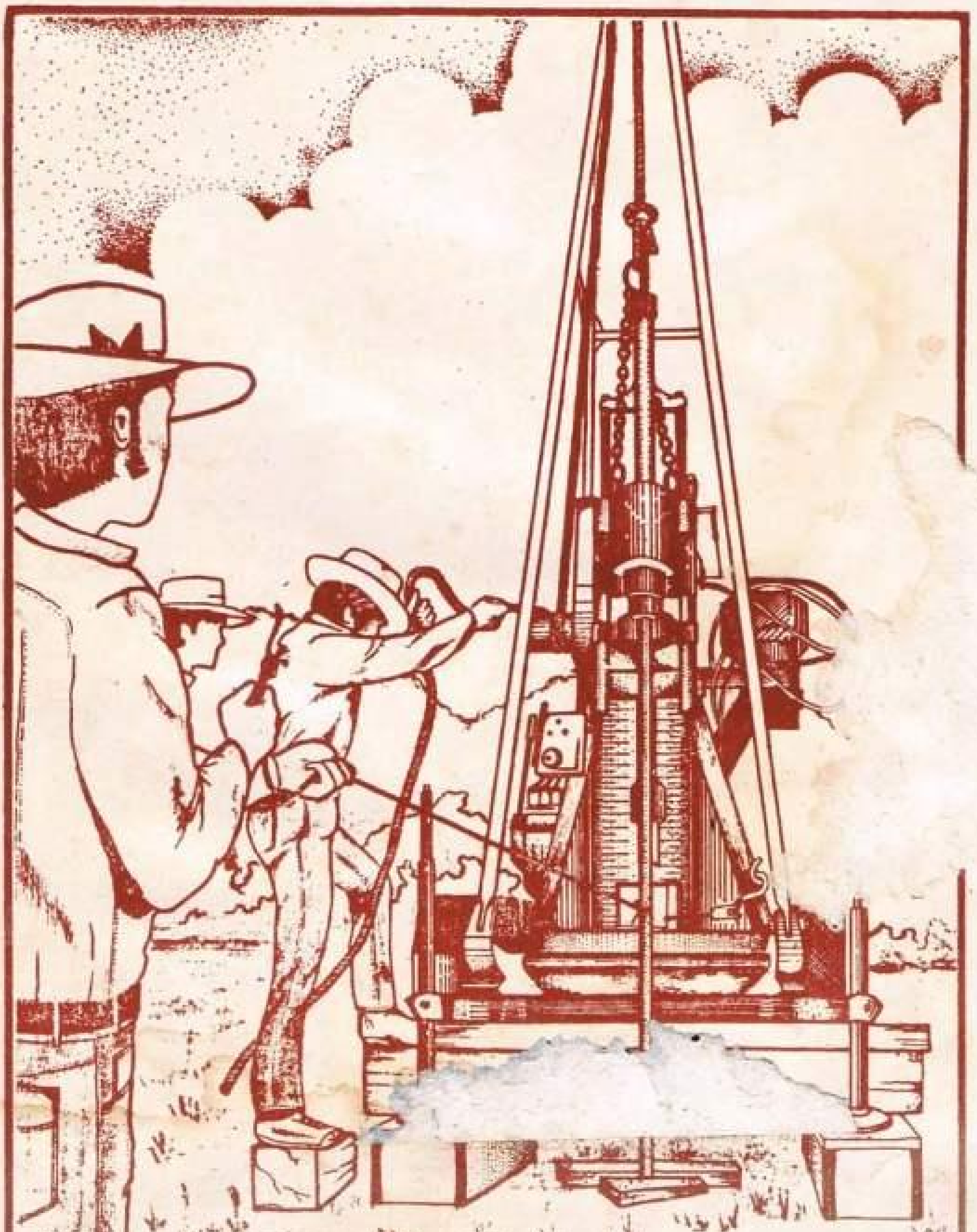
ไกล้รุ้ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# ปฐพีกลศาสตร์

## ภาคการทดลอง

**เล่มที่ ๑**



**สำราญ ยอดอุปถัมภ์**

ไกลัรุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# ปฐพีกลศาสตร์

## ภาคการทดลอง
## เล่ม ๑

สำราญ ยอดอุปถัมภ์

วิทยาเขต อุเทนถวาย

(สงวนลิขสิทธิ์)

75.—

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

แด่ "พ่อแม่และครูบา อีกเทวดาในราศี"

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

## คำนำของ ผู้อำนวยการวิทยาเขตอุเทนถวาย

หนังสือปฐพีกลศาสตร์ ภาคการทดลอง ซึ่งอาจารย์สำราญ ยอดอุปถัมภ์ ได้เขียนขึ้นเล่มนี้เป็นหนังสือทางวิชาการที่มีประโยชน์มาก สำหรับใช้เป็นหนังสือประกอบการสอนและการเรียนของนักศึกษา ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่าง-ก่อสร้าง และสาขาวิชาอื่นที่กำหนดให้เรียนวิชาปฐพีกลศาสตร์ หนังสือในแนวนี้ยังขาดแคลนอยู่มาก แม้แต่ในภาษาต่างประเทศ จึงเป็นที่น่ายินดีที่ผู้เขียนมีความตั้งใจและความอุตสาหะจัดทำขึ้น โดยเฉพาะผู้เขียนนั้นมีประสบการณ์ด้านการสอนทางวิชานี้มานานพอสมควร จึงเชื่อได้ว่า หนัดสือชุดนี้จะมีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาทางด้านวิชาชีพก่อสร้างต่อไป

วิทยาเขตอุเทนถวาย

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# คำนำ

หนังสือปฐพีกลศาสตร์ ภาคการทดลองเล่มนี้ เขียนขึ้นมาเพื่อประโยชน์ในการเรียนการสอนของวิชา ยธ. 433 ปฐพีกลศาสตร์ ตามหลักสูตรของวิทยาเขตอุเทนถวาย เพราะฉะนั้นจึงทำให้หนังสือเล่มนี้ ไม่มีความสมบูรณ์ในด้านเนื้อหาเกี่ยวกับการทดสอบคุณสมบัติของดินในทางวิศวกรรม มีเพียงบางการทดลองที่ใช้สอนในวิทยาเขตฯ เท่านั้น เมื่อมาทำเป็นหนังสือขึ้นมาจึงเขียนว่าเป็น เล่มที่ 1 ส่วนภาคสมบูรณ์หรือเล่มที่ 2 นั้น ถ้าหากมีเวลาศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมก็คงจะมีตามมาอีก

ครั้งนี้เป็นครั้งแรกที่กระผมจัดทำหนังสือขึ้นมา ก็คงจะมีความบกพร่องอยู่บ้าง เพราะมีขีดจำกัดหลายอย่างที่ไม่สามารถทำออกมาให้สมบูรณ์ในครั้งนี้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้ของกระผมก็มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น กระผมจึงขอรับความบกพร่องต่าง ๆ ของหนังสือ ถ้ามีผู้รู้จะช่วยแนะนำให้ แต่ก็หวังว่าคงจะมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนของเพื่อนครูที่สอนในวิชานี้อยู่ ไม่มากก็น้อย

(สำราญ ยอดอุปถัมภ์)
อาจารย์ประจำวิชาปฐพีกลศาสตร์
วิทยาเขตอุเทนถวาย

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทนำ | การบอกลักษณะของดิน | 1 |
| บทที่ 1 | การหาปริมาณน้ำในดิน | 6 |
| บทที่ 2 | การเจาะและเก็บตัวอย่างดิน | 14 |
| บทที่ 3 | การหาขีดการไหลตัวและขีดความอ่อนตัวของดิน | 21 |
| บทที่ 4 | การหาขีดการหดตัวของดิน | 37 |
| บทที่ 5 | การหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ตะแกรง | 47 |
| บทที่ 6 | การวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินโดยใช้ Hydrometer Method | 63 |
| บทที่ 7 | การหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน | 81 |
| บทที่ 8 | การจำแนกดิน | 93 |
| บทที่ 9 | การบดอัดดินแบบมาตรฐาน | 113 |
| บทที่ 10 | การบดอัดดินสูงกว่ามาตรฐาน | 128 |
| บทที่ 11 | การหาความหนาแน่นของดินในสนาม | 135 |
| บทที่ 12 | การทดลองหาค่า C.B.R. | 145 |
| บทที่ 13 | การหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ | 163 |
| บทที่ 14 | Unconfined Compression Test | 169 |

# บทนำ การบอกลักษณะของดิน

(Soil Identification)

ก่อนที่จะทำการทดสอบคุณสมบัติของดินทางด้านใด ๆ ก็แล้วแต่ สิ่งที่นักศึกษาจำเป็นจะต้องทราบและปฏิบัติก็คือ การบอกลักษณะของดินที่จะนำมาทดสอบ และรายละเอียดปลีกย่อยอื่น ๆ เท่าที่จะสามารถทราบได้ การบอกลักษณะของดินนี้เป็นเสมือนหนึ่งการจำแนกหรือจัดประเภทของดินไว้ก่อนอย่างสังเขป ด้วยการสังเกตุด้วยตา และการสัมผัสซึ่งประกอบด้วยกฎเกณฑ์ดังนี้

1. สีของดิน (Colour)
2. ลักษณะของเนื้อดิน (Texture)
3. ความชื้นในดิน (Moisture Status)
4. ความอ่อนแข็งและความแน่นสัมพัทธ์ (Consistency & Relative Density)
5. รายละเอียดอื่น ๆ (Particular Characteristics)

1. สีของดิน เขียนขึ้นจากการสังเกตุด้วยตา หรือเทียบสีจาก Colour Chart (ถ้ามี) และถ้าหากว่าดินมีหลายสีผสมกันก็เขียนให้ครบ เช่น ดินสีน้ำตาลปนแดง (Redish Brown)

2. ลักษณะของเนื้อดิน ดินแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ อยู่ 4 ประเภท คือ กรวด (Gravel), ทราย (Sand), ทรายเม็ดป่น (Silt), ดินเหนียว (Clay)

กรวด (Gravel) ง่ายต่อการสังเกตุด้วยตา เพราะมีเม็ดค่อนข้างหยาบ ขนาดของเม็ดตั้งแต่ 2 - 60 m.m. ไม่มีความเชื่อมแน่นเพราะไม่มีมวลละเอียดปน

ทราย (Sand) ขนาดของเม็ดมีตั้งแต่ 0.06 - 2 m.m. ถ้าเป็นทรายเม็ดหยาบก็สังเกตุได้ง่าย ๆ รู้สึกสากมือเมื่อสัมผัส ไม่มีความเชื่อมแน่นเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง ถ้าเป็นทรายละเอียดต้องใช้อุปกรณ์บางอย่างช่วยในการจำแนก

ทรายเม็ดป่น (Silt) ขนาดของเม็ดตั้งแต่ 0.002 - 0.06 m.m. เป็นดินเม็ดละเอียดมีความเชื่อมแน่น ไม่รู้สึกสากมือเมื่อสัมผัสเหมือนทราย มีความอ่อนตัวไม่มากนักเมื่ออยู่ในสภาพเปียก นำมาปั้นเป็นก้อนกลมได้ แต่คลึงเป็นเส้นกลมได้ยาก

ดินเหนียว (Clay) เป็นดินเม็ดละเอียดขนาดเล็กกว่า .002 m.m. มีอยู่สองประเภท คือ ชนิดที่มีความอ่อนตัวปานกลาง (L.L = 35 - 50%) ง่ายต่อการคลึงให้เป็นเส้นกลม ส่วนใหญ่จะเป็น Organic Clay อีกชนิดหนึ่งมีความอ่อนตัวสูง (L.L > 50%) ง่ายต่อการคลึงให้เป็นเส้นกลม ส่วนใหญ่จะเป็น Inorganic Clay

ความแตกต่างระหว่างทรายละเอียด (Fine Sand) และทรายเม็ดป่น (Silt)

วัตถุทั้งสองอย่างมีลักษณะเป็นฝุ่นผง เมื่อมีสภาพแห้ง หาความแตกต่างได้โดยการเอาดินประมาณ 1 ช้อน ผสมกับน้ำในกระบอกตวง แล้วเขย่าถ้าหากเป็นทรายจะตกตะกอนในเวลา $1\frac{1}{2}$ นาที หรือน้อยกว่า ถ้าเป็นทรายเม็ดป่นจะใช้เวลา 10 นาที หรือมากกว่า (สังเกตุจากสีของน้ำที่ใสขึ้นกว่าเดิม) และถ้าตั้งทิ้งไว้นาน ๆ ก็จะเห็นปริมาณชนิดของดินที่ปนอยู่อย่างชัดเจน โดยสังเกตุจากชั้นของดินที่ตกตะกอนในกระบอกตวง

ความแตกต่างระหว่างทรายเม็ดป่น (Silt) กับดินเหนียว (Clay)

พิจารณาความแตกต่างได้ดังนี้

ก. โดยการหยดน้ำลงบนก้อนดินแล้วใช้มือถู และสังเกตุดูรอยที่เกิดขึ้น ถ้าผิวดินเป็นมันแสดงว่าเป็นดินเหนียว ถ้ามีรอยเป็นทางตามที่มือถูแสดงว่าเป็น Silt

ข. นำดินมาผสมกับน้ำในกระบอกตวง แล้วสังเกตุจากการตกตะกอน ถ้าเป็น Silt จะตกหมดในเวลา 1 ชั่วโมง หรือน้อยกว่า ถ้าเป็นดินเหนียวจะใช้เวลามากกว่านี้

ค. ทดสอบความไวตัวของดิน (Dilatancy) โดยการนำเอาดินผสมกับน้ำ แล้วปั้นเป็นก้อนกลม แล้ววางดินบนอุ้งมือแล้วแกว่งไปมาในแนวราบสักพัก ถ้าดินมีส่วนประกอบเป็น Silt ผิวของดินจะมีน้ำเยิ้มออกมา เนื่องจากว่า Silt มีขนาดโตกว่าเม็ดดินเหนียว ทำให้น้ำซึมออกมาได้ง่าย ถ้าหากเป็นดินเหนียวจะมีสภาพคงเดิม

ง. เมื่อดินอยู่ในสภาพแห้ง ก้อนดินเหนียวจะแตกยากกว่าก้อนดินประเภท Silt

จ. ในสภาพที่อ่อนตัว ดินเหนียวสามารถคลึงเป็นเส้นกลมได้ง่ายกว่า Silt หรือถ้าคลึงได้ Silt ก็ต้องใช้ปริมาณน้ำมากกว่าดินเหนียว

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



3. ความชื้นในดิน ให้ใช้คำว่าแห้ง (Dry) ชื้น (Moist) เปียก (Wet) ถ้าหากเป็นจำพวกทรายก็ไม่มีปัญหาอะไร เพราะสามารถสังเกตุได้ด้วยตา ถ้าเป็นดินเหนียวต้องได้จากการทดสอบ Liquidity Index (L.I)

เมื่อดินมีสภาพแห้ง L.I < 0.2

เมื่อดินมีสภาพชื้น 0.2 < L.I < 0.5

เมื่อดินมีสภาพเปียก L.I > 0.5

$$L.I. = \frac{\omega_n - \omega_p}{\omega_\ell - \omega_p} ,$$

$\omega_n$ = NATURAL WATER CONTENT.

$\omega_p$ = PLASTIC LIMIT, $\omega_\ell$ = LIQUID LIMIT.

4. ความอ่อนแข็งและความแน่นสัมพัทธ์ ความอ่อนแข็งใช้สำหรับดินประเภท Cohesive Soil เช่น ดินเหนียว หรือดินที่มีส่วนของดินเหนียวเป็นตัวประกอบ

| ความอ่อนแข็ง (Consistency) | Cohesion (Undrain) from Lab. TSF. | Field Std.Penetration Test | จากการสัมผัส (Visual Classification) |
|---|---|---|---|
| อ่อนมาก (Very Soft) | 0.00 - 0.25 | 0 - 2 Blows | กดลงอย่างง่ายดาย |
| อ่อน (Soft) | 0.25 - 0.50 | 2 - 4 " | กดลงง่ายด้วยหัวแม่มือ |
| แน่น (Firm) | 0.05 - 1.0 | 4 - 8 " | กดลงด้วยหัวแม่มือ |
| เหนียวแน่น (Stiff) | 1.0 - 2.0 | 8 - 16 " | กดลงด้วยหัวแม่มือ แต่ต้องใช้แรงมาก ๆ |
| เหนียวแน่นมาก (Very Stiff) | 2.0 - 4.0 | 16 - 32 " | เอาเล็บหัวแม่มือจิกได้ |
| แข็ง (Hard) | 4.0 | > 32 " | เอาเล็บหัวแม่มือจิกได้ แต่ต้องใช้แรงมาก |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ความแน่นสัมพัทธใช้สำหรับดินประเภท Cohesionless Soil

| ความแน่น | Relative Density (% From Lab) | STD.Penetration (From Field) |
|---|---|---|
| ร่วนมาก (Very Loose) | 0 - 15 % | 0 - 4 Blows |
| ร่วน (Loose) | 15 - 35 % | 4 - 10 " |
| ปานกลาง (Medium) | 35 - 65 % | 10 - 30 " |
| หนาแน่น (Dense) | 65 - 85 % | 30 - 50 " |
| หนาแน่นมาก (Very Dense) | 85 - 100 % | มากกว่า 50 " |

5. รายละเอียดอื่น ๆ เช่น ลักษณะทางโครงสร้างของดิน เช่น มีรูพรุนอันอาจเกิดจากรูรากไม้, สารแปลกปลอมที่ปนกับดิน เช่น เปลือกหอย, กลิ่นของดิน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากสารอินทรีย์, ชื่อตามท้องถิ่นหรือชื่อตามทางธรณีวิทยา เช่น ดินเหนียวจากท้องนา (Paddy Clay) ตำแหน่งหรือสถานที่นำดินตัวอย่างมา เช่น หมายเลขของหลุมเจาะ, ระดับความลึกของดินที่เก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างการเขียนรายละเอียดของดิน

ถ้าหากว่าดินที่เจาะขึ้นมา พิจารณาด้วยสายตาแล้วเห็นว่าส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ก็ให้ใช้ดินเหนียวเป็นคำนาม ดินชนิดอื่นที่น้อยกว่า และน้อยรองลงไปเป็นคำขยายนาม เช่น Silty Clay แสดงว่าดินชนิดนี้เป็นดินเหนียวและมีทรายเม็ดปนปนอยู่ในปริมาณที่รองลงไป ถ้าหากมีดินอย่างอื่นปนอยู่อีกหลาย ๆ อย่างก็ให้เขียนให้ครบ โดยใช้คำขยายนามที่เหมาะสมกับปริมาณที่ปนอยู่ เช่น Silty Clay, Trace to Some Sand, Trace Gravel.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

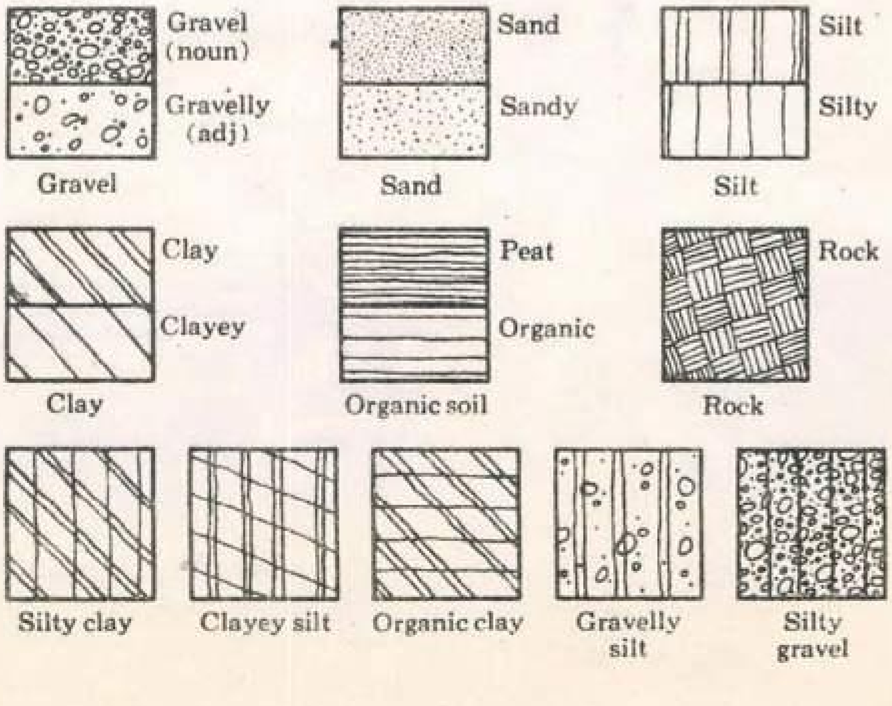
<u>คำขยายสำหรับดินชนิด Cohesionless Soil</u>

| คำขยาย | ปริมาณที่ปน |
|---|---|
| Trace | 1 - 10 % |
| Trace to Some | 10 - 20 % |
| Some | 20 - 35 % |
| And | 35 - 50 % |

และถ้าหากว่าสามารถทราบรายละเอียดอย่างอื่นเพิ่มเติมก็เขียนลงไปอีก เช่น Redish Brown, Clayey Silt, Trace to Some Sand, Trace Gravel Moist in Place, Stiff to Very Stiff.

6. <u>การเขียนรูปแทนลักษณะของดิน</u>

หลุมเจาะของดินแต่ละหลุม และการเขียนภาพตัดขวางของชั้นดินจะต้องแสดงความหนาของชั้นดินแต่ละชนิดที่เรียงซ้อนกัน โดยการเขียนภาพประกอบเพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน วิธีการเขียนภาพแทนลักษณะของดินในที่นี้จะใช้ตาม Texas Committee on Soil Mechanics and Foundation Engineering ตามภาพ Sketch ที่แสดงไว้ดังนี้



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

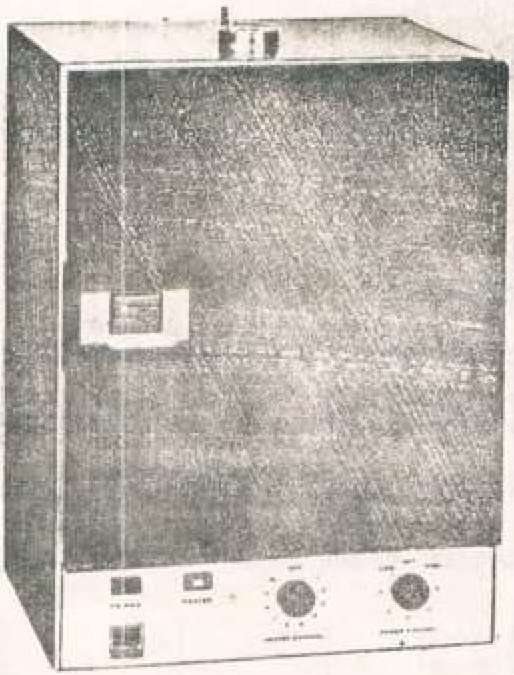


# การทดลองครั้งที่ 1

## การหาปริมาณน้ำในดิน

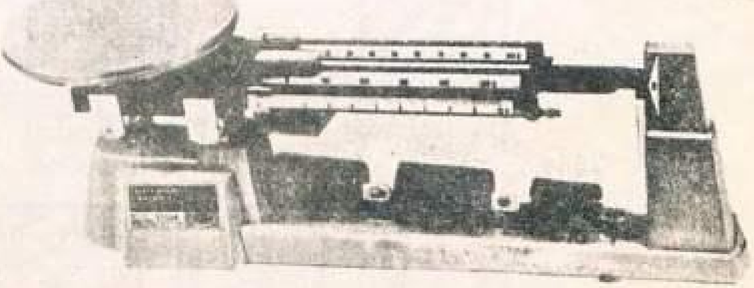
อุปกรณ์

1. กระป๋องใส่ดิน (ทำด้วยอลูมิเนียมหรือดีบุก)
2. เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้แน่นอน
3. ตาชั่งที่อ่านละเอียดได้ .01 กรัม



ตู้อบดิน

กระป๋องใส่ดิน



ตาชั่ง Triple Beam Scale

ใกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



หลักการ

การหาปริมาณน้ำในดินเป็นการทดลองที่ต้องทำทุก ๆ ครั้งที่มีการปฏิบัติงานเกี่ยวกับดินในห้องทดลอง โดยการเทียบน้ำหนักของปริมาณน้ำที่อยู่ในดินกับน้ำหนักของดินแห้ง อธิบายได้ว่า

$$\omega = \frac{Ww}{Ws} \times 100 \quad \text{———} \quad (1)$$

เมื่อ Ww เท่ากับน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในมวลดินและ Ws เป็นน้ำหนักของดินแห้ง หรืออีกวิธีหนึ่งโดยการเทียบน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักดินทั้งก้อน

$$\omega' = \frac{Ww}{Ws + Ww} = \frac{Ww}{W} \quad \text{———} \quad (2)$$

โดย W น้ำหนักของดินทั้งก้อน (Ws + Ww) วิธีการนี้ดูจะไม่เหมาะสมนัก เพราะว่านำค่าปริมาณน้ำไปสัมพันธ์กับค่าที่ไม่แน่นอน แทนที่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่คงที่กว่านี้ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่า Ww จะมีอยู่ทั้งเศษและส่วน นอกจากนี้ค่าปริมาณน้ำในดินยังเทียบได้จากปริมาตรได้ด้วย

$$\theta = \frac{Vw}{Vs + Vv} = \frac{Ww}{Vt} \quad \text{———} \quad (3)$$

หรือ $\theta = \omega\gamma d$ ——— (4)

เมื่อ Vw = ปริมาตรของน้ำที่ปรากฏในดิน

Vv = ปริมาตรของช่องว่างในดิน

Vs = ปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็ง

$\omega$ = ปริมาตรน้ำในดินที่หาได้จาก (1)

$\gamma d$ = ความหนาแน่นของดินแห้ง

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักของกระป๋องอบดิน พร้อมฝาปิดและบันทึกน้ำหนักกระป๋องไว้ และเขียนหมายเลขกำกับแต่ละกระป๋อง ขนาดที่ควรใช้ตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - $2\frac{1}{2}$ นิ้ว

2. นำตัวอย่างดินใส่กระป๋องแล้วนำไปชั่งก็จะได้น้ำหนักดิน + น้ำหนักกระป๋อง ถ้าหากการชั่งน้ำหนักช้าเกิน 3 - 5 นาที ต้องปิดฝากระป๋องด้วย เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นหนีออกจากดิน

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



3. หลังจากชั่งน้ำหนักดิน + กระป๋องแล้วก็นำเข้าเตาอบ ขณะอบต้องเปิดฝากระป๋องออกวางไว้ใต้กระป๋อง

4. หลังจากดินตัวอย่างแห้งแล้วก็นำมาชั่งใหม่ ก็จะได้น้ำหนักดินแห้ง + น้ำหนักกระป๋อง (การชั่งควรใช้เครื่องชั่งอันเดียวกันกับการชั่งน้ำหนักครั้งแรก)

5. คำนวณหาค่าน้ำหนักน้ำในดิน (Ww) เท่ากับ (น้ำหนักดิน + น้ำหนักกระป๋อง) - (น้ำหนักดินแห้ง + น้ำหนักกระป๋อง) และน้ำหนักดินแห้ง (Ws) จาก (น้ำหนักดินแห้ง + น้ำหนักกระป๋อง) - น้ำหนักกระป๋อง จากนั้นก็คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินได้

$$\omega = \frac{Ww}{Ws} \times 100\%$$

<u>หมายเหตุ</u>

ดินที่นำเข้าเตาอบต้องให้อยู่ในอุณหภูมิ $105^{\circ} - 110^{\circ}C$ ใช้เวลาอบ 12 - 24 ชั่วโมง หรือทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน เมื่อนำตัวอย่างดินออกจากเตาอบต้องใช้คีมคีบหรือใช้ถุงมือกันความร้อน เมื่อนำออกมาแล้วต้องนำไปชั่งทันที ถ้าทิ้งไว้นานเกินไปจะทำให้ดินดูดความชื้นจากอากาศเข้าไปอีก และเพื่อให้การหาปริมาณน้ำในดินได้ค่าที่แน่นอนเชื่อถือได้ควรใช้ตัวอย่างดินมากน้อยตามความเหมาะสมดังนี้

| ขนาดของเม็ดดิน (95 - 100% ของดินผ่านตะแกรงตามที่กำหนด) | ตัวอย่างดินควรหนัก |
|---|---|
| # 4 | 100 gms. |
| # 40 | 10 - 50 " |
| $\frac{1}{2}$" | 300 " |
| 2" | 1000 " |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



เตาอบที่อุณหภูมิ 110$^\circ$C จะให้ความร้อนสูงเกินไปสำหรับดินที่มีอินทรีวัตถุปนมาก (Peat) และดินที่มียิบซั่มหรือแร่อื่นปนอยู่ในปริมาณมาก หรือดินเหนียว หรือดินบางชนิดในเขตร้อน (Tropical Soils) อุณหภูมิจะทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนไป ASTM แนะนำไว้ว่าถ้าดินประเภทนี้ให้ใช้อุณหภูมิ 60$^\circ$C

ให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมว่านอกจากจะหาปริมาณน้ำในดินตามวิธีการที่กล่าวมานี้แล้ว ยังสามารถหาได้โดยวิธีการอื่นอีกหรือไม่ โดยค้นคว้าจากหนังสืออ้างอิงหมายเลข 5

---

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT ....../OC

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT NATIONAL HOUSING AUTHORITY

LOCATION OF PROJECT. TUNG SONG HONG

DESCRIPTION OF SOIL. DARK GREY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr. KANOCK TITANUN. DATE OF TEST 12-3-81

WATER CONTENT DETERMINATION

| BORING No. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONTAINER No. (CUP) | 235 | 226 | 260 | 245 | 253 | 249 |
| Wt. OF CUP + WET SOIL | 68.60 | 74.60 | 84.14 | 93.95 | 83.60 | 98.50 |
| Wt. OF CUP + DRY SOIL | 60.10 | 64.20 | 71.50 | 79.60 | 70.50 | 82.00 |
| Wt. OF CUP | 20.40 | 20.40 | 20.00 | 20.40 | 19.50 | 19.80 |
| Wt. OF DRY SOIL | 39.70 | 43.80 | 51.50 | 59.20 | 50.00 | 62.20 |
| Wt. OF WATER. | 8.50 | 10.40 | 12.64 | 14.35 | 13.10 | 16.50 |
| WATER CONTENT, ω % | 21.41 | 23.74 | 24.50 | 24.23 | 25.68 | 26.18 |

| BORING No. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONTAINER No. (CUP) | | | | | | |
| Wt. OF CUP + WET SOIL | | | | | | |
| Wt. OF CUP + DRY SOIL | | | | | | |
| Wt. OF CUP | | | | | | |
| Wt. OF DRY SOIL | | | | | | |
| Wt. OF WATER | | | | | | |
| WATER CONTENT ω % | | | | | | |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 UT........../OC



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

# UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT NATIONAL HOUSING AUTHOR

LOCATION OF PROJECT TUNG SONG HONG

DESCRIPTION OF SOIL DARK GREY CLAY

TEST PERFORMED BY Mr. soontorn Pontus DATE OF TEST 2/6/30

## WATER CONTENT DETERMINATION

| BORING NO. | 0.00 | 0.28 | 0.50 | 1.00 | 1.50 | 2.00 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONTAINER NO. (CUP) | 105 | 108 | 123 | B 18 | 024 | B 23 |
| Wt OF CUP + WET SOIL | 115.4 | 183.80 | 150.1 | 154.50 | 137.6 | 157.35 |
| Wt. OF CUP + DRY SOIL | 95.35 | 132.45 | 111.60 | 113.35 | 100.35 | 109.10 |
| Wt OF CUP | 32.7 | 33.6[illegible] | [illegible] | [illegible]85 | 33.8 | 34.20 |
| Wt. OF DRY SOIL | 62.65 | 98.85 | 78.[illegible]5 | [illegible].50 | 66.55 | 74.90 |
| Wt OF WATER | 20.05 | 51.30 | 38.50 | 41.15 | 37.25 | 48.25 |
| WATER CONTENT, ω % | 32.00 | 51.89 | 49.08 | 53.79 | 55.97 | 64.4[illegible] |

ตรวจแล้ว

| BORING NO. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONTAINER NO. (CUP) | | | | | | |
| Wt. OF CUP + WET SOIL | | | | | | |
| Wt. OF CUP + DRY SOIL | | | | | | |
| Wt OF CUP | | | | | | |
| Wt OF DRY SOIL | | | | | | |
| Wt OF WATER | | | | | | |
| WATER CONTENT ω % | | | | | | |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# ตัวอย่างรายการคำนวณ

การคำนวณหาน้ำในดิน

จากสูตร $w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ระดับ ± 0.000 | w | = | $\frac{20.05 \times 100}{62.65}$ | = | 32.00% |
| - 0.28 ม | w | = | $\frac{51.35 \times 100}{98.85}$ | = | 51.89% |
| - 0.50 ม | w | = | $\frac{38.50 \times 100}{78.45}$ | = | 49.08% |
| - 1.00 ม | w | = | $\frac{41.15 \times 100}{76.50}$ | = | 53.79% |
| - 1.50 ม | w | = | $\frac{37.25 \times 100}{66.55}$ | = | 55.97% |
| - 2.00 ม | w | = | $\frac{48.25 \times 100}{74.90}$ | = | 64.42% |

หรือใช้ในการคำนวณอีกวิธีหนึ่งโดยการหาแบบ

ต้นฉบับ

คือ จาก $w' = \frac{W_w}{W_s + W_w} = \frac{W_w}{W}$

ระดับ ± 0.000 ม $w' = \frac{20.05}{82.7} = 0.242$

- 0.28 ม $w' = \frac{51.35}{150.2} = 0.342$

- 0.50 ม $w' = \frac{38.50}{116.95} = 0.329$

- 1.00 ม $w' = \frac{41.15}{117.65} = 0.350$

- 1.50 ม $w' = \frac{37.25}{103.8} = 0.359$

- 2.00 ม $w' = \frac{48.25}{123.15} = 0.392$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่าปริมาณน้ำในดิน ในระดับ ± 0.000 ม ได้ปริมาณน้ำในดินน้อยที่สุด จากโต๊ะการทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นเพราะ ดินที่เราทำการทดลองนั้นอยู่ใกล้แหล่งน้ำ จึงถูกแสงแดด ส่องถึง ทำให้ดินชั้นบนที่ได้มากกว่าเนื่องจากเพราะน้ำใต้ดินไม่ถึงระดับผิวดิน และเมื่อถูกแสงแดดส่องถึงที่มีพืชปกคลุมอยู่และมีแดดส่องทำให้มีการระเหยน้ำ ดินแห้ง จากชั้นล่าง ที่มีการระเหยได้มากกว่า ระดับชั้นอื่น

จากการทดลอง ±0.000 ม ถึง -2.00 ม ได้ค่าปริมาณน้ำในดินค่อนข้างสูง ดินเหนียว เพราะมีปริมาณน้ำมาก และลักษณะของดินมีสีเข้ม กลิ่นแรง เนื้อของดินละเอียด จึงจัดอยู่ในดินประเภท clay ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานก่อสร้างได้ เพราะดินในชั้น clay มีความชื้นสูงมาก จึงอาจเกิดการทรุดตัวได้ง่าย ถ้าหากอยู่ในชั้นดิน silt และ dense sand แต่ถ้าต้องการที่จะก่อสร้างจริงๆ ให้ฝังเสาเข็มอยู่ในชั้น gravel

∴ สรุปได้ว่า ดินที่เราทำการทดลอง อยู่ในชั้น clay ไม่ควรนำมาใช้ในงานก่อสร้าง ซึ่งถ้าหากจะทำให้ใช้ในงานทางนี้ เราต้องตัดหน้าดินชั้นนี้ออกก่อน แล้วถมลงจึงจะนำมาใช้ในงานก่อสร้างได้

ใกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 2

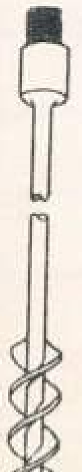
## การเจาะและเก็บตัวอย่างดิน

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อต้องการให้นักศึกษาทราบถึงวิธีการหนึ่งของการเก็บตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ
2. เพื่อให้นักศึกษาแสดงค่าของการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน ซึ่งแปรไปตามความลึกของชั้นดิน
3. เพื่อให้นักศึกษาเก็บรายละเอียดของดิน เพื่อนำมาเขียน Soil Profile อย่างง่าย ๆ
4. เพื่อนำตัวอย่างที่เก็บมาได้ทดสอบคุณสมบัติของดินในห้องทดลองในครั้งต่อ ๆ ไป

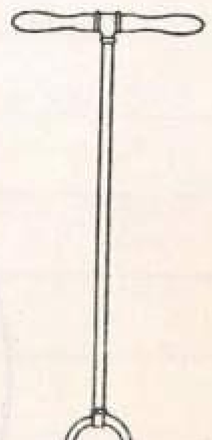
**อุปกรณ์**

1. สว่านเจาะดินแบบใช้มือขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว
2. ด้ามต่อ (Extension Rod ) เพื่อให้เจาะลึกลงไปได้อีก ตามความลึกที่ต้องการ
3. กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน
4. ประแจจับท่อใช้ในการต่อด้าม
5. ไม้เมตรเพื่อใช้วัดความลึกของการเจาะ



HELICAL AUGER

IWAN
OR
POST-HOLE AUGER



<u>หลักการ</u>

การเจาะและเก็บตัวอย่างดินเป็นขั้นตอนอันหนึ่งของการสำรวจชั้นดิน (Sub-surface Exploration) มีวิธีการเจาะและอุปกรณ์การเจาะมากมายหลายชนิด เลือกใช้ตามความเหมาะสมของงานและวัตถุประสงค์ของการเจาะ มีตั้งแต่การใช้อุปกรณ์อย่างง่าย ๆ และใช้แรงงานคนไปจนถึงอุปกรณ์ที่เป็นเครื่องทุ่นแรง

การเก็บตัวอย่างดิน ดินที่ได้จากการเจาะสำรวจมีอยู่ 2 ชนิด

1. ตัวอย่างดินคงสภาพ หมายความว่า เป็นตัวอย่างดินที่เจาะขึ้นมาด้วยอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้เป็นพิเศษ ที่ป้องกันการเปลี่ยนสภาพของดิน คือ คุณสมบัติของดินใกล้เคียงกับสภาพที่อยู่ตามธรรมชาติมากที่สุด คุณสมบัติที่ว่า ได้แก่ ความหนาแน่น ความพรุน อัตราส่วนช่องว่าง-ในดิน ปริมาณน้ำในดิน ฯลฯ

2. ตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ คือ ตัวอย่างที่ไม่พิถีพิถันในการเก็บ อาจใช้เครื่อง-มือและอุปกรณ์อย่างง่าย ๆ เช่น ขุดขึ้นมา หรือใช้สว่านเจาะด้วยวัตถุประสงค์ต้องการทราบคุณสมบัติของดินอย่างสังเขป เช่น สี และลักษณะของเนื้อดิน ฯลฯ

ส่วนการทดลองครั้งนี้เป็นการเจาะเพื่อเก็บตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ โดยการใช้สว่านมือ สว่านมือเป็นอุปกรณ์การเจาะดินอย่างง่าย และใช้กันมานานแล้ว สามารถใช้เก็บตัวอย่างดินในชั้นที่ความลึกไม่มากนัก และเป็นชั้นดินอ่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินชนิด Cohesive Soil ถ้าหากเป็นชั้นดินแข็งและเป็นทราย หรือดินประเภท Cohesionless Soil อาจต้องใช้น้ำช่วยในการเจาะ เพื่อให้ทำงานได้สะดวกและง่ายต่อการเก็บตัวอย่าง และถ้าพื้นที่บางแห่งดินขาดเสถียรภาพ (Unstable) ต้องใช้ท่อส่งลงไปเมื่อเจาะหลุม เพื่อกันดินพัง สว่านมือสามารถเจาะลึกได้ถึง 20 ฟุต

การเขียนรายละเอียดของดินที่เจาะขึ้นมาได้ เนื่องจากตัวอย่างที่ได้มาเป็นตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ ทำให้ไม่สามารถทราบคุณสมบัติบางอย่างของดินได้ก็เขียนเฉพาะสี, ลักษณะเนื้อดิน, และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น สารแปลกปลอมที่ปนในดิน ฯลฯ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. แต่ละหมู่ให้ใช้สว่านเจาะดินลึกอย่างน้อย 6 เมตร
2. เมื่อเจาะลึกทุก ๆ 1 เมตร และชั้นดินเปลี่ยนสีให้เก็บตัวอย่างดินใส่กระป๋องอบดินไว้สองกระป๋อง และบันทึกชนิดของดินและสีไว้ทุก ๆ ครั้ง (จากการสังเกตุด้วยตา) เพื่อนำไปอบและหาค่า Water Content
3. แต่ละกรุ๊พให้เก็บตัวอย่างดินเหนียวใส่ถุงพลาสติก (กะให้ได้น้ำหนักประมาณ 10 กก. เมื่อดินแห้ง) เพื่อนำไว้ใช้ในการทดลองครั้งต่อไป
4. การรายงานผลการทดลองให้กระทำในวันถัดไป หลังจากทราบค่า Water Content โดยการนำมา Plot เพื่อหาลักษณะของชั้นดิน และแสดงค่า Water Content ของแต่ละชั้น

การค้นคว้าเพิ่มเติมให้นักศึกษาอธิบายวิธีการเก็บตัวอย่างดินคงสภาพคนละ 1 วิธีโดยสังเขป

<u>หมายเหตุ</u> เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาทดลอง (3 Period ให้นักศึกษาเจาะดินลึก 3 เมตร และเก็บตัวอย่างดินทุก ๆ ความลึก .50 เมตร และเมื่อชั้นดินเปลี่ยนสี)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 T........../002

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

## UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT ____________

LOCATION OF PROJECT ____________

DESCRIPTION OF SOIL. ____________

TEST PERFORMED BY. ____________ DATE OF TEST. ____________

LOG BORING No. ____

ABBREVIATIONS
PA = power auger
HA = hand auger
ST = shelby tube
SS = split spoon
WO = wash out

STP = standard penetration test
DB = dimond bit.
RB = rock bit.
ground elevation. 0.00 m.
water table 0.60 m.

graphic log | depth m. | sampling method

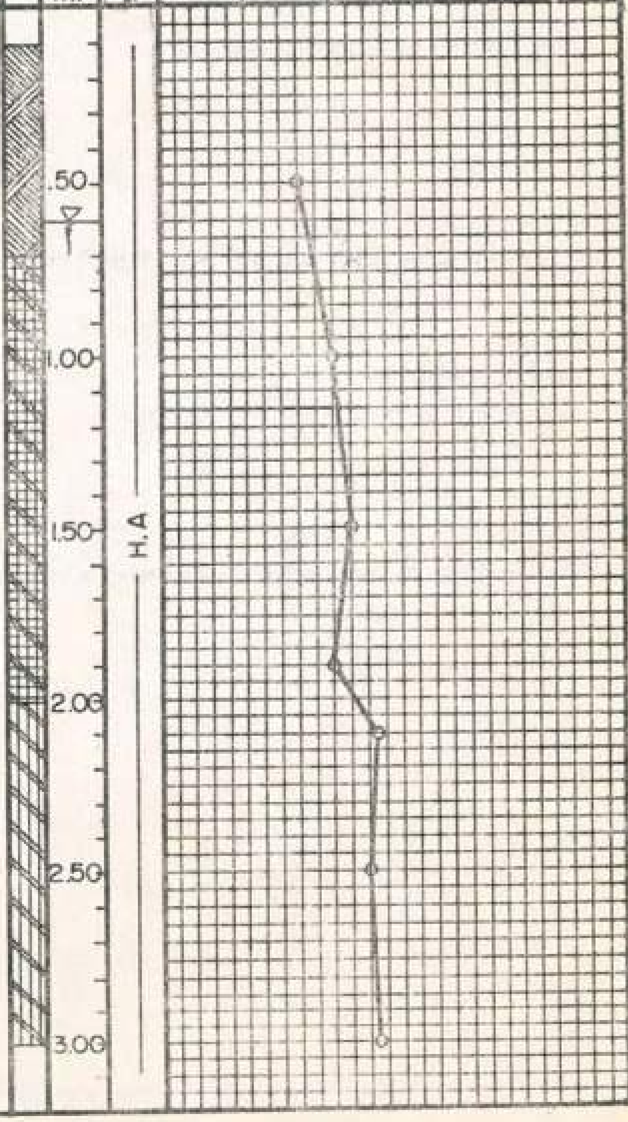
○ LL % | ● Nat w % | ⊘ PL %
△ UNCON. ST. t/m | ▲ SPT BLS/FT
⌘ WET UNIT WT t/m

SOIL DESCRIPTION

FILL SOIL

DARK GRAY SILTY CLAY WITH SOME ORGANIC MATTER.

LIGHT GRAY, MOTTLED BROWN AND YELLOW, SILTY CLAY



ไกลรุ้ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 T............/002



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

## UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT ________________

LOCATION OF PROJECT ________________

DESCRIPTION OF SOIL ________________

TEST PERFORMED BY ________________ DATE OF TEST ________________

### LOG BORING No.

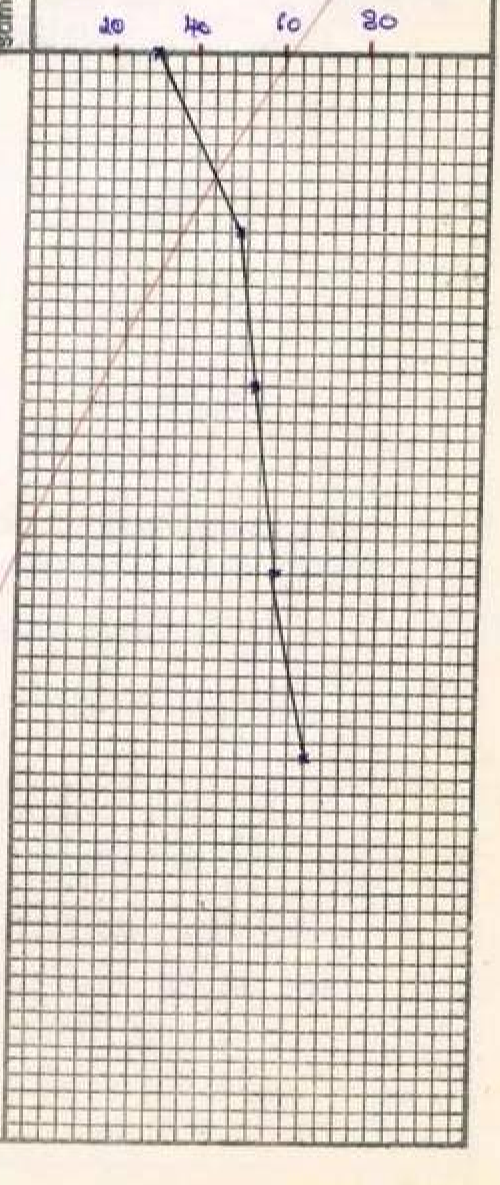
ABBREVIATIONS
PA = power auger
HA = hand auger
ST = shelby tube
SS = split spoon
WO = wash out

STP = standard penetration test
DB = dimond bit
RB = rock bit
ground elevation ________ m.
water table ________ m.

graphic log | depth m. | sampling method

○ LL % | ● Nat w % | ⊘ PL %
△ UNCON. ST. t/m | ▲ SPT BLS/FT
✳ WET UNIT WT t/m

| SOIL DESCRIPTION | depth (m.) |
|---|---|
| เป็นสีดำเข้ม และมีสารอินทรีย์มาก | |
| | 0.50 |
| เป็นชั้นดินที่มีน้ำอยู่เต็ม สีเทาเข้ม | |
| เป็นดินที่มีน้ำอยู่เต็ม สีเทา | 1.00 |
| เป็นดินอ่อนตัวมากเหลวเป็นโคลนสีเทา | 1.50 |
| | 2.00 |



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# ตัวอย่างรายการคำนวณ

จากการทดสอบ คำนวณได้ดังนี้

± 0.000 ค่าความชื้นในดิน

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$= 32.003\ \%$$

− 0.50 ม ค่าความชื้นในดิน

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$= \frac{38.50 \times 100}{78.45} = 49.076\%$$

− 0.10 ม ค่าความชื้นในดิน

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$= \frac{41.15 \times 100}{76.50} = 53.791\%$$

− 1.5 ม ค่าความชื้นในดิน

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$= \frac{37.25 \times 100}{66.55} = 55.973$$

− 2.00 ม ค่าความชื้นในดิน

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$= \frac{48.25}{74.90} = 64.419\%$$

ระดับน้ำใต้ดินจากการทดสอบอยู่ที่ — 0.28 ม

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในการทดลองที่ 1

หาค่าจากการทดลองที่1 แก้ไข ทดลองที่ 2

ในส่วน Staturated zone เป็นดินที่มีสภาพอิ่มตัวอยู่เสมอ เพราะอยู่ต่ำกว่าระดับใต้ดิน ซึ่งใกล้มาก มีน้ำอยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีอากาศปนอยู่น้อยมากจนกล่าวได้ว่าดินมีความอิ่มตัวเต็มที่ (Fully Saturated) และชั้นดินที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน เรียกว่าชั้น (Capillary zone) ชั้นนี้จะมีช่องว่างอากาศมากขึ้นตามระยะห่างจากระดับใต้ดิน คือ ยิ่งใกล้ผิวดินดินก็มีช่องว่างอากาศมากขึ้น ๆ ดังนั้นในชั้นดินที่ติดกับระดับใต้ดิน ดินจะมีความชุ่มน้ำอยู่ เพราะสามารถซึมซับน้ำตามช่องว่างได้ ปริมาณน้ำในดินชั้นนี้เกือบจะอิ่มตัว 100% และเรียก ส่วนที่อยู่ใน Capillary Staturated zone ต่อจากชั้นนี้ไป ดินจะมีความอิ่มตัวลดน้อยลงไป แต่จากการทดลอง ดินชั้นบนก็มีน้ำ เพราะก่อนทำการทดลอง มีฝนตกมาก่อนทำการทดลอง

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 3ก

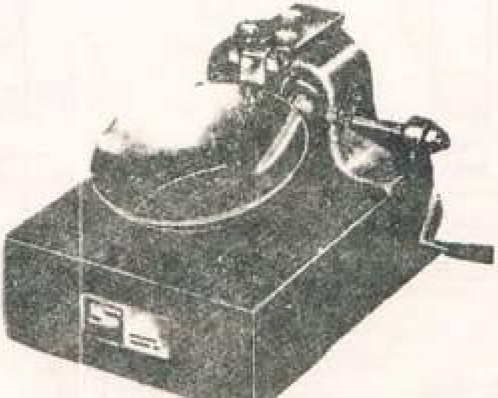
## การหาขีดการไหลตัวและขีดความอ่อนตัวของดิน

**วัตถุประสงค์**

เพื่อให้นักศึกษาทราบวิธีการหาค่าขีดการไหลตัวและขีดความอ่อนตัวของดิน

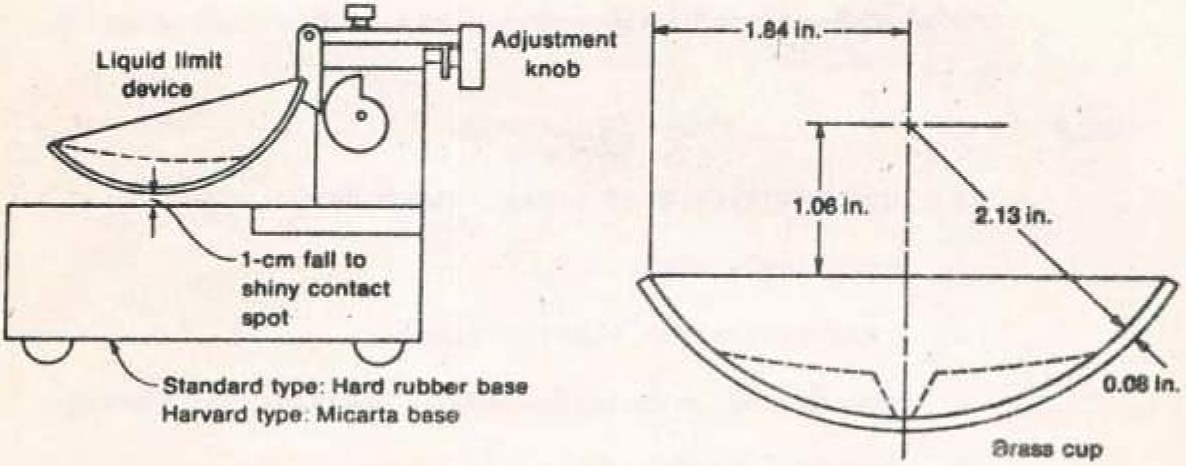
**อุปกรณ์**

1. อุปกรณ์การทำ Liquid Limit พร้อมทั้งที่ตักดิน
2. กระป๋องอบดิน (Can)
3. แผ่นกระจกสำหรับทำ Plastic Limit
4. อุปกรณ์ผสมดิน (ชามกระเบื้องเคลือบ, มีดปาดดิน, กระบอกตวง)
5. ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียด .01 กรัม
6. ตะแกรง, ถาดรอง, ฝาปิด (ตามมาตรฐานอเมริกันใช้ตะแกรง No. 40, Bs.No. 36, Afnor.No. 27, Din.No. 400)

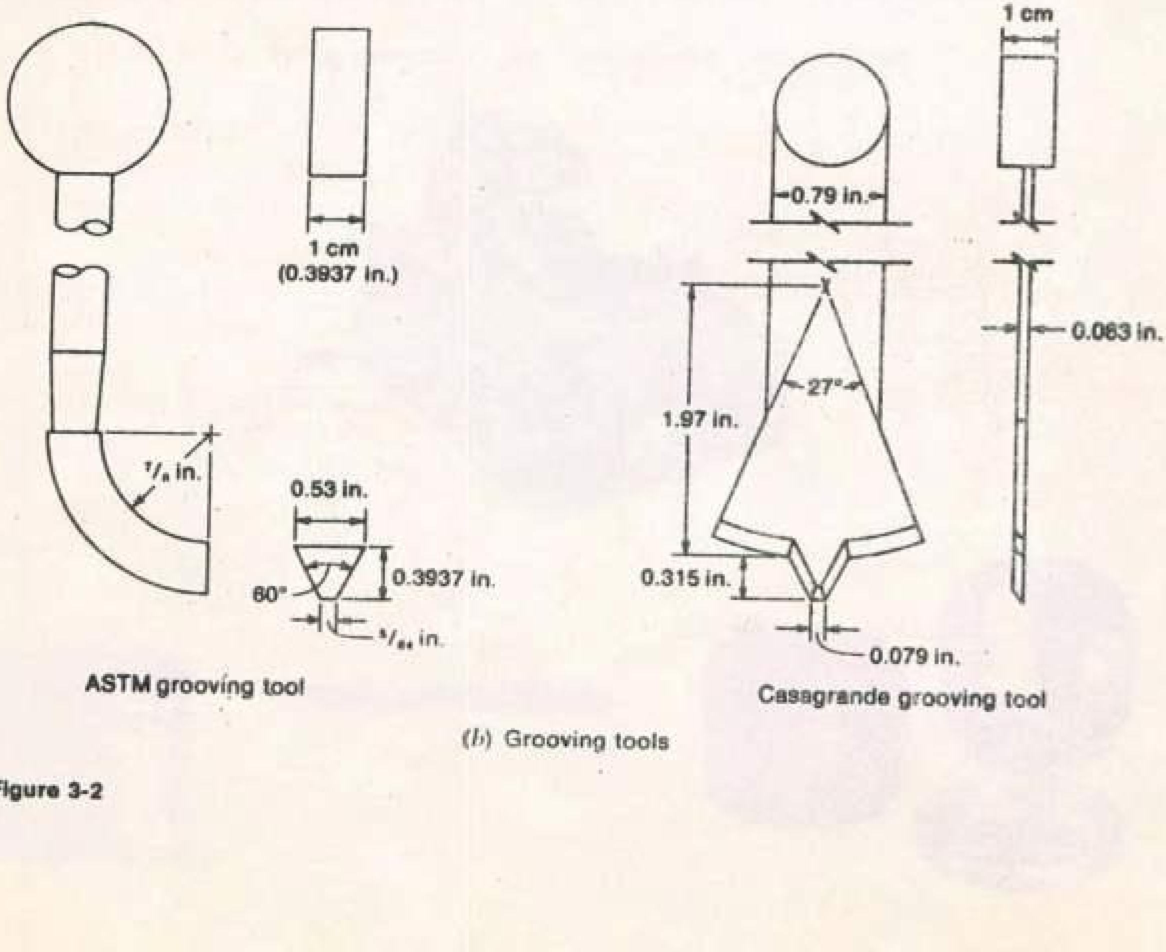


ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530






(*a*) Construction details and dimensions of the Liquid limit device.




(*b*) Grooving tools

**Figure 3-2**

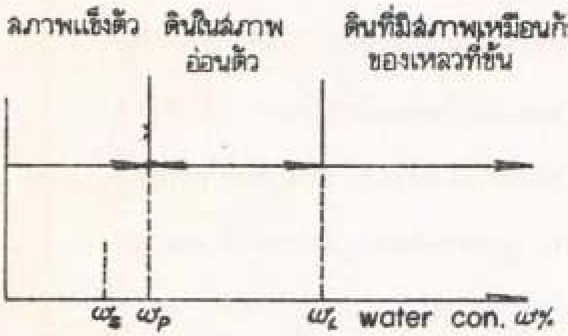
ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



<u>หลักการ</u>

ขีดการไหลตัวและขีดความอ่อนตัวของดิน เป็นขีดจำกัดจำนวน 2 ใน 5 ขีดจำกัด ตามที่นักวิทยาศาสตร์การเกษตรชาวสวีเดน ชื่อนาย A. Aterberg กำหนดไว้แต่ละขีดจำกัด ได้แก่

1. Cohesion Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่ดินเริ่มเกาะตัวติดกัน
2. Sticky Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ดินเริ่มติดกับผิวโลหะ
3. Shrinkage Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้ดินเปลี่ยนปริมาตรเมื่อดินแห้ง
4. Plastic Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Semi-Solid ของดิน อธิบายได้ว่าดินใด ๆ ก็ตามถ้ามีปริมาณน้ำเท่ากับ Plastic Limit ดินนั้นจะอยู่ระหว่างสถานะ Plastic กับ Semi-Solid ถ้ามีปริมาณน้ำมากกว่าขีดจำกัดนี้ ดินก็จะอยู่ในสถานะเป็น Plastic ถ้าปริมาณน้ำน้อยกว่านี้ ดินก็จะอยู่ในสถานะเป็น Semi-Solid




รูป 3 - 1

5. Liquid Limit คือปริมาณน้ำในดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับ Liquid ของดิน หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าเป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินอยู่ในสภาวะไหลตัวได้

ค่า Liquid Limit และ Plastic Limit นำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานทางวิศวกรรม ใช้เป็นค่ากำหนดคุณสมบัติของการจำแนกดิน นำไปประมาณหาค่า Optimum Moisture Content ของดินในการทดสอบการบดอัดดินได้อีกด้วย ส่วนค่า Shrinkage Limit มีประโยชน์ในพื้นที่บางแห่งที่ดินมีการหดตัวและขยายตัวตามฤดูกาล ค่า Cohesion Limit และ Sticky Limit นิยมใช้กันน้อยมาก เป็นค่าที่เพียงบอกแต่ว่า Atterberg ได้กำหนดค่าขีดจำกัดของดินไว้ 5 ขีดจำกัด ไม่ใช่ 3 ขีดจำกัด

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของขีดการหดตัว (S.L) ขีดความอ่อนตัว (P.L) และขีดการไหล (L.L) แสดงไว้ในเทอมของปริมาณน้ำในดิน ตามรูป 3-1 ค่า Liquid Limit ของดินคือ ค่าปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ดินที่ถูกปาดเป็นร่องในจานทองเหลืองไหลมาชนกันได้ระยะทาง 1.27 ซม. เมื่อการเคาะที่ 25 ครั้ง ระยะตกกระทบของถ้วยทองเหลืองถึงพื้นรองเท่ากับ 1 ซม. องค์ประกอบที่มีผลต่อการทดลอง ได้แก่ ปริมาณของดินที่อยู่ในจาน, อัตราหรือความเร็วของการเคาะ, เวลาที่ดินเซทตัวอยู่ในจาน, ความชื้นในห้องทดลอง, ชนิดของวัสดุที่จานทองเหลืองตกกระทบ, และการปรับค่าความสูงของจานทองเหลืองเมื่อตกกระทบ, ทั้งหมดที่กล่าวนี้ล้วนมีผลต่อค่าปริมาณน้ำในดินที่ Liquid Limit ทั้งสิ้น เพื่อให้ได้ค่าความผิดพลาดน้อยลง จึงได้มีการผลิตเครื่องมือที่ถือเป็นมาตรฐานขึ้น พร้อมทั้งที่ตัดดินแบบมาตรฐานซึ่งมีอยู่สองแบบ แบบที่ 1 เป็นมาตรฐานของ ASTM อีกแบบหนึ่งเป็นแบบของ CASAGRANDE ซึ่งใช้ได้สะดวกกว่าแบบแรก เพราะสามารถควบคุมความสูงของดินในถ้วยได้แน่นอน ส่วนของ ASTM ก็เหมาะกับดินที่มี Liquid Limit ต่ำและยากต่อการตัดให้เป็นร่อง เช่น ดินจำพวกที่มีทรายหรือ Silt ปนอยู่ ดินชนิดนี้บางทีอาจต้องใช้ที่ปาดดิน (Spatulas) ช่วยแต่งตามแนวร่องอีกครั้งหลังจากใช้มีดปาดดินชนิดหนึ่งชนิดใดปาดเป็นร่องนำไปก่อน

เพื่อควบคุมการเคาะให้อยู่ในอัตราที่เหมาะสม ควรใช้อัตราของการเคาะประมาณ 120 ครั้งต่อนาที ถ้าจะให้การทดลองถูกต้องตามมาตรฐานของ ASTM แล้วน้ำที่ใช้ผสมดินต้องเป็นน้ำกลั่น แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองใช้เพียงน้ำประปาก็เหมาะสมแล้ว

ดินที่จะนำมาทดสอบ ต้องร่อนผ่านตะแกรง No. 40 โดยปกติดินตัวอย่างที่เก็บมาจากสนามมักจะชื้นจับตัวเป็นก้อนทำให้ไม่สามารถนำมาร่อนผ่านตะแกรง No. 40 ได้ ดังนั้นตัวอย่างที่นำมาทดลองต้องเป็นตัวอย่างที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ (Air Dry) ส่วนตัวอย่างที่แห้งโดยการอบ (Oven Dry Sample) มักจะให้ค่า Liquid Limit และ Plastic Limit ต่ำกว่าตัวอย่างที่ได้จากการผึ่งให้แห้งโดยอากาศ จากผลการวิจัยของ Josept E. Bowles ก็แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะเป็นดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ ค่า Liquid Limit ที่ได้ก็ยังต่ำอยู่ประมาณ 2 - 6% เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาข้อนี้ บางทีอาจใช้ตัวอย่างที่เก็บจากสนามที่สามารถ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ร่อนผ่านตะแกรง No. 40 มาทำเลยก็ได้ จากผลการวิจัยยังแสดงให้ทราบว่าดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศจะยังคงรักษาค่าขีดจำกัดที่แท้จริงได้ ถ้าหากนำมาผสมกับน้ำแล้วบ่มทิ้งไว้ 24-48 ชั่วโมง

จากที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ค่า Liquid Limit ของดินอยู่ที่ค่าปริมาณน้ำในดินที่การเคาะ 25 ครั้ง แล้วทำให้ดินไหลมาชนกันได้ระยะทางเท่ากับ 1.27 ซม. แต่เป็นการยากมากที่จะผสมดินกับน้ำแล้วทำให้ดินไหลมาชนกันได้ระยะทางตามที่กำหนดในการเคาะ 25 ครั้ง ดังนั้น จึงใช้วิธีการหาค่า Liquid Limit จาก Graph Semi-log โดยให้ค่าจำนวนครั้งของการเคาะอยู่ในแกน X ซึ่งเป็น Scale Log และค่าปริมาณน้ำในดินอยู่ในแกน Y ซึ่งเป็น Scale ธรรมดา แล้วทำการทดลองให้ได้ค่าปริมาณน้ำในดิน 3 - 6 ค่า และบันทึกจำนวนครั้งควรให้ต่างกันดังนี้

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| No. of Blows | | = | 30 - 40 | ครั้ง |
| " | " | = | 25 - 35 | " |
| " | " | = | 20 - 30 | " |
| " | " | = | 15 - 25 | " |

ค่า No. of Blow ที่ต่ำกว่า 15 และมากกว่า 40 ไม่ใช้

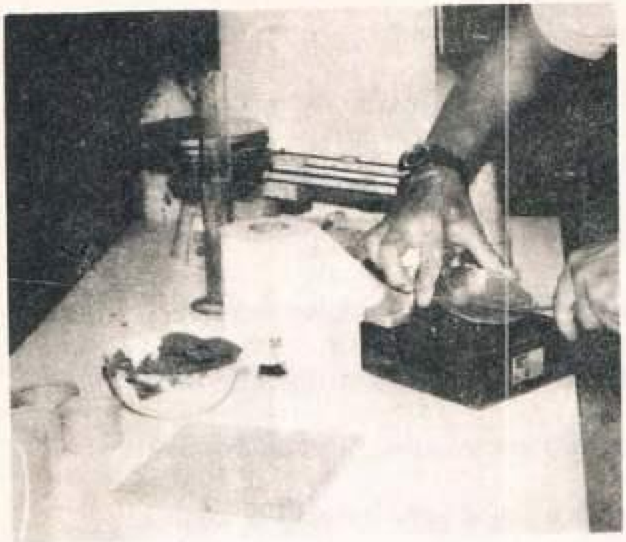
เมื่อนำปริมาณน้ำในดินและจำนวนครั้งของการเคาะที่สอดคล้องกัน Plot ลงในกร๊าฟ Semi-log แล้วให้ลากเส้นตรงผ่านจุดทั้งสี่ ถ้าผลการทดลองไม่บกพร่อง เส้นที่ลากผ่านจะตัดกับจุดทั้ง 4 จุด และเรียกเส้นตรงนี้ว่า เส้น Flow Curve

จากนั้นก็หาค่า Liquid Limit โดยการลากเส้นตรงจากตำแหน่งที่ No. of Blow เท่ากับ 25 ไปตัดกับ Flow Curve และจาก Flow Curve ไปตัดแกน y อ่านค่า Water Content ที่แกน y ค่าที่อ่านได้คือ ค่า Liquid Limit ของดิน เสร็จแล้วให้คำนวณหาค่า Flow Index (F.I)

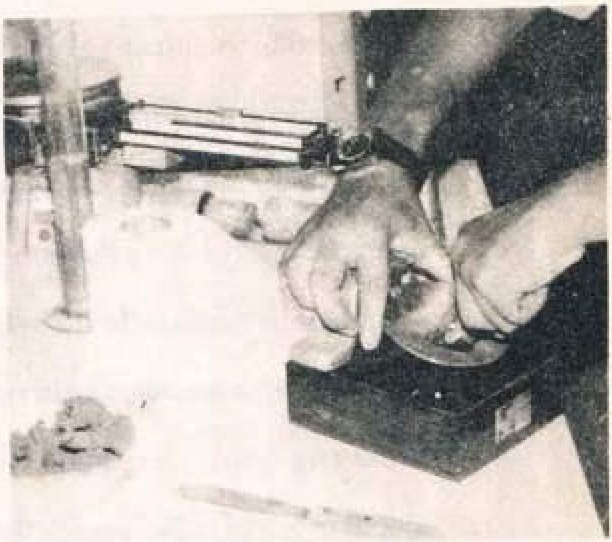
$$Fi = \frac{W \text{ At No. of Blow} = 10 - W \text{ At No. of Blow} = 100}{\text{Log } 100 - \text{Log } 10}$$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

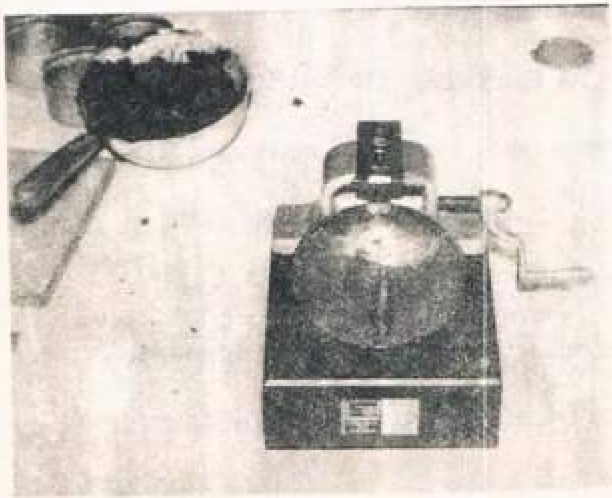




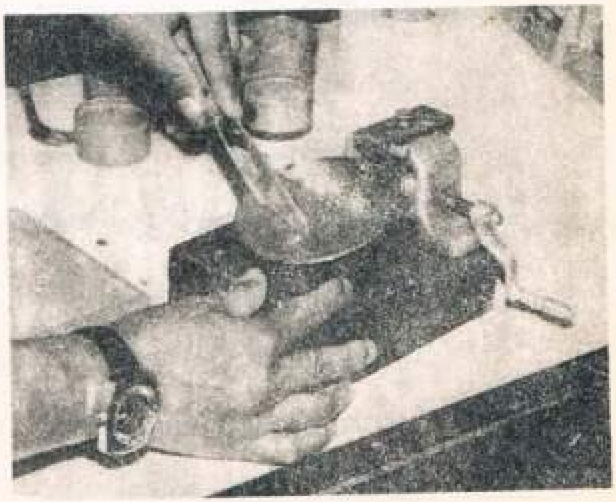
รูปที่ 1 นำดินที่คนให้เข้ากันจนเป็นครีม ใส่ลงในจานทองเหลืองแล้วปาดให้เรียบ กะให้ได้ความหนาตรงกลางจานประมาณ 1 ซม.



รูปที่ 2 ใช้ Grooving Tool ตัดดินตรงกลางให้เป็นร่อง ถ้าไม่เรียบร้อยใช้ Spatulas ช่วยแต่งตามแนวร่อง



รูปที่ 3 สภาพของดินในจานเมื่อถูกตัดให้เป็นร่อง



รูปที่ 4 หลังจากเคาะแล้วดินไหลมาชนกันได้ระยะทางประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว ใช้ Spatulas ตัดเอาดินเฉพาะส่วนที่มาชนกันใส่กระป๋องอบดิน

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



และนำเศษที่ค้างบนตะแกรงไปทิ้ง เพราะไม่เหมาะสมที่จะนำมาทดสอบได้อีก และให้เข้าใจด้วยว่าการใช้ฆ้อนยางทุบดินเพื่อให้เม็ดเล็ก ๆ ที่รวมตัวเป็นก้อนใหญ่กระจายออกไม่ใช่ทุบให้เม็ดดินแตก (เนื่องจากเวลาของการทดลองมีจำกัด ไม่ต้องบ่มดินก่อนการทดสอบ)

2. ตรวจสอบอุปกรณ์ของเครื่องมือทดสอบให้เรียบร้อย ดูความสูงของการตกกระทบของจานทองเหลืองให้ได้เท่ากับ 1 ซม. โดยใช้ส่วนปลายของด้าม Grooving Tool ตรวจสอบ ถ้าความสูงคลาดเคลื่อน ค่าที่ได้ก็ผิดพลาด
3. นำดินที่เตรียมไว้ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ นำน้ำเติมไปทีละน้อย แล้วคนให้ทั่ว (สังเกตุจากสีของดิน) ถ้าดินไม่ทั่วกันแล้วทำให้ผลการทดลองผิดพลาดได้ เมื่อคนให้ทั่วกันจนดินมีลักษณะเหมือนครีมแล้ว ให้เติมน้ำลงไปอีกหน่อย คนต่อไปจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำดินใส่ลงในจานทองเหลือง ทำการทดลองกะให้ได้ค่า No. of Blow = 50 ครั้ง แล้วแบ่งดินไว้ต่างหาก 20 กรัม เพื่อนำไปทดสอบหาค่าขีดความอ่อนตัว เอาดินที่เหลือเติมน้ำลงไปอีกแล้วคนให้ทั่วกะให้ได้ค่า No. of Blow ประมาณ 30 - 40 ครั้ง
4. นำดินพอประมาณใส่ในจานทองเหลืองใช้ Spatulas ปาดให้เรียบ กะให้ความหนาของดินตรงกลางจานประมาณ 1 ซม. แล้วใช้ Grooving Tool ตัดดินให้เป็นร่องตรงสาวนลึกที่สุดของดินคะเนเอาให้เท่าความหนาของ Grooving Tool แบบ ASTM ถ้าหากใช้ Grooving Tool แบบ Casagrande การควบคุมความสูงของดินในจานจะง่ายกว่า เมื่อปาดดินให้เป็นร่องเรียบร้อยแล้ว ให้เริ่มเคาะได้เลย ถ้าช้าจะทำให้ปริมาณความชื้นของดินเปลี่ยนแปลง
5. ทำการเคาะเพื่อให้ดินไหลมาชนกันได้ระยะทางตามที่กำหนดและสอดคล้องกับจำนวนครั้งของการเคาะ ตักเอาดินตรงส่วนที่ไหลชนกันใส่กระป๋องอบดินเพื่อนำไปหาค่าปริมาณน้ำในดินต่อไป
6. ทำการทดลองต่อไปอีก 3 ครั้ง โดยการเพิ่มปริมาณน้ำทีละน้อย

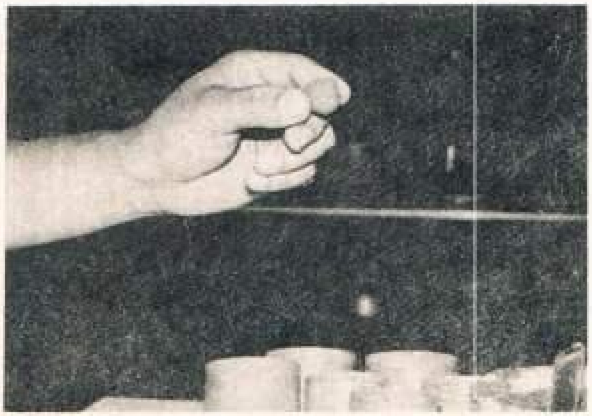
ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

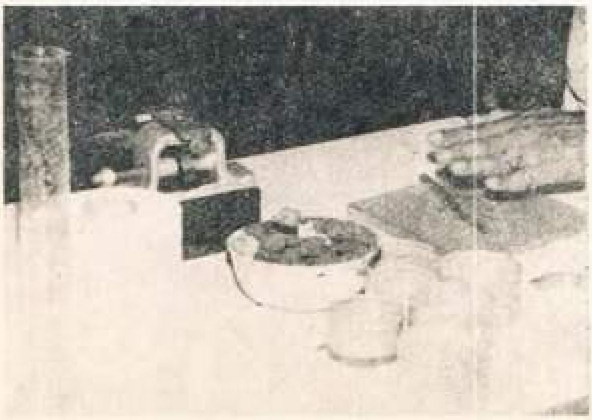


<u>ข้อควรระวัง</u>

1. ต้องทำความสะอาดจานทองเหลืองและเช็ดให้แห้งทุกครั้งหลังจากเสร็จงาน
2. อย่าปล่อยให้ดินอยู่ในจานทองเหลืองนานเกินไป เพราะจะทำให้ดินติดกับจาน (Adhesion)
3. ในกรณีที่เป็นดินชนิดที่มี P.I ต่ำ เช่น ดินจำพวก Silty Clay หรือ Sand Clay ตรงที่ปริมาณน้ำน้อย ๆ การเคลื่อนตัวของดินชนกันในร่องอาจไม่ใช่เกิดจากการเคลื่อนที่ (Flow) ของดินมาชนกัน อาจเกิดจากการเลื่อนไถลมาชนกันก็ได้ (Slip) ตรวจสอบได้โดยการใช้ Spatulas ถ่างดูตรงดินชนกัน ถ้าปรากฏว่ามาชนกันเฉย ๆ ไม่ได้ติดเป็นเนื้อเดียวกัน แสดงว่าเกิดจากการ Slip ให้เพิ่มน้ำลงไปแล้วทำการทดลองใหม่

ข. <u>หาขีดความอ่อนตัวของดิน</u>

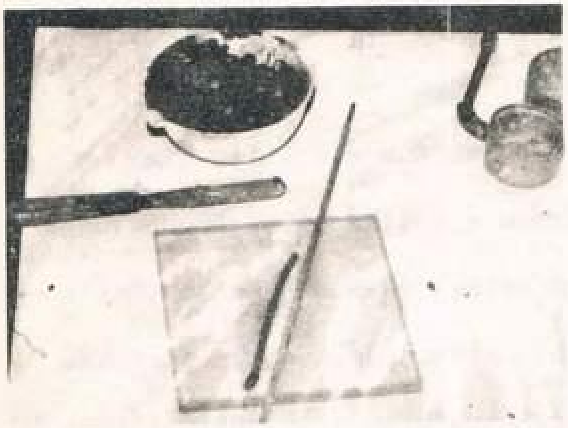




1. นำดินที่แบ่งไว้จากการหา Liquid Limit มาปั้นเป็นก้อนกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. หลาย ๆ ตัวอย่าง
2. นำดินจากข้อ 1 มาคลึงบนแผ่นกระจกผิวเรียบพร้อมกันกดน้ำหนักอย่างสม่ำเสมอให้ดินเป็นเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 3 ม.ม. ในอัตรา 80-90 เที่ยวต่อนาที (1 เที่ยวเท่ากับคลึงไปข้างหน้า 1 ครั้ง กลับหลัง 1 ครั้ง) ถ้าดินยังไม่มีรอยแตกให้ปั้นก้อนกลมใหม่ แล้วคลึงจนกว่าจะเกิดรอยแตกที่ผิวขณะมีเส้นผ่าศูนย์กลางดังกล่าว
3. นำดินตัวอย่างที่คลึงเสร็จแล้วใส่กระป๋องอบดินเพื่อหาค่า Water Content

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530





4. ทำตามลำดับข้อ1-3 อีกประมาณ 3-4 ค่า เพื่อจะได้นำเอาปริมาณน้ำในดินแต่ละครั้งมาเปรียบเทียบแล้วเอาค่าใกล้เคียงเป็นค่า Plastic Limit

<u>ข้อควรระวัง</u>

เมื่อคลึงดินได้เส้นผ่าศูนย์กลางตามที่กำหนด สังเกตุดูรอยแตกของดิน รอยแตกมิได้แตกมากเกินไป ให้เอาตอนเริ่มแตกเท่านั้น หลังจากที่ทราบปริมาณน้ำในดินที่ Liquid Limit และ Plastic Limit แล้ว ให้คำนวณหาค่า Plastic Index ด้วย

Plastic Index = Liquid Limit - Plastic Limit

# การทดลองครั้งที่ 3 ข

## การหาขีดการไหลตัวของดินแบบ One-point Method

**วัตถุประสงค์**

เพื่อให้นักศึกษาทราบวิธีการหาค่าขีดการไหลตัวของดินอีกวิธีหนึ่งซึ่งสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว

**อุปกรณ์และการเตรียมตัวอย่าง**

เหมือนกับการทดลองครั้งที่ 3 ก.

**วิธีการทดลอง**

1. นำดินที่ร่อนผ่านตะแกรง No. 40 ประมาณ 150 กรัม ผสมกับน้ำสะอาด ใช้ Spatulas คนให้เข้ากัน กะให้ได้ค่า No. of Blow ประมาณ 20-30 ครั้ง
2. เมื่อผสมจนเห็นว่าเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ก็นำดินใส่ในจานทองเหลือง (Atterberg's Device) ใช้ Spatulas ปาดดินให้เรียบ ให้ได้ความหนาของดินในจาน ประมาณ 1 ซม.
3. ใช้ Grooving Tool ปาดดินให้เป็นร่องตรงกลาง แล้วทำการเคาะให้ดินไหลมาชนกันได้ระยะทาง 1.27 ซม. โดยให้จำนวนครั้งที่เคาะอยู่ระหว่าง 20 - 30 ครั้ง บันทึกจำนวนครั้งที่เคาะไว้
4. ตักดินส่วนที่ไหลมาชนกันใส่กระป๋องอบดิน เพื่อหาค่าปริมาณน้ำในดิน
5. นำดินที่เหลือในจาน ใส่ลงไปในถ้วย และคนให้เข้ากันกับดินเดิมที่เหลืออยู่ และทดลองใหม่อีกครั้ง ถ้าจำนวนครั้งที่เคาะแตกต่างจากครั้งแรกไม่เกิน 2 ถือว่าผลการทดลองใช้ได้ บันทึกจำนวนครั้งที่เคาะไว้ และหาค่าปริมาณน้ำในดินอีกครั้ง

6. นำค่าปริมาณน้ำในดินจากข้อ 4 ไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ในตาราง 3.1 ข. ค่าที่ได้คือ ค่าขีดการไหลตัวของดิน

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

Liquid Limit

| Trial No., N | 1 | |
|---|---|---|
| No. of Blows | 21 | 22 |
| Wt. of Can + Wet Soil | 19.60 | |
| Wt. of Can + Dry Soil | 14.32 | |
| Wt. of Can | 6.13 | |
| Wt. of Water | 5.28 | |
| Wt. of Dry Soil | 8.19 | |
| Water Content; Wn | 64.47 % | |
| Fn | 0.985 | |
| Liquid Limit; L.L | 63.5 | |

<u>ตาราง 3.1 ข.</u>

| No. of Blows | Fn |
|---|---|
| 20 | 0.974 |
| 21 | 0.979 |
| 22 | 0.985 |
| 23 | 0.990 |
| 24 | 0.995 |
| 25 | 1.000 |
| 26 | 1.005 |
| 27 | 1.009 |
| 28 | 1.014 |
| 29 | 1.018 |
| 30 | 1.022 |

$$L.L = Wn \cdot Fn$$
$$= 64.47 \times 0.985$$
$$= 63.5$$
$$Fn = \left(\frac{N}{25}\right)^{0.12}$$

การค้นคว้าเพิ่มเติม ให้ค้นคว้าว่าการทดสอบหาค่า L.L ของดิน ถ้าไม่ใช้อุปกรณ์ของ Atterberg แล้ว สามารถหาได้จากอุปกรณ์ชนิดอื่นได้หรือไม่ ค้นคว้าจากหนังสืออ้างอิงเล่มที่ 1

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 UT.. ../00



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

# UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____________

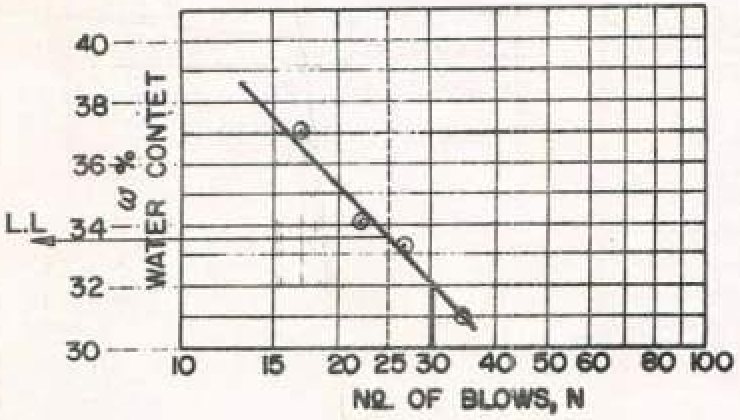
LOCATION OF PROJECT. ____________

DESCRIPTION OF SOIL. BROWN SILTY CLAY

TEST PERFORMED BY. ____________ DATE OF TEST. ____________

## ATTERBERG LIMIT DETERMINATION.

| CAN NO. | 43 | 111 | 123 | 136 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wt. OF WET SOIL + CAN | 48.61 | 55.53 | 51.71 | 50.51 | | |
| Wt. OF DRY SOIL + CAN | 41.19 | 46.05 | 42.98 | 41.54 | | |
| Wt. OF CAN. | 17.33 | 17.41 | 17.45 | 17.36 | | |
| Wt. OF DRY SOIL | 23.86 | 28.64 | 24.53 | 24.18 | | |
| Wt. OF MOISTURE | 7.42 | 9.48 | 8.73 | 8.97 | | |
| WATER CONTENT, ω% | 31.1 | 33.1 | 34.2 | 37.1 | | |
| NO. OF BLOWS, N | 34 | 27 | 22 | 17 | | |




FLOW INDEX, F.I. = −17.8

LIQUID LIMIT, L.L = 33.5%

PLASTIC LIMIT, P.L = 19.4%

PLASTICITY. INDEX, P.I = 14.1

$$Fi = \frac{\Delta \omega}{\log \frac{N2}{N1}}$$

$$= \frac{32 - 37.6}{\log \frac{31}{15}}$$

$$= -17.8$$

## PLASTIC LIMIT DETERMINATION.

| CAN NO. | 35 | 37 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wt. OF WET SOIL + CAN | 23.26 | 23.03 | | | | |
| Wt. OF DRY SOIL + CAN | 22.54 | 22.64 | | | | |
| Wt. OF CAN | 20.63 | 20.66 | | | | |
| Wt. OF DRY SOIL | 2.21 | 1.98 | | | | |
| Wt. OF MOISTURE | 0.42 | 0.39 | | | | |
| WATER CONTENT, ω% | 19.17 | 19.60 | | | | |

# THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

## UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ONE POINT METHOD

LOCATION OF PROJECT. ____________________

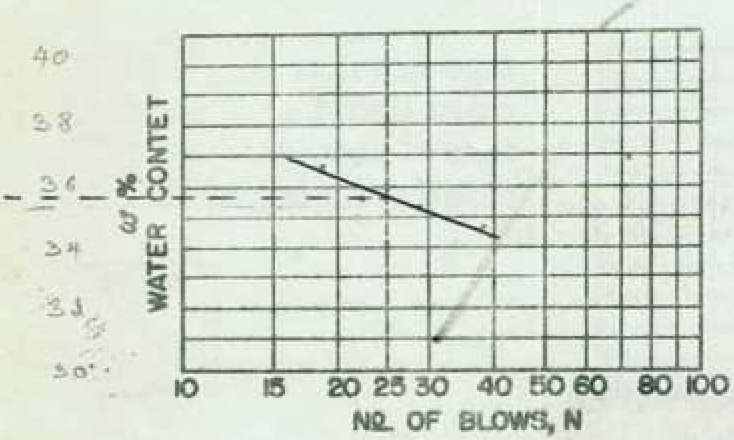
DESCRIPTION OF SOIL. BROWN SILTY CLAY

TEST PERFORMED BY. MR. SOONTORN PONTUS DATE OF TEST. 10/6/30

### ATTERBERG LIMIT DETERMINATION.

| CAN NO. | A 47 | B 5 | A 56 | 127 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wt. OF WET SOIL + CAN | 47.60 | 44.80 | 47.50 | 52.72 | | |
| Wt. OF DRY SOIL + CAN | 44.90 | 42.10 | 44.00 | 48.10 | | |
| Wt. OF CAN. | 37.10 | 34.40 | 34.20 | 35.90 | | |
| Wt. OF DRY SOIL | 7.80 | 7.76 | 9.80 | 13.30 | | |
| Wt. OF MOISTURE | [illegible] | [illegible] | 3.50 | 4.50 | | |
| WATER CONTENT, ω% | [illegible] | [illegible] | 35.71 | 35.58 | | |
| NO. OF BLOWS, N | 39 | 29 | 21 | 18 | | |

ตรวจแล้ว




FLOW INDEX, F.I. = -5.833

LIQUID LIMIT, L.L = 35.70

PLASTIC LIMIT, P.L = 23.26

PLASTICITY. INDEX, P.I = 12.44

### PLASTIC LIMIT DETERMINATION.

| CAN NO. | B 19 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wt. OF WET SOIL + CAN | 41.80 | | | | | |
| Wt. OF DRY SOIL + CAN | 41.00 | | | | | |
| Wt OF CAN | 37.50 | | | | | |
| Wt. OF DRY SOIL | 3.50 | | | | | |
| Wt. OF MOISTURE | 0.80 | | | | | |
| WATER CONTENT, ω% | 22.86 | | | | | |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# ตัวอย่างรายการคำนวณ

$$\text{FLOW INDEX <FI>} = \frac{\Delta W}{\log \frac{N_2}{N_1}}$$

$$= \frac{\Delta W}{\log N_2 - \log N_1}$$

$$= \frac{34.82 - 36.58}{\log 36 - \log 18} = -5.833$$

การหาค่า PLASTIC LIMIT <PL>

หาได้จากการทดลองใน PLASTIC LIMIT DETERMINATION

และการหาค่า wt ของดินแห้ง, ดินเปียก, cup หา wt ของน้ำ ได้ออกมาดังนี้

หา wt ของดินแห้ง = 41.00 − 37.50

= 3.50 g

wt ของน้ำ = 41.30 − 41.00

= 0.80 g

∴ หา % ความชื้น <PL> : $\frac{0.80 \times 100}{3.50}$

= 22.86 %

หาค่า PLASTICITY INDEX <PI> = LL − P.L

ค่า LL ได้จากกราฟโดยการลากเส้นที่ 25 ครั้ง ขึ้นไปตัดกราฟ

จะได้ค่าประมาณ 35.70 %

∴ P.I = 35.70 − 22.86

= 12.84

ใกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง หาค่าการไหลตัวของดิน ที่ดินที่เราทำการทดลอง
ก็คือแม่พรองในการหาหลุมเชื่องเท่าไหร่ ดินจะ พลุกไหลเห็นชัดกัน
จะเปลี่ยนรูปร่าง และจะมีน้ำที่ตามพามาเปลี่ยนรูปร่าง ก็คือ ความตามทาง
ของเหลวนั่นเอง และพวกวัวที่ดินที่ถูกตัดอยู่ต่ำ เมื่อถูกเขย่าจึงมี
ไม่มากพอในดินมาก จึงเปลี่ยนรูปร่างได้ง่ายเพราะมีแรงเคลื่อนน้อย

ดินที่ทำการทดลอง มีความเหนียว และความอ่อนตัวต่อน้ำ ถึงสูง
พอในสภาพที่มีน้ำอยู่ในดินมาก ดินจะมีความยืดหยุ่นสูงถึงพิกัด
การพลอตัวได้มาก มีความแข็งแรงน้อยในดินน้อย

สาเหตุที่ทำให้การทดลอง คลาดเคลื่อน

1 ค่าความความเร็วที่เคาะ

2 อุณหภูมิห้อง

๑๕

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# การทดลองครั้งที่ 4

## การหาขีดการหดตัวของดิน

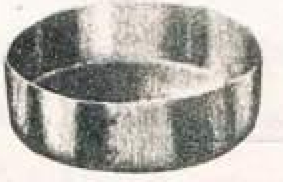
วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาทราบวิธีหาค่าปริมาณน้ำในดินที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้ดินเปลี่ยนปริมาตร เมื่อดินเปลี่ยนสภาพเป็นดินแห้ง

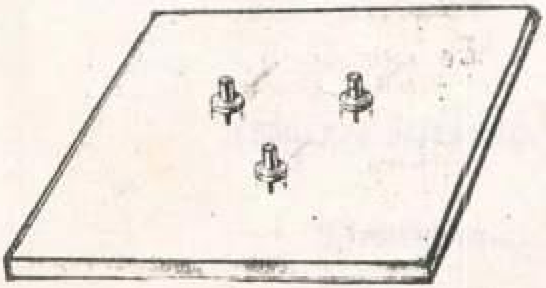
อุปกรณ์

1. ถ้วยสำหรับหาขีดการหดตัว (Shrinkage Dish)
2. แผ่นกระจกมีปุ่ม 3 ปุ่ม (Glass Plate)
3. ภาชนะสำหรับหาปริมาตร (Glass Cup)
4. ปรอท (Mercury)
5. ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียด .01 กรัม

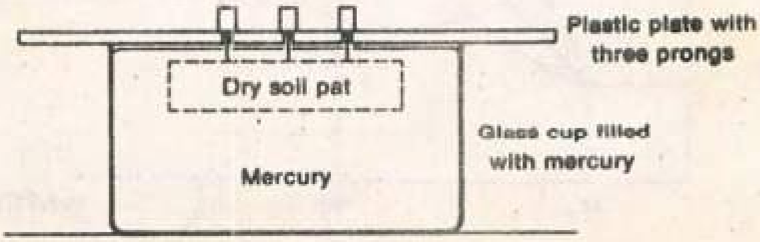
(ดูภาพประกอบ)



Shrinkage Dish



MERCURY



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



<u>หลักการ</u>

ดินที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างมากเมื่อปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้น ดินชนิดนี้จะก่อปัญหาอย่างมากถ้าหากนำมาทำเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น ทำถนน ทำทางรถไฟ หรือเป็นชั้นดินที่รองรับฐานรากของอาคาร เช่น ทำให้ถนนหรือคันทางเกิดการขยายตัวเมื่อถูกน้ำท่วม หรือทำให้ตัวอาคารเกิดการแตกร้าวเนื่องจากการขยายตัวของชั้นดิน

การทดลองหาค่า Shrinkage Limit จะทำให้ทราบได้ว่าปริมาตรของดินจะเปลี่ยนแปลงเป็นเท่าไร เมื่อปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นหรือลดลง

การทดลองนี้เริ่มต้นด้วยการนำเอาดินที่อิ่มตัว (Fully Saturated) มาใส่ในภาชนะที่ทราบปริมาตร (ปริมาณน้ำในดินที่เติมลงไปควรจะให้สูงกว่าค่า Liquid Limit) ต่อจากนั้นก็นำไปอบในเตาให้แห้ง ในระหว่างปริมาณน้ำในดินเริ่มแห้งลงไปทีละน้อยจนถึงปริมาณน้ำที่ขีดจำกัดค่าหนึ่งจนถึงแห้งสนิทนั้น ปริมาณน้ำในดินที่หายไปนั้นจะมีส่วนสัมพันธ์กับการเปลี่ยน-แปลงปริมาตร (หรือช่องว่างในดิน) ถ้าหากปริมาณน้ำในดินต่ำกว่าขีดจำกัดค่านั้นแล้วปริมาตรของดินก็จะไม่เปลี่ยนแปลงลงอีก ค่าขีดจำกัดหรือค่าปริมาณน้ำในดินที่ไม่ทำให้ดินเปลี่ยนปริมาตรนี้เรียกว่า Shrinkage Limit(S.L) หรือ s

ความหมายของ Shrinkage Limit <u>ในทางฟิสิกส์ก็คือปริมาณน้ำในดินที่ต่ำกว่าค่า S.L ไม่มีผลทำให้ปริมาตรของดินเปลี่ยนแปลง</u> แต่ถ้าสูงกว่าปริมาตรของดินก็จะเปลี่ยน-โดยการเพิ่มสูงขึ้นปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นได้ในเทอมของอัตราส่วนช่องว่างในดินกับปริมาณน้ำในดินตามรูป 4 - 2

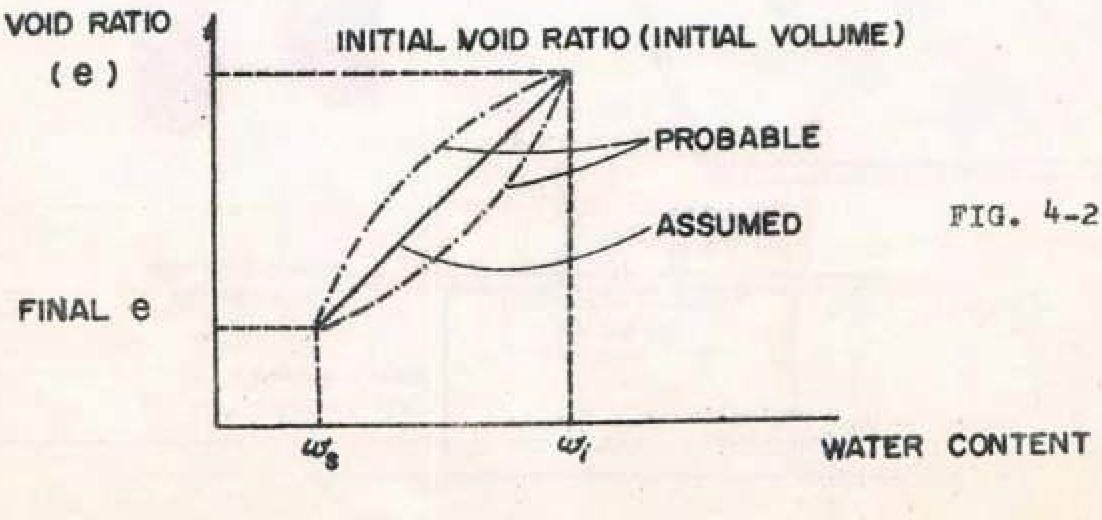



FIG. 4-2

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ค่า Shrinkage Ratio เป็นค่าที่แสดงให้ทราบว่าปริมาตรของดินจะเปลี่ยน-แปลงมากหรือน้อย เมื่อปริมาตรน้ำในดินเปลี่ยนแปลง

$$\text{Shrinkage Ratio} = \frac{\Delta v/vf}{\Delta\omega/Ws}$$

$$SR = \frac{Ws}{\gamma\omega Vf} \quad (\because \Delta v = \frac{\Delta\omega}{\gamma\omega})$$

เมื่อ $Vf$ = ปริมาตรของดินแห้งทั้งก้อน

$Vi$ = ปริมาตรของดินเปียกครั้งแรก เมื่อปริมาณน้ำในดินเท่ากับ wi

$V$ = ปริมาตรของดินที่เปลี่ยนไป

$\omega i$ = ปริมาณน้ำในดินครั้งแรกตอนเริ่มทดลอง

$\omega s$ = ปริมาณน้ำในดินที่ Shrinkage Limit

$\Delta\omega$ = ปริมาณน้ำในดินที่เปลี่ยนไป

$\gamma\omega$ = ความหนาแน่นของน้ำ

$Ws$ = น้ำหนักของดินแห้ง

Volumetric Shrinkage $SV = (\omega i - \omega s) \times SR$

จากสมมุติฐานที่ว่าการหดตัวของดินจะเท่ากันทุกทิศทาง ค่า Linear Shrinkage ก็จะขึ้นอยู่กับการหดตัวของดิน เมื่อน้ำในดินลดลง จากค่าใดค่าหนึ่ง (ตอนเริ่มการทดลอง) จนถึงค่าขีดจำกัด Shrinkage Limit และสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$L.S. = (1 - \sqrt[3]{1.0/(SV + 1.0)} \times 100\%$$

ค่า SV มีค่าเป็นทศนิยม

บางทีค่า Linear Shrinkage หาได้โดยการนำเอาดินที่อิ่มตัว (Fully Saturated Soil) ใส่ลงในแบบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 25 x 25 x L (L = ประมาณ 100 - 200 m.m.) แล้วนำไปอบให้แห้ง แล้วคำนวณค่าจากสมการข้างล่าง

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

$$Ls = \frac{Lo - Lf}{Lo}$$

Lo = ความยาวของแท่งดินเปียก

Lf = ความยาวของแท่งดินแห้ง

วิธีการทดลอง

1. นำดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 (เหมือนกับการทดลองหาค่า L.L และ P.L) หนักประมาณ 40 กรัม ผสมกับน้ำประปาหรือน้ำกลั่นคนให้เข้ากันจนเป็นครีม
2. ทา Shrinkage Dish ด้วยน้ำมันเครื่องหรือจารบีอย่างบาง ๆ เพื่อป้องกันมิให้ดินติดกับผิวภาชนะเมื่อดินแห้ง ชั่งน้ำหนัก Shrinkage Dish และบันทึกค่าไว้
3. นำดินใส่ในถ้วย (Shrinkage Dish) โดยใส่ทีละชั้น (3 ชั้น) เมื่อใส่ดินลงไปในแต่ละชั้นให้เคาะเบา ๆ เพื่อไล่ฟองอากาศออก จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าน้ำหนักดินเปียกและถ้วยไว้
4. นำถ้วยที่ใส่ดิน ผึ่งในห้องทดลองจนกระทั่งสีของดินจางลง (ประมาณ 6 - 8 ชั่วโมง) จากนั้นก็นำเข้าเตาอบที่มีอุณหภูมิ $105^{\circ}- 110^{\circ}C$ (ทิ้งไว้ประมาณ 12 - 18 ชั่วโมง) ก็นำมาชั่งจะได้น้ำหนักดินแห้งและน้ำหนักถ้วย, การที่ผึ่งดินให้มีสีจางก่อนนำเข้าเตาอบก็เป็นการป้องกันมิให้ดินเกิดการแตกร้าวเนื่องจากสูญเสียน้ำในดินเร็วเกินไปและป้องกันดินเดือด
5. หาปริมาตรของ Shrinkage Dish เป็นลูกบาศก์เซ็นติเมตร โดยการเทปรอทใส่จนล้นถ้วย ต่อจากนั้นใช้ Glass Plate กดลงบนถ้วยให้ปรอทส่วนเกินล้นออกมา เก็บปรอทส่วนที่ล้นออกมาเทใส่ขวดบรรจุไว้ ต่อจากนั้นเทปรอทจาก Shrinkage Dish ลงในกระบอกตวง อ่านค่าปริมาตรที่ข้างกระบอก

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



หรืออีกวิธีหนึ่งหาปริมาตรของ Shrinkage Dish ได้โดยชั่งน้ำหนักปรอท + Shrinkage Dish และลบด้วยน้ำหนัก Shrinkage Dish ก็จะได้น้ำหนักปรอท นำน้ำหนักปรอทหารด้วย ถ.พ. ของปรอทก็จะได้ปริมาตร

$$V\ Dish = \frac{Weight\ of\ Hg}{13.53}$$

ปริมาตรของถ้วยคือปริมาตรของดินเปียก (Vi)

6. หาปริมาตรของดินแห้ง (Vf) โดยการเติมปรอทลงในถ้วยแก้วที่รองรับด้วยภาชนะเพื่อกันปรอท ต่อจากนั้นก็เอาแผ่นกระจก (Glass Plate) กดลงบนถ้วยแล้วปาดให้เรียบให้ปรอทเต็มถ้วยพอดี นำปรอทส่วนที่เกินใส่กลับเข้าภาชนะเดิม นำถ้วยแก้วพร้อมปรอทไปชั่ง (บันทึกน้ำหนักไว้)

7. นำดินแห้งใส่ลงในถ้วยที่มีปรอทบรรจุอยู่เต็ม ใช้ Glass Plate ที่มี 3 ปุ่มกดลงให้ดินแทนที่ปรอท ระวังอย่าให้มีฟองอากาศเกิดขึ้น ปรอทที่ล้นออกมาก็จะมีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของดินแห้ง นำถ้วยกับปรอทที่เหลือไปชั่ง นำค่าที่ได้ไปลบจากน้ำหนักในข้อ 6 ปริมาตรของดินแห้งจะเท่ากับ

$$Vf = \frac{\text{น้ำหนักปรอทที่หายไป}}{13.53}$$

8. คำนวณหาค่าขีดการหดตัว (ตามตัวอย่าง) ค่าปริมาณน้ำในดินหาได้จาก Step 2 - 4 ค่าขีดการหดตัวคือค่าปริมาณน้ำในดินซึ่งไม่ทำให้ดินเปลี่ยนปริมาตร เมื่อดินเปลี่ยนสภาพเป็นดินแห้งเนื่องจากว่าตอนแรกดินอยู่ในสภาวะอิ่มตัวจนถึงขีดการหดตัว ค่าขีดการหดตัวของดินมีลำดับขั้นการหาดังนี้ การเปลี่ยนปริมาตรของดินมีค่าเท่ากับ

$$\Delta V = Vi - Vf \qquad \text{(จากขั้น 5 - 7)}$$

ค่าปริมาณน้ำที่ Shrinkage Limit คำนวณจากปริมาณน้ำในดินตอนแรกลบด้วยค่าปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปสู่ Shrinkage Limit

$$\omega s = \omega i - \Delta\omega \text{ ———————— } 1$$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

แต่การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำมีค่าเท่ากับ (จากคำจำกัดความ $W_w = \omega . W_s$)

$$\frac{\Delta\omega . W_s}{\gamma_\omega} = \Delta V$$

คำนวณค่า $\Delta\omega$ ได้เท่ากับ

$$\Delta\omega = \frac{\Delta V \gamma_\omega}{W_s}$$

แทนค่าลงในสมการที่ 1 ในระบบ C.G.S. $\gamma_\omega$ = 1 gms./C.C.

$$\therefore \text{ S.L หรือ } \omega_s = \omega_i - \frac{\Delta V}{W_s} \times 100\%$$

9. คำนวณหาค่า Shrinkage Ratio

$$S.R = \frac{W_s}{\gamma_\omega V_f}$$

10. ค่า Linear Shrinkage

$$L.S = 1 - \sqrt[3]{1.0/(S_v + 1)} \times 100\%$$

เมื่อ $S_v = (\omega_i - \omega_s)\, SR$

11. ให้นักศึกษาอธิบายว่า ทำไมถึงต้องใช้ปรอท ใช้ของเหลวอย่างอื่นแทนได้หรือไม่

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าหากว่าดินแห้งแตกระหว่างการอบ การทดลองควรจะต้องทำใหม่

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530





THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

## UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ______

LOCATION OF PROJECT. ______ BORING NO. ______ SAMPLE NO. ______

DESCRIPTION OF SOIL. RED - BROWN CLAY ______ DEPTH OF SAMPLE. ______

TEST PERFORMED BY. ______ DATE OF TEST. ______

---

### SHRINKAGE LIMIT TEST.

Wt. OF COATED DISH + WET SOIL = 37.83 g.

Wt. OF COATED DISH + DRY SOIL = 31.92 g.

Wt. OF COATED DISH = 10.43 g

Wt. OF SOIL, $W_s$ = 21.49 g.

Wt. OF WATER, $W_w$ = 5.91 g.

WATER CONTENT, $\omega_i$ % = 27.50 %

VOL. OF WET SOIL, $V_i$ = 14.95 $Cm^3$ (STEP 5 OF PROCEDURE VOL. OF SHRINKAGE DISH = $V_o$.)

VOL. OF DRY SOIL, $V_f$ = 11.61 $Cm^3$ (STEP 7 OF PROCEDURE)

SHRINKAGE LIMIT, $\omega_s = \omega_i - \left[\frac{(V_i - V_f)\gamma_w}{W_s} \times 100\right]$ = 12.0%

SHRINKAGE RATIO, SR = $W_s / V_f$ = 1.85

Wt. OF SHRINKAGE DISH = 21.22 g.

Wt. OF SHRINKAGE DISH + Hg. = 616.73 g.

Wt. OF SHRINKAGE DISH + Hg. AFTER SUBMERGE SOIL CAKE = 459.62 g.

Wt. OF Hg. DISPLACED = 616.73 − 459.62 = 157.11 g.

$$V_f = \frac{157.11}{13.53} = 11.61 \ Cm^3$$

Wt. OF SOIL CAKE DISH = 10.42 g.

Wt. OF SOIL CAKE DISH + Hg = 212.65 g.

$$V_o = \frac{212.65 - 10.42}{13.53} = 14.95 \ Cm^3$$

$$\omega_s = 27.50 - \frac{(14.95 - 11.61)(1 \times 100)}{21.49} = 27.50 - 15.54 = 11.96 \approx 12 \%$$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT........../004.

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ______

LOCATION OF PROJECT. ______ BORING NO. ______ SAMPLE NO. ______

DESCRIPTION OF SOIL. RED - BROWN CLAY DEPTH OF SAMPLE. ______

TEST PERFORMED BY. Mr SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 1/7/30

---

## SHRINKAGE LIMIT TEST.

Wt. OF COATED DISH + WET SOIL = 51.85 g.

Wt. OF COATED DISH + DRY SOIL = 47.35 g.

Wt. OF COATED DISH = 19.40 g

Wt. OF SOIL, $W_s$ = 27.95 g

Wt. OF WATER, $W_w$ = 4.50 g.

ตรวจแล้ว

WATER CONTENT, $\omega_1$ % = 16.10%

VOL. OF WET SOIL, $V_1$ = 15.50 $Cm^3$ (STEP 5 OF PROCEDURE VOL. OF SHRINKAGE DISH = $V_o$.)

VOL. OF DRY SOIL, $V_f$ = 14.00 $Cm^3$ (STEP 7 OF PROCEDURE)

SHRINKAGE LIMIT, $\omega_s = \omega_1 - \left[\frac{(V_1 - V_f)\gamma_w}{W_s} \times 100\right]$ = 10.73%

SHRINKAGE RATIO, SR = $W_s / V_f$ = 1.996

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



## ตัวอย่างรายการคำนวณ

Wt of COATED DISH + WET SOIL = 51.85 g

Wt OF COATED DISH + DRY SOIL = 47.35 g

Wt OF COATED DISH = 19.40 g

Wt OF SOIL $W_s$ = 27.95 g

Wt OF Water ($W_w$) = 51.85 − 47.35 = 4.50 g

water content $w_1$% $\frac{4.5 \times 100}{27.95}$ = 16.10 %

Vol. of wet Soil, $V_1$ $V_{wet\ soil}$ = 15.50 $cm^3$

Vol of Dry soil, $V_f$ $V_f$ = 14.00 $cm^3$

SHrinkage Unit, $w_s = w_1 - \left[\frac{(V_1 - V_f)}{W_s}\right] \gamma_w \times 100$

$= 16.10 - \left[\frac{15.50 - 14.00 \times 100}{27.95}\right]$

$= 10.73$ %

SHrinkage Ratio, $SR = \frac{W_s}{V_f}$

$= \frac{27.95}{14.00}$

$= 1.996$ $g/cm^3$

ค่า SL
LS
PI
กราฟ Phase Diagram อยู่ไหน

## สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง หาค่า SHRINKAGE LIMIT ได้ 10.73%
ซึ่งเป็นค่าปริมาณน้ำมากที่สุดที่ทำให้ดินไม่เปลี่ยนปริมาตร ถ้ามี
มากกว่า 10.73% จะทำให้ดินเปลี่ยนปริมาตร ทำให้มีปัญหา
ในการทำงาน เช่น วัสดุก่อสร้าง เช่น ทำถนน ทำคันทาง เกิด
งานถ้าไม่ถูกหลักตามที่ทำให้ตัวทางเกิดแตกร้าว เพราะ น้ำจะถูกระเหย
ทำให้เกิดช่อง ที่จะแห้งลงและเกิด Menicus พร้อมกันเกิดแรงตึง
ผิวของน้ำ หลังจากนั้นไประยะหนึ่ง จะทำให้ขนาดของช่องว่าง เล็กลง และเมื่อ
ทำให้ดินแห้งลง และระเหยไปหมดอยู่ในสภาพแห้ง โดยปริมาตรไม่เปลี่ยน
แปลง

ใกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 5

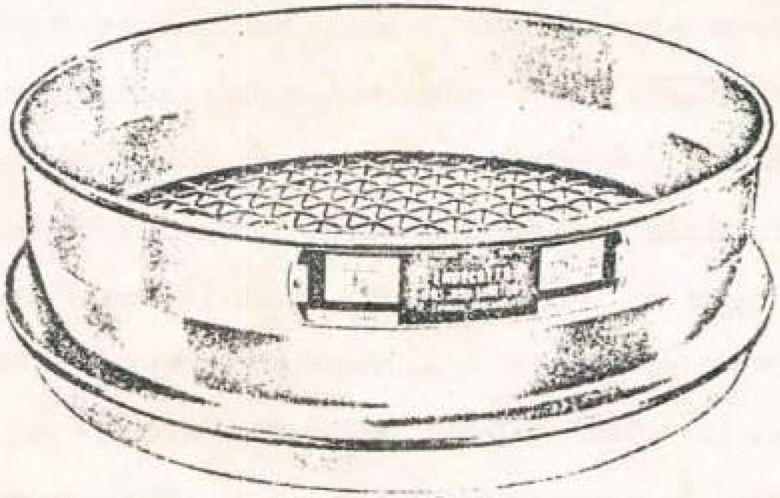
## การหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ตะแกรง

**วัตถุประสงค์**

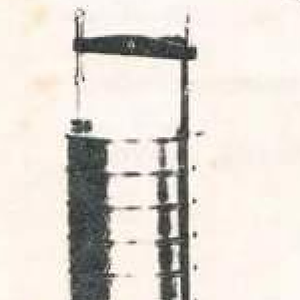
เพื่อแนะนำนักศึกษาให้ทราบถึงวิธีการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ตะแกรง

**อุปกรณ์**

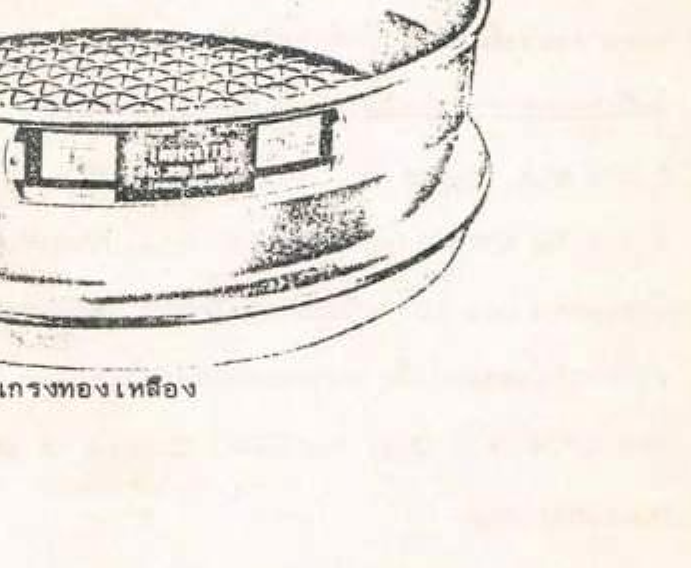
1. ตะแกรงทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8" 1 ชุด
2. เครื่องเขย่าตะแกรงใช้มือหมุนหรือแบบมอเตอร์
3. ตาชั่งที่อ่านได้ละเอียด .01 กรัม
4. ฆ้อนยางสำหรับทุบก้อนดินให้กระจาย



ตะแกรงทองเหลือง



เครื่องเขย่าตะแกรง



แปรงทำความสะอาด

หลักการ

ข้อมูลที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดิน ได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานทางวิศวกรรม เช่น การจำแนกดินเพื่อหาคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมกับงานลักษณะต่าง ๆ เช่น ถนน, ลานบิน, เขื่อนกักน้ำ และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ ที่ใช้ดินเป็นวัตถุก่อสร้าง ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินยังสามารถนำไปคาดคะเนการไหลซึมผ่านของน้ำในดินชนิดนั้น ๆ ได้ และนอกจากนี้ยังนำมาหาขนาดของดินที่ใช้เป็นตัว Filters หรือดินที่ใช้เป็นตัวกรองในการระบายน้ำได้ด้วย

การวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดิน ก็คือ ความพยายามที่จะหาความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนของเม็ดดินขนาดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในมวลดินนั้น ๆ การเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบจะต้องเก็บคละกันมาให้เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ว่าเป็นตัวแทนของดินทั้งมวลได้ (Mass) ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถหาขนาดของเม็ดดินแต่ละเม็ดได้ แต่ในการทดลองเราเพียงแต่กระจายขนาดของเม็ดดินออกไปเป็นส่วน ๆ โดยการนำดินมาร่อนผ่านตะแกรงที่มีช่องเปิดขนาดต่าง ๆ กัน ถ้าขนาดของเม็ดดินโตกว่าช่องเปิดก็จะค้างบนตะแกรง ถ้าเล็กกว่าก็จะผ่านลงไป ตะแกรงที่ว่านี้ทำจากลวดทองเหลืองถักเป็นสี่เหลี่ยมมีขนาดช่องเปิดตั้งแต่ 101.6 m.m. (4 in.) จนถึง 0.038 m.m. (ขนาด No. 400) ในตารางที่ 5-1 แสดงให้เห็นขนาดของตะแกรง Number ต่าง ๆ กัน ตามมาตรฐานของอเมริกาและเปรียบเทียบกับมาตรฐานอื่น ๆ ในทางปฏิบัติถือเอาว่าตะแกรง No. 200 เป็นขนาดที่เล็กที่สุด ตะแกรงที่มีขนาดเล็กกว่า No. 200 ใช้เฉพาะงานทางวิชาการเท่านั้น ขนาดของตะแกรงในตาราง 5-1 เป็นขนาดของตะแกรงชนิดล่าสุดของ ASTM และ U.S. National Bureau of Standards Official Sieve Designations

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



Table 5-1 Standard sieve sizes. All U.S. sieves are available in 20-cm., and most in 30.5-cm. diameter. The current U.S. designation uses 100 down to 6.3 mm. as a size designation; from No. 4 (4.75 mm.) to No. 18 (1.00 mm.), the mesh opening is in millimeters : from No. 20 to No. 400, the mesh opening is in micrometers (um = 0.001 mm.) The No. 20 sieve is 850 um or 0.850 mm. From the No. 4 sieve and smaller, the size is approximately $Ni = (N-1)/\sqrt[4]{2}$ .
(Example : No. 5 = 4.00 mm. = $4.75/\sqrt[4]{2}$)

| U.S."(a) | | BRITISH STANDARD"(b) | | FRENCH"(c) | | GERMAN DIN"(d) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Size or No. | Opening (mm.or µm) | No. | Opening (mm.) | No. | Opening (mm.) | Designation (µm) | Opening (mm.) |
| | 100.0 mm. | | | | | | |
| | 75.0 | | | | | | |
| | 63.0 | | | | | | |
| | 50.0 | | | | | | |
| | 45.0 | | | | | | |
| | 37.5 | | | | | | |
| | 31.5 | | | | | | |
| | 25.0 | | | | | | 25.0 |
| | | | | | | | 20.0 |
| | 19.0 | | | | | | |
| | | | | | | | 18.0 |
| | 16.0 | | | | | | 16.0 |
| | 12.5 | | | | | | 12.5 |
| | | | | | | | 10.0 |
| | 9.5 | | | | | | |
| | 8.0 | | | | | | 8.0 |
| | 6.3 | | | | | | 6.3 |
| | | | | 38 e | 5.000 | | 5.0 |
| 4 e | 4.75 | | | | | | |
| 5 | 4.00 | | | 37 | 4.000 | | 4.0 |
| | | 5 e | 3.353 | | | | |
| 6 | 3.35 | | | 36 | 3.150 | | 3.150 |
| 7 | 2.80 | 6 | 2.812 | | | | |
| | | | | 35 | 2.500 | | 2.500 |
| | | 7 | 2.411 | | | | |
| 8 | 2.36 | | | | | | |
| 10 | 2.00 | 8 | 2.057 | 34 | 2.000 | | 2.000 |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



| U.S."(a) | | BRITISH STANDARD"(b) | | FRENCH"(c) | | DERMAN DIN"(d) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Size or No. | Opening (mm.or um) | No. | Opening (mm.) | No. | Opening (mm.) | Designation (mm.) | Opening (mm.) |
| 12 | 1.70 | 10 | 1.676 | | | | |
| | | | | 33 | 1.600 | | 1.600 |
| 12 | 1.40 | 12 | 1.405 | | | | |
| | | | | 32 | 1.250 | | 1.250 |
| | | 14 | 1.204 | | | | |
| 16 | 1.18 | | | | | | |
| 18 | 1.00 | 16 | 1.003 | 31 | 1.000 | | 1.000 |
| 20 | 850 um | 18 | .853 | | | | |
| | | | | 30 | .800 | 800 | .800 |
| 25 | 710 | 22 | .699 | | | | |
| | | | | 29 | .630 | 630 | .630 |
| 30 | 600 | 25 | .599 | | | | |
| 35 | 500 | 30 | .500 | 28 | .500 | 500 | .500 |
| 40 f | 425 | 36 f | .422 | | | | |
| 45 | 355 | 44 | .353 | 27 f | .400 | 400 | .400 |
| 50 | 300 | 52 | .259 | 26 | .315 | 315 | .315 |
| 60 | 250 | 60 | .251 | 25 | .250 | 250 | .250 |
| 70 | 212 | 72 | .211 | | | | |
| | | | | 24 | .200 | 200 | .200 |
| 80 | 180 | 85 | .178 | | | | |
| | | | | 23 | .160 | 160 | .160 |
| 100 | 150 | 100 | .152 | | | | |
| 120 | 125 | 120 | .124 | 22 | .125 | 125 | .125 |
| 140 | 106 | 150 | .104 | | | | |
| | | | | 21 | .100 | 100 | .100 |
| 170 | 90 | 170 | .089 | | | 90 | .090 |
| | | | | 20 | .080 | 80 | .080 |
| 200 | 75 | 200 | .076 | | | 71 | .071 |
| 230 | 63 | 240 | .066 | 19 | .063 | 63 | .063 |
| | | | | | | 56 | .056 |
| 270 | 53 | 300 | .053 | | | | |
| | | | | 18 | .050 | 50 | .050 |
| 325 | 45 | | | | | 45 | .045 |
| 400 | 38 | | | 17 | .040 | 40 | .040 |

a ASTM E-11-70 (Part 41).

b British Standards Institution, London BS-410.

c French Standard Specifications, AFNOR X 11-501..

d German Standard Specification, DIN 4188.

e For Standard Compaction Test.

f For Atterberg Limits.

ซึ่งขนาดของตะแกรงรุ่นใหม่จะมีขนาดของช่องเปิดต่างจากรุ่นเก่าเล็กน้อย (ก่อน คศ. 1970) แต่ก็ยังคงมีใช้อยู่บ้างในปัจจุบัน นักศึกษาควรจะใช้ขนาดตามของใหม่ เมื่อกรองข้อมูล

| ก่อน คศ. 1970 | ปัจจุบัน |
|---|---|
| 4 in (101.6 m.m.) | 100 m.m. |
| $1\frac{1}{2}$ in (38.1 m.m.) | 37.5 m.m. |
| 1/4 in (6.35 m.m.) | 6.3 m.m. |
| No. 20 (0.841 m.m.) | 0.850 m.m. |
| No. 100 (0.149 m.m.) | 0.150 m.m. |
| No. 200 (0.074 m.m.) | 0.075 m.m. |

การจำแนกดินทุกระบบจะใช้ขนาดของ Sieve No. 200 เป็นจุดแบ่งในการจำแนกดิน เช่นว่าดินชนิดนี้มีขนาดโตกว่า No. 200 เป็นจำนวนเท่าไหร่ หรือเล็กกว่า No.200 เป็นจำนวนเท่าไหร่ แต่ก็มีบางโอกาสที่ต้องการทราบขนาดของเม็ดดินที่เล็กกว่า No. 200 ลงไปอีก ซึ่งก็มีวิธีการหาอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งนักศึกษาจะได้ทราบในบทต่อไป

การที่นำดินมาร่อนผ่านตะแกรงนี้ไม่สามารถบอกลักษณะรูปร่างของเม็ดดินได้ว่าเม็ดดินเหล่านั้น มีลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือกลม (Angular or Round) แต่บอกได้แต่เพียงว่ามีขนาดเล็กกว่าหรือโตกว่าขนาดของตะแกรง Number ที่เท่าไหร่เท่านั้น ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินนี้ สามารถที่จะนำมาแสดงได้ในรูปของเส้น Curve เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและพิจารณาการกระจายขนาดของเม็ดดิน โดยการนำเปอร์เซนต์ของดินที่ผ่านตะแกรง (Percent Passing or Percent Finer) และขนาดของตะแกรงมา Plot ในกร๊าฟ Semi-log ให้เปอร์เซนต์ของดินที่ผ่านตะแกรงอยู่ใน Scale ตั้ง และเป็น Scale ธรรมดา, ขนาดของตะแกรงอยู่ในแกนนอน เป็น Scale Log

การกระจายขนาดของเม็ดดินตามที่ Plot Curve นั้น เป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น เพราะว่าดินที่เก็บมาทดสอบมีปริมาณไม่มากนักอาจจะไม่ใช่ตัวแทนของดินทั้งหมด และตะแกรงที่นำมาร่อนก็นำมาเป็นบางขนาดเท่านั้น อีกอย่างหนึ่งช่องเปิดของตะแกรงทำไว้สำหรับ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ร่อนเม็ดดินที่มีรูปร่างไม่แน่นอน บางทีเม็ดดินมีขนาดโตแต่ลักษณะกลมอาจผ่านตะแกรงลงไปได้ แต่เม็ดดินเล็กมีขนาดยาวอาจไม่ผ่านตะแกรงก็เป็นได้ ถ้าหากการเรียงตัวของดินในตะแกรงไม่เอื้ออำนวย

ในทางปฏิบัติวิธีวิเคราะห์การกระจายของเม็ดดินที่นิยมใช้กันก็คือนำดินไปอบให้แห้ง แล้วใช้ฆ้อนยางทุบก้อนดินให้กระจาย (ระวังอย่าทุบแรงเกินไป จะทำให้เม็ดดินแตกละเอียด วัตถุประสงค์ของการทุบก็คือ ต้องการให้เม็ดดินเม็ดละเอียดที่จับกันเป็นก้อนกระจายออกเท่านั้น) แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามที่กำหนด ถ้าร่อนแล้วพบว่ามีดินผ่านตะแกรง No.200 เกิน 4-5% ก็ให้นำดินชนิดนั้นไปล้างเสียก่อน แล้วค่อยนำมาร่อนใหม่ โดยการนำเอาดินที่อบแห้งแล้วใส่ลงในตะแกรง No. 200(ตะแกรงทรงกระบอก) แล้วเปิดน้ำประปาล้าง แล้วเอาส่วนที่เหลือค้างตะแกรงไปอบอีกครั้งหนึ่ง เมื่อแห้งแล้วก็นำมาร่อนผ่านตะแกรงตามข้อกำหนด การทำเช่นนี้จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องขึ้น เพราะเม็ดดินเม็ดเล็ก ๆ ที่มักจะเกาะติดกับเม็ดโตจะไม่มี และเม็ดดินที่หายไประหว่างการล้างก็คิดเสียว่าเป็นเม็ดดินที่ผ่านตะแกรง No. 200 ไป

การนำดินมาล้างก่อนที่จะทำการวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของเม็ดดินนี้ มักจะไม่ทำถ้าหากเป็นดินเม็ดหยาบคือ ถ้าน้อยกว่า 10-15% ผ่านตะแกรง No.10 (2.00 m.m.) และผ่านตะแกรง No.100 (0.150 m.m.) เพียง 5-10% ในกรณีของดินเม็ดละเอียดก็ไม่ต้องทำเช่นเดียวกัน

ชุดของตะแกรงที่นำมาร่อนดินจะมีประมาณ 6-7 อัน ในขนาดต่าง ๆ กัน โดยประมาณเอาว่าขนาดของช่องเปิดอันที่อยู่เหนือต้องโตกว่าอันที่อยู่ข้างล่าง 2 เท่า เช่น 6, 12, 24 หรือ 0.075, 0.150, 0.300 m.m. เพื่อความสะดวกและผลของการปฏิบัติการเรียงตะแกรงควรจะต้องมีขนาดเหล่านี้ไว้เสมอ No. 4, No. 100, No. 200

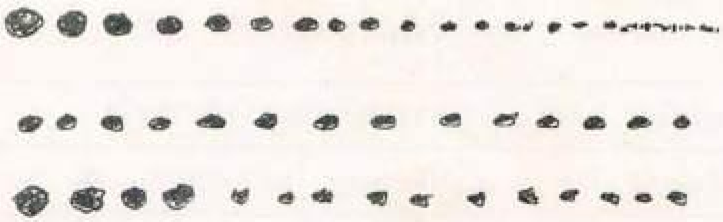
จาก Curve การกระจายของเม็ดดิน (ดูจากตัวอย่างกระดาษกรองข้อมูล) ขนาดของเม็ดดินที่เส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ กัน เช่น $D_{60}$, $D_{10}$, $D_{85}$ สามารถที่จะหามาได้จาก Curve ตัว D หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดดิน (Apparent Diameter) ตัวเลขที่กำกับหมายถึง เปอร์เซนต์ที่น้อยกว่า เช่น $D_{10}$ จาก Curve B หมายความว่า 10 เปอร์เซนต์

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



โดยน้ำหนักของดินตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่า 0.15 m.m. และขนาดที่ $D_{10}$ นี้ เรียกว่า Effective Size ของดิน

ตัวเลขที่จะชี้บอกให้ทราบถึงการกระจายขนาดของเม็ดดินเรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $D_{60}/D_{10}$ ถ้าหากค่าที่หาออกมาได้มีค่ามากก็แสดงว่าดินมีการกระจายขนาดดี แต่ก็ไม่ทราบว่าขนาดไล่เรียงของเม็ดดินจะมีการทิ้งช่วงบ้างหรือเปล่า (Gap Grade)



Well Grade Soil.

Poor Grade or Uniform Soil.

Gap Grade.

ค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้ง (Coefficient of Concavity) $C_c$ เป็นค่าที่ใช้วัดลักษณะของ Curve ช่วงระหว่าง $D_{60}$ และ $D_{10}$ มีค่าเท่ากับ

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} \cdot D_{60})}$$

ถ้าหากค่า $C_c$ แตกต่างจาก 1.0 มาก ๆ แสดงว่าขนาดไล่เรียงของเม็ดดินขาดช่วงใดช่วงหนึ่ง (Gap Grade) ระหว่าง $D_{60}$ กับ $D_{10}$, ค่า $D_{15}$ และ $D_{85}$ เป็นขนาดที่ใช้หาคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมในการออกแบบ Filter ของงานที่เกี่ยวกับการระบายน้ำ

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. เอาดินตัวอย่างซึ่งอบแห้งแล้วจำนวน 500 กรัม ถ้ายังมีเป็นก้อน ก็ควรทำให้แตกเสียก่อน และต้องแน่ใจว่าดินที่นำมาทดสอบเป็นตัวแทนของดินทั้งมวลได้ (Mass) ควรจะใช้ที่แยกตัวอย่าง (ถ้ามี)

2. ใส่ดินตัวอย่างนี้บนตะแกรงเบอร์ 200 แล้วค่อย ๆ ล้างดินที่อยู่ในตะแกรงโดยใช้น้ำประปาควรระมัดระวังอย่าให้เกิดความเสียหายกับตะแกรงหรือไม่ก็ทำให้ดินดันออกไป ถ้าดินตัวอย่างเป็นพวกเม็ดหยาบปนมากก็ให้ไปทำในข้อที่ 4 เลย

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



3. ค่อย ๆ เทดินส่วนที่เหลือในตะแกรงลงในภาชนะโดยล้างด้านล่างของตะแกรงจนกระทั่งดินที่ค้างอยู่หลุดออกจนหมด รินน้ำใส ๆ ส่วนบนออกเสียบ้าง แล้วจึงเอาดินไปเข้าตู้อบเพื่อทำให้แห้ง

4. ในวันต่อมาให้ชั่งดินที่เหลือเมื่อแห้งแล้ว เทกลับลงไปในภาชนะหรือตะแกรงที่เรียงเป็นชุดเอาไว้และนำไปร่อน

เนื่องจากกร๊าฟเป็นแบบ Semi-log จึงควรจะมีจุดที่กระจายกันออกไปตามขนาดต่าง ๆ สำหรับดินทรายไปจนถึงดินละเอียดมาก ๆ ควรใช้ตะแกรงเบอร์ต่าง ๆ ดังนี้

| การเรียงตะแกรงโดยทั่วไป | | การเรียงตะแกรงอีกวิธีหนึ่ง | |
|---|---|---|---|
| เบอร์ตะแกรง | ขนาดของช่องเปิด (มม.) | เบอร์ตะแกรง | ขนาดของช่องเปิด (มม.) |
| ฝาปิด | - | ฝาปิด | - |
| 4 | 4.75 | 4 | 4.75 |
| 10 | 2.00 | 10 | 2.00 |
| 20 | 0.850 | 30 | 0.600 |
| 40 | 0.425 | 50 | |
| 60 | 0.250 | 100 | 0.300 |
| 140 | 0.106 | 200 | 0.150 |
| 200 | 0.075 | | 0.075 |
| ถาดรองรับ | - | ถาดรองรับ | - |

ถ้ามีกรวดเล็ก ๆ อยู่ด้วยต้องเอาตะแกรงขนาด 12.5 หรือ 6.30 m.m. ใส่เพิ่มชั้นตะแกรงเหนือเบอร์ 4 ถ้าตัวอย่างเป็นกรวดขนาดใหญ่ จะต้องใช้ตัวอย่างให้มากขึ้น โดยควรใช้จำนวน 1500 กรัม ถ้ากรวดมีขนาด 19 m.m. และประมาณ 5000 กรัม ถ้ามีขนาดใหญ่สุดเท่ากับ 75 m.m. และการเรียงตะแกรงต้องเพิ่มขนาดขึ้นอีกตามความเหมาะสม จากการสังเกตุด้วยตา ชุดของตะแกรงที่เพิ่มควรเป็นดังนี้ คือ

ขนาด 50 m.m.

" 25 m.m.

" 6.3 m.m.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ขนาด 2.00 m.m. (No. 10)

" 0.85 m.m. (No. 20)

" 0.150 m.m. (No. 100)

5. วางตะแกรงทั้งชุดในเครื่องเขย่าใช้เวลาเขย่า 5-10 นาที ซึ่งขึ้นกับความยากง่ายจากการสังเกตุด้วยตา ถ้าตะแกรงทั้งชุดเข้ากับเครื่องเขย่าไม่ได้ให้ใช้มือเขย่าจนกระทั่งตะแกรงส่วนบนสามารถเอาออกได้ และพอที่จะให้ตะแกรงที่เหลือใส่ในเครื่องเขย่าได้

6. เอาตะแกรงทั้งชุดออกจากเครื่องแล้วหาน้ำหนักของดินที่ค้างในแต่ละตะแกรง รวมน้ำหนักที่ได้นี้จากทุกตะแกรงแล้วเปรียบเทียบกับน้ำในข้อที่ 4 (ที่ล้างแล้วเข้าเตาอบให้แห้ง) ถ้าไม่เท่ากันแสดงว่ามีการสูญหายไปขณะทำการเขย่า ถ้ามากเกิน 2% ของน้ำหนักจากข้อ 4 ก็จะเป็นผลการทดลองที่ไม่ดีนัก ควรจะทำการทดลองใหม่

7. คำนวณเปอร์เซนต์ของดินที่ค้าง (Percent Retained) บนแต่ละตะแกรง โดยการเอาน้ำหนักที่ค้างในแต่ละตะแกรงตั้งแล้วหารด้วยน้ำหนักของดินเดิมจากข้อที่ 2 (สิ่งนี้เป็นไปได้เนื่องจากดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จะต้องผ่านทุก ๆ ตะแกรงที่อยู่เหนือขึ้นไปด้วย)

8. คำนวณเปอร์เซนต์ที่ดินผ่านตะแกรง (Percent Passing or Percent Finer) โดยเริ่มจาก 100 เปอร์เซนต์ และลบเปอร์เซนต์ของดินที่ค้างบนแต่ละตะแกรงด้วยวิธีการแบบสะสม ตัวอย่างเช่น จากการทดลองได้ผลว่าดินทั้ง 500 กรัม ค้างตะแกรงเบอร์ 10 = 39.5 กรัม เปอร์เซนต์ของดินที่ค้างบนตะแกรงนี้จะเป็น 7.9 เปอร์เซนต์ และเปอร์เซนต์ที่ผ่านจะเป็น 92.1 เปอร์เซนต์ บนตะแกรงเบอร์ 20 มีดินค้าง 77.0 กรัม หรือ 15.4 เปอร์เซนต์ ดังนั้นเปอร์เซนต์ที่ดินผ่านจึงเป็น 92.1 - 15.4 = 76.7 เปอร์เซนต์ ดังแสดงไว้ใน Column สุดท้าย, บนตะแกรงเบอร์ 40 มีดินค้างอยู่ 152.5 กรัม หรือ 30.5 เปอร์เซนต์ เมื่อพิจารณาจากเดิมทั้งหมดที่เหลือจากดินที่ค้างบนตะแกรงนี้ และตะแกรงที่อยู่เหนือขึ้นไปนั้นผ่านตะแกรงเบอร์นี้ไปหมด ดังนั้น จึงสามารถลบจากค่าเปอร์เซนต์ของดินที่มายังตะแกรงเบอร์นี้ด้วยเปอร์เซนต์ที่ค้างได้ ซึ่งเปอร์เซนต์ของดินที่ผ่านตะแกรงนี้จะได้ ดังนี้ 76.7 - 30.5 = 46.2 %

เปอร์เซนต์ที่ผ่าน = เปอร์เซนต์ที่เข้ามา - เปอร์เซนต์ที่ค้าง

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

9. นำค่าที่ได้มา Plot การกระจาย (Grain-size Distribution) เป็นเส้นโค้งบนแผ่นกร๊าฟแบบ Semilogarithmic ถ้ามีดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เกิน 10 เปอร์เซนต์ ควรจะหาขนาดของเม็ดดินด้วยวิธีการของ Hydrometer Analysis แต่ถ้าน้อยกว่า 10 เปอร์เซนต์ก็ยุติแค่นี้

จากกร๊าฟที่ Plot ได้ ควรหาค่าสัมประสิทธิ์ของความแน่นอน (Coefficient of Uniformity หรือใช้ตัวย่อว่า $C_u$ และค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้ง Coefficient of Concavity หรือตัวย่อว่า $C_c$)

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____________

LOCATION OF PROJECT. ____________ BORING NO. – SAMPLE NO. –

DESCRIPTION OF SOIL. *MEDIUM COURSE SAND* DEPTH OF SAMPLE. –

TEST PERFORMED BY ____________ DATE OF TEST. ____________

## SIEVE ANALYSIS

| DRY Wt OF ORIGINAL SAMPLE | SAMPLE PREWASHED YES. ____ NO. – | |
|---|---|---|
| *500* gm. | DRY Wt AFTER PREWASHING. | – |
| | WASHING LOSS | – |

| SIEVE NO. | SIEVE OPENING mm. | Wt SIEVE gm. | Wt SIEVE + SOIL gm. | Wt SOIL RETAINED | PERCENT RETAINED | CUMULATIVE PERCENT RETAINED | PERCENT FINER |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. | 4.76 | 507.60 | 507.6 | 0 | 0 | 0 | 100.0 |
| 10 | 2.00 | 477.60 | 517.10 | 39.5 | 7.9 | 7.9 | 92.1 |
| 20 | 0.84 | 416.00 | 493.00 | 77.0 | 15.4 | 23.3 | 76.7 |
| 40 | 0.42 | 390.20 | 542.70 | 152.5 | 30.5 | 53.8 | 46.2 |
| 60 | 0.25 | 374.10 | 537.10 | 163.0 | 32.6 | 86.4 | 13.6 |
| 100 | 0.149 | 354.15 | 410.15 | 56.0 | 11.2 | 97.6 | 2.4 |
| 200 | 0.075 | 355.10 | 362.6 | 7.5 | 1.5 | 99.1 | 0.9 |
| PAN | | | | 2.0 | 0.4 | 99.5 | 0.5 |
| | | | TL = | 497.5 | | | |
| | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Wt PASSING NO. 200 SIEVE, A *2.0* gm. | ERROR ORIGINAL Wt – TOTAL Wt RETAINED *500-497.5* gm. |
| WASHING LOSS Wt., B – gm. | PERCENT ERROR. *0.5 %* |
| TOTAL Wt PASSING NO. 200 SIEVE A + B *2.0* gm. | ERROR (gm.) / ORIGINAL Wt (gm.) |

REMARKS: ____________

UT..........7006.



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATION EDUCATION.

# UTHENTHAWAI CAMPUS

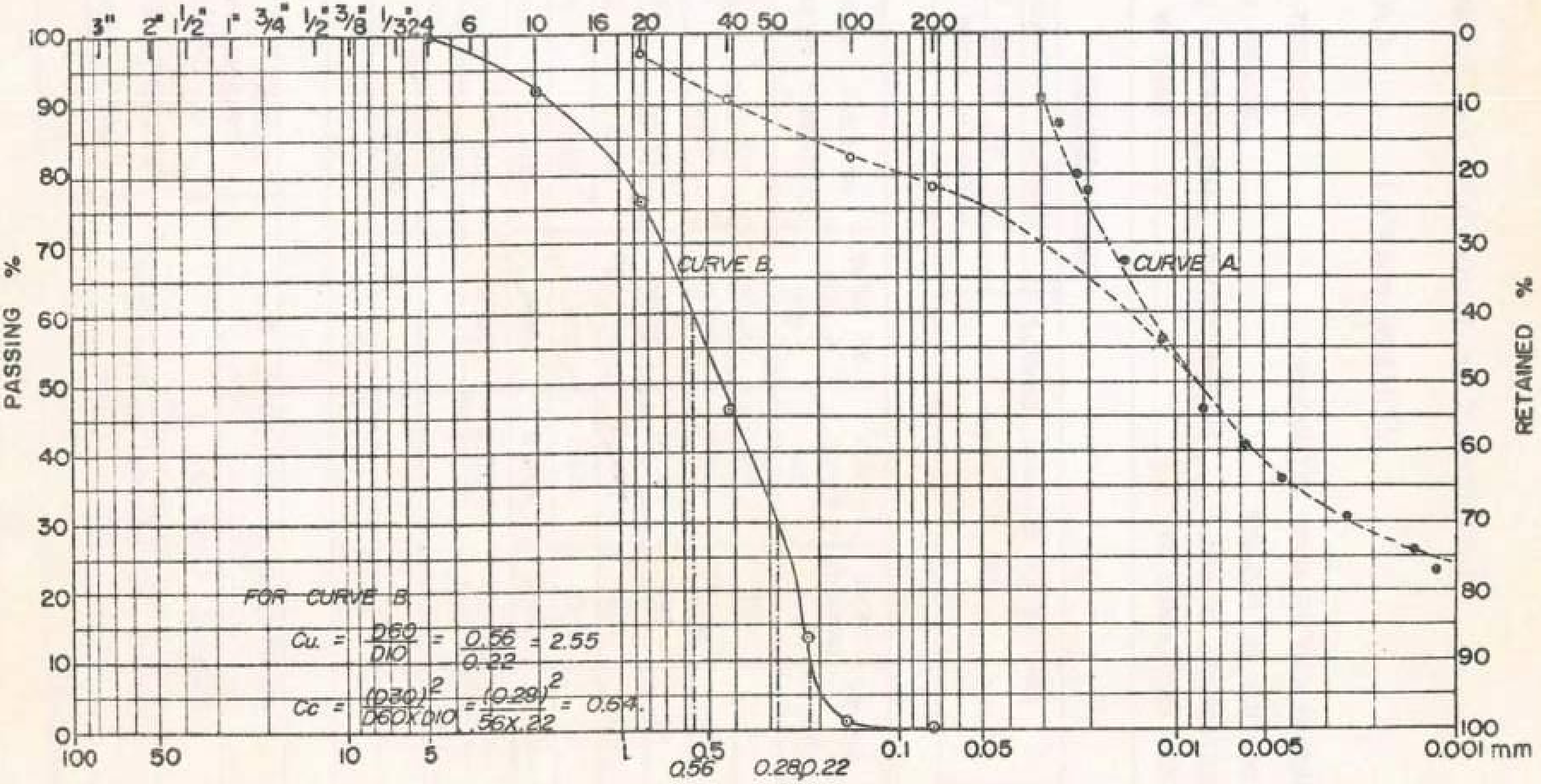
DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT. —

LOCATION OF PROJECT. —

DESCRIPTION OF SOIL. *MEDIUM COURSE SAND*

TEST PERFORMED BY. — DATE OF TEST. —

U.S. STANDARD SIEVE OPENING in. U.S. STANDARD SIEVE NUMBERS HYDROMETER




ไกล้รุ้ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ใกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 UT........./00



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____

LOCATION OF PROJECT. ____ BORING NO. ____ SAMPLE NO. ____

DESCRIPTION OF SOIL. MEDIUM COURSE SAND DEPTH OF SAMPLE. ____

TEST PERFORMED BY Mr Soontorn Ponthat DATE OF TEST. 24/6/30

## SIEVE ANALYSIS

| DRY Wt OF ORIGINAL SAMPLE ____ gm. | SAMPLE PREWASHED YES. ____ NO. ____ | |
|---|---|---|
| | DRY Wt AFTER PREWASHING. | |
| | WASHING LOSS | |

(× 100 / 500)

| SIEVE NO. | SIEVE OPENING mm. | Wt SIEVE gm. | Wt SIEVE + SOIL gm. | Wt SOIL RETAINED | PERCENT RETAINED | CUMULATIVE PERCENT RETAINED | PERCENT FINER |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 4.75 | 318.55 | 323.40 | 4.85 | 0.97 | 0.97 | 99.03 |
| 10 | 2.00 | 477.40 | 636.50 | 159.10 | 31.82 | 32.79 | 67.21 |
| 20 | 0.850 | 415.65 | 549.00 | 133.35 | 26.67 | 59.46 | 40.54 |
| 50 | 0.300 | 381.80 | 522.20 | 140.40 | 28.08 | 87.54 | 12.46 |
| 100 | 0.150 | 354.15 | 373.40 | 19.25 | 3.85 | 91.39 | 8.61 |
| 200 | 0.075 | 343.60 | 358.40 | 14.80 | 2.96 | 94.35 | 5.65 |
| Pan | | 332.20 | 360.20 | 28 | 5.6 | 99.95 | 0.05 |
| | | | | | | | |
| | | | Tt = | 499.75 | | | |
| | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Wt PASSING NO. 200 SIEVE, A ____ gm. | ERROR<br>ORIGINAL Wt − TOTAL Wt RETAINED<br>500 − 499.75 gm. |
| WASHING LOSS Wt., B ____ gm. | PERCENT ERROR. 0.05%<br>ERROR (gm.) / ORIGINAL Wt. (gm.) |
| TOTAL Wt PASSING NO. 200 SIEVE A + B ____ gm. | |

REMARKS: ____

UT..........2006.

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATION EDUCATION.

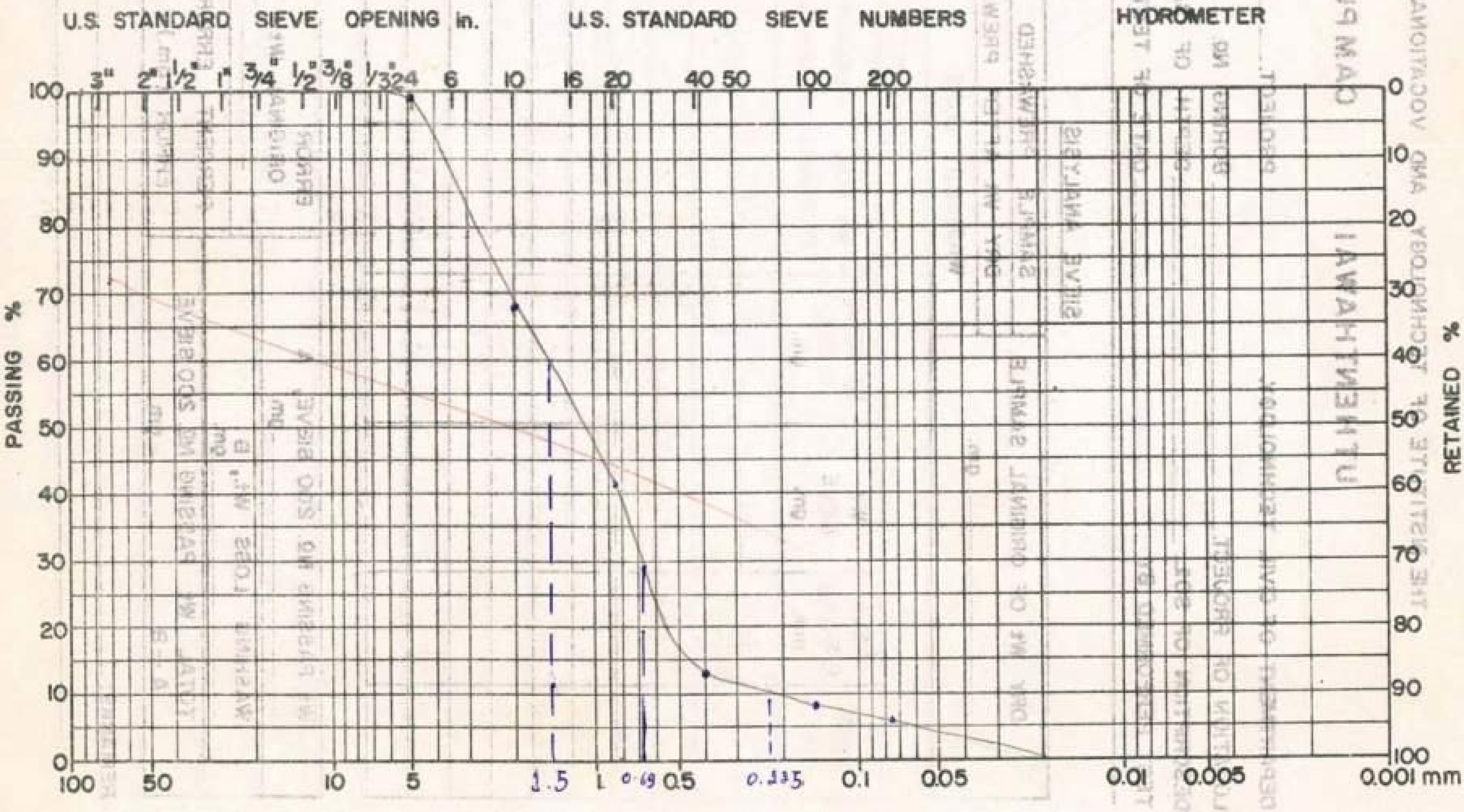
# UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT. ______

LOCATION OF PROJECT. ______

DESCRIPTION OF SOIL. MEDIUM COURSE SAND

TEST PERFORMED BY. Mr. SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 24/6/30




60

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



**ตัวอย่างรายการคำนวณ**

ตัวอย่าง SIEVE NO. 20

Wt soil retained = (Wt SIEVE + soil) − Wt SIEVE

= 549 − 415.65 = 133.35

Percent retained = $\frac{\text{Wt soil retained} \times 100}{\text{dry wt. of original sample}}$

= $\frac{133.35 \times 100}{500}$ = 26.67

Cumulative percent retained

= Percent retained + cumulative Percent retained <ชั้นก่อนหน้า>

= 26.67 + 32.79 = 59.46

Percent Finer = 100% − Cumulative percent retained

= 100 − 59.46 = 40.54%

จากกราฟ

Coefficient of Uniformity <Cu> = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$

= $\frac{1.5}{0.225}$ = 6.667

Coefficient of Concavity (Cc) = $\frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$

= $\frac{(0.69)^2}{0.225 \times 1.5}$ = 1.41

# สรุปผลการทดลอง

| ขนาดเม็ดดิน MIT system | clay | silt | | | sand | | | gravel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| f: fine, m: medium, c: coarse | | F | m | c | F | m | c | |
| | 0.002 | 0.006 | 0.02 | 0.06 | 0.2 | 0.6 | 2 | mm |

จากกราฟที่ได้จากการ Plot ต่อเนื่องกัน จึงแสดงว่าเป็นดิน Poor Grad soil และ Gap Grad Soil ปนกันอยู่ และได้ค่า Coefficient of Uniformity ($C_u$) = 6.667 และค่า Coefficient of Concavity ($C_c$) = 1.41 แสดงว่า ค่าที่ได้ $C_u$, $C_c$ จะ ลักษณะของดินดีจะได้จาก $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ ถ้าเป็น Gravel $C_u > 4$ Sand $C_u > 6$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{10}}$$

จากการกระจายขนาดของเม็ดดิน และค่า PERCENT FINER เมื่อ Plot ในกราฟ Semi-log จะได้ Curve ต่อเนื่องกัน ที่ไม่สม่ำเสมอ จะเป็นดินชนิด Poor Grade Soil + Gap Grade Soil (Poor Grade Soil ลักษณะ Curve จะต่อเนื่องกัน Gap Grade Soil ลักษณะ Curve จะไม่สม่ำเสมอขาดช่วง

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# การทดลองครั้งที่ 6

## การวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดิน

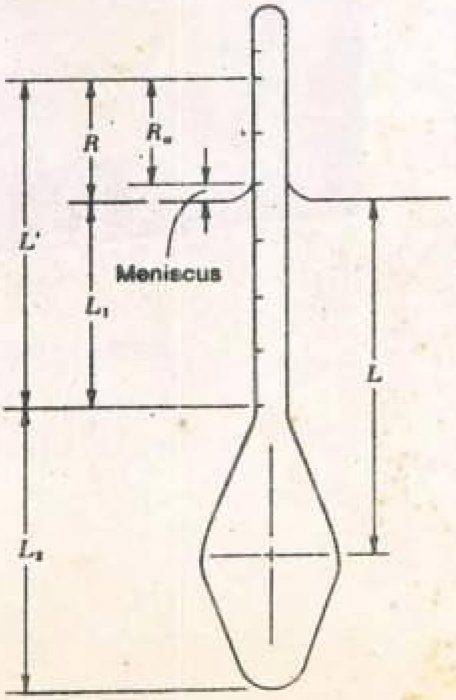
## โดยใช้ Hydrometer Method

**วัตถุประสงค์**

เพื่อให้นักศึกษาได้ทราบถึงวิธีการหาการกระจายขนาดของเม็ดดินโดยประมาณของดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรง No.200

**อุปกรณ์**

1. Hydrometer Jar Bath
2. Hydrometer (Model 152 H)
3. เครื่องกวนดิน
4. สารที่ทำให้เม็ดดินแขวนตัว (Sodium Hexa-Metaphosphate, Na $Po_3$) หรือชื่อทางการค้าว่า Calgon หรือ Sodium Silicate ($Na_2SIO_3$) หรือ Water Glass
5. กระบอกสำหรับวัดการตกตะกอนปริมาตรเท่ากับ 1000 $cm^3$
6. เทอร์โมมิเตอร์




$v = L/t$ cm/sec

$L' = L_1 + 1/2\,(L_2 - V_b/A_{grad})$

$L_1 \approx 10.5$ cm for $R = 0$

$L_1 \approx 2.30$ cm for $R = 50$

$L_2 \approx 14$ cm (ASTM)

$V_b \approx 67.0$ cu cm

$A_{grad} \approx 27.8$ sq cm for 1000 ml graduated cylinder (not a hydrometer jar)

$R_a$ = actual reading

$R = R_a$ corrected for meniscus

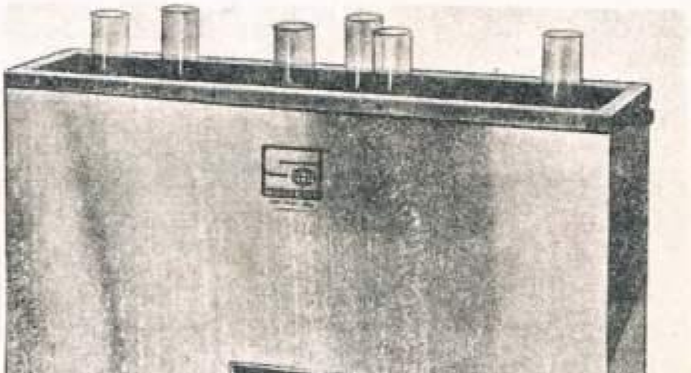
ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

CL-274 CL-276 CL-275 CL-272A

สารช่วยให้ดินแขวนตัว และเครื่องกวนดิน

STYLE CL-270A AND CL-270B ไฮโดรมิเตอร์

CL-271 กระบอกตวง



อ่างควบคุมอุณหภูมิ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



หลักการ

การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดินโดยใช้วิธี Hydrometer Analysis เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการประมาณการกระจายขนาดของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า Sieve No.200 จนถึงขนาด 0.001 m.m. ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำมา Plot ในกร๊าฟ Semi-log โดยเอาค่า Percent Finer กับค่าของ Grain Diameter Plot ต่อจากเส้น Curve ที่ทำการวิเคราะห์โดย Sieve Analysis ถ้าหากเป็นดินชนิดเดียวกัน (Curve A ใน Data Sheet บทที่ 5)

ค่าที่วิเคราะห์ได้โดย Hydrometer Analysis ส่วนใหญ่จะนำไปหาค่า Percent Clay (Percent Finer Than 0.002 m.m.) เนื่องจากว่า Curve ที่แสดงการกระจายขนาดของเม็ดดินที่มากกว่า 12% มีขนาดเล็กกว่า No.200 จะไม่มีการใช้ในระบบการจำแนกดินเลย และไม่มีดินชนิดหนึ่งชนิดใดที่มีคุณลักษณะขึ้นอยู่กับรูปร่างของ Curve คุณลักษณะของดินชนิด Cohesive Soil จะขึ้นอยู่กับชนิดและเปอร์เซนต์ของ Clay Mineral, Geologic History, และ Water Content มากกว่าการกระจายขนาดของเม็ดดิน

วิธีการของ Hydrometer Analysis ใช้หลักการของความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการตะตะกอนของวัตถุทรงกลมในของเหลว, เส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลม, ที่กล่าวมานี้แสดงในรูปของสมการ ซึ่งกำหนดโดยนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ G.G. Stokes (1850) และเรียกว่า Stokes' Law

$$V = \frac{2 \gamma s - \gamma f}{9n}\left(\frac{D}{2}\right)^2 \qquad \text{———————} \quad 6.1$$

เมื่อ $V$ = ความเร็วของการตกตะกอนของวัตถุทรงกลม

$\gamma s$ = น้ำหนักจำเพาะของวัตถุทรงกลม (Density = Mass/unit)

$\gamma f$ = น้ำหนักจำเพาะของของเหลว (โดยทั่วไปจะเป็นน้ำ) ดูในตาราง 6 - 1

$n$ = ค่าความหนืดของของเหลว (Dyne s/$cm^2$ หรือ g/cm.s)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของวัตถุทรงกลม

g = $980.7 \ cm/sec^2$

1g = 980.7 Dynes

หาค่า D จากสมการ 6.1 โดยแทนค่าน้ำหนักจำเพาะของน้ำ ($\gamma w$) ลงในสมการก็จะได้

$$D = \sqrt{\frac{18nv}{\gamma s - \gamma w}} \ cm. \qquad 6.2$$

ขนาดของเม็ดดินที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ D สำหรับสมการนี้จะใช้ได้ผลเมื่อมีขนาดดังนี้

$$0.0002 \ m.m. \leq D \leq 0.2 \ m.m.$$

เพื่อให้การแก้สมการ (6.2) ทำได้ง่ายขึ้นเราต้องหาหรือทราบค่าความเร็วของการตกตะกอน (v) ค่า $\gamma s$ และ $\gamma w$ และค่าความหนืดของน้ำ เนื่องจากน้ำหนักจำเพาะและค่าความหนืดของน้ำจะแปรไป เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนและเราจะต้องทราบค่าที่แปรไปเหล่านี้ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ การที่จะทราบความเร็วของการตกตะกอนได้ต้องอาศัยอุปกรณ์ คือ Hydrometer ซึ่งโดยปกติใช้สำหรับหาค่า ถ.พ.ของสารละลาย แต่โดยการแปลง Scale ก็สามารถนำมาคำนวณหาค่าความเร็วของการตกตะกอนได้

เนื่องจากว่าเม็ดดิน ถ้ามีขนาดโตกว่าที่กำหนดก็ลอยตัวอยู่ในน้ำไม่นานพอที่จะทำการวัดขนาดได้ และดินเม็ดเล็กเกินไปก็มักจะติดกันเป็นเม็ดโต เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคทำให้ไม่สามารถวัดขนาดที่แท้จริงของดินได้ ฉะนั้น ดินที่นำมาทดสอบต้องผสมกับสารที่ช่วยให้ดินแยกตัวจำนวนหนึ่งและผสมกับน้ำกลั่น รวมกันแล้วให้มีปริมาตรเท่ากับ 1000 ซม$^3$. สารที่เติมลงไปเพื่อให้ดินแยกตัวจะทำให้เม็ดดินลดแรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินลง คือ มีสภาพเป็น Neutral ซึ่งโดยปกติเม็ดดินจะติดกันเนื่องจากมีประจุไฟฟ้า ถ้าไม่เป็นบวกก็ลบ แรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินจะทำให้เม็ดดินจัดเรียงตัวกันอย่างเหมาะสม ยึดเหนี่ยวเข้าด้วยกันกลายเป็นก้อนโตจากกฎของ Stoke เม็ดดินที่มีขนาดใหญ่นี้จะตกตะกอนได้เร็วกว่าเม็ดดินขนาดเล็ก สารที่ช่วยให้ดินแยกตัวที่เติมลงไปมีอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรก เรียกว่า Sodium Hexa Metaphosphate หรือเรียกอีกอย่างว่า Sodium Meta Phosphate ($Na \ Po_3$) ภาษาทางการค้าเรียกว่า Calgon

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



อีกชนิดหนึ่งคือ Sodium Silicate (Na $SIO_3$) หรือ Water Glass ส่วนการที่จะใช้สารชนิดไหนในปริมาณที่เท่าไหร่นั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการ Trial หลายครั้ง โดยทำดังนี้ นำเอาสารละลาย Na $Po_3$ ความเข้มข้น 4% จำนวน 125 c.c. ผสมกับดินจำนวน 50 กรัม แล้วนำของผสมนี้ไปผสมกับน้ำกลั่นรวมกันให้ได้ 1000 c.c. เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ ถ้าหากว่าดินตกตะกอนลงในเวลา 2-3 ชั่วโมง ก็แสดงว่าไม่เหมาะสมต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารที่เติมให้มากขึ้น หรือไม่ก็เปลี่ยนไปใช้สารอีกชนิดหนึ่ง

สาร Na $Po_3$ มีสภาพเป็นกรด (เปลี่ยนสีกระดาษ Litmus จากสีน้ำเงินเป็นสีชมภู) ซึ่งจะทำปฏิกริยาหรือมีผลต่อสารแขวนลอยหรือเม็ดดินที่มีสภาพเป็นด่าง (Alkaline) ส่วน Na $SIO_3$ มีสภาพเป็นด่างจะมีผลต่อดินที่มีสภาพเป็นกรด หรือดินที่มีค่า Ph น้อยกว่า 7 ดินเหนียวทุกชนิดจะมีสภาพเป็นด่าง แต่เกลือหรือสารบางชนิดที่ปนอยู่ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดได้ ดังนั้น ก่อนการทดลองเรื่องนี้ก็ควรจะต้องตรวจสภาพความเป็นกรดหรือด่างของดินก่อน (ทดสอบค่า PH ของของผสมดิน + น้ำ)

Hydrometer ที่ใช้ในการทดลองจะใช้แบบ 152 H (ตามการออกแบบของ ASTM ที่จำเพาะต้องใช้ Hydrometer ชนิดนี้เพราะว่าสามารถช่วยในการคำนวณค่าที่ต้องการได้ง่ายขึ้น คือค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer จะเป็นค่าน้ำหนักของเม็ดดินที่แขวนตัวอยู่ น้ำหนักที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็นกรัม ขณะที่ Hydrometer ชนิดอื่นอ่านได้เป็นค่าความถ่วงจำเพาะของของผสม (อ่านได้เฉพาะของผสมมีปริมาตร 1000 c.c. และมีน้ำหนักดินไม่เกิน 60 กรัม ถ.พ.ดิน 2.65)

โดยทั่วไปค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer จะเป็นค่า ถ.พ.ของของผสมที่ลอยตัวตรงจุดศูนย์กลางของกระเปาะ (Bulb) (ดูภาพประกอบ) ขนาดของเม็ดดินที่โตกว่าขนาดที่ลอยตัวอยู่ใน Zone L (ระยะจากจุดศูนย์ถ่วงของปริมาตรของกระเปาะจนถึงผิวน้ำ) ก็จะตกตะกอนลงต่ำกว่าระดับ L และจากการที่เม็ดดินในสารละลายค่อย ๆ ตกตะกอนลงต่ำทีละน้อยก็จะทำให้ ถ.พ.ของของผสมลดลง และเนื่องจากว่าตัว Hydrometer มีน้ำหนักคงที่ เมื่อ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ของผสมเจือจางลง Hydrometer ก็จะจมลงตามไป (ทำให้ได้ระยะ L เพิ่มขึ้น) แต่ก็ไม่ควรจะลืมไปว่า ถ.พ.ของน้ำก็ลดลงเหมือนกัน ถ้าหากอุณหภูมิสูงเกินกว่า $4^{\circ}C$ ซึ่งก็เป็นสาเหตุทำให้ Hydrometer จมลงได้เหมือนกัน

เนื่องจาก L คือ ค่าระยะที่เม็ดดินตกตะกอนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (t) ∴ ความเร็วในสมการที่ 6.2 ก็คือ ระยะทาง/เวลา

∴ ก็สามารถหาค่าความเร็วของการตกตะกอนได้

$$V = \frac{L}{t}$$

ดังนั้นเราจึงต้องหาค่า L ที่มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ค่า L วัดได้ดังนี้

$$L = L_1 + \frac{1}{2}\left(L_2 - \frac{Vb}{A}\right) \qquad \text{———} \quad 6.3$$

เมื่อ $L, L_2$ วัดได้เป็นระยะในหน่วยเซ็นติเมตร

Vb = ปริมาตรของกระเปาะ

มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซ็นติเมตร

A = พ.ท.หน้าตัดของกระบอกที่ใช้วัดอัตราการตกตะกอน

แต่ในการทดลองครั้งนี้เราใช้ Hydrometer แบบ 152 H ซึ่งมีขนาดมาตรฐานและได้รับการออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อใช้งานในการวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดิน ดังนั้น ค่า L ทุก ๆ ค่าหาได้จากตารางที่ 6-5 ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า R

เมื่อ R = R actual + Menicus

ค่าเปอร์เซนต์ที่ผ่าน (Percent Finer) มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ชนิด 152 H เนื่องจากค่าที่อ่านออกมานั้น คือ น้ำหนักเป็นกรัมของเม็ดดินที่ลอยตัวอยู่ (เมื่อดินนั้นมี ถ.พ.เท่ากับ 2.65 และน้ำมี ถ.พ.เท่ากับ 1 อุณหภูมิขณะทดสอบเท่ากับ $20^{\circ}C$ แต่ในการทดลองจะเห็นว่าได้มีการเติมสารละลายบางอย่างลงในของเหลว เพื่อช่วยให้เม็ดดินแยกตัวกัน และอุณหภูมิก็แตกต่างไปจาก $20^{\circ}C$ และ ถ.พ.ของดินที่นำมาทดสอบก็ไม่

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



เท่ากับ 2.65 เพราะฉะนั้น ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer จึงไม่ใช่น้ำหนักของดินที่แท้จริง เพราะมี Factor หลายอย่างที่เปลี่ยนไป เมื่อต้องการทราบค่าน้ำหนักที่ลอยตัวอยู่ก็ต้องมีการทำค่าที่อ่านได้ไปแก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง ซึ่งเรียกว่า Corrected Hydrometer Reading หรือ Rc

$$Rc = Ra - \text{Zero Correction} + ct. \qquad \text{———— } 6.4$$

เมื่อ Ra = Actual Reading คือ ค่าที่อ่านได้จริงจาก Hydrometer

Ct = ค่าปรับสำหรับอุณหภูมิที่ทดลองที่แตกต่างไปจาก 20°C มีทั้งค่า + และ - ถ้ามากกว่า 20°C จะมีค่าเป็น + ถ้าน้อยกว่าเป็น - ในการทดลองสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้ใกล้เคียงกับ 20°C ได้ และใช้อุณหภูมิคงที่ตลอดได้โดยใช้ Water Bath

Zero Correction = เนื่องจากของเหลวที่นำมาทดลองวัดอัตราของการตกตะกอนไม่บริสุทธิ์มีสารอื่นเจือปนทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ตรงกับที่เป็นจริงต้องมีการแก้ไข โดยการทำดังนี้ นำสารละลาย (ที่มีความเข้มข้นและจำนวนเท่ากับที่ใส่ลงไปในกระบอกวัดอัตราการตกตะกอน) ใส่ลงในกระบอกตวงอีกใบหนึ่ง แล้วเติมน้ำลงไปให้ได้รวมกันแล้วเท่ากับ 1000 c.c. (Standard Jar) แล้วจุ่ม Hydrometer ลง ถ้าหากค่าที่อ่านได้น้อยกว่าศูนย์ให้เป็นค่าลบ (-) และถ้าได้ค่าระหว่าง 0-60 ให้เป็นค่าบวก (+) ค่าที่อ่านได้ให้อ่านจากส่วนบนของ Menicus

เมื่อทราบค่าน้ำหนักที่แขวนตัวอยู่ (Rc) แล้วก็สามารถหาค่าเปอร์เซนต์ที่ผ่าน (Percent Finer) ได้

$$\text{Percent Finer} = \frac{Rc}{Ws} \times 100\% \qquad \text{———— } 6.5$$

เมื่อ Rc คือน้ำหนักของดินที่ลอยตัวอยู่ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน (t)

Ws คือน้ำหนักของดินแห้งที่นำมาทดสอบ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



แต่จะใช้สูตรที่กล่าวมาได้ก็ต่อเมื่อ ถ.พ.ของดินต้องมีค่าเท่ากับ 2.65 เท่านั้น ถ้า ถ.พ.ไม่เท่ากับ 2.65 ก็ต้องหา Factor มาปรับค่า เพื่อให้เป็นค่าที่ถูกต้อง

$$\text{Percent Finer} = \frac{Rca}{Ws} \times 100\%$$

เมื่อ $a = \dfrac{G.S.(1.65)}{(G.S.-1)2.65}$ ——— 6.6 หรือดูจากตาราง 6-2

เพื่อให้การคำนวณหาค่าขนาดของเม็ดดินในสมการ 6.2 สัมฤทธิ์ผลก็เขียนสมการใหม่ได้ โดยการแทนค่า $V = \dfrac{L}{t}$

เมื่อ L เป็นเซ็นติเมตร, t เป็นช่วงเวลา (นาที)

$$D = \sqrt{\frac{30n\ L/t}{980(GS - GW)}} \qquad 6.8$$

หรือเขียนใหม่ได้

$$D = K\sqrt{\frac{L}{t}} \qquad 6.9$$

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ใช้ดินตัวอย่างซึ่งอบแห้งโดยเตาอบ (เหมือนกับที่ทำในการทดลองครั้งที่ 5) จำนวน 50 กรัม ผสมกับสารละลาย Na $Po_3$ ความเข้มข้น 4 เปอร์เซนต์ จำนวน 125 c.c. และควรเป็นสารละลายที่ผสมใหม่อายุไม่เกิน 1 เดือน

2. เมื่อผสมแล้วบ่มทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง (ASTM แนะนำให้ใช้ 16 ชั่วโมง สำหรับดินประเภทดินเหนียว) แล้วนำไปใส่กระบอกสำหรับกวนดินเติมน้ำประปาลงไปประมาณ 2 ส่วน 3 ของกระบอก แล้วเข้าเครื่องกวนประมาณ 3-5 นาที

3. เทดินใส่ในกระบอกแก้วสำหรับการตกตะกอนให้หมด อย่าให้เศษดินค้างอยู่แล้วเติมน้ำประปาลงไปให้ถึงขีด 1000 c.c. และเตรียมกระบอกควบคุมอีกอันหนึ่ง (Control Jar) โดยการเอา Na $Po_3$ ความเข้มข้น 4 เปอร์เซนต์ จำนวน 125 c.c. เทลงในกระบอกแก้ว แล้วเอาน้ำเติมลงไปให้ได้ 1000 c.c. (หรือในปริมาณและความเข้มข้นเท่ากับในข้อที่ 1)

ไกล้รุ้ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

4. ใช้ฝาปิดหรืออุ้งมือปิดตรงปลายกระบอกแก้ว แล้วเขย่าหรือแกว่งประมาณ 1 นาที แล้ววางลง เอา Hydrometer จุ่มลงและอ่านค่าต่าง ๆ เมื่อช่วงเวลาผ่านไปในนาทีที่ 1, 2 3, 4 ในขณะเดียวกันก็วัดอุณหภูมิขณะทดลองไว้ด้วย เอา Hydrometer ออกมาใส่ไว้ใน Control Jar ซึ่งอุณหภูมิไม่ควรต่างจากกระบอกสำหรับการตกตะกอนเกิน $1^{o}C$ แล้วอ่านค่า Menicus ของ Hydrometer การอ่านค่าจากกระบอกการตกตะกอนให้อ่าน นาทีที่ 1 และ 2 ก่อน แล้วเอา Hydrometer ออก แล้วจุ่มลงไปใหม่ เมื่อใกล้ถึงนาทีที่ 3 อ่านค่านาทีที่ 3 และ 4 เสร็จแล้วเอาจุ่มไว้ใน Control Jar เมื่อใกล้ถึงนาทีต่อไปค่อยนำไปอ่านค่าใหม่ เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการอ่านค่า Hydrometer เนื่องจากเม็ดดินไปเกาะที่กระเปาะของไฮโดร-มิเตอร์ (Hydrometer Bulb) เวลาอ่านค่าควรใช้เวลาเพียง 10 วินาที

5. ทำการทดลองในข้อ 4 คือ อ่านค่าในนาทีที่ 1 ถึง 4 ใหม่อีก 2 ค่า หรือทำซ้ำกันจนกระทั่งได้ค่าที่อ่านได้ใกล้กันทั้ง 4 ค่า แล้วนำกระบอกดินพร้อมด้วย Control Jar ไปแช่ในอ่างที่ควบคุมอุณหภูมิที่ตั้งไว้และคอยอ่านค่าในนาทีต่อ ๆ ไป คือ นาทีที่ 8, 15, 30, 60 และชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 32, 64, 96 ต่อมา

<u>การคำนวณ</u>

1. เอาค่า Menicus ปรับเข้ากับค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์ และใช้ตารางที่ 6-5 หาค่า L สมมุติค่า ถ.พ.ของเม็ดดิน (โดยผู้สอน) และใช้ตารางที่ 6-4 กับอุณหภูมิที่ทำการทดลอง เพื่อหาค่า K และ L และค่า Elapse Time (t) เป็นนาที คำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร โดยสมการ $D = K\sqrt{L/t}$

2. เอาค่า Rc ที่แก้ไขแล้วโดยใช้สมการข้างล่างนี้หาค่าเปอร์เซนต์ที่ผ่าน

$$Rc = R\ actual - Zero\ Correction + Ct$$

และเปอร์เซนต์ที่ผ่าน $\frac{Rc}{Ws} \times 100\%$

3. เอาข้อมูลจากข้อ 1 และ 2 มาหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ที่ผ่านกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เปอร์เซนต์ที่ผ่านนี้จะไม่ขึ้นกับปริมาณกับวัสดุ จึงสามารถเขียน Graph ต่อกันได้จากแบบใช้ตะแกรงหาขนาดถ้าต้องการ และเมื่อเอามารวมกันจะต้องยอมให้ผ่านจุดที่ไม่ต่อเนื่องกันซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอ ควรจะถือว่าทางด้านที่ใช้ตะแกรงถูกกว่า เพราะวิธีการของ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



Hydrometer มีข้อบกพร่องมาก แต่จะต้อง Plot จุดที่ได้จากทั้งสองวิธีให้เห็นด้วย

4. หาค่า D85, D60, D30 และ D10 บนแผ่นกร๊าฟ แล้วคำนวณหาค่า Cu, Cc ของเม็ดดิน

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

จากผลการทดลองแถวบน

Rc = R actual - Zero Correction + Ct

Ct = ค่าที่ได้จากตารางที่ 6-3

Rc = 49 - 3 + 0.40 = 46.4

เปอร์เซนต์ที่ผ่าน = $\frac{Rc\ a}{Ws} \times 100\%$

a = 0.99 (จากตารางที่ 6-2)

เปอร์เซนต์ที่ผ่าน = $\frac{46.4 \times 0.99}{50.00} \times 100\%$

= 91.9%

แก้ Menicus ที่ไฮโดรมิเตอร์ = 49 + 1 = 50

จากตารางที่ 6-5 R = 50 หาค่า L ได้เท่ากับ 8.1

หาความเร็ว V ได้ = $\frac{L}{t} = \frac{8.1}{1} = 8.1$

จากตารางที่ 6-4 ค่า K มีค่าเท่ากับ 00.0131

หาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดินได้

$$D = K\sqrt{L/t}$$

$$= 0.0131\sqrt{8.1} = 0.0371$$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

Table 6-1 Properties of Distilled Water

| Temp ($^{o}$C) | Unit weight of water (gm/cu cm) | Viscosity of water (poises) |
|---|---|---|
| 4 | 1.00000 | 0.01567 |
| 16 | 0.99897 | 0.01111 |
| 17 | 0.99880 | 0.01083 |
| 18 | 0.99862 | 0.01056 |
| 19 | 0.99844 | 0.01030 |
| 20 | 0.99823 | 0.01005 |
| 21 | 0.99802 | 0.00981 |
| 22 | 0.99780 | 0.00958 |
| 23 | 0.99757 | 0.00936 |
| 24 | 0.99733 | 0.00914 |
| 25 | 0.99708 | 0.00894 |
| 26 | 0.99682 | 0.00874 |
| 27 | 0.99655 | 0.00855 |
| 28 | 0.99627 | 0.00836 |
| 29 | 0.99598 | 0.00818 |
| 30 | 0.99568 | 0.00801 |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

Table 6-2 Correction Factors a for Unit Weight of Solids

| Unit weight of soil solids (gm/cu cm) | Correction factor a |
|---|---|
| 2.85 | 0.96 |
| 2.80 | 0.97 |
| 2.75 | 0.98 |
| 2.70 | 0.99 |
| 2.65 | 1.00 |
| 2.60 | 1.01 |
| 2.55 | 1.02 |
| 2.50 | 1.04 |

Table 6-3 Temperature Correction Factors Ct

| Temp ($^{o}$C) | Ct |
|---|---|
| 15 | - 1.10 |
| 16 | - 0.90 |
| 17 | - 0.70 |
| 18 | - 0.50 |
| 19 | - 0.30 |
| 20 | 0.00 |
| 21 | + 0.20 |
| 22 | + 0.40 |
| 23 | + 0.70 |
| 24 | + 1.00 |
| 25 | + 1.30 |
| 26 | + 1.65 |
| 27 | + 2.00 |
| 28 | + 2.50 |
| 29 | + 3.05 |
| 30 | + 3.80 |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

Table 6-4 Values of K for Use in Eq.(6-8a) for Several Unit Weights of Soil Solids and Temperature Combinations.

| Temp. | Unit Weight of Soil Solids (gm/cu cm) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (°C) | 2.50 | 2.55 | 2.60 | 2.65 | 2.70 | 2.75 | 2.80 | 2.85 |
| 16 | 0.0151 | 0.0148 | 0.0146 | 0.0144 | 0.0141 | 0.0139 | 0.0137 | 0.0136 |
| 17 | 0.0149 | 0.0146 | 0.0144 | 0.0142 | 0.0141 | 0.0138 | 0.0136 | 0.0134 |
| 18 | 0.0148 | 0.0144 | 0.0142 | 0.0140 | 0.0138 | 0.0136 | 0.0134 | 0.0132 |
| 19 | 0.0145 | 0.0143 | 0.0140 | 0.0138 | 0.0136 | 0.0134 | 0.032 | 0.0131 |
| 20 | 0.0143 | 0.0141 | 0.0139 | 0.0137 | 0.0134 | 0.0133 | 0.0131 | 0.0129 |
| 21 | 0.0141 | 0.0139 | 0.0137 | 0.0135 | 0.0133 | 0.0131 | 0.0129 | 0.0127 |
| 22 | 0.0140 | 0.0137 | 0.0135 | 0.0133 | 0.0131 | 0.0129 | 0.0128 | 0.0126 |
| 23 | 0.0138 | 0.0136 | 0.0134 | 0.0132 | 0.0130 | 0.0128 | 0.0126 | 0.0124 |
| 24 | 0.0137 | 0.0134 | 0.0132 | 0.0130 | 0.0128 | 0.0126 | 0.0125 | 0.0123 |
| 25 | 0.0135 | 0.0133 | 0.0131 | 0.0129 | 0.0127 | 0.0125 | 0.0123 | 0.0122 |
| 26 | 0.0133 | 0.0131 | 0.0129 | 0.0127 | 0.0125 | 0.0124 | 0.0122 | 0.0120 |
| 27 | 0.0132 | 0.0130 | 0.0128 | 0.0126 | 0.0124 | 0.0122 | 0.0120 | 0.0119 |
| 28 | 0.0130 | 0.0128 | 0.0126 | 0.0124 | 0.0123 | 0.0121 | 0.0119 | 0.0117 |
| 29 | 0.0129 | 0.0127 | 0.0125 | 0.0123 | 0.0121 | 0.0120 | 0.0118 | 0.0116 |
| 30 | 0.0128 | 0.0126 | 0.0124 | 0.0122 | 0.0120 | 0.0118 | 0.0117 | 0.0115 |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

Table 6-5 Values of L (Effective Depth) for Use in Stokes' Formula for Diameters of Particles for ASTM Soil Hydrometer 152H.

| Original Hydrometer Reading (Corrected for Meniscus Only) | Effective Depth L (cm) | Original Hydrometer Reading (Corrected for Meniscus Only) | Effective Depth L (cm) | Original Hydrometer Reading (Corrected for Meniscus Only) | Effective Depth L (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 16.3 | 21 | 12.9 | 42 | 9.4 |
| 1 | 16.1 | 22 | 12.7 | 43 | 9.2 |
| 2 | 16.0 | 23 | 12.5 | 44 | 9.1 |
| 3 | 15.8 | 24 | 12.4 | 45 | 8.9 |
| 4 | 15.6 | 25 | 12.2 | 46 | 8.8 |
| 5 | 15.5 | 26 | 12.0 | 47 | 8.6 |
| 6 | 15.3 | 27 | 11.9 | 48 | 8.4 |
| 7 | 15.2 | 28 | 11.7 | 49 | 8.3 |
| 8 | 15.0 | 29 | 11.5 | 50 | 8.1 |
| 9 | 14.8 | 30 | 11.4 | 51 | 7.9 |
| 10 | 14.7 | 31 | 11.2 | 52 | 7.8 |
| 11 | 14.5 | 32 | 11.1 | 53 | 7.6 |
| 12 | 14.3 | 33 | 10.9 | 54 | 7.4 |
| 13 | 14.2 | 34 | 10.7 | 55 | 7.3 |
| 14 | 14.0 | 35 | 10.5 | 56 | 7.1 |
| 15 | 13.8 | 36 | 10.4 | 57 | 7.0 |
| 16 | 13.7 | 37 | 10.2 | 58 | 6.8 |
| 17 | 13.5 | 38 | 10.1 | 59 | 6.6 |
| 18 | 13.3 | 39 | 9.9 | 60 | 6.5 |
| 19 | 13.2 | 40 | 9.7 | | |
| 20 | 13.0 | 41 | 9.6 | | |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT........../O

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

# UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. —

LOCATION OF PROJECT. — BORING NO. — SAMPLE NO. —

DESCRIPTION OF SOIL. BROWN SILTY CLAY DEPTH OF SAMPLE. —

TEST PERFORMED BY. — DATE OF TEST. 3/4/76

## HYDROMETER ANALYSIS

HYDROMETER NO. 152 H $G_s$ OF SOLIDS = 2.72 a = 0.99

DISPERSING AGENT Na Po 3 AMOUNT 4% 125 ml. Wt OF SOIL, $W_s$ 50 gm.

ZERO CORRECTION. + 3.0 MENISCUS CORRECTION. 1.0

| DATE | TIME OF Reading | Elapsed TIME min | TEMP. °C | ACTUAL HYD. Reading $R_a$ | CORR. HYD. Reading $R_c$ | % FINER | HYD. CORR. Only for meniscus R | L From TABLE 6-5 | $\frac{L}{t}$ | K From TABLE 6-4 | D, mm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 – 4 | 3.30 | 1 | 22 | 49 | 46.4 | 91.9 | 50 | 8.1 | 8.1 | 0.131 | 0.037 |
| | PM. | 2 | | 47 | 44.4 | 87.9 | 48 | 8.4 | 4.2 | ↑ | 0.027 |
| | | 3 | ↑ | 43 | 40.4 | 80.0 | 44 | 9.1 | 3.03 | | 0.023 |
| | | 4 | | 42 | 39.4 | 78.0 | 43 | 9.2 | 2.3 | | 0.020 |
| | | 8 | | 37 | 34.4 | 68.1 | 38 | 10.1 | 1.26 | | 0.015 |
| | | 16 | | 31 | 28.4 | 56.2 | 32 | 11.1 | 0.69 | | 0.011 |
| | | 30 | | 26 | 23.4 | 46.3 | 27 | 11.9 | 0.397 | | 0.008 |
| | 4.30 | 60 | | 24 | 21.1 | 42.4 | 25 | 12.2 | 0.203 | ↓ | 0.005 |
| | 5.55 | 125 | ↓ | 21 | 18.4 | 36.4 | 22 | 12.7 | 0.102 | 0.0131 | 0.004 |
| | 9.00 | 330 | 23 | 18 | 15.7 | 31.1 | 19 | 13.2 | 0.040 | 00129 | 0.0026 |
| 3 – 5 (AM) | 8.00 | 990 | 23 | 16 | 13.7 | 27.1 | 17 | 13.5 | 0.014 | 0.0129 | 0.0015 |
| (PM) | 3.00 | 1410 | 24 | 14 | 12.0 | 23.8 | 15 | 12.8 | 0.0098 | 0.0127 | 0.0013 |
| 3 – 6 (PM) | 3.00 | 2850 | 24 | 10 | 8.0 | 15.8 | 11 | 14.5 | 0.0051 | 0.0127 | 0.0005 |

$R_c$ = Ractual – ZERO CORRECTION + $C_T$ % FINER = $R_c(a)/W$ $D = K\sqrt{L/t}$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____________

LOCATION OF PROJECT. ____________ BORING NO. ______ SAMPLE NO. ______

DESCRIPTION OF SOIL. ____________ DEPTH OF SAMPLE. ____________

TEST PERFORMED BY. ____________ DATE OF TEST. ____________

## HYDROMETER ANALYSIS

HYDROMETER NO. 152 H $G_s$ OF SOLIDS = 2.7 a = 0.99

DISPERSING AGENT Na Po3 AMOUNT 4% 125 ml Wt OF SOIL, $W_s$ 50 gm

ZERO CORRECTION. + 1.0 MENISCUS CORRECTION. - 9

| DATE | TIME OF Reading | Elapsed TIME min | TEMP. °C | ACTUAL HYD. Reading $R_a$ | CORR. HYD. Reading $R_c$ | % FINER | HYD. CORR. Only for meniscus R | L From TABLE 6-5 | $\frac{L}{t}$ | K From TABLE 6-4 | D, mm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-7-30 | 13.30 | 1 | 30.9 | 18 | 21.2 | 41.48 | 27 | 11.9 | 11.9 | 0.0120 | 0.041 |
| | p.m | 2 | ↓ | 17 | 20.2 | 40.0 | 26 | 12.0 | 6.0 | ↓ | 0.029 |
| | ↓ | 3 | | 15.5 | 18.7 | 37.0 | 24.5 | 12.3 | 4.1 | | 0.024 |
| | | 4 | | 15.0 | 18.2 | 36.0 | 22.5 | 12.4 | 3.1 | | 0.021 |
| | | 8 | | 13.5 | 16.7 | 33.1 | 21.5 | 12.6 | 1.575 | | 0.015 |
| | | 16 | | 12.5 | 15.7 | 31.1 | 21.5 | 12.8 | 0.84 | | 0.010 |
| | ↓ | 30 | | 9.0 | 12.2 | 24.9 | 18.0 | 13.3 | 0.44 | | 0.0079 |
| | 14.30 | 60 | | 7.0 | 9.95 | 19.70 | 16.0 | 13.7 | 0.23 | ↓ | 0.0058 |
| | | 105 | ↓ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

$R_c = R_{actual}$ - ZERO CORRECTION + $C_T$ % FINER = $R_c(a) / W$ $D = K\sqrt{L/t}$

## ตัวอย่างรายการคำนวณ

คำนวณตัวอย่างในการทดลอง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$R_C = R_{actual} - \text{ZERO CORRECTION} + C_t$

$C_t$ = ค่าที่ได้จากตาราง 6-3

จากตารางที่ได้จากการทดลอง แทนค่าในสูตร

$R_C = 18 - 1 + 3.95$

$R_C = 20.95$

$\% \text{ FINER} = \frac{R_C (a)}{W} \times 100$

$= \frac{20.95 (0.95)}{50} \times 100$

$= 41.48 \%$

$R = R_{actual} + \text{MENICUS}$

$= 18 + 9$

$= 27$

$D = K \sqrt{L/t}$

$= 0.0120 \sqrt{11.9}$

$= 0.0414$

## สรุปผลการทดลอง

ดินที่นำมาทดลอง เล็กกว่า SIVE NO.200 จนถึงขนาด 0.001 mm
ข้อมูลที่ได้นำไป Polt กราฟ SEMI - LOG (โดยแกนตั้ง Percent
finer กับแกน grain diameter ... plot) ตาม MIT system
ปริมาณดินส่วนใหญ่เป็น silt ส่วนค่าของ D ทุก ๆ อุณหภูมิที่อ่านตาม
เวลาที่กำหนด มีค่าหลายค่าแต่ที่น้อยที่สุด 0.0002 mm < D < 0.2 mm
แต่ในการคำนวณหาค่า $D_{85}$, $D_{60}$, $D_{30}$, $D_{10}$ กับค่า $C_u$, $C_c$ ของเม็ดดิน
ไม่สามารถหาได้เพราะเส้น Curve ที่ได้ออกมาไม่เพียงพอ การทดลองอาจจะได้
ผลผิดพลาดไม่มากนัก hydrometer แกว่งเกิน 10 วินาที
จะมีเม็ดดินเกาะติดอยู่

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 7

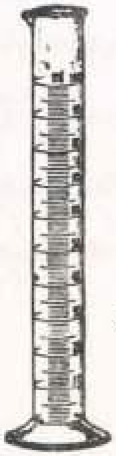
## การหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาทราบถึงวิธีการและหลักการทั่วไปของการหาค่า ถ.พ. ของวัตถุเม็ดละเอียด ซึ่งมี ถ.พ. เกินกว่า 1.00 แต่วิธีการในบทนี้จะเน้นหนักไปในเรื่องของการหา ถ.พ. ของม็ดดิน และวัตถุเม็ดละเอียด เช่น ทราย

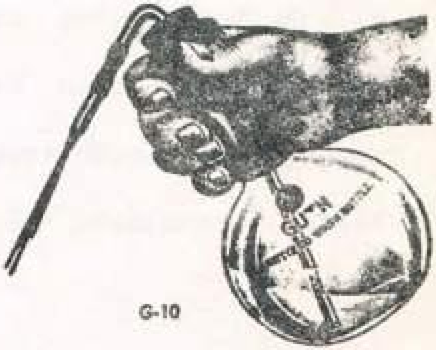
อุปกรณ์

1. Volumetric Flask มีปริมาตร 250 หรือ 500 cc.
2. Vacuumpump หรือ Aspirator สำหรับทำสูญญากาศ
3. เครื่องกวนดิน (Mechanical Mixer)
4. ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม


G-18

G-26

G-3


G-10

<u>หลักการ</u>

ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน (ใช้สัญญาลักษณ์เป็นตัว G.S. หรือ G) คือ ค่าโดยประมาณของเฉพาะส่วนที่เป็นเม็ดดินเท่านั้น (Solid) ซึ่งค่าที่หาออกมาได้จะมีค่ามากกว่าค่า Bulk Specifig Gravity (ค่าความถ่วงจำเพาะของดินทั้งก้อนส่วนที่เป็น Solid + Void) ค่า ถ.พ. ของเม็ดดินมีประโยชน์หลาย ๆ อย่าง เช่น สามารถนำไปคำนวณหาค่าอัตราส่วนช่องว่างในดินได้ ใช้ในการวิเคราะห์หาขนาดเม็ดดินในเรื่อง Hydrometer Analysis และใช้เป็นค่าที่ประมาณความหนาแน่นของดิน และบางโอกาสค่า ถ.พ. ของเม็ดดินสามารถนำไปจำแนก Mineral ที่เป็นส่วนประกอบในดินได้ เช่น ดินที่มีส่วนของ Iron Mineral จะให้ค่า ถ.พ. สูงกว่าดินที่มี Silicas เป็นส่วนประกอบ

ค่า ถ.พ. ของวัตถุใด ๆ คือ ค่าที่แสดงให้เห็นว่าวัตถุนั้นมีความหนาแน่นเป็นกี่เท่าของน้ำ ดังนั้น ถ.พ. ก็มีค่าเท่ากับ

$$G.S. = \frac{\text{น.น. วัตถุ}}{\text{น.น. น้ำที่อุณหภูมิ } 4^{\circ}c} \qquad (7-1)$$

$$G.S. = \frac{Ws/V}{Ww/V} \qquad (7-2)$$

จากหลักการของอาคีมีดีส ที่กล่าวว่า วัตถุเมื่อจมอยู่ในน้ำปริมาตรของน้ำที่เพิ่มขึ้นจะเท่ากับปริมาตรของวัตถุ และจากหลักข้อนี้ เราก็หาภาชนะที่สามารถทราบปริมาตรในที่นี้ก็คือ Volumetric Flask บรรจุด้วยน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 20°c และมีปริมาตรคงที่ ถ้าหากว่าอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อยปริมาตรของ Flask ก็เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ถ้าอุณหภูมิลดปริมาตรของ Flask ก็ลดตามเช่นกัน เมื่อปริมาตรของขวดแปรไปตามอุณหภูมิ ดังนั้น การทดลองควรจะ

ไกล้รุ้ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ทดลองที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับ 20°c ซึ่งถือว่าปริมาตรของขวดคงที่ ** สำหรับขวด Flask ที่นำมาใช้เขียน Curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Flask + น้ำกับอุณหภูมิได้ดังนี้

1. เช็ดขวด Flask ให้สอาดและแห้งสนิท

2. เติมน้ำกลั่นหรือน้ำประปาลงไปถึงขีดที่บอกปริมาตร และนำไปชั่งน้ำหนักขวด + น้ำ และวัดอุณหภูมิไว้

3. นำขวด Flask + น้ำไปเพิ่มอุณหภูมิ โดยการจุ่มลงในน้ำร้อนที่เตรียมไว้ให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 3 - 4°c เมื่อความร้อนเพิ่ม ปริมาตรของน้ำในขวดก็เพิ่มขึ้น ให้ดูดน้ำส่วนเกินออกแล้วนำไปชั่ง แล้วทำต่อไปอีกประมาณ 3 - 4 ครั้ง (28-31-34-38°c)

4. เขียน Curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับน้ำหนักขวด น้ำหนักน้ำ โดยปกติการทดลองเรื่องนี้จะใช้น้ำประปาแทนน้ำกลั่น เพราะค่าที่คำนวณได้จะต่างกันไม่มากนัก และค่าที่แตกต่างจากการใช้น้ำประปาสามารถที่จะหาได้โดยการทำดังนี้

ก. ชั่งน้ำหนักของขวด Falsk เปล่า ๆ ไว้

ข. บรรจุน้ำประปาลงจนถึงขีดที่บอกปริมาตร แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักของน้ำประปาออกมา แล้วคำนวณหาค่าความหนาแน่นของน้ำประปา แล้วนำไปเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของน้ำกลั่นในตารางที่ 6 - 1 (ในอุณหภูมิ (เท่ากัน) ถ้าแตกต่างกันน้อยกว่า 0.001 ก็ถือว่าใช้ได้

เนื่องจากในการทดลองเรื่องนี้ขวดที่ใช้เป็น Volumetric Flask จึงไม่สามารถวัดหาปริมาตรของดินโดยตรงได้ (แต่สามารถหาปริมาตรของดินได้ โดยให้ดินไปแทนที่น้ำในขวด) ลำดับขั้นการหาค่า ถ.พ. ของเม็ดดินทำดังนี้

---

** ถ้าใช้อุณหภูมิประมาณ 20°c จะไม่เหมาะสม เพราะอุณหภูมิปกติของเมืองเราก็ประมาณ 28°c เพราะฉะนั้นให้ใช้อุณหภูมิที่ใกล้เคียง 35°c จะทำให้การทดลองทำได้ง่ายกว่า และอุณหภูมิได้เป็น Factor ที่สำคัญมากนักจะใช้มากกว่า 35°c ก็ได้

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

1. ให้ $W_b$ เป็นน้ำหนักของขวดเปล่า (Empty Volumetric Flask)

2. ให้ $W_{bw}$ เป็นน้ำหนักของขวด + น้ำกลั่นหรือน้ำประปาจนถึงขีดบอกปริมาตร

3. ให้ $W_{bws}$ เป็นน้ำหนักขวด + ดิน + น้ำ จนถึงขีดบอกปริมาตร

4. น้ำที่อยู่ในขวดไม่ได้ถูกแทนที่โดยดิน ($W_s$) เมื่อเติมลงไปเราก็จะได้น้ำหนักทั้งหมดเท่ากับ

$$WT = W_{bw} + W_s$$

แต่เนื่องจากว่าปริมาตรขวดมีจำกัด เมื่อเติมดินลงไป ($W_s$) ก็ทำให้น้ำหนักที่มีปริมาตรเท่ากับ $W_{bw}$ เติมลงไปในขวดได้ไม่หมด ดังนั้น น้ำหนักของน้ำที่เติมลงไปก็มีค่าเท่ากับ

$$Ww = WT - Wbws$$

หรือ

$$Ww = Wbw + Ws - Wbws$$

5. จากค่าจำกัดความของ ถ.พ. ในสมการ 7-2 ค่า ถ.พ. ก็จะมีค่าเท่ากับ (โดยไม่คิดว่าความหนาแน่นและปริมาตรจะแปรตามอุณหภูมิ)

$$G.S. = \frac{Ws}{Ww}$$

$$G.S. = \frac{Ws\ \alpha}{Wbw + Ws - Wbws}$$

แต่เนื่องจากว่าค่าความหนาแน่นของน้ำจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่ทดลอง เพราะฉะนั้นต้องเอาค่า ส.ป.ส. สำหรับปรับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมาเป็นตัวคูณด้วย

$$G.S. = \frac{Ws\ \alpha}{Wbw + Ws - Wbws}$$

$\alpha$ = ส.ป.ส. ของความหนาแน่นของน้ำที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ

$$\alpha = \frac{\gamma T}{\gamma 20^\circ c}$$

เมื่อ $\gamma T$ = ความหนาแน่นของน้ำมีอุณหภูมิเท่ากับ $T^\circ c$

$\gamma 20^\circ c$ ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิเท่ากับ $20^\circ c$

หรือ ค่า $\alpha$ ก็คือ ค่า ถ.พ. ของน้ำที่นำมาทดสอบเมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับ T

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ค่า α ในอุณหภูมิต่าง ๆ กัน

| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.9999 | 0.9999 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9998 |
| 10 | 0.9997 | 0.9996 | 0.9995 | 0.9994 | 0.9993 | 0.9991 | 0.9990 | 0.9988 | 0.9986 | 0.9984 |
| 20 | 0.9982 | 0.9980 | 0.9978 | 0.9976 | 0.9973 | 0.9971 | 0.9968 | 0.9965 | 0.9963 | 0.9960 |
| 30 | 0.9957 | 0.9954 | 0.9951 | 0.9947 | 0.9944 | 0.9941 | 0.9937 | 0.9934 | 0.9930 | 0.9926 |
| 40 | 0.9922 | 0.9919 | 0.9915 | 0.9911 | 0.9907 | 0.9902 | 0.9898 | 0.9894 | 0.9890 | 0.9885 |
| 50 | 0.9881 | 0.9876 | 0.9872 | 0.9867 | 0.9862 | 0.9857 | 0.9852 | 0.9848 | 0.9842 | 0.9838 |
| 60 | 0.9832 | 0.9827 | 0.9822 | 0.9817 | 0.9811 | 0.9806 | 0.9800 | 0.9795 | 0.9789 | 0.9784 |
| 70 | 0.9778 | 0.9772 | 0.9767 | 0.9761 | 0.9755 | 0.9749 | 0.9743 | 0.9737 | 0.9731 | 0.9724 |
| 80 | 0.9718 | 0.9712 | 0.9706 | 0.9699 | 0.9693 | 0.9686 | 0.9680 | 0.9673 | 0.9667 | 0.9660 |
| 90 | 0.9653 | 0.9647 | 0.9640 | 0.9633 | 0.9626 | 0.9619 | 0.9612 | 0.9605 | 0.9598 | 0.9591 |

ตาราง 7 - 1

สาเหตุที่จะทำให้การทดลองผิดพลาดอย่างมากนั้นไม่ใช่ที่อุณหภูมิของการทดลอง หรือว่าน้ำที่ใช้ว่าจะเป็นน้ำประปาหรือน้ำกลั่น แต่เกิดขึ้นจากส่วนผสมของดินกับน้ำไม่เป็นสัดส่วนกัน เนื่องจากว่าน้ำในสภาวะปกติจะมีอากาศปนอยู่ และในมวลดินก็มีอากาศอยู่ด้วย ถ้าหากว่าไม่ไล่อากาศออกจากวัตถุทั้งสองอย่างให้หมด ปริมาณของอากาศที่ปนอยู่ก็จะทำให้น้ำหนักดินเบากว่าเมื่อเทียบกับปริมาตร ซึ่งก็จะทำให้ค่า ถ.พ. ที่คำนวณออกมาน้อย ข้อผิดพลาดอันอาจเกิดได้อีกกรณีหนึ่งก็คือการชั่งน้ำหนักโดยไม่ปรับและตรวจความเรียบร้อยของเครื่องชั่งก่อน และการใช้ตาชั่งคนละตัวกัน

การไล่อากาศออกจากของผสม ดิน + น้ำ กระทำได้โดยการใช้ปั๊มลมดูดออกและใช้ความร้อนช่วย การไล่อากาศออกจากของผสมมีความจำเป็นมากในการทดลองกับดินประเภททราย ทรายเม็ดป่น(Silt) และดินเหนียว ส่วนใหญ่กรณีของดินที่มีอินทรีย์วัตถุปนมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องเอาของผสม (ดิน + น้ำ ในขวด Flask) ต้มในน้ำเดือดประมาณ 30 นาที ระวังอย่าใส่น้ำมากเกินไปใส่ประมาณครึ่งขวดก็พอ แต่ถ้าเป็นดินทั่ว ๆ ไปจะต้มประมาณ 10 นาที ระยะเวลาของการไล่ฟองอากาศ อาจทำในระยะเวลาสั้น ๆ หรือทำตามเวลาที่กำหนดดังนี้

6 - 8 ชม. สำหรับดินที่มีความอ่อนตัวมาก (Very Plastic)

4 - 6 ชม. สำหรับดินที่มีความอ่อนตัวน้อย (Low Plastic)

การไล่อากาศออกว่าเมื่อไหร่จะใช้ได้หรือไม่ได้ สามารถตรวจสอบได้ ดังนี้

1. ครั้งแรกของการทำสูญญากาศ ให้ดินกับน้ำอยู่ในขวดประมาณ 1/2 - 3/4 ของปริมาตรขวด แล้วจึงดูดอากาศออกกะเวลาสักครู่หนึ่งให้เหมาะสม (ต้องนำไปต้มก่อน)

2. แล้วเติมน้ำลงไปในขวดให้ระดับน้ำต่ำกว่าขีดบอกปริมาตรของขวด ประมาณ 20 มิลลิเมตร แล้วนำไปต้มใหม่

3. ทำสูญญากาศอีกหลาย ๆ ครั้ง ครั้งละหลาย ๆ นาที พร้อมกับทำเครื่องหมายระดับน้ำตรงคอขวดไว้

4. ค่อย ๆ ดึงจุกยางออกจากกระบอก Flask แล้วสังเกตุระดับน้ำตรงคอขวด ถ้าเห็นว่าไม่ต่ำจากเครื่องหมายที่ทำไว้ในข้อ 3 เกิน 3 มม. การไล่ฟองอากาศออกก็ถือว่าใช้ได้ (ถ้าน้ำสูงกว่าเครื่องหมายใช้ไม่ได้)

ค่า ถ.พ. ของดินชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ทดลอง

| ชนิดของดิน | ถ.พ. |
|---|---|
| Sand | 2.65 - 2.67 |
| Silty Sand | 2.67 - 2.70 |
| Inorganic Clay | 2.70 - 2.80 |
| Soil with Micas or Iron | 2.75 - 3.00 |
| Organic Soil | Variable But May be Under 2.00 |

วิธีการทดลอง

1. นำดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศจำนวน 100 - 120 กรัม ผสมกับน้ำในถ้วยผสมดินให้เข้ากันจนเป็นครีม และนำดินที่ผสมไปบ่มไว้ประมาณ 20 - 30 นาที (ASTM แนะนำไว้ 12 ชั่วโมง สำหรับดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

2. นำดินที่บ่มไว้เทใส่ในภาชนะสำหรับกวนดิน ล้างเอาเศษดินที่ติดถ้วยออกให้หมด แล้วเอาน้ำเติมลงไปอีกให้ได้ประมาณ 200 cc. (ถ้าหากใช้ Flask มีปริมาตร 500 cc.) แล้วนำเข้าเครื่องกวนดินประมาณ 5 - 10 นาที

3. หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของ Flask + น้ำกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตามที่กล่าวไว้ตอนต้น

4. เทดินที่กวนเสร็จแล้วใส่ลงในขวด Flask ล้างเศษดินใส่ใน Flask ให้หมด อย่าเพิ่งใส่น้ำให้เต็มจนถึงขีดบอกปริมาตร ใส่ลงไปประมาณ 2/3 - 3/4 ของขวด (ใช้น้ำจากข้อ 3)

5. นำขวด Flask ที่บรรจุของผสม (ดิน + น้ำ) ไปอุ่นในน้ำร้อนเพื่อไล่ฟองอากาศ วัดอุณหภูมิไว้ (การทดลองนี้ให้หาค่า ถ.พ. ประมาณ 3 ค่า เพราะฉนั้นต้องทำที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน 3 ค่า โดยเริ่มจากที่อุณหภูมิสูงก่อน ซึ่งไม่เกินอุณหภูมิสูงสุดของการ Calibrate ในข้อที่ 3 แล้วลดลงทีละ 3 - 4 $^{\circ}$c การวัดอุณหภูมิให้วัดตรงส่วนกลางของขวด Flask)

6. ถ้าทำได้ขณะทำการให้ความร้อน ควรจะทำสูญญากาศไปพร้อม ๆ กัน ถ้าไม่ได้ก็นำ Flask มาติดเข้ากับเครื่องทำสูญญากาศอย่างน้อย 10 นาที ระหว่างทำก็แกว่ง Flask เพื่อให้การไล่ฟองอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น สังเกตุฟองอากาศที่ลดลง จะทำให้น้ำดูเหมือนกับการเดือด (Boil) ตรวจสอบประสิทธิภาพของการดูดอากาศตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น คอยสังเกตุระดับน้ำในคอขวดตรงที่ทำเครื่องหมายไว้ ถ้าระดับน้ำสูงขึ้นในขณะทำสูญญากาศ แสดงว่าอากาศยังเอาออกไปไม่หมด ดังนั้น ควรปล่อยให้ดินที่ลอยตัวอยู่ในน้ำตกตะกอนลงระยะหนึ่ง เมื่อน้ำใสก็เทเอาน้ำส่วนเกินออกแล้วทำสูญญากาศต่อจนกระทั่งดูดอากาศออกหมด ถ้าตอนนี้ระดับน้ำในขวดต่ำกว่าขีดบอกปริมาตรก็ให้เติมน้ำลงไปให้พอดี น้ำที่เติมลงไปต้องเป็นน้ำที่ไล่อากาศออกแล้ว (Deairing Water) หรือน้ำจากข้อ 3 การเติมอย่าเติมลงไปในคอขวดให้เติมโดยใช้หลอดจุ่มลงไปใต้ระดับน้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงการเพิ่มอากาศเข้าไปอีก

ไกลรุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

7. เมื่อระดับน้ำอยู่ตรงขีดบอกปริมาตรและอยู่ในอุณหภูมิตามต้องการแล้วก็นำไปชั่งอ่านค่าน้ำหนักที่ได้ก็เป็นค่า Wbws

8. ปล่อยให้อุณหภูมิเย็นลงครั้งละ 3 - 4°c ซึ่งตอนนี้ระดับน้ำในคอขวดจะต่ำกว่าขีดบอกปริมาตร เอาน้ำเติมลงไปอีกให้พอดี แล้วนำไปชั่งก็จะได้ Wbws อีกค่าหนึ่ง (ทำต่อไปอีก 1 ค่า)

9. เทของผสมใน Flask ใส่ใน Beaker หรือ Evaporating Dish ขนาดใหญ่ แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักดิน (ค่า Ws)

10. คำนวณหาค่า G.S. จากสมการ

$$G.S. = \frac{Ws\ \alpha}{Wbw + Ws - Wbws}$$

$$Wbw = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำ} + \text{Flask}}{\text{สัมประสิทธิ์ของการแก้อุณหภูมิ}}$$ จากข้อ 3 เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับ Wbws

11. ค่าที่คำนวณได้แต่ละค่าไม่ควรแตกต่างกันเกิน 2 เปอร์เซนต์ หรือ

$$= \frac{\text{ค่า ถ.พ. ที่คำนวณได้มากที่สุด}}{\text{ค่า ถ.พ. ที่คำนวณได้น้อยที่สุด}} \leq 1.02$$

12. เฉลี่ยค่า ถ.พ. ที่คำนวณได้เป็นค่า ถ.พ. ของดิน

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT....../C

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. —

LOCATION OF PROJECT — BORING NO. — SAMPLE NO. —

DESCRIPTION OF SOIL — DEPTH OF SAMPLE —

TEST PERFORMED BY — DATE OF TEST. —

SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLIDS (Gs)

| TEST NO. | 1 | 2 | | |
|---|---|---|---|---|
| VOL. OF FLASK AT 20°C | 500 ML. | 500 ML. | | |
| METHOD OF AIR REMOVAL[a] | VACUUM | ASPIRATOR | | |
| Wt. FLASK + WATER + SOIL = $W_{bws}$ | 757.66 | 754.69 | | |
| TEMPERATURE, °C | 23° | 23° | | |
| Wt. FLASK + WATER[b] = $W_{bw}$ | 693.27 | 693.27 | | |
| EVAP. DISH NO. | 5 | 4 | | |
| Wt. EVAP DISH + DRY SOIL. | 350.11 | 368.49 | | |
| Wt. OF EVAP DISH. | 254.52 | 270.52 | | |
| Wt. OF DRY SOIL = $W_s$ | 95.59 | 97.97 | | |
| $W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$ | 35.20 | 36.55 | | |
| $G_s = \alpha W_s / W_w$ | 2.71 | 2.67 | | |

[a]INDICATE VACUUM OR ASPIRATOR FOR AIR REMOVAL.

[b]$W_{bw}$ IS THE WEIGHT OF THE FLASK FILLED WITH WATER AT SAME TEMP ± 1°C AS FOR $W_{bws}$ VALVE FROM CALIBRATION CURVE AT T OF $W_{bws}$.

REMARKS. % 2.71 / 2.67 = 1.01 < 1.02 O.K.

AVERAGE SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLID ($G_s$) = 2.69

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ขนาด MOLD มีเส้นผ่าศูนย์กลาง = 6 นิ้ว = 15.24 ซ.ม

มีความสูง = 4.6 นิ้ว = 11.684 ซ.ม

ทดลอง มีน้ำหนัก MOLD = 6649.00 gms

| ครั้งที่ | ① น.น.ขวด + กรวด + ทราย (gms) | ② น.น.ขวด + กรวด + ทรายที่เหลือ (gms) | ③ น.น. MOLD + Base + ทราย (gms) | ④ น.น.ทรายใน MOLD (gms) | ⑤ ทรายในกรวย [1]-([2]+[4]) = [5] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7454.00 | 3223.00 | 9518.00 | 2869.00 | 1362.00 |
| 2 | 7448.00 | 3223.00 | 9519.00 | 2870.00 | 1355.00 |
| 3 | 7447.00 | 3213.00 | 9520.00 | 2871.00 | 1363.00 |
| 4 | 7446.00 | 3221.00 | 9516.50 | 2867.50 | 1357.50 |

น้ำหนักดินใน HOLE + PAN = 2219.50 gms

น้ำหนัก PAN = 1334.50 gms

น้ำหนักดินใน PAN = 885.00 gms

น้ำหนักขวด + กรวย + ทราย = 4738.00 gms

น้ำหนักขวด + กรวย + ทรายที่เหลือ = 4952.00 gms

ทรายในกรวยที่ตกได้ = 1359.50 gms

ทรายใน HOLE = 1127.00 gms

| No can | AA1 | B27 |
|---|---|---|
| น้ำหนัก can | 34.00 | 38.50 |
| น้ำหนัก can + ดินเปียก | 119.2 | 121.30 |
| น้ำหนัก can + ดินแห้ง | 99.6 | 109.00 |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT........./008.

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

## UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT.______

LOCATION OF PROJECT.______ BORING NO.______ SAMPLE NO.______

DESCRIPTION OF SOIL.______ DEPTH OF SAMPLE ______

TEST PERFORMED BY.______ DATE OF TEST.______

## SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLIDS (Gs)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TEST NO. | (1) | (2) | | |
| VOL. OF FLASK AT 20°C | 500 mL | 500 mL | | |
| METHOD OF AIR REMOVAL[a] | — | — | | |
| Wt. FLASK + WATER + SOIL = $W_{bws}$ | 753.9 gms | 753.1 gms | | |
| TEMPERATURE, °C | 32 | 35 | | |
| Wt. FLASK + WATER[b] = $W_{bw}$ | 693.4 gms | 692.9 gms | | |
| EVAP. DISH NO. | — | — | | |
| Wt. EVAP. DISH + DRY SOIL. | — | — | | |
| Wt. OF EVAP. DISH. | — | — | | |
| Wt. OF DRY SOIL = $W_s$ | 100 gms | 100 gms | | |
| $W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$ | 39.5 gms | 39.8 gms | | |
| $G_s = \alpha W_s / W_w$ | 2.53 | 2.51 | | |

[a] INDICATE VACUUM OR ASPIRATOR FOR AIR REMOVAL.______

[b] $W_{bw}$ IS THE WEIGHT OF THE FLASK FILLED WITH WATER AT SAME TEMP ± 1°C AS FOR $W_{bws}$ VALVE FROM CALIBRATION CURVE AT T OF $W_{bws}$.

REMARKS.______

AVERAGE SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLID ($G_s$) = ______

# ย่างรายการคำนวณ

wt FLASK + WATER + SOIL = $W_{bwa}$ = 753.9 gms — ①

= 753.1 gms — ②

TEMPERATURE, °C = 32 °C — ①

= 35 °C — ②

wt FLASK + WATER = $W_{bw}$ = 693.4 gms — ①

= 692.9 gms — ②

wt OF DRY SOIL = $W_s$ = 100 gms — ①, ②

$W_w = W_s + W_{bw} - W_{bws}$ = 100 + 693.4 − 753.9

= 39.5 gms — ①

= 100 + 692.9 − 753.1

= 39.8 gms — ②

$G_s = \alpha W_s / W_w$ = 100 / 39.5

= 2.53 — ①

= 100 / 39.8

= 2.51 — ②

ค่าที่อ่านได้แต่ละค่าไม่ควรแตกต่างกันเกิน 2% คือ

$$= \frac{\text{ค่า ถ.พ ที่อ่านได้มากที่สุด}}{\text{ค่า ถ.พ ที่อ่านได้น้อยที่สุด}} \leq 1.02$$

$$= \frac{2.53}{2.51} = 1.01 < 1.02$$

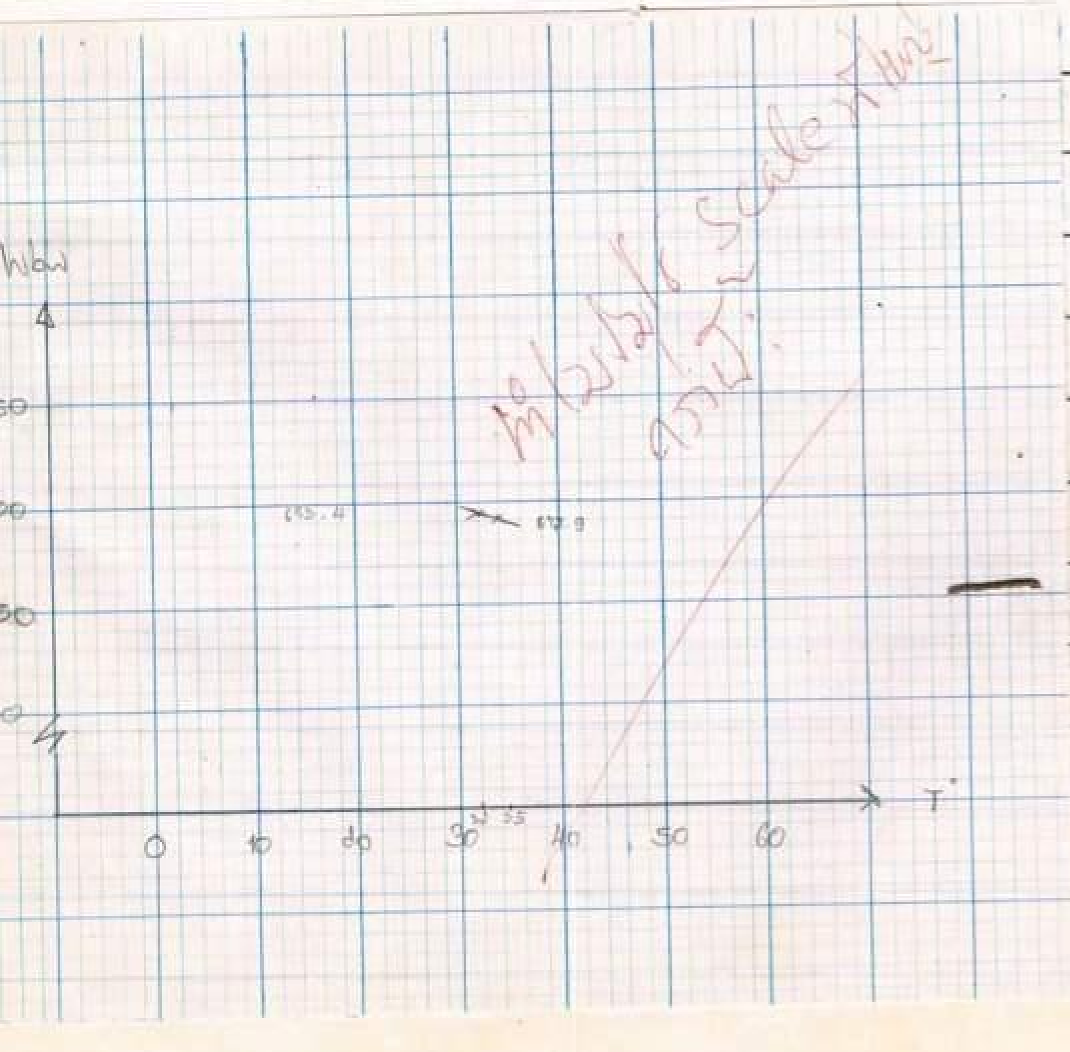
เฉลี่ยค่า ถ.พ ที่อ่านได้ = 2.52

## ผลการทดลอง

จากการทดลอง เพื่อหาความถ่วงจำเพาะ ของเม็ดดิน เพื่อ
เม็ดดินไหนมีปริมาณดินที่ความถ่วงจำเพาะต่อสิ่งนั้น ที่มีความถ่วงจำเพาะ
เพราะในการออกแบบอาคารต่างๆ ต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนัก
ดิน ดังนั้น การทดลองนี้ทำให้เรารู้วิธี หาความถ่วงจำเพาะได้
รู้ว่าดินมีปริมาณเท่าใด จะต้องปรับแก้ดิน เพื่อจะได้ทำการก่อสร้าง
ต่อไป

ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

1 การอ่านอุณหภูมิผิดพลาด



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 8

## การจำแนกดิน (Soil Classification)

วัตถุประสงค์

เพื่อแนะนำให้นักศึกษาทราบถึงวิธีการจำแนกดิน 2 วิธี และเป็นการทบทวนวิธีการหาคุณสมบัติของดินที่ใช้เป็นข้อมูลในการจำแนก

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การหาการกระจายขนาดเม็ดดิน
2. อุปกรณ์หาค่าขีดจำกัดของดิน

หลักการ

การจำแนกดินมีมากมายหลายวิธีการเช่น ระบบการจำแนกดินของ Unified Soil Classification System. American Association of State Highway and Transport Officials System (AASHTO). The U.S. Department of Agriculture System (USDA). The American Standard testing Material System (ASTM) Federal Aviation Agency (FAA). ที่กล่าวมานี้ยังเป็นส่วนน้อย เพราะนอกจากนี้หน่วยงานอื่น ๆ ก็ยังมีระบบการจำแนกดินของตนเองอีก แต่ทุก ๆ ระบบของการจำแนกดินก็จะใช้ค่า Atterberg Limit และค่า Grain Size Analysis เป็นข้อกำหนดคุณสมบัติและเป็นเงื่อนไขในการจำแนกดิน ในระบบของการจำแนกดินทุก ๆ ระบบจะมีคำอธิบายถึงลักษณะของดินควบคู่ไปกับสัญลักษณ์ของดินด้วย เพราะการกำหนดคุณสมบัติของดินแต่ละกรุ๊ฟกำหนดไว้อย่างกว้าง ๆ

เนื่องจากว่าการจำแนกดินทุก ๆ ระบบมีส่วนคล้ายคลึงกับการจำแนกดินในระบบ AASHTO และ Unified ฉะนั้น ในการทดลองครั้งนี้ จึงให้จำแนกดินในระบบ AASHTO และ Unified เท่านั้น

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

## TABLE 8-1A.

| General classification | Granular materials. ( 35 percent or less of total sample passing N\u00ba. 200) | | | | | | | Silt - clay Materials. ( More than 35 percent of total sample passing N\u00ba. 200 ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Group classification | 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"<br>A-7-6 |
| Sieve analysis percent passing | | | | | | | | | | | |
| N\u00ba. 10 | 50 max | | | | | | | | | | |
| N\u00ba. 40 | 30 max | 50 max | 51 min. | | | | | | | | |
| N\u00ba. 200 | 15 max | 25 max | 10 max | 35 max | 35 max | 35 max | 35 max | 36 min | 36 min | 36 min | 36 min |
| Characteristic of fraction passing | | | | | | | | | | | |
| N\u00ba. 40 | | | | | | | | | | | |
| Liquid limit $w_L$ | | | | 40 max | 41 min | 40 max | 41 min | 40 max | 41 min | 40 max | 41 min |
| Plastic index $I_p$ | 6 max | | NP | 10 max | 10 max | 11 min | 11 min | 10 max | 10 max | 11 min | 11 min |
| Group Index[b] | 0 | | 0 | 0 | | 4 max | | 8 max | 12 max | 16 max | 20 max |

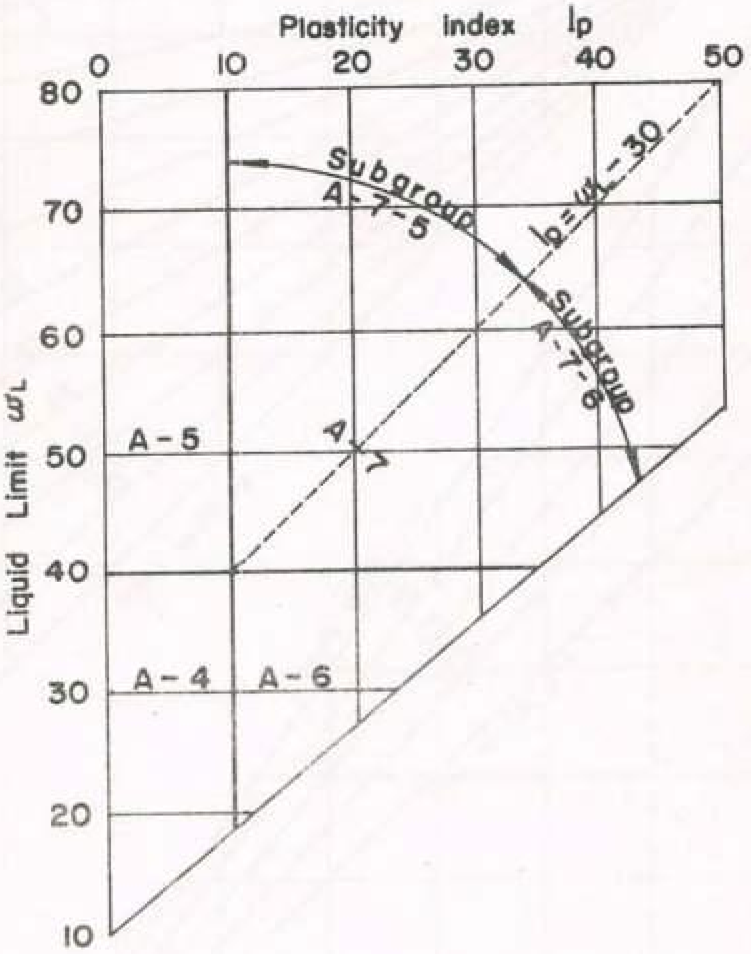
Group Index = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd

AASHTO soil classification system.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



TABLE 8-1B.




Liquid limit and plasticity index ranges for A-4, A-5, A-6, and A-7 soil group

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



TABLE 8-IC

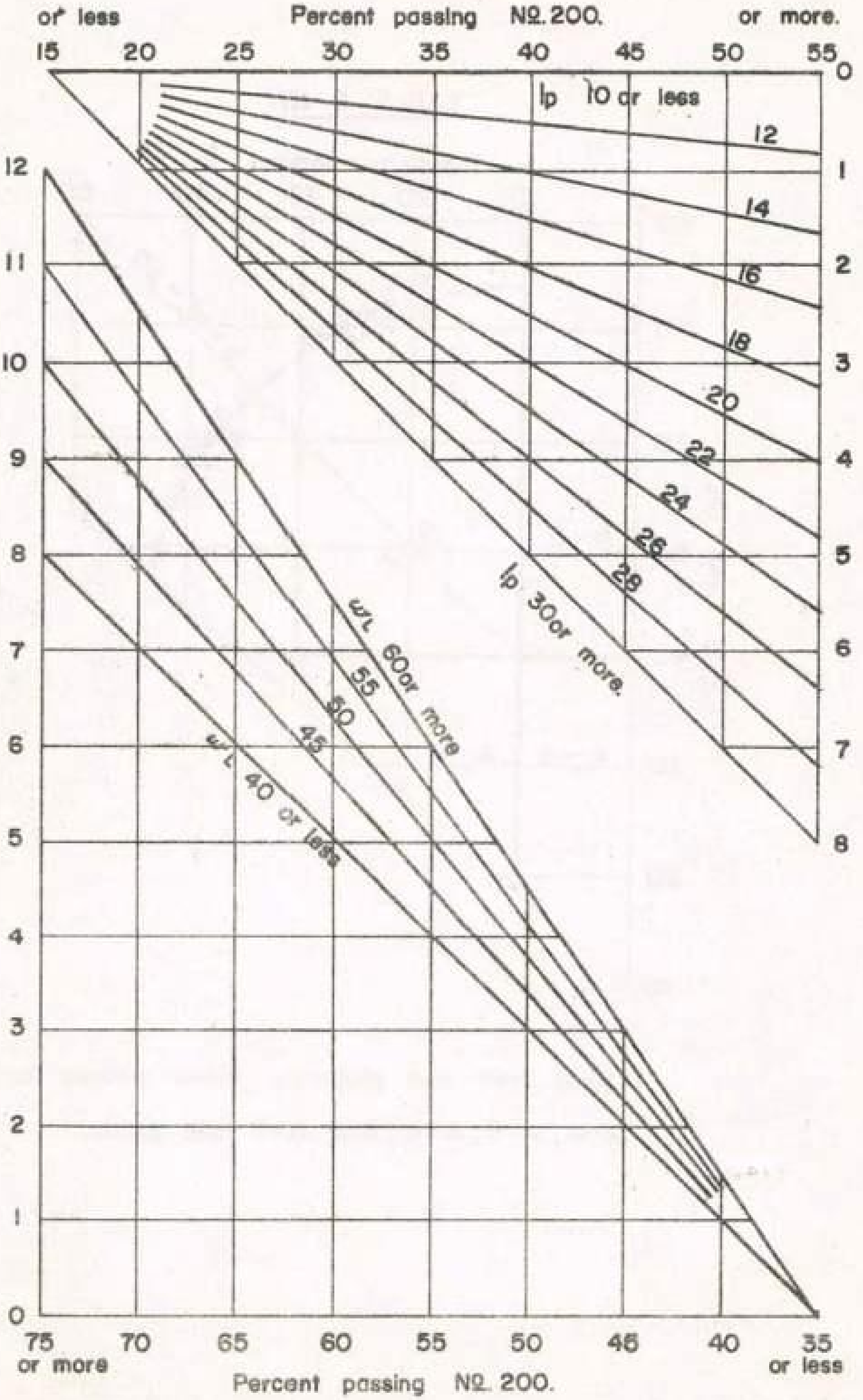



Chart to obtain group index of a soil. Group index equals the sum of readings on both vertical scales.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ก. การจำแนกดินตามระบบ AASHTO

ตารางที่ 8 - 1a แสดงให้เห็นตารางการจำแนกดินของระบบ AASHTO ตารางที่ 8 - 1b เป็นตารางที่หากรุ๊พของดินในกรุ๊พ A - 4 ถึง A - 7 โดยใช้ค่า Liquid Limit และ Plastic Limit เมื่อดินนั้นมี Percent Passing ของดินผ่านตะแกรง No.200 มากกว่า 35 % และใช้หา Subgroup (กรุ๊พย่อย) ของดินชนิด A - 2 เมื่อดิน A - 2 มี Percent Passing ของดินผ่านตะแกรง No.200 น้อยกว่า 35 % เราจะทราบว่าดินอยู่ในกรุ๊พ A - 2 ได้จาก Sieve Analysis แต่จะทราบ Subgroup ว่าเป็น A - 2 - 4, A - 2 - 5, A - 2 -6, A - 2 - 7, ได้จาก Liquid Limit และ Plastic Index.

จากตารางที่ 8 - 1a การจำแนกชนิดของดินให้พิจารณาจากซ้ายไปขวา เมื่อพบว่าเป็นดินอยู่ในกรุ๊พไหนแล้วในช่องทางซ้าย กรุ๊พอื่น ๆ ในช่องทางขวาก็ไม่ต้องพิจารณา แต่ถ้าตรวจดูแล้วคุณสมบัติของดินไม่ตรงกับกรุ๊พไหนเลยในจำนวน 7 กรุ๊พก็พิจารณาให้ดินชนิดนั้นเป็นชนิด A - 8 (ไม่ได้แสดงไว้ในตาราง) ได้แก่ ดินประเภท Peat หรือ Muck ซึ่งประเภทหลังนี้สามารถจำแนกได้ด้วยสายตา

นอกจากนี้การจำแนกดินในระบบ AASHTO ยังใช้ค่า Group Index เป็นค่าเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินในกรุ๊พเดียวกันอีกด้วย ค่า Group Index (G.I) เป็นค่าที่ระบบ AASHTO เพิ่มเติมขึ้นมาจากการจำแนกดินในระบบ B.P.R.* (AASHTO ได้นำระบบการจำแนกดินของ Bureau of Public Road มาปรับปรุงและตั้งเป็นระบบใหม่) ค่า Group Index จะเขียนไว้ที่วงเล็บต่อท้ายของดินแต่ละกรุ๊พ เช่น A - 2 - 6 (3)

---

* หมายเหตุ การจำแนกดินในระบบ B.P.R. เริ่มใช้ในปี ค.ศ. 1929 ส่วนระบบ AASHTO ที่ใช้ในปัจจุบันนี้เริ่มใช้มาตั้งแต่ ค.ศ. 1945

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ดินที่ให้ค่า Group Index ต่ำจะใช้เป็นวัสดุสร้างทางได้ดีกว่าที่มีค่า Group Index สูงถึงแม้จะอยู่ในกรุ๊ฟเดียวกันก็ตาม เช่น A - 2 - 6 (3) จะดีกว่า A - 2 - 6(4) และค่า Group Index คำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้

$$G.I. = 0.2a + 0.005ac + 0.01\,bd \qquad (8-1)$$

เมื่อ a = เป็นค่า Percent Passing No.200 มากกว่า 35 % แต่ไม่เกิน 75 % และเป็นค่าบวกทุก ๆ ค่า ($1 \leq a \leq 40$)

b = เป็นค่า Percent Passing No.200 ที่มากกว่า 15 % แต่ไม่เกิน 55 % และเป็นค่าบวกทุก ๆ ค่า ($1 \leq b \leq 40$)

c = ค่า Liquid Limit ที่มากกว่า 40 แต่ไม่เกิน 60 เป็นค่าบวกทุก ๆ ค่า ($1 \leq C \leq 20$)

d = ค่า Plastic Index ที่มากกว่า 10 แต่ไม่เกิน 30 เป็นค่าบวกทุก ๆ ค่า ($1 \leq d \leq 20$)

จากรูป ตารางที่ 8 - 1c รูปสามเหลี่ยมด้านบนให้หาค่า 0.01 bd รูปสามเหลี่ยมอันล่างใช้หาค่า .02a + 0.005 ac เมื่อหาค่าได้แล้วก็แทนค่าในสมการนำค่าได้ปรับให้เป็นค่าจำนวนเต็มเป็นค่า Group Index.

เพื่อทำความเข้าใจกับวิธีการจำแนกดินในระบบ AASHTO ได้อย่างแจ่มชัด จงพิจารณาดูตัวอย่างวิธีการจำแนกชนิดของดิน จากตัวอย่าง 3 ตัวอย่างในหน้าถัดไป

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

| Sieve No. | ดิน ก. | ดิน ข. | ดิน ค. |
|---|---|---|---|
| 4 | - | - | 69.3 |
| 10 | 68.5 | 79.5 | 59.1 |
| 20 | - | - | 48.3 |
| 40 | 36.1 | 69.0 | 38.5 |
| 60 | - | - | 28.4 |
| 100 | - | - | 19.8 |
| 200 | 21.9 | 54.3 | 5.1 |
| Plastic Properties | | | Non Plastic (NP) |
| L.L | 34.1 | 53.5 | |
| P.L | 16.5 | 31.6 | |
| Visual Description | Light Brown Sandy and Silty Clay. | Dark Brown Silty Clay, Trace of Gravel. | Medium Brown Very Gravelly Coarse Sand. |

<u>จำแนกดิน ก</u>.

1. คำนวณหาค่า Plastic Index (Ip) = ωL* - ωp*

   Ip = 34.1 - 16.5 = 17.6 > 10 % เพราะฉะนั้น พิจารณาค่า Ip ของดินที่มากกว่า 11 เป็นเกณฑ์

2. เนื่องจากว่าดินมีเปอร์เซนต์ผ่านตะแกรง 200 = 21.9 % ดินจึงถูกพิจารณาอยู่ในกรุ๊ฟ A - 2 ส่วน Subgroup ให้พิจารณาจากค่า ωL และ Ip

3. พิจารณากรุ๊ฟของดินในตาราง 8 - 1a จากซ้ายมาขวา เมื่อคุณสมบัติของดินมีค่าดังต่อไปนี้ ωL = 34.1 < 40, Ip = 17.6 > 11

   ∴ จะได้ดินอยู่ในกรุ๊ฟ A - 2 - 6

---

* ωl = อ่านว่า Omega "l" หมายความว่า ปริมาณน้ำในดินที่ Liquid Limit หรือ L.L

ωp = อ่านว่า Omega "p" หมายความว่า ปริมาณน้ำในดินที่ Plastic Limitหรือ P.L

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



4. คำนวณหาค่า Group Index จากตาราง 8 - 1 - c หรือคำนวณจากสมการที่ (8-1) ซึ่งค่า Group Index นี้ สำหรับดินในกรุ๊ฟ A - 1 - 6 จะไม่เกิน 4

จากสมการ

a = 0 เนื่องจากว่าดินผ่านตะแกรง No.200 น้อยกว่า 35 %

b = 21.9 - 15 = 6.9

c = 0 เนื่องจากว่า ωL น้อยกว่า 40

d = Ip - 10 = 17.6 - 10 = 7.6

G.I = 0.2a + 0.005 ac + 0.01 bd

∴ G.I = 0.2(0) + 0.005(0) (6.9) + 0.01(6.9)(7.6) = 0.52

นำไปปรับเป็นค่าจำนวนเต็มได้ G.I = 1

การจำแนกดินครั้งสุดท้ายของดิน ก. คือ

A - 2 - 6 (1) Light Brown Sandy and Silty Clay.

จำแนกดิน ข.

1. คำนวนหาค่า Plastic Index

Ip = 53.5 - 31.6 = 21.9 > 10

เพราะฉะนั้นให้พิจารณาที่ค่า Ip มากกว่า 11 เป็นเกณฑ์

2. Percent Passing No.200 ของดิน = 54.3 > 35 %

ดังนั้น ดินถูกจัดอยู่ในกรุ๊ฟ A - 4, A -5, A - 6, A - 7

3. เมื่อค่า wl = 53.5 และ Ip = 21.9 ดินต้องเป็นกรุ๊ฟ A - 7 แต่ยังไม่ทราบว่าเป็น A -7 - 5 หรือ A -7 - 6 เพราะฉะนั้นให้ใช้ตารางที่ 8 - 1b โดยนำค่า Ip และ wl ไป Plot หาจุด Coordinates เนื่องจากว่าตารางที่ 8 - 1b เล็กมากทำให้หาจุด Coordinates ได้ยากเพราะฉะนั้นใช้วิธีคำนวณหาตำแหน่งของจุด Coordinates.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

เมื่อ Ip = 21.9 %

ωL - 30 = 53.5 - 30 = 23.5 = Ip ของเส้นที่ ωL = 53.51

เมื่อค่า 21.9 < 23.5 ดังนั้นจุด Coordinate ที่ Plot ได้จะต้องอยู่ในบริเวณ A - 7 - 5 และดิน ข. ก็ต้องเป็นดินชนิด A - 7 - 5 ต่อจากนั้นก็คำนวณหาค่า Group Index จากตาราง 8 - 1c

4. จากตารางที่ 8 - 1c ได้ค่า Group Index เท่ากับ = 5.2 + 4.3 = 9.5 ใช้ค่า = 10

การจำแนกดินครั้งสุดท้ายของดิน ข. คือ

A - 7 - 5(10) Dark Brown Silty Clay Trace of Gravel

<u>จำแนกดิน ค.</u>

จากข้อมูลที่ได้ดิน ค. ต้องเป็นชนิด A - 1 หรือ A - 3 แต่พิจารณาจากค่า percent Passing No.40 = 38.5, 38.5 < 51 แต่ > 30 ดังนั้นดิน ค. ต้องเป็นดินในกรุ๊ฟ A - 1b และเนื่องจากไม่มี Group Index สำหรับดินชนิดนี้ ดังนี้ การจำแนกดินครั้งสุดท้ายคือ A - 1b (Medium Brown Gravelly Coarse Sand).

<u>ข. การจำแนกดินระบบ Unified Soil Classification.</u>

ผู้ที่คิดระบบการจำแนกดินระบบนี้เป็นคนแรก คือ Arthure Casagrande (1942) ต่อมา U.S Crops of Engineer ได้นำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำมาใช้ในการจำแนกดินในงานสร้างลานบิน และนอกจากนี้ยังมีหน่วยงานอื่นนำเอาการจำแนกดินระบบนี้ไปแก้ไขเพิ่มเติมและตั้งเป็นระบบใหม่อีกหลาย ๆ ระบบในประเทศต่าง ๆ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

TABLE 8-1

| Major divisions | | | Group symbols | | Typical names | Laboratory classification criteria | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coarse-grained soil (More than half of material is larger than №.200) | Gravels (More than half of coarse fraction is larger than №.4 sieve) | Clean gravels (Little or no fine) | GW | | Well-graded gravels, gravels-sand mixtures, little or no fines. | Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. Depending on percentage of fines (fraction smaller than №.200) coarse-grained soils are classified as follows: Less than 5 percent GW GP SW SP; More than 12 percent GM GC SM SC; 5 to 12 percent Borderline cases requiring dual symbols† | $Cu = \frac{D60}{D10}$ greater than 4, $Cc = \frac{(D30)^2}{D10 X D60}$ between 1 and 3 | |
| | | | GP | | Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines | | Not meeting all gradation requirements for GW. | |
| | | Gravels with fine (Appreciable amout of fine) | GM* | d | Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures. | | Atterberg limits below "A" line or PI less than 4. | Above "A" line with PI between 4 and 7 are borderline cases requiring use of dual symbols. |
| | | | | u | | | | |
| | | | GC | | Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures. | | Atterberg limits above "A" line with PI greater than 7 | |
| | Sands (More than half of coarse fraction is smaller than №.4 sieve) | Clean sands (Little or no fine) | SW | | Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines. | | $Cu = \frac{D60}{D10}$ greater than 6, $Cc = \frac{(D30)^2}{D10 X D60}$ between 1 and 3 | |
| | | | SP | | Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines. | | Not meeting all gradation requirements for SW. | |
| | | Sands with fine (Appreciable amout of fine) | SM* | d | Silty sands, sand-silt mixtures. | | Atterberg limits below "A" line or PI less than 4. | Limits plotting in hatched zone with PI between 4 and 7 are borderline cases requiring use of dual symbols |
| | | | | u | | | | |
| | | | SC | | Clayey sands, sand-clay mixtures. | | Atterberg limits above "A" line with PI greater than 7 | |

*Division of GM and SM groups into subdivisions of d and u are for roads and airfields only. Subdivision is based on Atterberg limits; suffix d used when LL is 28 or less and the PI is 6 or less; suffix u used when LL is greater than 28.

†Borderline classifications, used for soils possessing characteristics of two groups, are designated by combinations of group symbols. For example: GW-GC, well-graded gravel-sand mixture with clay binder.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

TABLE 8-I (CONTI).

| Major divisions | | Group symbols | Typical names |
|---|---|---|---|
| Fine-grained soils (More than half of material is smaller than No. 200) | Silts and clays. (Liquid limit less than 50) | ML | Inorganic silt and very fine sand, rock flour, silty or clayey fine sands, or clayey silts with slight plasticity. |
| | | CL | Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays. |
| | | OL | Organic silts and organic silt clays of low plasticity. |
| | Silts and clays (Liquid limit greater than 50) | MH | Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils elastic silts. |
| | | CH | Inorganic clays of high plasticity, fat clays. |
| | | OH | Organic clays of medium to high plasticity, organic silts. |
| | Highly organic soils | Pt | Peat and other highly organic soils |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ตารางที่ 8 - 1 แสดงตัวประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำแนกดินในระบบ Unified ตามระบบนี้ก็แบ่งดินออกเป็นกรุ๊ฟใหญ่ ๆ ดังแสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้

No.200 ↓ 0.075 m.m.

| Coarse-Grain If More Than 50 % is Retained | | Fine-Grain If More Than 50 % Passes |
|---|---|---|
| **Gravel** | **Sand** | **Silt or Clay** |
| If More Than 50 % Of Coarse Fraction is Retained On The No.4 Sieve. | If More Than 50 % of Coarse Fraction Passes No.4 Sieve | Fine-Grain Soil is:-<br>Silt (M)<br>Clay (C)<br>Organic (O) |

เราสามารถหากรุ๊ฟย่อยของดินได้ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักเกณฑ์การพิจารณา ถ้าดินผ่านตะแกรง No.200 น้อยกว่า 5 % จะต้องเป็นกรวดหรือทราย ส่วนจะเป็น Well Grade หรือ Poor Grade ขึ้นอยู่กับค่า Cu และ Cc ของดินตามกำหนดไว้ในตารางที่ 8 - 1 และสัญลักษณ์ของดินต้องเป็นดังนี้

GW, GP, SP, SW

เมื่อ G = Gravel

S = Sand

P = Poor Grade

W = Well Grade

2. ถ้าดินผ่านตะแกรง No.200 มากกว่า 12 % ดินจะต้องเป็นหนึ่งในสี่ชนิดดังต่อไปนี้ GM, GC, SM, SC, M = Silt, C = Clay

การที่เราจะทราบได้ว่าเป็น Clay หรือ Silt ทราบได้จากการทดลอง Liquid Limit และ Plastic Limit และนำค่าที่ได้มา Plot ในตารางที่ 8 - 2 และในตารางจะ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



แสดงเส้น Upper Limit ที่กำหนดขึ้นโดย Corps of Engineer เส้นนี้แสดงไว้ให้เห็นว่าจะไม่มีจุด Coordinates ของดินชนิดใดเลยที่จะอยู่สูงกว่าเส้นนี้

3. ถ้าหากว่าดินมีเปอร์เซนต์ผ่านตะแกรง No.200 อยู่ระหว่าง 5 และ 12 % จะเขียนสัญญาลักษณ์ เช่น GW - GC, SW - SC, GP - GC, SP - SC, GW - GM, SW - SM, GP - GM, SP - SM.

4. ดินเม็ดละเอียดหมายถึง ดินที่มีมวลดินผ่านตะแกรง No.200 มากกว่า 50 % จะจำแนกได้เป็นดินดังต่อไปนี้

ML, OL หรือ CL

ถ้าหากว่าดินมี Liquid Limit น้อยกว่า 50 %

M = Silt, O = Organic Soil, C = Clay

5. ดินเม็ดละเอียดอาจจำแนกได้อีกกรณีหนึ่ง ดังนี้

MH, OH หรือ CH

ถ้าหากว่า Liquid Limit มากกว่า 50 %

H = Higher Than 50 %

ส่วนอักษณตัวหน้า M, O หรือ C หาได้จากตำแหน่งของจุด Coordinates ในตารางที่ 8 - 2

การจำแนกดินด้วยสายตาต้องใช้ควบคู่ไปกับการจำแนกดินในระบบ Unified ทุกครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์เหมือนกับการจำแนกดินในระบบ AASHTO และเพื่อให้เข้าใจวิธีการจำแนกดินในระบบ Unified ได้ดีขึ้นให้จำแนกดิน ชนิดที่ทำมาแล้วในระบบ AASHTO มาจำแนกใหม่ในระบบ Unified.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



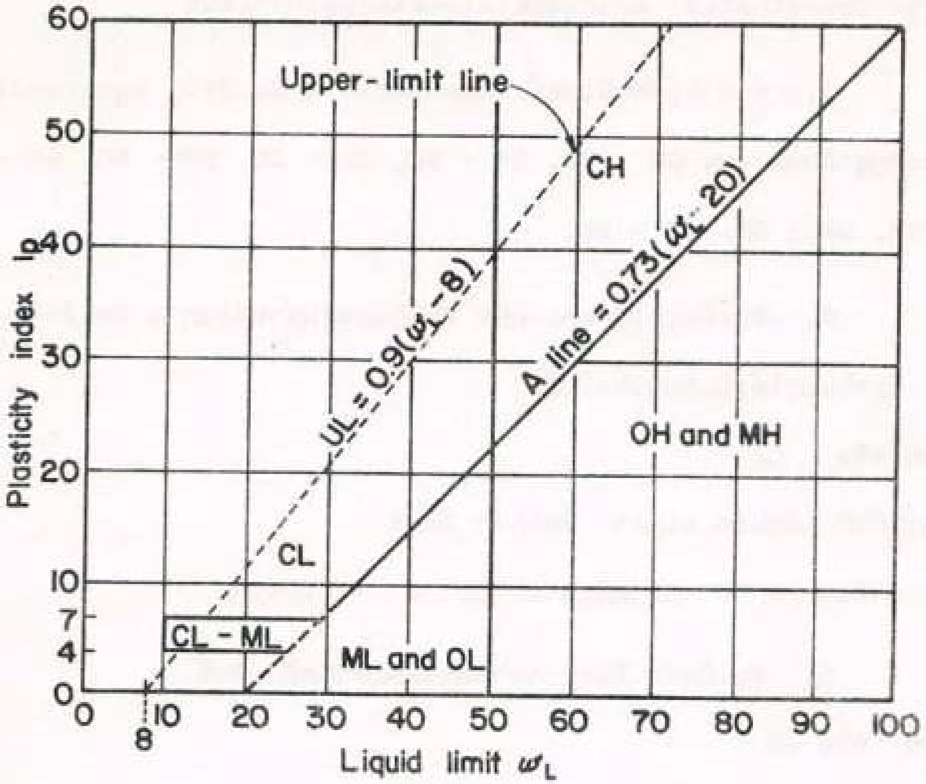



Table 8 - 2

ดิน ก.

1. เปอร์เซนต์ผ่านตะแกรง No.200 = 21.9 < 50 % และผ่านตะแกรง No.4 มากกว่า 50 % (เนื่องจากว่าผ่านตะแกรง No.10 = 68.5) แสดงว่าเป็นทราย ดังนั้น จึงจำแนกได้ว่าเป็นดินชนิดใดในสองชนิด คือ SM, SC สัญญาลักษณ์ตัวหลังตัว M กับ C หาจากตาราง 8 - 2 โดยนำค่า Plastic Index และ Liquid Limit ไป Plot, Ip = 17.6, WL = 34.1 Coordinated อยู่ในช่องของ CL เพราะฉะนั้น เอา "C" ตัวเดียว หมายถึง ดินเหนียว เพราะฉะนั้นดิน ก. จำแนกได้ดังนี้ Light Brown, Sandy and Silty Clay. (SC)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ดิน ข.

1. เนื่องจากว่าดิน ข. มีเปอร์เซนต์ผ่านตะแกรง No.200 = 54.3 % ก็จัดอยู่ในประเภทดินเม็ดละเอียด ค่า Liquid Limit = 52.5 > 50% เพราะฉะนั้นต้องเป็นดินชนิดหนึ่งชนิดใดใน 3 ชนิดคือ MH, OH, CH

2. จากตารางที่ 8 - 2 ดินมี Liquid Limit = 53.5 Plastic Index = 21.9 การหาตำแหน่งของจุด Coordinate ทำได้ยาก เพราะฉะนั้นใช้วิธีคำนวณค่า Ip จากสูตร Ip = 0.73 (L.L - 20) ได้ค่า Ip ของเส้น = 0.73(53.5 - 20) = 24.4 > 21.9 ดังนั้น ดินชนิดนี้เป็น MH จากตำแหน่งของจุด Coordinate และข้อมูลของการจำแนกดินด้วยสายตา จำแนกดินได้ดังนี้ Dark Brown Clayey Silt With Trace of Gravel (MH) (ข้อมูลจากการจำแนกดินด้วยสายตามีส่วนทำให้ชี้ชัดลงไปว่าสัญญาลักษณ์ตัวหน้าเป็น M)

ดิน ค.

1. เปอร์เซนต์ผ่านตะแกรง No.200 = 5.1 % (ใช้ค่าเพียง 5 %) เพราะฉะนั้น ดินจะต้องเป็น 1 ในจำนวนนี้ คือ GW, GP, SW, หรือ SP.

2. หาค่า Cu และ Cc จาก Grain Size Distribution Curve ได้ค่า Cu 2.00/0.086 = 23.3 6, Cc = $(0.29)^2$ / (2.00) (0.086) = 0.5 < 1 (ไม่ได้อยู่ระหว่าง 1 และ 3) แสดงว่าไม่ใช่ Well Grade ดินชนิดนี้เป็น Poor Grade เพราะฉะนั้นใช้ตัว P เป็นตัวท้ายของสัญญาลักษณ์

3. เนื่องจากว่าดินค้างบนตะแกรง No.200 = 94.9 % และ 69.3 % ผ่านตะแกรง No.4 เพราะฉะนั้นเปอร์เซนต์ของดินที่อยู่ระหว่าง No.4 และ No.200 เท่ากับ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



69.3 - 5.1 = 64.2

% ค้างบนตะแกรง No.4 = 100 - 69.3 = 30.7

% ผ่านตะแกรง No.200 = 5.1

รวม = 100 %

เมื่อ 64.2 เปอร์เซนต์ ของดินเป็นทราย การจำแนกชั้นสุดท้ายของดินชนิดนี้ คือ Medium Brown Gravelly Coarse Poorly Grade Sand (Sp)

วิธีการทำ

1. ให้นักศึกษาแต่ละคนฝึกหัดการจำแนกดินในระบบ AASHTO และ Unitied จากงานที่กำหนดโดยผู้สอน

2. บันทึกลักษณะของดินไว้ เพื่อสะดวกต่อการจำแนกดินในแต่ละระบบ และหาค่า Liquid Limit โดยใช้วิธีแบบ One - Point Method

3. เป็นที่แน่ใจได้ว่าตัวอย่างดินที่นำมาทดลอง มีคุณสมบัติครบถ้วนเป็นตัวแทนของดินที่ต้องการทราบคุณสมบัติได้

4. การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดินให้ใช้แบบล้าง

5. บันทึกค่าต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ลงในกระดาษกรองข้อมูลพร้อมทั้งเก็บกระดาษข้อมูลที่นำมาประกอบไว้ด้วย เช่น Liquid Limit, Plastic Limit, Graph ของการวิเคราะห์ขนาด พร้อมทั้งบันทึกผลจากการสำรวจดินด้วยสายตาไว้สำหรับดินแต่ละชนิด เพื่อเขียนกำกับสัญญาลักษณ์ของดิน

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 UT........../C



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. —

LOCATION OF PROJECT. —

DESCRIPTION OF SOIL. —

TEST PERFORMED BY. — DATE OF TEST. 17/3/81

SOIL CLASSIFICATION.

SOIL IDENTIFICATION CONTAINER NO. ETC.

SIEVE ANALYSIS (WASHED, DRY)

| SIEVE. | % PASSING. | INDEX PROPERTIES. |
|---|---|---|
| NO. 4 | — | $W_l$ = 34.1 |
| NO. 10 | 68.5 | $W_p$ = 16.5 |
| | | $L_p$ = 17.6 |
| NO. 40 | 36.1 | |
| | | $C_u$ = — |
| NO. 100 | — | $C_c$ = — |
| NO. 200 | 21.9 | |

CLASSIFICATION (WRITE DESCRIPT.) LIGHT BROWN SANDY & SILTY CLAY

SYMBOLS: AASHTO: A – 2 – 6(1) UNIFIED: SC.

SOIL IDENTIFICATION (CONTAINER NO., ETC)

SIEVE ANALYSIS (WASHED, DRY)

| SIEVE | % PASSING | INDEX PROPERTIES |
|---|---|---|
| NO. 4 | — | $W_l$ = 53.5 |
| NO. 10 | 79.5 | $W_p$ = 31.6 |
| | | $L_p$ = 21.9 |
| NO. 40 | 69.0 | |
| | | $C_u$ = — |
| NO. 100 | 54.3 | $C_c$ = — |
| NO. 200 | 54.3 | |

CLASSIFICATION (WRITE DESCRIPT.) DARK BROWN SILTY CLAY TRACE OF GRAVEL

SYMBOLS: AASHTO: A – 7 – 5 (10) UNIFIED: MH

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 T......./00



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT ______

LOCATION OF PROJECT ______

DESCRIPTION OF SOIL ______

TEST PERFORMED BY ______ DATE OF TEST ______

## SOIL CLASSIFICATION

SOIL IDENTIFICATION CONTAINER NO. ETC. ______

SIEVE ANALYSIS (WASHED, DRY)

| SIEVE. | % PASSING. | INDEX PROPERTIES. |
|---|---|---|
| NO. 4 | ______ | $W_l$ = ______ |
| NO. 10 | ______ | $W_p$ = ______ |
| | ______ | $L_p$ = ______ |
| NO. 40 | ______ | ______ |
| | ______ | $C_u$ = ______ |
| NO. 100 | ______ | $C_c$ = ______ |
| NO. 200 | ______ | ______ |

CLASSIFICATION (WRITE DESCRIPT.) ______

SYMBOLS: AASHTO: ______ UNIFIED: ______

SOIL IDENTIFICATION (CONTAINER NO., ETC)

SIEVE ANALYSIS (WASHED, DRY)

| SIEVE | % PASSING | INDEX PROPERTIES |
|---|---|---|
| NO. 4 | ______ | $W_l$ = ______ |
| NO. 10 | ______ | $W_p$ = ______ |
| | ______ | $L_p$ = ______ |
| NO. 40 | ______ | ______ |
| | ______ | $C_u$ = ______ |
| NO. 100 | ______ | $C_c$ = ______ |
| NO. 200 | ______ | ______ |

CLASSIFICATION (WRITE DESCRIPT.) ______

SYMBOLS: AASHTO: ______ UNIFIED: ______

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ตัวอย่างรายการคำนวณ

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



## สรุปผลการทดลอง

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 9

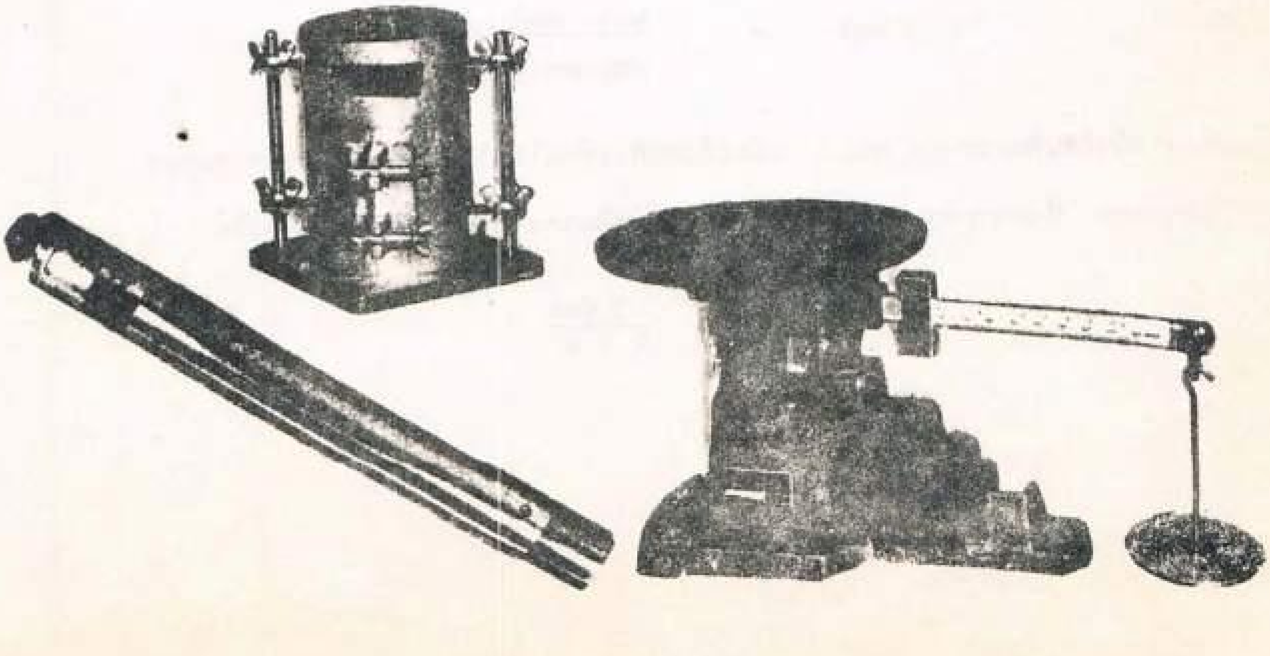
## การบดอัดดินแบบมาตรฐาน

### วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาทราบถึงวิธีการบดอัดดินในห้องทดลองและทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

### อุปกรณ์

1. Mold รูปทรงกระบอกมีปริมาตร 1/30 ล.บ.ฟ. หรือ 944 ซม.$^{3}$
2. ฆ้อนบดอัดดินหนัก 5.5 ปอนด์ หรือ 2.497 กก.
3. ตาชั่งสนาม
4. ตาชั่งที่อ่านค่าได้ถึง 0.1 กรัม
5. ถาดผสมดิน
6. กระบอกตวง
7. Straight Edge สำหรับปาดดินให้เรียบ
8. กระป๋องอบดินเพื่อค่า Water Content 10 กระป๋อง



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



<u>หลักการ</u>

ในปี ค.ศ. 1933 R.R. Proctor ได้เขียนบทความ 4 เรื่องลงในหนังสือ Engineering News-Record ซึ่งต่อมาบทความของเขาได้กลายเป็นหลักการของการบดอัดดินแบบมาตรฐานในปัจจุบัน (ฉะนั้น บางครั้งจะเรียกการบดอัดแบบมาตรฐานว่าเป็น Proctor Test) การบดอัดดินแบบมาตรฐานทำได้ดังนี้ นำดินที่จะทดสอบร่อนผ่านตะแกรง No. 4 หนักประมาณ 3 กก. (ดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ) คลุกเคล้ากับน้ำจำนวนหนึ่ง แล้วนำไปบดอัดใน Mold รูปทรงกระบอกซึ่งมีปริมาตรเท่ากับ .001 $ม^3$ โดยการบดอัดดินทีละชั้นจำนวนสามชั้น แต่ละชั้นบดอัดด้วยฆ้อนหนัก 2.497 Kgs. ระยะความสูงของฆ้อน 1 ฟุต หรือเท่ากับ .3048 ม. จำนวน 25 ครั้ง ซึ่งจะได้พลังงานในการบดอัด (Compaction Energy) เท่ากับ

$$CE = \frac{3(25)(1)(5.5)}{1/30} \quad 12375 \text{ f - lb/ft}^3$$

$$CE = \frac{3(25)(.305)(25)}{.000944} \quad 6058 \text{ kg. - m/m}^3$$

จากนั้นก็ใช้ Straight Edge ปาดดินส่วนเกินออกแล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักดินที่อยู่ใน Mold และหาความหนาแน่นของดิน ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$\gamma\,\text{Wet} = \frac{\text{น.น. ดินใน Mold}}{\text{ปริมาตร Mold}}$$

ต่อจากนั้นก็ดันดินออกจาก Mold และเก็บดินตัวอย่างใส่กระป๋องอบดินเพื่อหา Water Content ซึ่งทราบค่า Water Content แล้วก็หาความหนาแน่นของดินแห้งได้

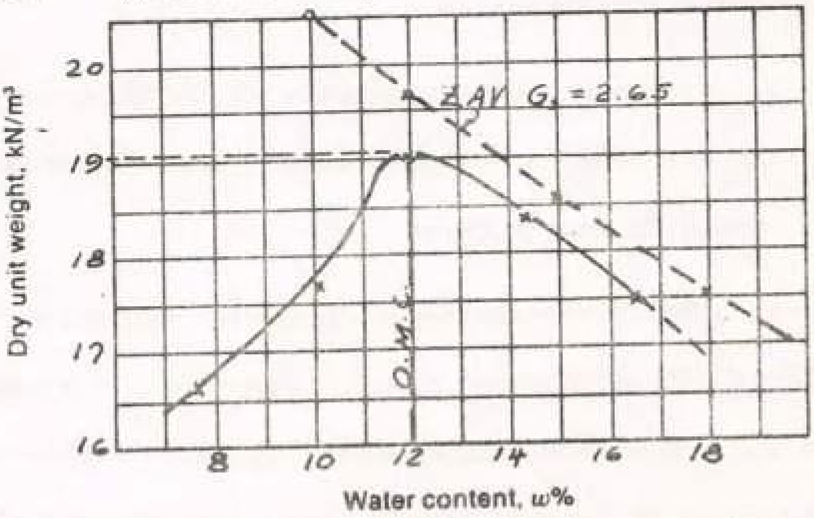
$$\gamma\,\text{d} = \frac{\gamma\,\text{Wet}}{1 + w}$$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



*** ต่อจากนั้นใช้ข้อนยางทุบดินที่เหลือให้กระจายคลุกเคล้ากับน้ำใหม่อีก โดยการเพิ่มน้ำเข้าไปอีก 2 - 3 % (% โดยน้ำหนัก) และบดอัดดินใหม่ด้วย C.E. เท่ากัน หาค่า γ wet ของดิน และเก็บตัวอย่างไว้หา Water Content ไว้อีก ให้ทำซ้ำ ๆ กัน 3 - 4 ครั้ง หรือจนกว่าน้ำหนักดินใน Mold ลดลงให้ทำต่ออีกครั้งหนึ่ง เพื่อความสะดวกในการเขียน Curve ในภายหลัง

เมื่อทราบ Water Content ในวันรุ่งขึ้นก็หาค่า γ d และ w นำเอาค่า w และ γd มา Plot ในกร๊าฟ ให้ w เป็นแกน x, γd เป็นแกน y เขียน Curve แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง γd และ w และหาค่า Maximum γd และค่า Optimum Moisiure Content (ดูตัวอย่างประกอบ)




***ASTM. ให้เปลี่ยนดินใหม่ เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในดินทุกครั้ง ดังนั้น การทดลองดิน 1 ตัวอย่าง ที่ค่า w ต่างกันประมาณ 5 ค่า ทดลอง 1 ครั้งใช้ดินประมาณ 3 กก. เพราะฉะนั้นก็ใช้ดินทั้งหมดเท่ากับ 15 กก. แต่ในที่นี้เห็นว่าเป็นเพียงการทดลองมิใช่งานวิจัยและเพื่อความสะดวกในการเตรียมตัวอย่างจึงใช่ดินเดิม (ผู้เขียนมีความเห็นว่าควรแบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ หนึ่งให้ทดลองโดยการเปลี่ยนดินใหม่ทุกครั้ง อีกกลุ่มให้ใช้ดินเดิมเมื่อได้ข้อมูลมาแล้วให้นำมาพิจารณาเปรียบเทียบกัน)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ข้อควรพิจารณาเมื่อทดสอบการบดอัด

1. เพื่อให้ผลการทดลองเป็นที่น่าเชื่อถือ ควรจะทำการทดลองทั้งสองวิธีคือ ใช้ดินใหม่ทุกครั้งเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในดินและนำเอาดินที่บดอัดแล้วมาใช้อีก ผลการทดลองทั้งสองวิธีมักจะให้ค่าความหนาแน่นของดินแห้งแตกต่างกัน

แต่ถ้าผลแตกต่างกันประมาณ 40 - 60 $kg/m^3$ ก็ถือว่าเป็นปกติ **

2. เมื่อใช้ดินตัวอย่างเป็นดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ และไม่มีการบ่มดินก่อนทดสอบ ผลที่ได้จะทำให้เส้น Curve ผิดปกติไปคือตำแหน่งของจุดจะไม่ทำให้เกิด Smooth Curve ทางด้าน Dry Side ของค่าความแน่นสูงสุดหรือจุดสูงสุดของ Curve คือ Curve ค่อนข้างชัน นอกจากนี้ดินที่ไม่มีการบ่มยังมีแนวโน้มที่จะมีค่า O.M.C. สูงกว่าคือตำแหน่งของ O.M.C. จะขยับไปทางขวามือของกร๊าฟ

3. ถ้าหากว่าทดสอบดินจำนวนน้อยครั้ง หรือได้ค่าที่นำมาน้อยกว่าข้างละ 3 จุด Dry Side และ Wet Side อาจทำให้ตำแหน่งของ Curve ไม่ถูกต้องนัก ด้านใดด้านหนึ่งของ Curve อาจไม่เป็น Smooth Curve

4. เพื่อมิให้การทดลองต้องทำหลาย ๆ ครั้ง จนเกินความจำเป็นเมื่อผสมดินกับน้ำครั้งแรกให้ผสมในปริมาณน้ำต่ำกว่าค่า O.M.C. ประมาณ 4 - 5 % และค่อยเพิ่มขึ้นทีละ 2 % ค่า O.M.C. นี้ หาได้โดยประมาณจากกร๊าฟในรูป 9.2 ค่าที่ได้จากกร๊าฟจะผิดจากค่าที่หาได้จริงประมาณ 2% ถ้าหากค่า Liquid Limit และ Plastic Limit ของดินเป็นค่าที่ถูกต้อง

ฉะนั้น ก่อนการทดลองเรื่องนี้ควรเอาดินผึ่งไว้ให้แห้งประมาณ 1 สัปดาห์ และหาค่า L.L. และ P.L. ไว้ก่อน

---

** จากผลการวิจัยของ Bowles ยังแสดงให้เห็นว่าถ้าหากผสมดินด้วยเครื่องกวนดินในเวลา 8-10 นาที ค่าความหนาแน่นของดินแห้งยังลดลงอีกประมาณ 10-20 $kg/m^3$ และถ้าหากเป็นดินที่คลุกไว้และบ่มไว้ประมาณ 10-20 ชั่วโมง จึงนำมาทดสอบค่าความหนาแน่นของดินแห้งที่ได้ยังลดลงไปอีก (ค่าความแตกต่างทุก ๆ กรณีที่กล่าวมาจะไม่นำมาพิจารณาเมื่อดินที่ทำการทดลองเป็นดินประเภท Low Plasticity).

สำหรับผู้ที่มีความชำนาญหรือมีประสพการณ์ในการบดอัดดินมาก อาจประมาณค่า O.M.C. โดยการเอาดินที่จะทดสอบผสมกับน้ำใช้มือคลึงให้เข้ากัน และใช้หัวแม่มือกดดินดู เมื่อเห็นว่าปริมาณน้ำในดินน่าจะพอเหมาะก็เอาดินก้อนนั้นไปอบหาค่า Water Content ค่าที่ได้คือค่า O.M.C. โดยประมาณ

5. สถานที่ที่จะทำการบดอัดดินจะต้องเรียบไม่มีการสั่นสะเทือน หรือ Mold ขยับเขยื้อนได้ เพื่อป้องกันมิให้พลังงานการบดอัดต้องสูญเสียเนื่องจากฐานรองของ Mold ไม่มั่นคง ในข้อนี้ ASTM ได้แนะนำว่าที่บดอัดควรจะวางบนแท่งคอนกรีตที่แข็งแรง และมีมวลไม่น้อยกว่า 90 กก.

วิธีการบดอัดดินกล่าวได้ว่าเป็นวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้น ทุ่นค่าใช้จ่ายมากที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ค่าความหนาแน่นของดินที่ได้จากการบดอัดในห้องทดลองจะใช้เป็นค่าควบคุมการบดอัดดินในสนาม ซึ่งงานจริงในสนามนั้นอาจใช้เครื่องมือกลหลาย ๆ ชนิดมาบดอัด ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน เพื่อให้ได้ความหนาแน่นใกล้เคียงหรือมากกว่าบดอัดในห้องทดลอง ค่าที่ใช้เปรียบเทียบการบดอัดดินนั้น เรียกว่าค่า Relative Compaction (R.C.) มีค่าเท่ากับ

$$\text{R.C.} = \frac{\text{ความหนาแน่นของดินแห้งที่ได้จากการบดอัดในสนาม}}{\text{ความหนาแน่นสูงสุดของดินแห้งที่ได้จากการทดลอง}} \times 100\ \%$$

$$\text{R.C.} = \frac{\gamma d\ \text{Field}}{\text{Max. } \gamma d \text{ in Lab.}} \times 100\ \%$$

ค่าที่ได้ออกมาอาจมากกว่าหรือน้อยกว่า 100 % ก็ได้ ยกตัวอย่าง เช่น งานบดอัดดินของถนนสายหนึ่ง ต้องการความแน่นเท่ากับ 90 % ของ Relative Compaction อีกโครงการหนึ่งต้องการ 105 % ของ Relative Compaction ถ้าหากว่าค่าของดินที่ได้จากการบดอัดในห้องทดลองเท่ากับ 1887 $kg/m^3$ งานบดอัดในสนามจะต้องได้ดังนี้

ก. 90 % Relative Compaction = 1698.3 $kg/m^3$

ข. 105 % Relative Compaction = 1981.35 $kg/m^3$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



จากกราฟที่ Plot แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของดินแห้งกับปริมาณน้ำในดิน แต่ละจุดจะเห็นได้ว่า พอเราเพิ่มปริมาณน้ำในดินเข้าไป ค่าความหนาแน่นของดินแห้งก็จะเพิ่มตามไปเรื่อย ๆ จนถึงที่ค่าปริมาณน้ำในดินจุดหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ดินได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด เช่นกัน (จุด O.M.C. ถ้าหากว่าเลยจากจุดนี้ไป เมื่อปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของดินก็จะลดลง และถ้าเพิ่มน้ำเข้าไปอีกความหนาแน่นก็จะลดลงเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าน้ำในดินมีส่วนช่วยในการบดอัดดินเพื่อให้เกิดความหนาแน่นได้สูงสุด การมีส่วนช่วยของน้ำในดินวิเคราะห์ได้เป็นสองกรณีคือ ในกรณีที่เป็น Cohesive Soil น้ำที่เข้าไปห่อหุ้มเม็ดดินอยู่มีส่วนช่วยลด Cohesion ระหว่างเม็ดดินลง ทำให้ดินเมื่อได้รับการบดอัดจัดเรียงตัวกันใหม่ได้ง่ายขึ้น และในกรณีที่ดินเป็น Frictional Soil ปริมาณน้ำในดินจะมีส่วนช่วยในการลดแรงเสียดทานภายใน (Internal Friction) ของดินลง คือจะไปมีส่วนช่วย Lubrication ให้เม็ดดินมีการเรียงตัวใหม่ได้ง่ายขึ้น แต่ถ้ามีน้ำมากเกินไปน้ำจะไปแทนที่ดินหมดก็ทำให้ความหนาแน่นลดลงได้

ดินเมื่อเริ่มทำการทดลอง ภายในเนื้อดินจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเนื้อดิน อากาศ + น้ำ (Three Phase System) และเมื่อเราเพิ่มน้ำเข้าไป น้ำก็จะไปแทนที่ช่องว่างมากขึ้น จนถึงจุดที่ดินเกิดความแน่นได้สูงสุดนั้น เราก็ยังเชื่อว่าภายในเนื้อดินนั้นยังมีส่วนที่เป็นอากาศเหลืออยู่ แต่ถ้าเลยไปทางด้าน Wet Side ของ Curve เมื่อน้ำเข้าไปแทนที่อากาศมากเข้า จนกระทั่งภายในช่องว่างเป็นน้ำไปหมด ทำให้เนื้อดินเหลือเพียงสองส่วนคือ ดิน + น้ำ สภาวะเช่นนี้เรียกว่า Zero-Air-Voids Condition แต่เนื่องจากว่าเป็นไปไม่ได้ที่จะมีการบดอัดดินให้เกิดความแน่นจนกระทั่งไม่มีช่องว่างของอากาศเหลืออยู่ คือตอนนี้ดินจะมีความอิ่มตัว 100 % ($S_r = 1$) ดังนั้น Compaction Curve ต้องอยู่ต่ำกว่า Zero-Air-Voids Curve ทุกครั้ง

สำหรับที่ค่า Water Content ใด ๆ ค่า Dry Density ของ $\gamma_{Zav}$ คำนวณได้จากสูตร

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



$$\gamma_{Zav} = \frac{G.S. \quad \gamma_w}{1 + w\, G.S.} \qquad (9-1)$$

ลักษณะของ Zero-Air-Voids Curve จะเป็นรูปโค้งหงาย

ตัวประกอบบางอย่างที่จะส่งผลกระทบต่อการบดอัด เช่น

1. อุณหภูมิ
2. ขนาดของ Mold ที่อาจผิดมาตรฐาน
3. การกระจายของน้ำหนักฆ้อน เมื่อบดอัดว่าเต็มหน้าดินหรือไม่
4. ดินส่วนที่มีจะเกินขอบ Mold ทั้งสองด้านและติดภายนอก
5. ขบวนการทดลองต่าง ๆ เช่น การผสม, การบ่ม

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ให้นักศึกษาแต่ละกรุ๊ฟ นำดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ ร่อนผ่านตะแกรง No.4 จำนวน 3 กก. ผสมกับน้ำตามเปอร์เซนต์ที่สมมุติขึ้นโดยกะให้ต่ำกว่า O.M.C. โดยประมาณ (จากตาราง 9.2) 4-5 % สมมุติว่า เริ่มต้นที่ 12 % แต่ไม่ได้หมายความว่าให้เติมน้ำไปเลย 12 % เนื่องจากว่าดินที่ทดสอบเป็นดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ ฉะนั้น ดินจึงมีความชื้นอยู่บ้าง เพราะฉะนั้น ให้ประมาณเอาว่าดินมีความชื้นอยู่แล้วประมาณ 2-4 % สมมุติว่าดินมีความชื้นอยู่ประมาณ 3 % เพราะฉะนั้น ปริมาณน้ำที่เติมลงไปจริงก็เท่ากับ 9 % โดยน้ำหนักเมื่อผสมดินกับน้ำคลุกเคล้าให้ทั่วแล้วหมักไว้ โดยใช้ผ้าชื้นคลุมดินไว้ หรือใส่ในถุง Plastic 24 ชั่วโมง จึงนำมาทดสอบแต่ในกรณีที่เป็นการทดลองของนักศึกษาไม่ต้องบ่มก็ได้ เพราะเวลาจำกัด

2. ชั่งเฉพาะ Mold เปล่า ๆ ไม่รวม Collar และ Base Plate บันทึกน้ำหนัก Mold เปล่า ๆ ไว้ และวัดปริมาตร Mold

3. ประกอบ Mold เข้ากับ Base Plate และ Collar หาสถานที่ที่เหมาะสมควรจะเป็นพื้นคอนกรีต ถ้าพื้นไม่แน่นพอจะทำให้พลังงานการบดอัดสูญเสีย

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

4. แบ่งดินออกเป็น 3 ส่วน เอาส่วนที่หนึ่งใส่ลงไปใน Mold โดยกะว่าเมื่อบดอัดแล้วให้ได้ความหนาแน่นประมาณ 1/3 ของปริมาตร Mold และถ้าหากว่า Mold มีปริมาตร 1000 $cm^2$ บดอัด 26 ครั้ง/ชั้น จึงจะได้ค่า Compaction Energy ใกล้เคียงกัน ระหว่างการบดอัดดินชั้นที่ 3 ได้ประมาณ 10 ครั้ง ถ้าหากเห็นว่าดินยังต่ำกว่าขอบ Mold ให้เติมดินลงไปให้พอแล้วบดอัดต่อ โดยกะว่าให้ดินเกินขอบ Mold ขึ้นมาประมาณ 5 มม.

5. ถอด Collar ออกปาดดินส่วนเกินให้พอดีกับของ Mold ถอด Base Plate นำ Mold กับดินไปชั่งน้ำหนักและบันทึกไว้พร้อมกับคำนวณหาค่าความหนาแน่น

$$\gamma Wet = \frac{\text{น.น. ดิน}}{\text{ปริมาตร}}$$

6. เอาดินออกจาก Mold โดยใช้ Sample Ejeltor ช่วยเอาดินตรงส่วนบนและส่วนล่างใส่กระป๋องอบดิน เพื่อหาค่า Water Content

7. นำดินส่วนที่เหลือทั้งหมดคลุกกับน้ำใหม่ โดยเพิ่มครั้งละ 2 % ทำตามลำดับขั้นที่ 4-6 สามถึงสี่ค่าหรือจนกว่าน้ำหนักดินใน Mold ลดลง แล้วทำต่ออีก 1 ครั้ง

8. ในวันรุ่งขึ้นเมื่อทราบ Water Content แล้วให้คำนวณหาค่าความหนาแน่นของดินแห้ง

$$\gamma d = \frac{\gamma Wet}{1 + w}$$

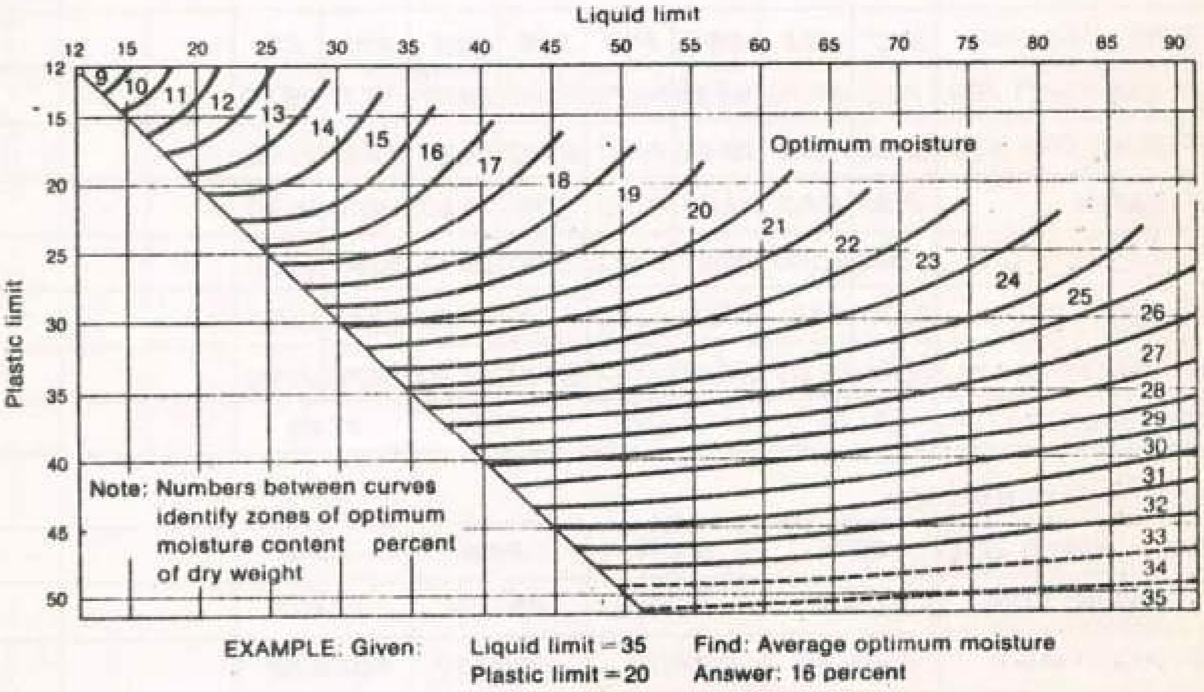
9. นำค่า Water Content และ $\gamma d$ มา Plot ในกร๊าฟให้ Water Content เป็นแกน X, $\gamma d$ เป็นแกน Y

จากกร๊าฟให้หาค่า Maximum Dry Density และค่า O.M.C. (เมื่อ Plot กร๊าฟให้พิจารณาความเหมาะสมของ Scale ด้วย)

10. เขียน Zero-Air-Void Curve เมื่อทราบค่า G.S. (ถ.พ.) ของดิน โดยใช้สูตรจากสมการ (9-1)

ไกล้รุ้ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ถ้าไม่ทราบให้สมมุติเอาว่า ความหนาแน่นที่ตำแหน่ง Maximum $\gamma_d$ ของ Zero-Air-Void มีค่ามากกว่า Maximum Dry Density อยู่ 5 % ซึ่งจากสมมุติฐานอันนี้ก็สามารถหาค่า $\gamma_d$ ของดิน และสามารถหาค่า Dry Density ที่ Water Content ต่าง ๆ กันของ Zero-Air-Void ได้ ถ้าหากว่า Curve ของ $\gamma_{Z.A.V.}$ ตกลงช่วงใดช่วงหนึ่งตรงจุดนั้นให้เพิ่มค่า Dry Density อีก 1 Percent แล้วคำนวณใหม่ให้ $\gamma_{Z.A.V.}$ อยู่เหนือ Compaction Curve ทุกตำแหน่ง




ตาราง 9-2

ใกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 ........./010



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS

EPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. NATIONAL HOUSING AUTHORITY

OCATION OF PROJECT. TUNG SONG HONG BORING NO. — SAMPLE NO. S5

ESCRIPTION OF SOIL. DARK GRAY CLAY

EST PERFORMED BY. Mr. KANOOK TITANUN DATE OF TEST. 10-2-81

COMPACTION TEST

LOWS / LAYER. 25 NO. OF LAYER. 3 Wt. OF HAMMER 2.455 Kg.

OLD DIMENSIONS: DIA. 10 Cm. Ht. 11.97 Cm. VOL. 0.00094 $M^3$

WATER CONTENT DETERMINATION.

| SAMPLE NO | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MOISTURE CAN NO. | 202 | 252 | 264 | 263 | 236 | 255 | 251 | 231 | | | | |
| Wt. OF CAN + WET SOIL | 70.10 | 84.70 | 92.25 | 86.70 | 76.60 | 89.10 | 87.20 | 98.50 | | | | |
| Wt. OF CAN + DRY SOIL | 62.80 | 73.10 | 78.40 | 74.10 | 65.30 | 74.90 | 73.20 | 81.60 | | | | |
| Wt. OF WATER. | 9.30 | 11.60 | 13.85 | 12.60 | 11.30 | 14.20 | 14.00 | 16.90 | | | | |
| Wt. OF CAN. | 20.00 | 20.00 | 20.40 | 20.20 | 21.00 | 20.10 | 20.80 | 20.60 | | | | |
| Wt. OF DRY SOIL | 42.80 | 53.10 | 58.00 | 53.90 | 44.30 | 54.80 | 52.40 | 61.00 | | | | |
| WATER CONTENT, ω% | 21.72 | 21.09 | 23.87 | 23.37 | 25.50 | 25.90 | 26.70 | 27.70 | | | | |
| AVERAGE WATER CON. | 21.81 | | 23.58 | | 25.70 | | 27.20 | | | | | |

DENSITY DETERMINATION.

| ASSUMED WATER CON. | 20.% | 22% | 24% | 26% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TRUE WATER CON. | 21.81% | 23.58% | 25.70% | 27.20% | | |
| Wt. OF SOIL + MOLD | 6005.50 | 6080.10 | 6099.00 | 6088.50 | | |
| Wt. OF MOLD. | 4295.50 | 4295.50 | 4295.50 | 4295.50 | | |
| Wt. OF SOIL IN MOLD. | 1710.00 | 1784.60 | 1803.50 | 1793.00 | | |
| WET DENSITY, γ Kg/$M^3$ | 1819.14 | 1898.50 | 1918.50 | 1908.00 | | |
| DRY DENSITY, γd Kg/$M^3$ | 1493.42 | 1536.25 | 1526.25 | 1500.00 | | |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530
UT......./...



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. *NATIONAL HOUSING AUTHORITY.*

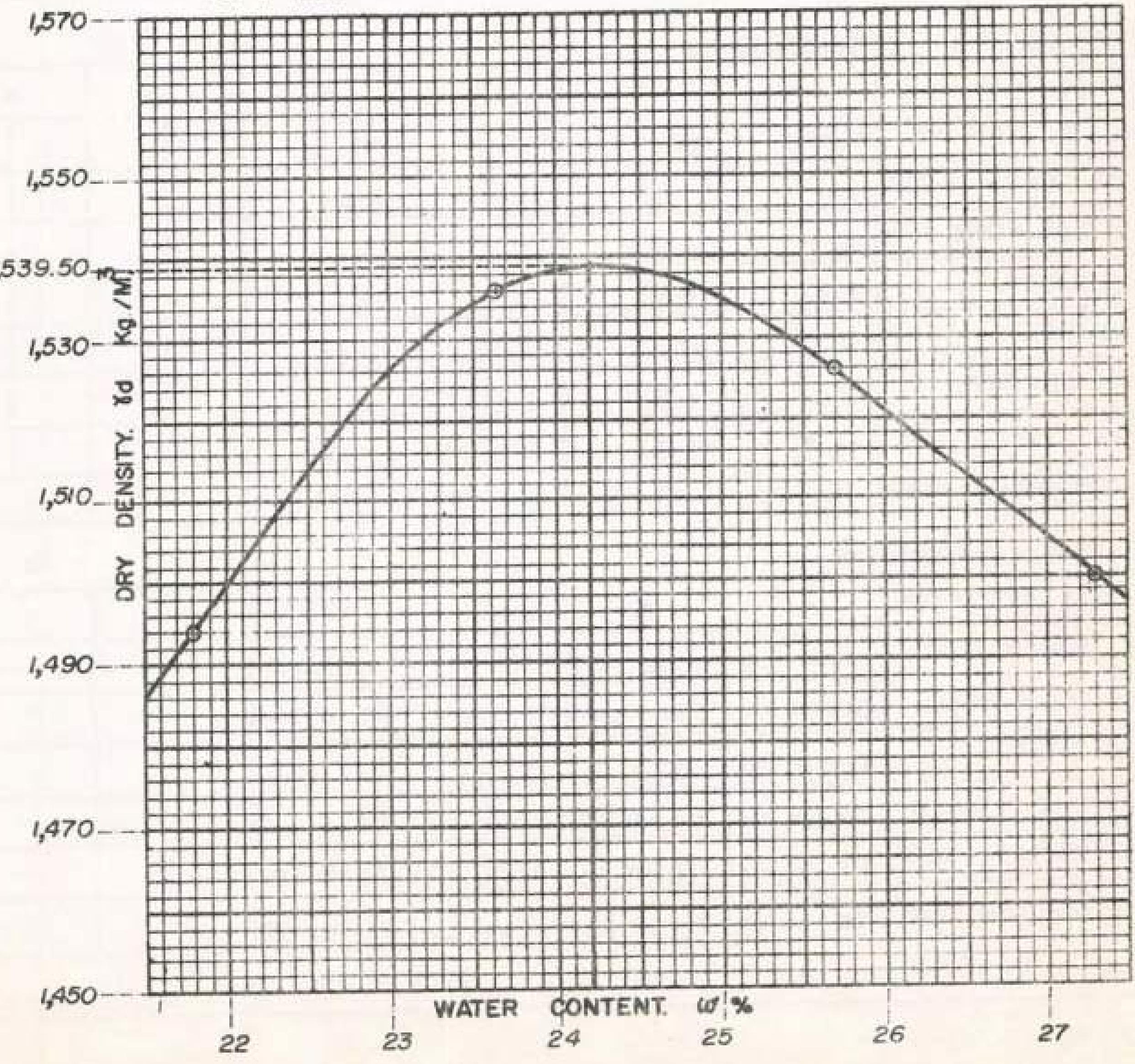
LOCATION OF PROJECT. *TUNG SONG HONG.* BORING NO. ______ SAMPLE NO. *S5*

DESCRIPTION OF SOIL. *DARK GBAY CLAY.*

TEST PERFORMED BY. *Mr. KANOCK TITANUN* DATE OF TEST. *2-8-81*

MAX. DRY DENSITY = *1539.50* Kgs / $M^3$

OPT. M.C. = *24.20* %



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

# UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. NATIONAL HOUSING AUTHORTY

LOCATION OF PROJECT. UTHEN THAWAI CUMPUS BORING NO. ______ SAMPLE NO. 55

DESCRIPTION OF SOIL. DARK GRAY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr. SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 22-7-30 → 23-7-30

## COMPACTION TEST

BLOWS / LAYER. 25 NO. OF LAYER. 3 Wt. OF HAMMER 2.497 Kg.

MOLD DIMENSIONS: DIA. 10.00 Cm. Ht. 11.97 Cm. VOL. 0.000944 $M^3$

WATER CONTENT DETERMINATION.

| SAMPLE NO. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MOISTURE CAN NO. | 01.7 | | 9.00 | | 127 | | 101 | | | | | |
| Wt. OF CAN + WET SOIL | 114.6 | | 11.00 | | 108.6 | | 120.3 | | | | | |
| Wt. OF CAN + DRY SOIL | 104.6 | | 10.02 | | 98.4 | | 106.2 | | | | | |
| Wt OF WATER. | 10.0 | | 9.8 | | 10.2 | | 14.1 | | | | | |
| Wt. OF CAN. | 36.5 | | 35.4 | | 37.4 | | 33.9 | | | | | |
| Wt. OF DRY SOIL | 68.1 | | 64.3 | | 61.0 | | 72.6 | | | | | |
| WATER CONTENT, ω% | 14.68 | | 15.12 | | 16.72 | | 19.42 | | | | | |
| AVERAGE WATER CON. | 14.68 | | 15.12 | | 16.72 | | 19.42 | | | | | |

DENSITY DETERMINATION.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ASSUMED WATER CON. | 7%. | 9%. | 11%. | 13%. | |
| TRUE WATER CON. | 14.68 | 15.12 | 16.72 | 19.42 | |
| Wt. OF SOIL + MOLD | 6008.00 | 6119.00 | 6212.00 | 6218.00 | |
| Wt. OF MOLD. | 4234.00 | 4284.00 | 4284.00 | 4284.00 | |
| Wt. OF SOIL IN MOLD. | 1724.00 | 1835.00 | 1928.00 | 1934.00 | |
| WET DENSITY, γ Kg/$M^3$ | 1826.27 | 1943.86 | 2042.37 | 2048.73 | |
| DRY DENSITY, γd Kg/$M^3$ | 1592.49 | 1688.55 | 1749.80 | 1715.57 | |
| ปริมาณน้ำ cc | 210 | 270 | 330 | 390 | |

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

## UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. NATIONAL HOUSING AUTORI

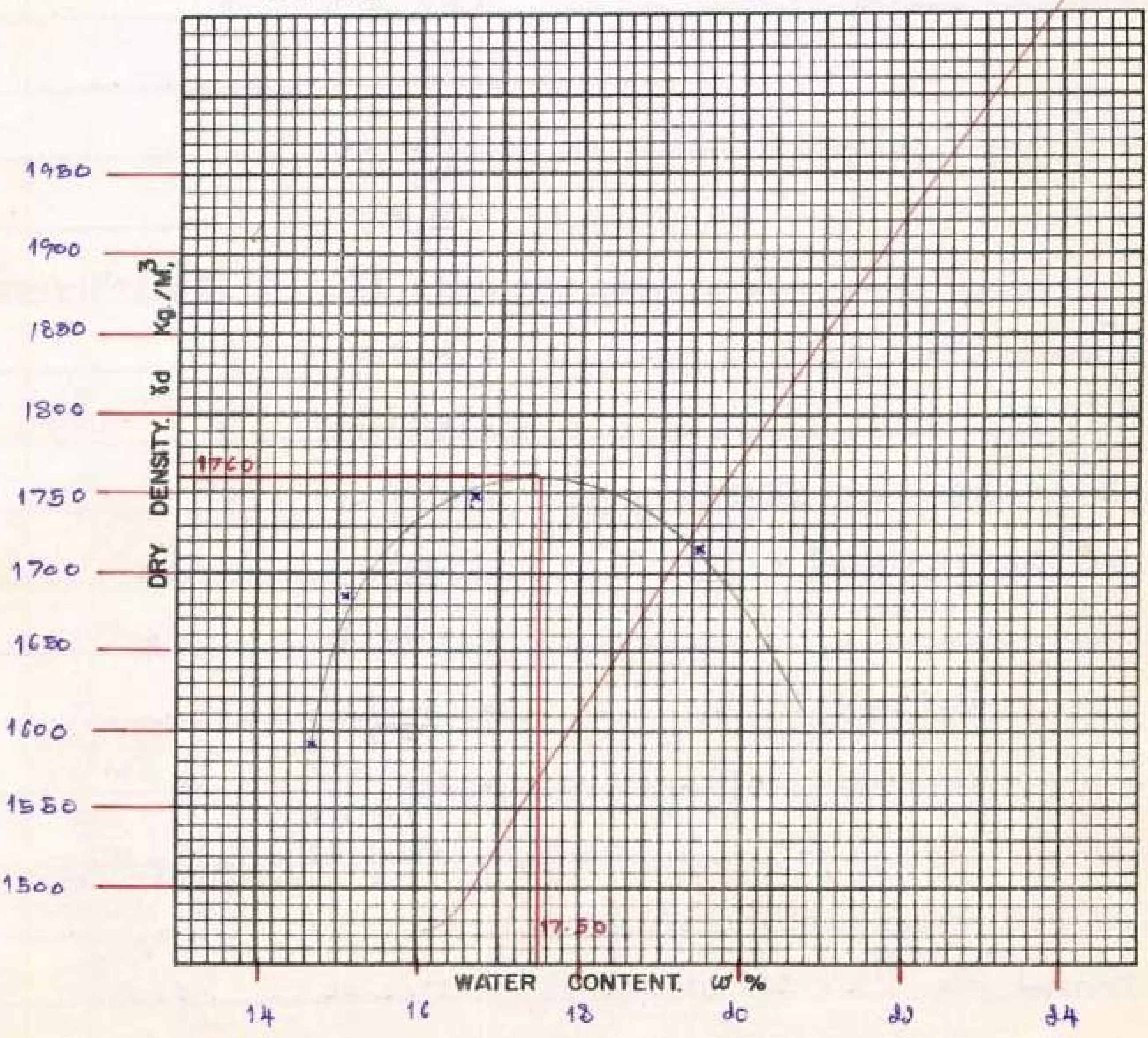
LOCATION OF PROJECT. UTHENTHAWAI CAMPUS BORING NO. ______ SAMPLE NO. 35

DESCRIPTION OF SOIL. DARK GRAY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr. SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 22-7-30 → 23-7-3

MAX. DRY DENSITY = 1760.00 Kgs / M$^3$

OPT. M.C. = 17.50 %



# ตัวอย่างรายการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 1

| | | |
|---|---|---|
| wt OF can + WET SOIL | = 114.6 | g |
| wt OF can + DRY SOIL | = 104.6 | g |
| wt OF can | = 36.5 | g |
| wt OF water (ww) | = 114.6 - 104.6 | g |
| | = 10.00 | g |
| wt OF DRY SOIL (Ws) | = 104 - 36.5 | g |
| | = 68.1 | g |
| water CONTENT, w% | $= \frac{W_w}{W_s} \times 100$ | % |
| | $= \frac{10}{68.1} \times 100$ | % |
| | = 14.68 | % = TRUE water CONTENS |
| wt OF SOIL + MOLD | = 6008.00 | g |
| wt OF MOLD | = 4284.00 | g |
| wt OF SOIL IN MOLD | = 1724.00 | g |
| wet DENSITY, $\gamma_{wet} = \frac{W}{V}$ | $= \frac{1.72400}{0.000944}$ | kg/m^3 |
| | = 1826.27 | kg/m^3 |
| DRY DENSITY, $\gamma_d$ | $= \frac{\gamma_{wet}}{1+w}$ | |
| | $= \frac{1826.27}{1+0.1468}$ | kg/m^3 |
| | = 1592.49 | kg/m^3 |

* หากกราฟ ได้ค่า Max DRY DENSITY = 1760.00 kg/m^3

water CONTENT = 17.5 %

## สรุปผลการทดลอง

ที่ทำการบดอัดดินเพื่อให้เม็ดดินมีการเรียงตัวกันใหม่ และอยู่ในสภาพแน่น เพื่อให้ช่วยลดการทรุดตัว และการซึมของน้ำ รวมทั้งเพิ่มความต้านทานของดินที่รับน้ำหนัก ช่วยให้ดินมีความคงตัว มิให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปได้ง่ายต่อสิ่งก่อสร้าง ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ทำงานในกรณีที่ดินมีความเหนียวแน่น Cohesive soil แรงยึดเหนี่ยวของอนุภาค cohesion จะต้านทานการเรียงตัวใหม่ของดิน ฉะนั้นจึงได้ค่าความหนาแน่นของการบดอัดไม่ดีพอให้ดินชนิดนี้ ในการเติมน้ำลงไป น้ำซึมแทรกระหว่างเม็ดดินจะช่วยลด cohesion ของเม็ดดินลง ซึ่งช่วยในการบดอัดดินได้ดีขึ้น ถ้าเป็นดินชนิดไม่มีความเหนียวแน่นเมื่อบดอัดเม็ดดินที่จะเรียงตัวกันใหม่ ถ้าเพิ่มการบดอัดมากขึ้น ก็จะทำให้เม็ดดินเกิดการแตกตัวตรงจุดสัมผัส ทำให้มีขนาดเล็กลง และทำให้ดินมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แรงเสียดทานภายในดิน เพื่อให้การบดอัดได้ผลจึงเติมน้ำลง เพื่อลดแรงเสียดทานของเม็ดดิน และเติมน้ำลงไปในดินแห้ง ดินจะอมน้ำไว้รอบเม็ดดินจะมีน้ำหุ้มอยู่บางๆ เติมน้ำอีก น้ำที่หุ้มเม็ดดินจะเพิ่มขึ้น ช่วยให้เม็ดดินเกิดการ Slide ตัวได้ง่ายมาก แต่ถ้าหากเติมน้ำมากเกินไป น้ำจะแทนที่ช่องว่างในดินหมด ซึ่งจะช่วยให้การบดอัดไม่ได้ผล จะเห็นว่าการเติมน้ำลงไปต้องมีขีดจำกัดจึงจะได้ผลดี และจากการทดลองนี้ เปอร์เซ็นต์น้ำที่เติมลงไปคือ 7% = 210, 9% = 270, 11% = 330, 13% = 390 ซม$^3$ และผลการทดลองคือ ค่าการเติมน้ำลงไปในดินแห้ง = 17.50% = water content จะได้ค่า Max Dry Density = 1760 kg/m$^3$ และถ้าเติมน้ำลงไปอีกก็จะทำให้ค่าความหนาแน่นน้อยลงไปเรื่อยๆ

* ปัญหาของการบดอัดดินในสนาม ที่พบบ่อยคือ มีความชื้นน้อย และเปียกเกินไป และปัญหาความชื้น ถ้าดินมีความชื้นต่ำกว่า OMC การแก้ปัญหาโดยการเติมน้ำลงไป และคลุกเคล้าให้ทั่ว และกรณีสูงกว่า O.MC การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีเกลี่ยดินเป็นชั้นบางๆ เพื่อผึ่งแดดให้แห้ง จนกว่าดินมีความชื้นเหมาะสมที่จะทำการบดอัด *

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 10

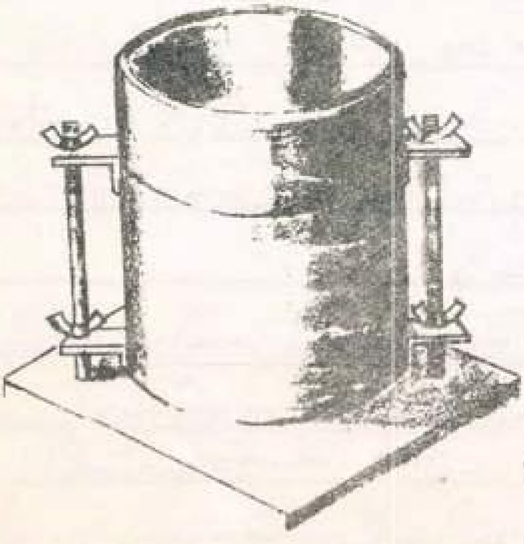
## การบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน

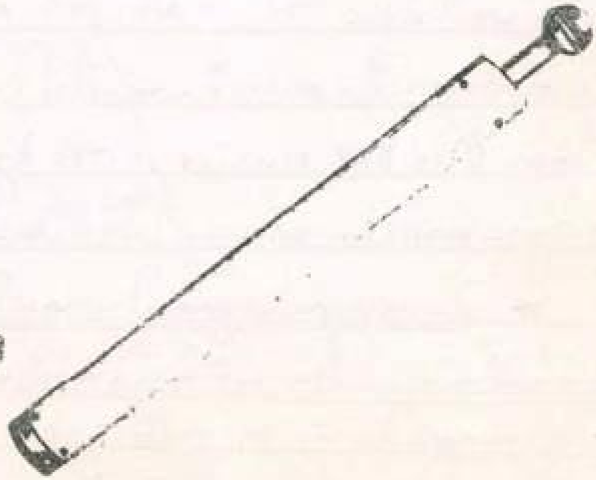
วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาทราบถึงวิธีการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน และทราบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และปริมาณน้ำในดิน

อุปกรณ์

1. Modified Compaction Mold ปริมาณ 1/13.33 ฟ$^3$
2. ฆ้อนบดอัดหนัก 10 lb. หรือ 4.54 kgs.
3. ตาชั่งสนาม
4. ตาชั่งที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 กรัม
5. ถาดผสมดิน
6. กระบอกตวง
7. Straight Edge สำหรับปาดดินให้เรียบ
8. กระป๋องอบดินสำหรับหาค่า Water content





หลักการ

ในสมัยก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 เล็กน้อย เครื่องบินรบและยุทธปัจจัยหลายอย่างมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากทำให้ต้องการการบดอัดดินในชั้น Sub Grade ของลานจอดและทางวิ่งของเครื่องบินสูงกว่าค่าการบดอัดดินแบบมาตรฐานมากและต้องใช้การบดอัดดินที่มีค่า Relative Compaction สูงเกินกว่า 100 % แทบทุกครั้งก็เลยทำให้การบดอัดแบบมาตรฐานไม่เหมาะสมที่จะใช้และมีการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานเข้ามาแทนที่ (ปัจจุบันเรียกว่า Modifed Practor, Modified AASHTO, หรือ Modified Compaction Test) การบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานประกอบด้วยอุปกรณ์และกฎเกณฑ์ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| Mold | 1/30 $ฟ^3$ | 1/13/.33 $ฟ^3$ |
| Hammer (wt.) | 10 ปอนด์ | 10 ปอนด์หรือ 4.54 กก. |
| จำนวนชั้นที่บดอัด | 5 ชั้น | 5 ชั้น |
| จำนวนครั้งที่อัด /1 ชั้น | 25 ครั้ง | 54 ครั้ง |
| ระยะความสูงของ Hammer | 1.5 ฟุต | 1.5 ฟุตหรือ 0.46 เมตร |
| น.น. ดินที่ใช้ประมาณ | 3 กก. | 5 กก. |

ซึ่งทำให้ได้ค่าพลังงานการบดอัดดินเท่ากับ

$$C.E. = \frac{25\ (5)\ (1.5)\ (10)}{1/30} = \frac{56250\ ft - lb}{cu.ft}$$

วิธีการทดลองและการเตรียมตัวอย่าง เหมือนกับการบดอัดดินแบบมาตรฐานทุกอย่าง คือ ใช้ดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศและร่อนผ่านตะแกรง No. 4 จำนวน 3 กก. หรือ 5 กก. มาคลุกเคล้ากับน้ำจำนวนหนึ่งและบดอัดด้วยพลังงานเท่ากับ 56250 $\frac{ft - lb}{cu.ft}$ แล้วหาค่าความหนาแน่นของดิน เสร็จแล้วก็คลุกเคล้ากับน้ำที่เพิ่มเข้าไปอีกและบดอัดใหม่ หรือจะใช้ดินใหม่ก็ได้ จากนั้นก็นำค่า Dry Density และ Water Content มา Plot กร๊าฟหาค่า Maximum Dry

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

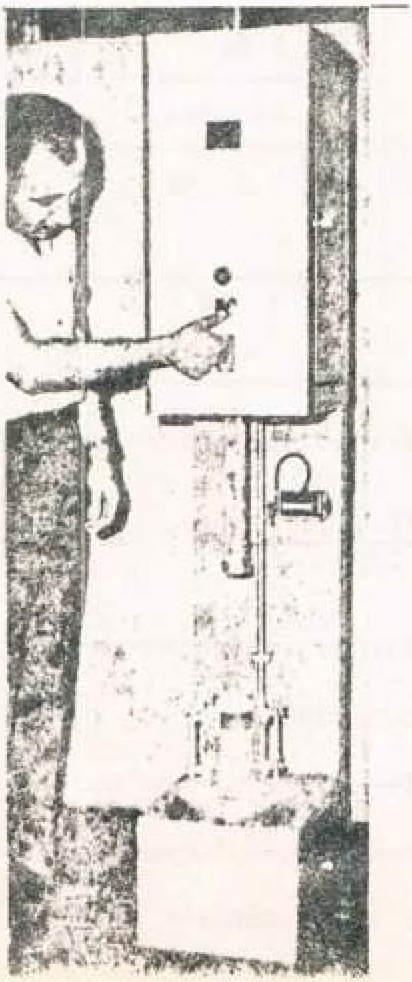


Density และ O.M.C. เหมือนกับการบดอัดดินแบบมาตรฐานเนื่องจากเป็นการบดอัดด้วยพลังงานที่มากกว่าก็เลยทำให้ได้ค่า Max $\gamma_d$ สูงกว่าแบบมาตรฐานประมาณ 5-10% และได้ค่า O.M.C. ต่ำกว่า

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ลำดับขั้นการทดลองเหมือนกับการบดอัดดินแบบมาตรฐานทุกอย่างเพียงแต่การนำดินผสมกับน้ำครั้งแรกให้ผสมด้วยจำนวนน้ำที่น้อยกว่าค่า O.M.C. ที่ประมาณจากกร๊าฟ 6 - 8% และเพิ่มเปอร์เซนต์น้ำครั้งละ 2%

2. สำหรับในกรณีที่ใช้ Mold มีปริมาตรเท่ากับ 1/13.33 ฟุต$^3$ ต้องใช้ดินตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 5 กก.



Compactor

C-20

เครื่องกวนดิน

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT /010

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

## UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. NATIONAL HOUSING AUTHO

LOCATION OF PROJECT. UTHEN THAWAI CAMPUS BORING NO. ______ SAMPLE NO. ______

DESCRIPTION OF SOIL. DARK GRAY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 29 - 7 - 30

### COMPACTION TEST

BLOWS / LAYER. 56 NO. OF LAYER. 5 Wt. OF HAMMER 4.545 Kg.

MOLD DIMENSIONS: DIA. – Cm. Ht. – Cm. VOL. 0.001 $M^3$

WATER CONTENT DETERMINATION.

| SAMPLE NO. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MOISTURE CAN NO. | K08 | | B32 | | B16 | | 600 | | A-2 | | | |
| Wt. OF CAN + WET SOIL | 126.6 | | 118.1 | | 120.7 | | 125.5 | | 117.1 | | | |
| Wt. OF CAN + DRY SOIL | 117.5 | | 108.8 | | 110.1 | | 113.5 | | 104.9 | | | |
| Wt OF WATER. | 9.10 | | 9.30 | | 10.6 | | 12.0 | | 12.2 | | | |
| Wt. OF CAN. | 35.10 | | 37.90 | | 38.50 | | 34.60 | | 33.80 | | | |
| Wt. OF DRY SOIL | 82.30 | | 70.90 | | 71.6 | | 78.60 | | 71.10 | | | |
| WATER CONTENT, ω% | 10.97 | | 13.12 | | 14.80 | | 15.31 | | 17.16 | | | |
| AVERAGE WATER CON. | 10.97 | | 13.12 | | 14.80 | | 15.31 | | 17.16 | | | |

DENSITY DETERMINATION.

| ASSUMED WATER CON. | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TRUE WATER CON. | 0.1097 | 0.1480 | 0.1480 | 0.1531 | 0.1716 | |
| Wt. OF SOIL + MOLD | 11025.00 | 11261.00 | 11299.00 | 11288.00 | 11226.00 | |
| Wt. OF MOLD. | 6651.00 | 6651.00 | 6651.00 | 6651.00 | 6651.00 | |
| Wt OF SOIL IN MOLD. | 4374.00 | 4648.00 | 4648.00 | 4637.00 | 4575.00 | |
| WET DENSITY, γ Kg/$M^3$ | 4374.00 | 4610.00 | 4648.00 | 4637.00 | 4575.00 | |
| DRY DENSITY, γd Kg/$M^3$ | 3941.10 | 4075.32 | 4048.78 | 4021.33 | 3904.92 | |
| ปริมาณน้ำ | 480 | 600 | 720 | 840 | 960 | |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. —

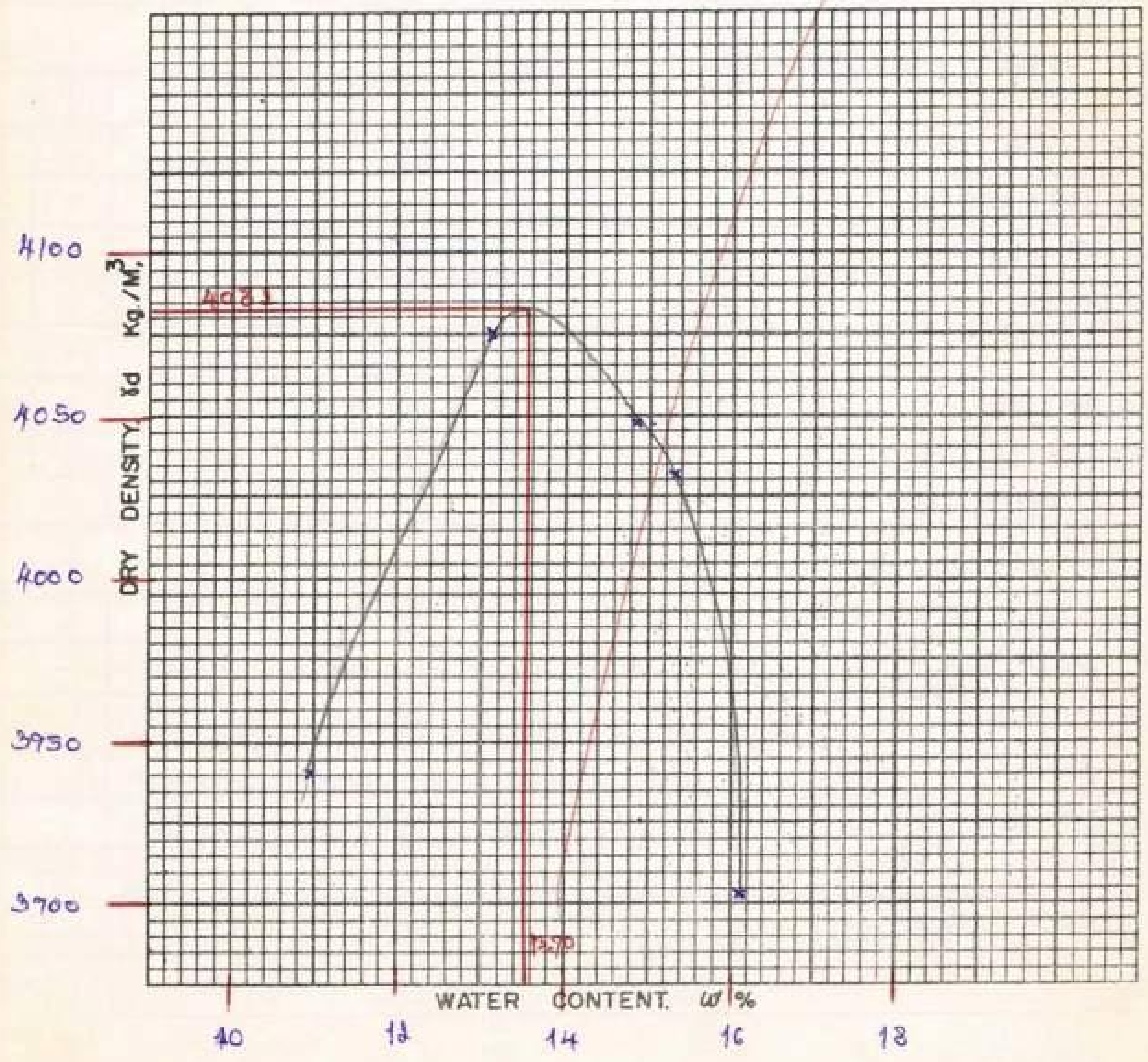
LOCATION OF PROJECT. — BORING NO. — SAMPLE NO. —

DESCRIPTION OF SOIL. —

TEST PERFORMED BY. Mr Soontorn Ponthat DATE OF TEST. 29-7-30

MAX. DRY DENSITY = 4082.00 Kgs / $M^3$

OPT. M.C. = 13.70 %



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



## ตัวอย่างรายการคำนวณ

ตัวอย่าง

| | |
|---|---|
| wt of can + wet soil | = 126.6 g |
| wt of can + dry soil | = 117.5 g |
| wt of water | = 9.10 g |
| wt of can | = 33.20 g |
| wt of DRY soil | = 84.30 g |
| water content | = 9.10 x 100 / 84.30 |
| | = 10.97 % |
| wt of soil + mold | = 11025.00 g |
| wt of mold | = 6651.00 g |
| wt of soil in mold | = 4374.00 g |
| wet density (γ) | = 4374.00/1 = 4374 kg/m³ |
| DRY density (γd) | = 4374 / 1.097 |
| | = 3987.23 kg/m³ |

| | |
|---|---|
| ค่า water content (w%) | = 13.70 % สูงสุด |
| ได้ค่า DRY DENSITY, γd | = 4083 kg/m³ |

ไกล้รุ่ง-มีศีลธรรม
พ.ศ. 2530



## สรุปผลการทดลอง

ในการบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐาน ในการหาค่าบดอัดได้ค่าที่สูงกว่าแบบมาตรฐาน ค่าเปอร์เซ็นต์ water content (w) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบมาตรฐาน ซึ่งแบบมาตรฐานจะได้รูปแบบพาลาโบล่า และส่วนแบบสูงกว่ามาตรฐานเป็นรูปพาลาโบล่าแต่ชันกว่า จึงมีค่า water content เมื่อค่า γd สูงสุดจะได้ค่า (w) จะมีค่าอยู่หนึ่งค่า (เช่นเดียวกันกับการบดอัดมาตรฐาน) และค่าการทดลอง ตลอดของค่า γd กับค่า (w) นั้น ตลอดทั้งหมด มีความสัมพันธ์

การบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานจะได้กราฟ ไม่ได้แบบไม่แน่นอน เมื่อเติมน้ำลงไป และจะได้ค่า γd มีความไม่แน่นอน นั้นแตกต่างกันไป และไม่มีความแน่นอน เหมือนการทดลองการบดอัดแบบมาตรฐาน

| ค่า | การบดอัดดินแบบมาตรฐาน | แบบสูงกว่ามาตรฐาน |
|---|---|---|
| γd Std | 1760 kg/m³ | 17.50 % |
| w Modified | 4082 kg/m³ | 13.70 % |

จากตาราง ข้างบนจะเห็นค่าความแตกต่าง ทั้งสองวิธี จะเห็นว่า แบบมาตรฐานให้ค่า (γd) และ (w) ตามแบบสูงกว่ามาตรฐาน

ในการทดลองครั้งนี้ แบบมาตรฐาน และแบบสูงกว่ามาตรฐาน ใช้ดินแหล่งเดียวกัน และความชื้นของดินเท่ากันด้วย

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 11

## การหาความหนาแน่นของดินในสนาม

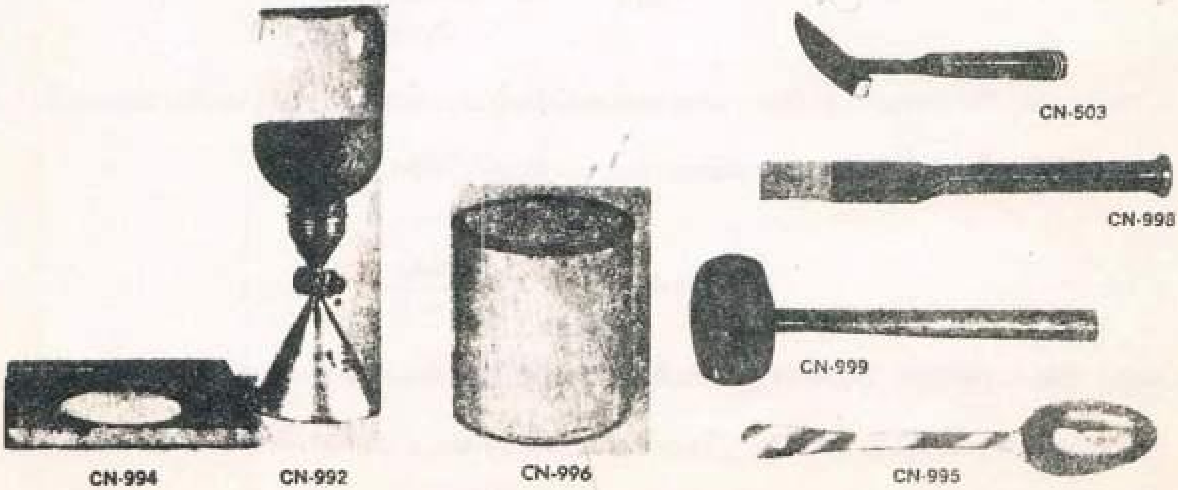
**วัตถุประสงค์**

เพื่อให้นักศึกษาทราบถึงวิธีการหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม โดยวิธีการอย่างง่าย ๆ

**อุปกรณ์**

1. ขวดบรรจุทรายพร้อมกรวยและอุปกรณ์ประกอบ
2. เครื่องมือที่ใช้ในการขุดดิน
3. กระป๋องใส่ดินมีฝาปิดความจุ ประมาณ 1 แกลลอน
4. ถุงหรือภาชนะเอาไว้ใส่ทรายที่ใช้เสร็จแล้ว
5. ตาชั่งสนาม
6. ตาชั่งที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 กรัม
7. กระป๋องอบดิน เพื่อหาค่าปริมาณน้ำในดิน

(ดูภาพประกอบ )



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



<u>หลักการ</u>

เนื่องจากว่าการบดอัดดินได้ถูกนำมาเป็นข้อกำหนดของการควบคุมคุณสมบัติของงานที่เกี่ยวข้องกับดิน โดยมากก็จะเป็นเรื่องของปริมาณน้ำในดิน และค่าความหนาแน่นมาตรฐานของดินที่กำหนดไว้ ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการมาตรวจสอบคุณสมบัติของดินที่ได้บดอัดไปแล้วนั้นว่าได้ความหนาแน่นใกล้เคียงหรือเท่ากับค่ามาตรฐานหรือไม่ โดยการตรวจสอบในสถานที่ก่อสร้างนั้น ๆ เลย วิธีการตรวจสอบความหนาแน่นของดินในสนามมีมากมายหลายวิธี เช่น Ballon Method, Neuclear Method ซึ่งทั้งสองวิธีดังกล่าวจะไม่ขอกล่าวในรายละเอียด ส่วนที่จะกล่าวในรายละเอียดได้แก่วิธี Sand Cone Method หรือ Sand Replacement ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งงานเล็กและงานที่เป็นโครงการใหญ่ ๆ Sand Cone Method ก็อาศัยหลักการอย่างง่าย ๆ ในการหาความหนาแน่นของดินในสนาม

$$\text{ความหนาแน่นของดินมีค่าเท่ากับ} = \frac{\text{น้ำหนักดิน}}{\text{ปริมาตรดิน}}$$

น้ำหนักดินเราสามารถทราบได้ โดยตรงจากการขุดขึ้นมาแล้วนำไปชั่ง ส่วนปริมาตรไม่สามารถวัดได้โดยตรง ลักษณะของหลุมที่ขุดลงไปเป็น Irregular Shape แต่ถ้าหากว่าเราสามารถหาปริมาตรได้ก็จะทำให้เราทราบความหนาแน่นของดินในสนามได้ทันที ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$\gamma_{wet} = \frac{\text{น.น. ดินที่ขุดได้}}{\text{ปริมาตรหลุม}}$$

ความหนาแน่นที่หาออกมาได้เป็นความหนาแน่นของดินชื้นและถ้าหากเราทราบปริมาณความชื้นในดินของดินที่ขุดขึ้นมา ก็จะทราบความหนาแน่นของดินแห้งได้อีก

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{wet}}{1 + w}$$

sand Cone Method มีวิธีการที่จะหาปริมาตรของดินที่ขุดขึ้นมาได้โดยการใช้ Uniford Sand ที่ทราบความหนาแน่นไปแทนที่หลุม (โดยปรกติจะใช้ Ottawa Sand) หรือจะให้ทรายในบ้านเราที่ร่อนผ่านตะแกรง No. 20 แต่ค้างบน No. 30 หรือผ่าน No. 30 ค้างบน No. 40 หรือ No. 50 อย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

สมมุติว่า Uniform Sand ของเรามีความหนาแน่นเท่ากับ 1.60 กรัม/ซม.$^3$ และเททรายลงในหลุมทั้งหมดเท่ากับ 4800 กรัม เพราะฉะนั้นก็หาปริมาตรของหลุมโดย

ปริมาตรของหลุม = ปริมาตรของทรายในหลุม

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

$$= \frac{4800}{1.6} = 3000\ C.M.^3$$

โดยปกติหลุมที่เจาะตรวจสอบจะมีขนาดไม่โตนัก ดังนั้น ข้อมูลที่ได้อาจผิดพลาดได้ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดเมื่อตรวจสอบก็ให้ใช้ขนาดของหลุมตามที่ Astm แนะนำไว้

| Max. Sieve Size of Soil | Volume of Test Hole | Size of Water Content Sample |
|---|---|---|
| No. 4 | 700 c.c. | 100 gms. |
| 12.7 m.m. | 1400 c.c. | 250 " |
| 25 m.m. | 2100 c.c. | 500 " |
| 50 m.m. | 2800 c.c. | 1000 " |

ในการทำงานจริงถ้าหากมีเตาอบขนาดใหญ่ อาจเอาดินที่ขุดมาจากหลุมทั้งหมดเข้าเตาอบเพื่อหาค่า Water Content เลยก็ยิ่งดี การเจาะดินควรกระทำด้วยความรวดเร็ว เพื่อป้องกันมิให้ดินสูญเสียปริมาณความชื้นในดินระหว่างการขุด และกระป๋องใส่ดินต้องปิดฝาหรือผนึกให้แน่นทันทีที่ขุดเสร็จ

และเมื่ออยู่ในระหว่างการเททรายลงหลุม ระวังอย่าให้มีการกระเทือน เพราะจะทำให้ทรายที่อยู่ในหลุมแน่น และปริมาณมากขึ้นเมื่อนำไปหาปริมาตรจะทำให้ได้ปริมาตรที่เกินความจริง

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ลำดับขั้นการทดลอง 1. Calibration of Equipment

1.1 หาความหนาแน่นของทรายที่ได้ในการทดสอบทำได้โดยการ

1.1.1 นำ Modified Compaction Mold มีปริมาตร $\frac{1}{13.33}$ ฟ$^3$ พร้อมด้วย Baseplate ไปชั่งและบันทึกน้ำหนักไว้ วัดขนาดของ Mold และคำนวณหาปริมาตรเป็นลูกบาศก์

1.1.2 นำขวดทรายครอบลงบน Mold แล้วปล่อยให้ทรายไหลจนเต็มแล้วปิด Valve ปาดทรายที่ล้นออกแล้านำไปชั่ง บันทึกน้ำหนักไว้ และนำน้ำหนักจากข้อ 1.1.1 มาลบออกก็จะได้น้ำหนักทราย (ระวังอย่าให้เกิดการสะเทือนระหว่างทดลอง เพราะจะทำให้ทรายแน่นขึ้น)

1.1.3 ทำเหมือนกับขั้นที่ 1.1.2 อีก 2 ครั้ง แล้วนำเอาค่าที่ใกล้เคียงกัน (ต่างกันไม่เกิน 5 กรัม) มาเฉลี่ยเป็นค่าน้ำหนักของทราย

1.1.4 หาค่าความหนาแน่นของทราย มีค่าเท่ากับ

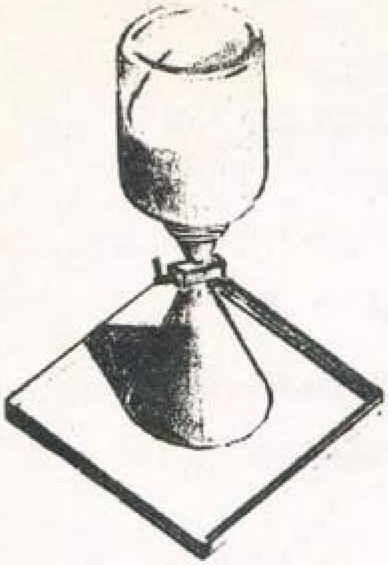
$$\gamma \text{ Sand} = \frac{\text{น.น. ทราย}}{\text{ปริมาตรทราย}}$$

1.2 หาค่าน้ำหนักทรายที่อยู่ในกรวย

1.2.1 วาง Base Template ลงบนพื้นที่มีผิวเรียบและชั่งน้ำหนักขวด + กรวย + ทรายไว้

ใกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530





1.2.2 คว่ำขวดลงบน Base Template แล้วเปิด Valve ให้ทรายออกมา ถ้าทรายหยุดไหลแสดงว่าทรายเต็มกรวยให้ปิด แล้วนำขวด + กรวย + ทรายที่เหลือไปชั่ง น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักทรายที่อยู่ในกรวย

1.2.3 ทำตามลำดับขั้นจาก 1.2.1 ถึง 1.2.2 ใหม่อีก 2 ครั้ง นำค่าใกล้เคียงกันเฉลี่ย (ต่างกันไม่เกิน 5 กรัม) เป็นน้ำหนักทรายในกรวย

2. <u>งานสนาม (Field Work)</u>

2.1 ก่อนออกไปเจาะดินให้ชั่งน้ำหนักของขวด + กรวย + ทราย และบันทึกน้ำหนักไว้ ($W_1$) และชั่งน้ำหนักกระป๋องเปล่าเพื่อใส่ดินที่ขุดไว้

2.2 เมื่อเลือกสถานที่ที่ควรจะทำการทดลองได้แล้ว ตรึง Base Template ลงกับพื้นให้แน่น แล้วให้สิ่วเจาะให้ได้ขนาดตามความกว้างตามรูปของ Base Template ให้ได้ความลึกประมาณ 3 นิ้ว แล้วเก็บเศษดินที่ขุดขึ้นมาใส่กระป๋องให้หมดแล้วนำไปชั่งและหาน้ำหนักของดินออกมา (W')

2.3 คว่ำขวดบรรจุทรายลงให้แนบกับ Base Plate แล้วปล่อยให้ทรายไหลลงจนหยุดไหลก็ปิด Valve นำขวด + กรวย + ทรายที่เหลือไปชั่ง บันทึกน้ำหนักไว้ ($W_2$) เก็บทรายในหลุมขึ้นมาใส่ถุงหรือภาชนะที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปร่อนเอาเศษที่ปนอยู่ออก (ต้องเก็บขึ้นมาให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ถ้าใช้ทราย Ottawa Sand เพราะราคาแพง)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



2.4 คำนวณหาปริมาตรของหลุม

ปริมาตรของหลุม = ปริมาณของทรายในหลุม (Vh)

$$Vh = \frac{W}{\gamma Sand}$$

$$W = (W_1 - W_2) - W_o$$

$\gamma Sand$ = ความหนาแน่นของทรายจาก Calibration ในข้อ 1.1.4

2.5 คำนวณหาค่าความหนาแน่นของดินในสนามได้

$$\gamma Wet = \frac{W'}{Vh}$$

2.6 นำตัวอย่างดินจากกระป๋องใหญ่ไปอบเพื่อหาค่า Water Content ตัวอย่างละ 2 กระป๋อง

2.7 หลังจากอบดินให้แห้งผ่านไป 24 ชั่วโมง ก็หาค่า Water Content และคำนวณหาค่าความหนาแน่นของดินแห้งออกมา

$$\gamma d = \frac{\gamma Wet}{1 + \omega}$$

2.8 ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นว่า สามารถที่จะใช้วัสดุอื่นที่ไม่ใช่ทรายมาทำได้หรือไม่

ไกล้รุ้ง มีศิลธรรม
พ.ศ.2530



UT......../O12

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

# UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT NATIONAL HOUSING AUTHORITY.

LOCATION OF PROJECT. TUNG SONG HONG.

DESCRIPTION OF SOIL. DARK GRAY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr. KANOCK TITANUN. DATE OF TEST 5-9-81

## FIELD DENSITY (SAND CONE METHOD)

### CALIBRATION DATA

A. SAND DENSITY DETERMINATION.

TYPE OF SAND USED UNIFORM SAND

TYPE OF VOL. MEASURE MOD. COMPACTION MOLD

VOL, Vm. 2085 $Cm^3$

Wt. OF SAND TO FILL VOLUME MEASURE.

TRIAL No.1 2848

TRIAL No.2 2,846

AVERAGE Wt. Wa. = 2,847

DENSITY OF SAND $\gamma_{sand} = \frac{Wa}{Vm.}$ = 1.365 $g/Cm^3$

B. Wt. OF SAND TO FILL CONE

Wt. OF FILL JUG + CONE = 6,705

Wt. AFTER TRIAL No.1 = 5,318

Wt. USED = 1,387

Wt. AFTER TRIAL No.2 = 3,927

Wt. USED = 1,391

AVERAGE Wt. TO FILL CONE 1,389 g

### LABORATORY DATA FROM FIELD TEST

Wt. OF WET SOIL + PAN. 4,483 gms.

Wt. OF PAN 2,082 gms.

Wt. OF WET SOIL, W' 2,401 gms

| CAN No. | 101 | 111 |
|---|---|---|
| Wt. OF WET SOIL + CAN | 80.4 | 79.5 |
| Wt. OF DRY SOIL + CAN | 70.4 | 71.0 |
| Wt. OF CAN | 20.8 | 20.7 |
| Wt. OF DRY SOIL. | 48.6 | 50.3 |
| Wt. OF WATER | 10.0 | 8.5 |
| WATER CONTENT w% | 20.16 | 16.89 |

AVERAGE = 18.52 %

### FIELD DATA.

Wt. OF JUG + CONE BEFORE USED 6,600 g

Wt. OF JUG + CONE AFTER USED 3,009 g

Wt. OF SAND USED (HOLE + CONE) 3,591 g

Wt. OF SAND IN CONE 1,389 g

Wt. OF SAND IN HOLE, W 2,202 g

VOL. OF HOLE, $Vh = \frac{W}{\gamma_{sand}}$ = 1,613.18 $Cm^3$

### DENSITY OF SOIL

WET DENSITY $\gamma_{wet} = \frac{W'}{Vh}$ = 1,488.36 $Kg/M^3$

DRY DENSITY $\gamma_d = \frac{\gamma wet}{1+w}$ = 1,255.78 $Kg/M^3$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ÚT....... /012

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

# UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT NATIONAL HOUSING AUTHORITY

LOCATION OF PROJECT. UTHENTHAWAI

DESCRIPTION OF SOIL. DARK GRAY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr. SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST 19 - 8 - 30

## FIELD DENSITY (SAND CONE METHOD)

### CALIBRATION DATA

**A. SAND DENSITY DETERMINATION.**

TYPE OF SAND USED UNIFORM SAND

TYPE OF VOL. MEASURE MOD COMPACTION MOLD

VOL, Vm. $\frac{\pi (15.24)^2}{4} \times 11.684 = 2131.34$ $Cm^3$

Wt. OF SAND TO FILL VOLUME MEASURE.

TRIAL No.1 2869 No.3 2867

TRIAL No.2 2870 No.4 2871

AVERAGE Wt. Wo. = 2869.25

DENSITY OF SAND $\gamma_{sand} = \frac{Wo}{Vm.} = \frac{2869.25}{2131.34}$ $g/Cm^3$

$= 1.346$ $g/cm^3$

**B. Wt. OF SAND TO FILL CONE**

| | No.1 | No.2 |
|---|---|---|
| Wt. OF FILL JUG + CONE | 7484 | 7446 |

Wt. AFTER TRIAL No.1 = 3223

Wt. USED = 1362

Wt. AFTER TRIAL No.2 = 3221

Wt. USED = 1358

AVERAGE Wt. TO FILL CONE 1359.50 g

### LABORATORY DATA FROM FIELD TEST

Wt. OF WET SOIL + PAN. 2219.50

Wt. OF PAN 1334.50

Wt. OF WET SOIL, W' 885.00

| CAN No. | No A41 | B27 |
|---|---|---|
| Wt. OF WET SOIL + CAN | 113.20 | 121.80 |
| Wt. OF DRY SOIL + CAN | 99.60 | 109.00 |
| Wt. OF CAN | 34.00 | 38.5 |
| Wt. OF DRY SOIL. | 65.60 | 70.5 |
| Wt. OF WATER | 13.60 | 13.30 |
| WATER CONTENT w% | 20.73 | 17.45 |

AVERAGE = 19.09

### FIELD DATA.

Wt OF JUG + CONE BEFORE USED 7438 g

Wt OF JUG + CONE AFTER USED 4952 g

Wt. OF SAND USED (HOLE + CONE) 2486 g

Wt. OF SAND IN CONE 1359 g

Wt. OF SAND IN HOLE, W 1127 g

VOL. OF HOLE, $Vh = \frac{W}{\gamma_{sand}} = 837.451$ $Cm^3$

### DENSITY OF SOIL

WET DENSITY $\gamma_{wet} = \frac{W'}{Vh} = \frac{0.885}{0.000837451}$ $Kg/M^3$

$= 1056.778$ $Kg/m^3$

DRY DENSITY $\gamma_d = \frac{\gamma wet}{1+w} = \frac{1056.778}{1+0.1909}$ $Kg/M^3$

$= 887.378$ $Kg/m^3$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

## วอย่างรายการคำนวณ

หาค่าปริมาตรของ MOLD ที่มี $\phi$ 6" = 15.24 cm

h 4.6" = 11.684 cm

∴ ปริมาตร MOLD, $V_m = \frac{\pi d^2}{4} \times h = \frac{\pi\, 15.24^2}{4} \times 11.684$ cm$^3$

= 2131.34 cm$^3$

AVERAGE wt. $W_a$ = 2869 + 2870 + 2867 + 2871 = 2869.25 gms

DENSITY OF SAND $\gamma_{sand} = \frac{2869.25}{2131.34}$ = 1.346 gms/cm$^3$

AVERAGE wt TO FILL CONE = $\frac{1362 + 1355 + 1358 + 1363}{4}$ gms

= 1359.5 gms

wt OF WET SOIL + PAN = 2219.50 gms

wt OF PAN = 1334.50 gms

wt OF WET SOIL, W = 2219.50 − 1334.50 gms

= 885.00

wt OF DRY SOIL [Ws] = 65.60 [NO1], 70.50 [NO2] gms

wt OF WATER [Ww] = 13.60 [NO1], 12.30 [NO2] gms

WATER CONTENT [w%] = $\frac{W_s \times 100}{W_w}$ = $\frac{13.60 \times 100}{65.60}$ = 20.73 % [NO1]

= $\frac{12.30 \times 100}{70.50}$ = 17.45 % [NO2]

AVERAGE = $\frac{20.73 + 17.45}{2}$ = 19.09 %

wt OF SAND, IN HOLE, W = 74.38 − 4952 − (2.486 − 1359.0) = 1127.0

VoL OF HOLE, $V_h = \frac{W}{\gamma_{sand}} = \frac{1127.00}{1.346}$ = 837.451 cm$^3$ *

DENSITY OF SOIL

Wet DENSITY $\gamma_{wet} = \frac{W'}{V_h} = \frac{0.885}{0.000837451}$ = 1056.778 kg

DRY DENSITY $\gamma_d = \frac{\gamma_{wet}}{1 + w} = \frac{1056.778}{1 + 0.1909}$ = 887.378

## สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาความหนาแน่นของดินในสนาม เป็นการทดลองหาคุณสมบัติของดินที่ได้บดอัดไปแล้ว นี้ทำให้ได้ค่าความหนาแน่นใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าในห้องปฏิบัติการหรือไม่ จากการทดลองนี้ทดลองที่ความชื้นต่างๆ มากที่สุด เป็นผลทำให้ ธรรมชาติของดินที่ได้ค่าที่ได้จริง น้อยกว่าห้องปฏิบัติการเท่ากับค่ามาตรฐาน

เนื่องจากการบดอัดดินได้ถูกกำหนดเป็นข้อกำหนดของการควบคุมคุณสมบัติของงานที่เกี่ยวข้องกับดิน โดยมากจะเป็นเรื่องของปริมาณน้ำในดิน และค่าความหนาแน่นมาตรฐานของดินที่กำหนดไว้ ดังนั้นเราจึงต้องใช้วิธีที่ได้ทดลองมาแล้ว หาคุณสมบัติของดินที่ได้บดอัดไปแล้ว ทำให้ได้ความหนาแน่นใกล้เคียงกับมาตรฐานที่ใช้

วิธีการควบคุมการบดอัดดินในสนาม

เมื่อควบคุมปริมาณน้ำในดินให้อยู่ในขอบเขตตามต้องการ จะทำให้ดินมีความหนาแน่นตามที่ทำให้ดินทรุดตัวได้มากเกินไป การควบคุมปริมาณน้ำให้ดินเปียกน้ำได้วิธีหนึ่งที่ทำได้ คือ แผ่ชั้นดินเป็นชั้นออกไปให้บางพอควร เพื่อให้ดินแห้งตัวเร็ว ส่วนพวกทรายที่หยาบต้องมีดินไม่ให้เลื่อนตัวหนีได้ และระบายน้ำได้ดี

การควบคุมการบดอัดดินในสนามให้ได้ผลตามต้องการ จะทำได้เสมอ ประกอบด้วย การตรวจสอบปริมาณน้ำในชั้นดิน ที่ใช้ในการบดอัด และความหนาแน่นของเนื้อดิน การควบคุมในขณะที่ทำงานกำลังดำเนินอยู่ ควรใช้วิธีที่รวดเร็วและสะดวกต่อการนำไปใช้

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 12

## การทดลองหาค่า Californina Bearing-Ratio (C.B.R.)

### วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษาทราบวิธีการหาค่าความสัมพันธ์ของคุณภาพวัสดุของชั้น Subgrade, Subbase และชั้น Base ของดินคันทาง

### อุปกรณ์

1. Mold ที่มีขนาด 15.2 C.M Dia. x 17.8 C.M Hight.
2. Spacer Disk ขนาด 15.1 C.M Dia, x 6.14 C.M Height.
3. Compaction Hammer หนัก = 10 lb. หรือ 4.54 kg.
4. เครื่องวัดการขยายตัวที่อ่านได้ละเอียด 0.01 m.m.
5. Surcharge Weights.
6. เครื่องทดสอบวัดค่า C.B.R. พร้อมทั้งท่อนกดมาตรฐานและสามารถวัดอัตราจมของท่อนกดได้ในอัตรา 1.27 m.m./min (พ.ท.หน้าตัดของท่อนกด = 19.4 $cm.^2$)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



| | | |
|---|---|---|
| CN-393 Spacer Dish | CN-401 Tripod and Dial Gage | CN-452 Base Plate |
| CN-400 Swell Plate | CN-450 Mold | CN-558 Surcharge weight |

หลักการ

การทดสอบหาค่า C.B.R. เริ่มทดสอบโดย California Division of Highways ในปี ค.ศ. 1929 เพื่อวัตถุประสงค์ในการจำแนกคุณภาพที่เหมาะสมของดินที่จะนำมาเป็นชั้น Subgrade และชั้น Base ของทางหลวงในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 U.S Corps of Engineer ได้รับเอาวิธีการทดลองมาใช้ทดสอบในงานสร้างสนามบิน การทดสอบหาค่า C.B.R. (ASTM เรียกชื่อวิธีการอย่างสั้น ๆ ว่า Bearing Ratio Test) เป็นวิธีการวัดค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินในสภาวะที่ดินถูกควบคุมปริมาณความชื้นและความหนาแน่น การทดสอบจะทำไปเรื่อย ๆ จนกว่าถึงค่าสูงสุด ซึ่งจะให้เวลานานแค่ไหนประมาณที่ค่านั้นไม่สามารถกำหนดได้ แล้วแต่คุณสมบัติของดิน ค่า C.B.R. นี้สามารถที่จะหาได้ในที่หรือในสนามเลยก็ได้ ซึ่งจะไม่กล่าวในรายละเอียดในบทนี้

ค่า C.B.R. หาได้หรือวัดได้จากค่า Unit Load (อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อพื้นที่หน้าตัดของท่อนกดมาตรฐาน) ขณะที่ท่อนกดจมไปในดินที่นำมาทดสอบที่ความลึกจำเพาะค่าใดค่าหนึ่งต่อค่า Standard Unit Load หรือค่ามาตรฐาน (คือค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อพื้นที่หน้าตัดของท่อนกดมาตรฐานขณะที่ท่อนกดจมลงไปในหินคลุกมาตรฐาน ในความลึกที่เท่ากันกับที่ท่อนกดจมลงในดินหรือแสดงค่าออกมาเป็นเปอร์เซนต์)

$$C.B.R. = \frac{\text{Test Unit Load}}{\text{Standard Unit Load}} \times 100\% \qquad 12.1$$

จากสมการข้างต้นก็จะเห็นได้ว่า C.B.R หรือ C.B.R.Number ก็คือค่าเปอร์เซนต์ความต้านทานของดินทดสอบเทียบกับความต้านทานของหินคลุกมาตรฐาน ในทางปฏิบัติมักจะเรียกค่า C.B.R. อย่างง่าย ๆ เช่น 3, 45, 98 ซึ่งหมายถึง 3% 45% 98% ค่า Standard Unit Load ที่ใช้ในสมการ 12.1 มีดังนี้

ไกส์รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



| ความลึกของท่อนกด | | Standard Unit Load | |
|---|---|---|---|
| m.m. | Inch. | Ksc. | Psi. |
| 2.5 | 0.10 | 70.3 | 1,000 |
| 5.0 | 0.20 | 105.46 | 1,500 |
| 7.5 | 0.30 | 133.59 | 1,300 |
| 10.0 | 0.40 | 161.71 | 2,300 |
| 12.7 | 0.50 | 182.81 | 2,600 |

ค่า C.B.R. Number ปกติจะถือเอาค่าที่ที่ท่อนกดจมเท่ากับ 2.5 m.m. (0.1 นิ้ว) อย่างไรก็ตามถ้าหากว่าค่า C.B.R. ที่ความลึกเท่ากับ 5 m.m.(0.2 นิ้ว) มากกว่า ให้ทำการทดลองใหม่ และถ้าทดลองครั้งที่สองแล้วค่าที่ 0.5 m.m. ยังมากกว่าอยู่อีกให้ใช้ค่าที่ .5 m.m.

การทดลองสอบค่า C.B.R. จะทดสอบกับดินตัวอย่างที่ผสมน้ำที่ปริมาณเท่ากับค่า O.M.C. ที่หาได้จากการทดลองครั้งที่ 9 หรือที่ 10 ก็ได้ ตามแต่ว่าจะใช้วิธีที่ 2 หรือที่ ของ ASTM D 698 - 70 หรือ DI 1557 - 70 (สำหรับ Mold ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.2 m.m.) และต้องบดอัดด้วยค่าพลังงานการบดอัดดังนี้

| Method | Blows | Layer | Hammer Wt. |
|---|---|---|---|
| D 698:2 (Fine-Grain Soil) | 56 | 3 | 2.497 kg.(5.5 lb.) |
| 4 (Coarse Soil) | 56 | 3 | 2.497 kg.(5.5 lb.) |
| D 1557:2 (Fine-Soil) | 56 | 5 | 4.54 kg.(10 lb.) |
| 4 (Coarse Soil) | 56 | 5 | 4.54 kg.(10 lb.) |

การทดลองหาค่า C.B.R. ไม่ว่าจะใช้ตามวิธีไหนจะต้องบดอัดดินไว้ 2 Mold เสมอ อันหนึ่งสำหรับนำไปหาค่า C.B.R. ทันทีที่อันหนึ่งเอาไปแช่น้ำไว้ 96 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาทำการทดสอบตัวอย่างอันที่สองที่นำไปแช่น้ำไว้ตลอดเวลา 96 ชั่วโมงนั้นจะต้องมี

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



Surcharge Weight วางทับไว้ให้มีน้ำหนักประมาณเท่ากับน้ำหนักของ Pavement ของถนนจริง ๆ (แต่ไม่มีกรณีไหนเลยที่จะใช้น้ำหนักของ Surcharge ต่ำกว่า 4.5 kg.) และระหว่างที่แช่น้ำไว้นี้จะต้องวัดการขยายตัวของดินใน Mold ด้วยเป็นระยะ ๆ ไปจนถึง 96 ชั่วโมง เมื่อครบตามกำหนดแล้วก็นำไปทดสอบก็จะได้ C.B.R, ที่ดินอยู่ในสภาพอิ่มตัว (Saturated Condition)

ในระหว่างนำดินไปทดสอบความต้านทานไม่ว่าจะเป็นแบบ Unsoak Sample หรือ Soaked Sample ก็ตามต้องใส่ Surcharge Weight ทุกครั้ง การทดสอบ C.B.R. กับตัวอย่างดินแบบ Soaked Sample ทำให้ทราบผลสัมฤทธิ์อยู่สองประการ

1. ทำให้ได้ข้อมูลที่จะได้เป็นค่าคาดคะเนได้ว่าดินชนิดนั้น ๆ จะขยายตัวใต้ผิวทาง (Pavement) ได้เท่าไหร่เมื่อดินอยู่ในสภาวะอิ่มตัว

2. แสดงให้เห็นว่าดินสูญเสียความแข็งแรงไป (ความต้านทานต่อแรงเฉือนเมื่ออยู่ในสภาวะอิ่มตัว)

การนำดินไปทดสอบจะได้ผลความมุ่งหมาย Compression Machine จะต้องวัดค่า Strain Rate ในอัตรา 1.27 m.m./min และอ่านค่าน้ำหนักที่กดทุกครั้งที่ท่อนกดจมลง 0.5 m.m. จนท่อนกดจมลงได้ 5.00 ม.ม. และต่อจากนั้นก็อ่านทุก ๆ ครั้งที่ท่อนกดจมลงไป 2.5. m.m. จนกระทั่งท่อนกดจมลงไปเท่ากับ 12.7 m.m.

ค่า C.B.R. เป็นค่าที่ใช้วัดลำดับความเหมาะสมของดินที่นำมาใช้งาน เช่นนำดินมาทำเป็นชั้น Base ชั้น Subgrade และงานทำสนามบิน ตาราง 12.1 แสดงถึงความเหมาะสมของดินที่นำมาใช้งานตามค่า C.B.R.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ตาราง 12 - 1

| C.B.R. No. | General Rating | Uses | Classification System | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Unified | Aashto |
| 0 - 3 | Very Poor | Subgrade | OH,CH,MH,OL | A5,A6,A7 |
| 3 - 7 | Poor to Fair | Subgrade | OH,CH,MH,OL | A4,A5,A6,A7 |
| 7 - 20 | Fair | Subbase | OL,CL,ML,SC, SM,SP | A2,A4,A6,A7 |
| 20 - 50 | Good | Base, Subbase | GM,GC,SW,SM, SP,GP | A1b,A2-5,A3, A2-6 |
| 50 | Excellent | Base | GW,GM | A1a,A2-4,A3 |

การออกแบบชั้นความหนาของคันทางก็ใช้ค่า C.B.R. เป็นตัวกำหนดซึ่งได้ทำเป็นตารางสำเร็จไว้ คือ ถ้าทราบค่า C.B.R. ได้ก็สามารถทราบความหนาของชั้นได้ทันที

<u>การทดลอง</u>

1. เตรียมตัวอย่างดิน 4.5 kg. สำหรับดินที่ร่อนผ่านตะแกรง No.4 และ 5.5 kg. สำหรับดินที่มีขนาดโตที่สุด 19 m.m. นำดินมาผสมกับน้ำในปริมาณเท่ากับ O.M.C. (จากการบดอัด) ถ้าหากว่าจะบ่มดินก่อนทดสอบก็นำดินใส่ถุงพลาสติก หรือภาชนะที่กันการระเหยได้ และบ่มไว้ 12 - 24 ชั่วโมง จึงนำมาบดอัด

2. ก่อนนำดินที่คลุกไว้ทำการบดอัดให้แบ่งใส่กระป๋องอบดินเพื่อหาค่า Water Content (อย่างน้อย 100 กรัม) สำหรับดินเม็ดละเอียด

3. ชั่งน้ำหนัก Mold เปล่าไว้ (ไม่มี Base Plate และ Collar)

4. ยึด Mold ติดกับ Base Plate และใส่ Spacer Disk ลงไปใน Mold พร้อมกับวางกระดาษกรอง (Filter Paper) ลงบน Spacer Disk.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



5. บดอัดดินตามกรรมวิธีการบดอัดตาม ASTM - D 698 หรือ D 1557 หรือตามอาจารย์ผู้สอนกำหนด และนำดินที่เหลือไปอบหาค่า Water Content อีกครั้ง

6. นำเอา Collar ออกและปาดดินให้เรียบ ถ้าดินมีรอยโหว่ให้เอาดินเติมให้เต็มช่องว่าง ถ้ากรณีที่ดินก้อนโตหลุดออกก็หาดินก้อนเล็กกว่าอุดให้เต็ม

7. เอา Base Plate และ Space Disk ออกชั่งน้ำหนักดิน + Mold และบันทึกน้ำหนักไว้และคำนวณหาค่า γWet

8. เอากระดาษกรองรองบน Base Plate และพลิก Mold กลับเอาด้านบนเป็นด้านล่าง บน Base Plate และตรึงให้แน่น (สำหรับตัวอย่าง Unsoak Sample ให้ทำต่อจาก 9 - 11)

9. นำ Slotted Weight หนัก 4.5 กก. วางลงบนตัวอย่างดิน

10. นำตัวอย่างไปเข้าเครื่องกดให้ท่อนกดอยู่ด้านบน ซึ่งมีน้ำหนักไม่เกิน กก. ปรับ Dial Gage ทั้งที่เป็น Load Dial และ Deformation Dial ให้เป็นศูนย์

11. อ่านค่า Load Dial ออกมาเป็นจำนวนขีดก่อนตามที่กำหนดจนครบ และเอาดินออกเก็บตัวอย่างดินอีก 2 กระป๋อง เพื่อหาค่า Water Content

สำหรับตัวอย่าง Soaked Sample

12. นำแผ่น Perforated Plate พร้อมกับก้าน (Stem) ที่สามารถปรับความสูงได้วางลงบนดินตัวอย่างและใส่ Slotted Weights ลงไปอีก (รวมทั้ง น.น. ของ Perforated Plate ด้วยไม่น้อยกว่า 4.5 กก. บันทึก น.น. ของ Surchagge Weight ไว้ (อย่าลืมก่อนวาง Perforated Plate ต้องรองด้วย Filter Paper)

13. เอา Mold และน้ำหนักลงไปแช่ในอ่างน้ำ (ให้ระดับน้ำอยู่สูงกว่า Surcharge Weight เพื่อให้น้ำซึมผ่านดินได้ทั้งด้านบนและด้านล่างติดตั้ง Dial Gage. ที่อ่านค่าโดยละเอียดถึง 0.01 m.m. พร้อมขาตั้งเพื่อวัดอัตราการขยายตัวและทำเครื่องหมายตรงที่ขาหยั่ง วางบนขอบ Mold เพราะไม่จำเป็นที่จะติดไว้ตลอดเวลา

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



14. ตั้ง Swell Gage ให้ได้เลขศูนย์โดยปรับที่ก้าน (Stem) เมื่อเริ่มทำการทดสอบบันทึกเวลาไว้และอ่านทุก ๆ ค่าตามที่กำหนดคือ ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72, และ 96 การทดสอบอาจยุติแค่ชั่วโมงที่ 48 ถ้าหากว่าการขยายตัวในชั่วโมงที่ 24 คงที่ตลอด

15. เมื่อครบ 96 ชั่วโมงแล้วนำตัวอย่างขึ้นมาตั้งไว้ 15 นาทีให้น้ำไหลออก ใช้กระดาษซับน้ำตอนบนของดินตัวอย่างออก

16. ชั่งตัวอย่างดินเปียกพร้อมด้วย Mold

17. ทำตามลำดับขั้น 9 - 11

18. เก็บตัวอย่างหาค่า Water Content อีกครั้งโดยเก็บตัวอย่างดังนี้

2 กระป๋องจากระยะบน 3 ซม.

2 กระป๋องจากระยะล่าง 3 ซม.

2 กระป๋องจากส่วนกลาง

<u>การคำนวณและการกรองข้อมูล</u>

1. เขียน Curve ระหว่าง Penetration Resistance (แกน y มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนต์กับค่า Penetration มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร จากตัวอย่างทั้ง Soaked Sample และ Unsoaked Sample ถ้าแนวของเส้น Curve ไม่ผ่านจุด Origin ให้ต่อเส้นที่เป็นแนวตรงตัดกันกับแกนนอนค่าที่แตกต่างจากจุด Origin คือค่า Correction ที่จะนำไปคำนวณค่า C.B.R.

2. อ่าน Penetration Resistance ที่ระยะจมของท่อนกด เท่ากับ 2.5 m.m. และ 5.00 m.m. จากกราฟ (หลังจากที่ปรับค่าแล้ว) และคำนวณหาค่า C.B.R.

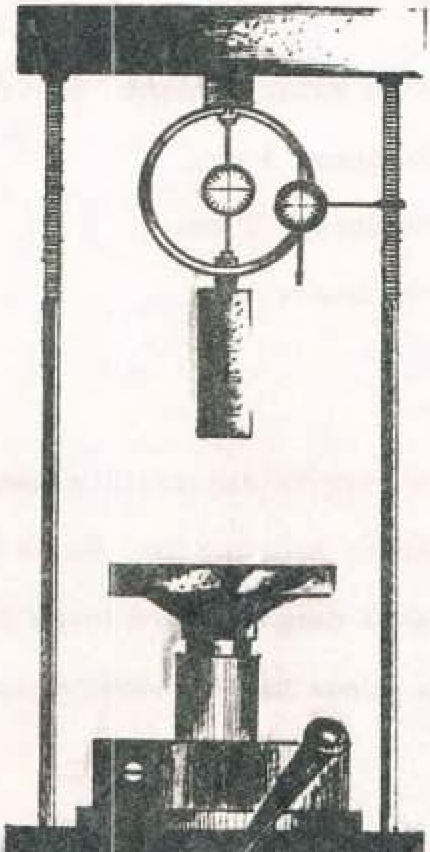
หมายเหตุ สำหรับการทดลองของนักศึกษา ถ้าหากว่าหาค่า C.B.R. ที่จุด 5.00 มม. มากกว่าที่จุด 2.5 มม. ก็ไม่ต้องทำใหม่แต่ให้แสดงค่าที่คำนวณได้ทั้งสองค่า

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

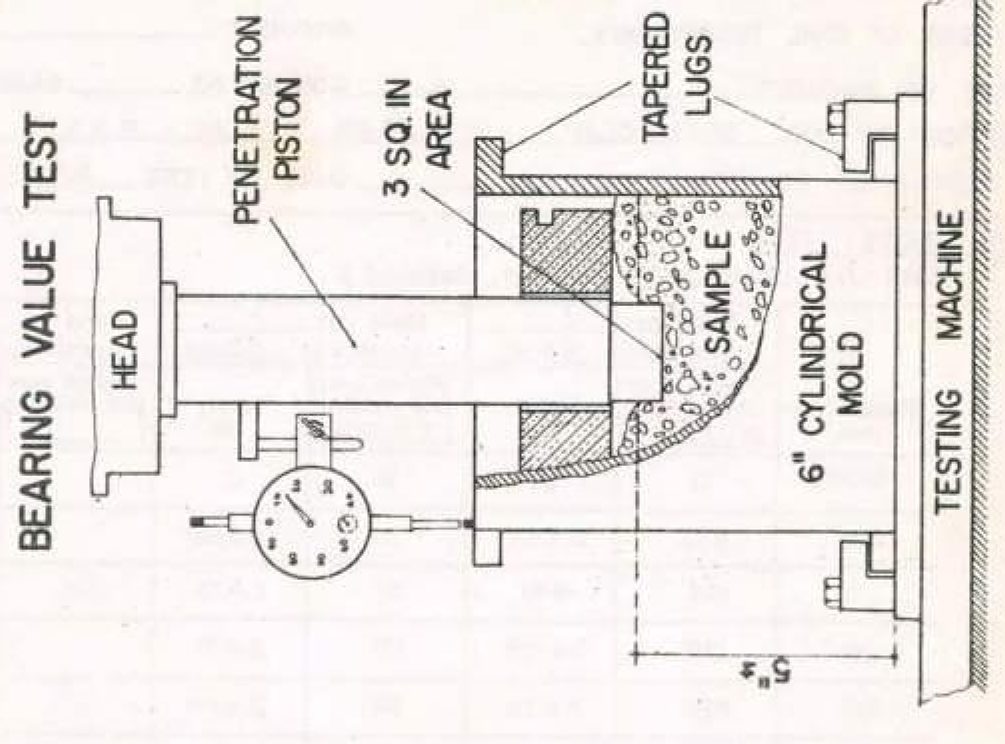


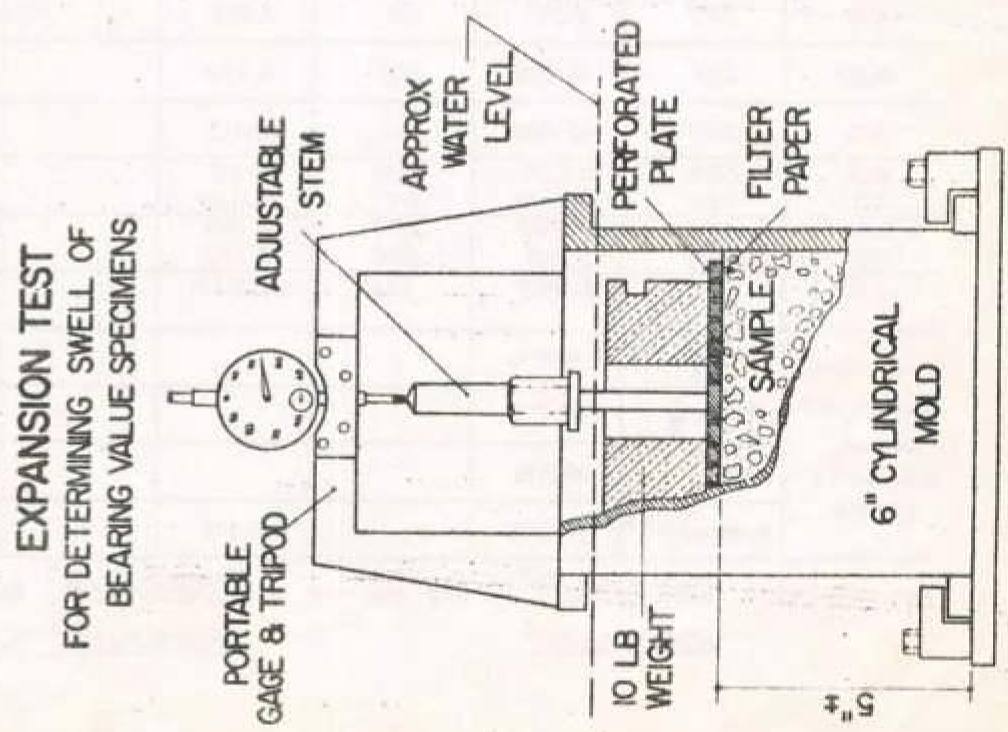
3. คำนวณหาค่า Water Conten และ Dry Density ของตัวอย่างดินทั้งสอง สำหรับ Soaked Sample ใช้ค่า Water Content จากข้อ 18

4. คำนวณหาค่าเปอร์เซนต์ของการขยายตัวโดยเทียบกับความสูงของดินใน Mold ตอนแรก แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การขยายตัวกับช่วงเวลาที่ดินแช่ในน้ำ



ไกลัรุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

UT ........../ 016.

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ______

LOCATION OF PROJECT. ______ BORING NO. ______ SAMPLE NO. ______

DESCRIPTION OF SOIL. SILTY CLAY LL = 28.4% PL = 19.8 %

TEST PERFORMED BY ______ DATE OF TEST. 30-10-81.

**BEARING RATIO TEST.**

CBR Test Load Data (soaked, unsoaked.)

| Penetration mm. | Mold no. 3 Surcharge 4.5 Kg Piston load dial reading (X0.579) | Load. Kg. | Mold no. 1 Surcharge 4.5 Kg Piston load dial reading (X0.579) | Load. Kg. | Mold no. ___ Surcharge ___ Piston load dial reading ( ___ ) | Load. Kg. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 0.5 | 100 | 2.988 | 33 | 0.989 | | |
| 1.0 | 154 | 4.61 | 57 | 1.703 | | |
| 1.5 | 188 | 5.629 | 78 | 2.335 | | |
| 2.0 | 222 | 6.639 | 96 | 2.876 | | |
| 2.5 | 251 | 7.516 | 113 | 3.386 | | |
| 3.0 | 277 | 8.291 | 131 | 3.916 | | |
| 4.0 | 301 | 9.065 | 149 | 4.456 | | |
| 5.0 | 347 | 10.402 | 181 | 5.415 | | |
| 6.0 | 388 | 11.626 | 204 | 6.119 | | |
| 7.5 | 429 | 12.849 | 249 | 7.455 | | |
| 9.0 | 494 | 14.787 | 274 | 8.199 | | |
| 10.0 | 525 | 15.715 | 290 | 8.770 | | |
| 12.5 | 635 | 18.990 | 332 | 9.933 | | |
| Final water content, ω% (soaked, unsoaked) sample | Top 1/3 | 14.6% | | | | |
| | Middle 1/3 | 14.7% | | | | |
| | Bottom 1/3 | 15.3% | | | | |
| | Average | 14.9% | | 21.5% | | |

Wet unit wt. = 2031.20 Kg/M$^3$ Dry unit wt = 1768.12 Kg/M$^3$ NO. 3

2041.39 Kg/M$^3$ 1679.41 Kg/M$^3$ N-1 (soak)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530T........./OI



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____

LOCATION OF PROJECT. ____ BORING NO. ____ SAMPLE NO. ____

DESCRIPTION OF SOIL. SILTY CLAY

TEST PERFORMED BY. ____ DATE OF TEST. ____

BEARING RATIO TEST

Compaction Energy Hammer. 4.54 Kg. NO. of Layers. 5 Blows/layer 40

w at compaction. 18.7 % Mold dia. 15.2 Ht.of Soil 12.7 Vol. 2305 $CM^3$

Wt. wet soil 4704 gm Wt. dry soil, Ws 3933 gm $\gamma_{wet}$ 2040.78 $\gamma_{dry}$ 1706.29 $Kg/M^3$

Swell Data.

| Starting time and date | Elapsed time | Mold no. ____ Surcharge ____ Kg. | | Mold no. ____ Surcharge ____ Kg. | | Mold no. ____ Surcharge ____ Kg. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dial reading (X 0.04mm) | $\% = \frac{S}{H}(100)$ | Dial reading (X ____) | $\% = \frac{S}{H}(100)$ | Dial reading (X ____) | $\% = \frac{S}{H}(100)$ |
| 10.30 A.M. | 0h | 0 | 0 | | | | |
| | 1h | 0.047 | 0.037 | | | | |
| | 2h | 0.071 | 0.056 | | | | |
| | 4h | 0.108 | 0.085 | | | | |
| | 14 | 0.140 | 0.110 | | | | |
| | 24 | 0.190 | 0.150 | | | | |
| | 37.5 | 0.270 | 0.214 | | | | |
| | 49.5 | 0.300 | 0.236 | | | | |
| | 61.5 | 0.325 | 0.256 | | | | |
| | 73.5 | 0.335 | 0.264 | | | | |
| | 98.5 | 0.355 | 0.280 | | | | |

After Soaking.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mold no. | 1 | | |
| Surcharge, Kg. | 4.54 | | |
| Initial wt. wet soil + mold + base plate. | 12,056 gm. | | |
| Final wt. wet soil + mold + base plate. | 12,130 gm. | | |
| Wt. of mold + base plate. | 7,352 gm. | | |
| Initial wt. of wet soil, Wi. | 4,704 gm. | | |
| Wt. of water absorbed, Ww. | 74 gm | | |
| % water absorbed = Ww/Ws | 1.88 % | | |

ไกลรุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 UT.......... /017



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

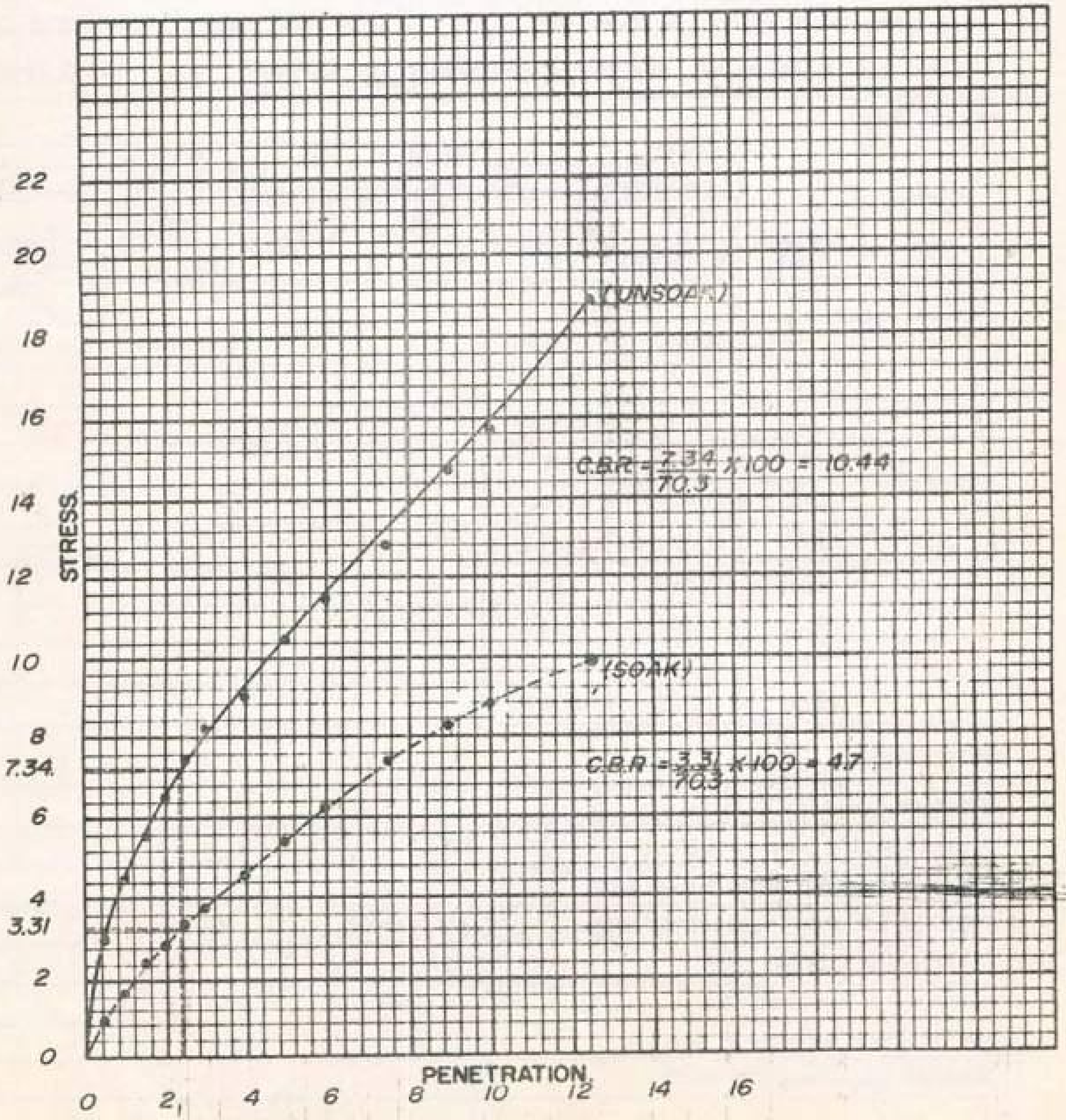
UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT.

LOCATION OF PROJECT. BORING NO. SAMPLE NO.

DESCRIPTION OF SOIL. SILTY CLAY.

TEST PERFORMED BY. DATE OF TEST.



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

UT........./015.

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____________

LOCATION OF PROJECT. ____________ BORING NO. ______ SAMPLE NO. ______

DESCRIPTION OF SOIL. ____________

TEST PERFORMED BY. ____________ DATE OF TEST. ____________

BEARING RATIO TEST

Compaction Energy Hammer. ______ Kg. NO. of Layers. ______ Blows/layer ______

$w$ at compaction. ______ % Mold dia. ______ Ht of Soil ______ Vol. ______

Wt wet soil ______ Wt dry soil, Ws. ______ $\gamma$ wet ______ $\gamma$ dry ______

Swell Data.

| Starting time and date | Elapsed time | Mold no. ______ Surcharge ______ Kg. | | Mold no. ______ Surcharge ______ Kg. | | Mold no. ______ Surcharge ______ Kg. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dial reading (X______) | $\% = \frac{S}{H}(100)$ | Dial reading (X______) | $\% = \frac{S}{H}(100)$ | Dial reading (X______) | $\% = \frac{S}{H}(100)$ |
| | 0h | | | | | | |
| | 1h | | | | | | |
| | 2h | | | | | | |
| | 4h | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

After Soaking.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mold no. | | | |
| Surcharge, Kg. | | | |
| Initial wt. wet soil + mold.+ base plate. | | | |
| Final wt. wet soil + mold + base plate. | | | |
| Wt. of mold + base plate. | | | |
| Initial wt. of wet soil, Wi. | | | |
| Wt. of water absorbed, Ww. | | | |
| % water absorbed = Ww/Ws | | | |

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530
UT........./016.



THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS.

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. CBR

LOCATION OF PROJECT. ________ BORING NO. ________ SAMPLE NO. 1

DESCRIPTION OF SOIL. SILTY CLAY

TEST PERFORMED BY Mr. SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 2/9/30

BEARING RATIO TEST.

CBR Test Load Data (soaked, unsoaked.)

| Penetration mm. | Mold no. 1 Surcharge 4.543 kg Piston load dial reading (x 3.348) | Load. Kg. (KSC) | Mold no. ____ Surcharge ____ Piston load dial reading (____) | Load. Kg. | Mold no. ____ Surcharge ____ Piston load dial reading (____) | Load. Kg. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.000 | 0 | 0 | | | | |
| 0.5 | 5.022 | 4.584 | | | | |
| 1.0 | 10.044 | 9.169 | | | | |
| 1.5 | 15.066 | 13.754 | | | | |
| 2.0 | 18.414 | 16.809 | | | | |
| 2.5 | 21.762 | 19.866 | | | | |
| 3.0 | 23.436 | 21.394 | | | | |
| 4.0 | 31.803 | 29.032 | | | | |
| 5.0 | 36.828 | 33.620 | | | | |
| 6.0 | 38.502 | 35.148 | | | | |
| 7.5 | 43.524 | 39.732 | | | | |
| 9.0 | 50.220 | 45.845 | | | | |
| Final water content, w% (soaked, unsoaked) sample — Top $\frac{1}{3}$ | | - | | | | |
| Middle $\frac{1}{3}$ | | 12.86% | | | | |
| Bottom $\frac{1}{3}$ | | | | | | |
| Average | | | | | | |

Wet unit wt. = 2094.052 kg/m³ Dry unit wt. = 1824.739 kg/m³

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT........ / 017.

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

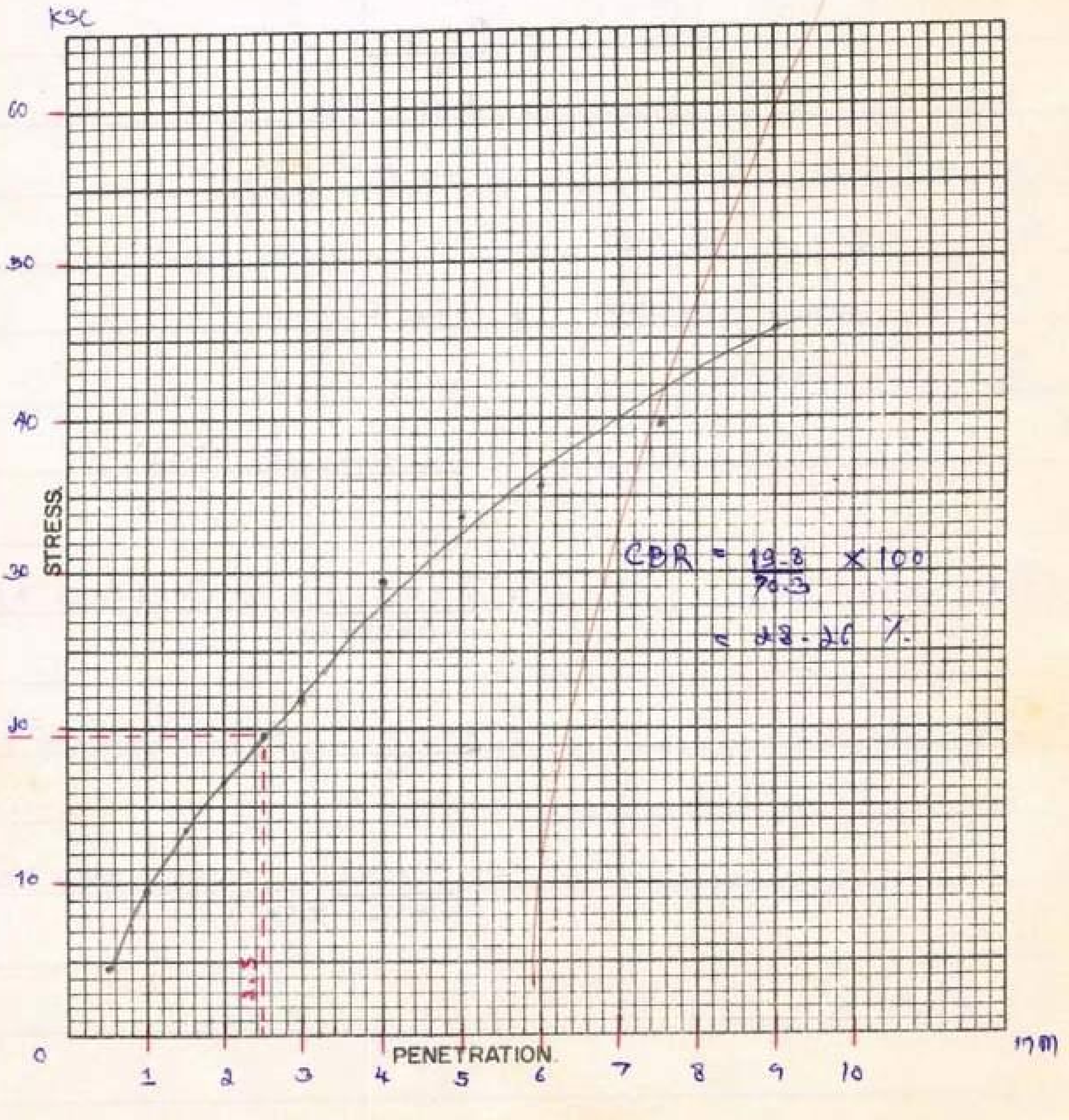
UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY PROJECT. CBR

LOCATION OF PROJECT. ________ BORING NO. ________ SAMPLE NO. ________

DESCRIPTION OF SOIL. SILTY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr Soontorn Ponthat DATE OF TEST. 8 / 7 / 30



## ตัวอย่างรายการคำนวณ

ใช้ OPT MC = 13.70 % ∴ ดิน 4.5 kg ผสมน้ำ 616 CC

wt of Mold = 4212 gms

wt of mold + Soil = 8755

Vol of Mold = $\frac{\pi d^2}{4} \times h$

= $\frac{\pi \times 15.2^2}{4} \times (17.8 - 6.00)$

= 2141 . 209

wt of can = 33.5 gms

wt of can + soil wet = 151.8 "

wt of can + dry soil = 134.5 "

Wt of WATER = 17.3 "

∴ w = $\frac{17.3 \times 100}{101}$ = 17.13 %

Wet unit wt = $\frac{4.543 \times 10^6}{2.141209 \times 10^3}$ = 2094.054 kg/m³

Dry unit wt = $\frac{4.543 \times 17.13}{100} \div 2.141029 \times 10^{-3}$

= $\frac{3.7648}{2.141029 \times 10^{-3}}$ = 1824.729 kg/m³

C.B.R = $\frac{19.866 \times 100}{70.3}$

= 28.26 %

# ตัวอย่างรายการคำนวณ

จากการทดสอบหาค่า COLFORNia Bearing - Ratio (C.BR) = 18.26%. เมื่อนำค่า CBR ไปเทียบตาราง คุณสมบัติของดินให้ค่าอยู่ระหว่าง 10-50% ได้ General Rating = Good ใช้อยู่ในชั้น Base, subbase คือ พื้นทาง & รองพื้นทาง ดินชนิดที่ใช้ทดสอบนี้สามารถนำไปใช้ ก่อสร้างทำพื้นทาง และรองพื้นทางได้เป็นอย่างดี

การทรุดตัวจะเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด เมื่อรับน้ำหนัก และจะทรุดมากในระยะแรก ซึ่งทำในชนิดเม็ดหยาบ (ดินไม่มีความเชื่อมแน่น) ส่วนดินเม็ดละเอียด (ดินที่มีความเชื่อมแน่น) การทรุดตัวอย่างเต็มที่ จะเกิดขึ้นต้องใช้เวลานาน หลังจากได้รับน้ำหนัก ความสัมพันธ์ระหว่างการกดอัดกับระยะเวลาที่เกิดการกดอัดในดิน (Time - RATE OF COMPRESSION) เรียกว่า การยุบตัวหรือ CONSOLIDATION

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



# การทดลองครั้งที่ 13

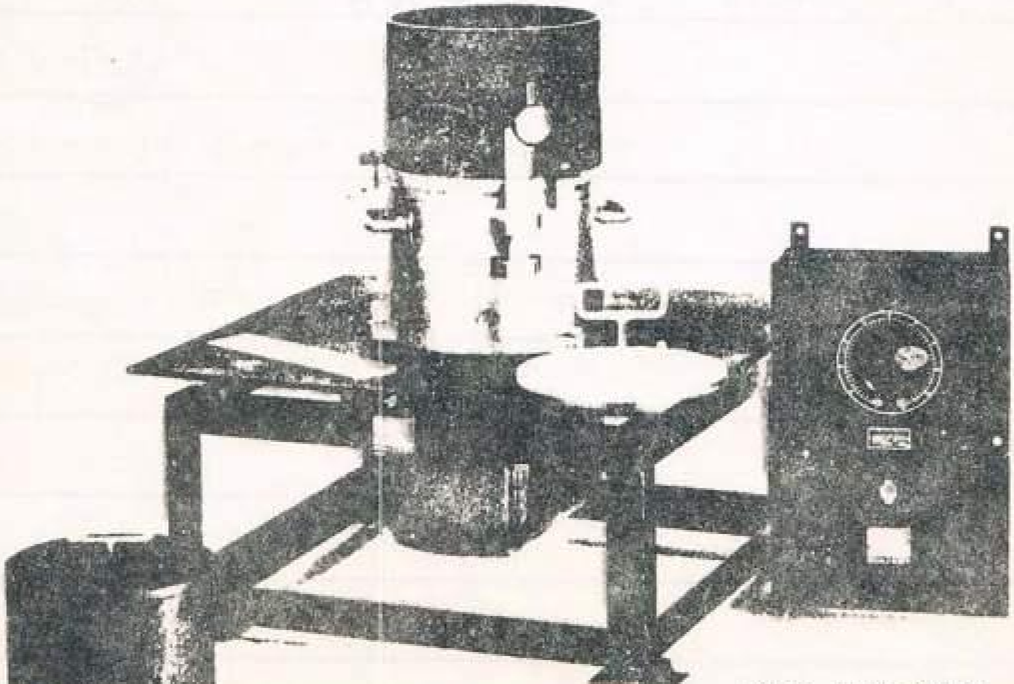
## การหาความหนาแน่นสัมพัทธ์

**วัตถุประสงค์**

เพื่อให้นักศึกษาทราบวิธีการหาค่าความหนาแน่นสูงสุดและความหนาแน่นน้อยที่สุดของดินชนิด Cohesion Less Soil และความหมายของความหนาแน่นสัมพัทธ์

**อุปกรณ์**

1. Modified Compaction Mold ปริมาตร 1/13.33 ฟ$^3$ หรือภาชนะที่ทราบปริมาตร
2. เครื่องเขย่าหรือฆ้อนยางเพื่อใช้ในการทำให้ดินเกิดความแน่น (ดูภาพประกอบ)



CN-166, CN-168, CN-169

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

หลักการ

การบดอัดดินเพื่อให้เกิดความหนาแน่นตามวิธีการของการบดอัดนั้น ใช้ไม่ได้ผลดีนักในดินประเภท Cohesion Less Soil (ทั้งในสภาพแห้งและชื้น) การที่จะให้ดินประเภทนี้เกิดความแน่นได้สูงสุดนั้นอาจทำได้โดยการค่อย ๆ เทดินตัวอย่างลงใน Mold ทีละชั้นแล้วนำไปสั่นสะเทือนโดยวิธีการใด ๆ ก็ได้ เพื่อให้ดินเกิดความแน่นจนกระทั่งดินเต็ม Mold ทำหลาย ๆ ครั้งเพื่อหาค่าความหนาแน่นสูงสุดของดินชนิดนั้น ๆ

บางทีข้อกำหนดของการควบคุมความหนาแน่นของดินในสนามสำหรับดินชนิดนี้ จะใช้ในเทอมของความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) ซึ่งเป็นนิยามที่ Terzaghi ได้กำหนดขึ้นมีค่าเท่ากับ

$$Dr = \frac{e\ Max - e}{e\ Max - e\ min}$$

เมื่อ e Max = อัตราส่วนช่องว่างในดินที่มากที่สุด คือเมื่อดินอยู่ในสภาพ Loose State

e min = อัตรส่วนช่องว่างในดินที่น้อยที่สุด เมื่อดินอยู่ในสภาพ Densest State

e = อัตราส่วนช่องว่างในดินตามสภาพธรรมชาติ

แต่จะเป็นการง่ายและสะดวกกว่า ถ้าหากเราจะหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ จากค่าความหนาแน่นของดินที่จะหาจากอัตราส่วนช่องว่างในดินนั้นจะต้องทราบ ถ.พ.ของเม็ดดินก่อน ดังนั้นความหนาแน่นสัมพัทธ์ของดินจะมีค่าเท่ากับ

$$Dr = \left\{\frac{\gamma f - \gamma 1}{\gamma 2 - \gamma 1}\right\} \frac{\gamma 2}{\gamma f}$$

$\gamma f$ = ความหนาแน่นของดินในสภาพธรรมชาติ (ได้จากการทดสอบในสนาม

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



$\gamma_2$ = ความหนาแน่นของดินที่แน่นที่สุด (ได้จากการทดลองในห้อง Lab)

$\gamma_1$ = ความหนาแน่นของดินที่น้อยที่สุด (ได้จากการทดลองในห้อง Lab)

ปัญหาของการทดลองก็มีอยู่ว่า ทำอย่างไรจึงจะหาความหนาแน่นสูงสุด และต่ำที่สุดออกมาได้ ห้องทดลองบางแห่งใช้วิธีการนำดินใส่ลงใน Mold ทีละชั้น แล้วเอาน้ำหนักวางทับ แล้วนำไปวางบน Vibrator ก็จะหาความหนาแน่นสูงสุดของดินชนิดนั้นได้

ส่วนค่าความหนาแน่นที่น้อยที่สุดก็หาได้โดยการค่อย ๆ เทดินลงใน Mold และไม่ต้องนำเข้าเครื่องเขย่าก็จะหาค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดได้ (การเทดินใส่ใน Mold ตอนนี้ใช้อุปกรณ์จาก Sand Cone Method ช่วย)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มเตรียมตัวอย่าง โดยการนำเอาทรายที่อบแห้งแล้วใส่ลงในขวดที่มีกรวยติดอยู่ (Sand Cone Apparatus).
2. วัดขนาดหาปริมาตรและชั่งน้ำหนักของ Modified Compaction Mold พร้อมด้วย Base Plate.
3. หาค่าความหนาแน่นสูงสุดของดิน โดยการเททรายใส่ลงใน Mold ทีละชั้น (3-5 ชั้น) แล้วนำน้ำหนักวางทับลงบนทราย (น.น.ที่วางทับอย่างน้อย 12 กก. หรือใช้ Surchart WT. จาก C.B.R. จำนวน 3 อัน) แล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่า Vibratory Table ถ้าไม่มีก็ใช้ฆ้อนยางเคาะข้าง ๆ Mold ชั้นละ 25 ครั้ง หรือแล้วแต่ผู้สอนกำหนดเมื่อทรายเต็ม Mold แล้วก็นำไปชั่งน้ำหนักบันทึก น.น. ไว้ ทำการทดลองอีกสองครั้ง โดยวิธีการเดียวกัน พิจารณาเอาค่าน้ำหนักที่มากที่สุด และคำนวณหาค่า Maximum Density.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



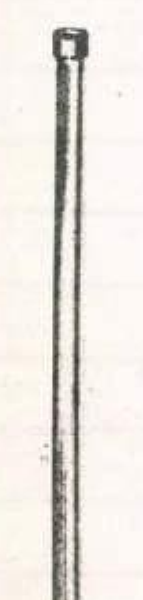
4. หาค่าความหนาแน่นที่น้อยที่สุดของดิน โดยการปล่อยให้ทรายไหลจากขวดใน Mold (Sand Cone Appartus) ระวังอย่า ให้มีการสั่นสะเทือนเมื่อทรายหยุดไหลก็ปิด Valve แล้วปาดทรายส่วนเกินออกให้หมดแล้วนำทราย+ Mold ไปชั่งหา น.น. ของทรายออกมาโดยการเอาน้ำหนักของ Mold จากข้อที่ 2 มาลบออกจาก น.น. ที่ชั่งได้ ทำอีกสองครั้งเอาค่าน้อยที่สุด คำนวณหาค่า Minimum Density.

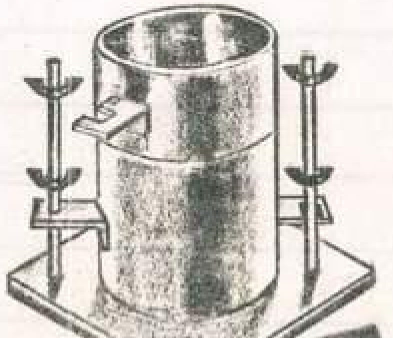
5. ส่วนความหนาแน่นของดินตามสภาพธรรมชาตินั้นก็สามารถหาได้จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างหรือกรรมวิธีใด ๆ ก็ได้ ถ้าไม่มีก็ใช้วิธีสมมุติข้อมูลขึ้นมาโดยทำตามลำดับขั้นในข้อ 3 แล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่าในเวลาที่น้อยกว่าหรือเคาะด้วยจำนวนครั้งที่น้อยกว่า ทำสามครั้งหาค่าน้ำหนักของทรายโดยเฉลี่ย และคำนวณหาความหนาแน่นออกมา ซึ่งเราสมมุติว่าเป็นความหนาแน่นของดินตามสภาพธรรมชาติ

6. นำค่าที่ได้จากข้อ 3, 4, 5 มาแทนค่าในสูตร หาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์

7. ให้นักศึกษาแสดงวิธีการเปลี่ยนค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์จากสูตร

$$Dr = \frac{e\,Max - e}{e\,Max - e\,Min} = \left(\frac{\gamma f - \gamma 1}{\gamma 2 - \gamma 1}\right)\frac{\gamma 2}{\gamma f}$$





ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



## ตัวอย่างรายการคำนวณ

$\gamma_{sand}$ จากการทดลองก่อน (ครั้งที่ 11) = 1056.778 kg/m³ ($\gamma_1$)

$\gamma_f$ = Field Density จากการทดลอง = 1346.00 kg/m³

$\gamma_2 = W/V$

| | | |
|---|---|---|
| Wt. of Mold | = 7695 | gms |
| $\phi$ mold | = 12.30 | cm |
| ความสูง (h) | = 11.68 | cm |
| ① Sand + Mold | = 9804 | gms |
| ② Sand + Mold | = 9818 | gms |
| เฉลี่ย Sand + Mold | = 9811 | gms |
| Wt of Sand | = 2116 | gms |

$$\gamma_2 = \frac{2116}{1387.85} = 1.52466 \text{ gms/cm}^3$$

$$= 1524.66 \text{ kg/m}^3$$

$$D_r = \left[\frac{\gamma_f - \gamma_1}{\gamma_2 - \gamma_1}\right]\frac{\gamma_2}{\gamma_f}$$

$$= \left[\frac{1346 - 1056.778}{1524.66 - 1346.0}\right]\frac{1524.66}{1346.00}$$

$$= 1.8337$$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



## สรุปผลการทดลอง

โครงสร้างของดินชนิด GRANULAR SOIL มีรูปแบบที่เป็น โครงสร้างแบบ SINGLE GRAIN STRUCTURE ลักษณะการจัดเรียงตัวของดินเม็ดหยาบ เม็ดดินจะเรียงตัวซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ ปราศจากตัวเชื่อมหรือประสานของส่วนอื่น เกิดการเรียงตัวอยู่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของการเรียงตัวของเม็ดดิน และค่าความหนาแน่น

ค่าความหนาแน่น เป็นคุณสมบัติที่ใช้เป็นเกณฑ์ความหนาแน่นของดินที่อยู่ในลักษณะแน่น ข้อจาก TERZAGHI ได้ใช้ค่า Degree of density

ค่า Dr สามารถบอกลักษณะของโครงสร้างของดินเม็ดหยาบ

| structure | Veryloose | Loose | medium | Dense | Verydense |
|---|---|---|---|---|---|
| Dr % | 0-15 | 15-35 | 35-65 | 65-85 | 85-100 |

จากการทดลอง จ.เพชรบุรี ดินทรายบริเวณที่ทำการทดลองนี้ได้ค่าของ Dr เท่ากับ 8.337 % จึงจัดอยู่ในดินประเภท Veryloose เป็นดินที่มีลักษณะหลวมมาก จึงไม่เหมาะกับงานก่อสร้างประเภทที่รับแรงกดอัด เพราะมีช่องว่างมาก เมื่อมีการนำไปใช้กับงานจะต้องมีการกดอัดให้ดีเสียก่อน

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# การทดลองครั้งที่ 14

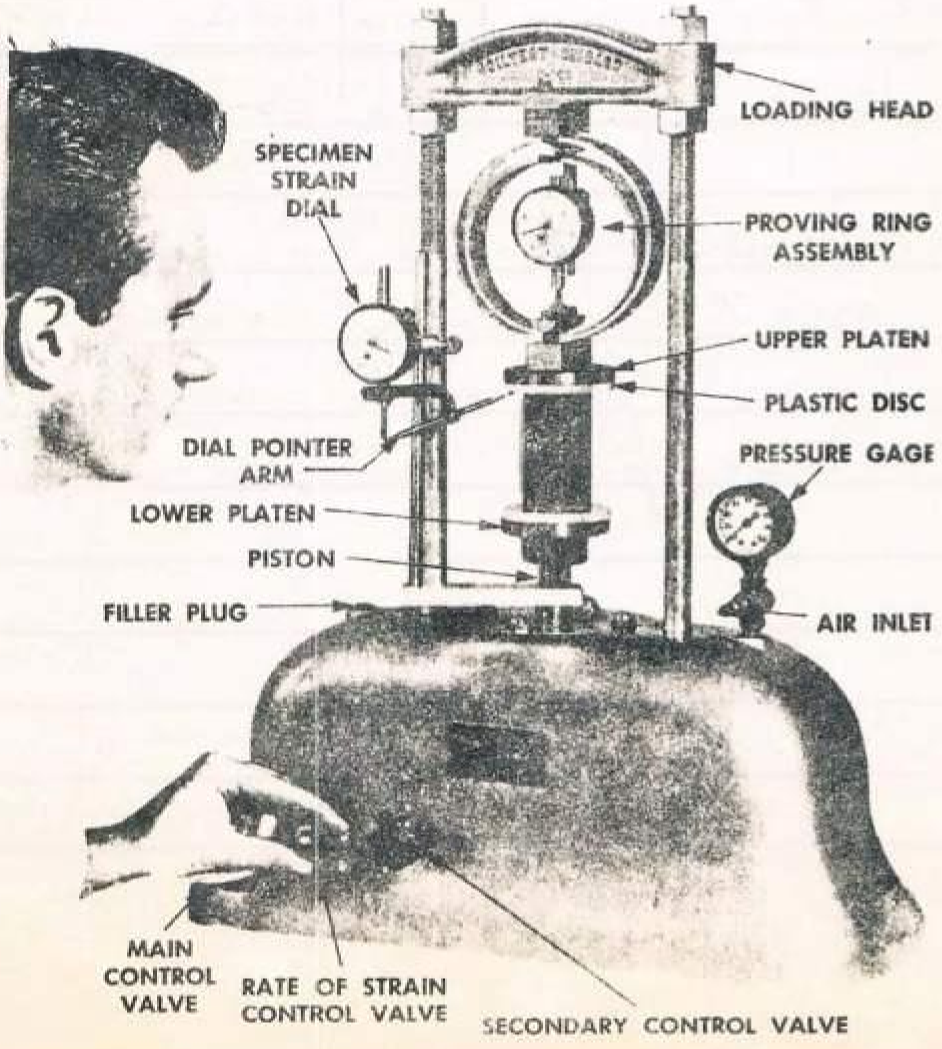
## Unconfined Compression Test.

**วัตถุประสงค์**

เพื่อให้นักศึกษาทราบถึงวิธีหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินชนิด Cohesive Soil

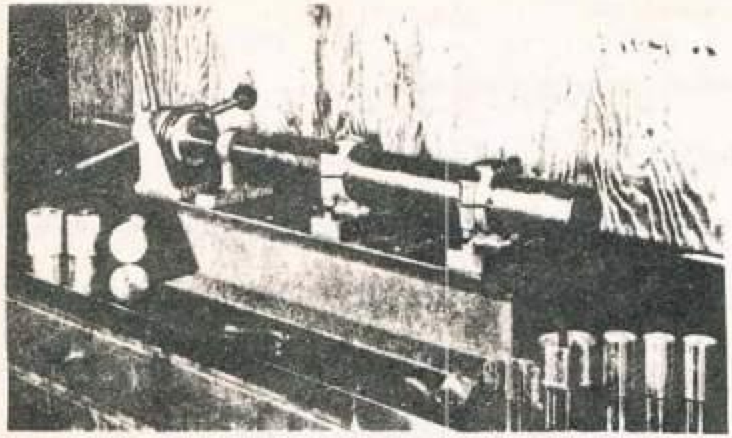
**อุปกรณ์**

1. เครื่องทดสอบ Unconfided Compession Testing Machine พร้อมด้วย Dial Gage ที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.01 m.m.
2. อุปกรณ์การหาค่า Water Content

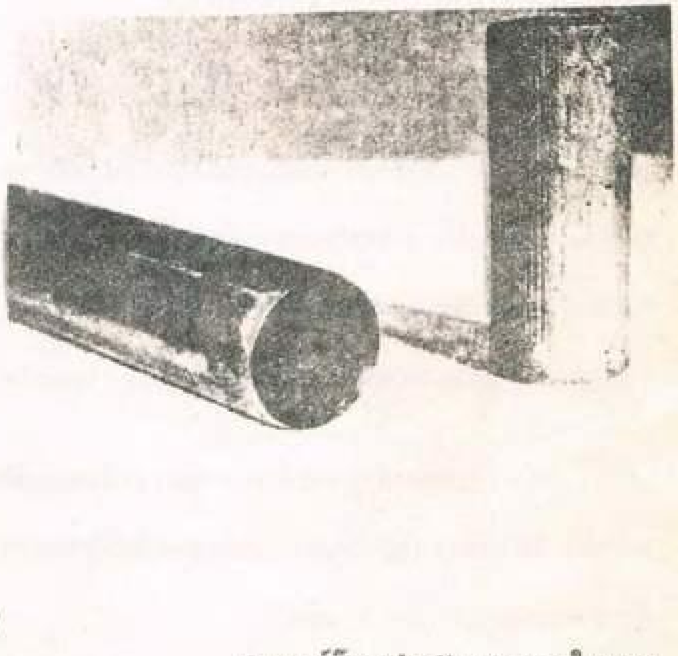


ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

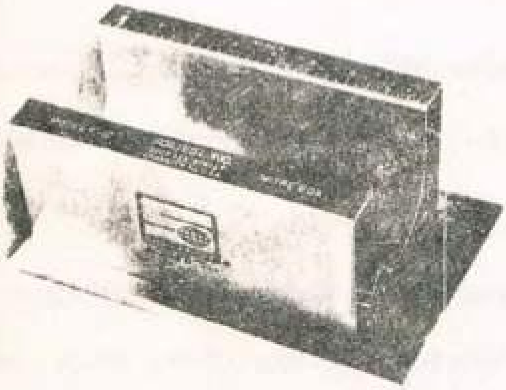




เครื่องดันตัวอย่างดิน



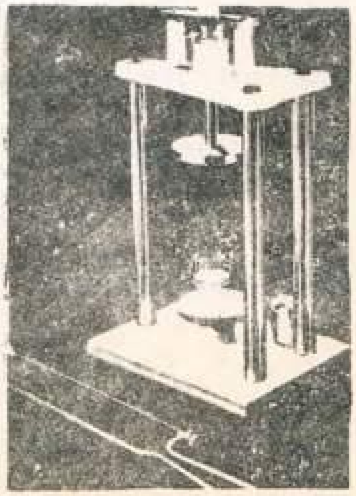
กระบอกเก็บตัวอย่างดิน



มิเตอร์บ็อกสำหรับกะระยะในการตัดแท่งตัวอย่าง

P-55

เลื่อยตัดดิน



เครื่องกลึงดิน

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



หลักการ

เมื่อวิธีการทดสอบแท่งดินของดินชนิด Cohesive Soil โดยไม่ต้องมีวัสดุอื่นใดมาห่อหุ้มแท่งดินตัวอย่าง โดยนำดินตัวอย่างมาเข้าเครื่องกดทดสอบแบบธรรมดา (Compression Machine) ได้ถูกนำมาทดลองเป็นครั้งแรก และต่อมาก็เป็นที่ยอมรับกันว่าการที่นำแท่งดินมาทดสอบการรับแรงอัดนี้ สามารถที่จะหาความต้านทานแรงเฉือนของดินโดยประมาณได้อย่างรวดเร็วจากการเขียน Mohr's Circle หรือจากการคำนวณอย่างง่าย ๆ ค่าความต้านทานแรงเฉือนของดิน (Cohesive Soil) ก็คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินนั่นเอง (Cohesion) ซึ่งให้ตัวย่อเป็นตัว "C" ก็จะมีค่าเท่ากับ

$$C = \frac{qu}{2} \quad - \quad (14 - 1)$$

เมื่อ qu = ความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุดของดินทดสอบแบบ Unconfined คือไม่คิดว่าแรงดันด้านข้างของดิน การคำนวณหาค่าจากสมการ (14 - 1) คิดจากหลักการที่ว่า $\sqrt{3}$ หรือ Minor Principle Stress มีค่าเท่ากับศูนย์ (แรงดันของบรรยากาศรอบ ๆ ดินตัวอย่างเป็นศูนย์) และมุมของแรงเสียดทานภายใน (Angle of Internal Friltion) เป็นศูนย์

การหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินโดยวิธีนี้ ค่าที่ได้เป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น ไม่ใช่ค่าความต้านทานแรงเฉือนที่แท้จริงของดิน ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าวิธีการทดสอบมีข้อบกพร่องบางประการ เช่น

1. แรงดันด้านข้างของดินตัวอย่างที่นำมาทดสอบไม่มีเลยทำให้คุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิม เมื่ออยู่ธรรมชาติและความชื้นในดินอันเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงตึงผิว (Surface Tension) ซึ่งจะทำให้เกิดการยึดรอบ ๆ แท่งตัวอย่างอาจสูญเสียไป (ถ้าภายในห้องทดสอบไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ)

2. สภาพภายในของดิน (ค่าขีดความอิ่มตัว, Pore Pressure ภายใต้สภาวะที่รับน้ำหนักระหว่างทดสอบ, และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าขีดความอิ่มตัวไม่สามารถควบคุมได้)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

3. แรงเสียดทานที่ปลายทั้งสองข้างของแท่งทดสอบจากโลหะ ซึ่งทำให้เกิดแรงดันด้านข้างที่ปลายทั้งสองข้าง ซึ่งทำให้ค่าแรงเค้นภายใน (Internal Stress) เปลี่ยนแปลงไป และไม่สามารทราบได้

ข้อผิดพลาดของผลการทดลองข้อที่ 1 และ 2 สามารถแก้ไขได้โดยนำไปทดสอบในลักษณะ Confined Compression Test หรือ Triaxial Test ส่วนในข้อที่ 3 ไม่สามารถวิเคราะห์ออกมาได้และก็ไม่เห็นว่าไม่ได้เป็น Factor ที่สำคัญมากนักจนถึงกับทำให้ค่าที่ออกมาใช้ไม่ได้ และตรงส่วนล่างของ Plate โลหะสามารถหาวัตถุอื่นมาทดแทนเพื่อลดแรงเสียดทานลงได้

การทดสอบแบบ Uncomfined Compression Test เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดสอบกับดินประเภท Cohesive Soil เพราะสามารถทำได้รวดเร็ว และประหยัดค่าที่ออกมาค่อนข้างจะเป็นค่าที่มีความปลอดภัยสูงกว่าที่หาได้จากวิธีการอื่น เมื่อนำค่านั้นมาใช้งานคือเป็นค่าที่ Conservative ส่วนการจะถือเอาค่าที่หาออกมาได้น่าเชื่อถือหรือเป็นที่น่าพึงพอใจอย่างไรนั้นก็ขึ้นอยู่กับผู้ทดสอบว่าได้ทำการอย่างถูกต้อง และพิถีพิถันเพียงไร ถ้าจะไปแล้วไม่ว่าเป็นวิธีไหนก็ตาม ย่อมมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง ซึ่งส่งผลสะท้อนต่อค่าที่หาออกมาได้ถ้าหากปราศจากการเอาใจใส่เป็นพิเศษของผู้ทดสอบ การทดสอบ Unconfined Compression ก็เช่นเดียวกันค่าที่หาออกมาได้จะเป็นที่น่าเชื่อถืออย่างไรนั้นก็ขึ้นอยู่กับการเอาผลการทดลองไปตีความให้ถูกต้องและตระหนักดีว่าวิธีการทดสอบมีขีดจำกัดอยู่บ้าง เช่น การจะหาค่า Modulus of Elastic ของดินจะหาได้จาก Curve ที่แสดงความสัมพันธ์ของ Stress - Strain ที่ได้จากการทดสอบเท่านั้น และค่าที่ได้ก็เป็นที่ต้องแก้ไขอยู่มากเหมือนกัน เนื่องจากว่าดินมิได้เป็นวัตถุที่มีความยืดหยุ่นเหมือนวัตถุจำพวกโลหะ

การทดสอบ Unconfined **ทำได้สองวิธีคือ** แบบ Stress Control และ Strain Control วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ Strain Control เพราะทำได้ง่ายกว่า Strain ที่ใช้ควบคุมเมื่อทดสอบการรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างควบคุมในอัตรา 0.5 - 2 percent/min. (ถ้าแท่งดินมีความยาว 50 m.m และควบคุม Strain 1 % ก็หมายความ

ว่าให้ดินรับแรงอัดและเกิดการยุบตัวลงมาในอัตรา 0.5 m.m./นาที) และทดสอบไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดที่ต้องการทราบหรือจุดที่ดินพิบัติ

เนื่องจากว่าการทดสอบ Unconfined Compression Testดินตัวอย่างไม่มีอะไรห่อหุ้มและทดลองในห้องที่มีสภาพแห้ง (มีความชื้นต่ำ) ดังนั้น การทดสอบจะต้องทำให้เสร็จสิ้นภายใน 10 นาที มิฉะนั้น การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินจะมีผลต่อค่า Compressive Strength (คือถ้าดินแห้งลงความต้านทานต่อแรงกดก็จะมากขึ้น)

ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบจะทดสอบจนกระทั่ง น้ำหนักที่กดลงบนตัวอย่างลดลงหรือทดสอบจนถึง 20 % Strain (ถ้าตัวอย่างมีความยาวเท่ากับ 76 m.m. 20% ก็จะมีค่า 0.2 x 76 = 15.2 m.m.) ก็คือจะหยุดการทดสอบเมื่อดินยุบตัวได้ประมาณ 15.2 m.m.

การคำนวณค่า Axial Strain และค่า Stress ทุก ๆ ค่า และหาค่า Maximum Stress หรือค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดของดิน (qu) และนำค่า Strain และ Stress ไป plot ในกร๊าฟ เพื่อหาค่าเฉลี่ยวของ qu ซึ่งค่าที่ได้ค่อนข้างจะมากกว่าค่า qu ที่ได้จากการคำนวณจากกระดาษกรองข้อมูล

ค่า Strain (E) ของดินคำนวณได้ดังนี้

$$E = \frac{\Delta L}{Lo} \qquad \text{———————} (14-2)$$

$\Delta L$ = ความยาวที่เปลี่ยนไปตามแนวแกน (m.m.)

Lo = ความยาวเดิม (m.m.)

ค่า Stress แต่ละครั้งที่น้ำหนักกดลงบนแท่งดิน

$$\sigma = \frac{P}{A'} \qquad \text{———————} (14-3)$$

เมื่อ P = น้ำหนักที่กดลงบนแท่งตัวอย่าง ณ จุดใด ๆ ที่สอดคล้องกับค่า $\Delta L$ (kg)

$A'$ = พ.ท. หน้าตัดของดินตัวอย่างเมื่อรับน้ำหนักที่กดลงมาเท่ากับ $P (M^2)$

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ในทางปฏิบัติของวิชาปฐพีกลศาสตร์ จำเป็นต้องปรับค่าพื้นที่หน้าตัดของดินเมื่อรับน้ำหนัก P (เนื่องจากว่าหน้าตัดของดินจะเปลี่ยนเมื่อถูกแรงอัด) ซึ่งถ้าหากเป็นการทดสอบวัสดุจำพวกโลหะจะไม่มีการปรับพื้นที่หน้าตัด เช่น การทดสอบแรงดึงของเหล็ก เหตุผลที่เปลี่ยนก็มีอยู่ว่า เพื่อให้เหมือนกับลักษณะของดินเมื่อรับน้ำหนักจริงในสนาม และการปรับพื้นที่ยังช่วยลดค่าความต้านทานสูง ซึ่งช่วยให้มี Factor of Safty มากกว่าการใช้พื้นที่หน้าตัดเดิม ค่าพื้นที่หน้าตัดของดินตอนแรก ($A_o$) จะถูกปรับใหม่โดยพิจารณาว่า ขณะที่พื้นที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น ปริมาตรของแท่งตัวอย่างยังคงเท่าเดิม ปริมาตรของดินตอนแรกมีค่าเท่ากับ

$$V_T = A_o L_o \qquad \text{(14-4)}$$

แต่หลังจากที่ความยาวของดินเปลี่ยนไปเมื่อรับน้ำหนัก

$$V_T = A' (L_o - \Delta L) \qquad \text{(14-5)}$$

จากสมการที่ 14-4 และ 14-5 สามารถหาค่า A' ได้เท่ากับ

$$A' = \frac{A_o}{1 - E} \qquad \text{(14-6)}$$

ความยาวของแท่งดินที่นำมาทดสอบจะต้องให้พอเหมาะ โดยพิจารณาจากอัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลาง ถ้าหากความยาวน้อยเกินไปจะทำให้ Zone of Failure ซ้อนกัน (ดูภาพประกอบ) และถ้าหากความยาวมากเกินไปจะทำให้ลักษณะการ Failure เหมือนกับของเสา

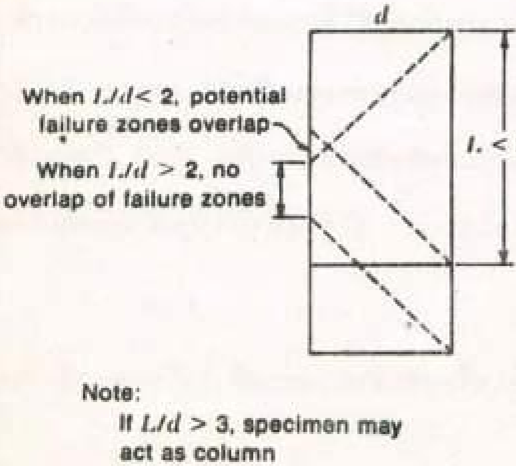



**Figure 14-2**
*L/d* ratios for any soil compression test (unconfined, triaxial, or other).

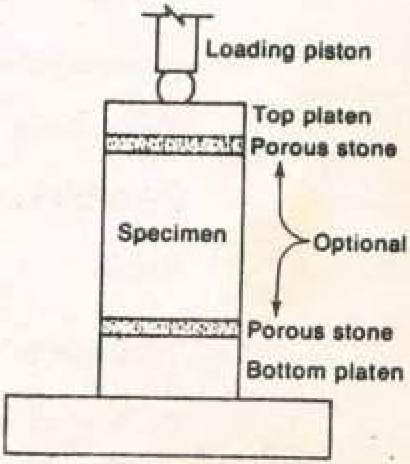



**Figure 14-3**
Schematic of an unconfined compression test.

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

ในรูป 14-3 แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของการทดสอบ Unconfined แท่งตัวอย่างดินอยู่ในความยาวที่เหมาะสมและอยู่ระหว่างแผ่นรองสองแผ่นสำหรับถ่ายน้ำหนักจากเครื่องกดสู่ดิน พร้อมด้วยหินพรุน 2 แห่งสอดแทรกอยู่ระหว่างดินกับแผ่นรอง แรงที่กดลงมาทีละน้อยจะกระทำตามแนวแกน Y ทำให้ดินยุบตัวลงทีละน้อย ๆ เป็นสัดส่วนกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น บันทึกระยะการหดตัวของดิน และน้ำหนักที่กระทำเป็นระยะจนกระทั่งดินถึงจุดพิบัติ นำค่าที่บันทึกไว้คำนวณหาค่า A' และค่า qu พร้อมกับเขียนกร๊าฟแสดงความสัมพันธ์ของ Stress และ Strain

<u>ลำดับขั้นการทดลอง</u>

1. นักศึกษาแต่ละกรุ๊พเตรียมตัวอย่างดินไว้ กรุ๊พละ 2 ตัวอย่าง โดยให้ $\frac{L}{D}$ อยู่ระหว่าง 2 กับ 3

2. เก็บตัวอย่างใส่ภาชนะที่รักษาความชื้นเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในดินระหว่างรอการทดสอบให้คำนวณหาค่า Deformation ที่ .20 ของดินตัวอย่าง และคำนวณหาค่าความหนาแน่นของแท่งดินทดสอบพร้อมทั้งเตรียมกระป๋องอบดินไว้ 2 กระป๋องเพื่อเก็บดินหลังจากทดสอบไว้หาค่าปริมาณน้ำในดิน

3. วางตัวอย่างให้ตรงแนวในเครื่องทดสอบ (ถ้าหากแท่งดินไม่ได้ฉากจะทำให้ตอนเริ่มต้นของ Curve ที่นำไป Plot มีลักษณะค่อนข้างจะเอนไปในแนวราบ และค่า Strain จะได้มากกว่าค่าที่ได้จากการทดลองโดยปรกติ) แล้วหมุนเพื่อให้แท่งทดสอบสัมผัสกับแผ่นรองตอนบนให้สังเกตุจาก Dialgage ที่ใช้วัด Load ถ้าขยับก็แสดงว่าแท่งดินสัมผัสแล้วปรับ Dial Gage ที่วัดน้ำหนักให้ตรงกับศูนย์ และ Dialgage ที่ใช้วัดค่าการยุบตัวของดินให้ตรงกับศูนย์

4. ใช้มือหมุนหรือใช้ Moter ให้เครื่องดันดินตัวอย่างขึ้นไปในอัตราที่กำหนดไว้ (0.5 - 2% Strain)

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



บันทึกน้ำหนักที่กระทำเมื่อตัวอย่างยุบตัวลงดังนี้

0 m.m

.10 m.m.

.25 m.m.

.50 m.m.

.75 m.m.

1.00 m.m. และต่อไปครั้งละ .5 m.m.หรือ 1.00 m.m.

จนกระทั่งผลการทดลองเป็นอย่างหนึ่งอย่างใด ดังนี้

ก. น้ำหนักที่กระทำกับดินตัวอย่างลดลง

ข. น้ำหนักที่กระทำคงที่อยู่ 4 ค่า

ค. การยุบตัวของดินเกิน 20% Strain

5. Sketch รูปการยุบตัวของดินไว้ และแบ่งตัวอย่างใส่กระป๋องอบดินเพื่อนำไปหาค่าปริมาณน้ำในดิน

6. คำนวณหาค่าหน่วยความเครียด (Unit Strain) ค่า A และค่าหน่วยแรงเค้น (Unit Stress) ของค่าทุก ๆ ค่าที่อ่านได้ และนำไปเขียนกร๊าฟแสดงความสัมพันธ์ของ Stress กับ Strain แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณและจากกร๊าฟ

7.1 เขียน Morh's Circle โดยใช้ค่าเฉลี่ยของ qu และแสดงค่าแรงยึดเหนี่ยวของดิน (Cohesion) โดยการใช้วงเวียน

7.2 คำนวณหาค่า Secant Modulus of Elastility ของดินที่ตำแหน่ง 0.25, o.5, 0.75 พร้อมทั้งคำนวณหาค่า Initial Tangent Modulus.

ให้แสดงความคิดเห็นว่า ความหนาแน่นของดินกับปริมาณน้ำในดินมีผลต่อ (ค่า qu) ความต้านทานแรงอัดสูงสุดอย่างไร

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT........../013.

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____

LOCATION OF PROJECT. ____

DESCRIPTION OF SOIL. *BROWN SILTY CLAY*

TEST PERFORMED BY. ____ DATE OF TEST. *7-8-81*

## UNCONFINED COMPRESSION TEST

SAMPLE DATA

DIAM. *45.5* AREA Ao *16.26 $CM^2$* Ht, Lo *108.0 mm.*

VOL. *175.61 $CM^3$* Wt *379.5 gm.* WET UNIT Wt *2.16 gm/cc*

WATER CONTENT, ω % *14.5* DRY UNIT Wt. *1.89 gm/cc* LRC *0.34 KG/DIV.*

| Deformation DIAL READING ( $X 10^{-2}$ ) | LOAD DIAL (UNITS) | SAMPLE Deformation ΔL, ( mm. ) | UNIT STRIAN ΔL/Lo $X 10^{-2}$ | AREA CF 1-e | Corrected AREA, A, ( $cm^2$ ) | TOTAL LOAD ON SAMPLE (COL.2XLRC) | SAMPLE STRESS ( ksc ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16.26 | – | – |
| 50 | 8 | 0.50 | 0.50 | 0.9950 | 16.34 | 2.72 | 0.166 |
| 100 | 15 | 1.00 | 0.90 | 0.9910 | 15.41 | 5.10 | 0.311 |
| 200 | 20 | 2.00 | 1.85 | 0.9815 | 16.57 | 6.80 | 0.409 |
| 400 | 27 | 4.00 | 3.70 | 0.9630 | 16.88 | 9.18 | 0.543 |
| 500 | 30 | 5.00 | 4.63 | 0.9537 | 17.05 | 10.20 | 0.598 |
| 600 | 33 | 6.00 | 5.56 | 0.9444 | 17.22 | 11.22 | 0.651 |
| 750 | 38 | 7.50 | 6.94 | 0.9306 | 17.47 | 12.92 | 0.739 |
| 1,000 | 44 | 10.00 | 9.26 | 0.9074 | 17.92 | 14.96 | 0.835 |
| 1,200 | 49 | 12.00 | 11.11 | 0.8889 | 18.29 | 16.66 | 0.910 |
| 1,400 | 54 | 14.00 | 12.96 | 0.8704 | 18.68 | 18.36 | 0.983 |
| 1,500 | 56 | 15.00 | 13.89 | 0.8611 | 18.88 | 19.04 | 1.008 |
| 1,600 | 58 | 16.00 | 14.81 | 0.8519 | 19.09 | 19.72 | 1.033 |
| 1,700 | 57 | 17.00 | 15.74 | 0.8426 | 19.30 | 19.38 | 1.004 |

NOTE: INSERT UNITS IN COLUMN HEADINGS AS NECESSARY.

UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH Qu = *1.035* COHESION = Qu/2 = *0.5175*

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT........./014

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION

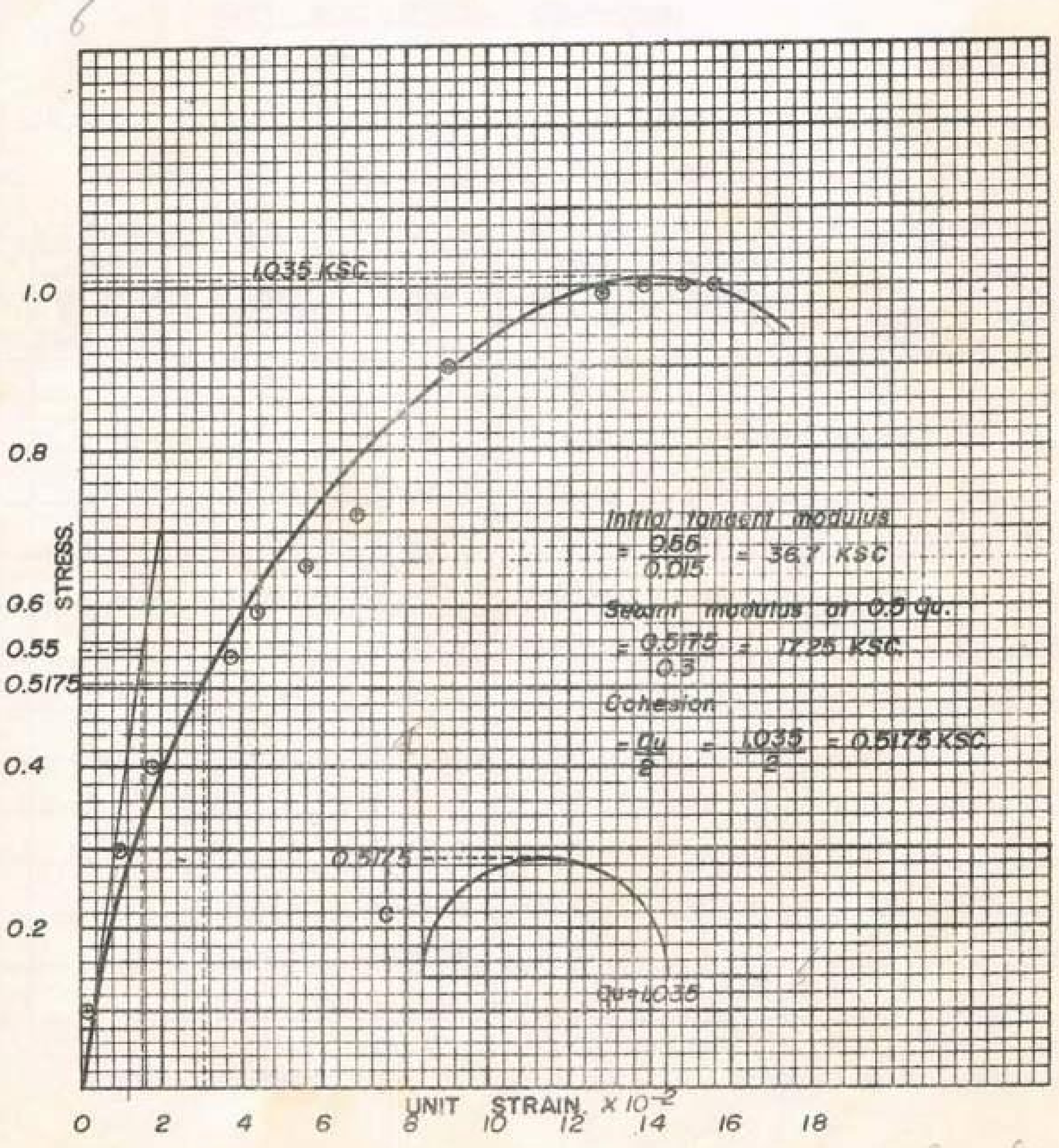
UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. ____________

LOCATION OF PROJECT. ____________

DESCRIPTION OF SOIL. *BROWN SILTY CLAY.*

TEST PERFORMED BY ____________ DATE OF TEST. *7 - 8 - 81*



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



UT........./OI

THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY.

PROJECT. UNCONFINED COMPRESSION TEST

LOCATION OF PROJECT.

DESCRIPTION OF SOIL. BROWN SILTY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 9/9/30

## UNCONFINED COMPRESSION TEST

SAMPLE DATA

DIAM. 3.823 cm AREA Ao 11.479 cm² Ht, Lo 7.90 cm

VOL. 90.683 cm³ Wt 181.9 gms WET UNIT Wt 2.005

WATER CONTENT, ω % DRY UNIT Wt. 1.622 /cc LRC 0.41 Kg / DIV

| Deformation DIAL READING ( ) | LOAD DIAL (UNITS) | SAMPLE Deformation ΔL, ( ) | UNIT STRIAN ΔL/Lo | AREA CF 1-e | Corrected AREA, A, ( ) | TOTAL. LOAD ON SAMPLE (COL2XLRC) | SAMPLE STRESS ( ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 11.479 | — | – |
| 50 | 14 | 0.50 | 0.63 | 0.9937 | 11.552 | 5.74 | 0.497 |
| 100 | 23 | 1.00 | 1.26 | 0.9874 | 11.625 | 9.43 | 0.811 |
| 200 | 34 | 2.00 | 2.52 | 0.9748 | 11.776 | 13.94 | 1.184 |
| 400 | 41 | 4.00 | 5.04 | 0.9496 | 12.088 | 16.81 | 1.391 |
| 500 | 43 | 5.00 | 6.33 | 0.9367 | 12.255 | 17.63 | 1.439 |
| 600 | 45 | 6.00 | 7.59 | 0.9241 | 12.422 | 18.46 | 1.483 |
| 750 | 47 | 7.50 | 9.49 | 0.9151 | 12.544 | 18.27 | 1.536 |
| 1000 | 50 | 10.00 | 12.66 | 0.8734 | 13.143 | 20.50 | 1.560 |
| 1200 | 51 | 12.00 | 15.19 | 0.8481 | 13.535 | 20.91 | 1.543 |
| 1400 | 52 | 14.00 | 17.72 | 0.8223 | 13.951 | 21.32 | 1.528 |
| | | | | | | | |

NOTE: INSERT UNITS IN COLUMN HEADINGS AS NECESSARY.

UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH Qu = COHESION = Qu/2 =

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530 UT........./014



# THE INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND VOCATIONAL EDUCATION.

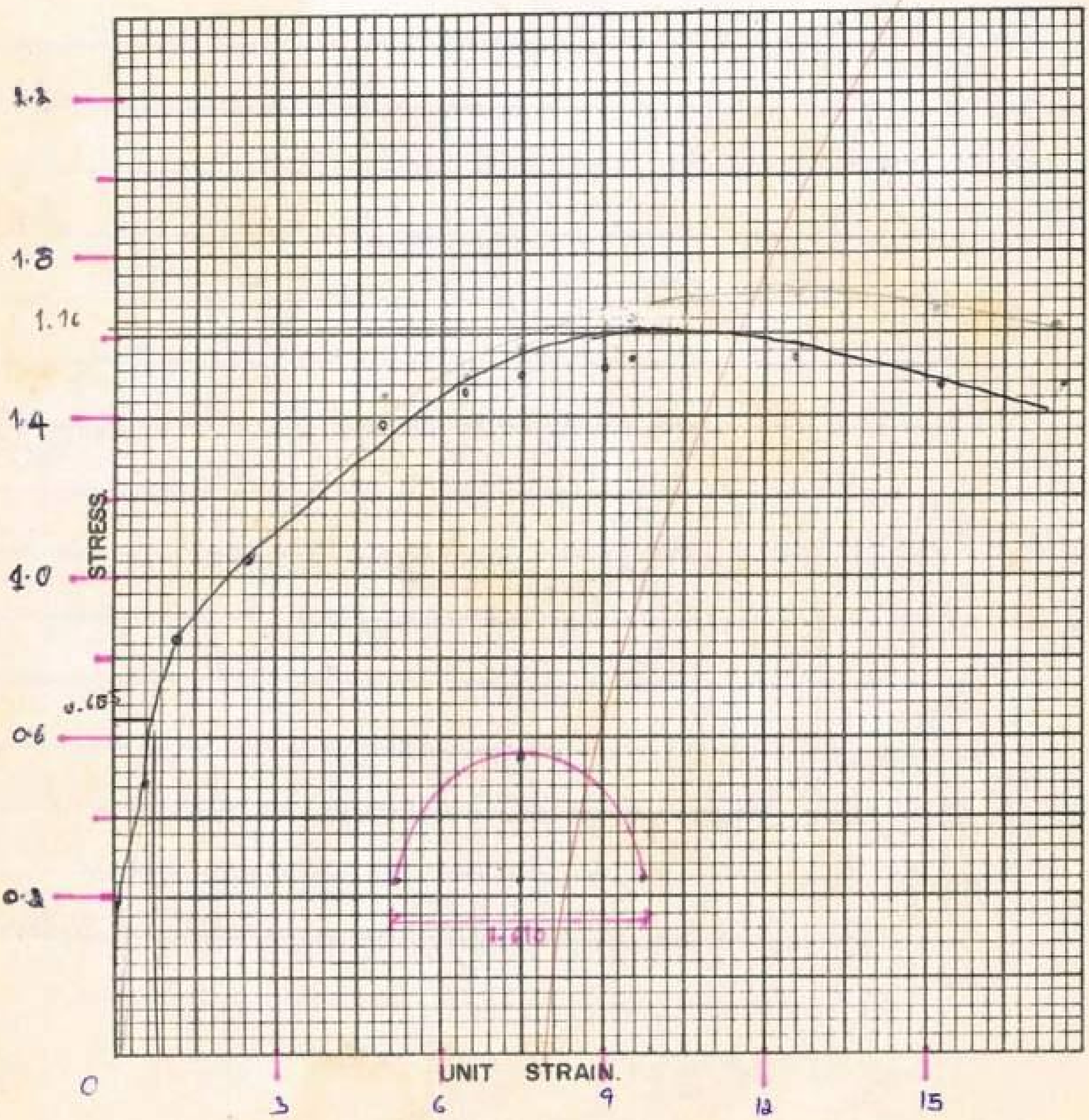
## UTHENTHAWAI CAMPUS

DEPARTMENT OF CIVIL TECHNOLOGY. PROJECT. UNCONFINED COMPRESSION TE

LOCATION OF PROJECT. ____________________

DESCRIPTION OF SOIL. BROWN SILTY CLAY

TEST PERFORMED BY. Mr SOONTORN PONTHAT DATE OF TEST. 9/9/30



ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530



## สรุปผลการทดลอง

Deformation dial Reading 50 = SAMPLE Deformation $\left(\frac{50}{100}\right)$

= 0.5 mm

Load Dial (units) 14

Sample deformation 0.3 mm ÷ 19x10 = unit strian 0.63

AREA . CF $1-(0.63\times10^{-2})$ = 0.9937

Corrected Area, A = $\frac{11.479}{0.9937}$ = 11.552 cm²

Total Load on Sample (Col. 2xLRC) = 14 x0.41

= 5.74 kg

Sample Stress 5.74 ÷ 11.552 = 0.497 ksc

Secant modulus at 0.5 qu = $\frac{1.16}{0.3}$ "

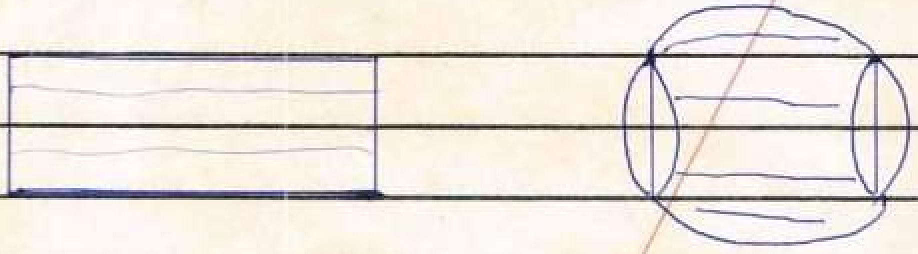
= 3.8667 "

COHESION = qu/2 = $\frac{1.410}{2}$

= 0.605 ksc

## สรุปผลการทดลอง

การทดลองตัวอย่างที่เป็นดินเหนียวที่ทดลองง่ายที่สุด รวดเร็ว และประหยัด ในการหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน ลักษณะของดินก่อนการทดลอง นั้น มีลักษณะเป็นดินแท่งกลม ตัวมี ∅ ประมาณ 3.883 cm ยาวประมาณ 7.9 cm



แท่งดินก่อนทดลอง　　　　　　　　หลังการทดลอง

ลักษณะดินหลังทดลองปรากฏว่า แท่งดินมีลักษณะสั้นลง และตรงกลางจะพองตัวออก เนื่องจาก แท่งดินถูกกดอัดด้านบน และด้านล่าง ในแนวดิ่ง ส่วนด้านข้างนั้นไม่มีแรงกระทำ คือ ยังคงมีแรงดัน จึงทำให้ดินขยายตัวออกด้านข้าง

เมื่อมี Load กระทำต่อมวลดิน จนไม่เกิดความต้านทานแรงเฉือน (Shear Stress) ได้สูงขึ้น องค์ประกอบของค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ COHESION คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน และ INTERNAL FRICTION คือแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน

จากการทดลองได้ค่า Secant Modulus At 0.5 qu = 3.8667 ksc

ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด = 1.610

Cohesion = 0.805 ksc

ไกล้รุ่ง มีศีลธรรม
พ.ศ.2530

# หนังสืออ้างอิง


Brian Vickers, Laboratory Work in Civil Engineering. Soil Mechanics. London, Granada Publishing Limited, 1978, p.148.

Dr. S. K. Khanna, Dr. C. E. G. Justo, Highway Material Testing. Roorkee, New Chand & Bros. Roorkee (U.P.), 1977, p.135.

T. W. Lambe, Soil Testing for Engineers. New Delhi. Bangalore, Wiley Eastern Limited, 1977, p.165.

U.S. Department of Interior, Eart Manual. Calculta, Oxford's I B H Publishing Co., 1974, p.788.

Shamsher Prakash, P. K. Jain, Engineering Soil Testing. Roorkee, New Chand & Bros. Publishers, 1979, p.88.

AASHTO, Standard Specifications for Transportation Materials and Method of Sampling, Part I and Part II. 12nd Ed. Washington D.C., AASHTO, 1978.

J. E. Bowles, Engineering Properties of Soils and Their Measurment 2nd Ed., New York, McGraw-Hill Book Company. 1978, p.212.

กองวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง, วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง เล่ม 1 กรุงเทพมหานคร.

J. V. Parcher, R. E. Means, Soil Mechanic and Foundations New Delhi, Prentice-Hall of India Private Limited, 1974, p.573.