบัติของดิน สามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่มดังนี้

1.6.1 โครงสร้างดินแบบเม็ดเดี่ยว (Single-Grained Structure) ส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างของพวกทราย หรือตะกอนทราย ที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.02 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อเม็ดดินตกตะกอนทับถมกันจะเรียงตัวกันแบบเป็นเม็ดต่อเม็ดซ้อนกันอยู่ ดังรูปที่ 1.13 โดยธรรมชาติจะอยู่ในสภาพหลวม เมื่อดินได้รับน้ำหนักกดทับหรือแรงสั่นสะเทือน จะทำให้โครงสร้างของเม็ดดินขยับตัวอยู่ในเรียงชิดติดกันจนอยู่ในสภาพแน่น ดินประเภทนี้จึงมีการทรุดตัวสูงมากในทันทีทันใดและจะเริ่มทรุดตัวต่อไปน้อยหรือไม่มีเลยหลังจากที่ได้รับน้ำหนักกดทับหรือแรงสั่น สะเทือนแล้ว

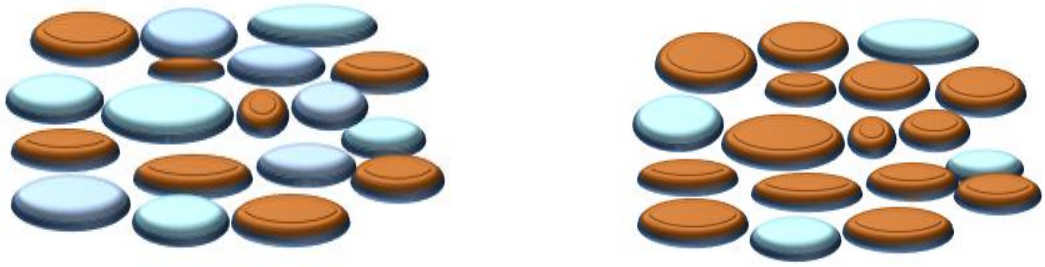


รูปที่ 1.13 แสดงโครงสร้างของดินเม็ดเดี่ยว[16]

[15] http://www.landcareresearch.co.nzr

[16] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

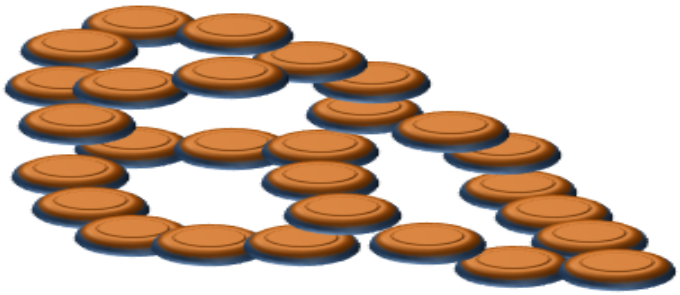
ลักษณะความแตกต่างของอัตราส่วนช่องว่างของโครงสร้างดินขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเรียงตัวกันของเม็ดดิน เช่นการเรียงตัวกันในสภาพหลวม ซึ่งจะมีอัตราส่วนของช่องว่างมากดังรูปที่ 1.14 ก. และการเรียงตัวในสภาพแน่นจะมีอัตราส่วนช่องว่างน้อย ดังรูปที่ 1.14 ข.



ก. เม็ดดินสภาพหลวม ข. เม็ดดินสภาพแน่น

รูปที่ 1.14 แสดงลักษณะความแตกต่างของอัตราส่วนช่องว่างของเม็ดดิน[17]

1.6.2 โครงสร้างแบบรวงผึ้ง (Honeycomb Structure) เป็นโครงสร้างดินตะกอนทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 0.02 มิลลิเมตร เม็ดดินพวกนี้จะตกตะกอนและเกาะติดกันเป็นรูปร่างคล้ายรวงผึ้ง ดังรูปที่ 1.15 ลักษณะของโครงสร้างนี้จะมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินสูงมากและรับน้ำหนักได้จำกัด ถ้าน้ำหนักที่กระทำต่อมวลดินมีค่ามากพอที่จะทำลายรูปร่างของโครงสร้างนี้ได้ ก็จะทำให้โครงสร้างนี้เปลี่ยนแปลงไปเป็นโครงสร้างแบบดินเม็ดเดี่ยว และอัตราส่วนช่องว่างก็จะลดลงไปด้วย ทำให้เกิดการทรุดตัวมาก ถ้าก่อสร้างอาคาร หรือมีน้ำหนักของโครงสร้างอยู่บนชั้นดินประเภทนี้ก็อาจจะเกิดการพิบัติได้ เนื่องจากการลดลงของปริมาตรดินหรือจากการทรุดตัว

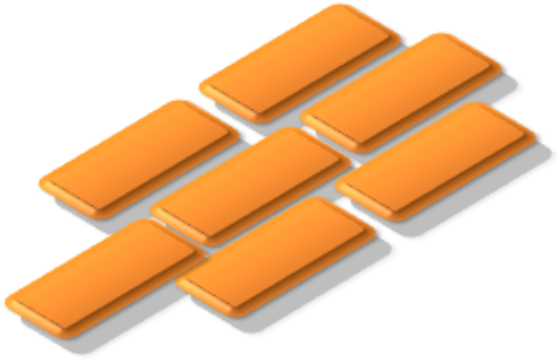


รูปที่ 1.15 แสดงโครงสร้างแบบรวงผึ้ง[18]

[17] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

[18] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.6.3 โครงสร้างแบบเป็นระเบียบ (Dispersed Structure) เป็นโครงสร้างของดินเหนียวมีลักษณะเป็นผลึกแผ่นบาง มีคุณลักษณะที่สามารถดึงดูดน้ำได้ดี ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนในน้ำจืดมีคุณสมบัติการยึดเกาะกันด้วยแรงไฟฟ้าเคมี (Electro-Chemical Forces) แรงยึดเกาะนี้เรียกว่า แรงเชื่อมแน่น แต่ผลลัพธ์จากประจุไฟฟ้า ของเม็ดดินขณะตกตะกอนทับถมกันเกิดการจัดเรียงตัวแบบ Face to Face ได้เป็นโครงสร้างแบบเป็นระเบียบ ดังรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 แสดงโครงสร้างแบบเป็นระเบียบ[19]

1.6.4 โครงสร้างแบบระเกะระกะ (Flocculent Structure) เป็นโครงสร้างของดินเหนียวที่เกิดจากการตกตะกอนในทะเล และผลลัพธ์จากประจุไฟฟ้าของเม็ดดินทำให้เมื่อเม็ดดินตกตะกอนและทับถมกันนั้น จากจัดเรียงตัวแบบ Edge to Face เม็ดดินจะยึดติดกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างผิวที่จุดสัมผัส ได้เป็นโครงสร้างแบบระเกะระกะ ดังรูปที่ 1.17 และโดยทั่วไปโครงสร้างแบบนี้จะไม่มั่นคงและมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินมาก ส่วนการตกตะกอนในน้ำสะอาดจะมีแนวโน้มเป็นทั้งสองแบบก้ำกึ่งกัน

รูปที่ 1.17 แสดงโครงสร้างแบบระเกะระกะ[20]

[19] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

[20] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.7 ขนาดของเม็ดดิน (Size of Soil)

ดินจะประกอบด้วยเม็ดดินขนาดต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับว่าขนาดของเม็ดดินส่วนใหญ่เป็นอย่างไร การแบ่งแยกขนาดเพื่อใช้ในการจำแนกดินออกเป็นพวกๆ มีหลายมาตรฐานต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1.1 นี้

ตารางที่ 1.1 แสดงการแบ่งขนาดของเม็ดดิน[21]

ชนิดของดิน	ขนาดของเม็ดดิน (มม.)
หินขนาดใหญ่ (Boulder)	ขนาดใหญ่กว่า 300 มม.
หินขนาดกลาง (Cobble)	ขนาด 150 มม. – 300 มม.
กรวด (Gravel)	ขนาด 2 มม. – 150 มม.
ทราย (Sand)	ขนาด 0.06 มม. – 2 มม.
ตะกอนทราย (Silt)	ขนาด 0.002 มม. – 0.06 มม.
ดินเหนียว (Clay)	ขนาดเล็กกว่า 0.002 มม.

1.8 การกระจายตัวของเม็ดดิน (Grain Size Distribution)

เม็ดดินจะมีขนาดหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ บางทีก็มีหลายๆขนาดมารวมตัวกัน ทั้งนี้จะหาขนาดของเม็ดดินได้จากการเขียนรูปกราฟแสดงการกระจายของเม็ดดินนั้นๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเม็ดดินกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานหรือการตกตะกอนของเม็ดดิน ดังรูปที่ 1.18

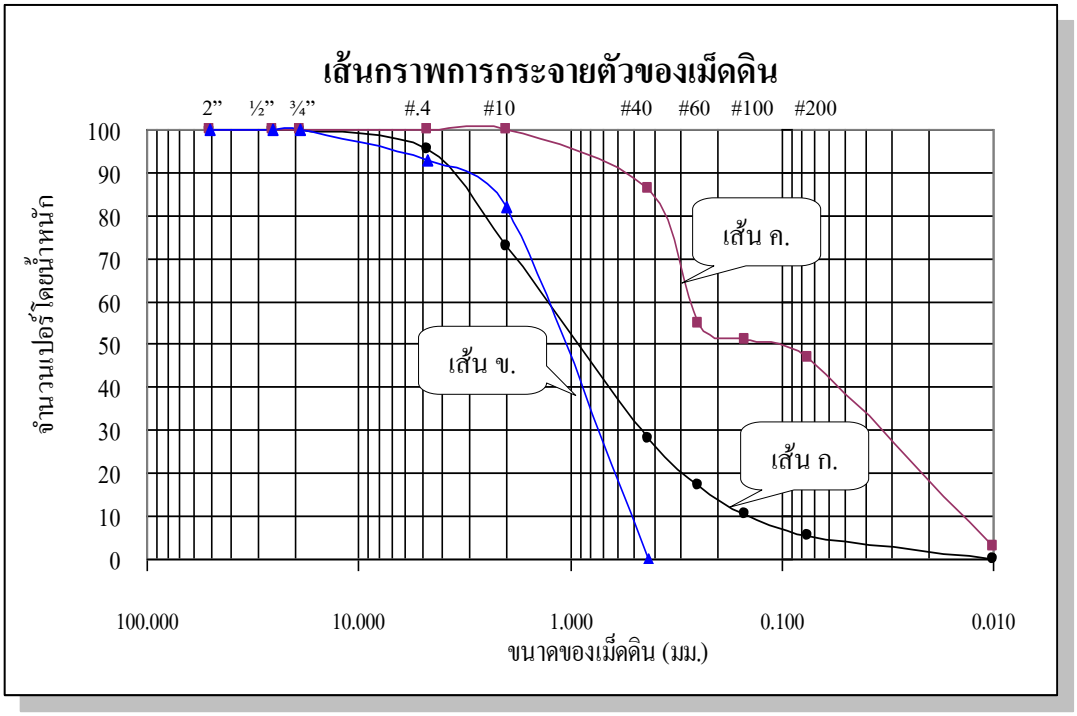
1.8.1 ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded Soil) เส้นกราฟจะมีแนวโค้งเรียบอย่างสม่ำเสมอจากด้านหนึ่งไปด้านหนึ่ง ดังเส้น ก. ในรูปที่ 1.18

1.8.2 เม็ดดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (Pooly Graded Soil) แบ่งได้เป็น 2 ช่วงคือ

[21] สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน (Soil Mechanics). 2545. หน้า 3

1.8.2.1 ดินที่มีขนาดสม่ำเสมอ (Uniform Graded) คือเม็ดดินจะมีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ดังกราฟเส้น ข. ในรูปที่ 1.18

1.8.2.2 ดินที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Gap Graded) คือดินที่มีแต่ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยที่ขนาดปานกลางหายไป หรือขาดขนาดใดขนาดหนึ่งไป เส้นกราฟจะมีลักษณะราบในช่วงที่ขนาดของเม็ดดินขาดหายไป ดังกราฟเส้น ค. ในรูปที่ 1.18



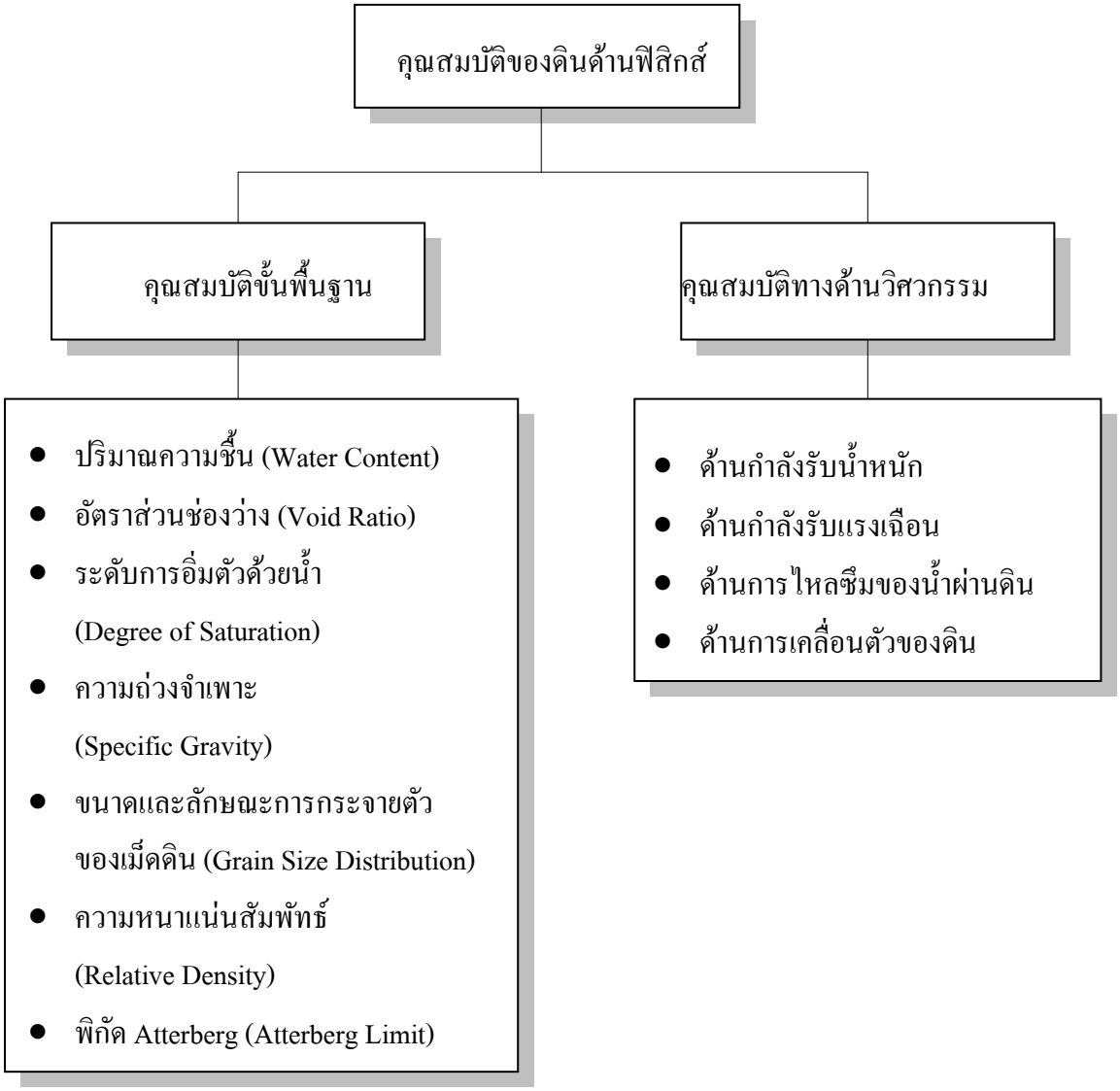
รูปที่ 1.18 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน[22]

1.9 คุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์ (Physical Properties of Soil)[23]

การตรวจสอบและศึกษาคุณสมบัติของดินเพื่อใช้ในงานทางด้านฟิสิกส์ซึ่งแบ่งเป็นสองพวกใหญ่ๆ ดังรูปที่ 1.19

[22] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

[23] สุรฉัตร สัมพันธารักษ์. วิศวกรรมปฐพี. 2548. หน้า 12

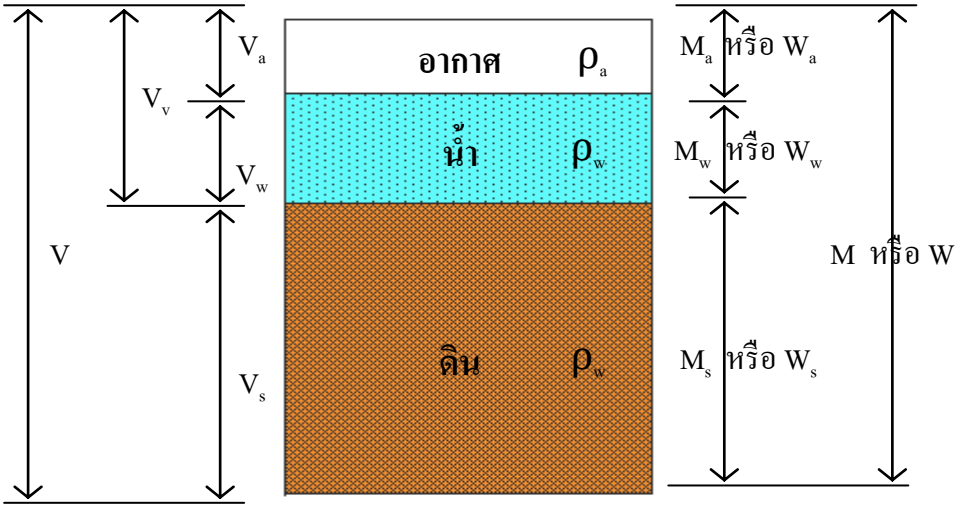


รูปที่ 1.19 แสดงการแบ่งสมบัติของดิน[24]

การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของดินทำได้ในห้องปฏิบัติการหรือห้องทดสอบ ส่วนคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมนั้นสามารถทำได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม ซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดในบทต่อไป

[24] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.9.1 คุณสมบัติขั้นพื้นฐาน[25] (Basic Soil Properties) คุณสมบัติขั้นพื้นฐานนี้ บางครั้งจะเรียกว่า ดัชนีของคุณสมบัติ (Index Property) จะเป็นตัวบอกถึงปัญหาทางด้านวิศวกรรมของดินที่จะเกิดขึ้น การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการนำดินไปใช้งานในทางวิศวกรรม รายละเอียดของการทดสอบและความหมายของคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน ตลอดจนถึงการนำค่าต่างๆ ในคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของดินมีองค์ประกอบของดินมี 3 ส่วนใหญ่ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลว และส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ ในทางวิศวกรรมของดินจะต้องรู้สัดส่วนมวล หรือน้ำหนักและปริมาตรของดิน เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของดิน โดยส่วนต่างๆของดินสามารถเขียนแยกออกมาได้ ดังรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 แสดงสัดส่วนของมวลดิน 3 ส่วน[26]

เมื่อ

V	= ปริมาตรของดินทั้งก้อน	หน่วยเป็น m^3 (ลูกบาศก์เมตร)
V_s	= ปริมาตรส่วนที่เป็นเม็ดดิน	หน่วยเป็น m^3
V_v	= ปริมาตรของช่องว่าง	หน่วยเป็น m^3
V_w	= ปริมาตรของน้ำ	หน่วยเป็น m^3
V_a	= ปริมาตรของอากาศ	หน่วยเป็น m^3

[25] สุรฉัตร สัมพันธารักษ์. วิศวกรรมปฐพี. 2548. หน้า 13

[26] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

M = มวลของดินทั้งหมด หน่วยเป็น Kg (กิโลกรัมแรง)

M_s = มวลของเม็ดดิน หน่วยเป็น Kg

M_w = มวลของน้ำ หน่วยเป็น Kg

M_a = มวลของอากาศ หน่วยเป็น Kg

W = น้ำหนักของมวลดินทั้งก้อน หน่วยเป็น N (นิวตัน)

W_s = น้ำหนักของเม็ดดิน หน่วยเป็น N

W_w = น้ำหนักของน้ำ หน่วยเป็น N

W_a = น้ำหนักของอากาศ หน่วยเป็น N

g = อัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก เท่ากับ 9.806 m/s^2 หรือ N

มวลและน้ำหนักมีความสัมพันธ์กันคือ

$$W = (M).(g)$$

เมื่อมวล 1 kg มีน้ำหนักเท่ากับ = 9.806 N

ถ้ามวลมีน้ำหนัก = 1,000 kg

จะได้ดังนี้ = 1,000 x 9.806

= 9,806 N

ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ของดินที่สำคัญมีดังนี้

1. อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio หรือ e) คือช่องว่างระหว่างเม็ดดินกับเม็ดดิน

$$e = \frac{V_V}{V_S} = \frac{n}{1-n} \quad \text{.....(1)}$$

2. ความพรุน (Porosity หรือ n)

$$n = \frac{V_V}{V} = \frac{V_V}{V_V + V_S} = \frac{e}{1+e} \quad \text{.....(2)}$$

3. ระดับความอิ่มตัว (Degree of Saturation หรือ Sr)

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \text{ x } 100\% \quad \text{.....(3)}$$

4. ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil Particles หรือ G_s)

$$G_s = \frac{W_S}{V_S \gamma_w} = \frac{M_S}{V_S \rho_w} \quad \text{.....(4)}$$

5. ความหนาแน่น (Density) คือมวลของดินต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มี 4 แบบดังนี้

5.1 ความหนาแน่นทั้งหมด (Bulk Density) หรือ Wet Density หรือ ρ

$$\rho = \frac{G_s + S_r e}{1 + e} \quad \text{.....(5)}$$

5.2 ความหนาแน่นอิ่มตัว (Saturated Density หรือ ρ_{sat})

$$\rho_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \rho_w \quad \text{.....(6)}$$

5.3 ความหนาแน่นแห้ง (Dry Density หรือ ρ_d)

$$\rho_d = \frac{G_s}{1 + e} \rho_w \quad \text{.....(7)}$$

5.4 ความหนาแน่นจมน้ำ (Submerged หรือ Buoyant หรือ Effective Density)

$$\rho_{sub} \ (\rho') = \rho_{sat} - \rho_w = \frac{G_s - 1}{1 + e} \rho_w \quad \text{.....(8)}$$

6. หน่วยน้ำหนักดิน (Unit Weight) คือน้ำหนักของดินต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มี 4 แบบดังนี้

6.1 หน่วยน้ำหนักทั้งหมด (Bulk Unit Weight) หรือ Total Unit Weight หรือ Wet Unit Weight หรือ γ

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v}$$

$$= \frac{G_s V_s \gamma_w + V_w \gamma_w}{V_s + V_v}$$

$$= \frac{G_s V_s \gamma_w + S_r V_v \gamma_w}{V_s + V_v}$$

$$\gamma = \frac{G_s + S_r e}{1 + e} \gamma_w \quad \text{.....(9)}$$

6.2 หน่วยน้ำหนักอิ่มตัว(Saturated Unit Weight หรือ γ_{sat})

$$\gamma_{sat} = \frac{W}{V}$$

เมื่อ $S_r = 100\% = 1$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w \quad \text{.....(10)}$$

6.3 หน่วยน้ำหนักแห้ง (Dry Unit Weight หรือ γ_d)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

เมื่อ $S_r = 0$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w \quad \text{.....(11)}$$

6.4 หน่วยน้ำหนักจมน้ำ (Submerged หรือ Buoyant หรือ Effective Unit Weight หรือ γ')

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$= \frac{G_s+e}{1+e}\gamma_w - \gamma_w$$

$$= \frac{G_s-1}{1+e}\gamma_w \quad \text{.....(12)}$$

โดยที่ หน่วยน้ำหนักของน้ำ $\gamma_w = 9{,}806\ kN/m^3$

$$\gamma = \rho \cdot g \times 10^{-3}\ kN/m^3 \quad \text{.....(13)}$$

ρ = ความหนาแน่น หน่วยเป็น kg/m^3

g = อัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก เท่ากับ 9.806 m/s^2 หรือ N

7. ปริมาณน้ำหรือปริมาณความชื้น (Water Content หรือ Moisture Content หรือ ω)

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad \text{.....(14)}$$

$$\omega = \frac{M_w}{M_s} \times 100\% \quad \text{.....(15)}$$

8. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density หรือ R.D. หรือ D_r)

$$\text{R.D. หรือ } D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100\% \quad \text{.....(16)}$$

9. ปริมาณอากาศ (Air Content หรือ Percentage Air Void หรือ A_v)

$$A_v = \frac{V_a}{V} \times 100\% \quad \text{.....(17)}$$

10. วิกฤตความชันทางชลศาสตร์ (Critical Hydraulic Gradient หรือ i_c)

$$i_c = \frac{G_s - 1}{1 + e} \quad \text{.....(18)}$$

1.10 การคำนวณคุณสมบัติพื้นฐานของดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของดินที่กล่าวมานี้จะมีค่าที่หาได้จากห้องทดลอง คือ ค่าของน้ำหนักดิน ปริมาตร ความถ่วงจำเพาะและความชื้นในดิน ส่วนค่าอื่นๆ ที่เหลือนั้นจะหาได้จากการคำนวณ โดยการแบ่งส่วนประกอบของดินจากการพิจารณาจากสัดส่วนของมวลดิน

ตัวอย่างที่ 1.1

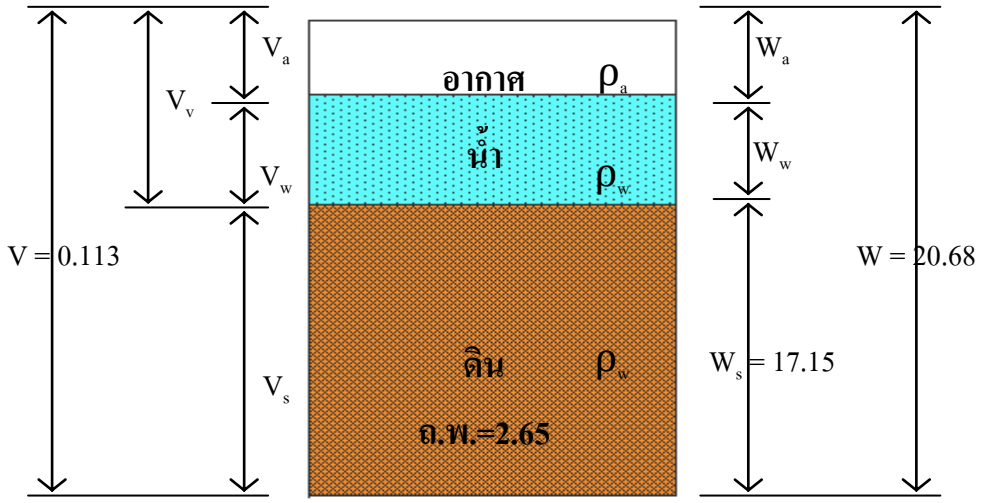
ดินชิ้นก้อนหนึ่งหนัก 20.68 kg มีปริมาตรเท่ากับ 0.0113 m^3 หลังจากอบแห้งแล้วน้ำหนักดินลดลงเหลือเท่ากับ 17.15 kg และดินมีค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) เท่ากับ 2.65 m^3

จงคำนวณหา 1.1.1 ปริมาณน้ำในดิน 1.1.2 หน่วยน้ำหนักของดินทั้งก้อน

1.1.3 อัตราส่วนช่องว่างในดิน 1.1.4 ความพรุน

1.1.5 ขีดความอิ่มตัวของดิน 1.1.6 วิกฤตความชันทางชลศาสตร์

วิธีทำ เขียนรูปส่วนประกอบในดิน จากค่าที่โจทย์กำหนดให้ ดังรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 แสดงสัดส่วนของดิน[27]

1.1.1 ปริมาณน้ำในดิน

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W - W_w}{W_s}$$

$$\omega = \frac{20.68 - 17.15}{17.15}$$

ω = 0.2058 หรือ 20.58%.....(ตอบ)

[27] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.1.2 หน่วยน้ำหนักของดินทั้งก้อน

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

$$\gamma = \frac{20.68}{0.0113}$$

$$\gamma = 1{,}830.08 \text{ kg/m}^3 \text{.....(ตอบ)}$$

1.1.3 อัตราส่วนช่องว่างในดิน

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$Vv = V - V_s$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w}$$

$$V_s = \frac{17.15}{2.65 \text{x} 1{,}000}$$

$$V_s = 0.00647 \text{ m}^3$$

$$V_v = 0.0113 - 0.00647 = 0.00483 \text{ m}^3$$

$$e = \frac{0.00483}{0.00647} = 0.7465$$

หรือ = 74.65%.....(ตอบ)

1.1.4 ความพรุน

$$n = \frac{V_v}{V}$$

$$n = \frac{0.00483}{0.0113}$$

$n = 0.4272$ หรือ = 42.74%.....(ตอบ)

1.1.5 ขีดความอิ่มตัวของดิน

$$S_r = \frac{V_w}{V_v}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{20.26 - 17.15}{1,000}$$

$$V_w = 0.00343\ m^3$$

$$S_r = \frac{0.00343}{0.00483}$$

$S_r = 0.7101$ หรือ = 71.01%.....(ตอบ)

1.1.6 วิกฤตความชันทางชลศาสตร์

$$ic = \frac{G_s - 1}{1 + e}$$

$$= \frac{2.65 - 1}{1 + 0.7465}$$

$$= 0.944 \text{.....(ตอบ)}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 จากส่วนประกอบในดินที่กำหนดให้จากรูปที่ 1.22 จงคำนวณหาค่า

1.2.1 ปริมาณน้ำในดิน(ω)

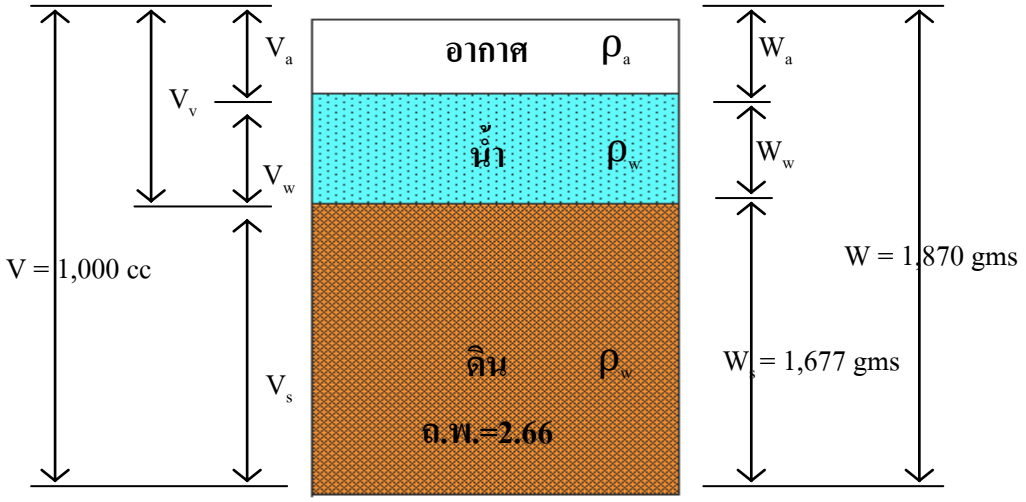
1.2.2 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินแห้ง (γ_d)

1.2.3 ความพรุน (n)

1.2.4 ขีดความอิ่มตัว (S_r)

1.2.5 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินอิ่มตัว (γ_{sat})

วิธีทำ เขียนรูปส่วนประกอบในดิน จากค่าที่โจทย์กำหนดให้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 1.22 แสดงสัดส่วนของดิน[28]

[28] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

วิธีทำ 1.2.1 ปริมาณน้ำในดิน

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W - W_s}{W_s}$$

$$= \frac{1,870 - 1,677}{1,677}$$

ω = 0.115 หรือ 11.50%.....(ตอบ)

1.2.2 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินแห้ง

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$= \frac{1,677}{1,000}$$

γ_d = 1.677 gms / cc…….....(ตอบ)

1.2.3 ความพรุน

$$n = \frac{V_v}{V}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} = \frac{1,677}{2.66(1.0)}$$

V_s = 630.45 m^3

V_v = 1,000 – 630.45

= 369.55 cc

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{369.55}{1,000}$$

n = 0.3695 หรือ = 36.95%.....(ตอบ)

1.2.4 ขีดความอิ่มตัว

$$S_r = \frac{V_w}{V_v}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{1,870 - 1,677}{(1.0)}$$

V_w = 193 cc

$$S_r = \frac{193}{369.55}$$

S_r = 0.5222 หรือ = 52.22% .....(ตอบ)

1.2.5 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินอิ่มตัว

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s V_v \gamma_w}{V}$$

$$= \frac{1,677 - 369.55(1.0)}{1,000}$$

γ_{sat} = 2.046 gms / cc.....(ตอบ)

ตัวอย่างที่ 1.3 จงพิสูจน์ค่าของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบในดินดังต่อไปนี้

1.3.1 หน่วยน้ำหนักของดินทั้งก้อน

1.3.1.1 $$\gamma = \frac{(G_s + S_r e)\gamma_w}{1+e}$$

1.3.1.2 $$\gamma = \frac{(1+m)G_s\gamma_w}{1+e}$$

1.3.1.3 $$\gamma = \gamma_d(1+m)$$

1.3.2 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินแห้ง

1.3.2.1 $$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w$$

1.3.2.2 $$\gamma_d = \frac{G_s}{1+m\frac{G_s}{S_r}}\gamma_w$$

1.3.3 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินอิ่มตัว

1.3.3.1 $$\gamma_{sat} = \left(\frac{G_s + e}{1+e}\right)\gamma_w$$

1.3.4 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินจมน้ำ

1.3.4.1 $$\gamma' = \left(\frac{G_s - 1}{1+e}\right)\gamma_w$$

1.3.5 ปริมาตร

$$1.3.5.1 \quad V_v = \frac{e}{1+e} V$$

$$1.3.5.2 \quad V_s = \frac{1}{1+e} V$$

$$1.3.5.3 \quad V_w = \frac{S_r e}{1+e} V$$

1.3.6 น้ำหนัก

$$1.3.6.1 \quad W_w = \frac{S_r.e}{1+e} V.\gamma_w$$

$$1.3.6.2 \quad W_s = \frac{1}{1+e} V.G_s.\gamma.\gamma_w$$

$$1.3.6.3 \quad W = \frac{(G_s S_r e)}{1+e} V.\gamma_w$$

วิธีทำ พิสูจน์จากสูตรที่นิยามกำหนดให้

$$1.3.1.1 \quad \gamma = \frac{(G_s + S_r e)}{1+e}\gamma_w$$

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s - W_w}{V_s + V_v}$$

$$\gamma = \frac{G_s V_s \gamma_w - V_v \gamma_w}{V_s + eV_s}$$

$$\gamma = \frac{G_s V_s \gamma_w - S_\gamma V_v \gamma_w}{V_s(1+e)}$$

$$\gamma = \frac{G_s V_s - S_r e V_s}{V_s(1+e)}\gamma_w \text{ .....(ตอบ)}$$

1.3.1.2 $$\gamma = \frac{1+m}{1+e}G_s\gamma_w$$

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v}$$

$$\gamma = \frac{W_s + mW_s}{V_s + eV_s} = \frac{(1+m)W_s}{(1+e)V_s}$$

$$\gamma = \frac{(1+m)}{(1+e)} \cdot \frac{G_s V_s \gamma_w}{V_s} \text{ .....(ตอบ)}$$

1.3.1.3 $$\gamma = \gamma_d(1+m)$$

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V}$$

$$\gamma = \frac{W_s + mW_s}{V} = \frac{W_s}{V}(1+m)$$

$$\gamma = \gamma_d(1+m) \text{ .....(ตอบ)}$$

1.3.2.1 $$\gamma_d = \frac{G_s}{(1+e)}\gamma_w$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V} = \frac{G_s V_s \gamma_w}{V_s + V_v}$$

$$\gamma_s = \frac{G_s V_s \gamma_w}{V_s + eV_s} = \frac{G_s V_s \gamma_w}{V_s(1+e)}$$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{(1+e)}\gamma_w \text{.....(ตอบ)}$$

1.3.2.2 $$\gamma_d = \frac{G_s}{1+\frac{mG_s}{S_r}}.\gamma_w$$

จาก 1.3.2.1 $$\gamma_d = \frac{G_s}{(1+e)}.\gamma_w$$

$$e = \frac{mG_s}{S_r}.\gamma_w$$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{(1+\frac{mG_s}{S_r})}.\gamma_w \text{.....(ตอบ)}$$

1.3.3.1 $$\gamma_{sat} = \left(\frac{G_s + e}{1+e}\right)\gamma_w$$

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + V_v\gamma_w}{V}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s V_s \gamma_w + e V_s \gamma_w}{V_s + V_v}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)}{V_s + e V_s} V_s \gamma_w \quad \text{.....(ตอบ)}$$

1.3.4.1 $$\gamma' = \frac{(G_s - 1)}{(1+e)} \gamma_w$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\gamma' = \frac{(G_s + e)}{(1+e)} \gamma_w - \gamma_w$$

$$\gamma' = \frac{(G_s + e)\gamma_w + \gamma_w (1+e)}{1+e}$$

$$\gamma' = \frac{G_s \gamma_w + e\gamma_w - \gamma_w - e\gamma_w}{1+e}$$

$$\gamma' = \frac{G_s \gamma_w - \gamma_w}{1+e}$$

$$\gamma' = \frac{(G_s - 1)}{(1+e)} \gamma_w \quad \text{.....(ตอบ)}$$

1.3.5.1 $$V_v = \frac{e}{1+e} V$$

$$V_v = e V_s$$

$$V_v = e\,(V - V_v)$$

$$V_v = e\,V - e\,V_v$$

$$V_v + e\,V_v = e\,V$$

$$V_v\,(1+e) = e\,V$$

$$V_v = \frac{e}{1+e}\,V \quad \text{.....(ตอบ)}$$

1.3.5.2 $$V_s = \frac{V}{1+e}$$

$$V_s = V - V_v$$

$$V_s = V - eV_s$$

$$V_s + eV_s = V$$

$$V_s = \frac{V}{(1+e)} \quad \text{.....(ตอบ)}$$

1.3.5.3 $$V_w = \frac{S_r eV}{1+e}$$

$$V_w = S_r V_v$$

$$= S_r n \,.\, V$$

$$V_w = \frac{S_r eV}{1+e} \quad \text{.....(ตอบ)}$$

1.3.6.1 $$W_w = \frac{S_r eV\gamma_w}{1+e}$$

$W_w = \gamma_w V_w = \gamma_w S_r V_v$

$= \gamma_w S_r n V$

$W_w = \frac{S_r e V \gamma_w}{1+e}$ .....(ตอบ)

1.3.6.2 $W_s = \frac{1}{1+e} V.G_s \gamma_w$

$W_s = W - W_w = \gamma V - V_w \gamma_w$

$= V \frac{G_s + S_r e}{(1+e)} \gamma_w - \frac{S_r e V \gamma_w}{(1+e)}$

$= \frac{VG_s\gamma_w + VS_r e\gamma_w - VS_r e\gamma_w}{(1+e)}$

$W_s = \frac{1}{1+e} V.G_s \gamma_w$ .....(ตอบ)

1.3.6.3 $W = \frac{(G_s + S_r e)}{(1+e)} V.\gamma_w$

$W = W_s + W_w$

$= \frac{V_s G_s \gamma_w}{(1+e)} + \frac{\gamma_w S_r .V.e}{(1+e)}$

$W = \frac{(G_s + S_r e)}{(1+e)} V.\gamma_w$ .....(ตอบ)

ตัวอย่างที่ 1.4 ดินอิ่มตัว ถ.พ. (G_s) = 2.67 และปริมาณน้ำในดินตามข้อมูลจากห้องทดลองมีดังนี้

น้ำหนักดินเปียก + น้ำหนักกระป๋อง = 150.63 กรัม

น้ำหนักดินแห้ง + น้ำหนักกระป๋อง = 131.58 กรัม

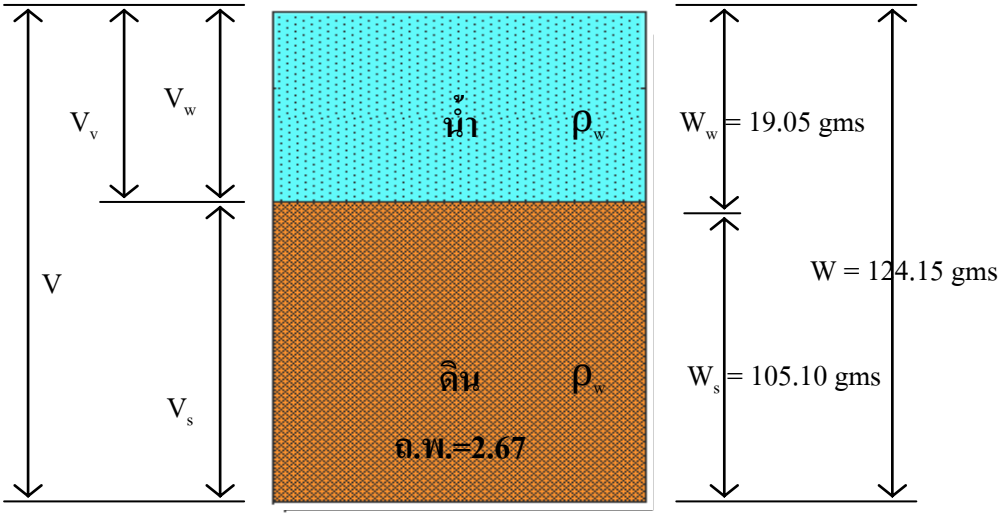
น้ำหนักกระป๋อง = 26.48

จงคำนวณหาค่า 1.4.1 ปริมาณความชื้นในดิน

1.4.2 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินแห้ง

1.4.3 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินอิ่มตัว (S_r = 1)

วิธีทำ เขียนรูปแสดงส่วนประกอบในดินพร้อมกับเขียนค่าต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดกำกับไว้ในแต่ละส่วน ดังรูปที่ 1.23



รูปที่ 1.23 แสดงสัดส่วนของดิน[29]

1.4.1 ความชื้นในดิน

$$M = \frac{W_w}{W_s} = \frac{19.05}{105.10}$$

M = 0.1812 หรือ 18.12%.....(ตอบ)

[29] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

1.4.2 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินแห้ง

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$V = V_s + V_v$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} = \frac{105.10}{2.65(1.0)}$$

$$V_s = 36.66 \text{ cc}$$

$$V_v = V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{19.05}{(1.0)}$$

$$V_v = 19.05 \text{ cc}$$

$$V = 39.66 + 19.05$$

$$V = 58.71 \text{ cc}$$

$$\gamma_d = \frac{105.10}{58.71}$$

$$\gamma_d = 1.79 \text{ gms / cc} \quad \text{.....(ตอบ)}$$

1.4.3 หน่วยน้ำหนักเมื่อดินอิ่มตัว

$$\gamma_{sat} = \frac{W}{V} \text{ (เพราะปั้นดินอิ่มตัว)}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{124.15}{58.71} = 2.11 \text{ gms / cc}$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_d (1+m)$$

$$= 1.79 (1+0.1818)$$

$$\gamma_{sat} = 2.11 \text{ gms / cc}$$.....(ตอบ)

ตัวอย่างที่ 1.5 ดินทรายตัวอย่างหนึ่งมีความหนาแน่นแห้ง 1.80 t/m^3 เมื่อนำตัวอย่างดินมา 400 g ใส่ในถ้วยตวงในสภาพหลวมได้ปริมาตรเป็น 292 cm^3 แต่เมื่อนำดินน้ำหนักเท่ากันใส่ลงในถ้วยตวง โดยมีการเขย่าและกระทุ้งให้แน่นพบว่าปริมาตรเป็น 216 cm^3

จงหา 1.5.1 ความหนาแน่นสัมพันธ์

วิธีทำ

$$\text{R.D. หรือ } D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

$$= \frac{\gamma_{d(max)}}{\gamma_d} \times \frac{\gamma_d - \gamma_{d(min)}}{\gamma_{d(max)} - \gamma_{d(min)}}$$

$$\text{โดยที่ } \gamma_{d(min)} = \frac{400}{292} = 1.37 \text{ gm/cm}^3 = 1.37 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{d(max)} = \frac{400}{216} = 1.85 \text{ gm/cm}^3 = 1.85 \text{ t/m}^3$$

$$D_r = \frac{1.85}{1.80} \times \frac{1.80 \quad 1.37}{1.85 \quad 1.37} \times 100\%$$

$$D_r = 92\%$$.....(ตอบ)

1.9.2 สมบัติทางด้านวิศวกรรม (Engineering Soil Properties) สมบัติทางด้านวิศวกรรมนั้น สามารถทราบค่าต่างๆ ของดินได้โดยการคำนวณและทำในห้องปฏิบัติการหรือในสนาม เพื่อให้ทราบค่าสมบัติของดินในด้านกำลังรับน้ำหนัก ด้านกำลังรับแรงเฉือน ด้านการไหลซึมของน้ำผ่านดิน ด้านการเคลื่อนตัวของดิน ซึ่งจะได้กล่าวถึงสมบัติของดินทางด้านวิศวกรรมในด้านต่างๆ ในบทต่อไป

ทั้งนี้ในอดีตยังไม่มีการศึกษาสมบัติของดินด้านวิศวกรรมอย่างจริงจัง เมื่อมีการก่อสร้างทางบนชั้นดินอ่อนก็มักจะใช้วัสดุแข็งมารองที่พื้นทางเช่นก้อนหินใหญ่ ท่อนไม้ หรือขุดดินมาทับถมกันทำเป็นทาง คันดิน หรือกรณีที่ทำเขื่อนแล้วปล่อยทิ้งไว้ตามธรรมชาติสัก 1–2 ปี หรืออาจนานกว่านั้น เพื่อให้ดินมีการทรุดตัวจนแน่นด้วยวิถีทางธรรมชาติเอง ดังแสดงในรูปที่ 1.24, รูปที่ 1.25, รูปที่ 1.26 และรูปที่ 1.27 ในปัจจุบันจะใช้เครื่องจักรกลมาช่วยทำให้ดินแน่น ดังรูปที่ 1.28 และ 1.29

รูปที่ 1.24 แสดงถึงการใช้ท่อนไม้ปูที่พื้นถนนในสมัยก่อน[30]

รูปที่ 1.25 แสดงถึงการใช้หินปูพื้นถนนแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แน่นตัวตามธรรมชาติ[31]

[30] http://curbstone.com/_macadam.htm

[31] http://curbstone.com/_macadam.htm

รูปที่ 1.26 แสดงถึงการใช้หินปูพื้นถนนแล้วใช้ดินกลบผิวหน้าของถนนให้เรียบ[32]

รูปที่ 1.27 แสดงถึงการทำถนนด้วยแรงงานม้าโดยไม่มีการบดอัด[33]

[32] http://curbstone.com/_macadam.htm

[33] http://curbstone.com/_macadam.htm

รูปที่ 1.28 แสดงการใช้เครื่องจักรกลช่วยสร้างถนนในปัจจุบัน[34]

รูปที่ 1.29 แสดงในปัจจุบันใช้รถบดดินทำให้ถนนแน่นขึ้น[35]

[34] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

[35] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน เม.ย. 2552

สรุป

ดินเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินหรือวัตถุให้กำเนิดดิน ชนิดและประเภทของดิน มีรูปร่างและสมบัติแตกต่างกัน จะขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นสำคัญ วัตถุต้นกำเนิดดินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ ประเภทที่หนึ่งคือ อนินทรีย์วัตถุได้แก่ หิน แร่ต่างๆ และมีผลต่อสมบัติด้านต่างๆ ของดิน ส่วนประเภทที่สองคือ อินทรีย์วัตถุได้แก่ ซากพืชและสัตว์ที่ย่อยสลายแล้ว เป็นวัตถุองค์ประกอบดินที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ขับถ่ายของเสียและตายทับถมกันในดิน และเน่าเปื่อยย่อยสลาย กลายเป็นอินทรียวัตถุในดิน อินทรียวัตถุถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อยในดิน แต่มีอิทธิพลต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินเป็นอย่างมาก ทางด้านกายภาพจะมีอิทธิพลต่อความคงทนในการก่อตัวเป็นเม็ดดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ สีของดิน ทางด้านเคมี เช่น ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าไอออนบวกของดินและส่วนประกอบของเม็ดดินและรูปร่างของเม็ดดินที่มีลักษณะแตกต่างกัน จะมีผลต่อกำลังรับน้ำหนักของดินด้วย

ดินมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีคือ ดินมีความสำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก ดินดึงธาตุไนโตรเจนและคาร์บอนจากบรรยากาศ มาสร้างธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต ดินทำให้สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ได้รับอิทธิพลซึ่งกันและกัน ดินรับแรงกดทับได้ดี ในดินบางลักษณะ ข้อเสียของดินคือไม่สามารถรับแรงดึงได้ และดินมีความเปลี่ยนแปลงปริมาตรได้ง่าย ถ้ามีน้ำหรือความชื้นเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และมีข้อจำกัดในการรับน้ำหนักบรรทุกในงานก่อสร้าง

ดินแบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ๆได้ สี่ชนิด คือ กรวด ทราย ทรายเม็ดป่น และดินเหนียวซึ่งดินแต่ละชนิดจะมีสมบัติในการรับกำลังต่างกัน ขนาดของเม็ดดินก็มีผลต่อความสัมพันธ์ของส่วนประกอบในมวลดิน โดยมีส่วนประกอบหลักๆ สามส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลวและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ ซึ่งทั้งสามส่วนนี้จะทำให้มีอิทธิพลต่อสมบัติของดินทางด้านฟิสิกส์ เช่นการรับกำลังและความสามารถในการบดอัดแน่นของมวลดิน โดยความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ของดินที่สำคัญนั้นจะได้แก่ ความหนาแน่นแห้ง หน่วยน้ำหนักของดิน ความถ่วงจำเพาะของดินและความหนาแน่นของเม็ดดิน

แบบทดสอบที่ 1 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 1 เรื่องสมบัติและส่วนประกอบของดิน

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ความหมายของดินคืออะไร
   - ก. ส่วนประกอบของแผ่นดิน
   - ข. วัตถุที่ใช้ในการเพาะปลูก
   - ค. การแปรสภาพผุพังของหินและแร่
   - ง. ประกอบด้วยของแข็งและก๊าซ
2. ลำดับของการพัดพาของหินตะกอนคือข้อใด
   - ก. กรวด หิน ทรายแป้ง ทราย
   - ข. หิน ทรายแป้ง ทราย ดินเหนียว
   - ค. กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว
   - ง. หิน กรวด ทรายแป้ง ดินเหนียว
3. เม็ดดินที่มีรูปร่างเป็นแผ่นหรือเกล็ดคือดินชนิดใด
   - ก. ดินเหนียว
   - ข. ทราย
   - ค. ทรายแป้ง
   - ง. กรวด
4. ให้ตอบว่าวัฏจักรของดินคือข้อใด
   - ก. พุผัง หินแปร หินชั้น หินอัคนี
   - ข. หินอัคนี หินแปร หินชั้น ผุพัง
   - ค. หินอัคนี หินชั้น หินแปร ผุพัง
   - ง. ผุพัง หินอัคนี หินแปร หินชั้น
5. ดินอิ่มตัวคือดินชนิดใด
   - ก. ดินที่อยู่ในน้ำตลอดเวลา
   - ข. ดินที่ชื้นและปั้นด้วยมือได้ง่าย
   - ค. ดินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้
   - ง. ดินที่มีทั้งน้ำและอากาศปนอยู่

6. รูปร่างของเม็ดดินมีอยู่กี่ลักษณะ

ก. 2 ลักษณะ

ข. 3 ลักษณะ

ค. 4 ลักษณะ

ง. 5 ลักษณะ

7. โครงสร้างของดินที่มีความเชื่อมแน่นคือข้อใด

ก. แบบเม็ดเดี่ยว, แบบเป็นระเบียบ

ข. แบบรวงผึ้ง, แบบเม็ดเดี่ยว

ค. แบบเป็นระเบียบ, แบบรวงผึ้ง

ง. แบบระเกะระกะ, แบบเม็ดเดี่ยว

8. เม็ดทรายจะมีขนาดเม็ดโตอยู่ในช่วงใด

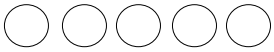
ก. ขนาด 2 มม. – 80 มม.

ข. ขนาด 2 มม. – 50 มม.

ค. ขนาด 0.06 มม – 2 มม.

ง. ขนาด 0.02 มม. – 2 มม.

9. การกระจายตัวของเม็ดดิน ตามรูปในข้อใดจึงจะถือว่ามีขนาดคละที่ดี

ก.  (เท่ากัน)

ข. (เล็กมากกว่าใหญ่

ง. (ใหญ่เท่ากับเล็ก)

ค. (ใหญ่และเล็กปนกัน)

10. ถ้าดินชื้นหนัก 30 กรัม มีปริมาตรเท่ากับ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร อบแห้งดินแล้วมีน้ำหนักเท่ากับ 20 กรัม ดินนี้มีความหนาแน่นแห้งเท่าใด

ก. 0.10 กรัม/ซม.^{3}

ข. 0.20 กรัม/ซม.^{3}

ค. 0.30 กรัม/ซม.^{3}

ง. 5 กรัม/ซม.^{3}

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 วัตถุต้นกำเนิดดินมีทั้ง อนินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตุ และการผุของหิน

…….2.2 ดินหมายถึงส่วนที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายมาจากหิน

…....2.3 กระบวนการ Weathering คือการผุพังทลายลงแบบอยู่กับที่ของเปลือกโลก

…….2.4 กระบวนการวงรอบของหินต้องเรียงลำดับดังนี้ หินอัคนี- หินชั้น - หินแปร

…….2.5 ส่วนประกอบของดินมี น้ำ-อากาศ-ช่องว่างของเม็ดดินและเม็ดดิน

…….2.6 คุณภาพในการรับน้ำหนักของดินขึ้นอยู่กับสัดส่วนของเม็ดดิน

…….2.7 ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มีน้ำเล็กน้อยและอากาศมาก เรียกว่า ดินแห้ง

……2.8 โครงสร้างดินแบบรวงผึ้ง จะมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินน้อยมาก

……2.9 องค์ประกอบของดินจะมีส่วนใหญ่ๆ 3 ส่วนคือ(กรวด, ทราย,ดินเหนียว)

……2.10 อัตราส่วนช่องว่างหาได้จากสมการดังนี้ $e = \frac{V_v}{V_s}$

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัด

1. ตัวอย่างดินเหนียวมีความอิ่มตัว 92 % มีอัตราส่วนช่องว่างในดินเท่ากับ 0.73 และความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินเท่ากับ 2.71 จงหาค่าความหนาแน่นของดินทั้งก้อน, ปริมาณน้ำในดิน, และความหนาแน่นของดินแห้ง
2. จากข้อ 1. ถ้าหากว่าดินมีความอิ่มตัว 100 % จงหาค่าปริมาณน้ำในดิน, ความหนาแน่นเมื่อดินอิ่มตัว และความหนาแน่นเมื่อดินจมน้ำ
3. ดินแห้งมีปริมาตร 0.008 $ม^3$ น้ำหนัก 13.50 กิโลกรัม ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน 2.65 จงหาอัตราส่วนความพรุน

4. จงพิสูจน์ว่า $$n = 1 - \frac{\gamma}{G_s.\gamma w(1+m)}$$

5. ทรายตัวอย่างหนึ่ง ซึ่งอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน มีปริมาณความชื้นตามธรรมชาติเท่ากับ 15% และหน่วยน้ำหนักทรายเท่ากับ 18.87 กิโลกรัม / $ม^3$ จากผลในห้องปฏิบัติการได้ค่า $e_{min} = 0.50$ และค่าของ e_{max} เท่ากับ 0.85 จงหาค่าระดับความอิ่มตัวและความหนาแน่นสัมพัทธ์ของตัวอย่างทรายนี้ โดยให้ค่าของ G_S เท่ากับ 2.65

หน่วยที่ 2
การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content)

1

2

[1] www3.cdd.go.th/banluang

[2] http://eco-biology6.blogspot.com

หน่วยที่ 2
การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content)

หัวข้อเรื่อง

2.1 ปริมาณน้ำในดิน (Water Content) และการคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน
2.2 การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน
2.3 ใบงานขั้นตอนการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน
2.4 การคำนวณผลการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

สาระสำคัญ

ความชื้นของดินตามธรรมชาติหรือปริมาณน้ำในมวลดินนี้ เป็นการทดสอบพื้นฐานที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของดิน เช่น แรงเฉือน อัตราส่วนช่องว่างในดิน การทรุดตัวของดิน เป็นต้น ค่าพิกัดแอตเตอร์เบอร์ก (Atterberg Limits) ต่างๆ ที่ทดสอบก็คือค่าความชื้นในดินโดยสถานะต่างกับความชื้นตามธรรมชาติของดิน การทดสอบความชื้นของดินจึงมีความจำเป็นในงานทดสอบดิน โดยมีขั้นตอนการทดลองหาค่าปริมาณน้ำในดินในห้องปฏิบัติการ การเตรียมตัวอย่างดิน การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การบันทึกข้อมูล การคำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินในห้องทดลอง การสรุปผลที่เชื่อถือได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของปริมาณน้ำหรือความชื้นในดินได้
2. บอกขอบข่ายในการทดลองปริมาณน้ำในดินได้
3. คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินได้
4. ทดลองหาปริมาณน้ำในดินได้

บทนำ[3]

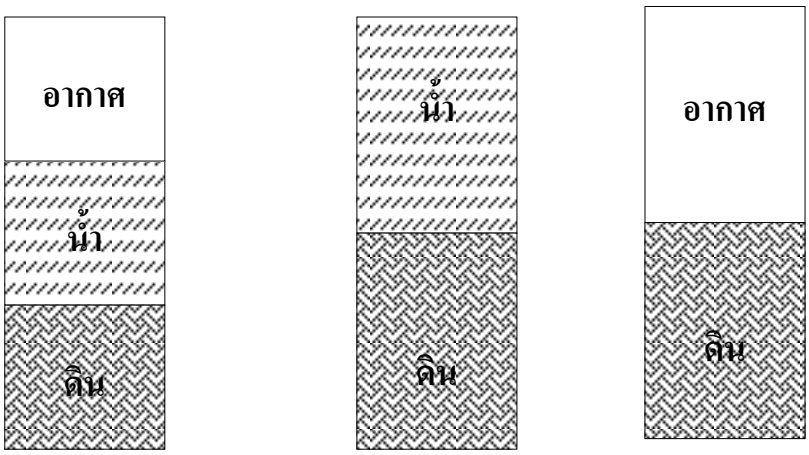
มวลดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือมวลของแข็ง ซึ่งเป็นอนุภาคของแร่และอินทรีย์สาร โดยอนุภาคมีรูปร่าง 3 มิติ มีผลทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดดินภายในช่องว่างจะบรรจุด้วยมวลของน้ำและมวลของอากาศ ซึ่งจะเรียกว่าดินชื้นหรือดินเปียก บางสภาวะช่องว่างระหว่างเม็ดดินอาจมีเฉพาะมวลของน้ำจะเรียกว่าสภาวะอิ่มตัว หรืออาจมีเฉพาะมวลของอากาศจะเรียกว่าอยู่ในสภาพดินแห้ง การหาปริมาณความชื้นในมวลดินคือ การหาอัตราส่วนระหว่างมวลหรือน้ำหนักของน้ำต่อมวลหรือน้ำหนักของเม็ดดินที่มีอยู่ในมวลดิน วิธีการทดสอบหาปริมาณน้ำในมวลดินจะมีวิธีการทดสอบอยู่หลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

1. การคำนวณหาปริมาณน้ำในดินโดยวิธีตู้อบธรรมดา (Conventional Oven – Method)
2. การคำนวณหาปริมาณน้ำในดินโดยวิธีตู้อบไมโครเวฟ (Microwave Oven – Method)
3. การคำนวณหาปริมาณน้ำในดินโดยใช้แคลเซี่ยมคาไบค์เป็นตัวทำความชื้น (Calcium Carbide Gas Moisture Tester)

2.1 ปริมาณน้ำในดิน

ดินตามธรรมชาตินั้น องค์ประกอบของมวลดิน มี 3 ส่วนใหญ่ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลวและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ ทั้งนี้ดินไม่จำเป็นต้องมีส่วนประกอบครบทั้ง 3 ส่วน อาจจะมีส่วนประกอบเพียง 2 ส่วนก็ได้ขึ้นอยู่กับสถานสภาพของมวลดินเป็นเกณฑ์ ดังแสดงส่วนประกอบของมวลดินดังรูปที่ 2.1

[3]สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ. คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549. หน้า 4



ก.มวลดินประกอบด้วย 3 ส่วน ข.มวลดินประกอบด้วย 2 ส่วน

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของมวลดิน[4]

ทั้งนี้การหาปริมาณน้ำในดิน หาได้จากการหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำในช่องว่างกับน้ำหนักของดินแห้ง

2.2 ขอบข่ายการทดลองหาค่าปริมาณน้ำในดิน

เพื่อหาค่าปริมาณน้ำที่อยู่ในช่องว่างตามธรรมชาติในมวลดิน โดยวิธีตู้อบธรรมดา หากดินมีความชื้นมาก ค่าปริมาณน้ำในดินก็จะสูง

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 2216 - 98 Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass

[4] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

2.3 ใบงานขั้นการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 1	หน่วยที่ 2
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 2
ชื่อหน่วย การหาปริมาณน้ำในดิน	ชื่องาน การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาปริมาณน้ำในดินได้
2) สามารถนำวิธีการทดลองไปปฏิบัติหาปริมาณน้ำในดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน
4) สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำในดินได้

2.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส

รูปที่ 2.2 แสดงตู้อบ

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 1	หน่วยที่ 2
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 2
ชื่อหน่วย การหาปริมาณน้ำในดิน	ชื่องาน การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2.3.3 เครื่องมืออุปกรณ์

1) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียด 0.01 กรัม
2) กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน
3) ถุงมือกันความร้อน

ก.) เครื่องชั่งแบบคาน

ข.) เครื่องชั่งแบบไฟฟ้า

รูปที่ 2.3 แสดงเครื่องชั่ง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รูปที่ 2.4 แสดงกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

รูปที่ 2.5 แสดงถุงมือกันความร้อน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 1	หน่วยที่ 2
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 2
ชื่อหน่วย การหาปริมาณน้ำในดิน	ชื่องาน การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2.3.4 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ดินชื้นตามธรรมชาติ ประมาณ 100 กรัม

2.3.5 แบบฟอร์ม

ตารางที่ 2.1 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

2.3.6 ขั้นตอนการทดลอง

1) ตรวจสภาพตัวอย่างดิน เลือกตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนดินในกอง หรือคัดจากตัวอย่างดินคงสภาพ เตรียมตัวอย่างดินที่จะหาปริมาณน้ำในดินจำนวน 100 กรัม โดยพิจารณาเลือกจากตารางที่ 2.1 เป็นตัวแทนของดินที่จะหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 2.1แสดงขนาดน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหาความชื้น (ASTM D-2216)

ขนาดเม็ดดินที่ค้างตะแกรงมากกว่า 10% ของตัวอย่าง	ขนาดตัวอย่างชื้นที่แนะนำ (ต่ำสุด), กรัม
2.0 มม (เบอร์ 10)	100 - 200
4.75 มม (เบอร์ 4)	300 - 500
19.0 มม (เบอร์ 3/2)	500 – 1,000
38.0 มม (เบอร์ 1 1/2)	1,500 – 3,000
76.0 มม (เบอร์ 3)	5,000 – 10,000

2) ทำความสะอาด และเช็ดกระป๋องเก็บตัวอย่างดินพร้อมฝาปิดให้แห้ง แล้วนำกระป๋องเก็บตัวอย่างดินพร้อมฝาปิดไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผลน้ำหนักกระป๋องที่ได้

3) เลือกตัวอย่างดินที่จะทำการทดลองอย่างน้อย 3 – 5 ตัวอย่าง บรรจุลงในกระป๋องเก็บตัวอย่างแล้วปิดฝาทันที นำไปชั่งน้ำหนัก (ควรให้น้ำหนักของแต่ละตัวอย่างมีความใกล้เคียงกันและไม่ควรน้อยกว่า 100 กรัม) บันทึกผลน้ำหนักกระป๋องกับน้ำหนักดินเปียกที่ได้ ถ้าเป็นตัวอย่างดินเหนียวที่เป็นก้อน ใช้มีดหั่นเป็นชิ้นบางๆ เพื่อให้แห้งง่าย ถ้าเป็นกระป๋องที่มีฝาปิด หลังบรรจุตัวอย่างเสร็จ ปิดฝาไว้

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 1	หน่วยที่ 2
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 2
ชื่อหน่วย การหาปริมาณน้ำในดิน	ชื่องาน การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4) นำกระป๋องเก็บตัวอย่างดินเข้าตู้อบ โดยนำฝากระป๋องวางไว้ใต้กระป๋องก่อน และใช้อุณหภูมิในการอบที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 16 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักของดินไม่เปลี่ยนแปลง (ถ้าเป็นกระป๋องตัวอย่างที่มีฝาปิด เปิดฝาออกสอดฝาไว้ที่ก้นกระป๋อง การทดลองที่มีกระป๋องตัวอย่างหลายๆ กระป๋อง ควรหาภาชนะใส่กระป๋องรวมกัน เพื่อสะดวกในการค้นหาตัวอย่างที่แห้งแล้ว)

5) นำกระป๋องเก็บตัวอย่างดินออกจากตู้อบ เอากระป๋องตัวอย่างไปใส่ไว้ในอ่างแก้วดูดความชื้น (ถ้ามี) แล้วนำฝากระป๋องมาปิดไว้ โดยทิ้งไว้ให้กระป๋องเย็นก่อน (สามารถจับได้ด้วยมือเปล่า) จึงนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลน้ำหนักกระป๋องกับน้ำหนักดินแห้งที่ได้

6) นำค่าที่ได้จากการชั่งดินก่อนเข้าเตาอบและหลังออกจากเตาอบ ไปคำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดิน

7) การชั่งให้ใช้เครื่องชั่ง เครื่องเดิมตลอดการทดลองนี้

2.3.7 การรายงาน

ให้รายงานหาค่าความชื้นในดินเฉลี่ยอย่างน้อย 4 ตัวอย่าง เพื่อเฉลี่ยหาค่าความชื้นของดิน

2.3.8 ข้อควรระวัง

1) ต้องแน่ใจว่าระยะเวลาในการอบดินเพียงพอต่อการทำให้ดินแห้ง เพราะถ้าหากระยะเวลาไม่เพียงพอจะทำให้ค่าปริมาณความชื้นต่ำกว่าความเป็นจริง

2) ต้องระวังเรื่องการใช้เครื่องชั่ง ควรใช้เครื่องเดิมทั้งก่อนและหลังการนำดินเข้าเตาอบ

3) ต้องตรวจสอบอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 105 ± 5 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ค่าปริมาณความชื้นสูงกว่าความเป็นจริง

2.3.9 สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองหาปริมาณน้ำในดินนี้ ข้อมูลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์หาความชื้นของดิน ทั้งดินตามธรรมชาติหรือดินที่ได้เพิ่มปริมาณน้ำเข้าไป เพื่อศึกษาหาสมบัติของดินในสถานะต่างๆ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 1	หน่วยที่ 2
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 2
ชื่อหน่วย การหาปริมาณน้ำในดิน	ชื่องาน การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2.3.10 ตารางการปฏิบัติการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างตารางการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)					
ตัวอย่างที่		1	2	3	4
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	A2	A3	A3
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	160.44	161.68	160.08	161.28
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	138.67	139.42	138.29	139.02
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	21.77	22.26	21.79	22.26
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.77	30.69	30.53	30.81
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	107.90	108.73	107.76	108.21
ปริมาณของน้ำในดิน	%	20.18	20.47	20.22	20.57
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน	%	20.36			

2.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

1. เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำในดิน (Water Content, ω)

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ ω = ปริมาณน้ำในดินมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

W_w = น้ำหนักของน้ำมีหน่วยเป็นกรัม

W_s = น้ำหนักของดินแห้งมีหน่วยเป็นกรัม

2. การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 2.3 แสดงตารางการบันทึกและคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)			
ตัวอย่างที่		1	การบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	160.44	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	138.67	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	21.77	= 160.44 – 138.67 = 21.77
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.77	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	107.90	= 138.67 – 30.77 = 107.90
ปริมาณของน้ำในดิน	%	20.18	$= \frac{21.77}{107.90} \times 100 = 20.18$

ตารางที่ 2.4 แสดงตารางการบันทึกและคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)			
ตัวอย่างที่		2	การบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	161.68	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	139.42	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	22.26	= 161.68 – 139.42 = 22.26
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.69	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	108.73	= 139.42 – 30.68 = 108.73
ปริมาณของน้ำในดิน	%	20.47	$= \frac{22.26}{108.73} \times 100 = 20.47$

ตารางที่ 2.5 แสดงตารางการบันทึกและคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 3

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)			
ตัวอย่างที่		3	การบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A3	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	160.08	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	138.29	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	21.79	= 160.08 – 138.29 = 21.79
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.53	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	107.76	= 138.29 – 30.53 = 107.76
ปริมาณของน้ำในดิน	%	20.22	$= \frac{21.79}{107.76} \times 100 = 20.22$

ตารางที่ 2.6 แสดงตารางการบันทึกและคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 4

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)			
ตัวอย่างที่		4	การบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A3	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	161.28	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	139.02	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	22.26	= 161.28 – 139.02 = 22.26
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.81	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	108.21	= 139.02 – 30.81 = 108.21
ปริมาณของน้ำในดิน	%	20.57	$= \frac{22.26}{108.21} \times 100 = 20.57$

ตารางที่ 2.7 แสดงตารางการคำนวณข้อมูลค่าเฉลี่ยของดินตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)					
ตัวอย่างที่		1	2	3	4
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	A2	A3	A3
ปริมาณของน้ำในดิน	%	20.18	20.47	20.22	20.57
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน	%	$= \frac{20.18 + 20.47 + 20.22 + 20.57}{4} = 20.36$			

แบบทดสอบที่ 2 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 2 เรื่อง การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ปริมาณน้ำในดินหมายถึงข้อใด
   - ก. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินชื้นกับน้ำหนักน้ำ
   - ข. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินแห้งกับน้ำหนักน้ำ
   - ค. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำกับน้ำหนักดินชื้น
   - ง. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำกับน้ำหนักของดินแห้ง
2. ดินจะมีปริมาณน้ำในดินมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับข้อใด
   - ก. น้ำหนักของน้ำในช่องว่างของดินเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง
   - ข. ช่องว่างในเม็ดดิน
   - ค. ขนาดของเม็ดดิน
   - ง. มวลคละของเม็ดดิน
3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบค่าปริมาณน้ำในดินคือข้อใด
   - ก. ASTM D 2216-98
   - ข. ASTM D 2162-98
   - ค. ASTM D 2662-98
   - ง. ASTM D 2162-89
4. ส่วนองค์ประกอบของดินใหญ่ๆมีกี่ส่วน
   - ก. 4 ส่วน
   - ข. 3 ส่วน
   - ค. 2 ส่วน
   - ง. ข้อ ข และ ข้อ ค
5. ในการทดลองหาปริมาณน้ำในดินนั้น เตาอบควรใช้อุณหภูมิในการอบประมาณเท่าใด
   - ก. 105 ± 3 องศาเซลเซียส
   - ข. 105 ± 5 องศาเซลเซียส
   - ค. 110 ± 2 องศาเซลเซียส
   - ง. 110 ± 3 องศาเซลเซียส

6. ต้องอบดินจากข้อ 6 อย่างน้อยกี่ชั่วโมง

ก. 8 ชั่วโมง

ข. 12 ชั่วโมง

ค. 16 ชั่วโมง

ง. 20 ชั่วโมง

7. เม็ดทรายจะมีขนาดเม็ดโตอยู่ในช่วงใด

ก. ขนาด 2 มม. – 80 มม.

ข. ขนาด 2 มม. – 50 มม.

ค. ขนาด 0.06 มม – 2 มม.

ง. ขนาด 0.02 มม. – 2 มม.

8. ข้อควรระวังในการทำการทดลองหาปริมาณน้ำในดินนี้ ข้อใดสำคัญมากที่สุด

ก. ดินต้องผนึกให้ดีป้องกันน้ำระเหยได้

ข. ระยะเวลาในการอบดินตามที่กำหนด

ค. ตรวจสอบเครื่องชั่งให้เที่ยงตรง

ง. การอ่านค่าของเครื่องชั่ง

9. ถ้าดินชื้นหนัก 110 กรัม หลังจากอบดินแห้งหนัก 90 กรัม อัตราส่วนปริมาณน้ำในดินคือข้อใด

ก. 18.18 %

ข. 20.00 %

ค. 22.22 %

ง. 81.81 %

10. ถ้าดินอบแห้งแล้วมีน้ำหนักเท่ากับ 120 กรัมและดินมีอัตราส่วนปริมาณน้ำในดินเท่ากับ 40 % น้ำหนักของน้ำคือข้อใด

ก. 3 กรัม

ข. 33.33 กรัม

ค. 48 กรัม

ง. 80 กรัม

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✕) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 ดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือมวลของแข็ง

…….2.2 ดินไม่จำเป็นต้องมีส่วนประกอบครบทุกส่วน

…....2.3 การหาปริมาณน้ำในดินหาได้จากการหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำในช่องว่างกับน้ำหนักดินแห้ง

…….2.4 มาตรฐานที่ใช้ทดลองหาปริมาณน้ำในดินคือ ASTM 2116-98

…….2.5 ดินที่ใช้เป็นตัวแทนการหาปริมาณน้ำในดินของขนาด 2.0 มม.จะใช้ตัวอย่างดินชื้นที่แนะนำคือ 300 – 500 กรัม

…….2.6 กรณีตัวอย่างดินที่เป็นดินเหนียว ไม่ควรใช้มีดหั่นดินเป็นชิ้นบางๆ ก่อนเข้าตู้อบ

…….2.7 ปริมาณน้ำในดินจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดิน

……2.8 ดินเปียกคือดินที่อยู่ในสภาพที่จมอยู่ในน้ำ

……2.9 แคลเซี่ยมคาร์บอเน็ต สามารถใช้เป็นตัวขับความชื้นในดินได้

……2.10 สถานะของดินแห้งจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีดินเพิ่มขึ้นมา

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 4 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองหาค่าปริมาณน้ำในดิน โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

    1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาปริมาณน้ำในดิน

    2) บันทึกการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 2.8

    3) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินในแต่ละตัวอย่าง

    4) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเฉลี่ย

    5) เขียนรายงานค่าปริมาณน้ำเฉลี่ยในดิน

    6) เขียนรายงานข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

    7) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

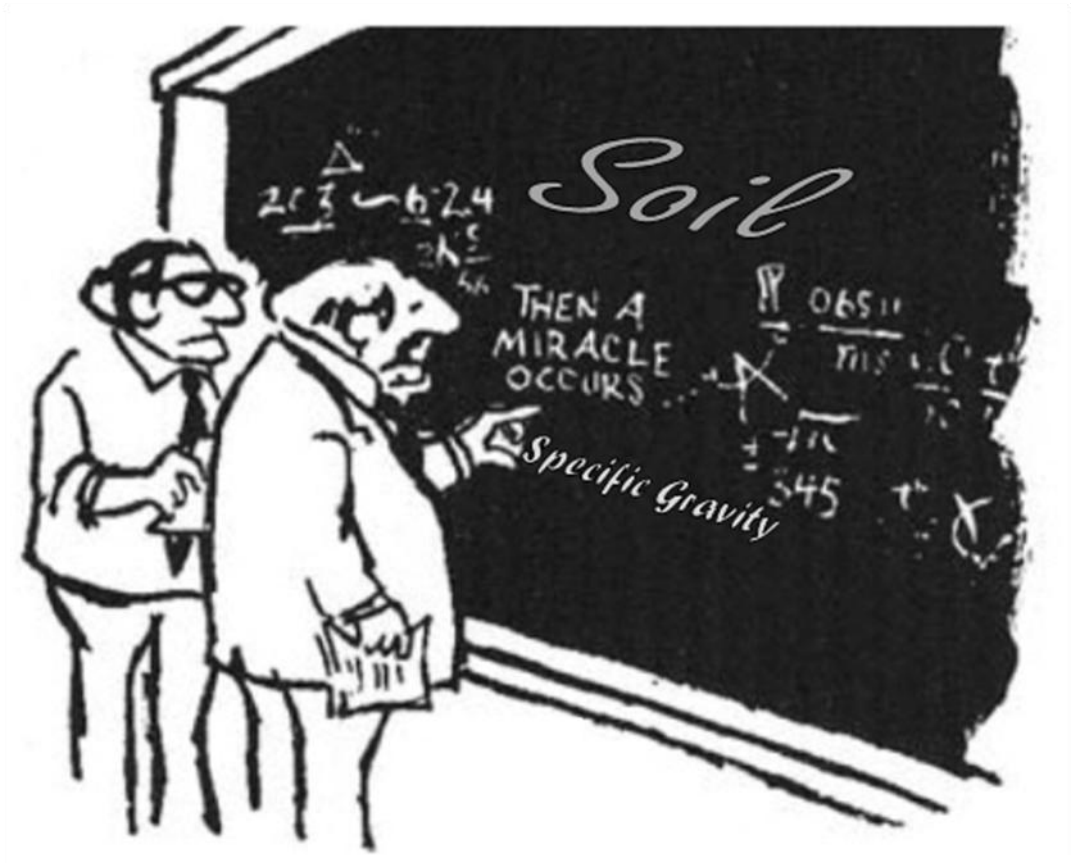
ตารางที่ 2.8 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)					
ตัวอย่างที่					
กระป๋องอบดินหมายเลข					
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม				
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม				
น้ำหนักของน้ำ	กรัม				
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม				
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม				
ปริมาณของน้ำในดิน	%				
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน	%				

หน่วยที่ 3

การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity)

1



[1] www.alt255.com/

หน่วยที่ 3
การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity)

หัวข้อเรื่อง

3.1 ความถ่วงจำเพาะของดินโดยใช้ขวดฟลาส (Volumetric Flask)
3.2 ขอบข่ายการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน
3.3 ใบงานขั้นการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน
3.4 การคำนวณจากผลการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

สาระสำคัญ

โดยทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะของดินจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.60 - 2.80 ถ้าค่าต่ำกว่านี้ก็อาจจะมีพวกอินทรีย์สารหรือพวกธาตุเบาต่างๆปะปนอยู่ และถ้าค่าสูงกว่านี้ก็อาจมีธาตุหนักปะปนอยู่ ขั้นตอนการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของดินในห้องปฏิบัติการโดยใช้ขวดฟลาส การเตรียมตัวอย่างดิน การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง การบันทึกข้อมูลลงตารางที่ได้จากการทดลอง วิธีการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำเต็มขีดคอขวดกับอุณหภูมิต่างๆ และการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะในดินได้จากผลการทดลอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของความถ่วงจำเพาะของดินได้
2. นำค่าความถ่วงจำเพาะไปใช้ในการหาคุณสมบัติอื่นๆ ของดินได้
3. อธิบายวิธีการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของน้ำเต็มขีดคอขวดฟลาสกับอุณหภูมิของน้ำได้
4. คำนวณผลการทดลองความถ่วงจำเพาะของดินได้
5. ทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดินได้

บทนำ[2]

ดินตามธรรมชาติจะประกอบด้วย อากาศ น้ำ และเม็ดดิน โดยเม็ดดินจะเกิดจากการรวมตัวกันของแร่ธาตุที่แตกต่างกันออกไปดังนั้นจึงเป็นผลให้ดินในแต่ละพื้นที่ มีความถ่วงจำเพาะต่างกันในขณะที่น้ำจะมีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน แต่ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ
ความถ่วงจำเพาะของดินคือ อัตราส่วนของน้ำหนักดินต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดินในอุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของดินได้ และยังจะสามารถที่จะนำคุณสมบัตินี้ไปใช้ ในการคำนวณค่าคุณสมบัติอื่นๆ เช่นความพรุน อัตราส่านช่องว่างของดิน ระดับความอิ่มตัว ความหนาแน่นเป็นต้น ทั้งยังสามารถนำค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินไปใช้สำหรับวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์แบบ 151 H ได้ด้วยโดยทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะของดินจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.60 - 2.80 ถ้าค่าต่ำกว่านี้ก็อาจจะมีพวกอินทรีย์สารหรือพวกธาตุเบาต่างๆ ปะปนอยู่ และถ้าค่าสูงกว่านี้ก็อาจมีธาตุหนักปะปนอยู่ สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะโดยทั่วไปของดินชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง ที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงความถ่วงจำเพาะของดิน[3]

ชนิดของดิน	ความถ่วงจำเพาะของดิน
ทราย Sand	2.65-2.67
ทรายปนดินตะกอน Silt	2.67-2.70
ดินเหนียว Inorganic Clay	2.70 - 2.80
ดินที่มีแร่ไมก้าหรือแร่เหล็ก Soil with Mica or Iron	2.75 - 3.00
ดินอินทรีย์ Organic Soil	1.00 - 2.60

ความถ่วงจำเพาะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญ ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณช่องว่าง ความอิ่มตัว ความพรุน และอื่นๆ ได้

ความถ่วงจำเพาะของดิน คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินกับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาณเท่ากับดิน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.1 ดังนี้

---

[2]สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ. คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549. หน้า 16

[3] สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ. คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549. หน้า 17

$$G_s = \frac{W}{V\gamma_w} \quad \text{.....(3.1)}$$

หรือความถ่วงจำเพาะของดิน คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของดินและความหนาแน่นของน้ำ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 3.2 ดังนี้

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad \text{.....(3.2)}$$

เมื่อ G_s คือ ความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity)

W คือ น้ำหนักของดิน (Weight of Soil)

V คือ ปริมาตรของดิน (Volume of Soil)

γ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4°C มีค่าเท่ากับ 1,000 กรัม/ซม.^{3} (ซึ่งเป็นอุณหภูมิของน้ำที่มีความหนาแน่นที่สุด)

γ_s คือ ความแน่นของดิน (Density of Solid Particle)

ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินมีความสำคัญในการคำนวณค่าคุณสมบัติของดินต่างๆ จากความสัมพันธ์องค์ประกอบดิน ความถ่วงจำเพาะเป็นค่าเฉพาะของเม็ดดินเท่านั้น ไม่รวมส่วนของน้ำและอากาศ สำหรับอุณหภูมิที่แตกต่างกันนั้น จะทำให้ความหนาแน่นของน้ำแปรเปลี่ยนไปด้วยดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าตัวแปรปรับแก้ , K[4]

อุณหภูมิ °C	ความหนาแน่นของน้ำ , กรัม/ซม.[3]	ค่าตัวแปรปรับแก้ , K
16	0.99897	1.0007
17	0.9988	1.0006
18	0.99862	1.0004
19	0.99843	1.0002
20	0.99823	1.0000
21	0.99802	0.9998
22	0.9978	0.9996
23	0.99757	0.9993
24	0.99732	0.9991
25	0.99707	0.9989
26	0.99681	0.9986
27	0.99654	0.9983
28	0.99626	0.9980
29	0.99597	0.9977
30	0.99567	0.9974

3.1 ความถ่วงจำเพาะของดินโดยใช้ขวดแก้วฟลาส (Volumetric Flask)

ความถ่วงจำเพาะของวัตถุใดๆ คือ อัตราส่วนของน้ำหนักในอากาศของเนื้อวัตถุนั้นต่อน้ำหนักของน้ำที่อุณหภูมิ 4°C ที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุนั้น (ถ.พ. คือวัตถุนั้นหนักเป็นกี่เท่าของน้ำ)

ในมวลดินจะประกอบด้วยธาตุสารหลายอย่าง ดังนั้นความถ่วงจำเพาะในมวลดินก็คือค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของธาตุสารเหล่านั้น ดังจะเห็นได้ว่าดินลูกรังบางชนิดที่มีธาตุอยู่มากจึงทำให้มีความถ่วงจำเพาะสูงถึง 3.00 หรือมากกว่า ในทางตรงข้ามถ้ามีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสำคัญก็จะทำให้มีค่าต่ำถึงประมาณ 2.00 แต่ค่าเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 2.60 ถึง 2.80 สำหรับดินทั่วๆ ไป

[4] สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ. คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549. หน้า 17

ความถ่วงจำเพาะจะเป็นสมบัติพื้นฐานสำคัญอีกค่าหนึ่ง ที่จะทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณช่องว่าง ความอิ่มตัวและความพรุน

3.2 ขอบข่ายการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

วิธีการทดลองนี้ เป็นวิธีการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน ที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) โดยใช้ขวดฟลาส ส่วนความถ่วงจำเพาะของดินที่จะนำไปใช้ในการคำนวณสำหรับการทดลอง Hydrometer ให้ใช้ดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 10 (2.00 มิลลิเมตร) และใช้ขวดฟลาส

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 โดยใช้ ขวดฟลาส ขนาด 500 มิลลิลิตร

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 854 – 00 Standard Test Methods for Specific Gravity Of Soil Solids By Water Pycnometer

3.3 ใบงานขั้นการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 3
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ความถ่วงจำเพาะของดิน	ชื่องาน การทดลองความถ่วงจำเพาะของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

3.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาความถ่วงจำเพาะของดินได้ถูกต้อง
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดินได้
4) สามารถคำนวณหาความถ่วงจำเพาะของดินได้

3.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) ขวดฟลาสขนาดความจุ 500 มิลลิลิตรที่สามารถทนความร้อนได้สูง

รูปที่ 3.1 แสดงขวดฟลาส

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 3
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ความถ่วงจำเพาะของดิน	ชื่องาน การทดลองความถ่วงจำเพาะของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

3.3.3 เครื่องมืออุปกรณ์

1) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
2) เทอร์โมมิเตอร์ชนิด 0-100 องศาเซลเซียส
3) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส
4) เตาและภาชนะต้มน้ำ
5) อ่างน้ำ
6) เครื่องกวน (Stirring Apparatus)

รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องชั่ง

รูปที่ 3.3 แสดงเทอร์โมมิเตอร์

รูปที่ 3.4 แสดงตู้อบดิน

รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องกวนดิน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 3
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ความถ่วงจำเพาะของดิน	ชื่องาน การทดลองความถ่วงจำเพาะของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

3.3.4 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) น้ำกลั่น
2) ดินตัวอย่างที่จะหาความถ่วงจำเพาะ

3.3.5 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 3.3 แสดงความถ่วงจำเพาะของน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆ
2) ตารางที่ 3.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำเต็มขีดคอขวดกับอุณหภูมิการทดลอง
3) ตารางที่ 3.5 แสดงตารางบันทึกที่ได้การทดลองและคำนวณผลการทดลอง
4) ตารางที่ 3.6 แสดงการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการคำนวณผลการทดลอง

3.3.6 ขั้นตอนการทดลอง

1.1 ขั้นตอนการสอบเทียบ (Calibrate) ขวดฟลาส ก่อนหรือหลังการทดลองวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำในขวดฟลาส (ที่ขีดปริมาตร 500 มิลลิลิตร) และน้ำหนักขวดที่อุณหภูมิต่างๆ กัน (ในช่วงที่ทำการทดลอง) สำหรับอ่านค่าน้ำหนักของน้ำในขวด ฟลาสที่อุณหภูมิทดลอง

วิธีการทดลองการสอบเทียบ

1) ทำความสะอาดขวดฟลาสที่จะใช้ทำการทดลอง
2) เติมน้ำกลั่นในขวดประมาณ ¾ ของคอขวด (เพื่อไม่ให้น้ำเดือดขวดแก้วจะแตก)
3) ไล่อากาศในน้ำ ด้วยการต้มน้ำให้เดือดในเตาแผ่นร้อนประมาณ 10 นาที นำขวดแก้วลงจากเตา เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่ฟองอากาศทิ้งไว้แล้วลงในขวดฟลาสให้เต็มด้วยวิธีการลักน้ำ จุ่มปลายสายยางลงใต้ผิวน้ำเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปผสมในน้ำอีก ปล่อยให้เย็น ถ้าต้องการให้เย็นเร็ว อาจแช่ในแช่อ่างน้ำจนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึงประมาณ 40-50 องศา ตรวจสอบว่าอุณหภูมิของน้ำในขวดฟลาสเท่ากันทุกระดับหรือไม่เท่า ถ้าไม่เท่ากันให้คลึงขวดเอียงไปมาหรือใช้หลอดแก้วกวนไปมา

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 3
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ความถ่วงจำเพาะของดิน	ชื่องาน การทดลองความถ่วงจำเพาะของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4) แต่งขอบน้ำให้อยู่ที่ขีดบอกปริมาตร 500 มิลลิลิตร สังเกตขอบล่างของโค้งผิวน้ำ เช็ดขวดภายนอกและภายในเหนือผิวน้ำให้แห้ง

5) นำขวดฟลาสที่ใส่น้ำอยู่ภายในขวดขึ้นชั่ง และวัดอุณหภูมิน้ำ ตรวจสอบอีกครั้งว่าอุณหภูมิของน้ำในขวดเท่ากันทุกระดับหรือไม่

6) ทำการทดลองในข้อ 4 – 5 อีก 3 – 4 ครั้ง ในช่วงอุณหภูมิจากประมาณ 40 องศาหรือ 50 องศา จนถึงอุณหภูมิห้อง ถ้าต้องการให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของห้อง ใช้น้ำแข็งผสมในอ่างแช่น้ำ แต่ต้องระวังขณะอ่านค่า อุณหภูมิทดลองจะต้องกวนน้ำ (แบบไม่ให้อากาศเข้าไปผสม) ให้มีอุณหภูมิเท่ากันทั่วขวด

1.2 ขั้นตอนการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

1) นำดินใส่ในขวดฟลาสและใส่น้ำลงไปประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของปริมาตรขวดโดยให้ดินจมอยู่ใต้น้ำทั้งหมดและอย่าให้ดินติดอยู่ข้างๆ ขวด

2) ทำการไล่ฟองอากาศโดยใช้ ปั๊มสูญอากาศแรงดูด 10 - 20 นิ้วปรอทประมาณ 4 - 5 ชั่วโมงหรือนำไปกวนในน้ำร้อนอย่างน้อย 10 นาที หรือจะทำทั้งสองอย่างควบคู่กันไปก็ได้โดยใช้ปั๊มสูญญากาศไม่น้อยกว่า 10 นาทีแล้วจึงกวนในน้ำร้อนอีกประมาณ 10 นาที พร้อมกับกลิ้งขวดไปมาหลายรอบทำเช่นนี้สลับกันไปเรื่อยๆและคอยสังเกตว่ามีฟองอากาศเกิดขึ้นอีกหรือไม่ ทำจนกระทั่งฟองอากาศหมดไปซึ่งต้องใช้เวลาและความละเอียดในการสังเกต

3) หลังจากไล่ฟองอากาศหมดแล้ว ทำการเติมน้ำกลั่นให้ระดับท้องน้ำอยู่ที่ขีด 500 มิลลิลิตรพอดี ในการเติมน้ำกลั่นนี้ควรใช้หลอดและปล่อยน้ำกลั่นจากหลอดโดยจุ่มปากหลอดให้อยู่ใต้ระดับน้ำในขวดฟลาสเพื่อป้องกันอากาศลงไปอีก แล้วตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องทดสอบจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำในขวดฟลาสเท่ากับอุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่ต้องการ (โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์คอยเช็คดูอยู่เสมอ) และคอยสังเกตว่าถ้าระดับในขวดฟลาสต่ำว่าขีด 500 มิลลิลิตร ก็ให้เติมน้ำกลั่นให้ท้องน้ำพอดีกับขีดอยู่เสมอ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 3
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ความถ่วงจำเพาะของดิน	ชื่องาน การทดลองความถ่วงจำเพาะของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4) นำขวดฟลาสไปชั่ง จะได้เป็นน้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ + ดิน แล้วจึงทำการวัดอุณหภูมิโดยจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ให้อยู่ประมาณกึ่งกลางกระเปาะของขวดฟลาส คอยจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ แล้วจึงบันทึกค่าอุณหภูมินี้ไว้ หลังจากนั้นนำไปเทใส่ภาชนะโดยต้องเทดินออกให้หมด จนกระทั่งขวดฟลาสสะอาด เสร็จแล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส โดยทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน

5) นำดินที่อบแห้งแล้วไปชั่งแล้วบันทึกค่า เมื่อลบน้ำหนักภาชนะออก จะได้เป็นน้ำหนักของดินแห้ง

3.3.7 การรายงาน

ให้รายงานชนิด สี สถานที่เก็บตัวอย่างดิน หลุมเจาะ ความลึก วัน เดือน ปี และลักษณะของดินทั่วๆ ไป

1) ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน
2) ค่าที่ได้จากการทดสอบบ่งชี้ถึงดินอะไร
3) ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

3.3.8 ข้อควรระวัง

1) ในการตรวจวัดค่าในขวดฟลาสหรือน้ำผสมดิน จะต้องมีอุณหภูมิเสมอในขณะวัด
2) จะต้องชั่งมวลของภาชนะก่อนจะนำของผสมระหว่างน้ำและดินเทลงไป
3) ต้องไม่ให้ดินที่ใช้ในการทดสอบสูญเสียระหว่างเทลงในขวดฟลาส
4) ต้องให้ส่วนโค้งของน้ำด้านล่างอยู่ตรงขีดของขวดทุกครั้งเมื่อนำไปชั่ง

3.3.9 สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินจะได้รู้ถึงคุณสมบัติของดินในด้านอื่นๆ ได้ เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของดินเป็นข้อมูลเฉพาะสำหรับดินแต่ละประเภท หากจะวิเคราะห์หรือจำแนกดินให้ได้ถูกต้องจำเป็นต้องหาคำนวณความถ่วงจำเพาะของดินเสมอ การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดินมีด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีก็เหมาะสมกับดินแต่ละประเภท

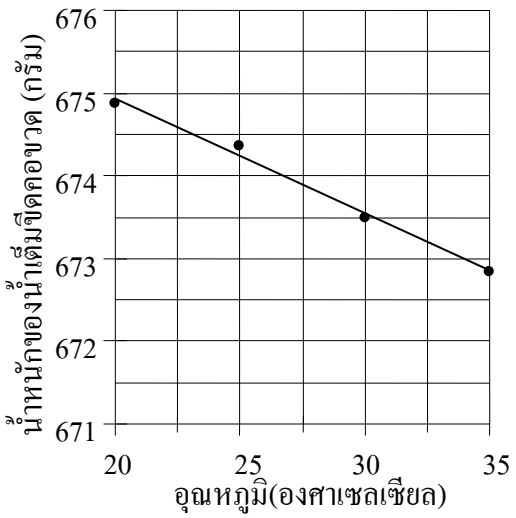
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 3
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ความถ่วงจำเพาะของดิน	ชื่องาน การทดลองความถ่วงจำเพาะของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

3.3.10 ตารางการปฏิบัติการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆ		
การสอบเทียบ (Calibration Data)		
ทดลองครั้งที่	ขวดฟลาส + น้ำ กรัม	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
1	672.84	35
2	673.50	30
3	674.36	25
4	674.88	20

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำเต็มขีดคอขวด กับอุณหภูมิการทดลอง



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 3
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ความถ่วงจำเพาะของดิน	ชื่องาน การทดลองความถ่วงจำเพาะของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกที่ได้จากการทดลองและการคำนวณผลการทดลอง

ตัวอย่างที่		1	2
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	30	28
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ	กรัม	673.54	673.82
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ + ดิน	กรัม	705.86	706.5
กระป๋องอบดินหมายเลข	กรัม	A1	A2
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	313.80	289.40
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	263.50	238.50
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	50.30	50.90
ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ		0.99567	0.99626
ความถ่วงจำเพาะของดิน		2.79	2.78
ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของดิน		2.785	

3.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

1) คำนวณหาความถ่วงจำเพาะของดินได้จากสูตร

$$G_s = \frac{W_S K}{W_s + W_{FW} - W_{FWS}} \quad \text{.....(3.3)}$$

เมื่อ G_S = ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่อุณหภูมิน้ำ 20°C

W_S = น้ำหนักของตัวอย่างดินที่อบแห้ง

W_{FW} = น้ำหนักของ Volumetric Flask + น้ำ ที่อุณหภูมิหนึ่ง

W_{FWS} = น้ำหนักของ Volumetric Flask + น้ำ + ดินแห้ง ที่อุณหภูมิเท่ากับ W_{FW}

K = เป็นค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ

2) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 3.6 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่		1	การบันทึกและการคำนวณข้อมูล
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	30	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ	กรัม	673.54	จากการชั่งน้ำหนักของขวด+น้ำ
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ + ดิน	กรัม	705.86	จากการชั่งน้ำหนักของขวด+น้ำ+ดิน
กระป๋องอบดินหมายเลข	กรัม	A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	313.80	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	263.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	50.30	= 313.80 – 263.50 = 50.30
ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ		0.99567	จากตารางที่ 3.2 ค่าตัวแปรปรับแก้
ความถ่วงจำเพาะของดิน		2.79	$= \frac{50.30 \text{x} 0.99\,567}{50.30 + 673.54 - 705.59} = 2.79$
ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของดิน		2.79	

ตารางที่ 3.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างที่	2	การบันทึกและการคำนวณข้อมูล
อุณหภูมิ °C	28	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ กรัม	673.82	จากการชั่งน้ำหนักของขวด+น้ำ
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ + ดิน กรัม	706.5	จากการชั่งน้ำหนักของขวด+น้ำ+ดิน
กระป๋องอบดินหมายเลข กรัม	A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม	289.40	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง กรัม	238.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม	50.90	= 289.40 – 238.50 = 50.90
ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ	0.99626	จากตารางที่ 3.2 ค่าตัวแปรปรับแก้
ความถ่วงจำเพาะของดิน	2.78	$= \frac{50.90 \times 0.99626}{50.90 + 673.82 - 706.50} = 2.78$
ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของดิน	$= \frac{2.79 + 2.78}{2} = 2.785$	

แบบทดสอบที่ 3 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 3 เรื่อง ความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ความถ่วงจำเพาะของดิน หมายถึง
   - ก. อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของน้ำกับความหนาแน่นของดิน
   - ข. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินกับน้ำหนักของน้ำ
   - ค. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำกับน้ำหนักของดิน
   - ง. อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของดินกับความหนาแน่นของน้ำ
2. ในการทดลองหาค่า ถ.พ. ด้วยขวดฟลาส(Volumetric Flask) ไม่ควรใช้กับดินประเภทใด
   - ก. ดินตะกอน
   - ข. ดินเหนียว
   - ค. ทราย
   - ง. ดินลูกรัง
3. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะคือข้อใด
   - ก. ASTM D 854-00
   - ข. ASTM D 854-02
   - ค. ASTM D 584-00
   - ง. ASTM D 584-02
4. ปัจจัยที่สามารถทำให้ความถ่วงจำเพาะของดินเปลี่ยนไปคือข้อใด
   - ก. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของเม็ดดิน
   - ข. ขนาดที่เพิ่มขึ้นของเม็ดดิน
   - ค. สีที่เข็มขึ้นของเม็ดดิน
   - ง. อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป
5. ความหนาแน่นของน้ำที่มีความหนาแน่นที่สุด อยู่ที่เท่าไหร่
   - ก. 3 องศาเซลเซียส น้ำมีค่า 1,000 กรัม
   - ข. 4 องศาเซลเซียส น้ำมีค่า 1,000 กรัม
   - ค. 10 องศาเซลเซียส น้ำมีค่า 1,000 กรัม
   - ง. 20 องศาเซลเซียส น้ำมีค่า 1,000 กรัม

6. ดินลูกรังที่มีธาตุอยู่มากๆ จะมีผลทำให้มีความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. ถ.พ. จะมีค่าน้อยลง

ข. ถ.พ. จะมีค่าเท่าเดิม

ค. ถ.พ. จะมีค่ามากขึ้น

ง. ทำให้ดินมีปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

7. ในการทดลองหาค่า ถ.พ. โดยใช้ขวดฟลาส ต้องหาสัมพันธ์ของอะไรบ้าง

ก. หาปริมาตรของน้ำเทียบกับน้ำหนักขวด

ข. หาน้ำหนักของน้ำเต็มขีดคอขวดเทียบกับปริมาตรขวด

ค. หาน้ำหนักของน้ำเต็มขีดคอขวดที่อุณหภูมิต่างๆ

ง. หาปริมาตรของน้ำเต็มขีดคอขวดที่อุณหภูมิต่างๆ

8. ดินในข้อใดที่ไม่ควรใช้ในการทดลองหา ถ.พ.กับขวดฟลาส

ก. ดินเหนียว

ข. ดินทราย

ค. ดินกรวด

ง. ดินตะกอน

9. ข้อใดคือสาเหตุที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การทดลองหา ถ.พ.ผิดพลาดได้

ก. อุณหภูมิ

ข. น้ำที่ใช้ไม่ใช่น้ำกลั่น

ค. ส่วนผสมของดินกับน้ำไม่เป็นสัดส่วนกัน

ง. อากาศที่ปนอยู่ในดินตัวอย่างที่ผสมกับน้ำ

10. สูตรคำนวณหาค่า ถ.พ. คือข้อใด

ก. $G_s = \dfrac{G_t \cdot M_1}{M_s - M_1 + M_2}$

ข. $G_s = \dfrac{G_t \cdot M_s}{M_s - M_1 + M_2}$

ค. $G_s = \dfrac{G_t \cdot M_2}{M_s - M_1 + M_2}$

ง. $G_s = \dfrac{G_t \cdot M_s}{M_1 + M_2 + M_s}$

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 สัญลักษณ์แทนความถ่วงจำเพาะคือ Gs.

…….2.2 ค่า ถ.พ. สามารถนำไปหาค่าอัตราส่วนช่องว่างในเม็ดดินได้

…....2.3 ดินที่มีพวก Silica ผสมอยู่จะมีค่า ถ.พ. ต่ำกว่า พวก Iron Mineral ผสมอยู่

…….2.4 ดินเมื่อจมอยู่ในน้ำปริมาตรของน้ำที่เพิ่มขึ้นจะเท่ากับปริมาตรของดิน

…….2.5 ในการทดลองหาค่า ถ.พ. ของดินสามารถใช้น้ำประปาแทนน้ำกลั่นได้

…….2.6 การนำขวดฟลาสที่มีดินและน้ำผสมอยู่ไปต้มสามารถไล่ฟองอากาศได้

…….2.7 การวัดอุณหภูมิของน้ำให้วัดที่ก้นของขวดฟลาส

……2.8 ค่าการคำนวณหา ถ.พ. แต่ละตัวอย่างไม่ควรเกิน 2 เปอร์เซ็นต์

……2.9 ความถ่วงจำเพาะของทรายจะอยู่ประมาณที่ 2.65 – 2.67

……2.10 ความถ่วงจำเพาะของดินจะเท่ากับ 3 เมื่อดินหนัก 100 กรัมและน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดิน หนัก 50 กรัม

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้
    1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาความถ่วงจำเพาะของดิน
    2) บันทึกการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 3.8, 3.9 และ 3.10
    3) คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของดินในแต่ละตัวอย่าง
    4) คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของดินเฉลี่ย
    5) เขียนรายงานค่าความถ่วงจำเพาะของดิน
    6) เขียนรายงานข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน
    7) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 3.8 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองการสอบเทียบหาความถ่วงจำเพาะของดิน

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆ		
การสอบเทียบ (Calibration Data)		
ทดลองครั้งที่	ขวดฟลาส + น้ำ กรัม	อุณหภูมิ องศาเซลเซียส
1		
2		
3		
4		

ตารางที่ 3.9 แสดงตารางกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำเต็มขีดคอขวดกับอุณหภูมิการทดลอง

น้ำหนักของน้ำเต็มขีดคอขวด (กรัม)

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียล)

ตารางที่ 3.10 แสดงตารางบันทึกที่ได้จากการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

ตัวอย่างที่		1	2
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส		
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ	กรัม		
น้ำหนักของขวดฟลาส + น้ำ + ดิน	กรัม		
กระป๋องอบดินหมายเลข	กรัม		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม		
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม		
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม		
ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ			
ความถ่วงจำเพาะของดิน			

ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของดิน	

หน่วยที่ 4

การทดลองหาขีดความข้นเหลวของดิน (Atterberg's Limit)

[1]

[1] http://www.siamvolunteer.com

หน่วยที่ 4
การทดลองหาขีดความข้นเหลวของดิน (Atterberg's Limit)

หัวข้อเรื่อง

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับดิน(Soil Water System) และสถานะของดิน
4.2 ขอบข่ายการทดลองหาขีดความเหลวของดิน (Liquid Limit) L.L.
4.3 ใบงานขั้นการทดลองหาขีดความเหลวของดิน (Liquid Limit) L.L.
4.4 การคำนวณผลจากการทดลองหาขีดความเหลวของดิน (Liquid Limit) L.L.
4.5 ขอบข่ายการทดลองขีดความเหนียวของดิน (Plastic Limit) P.L.
4.6 ใบงานขั้นการทดลองหาขีดความเหนียวของดิน (Plastic Limit) P.L.
4.7 การคำนวณผลจากการทดลองหาดัชนีความเหนียวของดิน (Plasticity Index) P.I.
4.8 ขอบข่ายการทดลองหาขีดหดตัวของดิน (Shrinkage Limit) W_{sk}หรือ S.L.
4.9 ใบงานขั้นการทดลองหาขีดหดตัวของดิน (Shrinkage Limit) W_{sk}หรือ S.L.
4.10 การคำนวณผลการทดลองหาขีดหดตัวของดิน (Shrinkage Limit) W_{sk}หรือ S.L.

สาระสำคัญ

จุดเปลี่ยนสถานภาพ หรือ ลิมิตของมวลดิน ถูกเสนอขึ้นเป็นครั้งแรกโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อ A.Atterberg โดยมีอยู่ด้วยกัน 5 ลิมิต คือ Cohesion limit, Sticky Limit, Shrinkage Limit, Plastic Limit, และ Liquid Limit แต่ภายหลังนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านปฐพีกลศาสตร์เพียงสามลิมิตสุดท้ายเท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันทางด้านวิศวกรรมโยธาจะใช้กันอยู่ 3 ขีดจำกัด คือ ขีดจำกัดการไหลตัว ขีดจำกัดพลาสติกและขีดจำกัดการหดตัว ซึ่งค่าขีดจำกัดเหลวและขีดจำกัดพลาสติก จะใช้พิจารณาในการจำแนกดิน สภาพกำลังของดิน ประมาณการทรุดตัวของดินแบบอัดตัวคายน้ำและประมาณความหนาแน่นสูงสุดจากการบดอัดดินได้ ส่วนค่าขีดจำกัดการหดตัวจะใช้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของดินจากปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไป

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับดินและสถานะของดินได้
2. บอกขอบข่ายการทดลองหาขีดความเหลวของดินได้
3. ทดลองหาขีดความเหลวได้
4. คำนวณผลการทดลองหาขีดความเหลวของดินได้
5. บอกขอบข่ายในการทดลองขีดความเหนียวของดินได้
6. ทดลองหาขีดความเหนียวของดินได้
7. คำนวณผลการทดลองหาดัชนีความเหนียวของดินได้
8. ทดลองหาขีดหดตัวของดินได้
9. คำนวณผลการทดลองหาขีดหดตัวของดินได้

บทนำ[2]

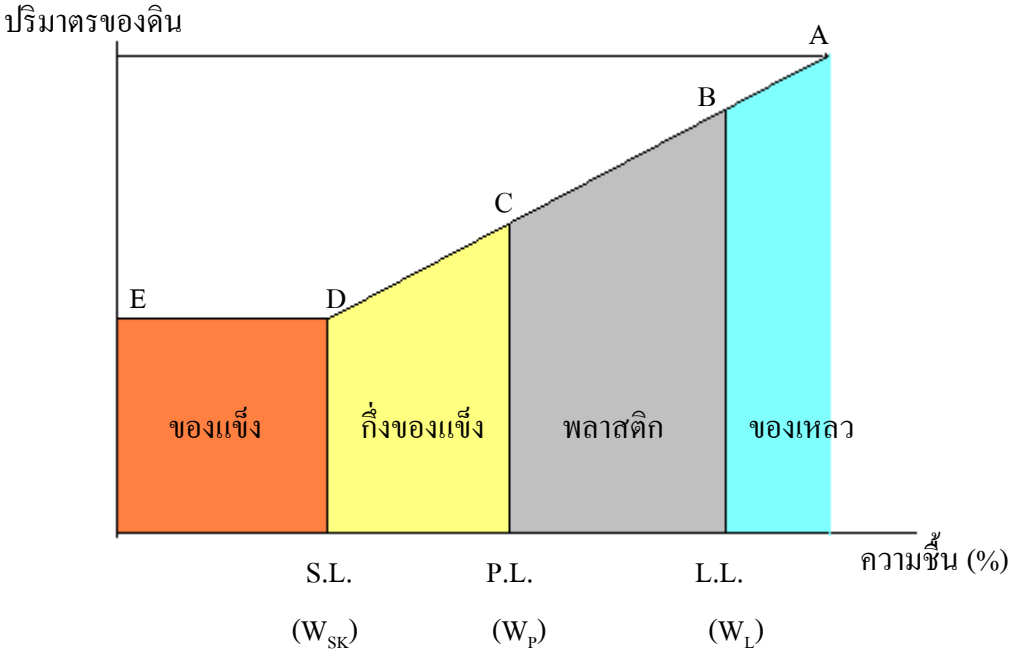
ดินพวกเม็ดละเอียดโดยเฉพาะดินเหนียว จะมีสมบัติเปลี่ยนไปตามปริมาณที่มีอยู่ในมวลดินและปริมาณน้ำในดินนี้จะมีความสำคัญต่อสถานภาพของดิน ซึ่งจะทำให้ดินอยู่ในสภาพต่างๆกัน ความชื้นในมวลดินมีอิทธิพลสูงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน ทั้งในด้านการเปลี่ยนสถานะภาพ (เช่นน้ำมากดินเป็นของเหลว, น้ำน้อยดินเป็นของแข็ง) และการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางวิศวกรรม เช่น ความแข็งแรงของดินฐานรากมีค่าลดลงเมื่อมีน้ำมาก อิทธิพลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดังกล่าวมีผลมากต่อดินที่มีขนาดเม็ดละเอียดได้แก่ดินที่เรียกว่าดินเหนียว (Cohesive Soil) ทั้งนี้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินหรือความเหนียวดังกล่าวเกิดจากการดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าที่อยู่ในเม็ดดิน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้น สำหรับดินที่มีขนาดเม็ดดินใหญ่ (Coarse Grain Soil) อิทธิพลของการดึงดูดเนื่องจากประจุไฟฟ้ามีค่าน้อย ความเหนียวจึงไม่มี ดินประเภทนี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงไป ความชื้นในมวลดิน ณ จุดขณะเปลี่ยนสภาพ เรียกว่าขอบเขตสถานะภาพ เช่นเป็นปริมาณความชื้นที่ดินจะเริ่มไหลเหมือนของเหลว ซึ่งเป็น

[2] สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. (Soil Mechanics). 2545. หน้า 36

สมบัติเฉพาะของมวลดินนั้นๆ นอกจากจะใช้เป็นตัวบอกสมบัติพื้นฐานแล้ว ยังใช้ในการจัดจำแนกหมวดหมู่ และคาดคะเนสมบัติทางวิศวกรรมของดินอีกด้วย

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับดินและสถานะของดิน

ถ้าเรานำดินเหนียวมาผสมน้ำจนมีความชื้นสูง ดินจะมีสภาพคล้ายของเหลว เช่น ที่จุด A ในรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรของน้ำกับดิน และความชื้นในดินจากจุด A ถ้าเราทำให้ความชื้นค่อยๆ ลดลงไป ปริมาตรของมวลดินก็จะลดลงเป็นปฏิภาคกัน มวลดินจะเปลี่ยนสถานภาพไป จากของเหลวเป็นพลาสติก, กึ่งของแข็ง, ของแข็งตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แสดงสถานภาพต่างๆ ของมวลดินเหนียว[3]

4.1.1 Liquid Limit (W_L หรือ L.L.) คือ ความชื้นในมวลดินขณะที่มวลดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากของเหลวไปเป็นสารหนืดตัวในสถานภาพพลาสติกที่จุด B

4.1.2 Plastic Limit (W_Pหรือ P.L.) คือ ความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสถานภาพจากพลาสติกเป็นกึ่งของแข็งที่จุด C

[3] มานะ อภิพัฒนะมนตรี. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2543. หน้า 28

4.1.3 Shrinkage Limit (W_{SK}หรือ S.L.) คือ ความชื้นที่จุด D ซึ่งดินเปลี่ยนจากสภาพที่เป็นกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง และจะไม่มีการหดตัวต่อไปอีกแล้ว แต่เมื่อความชื้นยิ่งลดลงไป ฟองอากาศจะเริ่มแทรกเข้าไปในมวลดิน และทำให้เกิดสภาวะไม่อิ่มตัวเกิดขึ้น จนกระทั่งไม่มีความชื้นเลย ที่จุด E

ค่าความชื้นในสถานภาพพลาสติกของดิน เราเรียกว่า Plasticity Index (P.I. หรือ Ip) คือ ผลต่างของขีดความเหลว และขีดความเหนียว มักเป็นตัวแสดงถึงความเหนียวของดินและยังแสดงความไวต่อการเปลี่ยนสถานภาพต่อความชื้นของมวลดินนั้น จึงเป็นค่าที่สำคัญและนำมาใช้มากในการจำแนกมวลดิน

4.2 ขอบข่ายในการทดลองหาขีดความเหลวของดิน

วิธีการทดลองหาขีดจำกัดเหลวหมายถึง ปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดในดินที่ทำให้ดินสามารถไหลตัวได้ด้วยน้ำหนักของตัวเอง หรือถ้าพิจารณาจากรูปที่ 4.1 แสดงสถานะภาพของดินก็จะเป็นขีดจำกัดที่เปลี่ยนจากของเหลวเป็นพลาสติก สามารถหาค่าได้กับดินที่มีความเชื่อมแน่น ความชื้นของมวลดินที่เมื่อเตรียมดินลงในถ้วยเคาะ โดยมีรอยบากมาตรฐานแล้วเคาะได้ 25 ครั้ง รอยบากนั้นจะเคลื่อนมาบรรจบกัน ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร พอดีซึ่งเท่ากับความชื้น ณ จุดที่กำลังของดินเท่ากับ 25 กรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยเปรียบเทียบไว้ว่าการเคาะแต่ละครั้ง เท่ากับหน่วยแรงเฉือนที่กระทำต่อมวลดินมีค่าประมาณ 1 กรัมต่อตารางเซนติเมตร

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 4318-93 Test Method for Liquid Limit , Plastic Limit , and Plasticity Index of Soils

4.3 ใบงานขั้นการทดลองหาขีดความเหลวของดิน (Liquid Limit) L.L.

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 3	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 4
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาขีดความเหลวของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาขีดความเหลวของดินได้ถูกต้อง
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาขีดความเหลวของดินได้
4) สามารถคำนวณหาขีดความเหลวของดินได้

4.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) เครื่องทดสอบหาขีดจำกัดเหลวตามมาตรฐานASTM D 4318
2) เครื่องมือปาดร่องดิน (Grooving Tool)
3) มีดปาดดิน (Spatula) ขนาดกว้างประมาณ ¾ นิ้ว และยาวประมาณ 3 นิ้ว
4) ชามกระเบื้องเคลือบ (Coat Dish)
5) ขวดภาชนะเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับใส่น้ำ
6) ตะแกรงร่อนดินเบอร์ 40
7) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
8) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องทดสอบหาขีดจำกัดเหลว

รูปที่ 4.3 แสดงเครื่องมือปาดร่องดิน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 3	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 4
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 4.4 แสดงมีดปาดดินและชามกระเบื้อง

รูปที่ 4.5 แสดงขวดภาชนะสำหรับใส่น้ำ

รูปที่ 4.6 แสดงตะแกรงร่อนดินเบอร์ 40

รูปที่ 4.7 แสดงเครื่องชั่งอ่านได้ถึง 0.01 กรัม

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

4.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) น้ำกลั่น
2) ดินตัวอย่างที่จะหาขีดความเหลว (ผ่านตะแกรงเบอร์ 40) ประมาณ 100 กรัม

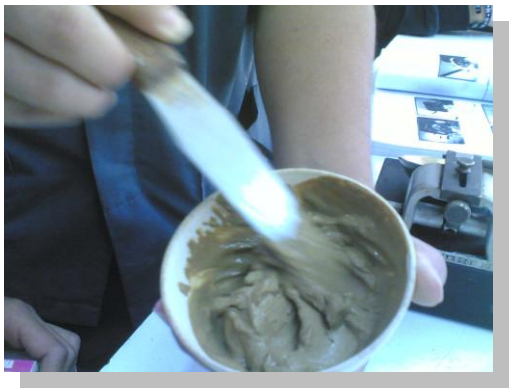
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 3	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 4
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง
2) ตารางที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณน้ำ

4.3.5 ขั้นการทดลอง

1) นำดินที่เตรียมไว้ใส่ในถ้วยเคลือบแล้ว ใส่น้ำประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร หรือในปริมาณที่ไม่เหนียวจนเกินไป แล้วผสมให้เข้ากัน ดังรูปที่ 3.8
2) เตรียมอุปกรณ์ชุดทดสอบ ให้ความสูงของก้นจานอยู่สูงกว่าพื้นรอง 1 ± 0.2 เซนติเมตร โดยใช้ด้ามของเครื่องมือปาดร่องดินวัด ทำการปรับปุ่มเลื่อนต่าง ๆ ให้แน่น แล้วใช้มีดปาดดิน ตักดินใส่ลงในจาน แล้วปาดให้เรียบ โดยให้มีความหนาของดินตรงกลางประมาณ 1 เซนติเมตร
3) เคาะถ้วยทองเหลืองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 ครั้งต่อ 1 วินาที โดยนับจำนวนครั้งไว้ด้วย ทำการหมุนจนกระทั่งดินที่บากไว้ (รูปที่ 4.9) ไหลเข้ามาชนกันเป็นระยะทาง ½ นิ้ว ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ทดลองนับตั้งแต่ใส่ดินลงไปในถ้วยกระทะ จนกระทั่งเคาะเสร็จจะต้องใช้เวลาไม่เกิน 3 นาที



รูปที่ 4.8 แสดงผสมน้ำกับดินให้เข้ากัน

รูปที่ 4.9 แสดงปาดดินให้เป็นร่องตรงกลาง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 3	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 4
ชื่อหน่วย การทดลอง หาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ในการหาค่า Liquid Limit จะนับจำนวนการเคาะที่ 25 ครั้ง แล้วดินไหลมาชนกันเป็นระยะ ½ นิ้ว พอดีนั้นทำได้ยาก จึงได้มีการกำหนดจำนวนการเคาะครั้งแรกและครั้งต่อ ๆ ไป เพื่อความสะดวกตามมาตรฐาน ASTM D 4318 ดังนี้

จำนวนการเคาะ ครั้งที่ 1 ประมาณ 25 – 35 ครั้ง

จำนวนการเคาะ ครั้งที่ 2 ประมาณ 20 - 30 ครั้ง

จำนวนการเคาะ ครั้งที่ 3 ประมาณ 15 – 25 ครั้ง

4) เมื่อได้จำนวนการเคาะตามที่กำหนด และดินไหลมาชนกันเป็นระยะ ½ นิ้วแล้ว ทำการตักดินเฉพาะตรงที่ดินไหลมาชนกัน โดยใช้มีดปาดดินตัดดินให้ขนานกัน โดยให้ระยะห่างพอดีกับระยะที่ดินไหลมาชนกันนี้แล้วจึงตัดหัวท้ายของรอยตัดขาดนี้ในแนวตั้งฉากกัน นำดินที่ถูกตักใส่ในกระป๋องอบดิน ชั่งน้ำหนักดินกับกระป๋อง นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส อบจนแห้ง (ประมาณไม่น้อยกว่า 24 ซม.) แล้วชั่งหาน้ำหนักดินแห้ง คำนวณหาปริมาณน้ำในดิน ของตัวอย่างแต่ละชุด

5) นำดินที่เหลือในจานออกแล้วนำกลับไปผสมกับดินที่เหลืออยู่ในถ้วยเคลือบ โดยเติมน้ำทีละน้อย ผสมเข้ากันให้ทั่ว ทำความสะอาดจานของชุดทดสอบ , มีดปาดร่องดิน, มีดปาดดิน ให้สะอาด อย่าให้มีเศษดินติดอยู่ พร้อมที่จะทำการทดสอบครั้งต่อไป

6) ให้ดำเนินการทดลองเหมือนเดิมตั้งแต่ข้อ 2 โดยการเคาะแล้วทำให้ดินเคลื่อนตัวสัมผัสกันเป็นระยะ ½ นิ้ว จะต้องอยู่ในช่วง 15 - 35 ครั้งเท่านั้น หากอยู่นอกช่วงที่กำหนดไว้นี้ถือว่าใช้ไม่ได้ ถ้าดินเปียกเพราะเติมน้ำมากเกินไป ต้องการให้ดินแห้งให้เกลี่ยดินบางๆ ทิ้งไว้สักครู่ แล้วทำการคลุกผสมใหม่จนกว่าดินจะแห้ง ห้ามใช้วิธีเอาดินผสมเพิ่ม เพื่อทำให้ดินแห้ง

7) การทดลองครั้งนี้จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะ(N) ที่ทำให้ดินเคลื่อนตัวสัมผัสกันเป็นระยะ ½ นิ้ว กับปริมาณน้ำในดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 3	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 4
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4.3.6 การรายงาน

1) นำข้อมูลที่จำนวนการเคาะและปริมาณความชื้นไปเขียนกราฟในกระดาษกราฟ Semi - Log โดยให้จำนวนการเคาะอยู่ในแนว แกน X (Scale Log) และปริมาณความชื้นอยู่ในแนวแกน Y แล้วลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น
2) จากจำนวนการเคาะ 25 ครั้ง ให้ลากเส้นตรงในแนวดิ่งตัดเส้นกราฟที่ได้เขียนไว้แล้ว ลากเส้นขนานแนวราบไปตัดแกน Y ค่าปริมาณความชื้นที่ได้นี้คือ ค่า Liquid Limit ดังแสดงในตารางที่ 4.2

4.3.7 ข้อควรระวัง

1) ดินที่จะนำมาใช้ทดสอบควรจะต้องผสมน้ำ ให้น้ำซึมเข้าถึงเนื้อดินอย่างทั่วถึง สำหรับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ อาจจะต้องทิ้งไว้โดยการผสมน้ำแล้วปิดภาชนะไว้เป็นเวลา 1 คืน
2) ระยะยกของถ้วยทองเหลือง (Casagrande's Cup) จะต้องได้ตามมาตรฐาน ดังนั้นควรทำการตรวจสอบก่อนการทดสอบทุกครั้ง
3) ให้วางเครื่องมือทดสอบกับพื้นราบทุกครั้งในขณะหมุนเครื่อง ห้ามใช้มืออุ้มเครื่องขึ้นเพื่อหมุนทดสอบ
4) ห้ามผสมตัวอย่างกับน้ำในถ้วยทองเหลืองกระทะของเครื่องมือทดสอบ แต่ให้ผสมตัวอย่างในถ้วยกระเบื้องเคลือบ

4.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

การทราบสถานะภาพของดินในขณะนั้นว่าอยู่ในสภาวะกึ่งของแข็ง, พลาสติก โดยดูได้จากค่าความชื้นในธรรมชาติเปรียบเทียบกับขอบเขตของการเปลี่ยนสถานะ และในกรณีที่ตัวอย่างทรายปนมาก ให้หาค่า Plastic Limit ก่อนค่า Liquid Limit ถ้าเป็น Non Plastic จะได้ไม่ต้องทดสอบหาค่า Liquid Limit

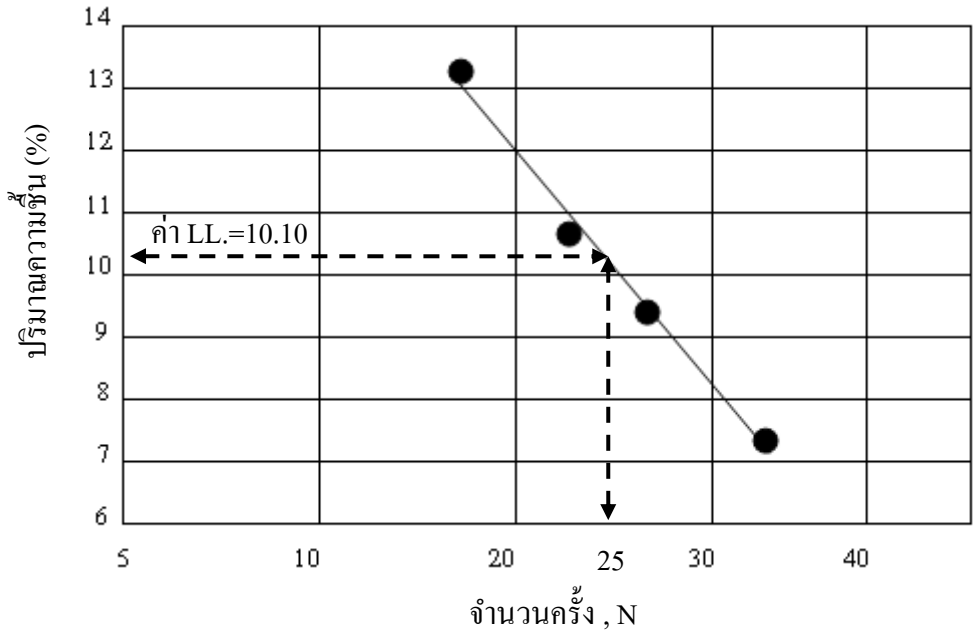
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 3	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 4
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลองหาขีดความเหลวของดิน

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

จำนวนครั้งของการเคาะ		18	22	26	34
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	A2	A3	A4
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	164.25	169.28	169.40	165.08
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	148.28	155.33	157.30	155.50
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	26.27	26.06	26.11	26.19
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	15.97	13.95	12.10	9.58
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	122.01	129.27	131.19	129.31
ปริมาณของน้ำในดิน	%	13.09	10.79	9.22	7.41

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณน้ำในดิน



4.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาขีดความเหลวของดิน

1) คำนวณหาปริมาณน้ำในดินได้จากสูตร

$$m = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน(กรัม)}}{\text{มวลของดินอบแห้ง(กรัม)}} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

เมื่อ ω = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

หรือจะใช้สูตรในการหาค่า Liquid Limit คือ

$$L.L. = m.(N/25)^{0.121} \qquad (20 < N < 30) \ldots\ldots\ldots\ldots (4.2)$$

ω = ปริมาณน้ำในดิน

N = จำนวนครั้งที่เคาะครั้งเดียว โดยจำนวนครั้งที่เคาะจะต้องอยู่ในระหว่าง 15 ถึง 35 ครั้ง

2) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 4.3 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

จำนวนครั้งของการเคาะ		18	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	164.25	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	148.28	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	26.27	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	15.97	= 164.25 – 148.28 = 15.97
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	122.01	=148.28 – 26.27 = 122.01
ปริมาณของน้ำในดิน	%	13.09	$\frac{15.97}{122.01} \text{x} 100 = 13.09$

ตารางที่ 4.4 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

จำนวนครั้งของการเคาะ	22	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม	169.28	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม	155.33	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง กรัม	26.06	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของน้ำ กรัม	13.95	= 169.28 – 155.33 = 13.95
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม	129.27	=155.33 – 26.06 = 129.27
ปริมาณของน้ำในดิน %	10.79	$\frac{13.95}{129.27} x100 = 10.79$

ตารางที่ 4.5 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 3

จำนวนครั้งของการเคาะ	26	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A3	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม	169.40	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม	157.30	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง กรัม	26.11	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของน้ำ กรัม	12.10	= 169.40 – 157.30 = 12.10
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม	131.19	=157.30 – 26.11 = 131.19
ปริมาณของน้ำในดิน %	9.22	$\frac{12.10}{131.19} x100 = 9.22$

ตารางที่ 4.6 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 4

จำนวนครั้งของการเคาะ	34	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A4	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม	165.08	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม	155.50	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง กรัม	26.19	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของน้ำ กรัม	9.58	= 165.08 – 155.50 = 9.58
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม	129.31	=155.50 – 26.19 = 129.31
ปริมาณของน้ำในดิน %	7.41	$\frac{9.58}{129.31} \times 100 = 7.41$

4.5 ขอบข่ายในการทดลองหาขีดความเหนียวของดิน (Plastic Limit) P.L.

หมายถึง ปริมาณความชื้นที่น้อยที่สุดในดินที่ทำให้ดินมีสภาพเหนียวหนืดมากขึ้น จะมีปริมาณความชื้นในดิน น้อยกว่าขีดจำกัดเหลวหรือถ้าพิจารณาจากกราฟแสดงสถานภาพของดินก็คือขีดที่ดินเปลี่ยนจากสภาพพลาสติกเป็นกึ่งของแข็ง หาได้โดยนำดินชื้นมาคลึงให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1/8 นิ้ว (3.2 มิลลิเมตร) และเกิดรอยแตกบริเวณที่ดินถูกคลึง

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 4318-93 Test Method for Liquid Limit , Plastic Limit , and Plasticity Index of Soils

4.6 ใบงานขั้นการทดลองหาขีดความเหนียวของดิน (Plastic Limit) P.L.

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 4	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 5
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหนียวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

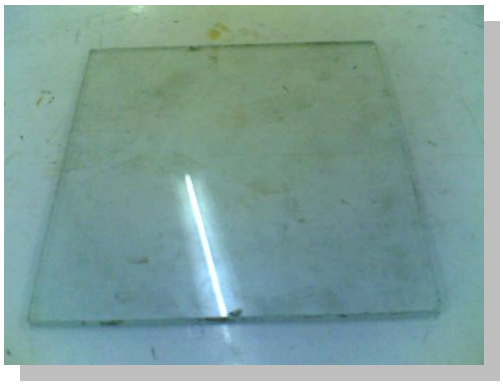
4.6.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาขีดความเหนียวของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาขีดความเหนียวของดินได้ถูกต้อง
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาขีดความเหนียวของดินได้
4) สามารถคำนวณหาขีดความเหนียวของดินได้

4.6.2 เครื่องมือ

1) ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
2) มีดปาดดิน
3) แผ่นกระจกขนาดไม่น้อยกว่า 30 ซม. x 30 ซม. หรือวัสดุพื้นผิวที่มีลักษณะเรียบลื่น
4) เครื่องชั่งละเอียด 0.01 กรัม
5) กระป๋องอบดิน
6) ตู้อบ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 4	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 5
ชื่อหน่วย การทดลอง หาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหนียวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 4.10 แสดงแผ่นกระจกใส

รูปที่ 4.11 แสดงถ้วยกระเบื้องและมีดปาดดิน

4.6.3 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

นำดินที่เหลือจากการทดลอง Liquid Limit มาผึ่งให้หมาดๆ แล้วนำมาปั้นคลึงเป็นแท่งยาว ขนาดประมาณ 1 ซ.ม. แล้วค่อย ๆ คลึงให้ดินเล็กลงจนมีขนาดเท่ากับ 1 หุน (1/8 นิ้ว)

4.6.4 แบบฟอร์ม

ตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

4.6.5 การเตรียมตัวอย่าง

นำดินที่เหลือจากการทดลอง Liquid Limit มาผึ่งให้หมาดๆ แล้วนำมาปั้นคลึงเป็นแท่งยาว ขนาดประมาณ 1 ซ.ม. แล้วค่อย ๆ คลึงให้ดินเล็กลงจนมีขนาดเท่ากับ 1 หุน แล้วคลึงต่อไปเรื่อยๆ โดยพยายามรักษาขนาดดังกล่าวจนดินเริ่มแตกปริออก

4.6.6 ขั้นการทดลอง

1) นำดินที่เตรียมไว้สำหรับการหาค่า Liquid Limit นำมาประมาณ 20 กรัม ผสมกับน้ำให้เข้ากันพยายามให้หมาดที่สุด แล้วปั้นเป็นก้อนกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 มิลลิเมตร นำไปคลึงบนแผ่นกระจกในอัตรา 80 – 90 ครั้งต่อนาที

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 4	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 5
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหนียวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

จนกระทั่งเป็นเส้นกลมยาว และให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 หุน แล้วให้เกิดรอยแตกเล็ก ๆ ทั่วไป รูปที่ 4.12 – รูปที่ 4.15

2) นำตัวอย่างที่ได้ไปใส่กระป๋องเพื่อหาค่าปริมาณความชื้น ความชื้นดังกล่าวเรียกว่า Plastic Limit (W_p หรือ PL.) รูปที่ 4.16 – รูปที่ 4.17
3) ทำการทดสอบซ้ำอย่างน้อย 3 –5 ตัวอย่าง แล้วนำค่ามาเฉลี่ยกัน (ค่าที่จะนำมาเฉลี่ยได้ต้องมีค่าใกล้เคียงกัน คือต่างกันไม่เกิน 2 %)

รูปที่ 4.12 แสดงปั้นดินให้เป็นก้อนกลม

รูปที่ 4.13 แสดงดินที่ปั้นคลึงจนกลม

รูปที่ 4.14 แสดงคลึงดินจากกลมให้เป็นเส้น

รูปที่ 4.15 แสดงดินที่คลึงเป็นเส้น

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 4	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 5
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหนียวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 4.16 แสดงนำตัวอย่างดินใส่กระป๋องอบ **รูปที่ 4.17** แสดงตัวอย่างดินที่อบแห้งแล้ว

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

4.6.7 การรายงาน

1) นำข้อมูลที่ได้ลงในตารางที่ 4.7
2) คำนวณหาขีดความเหนียวของดิน Plastic Limit

4.6.8 ข้อควรระวัง

1) ตัวอย่างดินพวก ดินทราย ดินตะกอน หรือพวก P.I. ต่ำๆ จะทำลำบากมาก ก่อนคลึงให้แต่งดินเป็นเส้นยาวน้ำหนักนิ้วที่ใช้กดคลึงต้องเบา มิฉะนั้นแท่งตัวอย่างจะแตกทันที และระหว่างคลึงอาจจะต้องคอยซับน้ำที่ออกจากตัวอย่าง
2) ห้ามคลึงดินบนแผ่นใดๆ ที่มีการดูดซึมของน้ำได้ ถึงแม้จะเรียบเพราะจะทำให้ดินติดกับวัสดุที่เป็นแผ่นรอง ควรจะใช้กระจกที่เรียบสะอาด ไม่มีความชื้นติด และเช็ดกระจกให้แห้ง ทั้งก่อนและหลังการทดลองแต่ละครั้ง
3) น้ำหนักดินที่ให้หา Plastic Limit ไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 10 กรัม เนื่องจากอาจเกิดความผิดพลาดจากการชั่งได้
4) การแตกของแท่งดินที่ทดสอบหาค่า Plastic Limit ควรจะเกิดจากการแตกเนื่องจากการสูญเสียน้ำด้วยการคลึง มิใช่การนำดินไปอบหรือแตกเพราะแรงกระทำที่มากเกินไป

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 4	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 5
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดความเหนียวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4.6.9 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การทดลองหาขีดความเหนียวของดินจะเป็นคุณสมบัติของดินแต่ละประเภท ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินเปลี่ยนสถานะจากกึ่งของแข็งเป็นของเหนียว หรือจากของเหนียวเป็นกึ่งของแข็ง เรียกว่าขีดความเหนียวของดิน ซึ่งมีค่าไม่เท่ากันในดินแต่ละประเภท การทดลองนี้ใช้กับดินเหนียวหรือดินที่มีส่วนประกอบของดินเหนียว หากเป็นดินทราย ดินตะกอน จะหาค่าขีดความเหนียวไม่ได้

จากการทดลองหาขีดความเหลว และขีดความเหนียว สามารถหาดัชนีความเหนียวของดินได้

$$P.I. = L.L. - P.L. \quad \text{.....(4.3)}$$

ซึ่งค่า P.I. จะบ่งบอกถึงช่วงความเหนียวของดินแต่ละประเภท

4.6.10 ตารางการปฏิบัติการทดลองหาขีดความเหนียวของดิน

ตารางที่ 4.7 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

กระป๋องอบดินหมายเลข	B1	B2
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม	174.23	175.38
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม	162.88	164.37
น้ำหนักกระป๋อง กรัม	30.09	30.11
น้ำหนักของน้ำ กรัม	11.35	11.01
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม	132.79	134.26
ปริมาณของน้ำในดิน %	8.55	8.20
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน %	8.375	

Plastic Limit = 8.375 %

Plasticity Index = 10.10% - 8.375% = 1.725 %

4.7 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองดัชนีความเหนียวของดิน

1) คำนวณหาปริมาณน้ำในดินได้จากสูตร

$$\omega = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน}}{\text{มวลของดินอบแห้ง}} \times 100 \quad \text{...(4.4)}$$

1.1) Liquid Limit (L.L.) อ่านได้จากกราฟที่การเคาะ 25 ครั้ง

1.2) Plastic Limit (P.L.) คำนวณจากค่าเฉลี่ยของความชื้นที่หาได้ 2 ครั้ง

1.3) Plasticity Index (P.I.) = L.L. – P.L. ....(4.5)

1.4) Flow Index (I_f) คือความชันของเส้นกราฟ (Flow Curve)

$$I_f = \frac{m_1 - m_2}{\log \frac{N_2}{N_1}} \quad \text{...(4.6)}$$

เมื่อ ω = ปริมาณน้ำในดิน

m_1 = ความชื้นบน Flow Curve ที่จุด 1 (ค่ามาก)

N_1 = จำนวนการเคาะที่จุด 1

m_2 = ความชื้นบน Flow Curve ที่จุด 2 (ค่าน้อย)

N_2 = จำนวนการเคาะที่จุด 2

1.5) Toughness Index (I_f) $= \dfrac{\text{PlasticityIndex(P.I.)}}{\text{FlowIndex}(I_f)}$ ....(4.7)

1.6) Liquidity Index (I_l) $= \dfrac{m_n - \text{P.L.}}{\text{P.I.}}$ ....(4.8)

เมื่อ m_n = ความชื้นตามธรรมชาติของดิน (Natural Water Content)

1.7) Activity of Clay (A_c) $= \dfrac{\text{(P.I.)}}{\text{\%Clay.ขนาดเล็กกว่า No.200}}$ ....(4.9)

2) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 4.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

กระป๋องอบดินหมายเลข	B1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม	174.23	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม	162.88	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง กรัม	30.09	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของน้ำ กรัม	11.35	= 174.23 – 162.88 = 11.35
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม	132.79	= 162.88 – 30.09 = 132.79
ปริมาณของน้ำในดิน %	8.55	$\frac{11.35}{132.79} \times 100 = 8.55$
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน %	8.55	

ตารางที่ 4.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

กระป๋องอบดินหมายเลข	B2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม	175.38	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม	164.37	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง กรัม	30.11	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของน้ำ กรัม	11.01	= 175.38 – 164.37 = 11.01
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม	134.26	= 164.37 – 30.11 = 134.26
ปริมาณของน้ำในดิน %	8.20	$\frac{11.01}{134.26} \times 100 = 8.20$
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน %	$PL. = \frac{8.55 + 8.20}{2} = 8.375$	

3) การคำนวณหาค่า P.I. (Plasticity Index)

P.I. = L.L. – P.L. .....(จากสูตรที่ 4.5)

โดย L.L. = 10.10 % .....(จากตารางที่ 4.2)

P.L. = 8.375 % .....(จากตารางที่ 4.9)

แทนค่าจากสูตร

P.I. = 10.10% - 8.375%

= 1.725 %

4.8 ขอบข่ายในการทดลองหาขีดหดตัวของดิน (Shrinkage Limit) S.L.

หมายถึงปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากวัสดุกึ่งของแข็ง หรือปริมาณน้ำที่มากที่สุด ซึ่งแม้ว่าจะมีการสูญเสียน้ำอีกต่อไปก็ไม่ทำให้ดินหดตัวหรือมีปริมาตรลดลงอีก การหาพิกัดหดตัวของดินทำได้โดยการนำเอาดินตัวอย่างที่อยู่ในสภาพพลาสติก มาปั้นเป็นก้อนทรงแบนแล้วน้ำไปชั่งหาน้ำหนักของมวลดิน พร้อมทั้งวัดปริมาตรของดินในปรอท แล้วน้ำไปอบให้แห้งเพื่อหาน้ำหนักและปริมาตรของดินแห้งนี้

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 427-98 Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method

4.9 ใบงานขั้นการทดลองหาขีดหดตัวของดิน (Shrinkage Limit) SL.

รหัส 3106-2010	**ใบงานที่ 5**	**หน่วยที่ 4**
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		**สอนครั้งที่ 6**
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	**ชื่องาน การทดลองหาขีดหดตัวของดิน**	**จำนวน 4 ชั่วโมง**

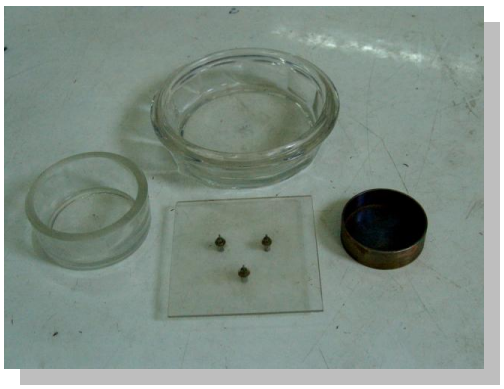
4.9.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาขีดหดตัวของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาขีดหดตัวของดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาขีดหดตัวของดินได้
4) สามารถคำนวณหาขีดหดตัวของดินได้

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 5	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดหดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4.9.2 เครื่องมือ

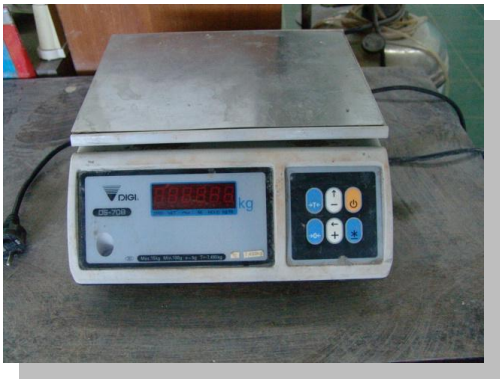
1) ถ้วยสำหรับหาค่าพิกัดหดตัว (Shrinkage Dish) เป็นโลหะเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ¾ นิ้ว สูงประมาณ ½ นิ้ว
2) ถ้วยแก้ว (Glass Cup) เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 ¼ นิ้ว สูงประมาณ 1 ¼ นิ้ว
3) แผ่นกระจกมีปุ่ม 3 ปุ่ม (Glass Plate 3 bottoms) ขนาดของแผ่นกระจก 3 × 3 นิ้ว หนา $\frac{1}{16}$ นิ้ว
4) มีดปาดดิน ขนาดกว้างประมาณ ¾ นิ้ว และยาวประมาณ 3 นิ้ว
5) ปรอท (Mercury)
6) เครื่องชั่งละเอียด 0.01 กรัม
7) กระป๋องอบดิน
8) ตู้อบ



รูปที่ 4.18 แสดงถ้วย Shrinkage Dish, ถ้วยแก้ว,ถาดรองและแผ่นกระจกมีปุ่ม 3 ปุ่ม
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 5	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดหดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 4.19 แสดงปรอท



รูปที่ 4.20 แสดงเครื่องชั่ง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

4.9.3 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

1) น้ำกลั่น
2) ดินตัวอย่างที่จะหาขีดหดตัว (ผ่านตะแกรงเบอร์ 40) ประมาณ 30 กรัม

4.9.4 แบบฟอร์ม

ตารางที่ 4.10 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

4.9.5 การเตรียมตัวอย่าง

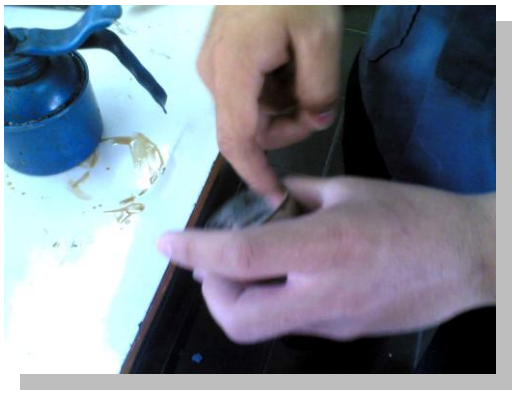
นำดินที่เตรียมไว้แล้วจากการหาค่า Liquid Limit มาประมาณ 30 กรัม

4.9.6 ขั้นการทดลอง

1) นำดินที่เตรียมไว้แล้วจากการหาค่า Liquid Limit ประมาณ 30 กรัม ผสมกับน้ำให้พอเหลวเพื่อใส่ใน Shrinkage Dish ได้ ก่อนทำการทดสอบให้นำ Shrinkage Dish ไปชั่งน้ำหนักก่อน แล้วทาน้ำมันภายในบาง ๆ เพื่อป้องกันดินติดกับ Shrinkage Dish เมื่อเวลาดินแห้ง

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 5	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดหดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) นำดินที่ผสมแล้วใส่ลงใน Shrinkage Dish จำนวน 3 ชั้น เท่า ๆ กัน และทำการเคาะ Shrinkage Dish เมื่อใส่ดินในแต่ละชั้น เพื่อไล่ฟองอากาศออกจากดิน แล้วปรับผิวหน้าดินให้เรียบเสมอขอบของ Shrinkage Dish แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ปล่อยทิ้งไว้ในอากาศประมาณ 3 – 6 ชั่วโมง ให้สีของดินเปลี่ยนเป็นสีอ่อน จึงค่อยนำเข้าเตาอบ ที่อุณหภูมิ 110 ± 5° C และทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง



รูปที่ 4.21 แสดงการทาน้ำมันเพื่อป้องกันดินติด **รูปที่ 4.22** แสดงการใส่ดินใน Shrinkage Dish
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

3) การหาปริมาตรก้อนดินเปียกทำได้โดย นำเอาก้อนดินแห้งออกจาก Shrinkage Dish แล้วใส่ปรอทลงใน Shrinkage Dish จนเต็ม วางถ้วยบรรจุปรอทในถ้วยกระเบื้อง ใช้แผ่นกระจกที่มีสามขากดลงบนขอบถ้วยบรรจุปรอท จะทำให้ปรอทส่วนเกินจะล้นออกมาอยู่ในถ้วยกระเบื้องปริมาตรปรอทจะเท่ากับขอบถ้วยพอดี

4) นำ Shrinkage Dish ที่บรรจุปรอทนำขึ้นชั่งจะได้น้ำหนักรวมของ Shrinkage Dish กับปรอท เสร็จแล้วเทปรอทออกจาก Shrinkage Dish ซึ่ง เราสามารถหาน้ำหนักปรอทใน Shrinkage Dish ซึ่งสามารถนำไปหาปริมาตรที่เท่ากับก้อนดินเปียกได้ (นั้นก็คือการหาปริมาตรของ Shrinkage Dish นั้นเอง)

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 5	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดหดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 4.23 แสดงการใส่ปรอทลงใน Shrinkage Dish **รูปที่ 4.24** แสดงการใช้แผ่นกระจกที่มีสามขากดดิน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

5) การหาปริมาตรก้อนดินแห้งทำได้โดย วาง Shrinkage Dish ที่บรรจุปรอทเต็มลงในถ้วยกระเบื้อง นำตัวอย่างดินที่อบแห้งแล้วมาวางบนปรอทใน Shrinkage Dish แล้วจึงนำแผ่นกระจกที่มีสามขากดให้ดินจมลงไป จนปรอทส่วนเกินล้นออกจากถ้วย ชั่งน้ำหนัก Shrinkage Dish + ปรอท ที่เหลือ เพื่อนำไปหักออกจาก Shrinkage Dish + ปรอท จะได้น้ำหนักปรอทที่ถูกแทนที่เพื่อหาปริมาตรก้อนดินแห้ง

4.9.7 การรายงาน

1) นำข้อมูลที่ได้ลงในตารางที่ 4.10
2) คำนวณหาขีดหดตัวของดิน

4.9.8 ข้อควรระวัง

1) เมื่อใส่ดินในแต่ละชั้น ควรปล่อยทิ้งไว้ในอากาศ (อุณหภูมิห้อง) ประมาณ 3 – 6 ชั่วโมง ให้สีของดินเปลี่ยนเป็นสีอ่อน จึงค่อยนำเข้าตู้อบ เพราะถ้ารีบนำเข้าตู้อบเลยทันที จะทำให้ดินแตกเมื่อดินแห้งตัว ทำให้การหาปริมาตรดินทำได้ยาก

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 5	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดหดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) ปรอทเป็นสารอันตราย สามารถซึมผ่านผิวหนังหรือระเหยได้ หลีกเลี่ยงการสัมผัสหรือสูดดม

3) น้ำที่ใช้ทดสอบต้องเป็นน้ำสะอาด เช่น น้ำกลั่น

4.9.9 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การทดลองหาขีดหดตัวของดินเป็นการนำเอาดินที่อิ่มตัวมาใส่ในภาชนะที่ทราบปริมาตร จากนั้นก็นำเอาดินไปเข้าตู้อบให้แห้ง ในระหว่างปริมาณน้ำในดินเริ่มแห้งลงไปทีละน้อย จนถึงปริมาณน้ำที่ขีดจำกัดค่าหนึ่งจนถึงดินนั้นแห้งสนิท ถ้าหากปริมาณน้ำในดินต่ำกว่าขีดจำกัดค่านั้นแล้ว ปริมาตรของดินก็จะไม่เปลี่ยนแปลงลงไปอีก ค่าขีดจำกัดหรือค่าปริมาณน้ำในดินที่ไม่ทำให้ดินเปลี่ยนแปลงปริมาตรนี้เรียกว่า ขีดหดตัวของดินหรือ S.L.

ขีดหดตัวของดิน ในความหมายทางฟิสิกส์ก็คือปริมาณน้ำในดินที่ต่ำกว่าค่า S.L. ไม่มีผลทำให้ปริมาตรของดินเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าน้ำสูงกว่าค่า S.L. ปริมาตรของดินก็จะเปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มสูงขึ้น ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดอัตราส่วนช่องว่างในดินกับปริมาณน้ำ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 5	หน่วยที่ 4
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย การทดลองหาขีดความเหลวของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขีดหดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4.9.10 ตารางการปฏิบัติการทดลองหาขีดหดตัวของดิน

ตารางที่ 4.10 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	A2
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินชื้น	กรัม	45.50	45.20
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินแห้ง	กรัม	22.10	22.20
น้ำหนักถ้วยโลหะ	กรัม	37.50	38.50
น้ำหนักของปรอท+ถ้วย	กรัม	180.00	180.50
น้ำหนักของปรอท+ถาด	กรัม	293.20	293.90
น้ำหนักของถาด	กรัม	176.00	176.00
น้ำหนักของดินชื้น	กรัม	23.40	23.00
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	15.40	16.30
น้ำหนักของปรอท	กรัม	157.90	158.30
ปริมาตรของปรอท	ซม^3	11.67	11.70
น้ำหนักปรอทหลังกดดิน	กรัม	117.20	117.90
ปริมาตรของดินแห้ง	ซม^3	8.66	8.71
ขีดการหดตัวของดิน	%	25.78	25.52
เฉลี่ยขีดการหดตัวของดิน	%	25.65	

4.10 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาขีดหดตัวของดิน

1) คำนวณหาค่าปริมาตรของดินเปียก (Volume of Wet Soil , Vm)

$$Vm = \frac{Wm}{13.53} \quad \text{.....(4.10)}$$

เมื่อ Vm = ปริมาตรของปรอทมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

Wm = น้ำหนักของปรอทที่ถูกแทนที่มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

2) คำนวณหาค่าปริมาตรของดินแห้ง (Volume of Dry Soil, Vd)

$$Vd = \frac{Wd}{13.53} \quad \text{.....(4.11)}$$

เมื่อ Wd = น้ำหนักของปรอทที่ถูกแทนที่มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3) คำนวณหาค่า Shrinkage Ratio

$$R = \frac{Ws}{Vs} \quad \text{.....(4.12)}$$

เมื่อ Ws = น้ำหนักของดินแห้งมีหน่วยเป็นกรัม

Vs = ปริมาตรของดินแห้งมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

4) คำนวณหาค่า ระดับการหดตัว (Degree of Shrinkage)

$$Ds(\%) = \frac{V_i - V_f}{V_i} x100 \quad \text{.....(4.13)}$$

เมื่อ Vi = ปริมาตรของดินเปียกมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

Vf = ปริมาตรของดินแห้งหลังอบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

5) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน

ตารางที่ 4.11 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

ครั้งที่		1	จากการบันทึกข้อมูล
ถ้วยโลหะหมายเลข		A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินชื้น	กรัม	45.50	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักถ้วยโลหะ	กรัม	22.10	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินแห้ง	กรัม	37.50	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของปรอท+ถ้วย	กรัม	180.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของปรอท+ถาดรอง	กรัม	293.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของถาดรอง	กรัม	176.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินชื้น	กรัม	23.40	= 45.50 – 22.10 = 23.40
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	15.40	= 37.50 – 22.10 = 15.40
น้ำหนักของปรอท	กรัม	157.90	= 180 – 22.10 = 157.90
ปริมาตรของปรอท	ซม^3	11.67	$= \frac{157.90}{13.53} = 11.67$
น้ำหนักปรอทหลังกดดิน	กรัม	117.20	= 293.20 – 176 = 117.20
ปริมาตรของดินแห้ง	ซม^3	8.66	$= \frac{117.20}{13.53} = 8.66$
ขีดการหดตัวของดิน	%	25.78	$= \frac{11.67 - 8.66}{11.67} x100 = 25.78$

ตารางที่ 4.12 ตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

ครั้งที่		2	จากการบันทึกข้อมูล
ถ้วยโลหะหมายเลข		A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินชื้น	กรัม	45.20	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักถ้วยโลหะ	กรัม	22.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินแห้ง	กรัม	38.50	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของปรอท+ถ้วย	กรัม	180.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของปรอท+ถาดรอง	กรัม	293.90	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของถาดรอง	กรัม	176.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินชื้น	กรัม	23.00	= 45.50 – 22.20 = 23.00
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	16.30	= 38.50 – 22.20 = 16.30
น้ำหนักของปรอท	กรัม	158.30	= 180.50 – 22.20 = 158.30
ปริมาตรของปรอท	ซม^3	11.70	$= \frac{158.30}{13.53} = 11.70$
น้ำหนักปรอทหลังกดดิน	กรัม	117.90	= 293.90 – 176 = 117.90
ปริมาตรของดินแห้ง	ซม^3	8.71	$= \frac{117.90}{13.53} = 8.71$
ขีดการหดตัวของดิน	%	25.52	$= \frac{11.70 - 8.71}{11.70} \text{x} 100 = 25.52$

แบบทดสอบที่ 4 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 4 เรื่อง การทดลองหาขีดความเหลวของดิน

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ขีดความเหลวของดินคือข้อใด
   - ก. ปริมาณน้ำในดินระหว่าง Liquid กับ Shrinkage ของดิน
   - ข. ปริมาณน้ำในดินระหว่าง Plastic กับ Shrinkage ของดิน
   - ค. ปริมาณน้ำในดินระหว่าง Plastic กับ Liquid ของดิน
   - ง. ปริมาณน้ำในดินระหว่าง Plastic กับ Cohesion ของดิน
2. ขีดหดตัวของดินหมายถึงข้อใด
   - ก. ปริมาณน้ำในดินเริ่มเกาะตัวกัน
   - ข. ปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ดินเริ่มติดกับผิวโลหะ
   - ค. ปริมาณน้ำในดินที่ไม่ทำให้ดินเปลี่ยนแปลงปริมาตร
   - ง. ปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินอยู่ในสภาวะไหลตัวได้
3. การเคาะถ้วยทองเหลืองเพื่อให้ดินไหลมาชนกันต้องเคาะที่จำนวนเท่าใด
   - ก. 120 ครั้งต่อนาที
   - ข. 100 ครั้งต่อนาที
   - ค. 80 ครั้งต่อนาที
   - ง. 60 ครั้งต่อนาที
4. จำนวนครั้งของการเคาะ ข้อใดมีความเหมาะสม
   - ก. ต่ำกว่า 20 ครั้งและมากกว่า 50 ครั้ง
   - ข. ต่ำกว่า 20 ครั้งและมากกว่า 40 ครั้ง
   - ค. ต่ำกว่า 15 ครั้งและมากกว่า 40 ครั้ง
   - ง. ต่ำกว่า 10 ครั้งและมากกว่า 40 ครั้ง
5. ดินที่จะนำมาทดลองหาขีดความเหลวตัวต้องผ่านตะแกรงขนาดใด
   - ก. เบอร์ 40
   - ข. เบอร์ 30
   - ค. เบอร์ 20
   - ง. เบอร์ 10

6. ลักษณะของดินที่ใช้ในการทดลองหาขีดความอ่อนตัวของดินคือข้อใด

ก. คลึงดินเป็นเส้นกลมขนาด 5 มม.

ข. คลึงดินเป็นเส้นกลมขนาด 3 มม.

ค. ปั้นดินเป็นลูกกลมขนาด 10 มม.

ง. ปั้นดินเป็นลูกกลมขนาด 5 มม.

7. ระยะของดินที่ไหลในถ้วยทองเหลืองจากการเคาะต้องไหลมาชนกันไม่น้อยกว่าเท่าใด

ก. 1.27 นิ้ว

ข. 1.27 ซม.

ค. 1.5 นิ้ว

ง. 1.5 ซม.

8. ถ้านำดินแห้งกดให้จมในปรอทจนล้นออกมา ปริมาตรของดินแห้งจะเท่ากับข้อใด

ก. น้ำหนักปรอทที่ล้น ลบด้วย ปริมาตรปรอท

ข. น้ำของดิน ลบด้วย น้ำหนักปรอทที่ล้น

ค. น้ำหนักปรอทที่ล้น หารด้วย 13.53

ง. น้ำหนักปรอทที่เหลือ หารด้วย 13.53

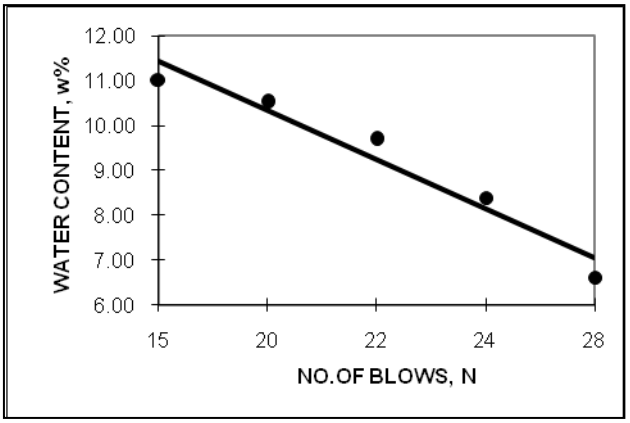
9. จากรูปข้างล่างนี้ค่า Liquid Limit. เท่ากับข้อใด

ก. 28 %

ข. 11.5 %

ค. 8 %

ง. 7.5 %



10. จากข้อ 9 ถ้า ค่าของ Plastic Limit มีค่าเท่ากับ 4 ค่าของ Plasticity Index จะเท่ากับข้อใด

ก. 24 %

ข. 15.5 %

ค. 11.5 %

ง. 4 %

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 P. L. คือผลต่างของค่า L.L. และ P.L.

…….2.2 จำนวนครั้งการเคาะของขีดเหลวตัวของดินคือ 25 ครั้ง

…....2.3 ดินทุกชนิดจะประมาณว่า กำลังของดินเท่ากับ 25 กรัม/ซม^2

…….2.4 อุปกรณ์การเคาะต้องมีระยะตกกระทบของจานทองเหลืองเท่ากับ 1 นิ้ว

…….2.5 ความหนาของดินที่ก้นถ้วยทองเหลืองต้องหนา 1 นิ้ว

…….2.6 ถ้าดินที่ไหลมาชนกันในถ้วยทองเหลือง แต่ไม่ติดกันเป็นเนื้อเดียวสามารถเติมน้ำและทดลองใหม่อีกครั้งได้

…….2.7 ดินที่ผสมน้ำและกวนจนเหลวข้นให้ใส่ในในถ้วยภาชนะเพื่ออบแห้ง ต้องใส่ดินจำนวน 2 ชั้นเพื่อไล่ฟองอากาศ

……2.8 หินและกรวด เหมาะในการหาค่า Atterberg’s Limit

……2.9 ถ้าไม่มีปรอทสำหรับการทดลองหาขีดหดตัวสามารถใช้น้ำแทนได้ดีเช่นกัน

……2.10 ดินข้นเหลวจนเป็นครีมที่ใส่ในถ้วยก่อนเข้าตู้อบสำหรับการทดลองหาขีดหดตัวของดิน ควรผึ่งให้แห้งในอากาศ 6-8 ชั่วโมง

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาขีดความเหลวของดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 4 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองหาค่าขีดความเหลว (Liquid Limit) L.L. โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาค่าขีดความเหลว

2) บันทึกการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าขีดความเหลว

จำนวนครั้งของการเคาะ				
กระป๋องอบดินหมายเลข				
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม				
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม				
น้ำหนักกระป๋อง กรัม				
น้ำหนักของน้ำ กรัม				
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม				
ปริมาณของน้ำในดิน %				

3) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินในแต่ละตัวอย่าง

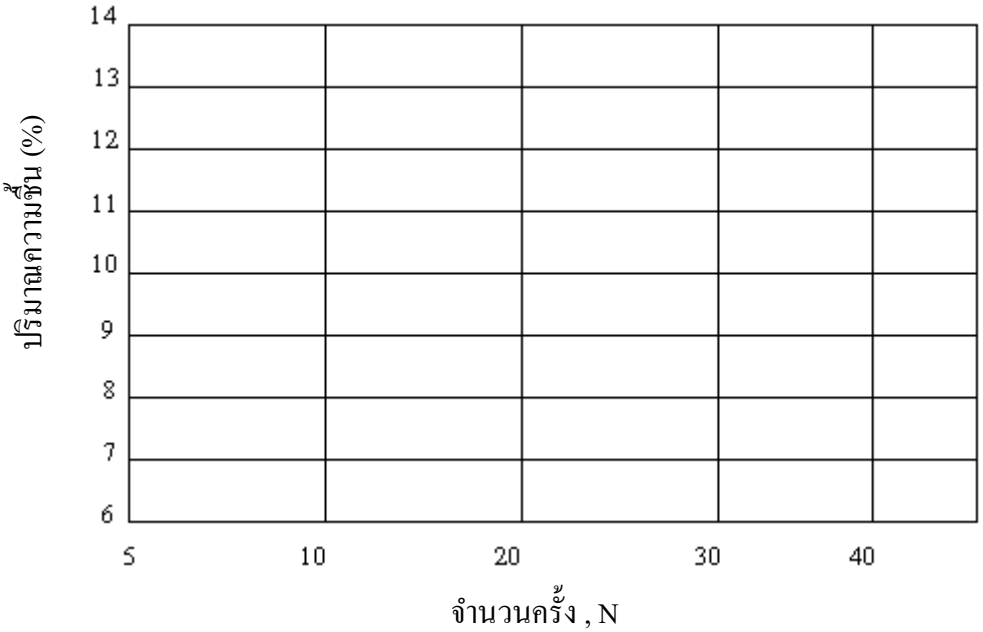
4) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเฉลี่ย

5) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณความชื้นในดิน ในตารางที่ 4.14

6) คำนวณหาค่าขีดความเหลวของดิน

7) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะกับปริมาณน้ำในดิน



ตอนที่ 3 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาขีดความเหนียวของดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองหาค่าขีดความเหนียว (Plastic Limit) P.L โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ให้นักศึกษานำดินที่เตรียมไว้จากการทดลองขีดความเหลวปริมาณ 20 กรัม เพื่อทำการทดลองหาค่าขีดความเหนียว
2) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการทดลองหาขีดความเหนียวของดิน
3) บันทึกการทดลองที่ได้ในตารางที่ 4.15
4) คำนวณหาขีดความเหนียวของ และหาค่าเฉลี่ยของขีดความเหนียวของดิน
5) คำนวณหาค่าดัชนีความเหนียวของดิน
6) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 4.15 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาขีดความเหนียวของดิน

กระป๋องอบดินหมายเลข		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม		
น้ำหนักกระป๋อง กรัม		
น้ำหนักของน้ำ กรัม		
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม		
ปริมาณของน้ำในดิน %		
ค่าเฉลี่ยปริมาณของน้ำในดิน %		

Plastic Limit = %

Plasticity Index = %

ตอนที่ 4 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาขีดความหดตัวของดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองหาค่าขีดหดตัวของดิน (Shrinkage Limit) S.L.โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

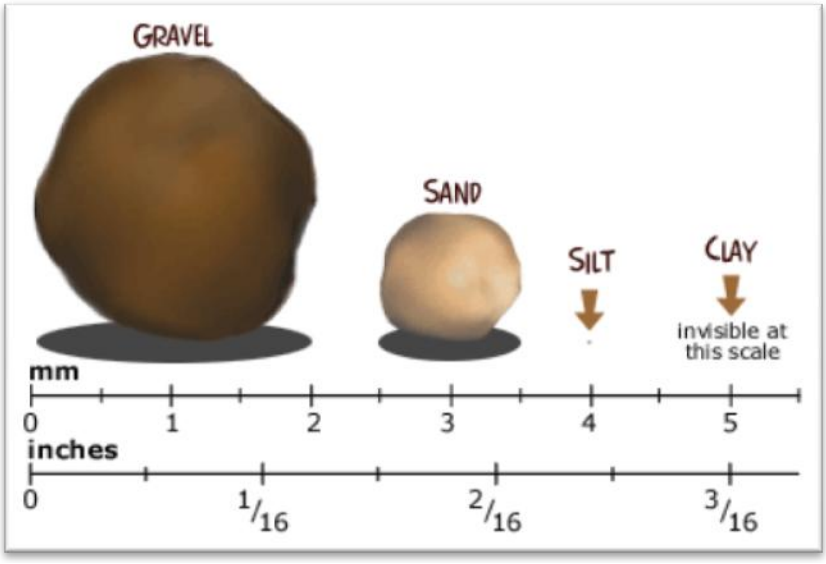
1) ให้นักศึกษานำดินที่เตรียมไว้จากการทดลองขีดความเหลวปริมาณ 20 กรัม เพื่อทำการทดลองหาขีดหดตัวของดิน
2) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการทดลองหาขีดหดตัวของดิน
3) บันทึกการทดลองที่ได้ในตารางที่ 4.16
4) คำนวณหาขีดหดตัวของดิน
5) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 4.16 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาขีดหดตัวของดิน

กระป๋องอบดินหมายเลข		
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินชื้น กรัม		
น้ำหนักถ้วยโลหะ+ดินแห้ง กรัม		
น้ำหนักถ้วยโลหะ กรัม		
น้ำหนักของปรอท+ถ้วย กรัม		
น้ำหนักของปรอท+ถาด กรัม		
น้ำหนักของถาด กรัม		
น้ำหนักของดินชื้น กรัม		
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม		
น้ำหนักของปรอท กรัม		
ปริมาตรของปรอท ซม^3		
น้ำหนักปรอทหลังกดดิน กรัม		
ปริมาตรของดินแห้ง ซม^3		
ขีดการหดตัวของดิน %		
เฉลี่ยขีดการหดตัวของดิน %		

หน่วยที่ 5

การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน (Sieve Analysis)



[1]

[1] http://204.143.68.15/login/index.php

หน่วยที่ 5

การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน (Sieve Analysis)

หัวข้อเรื่อง

5.1 การหาขนาดมวลคละของดินและการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สม่ำเสมอและสัมประสิทธ์ของเส้นโค้ง

5.2 ขอบข่ายการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

5.3 ใบงานขั้นการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

5.4 การคำนวณผลการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

สาระสำคัญ

การหาขนาดของเม็ดดินโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง จะใช้ตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิดแตกต่างกันออกไป สำหรับเบอร์ตะแกรงที่นิยมใช้กันก็คือขนาด 3/8 นิ้ว เบอร์ 4, 10, 20, 40, 100 และ 200 โดยเบอร์ตะเกรงที่จะขาดไม่ได้ก็คือ เบอร์ 4, 100 และ 200 ซึ่งตะแกรงที่มีช่องเปิดใหญ่ที่สุดจะอยู่ด้านบนและไล่ตามลำดับลงมา ดินหรือหินที่เล็กกว่าช่องเปิดของตะแกรงก็จะหล่นลงมาในชั้นต่อไป ดินที่ใหญ่กว่าช่องเปิดของตะแกรงก็จะค้างอยู่บนตะแกรง แต่ก็ไม่แน่เสมอไปเพราะว่าตะแกรงนั้นไม่สามารถแบ่งแยกความแบนความยาวได้ บางครั้งหินหรือดินเม็ดเล็ก แต่มีความยาวกว่าขนาดของตะแกรงก็สามารถค้างอยู่บนตะแกรงนั้นได้ การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดินอาจทำได้ด้วยกันหลายวิธี แต่ที่นิยมปฏิบัติกันแพร่หลาย คือ วิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ที่มีช่องขนาดต่างๆ กัน มักใช้กับดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 ม.ม. ขึ้นไปวิธีตกตะกอนโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ หรือหลอดดูด (Pipette) วัดการตกตะกอนเหมาะสำหรับเม็ดดินขนาด 0.2 มม. ถึง 0.0002 มม. ทั้งสองวิธีดังกล่าวอาจใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างเดียวกันได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการหาขนาดมวลคละของดินได้
2. อธิบายขอบข่ายการทดลองหาขนาดมวลคละของดินได้
3. ทดลองหาขนาดมวลคละของดินได้
4. คำนวณเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงและสรุปผลการทดลองได้

บทนำ

มวลดินหนึ่งลูกบาศก์เมตร อาจประกอบด้วยเม็ดดินหลายขนาด เช่น 10 ซม. ลงมาจนกระทั่ง 0.0002 มม. ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สมบัติทางฟิสิกส์ของมวลดินจะขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดดินอย่างมาก เช่น มวลดินที่มีเม็ดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 ส่วนมากจะไม่มีความเหนียวหรือแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน ซึ่งเรียกว่าดินทรายส่วนดินที่มีส่วนประกอบเป็นเม็ดเล็กมาก ก็จะเรียกว่าดินเหนียว นอกจากนั้นขนาดเม็ดดินยังมีอิทธิพลกับความซึมน้ำ การรับแรง อัตราการทรุดตัวและอื่นๆอีกมาก การก่อสร้างทั่วไปดินมักจะเป็นส่วนประกอบทางวิศวกรรมอย่างหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการสร้างเขื่อนสนามบิน ถนน แม้แต่ฐานรากอาคารขนาดใหญ่ แต่ดินที่ใช้ในงานก่อสร้างได้ดีนั้นจะต้องมีขนาดคละที่เหมาะสม ซึ่งในการหาว่าดินมีขนาดความคละกันอย่างไรนั้นจะต้องทำการหาขนาดของเม็ดดิน โดยดินเม็ดหยาบใช้วิธีการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน และนำขนาดคละของดินมาใช้ในการจำแนกประเภทของดินต่อไป

5.1 การหาขนาดมวลคละของดิน (Sieve Analysis)

สามารถทำได้ 3 วิธี ซึ่งแต่ละการทดลองจะขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน คือ

1) Sieve Analysis วิธีนี้เหมาะกับดินเม็ดหยาบ เช่น กรวด ทราย การทดสอบโดยวิธีนี้ทำได้โดยการนำดินที่ต้องการหาขนาดใส่ลงไปร่อนตะแกรงมาตรฐาน ซึ่งตะแกรงที่ใช้ร่อนนั้นมีหลายขนาด โดยจัดให้ตะแกรงขนาดใหญ่ที่สุดอยู่ข้างบนและขนาดเล็กสุดอยู่ข้างล่าง ขนาดเล็กสุดเป็นตะแกรงเบอร์ 200 ซึ่งมีขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 0.075 มม. ดังรูปที่ 5.5 เมื่อทำการร่อนผ่านตะแกรงเสร็จ

แล้ว จะนำมาชั่งเพื่อคำนวณหาปริมาณดินส่วนที่ค้างหรือผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ เป็นเปอร์เซ็นต์กับน้ำหนักดินทั้งหมด ดังสมการที่ 5.1

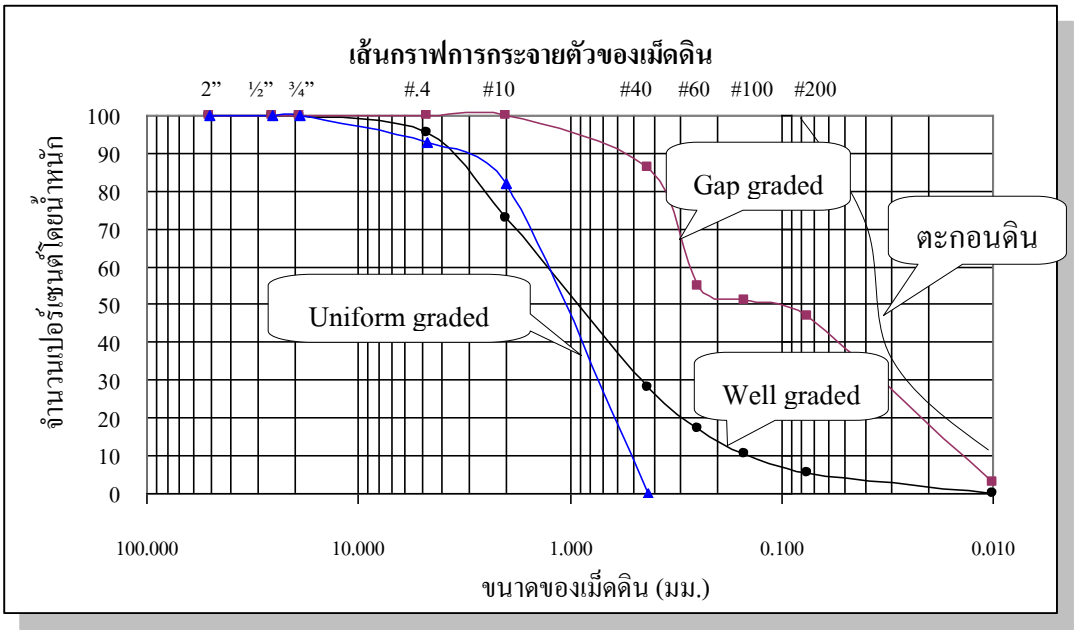
$$\text{เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรง} = \frac{\text{น้ำหนักของดินในแต่ละ ตะแกรง}}{\text{น้ำหนักของดินทั้งหมด}} \text{x100} \quad \text{.....(5.1)}$$

เปอร์เซ็นต์ค้างสะสมหาจากผลบวกสะสมของเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรงที่ใหญ่กว่าเปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่านตะแกรง (%Passing หรือ %Finer หรือ %Smaller) = 100 – เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม ส่วนเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200 นำมาวิเคราะห์วิธีไฮโดรมิเตอร์ จากนั้นนำผลที่ได้ไปเขียนกราฟก็จะได้ค่าประมาณร้อยละของดินเหนียว จากการทราบปริมาณร้อยละของขนาดเม็ดดินนั้น

2) Hydrometer Analysis วิธีนี้เหมาะสำหรับดินเม็ดละเอียดซึ่งมีขนาดกว่า 0.075 มม. หรือตะแกรงเบอร์ 200 เช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียว การทดสอบทำได้โดยนำดินที่ต้องการ หาขนาดมาละลายน้ำแล้วใส่ลงไปในหลอดแก้ว เพื่อให้เม็ดดินกระจายตัวและแขวนลอยอยู่ในน้ำ แล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดอัตราการตกตะกอน หรือวัดความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่ละลายแขวนลอยอยู่ในน้ำที่ความลึก h ในช่วงเวลาต่างๆกันซึ่งจะเป็นไปตามกฎของสโต๊ค (Storke's Law) คือ ความเร็วของการตกตะกอนของเม็ดดินจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเม็ดดิน ความหนาแน่นของของเหลว ความหนืดของของเหลวและขนาดของเม็ดดิน กล่าวคือดินเม็ดใหญ่จะตกตะกอนเร็วกว่าดินเม็ดเล็ก เมื่อทราบความเร็วของการตกตะกอนก็สามารถหาขนาดของเม็ดดินได้

3) Combined Analysis คือใช้กับดินเหนียวที่มีกรวด ทราย ซิลล์ ปนอยู่ ซึ่งเป็นการทดลอง Sieve Analysis บวกกับการทดลอง Hydrometer Analysis

การหาการกระจายขนาดของเม็ดดินนั้น ทำโดยการนำผลการทดสอบการหาขนาดของเม็ดดิน(ดินพวกเม็ดหยาบที่ได้จากวิธีร่อนผ่านตะแกรง และดินพวกเม็ดละเอียดที่ได้จากวิธีตกตะกอน) มาเขียนเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเม็ดดิน ที่มีขนาดเล็กกว่าโดยน้ำหนักในกระดาษ Semi-log จะได้กราฟกระจายตัวของเม็ดดิน ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงเส้นกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน

จากรูปที่ 5.1 จะเห็นว่าลักษณะกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1) ดินที่มีขนาดคละกันดี ได้แก่ดินที่มีขนาดต่างๆตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจน ถึงขนาดเล็กคละกันอย่างเหมาะสม เส้นกราฟที่เขียนได้จะเป็นเส้นโค้งสม่ำเสมอลาดจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง หรือสามารถหาจากค่า Coefficient of uniformity (C_U) ซึ่งแสดงการกระจายตัวของเม็ดดินว่ามีความสม่ำเสมอ ได้จากสมการ

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{.....(5.2)}$$

โดยที่ D_{60} = คือขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 60%

D_{10} = คือขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 10% เรียกว่า ขนาดประสิทธิผล (Effective Size)

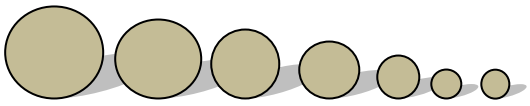
นอกจากนี้สามารถหาจากความโค้งของเส้นกราฟที่เรียกว่า Coefficient of Curvature (C_C) ซึ่งจะแสดงถึงขนาดคละกันว่า ขนาดคละกันดี จะต้องมีลักษณะตามตารางที่ 2.2 หรือ ขนาดคละกันไม่ดี ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad \text{.....(5.3)}$$

D_{30} = คือขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 30%

ตารางที่ 5.1 ลักษณะของดินที่มีขนาดคละกันดี

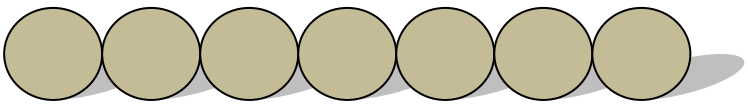
ชนิดของดิน	C_u	C_c
กรวด	มากกว่า 4	1 – 3
ทราย	มากกว่า 6	1 – 3



รูปที่ 5.2 แสดงดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded Soil)[2]

2) ดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (Poorly Graded Soil) แบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

ก. ดินที่มีขนาดเม็ดสม่ำเสมอ (Uniform Graded) คือดินมีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ เส้นกราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นในแนวดิ่งขนานแกน y

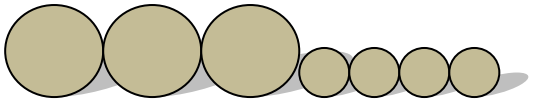


รูปที่ 5.3 แสดงดินที่มีขนาดเม็ดสม่ำเสมอ (Uniform Graded)[3]

[2] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

[3] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

ข. ดินที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Skip หรือ Gap Graded) คือดินที่มีแต่ขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก ขาดขนาดใดขนาดหนึ่งไป เส้นกราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นราบในช่วงที่ขนาดเม็ดดินขาดหายไป สำหรับดินที่มีขนาดคละกันไม่ดีนี้



รูปที่ 5.4 แสดงดินที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Skip หรือ Gap Graded)[4]

5.2 ขอบข่ายในการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

เป็นการทดลองเพื่อหาขนาดเม็ดดินของมวลดินและการกระจายส่วนคละของเม็ดดินโดยใช้วิธีการร่อนผ่านตะแกรง สำหรับเบอร์ตะแกรงที่นิยมใช้กันก็คือขนาด 3/8 นิ้ว เบอร์ 4, 10, 20, 40, 100 และ 200 โดยเบอร์ตะเกรงที่จะขาดไม่ได้ก็คือ เบอร์ 4, 100, 200 ซึ่งตะแกรงที่มีช่องเปิดใหญ่ที่สุดจะอยู่บนและไล่ตามลำดับลงมา ดินหรือหินที่เล็กกว่าช่องเปิดของตะแกรงก็จะหล่นลงมาในชั้นต่อไป ดินที่ใหญ่กว่าช่องเปิดของตะแกรงก็จะค้างอยู่บนตะแกรง

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D - 422 Standard Test Method of Particle Size Analysis of Soils

[4] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

5.3 ใบงานขั้นการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 6	หน่วยที่ 5
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 7
ชื่อหน่วย การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

5.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาขนาดมวลคละของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาขนาดมวลคละของดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาขนาดมวลคละของดินได้
4) สามารถคำนวณหาขนาดมวลคละของดินได้

5.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) ตะแกรงโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. เบอร์ 3/8" , 4 , 10 , 20 , 40 , 100 , 200 และถาดรองตะแกรง พร้อมเครื่องมือเขย่าตะแกรง
2) เครื่องชั่งขนาด 2 กิโลกรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม
3) เครื่องแบ่งตัวอย่างขนาดต่างๆ
4) แปรงลวดทองเหลือง แปรงพลาสติก และแปรงขน สำหรับทำความสะอาดตะแกรง
5) เตาอบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 ± 5 องศาเซลเซียส
6) ค้อนยาง

รูปที่ 5.5 แสดงตะแกรงโลหะ

รูปที่ 5.6 แสดงเครื่องเขย่าตะแกรง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 6	หน่วยที่ 5
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 7
ชื่อหน่วย การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 5.7 แสดงเตาอบ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

รูปที่ 5.8 แสดงเครื่องชั่งอ่านได้ถึง 0.01 กรัม

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

5.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

เอาดินตัวอย่างที่เตรียมไว้ มาอบหรือตากแดดให้แห้ง ถ้ายังจับตัวกันเป็นก้อนให้ใช้ค้อนยางทุบให้แตกเสียก่อน นำตัวอย่างมาคลุกเคล้าให้เข้ากันบนผืนผ้าใบหรือบนพื้นเรียบแล้วเกลี่ยดินให้กระจายและแยกด้วยวิธีแบ่งสี่ หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่างดินโดยเอา 2 ใน 4 ส่วน สำหรับปริมาณของตัวอย่างดินที่จะนำมาทดสอบจะขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดดินใหญ่สุดดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณน้ำหนักดินแห้งซึ่งใช้ในการร่อนผ่านตะแกรง

ขนาดเม็ดดินใหญ่สุด	น้ำหนักตัวอย่างดินอย่างน้อย (กรัม)
3/8 นิ้ว (9.5 มม.)	500
3/4 นิ้ว (19.0 มม.)	1,000
1 นิ้ว (25.0 มม.)	2,000
121 นิ้ว (37.5 มม.)	3,000
2 นิ้ว (50.0 มม.)	4,000
3 นิ้ว (75.0 มม.)	5,000

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 6	หน่วยที่ 5
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 7
ชื่อหน่วย การทดลอง หาขนาดมวลคละของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

5.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 5.3 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลของการทดลอง
2) ตารางที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ผ่าน

5.3.5 ขั้นการทดลอง

1) ทำความสะอาดตะแกรงทั้งหมดด้วยแปรงทำความสะอาด แล้วทำการชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่เบอร์บันทึกค่า (ชั่งน้ำหนักของ Pan ด้วย)
2) นำตะแกรงมาเรียงซ้อนกันโดยให้ตะแกรงที่มีขนาดช่องใหญ่อยู่บน แล้วเรียงขนาดเล็กตามลำดับดังนี้ เบอร์ 3/8" , 4 , 10 , 20 , 40 , 100 , 200 และ Pan
3) นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้เทใส่ลงบนตะแกรงชั้นบนสุด ปิดฝาแล้วนำเข้าเครื่องเขย่า ใช้เวลาในการเขย่าอย่างน้อย 10 นาที แล้วนำตะแกรงแต่ละอันไปชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักตะแกรงรวมกับดินที่ค้างบนตะแกรง นำดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงออกทิ้งแล้วทำความสะอาดตะแกรงให้เรียบร้อย

รูปที่ 5.9 แสดงการใช้ค้อนยางทุบดิน **รูปที่ 5.10** แสดงการร่อนดินด้วยตะแกรง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 6	หน่วยที่ 5
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 7
ชื่อหน่วย การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

5.3.6 การรายงาน

1) รายงานค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ต่อมวลรวม ลงในตารางที่ 5.3
2) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านลงในตารางที่ 5.4
3) แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (C_u) และสัมประสิทธิ์ความโค้ง (C_C)
4) แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

5.3.7 ข้อควรระวัง

1) ห้ามนำตะแกรงที่ชำรุดมาใช้สำหรับการทดลองซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่ได้เกิดความผิดพลาด
2) ไม่ควรใส่ดินในตะแกรงมากเกินไปเพราะจะทำให้การร่อนทำได้ยาก
3) ควรใช้เวลาในการร่อนตะแกรงให้เพียงพอหรือแน่ใจว่าดินขนาดต่างๆ ได้ผ่านตะแกรงตามขนาดเม็ดดินจริงๆ
4) ระวังอย่าให้เม็ดดินหายไปในระหว่างการทดลอง

5.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากการทดลองจะทำให้เห็นถึงการกระจายของมวลคละของดิน ขนาดของเม็ดดิน โดยที่การกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน มักแสดงด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเม็ดในสเกลลอกการิทึม และเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเม็ดที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่าที่ระบุ ซึ่งเรียกว่ากราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 6	หน่วยที่ 5
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 7
ชื่อหน่วย การทดลอง หาขนาดมวลคละของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

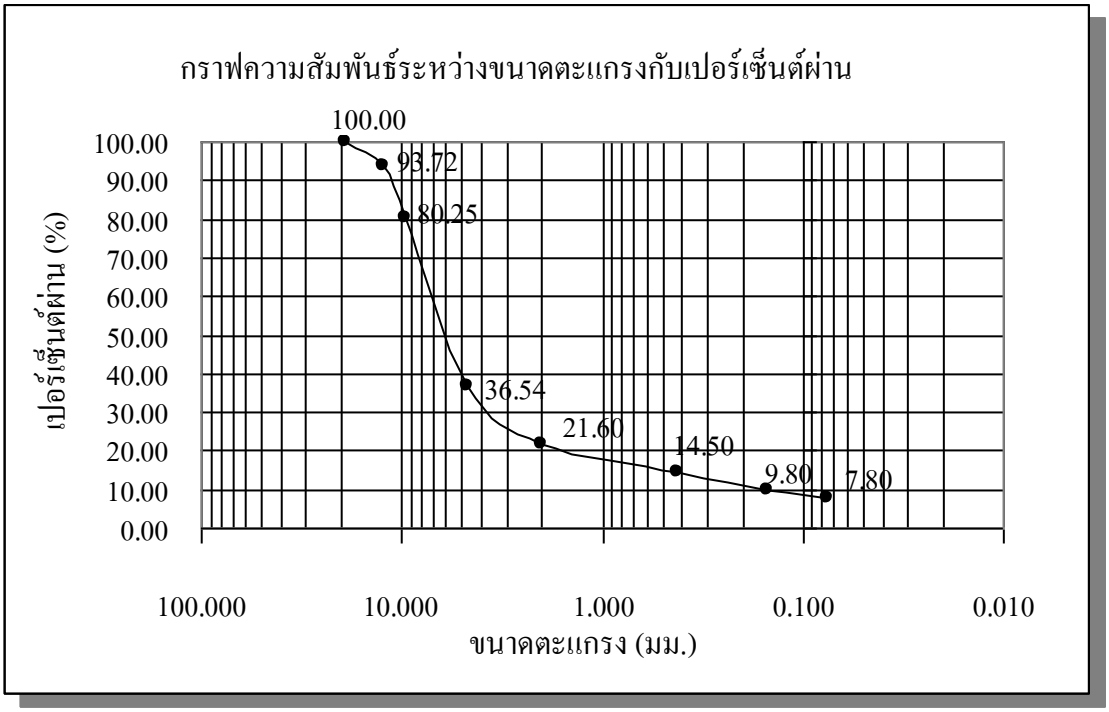
5.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

ตารางที่ 5.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

การวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อนดิน							
น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 500 กรัม							
ตะแกรงขนาดเบอร์	ช่องเปิดของตะแกรง มม.	น้ำหนักของตะแกรง กรัม	น้ำหนักของตะแกรง + ดิน กรัม	น้ำหนักของดินที่ค้าง กรัม	น้ำหนักของดินค้างตะแกรง %	น้ำหนักของดินค้างสะสม %	ส่วนที่ผ่านตะแกรง %
¾ นิ้ว	19.000	689.50	689.50	0.00	0.00	0.00	100.00
½ นิ้ว	12.500	717.66	968.86	251.20	6.28	6.28	93.72
3/8 นิ้ว	9.510	575.00	1113.80	538.80	13.47	19.75	80.25
No.4	4.750	477.45	2225.85	1748.40	43.71	63.46	36.54
No.10	2.000	419.55	1017.15	597.60	14.94	78.40	21.60
No.40	0.425	340.50	624.50	284.00	7.10	85.50	14.50
No.100	0.150	341.50	529.50	188.00	4.70	90.20	9.80
No.200	0.075	301.10	569.10	268.00	6.70	92.20	7.80
Pan	-	-	-	256.00	6.40	98.60	1.40

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 6	หน่วยที่ 5
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 7
ชื่อหน่วย การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	ชื่องาน การทดลองหาขนาดมวลคละของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 5.4 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ผ่าน



5.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

1) น้ำหนักของดินที่ค้างบนตะแกรง (Weight of Soil Retained)

= (น้ำหนักของตะแกรง+ดิน) - (น้ำหนักของตะแกรง) ……..……..(5.4)

2) เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรง (Percent Retained)

$$= \frac{\text{น้ำหนักดิน ที่ค้างบนตะแกรง}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างดิน}} \times 100 \text{ ……...(5.5)}$$

3) เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม (Cumulative Percent Retained)

= นำเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรง มาบวกแบบสะสม……..…..(5.6)

4) เปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่านตะแกรง (Percent Finer or Percent Passing)

= 100 – เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม……...…….(5.7)

5) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

ตารางที่ 5.5 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง	4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์	3/4 นิ้ว	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง มม.	19.000	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง กรัม	689.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน กรัม	689.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง กรัม	0.00	= 689.50 – 689.50 = 0.00
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง %	0.00	$= \frac{0.00}{4,000} x100 = 0.00$
น้ำหนักของดินค้างสะสม %	0.00	= 0.00
ส่วนที่ผ่านตะแกรง %	100.00	= 100 – 0.00 = 100

ตารางที่ 5.6 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง	4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์	1/2 นิ้ว	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง มม.	12.500	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง กรัม	717.66	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน กรัม	968.86	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง กรัม	251.20	= 968.86 – 717.66 = 251.20
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง %	6.28	$= \frac{251.20}{4,000} x100 = 6.28$
น้ำหนักของดินค้างสะสม %	6.28	= 0.00 + 6.28 = 6.28
ส่วนที่ผ่านตะแกรง %	93.72	= 100 – 6.28 = 93.72

ตารางที่ 5.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 3

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง		4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์		3/8 นิ้ว	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง	มม.	9.510	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง	กรัม	575.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน	กรัม	1,113.80	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง	กรัม	538.80	= 1,113.80 – 575.00 = 538.80
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง	%	13.47	$= \frac{538.80}{4,000} x100 = 13.47$
น้ำหนักของดินค้างสะสม	%	19.75	= 6.28 + 13.47 = 19.75
ส่วนที่ผ่านตะแกรง	%	80.25	= 100 – 19.75 = 80.25

ตารางที่ 5.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 4

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง		4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์		No.4	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง	มม.	4.750	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง	กรัม	477.45	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน	กรัม	2,225.85	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง	กรัม	1,748.40	= 2,225.85 – 477.45 = 1,748.40
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง	%	43.71	$= \frac{1,748.40}{4,000} x100 = 43.71$
น้ำหนักของดินค้างสะสม	%	63.46	= 13.47 + 43.71 = 63.46
ส่วนที่ผ่านตะแกรง	%	36.54	= 100 – 63.46 = 36.54

ตารางที่ 5.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 5

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง		4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์		No.10	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง	มม.	2.000	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง	กรัม	419.55	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน	กรัม	1,017.15	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง	กรัม	597.60	= 1,017.15 – 419.55 = 597.60
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง	%	14.94	$= \frac{597.60}{4,000} x100 = 14.94$
น้ำหนักของดินค้างสะสม	%	78.40	= 63.46 + 14.94 = 78.40
ส่วนที่ผ่านตะแกรง	%	21.60	= 100 – 78.40 = 21.60

ตารางที่ 5.10 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 6

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง		4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์		No.40	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง	มม.	0.425	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง	กรัม	340.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน	กรัม	624.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง	กรัม	284.00	= 624.50 – 340.50 = 284.00
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง	%	7.10	$= \frac{284.00}{4,000} x100 = 7.10$
น้ำหนักของดินค้างสะสม	%	85.50	= 78.40 + 7.10 = 85.50
ส่วนที่ผ่านตะแกรง	%	14.50	= 100 – 85.50 = 14.50

ตารางที่ 5.11 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 7

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง		4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์		No.100	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง	มม.	0.150	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง	กรัม	341.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน	กรัม	529.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง	กรัม	188.00	= 529.50 – 341.50 = 188.00
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง	%	4.70	$= \frac{188.00}{4,000} \text{x} 100 = 4.70$
น้ำหนักของดินค้างสะสม	%	90.20	= 85.50 + 4.70 = 90.20
ส่วนที่ผ่านตะแกรง	%	9.80	= 100 – 90.20 = 9.80

ตารางที่ 5.12 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 8

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง		4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์		No.200	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง	มม.	0.075	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง	กรัม	301.10	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน	กรัม	381.10	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง	กรัม	80.00	= 381 – 301.10 = 80.00
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง	%	2.00	$= \frac{80.00}{4,000} \text{x} 100 = 2.00$
น้ำหนักของดินค้างสะสม	%	92.20	= 90.20 + 2.00 = 92.20
ส่วนที่ผ่านตะแกรง	%	7.80	= 100 – 92.20 = 7.80

ตารางที่ 5.13 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 9

น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลอง		4,000	จากการชั่งน้ำหนัก
ตะแกรงขนาด เบอร์		PAN	จากการบันทึกข้อมูล
ช่องเปิดของตะแกรง	มม.	-	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักของตะแกรง	กรัม	-	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของตะแกรง+ดิน	กรัม	-	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินที่ค้าง	กรัม	256.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินค้างตะแกรง	%	6.40	$= \frac{256}{4,000} x100 = 6.40$
น้ำหนักของดินค้างสะสม	%	98.60	= 92.20 + 6.40 = 98.60
ส่วนที่ผ่านตะแกรง	%	1.40	= 100 – 98.60 = 1.40

แบบทดสอบที่ 5 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 3 เรื่อง การทดลองหาขนาดคละมวลดิน

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การจำแนกดินทุกระบบจำเป็นจะต้องใช้ตะแกรงขนาดใดเป็นตัวจำแนก

   ก. No. 200, No.10

   ข. No. 200, No.40

   ค. No. 200

   ง. No. 100

2. ค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของดินคือข้อใด

   ก. D_{60} / D_{30}

   ข. D_{30} / D_{60}

   ค. D_{60} / D_{10}

   ง. D_{10} / D_{60}

3. การหาขนาดของเม็ดดินไม่เหมาะกับดินประเภทใด

   ก. ดินเหนียว

   ข. ทราย

   ค. ทรายแป้ง

   ง. กรวด

4. จะหาเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรงได้จากข้อใด

   ก. $\dfrac{\text{น้ำหนักดิน ในตะแกรง}}{\text{น้ำหนักของ ดินผ่านตะแกรง}}$

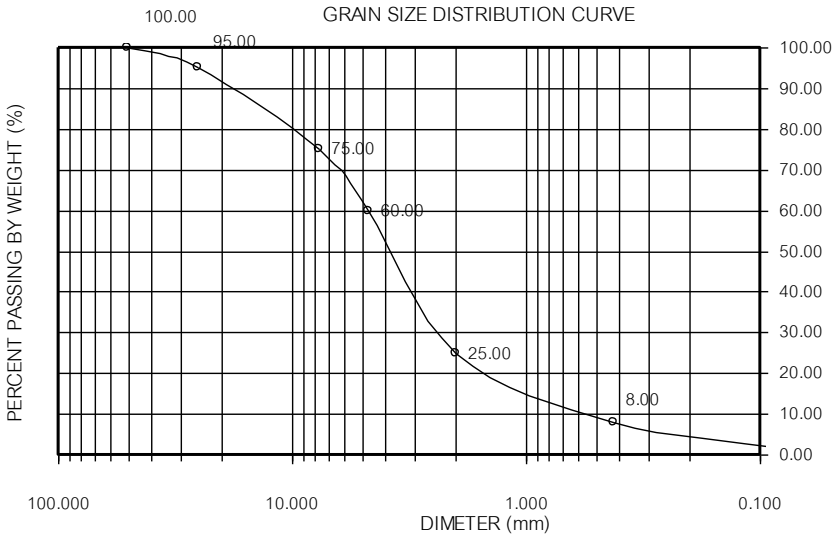
   ข. $\dfrac{\text{น้ำหนักดิน ในตะแกรง}}{\text{น้ำหนักของ ตะแกรง}}$

   ค. $\dfrac{\text{น้ำหนักดิน ผ่านตะแกรง}}{\text{น้ำหนักของ ดินในตะแกร ง}}$

   ง. $\dfrac{\text{น้ำหนักดิน ในตะแกรง}}{\text{น้ำหนักของ ดินทั้งหมด}}$

5. ดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี Poorly Graded soil คือข้อใด
   ก. ดินที่มีขนาดสม่ำเสมอเท่ากัน
   ข. ดินที่มีขนาดของเม็ดเหลี่ยมและกลมคละกัน
   ค. ดินที่มีเฉพาะเม็ดเหลี่ยม
   ง. ดินที่มีเฉพาะเม็ดกลม
6. ดินตัวอย่างขนาดเม็ดใหญ่สุด 19 มม. จะใช้ตัวอย่างของดินจำนวนเท่าไหร่ในการทดลองหาขนาดคละเม็ดดินด้วยตะแกรง
   ก. 500 กรัม
   ข. 1,000 กรัม
   ค. 2,000 กรัม
   ง. 3,000 กรัม
7. ตะแกรงที่มีขนาด No.100 หมายถึงข้อใด
   ก. ช่องของตะแกรงมี 100 ช่องใน 1 ซม^2
   ข. ช่องของตะแกรงมี 100 ช่องใน 1 นิ้ว^2
   ค. ช่องของตะแกรงมีขนาด 100 x 100 ซม^2
   ง. ช่องของตะแกรงมีขนาด 100 x 100 นิ้ว^2

จากรูปให้ตอบคำถามข้อ 8 – ข้อ 10



8. จากรูปค่าของ D_{60} มีค่าเท่าไหร่

ก. 60%

ข. 15.5 มม.

ค. 4.8 มม.

ง. 4 %

10. ค่าของ Cc มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 21.34

ข. 2.83

ค. 1.40

ง. 0.02

10. ค่าของ Cu มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 10.89

ข. 5.556

ค. 1.96

ง. .510

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

.....2.1 ขนาดของตะแกรงร่อนดิน นิยมใช้ No 200- 100- 80- 60- 40- 10- 4

.....2.2 รูตะแกรงขนาด 0.075 มม. คือตะแกรงเบอร์ 100

.....2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความโค้งคือ $\frac{D_{10}^{2}}{D_{60}xD_{30}}$

.....2.4 ดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 10 % ควรหาขนาดเม็ดดินด้วยวิธีอื่น

.....2.5 ขนาดของตะแกรงที่จะขาดไม่ได้คือตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 200

.....2.6 ลักษณะของช่องรูตะแกรงมีลักษณะรูปทรงกลม

.....2.7 ถ้าค่าของ Cu ต่ำ (น้อยกว่า 4 หรือ 6) แสดงว่าเม็ดดินมีขนาดใกล้เคียงกัน

.....2.8 ดินเม็ดหยาบ หมายถึง ดินที่มีขนาดโตกว่าช่องเปิดของตะแกรงเบอร์ 200

.....2.9 ดินเม็ดละเอียด หมายถึง ดินที่มีขนาดเล็กกว่าช่องเปิดตะแกรง เบอร์ 200

.....2.10 ค่าของ D_{10} หมายความว่า ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินมีขนาดเล็กกว่า 0.083 มม.

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาขนาดมวลคละของดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 4 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองหาขนาดมวลคละของดินโดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาค่าขนาดมวลคละของดิน

2) บันทึกการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 5.13

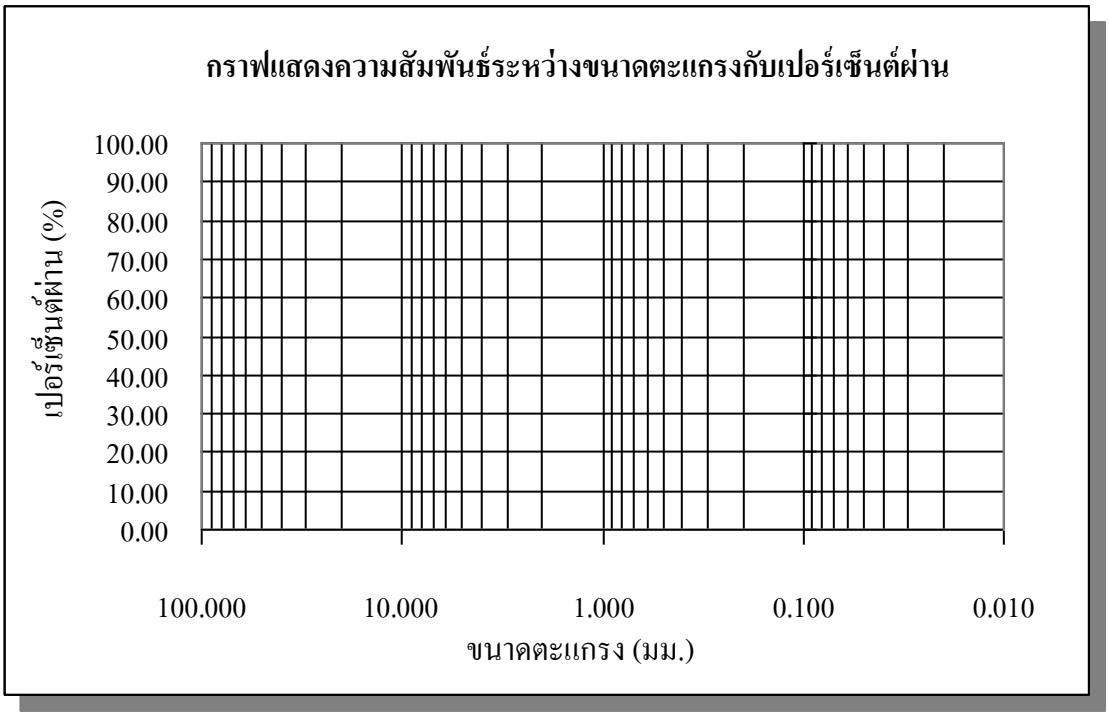
ตารางที่ 5.14 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าขนาดมวลคละของดิน

การวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อนดิน							
น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ.....กรัม							
ตะแกรงขนาดเบอร์	ช่องเปิดของตะแกรง มม.	น้ำหนักของตะแกรง กรัม	น้ำหนักของตะแกรง + ดิน กรัม	น้ำหนักของดินที่ค้างกรัม	น้ำหนักของดินค้างตะแกรง %	น้ำหนักของดินค้างสะสม %	ส่วนที่ผ่านตะแกรง %
3/4 นิ้ว							
1/2 นิ้ว							
3/8 นิ้ว							
No.4							
No.10							
No.40							
No.100							
No.200							
PAN							

3) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงลงในตารางที่ 5.14

4) คำนวณหาค่า C_u และ C_c

ตารางที่ 5.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ผ่าน



5) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

หน่วยที่ 6

การจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification)

[1]

[1] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

หน่วยที่ 6
การจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification)

หัวข้อเรื่อง

6.1 การจำแนกลักษณะของดินตามขนาดองค์ประกอบและคุณสมบัติ
6.2 ระบบการจำแนกประเภทของดิน
6.3 การจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification(U.S.C)

สาระสำคัญ

การจำแนกประเภทของดินระบบ Unified Soil Classification อาศัยข้อมูลพื้นฐานในการจำแนกคล้ายๆกัน คือ การกระจายและขนาดของเม็ดดิน, ค่า Atterberg's limits ,สี, กลิ่น และการจับตัวของเม็ดดิน รวมทั้งอินทรีย์สารที่เจือปน ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทของ Atterberg's Limits และ บทของการหาขนาดเม็ดดินแล้ว โดยใช้อักษรภาษาอังกฤษแทนชื่อของดินนั้นจะช่วยให้การจำแนกดินทางวิศวกรรมออกเป็นหมวดหมู่ ได้แก่ ดินมวลหยาบ ดินมวลละเอียด ซึ่งดินมวลหยาบประกอบด้วยกรวด ทราย และดินมวลละเอียดประกอบด้วย ดินตะกอนและดินเหนียว นอกจากนั้นยังพิจารณาอักษรตัวตาม โดยดูจากมวลคละดีหรือมวลคละไม่ดีและค่าขีดความเหลวของดิน พลาสติกอินเด็กซ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายการจำแนกลักษณะของดินได้
2. จำแนกดินตามแบบ U.S.C. ได้
3. อธิบายลำดับขั้นตอนการจำแนกดินตามวิธี U.S.C. ได้

บทนำ[2]

การจำแนกขนาดของดินตามขนาดของเม็ดดินนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น ดินเม็ดหยาบ เช่น หิน กรวด ทราย และดินเม็ดละเอียด เช่น ตะกอนทราย ดินเหนียว วัสดุแขวนลอย เป็นต้น สำหรับดินเม็ดหยาบจะหาขนาดโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน ส่วนดินพวกเม็ดละเอียดหาขนาดโดยวิธีวัดอัตราการตกตะกอนในน้ำ

6.1 การจำแนกประเภทของดินตามขนาดองค์ประกอบและสมบัติของเม็ดดิน

การจำแนกจะขึ้นกับการกำหนดของแต่ละสถาบัน ทำให้การแบ่งขนาดของเม็ดดินมีความแตกต่างกัน ดังรวบรวมและเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 6.1 ประมาณ 9 สถาบันดังนี้

USBR	คือ United State Bureau of Reclamation
ASTM	คือ American Society for Testing and Materials
JIS	คือ Japanese industrial Standard
CAA	คือ Civil Aeronautics Administration
AASHTO	คือ American Association of State Highway and Transportation Officials
BSI	คือ British Standard Institution
DIN	คือ Deutsh Industric Norm
MIT	คือ Massachusette Institute of Technology
USDA	คือ United State Department of Agriculture
FAA	คือ Federal Aviation Association

[2] มณเฑียร กังศศิเทียม, กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม, หน้า 34

ตารางที่ 6.1 แสดงการจำแนกประเภทของดินตามขนาดของดิน

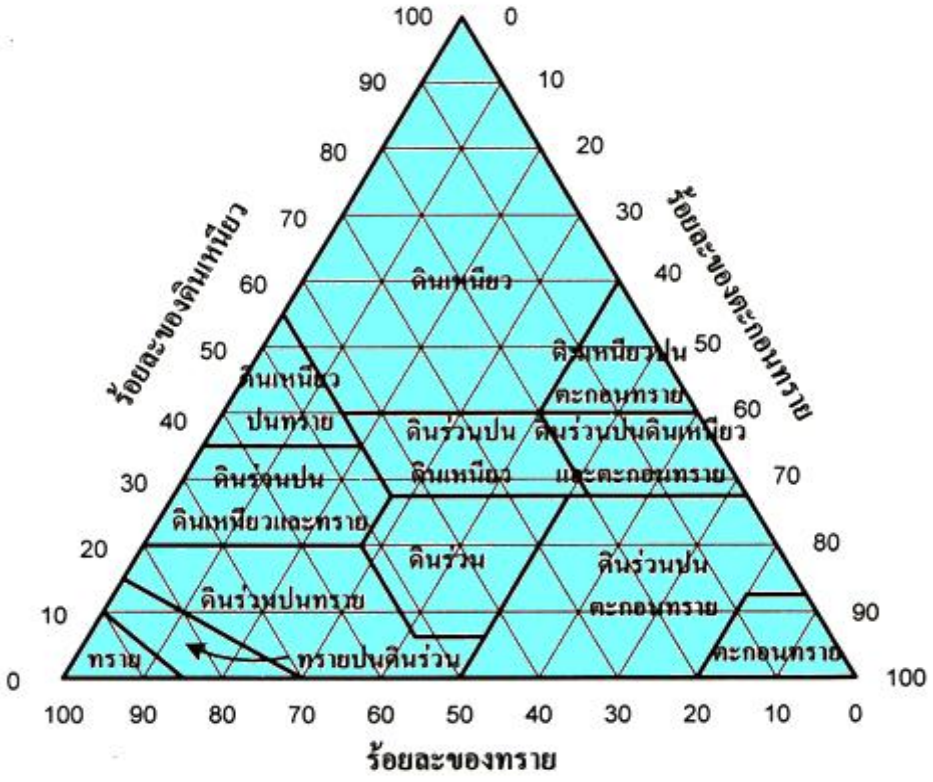
ระบบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง																					
	3"		3/4"		#4		#10		#40		#200		ขนาดรูตะแกรงมาตรฐาน									
Unified และ USBR	หิน	กรวด			ทราย							ตะกอนทรายหรือดินเหนียว										
		หยาบ		ละเอียด	หยาบ		ปานกลาง		ละเอียด													
	75		19		4.75		2		0.425		0.075											
ASTM D422-63	หิน	กรวด			ทราย							ตะกอนทราย		ดินเหนียว		แขวนลอย						
					หยาบ		ปานกลาง		ละเอียด													
	75		19		4.75		2		0.425		0.075		0.005		0.001							
JIS	หิน	กรวด				ทราย						ตะกอนทราย		ดินเหนียว		แขวนลอย						
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด		หยาบ			ละเอียด													
	75		20	5	2				0.425		0.075		0.005		0.001							
CAA	กรวด				ทราย							ตะกอนทราย		ดินเหนียว								
					หยาบ				ละเอียด													
	2				0.25				0.05				0.005									
ASSHTO M146-70	หิน	กรวด				ทราย						ตะกอนทราย		ดินเหนียว		แขวนลอย						
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด		หยาบ			ละเอียด													
	75		25	9.5	2				0.425		0.075		0.002		0.001							
BSI 1377-75	หิน	กรวด				ทราย						ตะกอนทราย								ดินเหนียว		
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ		ปานกลาง		ละเอียด			หยาบ	ปานกลาง		ละเอียด							
	60		20	5	2		0.6		0.2		0.06		0.02		0.006		0.002					
DIN 4D22-55	หิน	กรวด				ทราย						ตะกอนทราย								ดินเหนียว		
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ		ปานกลาง		ละเอียด			หยาบ	ปานกลาง		ละเอียด							
	60		20	5	2		0.6		0.2		0.06		0.02		0.006		0.002					
MIT	หิน	กรวด				ทราย						ตะกอนทราย								ดินเหนียว		
					หยาบ		ปานกลาง		ละเอียด			หยาบ	ปานกลาง		ละเอียด							
	60				2		0.6		0.2		0.06		0.02		0.006		0.002					
USDA	หิน	กรวด			ทราย*							ตะกอนทราย				ดินเหนียว						
		หยาบ		ละเอียด	1		2		3		4		5									
	75		12.5		2		1		0.5		0.25		0.1		0.05							

*หมายเหตุ 1 หยาบมาก และ 5 ละเอียดมาก

6.2 ระบบการจำแนกประเภทของดิน[3]

ระบบการจำแนกประเภทของดินมีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่นำไปใช้ การจำแนกประเภทของดินที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมี 3 วิธี ดังนี้

1) แผนภูมิสามเหลี่ยมจำแนกประเภทดิน (Triangular Soil Classification Chart) วิธีนี้จำแนกโดยอาศัยขนาดของเม็ดดินเป็นเกณฑ์ เหมาะสำหรับดินกรวดหรือทราย จากตารางจะพบว่าไม่ได้พิจารณาค่าขีดความเหลว ขีดความเหนียว และดัชนีสภาพพลาสติก การจำแนกประเภทของดินตามขนาดของเม็ดดินที่ง่ายที่สุดสามารถทำได้โดยอาศัยรูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 6.1 ตัวอย่างเช่น มีตัวอย่างดินและแยกได้ดังนี้ มีดินเหนียวอยู่ 60%, มีทรายปนอยู่ 40% และมีตะกอนทรายผสมอยู่ 30% ในตัวอย่างดินกลุ่มนี้ จากภาพจะได้ดินประเภท ดินร่วนปนดินเหนียว



รูปที่ 6.1 แสดงรูปสามเหลี่ยมของการจำแนกประเภทของดิน[4]

[3] สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. 2545. หน้า 30

[4] สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. 2545. หน้า 30

ตารางที่ 6.2 แสดงการจำแนกประเภทของดินตามขนาดเม็ดดิน[5]

ชนิดดิน	ส่วนประกอบ (%)		
	ทราย	ดินตะกอน	ดินเหนียว
Sand	80-100	0-20	0-20
Sandy loam	50-80	0-50	0-20
Loam	30-50	30-50	0-20
Silt loam	0-50	50-100	0-20
Sandy clay loam	50-80	0-30	20-30
Clay loam	20-50	20-50	20-30
Silt clay loam	0-30	50-80	20-30
Sandy clay	55-70	0-15	30-45
Silt clay	55-70	0-50	30-45
Clay	0-55	0-55	30-100

2) ระบบ U.SC. ระบบนี้นิยมกันมากในงานวิศวกรรมฐานราก ซึ่งนอกจากจะพิจารณามวลคละของดินแล้ว ยังได้นำค่าขีดความเหลว ขีดความเหนียวและดัชนีสภาพพลาสติกของมวลดินมาเป็นเกณฑ์ในการเรียกชื่อ โดยใช้ตัวภาษาอังกฤษแทน เช่น G คือกรวด, S คือทราย, M คือดินตะกอน และ C คือดินเหนียว และเขียน 2 ตัวแทนชนิดของดินได้ GM หมายถึงกรวดปนดินตะกอน GC หมายถึงกรวดปนดินเหนียว

การจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified นี้เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เพราะเหมาะกับงานวิศวกรรมทั่วๆไปเช่น งานถมดินและงานฐานราก เป็นต้น โดยจะจำแนกประเภทของดินออกเป็นกลุ่มๆโดยใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนการเรียกชื่อกลุ่มดินซึ่งจะแบ่งตามขนาดและลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษร 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลักและตัวที่ 2 จะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายดังแสดงในตารางที่ 6.3

[5] มานะ อภิพัฒนะมนตรี. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2543. หน้า 50

ตารางที่ 6.3 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified[6]

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก	ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน
G	พวกกรวด	Gravel	เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 80 มม. แต่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มม. ขนาดระหว่าง 80-200 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ และขนาดระหว่าง 4.75-20 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด
S	พวกทราย	Sand	เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. แต่ค้างตะแกรงขนาด 0.075 มม. ขนาดระหว่าง 2.0-4.75 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ, ขนาดระหว่าง 0.425-2.0 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดปานกลางและขนาดระหว่าง 0.075-0.425 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด
M	พวกตะกอนทราย	Mo = Silt	ขนาดเล็กกว่า 0.075 mm ค่อนข้างจะมีความเหนียวและรับกำลังได้น้อยเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง
C	พวกดินเหนียว	Clay	ขนาดเล็กกว่า 0.075 mm มีความเหนียวโดยจะขึ้นกับค่าความชื้นในดินและรับกำลังได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง
O	พวกสารอินทรีย์	Organic	เป็นดินอินทรีย์ มีหลายขนาดขึ้นกับลักษณะการเกิดของดิน
Pt	มีสารอินทรีย์สูง	Peat	ดินโคลนสีดำ
W	มีขนาดคละกันดี	Well graded	-
P	มีขนาดคละกันไม่ดี	Poorly graded	-
L	L.L. น้อยกว่า 50%	Low Liquid Limit	-

[6] สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. 2545. หน้า 44

ตารางที่ 6.3 (ต่อ) แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก	ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน
H	L.L. มากกว่า 50%	High Liquid Limit	-

3) ระบบ AASHTO (Classification) การจำแนกดินระบบ AASHTO นิยมใช้ในงานวิศวกรรมการทาง โดยแบ่งดินเป็นกลุ่มใหญ่ 7 กลุ่ม ใช้สัญลักษณ์ A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 และ A-7 สำหรับดิน A-1, A-2, A-3 เป็นดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกิน 30% จัดเป็นดินมวลหยาบ ส่วนดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6 และ A-7 เป็นดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 35% จัดเป็นพวกดินมวลละเอียด คือดินตะกอนปนดินเหนียว ซึ่งในดินบางกลุ่มยังสามารถแบ่งย่อยได้ดังตารางที่ 6.4 โดยเรียงตามลำดับความเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นดินคันทาง กล่าวคือดินกลุ่ม A-1 จะดีที่สุด และดินที่กลุ่ม A-7 จะไม่ดีที่สุด

ดินกลุ่ม A-1 ถึง A-3 จะเป็นดินเม็ดหยาบ โดย A-1 เป็นพวกกรวดและทรายที่มีขนาดคละกันดีแบ่งย่อยเป็น A-1-a และ A-1-b ดินกลุ่ม A-2 เป็นพวกกรวดและทรายที่มีดินพวกเม็ดละเอียดเช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียวปนอยู่ แบ่งเป็นกลุ่มย่อยอีกคือ A-2-4, A-2-5, A-2-6 และ A-2-7 สำหรับดินกลุ่ม A-3 เป็นพวกทรายที่มีขนาดคละกันไม่ดี

ดินกลุ่ม A-4 ถึง A-7 เป็นดินเม็ดละเอียด เช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียว โดย A-4 และ A-5 เป็นพวกตะกอนทราย ส่วน A-6 และ A-7 เป็นพวกดินเหนียว สำหรับ A-7 ยังแบ่งย่อยออกไปเป็น A-7-5 และ A-7-6 ดินกลุ่ม A-4 ถึง A-7 สามารถจำแนกประเภทได้เลยจากค่า ขีดความเหลว และดัชนีสภาพพลาสติกโดยอาศัยแผนภูมิความเหนียวในรูปที่ 6.2

นอกจากนี้ยังมีดินอีกกลุ่มหนึ่ง คือ A-8 เป็นดินที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่ เช่น Peat ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานทางวิศวกรรมได้ และสามารถจำแนกประเภทได้ด้วยตาเปล่า จึงไม่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.4

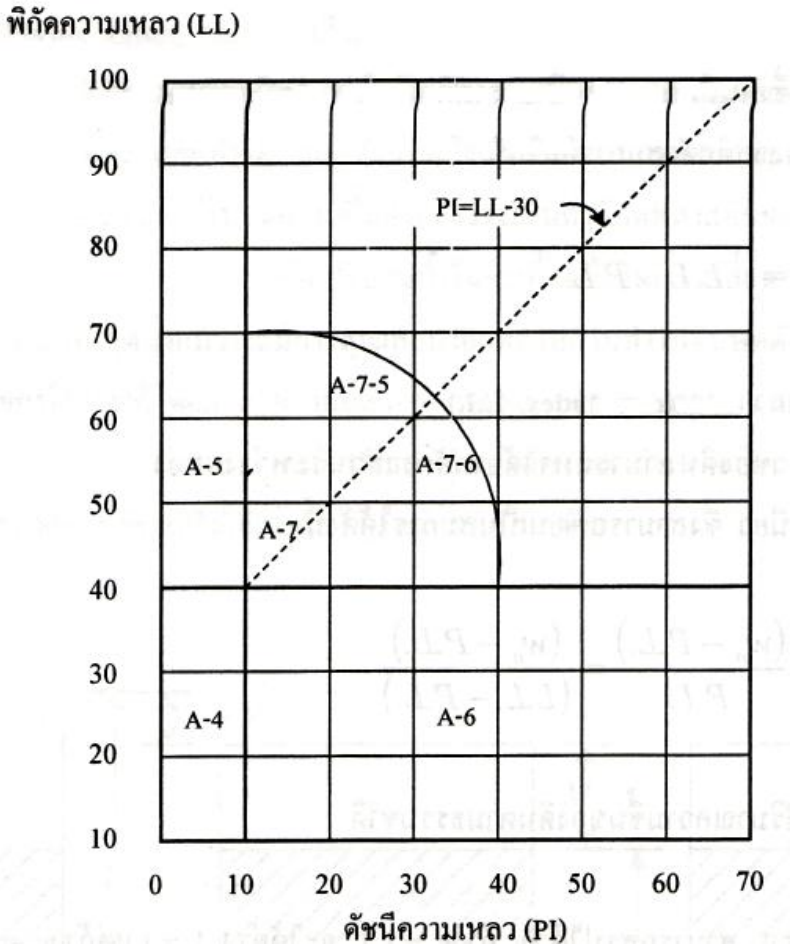
ตารางที่ 6.4 แสดงการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ AASHTO[7]

การจำแนกประเภทดิน	วัสดุเม็ดหยาบ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 35%							วัสดุเม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 35%			
การจำแนกประเภทแบบกลุ่ม	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
ร่อนด้วยตะแกรง เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง											
เบอร์ 10	50 max										
เบอร์ 40	30 max	50 max	51 min								
เบอร์ 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
คุณลักษณะของส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40											
L.L.	-		-	40 max	41 min	40 max	40 min	40 max	41 min	40 max	41 min
P.I.	6 max		N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min*
ดัชนีของกลุ่ม	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max
ชนิดของวัสดุ	หิน กรวด และทราย		ทรายละเอียด	กรวดและทรายปนตะกอนทรายหรือดินเหนียว				ตะกอนทราย		ดินเหนียว	
ความเหมาะสมต่อการใช้เป็นดินคันทาง	ดีเยี่ยมถึงดี						พอใช้ถึงไม่ดี				

หมายเหตุ : max = สูงสุด min = ต่ำสุด N.P. = Non – Plastic (ไม่มีความเหนียว)

* P.I. ของกลุ่มย่อย A-7-5 จะเท่ากับหรือน้อยกว่า L.L.-30 P.I. ของกลุ่มย่อย A-7-6 จะมากกว่า L.L.-30

[7] มณเฑียร กังศศิเทียม. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. 2543. หน้า 50



รูปที่ 6.2 แสดงแผนภูมิความเหนียว[8]

6.3 การจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification

ระบบนี้นิยมใช้กันมากผู้ที่คิดระบบนี้เป็นคนแรก คือ Arthure Casagrande (1942) ต่อมา U.S. Crops of Engineer ได้นำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำมาใช้ในการจำแนกดินในงานสร้างลานบินและนอกจากนี้ยังมีหน่วยงานอื่นนำเอาการจำแนกดินระบบนี้ไปแก้ไขเพิ่มเติม และตั้งเป็นระบบใหม่อีกหลายๆ ระบบในประเทศต่างๆ

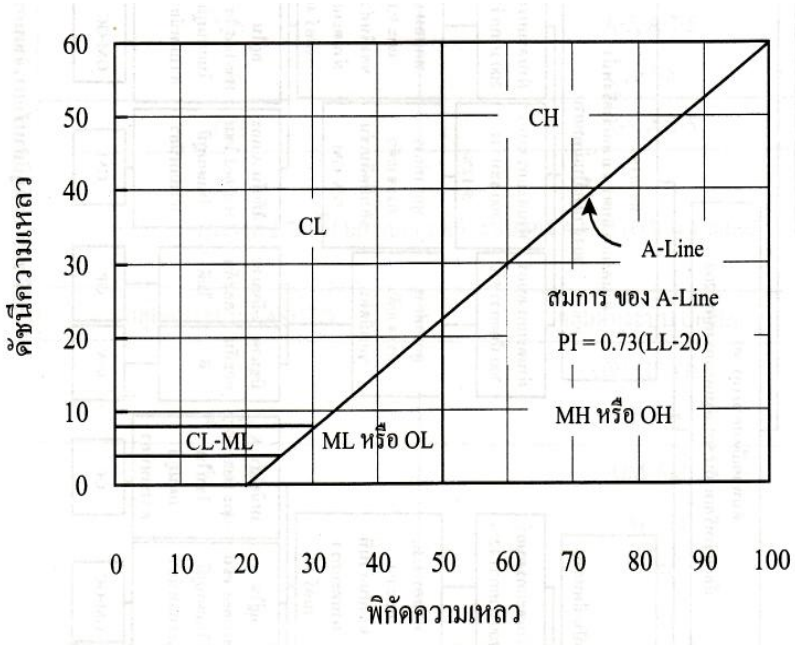
[8] มณเฑียร กังศศิเทียม. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. 2543. หน้า 51

ตารางที่ 6.5 แสดงการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified[9]

การจำแนกประเภททั่วไป			สัญลักษณ์กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท		
ดินพวกเม็ดหยาบ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50%	**กรวด** ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ	กรวดสะอาดมีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย	GW	กรวดมีขนาดคละกันดี กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย	การจำแนกประเภทของดินโดยอาศัยเปอร์เซ็นต์ของดินพวกเม็ดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5% : GW GP SW SP ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 12% : GM GC SM SC ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ระหว่าง 5%-12% : ค่าเปลี่ยวกันใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว	C_u มากกว่า 4 C_c อยู่ระหว่าง 1-3	
			GP	กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท GW	
		กรวดมีเม็ดละเอียดปน	GM	กรวดมีตะกอนทรายปน กรวด-ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน		Atterberg limits อยู่ใต้เส้น A หรือ P.I. < 4	Atterberg limits อยู่ใน Hatched โซนถือว่าคาบเกี่ยวกันใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว
			GC	กรวดมีดินเหนียวปน กรวด-ทราย-ดินเหนียวผสมกัน		Atterberg limits อยู่เหนือเส้น A หรือ P.I. > 7	
	ทราย ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ	ทรายสะอาดมีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย	SW	ทรายมีขนาดคละกันดี ทรายปนกรวดมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		C_u มากกว่า 6 C_c อยู่ระหว่าง 1-3	
			SP	ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี ทรายปนกรวดมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท SW	
		ทรายมีเม็ดละเอียดปน	SM	ทรายมีตะกอนทรายปน ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน		Atterberg limits อยู่ใต้เส้น A หรือ P.I. < 4	Atterberg limits อยู่ใน Hatched โซนถือว่าคาบเกี่ยวกันใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว

[9] มณเฑียร กังศศิเทียม. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. 2543. หน้า 59

ตารางที่ 6.5 (ต่อ) แสดงการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified[10]

การจำแนกประเภททั่วไป		สัญลักษณ์กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท
ดินหยาบเม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50%	**ตะกอนทรายและดินเหนียว** L.L. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50	ML	ตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนตะกอนทรายหรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย	
		CL	ตะกอนทรายอนินทรีย์มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวล้วน	
		OL	ตะกอนทรายอนินทรีย์และดินเหนียวปนตะกอนทรายอินทรีย์ มีมีความเหนียวต่ำ	
	ตะกอนทรายและดินเหนียว L.L. มากกว่า 50	MH	ตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้าหรือดินเบาตะกอนทรายที่ยืดหยุ่น	
		CH	ดินเหนียวอนินทรีย์มีความเหนียวสูง ดินเหนียวมีความหนืดสูง	
		OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียวปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอินทรีย์	
		PT	พีด โคลนสีดำ และดินอินทรีย์สูงอื่นๆ	แยกได้โดย สี กลิ่น การสัมผัสและลักษณะเนื้อ

[10] มณเฑียร กังศศิเทียม. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. 2543. หน้า 60

ตารางที่ 6.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลเพื่อการจำแนกดิน

% ส่วนที่ผ่านตะแกรง (% FINER)		
ตะแกรงเบอร์	ดินชนิด A	ดินชนิด B
4	36.54	99.50
10	21.60	94.30
20	9.50	91.50
200	7.80	51.60
ค่า Liquid Limit (LL.)	33.50	55.50
ค่า Plastic Limit (PL.)	26.10	20.60
ค่า Plasticity Index (PI.)	7.40	34.90

ตัวอย่างที่ 1 ดินชนิด A จากตารางที่ 6.6 การจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified ได้ดังนี้

1) ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 50% พิจารณาว่าเป็นดินเม็ดหยาบ เพราะขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 มีเพียง 7.80% เท่านั้น เป็นดินกลุ่ม G
2) ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 น้อยกว่า 50% เป็นดินกรวดเพราะขนาดที่เล็กกว่า ตะแกรงเบอร์ 4 มีเท่ากับ 36.54%
3) ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เป็นดินกรวดที่มีส่วนของเม็ดเล็กน้อย (อยู่ระหว่าง 5% ถึง 12%) จึงเป็นจำพวก GP หรือ GC
4) เอาค่า % ส่วนที่ผ่านตะแกรงไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ที่ผ่าน แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (C_U) และสัมประสิทธิ์ความโค้ง (C_C) เพื่อหาค่า C_U และ C_C ดังตารางที่ 6.8
5) จากสมการในหน่วยที่การทดลองที่ 5 สมการที่ 5.2 และสมการที่ 5.3 จะได้ว่า

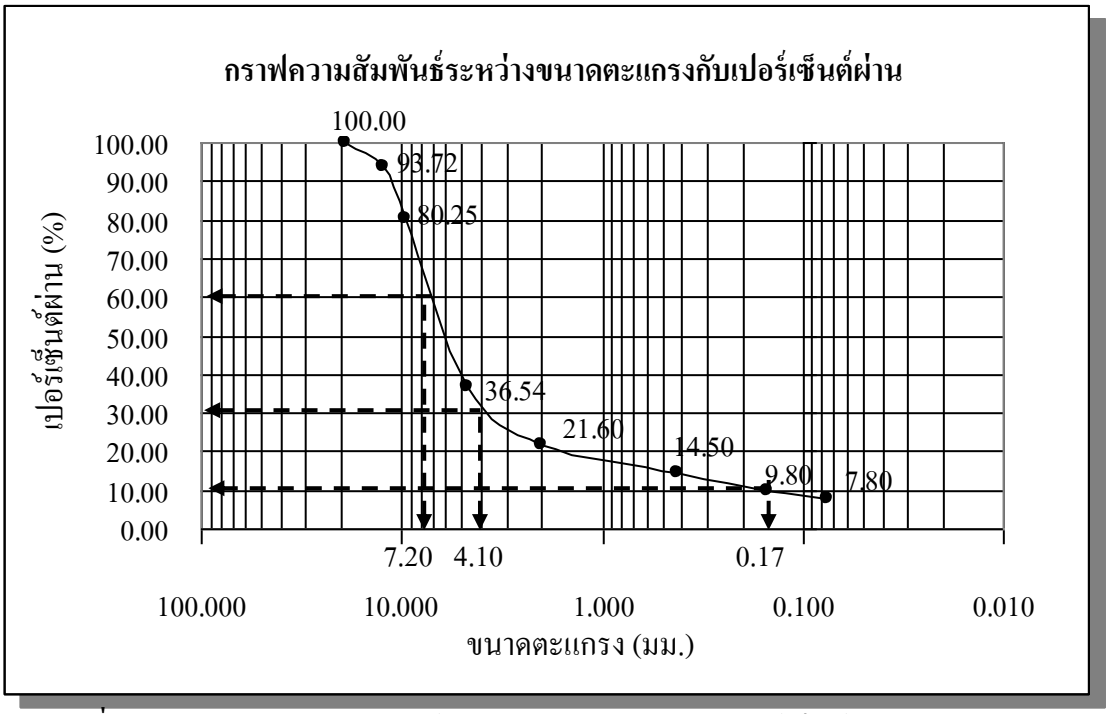
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{7.20}{0.17} = 42.36$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{4.10^2}{0.17 \times 7.20} = 13.73$$

ตารางที่ 6.7 แสดงตารางการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

ขั้นตอนและเหตุผล	ดินชนิด A
1. ดินเม็ดหยาบหรือละเอียด เหตุผล	หยาบ %F(#200) = 7.80% < 50%
2. ดินเม็ดหยาบเป็นกรวดหรือทราย เหตุผล	กรวด (G) %F(#4) = 36.64% < 50%
3. มีเม็ดละเอียด (FINE) มากหรือน้อย เหตุผล	ปานกลาง %F(#200) อยู่ระหว่าง 5% – 12%
4. การกระจายของเม็ดดีหรือไม่ เหตุผล	คละกระจายกันไม่ดี (P) C_u = 42.36 > 6 , C_c = 13.73
5. ส่วนเม็ดละเอียดเป็นจำพวกใด เหตุผล	Poorly - Graded (P) เพราะไม่มีความเหนียว (NP)
6. สัญลักษณ์ของดินเม็ดหยาบ เหตุผล	ใช้สัญลักษณ์ 2 ตัวคู่ GP + GC
7. Liquid Limit สูงหรือต่ำ เหตุผล	ต่ำ เพราะ L.L. = 33.50% < 50%
8. อยู่ในพื้นที่ใดของ Plasticity Chart เหตุผล	เป็นดินหยาบไม่ต้องพิจารณา ให้ใช้ค่า C_u และ C_C
9. สัญลักษณ์ของดินเม็ดละเอียด เหตุผล	GP+GC

6) จากระบบการจำแนกดินตามระบบ U.S.C. จะได้ว่า ดินตัวอย่างชนิด A นี้ เรียกชื่อว่า GP + GC (2 ตัวคู่) ความหมายคือ กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี, กรวดผสมทราย มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย + กรวดมีดินเหนียวปน กรวด – ทราย – ดินเหนียวผสมกัน



ตารางที่ 6.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ผ่านของดินชนิด A[11]

อ่านค่าจากตารางที่ 6.8 กราฟแสดงคามสัมพันธ์ระหว่างขนาดตะแกรงกับเปอร์เซ็นต์ผ่านของดินชนิด A จะได้ค่าดังนี้

D_{60} = 7.20

D_{30} = 4.10

D_{10} = 0.17

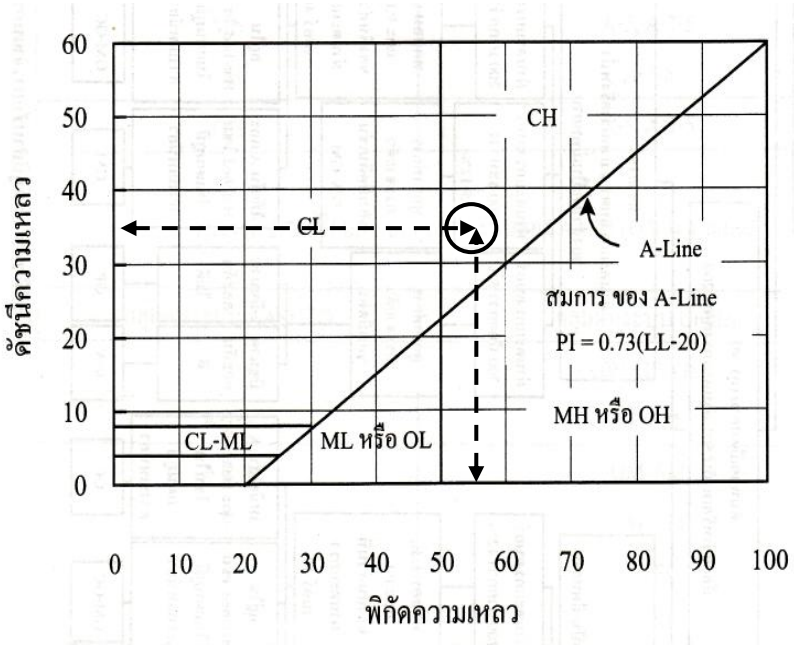
ตัวอย่างที่ 2 ดินชนิด B จากตารางที่ 6.6 การจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified ได้ดังนี้

1) ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% พิจารณาว่าเป็นดินเม็ดละเอียด เพราะขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 มีถึง 51.60% เป็นดินกลุ่ม M หรือ C
2) ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่า 50% เป็นดินตะกอนทรายและดินเหนียว (Silts and Clay) เพราะขนาดที่เล็กกว่า ตะแกรงเบอร์ 4 มีเท่ากับ 99.50%
3) ค่าของ Liquid Limit (LL.) สูง 55.50% เพราะมีค่า LL. มากกว่า 50%
4) ค่าของ Liquid Limit (LL.) เท่ากับ 55.50% และค่า Plasticity Index (PI.) เท่ากับ 34.90% จะอยู่เหนือเส้น A-lime ดังตารางที่ 6.10

[11] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

ตารางที่ 6.9 แสดงตารางการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

ขั้นตอนและเหตุผล	ดินชนิด B
1. ดินเม็ดหยาบหรือละเอียด เหตุผล	ละเอียด %F(#200) = 51.60% > 50%
2. ดินเม็ดหยาบเป็นกรวดหรือทราย เหตุผล	เป็นดินเม็ดละเอียด %F(#200) = 51.60% > 50%
3. มีเม็ดละเอียด (FINE) มากหรือน้อย เหตุผล	ละเอียด %F(#4) มีมากถึง 99.50%
4. การกระจายของเม็ดดีหรือไม่ เหตุผล	เป็นดินละเอียดไม่ต้องพิจารณาค่า C_u และ C_C
5. ส่วนเม็ดละเอียดเป็นจำพวกใด เหตุผล	Silts and Clay L.L. = 55.50% > 50%
6. สัญลักษณ์ของดินเม็ดละเอียด เหตุผล	M หรือ C เพราะเป็นตะกอนทรายหรือดินเหนียว
7. Liquid Limit สูงหรือต่ำ เหตุผล	สูง L.L. = 55.50% > 50%
8. อยู่ในพื้นที่ใดของ Plasticity Chart เหตุผล	อยู่เหนือเส้น A-line L.L. = 55.50% และ P.I. = 34.90%
9. สัญลักษณ์ของดินเม็ดละเอียด เหตุผล	CH เพราะอยู่เหนือเส้น A-line



ตารางที่ 6.10 แสดงแผนภูมิความเหนียวของดินชนิด B [12]

5) จากดินตัวอย่าง B จะอยู่ในกลุ่มของ CH เพราะว่าค่าของ L.L. เท่ากับ 55.50% และค่า Plasticity Index เท่ากับ 34.90% ซึ่งจะอยู่เหนือเส้น A-lime ดังรูปที่ 6.4

6) จากระบบการจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification จะได้ว่า ดินตัวอย่างชนิด B นี้ เรียกชื่อว่า CH ความหมายคือ ดินเหนียวอนินทรีย์ มีความเหนียวสูง, ดินเหนียวมีความหนืดสูง (Inorganic clays of high plasticity, fat clay)

[12] มณเฑียร กังศศิเทียม. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. 2543. หน้า 60

สรุป

เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องกับดินอยู่หลายสาขาด้วยกัน การจำแนกประเภทดินจึงแตกต่างกันออกไป แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละสาขา เช่น ทางด้านเกษตรศาสตร์จะจำแนกดินตามความอุดมสมบูรณ์ของธาตุสารที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ ทางด้านธรณีวิทยา อาศัยลักษณะหินต้นกำเนิดและการกัดกร่อนผุพัง เป็นปัจจัยในการจำแนก สำหรับทางวิศวกรรมโยธาพิจารณาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ของดินเป็นหลัก เช่น ขนาดของเม็ดดิน, แรงยึดเกาะของมวลดิน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอยทางวิศวกรรมแต่ละหมวดหมู่ของดินที่จัดเข้าไว้ จะมีอักษรย่อเฉพาะซึ่งจะเป็นที่เข้าใจได้โดยง่ายในหมู่วิศวกร หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องการเรียกชื่อดินมีหลายวิธี สำหรับระบบ Unified Classification เป็นที่นิยมใช้กันมากกับงานวิศวกรรมประเภท งานดินถม งานฐานรากอาคาร งานเขื่อน ฝาย เพียงตัวอักษรภาษาอังกฤษใช้อักษรย่อ 2 ตัว ทำให้จดจำง่าย และมีความหมายในตัวเอง เช่น G = Gravel (กรวด), S = Sand (ทราย), M = Silt (ดินทราย), C = Clay (ดินเหนียว), W = Well Graded (เม็ดคละ), P = Poorly Grade (เม็ดไม่คละ), H = High Liquid Limit (L.L. มีค่าสูง), L = Low Liquid Limit (L.L. มีค่าต่ำ) หรือ O = Organic (ดินมีอินทรียสารปนมาก) ก็สามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นดินประเภทใด มวลหยาบหรือมวลละเอียด มีส่วนประกอบของดินเหนียวหรือไม่ ในการวิเคราะห์ชื่อตามระบบ Unified Soil Classification (U.S.C) ต้องใช้ผลการทดลองจากหน่วยที่ 4 การทดลองความข้นเหลวของดินและหน่วยที่ 5 การทดลองหาขนาดมวลคละของดินเป็นข้อมูลในการพิจารณาอักษรภาษาอังกฤษที่จะใช้เรียกมวลดินนี้

แบบทดสอบที่ 6 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 6 เรื่อง การจำแนกประเภทของดิน

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. แผนภูมิสามเหลี่ยมเหมาะสำหรับดินประเภทใด

   ก. กรวด, ทราย

   ข. ทราย, ดินเหนียว

   ค. ดินเหนียว, ตะกอนทราย

   ง. กรวด, ตะกอนทราย

2. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนกรวดปนดินตะกอนทรายคือข้อใด

   ก. GC

   ข. GM

   ค. GS

   ง. GW

3. ดินทรายเม็ดปานกลางจะมีขนาดระหว่างเท่าใด

   ก. 0.425 – 2.0 มม.

   ข. 0.075 – 0.472 มม.

   ค. 4.75 – 2.0 มม.

   ง. 0.075 – 2.0 มม.

4. ถ้าดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ควรเป็นดินประเภทใด

   ก. GC

   ข. GC,SW สองตัวคู่

   ค. SW

   ง. CL

5. ถ้าดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ควรเป็นดินประเภทใด

   ก. GW, GP

   ข. GM, GC

   ค. GW, GP, GM, GC

   ง. GM, SM

6. ดินที่มีค่า Cu มากกว่า 4 และ Cc อยู่ระหว่าง 1-3 คือดินในกลุ่มใด

ก. GW

ข. GP

ค. GM

ง. SW

7. เส้น A-line ใช้เป็นเส้นแบ่งประเภทของดินระหว่างดินชนิดใด

ก. ดินทรายกับตะกอนทราย

ข. ดินตะกอนและดินเหนียว

ค. ดินเหนียวกับดินทราย

ง. ดินเหนียวกับดินพีด (โคลนสีดำและดินอินทรีย์สูง)

8. ดินประเภท MH ต้องมีค่า LL. ไม่น้อยกว่ากี่เปอร์เซ็นต์

ก. 60%

ข. 55%.

ค. 50%

ง. 12 %

9. ดินที่เหมาะกับการรับน้ำหนักของฐานรากอาคารคือดินชนิดใด

ก. GP

ข. GP

ค. GM

ง. GC

10. ดินที่เหมาะในการทำผิวถนน คือดินชนิดใด

ก. GP

ข. GP

ค. GM

ง. GC

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 ดิน GM คือกรวดมีดินเหนียวปน กรวด-ทราย-ดินเหนียวผสมกัน

…….2.2 ดิน SW จะมีค่า Cu มากกว่า 4

…....2.3 ดิน SC ค่า Atterberg limit จะมากกว่า 4

…….2.4 ดิน OL จะมีค่า LL. มากกว่า 50%

…….2.5 ดิน MH และ OH จะอยู่ใต้เส้น A-line

…….2.6 ดิน CL และ CH จะอยู่เหนือเส้น A-line

…….2.7 ดิน ML คือทรายละเอียดปนตะกอนทราย หรือมีดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย

……2.8 ดิน A-2-4 คือ ดินเม็ดหยาบผ่านเบอร์ 200 มากกว่า 35 เปอร์เซนต์

……2.9 ดิน SW เมื่อบดอัดแน่นแล้วจะรับกำลังต้านทานแรงเฉือนได้ดี

……2.10 งานก่อสร้างเขื่อนดินถมทั้งเขื่อน ดินประเภท GC เหมาะสมที่สุด

ตอนที่ 2 แบบฝึกหัดจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification)

1. ให้นักศึกษาแต่ละคนทำการฝึกปฏิบัติจากคำถามนี้

1) จงให้รายละเอียดความหมายของตัวอักษรย่อนี้ GP, GC, SW, ML และ OH

2) จากข้อมูลดินนี้ให้ทำการจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification ว่าเป็นดินชนิดใด โดยนำข้อมูลจากโจทย์เขียนใส่ในตารางที่ 6.9 และตารางที่ 6.10 ตามลำดับ

2.1) ตัวอย่างดินชนิดหนึ่ง มีค่า LL = 85%, PL = 40% และมีปริมาณผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ดังนี้ โดยนำข้อมูลจากโจทย์เขียนใส่ในตารางที่ 6.9

Sieve No.	% Finer
4	98%
10	90%
40	60%
200	45%

2.2) นำดินตัวอย่างมาทำการร่อนได้ข้อมูลดังตารางดังนี้

ก.) จากการร่อนผ่านตะแกรง

Sieve No.	Sieve Opening (mm)	Wt. of Soil Retained on Sieve (gm.)
4	4.75	12
10	2	23.4
20	0.85	89.6
40	0.425	197.2
100	0.15	380.8
200	0.075	227.5
Pan.	-	69.5

ข.) นำดินส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ไปทำ Atterberg's Limits ได้ผลดังตาราง Liquid Limit Test และ ตาราง' Plastic Limit

ตาราง Liquid Limit Test

No. of Blows, N	38	30	26	15
Wet Soil + Can, g	23.61	28.57	26.42	21.64
Dry Soil + Can, g	21.4	24.8	22.4	19.2
Can, g	15.5	15.6	15.1	15.4

ตาราง' Plastic Limit Test

Trial No.	1	2
Wet Soil + Can, g	18.88	19.33
Dry Soil + Can, g	17.8	18.1
Can, g	15.3	15.2

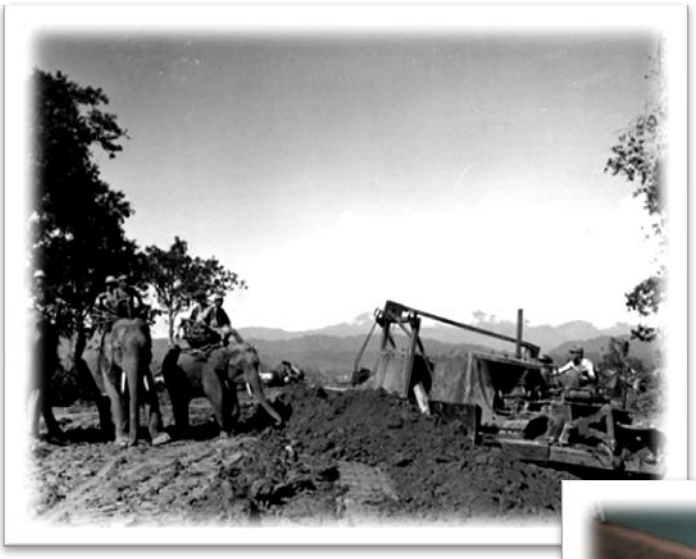
ตารางที่ 6.11 แสดงตารางการคำนวณข้อมูลของดิน

ขั้นตอนและเหตุผล	ดินชนิด
เหตุผล	
เหตุผล	
เหตุผล	
เหตุผล	
เหตุผล	
เหตุผล	
เหตุผล	
เหตุผล	
เหตุผล	

หน่วยที่ 7

การทดลองการบดอัดดิน (Compaction Test)

[1]



[1] http://elecpit.rmutl.ac.th

หน่วยที่ 7

การทดลองการบดอัดดิน (Compaction Test)

หัวข้อเรื่อง

7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินกับความแน่นของดิน
7.2 ขอบข่ายการทดลองการบดอัดดิน
7.3 ใบงานขั้นการทดลองการบดอัดดิน
7.4 การคำนวณจากผลการทดลองการบดอัดดิน

สาระสำคัญ

การบดอัดดินให้ได้ความแน่นสูง ตามความต้องการหรือตามจุดประสงค์ของการใช้งาน จะต้องอาศัยน้ำเป็นตัวประสานเชื่อม แต่ถ้าน้ำมีอยู่มากเกินไป น้ำจะไปหุ้มเคลือบรอบๆ มวลดิน ทำให้อณูของเม็ดดินแยกตัวห่างจากกัน หรือถ้ามีน้ำอยู่น้อยเกินไป การประสานเชื่อมไม่ดีพอที่จะช่วยให้การบดอัดเม็ดดินเบียดชิดกันเท่าที่ควร

ด้วยเหตุผลและข้อเท็จจริงดังกล่าว RR. Proctor (1933) ได้กำหนดวิธีทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับความแน่นของดินที่ได้จากการบดอัดในห้องปฏิบัติการซึ่งต่อมาได้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ทดสอบการบดอัดดินในงานก่อสร้างโดยทั่วไปว่าเป็นวิธีทดสอบมาตรฐาน (Standard Proctor Test) โดยเฉพาะการทดสอบเพื่อควบคุมงานก่อสร้างถนน สนามบิน เขื่อนดิน พื้นโรงงาน ฯลฯ ในปัจจุบัน ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งได้วิวัฒนาการมีขนาดใหญ่ขึ้น บรรทุกน้ำหนักได้มากขึ้นหลายเท่าตัว พลังงานที่ใช้ในการ บดอัดก็จำเป็นจะต้องเพิ่มขึ้นด้วย จึงได้มีการกำหนดวิธีทดสอบการบดอัดดินโดยการเพิ่มพลังงานให้สูง ขึ้นเพื่อจะได้ฐานดินที่มีความแน่นสูง รับน้ำหนักได้มาก เรียกว่า วิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ (Modified Proctor Test)

สำหรับพื้นที่จริงพลังงานที่ใช้ในการบดอัดเปรียบได้กับ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรบดอัดวิ่งผ่าน แต่สำหรับในห้องปฏิบัติการทดลองจะถูกเปลี่ยนมาเป็นการกระทุ้งตามวิธีการทดลองของ Proctor โดยค่าพลังงานในการบดอัดนั้นจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของค้อนกระทุ้ง ความสูงของระยะปล่อย จำนวนชั้นของการบดอัด จำนวนครั้งที่กระทุ้งต่อชั้น และปริมาตรของโมล

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดินกับความแน่นของมวลดินได้
2. บอกขอบข่ายการทดลองการบดอัดดินได้
3. บอกมาตรฐานการบดอัดดินทั้ง 2 มาตรฐานได้
4. ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนและใช้เครื่องมืออย่างถูกต้องได้
5. บันทึกผลการทดลองเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับความหนาแน่นได้
6. คำนวณหาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้มวลดินแน่นที่สุดได้

บทนำ[2]

การบดอัดดินคือ การปรับปรุงคุณภาพดินโดยการประยุกต์ใช้พลังงานเชิงกล ซึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพดินปริมาณความชื้นที่มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นจะปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการบดอัดโดยอาศัยการสั่นสะเทือนและสำหรับดินเม็ดละเอียด สามารถทดสอบการบดอัดดินได้ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีของ Proctor แต่ถ้าเป็นในสนามสามารถเลือกใช้เครื่องจักรบดอัดชนิดต่างๆกัน โดยพิจารณาความเหมาะสมตามชนิดของดินจุดประสงค์ของการบดอัดดินก็เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของมวลดิน ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์หลายข้อดังนี้

1. ลดการทรุดตัวของดิน
2. เพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินและปรับปรุงเสถียรภาพความลาดชัน
3. ปรับปรุงกำลังต้านทานน้ำหนักของพื้นทาง
4. ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร เช่น สาเหตุจากการบวมตัวและการหดตัวของดิน
5. ลดการซึมผ่านของน้ำในดิน

[2]สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ. คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549. หน้า 152

พื้นฐานการบดอัดดินที่มีความเชื่อมแน่น ได้ถูกสร้างความสัมพันธ์ขึ้นโดย R.R. Proctor ในปี 1933 โดยเริ่มต้นเมื่อมีการสร้างเขื่อนเพื่อกักเก็บน้ำใน Los Angeles และเขาได้พัฒนาหลักการบดอัดดินโดยตีพิมพ์ในหนังสือ Engineering New-Record (Proctor, 1933) แล้วนำวิธีการทดสอบนี้ไปใช้ในห้องปฏิบัติการโดยเรียกวิธีการดังกล่าวว่า Proctor Test ซึ่งมีวิธีการทดสอบ 2 แบบคือ การบดอัดแบบมาตรฐาน และการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน โดยที่ Proctor ได้กล่าวไว้ว่าในการบดอัดดินมักจะมีตัวแปรควบคุมอยู่ 4 ตัว คือ

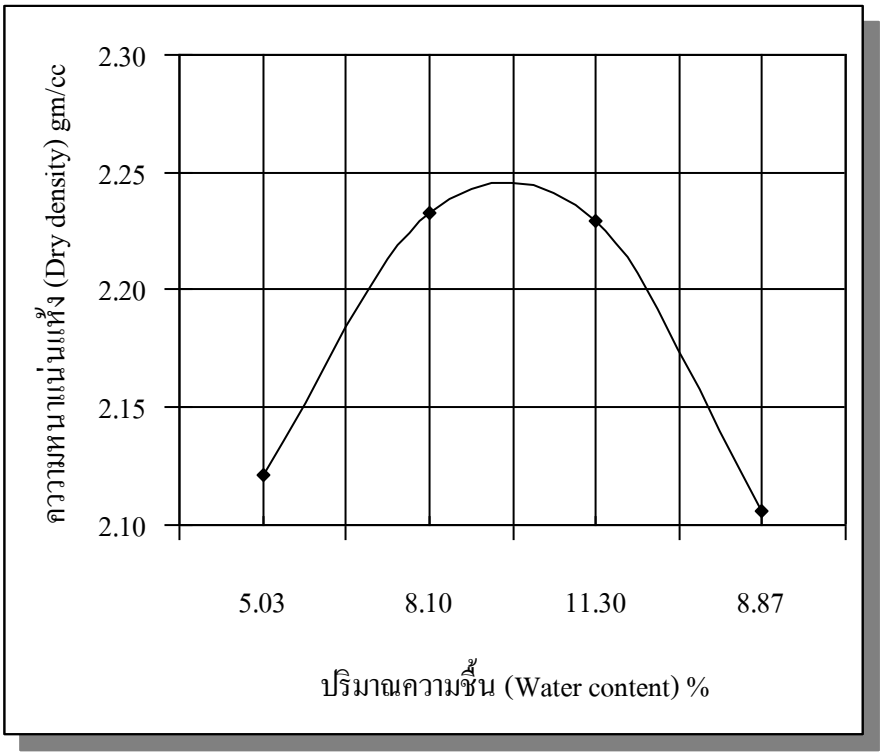
1. ความหนาแน่นแห้ง
2. ปริมาณความชื้น)
3. พลังงานในการบดอัด
4. ชนิดของดิน

การบดอัดสามารถแยกได้ 2 ส่วน ดังนี้

1. การบดอัดดินในสนามโดยใช้เครื่องจักรมี 3 ลักษณะดังนี้
   1.1. วิ่งรถบดอัดไปมา เช่น รถบดล้อเหล็ก รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ
   1.2. ประเภทสั่นหรือเขย่า เช่น รถบดสั่นสะเทือน เครื่องสั่นแบบแผ่นแบนและเครื่อง สั่นแบบกระแทก
   1.3. ประเภทกระทุ้ง เช่น สองเกลอ สามเกลอ กบกระโดด หรือเครื่องกระทุ้งที่ใช้กำลังจากเครื่องบด
2. การบดอัดดินในห้องทดลอง มี 3 วิธี ดังนี้
   2.1. วิธีบดอัดทางพลศาสตร์ วิธีนี้จะทำโดยการใช้ค้อนเหล็กปล่อยตกบดอัดดินในแบบโมล ซึ่งใช้กันทั่วไป
   2.2. วิธีบดอัดแบบนวด วิธีนี้เหมาะกับการเตรียมตัวอย่างดิน สำหรับทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compression Test)
   2.3. วิธีบดอัดทางสถิติศาสตร์ วิธีนี้เหมาะสำหรับการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการทดสอบแรงอัด 3 แกนและการอัดตัวคายน้ำ วิธีนี้ทำได้ 2 ประเภทคือ
      2.3.1 การบดอัดแบบมาตรฐาน
      2.3.2 การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน

ค่าพลังงานต่อปริมาณของการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน จะมีค่าสูงกว่าการบดอัดแบบมาตรฐานเท่ากับ 4.5 เท่า แต่การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานจะได้ความแน่นแห้งสูงกว่าการบดอัดแบบมาตรฐานเพียง 10% เท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และค่าความชื้นจากผลการบดอัดในห้องทดลอง การบดอัดในห้องทดลอง โดยทำการบดอัด 4-6 ครั้ง ครอบคลุมค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด

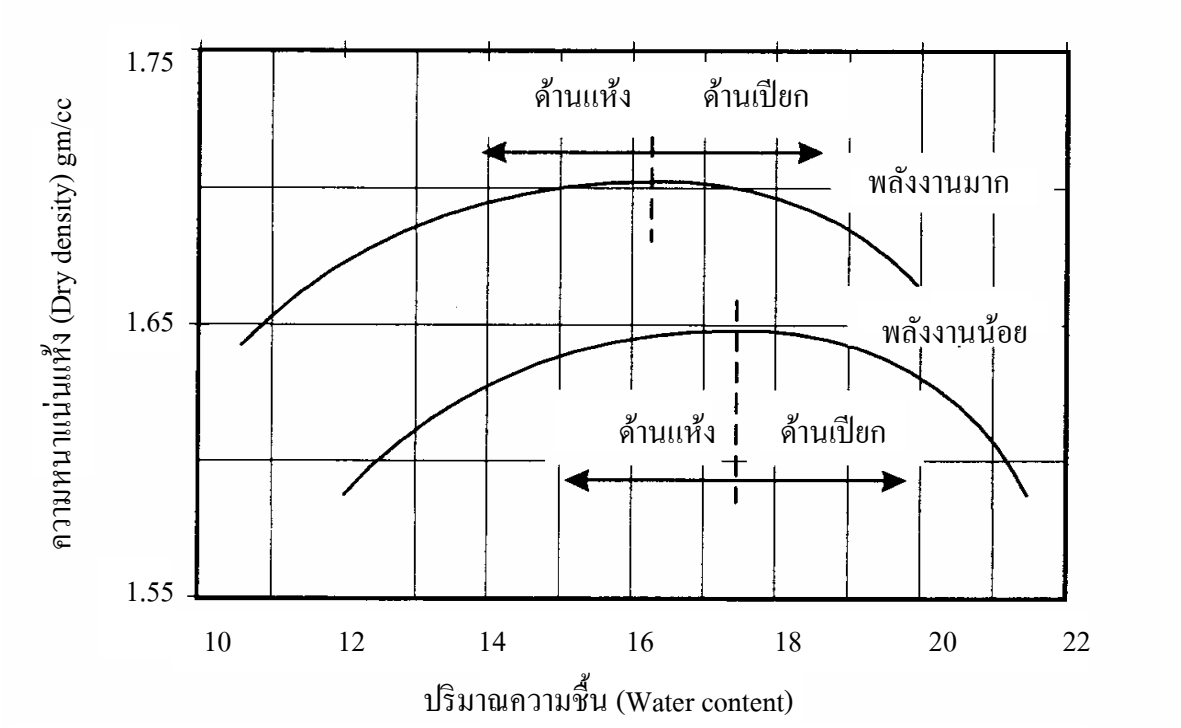


รูปที่ 7.1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและค่าปริมาณความชื้น[3]

[3] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง ปริมาณน้ำ และพลังงาน[4]

ความหนาแน่นของดินที่บดอัดแล้ว นอกจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับวิธีการบดอัดและพลังงานที่ใช้ในการบดอัด สำหรับการบดอัดดินชนิดเดียวกันโดยใช้ปริมาณน้ำที่เท่ากัน แต่พลังงานในการบดอัดต่างกัน จะได้ความหนาแน่นที่ต่างกันด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง ปริมาณน้ำและพลังงาน เมื่อใช้พลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้นจะได้ ความหนาแน่นแห้งสูงขึ้น, ความชื้นที่เหมาะสมลดลง, ความหนาแน่นแห้งจะเพิ่มมากขึ้นในด้านที่แห้งและความหนาแน่นแห้งในด้านที่เปียกจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง, ปริมาณน้ำ และพลังงาน

[4] สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. หน้า 90

7.2 ขอบข่ายการทดลองการบดอัดดิน

การทดลองความแน่นแบบมาตรฐานและการทดลองความหนาแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

7.2.1 D 1140 - 54 Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort [12,400 ft- lb / ft^3 (600 kN- m / m^3)]

7.2.2 D 1557 – 00 Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort [56,000 ft- lb / ft^3 (2,700 kN- m / m^3)]

ตารางที่ 7.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้และข้อกำหนดในการทดลอง

วิธีทดสอบ	ขนาดแบบ		น้ำหนักค้อนบดอัด กก.	จำนวนชั้น	ระยะยกค้อนสูง ซม.	จำนวนการบดอัดแต่ละชั้น ครั้ง	แบบโมล
	เส้นผ่าศูนย์กลาง ซม.	ความสูง ซม.					
โมลมาตรฐาน	10.16	11.68	2.5	3	30	25	แบบ 1
	15.24	12.70	2.5	3	30	56	แบบ 2
โมลสูงกว่ามาตรฐาน	10.16	11.68	4.5	5	45	25	แบบ 1
	15.24	12.70	4.5	5	45	56	แบบ 2

รูปที่ 7.3 แสดงโมล เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 10.16 ซม. และขนาด 15.24 ซม.
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

ตารางที่ 7.2 แสดงการบดอัดแบบมาตรฐาน[5]

ลำดับที่	วิธีการ		
	A	B	C
1. ขนาดของโมล	4 นิ้ว (10.16 ซม.)	4 นิ้ว	6 นิ้ว (15.24 ซม.)
2. ความสูงของโมล	4.584 นิ้ว (11.68 ซม.)	4.584 นิ้ว	4.584 นิ้ว
3. ปริมาตรของโมล	0.0333 ลบ.ฟุต (944 ลบ.ซม.)	0.0333 ลบ.ฟุต	0.075 ลบ.ฟุต (2,124 ลบ.ซม.)
4. น้ำหนักของค้อน	5.5 ปอนด์ (2.5 กก.)	5.5 ปอนด์	5.5 ปอนด์
5. ระยะยก	12.0 นิ้ว	12.0 นิ้ว	12.0 นิ้ว
6. จำนวนชั้น	3	3	3
7. จำนวนครั้งที่กระทุ้งต่อชั้น	25	25	56
8. พลังงานในการบดอัด	12,375 ฟุต-ปอนด์ต่อลบ.ฟุต (600 กน-เมตร/ลบ.ม)	12,375 ฟุต-ปอนด์ต่อลบ.ฟุต	12,375 ฟุต-ปอนด์ต่อลบ.ฟุต
9. วัสดุดิน	ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) อาจจะใช้ดินที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์	ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 อาจใช้ดินที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ และดินที่ค้างตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว (9.5 มม.)	ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ใช้ดินที่ค้างบนตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว มากกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์และดินที่ค้างตะแกรงเบอร์ ¾ นิ้ว น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ ลบ.ฟุต = ลูกบาศก์ฟุต
ลบ.ม = ลูกบาศก์เมตร
กน-เมตร/ลบ.ม = กิโลนิวตัน- เมตร/ ลูกบาศก์เมตร

[5] สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ. คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549. หน้า 153.

ตารางที่ 7.3 แสดงการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Test)[6]

ลำดับที่	วิธีการ		
	A	B	C
1. ขนาดของโมล	4 นิ้ว	4 นิ้ว	6 นิ้ว
2. ความสูงของโมล	4.584 นิ้ว	4.584 นิ้ว	4.584 นิ้ว
3. ปริมาตรของโมล	0.0333 ลบ.ฟุต	0.0333 ลบ.ฟุต	0.075 ลบ.ฟุต
4. น้ำหนักของค้อน	10 ปอนด์ (4.54 กก.)	10 ปอนด์	10 ปอนด์
5. ระยะยก	18.0 นิ้ว (45.72 ซม.)	18.0 นิ้ว	18.0 นิ้ว
6. จำนวนชั้น	5	5	5
7. จำนวนครั้งที่กระทุ้งต่อชั้น	25	25	56
8. พลังงานในการบดอัด	56,250 ฟุต-ปอนด์ต่อลบ.ฟุต (2700 กน-เมตร/ลบ.ม)	56,250 ฟุต-ปอนด์ต่อลบ.ฟุต	56,250 ฟุต-ปอนด์ต่อลบ.ฟุต
9. วัสดุดิน	ใช้ดินที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์	อาจจะใช้ดินที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่า หรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ และค้างตะแกรงขนาด 1/8 นิ้ว น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์	อาจจะใช้ดินที่ค้างตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และค้างตะแกรงขนาด ¾ นิ้ว น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

[6] สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ. คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549. หน้า 154.

7.3 ใบงานขั้นการทดลองการบดอัดดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

7.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาค่าการบดอัดดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาค่าการบดอัดดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาค่าการบดอัดดินได้
4) สามารถคำนวณหาค่าการบดอัดดินได้

7.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน แบบหล่อทดสอบการบดอัดดิน มีสองขนาดให้เลือกใช้คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายใน 4 นิ้ว ความสูง 4.584 นิ้ว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว ความสูง 4.584 นิ้ว พร้อมด้วยปลอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเดียวกันและแผ่นฐานสูง 50 ม.ม. (มีปริมาตร 1,000 ซม.^{3})

รูปที่ 7.4 แสดงโมลการบดอัดดิน

รูปที่ 7.5 ปลอกและแผ่นฐาน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) ค้อนบดอัดแบบมาตรฐาน หนัก 5.5 ปอนด์ ระยะยก 12 นิ้ว และแบบสูงกว่ามาตรฐาน หนัก 10 ปอนด์ ระยะยก 18 นิ้ว
3) แม่แรงสำหรับดันตัวอย่างดินออกจากโมล
4) เหล็กปาดดินสันตรงขนาด 30 ซม.
5) ตะแกรงร่อนดินขนาด เบอร์ 4
6) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.10 กรัม ถึง 10 กิโลกรัม
7) ถาดผสมดิน
8) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
9) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส
10) กระบอกตวงน้ำ มีขีดแบ่งปริมาตร
11) ช้อนตักดิน
12) ค้อนยาง
13) กระป๋องใส่ตัวอย่างดิน

รูปที่ 7.6 แสดงค้อนบดอัดแบบมาตรฐาน

รูปที่ 7.7 แสดงค้อนยาง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 7.8 แสดงตู้อบดิน

รูปที่ 7.9แสดงเครื่องชั่งดิน 0.10 กรัมถึง 10 กิโลกรัม

รูปที่ 7.10 แสดงถาดใส่ดินและกระบอกตวงน้ำ

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

7.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) น้ำสะอาด
2) ดินตัวอย่างที่จะหาการบดอัด

7.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 7.4 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง
2) ตารางที่ 7.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินกับความหนาแน่นแห้ง

7.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1) นำตัวอย่างดินที่ได้จัดเตรียมไว้มาเทลงในถาดผสมดิน ใช้ค้อนยางทุบดินที่เกาะอยู่ออกจากกันถ้าตัวอย่างเป็นดินเหนียว ผึ่งให้แห้งแล้วทุบให้ละเอียดหรืออาจใช้เครื่องบดร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หนักประมาณ 3 – 5 กิโลกรัม
2) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, ความสูงของโมล เพื่อหาปริมาตรของดินในโมล จากนั้นประกอบโมล และแผ่นฐาน พร้อมชั่งน้ำหนัก (ไม่ต้องชั่งปลอกสวม)
3) นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้อย่างน้อย 3 กิโลกรัมสำหรับทดสอบแบบมาตรฐานและ 5 กิโลกรัม สำหรับการทดสอบแบบสูงกว่ามาตรฐาน โดยเริ่มผสมน้ำให้มีความชื้น ตามค่าที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน
4) ตักดินใส่โมลที่ประกอบไว้แล้ว โดยประมาณให้ความสูงในแต่ละชั้นเท่าๆ กัน โดยมีจำนวน 3 ชั้น สำหรับโมลแบบมาตรฐาน และ 5 ชั้นสำหรับโมลแบบสูงกว่ามาตรฐาน เมื่อบดอัดครบจำนวนชั้นแล้ว ให้ดินฟ้นขอบโมลขึ้นไปประมาณ 1 - 2 ซม.
5) ใช้ค้อนหนัก 5.5 ปอนด์สำหรับบดอัดแบบมาตรฐานและ 10 ปอนด์สำหรับบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน บดอัดดินในโมล แต่ละชั้นให้ทั่วทั้งโมล ให้บดอัดชั้นละ 25 ครั้ง สำหรับโมล ขนาด 4 นิ้ว. และ 56 ครั้งสำหรับโมล ขนาด 6 นิ้ว โดยให้โมลวางอยู่บนพื้นคอนกรีตเรียบ หรือทำการทดสอบตามตารางที่ 7.4 และตารางที่ 7.5 ตามลำดับ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 7.11 แสดงการทุบดินให้แยกออกจากกัน

รูปที่ 7.12 แสดงการบดอัดดินบนพื้นที่เรียบแข็ง

รูปที่ 7.13 แสดงการปาดดินส่วนเกินออก

รูปที่ 7.14 แสดงการชั่งเพื่อหาน้ำหนักของดินในโมล

รูปที่ 7.15 แสดงการดันดินออกจากโมล

รูปที่ 7.16 แสดงผสมน้ำเพิ่มกับดินเดิมและดินในโมล

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

6) เมื่อตอกกระทุ้งบดอัดครบจำนวนครั้งแล้วถอดปลอกสวมของโมลออก ใช้บรรทัดเหล็กปาดดินส่วนที่สูงเกินปากโมลออก และอุดแต่งผิวดินให้เรียบเสมอปากโมล ใช้แปรงปัดทำความสะอาดดินที่ค้างอยู่นอกโมลแล้วถอดแผ่นฐานออก นำไปชั่งหาน้ำหนักดินในโมล ให้ได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

7) ดันแท่งตัวอย่างดินออกจากโมล แล้วผ่ากลางตามแนวตั้ง เก็บดินตัวอย่างตามแนวผ่าอย่างน้อย 100 กรัม แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและนำเข้าในเตาอบเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นต่อไป

8) ใช้ค้อนยางทุบก้อนดินที่เหลือให้แตกออกจนร่วน แล้วผสมน้ำเพิ่มอีก 2 - 3 % คลุกเคล้ากันให้ทั่วสม่ำเสมอ แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 4 ถึง 7 จนกระทั่งน้ำหนักดินในโมลที่ชั่งได้ครั้งสุดท้ายลดลง และอย่างน้อยควรจะเปลี่ยนหรือเพิ่มปริมาณน้ำถึง 5 ครั้ง

9) หาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด และค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้ดินแน่นที่สุด จากการเขียนเส้นกราฟ

7.3.6 การรายงาน

1) หาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น และความหนาแน่นของดินแห้ง โดยการนำค่าความหนาแน่นของดินแห้ง มาเขียนเส้นกราฟในแกนตั้งและปริมาณน้ำในดินมาเขียนเส้นกราฟในแกนนอน

2) หาค่าปริมาณน้ำสูงสุดจากเส้นโค้งของกราฟในข้อ 1

3) หาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด

4) ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

7.3.7 ข้อควรระวัง

1) หากเป็นดินลูกรังหรือกรวดบด อย่าทุบดินจนเม็ดดินแตก ถ้าเป็นดินเหนียวควรผึ่งให้แห้งแล้วทุบให้ดินแตกละเอียด
2) ระหว่างการใช้ค้อนทำการบดอัด ให้วางโมลบนพื้นที่เรียบและแข็งแรงมั่นคง เพื่อไม่ให้ยกตัวขึ้น ขณะทำการตอกจะทำให้สูญเสียพลังงานในการบดอัดได้

7.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

1) การบดอัดดินนี้จะมีวิธีการทดสอบ 2 แบบคือ การบดอัดแบบมาตรฐาน และการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานและในการบดอัดดินมักจะมีตัวแปรควบคุมอยู่ 4 ตัว คือ ความหนาแน่นแห้ง, ปริมาณความชื้น, พลังงานในการบดอัดและชนิดของดิน
2) สำหรับพื้นที่จริงพลังงานที่ใช้ในการบดอัดเปรียบได้กับจำนวนครั้งที่เครื่องจักรบดอัดวิ่งผ่าน แต่สำหรับในห้องปฏิบัติการทดลองจะถูกเปลี่ยนมาเป็นการกระทุ้งตามวิธีการทดลองของ Proctor โดยค่าพลังงานในการบดอัดนั้นจะขึ้นอยู่กับ น้ำหนักของค้อนกระทุ้ง ความสูงของระยะปล่อยตก, จำนวนชั้นของการบดอัด , จำนวนครั้งที่กระทุ้งต่อชั้น และปริมาตรของโมล

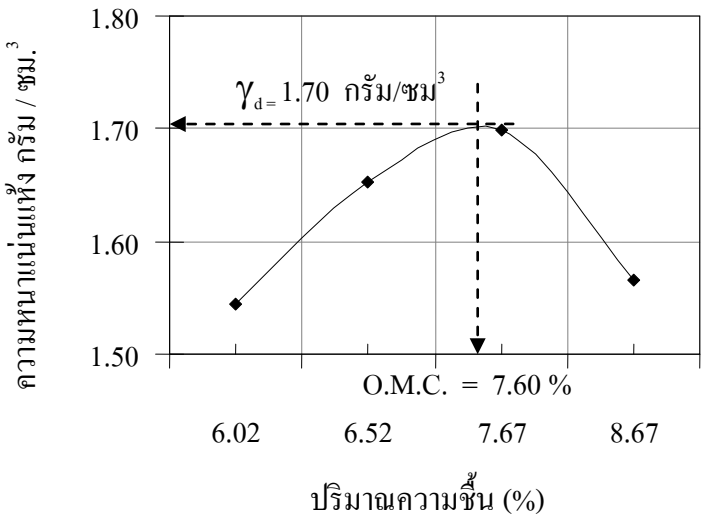
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

7.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง การบดอัดดินแบบมาตรฐาน

ตารางที่ 7.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลองแบบมาตรฐาน

จำนวนชั้น		3	ขนาด	10.10 ซม.	
จำนวนการตอก/ชั้น		25	ความสูง	11.62 ซม.	
น้ำหนักของค้อนตอก		2.49 กก.	ปริมาตร	931.01 ซม.^{3}	
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)					
ตัวอย่างที่		1	2	3	4
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	A2	A3	A4
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	162.04	163.28	161.68	162.90
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	154.59	155.17	152.34	152.36
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	7.45	8.11	9.34	10.54
กระป๋องอบดินหมายเลข	กรัม	30.77	30.69	30.53	30.82
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	123.82	124.48	121.81	121.54
ปริมาณของน้ำในดิน	%	6.02	6.52	7.67	8.67
ความหนาแน่น (DENSITY)					
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	5,514.00	5,629.00	5,693.00	5,574.00
น้ำหนักโมล	กรัม	3,990.00	3,990.00	3,990.00	3,990.00
น้ำหนักดิน	กรัม	1,524.00	1,639.00	1,703.00	1,584.00
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	1.64	1.76	1.83	1.70
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.54	1.65	1.70	1.57

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง



ตารางที่ 7.5 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของการทดลองบดอัดดินแบบมาตรฐาน

จากตารางกราฟที่ 7.5 จะได้ว่า

ปริมาณความชื้นสูงสุด (OPTIMUM MOISTURE CONTENT) = 7.60 %

ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (MAXIMUM DRY DENSITY) γ_d = 1.70 กรัม/ซม.^{3}

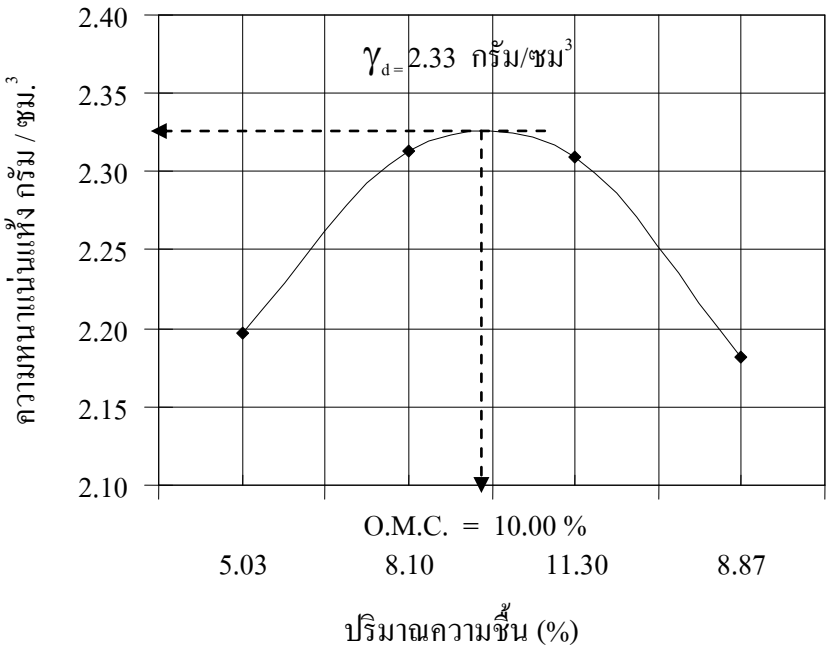
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

7.3.10 ตารางการปฏิบัติการทดลอง การบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 7.6 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลองแบบสูงกว่ามาตรฐาน

จำนวนชั้น		5	ขนาด	10.10 ซม.	
จำนวนการตอก/ชั้น		25	ความสูง	11.62 ซม.	
น้ำหนักของค้อนตอก		4.54 กก.	ปริมาตร	2,121.56 ซม.^{3}	
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)					
ตัวอย่างที่		1	2	3	4
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	A1	A3	A4
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	168.22	169.37	170.24	166.82
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	161.61	158.92	155.97	155.67
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	6.61	10.45	14.27	11.15
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	30.11	29.87	29.64	29.93
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	131.50	129.05	126.33	125.74
ปริมาณของน้ำในดิน	%	5.03	8.10	11.13	8.87
ความหนาแน่น (DENSITY)					
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	10,885.00	11,293.00	11,442.00	11,028.00
น้ำหนักโมล	กรัม	5,989.00	5,989.00	5,989.00	5,989.00
น้ำหนักดิน	กรัม	4,896.00	5,304.00	5,453.00	5,039.00
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	2.31	2.50	2.57	2.38
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	2.20	2.31	2.31	2.18

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 8	หน่วยที่ 7
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 9
ชื่อหน่วย การทดลองบดอัดดิน	ชื่องาน การทดลองบดอัดดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง



ตารางที่ 7.7 กราฟตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของการทดลองบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

จากตารางกราฟที่ 7.7 จะได้ว่า

ปริมาณความชื้นสูงสุด (OPTIMUM MOISTURE CONTENT) = 10.00 %

ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (MAXIMUM DRY DENSITY) γ_d = 2.33 กรัม/ซม.^{3}

7.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองการบดอัดดิน

1) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$\omega = \frac{W_{wet} - W_s}{W_s} \quad \text{.....(7.1)}$$

เมื่อ ω = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

W_{wet} = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

W_s = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

2) คำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\gamma_{wet} = \frac{W_{wet}}{V} \quad \text{.....(7.2)}$$

เมื่อ γ_{wet} = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

W_{wet} = มวลของดินเปียกที่บดอัดในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดอัดในแบบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3) คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{wet}}{1 + w} \quad \text{.....(7.3)}$$

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

γ_{wet} = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ω = ปริมาตรน้ำในดินเป็นร้อยละ

7.4.2 การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองการบดอัดดินแบบมาตรฐาน

ตารางที่ 7.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

จำนวนชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก	จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(10.10)^2 \text{x} 11.62}{4} = 931.01$
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)			
ตัวอย่างที่		1	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	162.04	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	154.59	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	7.45	= 162.04 – 154.59 = 7.45
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	30.77	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	123.82	= 154.59 – 30.77 = 123.82
ปริมาณของน้ำในดิน	%	6.02	$= \frac{7.45}{123.82} \times 100 = 6.02$
ความหนาแน่น (DENSITY)			
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	5,514.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	3,990.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักดิน	กรัม	1,524.00	= 5,514 – 3,990 = 1,524
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	1.64	$= \frac{1,524}{931.01} = 1.64$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.54	$= \frac{1.64}{1+6.02} \text{x} 100 = 1.54$

ตารางที่ 7.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

จำนวนชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก	จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(10.10)^2 \text{x} 11.62}{4} = 931.01$
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)			
ตัวอย่างที่		2	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	163.28	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	155.17	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	8.11	= 163.28 – 155.17 = 8.11
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	30.69	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	124.48	= 155.17 – 30.69 = 124.48
ปริมาณของน้ำในดิน	%	6.52	$= \frac{8.11}{124.48} \times 100 = 6.52$
ความหนาแน่น (DENSITY)			
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	5,629.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	3,990.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักดิน	กรัม	1,639.00	= 5,629 – 3,990 = 1,639
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	1.76	$= \frac{1,639}{931.01} = 1.76$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.65	$= \frac{1.76}{1+6.52} \text{x} 100 = 1.65$

ตารางที่ 7.10 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 3

จำนวนชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก	จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(10.10)^2 \text{x} 11.62}{4} = 931.01$

ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)			
ตัวอย่างที่		3	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A3	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	161.68	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	152.34	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	9.34	= 161.68 – 152.34 = 9.34
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	30.53	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	121.81	= 152.34 – 30.53 = 121.81
ปริมาณของน้ำในดิน	%	7.67	$= \frac{9.34}{121.81} \times 100 = 7.67$
ความหนาแน่น (DENSITY)			
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	5,693.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	3,990.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักดิน	กรัม	1,703.00	= 5,693 – 3,990 = 1,703
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	1.83	$= \frac{1,703}{931.01} = 1.83$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.70	$= \frac{1.83}{1+7.67} \text{x} 100 = 1.70$

ตารางที่ 7.11 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 4

จำนวนชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก	จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(10.10)^2 \text{x} 11.62}{4} = 931.01$
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)			
ตัวอย่างที่		4	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A4	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	162.90	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	152.36	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	10.54	= 162.90 – 152.36 = 10.54
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	30.82	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	121.54	= 152.36 – 30.82 = 121.54
ปริมาณของน้ำในดิน	%	8.67	$= \frac{9.34}{121.81} \times 100 = 8.67$
ความหนาแน่น (DENSITY)			
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	5,574.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	3,990.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักดิน	กรัม	1,584.00	= 5,574 – 3,990 = 1,584
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	1.70	$= \frac{1,584}{931.01} = 1.70$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม^3	1.57	$= \frac{1.70}{1+8.67} \text{x} 100 = 1.57$

7.4.3 การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 7.12 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1

จำนวนชั้น		จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น		จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก		จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(15.24)^2 \text{x} 11.63}{4} = 2,121.56$
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)				
ตัวอย่างที่		1	จากการบันทึกข้อมูล	
กระป๋องอบดินหมายเลข		A1	จากการบันทึกข้อมูล	
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	168.22	จากการชั่งน้ำหนัก	
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	161.61	จากการชั่งน้ำหนัก	
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	6.61	= 168.22 – 161.61 = 6.61	
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	30.11	จากการชั่งน้ำหนัก	
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	131.50	= 161.61 – 30.11 = 131.50	
ปริมาณของน้ำในดิน	%	5.03	$= \frac{6.61}{131.50} \times 100 = 5.03$	
ความหนาแน่น (DENSITY)				
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	10,885.00	จากการชั่งน้ำหนัก	
น้ำหนักโมล	กรัม	5,989.00	จากการชั่งน้ำหนัก	
น้ำหนักดิน	กรัม	4,896.00	= 10,885 – 5,989 = 4,896	
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม^3	2.31	$= \frac{4,896}{2,121.56} = 2.31$	
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม^3	2.20	$= \frac{2.31}{1+5.03} \text{x} 100 = 2.20$	

ตารางที่ 7.13 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 2

จำนวนชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก	จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(15.24)^2 \text{ x}11.63}{4} = 2{,}121.56$
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)			
ตัวอย่างที่		2	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	169.37	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	158.92	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	10.45	= 169.37 – 158.92 = 10.45
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	29.87	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	129.05	= 158.92 – 29.87 = 129.05
ปริมาณของน้ำในดิน	%	8.10	$= \frac{10.45}{129.05} \times 100 = 8.10$
ความหนาแน่น (DENSITY)			
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	11,293.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	5,989.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักดิน	กรัม	5,304.00	= 11,293 – 5,989 = 5,304
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	2.50	$= \frac{5{,}304}{2{,}121.56} = 2.50$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	2.31	$= \frac{2.50}{1+8.10} \text{x}100 = 2.31$

ตารางที่ 7.14 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 3

จำนวนชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก	จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(15.24)^2 \text{ x}11.63}{4} = 2{,}121.56$
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)			
ตัวอย่างที่		3	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A3	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	170.24	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	155.97	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	14.27	= 170.24 – 155.97 = 14.27
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	29.64	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	126.33	= 155.97 – 29.64 = 126.33
ปริมาณของน้ำในดิน	%	11.30	$= \frac{14.27}{126.33} \times 100 = 11.30$
ความหนาแน่น (DENSITY)			
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	11,442.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	5,989.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักดิน	กรัม	5,453.00	= 11,442 – 5,989 = 5,453
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	2.57	$= \frac{5{,}453}{2{,}121.56} = 2.57$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	2.31	$= \frac{2.57}{1+11.30} \text{x}100 = 2.31$

ตารางที่ 7.15 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 4

จำนวนชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ขนาด	จากการวัดขนาด
จำนวนการตอก/ชั้น	จากการบันทึกข้อมูล	ความสูง	จากการวัดความสูง
น้ำหนักของค้อนตอก	จากการชั่งน้ำหนัก	ปริมาตร	$\frac{\pi(15.24)^2 \text{ x}11.63}{4} = 2{,}121.56$
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)			
ตัวอย่างที่		4	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข		A4	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	166.82	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	155.67	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	11.15	= 166.82 – 155.67 = 11.15
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	29.93	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	125.74	= 155.67 – 29.93 = 125.74
ปริมาณของน้ำในดิน	%	8.87	$= \frac{11.15}{125.74} \times 100 = 8.87$
ความหนาแน่น (DENSITY)			
น้ำหนักดิน + โมล	กรัม	11,028.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	5,989.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักดิน	กรัม	5,039.00	= 11,028 – 5,989 = 5,039
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	2.38	$= \frac{5{,}039}{2{,}121.56} = 2.38$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	2.18	$= \frac{2.38}{1+8.87} \text{x}100 = 2.18$

สรุป

การบดอัดดิน คือ การปรับปรุงคุณภาพดินโดยการประยุกต์ใช้พลังงานเชิงกล เพื่อทำให้ดินแน่นขึ้นโดยการไล่อากาศออกไปจากดิน ซึ่งเป็นการปรับปรุงปริมาณความชื้นในมวลดินให้มีความเหมาะสมที่ดีที่สุดและวัดปริมาณความแน่นของดินในรูปของความหนาแน่นแห้งหรือหน่วยน้ำหนักแห้ง พื้นฐานการบดอัดดินของดินที่มีความเชื่อมแน่น ได้ถูกสร้าง ความสัมพันธ์ขึ้นโดย R.R. Proctor การปรับปรุงคุณภาพดินโดยบดอัดทำให้ดินมีกำลังต้านทานน้ำหนัก หรือแรงมากขึ้น ลดการทรุดตัวของชั้นดิน และลดการซึมน้ำของดิน อนึ่งในทางปฏิบัติ การบดอัดดินกระทำได้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมสำหรับดินต่างประเภทกัน เช่น การใช้น้ำหนักกดทับการกระแทก หรือตอก การย้ำ การสั่นสะเทือน โดยดินแต่ละชนิดเมื่อบดอัดแล้วมีความแน่นจะแตกต่างกัน

การบดอัดดินจะทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งของดินสูงขึ้น ขณะที่ช่องว่าง หรือโพรงอากาศระหว่างเม็ดดินลดลง ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ค่าความหนาแน่นของดินสูงที่สุด R.R. Proctor กำหนดวิธีทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับความแน่นของดินที่บดอัดในห้องปฏิบัติการ เป็นที่ยอมรับ และนิยมใช้เป็นวิธีทดสอบแบบมาตรฐาน เรียกว่า วิธีทดสอบแบบมาตรฐานต่อมาในงานวิศวกรรมต้องการบดอัดดินโดยใช้พลังงานมากขึ้น จึงได้พัฒนาวิธีทดสอบการบดอัดดินโดยเพิ่มพลังงานให้สูงขึ้น ซึ่งเรียกวิธีทดสอบว่า วิธีทดสอบแบบสูงกว่ามาตรฐาน หรือวิธีดัดแปลง (Modified Proctor Test)

แบบทดสอบที่ 7 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 7 เรื่อง การทดลองการบดอัดดิน (Compaction Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การบดอัดแบบมาตรฐานมีข้อไม่ต่างจากการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานคือ
   ก. น้ำหนักค้อน
   ข. จำนวนชั้นที่กระทุ้ง
   ค. ปริมาณความชื้น
   ง. ขนาดของโมล
2. การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน จำนวนครั้งของการตอกกระทุ้งดินคือ
   ก. 25 ครั้ง
   ข. 26 ครั้ง
   ค. 56 ครั้ง
   ง. 65 ครั้ง
3. Optimum Moisture Content หมายความว่า
   ก. ปริมาณน้ำสูงสุดที่ทำให้ดินแน่นที่สุด
   ข. ปริมาณของน้ำที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินแน่น
   ค. ปริมาณน้ำในดินก่อนทดสอบความหนาแน่น
   ง. ปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยหลังจากอบแห้ง
4. ค้อนกระทุ้งดินแบบบดอัดดินแบบมาตรฐานหนักเท่าใด
   ก. 2.5 กก.
   ข. 3.5 กก.
   ค. 4.5 กก.
   ง. 5.5 กก.
5. ดินที่ผ่านการทดสอบได้ค่า ความหนาแน่นเปียกเท่ากับ 2,310 กก./ม.^{3} และปริมาณความชื้น 10% จงหาว่าความหนาแน่นแห้งของดินมีค่าเท่าใด
   ก. 2,300 กก./ม.^{3}
   ข. 2309.90 กก./ม.^{3}
   ค. 2,100 กก./ม.^{3}
   ง. 231 กก./ม.^{3}

6. การบดอัดดินจะช่วยในงานก่อสร้างในด้านใด

ก. ปรับปรุงคุณภาพดินด้วยปริมาณความชื้น

ข. ลดการทรุดตัวของดิน

ค. เพิ่มกำลังยึดเหนี่ยวของดิน

ง. จัดการเรียงตัวของเม็ดดิน

7. การบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานจะให้ค่าพลังงานสูงกว่าแบบมาตรฐานประมาณเท่าใด

ก. 2.50 เท่า

ข. 3.50 เท่า

ค. 4.50 เท่า

ง. 5.50 เท่า

8. ความสัมพันธ์ข้อใดถูกต้อง

ก. ความหนาแน่นแห้งสูง – ความชื้นจะสูงขึ้น

ข. ความหนาแน่นแห้งสูง – ความชื้นจะลดลง

ค. ความหนาแน่นเปียกสูง – พลังงานจะสูงขึ้น

ง. ความหนาแน่นเปียกต่ำ – พลังงานจะสูงขึ้น

9. ดินที่ต้องเตรียมสำหรับการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน จะใช้เท่าใด

ก. 3 กก.

ข. 5 กก.

ค. 10 กก.

ง. 15 กก.

10. การบดอัดดินแบบมาตรฐานในโมลขนาด 6 นิ้วจะต้องใส่ดินกี่ชั้นและต้องตอกกระทุ้งกี่ครั้งต่อชั้น

ก. 3 ชั้น กระทุ้ง 25 ครั้งต่อชั้น

ข. 3 ชั้น กระทุ้ง 56 ครั้งต่อชั้น

ค. 5 ชั้น กระทุ้ง 25 ครั้งต่อชั้น

ง. 5 ชั้น กระทุ้ง 56 ครั้งต่อชั้น

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 การบดอัดดินเพื่อเพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

…….2.2 การบดอัดดินจะมีตัวแปรคือ ความหนาแน่นแห้ง, พลังงานในการบดอัด

…....2.3 ความหนาแน่นแห้งของการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานจะมากกว่าแบบมาตรฐานเพียง 10%

…….2.4 ระยะยกค้อนตอกแบบมาตรฐาน ยกสูงเท่ากับ 30 ซม.

…….2.5 พลังงานที่ใช้บดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานในโมล 4 นิ้วคือ 2,700 กก./ม.^{3}

…….2.6 ดินที่ใช้ในการทดลองบดอัดต้องผ่านตะแกรงเบอร์ 40

…….2.7 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินต้องเขียนในแกนตั้งของรูปกราฟความสัมพันธ์

……2.8 อุณหภูมิมีส่วนส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นแห้งสูงสุด

……2.9 ค่าของ O.M.C จะเป็นตัวบอกว่า ดินควรมีความชื้นเท่าใดขณะทำการบดอัด

……2.10 การบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน ค่าที่ได้จะมีค่าเกินกว่า 100%

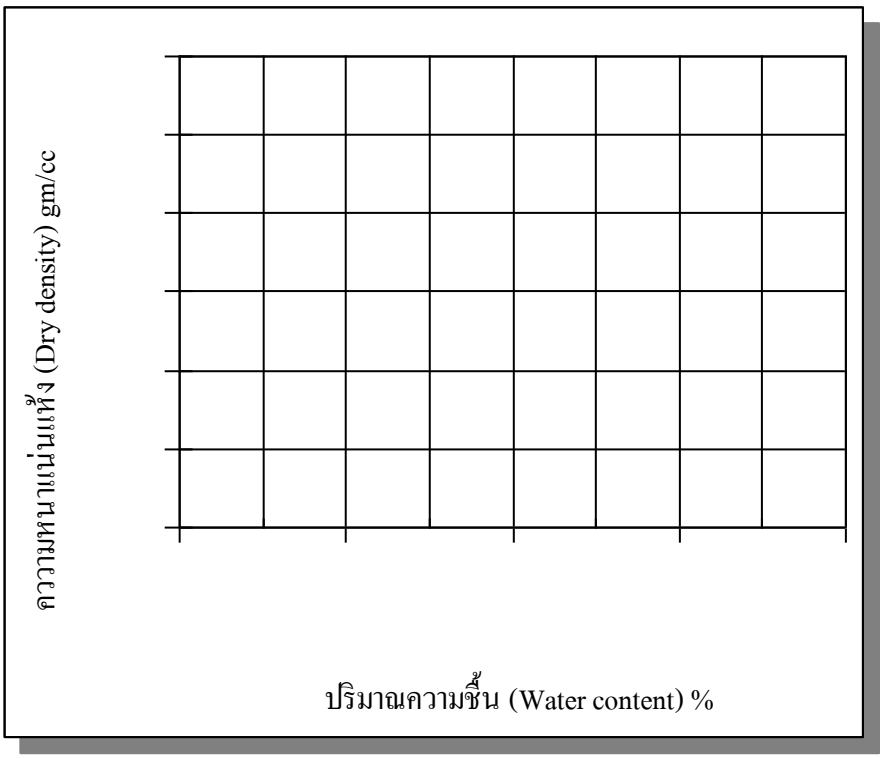
ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองการบดอัดดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเก็บตัวอย่างดินจำนวน 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองการบดอัดดิน โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการบดอัดดินแบบมาตรฐานและแบบสูงกว่ามาตรฐาน
2) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 7.14 และ 7.16
3) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ ในแต่ละตัวอย่าง
4) คำนวณหาค่าคำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density) ในแต่ละตัวอย่าง
5) คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density) ในแต่ละตัวอย่าง
6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง, ปริมาณความชื้น ลงในตารางที่ 7.17 และ 7.19
7) เขียนรายงานการบดอัดดินแบบมาตรฐานและแบบสูงกว่ามาตรฐาน
8) เขียนรายงานข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลองการบดอัดดินแบบมาตรฐานและแบบสูงกว่ามาตรฐาน
9) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะแบบมาตรฐานและแบบสูงกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 7.16 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลองแบบมาตรฐาน

จำนวนชั้น		ขนาด		
จำนวนการตอก/ชั้น		ความสูง		
น้ำหนักของค้อนตอก		ปริมาตร		
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)				
ตัวอย่างที่				
กระป๋องอบดินหมายเลข				
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม				
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม				
น้ำหนักของน้ำ กรัม				
กระป๋องอบดินหมายเลข กรัม				
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม				
ปริมาณของน้ำในดิน %				
ความหนาแน่น (DENSITY)				
น้ำหนักดิน + โมล กรัม				
น้ำหนักโมล กรัม				
น้ำหนักดิน กรัม				
ความหนาแน่นดินเปียก กรัม/ซม.^{3}				
ความหนาแน่นดินแห้ง กรัม/ซม.^{3}				

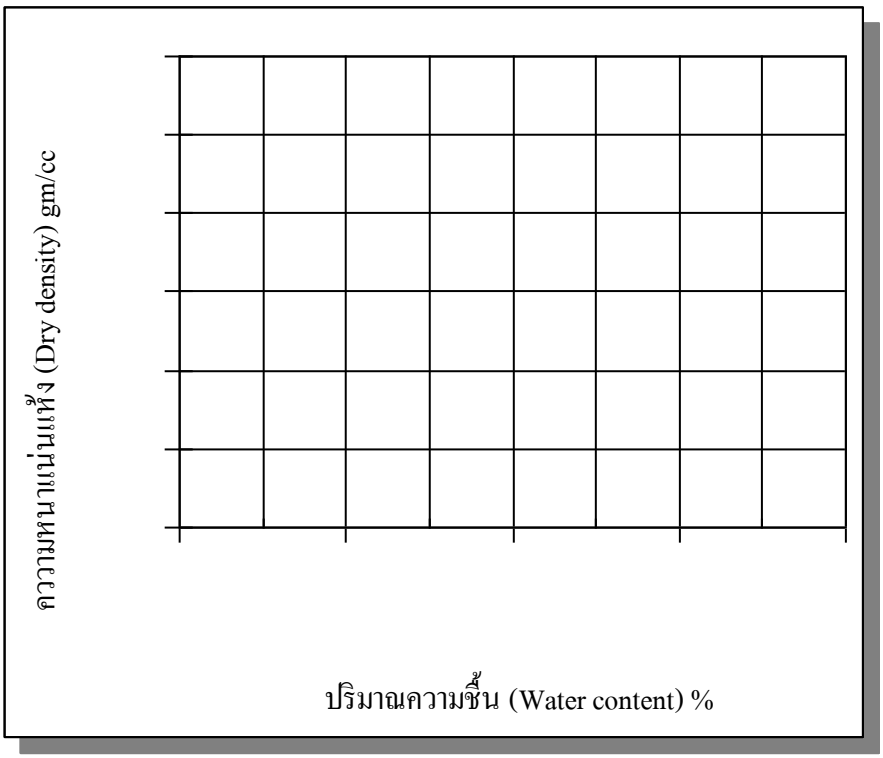


ตารางที่ 7.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของการทดลองบดอัดดินแบบมาตรฐาน

ตารางที่ 7.18 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง

แบบสูงกว่ามาตรฐาน

จำนวนชั้น			ขนาด		
จำนวนการตอก/ชั้น			ความสูง		
น้ำหนักของค้อนตอก			ปริมาตร		
ปริมาณของน้ำในดิน (WATER CONTENT)					
ตัวอย่างที่					
กระป๋องอบดินหมายเลข					
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น กรัม					
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง กรัม					
น้ำหนักของน้ำ กรัม					
กระป๋องอบดินหมายเลข กรัม					
น้ำหนักของดินแห้ง กรัม					
ปริมาณของน้ำในดิน %					
ความหนาแน่น (DENSITY)					
น้ำหนักดิน + โมล กรัม					
น้ำหนักโมล กรัม					
น้ำหนักดิน กรัม					
ความหนาแน่นดินเปียก กรัม/ซม.^{3}					
ความหนาแน่นดินแห้ง กรัม/ซม.^{3}					



ตารางที่ 7.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณความชื้นของการทดลองบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

หน่วยที่ 8
การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio)

1

2

2

[1] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

[2] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

หน่วยที่ 8
การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio)

หัวข้อเรื่อง

8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินกับกำลังรับน้ำหนักของดิน
8.2 ขอบข่ายในการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช
8.3 ใบงานขั้นการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช
8.4 การคำนวณจากผลการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช

สาระสำคัญ

การทดสอบ California Bearing Ratio หรือเรียกสั้น ๆ ว่า การทดสอบ C.B.R เป็นการทดสอบเพื่อหากำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัดแน่น ทั้งวิธีการบดอัดแบบมาตรฐานและวิธีแบบสูงกว่ามาตรฐาน ด้วยการใช้ท่อนเหล็กพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 19.35 ตารางเซนติเมตร กดบนตัวอย่างดินที่ทำการบดอัดในแบบโมลที่เตรียมไว้ ด้วยความเร็ว 0.05 นิ้วต่อนาทีแล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากการทดสอบกับวัสดุหินคลุกบดอัดแน่นบนพื้นฐานการทดสอบที่เหมือนกัน การใช้เครื่องมืออุปกรณ์การบันทึกข้อมูลและการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดกับกำลังรับน้ำหนักของดินได้
2. บอกความหมาย C.B.R. และตารางมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับหินคลุกมาตรฐานได้
3. ทดลองตามขั้นตอนและใช้เครื่องมือได้
4. บันทึกผลการทดลองและเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับหน่วยแรงที่กดได้
5. คำนวณหาค่า C.B.R. ทั้งวิธีแช่น้ำและวิธีไม่แช่น้ำได้

บทนำ

ในปี คศ. 1992 California Division of Highway ได้กำหนดวิธีทดสอบการจำแนกคุณสมบัติของดินเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการก่อสร้างถนน และในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง จำเป็นต้องพัฒนาการสร้างสนามบิน เพื่อรับน้ำหนักของเครื่องบินรบที่บรรทุกอาวุธจำนวนมาก หน่วยทหารช่างของสหรัฐอเมริกาได้นำวิธีการทดสอบคุณสมบัติแบบ C.B.R. มาใช้การออกแบบก่อสร้างทางวิ่งของสนามบิน จุดประสงค์ของการบดอัดดินเพื่อต้องการให้ได้กำลังของดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลกับการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน การทรุดตัวและการบวมตัวของดิน ต่อมาเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ทั่วไป

สำหรับชั้นคันทาง ชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทาง โดยในแบบก่อสร้างทั่วไปจะกำหนดความหนาแน่นของชั้นดินที่จะบดอัดในแต่ละชั้นเป็น %C.B.R. โดยถ้า %C.B.R. ที่ถูกกำหนดมีค่ามากเท่าใดก็แสดงว่าชั้นดินนั้นต้องบดอัดให้แน่นมากขึ้นตามไปด้วยการทดสอบ C.B.R. เป็นการหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินหรือหินคลุกที่บดอัดแล้ว โดยค่าที่ได้จากการทดสอบจะอยู่ในรูปของหน่วยแรงต้านทานของตัวอย่างดินทดสอบที่บดอัดต่อหน่วยน้ำหนักมาตรฐานของหินคลุกบดอัดในระดับความลึกหรือระยะจมของแท่งกด (Penetration Piston) ที่เท่ากัน แล้วเปรียบเทียบออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

การทดสอบ C.B.R. กับตัวอย่างดินทันทีที่ทำการบดอัดเสร็จนั้น ถ้ามวลดินมีปริมาณน้ำในดินต่ำกว่าค่า ปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (O.M.C.) ผลที่ได้จะมีค่า C.B.R. สูงกว่ามวลดินที่บดอัดโดยมีปริมาณน้ำในดินสูงกว่าค่า O.M.C. ถ้านำดินที่บดอัดไปแช่น้ำ 4 วัน ค่า C.B.R. ที่ใกล้เคียงกับ O.M.C. จะมีค่า C.B.R. สูงสุด การบวมตัวของดินเมื่อแช่น้ำก่อนการทดลอง C.B.R.

8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินกับกำลังรับน้ำหนักของดิน

ในการทดลองการบดอัดดินแบบมาตรฐานหรือสูงกว่ามาตรฐานนั้นจะได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณน้ำที่ทำให้ดินแน่นที่สุด ซึ่งดินตัวอย่างแต่ละชนิดจะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุดไม่เท่ากัน การทดลองหาค่า C.B.R. นี้เป็นการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินที่มีความหนาแน่นแห้งสูงสุดแต่ละชนิด โดยทั่วไปพบว่าถ้าความหนาแน่นแห้งสูง ก็จะได้ค่า C.B.R. สูงตามไปด้วย ซึ่งสมบัติของดินที่เหมาะสมในการใช้งาน ด้านงานวิศวกรรมการทางจะพิจารณาจากค่าของ C.B.R. ของดิน

การทดสอบ C.B.R. เป็นวิธีการหากำลังรับน้ำหนักของดินบดอัดแน่น ด้วยการใช้แท่งกดขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว กดลงบนตัวอย่างดิน โดยถ้า % C.B.R. ที่ถูกกำหนดมีค่ามากเท่าใดก็แสดงว่าชั้นดินนั้นต้องบดอัดให้แน่นมากขึ้นตามไปด้วย

การทดสอบ C.B.R. เป็นการหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดิน แล้วเปรียบเทียบออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยค่าหน่วยน้ำหนักมาตรฐาน ได้ถูกกำหนดเป็นค่า มาตรฐานโดย California Division of Highway ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 แสดงค่าหน่วยน้ำหนักมาตรฐานของหินคลุกบดอัดแน่นที่ระยะจมต่างๆ ด้วยท่อนเหล็กกดที่มีพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว (19.35 ซม.^{2})[3]

ระยะจม (Penetration)	น้ำหนักมาตรฐาน (Standard Load)	หน่วยน้ำหนักมาตรฐาน (Standard Unit Load)
2.54 มม. (0.1 นิ้ว)	1,360.8 กก. (3,000 ปอนด์)	70.30 กก./ซม^3 (1,000 ปอนด์/นิ้ว^2)
5.08 มม. (0.2 นิ้ว)	2,041.2 กก. (4,500 ปอนด์)	105.46 กก./ซม^2 (1,500 ปอนด์/นิ้ว^2)
7.62 มม. (0.3 นิ้ว)	2,852.5 กก. (5,700 ปอนด์)	133.59 กก./ซม^2 (1,900 ปอนด์/นิ้ว^2)
10.16 มม. (0.4 นิ้ว)	3,129.8 กก. (6,900 ปอนด์)	161.71 กก./ซม^2 (2,300 ปอนด์/นิ้ว^2)
13.71 มม. (0.5 นิ้ว)	3,538.0 กก. (7,800 ปอนด์)	182.81 กก./ซม^2 (2,600 ปอนด์/นิ้ว^2)

ตารางที่ 8.2 แสดงความสัมพันธ์ของ % C.B.R. และการใช้งาน[4]

C.B.R. %	คุณสมบัติเหมาะสมทางวิศวกรรม		การจำแนกดิน
	ความเหมาะสม	การใช้งาน	ระบบ Unified
0 – 3	ใช้ไม่ได้	วัสดุชั้นคันทาง	OH,CH,MH,OL
3 – 7	ไม่ดี ถึง พอใช้	วัสดุชั้นทาง	OH,CH,MH,OL
7 – 20	พอใช้	วัสดุชั้นรองพื้นทาง	OL,CL,ML, SC,SM,SP

[3] สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง. 2515. หน้า 79.

[4] สำราญ ยอดอุปถัมภ์. ปฐพีกลศาสตร์ภาคการทดลอง. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. หน้า 154

ตารางที่ 8.2 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ของ % C.B.R. และการใช้งาน

C.B.R. %	คุณสมบัติเหมาะสมทางวิศวกรรม		การจำแนกดิน
	ความเหมาะสม	การใช้งาน	ระบบ Unified
20 – 50	ดี	วัสดุชั้นพื้นทาง, รองพื้นทาง	GM,GC,SW,SM
50 – 80	ดีมาก	วัสดุพื้นทาง	SP,GP,SW,SM
มากกว่า 80	ดีที่สุด	วัสดุพื้นทาง	GW,GM

8.2 ขอบข่ายในการทดลองหาค่า C.B.R.

การทดลองหาค่า C.B.R เป็นวิธีการเปรียบเทียบกำลังต้านทานแรงเฉือน (Shearing Resistance) ของดินตัวอย่างบดอัดแน่น โดยใช้ค่าปริมาณน้ำที่ O.M.C. เพื่อให้ได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด แล้วนำค่าไปเปรียบเทียบกับวัสดุดินมาตรฐานที่ได้ทดลองไปแล้ว โดยมีค่าตามตารางที่ 8.1

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 1883-99 Test Method for C.B.R. (California Bearing Ratio) of Laboratory Compacted Soils

ค่ากำลังของดินบดอัด %C.B.R. โดยทั่วไปแล้ว จะใช้ค่าอัตราส่วนของแรงกดที่ความลึก 0.1 นิ้ว แต่ถ้า %C.B.R. ของแรงกดที่ความลึก 0.2 นิ้ว สูงกว่าที่ความลึก 0.1 นิ้ว การทดลองควรจะต้องกระทำซ้ำอีกครั้งและถ้าค่า %CBR ค่าที่ได้ยังเป็นไปในรูปเดิม ก็ให้ใช้ค่า %C.B.R. ที่การยุบตัว 0.2 นิ้ว การทดลองหาค่า %C.B.R. มี 2 วิธี คือ

1. การทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked)
2. การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked)

8.3 ใบงานขั้นการทดลองหาค่า C.B.R.

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

8.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาค่า C.B.R. ได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาค่า C.B.R. ได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาค่า C.B.R. ได้
4) สามารถคำนวณหาค่า C.B.R. ได้

8.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) แบบหล่อทดสอบการบดอัด โมลสำหรับเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 7 นิ้ว พร้อมปลอกสวมสูง 2.5 นิ้ว และแผ่นฐานรอง สำหรับยึดโมลและปลอกสวม

รูปที่ 8.1 แสดงโมลการบดอัดดิน,ปลอกสวม และแผ่นฐานยึด
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) แผ่นวัดการบวมตัว (Swell Plate) แผ่นทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. หนา 0.635 ซม. เจาะรูพรุน พร้อมขาตั้งรับขามาตรวัดปรับประดับได้
3) แผ่นน้ำหนักแบบวงแหวนเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 14.9 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6.35 ซม. หนักแผ่นละ 2.27 กก. (5 ปอนด์)
4) แผ่นเหล็กรอง (Spacer Disk) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.08 ซม. สูง 6.137 ซม. ด้านหนึ่งเจาะรูมีเกลียวสำหรับใช้มือสกรูดึงแผ่นออกจากแบบโมลดิน
5) สามขาความสูงประมาณ 12 ซม. มีที่ยึด มาตรวัดเพื่อวัดการบวมตัว
6) มาตรวัดการยุบตัว ใช้อ่านค่าระยะการจมของแท่งกด และการบวมตัวของตัวอย่างทดสอบ ขนาด 1 นิ้ว อ่านค่าความละเอียด 0.001 นิ้ว อ่านค่าความละเอียด 0.01 มม.
7) เครื่องทดสอบแรงกด สามารถให้แรงกดไม่น้อยกว่า 10,000 ปอนด์ (4,540 กก.) และให้มีส่วนเคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอที่ส่วนบน หรือส่วนล่าง เพื่อให้อัตราการกดของแท่งกดอยู่ในอัตรา 0.05 นิ้วต่อนาที และความละเอียดของแรงให้อ่านได้ไม่เกิน 10 ปอนด์หรือ 4.5 กิโลกรัม
8) แท่งกด เป็นแท่งโลหะทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.954 นิ้ว มีพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว ยาวไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว
9) ค้อนบดอัดแบบมาตรฐาน หนัก 5.5 ปอนด์ ระยะยก 12 นิ้ว และแบบสูงกว่ามาตรฐาน หนัก 10 ปอนด์ ระยะยก 18 นิ้ว
10) แม่แรงสำหรับดันตัวอย่างดินออกจากโมล
11) เหล็กปาดดินสันตรง ขนาด 30 ซม.
12) ตะแกรงร่อนดินขนาด เบอร์4
13) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.10 กรัม ถึง 10 กิโลกรัม
14) ถาดผสมดิน
15) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

16) กระบอกตวงน้ำ ขนาดความจุประมาณ 250 – 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
17) ช้อนตักดิน
18) ค้อนยาง
19) กระป๋องใส่ตัวอย่างดิน
20) กระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.2 ซม.

รูปที่ 8.2 แสดงค้อนบดอัดดิน

รูปที่ 8.3 แสดงค้อนยาง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 8.4 แสดงเครื่องทดสอบแรงกดพร้อมแท่งกด **รูปที่ 8.5** แสดงแผ่นน้ำหนักวงแหวน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รูปที่ 8.6 แสดงแผ่นวัดการบวมตัว **รูปที่ 8.7** แสดงมาตรวัดการบวมตัว

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

8.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) น้ำสะอาด
2) เตรียมตัวอย่างที่ต้องการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบการบดอัดตามมาตรฐาน ASTM : D698 หรือ D1557 ถ้าเป็นตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ควรใช้ประมาณ 5.50 กิโลกรัม และถ้าเป็นตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3 / 4 นิ้ว ควรใช้ประมาณ 6 กิโลกรัม โดยนำมาผสมกับน้ำในปริมาณ O.M.C. ที่ได้จากการทดสอบการบดอัดให้เข้ากันทั่วถึง

8.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 8.3 ตารางแสดงการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง
2) ตารางที่ 8.4 ตารางแสดงค่าปริมาณน้ำในดินและความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม
3) ตารางที่ 8.5 ตารางแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจม

8.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1.1 การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked Sample)

1) ชั่งน้ำหนักของโมลแล้วยึดโมลกับแผ่นฐานรองให้แน่นพอสมควร และนำ Spacer Disc มาใส่ลงในโมล หมุนเอาหูหิ้วออก นำเอากระดาษกรองมารองบน Spacer Disc เพื่อป้องกันตัวอย่างทดสอบติดกับ Spacer Disc พร้อมประกอบปลอกสวมให้เรียบร้อย
2) ทำการบดอัดตามมาตรฐาน ASTM D1140 – 54 โดยใช้ค้อนบดอัดขนาด 2.5 กก. ระยะตก 12 นิ้ว ทำการบดอัดจำนวน 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง หรือ D 1557 – 00 ใช้ค้อนบดอัดขนาด 4.54 กก. ระยะตก 1 8 นิ้ว ทำการบดอัดจำนวน 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

3) หลังจากบดอัดจนครบจำนวนชั้นและจำนวนครั้งแล้วถอดปลอกสวมออก ใช้มีดเหล็กสำหรับปาดดิน ปาดดินส่วนที่สูงเกินขอบโมลพร้อมกับซ่อมตกแต่งผิวบนของดินตัวอย่างให้เรียบเสมอกับปากโมล (ในกรณีที่ผิวหน้าไม่เรียบ โดยเกิดจากการปาดด้วยเหล็ก)
4) ถอดแผ่นฐานรอง และ Spacer Disc ออก นำโมลและดินไปชั่งหาน้ำหนักเพื่อจะนำไปหาความหนาแน่นดินเปียก (γ_{wet})
5) นำตัวอย่างทดสอบที่เตรียมไว้ตามขั้นตอนที่ 2 มาทดสอบโดยการวาง แผ่นน้ำหนักที่มีน้ำหนักใกล้เคียงหรือเท่ากับน้ำหนักของวัสดุ ที่กดลงบนชั้นพื้นดินจริง แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์ (4.54 กก.)ให้กดทับลงบนผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบ แล้วให้นำไปวางในเครื่องทดสอบแรงกด
6) ปรับแท่งกดโดยให้ผ่านรูตรงกลางของแผ่นน้ำหนักและให้แท่งกดสัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบพอดี โดยค่อย ๆ ปรับและคอยสังเกตเข็มมาตรวัด เริ่มจะหมุนเคลื่อนที่ จึงหยุดปรับ จากนั้นทำการติดตั้งวงแหวนวัดแรง เพื่ออ่านค่าระยะจมของแท่งกด แล้วทำการปรับมาตรวัดทั้งสอง ให้เข็มอยู่ในตำแหน่งเลขศูนย์
7) เริ่มกดแท่งกดลงบนตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการกด 0.05 นิ้วต่อนาที ต่อเนื่องกันอย่างสม่ำเสมอ ให้อ่านค่าน้ำหนักกดจากมาตรวัดที่ระยะจม ดังนี้ 0.025 , 0.050 , 0.075 , 0.100 , 0.125 , 0.150 , 0.175 , 0.200 , 0.250 , 0.300 , 0.350 , 0.400, 0.450 และ 0.500 นิ้ว ตามลำดับ
8) เสร็จแล้วถอดโมล ออกจากเครื่องกดทดลอง และเก็บตัวอย่างดินตรงกลาง ตามแนวตั้งประมาณ 100 กรัมหรือประมาณ 500 กรัม เพื่อที่จะนำไปหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณในดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

1.2 การทดลองแบบแช่น้ำ (soaked Sample)

1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามขั้นตอนที่ 1 – 4 และต่อจากนั้นให้วางกระดาษกรองลงบนผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบในโมล

2) วางแผ่นวัดการบวมตัว และวางแผ่นน้ำหนักลงตามลำดับ โดยแผ่นน้ำหนัก ต้องมีน้ำหนักใกล้เคียงหรือเท่ากับวัสดุ ที่กดลงบนชั้นพื้นดินจริง (โดยคิดน้ำหนักที่ลงในพื้นดินจริงเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของดินในโมล แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์)

3) นำเอาโมล ที่เตรียมไว้ในข้อ 2 นี้ไปแช่น้ำในภาชนะที่เตรียมไว้ ให้น้ำท่วม แผ่นน้ำหนักประมาณ 1 นิ้ว ใช้มาตรวัดที่อ่านได้ละเอียด 0.001 นิ้ว ยึดติดกับ สามขาแล้ววางบนปากโมล จัดให้ปลายของมาตรวัดแตะสัมผัสกับก้านแผ่นวัดการบวมตัว เพื่อวัดหาค่าการบวมตัวของดิน

4) อ่านค่าการบวมตัวของตัวอย่างทดสอบทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนกระทั่งครบ 96 ชั่วโมง หรือเมื่อตัวอย่างทดสอบหยุดการบวมตัว เสร็จแล้วนำขึ้นมาจากน้ำ และนำอุปกรณ์ที่ประกอบการหาค่าการบวมตัวออกให้หมด แล้วคว่ำโมล ปล่อยทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้น้ำระบายออกจากตัวอย่างทดสอบจนไม่มีน้ำขังบนผิวหน้าและระวังอย่าให้ผิวหน้าของตัวอย่างเสียหาย

5) ถอดแบบเหล็กออกจากฐานให้หมด นำโมลพร้อมดินไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าน้ำหนักของดินตัวอย่างทดสอบในโมล

6) นำน้ำหนักกดทับเดิมหรือน้ำหนักเท่ากับ 10 ปอนด์ วางลงบนตัวอย่างให้กดทับลงบนผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบ แล้วให้นำไปวางในเครื่องทดสอบแรงกด

7) ปรับแท่งกดโดยให้ผ่านรูตรงกลางของแผ่นน้ำหนัก และให้แท่งกดสัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบพอดี โดยค่อย ๆ ปรับและคอยสังเกตเข็มของมาตรวัด เริ่มจะหมุนเคลื่อนที่ จึงหยุดปรับ จากนั้นทำการติดตั้งวงแหวนวัดแรง เพื่ออ่านค่าระยะจมของแท่งกด แล้วทำการปรับมาตรวัดทั้งสอง ให้เข็มอยู่ในตำแหน่งเลขศูนย์

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

8) เริ่มกดแท่งกดลงบนตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการกด 0.05 นิ้วต่อนาที ต่อเนื่องกันอย่างสม่ำเสมอ ให้อ่านค่าน้ำหนักกดจากมาตรวัด ที่ระยะจม ดังนี้ 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.175, 0.200, 0.250, 0.300, 0.350, 0.400, 0.450 และ 0.500 นิ้ว ตามลำดับ

9) เสร็จแล้วถอดโมล ออกจากเครื่องกดทดลอง และเก็บตัวอย่างดินตรงกลาง ตามแนวตั้งประมาณ 100 กรัมหรือประมาณ 500 กรัม เพื่อที่จะนำไปหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณในดิน

8.3.6 การรายงาน

1) ค่า C.B.R. ที่ความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นแห้งสูงสุด (ตามแบบมาตรฐานหรือสูงกว่ามาตรฐาน)
2) ค่าการบวมตัวของดินในกรณีที่เป็นการทดลองแบบแช่น้ำ เป็นเปอร์เซ็นต์
3) เขียนแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วยแรงกดเป็นแกนตั้งและระยะจมของแท่งกดเป็นแกนนอน
4) ค่าการขยายตัวใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

8.3.7 ข้อควรระวัง

1) ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในการทดสอบ ถ้าดินมีความชื้นต้องหาปริมาณความชื้นของดินก่อนแล้วค่อยคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องผสมเพิ่มโดยรวมแล้ว ควรให้ได้ปริมาณน้ำที่ O.M.C.
2) วงแหวนวัดแรง ที่ใช้อ่านค่าน้ำหนักกด ควรมีการตรวจสอบมาตรวัดภายในวงแหวน ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์และ ควรมีการนำวงแหวนไปปรับแก้อย่างสม่ำเสมอ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

8.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

1) ค่า C.B.R. นำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบความหนาของถนนลาดยาง โดยการกำหนดความหนาจากการออกแบบ หรืออาจใช้ช่วยในการกำหนดค่า Subgrade Modulus (K) ของดินจากตารางเปรียบเทียบเพื่อช่วยในการออกแบบถนนคอนกรีตได้อีกด้วย
2) การทดลอง C.B.R. สามารถทำได้ 2 สถานะ คือ ทดลองแบบไม่แช่น้ำและทดลองแบบแช่น้ำ สำหรับการทดลองแบบแช่น้ำ ก็เพื่อให้มีลักษณะ การทดลองเหมือนในขณะที่ถนนอิ่มตัวด้วยน้ำ ในประเทศอังกฤษ ถือว่าการทดลองแบบแช่น้ำ จะให้ค่า C.B.R. ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก การออกแบบจะไม่ประหยัด สำหรับประเทศไทยใช้มาตรฐานทดลองของอเมริกัน ซึ่งทำการทดลองแบบแช่น้ำเป็นมาตรฐาน
3) เนื่องจากการทดลอง C.B.R. ได้เริ่มใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งใช้มาตราหน่วยอังกฤษ หน่วยน้ำหนักเป็นปอนด์ และหน่วยความยาวเป็นนิ้ว ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะใช้หน่วย SI (System International) หรือใช้ควบคู่กับในหน่วยเมตริก การจะใช้หน่วยเมตริกในการทดลอง C.B.R. จะใช้ไม่สะดวกนัก เนื่องจากค่าคงที่ ที่กำหนดไว้เป็นหน่วยอังกฤษ เมื่อแปลงแล้วไม่ลงตัวยากแก่การจดจำ เช่น กำลังมาตรฐานที่ 0.1 นิ้ว มีค่า 1,000 ปอนด์/ตารางนิ้วหรือเท่ากับ 70.30 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

8.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (C.B.R)

ตารางที่ 8.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง C.B.R

รายการ		โมลหมายเลข 1	
จำนวนชั้น / จำนวนการตอกต่อชั้น		3 / 56	
ชนิดของตัวอย่าง		ไม่แช่น้ำ	จมน้ำ
น้ำหนักดินชื้น + โมล	กรัม	6,875.60	6,977.50
น้ำหนักโมล	กรัม	2,722.00	2,722.00
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.	11.37	11.37
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม.^{3}	2,072.55	2,072.55
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}	2.00	2.05
กระป๋องอบดินหมายเลข		B1	B2
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	113.30	141.02
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	104.35	126.44
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	8.95	14.58
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	35.48	35.85
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	68.87	90.59
ปริมาณของน้ำในดิน	%	13.00	16.09
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.774	1.769

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 8.3 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง C.B.R

วันที่	เวลา	โมลหมายเลข 1		
		อ่านมาตรวัด	การบวมตัว	
			มม.	%
20 มิ.ย. 2552	10:30	0	0	0
21 มิ.ย. 2552	10:30	116	1.16	1.020
22 มิ.ย. 2552	10:30	170	1.70	1.495
23 มิ.ย. 2552	10:30	208	2.08	1.829
24 มิ.ย. 2552	10:30	228.8	2.29	2.014

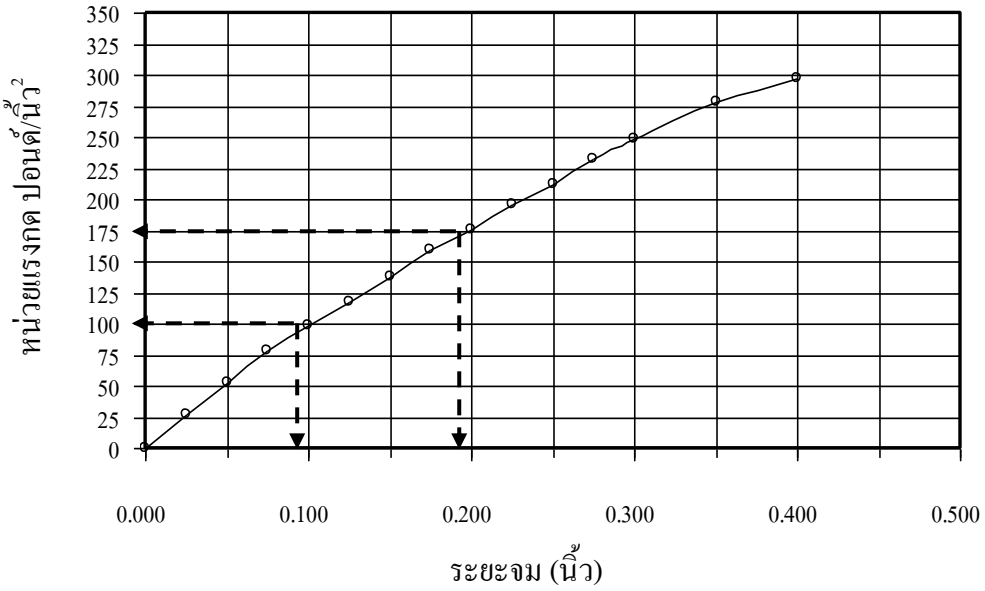
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 8.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข	1		
ระยะจม นิ้ว	ค่าจากมาตรวัด จำนวนช่อง	น้ำหนักกด ปอนด์	หน่วยแรงกด ปอนด์/นิ้ว^2
0	0	0.0	0.00
0.025	44	82.9	27.62
0.050	85	160.1	53.35
0.075	125	235.4	78.46
0.100	157	295.6	98.54
0.125	187	352.1	117.37
0.150	220	414.3	138.09
0.175	253	476.4	158.80
0.200	280	527.2	175.75
0.225	312	587.5	195.83
0.250	338	636.5	212.15
0.275	370	696.7	232.24
0.300	396	745.7	248.56
0.350	443	834.2	278.06
0.400	473	890.7	296.89

Proving Right Constant : 1.883 lb/div

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง



ตารางที่ 8.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจม

1) อ่านค่าจากตารางที่ 8.5 เส้นกราฟที่ระยะจม 0.10 นิ้ว และ 0.20 นิ้ว ได้ค่าดังนี้

1.1) ที่ระยะ 0.10 นิ้วเท่ากับ 100 ปอนด์/นิ้ว^2

1.2) ที่ระยะ 0.20 นิ้วเท่ากับ 175 ปอนด์/นิ้ว^2

8.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลอง C.B.R.

1) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$\omega = \frac{W_{wet} - W_s}{W_s} \quad \text{.....(8.1)}$$

เมื่อ ω = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

$W_{(wet)}$ = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

W_s = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

2) คำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\gamma_{wet} = \frac{W_{wet}}{V} \quad \text{.....(8.2)}$$

เมื่อ γ_{wet} = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

$W_{(wet)}$ = มวลของดินเปียกที่บดอัดในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดอัดในแบบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3) คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{(wet)}}{1 + \frac{w}{100}} \quad \text{.....(8.3)}$$

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

γ_{wet} = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ω = ปริมาตรน้ำในดินเป็นร้อยละ

4) อ่านค่าหน่ายแรงต้านทานการกดที่ค่า 0.10 นิ้ว , 0.20 นิ้ว

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดจากการทดลอง}}{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดมาตรฐาน}} \times 100 \quad \text{.....(8.4)}$$

เมื่อ หน่วยแรงต้านทานการกดมาตรฐานได้จากตารางที่ 8.1

5) หน่วยแรงต้านการกดจากการทดลอง = $\frac{\text{แรงต้านทานการกด}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของแท่งกด 3 ตารางนิ้ว}}$

6) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบร์ริ่ง เรโช

ตารางที่ 8.6 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 แบบไม่แช่น้ำ

รายการ		โมลหมายเลข 1	
จำนวนชั้น / จำนวนการตอกต่อชั้น		3 / 56	
ชนิดของตัวอย่าง		ไม่แช่น้ำ	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักดินชื้น + โมล	กรัม	6,875.60	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	2,722.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.	11.37	จากการวัด
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม^3	2,072.55	$\frac{\pi(15.23)^2 \text{x} 11.37}{4} = 2,072.55$
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม^3	2.00	$\frac{6,875.60 - 2,722}{2,072.55} = 2.00$
กระป๋องอบดินหมายเลข		B1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	113.30	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	104.35	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	8.95	= 113.30 – 104.35 = 8.95
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	35.48	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	68.87	= 104.35 – 35.48 = 68.87
ปริมาณของน้ำในดิน	%	13.00	$= \frac{8.95}{68.87} \times 100 = 13.00$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม^3	1.774	$= \frac{2.00}{1+(13/100)} = 1.774$

ตารางที่ 8.6 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 แบบแช่น้ำ

รายการ		โมลหมายเลข. 1	
จำนวนชั้น / จำนวนการตอกต่อชั้น		3 / 56	
ชนิดของตัวอย่าง		แช่น้ำ	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักดินชื้น + โมล	กรัม	6,977.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	2,722.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.	11.37	จากการวัด
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม.^{3}	2,072.55	$\frac{\pi(15.23)^2 \text{x} 11.37}{4} = 2,072.55$
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม^3	2.05	$\frac{6,8977.50 - 2,722}{2,072.55} = 2.05$
กระป๋องอบดินหมายเลข		B2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	141.02	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	126.44	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	14.58	= 141.02 – 126.44 = 14.58
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	35.85	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	90.59	= 126.44 – 35.85 = 90.59
ปริมาณของน้ำในดิน	%	16.09	$= \frac{14.58}{90.59} \times 100 = 16.09$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม^3	1.769	$= \frac{2.05}{1+(16.09/100)} = 1.769$

ตารางที่ 8.6 (ต่อ)แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 แบบแช่น้ำ

วันที่	เวลา	โมลหมายเลข 1		
		ค่าจากมาตรวัด จำนวนช่อง	การบวมตัว	
			มม.	%
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	0 = จากการอ่าน	$= \frac{0}{100} = 0$	$= \frac{0}{11.37} = 0$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	116 = จากการอ่าน	$= \frac{0}{116} = 1.16$	$= \frac{1.16}{11.37} = 1.020$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	170= จากการอ่าน	$= \frac{0}{170} = 1.70$	$= \frac{1.70}{11.37} = 1.495$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	208= จากการอ่าน	$= \frac{0}{208} = 2.08$	$= \frac{2.08}{11.37} = 1.829$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	228.8= จากการอ่าน	$= \frac{0}{228.8} = 2.29$	$= \frac{2.29}{11.37} = 2.014$

ตารางที่ 8.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 ของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข	1		
ระยะจม (นิ้ว)	ค่าจากมาตรวัด	น้ำหนักกด (ปอนด์)	หน่วยแรงกด(ปอนด์/นิ้ว^2)
0	0 = จากการอ่าน	0.0 = จากการอ่าน	$= \frac{0.0}{3\text{นิ้ว}^2} = 0.0$
0.025	44 = จากการอ่าน	82.9 = จากการอ่าน	$= \frac{82.90}{3\text{นิ้ว}^2} = 27.62$
0.050	85 = จากการอ่าน	160.1 = จากการอ่าน	$= \frac{160.10}{3\text{นิ้ว}^2} = 53.35$
0.075	125 = จากการอ่าน	235.4 = จากการอ่าน	$= \frac{235.4}{3\text{นิ้ว}^2} = 78.46$
0.100	157 = จากการอ่าน	295.6 = จากการอ่าน	$= \frac{295.6}{3\text{นิ้ว}^2} = 98.54$
0.125	187 = จากการอ่าน	352.1 = จากการอ่าน	$= \frac{352.1}{3\text{นิ้ว}^2} = 117.37$
0.150	220 = จากการอ่าน	414.3 = จากการอ่าน	$= \frac{414.3}{3\text{นิ้ว}^2} = 138.09$
0.175	253 = จากการอ่าน	476.4 = จากการอ่าน	$= \frac{476.4}{3\text{นิ้ว}^2} = 158.80$
0.200	280 = จากการอ่าน	527.2 = จากการอ่าน	$= \frac{527.2}{3\text{นิ้ว}^2} = 175.75$
0.225	312 = จากการอ่าน	587.5 = จากการอ่าน	$= \frac{587.5}{3\text{นิ้ว}^2} = 195.83$
0.250	338 = จากการอ่าน	636.5 = จากการอ่าน	$= \frac{636.5}{3\text{นิ้ว}^2} = 212.15$
0.275	370 = จากการอ่าน	696.7 = จากการอ่าน	$= \frac{696.7}{3\text{นิ้ว}^2} = 232.24$
0.300	396 = จากการอ่าน	745.7 = จากการอ่าน	$= \frac{745.7}{3\text{นิ้ว}^2} = 248.56$
0.350	443 = จากการอ่าน	834.2 = จากการอ่าน	$= \frac{834.2}{3\text{นิ้ว}^2} = 278.06$

ตารางที่ 8.7 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 ของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข	1		
ระยะจม (นิ้ว)	ค่าจากมาตรวัด	น้ำหนักกด (ปอนด์)	หน่วยแรงกด(ปอนด์/นิ้ว^2)
0.400	473 = จากการอ่าน	890.7 = จากการอ่าน	$= \frac{890.7}{3\text{นิ้ว}^2} = 296.89$

7) การคำนวณหาค่า C.B.R. จากผลการทดลองใน ข้อ 8.3.9 (ตารางที่ 8.3, ตารางที่ 8.4 และรูปกราฟที่ 8.8) อ่านค่าจากกราฟรูปที่ 8.8 ที่ระยะจม 0.10 นิ้ว และ 0.20 นิ้ว ได้ค่าดังนี้

7.1) ที่ระยะ 0.10 นิ้วเท่ากับ 100 ปอนด์/นิ้ว^2

7.2) ที่ระยะ 0.20 นิ้วเท่ากับ 175 ปอนด์/นิ้ว^2

$$\text{จากสมการที่ 8.4 C.B.R.} = \frac{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดจากการทดลอง}}{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดมาตรฐาน}} \times 100$$

$$\text{C.B.R. ที่ 0.10 นิ้ว} = \frac{100}{1{,}000} \times 100$$

$$\text{C.B.R.} = 10.00\ \%$$

$$\text{C.B.R. ที่ 0.20 นิ้ว} = \frac{175}{1{,}500} \times 100$$

$$\text{C.B.R.} = 11.66\ \%$$

แบบทดสอบที่ 8 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 8 เรื่อง การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดถูกที่สุด การทดลอง C.B.R.หมายถึง
   ก. เป็นการหาค่าของดินที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นเปอร์เซ็นต์
   ข. เป็นการทดลองเพื่อหากำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัดแล้ว
   ค. เป็นการหาค่ากำลังของดินที่บดอัดแบบมาตรฐานและสูงกว่ามาตรฐาน
   ง. เป็นการหาค่าของดินที่บดอัดแบบแช่น้ำและไม่แช่น้ำ
2. แท่งโลหะที่ใช้กดทดสอบ C.B.R. มีพื้นที่หน้าตัดเท่าใด
   ก. 3 นิ้ว^2
   ข. 19 นิ้ว^2
   ค. 3 ซม^2
   ง. 19 ซม^2
3. งานวัสดุชั้นคันทาง ค่าของ C.B.R. ที่เหมาะสมจะอยู่ประมาณที่เท่าใด
   ก. 0 – 3 %
   ข. 3 – 7 %
   ค. 7 – 10 %
   ง. 10 – 20 %
4. น้ำหนักมาตรฐานที่ใช้กดตัวอย่างดินของการทดลอง C.B.R. ที่ระยะจม 2.54 มม.คือข้อใด
   ก. 1,360.8 กก.
   ข. 2,041.2 กก.
   ค. 3,000 กก.
   ง. 4,500 กก.
5. ดินที่ผ่านการทดสอบได้ค่า ความหนาแน่นเปียกเท่ากับ 2,310 กก/ม^3 และปริมาณความชื้น 10% จงหาว่าความหนาแน่นแห้งของดินมีค่าเท่าใด
   ก. 2,300 กก/ม^3
   ข. 2309.90 กก/ม^3
   ค. 2,100 กก/ม^3
   ง. 231 กก/ม^3

6. ระยะยกค้อนกระทุ้งดินขนาด 5.5 ปอนด์ สำหรับการทดลอง C.B.R. จะยกสูงเท่าใด

ก. 12 นิ้ว

ข. 15 นิ้ว

ค. 18 นิ้ว

ง. 24 นิ้ว

7. การทดลอง C.B.R. แบบแช่น้ำ จะต้องแช่น้ำกี่วัน

ก. 2 วัน

ข. 3 วัน

ค. 4 วัน

ง. 5 วัน

8. การทดลอง C.B.R. สามารถนำไปใช้กับการก่อสร้างในส่วนใดของถนน

ก. ใช้กำหนดความยาวของเส้นทางถนน

ข. ใช้กำหนดความหนาของถนน

ค. ใช้กำหนดชนิดของดินที่ใช้ทำถนน

ง. ใช้กำหนดปริมาณน้ำที่ผสมกับดินที่ทำถนน

9. การบวมตัวของดินแบบแช่น้ำ การบวมตัวของดินไม่ควรมีค่าเกินกว่าเท่าใด

ก. 3 %

ข. 4 %.

ค. 5 %

ง. 6 %

10. ถ้าค่าหน่วยแรงต้านทานการกดมีค่าเท่ากับ 1,200 ที่ 0.20 นิ้ว จงหาค่า C.B.R.

ก. 120 %

ข. 80 %

ค. 60 %

ง. 1.66 %

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 การทดลอง C.B.R. สามารถหาได้ในสนามที่ก่อสร้างได้

…….2.2 ค่า C.B.R. คือ เปอร์เซ็นต์ความต้านทานของดินเทียบกับต้านทานของหินคลุกมาตรฐาน

…....2.3 น้ำหนักแผ่นเหล็กที่กดทับดิน ก่อนนำไปแช่น้ำไม่ควรต่ำกว่า 4.5 กก.

…….2.4 การเก็บตัวอย่างดินในโมลเพื่อนำไปอบ ควรเก็บที่ผิวด้านบน

…….2.5 พลังงานที่ใช้บดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานในโมล 4 นิ้วคือ 2,700 กก/ม^3

…….2.6 ถ้าค่าของ C.B.R. ที่ 0.2 นิ้ว มากกว่า 0.1 นิ้วให้ทำการทดลองใหม่

…….2.7 การบดอัดดินของ C.B.R. ต้องบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานเท่านั้น

……2.8 ควรทำการอ่านการบวมตัวของดินที่แช่น้ำที่ระยะทุก 1 นาที.

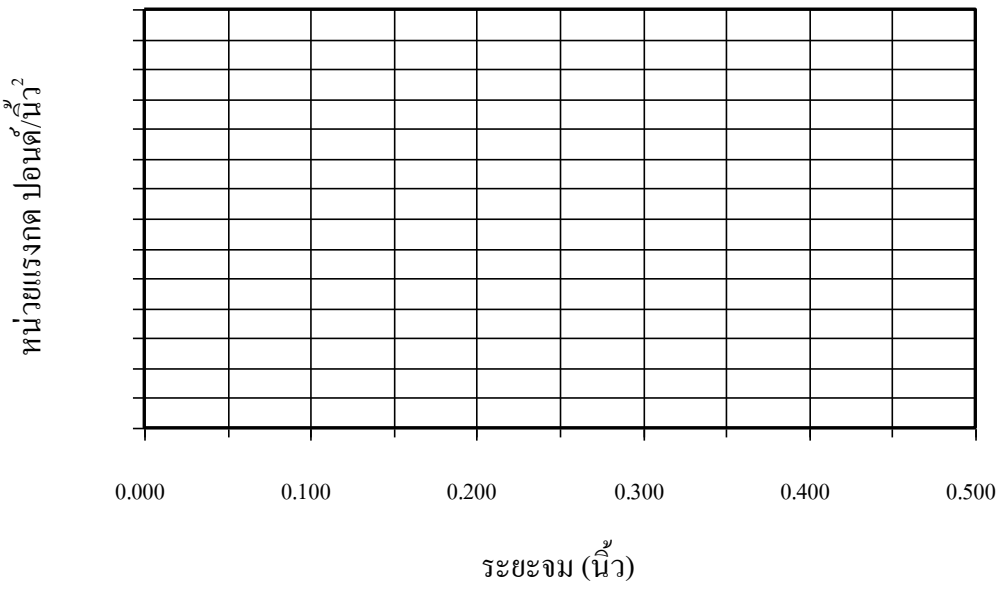
……2.9 การทดลองหาค่า C.B.R. นั้นจะนำไปเทียบกับดินมาตรฐานที่มีค่า 100 %

……2.10 การนำตัวอย่างไปแช่น้ำนั้น น้ำควรอยู่เพียงครึ่งหนึ่งของความสูงตัวอย่าง

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (California Bearing Ratio)

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยนำตัวอย่างดินจำนวน 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลอง C.B.R. โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้
   1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการทดลอง C.B.R.
   2) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 8.9 และ 8.10
   3) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ ในแต่ละตัวอย่าง
   4) คำนวณหาค่าคำนวณหาค่าความแน่นเปียก (Wet Density) ในแต่ละตัวอย่าง
   5) คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density) ในแต่ละตัวอย่าง
   6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจมลงในตารางที่ 8.8
   7) คำนวณหาค่า C.B.R. ที่การจม 0.10 นิ้วและที่การจม 0.20 นิ้ว
   8) เขียนรายงานการทดลอง C.B.R.
   9) เขียนรายงานข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลอง C.B.R.
   10) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะการทดลอง C.B.R.

ตารางที่ 8.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจม



ตารางที่ 8.9 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง C.B.R

รายการ		โมลหมายเลข	
จำนวนชั้น / จำนวนการตอกต่อชั้น			
ชนิดของตัวอย่าง		ไม่แช่น้ำ	แช่น้ำ
น้ำหนักดินชื้น + โมล	กรัม		
น้ำหนักโมล	กรัม		
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.		
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม.^{3}		
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม.^{3}		
กระป๋องอบดินหมายเลข			
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม		
น้ำหนักของน้ำ	กรัม		
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม		
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม		
ปริมาณของน้ำในดิน	%		
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}		

วันที่	เวลา	โมลหมายเลข 1		
		อ่านมาตรวัด	การบวมตัว	
			มม.	%

ตารางที่ 8.10 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข			
ระยะจม นิ้ว	ค่าจากมาตรวัด จำนวนช่อง	น้ำหนักกด ปอนด์	หน่วยแรงกด ปอนด์/นิ้ว^2
0			
0.025			
0.050			
0.075			
0.100			
0.125			
0.150			
0.175			
0.200			
0.225			
0.250			
0.275			
0.300			
0.350			
0.400			

Proving Right Constant : ……. lb/div

หน่วยที่ 9

การทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)

[1]

[1]

[1] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

หน่วยที่ 9

การทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)

หัวข้อเรื่อง

9.1 ความหมายความหนาแน่นของดินในสนาม
9.2 ขอบข่ายการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย
9.3 ใบงานขั้นการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย
9.4 การคำนวณการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย

สาระสำคัญ

การก่อสร้างถนน, สนามบิน, เขื่อนดิน, พื้นที่โรงงานหรืองานอื่นๆ จะต้องบดอัดดินให้แน่นด้วยเครื่องมือต่างๆ ตามชนิดและประเภทของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง หลังจากบดอัดได้ที่แล้วก็จะต้องมีการตรวจสอบผลของการบดอัดนั้นว่ามีความแน่นสามารถรับน้ำหนักได้ตามข้อกำหนดที่ได้ออกแบบคำนวณไว้หรือไม่ เช่น งานชั้นรองพื้นทาง, ชั้นพื้นทาง จะต้องบดอัดให้ได้ 100% วิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ (Modified) ตามมาตรฐานของ AASHO งานชั้นดินเดิม และดินถมจะต้องบดอัดให้ได้ 95% Modified AASHO การบดอัดนี้จะต้องมีการควบคุมความชื้นในดินและพลังงานที่จะใช้ในการบดอัดให้พอเพียงและประหยัด ถ้าจำนวนเที่ยวที่บดอัดมากเกินไปก็จะสิ้นเปลืองทั้งค่าแรงงานและค่าน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ถ้าบดอัดน้อยไปก็จะไม่ได้ความแน่นที่ต้องการ จะต้องกลับมาทำงานซ้ำอีก

การทดลองหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม โดยการขุดหลุมบริเวณบดอัดซึ่งน้ำหนักดินที่ขุดออกมาแล้วหารด้วยปริมาตรหลุม ก็จะได้ความหนาแน่นของดินในสนาม การทดลองนี้เป็นการทดลองหาปริมาตรของหลุมโดยใช้ทราย (Sand Cone Method) ซึ่งแบ่งขั้นตอนการแทนที่หลุมด้วยทราย ขั้นตอนการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การบันทึกข้อมูล การคำนวณหาความหนาแน่นของดิน เปอร์เซ็นต์การบดอัดดินขึ้นเพื่อจะได้ฐานดินที่มีความแน่นสูง รับน้ำหนักได้มาก เรียกว่าวิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการหาความหนาแน่นแห้งและเปอร์เซ็นต์การบดอัดของดินในสนาม เปรียบเทียบกับความหนาแน่นสูงสุดการบดอัดดินที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายของความหนาแน่นของดินในสนามได้
2. บอกขอบข่ายการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนามได้
3. ทดลองตามขั้นตอนและใช้เครื่องมือได้ บันทึกผลการทดลองได้
4. คำนวณหาค่าความหนาแน่นของดินในสนามได้

บทนำ

การทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของดินในสนาม คือ การหาค่าความหนาแน่นเปียกและปริมาณความชื้นเปียก ในบริเวณที่บดอัดด้วยเครื่องจักรเสร็จเรียบร้อยแล้วนำมาหาค่าความหนาแน่นแห้งเปรียบเทียบกับ ความหนาแน่นแห้งที่ของดินที่ได้จากในห้องปฏิบัติการในรูปของเปอร์เซ็นต์การบดอัดหรือค่าบดอัดสัมพัทธ์ เกณฑ์ในการกำหนดร้อยละของความหนาแน่นของมวลดินที่ทำการบดอัดดินในสนาม ซึ่งเรียกว่า ความหนาแน่นสัมพันธ์เป็นค่าจากการเปรียบเทียบความหนาแน่นแห้งของดินในสนามกับค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดในห้องปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ

$$\text{ความหนาแน่นสัมพันธ์} = \frac{\text{ความหนาแน่นแห้งในสนาม}}{\text{ความหนาแน่นสูงสุดในห้องปฏิบัติการ}} \times 100\% \quad \text{.....(9.1)}$$

9.1 การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม

ในการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม จะมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

1. Sand Cone Method วิธีนี้อาศัยทรายช่วยในการหาปริมาตรของหลุมโดยทรายที่ใช้คือทรายอ๊อตตาวา (Ottawa Sand) ซึ่งขนาดของเม็ดทรายจะมีลักษณะกลมและมีขนาดเท่า ๆ กัน หรือจะใช้ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30 ก็ได้ เพื่อที่จะให้ผลของความหนาแน่นที่เท่ากันโดยตลอด และไม่เกิดการแยกตัวของเม็ดหยาบและเม็ดเล็ก ขณะทำการทดสอบ

2. Rubber Balloon Method วิธีนี้ใช้น้ำช่วยในการหาปริมาตรของหลุม ซึ่งสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีแรก ในการทดสอบต้องอาศัยลมจากลูกบอลบีบอัดลงไปตรงส่วนบนของผิวน้ำใน

หลอดแก้วของเครื่องมือเพื่อทำให้น้ำในหลอดแก้วถูกดันออกไปในลูกโป่งยาง และไหลลงไปในหลุมทดสอบที่ขุดเอาไว้ใต้แผ่นรอง ลมที่อัดลงไปนี้มีส่วนช่วยให้น้ำในลูกโป่งยางอัดแนบสนิทกับก้นหลุม ทำให้ได้ค่าปริมาตรของหลุมที่ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น ทั้งสองวิธีนี้ต่างก็อาศัยหลักอันเดียวกัน คือ ขั้นแรกจะต้องขุดดินบริเวณที่จะทำการทดสอบให้เป็นหลุมเล็ก ๆ และนำดินที่ขุดออกมาทั้งหมดไปชั่งหาน้ำหนัก หาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และหาปริมาตรของหลุมที่ขุดดินออกมาเพื่อที่จะให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องเหมาะสมตามความต้องการปริมาตรของหลุมที่เจาะทดลองและตัวอย่างดินที่เก็บไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จะต้องขึ้นอยู่กับขนาดใหญ่สุดของเม็ดดินดังนี้

ตารางที่ 9.1 แสดงปริมาณดินที่เก็บไปหาปริมาณความชื้นต่อขนาดเม็ดดินและปริมาตรของหลุม[2]

ขนาดใหญ่ที่สุดของเม็ดดิน	ปริมาตรของหลุมอย่างน้อย (ฟ^3.)	น้ำหนักของดินอย่างน้อย (กรัม)
No. 4	0.025	100
½ นิ้ว	0.050	250
1 นิ้ว	0.075	500
2 นิ้ว	0.100	1,000

3. Nuclear Method วิธีนิวเคลียร์ เป็นการหาค่าความหนาแน่นของดินและปริมาณความชื้นของดินบดอัดแน่น หาความหนาแน่นเปียกของดิน โดยใช้รังสีแกมม่า (Gamma Ray) ส่งผ่านดินที่ต้องการ ก่อนที่จะไปเข้าเครื่องรับรังสี ถ้ารังสีสะท้อนกลับไปเครื่องรับมาก แสดงว่าดินมีความหนาแน่นสูง ส่วนการหาปริมาณความชื้นโดยใช้นิวตรอน (Newtron) ส่งผ่านเข้าไปในดินและสะท้อนไปยังเครื่องรับ อนุภาคของนิวตรอนจะไปชนกับอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำ ถ้านิวตรอนสะท้อนกลับเข้าเครื่องรับช้าแสดงว่าปริมาณน้ำในมวลดินมีมาก วิธีนี้จะสะดวกและรวดเร็วให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

การเลือกใช้เครื่องมือทั้งการบดอัดที่ถูกต้องเหมาะสม จะทำการบดอัดดินเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 9.2

[2] สำราญ ยอดอุปภัมภ์. ปฐพีกลศาสตร์ภาคการทดลอง. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. หน้า 141.

ตารางที่ 9.2 แสดงเครื่องมือและวิธีการบดอัด[3]

ชนิดของเครื่องมือ	การประยุกต์ใช้	ความหนาแน่นสูงสุด 95 ถึง 100% ด้วยวิธีมาตรฐาน			ความแปรปรวนของเครื่องมือ
		ความหนาในการบดอัด	จำนวนเที่ยวในการบดอัด	มิติและน้ำหนักของเครื่องมือ	
เครื่องบดอัดชนิดแผ่นสั่นสะเทือน	สำหรับดินเม็ดหยาบที่มีเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 12% โดยเกลี่ยให้มีความชื้นสม่ำเสมอ	8 นิ้ว ถึง 10 นิ้ว	3 เที่ยว	แผ่นบดอัดมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 200 ปอนด์ หรืออาจใช้เครื่องจักรถ้ามีพื้นที่บดอัดเพียงพอสำหรับมวลเม็ดหยาบ สะอาดความถี่ในการบดอัดไม่ควรน้อยกว่า 1,600 รอบต่อนาที	อาจเป็นสามเกลอหรือกบกระโดดที่มีความกว้าง 1.5 ฟุต - 12 ฟุต แต่ในพื้นที่กว้างควรใช้รถบด
รถแทรกเตอร์	ใช้ได้ดีในดินเม็ดหยาบที่มีเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 4 ถึง 8% โดยเกลี่ยให้มีความชื้นสม่ำเสมอ	10 นิ้ว ถึง 12 นิ้ว	3 ถึง 4 เที่ยว	ขนาดต้องไม่น้อยกว่า D8 พร้อมใบมีด น้ำหนัก 34,500 ปอนด์ สำหรับการบดอัดที่ต้องการความหนาแน่นสูง	รถแทรกเตอร์น้ำหนักถึง 60,000 ปอนด์

[3] สินชัย อินทพิชัย, พานิช วุฒิพฤกษ์. ปฐพีกลศาสตร์ขั้นสูง. 2547. หน้า 198.

ตารางที่ 9.2 (ต่อ) แสดงเครื่องมือและวิธีการบดอัด

ชนิดของเครื่องมือ	การประยุกต์ใช้	ความหนาแน่นสูงสุด 95 ถึง 100% ด้วยวิธีมาตรฐาน			ความแปรปรวนของเครื่องมือ
		ความหนาในการบดอัด	จำนวนเที่ยวในการบดอัด	มิติและน้ำหนักของเครื่องมือ	
เครื่องมือกระทุ้ง	ทางเข้าถึงยาก เป็นร่องแคบ เหมาะสำหรับดินอนินทรีย์	4 ถึง 6 นิ้ว สำหรับดินตะกอนทรายดินเหนียว 6 นิ้ว สำหรับดินเม็ดหยาบ	2 เที่ยว	น้ำหนักต่ำสุด 30 ปอนด์ พิจารณาช่วงคลาดเคลื่อนขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ และเงื่อนไขในการบดอัด	น้ำหนักถึง 250 ปอนด์ ขนาดกว้าง 4 นิ้ว ถึง 10 นิ้ว

ซึ่งแต่ละวิธีก็เหมาะสมกับชนิดของงานในแต่ละงาน ซึ่งในหน่วยที่ 9 นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีที่นิยมกันแพร่หลายคือวิธีกรวยทรายเท่านั้น

9.2 ขอบข่ายในการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนามโดยใช้ทราย

การทดลองนี้เป็นการใช้ทรายแทนที่ปริมาตรในหลุม เพื่อหาความหนาแน่นของดินในสนามของวัสดุที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 2 นิ้ว โดยทรายที่จะแทนที่ในหลุม ด้วยการใช้ทรายอ๊อตตาวา หรือทรายแม่น้ำที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 แต่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 30 แทนก็ได้

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

ASTM D 1556 – 00 Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method

9.2 ใบงานขั้นการทดลองการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

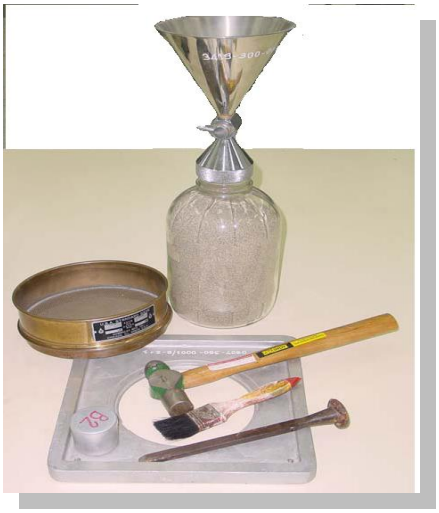
9.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนามได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาความหนาแน่นของดินในสนามได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนามได้
4) สามารถคำนวณหาค่าความหนาแน่นของดินในสนามได้

9.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) ขวดแก้วขนาดจุ 1 แกลลอนพร้อมด้วยกรวยและแผ่นรอง
2) แผ่นฐานรอง ขนาดประมาณ 12 นิ้ว x 12 นิ้ว มีขอบกันดินรอบด้าน
3) ทรายสำหรับหาปริมาตรหลุมคือ ทรายอ๊อตตาวา เป็นทรายที่มีขนาดเท่าๆกันหรือ ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 30
4) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.10 กรัม ถึง 10 กิโลกรัม
5) สิ่วเจาะดิน ค้อน ช้อนตักดิน แปรงทาสีใช้ปัดดิน กระป๋องใส่ดิน
6) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส
7) กระป๋องใส่ตัวอย่างดิน
8) ถาดใส่ดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 9.1 แสดงขวดแก้ว,กรวยและฐานรอง **รูปที่ 9.2** แสดงสิ่วเจาะดิน, ค้อน, แปรง,กระป๋องใส่ดิน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รูปที่ 9.3 แสดงเครื่องชั่งดิน 0.10 กรัมถึง 10 กิโลกรัม **รูปที่ 9.4** แสดงถาดใส่ดิน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 9.5 แสดงทรายอ๊อดตาวา

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

9.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ทรายสำหรับหาปริมาตรหลุมคือ ทรายอ๊อดตาวา เป็นทรายที่มีขนาดเท่าๆกันหรือทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 30

9.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 9.3 ก. การหาน้ำหนักทรายเต็มกรวย
2) ตารางที่ 9.3 ข. การหาความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ
3) ตารางที่ 9.3 ค. ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

9.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1.1 การหาน้ำหนักของทรายในกรวย

1) ชั่งขวดที่มีทรายบรรจุอยู่
2) วางเครื่องมือลักษณะหัวลงบนพื้นราบและเปิดลิ้นปล่อยให้ทรายไหล ระวังอย่าให้เกิดการสั่นสะเทือน
3) ปิดลิ้นทันทีเมื่อทรายหยุดไหล ชั่งน้ำหนักของเครื่องมือและทรายที่เหลือในขวด ก็จะทราบน้ำหนักของทรายที่มีปริมาตรเท่ากรวย
4) ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยมาเพื่อใช้ในการทดลองในสนามต่อไป

1.2 การหาความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ

1) นำโมลทดสอบการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานมาประกอบเข้ากับฐานแล้วชั่งน้ำหนัก ซึ่งจะได้น้ำหนักโมล
2) นำขวดใส่ทรายประมาณค่อนขวดพร้อมทั้งกรวยมาวางบนโมลให้ได้ระดับที่สม่ำเสมอแล้ว เปิดวาล์วปล่อยให้ทรายไหลตกอย่างอิสระโดยพยายามอย่าให้เกิดการสั่นสะเทือน เมื่อแน่ใจว่าทรายหยุดไหลแล้วทำการปิดวาล์ว หงายกรวยทรายขึ้นวางไว้ ใช้มีดเหล็กสันตรงหรือแผ่นเหล็กปาดทรายที่ล้นบนขอบโมลให้เสมอกับขอบโมลและใช้แปรงขนอ่อนค่อยๆปัดทรายออกจากฐานโมลให้สะอาดแล้วนำไปชั่งจะได้น้ำหนักทรายรวมกับโมลเมื่อหักน้ำหนักโมลออกก็จะได้น้ำหนักทรายที่อยู่ในโมล
3) ใช้เวอร์เนียร์หรือไม้บรรทัดวัดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงโมลเพื่อหาปริมาตร
4) ทำการทดสอบแบบเดียวกันนี้ 2 – 3 ครั้งเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ถูกต้องที่สุดแล้วนำค่าน้ำหนักทรายในโมลและปริมาตรของโมลไปหาค่าความหนาแน่นของทราย

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

1.3 การทดลองหาความแน่นของดินในสนาม

1) ปรับพื้นผิวทดลองให้เรียบและได้ระดับ จากนั้นก็วางแผ่นฐานให้สนิทกับพื้นดิน แล้วตอกตะปูยึดแผ่นฐานให้แน่น ปัดฝุ่นที่ผิวดินและที่แผ่นฐานออกให้หมด

2) ใช้สกัด เจาะดินบริเวณตรงกลางแผ่นฐานรองให้มีความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร และก้นหลุมที่เจาะจะต้องมีขนาดเท่ากับปากหลุมเจาะ ดินที่ขุดจากหลุมจะต้องเก็บให้หมดโดยใช้ช้อนเล็กตัก ในกรณีเหลือดินน้อยๆให้ใช้แปรงทาสีปัดเศษดินที่อยู่ในหลุมให้เรียบร้อย

3) นำดินที่ได้จากการขุดมาชั่งและจดบันทึกค่าไว้หลังจากนั้นนำดินส่วนหนึ่งที่ขุดได้ไปชั่งเสร็จแล้วนำไปเข้าเตาอบเพื่อหาค่าปริมาณความชื้น

4) ทำการคว่ำขวดทรายที่เตรียมไว้แล้วลงบนปากหลุมโดยให้กรวยทรายพอดีกับแผ่นฐานรองแล้วเปิดวาล์วระวังอย่าให้เกิดการกระทบกระเทือนในขณะปล่อยทรายลงหลุมเพราะจะทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

5) สังเกตว่าเมื่อทรายที่ปล่อยลงหลุมหยุดไหลแล้ว ก็ทำการปิดวาล์วแล้วนำทรายที่เหลืออยู่ในขวดไปชั่งน้ำหนักพร้อมกับกรวยทรายและจดบันทึกค่าไว้

6) นำทรายที่อยู่ในหลุมใส่ลงในขวดตามเดิมโดยพยามอย่าให้มีดินที่อยู่ในก้นหลุม ติดทรายขึ้นมาด้วย เพราะว่าทรายที่เก็บขึ้นมาจะต้องทดสอบในหลุมอื่นๆ อีกต่อไป

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วย การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 9.6 แสดงการวางแผ่นฐานและตอกตะปูที่มุม

รูปที่ 9.7 แสดงการสกัดดินตรงกลางแผ่นฐานรอง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

รูปที่ 9.8 แสดงความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร

รูปที่ 9.9 แสดงการคว่ำขวดทรายลงบนปากหลุม

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วยการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

9.3.6 การรายงาน

1) ให้รายงานชื่อของโครงการ, ที่ตั้งของโครงการ, ชั้นของวัสดุ, ชนิดของวัสดุ,ตำแหน่งที่ทดลอง, ผู้ที่ทำการทดลอง, วันเวลาที่ทดลอง, ความแน่นของทรายที่หาได้, ความหมายของชั้นต่างๆ ตามสัญญาและความหนาจริงในการก่อสร้าง
2) ปริมาณความชื้นในมวลดิน คิดเป็นร้อยละ
3) ค่าความหนาแน่นแห้งของดิน
4) เปอร์เซ็นต์การบดอัด

9.3.7 ข้อควรระวัง

1) ก่อนทำการทดลองจะต้องตรวจสอบหาค่าคงที่ของเครื่องมืออุปกรณ์และทรายที่ใช้ในการทดลองก่อน
2) ระหว่างการปล่อยให้ทรายในขวดไหลลงสู่กรวยอย่างอิสระ ต้องไม่ให้มีการสั่นหรือกระแทกในบริเวณใกล้ ๆ ขวด
3) แผ่นฐานที่วางบนพื้นทดสอบต้องไม่ให้เคลื่อนตัวได้
4) ต้องปิดวาล์วก่อนคว่ำขวดทรายทุกครั้ง
5) ในขณะที่เคลื่อนย้ายเครื่องมือ ให้อุ้มขวดโดยตรงหรือทำที่หิ้วขวด เพราะกรวยมักจะขาดตรงบริเวณวาล์วถ้าจับหิ้วที่กรวย
6) ทรายที่ให้ทดสอบต้องสะอาดและแห้ง

9.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

1) การหาความหนาแน่นของดินในสนาม โดยวิธีกรวยทราย เป็นการหาความหนาแน่นของดินกล่าวคือ การหาน้ำหนักของดินในบริเวณที่บดอัดด้วยเครื่องมือหรือเครื่องจักรกลเรียบร้อยแล้วหารด้วยปริมาตรของหลุมที่ขุดดินออกมา

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วยการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) การที่จะหาปริมาตรของหลุมที่กล่าวนี้ จำเป็นจะต้องวัดหรือใช้วัสดุ ที่ทราบความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะที่แน่นอนแล้วไปแทนที่ในหลุมที่ขุดลูกรังขึ้นมา คือ วิธีการใช้ทรายช่วยในการหาปริมาตร ของหลุม ทรายที่นิยมใช้คือ ทรายอ๊อตตาวาซึ่งมีเม็ดของทราย กลมและขนาดเท่ากันเพื่อให้ได้ความหนาแน่นที่เท่ากันโดยตลอด และไม่เกิดการแยกตัวของเม็ดหยาบและเม็ดเล็ก ขณะทำการทดลอง โดยนำผลในสนามมาคิดเทียบเป็นร้อยละกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

9.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง

ตารางที่ 9.3 ก. แสดงตัวอย่างตารางหาน้ำหนักทรายเต็มกรวย

ครั้งที่	1	2	3
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำ กรัม	7,300.00	6,010.00	4,720.00
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำ กรัม	6,010.00	4,720.00	3,430.00
น้ำหนักของทรายในกรวย กรัม	1,290	1,290	1,290
เฉลี่ยน้ำหนักทรายเต็มกรวย กรัม	1,290		

ตารางที่ 9.3 ข. แสดงตัวอย่างตารางความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ครั้งที่	1	2	3
ปริมาตรโมล ซม.^{3}	2,121.56	2,121.56	2,121.56
น้ำหนักทรายในโมล กรัม	1,375.00	1,368.70	1,360.00
ความหนาแน่นทราย กรัม/ซม.^{3}	1.54	1.55	1.56
เฉลี่ยความหนาแน่น กรัม/ซม^3	1.55		

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 10	หน่วยที่ 9
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 11
ชื่อหน่วยการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม	ชื่องาน การหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 9.3 ค. แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง

กระป๋องอบดินหมายเลข		1	2	3	4
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	179.02	179.55	173.55	172.59
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	167.88	168.79	163.12	163.12
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.12	30.08	29.94	29.87
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	11.14	10.76	10.43	9.47
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	137.76	138.71	133.18	133.25
ปริมาณของน้ำในดิน	%	8.09	7.76	7.83	7.11
น้ำหนักถาด + ดินชื้น	กรัม	2,942.50	2,918.70	2,985.30	2,963.10
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	700.00	700.00	700.00
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.55	1.55	1.55	1.55
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,700.00	6,685.50	6,672.40	6,654.90
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,458.70	3,469.80	3,413.00	3,412.70
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	1,290.00	1,290.00	1,291.00
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,951.30	1,925.70	1,969.40	1,951.20
ปริมาตรของหลุม	ซม.^{3}	1,258.90	1,242.39	1,270.58	1,258.84
ความหนาแน่นขอดินชื้น	กรัม/ซม.^{3}	1.781	1.786	1.799	1.798
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.648	1.657	1.668	1.678
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	96.94	97.49	98.12	98.73

9.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองการหาความหนาแน่นของดิน

1) คำนวณหาค่าความหนาแน่นของทราย

$$\gamma_{Sand} = \frac{W_{Sand}}{V} \quad \text{.....(9.2)}$$

เมื่อ γ_{Sand} = ความหนาแน่นของทรายมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ลบ.ซม.)

W_{Sand} = น้ำหนักของทรายเต็มขวดมีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของขวดมีหน่วยเป็น(ลบ.ซม.)

2) คำนวณหาน้ำหนักของทรายในหลุม

2.1) น้ำหนักของทรายในกรวย

$$W_3 = W_1 - W_2 \quad \text{.....(9.3)}$$

เมื่อ W_3 = น้ำหนักของทรายเต็มกรวยมีหน่วยเป็นกรัม

W_1 = น้ำหนักของทรายในขวด+น้ำหนักกรวยมีหน่วยเป็นกรัม

W_2 = น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยหลังจากการทดลองมีหน่วยเป็นกรัม

2.2) น้ำหนักของทรายในกรวยและทรายในหลุม

$$W_4 = W_5 - W_6 \quad \text{.....(9.4)}$$

W_2 = น้ำหนักของทรายในหลุมและในกรวยมีหน่วยเป็นกรัม

W_5 = น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยก่อนการทดลองมีหน่วยเป็นกรัม

W_6 = น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยหลังการทดลองมีหน่วยเป็นกรัม

2.3) คำนวณหาน้ำหนักของทรายในหลุม

$$W_7 = W_4 - W_3 \quad \text{.....(9.5)}$$

W_7 = น้ำหนักของทรายในหลุมมีหน่วยเป็นกรัม

W_4 = น้ำหนักของทรายในขวดและน้ำหนักกรวยมีหน่วยเป็นกรัม

W_3 = น้ำหนักของทรายเต็มกรวยมีหน่วยเป็นกรัม

3) ปริมาตรของหลุม

ปริมาตรของหลุม (V_1)

$$V_1 = = \frac{W_7}{\gamma_{Sand}} \quad \text{.....(9.6)}$$

V_1 = ปริมาตรของหลุมที่ขุดดินขึ้นมามีหน่วยเป็น ซม.^{3}

W_7 = น้ำหนักของทรายในหลุมมีหน่วยเป็นกรัม

γ_{Sand} = ความหนาแน่นของทรายที่ใช้ทดลองมีหน่วยเป็นกรัมต่อ ซม.^{3}

4) ความหนาแน่นของดินชื้น (γ_{wet})

$$\gamma_{wet} = \frac{W_{wet}}{V} \quad \text{.....(9.7)}$$

γ_{wet} = ความหนาแน่นของดินชื้น

W_{wet} = น้ำหนักของดินชื้นที่ขุดจากหลุมมีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของหลุมมีหน่วยเป็น ซม.^{3}

5) ความหนาแน่นของดินแห้ง (γ_{dry})

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1 + \frac{\omega}{100}} \quad \text{.....(9.8)}$$

γ_{dry} = ความหนาแน่นของดินแห้งมีหน่วยเป็นกรัม./ซม.^{3}

γ_{wet} = ความหนาแน่นของดินเปียกมีหน่วยเป็นกรัม./ซม.^{3}

ω = ปริมาณความชื้นของดินมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

6) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองความหนาแน่นของดิน

ตารางที่ 9.4 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นทรายตัวอย่างที่ 1

ครั้งที่		1	จากการบันทึกข้อมูล
ปริมาตรโมล	ซม.^{3}	2,121.56	จากการวัดขนาด
น้ำหนักทรายในโมล	กรัม	1,375.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.54	$=\frac{1,375}{2,121.56}=1.54$
เฉลี่ยความหนาแน่น	กรัม/ซม.^{3}	1.54	

ตารางที่ 9.5 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นทรายตัวอย่างที่ 2

ครั้งที่		2	จากการบันทึกข้อมูล
ปริมาตรโมล	ซม.^{3}	2,121.56	จากการวัดขนาด
น้ำหนักทรายในโมล	กรัม	1,368.70	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.55	$=\frac{1,368.50}{2,121.56}=1.55$
เฉลี่ยความหนาแน่น	กรัม/ซม.^{3}	$=\frac{1.54+1.55}{2}=1.545$	

ตารางที่ 9.6 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นทรายตัวอย่างที่ 3

ครั้งที่		3	จากการบันทึกข้อมูล
ปริมาตรโมล	ซม.^{3}	2,121.56	จากการวัดขนาด
น้ำหนักทรายในโมล	กรัม	1,360.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.56	$=\frac{1,360}{2,121.56}=1.56$
เฉลี่ยความหนาแน่น	กรัม/ซม.^{3}	$\frac{1.54+1.55+1.56}{3}$ 1.55	

ตารางที่ 9.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 1

กระป๋องอบดินหมายเลข		1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	179.02	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	167.88	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.12	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	11.14	= 179.02 – 167.88 = 11.14
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	137.76	= 167.88 – 30.12 = 137.76
ปริมาณของน้ำในดิน	%	8.09	$= \frac{11.14}{137.76} \times 100 = 8.09$
น้ำหนักถาด + ดินชื้น	กรัม	2,942.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,458.70	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	(กรัม)	1,951.30	=6,700 – 3,458.70 -1,290 = 1,951.30
ปริมาตรของหลุม	(ซม.^{3})	1,258.90	$= \frac{1,951.3}{1.55} = 1,258.90$
ความหนาแน่นของดินชื้น	กรัม/ซม.^{3}	1.781	$= \frac{2,945.50 - 700}{1,258.90} = 1.781$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.648	$= \frac{1.78}{1 + \frac{8.09}{100}} = 1.648$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	96.94	$= \frac{1.648}{1.70} \text{x} 100 = 96.64\%$

ความหนาแน่นแห้งสูงสุดในห้องทดลอง (γ_d) = 1.70 กรัม/ซม.^{3}

ตารางที่ 9.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 2

กระป๋องอบดินหมายเลข		2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	179.55	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	168.79	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	30.08	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	10.76	= 179.55 – 1168.79 = 10.76
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	138.71	= 168.79 – 30.08 = 10.76
ปริมาณของน้ำในดิน	%	7.76	$= \frac{10.76}{138.71} \times 100 = 7.76$
น้ำหนักถาด + ดินชื้น	กรัม	2,918.70	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,685.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,469.80	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,925.70	= 6,685.50-3,469.80-1,290=1,925.70
ปริมาตรของหลุม	ซม.^{3}	1,242.39	$= \frac{1,925.70}{1.55} = 1,242.39$
ความหนาแน่นของดินชื้น	กรัม/ซม.^{3}	1.786	$= \frac{2,918.70 - 700}{1,242.39} = 1.786$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.657	$= \frac{1.786}{1 + \frac{7.76}{100}} = 1.657$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	97.49	$= \frac{1.657}{1.70} \text{x} 100 = 97.49\%$

ตารางที่ 9.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 3

กระป๋องอบดินหมายเลข		3	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	173.55	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	163.12	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	29.94	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	10.43	= 173.55 – 163.12 = 10.43
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	133.18	= 163.12 – 29.94 = 133.18
ปริมาณของน้ำในดิน	%	7.83	$= \frac{10.43}{133.18} \times 100 = 7.83$
น้ำหนักถาด + ดินชื้น	กรัม	2,985.30	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,672.40	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,413.00	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,969.40	=6,672.40 – 3,413 -1,290 = 1,969.40
ปริมาตรของหลุม	ซม.^{3}	1,270.58	$= \frac{1,969.40}{1.55} = 1,270.58$
ความหนาแน่นของดินชื้น	กรัม/ซม.^{3}	1.799	$= \frac{2,0985.30 - 700}{1,2270.58} = 1.799$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.668	$= \frac{1.799}{1 + \frac{7.83}{100}} = 1.668$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	98.12	$= \frac{1.668}{1.70} \text{x} 100 = 98.12\%$

ตารางที่ 9.10 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความหนาแน่นดินตัวอย่างที่ 4

กระป๋องอบดินหมายเลข		4	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม	172.59	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	163.12	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม	29.87	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	9.47	= 172.59 – 163.12 = 9.47
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	133.25	= 163.12 – 29.87 = 133.25
ปริมาณของน้ำในดิน	%	7.11	$= \frac{9.47}{133.25} \times 100 = 7.11$
น้ำหนักถาด + ดินชื้น	กรัม	2,963.10	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักถาด	กรัม	700.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม.^{3}	1.55	จากตารางที่ 9.3 ข.
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม	6,654.90	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม	3,412.70	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม	1,290.00	จากตารางที่ 9.3 ก.
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม	1,951.20	=6,654 – 3,412.70 -1,290 = 1,951.20
ปริมาตรของหลุม	ซม.^{3}	1,258.84	$= \frac{1,951.20}{1.55} = 1,258.84$
ความหนาแน่นของดินชื้น	กรัม/ซม.^{3}	1.798	$= \frac{2,963.10 - 700}{1,258.84} = 1.798$
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}	1.678	$= \frac{1.798}{1 + \frac{7.11}{100}} = 1.678$
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%	98.73	$= \frac{1.678}{1.70} \text{x} 100 = 98.73\%$

แบบทดสอบที่ 9 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 9 เรื่อง การทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. คำว่า 95 % Modified Compact Test คือ
   - ก. ความหนาแน่นแห้ง 95%
   - ข. ความหนาแน่นแห้งสูงสุด 95%
   - ค. ความหนาแน่นสัมพันธ์ 95%
   - ง. ปริมาณความชื้นสูงสุด 95%
2. ถ้าทรายมีความหนาแน่นเท่ากับ 1.60 กรัม/ซม^3 เทรายลงหลุมทั้งหมดเท่ากับ 4,800 กรัม ปริมาตรของหลุมจะเท่ากับเท่าใด
   - ก. 7,680 ซม.^{3}
   - ข. 4,798.40 ซม.^{3}
   - ค. 3,000 ซม.^{3}
   - ง. 1,527.27 ซม.^{3}
3. ทรายที่นิยมใช้ในการทดลอง หาความหนาแน่นของดินในสนามคือทราย
   - ก. Uniform Sand
   - ข. Ottawa Sand
   - ค. River Sand
   - ง. Sand Cone Method
4. ความหนาแน่นของทรายจะมีค่าเท่าใด ถ้าปริมาตรของทรายเท่ากับ 2,000 ซม^3 และมีน้ำหนักเท่ากับ 1,200 กรัม
   - ก. 3,200 กรัม/ซม.^{3}
   - ข. 800 กรัม/ซม.^{3}
   - ค. 1.66 กรัม/ซม.^{3}
   - ง. 0.60 กรัม/ซม.^{3}

5. ความหนาแน่นเปียกมีค่า 1,500 กรัม/ซม^3 และปริมาณน้ำในดินมีค่า 10% ความหนาแน่นแห้งคือ

ก. 1,490 กรัม/ซม.^{3}

ข. 1,363.63 กรัม/ซม.^{3}

ค. 1,000 กก/ม.^{3}

ง. 150 กรัม/ซม.^{3}

6. จากข้อ 5 ความหนาแน่นแห้ง 95 % มีค่าเท่าใด

ก. 1415.5 กรัม/ซม.^{3}

ข. 1295.44 กรัม/ซม.^{3}

ค. 950 กรัม/ซม.^{3}

ง. 142.50 กรัม/ซม.^{3}

7. ทรายในข้อใดที่สามารถใช้ในการหาความหนาแน่นได้

ก. ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30

ข. ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ค้างตะแกรงเบอร์ 60

ค. ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ค้างตะแกรงเบอร์ 60

ง. ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 ค้างตะแกรงเบอร์ 100

8. เครื่องมือกระทุ้งบดอัดดินแบบสั่นสะเทือนเหมาะสำหรับดินประเภทใด

ก. ทรายละเอียดและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 12%

ข. ดินเม็ดหยาบและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า12%

ค. กรวดและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5%

ง. ดินเม็ดหยาบและผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5%

9. ดินในสนามที่ต้องขุดเจาะ ควรจะขุดลึกเท่าใด

ก. 3 นิ้ว

ข. 4 นิ้ว

ค. 5 นิ้ว

ง. 6 นิ้ว

10. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดดินซึ่งทำให้ดินแน่นดีที่สุดคือข้อใด

ก. Max Water Content

ข. Avertage Water Content

ค. Optimum Moisture Content

ง. Min Water Content

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 การหาความหนาแน่นของดินในสนามมีอยู่ 2 วิธี

…….2.2 ดินที่มีขนาดใหญ่ ½ นิ้ว ต้องเก็บดินไปอบอย่างน้อย 200 กรัม

…....2.3 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามคือ ASTM 1556-00

…….2.4 การหาความหนาแน่นของดินในสนามโดยวิธีกรวยทรายเป็นการหาน้ำหนักของดินที่บดอัดแล้วหารด้วยปริมาตรของหลุมที่ขุดดินออกมา

…….2.5 ดินขุดขึ้นมาจากหลุมควรจะนำไปอบทันที

…….2.6 หลังจากฝนหยุดตกใหม่ๆ สามารถทดลองหาความหนาแน่นดินในสนามได้

…….2.7 ดินที่ขุดขึ้นจากหลุมต้องเก็บไปชั่งทุกก้อน อย่าให้หล่นออกจากถาด

……2.8 ระหว่างการคว่ำขวดทรายลงหลุมให้เขย่าขวดเพื่อทรายจะได้ไหลสะดวก

……2.9 ในสนามจริงสามารถหาน้ำหนักดินแห้งได้โดยการนำดินไปคั่วในกระทะร้อนที่ตั้งบนเตาไฟได้

……2.10 การบดอัดดินประเภทดินเหนียวควรใช้รถบดชนิดลูกกลิ้งเหล็กตีนแกะ

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเลือกพื้นที่ในสนามจริงที่ผ่านการบดอัดแล้ว และให้ทำการทดลองการหาความหนาแน่นดิน โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้
    1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาความหนาแน่นของดินจำนวน 4 หลุม
    2) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 9.11, 9.12 และ 9.13
    3) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ ในแต่ละตัวอย่าง
    4) คำนวณหาค่าคำนวณหาค่าความแน่นเปียกในแต่ละตัวอย่าง
    5) คำนวณหาค่าความแน่นแห้งในแต่ละตัวอย่าง
    6) คำนวณหาความหนาแน่นของดินในสนาม
    7) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์บดอัดดิน
    8) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 9.11 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาน้ำหนักทรายเต็มกรวย

ครั้งที่			
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำ กรัม			
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำ กรัม			
น้ำหนักของทรายในกรวย กรัม			
เฉลี่ยน้ำหนักทรายเต็มกรวย กรัม			

ตารางที่ 9.12. แสดงตารางหาความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ครั้งที่			
ปริมาตรโมล ซม.^{3}			
น้ำหนักทรายในโมล กรัม			
ความหนาแน่นทราย กรัม/ซม.^{3}			
เฉลี่ยความหนาแน่น กรัม/ซม.^{3}			

ตารางที่ 9.13 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม

กระป๋องอบดินหมายเลข					
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น	กรัม				
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม				
น้ำหนักกระป๋อง	กรัม				
น้ำหนักของน้ำ	กรัม				
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม				
ปริมาณของน้ำในดิน	%				
น้ำหนักถาด + ดินชื้น	กรัม				
น้ำหนักถาด	กรัม				
ความหนาแน่นของทราย	กรัม/ซม.^{3}				
น้ำหนักขวด+กรวย ก่อนคว่ำทราย	กรัม				
น้ำหนักขวด+กรวย หลังคว่ำทราย	กรัม				
น้ำหนักของทรายในกรวย	กรัม				
น้ำหนักของทรายในหลุม	กรัม				
ปริมาตรของหลุม	ซม.^{3}				
ความหนาแน่นของดินชื้น	กรัม/ซม.^{3}				
ความหนาแน่นของดินแห้ง	กรัม/ซม.^{3}				
เปอร์เซ็นต์การบดอัด	%				

หน่วยที่ 10

การเจาะสำรวจดิน (Boring Test)

1

[1] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

หน่วยที่ 10

การเจาะสำรวจดิน (Boring Test)

หัวข้อเรื่อง

10.1 วิธีการเจาะสำรวจดิน
10.2 ขอบข่ายการเจาะสำรวจดิน
10.3 ใบงานขั้นการเจาะสำรวจดิน
10.4 การบันทึกข้อมูลจากผลการทดลอง

สาระสำคัญ

เพื่อเป็นการสำรวจตรวจสอบสภาพของชั้นดิน ในการตรวจหาค่าสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน ผลการตรวจสอบที่ได้จะทำให้วิศวกรผู้ออกแบบฐานรากของอาคาร สามารถคำนวณออกแบบความสามารถ การรับน้ำหนักบรรทุกของชั้นดินที่จะรองรับองค์อาคารที่จะทำการก่อสร้างได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ วิธีการดังกล่าวเป็นการใช้เครื่องเจาะสำรวจ เจาะทะลุลงไปในชั้นดิน จนถึงระดับที่ต้องการ และเก็บตัวอย่างชั้นดินขึ้นมา แล้วนำดินดังกล่าวนี้ไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการทดสอบและการจำแนกชนิดของดินตามวิธีการทดสอบมาตรฐานเพื่อหาค่าสมบัติต่างๆ ที่ต้องการ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายวิธีการเจาะสำรวจดินได้
2. บอกขอบข่ายการเจาะสำรวจดินได้
3. ทดลองการเจาะสำรวจดินได้
4. บอกเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองได้
5. เข้าใจวิธีการบันทึกข้อมูลและคำนวณผลที่ได้จากการเจาะสำรวจดินได้
6. ทดลองตามขั้นตอนและใช้เครื่องมือได้

บทนำ

สภาพชั้นดินในหลายพื้นที่ของประเทศไทยนั้นอาจมีความแปรปรวน ของชั้นดิน ทำให้สภาพพื้นที่แตกต่างไปจากพื้นที่ทั่วไป เช่น มีชั้นทรายหลวมผิดปกติ มีชั้นดินเหนียวอ่อน หรือระดับความลึกของชั้นดินที่แข็งแรงมีความผันแปรสูง เป็นต้น จากสภาพของชั้นดินดังกล่าว อาจทำให้ฐานรากเกิดการวิบัติได้ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายอย่างคาดไม่ถึง ก่อนที่วิศวกรจะทำการออกแบบฐานรากให้ดีและเหมาะสมนั้นจึงต้องจัดให้มีการเจาะสำรวจดินอย่างเพียงพอ เพื่อให้การออกแบบสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เป็นไปอย่างละเอียดรอบครอบ ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม เพื่อการวิเคราะห์ดินจากประสบการณ์และการสังเกต เมื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับดินในส่วนใดแล้ว จะต้องมีการวางแผนการสำรวจดิน เพื่อให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย พร้อมกับได้ข้อมูลที่ถูกต้อง เพราะดินมีคุณสมบัติที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ต่างๆ จึงยังไม่มีวิธีใดที่เหมาะสมที่สุดไปกับดินทุกสภาพ

การเจาะสำรวจดินในเบื้องต้น เป็นการเจาะหรือขุดดินเพียงเล็กน้อย เพื่อต้องการทราบชนิดของดิน การเรียงตัวของชั้นดิน ระดับน้ำใต้ดินและอื่นๆ อันจะเป็นประโยชน์ในการเตรียมเครื่องมือและวางแผนงานได้ดี ส่วนการเจาะดินโดยละเอียดนั้น เป็นการวางแผนเจาะดินอย่างละเอียดเกี่ยวกับการเจาะสำรวจชั้นดิน โดยทั่วไปจะระบุ ตำแหน่งเจาะดิน จำนวนหลุมเจาะดิน ความลึกของหลุมเจาะสำรวจชั้นดินมีการทดสอบด้านใดบ้าง โดยปกติแล้วจะต้องการข้อมูลสำหรับทำข้อมูลความแข็งแรงของดินและข้อมูลเพื่อใช้คำนวณหาการทรุดตัวของสิ่งก่อสร้าง

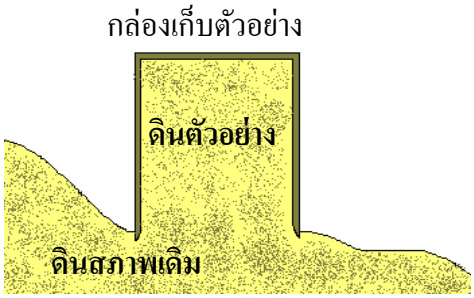
10.1 วิธีการเจาะสำรวจดิน[2]

เครื่องมือในปัจจุบันแยกได้ 4 ส่วนคือ เครื่องมือเจาะดิน เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน เครื่องมือทดสอบดินในสนามและเครื่องมือทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องมือทดสอบดินในสนามเท่านั้น โดยพิจารณาถึงขอบเขตความสามารถของเครื่องมือเป็นหลัก

1) Trial pit test pit เป็นการขุดหลุมโดยใช้แรงคน ซึ่งหาได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถขุดได้กับดินที่ไม่แข็งมาก และในความลึกตื้นๆมีการรบกวนดินน้อยสามารถเห็นการเรียงตัวของชั้นดิน ได้ง่าย จะพบปัญหาคือระดับน้ำใต้ดินในการขุดลึกกว่า 2 เมตร โดยเฉพาะดินทรายจะมีการพังที่หลุมได้ง่ายกว่าดินชนิดอื่นๆ

[2] บุญเทพ นาเนกรังสรรค์. FOUNDATION ENGINEERING AND TUNNELLING. 2539. หน้า 24.

รูปที่ 10.1 แสดงการขุดดินโดยแรงคน[3]



รูปที่ 10.2 แสดงการเก็บตัวอย่างดินแบบ Trial pit[3]

2) Hand auger borings เป็นเครื่องมือที่ง่ายและอาศัยแรงหมุน Auger และนิยมใช้อยู่สองชนิด คือ Helical auger กับ Iwan หรือ Post-hole auger ใช้เจาะดินที่มีแรงยึดเหนี่ยวหรือดินเหนียวมากๆ สามารถเจาะได้ความลึก 5 – 7 เมตร โดยต่อก้านเหล็ก ขนาดของหลุมเจาะด้วย Auger นี้จะมีขนาดประมาณ 2.5 ถึง 4 นิ้ว

รูปที่ 10.3 แสดง Helical auger[4]

รูปที่ 10.4 แสดง Iwan or Post-hole auger[5]

3) Mechanical auger borings เป็นการใช้เครื่องจักรสำหรับหมุน Auger ทำให้ทำงานได้รวดเร็วและเจาะดินได้ลึกมากขึ้น ระบบการทำงานได้กำลังเจาะมาจากเครื่องยนต์ที่มีกำลัง

[3] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

[4] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

[5] www.archway-engineering.com

ไม่น้อยกว่า 25 แรงม้า หัวเจาะดินขึ้นลงได้ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ซึ่งนิยมกันมากในประเทศไทย

4) Shell and auger boring เป็นการเจาะดินด้วย Helical auger ร่วมกับการใช้ท่อ Casing สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นเพื่อป้องกันการพังทลายด้านข้างของหลุม ใช้ได้กับดินทุกชนิด นิยมสูบน้ำลงไปในหลุมเพื่อเก็บเศษกรวดและทราย ที่ไหลล้นออกมากับน้ำ

5) Continuous-flight auger boring ใช้สำหรับดินเหนียวหรือทราย หรือกรวดที่มีเม็ดเล็ก มีลักษณะเป็นเกลียวสว่านติดอยู่รอบก้านเจาะโดยตลอดความยาวของก้านเจาะ นิยมใช้กันโดยทั่วไปเช่นกัน

รูปที่ 10.5 แสดง Continuous-flight auger boring[6]

6) Wash boring เป็นการใช้ความดันของน้ำ ที่มีส่วนผสมกับสารแขวนลอย (Bentonite) ทำให้ดินหลวมและหลุดลอยเป็นเม็ดขึ้นมา ในการผสมใช้สัดส่วนความหนาแน่น 1.1 ถึง 1.2 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ตัวอย่างดินที่ลอยขึ้นมาจะผสมกับน้ำทำให้การนำส่วนที่ตกตะกอนไปวิเคราะห์ได้ผลไม่ละเอียดเท่าที่ควร แต่ก็นิยมใช้กันมากเพราะสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว

7) Wash probing เป็นการเจาะดินอย่างง่ายๆ โดยใช้น้ำฉีดลงไปดิน ใช้ประโยชน์ในการหา

[6] www.hmc-us.com

ความเปลี่ยนแปลงของดินอ่อน หรือหลวมไปหาดินที่แน่นแข็ง นิยมใช้กันมากในการตอกเสาเข็ม หรือสำรวจหาชั้นหิน สามารถทำงานได้ง่าย ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย

8) Rotary boring or Rotary drilling เป็นการใช้ใบมีดหรือหัวเจาะหมุนลงไปในดิน โดยกำลังของเครื่องยนต์ ทำงานได้เร็ว นิยมใช้สำหรับเจาะหินแต่ต้องใช้น้ำเป็นตัวช่วยระบายความร้อนที่หัวเจาะที่ก้นหลุมด้านล่าง

9) Percussion boring or Percussion drilling เป็นการเจาะที่ต้องอาศัยแรงกระแทกของ Heavy chisel หรือ Spun หรือ Wash boring ในการนำดินขึ้นมาจากหลุม เนื่องเพราะมีแรงกระแทกด้วยของที่หนัก จึงทำให้เป็นการรบกวนตัวอย่างดินในชั้นที่อยู่ลึกลงไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีประสบการณ์ ความชำนาญในการควบคุมการเจาะในการปล่อยน้ำหนักเพื่อให้รบกวนดินน้อยที่สุด

รูปที่ 10.6 แสดง Percussion boring or Percussion drilling[7]

การเก็บตัวอย่างดินมี 2 ลักษณะ คือ

1) ตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample) เป็นตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน จนทำให้โครงสร้าง หรือการจับตัวของเม็ดดินเปลี่ยนไปหรืออาจจะสูญเสียความชื้นในดิน อาจเกิดจากวิธีการเก็บตัวอย่างดิน การขนส่งและการเก็บรักษาตัวอย่างดิน ซึ่งได้แก่ ตัวอย่างดินที่ได้จากการทดสอบด้วยสว่านมือ และตัวอย่างดินที่ได้จากการตอกวัดค่าด้วยกระบอกผ่า

[7] www. prd drillingrigs.com

ดินที่ได้ไม่สามารถนำไปทดสอบด้านการรับน้ำหนักของดินได้ เนื่องจากดินได้รับผลกระทบจากการกระแทก การอัด ซึ่งโครงสร้างของดินได้เปลี่ยนไป แต่สามารถนำไปหาคุณสมบัติเพื่อจำแนกประเภทของดินได้

2) ตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) เป็นตัวอย่างดินที่เก็บในสนามโดยพยายามให้ทั้งโครงสร้างและองค์ประกอบของดินทุกอย่างเหมือนกับสภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในสนาม ซึ่งได้แก่ตัวอย่างดินที่เก็บจากกระบอกบางเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 3 นิ้ว ขึ้นไป ถือว่าเป็นตัวอย่างดินที่มีคุณภาพดีที่สุด สามารถนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ในห้องปฏิบัติการเกือบทุกอย่าง รวมถึงคุณสมบัติในความแข็งแรง และคุณสมบัติในการรับน้ำหนักของดิน

ชนิดของกระบอกเก็บตัวอย่างดิน[8]

1) Piston sample นิยมใช้กับตัวอย่างดินประเภทไม่มีความเชื่อมแน่น ชนิดแบบนี้ค่อนข้างดีสำหรับงานวิจัย หรืองานก่อสร้างขนาดใหญ่
2) Opendrive sample เป็นท่อเหล็กกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 มม. ถึง 100 มม. ยาว 45 ซม. ถึง 50 ซม. ปลายด้านล่างสวม Cutting shoe ซึ่งถอดออกได้ ปลายด้านบนต่อกับกระบอกเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ค้อนกระแทกให้กระบอกจมลงไปในดิน ตัวกระบอกส่วนมากทำจากโลหะไร้สนิม ซึ่งส่วนมากจะใช้เก็บดินอ่อน
3) Standard split spoon sample เป็นกระบอกผ่าครึ่งสองซีก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 2 นิ้ว ยาว 24 นิ้ว ใช้ในการทดสอบ S.P.T. ด้านปลายกระบอกมี Cutting shoe สวมไว้ ใช้กับดินทรายหรือดินที่มีทรายปนอยู่มาก แต่ตัวอย่างดินจะถูกรบกวนมากทำให้ดินแปรสภาพได้
4) Foll sample เป็นการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทั้งด้านตัวกระบอกเก็บตัวอย่างดินและ Piston อาศัยแผ่นเหล็กกว้าง 13 มม. และหนา 0.40 ถึง 1.00 มม. สัมผัสกับดินก่อนเข้ากระบอกเก็บตัวอย่างซึ่งจะช่วยลดแรงเสียดทานหรือแรงอัดที่มีต่อดินได้
5) Bishop compressed air sample ออกแบบเพื่อใช้ในการเก็บดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นที่อยู่ใต้ระดับน้ำ ซึ่งเก็บตัวอย่างดินได้ยากและเป็นปัญหาในการสำรวจดิน การทำงานของเครื่องมือค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน เพราะต้องอัดอากาศในกระบอกด้วยความดันสูงเพื่อไล่น้ำออกและให้ดินสามารถทรงตัวอยู่ในกระบอกเก็บดินได้ ในอังกฤษนิยมใช้

[8] บุญเทพ นาเนกรังสรรค์. FOUNDATION ENGINEERING AND TUNNELLING. 2539. หน้า 31.

กระบอกเก็บดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 60 มม. ซึ่งเล็กกว่า Bell ไม่มากนัก จะต้องตอก Casing ไปจนถึงระดับที่ต้องการก่อนดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน ควรใช้เก็บตัวอย่างในส่วนที่จำเป็นจริงๆ เท่านั้น เพราะจะพบกับอุปสรรคในการนำดินออกจากกระบอกไปทดสอบในภายหลัง บางครั้งจึงมีข้อแนะนำจนผู้เชี่ยวชาญเสนอให้เลือกการทดสอบในสนามแทนที่ โดย Serota and Jennings (1957) ได้ประยุกต์เครื่องมือนี้ขึ้นอีกโดยการอัดอากาศเข้ายังกระบอกเก็บดินซึ่งอยู่ด้านในโดยตรงที่ปลายกระบอกด้านล่าง

การกำหนดความลึกและตำแหน่งการสำรวจตัวอย่างดิน[9]

การกำหนดความลึกขึ้นอยู่กับลักษณะความแปรปรวนของชั้นดิน น้ำหนักและความสำคัญของสิ่งก่อสร้าง โดยอาจจะพิจารณาได้ดังนี้

1) จะต้องมีหลุมเจาะนำร่อง ที่ตำแหน่งสำคัญที่สุดในฐานรากนั้น เช่นบริเวณที่น้ำหนักลงมากที่สุด อาคารที่สูงสุดในพื้นที่ก่อสร้าง หลุมนำร่องนี้ต้องมีอย่างน้อย 1 จุด
2) จะต้องมีหลุมเจาะครอบคลุมพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะการกระจายออกคลุมพื้นที่บริเวณฐานรากทั้งหมด เพื่อให้ทราบความเปลี่ยนแปลงของชั้นดินในแนวราบ โดยมีระยะตามข้อเสนอแนะในตารางที่ 10.1 และตารางที่ 10.2
3) จะต้องมีหลุมเจาะเสริม หรือการทดสอบในสนาม หรือการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่กว้างมาก หรือเป็นแนวยาว

ตารางที่ 10.1 แสดงความลึกของหลุมเจาะที่ใช้เป็นแนวทางสำหรับการเจาะสำรวจชั้นดินในเขต กทม. และปริมณฑล[10]

โครงสร้าง	ประมาณการความลึกของปลายเสาเข็มที่จะใช้ (เมตร)	ความลึกของหลุมเจาะ (เมตร)
- อาคารปกติสูงไม่เกิน 5 ชั้นหรือโรงงานขนาดเบา	21 – 23	30
- อาคารปกติสูงไม่เกิน 10 ชั้นหรือโรงงานขนาดหนัก	22 – 25	35 – 40
- อาคารสูงไม่เกิน 15 ชั้น	25 – 30	40 – 45
- อาคารสูงไม่เกิน 20 ชั้น	25 – 45	50 – 60

[9] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. โครงการอบรมการสำรวจชั้นดิน การออกแบบและการก่อสร้างงานฐานราก. 2550. หน้า 312.

[10] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. แนวทางการตรวจสอบชั้นดินเพื่องานฐานราก. 2548. หน้า 13-14.

ตารางที่ 10.1 (ต่อ) แสดงความลึกของหลุมเจาะที่ใช้เป็นแนวทางสำหรับการเจาะสำรวจชั้นดินใน เขต กทม. และปริมณฑล

- อาคารสูงไม่เกิน 24 ชั้น	45 – 55	60 – 70
- อาคารสูงไม่เกิน 28 ชั้น	50 – 60	70 – 80
- อาคารสูง 30 ชั้นขึ้นไป	-	80 – 120

ตารางที่ 10.2 แสดงความลึกของหลุมเจาะที่ใช้เป็นแนวทางสำหรับการเจาะสำรวจชั้นดินในพื้นที่ต่างจังหวัด

โครงสร้าง	ประมาณการความลึกของปลายเสาเข็มที่จะใช้ (เมตร)	ความลึกของหลุมเจาะ (เมตร)
- อาคารสูง 1-2 ชั้น หรืออาคารโครงสร้างชั่วคราวขนาดเบามาก	25	SPT, N-Value > 35 หนาต่อเนื่อง > 3 ม.
- อาคารสูง 3-4 ชั้น หรือโรงงานหรือโกดังขนาดเบา	25	ค่า N > 35 หนา 4-5 ม. หรือ N > 40 หนา 3 ม.
- อาคารสูง 5-6 ชั้น หรือโรงงานหรือโกดังขนาดปานกลาง	30	ค่า N > 40 หนา 4-5 ม. หรือ N > 45 หนา 3 ม.
- อาคารสูง 6-9 ชั้น หรือโรงงานหรือโกดังขนาดหนัก	30	ค่า N > 45 หนา 4-5 ม. หรือ N > 50 หนา 3 ม.
- อาคารสูง 10-15 ชั้น หรืออาคารหนักมาก	35-40	ค่า N > 45 หนา 6 ม. และลึก > 15 เมตรหรือ N > 50 หนา 4-5 เมตร และลึก > 15 เมตร
- อาคารหนักพิเศษ เช่นหอประชุม โรงภาพยนตร์ ห้างสรรพสินค้า อาคารที่มีระยะช่วงเสาห่างกันมาก หรืออาคาร 16-18 ชั้น	40-50	ค่า N >50 หนา 6-8 ม. และลึก > 20 เมตร

การบันทึกข้อมูล

ในการเจาะสำรวจดินต้องบันทึกการเจาะดินทุกๆ หลุม อันประกอบด้วย ความลึก รายละเอียดของชั้นดิน ระดับน้ำใต้ดิน ผลการทดสอบแรงเฉือน ผลการทดสอบ S.P.T. และตำแหน่งที่เจาะ พร้อมพิกัดทางภูมิศาสตร์ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ผลการสำรวจดินได้อย่างถูกต้อง

10.2 ขอบข่ายในการเจาะสำรวจดิน

การเจาะสำรวจโดยใช้การฉีดล้าง เป็นวิธีการเพื่อจุดประสงค์จะเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำมาหาคุณสมบัติของดินทางวิศวกรรม ประกอบด้วย

1) ตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ ได้แก่ ตัวอย่างดินเก็บจากกระบอกผ่า เพื่อใช้ดินตัวอย่างทดลองหา Alterberg's Limit การทำ Sieve Analysis
2) ตัวอย่างคงสภาพ ได้แก่ ตัวอย่างดินที่เก็บจากกระบอกบางขนาด 3 นิ้วขึ้นไป ซึ่งสามารถนำตัวอย่างดินที่ได้ทดลองหาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินได้เกือบทั้งหมด

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

1) ASTM D 420-69 (Guide to Site Characterization for Engineering, Design, and Construction Purposes), incorporated by reference in 35 Ill. Adm. Code 720.111(a).

2) ASTM D 1452-65 (Standard Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings), incorporated by reference in 35 Ill. Adm. Code 720.111(a).

3) ASTM D 1586 REV A Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils

4) ASTM D 1587 Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes

5) ASTM D 2488 - 69: Description of Soil (Visual-Manual Procedures).

6) ASTM D 2573 Standard Test Method for Field Vane Shear Test in Cohesive Soil

10.3 ใบงานขั้นตอนการเจาะสำรวจดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

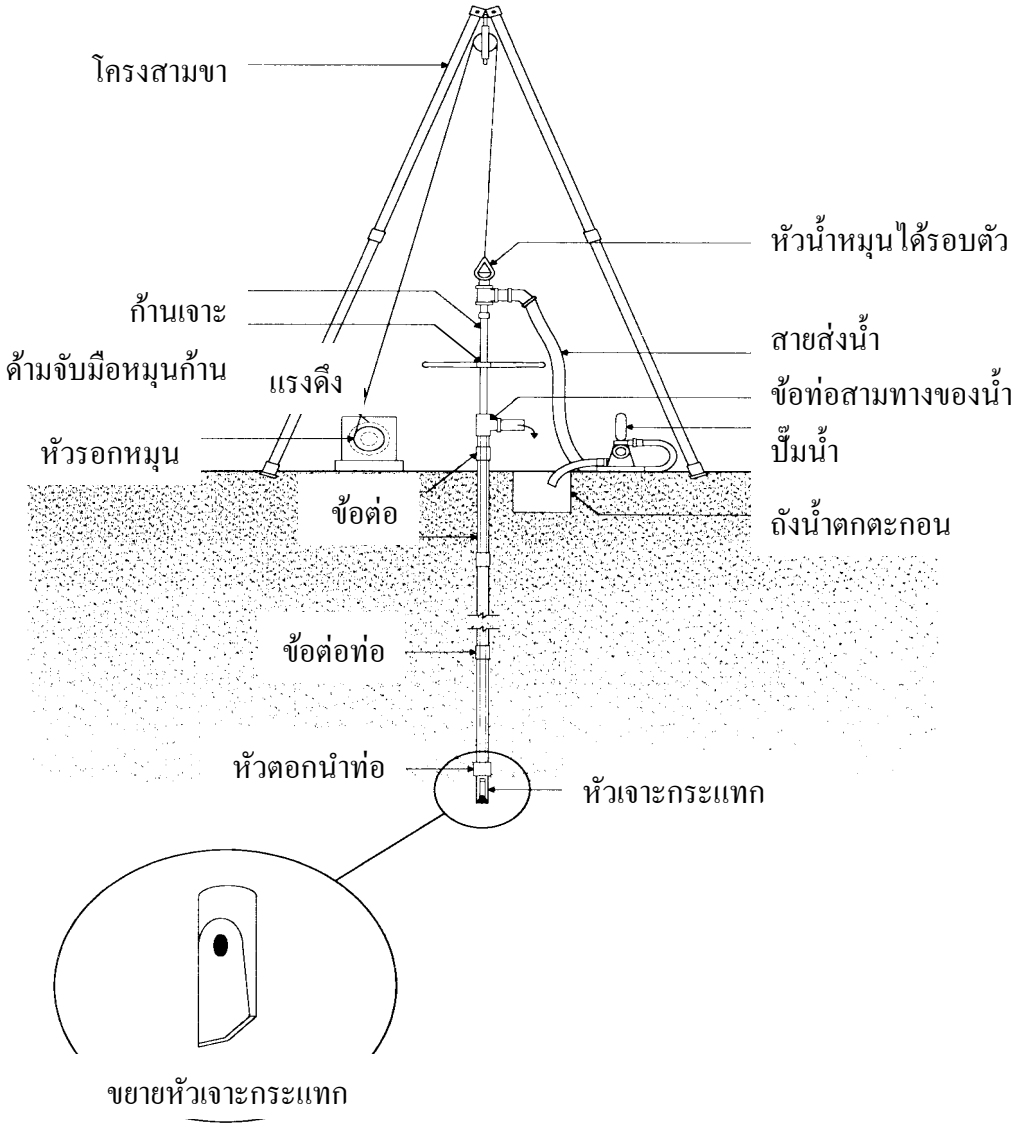
10.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองเจาะสำรวจดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติทดลองเจาะสำรวจดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองเจาะสำรวจดินได้

10.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) เครื่องทดลองเจาะสำรวจดินแบบ Wash Boring
2) สามขาเหล็ก
3) เครื่องสำหรับทดเชือกป่านมะนิลา
4) เครื่องสูบน้ำ
5) ก้านเจาะ หัวเจาะชนิดต่างๆ
6) รอกและเชือกป่านมะนิลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
7) สายยางยาว 10 เมตร
8) ลูกตุ้มเหล็กหนัก 63 กก.
9) กระบอกผ่า, กระบอกบางเก็บตัวอย่างดิน
10) ท่อปลอกเหล็กกันดินพัง
11) ท่อปลอกเหล็กสามทางเพื่อระบายน้ำ
12) กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน
13) ถังแปลสำหรับการทำน้ำหมุนเวียนเจาะดิน
14) ประแจคอม้าขนาด 24 นิ้ว, 18 นิ้ว อย่างละ 2 ตัว

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 10.7 แสดงเครื่องทดสอบแบบ Wash boring[11]

[11] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. แนวทางการตรวจสอบชั้นดินเพื่องานฐานราก. 2548. หน้า 25.

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

10.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) น้ำสำหรับสูบในการเจาะดิน
2) น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นชนิดสำหรับการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในทดสอบ

10.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 10.3 ตารางจำแนกดินจากการเจาะสำรวจดินด้วย Hand Auger
2) ตารางที่ 10.4 ตารางแสดงผลสรุปคุณสมบัติของดิน
3) ตารางที่ 10.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกับค่า S.P.T.
4) ตารางที่ 10.6 แสดง Boring Log

10.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1) เลือกหลุมเจาะให้อยู่ในบริเวณก่อสร้าง โดยกำหนดค่าระดับหลุมเจาะให้ชัดเจน
2) การเจาะในชั้นดินอ่อนและแข็งปานกลางให้ใช้สว่านหมุน เจาะลึก 1-2 เมตร นำหลุมลงไปก่อน และนำดินขึ้นมากองไว้ทุกๆ 0.50 เมตร บันทึกลักษณะของดิน สีการจำแนกดินทางวิศวกรรมใน Boring Log (ตารางที่ 10.6)

รูปที่ 10.8 แสดงการเก็บกองดินทุกๆ 0.50 เมตร
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

3) ประกอบโครงสามขาให้มั่นคงและยึดให้แน่น ตั้งสามขา โดยให้จุดศูนย์กลางตรงกับบริเวณหลุมเจาะ ติดตั้งเครื่องมือที่ต้องใช้ เช่น เครื่องทดรอก รอกแขวน ปั๊มน้ำ ก้านเจาะ หัวเจาะ ท่อเหล็กสามทาง
4) ติดตั้งรอกที่ตำแหน่งแขวนอยู่ด้านบนของสามขา สอดร้อยเชือกมะนิลากับรอก โดยที่ด้านหนึ่งผูกยึดติดกับหูหิ้วที่ห่วงคล้องปลายบนของก้านเจาะ อีกด้านดึงไปที่เครื่องทดรอก เพื่อให้เครื่องทดรอกหมุนเชือก เพื่อยกก้านเจาะเหล็กขึ้นและลงได้
5) สวมสายยางท่อน้ำจากปั๊มน้ำ เข้าปลายก้านเจาะตรงข้อต่อแบบหมุนรอบตัวได้ เดินเครื่องสูบน้ำเพื่อปั๊มน้ำผ่านก้านเจาะลงไปที่หัวเจาะ พร้อมๆ กับยกก้านเจาะขึ้นลง เพื่อให้หัวเจาะดินกระแทกดินให้แตกในหลุมเจาะ ซึ่งน้ำที่สูบจากปั๊มลงไปจะนำพาหรือละลายดินในหลุมเจาะขึ้นมาที่ปากหลุม แล้วให้ไหลไปที่บ่อตกตะกอนที่เตรียมไว้
6) ในขณะเจาะควรตอกท่อเหล็กปลอกกันดินพัง เพื่อเจาะกระแทกให้ได้ความลึกตามกำหนดไว้

รูปที่ 10.9 แสดงการเจาะดินด้วย Wash boring
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

7) นำกระบอกเปลือกบาง ติดข้อต่อเก็บดินและก้านเจาะหย่อนลงไปในหลุม ใช้อุปกรณ์ลูกตุ้มตอกให้กระบอกจมลงไปในดิน ดินจะเข้าไปในกระบอก หมุนก้านเจาะเวียนขวาอย่างน้อย 2-3 รอบ เพื่อให้ดินขาดจากกัน แล้วจึงใช้เครื่องทดรอกดึงกระบอกเก็บตัวอย่างดินขึ้นมา ดันตัวอย่างดินออกจากกระบอกเก็บตัวอย่างดิน อุดด้วยพาราฟินกันความชื้นระบายออก ปิดฉลาก ระบุตำแหน่งหลุมเจาะ ความลึก วันที่ เพื่อรวบรวมส่งไปห้องทดลอง

รูปที่ 10.10 แสดงการเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกเปลือกบาง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

8) เก็บตัวอย่างดิน แบบดินคงสภาพ ที่ชั้นดินอ่อนทุกระยะ 1.00-1.50 เมตร กดลงไปในดินลึก 0.50 เมตร แล้วบิดก้านเจาะเพื่อให้ดินขาดจากกัน ตัวอย่างดินถูกเก็บขึ้นมาแล้วผนึกหัวท้ายของกระบอกด้วยขี้ผึ้ง เพื่อรักษาความชื้นให้คงเดิม

9) เก็บตัวอย่างดิน แบบเปลี่ยนสภาพ ในชั้นดินแข็งและหรือในชั้นทรายทุกระยะ 1.00-1.50 เมตร พร้อมทั้งทดสอบ S.P.T. ตามมาตรฐาน ASTM D – 1586 เก็บตัวอย่างดินโดยใช้กระบอกผ่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว

10) ทดสอบ S.P.T.ทุกระยะ 1.00-1.50 หรือ 2.00 เมตร ในชั้นดินเหนียวแข็งและในชั้นทราย โดยตอกกระบอกผ่ามาตรฐาน เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 34.9 มิลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2 นิ้ว เพื่อเก็บตัวอย่างดินการตอกใช้ลูกตุ้มเหล็กหนัก 63.5 กิโลกรัม ยกสูง 30 นิ้ว ทำการตอกจนกระบอกผ่าจมลงในดิน 12 นิ้ว สุดท้ายเป็นค่า S.P.T. มีหน่วยเป็น จำนวนครั้งต่อ 12 นิ้ว โดยดินตัวอย่างที่ได้จากการทำ S.P.T. ให้จัดเก็บใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้นเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ

11) นำตัวอย่างดินไปทดลอง ในห้องปฏิบัติการทดลอง

10.3.6 การรายงาน

1) ตัวอย่างดินคงสภาพ (จากกระบอกบาง)

1.1) หาค่าปริมาณน้ำในดิน

1.2) หาค่าความหนาแน่น

1.3) ทดลองหาค่าแรงอัดแกนเดียว

1.4) หาค่าขีดความข้นเหลวของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) ตัวอย่างดินคงสภาพ (จากกระบอกผ่า)
   2.1 หาค่าปริมาณน้ำในดิน
   2.2 หาค่า Sieve Analysis ของตัวอย่างดินที่เป็น Non-Plastic
   2.3 หาค่าขีดความข้นเหลวของดิน
3) วันเริ่มต้นเจาะสำรวจและสิ้นสุดการเจาะสำรวจ
4) ผังบริเวณแสดงตำแหน่งของหลุมเจาะสำรวจ
5) วิธีการเจาะสำรวจดิน การเก็บตัวอย่างและขั้นตอนทดลองในสนาม เครื่องมือที่ใช้
6) ระดับน้ำใต้ดิน
7) ความลึกของหลุมเจาะ
8) รายละเอียดของชั้นดินแต่ละชั้น ด้วยวิธี U.S.C.
9) จำนวนครั้งของการตอก, จำนวนครั้งต่อ 12 นิ้ว
10) ผลการทดสอบในห้องทดลอง
11) ตัวอย่างและกราฟแสดงผลการทดลองต่างๆ

10.3.7 ข้อควรระวัง

1) ประกอบโครงสามขาให้แน่นมั่นคงและแข็งแรง ขันสลักเกลียวที่ยึดทุกตัว
2) ตั้งโครงสามขาให้มั่นคง อย่าให้โยกคลอนหรือล้มลงขณะปฏิบัติงานเจาะสำรวจ
3) สังเกตและตรวจสอบชั้นดินอย่างละเอียดระหว่างเจาะดิน เพื่อให้ทราบและประเมินความลึกของชั้นดินที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้งได้ใกล้เคียงและถูกต้อง
4) เมื่อได้ดินจากการเจาะแล้ว ให้ปิดผนึกเฉพาะดินที่เป็นตัวแทนของตัวอย่าง เพื่อป้องกันความชื้นออกจากตัวอย่างดินที่จะนำไปอบได้
5) หลุมที่ใกล้เคียงกัน อาจจะมีสภาพของชั้นดินแตกต่างกัน ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบื้องต้น ต้องมีการบันทึกไว้อย่างละเอียด
6) ควรวัดระดับน้ำใต้ดินหลังจากการเจาะสำรวจดินแล้ว 24 ชั่วโมง

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

10.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติที่เกี่ยวข้อง ถือได้ว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการที่จะทำการออกแบบหรือวิเคราะห์ฐานรากของโครงสร้างอาคาร ถ้าปราศจากข้อมูลชั้นดินที่ดีเพียงพอ ทำให้มีการคาดเดา โดยผู้ออกแบบอาจจะเผื่อไว้มากจนไม่เป็นการประหยัด

การเจาะสำรวจดินจะเกิดประโยชน์ในการเลือกใช้ฐานรากอาคารที่เหมาะสมจากข้อมูลดิน ทำให้เกิดความมั่นคงแข็งแรงปลอดภัยแก่โครงสร้าง เมื่อกับอายุของอาคารนั้น พร้อมทั้งช่วยประหยัดเวลาที่ได้จากความพร้อมของวัสดุที่จะเลือกใช้ในท้องถิ่นนั้นๆ ตลอดจนการขนส่งต่างๆ ทั้งยังช่วยให้การก่อสร้างอาคารแล้วเสร็จตามแผนที่วางเอาไว้

วิธีการเจาะสำรวจดินและเครื่องมือที่ใช้ อาจจะขึ้นอยู่กับขนาดของอาคารและงบประมาณในการก่อสร้างอาคารนั้น เพื่อไม่ให้ราคาค่าเจาะสำรวจดินมีค่าใช้จ่ายที่สูงเกินไปเมื่อเทียบกับราคาค่าก่อสร้างของอาคารที่จะก่อสร้าง

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

10.3.9 ตารางการปฏิบัติการเจาะสำรวจดิน

ตารางที่ 10.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลองจำแนกดินจากการเจาะสำรวจดินด้วย Hand Auger

ตัวอย่าง	ความลึก (ม.)		ขีดความข้นเหลวของดิน (%)			ชนิดของดิน
	จาก	ถึง	L.L.	P.L.	P.I.	
1	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	Fill soil
2	1.00	2.00	40.00	31.00	9.00	SM
3	2.00	3.00	45.00	40.00	5.00	SM

ตารางที่ 10.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลองผลสรุปคุณสมบัติของดิน

ตัวอย่าง	ขนาดคละของดินที่ผ่านตะแกรง (%)					ค่า ถ.พ.	หน่วยน้ำหนัก	แรงยึดเกาะ (ค่า c)
	No. 4	No. 10	No. 40	No. 100	No. 200			
1	-	-	-	-	-	-	1.60	-
2	100.00	93.60	80.20	25.10	15.60	1.55	1.62	-
3	100.00	96.70	83.40	28.90	13.50	1.55	1.73	-

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 10.5 แสดงตัวอย่างตารางความสัมพันธ์และการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณระหว่างความลึกกับค่า N

ตัวอย่าง	ความลึก (ม.)		ลักษณะของดิน	จำนวนครั้งการตอก (N)			
	จาก	ถึง		6"	6"	6"	รวมที่ 12 นิ้ว
1	0.00	1.00	ดินถม	6	8	10	18
2	1.00	1.50	ดินปนตะกอนทราย	9	12	16	28
3	2.00	2.50	ดินปนตะกอนทราย	9	14	18	32
4	3.00	3.50	ดินปนตะกอนทราย	11	15	19	34
5	4.00	4.50	ดินปนตะกอนทราย	12	15	20	35
6	5.00	5.50	ดินปนตะกอนทราย	11	16	22	38
7	6.00	6.50	ดินปนตะกอนทราย	13	18	24	42
8	7.00	7.50	ดินปนตะกอนทราย	14	20	29	49
9	8.00	8.50	ดินปนตะกอนทราย	15	20	29	49
10	9.00	9.50	ดินปนตะกอนทราย	14	22	34	56
11	10.00	10.50	ดินปนตะกอนทรายแน่น	20	26	40	66

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 11	หน่วยที่ 10
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 12-13
ชื่อหน่วย การเจาะสำรวจดิน	ชื่องาน การเจาะสำรวจดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 10.6 แสดงตาราง Boring Log

ST = SHELBY TUBE PA = POWER AUGER Wn = WATER CONTENT

SS = SPLIT SPOON CA = CASING LL = LIQUID LIMIT

WO = WASH OUT VS = VANE SHEAR PL = PLASIC LIMIT

เริ่มเจาะ (ม.)	ความลึก (ม.)	วิธีเก็บตัวอย่าง	ลักษณะดิน	N (blow / ft)	P.L Wn. LL.	SPT.(N-Value)
					20 40 60 -	0 20 40 60 80 100
0.0	1.0	-	ดินถม	18		
1.0	1.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	28		
2.0	2.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	32		
3.0	3.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	34		
4.0	4.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	35		
5.0	5.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	38		
6.0	6.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	42		
7.0	7.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	49		
8.0	8.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	49		
9.0	9.5	SS	ดินปนตะกอนทราย	56		
10.0	10.5	SS	ดินปนตะกอนทราย แน่น	66		

แบบทดสอบที่ 10 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 10 เรื่อง การเจาะสำรวจดิน (Boring Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เครื่องมือเจาะสำรวจดินสามารถแยกส่วนได้ กี่ส่วน
   - ก. 3 ส่วน
   - ข. 4 ส่วน
   - ค. 5 ส่วน
   - ง. 6 ส่วน
2. การเจาะสำรวจดินโดยวิธี Hand Auger คือข้อใด
   - ก. การเจาะโดยใช้สว่านเจาะ และเจาะแบบแห้ง
   - ข. การเจาะโดยใช้หัวกระแทกน้ำ
   - ค. การเจาะโดยใช้สว่านเจาะ และเจาะแบบน้ำ
   - ง. การเจาะโดยใช้สว่านเจาะ และเจาะด้วยแขนของเครื่องจักรกล
3. สารแขวนลอยที่ใช้ผสมกับน้ำในการเจาะดินคือข้อใด
   - ก. Bentonite
   - ข. Sodium
   - ค. Phosphat
   - ง. Algalho
4. ตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพคือข้อใด
   - ก. ดินที่ถูกรบกวนจนเปลี่ยนโครงสร้าง
   - ข. ดินที่เจาะขึ้นมาแล้วสีเปลี่ยนไปจากเดิม
   - ค. ดินที่เจาะขึ้นมาตัวอย่างเปียกแล้วแห้งแข็งไปก่อนทำการทดลอง
   - ง. ดินที่เปลี่ยนสภาพจากสภาพแข็งเป็นเหลวหรืออ่อนตัว
5. กระบอก Piston เหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างดินประเภทใด
   - ก. ดินประเภท Cohesive Soil
   - ข. ดินเหนียวอ่อน
   - ค. ดินทราย
   - ง. ดินกรวด

6. ความลึกของหลุมเจาะในเขต กทม. สำหรับอาคารปกติสูงไม่เกิน 10 ชั้น ควรลึกกี่เมตร

ก. 30 เมตร

ข. 35-40 เมตร

ค. 40- 45 เมตร

ง. 60-60 เมตร

7. อาคารสูง 3-4 ชั้น ในพื้นที่ต่างจังหวัด ข้อใดถูกต้อง

ก. S.P.T. , N > 35 และดินหนาต่อเนื่อง 3 เมตร

ข. S.P.T. , N > 35 และดินหนาต่อเนื่อง 4-5 เมตร

ค. S.P.T. , N > 45 และดินหนาต่อเนื่อง 3 เมตร

ง. S.P.T. , N > 50 และดินหนาต่อเนื่อง 3 เมตร

8. การทดสอบด้วย SPT. ต้องเก็บตัวอย่างดินขึ้นมา ทุกๆระยะเท่าใด

ก. ทุกๆ ความลึก 0.50 เมตร

ข. ทุกๆ ความลึก 1.00 เมตร

ค. ทุกๆ ความลึก 1.50 เมตร

ง. ทุกๆ ความลึก 2.00 เมตร

9. ตุ้มเหล็กที่ใช้ตอก SPT. หนักกี่กิโลกรัม

ก. 55.5 กก.

ข. 60.0 กก.

ค. 63.5 กก.

ง. 75.5กก.

10. การนับการตอกของกระบอกผ่า โดยวิธี SPT. จะนับที่ช่วงใด

ก. ช่วงที่ 1-2-3 นับการตอกรวมกัน

ข. ช่วงที่ 1-2 นับการตอกรวมกัน

ค. ช่วงที่ 2-3 นับการตอกรวมกัน

ง. ช่วงที่ 3 นับการตอกเพียงช่วงเดียว

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 ตัวอย่างดินที่เก็บด้วยกระบอกผ่าเป็นตัวอย่างดินแบบเปลี่ยนสภาพ

…….2.2 ตัวอย่างดินที่เก็บด้วยกระบอกบางขนาด 3 นิ้วขึ้นไปเป็นตัวอย่างดินแบบคงสภาพ

…....2.3 การผสมสารแขวนลอยจะใช้สัดส่วนความหนาแน่น 2 ตัน/$ม^3$

…….2.4 Rotary boring เป็นการเจาะด้วยใบมีดหมุนลงในดิน

…….2.5 Standard Split Spoon เป็นกระบอกผ่าครึ่งสองซีก ใช้สำหรับเก็บดิน

…….2.6 หอประชุม ในต่างหวัด ค่า N ของ S.P.T. > 50 และหนา 10 เมตร

…….2.7 ดินที่เก็บขึ้นมาจากหัว Split Spoon สามารถทดลอง Sieve และ C.B.R.ได้

……2.8 ดินที่เก็บขึ้นมาจากกระบอกบางสามารถทดลองหา แรงอัดแกนเดียวได้

……2.9 การวัดระดับน้ำใต้ดินควรวัดหลังการเจาะอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

……2.10 ทดลองเจาะดินเหนียว ได้ค่า N เท่ากับ 15 แสดงว่าดินเหนียวแข็งมาก

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการเจาะสำรวจดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 10 คน และให้นักศึกษาทดลองเจาะสำรวจดิน 1 หลุม ความลึก 10 เมตร โดยเก็บตัวอย่างดินทุก 1.00 เมตร ด้วยวิธี Wash Boring โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการทดลอง Wash Boring
2) ให้นำตัวอย่างดินที่ได้มาทดลองหาค่า
    2.1) ปริมาณน้ำในดิน
    2.2) พิกัดความข้นเหลว
    2.3) การวิเคราะห์ขนาดเม็ดดิน
    2.4) จำแนกชนิดของดินเหนียวตามวิธี
3) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 10.7, 10.8, 10.9 และตารางที่ 10.10 แสดง Boring Log
4) เขียนรายงานการเจาะสำรวจดิน
5) เขียนรายงานข้อควรระวังในการปฏิบัติการเจาะสำรวจดิน
6) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะการเจาะสำรวจดิน

ตารางที่ 10.7 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จากการเจาะสำรวจดินด้วย Hand Auger

ตัวอย่าง	ความลึก (ม.)		ขีดความข้นเหลวของดิน (%)			ชนิดของดิน
	จาก	ถึง	LL.	PL.	PI.	

ตารางที่ 10.8 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากผลสรุปสมบัติของดิน

ตัวอย่าง	ขนาดคละของดินที่ผ่านตะแกรง (%)					ค่า ถ.พ.	หน่วยน้ำหนัก	แรงยึดเกาะ (ค่า c)
	No. 4	No. 10	No. 40	No. 100	No. 200			

ตารางที่ 10.9 แสดงตารางความสัมพันธ์และการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองระหว่างความลึกกับค่า N

ตัวอย่าง	ความลึก (ม.)		ลักษณะของดิน	จำนวนครั้งการตอก (N)			
	จาก	ถึง		6"	6"	6"	รวมที่ 12 นิ้ว

ตารางที่ 10.10 แสดงตาราง Boring Log

ชื่อโครงการ..... วันที่เจาะสำรวจ.....

สถานที่.....

ผู้เจาะสำรวจ.....เวลาเริ่ม.....

ST = SHELBY TUBE PA = POWER AUGER Wn = WATER CONTENT

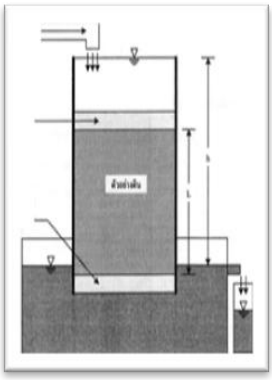
SS = SPLIT SPOON CA = CASING LL = LIQUID LIMIT

WO = WASH OUT VS = VANE SHEAR PL = PLASIC LIMIT

เริ่ม (ม.)	ลึก (ม.)	สัญลักษณ์ของดิน	ลักษณะของดิน	N (blow / ft)	P.L Wn. LL. 20 40 60 80 100	SPT , (N-Value) 20 40 60 80 100

หน่วยที่ 11
การทดลองความซึมน้ำของดิน (Soil Permeability Test)

1



2

[1] www.konmun.com/Entertainment/id1...566.aspx

[2] http://www.oknation.net

หน่วยที่ 11
การทดลองความซึมน้ำของดิน (Soil Permeability Test)

หัวข้อเรื่อง

11.1 การไหลของน้ำผ่านดิน
11.2 ขอบข่ายการทดลองความซึมน้ำของดินในห้องปฏิบัติการ
11.3 ใบงานขั้นการทดลองหาความซึมน้ำของดิน
11.4 การคำนวณผลการทดลองหาความซึมน้ำของดิน

สาระสำคัญ

การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Coefficient of Permeability) เป็นการทดสอบเพื่อหาอัตราการไหลของของเหลว (ในทางปฏิบัติ คือน้ำ)ต่อมวลดิน ในห้องปฏิบัติการมี สองวิธี คือ การทดสอบแบบวิธีระดับน้ำคงที่ (Constant Head Test)และการทดสอบแบบวิธีระดับน้ำเปลี่ยนแปลง (Variable Head Test)

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ
1. บอกอธิบายการไหลของน้ำผ่านดินได้
2. บอกขอบข่ายการทดลองความซึมน้ำของดินได้
3. ทดลองหาความซึมน้ำของดินได้
4. คำนวณผลการทดลองหาความซึมน้ำของดินได้

บทนำ[3]

ในมวลดินที่อิ่มตัว ช่องว่างระหว่างเม็ดดินซึ่งมีน้ำอยู่จะต่อเนื่องกัน การไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน เป็นแบบ Laminar Flow ผ่านช่องคดเคี้ยวระหว่างเม็ดดิน ในขณะเดียวกันแรงดันของน้ำ ก็จะเสียไปเพราะแรงเสียดทานของผิวช่องเม็ดดิน Darcy (ปี ค.ศ. 1856) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้เสนอกฎแห่งการไหลซึมไว้ว่า ความเร็วของการไหลซึมของของเหลวผ่านตัวกลางพรุนจะเป็นปฏิภาคกับไฮดรอลิกส์เกรเดียน (Hydraulic Gradient) มวลดินเป็นวัสดุที่มีช่องว่างต่อเนื่องในระหว่างเม็ดดิน ซึ่งน้ำสามารถที่จะไหลซึมผ่านได้ มวลดินที่น้ำไหลซึมผ่านได้ง่าย ได้แก่ดินจำพวก กรวดทราย ส่วนมวลดินที่น้ำไหลซึมผ่านได้ยาก ได้แก่ดิน ที่มีดินเหนียวปนอยู่ หรือดินเหนียวล้วน ถ้าน้ำไหลผ่านมวลดินได้ง่ายค่าสัมประสิทธิ์จะมีมาก นั่นคือดินจะมีช่องว่างมาก หรือดินอยู่ในสภาพหลวม และถ้าค่าสัมประสิทธิ์มีค่าน้อยเท่าใดก็แสดงว่าดินนั้นมีความหนาแน่นมาก ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมได้นี้สามารถวัดความหนาแน่นของดินได้อีกวิธีหนึ่ง

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านได้ของดิน จะใช้ความสัมพันธ์จากสมการของดาร์ซี เป็นทฤษฎีพื้นฐานในการทดสอบ โดยผู้ค้นพบทฤษฎีนี้คือ ดาร์ซีพบว่าอัตราการไหลของน้ำผ่านทราย จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความลาดชันทางชลศาสตร์ น้ำไหลผ่านดินด้วยความเร็วที่ช้ามาก การไหลจะอยู่ในสภาพลามิน่า การไหลในทางด้านวิศวกรรมปฐพีมักจะพิจารณาอยู่ในลักษณะ 1 มิติหรือ 2 มิติ คือทิศทางของความเร็วของการไหลอาจอยู่ในทิศทางเดียว หรือแยกออกมาได้ 2 ทิศทางตั้งฉากกัน

การทดสอบในห้องปฏิบัติการจะมีอยู่ 2 วิธีการ คือ การทดสอบแบบความดันน้ำคงที่สำหรับทดสอบกับดินเม็ดหยาบ และการทดสอบแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง สำหรับทดสอบกับดินเม็ดละเอียด ถ้าหากสภาพดินที่แตกต่างกันหลายชั้นก็สามารถจะหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำโดยการนำค่าดังกล่าวของแต่ละชั้นมาใช้ในการแทนค่าสมการซึ่งพิจารณาได้ 2 ทิศทางคือ ทิศทางตั้งฉากกับชั้นดินและทิศทางขนานกับชั้นดิน นอกจากนี้แล้วยังสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำได้จากการทดสอบในสนามอีกด้วย

[3] สุรฉัตร สัมพันธารักษ์. วิศวกรรมปฐพี. 2548 หน้า 93.

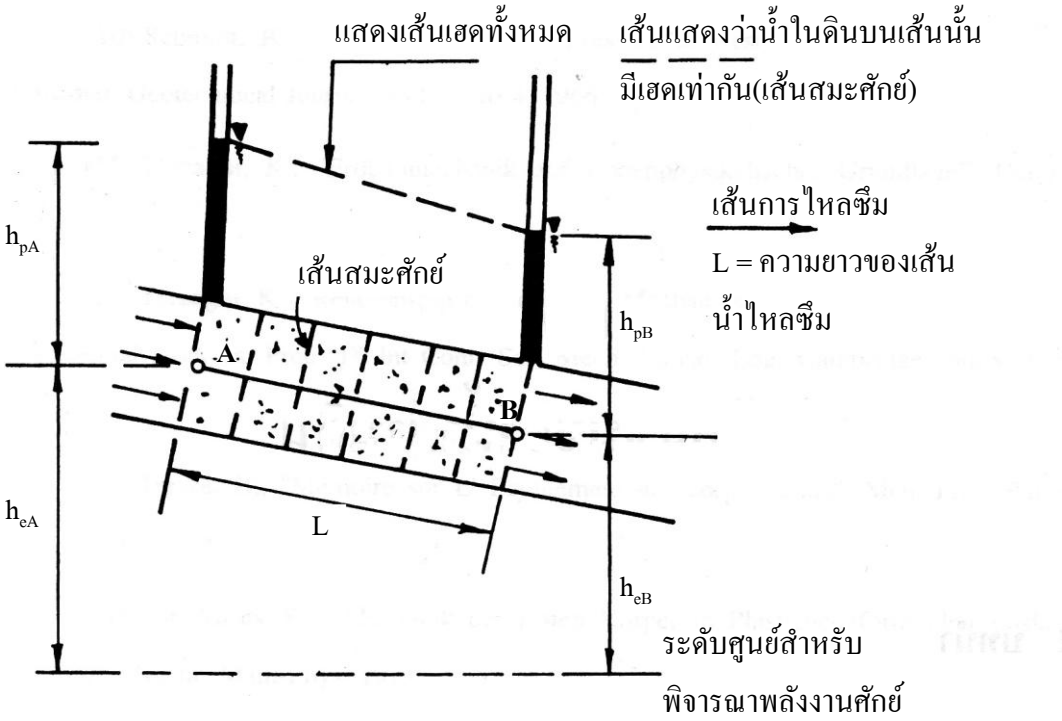
11.1 การไหลซึมของน้ำผ่านดิน[4]

กฎการไหลซึมของน้ำซึมผ่านดิน ได้แก่ กฎพลังงานของการไหล กฎของดาร์ซี ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการทดลอง และกฎการต่อเนื่องของการไหล

1) กฎพลังงานของการไหล พลังงานที่ควบคุมการไหลของน้ำในดินที่จุดๆหนึ่งได้แก่ พลังงานศักย์ พลังงานความดัน และพลังงานจลน์ Bernoulli ใช้เฮด (head) มีหน่วยเป็นหน่วยความยาวแทนพลังงานเหล่านี้ พลังงานทั้งหมดสามารถแยกเป็นส่วนๆ ดังนี้

เฮดทั้งหมด = เฮดเนื่องจากระดับน้ำสูงต่ำ+เฮดเนื่องจากความดันน้ำ+เฮดความเร็ว

$(h) = (h_e) + (h_p) + (h_v)$



รูปที่ 11.1 แสดงการหาเฮดที่จุด A และจุด B ในมวลดิน[5]

จากรูปที่ 11.1 แสดงความหมายและการหาเฮด น้ำจะไหลซึมในมวลดิน เมื่อเฮดหรือพลังงานทุกๆ จุดในมวลดินไม่เท่ากัน และน้ำจะไหลจากจุดที่มีเฮดทั้งหมดสูงกว่า

[4] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. วิศวกรรมปฐพี. 2548 หน้า 94.

[5] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. วิศวกรรมปฐพี. 2548 หน้า 94.

2) กฎของดาร์ซี ทำการทดลองในทรายโดยให้น้ำไหลผ่านทรายที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และให้น้ำไหลด้วยความเร็วที่ช้ามาก ลักษณะการไหลเป็นแบบลามิน่า และสภาพการไหลอยู่ในลักษณะคงตัว ดาร์ซีได้เขียนเป็นสมการว่า

$$v = k\,i \quad \text{.....(11.1)}$$

เมื่อ v = ความชันทางชลศาสตร์

k = สัมประสิทธิ์ของการซึม

i = เป็นค่าสัดส่วนระหว่างผลต่างของเฮดทั้งหมดกับความยาวของเส้นน้ำไหลซึม

และปริมาณอัตราการไหล q หาได้จาก

$$q = v\,A = k\,i\,A \quad \text{.....(11.2)}$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของดินที่น้ำไหลผ่านในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของการไหลของน้ำ

3) กฎของการไหลต่อเนื่อง จะพิจารณาถึงการไม่สูญหายของน้ำในมวลดินด้วยกฎนี้ ทำให้เกิดสมการที่ครอบคลุมการไหลซึมผ่านน้ำมวลดิน เมื่อพิจารณาว่าดินเป็นสารที่มีสมบัติทางด้านการซึมผ่านมวลดินเท่ากันทุกด้าน

สัมประสิทธิ์ของการซึมของดิน(ค่า k) ทั่วไปอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10^{-9} ซม.ต่อวินาที ดังตารางที่ 11.1

ตารางที่ 11.1 ค่าทั่วไปของสัมประสิทธิ์การซึม (ซม.ต่อวินาที)[6]

ชนิดของดิน	ค่า k (ซม.ต่อวินาที)
กรวด	$1 - 10^{2}$
กรวดเม็ดละเอียด, ทรายหยาบ	$1 - 10^{-3}$
ทรายละเอียดและซิลท์อัดไม่แน่น	$10^{-3} - 10^{-5}$
ซิลท์อัดแน่นและซิลท์ปนดินเหนียว	$10^{-5} - 10^{-6}$
ดินเหนียวปนซิลท์และดินเหนียว	$10^{-6} - 10^{-9}$

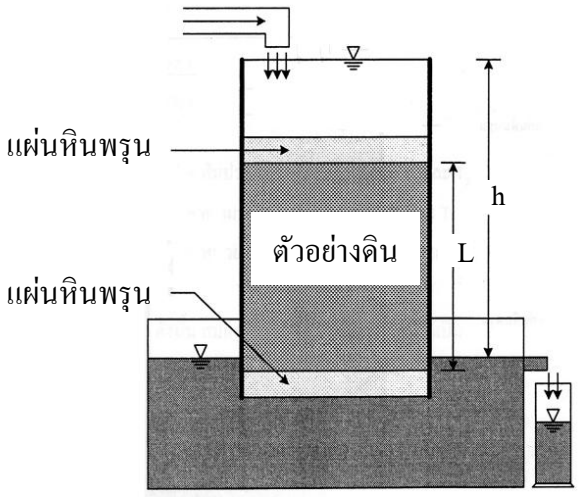
[6] สำราญ ยอดอุปภัมภ์. ปฐพีกลศาสตร์เบื้องต้น. 2543. หน้า 122.

สัมประสิทธิ์ของการซึมขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของชนิดของเม็ดดินอย่างมาก การเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องทดลอง มักให้ผลที่ไม่ดีเท่ากับการทดลองในสนาม เนื่องจากผลของการที่ตัวอย่างถูกรบกวน และการที่ส่วนประกอบของตัวอย่างดินแตกต่างออกไปจากดินในสนาม

ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ของการซึม ค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมนั้นขึ้นอยู่กับตัวประกอบหลายอย่างดังนี้

1. ความหนืดและความหนาแน่นของของเหลวที่ไหล
2. ขนาดและความต่อเนื่องของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งน้ำจะต้องไหลผ่านสิ่งเหล่านี้
    1) ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน เมื่อดินมีขนาดเม็ดละเอียดมากขึ้น ค่า k จะลดลง
    2) อัตราส่วนช่องว่างและความหนาแน่นของดิน
    3) การอิ่มตัวด้วยน้ำ
    4) โครงสร้างการเรียงตัวของเม็ดดิน
    5) เมื่อมีปริมาณของดินเม็ดละเอียดเพิ่มขึ้น ค่า k จะลดลง
3. การต่อเนื่องและการเป็นเนื้อเดียวกันของชนิดของดินในธรรมชาติ โดยถ้าชั้นดินมีดินชนิดอื่นปนแทรกอยู่ ดินที่แทรกนี้จะจะมีส่วนเข้าไปส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมของมวลดินทั้งหมด

4) การหาสัมประสิทธิ์ของน้ำในดินแบบความดันน้ำคงที่



รูปที่ 11.2 แสดงแบบความดันน้ำคงที่[7]

[7] ผศ.สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. 2545 หน้า 169.

$$Q = A k i$$

$$k = \frac{Q}{A i t} = \frac{QL}{A t h} \quad \text{.....(11.2)}$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านมวลดิน

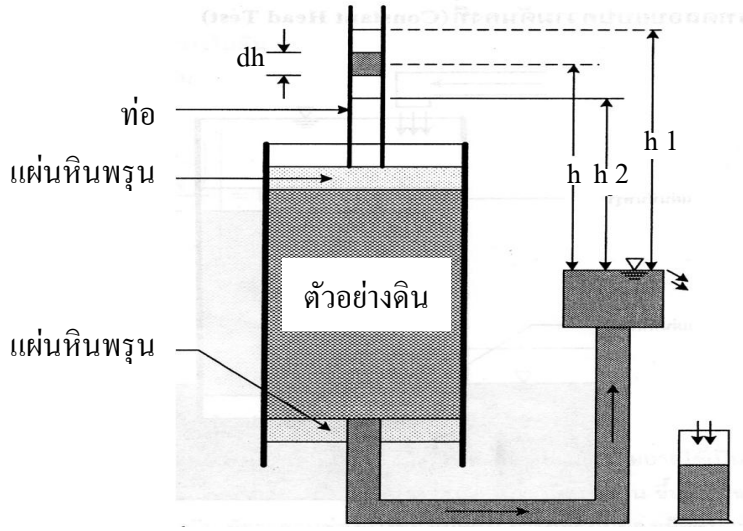
A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

t = เวลาของน้ำที่ไหลซึมผ่านดิน

h = ระดับน้ำในช่วงความยาวการไหลซึม

L = ความยาวของตัวอย่างดิน

5) การหาสัมประสิทธิ์ของน้ำในดินแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 11.3 แสดงแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง[8]

$$q = k\frac{h}{L}A = -a\frac{dh}{dl}$$

$$k = 2.303\frac{aL}{At}\log_{10}\frac{h_1}{h_2} \quad \text{.....(11.3)}$$

เมื่อ q = อัตราการไหล

a = พื้นที่หน้าตัดหลอดแก้ว

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

h_1, h_2 = ระดับน้ำในช่วงความยาวการไหลซึม

[8] ผศ.สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. 2545 หน้า 170.

6) ผลกระทบของอุณหภูมิน้ำที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การซึม

ตารางที่ 11.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$ และอุณหภูมิ T °c [9]

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.94	17.32	16.74	16.19	15.68	15.19	14.73	14.29	13.87	13.48
10	13.1	12.74	12.39	12.06	11.75	11.45	11.16	10.88	10.6	10.34
20	10.09	9.84	9.6	9.38	9.16	8.95	8.75	8.55	8.36	8.18
30	8	7.83	7.67	7.51	7.36	7.31	7.06	6.92	6.79	6.66
40	6.54	6.42	6.3	6.18	6.08	5.97	5.87	5.77	5.68	5.58
50	5.29	5.4	5.32	5.24	5.15	5.07	4.99	4.92	4.84	4.77
60	4.7	4.63	4.56	4.5	4.43	4.47	4.31	4.24	4.19	4.13
70	4.07	4.02	3.96	3.91	3.86	3.81	3.76	3.71	3.66	3.62
80	3.57	3.53	3.48	3.44	3.4	3.36	3.32	3.28	3.24	3.2
90	3.17	3.12	3.1	3.06	3.03	2.99	2.93	2.93	2.9	2.87
100	2.84	2.82	2.79	2.76	2.73	2.7	2.67	2.64	2.62	2.59

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดินที่อุณหภูมิ 20°C หาได้จาก

$$K_{20°C} = K_T \frac{U_{T°c}}{U_{20°c}} \quad \text{.....(11.4)}$$

เมื่อ $K_{20°C}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำได้ที่อุณหภูมิ 20°C

K_T = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำได้ที่อุณหภูมิ T°C

U_T = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ T°C

$U_{20°C}$ = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20°C

[9] มานะ อภิพัฒนะมนตรี. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 254. หน้า 129.

11.2 ขอบข่ายการทดลองความซึมน้ำของดิน

การวัดสัมประสิทธิ์ของการไหลซึมในห้องทดลอง โดยทำได้ 2 วิธีการดังนี้

1) การทดลองแบบความดันน้ำคงที่
2) การทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 2434-68(2000) Standard Test Method for Permeability of Granular Soils

11.3 ใบงานขั้นการทดลองความซึมน้ำของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลองความซึมน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความซึมน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

11.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาความซึมน้ำของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาความซึมน้ำของดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาความซึมน้ำของดินได้
4) สามารถคำนวณหาความซึมน้ำของดินได้

11.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) เครื่องมือทดลองแบบความดันน้ำคงที่
2) เครื่องมือทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง
3) กระบอกทดลองการซึมน้ำ
4) กระบอกตวงน้ำ
5) นาฬิกาจับเวลา
6) ปรอทวัดอุณหภูมิ
7) เครื่องชั่งขนาดความละเอียด 0.1 กรัม
8) เตาอบ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลองความซึมน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความซึมน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 11.4 แสดงเครื่องทดสอบความดันคงที่ **รูปที่ 11.5** แสดงเครื่องทดสอบความดันเปลี่ยน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รูปที่ 11.6 แสดงเทอร์โมมิเตอร์ **รูปที่ 11.7** แสดงกระบอกตวงน้ำ

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลองความซึมน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความซึมน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

11.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ดินทราย
2) ดินเหนียว

11.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 11.3 ค่าความซึมน้ำของดิน
2) ตารางที่ 11.4 ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิใดๆ
3) ตารางที่ 11.5 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลองแบบความดันน้ำคงที่และแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

11.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1) การทดลองวิธีความดันน้ำคงที่

1.1) เตรียมตัวอย่างดินสำหรับทดสอบ ให้นำตัวอย่างดินที่มีลักษณะเป็นเม็ดหยาบเช่น ทราย กรวด มาผึ่งแห้งโดยอากาศ หรือดินอิ่มน้ำ (แช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง) ประมาณ1,500 กรัม

1.2) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, ความสูงของโมล เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของตัวอย่างดิน แล้วประกอบอุปกรณ์ทุกชิ้นเข้ากับ Cell วางวัสดุรอง (ตะแกรงหรือ หินพรุน) ไว้ด้านล่างของ Cell วางสปริงและหินพรุนไว้ด้านบนแล้วนำไปชั่งหานำหนักของ Cell เปล่า โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของตัวอย่างพร้อมทั้งชั่งน้ำหนัก

1.3) นำตัวอย่างดินที่ได้เตรียมไว้บรรจุลงในโมล ที่ได้ประกอบไว้ใส่ตัวอย่างดินเป็นชั้นๆ ชั้นละประมาณไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร แล้วกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งหรือเคาะด้วยค้อนยางโดยให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับดินในธรรมชาติมากที่สุด จนกระทั่งผิวหน้าของตัวอย่างดินต่ำกว่าขอบของโมลประมาณ 2.5 เซนติเมตร ปรับผิวหน้าของตัวอย่างดินให้เรียบ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลองความซึมน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความซึมน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

1.4) ชั่งน้ำหนักดินตัวอย่างพร้อมโมล

1.5) นำตัวอย่างดินมาติดตั้งท่อน้ำเข้าและออก แล้วปล่อยน้ำเข้าและในขณะเดียวกันก็ระบายอากาศออกทางตอนบนของตัวอย่างดิน น้ำเริ่มระบายออกโดยไม่มีฟองอากาศออก แล้วปิดวาล์วระบาย ปล่อยตัวอย่างดินให้ชุ่มน้ำอย่างน้อย 12 ซม. สำหรับดินเหนียว

1.6) เริ่มทำการทดลองโดยเปิดวาล์วทางน้ำออก แล้วจับเวลาเป็นวินาที เมื่อปริมาตรน้ำที่วัดจากกระบอกตวงได้ 100 ลบ.ซม. (หรือ 10 หรือ 1,000 ลบ.ซม. แล้วแต่ค่าความ ซึมน้ำ) จดบันทึกเวลาและอุณหภูมิน้ำ ทำซ้ำกันอย่างน้อย 5 ครั้ง โดยข้อมูลไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

2) การทดลองวิธีความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

2.1) เตรียมตัวอย่างดินและการทำให้ดินชุ่มน้ำให้ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึง 3 ของ วิธีแรก แล้วจึงดำเนินการต่อไปนี้

2.2) ไล่ฟองอากาศออกและทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัว โดยการนำตัวอย่างดินใน Cell ไปแช่น้ำพร้อมกับใช้เครื่องดูดอากาศออก สำหรับดินที่มีการซึมน้ำต่ำจะต้องแช่ตัวอย่างในน้ำประมาณ 24ชั่วโมง

2.3) ต่อสายยางเข้ากับกรวย กับขาตั้งที่มีไม้บรรทัดวัดระดับน้ำ โดยให้มีความสูงมากพอที่จะทำให้น้ำ ซึมผ่านเข้าไปในตัวอย่างดินได้ ใส่น้ำลงในกรวยที่ต่อสายยางกับหลอดแก้ว ปล่อยให้น้ำสูงขึ้นจนใกล้ปลายหลอดแก้ว แล้ว ปรับระดับที่ปลายหลอดแก้ว ให้เป็น h_1 (จากรูปที่ 11.3)

2.4) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดแก้ว (Sand Pipe) เพื่อหาอัตราการไหล

2.5) เปิดน้ำเข้าในหลอดแก้ว รอให้ระดับน้ำลงมาถึง h1 เริ่มจับเวลา จนถึงระดับ h และจากระดับ h ถึง h_2 และวัดอุณหภูมิของน้ำ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลองความซึมน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความซึมน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

11.3.6 การรายงาน

1) ให้รายงานค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้เฉลี่ยของน้ำ ณ อุณหภูมิที่ทดสอบ
2) ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้เฉลี่ยของน้ำ ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

11.3.7 ข้อควรระวัง

1) ก่อนทำการเตรียมตัวอย่างโดยการไล่อากาศออกจากช่องว่าง ตัวอย่างดินทรายอาจเกิดการเดือดได้
2) การอ่านค่าที่เกิดจากการสูญเสียของระดับน้ำในระบบการทดสอบต้องมีความรอบคอบละเอียด

11.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

มวลดินเป็นวัสดุที่มีช่องว่างต่อเนื่องในระหว่างเม็ดดิน ดังนั้นเมื่อมีน้ำที่มีความดันต่างกันระหว่าง 2 จุดในมวลดิน ก็จะมีการไหลของน้ำผ่านช่องว่างเหล่านี้ ความสามารถที่มวลดินให้น้ำซึมผ่านไปได้นี้ เรียกว่า ความซึมน้ำของดิน (ค่า k) ถ้ามวลดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก ค่า k ก็จะสูง เรามักเรียกว่า Pervious Soil ถ้าน้ำซึมผ่านได้มาก ค่า k ต่ำ จะเรียกว่า Impervious Soil ค่าความซึมน้ำของดิน เป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่สำคัญ ซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของดินหลายอย่าง เช่น การรั่วซึมของน้ำที่เก็บกักโดยการปิดกันโดยเขื่อนดิน, ความมั่นคงของลาดเขื่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันน้ำภายในตัวเขื่อน, อัตราการทรุดตัวของชั้นดินเกิดจากน้ำหนักสิ่งก่อสร้าง, ความมั่นคงและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าบ่อที่ขุดเพื่อก่อสร้างฐานราก และแม้กระทั่งปริมาณน้ำที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้จากการเจาะน้ำบาดาล

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลอง ความซึมน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความซึมน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

11.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง

ตารางที่ 11.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความซึมน้ำของดินแบบความดันน้ำคงที่

เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง ซม.	10.10	น้ำหนักแบบ+ดินก่อน กรัม	3,760
ความสูงของตัวอย่าง ซม.	11.65	น้ำหนักแบบ+ดินหลัง กรัม	1,245
พื้นที่หน้าตัด ซม.^{2}	80.078	น้ำหนักดินในหลอด กรัม	2,515
ปริมาตร ซม.^{3}	932.909	ความหนาแน่นดินชื้น กรัม/ซม.^{3}	2.696
ปริมาณน้ำในดิน %	30	ความถ่วงจำเพาะของดิน	2.67
ความหนาแน่นแห้ง กรัม/ซม.^{2}	2.074	อัตราส่วนช่องว่างของดิน	0.287
ความต่างของระดับน้ำ ซม.	12	ความยาวของตัวอย่าง ซม.	20

การทดสอบแบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณน้ำ (ซม.^{3})	เวลา (วินาที)	ค่า K_T (ซม.ต่อวินาที)	$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$	ค่า K_{20} (ซม.ต่อวินาที)
1	30.5	121	68	0.03703	0.7876	0.02917
2	30.5	145	76	0.03971	0.7876	0.03127
3	30.5	136	75	0.03774	0.7876	0.02972
4	30.5	128	70	0.03806	0.7876	0.02997
ค่าเฉลี่ย				0.03814		0.03004

สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบค่า K_T ได้เท่ากับ 0.03814 ซม./วินาที

สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ 0.03004 ซม./วินาที

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลอง ความซึมน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความซึมน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 11.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความซึมน้ำของดินแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดทดสอบ ซม.			2.523	พื้นที่หน้าตัดภายในหลอดทดสอบ ซม.^{2}			5.00
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ความต่างน้ำ ซม.		เวลา วินาที	K_T ซม./วินาที	$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$	K_{20} ซม./วินาที
		h1	h2				
1	30.5	100	80	1,300	0.000214	0.7876	0.000169
2	30.5	100	80	1,312	0.000212	0.7876	0.000167
3	30.5	100	80	1,325	0.000210	0.7876	0.000165
4	30.5	100	80	1,320	0.000211	0.7876	0.000166
ค่าเฉลี่ย					0.00021175		0.00016675
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบค่า K_T ได้เท่ากับ 0.0002117 ซม./วินาที							
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ 0.0001667 ซม./วินาที							

11.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองหาความซึมน้ำของดิน

1) วิธีคำนวณการทดลองแบบความดันน้ำคงที่

$$K = \frac{QL}{ht} \quad \text{.....(11.5)}$$

K = สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลซึม

L = ความยาวของการไหลซึม

h = การสูญเสียความดันหรือระดับน้ำ

t = ช่วงเวลา (ปริมาณน้ำ Q ไหลผ่าน)

2) วิธีคำนวณการทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

$$K = \frac{2.3a.L}{A.t} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \quad \text{.....(11.6)}$$

K = สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน

A = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดิน

h_1, h_2 = การสูญเสียความดันหรือระดับน้ำ

a = พื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้ว

t = เวลา ณ จุดเริ่มต้นถึงเวลาที่จุดสุดท้าย

h_1 = ความต่างของระดับน้ำ ณ จุดเวลาเริ่มต้น

h_2 = ความต่างของระดับน้ำ ณ จุดเวลาสุดท้าย

3) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองความหนาแน่นของดิน

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาความซึมน้ำด้วยวิธีความดันน้ำคงที่

ปริมาณน้ำที่ไหลซึม	Q	= 121	ซม.^{3}
ความยาว	L	= 11.65	ซม.
ความสูง	h	= 200	ซม.

4) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาความซึมน้ำวิธีความดันน้ำเปลี่ยนแปลง(จากตารางที่ 11.3)

A	=	80.078	ซม.^{2}
h_1	=	100	ซม.
h_2	=	80	ซม.
L	=	12	ซม.

5) การคำนวณผลจากการทดลองของดินครั้งที่ 1 (จากตารางที่ 11.3)

ช่วงเวลา t = 68 วินาที

$$K = \frac{QL}{Aht}$$

$$= \frac{121 \times 11.65}{80.078 \times 200 \times 68}$$

สปส. ความซึมน้ำของดินเท่ากับ = 3.703×10^{-2} ซม./วินาที

อุณหภูมิ U_{T^oc} = 30.5 องศา

$$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}} = 0.7876 \text{ (จากตารางที่ 11.2)}$$

K_{20} = $3.703 \times 10^{-2} \times 0.7876$

= 2.917×10^{-2} ซม./วินาที

ตารางที่ 11.5 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความซึมน้ำของดินแบบความดันน้ำคงที่

เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง ซม.	10.10	น้ำหนักแบบ+ดินก่อน กรัม	3,760
ความสูงของตัวอย่าง ซม.	11.65	น้ำหนักแบบ+ดินหลัง กรัม	1,245
พื้นที่หน้าตัด ซม.^{2}	80.078	น้ำหนักดินในหลอด กรัม	2,515
ปริมาตร ซม.^{3}	932.909	ความหนาแน่นดินชื้น กรัม/ซม.^{3}	2.696
ปริมาณน้ำในดิน %	30	ความถ่วงจำเพาะของดิน	2.67
ความหนาแน่นแห้ง กรัม/ซม.^{2}	2.074	อัตราส่วนช่องว่างของดิน	0.287
ความต่างของระดับน้ำ ซม.	12	ความยาวของตัวอย่าง ซม.	20

การทดสอบแบบความดันคงที่ (Constant Head)

ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ปริมาณน้ำ ซม.^{3}	เวลา วินาที	ค่า K_T ซม.ต่อวินาที	$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$	ค่า K_{20} ซม.ต่อวินาที
1	จากการวัด =30.5	จากการวัด =121	จับเวลา =68	$=\frac{121x20}{80.078x68x\,12}$ = 0.03703	จากตารางที่ 11.2 =0.7876	=(0.03703 x0.7876) =0.02917
2	จากการวัด =30.5	จากการวัด =145	จับเวลา =76	$=\frac{145x20}{80.078x76x\,12}$ =0.03971	จากตารางที่ 11.2 =0.7876	=(0.03971 x0.7876) =0.03127
3	จากการวัด =30.5	จากการวัด =136	จับเวลา =75	$=\frac{136x20}{80.078x75x\,12}$ =0.03774	จากตารางที่ 11.2 =0.7876	=(0.03774 x0.7876) =0.02972

ตารางที่ 11.5 (ต่อ)แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความซึมน้ำของดิน แบบความดันน้ำคงที่

การทดสอบแบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head)						
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ปริมาณน้ำ ซม.^{3}	เวลา วินาที	ค่า K_T ซม.ต่อวินาที	$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$	ค่า K_{20} ซม.ต่อวินาที
4	จากการวัด =30.5	จากการวัด =128	จับเวลา =70	$=\frac{128x20}{80.078x70x\,12}$ =0.03806	จากตารางที่ 11.2 =0.7876	=(0.03806 x0.7876) =0.02997
ค่าเฉลี่ย				0.03814		0.03004
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า K_T ได้เท่ากับ 0.03814 ซม./วินาที						
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ 0.03004 ซม./วินาที						

หาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า K_T ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.03703 + 0.03971 + 0.03774 + 0.03806}{4} \qquad = 0.03814 \text{ ซม./วินาที}$$

หาเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.02917 + 0.03127 + 0.02972 + 0.02997}{4} \qquad = 0.03004 \text{ ซม./วินาที}$$

ตารางที่ 11.6 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความซึมน้ำของดินแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดทดสอบ ซม.			2.523	พื้นที่หน้าตัดภายในหลอดทดสอบ ซม.^{2}			5.000
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ความต่างน้ำ(ซม) h1	h2	เวลา วินาที	K_T ซม.ต่อวินาที	$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$	K_{20} ซม.ต่อวินาที
1	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,300	0.000214	จากตารางที่ 11.2 0.7876	=0.000214 x0.7876 =0.000169
2	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,312	0.000212	จากตารางที่ 11.2 0.7876	=0.000212 x0.7876 0.000167
3	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,325	0.000210	จากตารางที่ 11.2 0.7876	=0.000210 x0.7876 0.000165
4	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,320	0.000211	จากตารางที่ 11.2 0.7876	=0.000211 x0.7876 0.000166
ค่าเฉลี่ย					0.0002117		0.0001667
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบค่า K_T ได้เท่ากับ 0.0002172 ซม./วินาที							
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ 0.0001667 ซม./วินาที							

6) การคำนวณผลจากการทดลอง จากตารางที่ 11.6

$$K_T = \frac{2.3a.L}{A.t}\log_{10}\frac{h_1}{h_2}$$

$$= \frac{2.3\times 5\times 20}{80.078 \text{x} 1{,}300}\log_{10}\frac{100}{80}$$

$$= 2.14 \text{ x } 10^{-4}$$

สปส. ความซึมน้ำของดินเท่ากับ = $2.14 \text{ x } 10^{-4}$ ซม./วินาที

$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$ = 0.7876 .....(จากตารางที่ 11.2)

$K_{20} = 2.14 \text{ x } 10^{-4} \text{ x } 0.7876$

$= 1.69 \text{ x } 10^{-4}$ ซม./วินาที

หาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า K_T ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.000214 + 0.000212 + 0.000210 + 0.000211}{4} = 0.0.000211 \text{ ซม/วินาที}$$

หาเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.000169 + 0.000167 + 0.000165 + 0.000166}{4} = 0.0001667 \text{ ซม/วินาที}$$

แบบทดสอบที่ 11 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 11 เรื่อง การทดลองความซึมน้ำของดิน (Soil Permeability Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ดินประเภทใดที่น้ำไหลซึมผ่านได้ง่าย
   - ก. ดินทราย
   - ข. ดินตะกอน
   - ค. หินและกรวด
   - ง. ดินเหนียว
2. การทดสอบแบบความดันคงที่ใช้สำหรับดินประเภทใด
   - ก. ดินเหนียว
   - ข. ดินทราย
   - ค. ดินตะกอน
   - ง. ดินปนกรวด
3. การทดสอบแบบความดันเปลี่ยนใช้สำหรับดินประเภทใด
   - ก. ดินเหนียว
   - ข. ดินทราย
   - ค. ดินตะกอน
   - ง. ดินปนกรวด
4. พลังงานที่ควบคุมการไหลของน้ำในดินที่จุดๆ หนึ่งประกอบด้วยข้อใด
   - ก. พลังงานศักย์ พลังงานความดัน พลังงานจลน์
   - ข. พลังงานศักย์ พลังงานความดัน
   - ค. พลังงานความดัน พลังงานจลน์
   - ง. พลังงานศักย์ พลังงานจลน์
5. การไหลแบบลามิน่า (Laminar Flow) เป็นการไหลแบบใด
   - ก. ไหลแบบเป็นคลื่น
   - ข. ไหลแบบหมุนวน
   - ค. ไหลแบบราบเรียบ
   - ง. ไหลแบบซิกแซกไม่มีทิศทางแน่นอน

6. ทรายหยาบมีค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมอยู่ระหว่างข้อใด

ก. $1 - 10^{2}$

ข. $1 - 10^{-3}$

ค. $10^{-3} - 10^{-6}$

ง. $10^{-5} - 10^{-6}$

7. ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ของการซึมน้ำในดิน ข้อใดถูกต้อง

ก. ความหนืด ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน การต่อเนื่องและเป็นเนื้อเดียวกันของดิน

ข. ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน ดินต่างชนิดในเนื้อเดียวกัน สีของเนื้อดิน

ค. ความหนืด ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน ความแข็งแรงของดิน

ง. ความแข็งของดิน สีของเนื้อดิน โครงสร้างการเรียงตัวของเม็ดดิน

8. ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดินที่อุณหภูมิ 20^{0}C ค่า $K_{20}o_{C}$ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่อยมากเท่ากับข้อใด

ก. 10.90

ข. 10.09

ค. 19.90

ง. 19.09

9. การทดลองแบบความดันน้ำคงที่ตัวอย่างที่เป็นดินเหนียว ต้องปล่อยแช่น้ำก่อนทำการทดลองเท่าใด

ก. 6 ชั่วโมง

ข. 10 ชั่วโมง

ค. 12 ชั่วโมง

ง. 24 ชั่วโมง

10. การทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนตัวอย่างที่เป็นดินเหนียว ต้องปล่อยแช่น้ำก่อนทำการทดลองเท่าใด

ก. 6 ชั่วโมง

ข. 10 ชั่วโมง

ค. 12 ชั่วโมง

ง. 24 ชั่วโมง

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✕) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 มวลดินที่ให้น้ำซึมผ่านได้ยาก ค่า k จะสูงเรียกว่า Pervious Soil

…….2.2 มวลดินที่ให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย ค่า k จะสูงเรียกว่า Pervious Soil

…....2.3 การใส่ตัวอย่างดินในหลอดทดลองความซึมได้ ใส่เป็นชั้นๆ 3 ซม.

…….2.4 อัตราส่วนช่องว่างมีผลต่อการซึมน้ำของดิน

…….2.5 สัมประสิทธิ์การซึมได้จะอยู่ระหว่าง $1- 10^{-10}$

…….2.6 เฮดทั้งหมด=เฮดเนื่องจากระดับน้ำสูงต่ำ+เฮดเนื่องจากความดัน-เฮดความเร็ว

…….2.7 กฎดาร์ซี(Darcy]s law) เขียนเป็นสมการได้ว่า $v = Q . k . i$

……2.8 กรวดมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ประมาณ $k = 1 - 10^{2}$

……2.9 ความซึมได้ หาได้จากการนำตัวอย่างดินมาทดลองในห้องเท่านั้น

……2.10 กฎของการซึมคือความเร็วของการไหลซึมของของเหลวผ่านตัวกลางพรุน จะเป็นปฏิภาคกับไฮดรอลิกส์เกรเดียน

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาความซึมน้ำของดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และเตรียมตัวอย่างดินเหนียวคงสภาพ โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการความซึมน้ำของดินแบบความดันน้ำคงที่
2) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการความซึมน้ำของดินแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง
3) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 11.7 และ 11.8
4) คำนวณหาสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดินทั้งแบบความดันน้ำคงที่และความดันน้ำเปลี่ยนแปลง
5) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 11.7 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความซึมน้ำของดิน แบบความดันน้ำคงที่

เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง ซม.		น้ำหนักแบบ+ดินก่อน กรัม	
ความสูงของตัวอย่าง ซม.		น้ำหนักแบบ+ดินหลัง กรัม	
พื้นที่หน้าตัด ซม.^{2}		น้ำหนักดินในหลอด กรัม	
ปริมาตร ซม.^{3}		ความหนาแน่นดินชื้น กรัม/ซม.^{3}	
ปริมาณน้ำในดิน %		ความถ่วงจำเพาะของดิน	
ความหนาแน่นแห้ง กรัม/ซม.^{2}		อัตราส่วนช่องว่างของดิน	
ความต่างของระดับน้ำ (ซม)		ความยาวของตัวอย่าง ซม.	

การทดสอบแบบความดันคงที่ (Constant Head)

ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ปริมาณน้ำ ซม.^{3}	เวลา วินาที	ค่า K_T ซม.ต่อ วินาที	$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$	ค่า K_{20} ซม.ต่อ วินาที

สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า K_T ได้เท่ากับ ซม./วินาที

สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ ซม./วินาที

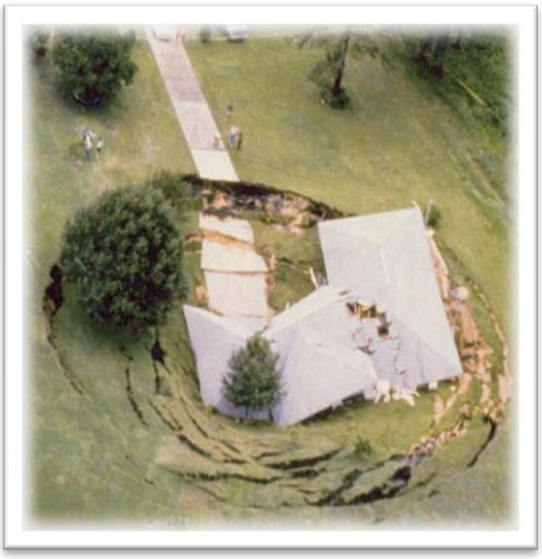
ตารางที่ 11.8 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความซึมน้ำของดิน แบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหลอดทดสอบ ซม.				พื้นที่หน้าตัดภายในของหลอดทดสอบ ซม.^{2}			
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ความต่างน้ำ ซม. h1	ความต่างน้ำ ซม. h2	เวลา วินาที	K_T ซม./วินาที	$\frac{U_{T°c}}{U_{20°c}}$	K_{20} ซม./วินาที
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า K_T ได้เท่ากับ ซม./วินาที							
สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K_T ได้เท่ากับ ซม./วินาที							

หน่วยที่ 12

การทดลองการยุบอัดตัวของดิน (Consolidation Test)

[1]



[2]

[3]

[1] www.studychannels.com

[2] www.studychannels.com

[3] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

หน่วยที่ 12

การทดลองการยุบอัดตัวของดิน (Consolidation Test)

หัวข้อเรื่อง

12.1 การวิเคราะห์การทรุดตัวของดิน
12.2 ขอบข่ายการทดลองการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ
12.3 ใบงานขั้นการทดลองการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ
12.4 คำนวณผลการทดลองการยุบตัวของดิน

สาระสำคัญ

มวลดินรวมจะประกอบด้วยเนื้อดินและน้ำระหว่างเม็ดดิน เมื่อน้ำจำนวนหนึ่งไหลออกไป จึงทำให้เกิดการลดปริมาตรของมวลดินขึ้นคือการลดความหนาของชั้นดิน เพื่อทดสอบและหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวและอัตราการทรุดตัวของดิน การทดลองนี้ จะมุ่งเน้นที่จะหาคุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการยุบอัดตัวคายน้ำครั้งแรกเป็นส่วนใหญ่ ผลการทดลองจะถูกเขียนในรูปแบบของกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความเครียดสุดท้าย กับหน่วยแรงที่กระทำในรูปของหน่วยแรงสะสมแล้วเขียนกราฟของหน่วยแรงในรูปของสเกลล็อก (Log Scale)

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกอธิบายการทรุดตัวของดินได้
2. บอกขอบข่ายการทดลองการทรุดตัวของดินแบบอัดตัวคายน้ำได้
3. ทดลองการทรุดตัวของดินแบบอัดตัวคายน้ำได้
4. คำนวณการทรุดตัวของดินจากการยุบอัดตัวคายน้ำของดินได้

บทนำ

การยุบอัดตัวคายน้ำเป็นลักษณะการทรุดตัวของดินแบบหนึ่งเมื่อมีแรงกดหรือน้ำหนักมากระทำ จะเกิดขึ้นกับดินที่มีความเชื่อมแน่น เช่น ดินเหนียว ซึ่งเป็นการยุบตัวแบบช้า ๆ และใช้ระยะเวลานาน ในหลักของการทดสอบ จะนำน้ำหนักมากดทับบนตัวอย่างดิน แล้วทิ้งไว้และวัดระยะการยุบตัวของตัวอย่างดินตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบไปเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ต่อไป ส่วนค่าหรือผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบนี้ สามารถนำไปประมาณค่าการทรุดตัวได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใดก็จะขึ้นอยู่กับสภาพตัวอย่างดิน ความละเอียดในการทดสอบ เนื่องจากสภาพการทดสอบของตัวอย่างดินจะไม่เหมือนกับสภาพชั้นดินที่อยู่ในธรรมชาติจริง และอุปกรณ์ทดสอบก็มีข้อจำกัดอยู่หลายอย่าง ที่ไม่อาจเลียนแบบสภาพชั้นดินจริงในธรรมชาติได้จึงต้องมีการพิจารณาผลที่ได้อย่างรอบคอบก่อนนำไปใช้ต่อไป

12.1 วิเคราะห์การทรุดตัวของดิน

1) การทรุดตัวของชั้นดินเกิดจากน้ำหนักบรรทุก แบ่งออกเป็น 3 ประเภท
   - 1.1) การทรุดตัวในสภาพไม่ระบายน้ำซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าน้อย เกิดจากสมบัติยืดหยุ่นของดินปกติ
   - 1.2) การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำครั้งแรกเกิดจากปริมาณน้ำหรืออากาศที่ถูกบีบออกจากช่องว่างของมวลดิน ทำให้ปริมาตรของเม็ดดินลดลง
   - 1.3) การทรุดตัวแบบยุบตัวครั้งที่สองเป็นการทรุดตัวที่เกิดขึ้นหลังจากการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำครั้งแรก โดยมวลดินจัดเรียงตัวของเม็ดดินใหม่

2) การยุบอัดตัวคายน้ำ เป็นลักษณะที่ดินเมื่ออยู่ภายใต้แรงกดที่เพิ่มขึ้นจำนวนหนึ่งแรงกดที่เพิ่มขึ้นนี้ โดยน้ำที่อยู่ในเนื้อดินจะรับไว้ทั้งหมดในช่วงระยะเวลาแรก และระยะเวลาต่อมาน้ำจะเริ่มไหลออกจากดินทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อดิน และเนื้อดินจะรับแรงกดแทนน้ำที่ไหลออกไป เนื้อดินจึงเคลื่อนตัวชิดกัน จึงทำให้ดินยุบตัวลง จากสมมุติฐานการยุบอัดตัวอาจแบ่งสภาพการยุบอัดตัว ออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

2.1) Primary Consolidation เป็นการยุบตัวเนื่องจากน้ำในดินไหลออกไป ทำให้ดินรับแรงกดแทนน้ำจึงทำให้เนื้อดินเคลื่อนตัวชิดกันแทนช่องว่างที่น้ำไหลออก การยุบตัวลักษณะนี้จะเป็นแบบ Plastic Deformation

2.2) Secondary Compression จะเกิดหลังการยุบอัดตัวคายน้ำครั้งแรก อาจเกิดขึ้นจากเนื้อดินจัดเรียงตัวกันเองให้แน่นขึ้นทำให้ดินเกิดการยุบตัวลงอีกครั้ง

3) คุณสมบัติสำคัญทางการทรุดตัวมี 2 ประการ

3.1) อัตราความเร็วในการทรุดตัว คืออัตราเร็วของน้ำที่สามารถไหลออกจากชั้นดินขึ้นอยู่กับมวลดิน มีความชุ่มน้ำมากน้อยเพียงใด ความสามารถในการซึมน้ำของดิน ระยะที่น้ำจะต้องซึมผ่านไปสู่จุดสมดุล จาก Terzaghi's Consolidation Theory ได้ดัชนีค่าซึ่งบ่งถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการทรุดตัว เรียกว่าดัชนีบ่งถึงสมบัติเกี่ยวกับการทรุดตัว (Coefficient of Consolidation), C_v

$$C_v = \frac{TH^2}{t} \quad \text{.....(12.1)}$$

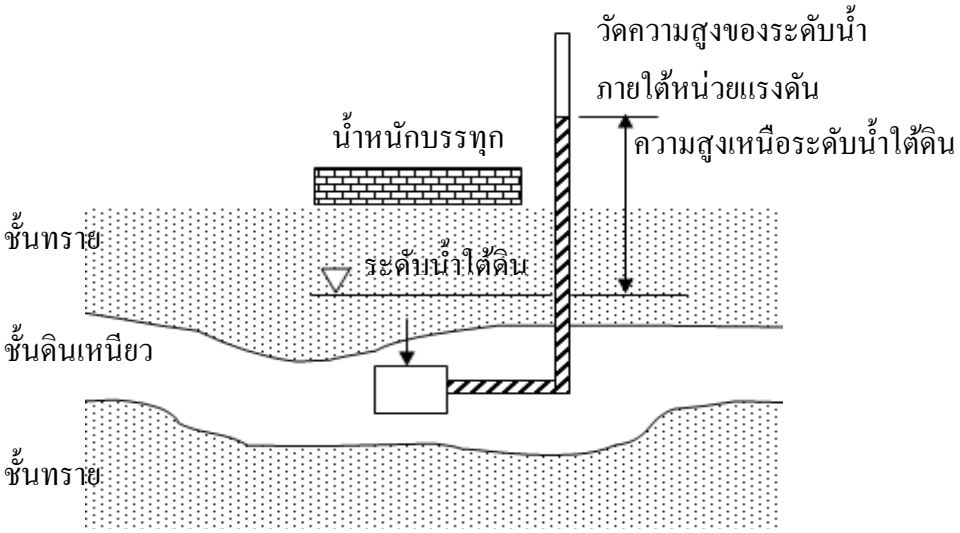
C_v = ดัชนีบ่งถึงสมบัติเกี่ยวกับการทรุดตัว

T = Time Factor เป็นค่าคงที่ (ดังตารางที่ 12.1)

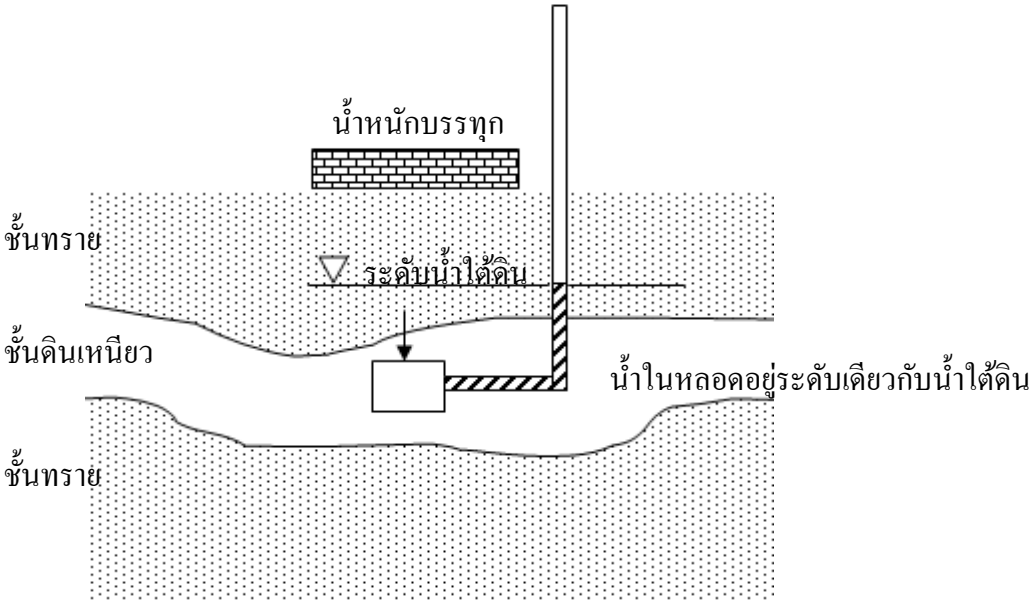
t = เวลามีหน่วยเป็นวินาที

H = ระยะไกลสุดที่น้ำในมวลดินจะต้องไหลออกมาสู่จุดสมดุล

3.2) ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดโดย ดัชนีของการทรุดตัว (Compressibility Index) C_c



ก. หน่วยแรงดันสถิตย์ของน้ำในชั้นดินเหนียวเมื่อน้ำหนักของฐานรากกระทำเป็นครั้งแรก



ข. หน่วยแรงดันสถิตย์ของน้ำในชั้นดินเหนียวภายใต้การเกิดคอนโซลิเดชั่น 100 %

รูปที่ 12.1 การเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำในมวลดินจำพวกดินเหนียว ภายใต้ขบวนการคอนโซลิเดชั่น[4]

[4] ผศ.มานะ อภิพัฒนะมนตรี. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2543 หน้า 278.

ตารางที่ 12.1 ตาราง Time Factor[5]

Percentage of Consolidation (U)	Time Factor, (T)		
	Case.1	Case.2	Case.3
0	0	0	0
5	0.0020	0.0030	0.0208
10	0.0078	0.0111	0.0428
15	0.0177	0.0238	0.659
20	0.0314	0.0405	0.904
25	0.0491	0.0608	0.128
30	0.0707	0.0847	0.145
35	0.0962	0.112	0.187
40	0.126	0.143	0.207
45	0.159	0.177	0.242
50	0.197	0.215	0.281
55	0.239	0.257	0.324
60	0.286	0.305	0.371
65	0.342	0.359	0.435
70	0.403	0.422	0.488
75	0.477	0.495	0.562
80	0.567	0.586	0.652
85	0.674	0.702	0.769
90	0.848	0.867	0.933
95	1.129	1.148	1.214
100	α	α	α

[5] สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2551. หน้า 122

12.2 ขอบข่ายการทดลองการทรุดตัวของดิน

การทรุดตัวของมวลดินใช้ทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำ 1 มิติ ของ Terzaghi โดยเอาผลจากการทดลองในห้องทดลองการนำไปประมาณการทรุดตัวในสนาม แต่การทรุดตัวในสนามจริงมักมีค่าไม่เท่ากับในห้องทดลอง สาเหตุเพราะดินในสนามจะมีการเคลื่อนตัวในลักษณะ 2 หรือ 3 มิติ

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 2435 Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation

12.3 ใบงานขั้นการทดลองการทรุดตัวของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

12.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาการทรุดตัวของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาการทรุดตัวของดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาการทรุดตัวของดินได้
4) สามารถคำนวณหาการทรุดตัวของดินได้

12.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

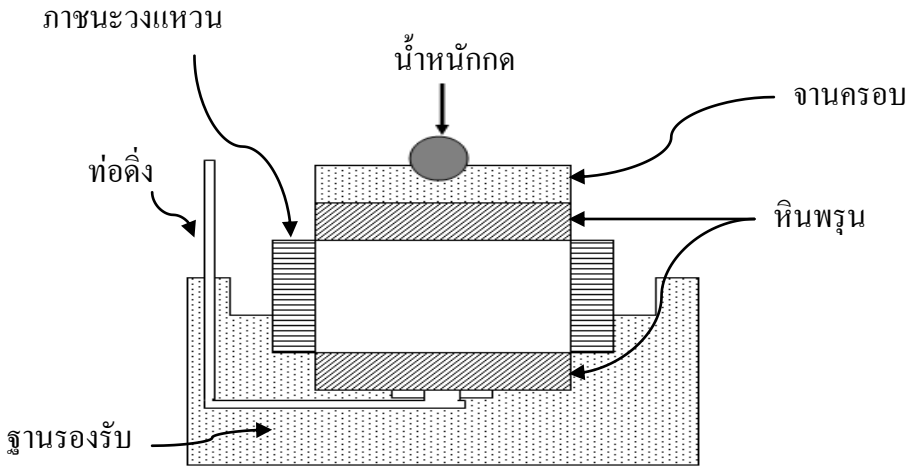
1) เครื่องมือทดสอบ Consolidometer หรือ Odometer เป็นเครื่องมือกดทดสอบที่มีกำลังมากพอสำหรับตัวอย่างที่จะทดสอบ พร้อมมาตรวัดขนาด 0.5 นิ้ว x 0.0001 นิ้ว
2) เครื่องมืออุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง Consolidation Cell ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว สูง 0.75 นิ้ว และส่วนประกอบ แผ่นหินพรุน 2 แผ่น, วงแหวนวัดแรง และฝากดน้ำหนัก

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

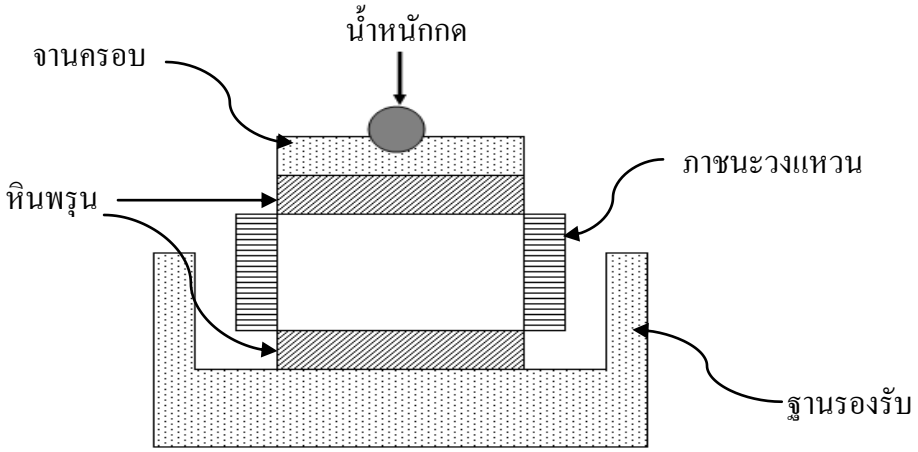
3) หัวกดตัวอย่างดิน Load Head หรือ Top Cap เป็นโลหะเพื่อใช้ส่งถ่ายน้ำหนักเพื่อกดตัวอย่างดิน
4) แผ่นเหล็กขนาด 0.5, 1, 2, 5, 10 กิโลกรัม
5) อุปกรณ์แต่งตัวอย่าง + เลื่อยเส้นลวด
6) เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม
7) นาฬิกาจับเวลา
8) อุปกรณ์วัดระยะการหดตัว อ่านได้ละเอียด 0.01 มม.
9) กระป๋องอบดิน
10) เตาอบ

รูปที่ 12.2 แสดงเครื่องมือทดสอบ Consolidometer **รูปที่ 12.3** แสดงอุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	**ใบงานที่ 13**	**หน่วยที่ 12**
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		**สอนครั้งที่ 15**
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	**ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน**	**จำนวน 4 ชั่วโมง**



รูปที่ 12.4 แสดงอุปกรณ์ Consolidation Cell แบบ Fixed Ring



รูปที่ 12.5 แสดงอุปกรณ์ Consolidation Cell แบบ Floating Ring

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

12.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ดินเหนียว
2) กระดาษกรอง

12.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 12.2 สัมพันธ์ระหว่าง มาตรวัด กับ $\sqrt{T}$
2) ตารางที่ 12.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรวัด กับ $\sqrt{T}$
3) ตารางที่ 12.4 ปริมาณน้ำในดิน
4) ตารางที่ 12.5 ค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

12.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองวิธีความดันน้ำคงที่

1) เตรียมตัวอย่างดินสำหรับทดสอบ การอัดตัวคายน้ำนี้เป็นดินตัวอย่าง คงสภาพ ที่ได้มาจากการเก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกบาง นำมาดันตัวอย่างดินออกโดยใช้เครื่องมือดัน
2) ทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของ Cutting Ring วัดขนาดตัวอย่าง เพื่อจะคำนวณหาความหนาแน่นและอัตราส่วนความพรุนต่อไป ส่วนดินที่เหลือจากการตัดแต่งให้นำไปหาความชื้น ซึ่งเป็นความชื้นของตัวอย่างก่อนทดลอง
3) นำดินตัวอย่างกดลงไปใน Consolidation Cell แล้วใช้มีดตัดแต่งผิวบนและล่างให้เรียบ แล้วนำดินที่บรรจุภายในแล้วไปชั่ง และนำกระดาษกรองที่อิ่มตัวด้วยน้ำ รองผิวบนและผิวล่างของดิน
4) นำตัวอย่างดินติดตั้งใน Consolidation Cell ซึ่งมีแผ่นหินพรุนและกระดาษรองที่เปียกน้ำโดยจะต้องไล่ฟองอากาศออกจากหินพรุนก่อนนำมาประกบเข้ากับตัวอย่างทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อให้น้ำสามารถไหลออกได้สะดวก

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

5) นำ Consolidation Cell ติดตั้งใน Loading Frame และติดตั้งมาตรวัด (อ่านได้ละเอียดถึง 0.0001 นิ้ว) เพื่อวัดการทรุดตัวของตัวอย่างดิน และใส่น้ำใน Consolidation Cell ให้ระดับน้ำอยู่เหนือระดับตัวอย่างดิน
6) นำ Consolidation Cell ไปวางที่เครื่องกด จัดเครื่องกดให้อยู่ในลักษณะจะเริ่มกด คือ ผิวของที่กดสัมผัสแผ่นหินพรุนแล้วให้แรงกดเท่ากับ 48 กก./ซม.^{2} (หรือน้อยกว่านั้นถ้าเป็นดินอ่อน) แล้วจึงปรับหน้าปัดของมาตรวัดชี้ที่ศูนย์
7) น้ำหนักบรรทุกที่ใช้จะวางบนคาน ซึ่งจะทำให้น้ำหนักกดในดินตัวอย่างประมาณ 10 เท่าของน้ำหนักจริง
8) ความดันที่ใช้กดจะเริ่มที่ 0.25, 0.5, 1, 2, 4 กก./ซม.^{2}
9) วางน้ำหนักชุดแรก จดเวลาและอ่านมาตรวัดที่เวลา 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15, 30 นาที และ 1, 2, 4 ชม. ตามลำดับ
10) เขียนกราฟระหว่างมาตรวัด กับ $\sqrt{t}$
11) ทิ้งไว้อย่างน้อย 25 ชม. จึงเริ่มเพิ่มความดัน โดยวางน้ำหนักชุดที่ 2 จดเวลาอ่านค่ามาตรวัด 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15, 30 นาที และ 1, 2, 4 ชม. ตามลำดับ
12) เขียนกราฟระหว่าง ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัด กับ $\sqrt{t}$
13) ถ้าต้องการทราบคุณสมบัติของดินในการยืดตัวจากการลดน้ำหนัก ก็ให้ทดลองเหมือนกัน เพียงเอาน้ำหนักออก
14) การถอนน้ำหนักบรรทุกให้ยกจาก 16 , 8 , 4 , 2 , 1 , 0.5 กก./ซม.^{2} ในช่วงเวลาทุกๆ 4 ชั่วโมง
15) หลังจากทดลองเสร็จแล้ว ให้นำตัวอย่างพร้อมแหวนไปอบแห้งเพื่อหาปริมาณน้ำหลังทดสอบ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

12.3.6 การรายงาน

1) เขียนกราฟของค่าอ่านมาตรวัดต่อ $\sqrt{t}$ ของทุกขั้นน้ำหนัก
2) เขียนกราฟหาค่าแรงกดสูงสุด

12.3.7 ข้อควรระวัง

1) ต้องคิดหน่วยแรงเป็นหน่วยแรงประสิทธิผลเสมอตามทฤษฎีประสิทธิผลต้องหักแรงดันน้ำออกทุกครั้ง ก่อนนำไปหาน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ
2) ต้องปรับคานให้ได้ระดับในแนวราบก่อนการทดสอบ
3) การเตรียมตัวอย่างดินโดยใช้วงแหวนตัดตัวอย่างดิน การกดต้องระมัดระวังให้เกิดการรบกวนน้อยที่สุด และต้องไม่มีช่องว่างระหว่างตัวอย่างดินและวงแหวนตัดตัวอย่างดิน ตัวอย่างดินที่เตรียมเสร็จแล้ว ต้องปาดหน้าให้เรียบ ทั้ง 2 ด้าน
4) ก่อนวางตัวอย่างดินบนหินพรุน ต้องมีกระดาษกรองปิดก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้ดินอุดรูของหินพรุน
5) ต้องระวังมิให้น้ำในเครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำแห้ง โดยคอยดูและเติมให้ท่วมตัวอย่างดินอยู่ตลอดเวลา

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

12.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

การทรุดตัวของชั้นดินอันเกิดจากการกดทับ หรือน้ำหนักบรรทุกของสิ่งก่อสร้างบนผิวดินเป็น ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งทางด้านปฐพีกลศาสตร์ การทรุดตัวของชั้นดินเนื่องจาก การยุบอัดตัวคายน้ำครั้งแรก มักเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหาย เช่น การทรุดตัวของถนนบริเวณคอสะพาน การแตกร้าวของอาคารเนื่องจากการทรุดตัวมากเกินไป หรือทรุดตัวไม่เท่ากัน การทรุดตัวของพื้นโรงงานหรือพื้นอาคารชั้นล่างซึ่งถ่ายน้ำหนักลงพื้นดินโดยตรง คุณสมบัติสำคัญทางการทรุดตัว ที่เราต้องการทราบมี 2 ประการด้วยกันคือ อัตราความเร็วในการทรุดตัว และปริมาณการทรุดตัวสูงสุด

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

12.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง

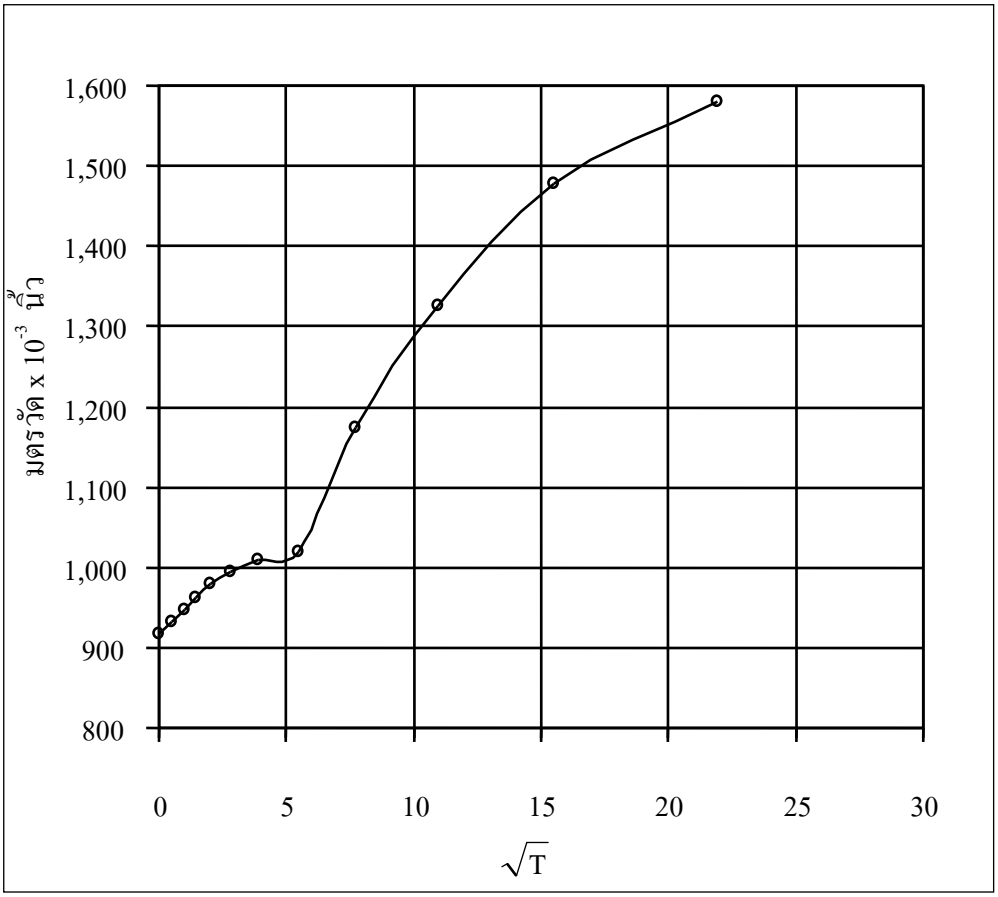
ตารางที่ 12.2 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดกับ $\sqrt{T}$

ความดัน	1.27	กก./ซม.^{2}	ถึงที่	2.500	กก./ซม.^{2}
น.น.กด	40	กก.	ถึงที่	9.0	กก.

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	$\sqrt{T}$	อ่านได้จากเกจ 10^{-3} (นิ้ว)
	9:10	0	0.000	918
		0.25	0.500	933
		1	1.000	946
		2	1.414	963
		4	2.000	979
		8	2.828	994
		15	3.873	1,010
		30	5.477	1,020
	10:10	60	7.746	1,173
	11:10	120	10.954	1,326
	13:10	240	15.492	1,479
	17:10	480	21.909	1,581

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 12.3 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรวัดกับ $\sqrt{T}$



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 12.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง ปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	A2
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	170.50	173.50
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	132.00	137.40
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	38.50	36.10
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.50	30.20
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	101.50	107.20
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	37.93	33.68

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 12.5 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

เส้นผ่าศูนย์กลางตัวอย่างดิน	5.08	ซม.	พื้นที่หน้าตัด	20.27	ซม^2	
ความสูงตัวอย่างดิน	2.54	ซม.	ปริมาตรดิน	51.48	ซม^3	
น้ำหนักดินแห้ง	60	กรัม	ถ.พ.ดิน	2.6		
ความสูงเนื้อดิน	1.139	ซม.	อัตราส่วนช่องว่าง	1.23		

น้ำหนักกด (กก.)	ความดัน (กก./ซม^2)	อ่านเกจช่วงสุดท้าย	ค่าเปลี่ยนของความสูงตัวอย่าง	อัตราส่วนช่องว่าง	เวลา 90% การยุบตัวคายน้ำ (นาที)	ส.ป.ส.การยุบตัวคายน้ำ (C_v) ซม^2/ นาที
0	0	0	0	0	0	0
0.5	0.159	170	0.17	1.082	5.7	3.946×10^{-3}
1	0.318	175	0.0050	1.226	7	3.212×10^{-3}
2	0.636	375	0.2000	1.055	18.5	1.196×10^{-3}
4	1.272	1,575	1.2000	0.177	44.9	4.595×10^{-4}
8	2.544	2,035	0.4600	0.827	144	1.340×10^{-4}
16	5.088	3,175	1.1400	0.230	114.5	1.524×10^{-4}
4	1.272	2,565	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

12.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลอง การยุบตัวของดิน

1) เขียนกราฟของความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรวัด กับ $\sqrt{T}$ (โดย 1 กราฟต่อการใส่ Load 1 ชั้น) หา t_{90} และจะมีช่วงแรกของการทรุดตัวที่ใกล้เคียงเส้นตรง แล้วค่อยๆ เอียงลาดลง ให้วัดจากแกนตั้งถึงเส้นตรงแล้วขยายออกไปตามแนวนอนอีก 0.15 เท่า แล้วลากเส้นตรงเส้นที่ 2 ผ่านจุดนั้นไปตัดเส้นกราฟจากการทดลอง จุดนั้นคือจุดของการเกิด Consolidation ที่ 90% โดยประมาณนำไปคำนวณหา C_v (ซม.^{2}/นาที) ได้ดังนี้

1.1) คำนวณหาค่า C_v จาก

$$C_v = \frac{T_{90} H^2}{t_{90}} \quad \text{.....(12.2)}$$

เมื่อ T_{90} = ได้จากตาราง 12.1

H = ความสูงของตัวอย่างเฉลี่ย

t = ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดการอัดตัวคายน้ำเป็นปริมาณ 90%ของทั้งหมด

ตารางที่ 12.6 แสดงตารางความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Consolidation กับ Time Factor[6]

Degree of Consolidation, U%	Time factor	Degree of Consolidation	Time factor
0	0	55	0.238
5	0.002	60	0.288
10	0.007	65	0.342
15	0.018	70	0.403
20	0.031	75	0.477
25	0.049	80	0.567
30	0.071	85	0.684
35	0.096	90	0.848
40	0.126	95	1.129
45	0.160	100	α
50	1.196	-	-

[6] มณเฑียร ดังศศิเทียม. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. 2543. หน้า 171.

1.2) คำนวณหา Consolidation Pressure

$$P = \frac{W.K.}{A} \quad \text{.....(12.3)}$$

เมื่อ P = Consolidation Pressure

W = น้ำหนักจริงที่วางบน Loading Frame

K = ค่าการขยายน้ำหนักที่กระทำบนตัวอย่างหรือจะบ่งไว้ที่คู่มือของเครื่อง Consolidometer แต่ละเครื่อง

A = พื้นที่รับน้ำหนักของตัวอย่างดิน

1.3) คำนวณหา Void Ratio

ก.) Void Ratio เมื่อเริ่มทดลอง e_0 ซึ่งเท่ากับ

$$e_0 = \frac{H_T - H_S}{H_S} \quad \text{.....(12.4)}$$

H_T = ความสูงของตัวอย่าง

H_S = ความสูงของเนื้อดิน (Height of Solid)

$$H_S = \frac{W_s}{G_s \cdot \gamma_w \cdot A} \quad \text{.....(12.5)}$$

W_s = น้ำหนักดินแห้ง

G_s = ความถ่วงจำเพาะของดิน

γ_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำ

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างเดิม

ข.) Void Ratio ภายหลังการเพิ่มน้ำหนักใดๆ

$$e_i = e_0 - \frac{\Sigma(\Delta V)}{H_s} \quad \text{.....(12.6)}$$

$\Sigma(\Delta V)$ = ผลบวกการทรุดตัวจากเริ่มการทดลอง

H_s = ความสูงของเนื้อดิน

2) หา C_c จะคำนวณได้จาก Slope ของช่วงซึ่งใกล้เคียงเส้นตรง โดยที่

$$C_c = \frac{\Delta v}{\Delta \log p}$$

3) การหาความดันสูงสุด ซึ่งตัวอย่างดินเคยถูกกดทับมาในอดีต (P_m)

4) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองความหนาแน่นของดิน

ตารางที่ 12.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดกับ $\sqrt{T}$

ความดัน	จากการบันทึก = 1.27	กก./ซม.^{2} ถึงที่	จากการบันทึก = 2.50	กก./ซม.^{2}
น.น.กด	จากการบันทึก = 40	กก. ถึงที่	จากการบันทึก = 9.0	กก.
วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	$\sqrt{T}$	อ่านได้จากเกจ 10^{-3} (นิ้ว)
	จากการบันทึก=9:10	0	$=\sqrt{0} = 0.000$	จากการอ่าน=918
		0.25	$=\sqrt{0.25} = 0.500$	จากการอ่าน=933
		1	$=\sqrt{1} = 1.000$	จากการอ่าน=946
		2	$=\sqrt{2} = 1.414$	จากการอ่าน=963
		4	$=\sqrt{4} = 2.000$	จากการอ่าน=979
		8	$=\sqrt{8} = 2.828$	จากการอ่าน=994
		15	$=\sqrt{15} = 3.873$	จากการอ่าน=1,010
		30	$=\sqrt{30} = 5.477$	จากการอ่าน=1,020
	จากการบันทึก=10:10	60	$=\sqrt{60} = 7.746$	จากการอ่าน=1,173
	จากการบันทึก=11:10	120	$=\sqrt{120} = 10.954$	จากการอ่าน=1,326
	จากการบันทึก=13:10	240	$=\sqrt{240} = 15.492$	จากการอ่าน=1,479
	จากการบันทึก=17:10	480	$=\sqrt{480} = 21.909$	จากการอ่าน=1,581

ตารางที่ 12.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินก่อนทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	170.50	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	132.00	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	38.50	= 170.50 – 132.00 = 38.50
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	101.50	= 132.00 – 30.50 = 101.50
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	37.93	$= \frac{38.50}{101.50} \times 100 = 37.93$

ตารางที่ 12.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินหลังทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	หลังการทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	173.50	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	137.40	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	36.10	= 173.50 – 137.40 = 36.10
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	107.20	= 137.40 – 30.20 = 107.20
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	33.68	$= \frac{36.10}{107.20} \times 100 = 33.68$

5) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

5.1) พื้นที่หน้าตัด $= \frac{\pi d^2}{4}$

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างดิน = 5.08 ซม.

A $= \frac{\pi \times (5.08)^2}{4} = 20.27$ ซม.^{2}

5.2) ปริมาตรของตัวอย่างดิน = A.h

h = ความสูงของตัวอย่าง = 2.54 ซม.

V = $20.27 \times 2.54 = 51.48$ ซม.^{2}

5.3) น้ำหนักของดินแห้ง = 60 กรัม (ได้จากการทดลอง)

5.4) ความถ่วงจำเพาะของดิน (ถ.พ.) = 2.6 (ได้จากการทดลอง)

5.5) อัตราส่วนช่องว่าง (e) $= \frac{(2.14 - 1.139)}{1.139} = 1.23$

ตารางที่ 12.10 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

เส้นผ่าศูนย์กลางตัวอย่างดิน	5.08	ซม.	พื้นที่หน้าตัด	20.27	ซม.^{2}
ความสูงตัวอย่างดิน	2.54	ซม.	ปริมาตรดิน	51.48	ซม.^{3}
น้ำหนักดินแห้ง	60	กรัม	ถ.พ.ดิน	2.6	
ความสูงเนื้อดิน	1.139	ซม.	อัตราส่วนชองว่าง	1.23	

น้ำหนักกด (กก.)	ความดัน (กก./ซม.^{2})	อ่านมาตรวัดช่วงสุดท้าย	ค่าเปลี่ยนของความสูงตัวอย่าง
0	0	0	0
0.5	=0.5x0.318=0.159	จากการอ่าน=170	=(170-0)x0.001=0.170
1	=1.0x0.318=1.0	จากการอ่าน=175	=(175-170)x0.001=0.0050
2	=2x0.318=0.636	จากการอ่าน=375	=(375-175)x0.001=0.2000
4	=4.0x0.318=1.272	จากการอ่าน=1,575	=(1,575-375)x0.001=1.2000
8	=8x0.318=2.544	จากการอ่าน=2,035	=(2,035-1,575)x0.001=0.4600
16	=16x0.318=5.088	จากการอ่าน=3,175	=(3,175-2,035)x0.001=1.1400

ตารางที่ 12.10 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

น้ำหนักกด (กก.)	ความดัน (กก./ซม.^{2})	อ่านมาตรวัดช่วงสุดท้าย	ค่าเปลี่ยนของความสูงตัวอย่าง
4	=4x0.318=1.272	จากการอ่าน=2,565	-
-	-	-	-

ตารางที่ 12.10 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

อัตราส่วนช่องว่าง	เวลา 90% การยุบตัวคายน้ำ (นาที)	สปส.การยุบตัวคายน้ำ (C_v) ซม.^{2}/ นาที
0	จากการอ่าน=0	0
$=1.23 \quad \frac{0.17}{1.139}=1.082$	จากการอ่าน=5.7	$=\frac{0.848x1.2615^2}{5.7x60}=3.946 \times 10^{-3}$
$=1.23 \quad \frac{0.005}{1.139}=1.226$	จากการอ่าน=7	$=\frac{0.848x1.2613^2}{7x60}=3.212 \times 10^{-3}$
$=1.23 \quad \frac{0.20}{1.139}=1.055$	จากการอ่าน=18.5	$=\frac{0.848x1.2513^2}{18.50x60}=1.196 \times 10^{-3}$
$=1.23 \quad \frac{1.20}{1.139}=0.177$	จากการอ่าน=44.9	$=\frac{0.848x1.2083^2}{44.90x60}=4.595 \times 10^{-4}$
$=1.23 \quad \frac{0.46}{1.139}=0.827$	จากการอ่าน=144	$=\frac{0.848x1.1683^2}{144x60}=1.340 \times 10^{-4}$
$=1.23 \quad \frac{1.140}{1.139}=0.230$	จากการอ่าน=114.5	$=\frac{0.848x1.113^2}{114.50x60}=1.524 \times 10^{-4}$
-	-	-

5.6) ค่า H ที่ 0.17 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - 0.17/10}{2} = 1.2615$$

5.7) ค่า H ที่ 0.005 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005)/10}{2} = 1.2613$$

5.8) ค่า H ที่ 0.20 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20)/10}{2} = 1.2513$$

5.9) ค่า H ที่ 1.20 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20 - 1.20)/10}{2} = 1.2513$$

5.10) ค่า H ที่ 0.46 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20 - 1.20 - 0.46)/10}{2} = 1.1683$$

5.11) ค่า H ที่ 1.140 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20 - 1.20 - 0.46 - 1.14)/10}{2} = 1.1113$$

แบบทดสอบที่ 12 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 12 เรื่อง การทดลองการยุบตัวของดิน (Consolidation Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับ ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การทรุดตัวแบบยุบครั้งที่สอง เป็นการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจากอะไร
   - ก. มวลดินจัดเรียงตัวของเม็ดดินใหม่
   - ข. ปริมาณอากาศออกไป
   - ค. ดินคายน้ำไปออก
   - ง. ดินเกิดการยืดหยุ่น
2. การยุบตัวจะเกิดขึ้นเร็ว ในกรณีใด
   - ก. หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งมีมาก
   - ข. หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวนอนมีมาก
   - ค. น้ำในช่องว่างของดินถูกบีบตัวออกเร็ว
   - ง. ช่องว่างในเม็ดดินมีมาก
3. การยุบอัดตัวของดินจะเกิดขึ้นกับดินประเภทใดมากที่สุด
   - ก. ดินเหนียว
   - ข. ดินทราย
   - ค. ดินตะกอน
   - ง. ดินปนกรวด
4. ข้อใดถูกต้อง ความสัมพันธ์ของกราฟจะใช้ค่าของอะไร
   - ก. หน่วยแรงที่กระทำกับหน่วยความเครียด
   - ข. หน่วยแรงที่กระทำกับเวลา
   - ค. หน่วยแรงที่กระทำกับหน่วยความเค้น
   - ง. หน่วยแรงที่กระทำกับหน่วยแรงเฉือน
5. สัญลักษณ์ตัว Cv มีความหมายว่า
   - ก. ดัชนีบ่งถึงคุณสมบัติการทรุดตัวของดิน
   - ข. ดัชนีของการทรุดตัวของดิน
   - ค. ดัชนีอัตราความเร็วของการคายน้ำ
   - ง. ดัชนีการคายน้ำของดิน

6. การทรุดตัวของชั้นดินที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกแบ่งได้กี่ประเภท

ก. 2 ประเภท

ข. 3 ประเภท

ค. 4 ประเภท

ง. 5 ประเภท

7. การทรุดตัวของตัวอย่างดินในห้องทดลองมักไม่ตรงความจริงกับในสนามเพราะสาเหตุใด

ก. เพราะดินในสนามมีการเคลื่อนตัวในทิศทาง 2 – 3 มิติ

ข. เพราะดินในห้องทดลองมีการเปลี่ยนสภาพไป

ค. เพราะดินในสนามมีน้ำใต้ดินที่ชั้นลึกลงไป

ง. เพราะอุณหภูมิห้องกับสนามจริงต่างกันมาก

8. ช่วงเวลาในการทดลองกดตัวอย่างดินจะเริ่มต้นที่เท่าใด

ก. 0 – 0.20 – 0.40 – 0.80 – 1.00 นาที

ข. 0 – 0.25 – 1 – 2 – 4 – 8 – 10 นาที

ค. 0 - 1 - 2 - 4 - 6 – 8 – 10 – 12 นาที

ง. 0 – 2 – 4 – 8 – 16 – 32 - 60 นาที

9. กราฟแสดงความสัมพันธ์จะใช้ค่าในข้อใด

ก. Dial Reading เป็นแกนตั้งและ น้ำหนักกดเป็นแกนนอน

ข. Dial Reading เป็นแกนตั้งและ $\sqrt{T}$ เป็นแกนนอน

ค. $\sqrt{T}$ เป็นแกนตั้งและ เป็นแกนนอน Dial Reading

ง. น้ำหนักกด เป็นแกนตั้งและ Dial Reading เป็นแกนนอน

10. การทดลองการยุบตัวเพื่อที่ต้องการหาค่าต้องการการทราบคือ

ก. อัตราความเร็วในการทรุดตัวและปริมาณการทรุดตัวสูงสุด

ข. ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดและปริมาณการคืนตัวมากสุด

ค. อัตราการคายน้ำในดินและปริมาณการทรุดตัวสูงสุด

ง. ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดและกำลังรับน้ำหนัก

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✕) หน้าข้อที่ผิด

.....2.1 ดินเหนียวจะมีการยุบตัวช้ากว่าดินเม็ดหยาบ

.....2.2 การทรุดตัวในสภาพไม่ระบายน้ำ โดยทั่วไปจะมีค่าน้อยเกิดจากคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวของดินปกติ

.....2.3 Plastic Deformation คือน้ำในดินไหลออกไปทำให้ดินรับแรงกดแทนน้ำ

.....2.4 ถ้าน้ำในดินถูกบีบออกเร็ว ดินจะยุบตัวเร็วตามน้ำที่ออกไปด้วย

.....2.5 การวิเคราะห์การทรุดตัวของมวลดิน ใช้ทฤษฎีอัดตัวคายน้ำ 2 มิติ

.....2.6 น้ำหนักบรรทุกที่ใช้วางบนคานทดสอบจะใช้น้ำหนักกดในดินตัวอย่างประมาณ 20 เท่าของน้ำหนักจริง

.....2.7 การทรุดตัวของดินคอสะพานเกิดจากการทรุดตัวคายน้ำครั้งแรก

.....2.8 มาตรฐานทดสอบการยุบตัวของดินคือ ASTM D 2435

.....2.9 เครื่องมือทดสอบ Consolidometer มีมาตรวัดขนาด 0.05” x 0.001”

.....2.10 ความดันที่ใช้กดดินตัวอย่างเริ่มที่ 0.25 -0.50 – 1.0 – 2.0 – 4.0 กิโลกรัม/ซม.^{2}

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาการยุบอัดตัวของดิน

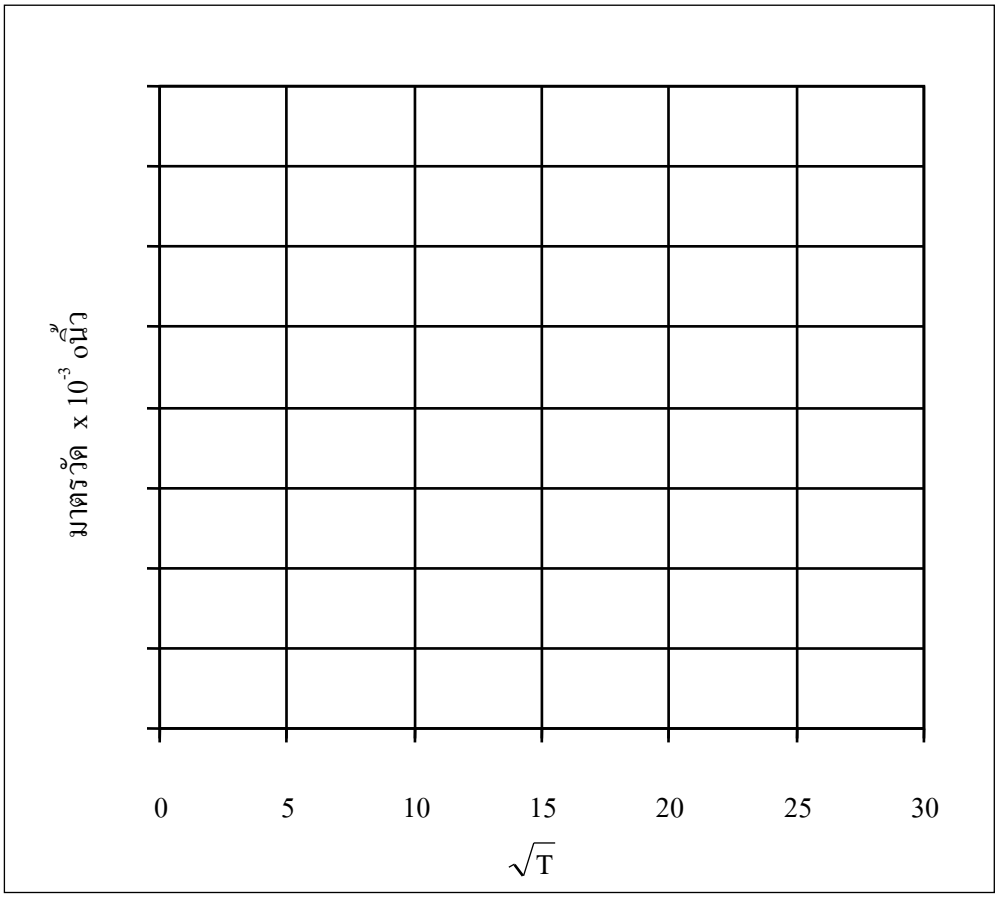
1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาการยุบอัดตัวของดิน โดยใช้ดินทราย
2) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 12.11, 12.13 และ 12.14
3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรวัด กับ $\sqrt{t}$
4) คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวของดินในตารางที่ 12.14

ตารางที่ 12.11 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัด กับ $\sqrt{T}$

ความดัน		กก./ซม.^{2} ถึงที่		กก./ซม.^{2}
น.น.กด		กก. ถึงที่		กก.
วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	$\sqrt{T}$	อ่านได้จากเกจ 10^{-3} (นิ้ว)

ตารางที่ 12.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรวัด กับ $\sqrt{T}$



ตารางที่ 12.13 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง
กระป๋องอบดินหมายเลข		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)		
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)		
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)		
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)		
ปริมาณของน้ำในดิน (%)		

ตารางที่ 12.14 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลองตารางการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

เส้นผ่าศูนย์กลางตัวอย่างดิน ซม.			พื้นที่หน้าตัด			ซม.^{2}
ความสูงตัวอย่างดิน ซม.			ปริมาตรดิน			ซม.^{3}
น้ำหนักดินแห้ง กรัม			ถ.พ.ดิน			
ความสูงเนื้อดิน ซม.			อัตราส่วนช่องว่าง			
น้ำหนักกด (กก.)	ความดัน (กก./ซม.^{2})	อ่านมาตรวัดช่วงสุดท้าย	ค่าเปลี่ยนของความสูงตัวอย่าง	อัตราส่วนช่องว่าง	เวลา 90% การยุบตัวคายน้ำ (นาที)	ส.ป.ส.การยุบตัวคายน้ำ (C_v) ซม.^{2}/ นาที

หน่วยที่ 13

การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Direct Shear Test)

[1]

[2]

[1] www.siamsafety.com

[2] www.chaoprayanews.com

หน่วยที่ 13
การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Direct Shear Test)

หัวข้อเรื่อง

13.1 แรงเฉือนที่เกิดในมวลดิน
13.2 ขอบข่ายในการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน
13.3 ใบงานขั้นการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน
13.4 คำนวณผลการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

สาระสำคัญ

คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของดินที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ กำลังหรือความแข็งแรงของมวลดิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์หรือออกแบบฐานราก, ผนังกันดิน, เขื่อนดิน และสิ่งก่อสร้างเกี่ยวกับดินและหินอีกหลายอย่าง ทางด้านปฐพีกลศาสตร์ เราถือว่ากำลังของดิน คือ ความสามารถของมวลดินในการรับแรงเฉือน ซึ่งแตกต่างจากเหล็กหรือคอนกรีต ซึ่งพิจารณาแรงดึงหรือแรงอัดเป็นสำคัญ การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนโดยวิธีแรงเฉือนโดยตรง ซึ่งจะเป็นการทดสอบหาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินทรายและดินเหนียวคงสภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

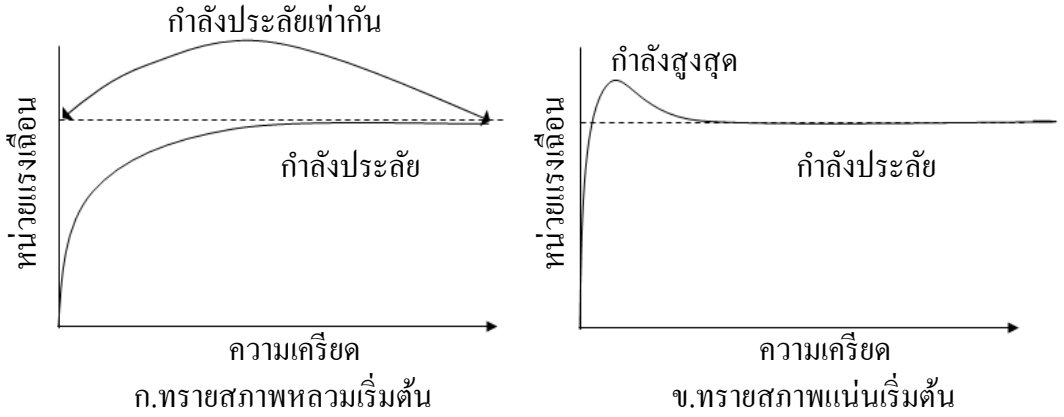
1. บอกอธิบายแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินได้
2. อธิบายทฤษฎีของ Mohr Coulomb และ Terzaghi ได้
3. บอกขอบข่ายในการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้
4. ทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้
5. คำนวณผลการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้

บทนำ[3]

ในการออกแบบงานวิศวกรรมฐานรากจำเป็นต้องทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติด้านการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกำลังความต้านทานแรงเฉือน โดยกำลังของดินคือความสามารถของดินในการต้านทานต่อแรงเฉือนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือ แรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน

สำหรับเม็ดดินชนิดที่ไม่มีความเชื่อมแน่น เช่นกรวด ทราย ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดินจะขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามน้ำหนักที่กดกระทำตั้งฉากกับระนาบแรงเฉือน และสำหรับดินชนิดที่มีความเชื่อมแน่น เช่นดินเหนียว ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน จะขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำในดิน ขนาดของเม็ดดินและความหนาแน่นของดิน

ดินแห้งจำพวกไม่มีแรงเหนี่ยวนำ ได้แก่ดินประเภทดินทราย ความหนาแน่นของมวลดินจะเป็นแฟคเตอร์ (factor) ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของตัวอย่างดินในขณะปฏิบัติการเฉือนดิน สำหรับทรายหลวมกำลังต้านทานแรงเฉือนจะค่อยๆ สูงขึ้นระหว่างผิวของเม็ดทราย จนกระทั่งถึงจุดประลัย สำหรับทรายแน่นกำลังต้านทานแรงเฉือนจะเพิ่มขึ้นในอัตราสูง จนกระทั่งมวลดินมีกำลังสูงสุดซึ่งสูงกว่ากำลังประลัยดังรูปที่ 13.1 ก. และรูปที่ 13.1 ข.



รูปที่ 13.1 แสดงผลการทดสอบตัวอย่างดินแห้ง โดยวิธีแรงเฉือนโดยตรง[4]

[3] สราวุธ จริตงาม. กลศาสตร์ของดิน. 2545. หน้า 212.

[4] มานะ อภิพัฒนะมนตรี. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2543. หน้า 70.

13.1 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในมวลดิน

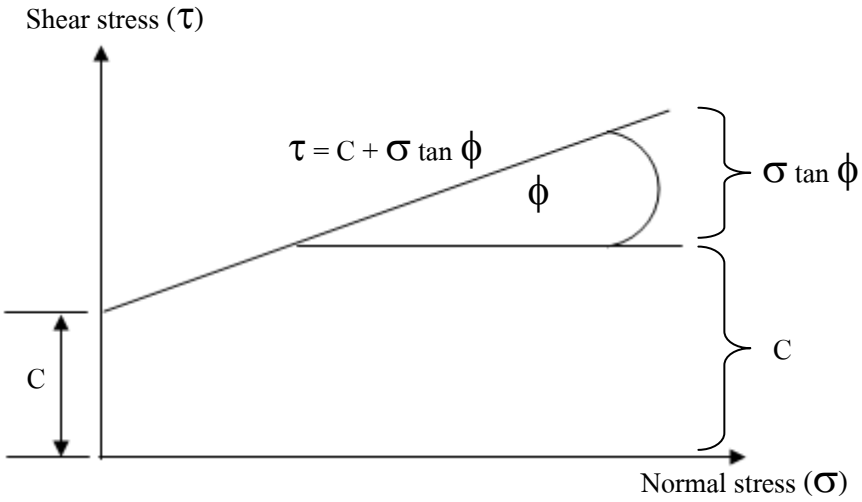
ในปี ค.ศ. 1773 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ คูลอมป์ (Coulomb) ได้คิดความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่ระนาบใดๆ ของมวลดินในรูปของสมการเส้นตรงเรียกว่า สมการโมร์-คูลอมป์ (Mohr – Coulomb's Equation) ซึ่งใช้หาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่จุดพิบัติดังสมการที่ 13.1

$$\tau = C + \sigma \tan \phi \quad \text{.....(13.1)}$$

เมื่อ τ = หน่วยแรงเฉือนวิบัติที่ระนาบของการวิบัติ

C = หน่วยแรงยึดเกาะ

ϕ = มุมเสียดทานภายใน



รูปที่ 13.2 กราฟแสดงสมการ โมร์-คูลอมป์[5]

โมร์ คูลอมป์ ได้เสนอทฤษฎีการวิบัติ โดยพิจารณาหน่วยแรงเฉือนวิบัติที่ระนาบของการวิบัติมีความสัมพันธ์กับหน่วยแรงตั้งฉาก ตามสมการที่ 13.2

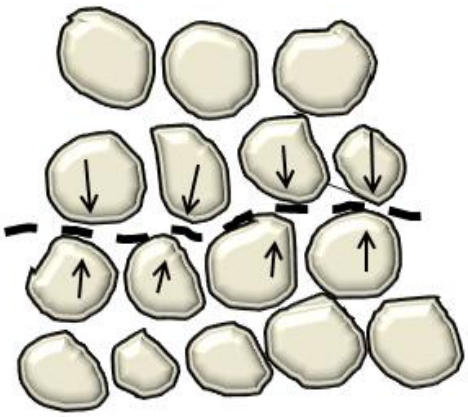
$$\tau = f \cdot \sigma \quad \text{.....(13.2)}$$

เมื่อ τ = หน่วยแรงเฉือนวิบัติที่ระนาบของการวิบัติ

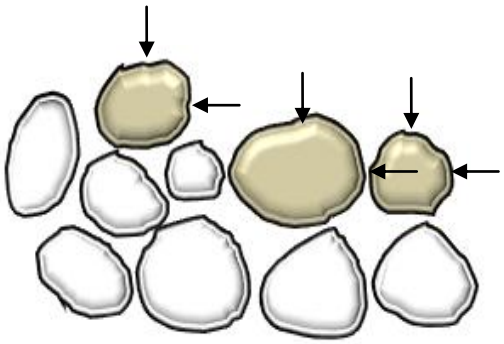
σ = หน่วยแรงตั้งฉากที่ระนาบของการวิบัติ

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

[5] สราวุธ จริตงาม, กลศาสตร์ของดิน, 2545, หน้า 122



ก.การเกิดแรงยึดเกาะในเม็ดดิน



ข.การเกิดแรงเสียดทานในดิน

ค.การขัดยึดระหว่างเม็ดดิน
(Particle Interlocking)

ง.ความฝืดของผิวหน้าเม็ดดิน
(Particle Surface Friction)

รูปที่ 13.3 แสดงพฤติกรรมการเกิดแรงในดิน[6]

ตารางที่ 13.1 แสดงค่าของมุมเสียดทาน (ϕ) สำหรับดินที่ไม่มีแรงเหนี่ยวนำ[7]

ชนิดดิน	มุมเสียดทานภายใน (ϕ), องศา	
	สภาพหลวม	สภาพแน่น
ทรายเม็ดกลม ขนาดเม็ดสม่ำเสมอ	27.50	34
ทรายเม็ดเหลี่ยม ขนาดคละกันดี	33	45
กรวดทราย	35	50
ทรายปนตะกอนทราย	27-33	30-34
ตะกอนทรายอนินทรีย์	27-30	30-35

[6] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

[7] สราวุธ จริตงาม, กลศาสตร์ของดิน, 2545, หน้า 122

เทอร์ซากิ Terzahgi (1925) ได้พิจารณาถึงค่าความดันของน้ำที่มีต่อค่ากำลังรับแรงเฉือนในเทอมของหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress) ตามสมการที่ 13.3

$$\tau' = \sigma' \tan \phi' + C' \quad \text{.....(13.3)}$$

เมื่อ τ' = หน่วยแรงเฉือนประสิทธิผล

C' = หน่วยแรงยึดเกาะประสิทธิผล

σ' = หน่วยแรงตั้งฉากประสิทธิผล

P = ความดันน้ำ

ϕ' = มุมเสียดทานประสิทธิผล

ดินจำพวกเสียดทาน เช่น กรวด, ทราย เป็นดินที่ไม่มีหน่วยแรงยึดเกาะ ($C = 0$) จะได้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ 13.4

$$\tau = \sigma \tan \phi \quad \text{.....(13.4)}$$

เมื่อ τ = หน่วยแรงเฉือน

σ = หน่วยแรงเฉือนตั้งฉากกับผิวสัมผัส

ϕ = มุมเสียดทาน

ดินจำพวกดินเหนียว เช่น ดินเหนียว หน่วยแรงเสียดทานระหว่างผิวเม็ดดิน เนื่องจากหน่วยแรงตั้งฉากกับพื้นระนาบไม่มี ($\tan \phi = 0$) จะได้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ 13.5

$$\tau = C \quad \text{.....(13.5)}$$

การทดสอบ Direct Shear Test สามารถแบ่งออกได้ 3 แบบคือ

1) Unconsolidated – Undrained Test (UU. Test) เป็นลักษณะการทดสอบแบบไม่ให้ตัวอย่างดินยุบอัดตัวคายน้ำออกไปเนื่องจากหน่วยแรงกดที่เกิดจากการใส่น้ำหนัก Pn ทับลงบนตัวอย่างดิน ก็คือ ไม่ให้ดินมีโอกาสได้คายน้ำออกไป (โดยสังเกตจากเข็มของมาตรวัดแนวดิ่งยังไม่หยุดการเคลื่อนที่แต่จะเคลื่อนที่แบบช้ามาก) โดยจะทดสอบทันทีและอีกลักษณะหนึ่งควบคู่กันไปคือในขณะทดสอบจะไม่ให้น้ำในตัวอย่างดินระบายออกไป โดยจะปิดทางที่น้ำจะสามารถระบายออกไป

ได้ทั้งหมดและดำเนินการเฉือน จนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติซึ่งการทดสอบแบบ UU. Test ก็เปรียบเสมือนกับดิน ในธรรมชาติถูกแรงกดจำนวนหนึ่งกระทำทันที โดยดินยังไม่มีโอกาส อัดตัวคายน้ำออกไป การทดสอบแบบนี้สามารถทดสอบได้รวดเร็วกว่า 2 แบบหลังมาก

2) Consolidated – Undrained Test (CU. Test) เป็นลักษณะการทดสอบแบบยอมให้ตัวอย่างดินยุบอัดตัวคายน้ำออกไปได้ เนื่องจากหน่วยแรงกดเหมือนข้อ 1 ก็คือ น้ำหนักกดค้างไว้จนกระทั่งตัวอย่างดินสิ้นสุดการยุบตัว (โดยสังเกตจากเข็มของมาตรวัดแนวดิ่งหยุดการเคลื่อนที่) ซึ่งจะใช้เวลาค่อนข้างนานและเมื่อตัวอย่างดินสิ้นสุดการยุบตัวแล้วจึงจะเริ่มทำการเพิ่มแรงเฉือนต่อไปโดยไม่ให้น้ำในตัวอย่างดินระบายออกไปได้ โดยจะปิดทางระบายของน้ำทั้งหมดและดำเนินการเพิ่มแรงเฉือนจนกระทั่งตัวอย่างดินเกิดการวิบัติ

3) Consolidated – Drained Test (CD Test) เป็นลักษณะการทดสอบแบบยอมให้ตัวอย่างดินยุบอัดตัวคายน้ำออกไปได้ เนื่องจากหน่วยแรงกดเหมือนข้อ 2 และเมื่อตัวอย่างดินสิ้นสุดการยุบตัวแล้วจึงจะเริ่มทำการเฉือนต่อไปโดยยอมให้น้ำในตัวอย่างดินระบายออกไปได้ โดยจะเปิดทางระบายน้ำทั้งหมดไว้ ซึ่งในขณะเฉือนอยู่นั้นตัวอย่างดินก็ยังคงอัดตัวคายน้ำออกได้ตลอดเวลา ทำให้การทดสอบแบบนี้ ต้องให้แรงกับตัวอย่างดินแบบช้ามากอยู่ลอดเวลา จึงทำให้ต้องใช้เวลาอย่างมากในการทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติ

13.2 ขอบข่ายการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

การทดลองนี้เพื่อหาค่าคงตัวของแรงเฉือน Shear Strength Parameter (Angle of Friction, ϕ, Cohesion, (c) ของตัวอย่างดินทราย หรือดินเหนียวคงสภาพ

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 3080-98 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soil Under Consolidated Drained Conditions

13.3 ใบงานขั้นตอนการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

13.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้
4) สามารถคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

13.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

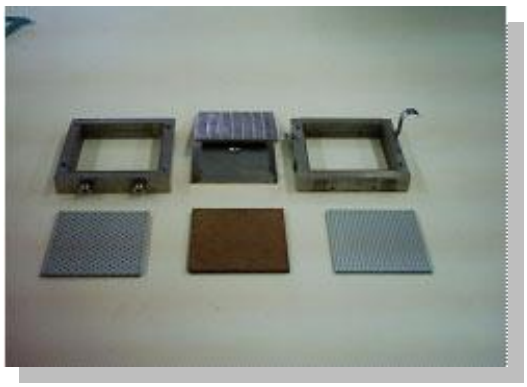
1) เครื่องกดทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง มีแรงดันมากพอสำหรับตัวอย่างที่จะทดสอบ มีอัตราการกระทำแรงเฉือนพอเหมาะ เป็นแบบหมุนทดสอบด้วยมือ หรือแบบฉุดกำลังด้วยไฟฟ้า
2) กล่องตัวอย่าง (Shear Box) และอุปกรณ์ของดินเหนียว
3) กล่องตัวอย่างและอุปกรณ์ของดินทราย
4) มาตรวัดแรงแบบวงแหวนเป็นเครื่องมืออ่านค่าแรงกระทำด้านข้าง ซึ่งสามารถคำนวณเป็นค่าแรงกระทำด้านข้าง โดยหาจากระยะการเคลื่อนที่ที่อ่านได้จากมาตรวัดในวงแหวนวัดแรง
5) มาตรวัดใช้วัดละเอียดถึง 0.01 มม. หรือ 0.001 นิ้ว
6) แผ่นน้ำหนัก
7) อุปกรณ์แต่งตัวตัวอย่าง + เลื่อยเส้นลวด
8) เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม
9) เวอร์เนียร์

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

10) กระป๋องอบดิน

11) เตาอบ

รูปที่ 13.4 แสดงเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง



รูปที่ 13.5 แสดงกล่องบรรจุตัวอย่าง

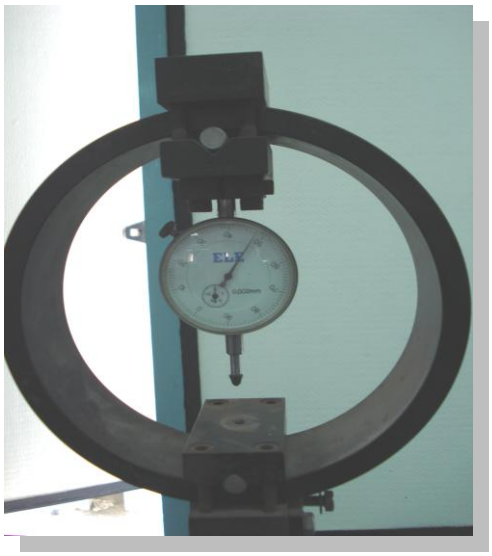
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รูปที่ 13.6 แสดงเลื่อยเส้นลวดตกแต่งตัวอย่าง

รูปที่ 13.7 แสดงแผ่นน้ำหนัก

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 13.8 แสดงมาตรวัดแรงแบบวงแหวน

รูปที่ 13.9 แสดงมาตรวัด 0.01 มม.

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552

13.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ตัวอย่างดินเหนียว
2) ตัวอย่างดินทราย

13.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 13.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแนวเฉือนในแนวราบ
2) ตารางที่ 13.3 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองปริมาณน้ำในดิน
3) ตารางที่ 13.4 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนหาระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

4) ตารางที่ 13.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (τ) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ (ΔV)

13.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1.1 ตัวอย่างดินพวกไม่มีความเชื่อมแน่นเช่น ทราย

1) ให้นำทรายแห้งหรือทรายอิ่มน้ำ (แช่น้ำ 24 ชั่วโมง) ประมาณ 1,000 กรัม
2) ให้เตรียมน้ำหนักตามที่ได้จากการคำนวณ โดยคำนวณชุดน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 3 ชุด โดยปกติแล้วจะคำนวณน้ำหนักที่แขวนแล้วทำให้เกิดหน่วยแรงเค้นกระทำกับตัวอย่างดินใน Shear Box ประมาณ 1, 2 และ 4 เท่าของน้ำหนักที่บรรทุก
3) สำหรับดินทรายชั่งน้ำหนักของ Shear Box พร้อมอุปกรณ์ประกอบและวัดขนาดหน้าตัดของ Shear Box ที่ใช้ในที่นี้มีขนาดหน้าตัด 10 x 10 เซนติเมตร)
4) นำตัวอย่างดินทรายที่จะใช้ในการทดลองประมาณ 250 -300 กรัม
5) เตรียมกล่องทดสอบแรงเฉือนโดยการยึดส่วนวงเลื่อนและแท่นยึดเข้าด้วยกันโดยใช้หมุดบังคับแนว นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาทำการบดอัดในกล่องทดสอบแรงเฉือนโดยการโรยแล้วบดอัดหรือเขย่าให้แน่น
6) ชั่งน้ำหนักทรายตัวอย่างที่เหลือ เพื่อจะนำไปคำนวณหาความหนาแน่น
7) วัดความหนาของตัวอย่างดินโดยให้วัดความหนา 5 – 10 จุดให้ทั่วผิวหน้าตัวอย่างดิน แล้วนำค่ามาเฉลี่ย (ความหนาของตัวอย่างดินหลังบดอัดและปรับผิวหน้า จนเรียบร้อยดีแล้ว จะหนาประมาณ 20 มิลลิเมตร) แล้วจึงวางแผ่นรองยึดตัวอย่างดินแบบมีรูระบายน้ำและ แผ่นเหล็กด้านบนทางด้านบน แล้วจึงตามด้วยน้ำหนักกระทำตามลำดับ ทับบนผิวหน้าของตัวอย่างดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

8) ทำความสะอาด Shear Box โดยใช้แปรงขนอ่อนปัดทรายที่ติดอยู่ออกให้หมดแล้วจึงนำ Shear Box ที่มีตัวอย่างดินบรรจุอยู่เรียบร้อยแล้วไปชั่งน้ำหนัก

9) จัดที่แขวนน้ำหนักให้อยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะใส่น้ำหนัก เพื่อทำให้เกิดหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำบนตัวอย่างดิน จัดมาตรวัดระยะในแนวดิ่ง มาตรวัดระยะในแนวราบและมาตรวัดแรงแบบวงแหวนที่เลขศูนย์

10) นำ Shear Box ใส่ในเครื่องทดสอบ Direct Shear ปรับแกนที่จะให้แรงเฉือน ให้แน่นติดตั้งมาตรวัดแนวราบขนาด 0.001 มม. / Div. เพื่อใช้วัดการเคลื่อนตัวของระยะที่เฉือนตามแนวราบ ทำการใส่แรงกด บนแผ่นเหล็กด้านบนควรใช้น้ำหนักครั้งแรกตามค่าที่คำนวณได้ (ถ้าเป็นการทดสอบแนะนำให้ใช้น้ำหนักครั้งแรกเป็น 4 กิโลกรัม) และติดตั้งมาตรวัดแนวดิ่งขนาด 0.001 มม. / Div. เพื่อใช้วัดการเคลื่อนตัวของตัวอย่างดินในแนวดิ่ง

11) ทำการ Shear ตัวอย่างโดยให้อัตราการเฉือน 0.5 – 2 มิลลิเมตร / นาที ทำการอ่านค่าแรงเฉือนจากมาตรวัดและการเคลื่อนตัวแนวดิ่งจากมาตรวัดแนวดิ่ง(ค่าที่อ่านได้น้อยกว่าศูนย์มีค่าเป็นลบ) ทุก ๆ การเคลื่อนตัวในแนวราบของ Shear Box ที่เหมาะสม อ่านค่าระยะการเคลื่อนที่ในแนวราบ เช่น 5 , 10 , 20 , 40 , 60 , 80 , 100 , 130 , 160 , 200 , 250 , 300 และ 350

12) สิ้นสุดการทดสอบได้ก็ต่อเมื่อตัวอย่างดินวิบัติ ก็คือค่าแรงเฉือนที่อ่านได้จากมาตรวัดมีค่าคงที่หรือลดลงอย่างน้อยสองค่า การเพิ่มแรงเฉือนจะใช้เวลา 3 – 5 นาที ของตัวอย่างทราย และ 5 – 10 นาที ของตัวอย่างดินเหนียว

13) หลังจากตัวอย่างดินวิบัติแล้ว ให้นำตัวอย่างดินออกจาก Shear Box แล้วทำความสะอาด Shear Box ให้เรียบร้อย และทำการเตรียมตัวอย่างดินใหม่ของตัวอย่างดินชนิดเดียวกันนี้ โดยดำเนินการทดสอบเหมือนกับขั้นตอน 2 – 5 อีกอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง โดยใส่แรงกด เพิ่มเป็นสองเท่าของครั้งแรกและครั้งต่อไป ซึ่งควรเพิ่มจากเดิมที่ใส่ไปแล้ว 4 กิโลกรัม เป็น 8 กิโลกรัม และ 16 กิโลกรัม ตามลำดับ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

1.2 ตัวอย่างดินเหนียว ดินเหนียวที่ใช้ในการทดสอบแรงเฉือนตรงซึ่งเป็นตัวอย่างในสภาพถูกรบกวนน้อยที่สุด โดยดันออกมาจากกระบอกบางนำมาตัดตกแต่ง

1) ชั่งน้ำหนักและวัดพื้นที่หน้าตัดภายในของ Sample Cutter ที่ใช้ในที่นี้มีขนาดหน้าตัด 6 x 6 เซนติเมตร หนาประมาณ 20 มิลลิเมตร

2) นำ Sample Cutter ทางด้านคมไปกดลงบนตัวอย่างดิน จนตัวอย่างดินล้นออกมาทางด้านบน ทำการตัดแต่งตัวอย่างดินให้เรียบเสมอขอบผิวล่างของ Sample Cutter และเช็ดตัวอย่างดินที่ติดอยู่บริเวณข้าง ๆ ออกให้หมด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

3) วาง Sample Cutter บน Shear Box ให้พอดีกับช่องที่บรรจุตัวอย่างดิน แล้วนำแท่งกด มากด ลงบนตัวอย่างดินที่อยู่ใน Sample Cutter ให้ตัวอย่างดินค่อย ๆ เคลื่อนลงไปในช่องบรรจุตัวอย่างดินของ Shear Box จนเรียบร้อย แล้วจึงวางแผ่นฐานรองยึดตัวอย่างดินและหินพรุน ตามด้วยน้ำหนักตามลำดับ มาทับบนผิวหน้าของตัวอย่างดินเหนียว

4) ดำเนินการทดสอบเหมือนขั้นตอนที่ 10 และขั้นตอนที่ 11 (ของตัวอย่างดินทราย) ถ้าทดสอบในสภาพอิ่มตัว ก็นำน้ำมาใส่ลงไปใน Shear Box และทิ้งไว้ในช่วงเวลาหนึ่งที่เหมาะสม เพื่อให้น้ำกระจายไปทั่วตัวอย่างดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

13.3.6 การรายงาน

1) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (τ) กับการเคลื่อนที่ในแนวราบ (ΔH)
2) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (τ) กับการเคลื่อนตัวในแนวราบ (ΔV)
3) ค่าหน่วยแรงยึดเกาะกับมุมเสียดทานภายใน
4) เขียน Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด (σ) กับหน่วยแรงเฉือน (τ)

13.3.7 ข้อควรระวัง

1) การทดสอบแต่ละน้ำหนักต้องให้ค่าความหนาแน่นของดินเท่ากันทุกตัวอย่าง
2) ขนาดของเม็ดทรายและมวลคละ
3) ต้องปรับค่าเข็มของมาตรวัดทุกครั้งให้เป็นศูนย์ก่อนการทดสอบเสมอ
4) อัตราการเคลื่อนที่ของแรงเฉือนตามแนวราบต้องสม่ำเสมอ

13.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

เมื่อมวลดินได้รับแรงกระทำไม่ว่าจะเป็นแรงจากภายนอกหรือเนื่องจากน้ำหนักของมวลดินเอง ในระยะแรกจะมีการเคลื่อนตัวเล็กน้อยอยู่ในช่วงของกำลังใช้งานแต่เมื่อมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น การเคลื่อนตัวก็จะสูงขึ้นจนถึงช่วงของกำลังประลัยโดยมีการเคลื่อนของดินส่วนหนึ่งเฉือนออกจากมวลดินอีกส่วนหนึ่ง ในการวิเคราะห์ว่ามวลดินจะสามารถรับแรงต้านทานได้สูงสุดเท่าใด เช่น ฐานแผ่จะรับน้ำหนักหรือ ลาดของสันเขื่อนได้ชันที่สุดเท่าใด จะต้องคำนวณได้จากความแข็งแรงของมวลดิน และการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงนี้มีวิธีการทดสอบหลายวิธีทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยค่าที่ได้ในห้องปฏิบัติการหากดินถูกกระทบกระเทือนมาก จะทำให้สมบัติในการต้านทานแรงเฉือนคลาดเคลื่อนได้ แต่นิยมทำกันเนื่องเพราะทำได้ง่ายและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการทดสอบในสนาม

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

13.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง

ตารางที่ 13.2 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนในแนวราบ

ชนิดของการทดลอง : CU. Test			
วงแหวนวัดแรงหมายเลข : 12,550		Proving Ring Constant (K) kg/div. 0.3862	
ขนาดแบบแรงเฉือนเหลี่ยม ซม. 10 x 10		พื้นที่หน้าตัด ซม.^{2} 100	
ขนาดแบบแรงเฉือนกลม ซม. 6.04		ปริมาตร ซม.^{3} 254	
ความสูง ซม. 2.54		น้ำหนักดิน กรัม 130.22	
น้ำหนักกล่องแรงเฉือน กรัม 2,100		น้ำหนักกด กก. 15.9	
น้ำหนักกล่อง+ดิน กรัม 2,230		หน่วยน้ำหนักกด กก/ซม.^{2} 0.159	
การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม.^{2})
10	0	5	1.93
20	-1	7	2.70
30	-1	8	3.09
40	-2	9	3.48
50	-2	10.5	4.06
60	-2	11.5	4.44
70	-2.5	12	4.63
80	-2.5	12.5	4.83

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 13.2 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนในแนวราบ

การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม.^{2})
90	-2	13	5.02
100	-1.5	13.5	5.21
110	-1	14	5.41
120	-1	15.5	5.99
130	-0.8	15	5.79
140	-0.6	15.5	5.99
150	-0.6	16	6.18
160	-0.5	16.5	6.37
170	-0.4	16	6.18
180	-0.3	16	6.18
190	-0.2	15	5.79
200	-5	13	5.02

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 13.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองปริมาณน้ำในดิน

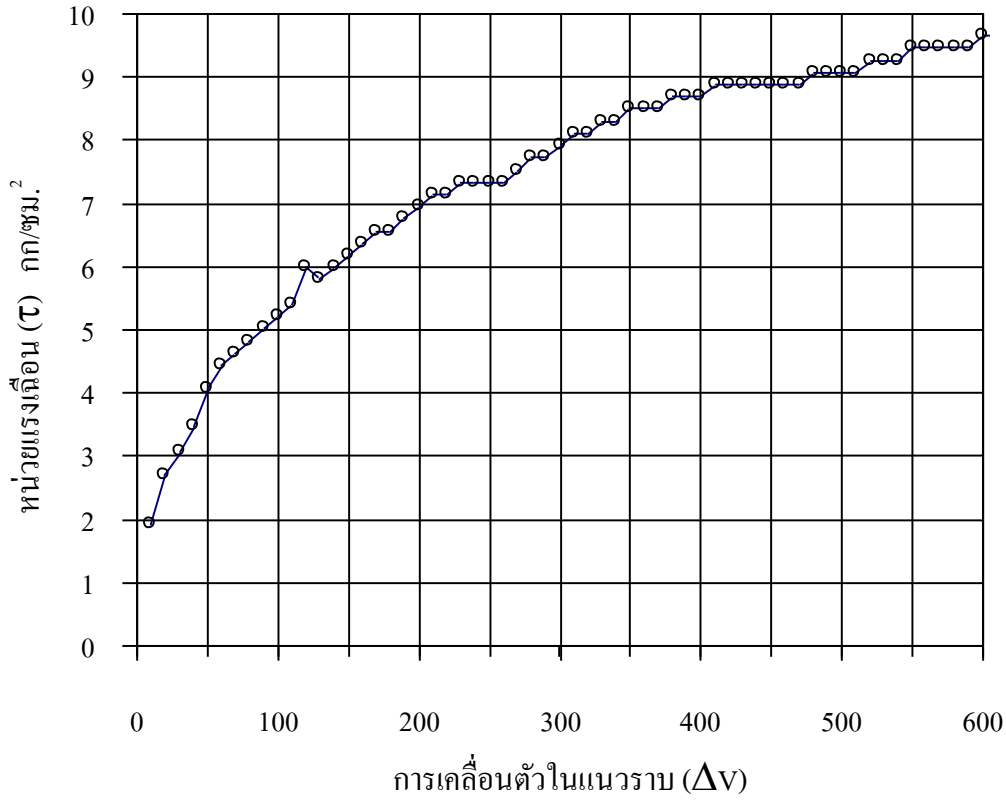
ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	A1-1
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	185.00	180.24
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	133.80	131.60
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	51.20	48.64
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	30.20
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	103.60	101.40
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	49.42	47.97

ตารางที่ 13.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำในดิน %	หน่วยแรงกด กก./ซม.^{2}	หน่วยแรงเฉือนสูงสุด กก./ซม.^{2}
1	49.42	0.159	6.372
2	52.90	0.318	7.155
3	53.40	0.477	8.535

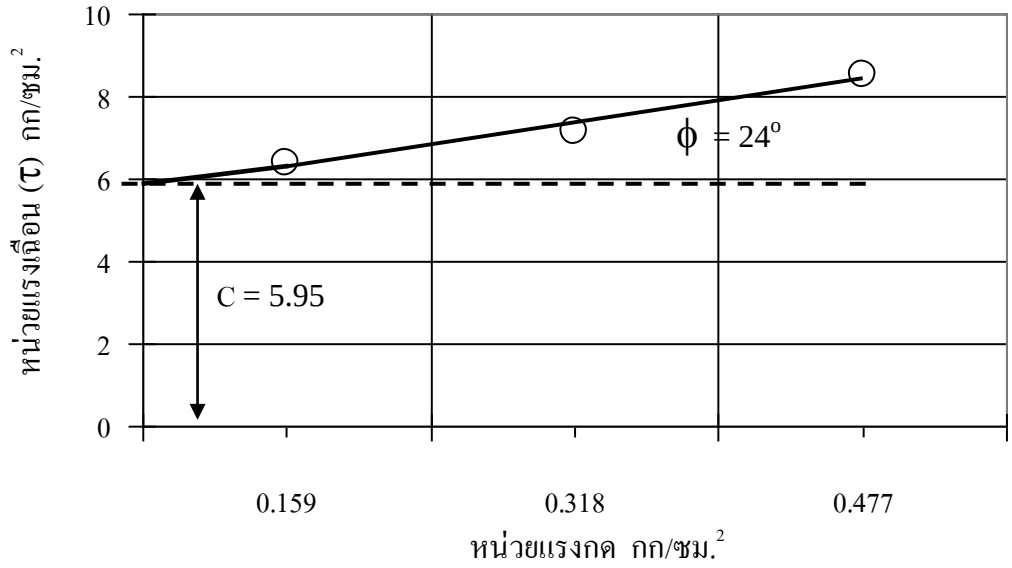
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 13.5 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (τ) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ (ΔV)



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 13.6 แสดงตัวอย่างกราฟ Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด (σ) กับหน่วยแรงเฉือน (τ)



แรงยึดเกาะ (C) = 5.95 กก./ซม.^{2}

มุมเสียดทาน (ϕ) = 24^o

13.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

1) คำนวณหาค่าหน่วยแรงเฉือน (Shearing Stress)

$$\tau = \frac{P \cdot R \cdot K}{A} \quad \text{.....(13.6)}$$

เมื่อ τ = หน่วยแรงเฉือน (Shearing Stress)

$P \cdot R$ = ค่าจากมาตรวัดวงแหวน (Proving Ring Reading)

K = ตัวคูณคงที่ของวงแหวน (Proving Ring Constant)

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง (Shearing Area)

2) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

ตารางที่ 13.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนในแนวราบ

ชนิดการทดลอง : CU Test			
วงแหวนวัดแรงหมายเลข :	12,550	Proving Ring Constant (K) kg/div.	0.3862
ขนาดแบบแรงเฉือนเหลี่ยม ซม	10 x 10	พื้นที่หน้าตัด ซม^2	=10x10 = 100
ขนาดแบบแรงเฉือนกลม ซม	6.04	ปริมาตร ซม^3	=10x10x2.54 = 254
ความสูง ซม	2.54	น้ำหนักดิน กรัม	=จากการชั่ง =130.22
น้ำหนักกล่องแรงเฉือน กรัม	2,100	น้ำหนักกด กก.	=จากการชั่ง =15.9
น้ำหนักกล่อง+ดิน กรัม	2,230	หน่วยน้ำหนักกด กก/ซม^2	$=\frac{15.9}{100} = 0.159$

การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม.^{2})
จากการอ่าน=10	จากการอ่าน=0	จากการอ่าน=5	=5x0.3862=1.93
จากการอ่าน=20	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=7	=7x0.3862=2.70
จากการอ่าน=30	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=8	=8x0.3862=3.09
จากการอ่าน=40	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=9	=9x0.3862=3.48

ตารางที่ 13.7 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนในแนวราบ

การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก/ซม^2)
จากการอ่าน=50	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=10.5	=10.5x0.3862=4.06
จากการอ่าน=60	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=11.5	=11.5x0.3862=4.44
จากการอ่าน=70	จากการอ่าน=-2.5	จากการอ่าน=12	=12x0.3862=4.63
จากการอ่าน=80	จากการอ่าน=-2.5	จากการอ่าน=12.5	=12.5x0.3862=4.83
จากการอ่าน=90	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=13	=13x0.3862=5.02
จากการอ่าน=100	จากการอ่าน=-1.5	จากการอ่าน=13.5	=13.5x0.3862=5.21
จากการอ่าน=110	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=14	=14x0.3862=5.41
จากการอ่าน=120	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=15.5	=15.5x0.3862=5.99
จากการอ่าน=130	จากการอ่าน=-0.8	จากการอ่าน=15	=15x0.3862=5.79
จากการอ่าน=140	จากการอ่าน=-0.6	จากการอ่าน=15.5	=15.5x0.3862=5.99
จากการอ่าน=150	จากการอ่าน=-0.6	จากการอ่าน=16	=16x0.3862=6.18
จากการอ่าน=160	จากการอ่าน=-0.5	จากการอ่าน=16.5	=16.5x0.3862=6.37
จากการอ่าน=170	จากการอ่าน=-0.4	จากการอ่าน=16	=16x0.3862=6.18
จากการอ่าน=180	จากการอ่าน=-0.3	จากการอ่าน=16	=16x0.3862=6.18
จากการอ่าน=190	จากการอ่าน=-0.2	จากการอ่าน=15	=15x0.3862=5.79
จากการอ่าน=200	จากการอ่าน=-5	จากการอ่าน=13	=13x0.3862=5.02

ตารางที่ 13.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินก่อนทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	185.00	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	133.80	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	51.20	= 185.00 – 133.80 = 51.20
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	103.60	= 133.80 – 30.20 = 103.60
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	49.42	$= \frac{51.20}{103.60} \times 100 = 49.42$

ตารางที่ 13.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินหลังทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	หลังการทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	180.24	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	131.60	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	48.64	= 180.27 – 131.60 = 48.64
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	101.40	= 131.60 – 30.20 = 101.40
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	47.97	$= \frac{48.64}{101.40} \times 100 = 47.94$

ตารางที่ 13.10 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนหาระหว่าง แรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำในดิน %	หน่วยแรงกด กก./ซม.^{2}	หน่วยแรงเฉือนสูงสุด กก./ซม.^{2}
1	จากการทดลอง=49.42	$=\frac{15.9}{100}=0.159$	จากการเลือก ค่าสูงสุด=6.372
2	จากการทดลอง=52.90	$=\frac{31.8}{100}=0.318$	จากการเลือก ค่าสูงสุด=7.155
3	จากการทดลอง=53.40	$=\frac{47.7}{100}=0.477$	จากการเลือก ค่าสูงสุด=8.535

แบบทดสอบที่ 13 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 13 การทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Direct Shear Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. องค์ประกอบของกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินคือ
   - ก. แรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน
   - ข. ความพรุนและอัตราส่วนช่องว่าง
   - ค. ความหนาแน่นแห้ง
   - ง. หน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรดิน
2. ดินทรายหลวมกำลังรับแรงเฉือนจะมีลักษณะอย่างไร ระหว่างผิวของเม็ดทราย
   - ก. จะค่อยๆ สูงขึ้น
   - ข. จะค่อยๆ ลดลง
   - ค. จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
   - ง. จะลดลงอย่างรวดเร็ว
3. สมการของ โมร์-คูลอมป์ (Mohr – Coulomb's) คือข้อใด
   - ก. $\tau = \sigma \tan \phi$
   - ข. $\sigma = \tau \tan \phi$
   - ค. $\tau = \sigma \cos \phi$
   - ง. $\sigma = \tau \cos \phi$
4. จากข้อที่ 3 ความหมายของ σ และ τ คือข้อใด
   - ก. หน่วยความเค้น และ หน่วยความเครียด
   - ข. หน่วยแรงเฉือน และ หน่วยแรงยึดเกาะ
   - ค. หน่วยความเค้น และ หน่วยแรงยึดเกาะ
   - ง. หน่วยแรงเฉือน และ หน่วยแรงตั้งฉากที่ระนาบวิบัติ
5. ดินทรายเม็ดเหลี่ยมสภาพหลวม ขนาดคละกันดี จะมีค่าของมุมเสียดทานอยู่ที่เท่าใด
   - ก. 27 องศา
   - ข. 30 องศา
   - ค. 33 องศา
   - ง. 27 – 30 องศา

6. ดินจำพวกมีแรงเสียดทานเช่นกรวด ทราย จะมีสมการในข้อใด

ก. $\tau = \sigma \tan \phi$

ข. $\sigma = \tau \tan \phi$

ค. $\tau = C + \sigma \tan \phi$

ง. $\sigma = C + \tau \tan \phi$

7. ความสามารถของดินในการรับน้ำหนักช่วงแรกคือ

ก. แรงที่ทำให้ดินเคลื่อนที่เข้าหากัน

ข. แรงที่ดินให้ดินเริ่มแยกขาดจากกัน

ค. แรงอัดระหว่างเม็ดดิน

ง. แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน

8. ข้อมูลต่อไปนี้ ข้อมูลใดถูกต้อง

ก. ดินเหนียว $C = 0, \phi = 45^{o}$

ข. ดินทราย $C = 0, \phi = 45^{o}$

ค. ดินตะกอน $C = 0, \phi = 45^{o}$

ง. ดินเหนียวปนทราย $C = 10, \phi = 0^{o}$

9. ผลจากการทดลองดินจำพวกไม่มีแรงเหนี่ยวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงกดจะได้เส้นของความสัมพันธ์เป็นลักษณะอย่างไร

ก. เป็นเส้นตรงเอียงทำมุมกับระนาบ

ข. เป็นเส้นกราฟโค้งคว่ำกับเส้นระนาบ

ค. เป็นเส้นกราฟโค้งหงายกับเส้นระนาบ

ง. เป็นเส้นตรงขนานกับเส้นระนาบ

10. การทรุดตัวของโครงสร้างใดคือการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation

ก. ถนนทรุดบริเวณคอสะพาน

ข. พื้นชั้นล่างของอาคารที่วางบนดิน

ค. ลานจอดรถ

ง. ตลิ่งของแม่น้ำ

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

…….2.1 กราฟที่จะใช้เขียนความสัมพันธ์เป็นกราฟสเกลล็อก (Log scale)

…….2.2 ดินตัวอย่างที่ทดลองการยุบตัว ต้องเอามาจากกระบอกผ่าจะให้ผลดี

…....2.3 ตัวอย่างที่ใช้ทดลองต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว

…….2.4 ตัวอย่างต้องมีอัตราส่วน เส้นผ่าศูนย์กลางต่อความหนาไม่น้อยกว่า 2.5 เท่า

…….2.5 Extensometer ใช้สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงของความหนา ต้องมีความละเอียดถึง 0.001 นิ้ว

…….2.6 ถ้าตัวอย่างที่นำมาทดลองเป็นตัวอย่างไม่แช่น้ำต้องแช่น้ำตัวอย่างก่อนทดลองและขณะทดลองต้องคอยเติมน้ำในถ้วยให้อิ่มตัวอยู่เสมอ

…….2.7 การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนโดยตรง เป็นการทดสอบหาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินทรายและดินเหนียวคงสภาพ

……2.8 การเฉือนตัวอย่างดิน จะใช้อัตราการเคลื่อนที่ตามแนวราบอ่านได้จากมาตรวัดในแนวราบประมาณ 0.05 นิ้วต่อนาที ถึง 0.01 นิ้วต่อนาที

……2.9 สูตรการคำนวณหาหน่วยแรงเฉือนคือ $\tau = P.R. \times K / A$

……2.10 ตัวอย่างทรายที่ทดสอบควรมีปริมาณระหว่าง 250 ถึง 300 กรัม

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหากำลังต้านทานแรงเฉือน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยนำตัวอย่างดินทรายมาอย่างน้อย 10,000 กรัมโดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน โดยใช้ดินตัวอย่าง (ดินทราย)
2) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 13.11, 13.12 และ 13.13
3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (τ) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ (ΔV)ในตารางที่ 13.14
4) เขียนกราฟแสดง Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด (σ) และหน่วยแรงเฉือน (τ) ในตารางที่ 13.15

ตารางที่ 13.11 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนในแนวราบ

ชนิดการทดลอง : CU Test			
วงแหวนวัดแรงหมายเลข :		Proving Ring Constant (K) kg/div	
ขนาดแบบแรงเฉือนเหลี่ยม ซม.		พื้นที่หน้าตัด ซม.^{2}	
ขนาดแบบแรงเฉือนกลม ซม.		ปริมาตร ซม.^{3}	
ความสูง ซม.		น้ำหนักดิน กรัม	
น้ำหนักกล่องแรงเฉือน กรัม		น้ำหนักกด กก.	
น้ำหนักกล่อง+ดิน กรัม		หน่วยน้ำหนักกด กก/ซม.^{2}	
การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม.^{2})

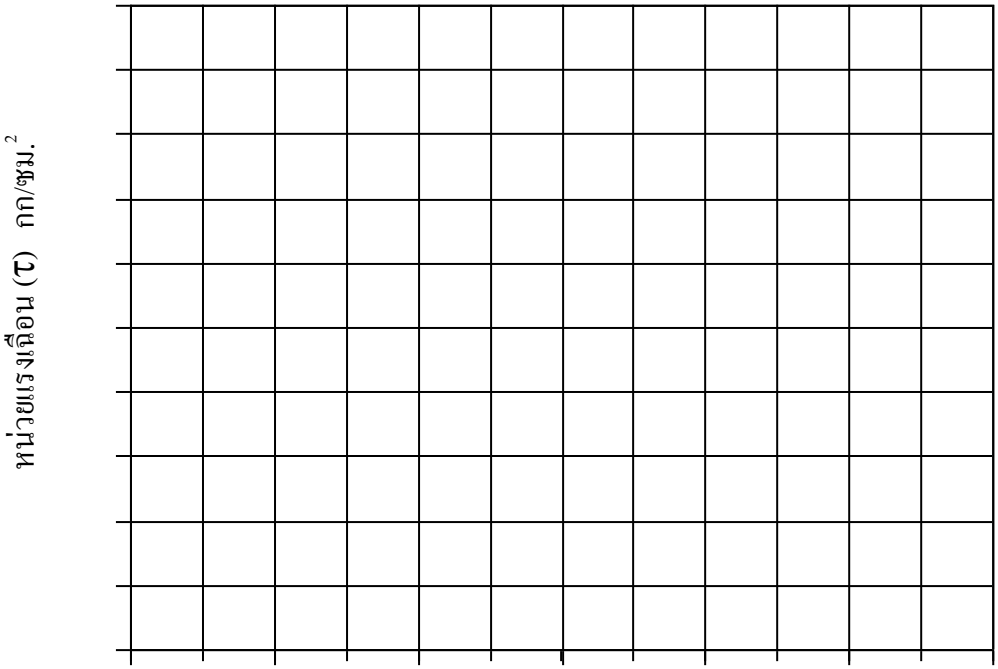
ตารางที่ 13.12 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง
กระป๋องอบดินหมายเลข		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)		
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)		
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)		
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)		
ปริมาณของน้ำในดิน (%)		

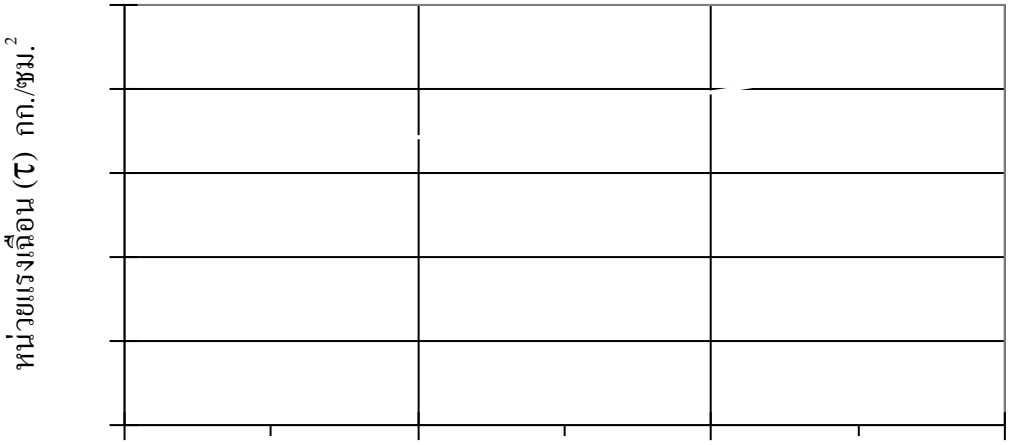
ตารางที่ 13.13 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำในดิน %	หน่วยแรงกด กก./ซม.^{2}	หน่วยแรงเฉือนสูงสุด กก./ซม.^{2}

ตารางที่ 13.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (τ) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ (ΔV)



ตารางที่ 13.5 แสดงกราฟ Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด (σ) และหน่วยแรงเฉือน (τ)



หน่วยที่ 14

การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)

1

2

3

[1] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552

[2] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552

[3] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552

หน่วยที่ 14

การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)

หัวข้อเรื่อง

14.1 สภาพดินตัวอย่างไม่มีการอัดตัวคายน้ำและไม่มีการระบายน้ำ
14.2 ขอบข่ายการทดลองแรงอัดแกนเดียว
14.3 ใบงานขั้นการทดลองแรงอัดแกนเดียว
14.4 การคำนวณจากผลการทดลองแรงอัดแกนเดียวจากการทดลอง

สาระสำคัญ

การทดสอบแรงอัดดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง เพื่อหากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Uc) โดยไม่มีแรงดันด้านข้างมากระทำต่อผิวตัวอย่างดิน ชนิดดินเหนียว ในดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวอ่อนปานกลาง กำลังของดินส่วนใหญ่ มักเกิดจากความเหนียว การทดลองแรงอัดแกนเดียวเป็นวิธีการหาค่าประมาณของความเหนียวของดิน โดยวิธีง่ายซึ่งทำได้ สะดวกและรวดเร็ว การทดลองแบบนี้ไม่สามารถหาค่ามุมเสียดทานภายในได้ เนื่องจากการทดลองนี้จะทำแบบเร็วและน้ำยังไม่มีโอกาสระบายไปได้ โดยปกติจะเป็นดินอิ่มตัว และค่ามุมเสียดทานมีค่าเป็นศูนย์ และค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินเท่ากับครึ่งหนึ่งของความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุดของดินแบบไม่ถูกจำกัด ซึ่งได้จากการทดลองนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกลักษณะของพฤติกรรมของดินตัวอย่างที่ถูกกดได้
2. อธิบายการทดลองแรงอัดแกนเดียวได้
3. ปฏิบัติการทดลองแรงอัดแกนเดียวได้
4. คำนวณผลการทดลองแรงอัดแกนเดียวได้

บทนำ[4]

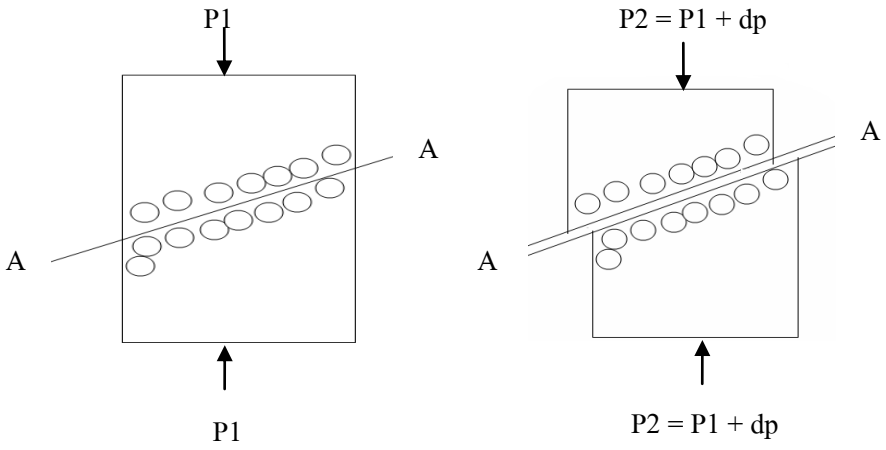
ความแข็งแรงหรือกำลังของดินทั่วไป จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือดินไม่มีแรงเหนี่ยวนำซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้า-เคมีระหว่างเม็ดดิน แรงเสียดทานซึ่งเกิดจากการขัดตัวระหว่างเม็ดดินและความฝืดระหว่างผิวของเม็ดดิน ส่วนการทดสอบแท่งดินชนิดมีแรงเหนี่ยวนำ โดยไม่มีวัสดุอื่นใดมาห่อหุ้มแท่งดินตัวอย่าง ให้นำดินตัวอย่างมาเข้าเครื่องกดทดสอบแบบธรรมดา ซึ่งได้ถูกทดสอบมานานแล้ว และต่อมาก็เป็นที่ยอมรับกันว่า การที่นำแท่งดินมาทดสอบแบบนี้สามารถที่จะหาความต้านทานแรงเฉือนของดินโดยประมาณได้อย่างรวดเร็ว จากการเขียน Mohr' s Circle หรือ จากการคำนวณอย่างง่าย ๆ ค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินประเภทมีแรงเหนี่ยวนำ คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินนั้นเอง ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็นตัว (c) ดินจำพวกมีแรงเหนี่ยวนำได้แก่ดินเหนียว เมื่อดินได้รับแรงกดจะเกิดความเค้นขึ้นที่ผิวสัมผัส ถ้าดินอยู่ในสภาพหลวมจะทำให้ดินจับตัวกันแน่น ลดช่องว่างระหว่างเม็ดดินลง แต่ถ้ามีแรงเพิ่มขึ้นอีกจนกระทั่งไม่มีช่องว่างของเม็ดดินเหลืออยู่ หรือแรงกระทำเพิ่มมากอย่างรวดเร็วจนทำให้พื้นที่สัมผัสระหว่างเม็ดดินเพิ่มขึ้นไม่ทัน ก็จะทำให้เกิดแรงศักย์ขึ้นภายในมวลดินนั้น ดินก้อนอยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุล ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ จะทำให้มวลดินเกิดการพิบัติ และระนาบของการพิบัติเรียกว่าระนาบการเลื่อนไหล

ความแข็งแรงเฉือนของดิน คือค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ดินจะทนได้ ประกอบด้วย

ก. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นแรงยึดเหนี่ยวหรือแรงยึดเกาะที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น เกิดจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้า การเกาะต่อเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี เรียกสมบัติของดินนี้ว่าดินมีความเชื่อมแน่น

ข. แรงเสียดทานเพื่อต้านทานการเคลื่อนที่ระหว่างเม็ดดิน แรงต้านทานส่วนนี้เรียกว่า แรงเสียดทานภายในจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงกดที่กระทำกับมวลดิน และวัดค่าได้ด้วยค่ามุมเสียดทานของดินภายใน

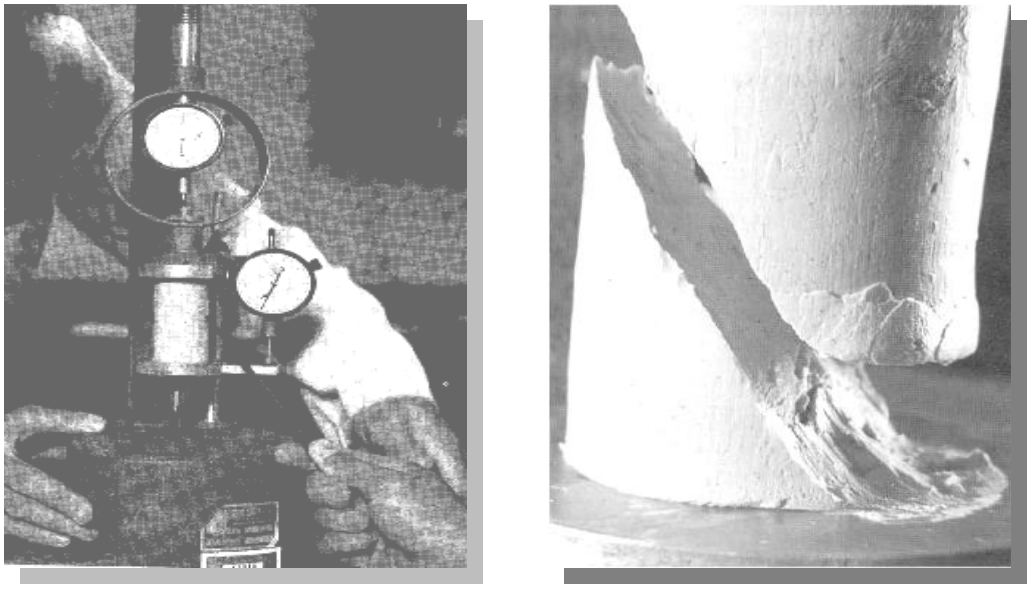
[4] พานิช วุฒิพฤกษ์. ปฐพีกลศาสตร์ขั้นสูง. หน้า 297.



ก.ทรายสภาพหลวมเริ่มต้น ข.ทรายสภาพแน่นเริ่มต้น

รูปที่ 14.1 แรงกดกระทำที่ทำให้เกิดแรงเฉือนบนระนาบ A-A[5]

จากรูป ก. แรงกระทำกับมวลดิน แรงต้านทานของดินเกิดจากการเรียงตัวของมวลดิน จากรูป ข. เมื่อเพิ่มแรง แรงต้านทานของดินจะเกิดขึ้นในระนาบที่มีความต้านทานการเคลื่อนตัวน้อยสุด จะเกิดการวิบัติ แรงต้านทานต่อการเฉือนบนระนาบ A-A ได้จากผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินกับแรงต้านทานการเคลื่อนตัว



รูปที่ 14.2 แสดงแรงกดกระทำที่ทำให้เกิดแรงเฉือนของตัวอย่างดินเหนียว[6]

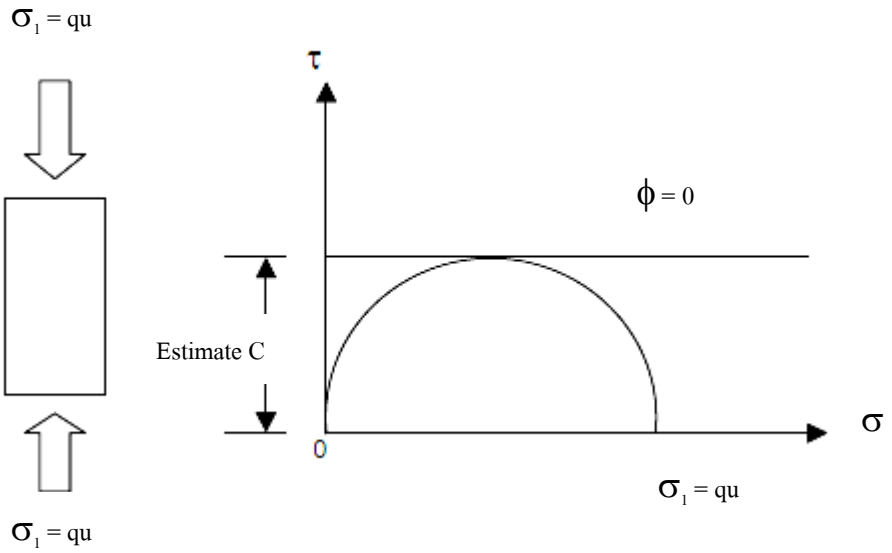
[5] พานิช วุฒิพฤกษ์. เอกสารคำสอนวิชาปฐพีกลศาสตร์ขั้นสูง. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. หน้า 296

[6] Bardet, J. P., Experimental Soil Mechanics, 1997 หน้า 417

14.1 สภาพดินตัวอย่างไม่มีการอัดตัวคายน้ำและไม่มีการระบายน้ำ

การทดลอง UC. นี้เป็นการทดลองแบบไม่มีการอัดตัวคายน้ำ และไม่มีการระบายน้ำ นิยมใช้กับการทดลองกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินเหนียวอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยความดันรอบข้างมีค่าเป็นศูนย์ แรงในแนวดิ่งกระทำต่อดินตัวอย่างอย่างรวดเร็ว การทดลองนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่จะหากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่คายน้ำ SU. โดยถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดินในระหว่างการทดลอง โดยวิธีการทดลองแบบนี้ไม่สามารถหาค่ามุมเสียดทานภายใน (มุม ϕ) ได้ เนื่องจากการทดลองนี้จะทำแบบเร็ว และน้ำยังไม่มีโอกาสระบายออกไปได้ ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของหน่วยแรงกดสูงสุดคือ $\frac{S_U}{2}$ เมื่อ S_U คือกำลังต้านทานแรงกดแบบ UC. และในบางครั้งจะใช้สัญลักษณ์เป็นตัว (c) ก็จะมีค่าเท่ากับ $c = qu / 2$

เมื่อ qu = ความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุดของดินแบบไม่ถูกจำกัด



รูปที่ 14.3 แสดง สถานะ Stress โดย Mohr's Circle[7]

ผลที่ได้ก็คือค่า cohesion โดยประมาณของดินนั้น

[7] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

$$\text{Estimate } C = \frac{\sigma}{2} \quad \text{.....(14.1)}$$

$$\text{หรือ} = \frac{F_{v(max)}}{2A_c} \quad \text{.....(14.2)}$$

การหาค่าความต้านทางแรงเฉือนดินโดยวิธีนี้ ค่าที่ได้เป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น ไม่ใช่ค่าความต้านทางแรงเฉือนของดินที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าวิธีการทดสอบมีข้อบกพร่องบางประการ เช่น

1. แรงดันด้านข้างของดินตัวอย่างที่นำมาทดลองไม่มี จึงทำให้คุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิมเมื่ออยู่ตามธรรมชาติและความชื้นในดินอันเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงตึงผิว ซึ่งจะทำให้แรงที่ยึดรอบ ๆ แท่งตัวอย่างสูญเสียไป (ถ้าภายในห้องทดลองไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ)
2. สภาพภายในของดิน (ค่าขีดความอิ่มตัวภายใต้สภาวะที่รับน้ำหนักระหว่างทดสอบ, และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าขีดความอิ่มตัวที่ไม่สามารถควบคุมได้)
3. แรงเสียดทานระหว่างดินกับโลหะที่ปลายทั้งสองข้าง ของแท่งทดลองซึ่งทำให้เกิดแรงดันด้านข้างที่ปลายทั้งสองข้าง ทำให้ความเค้นภายในเปลี่ยนแปลงไปและไม่สามารถทราบได้

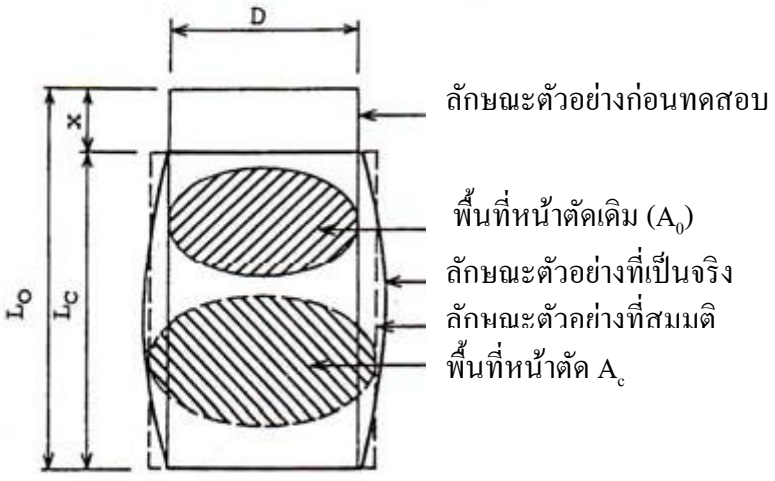
การทดลองแบบ UC. เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดลองดินประเภทดินเหนียว เพราะสามารถทำได้รวดเร็วและประหยัด ค่าที่ออกมาค่อนข้างจะเป็นค่าที่มีความปลอดภัยสูงกว่าที่หาได้จากวิธีการอื่นเมื่อนำค่านั้นมาใช้งาน

14.2 ขอบข่ายการทดลองแรงอัดแกนเดียว

เป็นการทดลองสำหรับดินตัวอย่างคงสภาพและตัวอย่างดินไม่คงสภาพ การทดลองแบบนี้คล้ายลักษณะกับการทดสอบคอนกรีต โดยตัวอย่างดินเหนียวถูกวางในเครื่องอัด ทำการวัดความเค้นและความเครียดจนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติ การทดลอง UC. ทำได้สองวิธีคือ แบบ Stress Control และแบบ Strain Control วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ Strain Control เพราะทำได้ง่ายกว่า ในการทดลองการรับแรงอัดของแท่งดินตัวอย่างเราจะควบคุม Strain ในอัตรา 0.5 – 2 เปอร์เซ็นต์/นาที (ถ้าแท่งดินมีความยาว 50 มม. และต้องการควบคุม Strain ที่ 1 % ก็หมายความว่าให้ดินรับแรงอัดแล้วเกิดการยุบตัวลงในอัตรา 0.5 มม. /นาที) และทดลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดที่ต้องการทราบหรือจุดที่ดินวิบัติ

การทดลอง UC. นั้น ดินตัวอย่างจะไม่มีอะไรห่อหุ้มและทดลองในห้องที่มีสภาพแห้ง ดังนั้นการทดลองจะต้องทำให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่น้อยที่สุด (10 นาที) เพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินจะทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงกดเพิ่มขึ้น ตัวอย่างดินที่นำมาทดลองจะทำการทดลองจนกระทั่งน้ำหนักที่กดลงบนตัวอย่างลดลง หรือทดลองจนถึง 20 % Strain

เมื่อดินรับน้ำหนักกด ดินจะหดสั้นเข้าและโป่งออกทางข้าง พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงก็มากขึ้น ดังนั้นในทางปฏิบัติเราจำเป็นต้องมีการปรับค่าพื้นที่หน้าตัดของดิน ทั้งนี้ก็เพื่อให้เหมือนกับสภาพที่ดินในสนามรับน้ำหนักจริงๆ นอกจากนี้การปรับพื้นที่ให้มากขึ้นยังช่วยลดค่าของ Stress เมื่อแรงที่มากระทำมีค่ามากขึ้น ทำให้ความปลอดภัยมากกว่าที่เราจะใช้พื้นที่หน้าตัดเดิมตลอดเวลา วิธีปรับพื้นที่หน้าตัดของดินจะใช้หลักการคงตัวของปริมาตรดินคือให้พื้นที่หน้าตัดเดิม (A_0) โตขึ้น ความยาวเดิม (L_0) จะลดลง แต่ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นในตอนเริ่มทดลองดินมีพื้นที่หน้าตัด A_0 ความยาว L_0 ปริมาตร VT ของดินในตอนเริ่มต้นคือการทดลอง UC. ความยาวของแท่งตัวอย่างดินกำลังพอเหมาะ แท่งตัวอย่างอยู่ระหว่างแผ่นรองสองแผ่นซึ่งรับน้ำหนักจากเครื่องกดถ่ายให้ดิน พร้อมด้วยหินพรุน 2 แท่งสอดแทรกขวางระหว่างดินกับแผ่นรอง แรงกดจะกระทำตามแนวแกน Y ทีละน้อย ๆ และทำให้ดินยุบตัวลงทีละน้อย ๆ เป็นสัดส่วนกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบันทึกระยะการหดตัวของดินและน้ำหนักที่กระทำเป็นระยะจนกระทั่งดินถึงจุดวิบัติ (สังเกตจากน้ำหนักที่กดจะลดลงแต่ดินก็ยังคงยุบตัวต่อไปอีก) นำค่าที่บันทึกไว้มาคำนวณหาค่า A_c และค่า qu พร้อมกับเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Stress และ Strain



รูปที่ 14.4 แสดงลักษณะของเมื่อตัวอย่างดินเหนียวรับแรงกด[8]

[8] ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ D 2166-00 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil

14.3 ใบงานขั้นการทดลองแรงอัดแกนเดียว

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

14.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้
2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้
3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้
4) สามารถคำนวณหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้

14.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์

1) อุปกรณ์อัดดินตัวอย่าง
2) เครื่องดันตัวอย่างดินออกจากกระบอก
3) มาตรวัด วัดละเอียดถึง 0.01 มม. หรือ 0.001 นิ้ว
4) แผ่นน้ำหนัก
5) อุปกรณ์แต่งตัวอย่าง + เลื่อยเส้นลวด
6) เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม
7) เวอร์เนียร์
8) กระป๋องอบดิน
9) เตาอบ

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 14.5 แสดงเครื่องมือทดสอบแรงอัดแกนเดียว **รูปที่ 14.6** แสดงอุปกรณ์แต่งตัวอย่าง

รูปที่ 14.7 แสดง เลื่อยเส้นลวดตกแต่งตัวอย่าง **รูปที่ 14.8** แสดงมาตรวัด 0.01 มม.

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

14.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ตัวอย่างดินเหนียว

14.3.4 แบบฟอร์ม

1) ตารางที่ 14.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง
2) ตารางที่ 14.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดในแนวดิ่งกับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง

14.3.5 ขั้นตอนการทดลอง

1) ตัวอย่างดินเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 3 ซม. อัตราส่วนระหว่างความสูงของดินตัวอย่างต่อเส้นผ่าศูนย์กลางควรมีค่าระหว่าง 2 ถึง 2.5
2) ถ้าเป็นตัวอย่างดินเป็นคงสภาพ ซึ่งเป็นดินที่ได้จากการเก็บดินจากกระบอกบาง หลังจากตัวอย่างดินออกจากกระบอกบางแล้ว ตัดแต่งตัวอย่างดินให้ได้ขนาดตามต้องการ หุ้มด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลง ก่อนการทดลองให้เก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้น
3) ถ้าเตรียมตัวอย่างดินแบบไม่คงสภาพ ปั้นดินตัวอย่างให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้ และปริมาณความชื้นเท่ากับดินตัวอย่างคงสภาพ หลังจากนั้นให้ชั่งน้ำหนัก วัดความสูงและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของดินตัวอย่าง

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

4) วางดินตัวอย่างให้อยู่กึ่งกลางของแผ่นฐานของอุปกรณ์
5) ติดตั้งมาตรวัดการหดตัว และมาตรวัดที่อยู่ในวงแหวนวัดแรง
6) เริ่มการกดตัวอย่างโดยอัตราการกดคงที่ (การเคลื่อนที่แนวดิ่งของเครื่องให้อยู่ในช่วง 0.02 ถึง 0.1 นิ้วต่อนาที ปกติใช้ 0.05 นิ้วต่อนาที) ตามความเหมาะสมในช่วงอ่านต่างๆกันเมื่อแรงกดถึงจุดสูงสุดนั้นคือถึงจุดวิบัติหรือจุดสูงสุดของกำลังดิน
7) บันทึกข้อมูลจากวงแหวนวัดแรงทุกๆการหดตัว 0.005 นิ้ว ของตัวอย่าง(อาจจะใช้ 0.002 นิ้ว ในกรณีตัวอย่างเป็นดินเปราะ)
8) เมื่อแรงในวงแหวนวัดแรงเพิ่มขึ้นไปสูงสุดแล้วเริ่มจะลดลง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดสูงสุดของกำลังของดิน ให้ยังคงอ่านผลต่อไปจนเห็นแนวเฉือน บนตัวอย่างได้ชัดเจน ในบางกรณีที่ไม่มีรอยเฉือนปรากฏชัด เช่น ตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ ให้ทดสอบจนการหดตัวถึงประมาณ 20% ของความสูงของตัวอย่าง
9) บันทึกความชื้นของดินตัวอย่างก่อนทดลองและหลังทดสอบ
10) วาดรูปหรือถ่ายรูปในส่วนของตัวอย่างดินที่วิบัติ พร้อมแสดงมุมของระนาบการวิบัติ

14.3.6 การรายงาน

1) เขียนกราฟแสดงหน่วยแรงกดของตัวอย่างดินกับการหดตัว หาค่ากำลังสูงสุดของหน่วยแรงกด σ_{max} เราเรียกว่า Unconfined Compressive Strength, (U.C.S.)

$$C = \frac{U.C.S}{2} = \frac{SU}{2} \quad \text{.....(14.3)}$$

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

2) หาอัตราส่วนของค่า U.C.S ของตัวอย่างดินคงสภาพกับ U.C.S ของตัวอย่างดินไม่คงสภาพ

$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{U.C.S ของตัวอย่างดินคงสภาพ}}{\text{U.C.S ของตัวอย่างดินไม่คงสภาพ}} \quad \text{.....(14.4)}$$

14.3.7 ข้อควรระวัง

1) การทดลองนี้ต้องบันทึกข้อมูลดินตัวอย่างให้ชัดเจน เส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูงเริ่มต้น น้ำหนักของดินตัวอย่าง หากเตรียมตัวอย่างดินไม่ได้ขนาดจะทำให้ผลของการทดลองคลาดเคลื่อน
2) ในบางกรณีที่ไม่มีรอยเฉือนปรากฏชัดเจนเมื่อแรงกดถึงจุดสูงสุด ให้ทดลองจนการหดตัวถึงประมาณ 20% ของความสูงของตัวอย่างดิน

14.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ

ก่อนเริ่มทดสอบจะต้องตรวจสอบการติดตั้งตัวอย่างและเครื่องมือดังนี้ แป้นกดของเครื่องจะต้องสัมผัสตัวอย่างพอดี, มาตรวัดสำหรับวัดหดตัวและมาตรวัดแรงในวงแหวนวัดแรง ให้ตั้งอยู่ที่ศูนย์, ในกรณีที่เครื่องทดสอบเป็นแบบมือหมุน ผู้ทดสอบจะต้องซ้อมหมุนให้ได้อัตรากดตามต้องการ(ในขณะที่ยังไม่มีตัวอย่างดิน)

วิธีการทดลองแบบแรงอัดแกนเดียวเป็นการทดลองไม่เหมือนสภาพความเป็นจริงตามธรรมชาติ การทดลองที่ได้จึงเป็นค่าโดยประมาณ จะใช้การทดลองนี้กับดินเหนียวเท่านั้น สามารถปฏิบัติการทดลองได้รวดเร็ว ประหยัด ทดลองได้ทั้งดินเหนียวคงสภาพ และดินเหนียวเปลี่ยนสภาพ ความไวของดินเหนียวมีผลต่องานปฏิบัติงานฐานราก หากได้จากอัตราส่วนของผลการทดลองดินเหนียวคงสภาพกับดินเหนียวเปลี่ยนสภาพ ค่าความไวของดินเหนียวทั่วไปประมาณ 2-4 ถ้ามากกว่า 4 จะต้องหาทางป้องกันไม่ให้ดินเหนียวถูกกระทบกระเทือน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

14.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง

ตารางที่ 14.1 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

เส้นผ่าศูนย์กลาง 7.29 ซม.					พื้นที่หน้าตัด 41.739 ซม.^{2}			
ความยาว 14.78 ซม.^{2}					ปริมาตรดิน 616.907 ซม.^{3}			
น้ำหนักตัวอย่าง 1,221.4 กรัม								
Proving Ring No: 24691					Load Dial: 1 unit 0.3154			
การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัดแก้ไข	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้น กก. ต่อ ซม.^{2}
0	0	0	0	0	41.74	0	0.00	0
20	4	0.2	0.001	0.135	41.80	1.26	56.14	1.34
40	9	0.4	0.003	0.271	41.85	2.84	126.30	3.02
60	12	0.6	0.004	0.406	41.91	3.78	168.39	4.02
80	19	0.8	0.005	0.541	41.97	5.99	266.62	6.35
100	21	1	0.007	0.677	42.02	6.62	294.69	7.01
120	24	1.2	0.008	0.812	42.08	7.57	336.79	8.00
140	26	1.4	0.009	0.947	42.14	8.20	364.85	8.66
160	29	1.6	0.011	1.083	42.20	9.15	406.95	9.64

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 14.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัดแก้ไข	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้นกดต่อ ซม.^{2}
180	33	1.8	0.012	1.22	42.25	10.41	463.08	10.96
200	36	2	0.014	1.35	42.31	11.35	505.18	11.94
250	45	2.5	0.017	1.69	42.46	14.19	631.47	14.87
300	54	3	0.020	2.03	42.60	17.03	757.77	17.79
350	64	3.5	0.024	2.37	42.75	20.19	898.09	21.01
400	74	4	0.027	2.71	42.90	23.34	1038.42	24.21
450	84	4.5	0.030	3.04	43.05	26.49	1178.75	27.38
500	93	5	0.034	3.38	43.20	29.33	1305.04	30.21
550	102	5.5	0.037	3.72	43.35	32.17	1431.34	33.02
600	112	6	0.041	4.06	43.51	35.32	1571.67	36.13
650	120	6.5	0.044	4.40	43.66	37.85	1683.93	38.57
700	129	7	0.047	4.74	43.81	40.69	1810.22	41.32
750	138	7.5	0.051	5.07	43.97	43.53	1936.52	44.04

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 14.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัดแก้ไข	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้น กก. ต่อ ซม.^{2}
800	144	8	0.054	5.41	44.13	45.42	2020.71	45.79
850	152	8.5	0.058	5.75	44.29	47.94	2132.98	48.16
900	160	9	0.061	6.09	44.45	50.46	2245.24	50.52
950	166	9.5	0.064	6.43	44.61	52.36	2329.43	52.22
1,000	171	10	0.068	6.77	44.77	53.93	2399.60	53.60
1,100	182	11	0.074	7.44	45.10	57.40	2553.96	56.63
1,200	192	12	0.081	8.12	45.43	60.56	2694.28	59.31
1,300	202	13	0.088	8.80	45.76	63.71	2834.61	61.94
1,400	209	14	0.095	9.47	46.11	65.92	2932.84	63.61
1,500	217	15	0.101	10.15	46.45	68.44	3045.10	65.55
1,600	223	16	0.108	10.83	46.81	70.33	3129.30	66.86
1,700	229	17	0.115	11.50	47.16	72.23	3213.50	68.13
1,800	234	18	0.122	12.18	47.53	73.80	3283.66	69.09

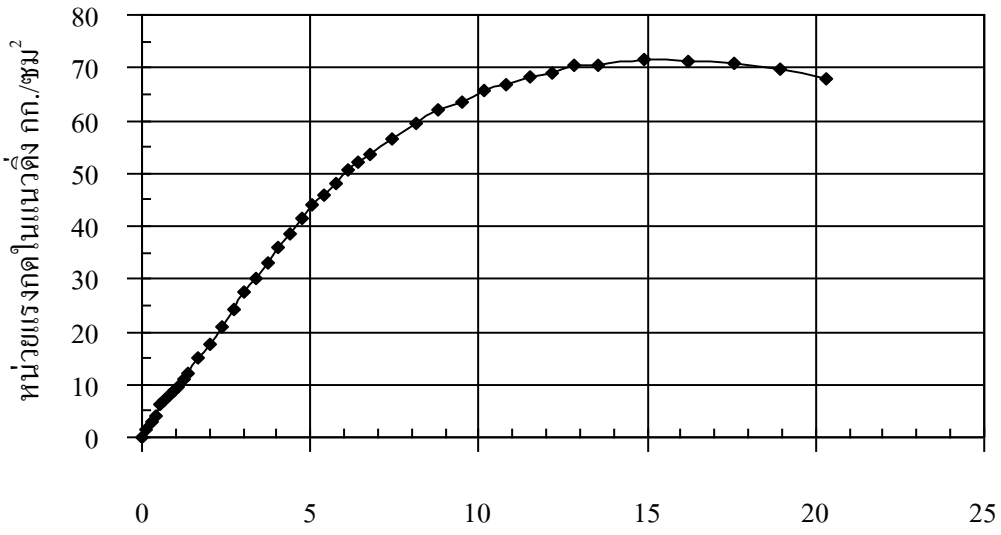
รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

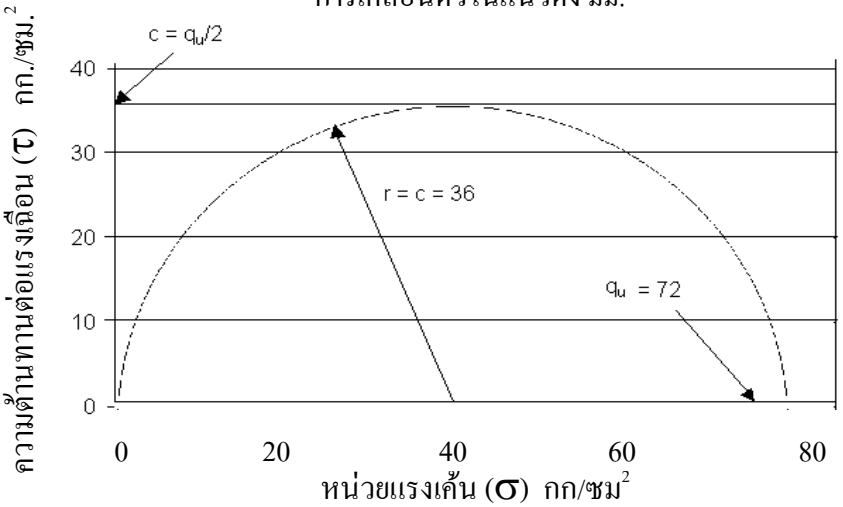
ตารางที่ 14.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัดแก้ไข	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้น กก.ต่อ ซม.^{2}
1,900	240	19	0.129	12.86	47.90	75.70	3367.86	70.32
2,000	243	20	0.135	13.53	48.27	76.64	3409.95	70.64
2,200	250	22	0.149	14.88	49.04	78.85	3508.18	71.54
2,400	253	24	0.162	16.24	49.83	79.80	3550.28	71.25
2,600	255	26	0.176	17.59	50.65	80.43	3578.35	70.65
2,800	256	28	0.189	18.94	51.49	80.74	3592.38	69.76
3,000	254	30	0.203	20.30	52.37	80.11	3564.31	68.06

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 14.2 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดในแนวดิ่งกับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง





รูปที่ 14.9 แสดงวงกลมของโมร์

14.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองแรงอัดแกนเดียว

1) คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินตลอดแท่งตัวอย่าง

$$A_0 = \frac{A_1 + 2A_2 + A_3}{4} \quad \text{.....(14.5)}$$

เมื่อ A_0 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินเฉลี่ย

A_1 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินด้านบน

A_2 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินตรงกลาง

A_3 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินด้านล่าง

2) หาพื้นที่หน้าตัดดินตัวอย่าง

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{.....(14.6)}$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดิน

d = เส้นผ่าศูนย์กลางตัวอย่างดินในด้านที่พิจารณา

3) หาพื้นที่หน้าตัดดินตัวอย่างที่เปลี่ยนไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความสูงของตัวอย่างดินในระหว่างการทดสอบ

$$A_S = \frac{A_0}{(1-\varepsilon)} \quad \text{.....(14.7)}$$

เมื่อ ε = อัตราส่วนระหว่างการหดตัวอย่างต่อความสูงของตัวอย่างเดิม ($\varepsilon = \Delta V/L$)

A_S = พื้นที่หน้าตัดดินตัวอย่างขณะที่มีการหดตัว

L = ความสูงของตัวอย่างดิน

ΔV = ระยะการหดตัว

4) คำนวณหาแรงกดบนตัวอย่างดิน

$$\sigma_v = \frac{(P.R)K}{A_s} \quad \text{.....(14.8)}$$

เมื่อ σ_v = หน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

P.R = ค่าที่อ่านได้จาก Proving Ring

K = ค่าคงที่ของ Proving Ring

5) พื้นที่แก้ไข = $\frac{\text{พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง}}{1 - \frac{\text{การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง}}{\text{ความสูงตัวอย่าง}}}$ .....(14.9)

6) คำนวณหาแรงกดในแนวดิ่งจนกระทั่งการทรุดตัวเกิน 20% ของความสูงของตัวอย่าง

7) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหากำลังต้านทานแรงอัดแกนเดียว

ตารางที่ 14.3 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

เส้นผ่าศูนย์กลาง จากการวัด=7.29 ซม. พื้นที่หน้าตัด $=\frac{\pi (7.29)^2}{4}$ =41.739 ซม.^{2} ความยาวของดิน จากการวัด =14.78 ซม. ปริมาตรดิน $=\frac{\pi(7.29)^2}{4}$ x14.78 =616.907 ซม.^{3}				
น้ำหนักตัวอย่าง จากการชั่งน้ำหนัก =1,221.40 กรัม				
Proving Ring No: หมายเลข 24691			Load Dial: 1 unit ค่าคงที่=0.3154	
การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว (มม.)	ความเครียด (τ)	% ความเครียด (τ)
จากการอ่าน=0	จากการอ่าน= 0	= 0x0.01= 0.00	$=\frac{0}{14.78x10}=0$	= 0x100
จากการอ่าน=20	จากการอ่าน= 4	= 20x0.01= 0.20	$=\frac{0.20}{14.78x10}=0.00135$	= 0.00135x100 = 0.135
จากการอ่าน=40	จากการอ่าน= 9	= 40x.01= 0.4	$=\frac{0.40}{14.78x10}=0.00271$	= 0.00271x100 = 0.271

ตารางที่ 14.3 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

พื้นที่หน้าตัดแก้ไข	น้ำหนัก ปอนด์	น้ำหนัก กิโลนิวตัน	ความเค้น (σ) กก./ซม.^{2}
$= \frac{41.739}{1 - 0} = 41.739$	= 0x0.3154=0.000	= 0x44.4918 = 0	$= \frac{0}{41.739} = 0.000$
$= \frac{41.739}{1 - 0.00135} = 41.796$	=4x0.3154=1.262	= 1.262x44.491 = 56.147	$= \frac{56.147}{41.796} = 1.343$
$= \frac{41.739}{1 - 0.00271} = 41.853$	=9x0.3154=2.839	= 2.839x44.491 = 126.309	$= \frac{126.309}{41.853} = 3.018$

โดยที่กำหนดให้ น้ำหนัก 1 ปอนด์เท่ากับ 4.44918 นิวตัน หรือเท่ากับ 44.4918 กิโลนิวตัน

แบบทดสอบที่ 14 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 14 เรื่อง การทดลองแรงอัดแกนเดียว(Unconfined Compression Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression test)ใช้กับดินประเภทใด
   - ก. ดินทราย
   - ข. ดินตะกอน
   - ค. หินและกรวด
   - ง. ดินเหนียวคงสภาพ
2. ค่าของ qu หมายถึงข้อใด
   - ก. ความต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุด
   - ข. ความต้านทานต่อแรงกดสูงสุด
   - ค. ความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุด
   - ง. ความต้านทานต่อแรงอัดแบบสามแกนสูงสุด
3. การทดลองแรงอัด (Unconfined Compression test) มีสองวิธีคือ
   - ก. แบบ Stress Control และแบบ Strain Control
   - ข. แบบแรงอัดแกนเดียว และแบบแรงอัดสามแกน
   - ค. แบบแรงกดอัดในแนวดิ่ง และแบบแรงกดอัดด้านข้าง
   - ง. แบบแรงกดอัด และแรงเฉือนในแนวระนาบ
4. กำลังแรงเฉือนมีค่าเท่าใดต่อน้ำหนักกดสูงสุด
   - ก. ½ เท่า
   - ข. 1 เท่า
   - ค. 1 ½ เท่า
   - ง. 2 เท่า
5. ถ้าค่าของ qu มีค่าเท่ากับ 90 กก./ซม^2 ค่าความต้านทานแรงเฉือน (c) จะเท่ากับเท่าใด
   - ก. 45 กก./ซม.^{2}
   - ข. 90 กก./ซม.^{2}
   - ค. 180 กก./ซม.^{2}
   - ง. 270 กก./ซม.^{2}

6. กราฟที่ได้ มาจากความสัมพันธ์ระหว่างของ ข้อใด
   ก. หน่วยแรงกดในแนวราบ กับ หน่วยแรงกดในแนวดิ่ง
   ข. หน่วยแรงกดในแนวดิ่ง กับ เวลาที่ใช้กด
   ค. หน่วยแรงกดในแนวราบ กับ เวลาที่ใช้กด
   ง. หน่วยแรงกดในแนวดิ่ง กับ การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง
7. การหยุดทดลองตัวอย่างดินแบบแรงอัดแกนเดียวต่อเมื่อ เป็นข้อใดต่อไปนี้
   ก. เข็มที่ใช้วัดน้ำหนักที่กดตีกลับ
   ข. น้ำหนักที่กระทำอยู่คงที่อย่างน้อย 2 ค่า
   ค. การยุบตัวของดินเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์
   ง. น้ำหนักที่ใช้กด สามารถกดเพิ่มได้อีกโดยไม่หยุด
8. ถ้าหน่วยแรงกดมีค่าเท่ากับ 4 กก. พื้นที่รับแรงเท่ากับ 10 ซม^2 และอัตราเร่งของมาตรวัดเท่ากับ 0.10 กก./ช่อง หน่วยแรงกดในแนวดิ่งจะมีค่าเท่ากับข้อใด
   ก. 40 กก/ซม.^{2}
   ข. 4 กก/ซม.^{2}
   ค. 0.40 กก/ซม.^{2}
   ง. 0.040 กก/ซม.^{2}
9. การทดลองดินแบบแรงอัดแกนเดียว ในบางกรณีที่ดินไม่มีรอยเฉือนเกิดขึ้นเมื่อกดถึงจุดสูงสุด ให้ทดลองตามข้อใด
   ก. เมื่อตัวอย่างดินแตกเป็นสองส่วน
   ข. เมื่อดินยุบตัวแบนที่สุด
   ค. จนกระทั่งยุบตัว 20 % ของความสูง
   ง. หยุดการทดลองได้
10. ถ้าเป็นดินเหนียวอ่อนอิ่มตัวและภายใต้แรงกดที่กระทำในเวลาอันรวดเร็ว $\tan \phi$, จะมีค่าเป็นข้อใด
   ก. จะมีค่ามาก
   ข. จะมีค่าน้อย
   ค. จะมีค่าเท่ากับค่าของ τ
   ง. จะมีค่าเป็นสองเท่าของค่า τ

คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

.....2.1 การทดลองแรงอัดแกนเดียวเพื่อหากำลังต้านทานแรงเฉือนโดยไม่มีแรงด้านข้างมากระทำ

.....2.2 ถ้าดินมีความอิ่มตัว ค่าของมุมเสียดทานจะเท่ากับศูนย์

.....2.3 ค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุดของดินนั้น

.....2.4 การทดลองแรงอัดแกนเดียวสามารถหาค่ามุมเสียดทานได้

.....2.5 Shear Strength คือค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ดินทนได้

.....2.6 Unconfined Compression test เป็นการทดลองแบบไม่มีการอัดตัวคายน้ำ

.....2.7 Unconfined Compression test นิยมใช้ทดลองกับดินประเภท Cohesive Soil

.....2.8 Unconfined Compression test มีการทดลองอยู่ 2 วิธี

.....2.9 มาตรวัดที่ใช้ในการทดลอง ต้องอ่านได้ละเอียดถึง 0.10 มม.

.....2.10 อัตราส่วนระหว่างความสูงของดินตัวอย่างต่อเส้นผ่าศูนย์กลางควรมีค่าระหว่าง 2 ถึง 2.50 เท่า

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเตรียมตัวอย่างดินเหนียวแบบคงสภาพ 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลองแรงอัดแกนเดียว โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

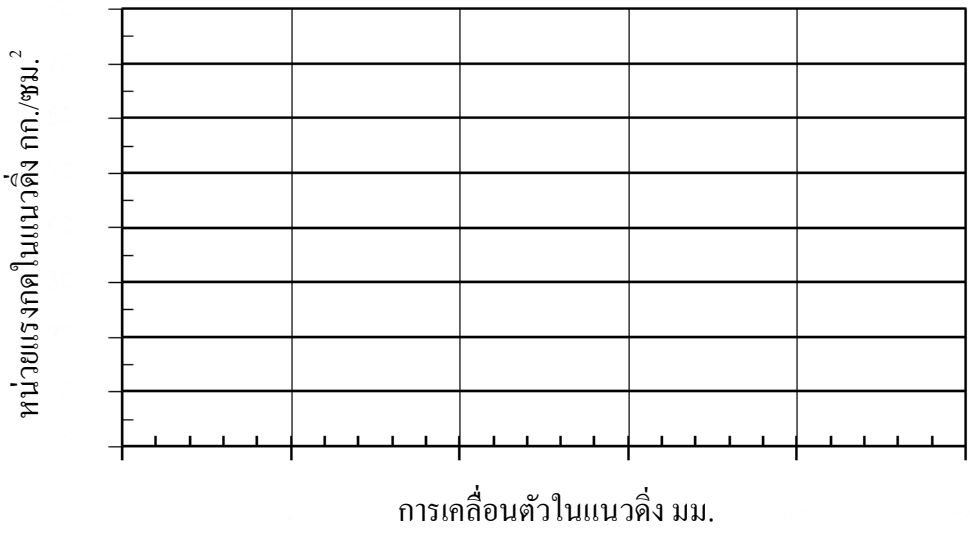
1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาแรงอัดแกนเดียวจำนวน 2 ตัวอย่าง
2) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนของการทดลองหาแรงอัดแกนเดียว
3) บันทึกการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 14.4
4) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่งลงในตารางที่ 14.5
5) เขียนรูปวงกลมของโมร์ ในตารางที่ 14.16
6) คำนวณหาค่าหน่วยแรงกดสูงสุดและค่าหน่วยแรงเฉือนสูง
7) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 14.4 แสดงตารางบันทึกและคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง

เส้นผ่าศูนย์กลาง	ซม.	พื้นที่หน้าตัด	ซม.^{2}
ความยาว	ซม.^{2}	ปริมาตรดิน	ซม.^{3}
น้ำหนักตัวอย่าง	กรัม		
Proving Ring No: 24691		Load Dial: 1 unit 0.3154	

การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัดแก้ไข	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้น กก. ต่อ ซม.^{2}

ตารางที่ 14.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดในแนวดิ่งกับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง



ตารางที่ 14.6 แสดงตารางวงกลมของโมร์

ความต้านทานต่อแรงเฉือน (τ) กก./ซม.^{2}

หน่วยแรงเค้น (σ) กก./ซม.^{2}