บทที่ 3

การทดสอบ

3.1 บททั่วไป

ดินกรุงเทพเกิดจากตะกอนดินเหนียวที่ถูกพัดพามาสู่ที่ลุ่มแล้วทับถมกัน ณ บริเวณปากลุ่มน้ำเจ้าพระยาในช่วงเวลาต่าง ๆ กันนานมาแล้ว ศาสตราจารย์ ดร. ชัย มุกตพันธุ์ และคณะ (1967) จำแนกดินกรุงเทพออกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเรียกว่า ชั้นดินเหนียวอ่อนมีสีเทา ส่วนบนแข็งแห้งกว่าส่วนล่าง เนื่องจากอิทธิพลของลมฟ้าอากาศ เรียกว่า ชั้นเปลือก (Crust soil หรือ Weathered soil) ลึก 4-5 ม. จากผิวดิน ใต้ลงไปเป็นดินเหนียวอ่อนเปียกชุ่มหนา 6-7 ม. ชั้นล่างเป็นดินเหนียวแข็งปานกลางถึงแข็งมากสลับกับชั้นทราย มีร่องทรายและรอยแตกของดินปรากฏเป็นหย่อม ๆ ตลอดชั้นดิน ปัจจุบันพบว่า ความหนาของชั้นดินลาดในแนวเหนือใต้ โดยความหนาเพิ่มขึ้นทางใต้

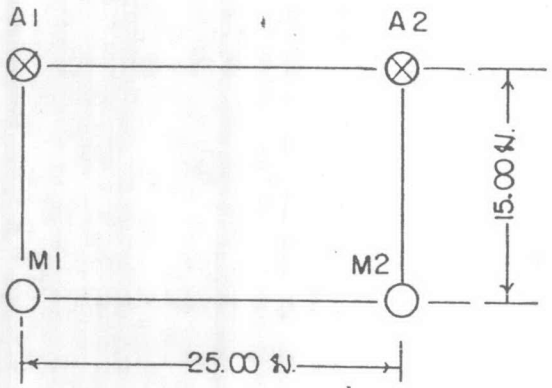
3.2 สถานที่ทดสอบและเก็บตัวอย่างดิน

การทดสอบในสนามได้กระทำ 2 แห่ง (รูปที่ 3.1) คือ

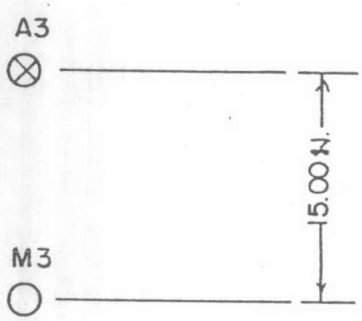
1. บริเวณริมถนนสุขาภิบาล 2 ห่างจากถนนสุขุมวิทย์ ซอย 75 (อ่อนนุช) อำเภอพระโขนง ประมาณ 11 กม. ได้ทดสอบ Auger Hole Method ในหลุม A1, A2 และ Modified Auger Hole Method ในหลุม M1, M2

2. บริเวณห่างจากที่ตั้งองค์การสื่อสารมวลชนแห่งประเทศไทย (อสมท.) ถนนอโศก-ดินแดง ต. ดินแดง อ. ห้วยขวาง ประมาณ 200 ม. ได้ทดสอบ Auger Hole Method ในหลุม A3 และ Modified Auger Hole Method ในหลุม M3

จากหลุมทั้ง 6 ได้เก็บ Undisturbed Sample เพื่อนำไปทดสอบ Consolidation Test ในห้องปฏิบัติการและหาสมบัติอื่น ๆ ประกอบ



หลุม A1,A2,M1,M2 เจาะที่บริเวณริมถนนสายกิบาล 2 ห่างจากปากซอยสงมวิทย์ 75 (ซอยอ่อนนุช) ประมาณ 11 กิโลเมตร อำเภอพระโขนง



หลุม A3,M3 เจาะที่บริเวณห่างจากที่ตั้งองค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกประเทศไทย (องสมท.) ประมาณ 200 เมตร ถนนอโศก - ดินแดง ต.ดินแดง อำเภอห้วยขวาง

รูปที่ 3.1 แสดงผังบริเวณเจาะทดสอบดิน

3.3 การทดสอบ

3.3.1 Auger Hole Method

เครื่องมือ

1. สว่านมือพร้อมด้ามต่อยาว 5.00 ม. (รูปที่ 3.2)

2. เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบไฟฟ้า (รูปที่ 3.3) ประกอบด้วย (1) ขาตั้ง เป็นท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 1.00 ม. ปลายล่างแหลม ใช้ปักลงดิน ปลายบนมีแขนยื่นตั้งฉากกับขาสำหรับเป็นที่วางกล่องตลับเมตร (แขนนี้ทำด้วยเหล็กแบนกว้าง 3 ซม. ยาว 0.50 ม. ปลายข้างหนึ่งมีร่องสำหรับสอดสายเมตร ปลายอีกข้างหนึ่งดัดให้สันตั้งขึ้นเพื่อให้สามารถสอดเข้ารับร่องของขาตั้ง ซึ่งทำให้สามารถเลื่อนปรับความยาวของแขนได้) (2) เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า (3) ตลับเมตรมีสายเมตรยาว 3.00 ม. ที่ปลายผูกขั้วไฟฟ้าพร้อมตุ้มถ่วงไว้ เพื่อให้สายเมตรตั้งอยู่ในแนวดิ่งขณะใช้งาน บนสายเมตรติดเทปพลาสติคใสชนิดที่ใช้ดินสอเขียนได้ เพื่อให้สามารถขีดเครื่องหมายลงไปขณะทดสอบ โดยที่เครื่องหมายนั้นไม่เปื้อนสายเมตรโดยตรง แล้วจึงลอกเทปนี้ออกภายหลัง

3. สูบน้ำแบบมือ

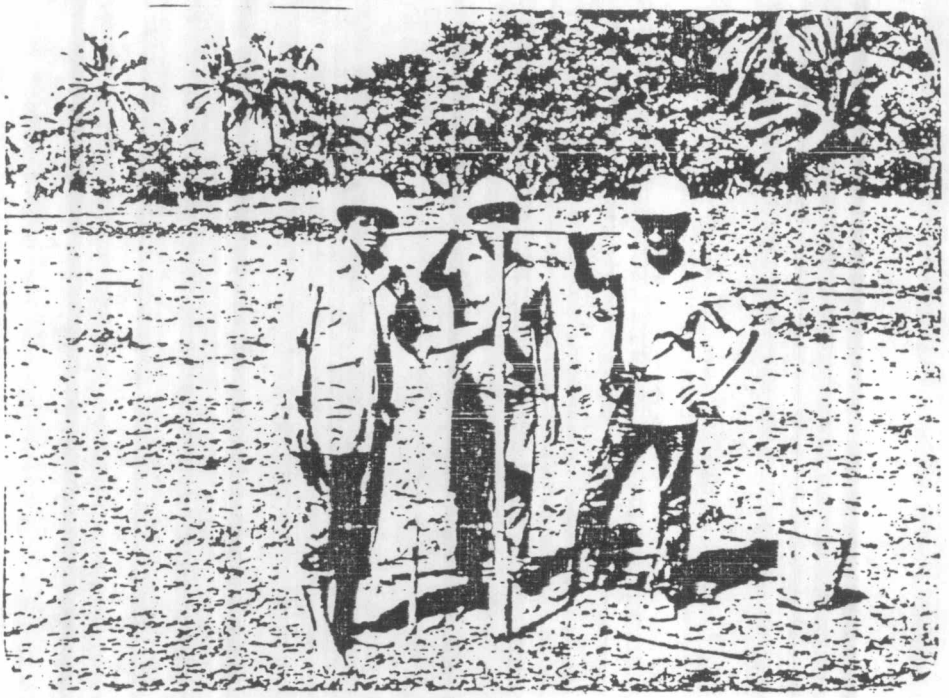
4. กระบอกบางสำหรับเก็บ undisturbed sample

5. เทอร์โมมิเตอร์ ชนิด 0°ซ.-100°ซ. มีเอ็นผูกที่ปลายสำหรับหย่อนลงในหลุม

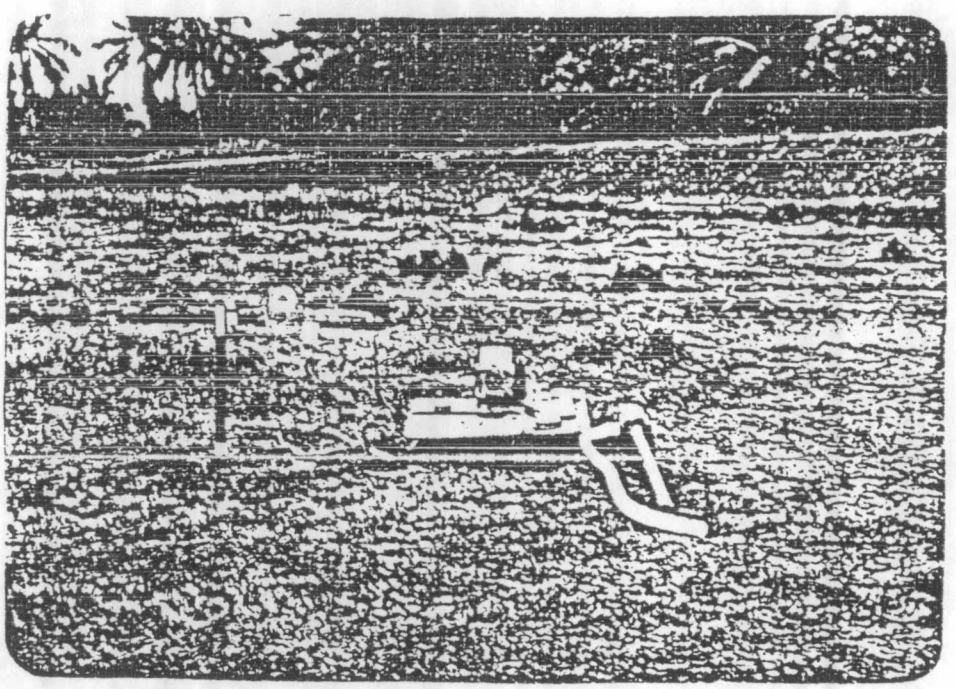
6. นาฬิกาจับเวลา

7. ระดับน้ำสำหรับจับแนวดิ่งและแนวราบ

8. กล้องระดับและอุปกรณ์ ใช้หาระดับปากหลุม



รูปที่ 3.2 Auger Hole Method แสดงการเจาะดินด้วยสว่านมือ



รูปที่ 3.3 Auger Hole Method แสดงเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบไฟฟ้า

วิธีทดสอบ

1. กำหนดตำแหน่งหลุม (รูปที่ 3.1) จับระดับปากหลุมให้เท่ากันและถือเป็นระดับดินเดิม

2. สำหรับหลุม A1, A2 และ A3 ใช้สว่านมือเจาะดินลึก 0.40 ม. เก็บ Undisturbed sample ยาว 0.60 ม. ถึงความลึก 1.00 ม. คว้านหลุมด้วยสว่านมือ (เพื่อทำหลุมให้เรียบร้อย) แล้วทำการ สูบน้ำออกจากหลุม 2-3 ครั้ง น้ำในดินจะซึมเข้าสู่หลุมผลักเม็ดดินที่อุดรูรอบหลุมออกทำให้ได้ผิวดินรอบหลุมเป็นธรรมชาติ (วิธีล้างหลุมให้สะอาด)

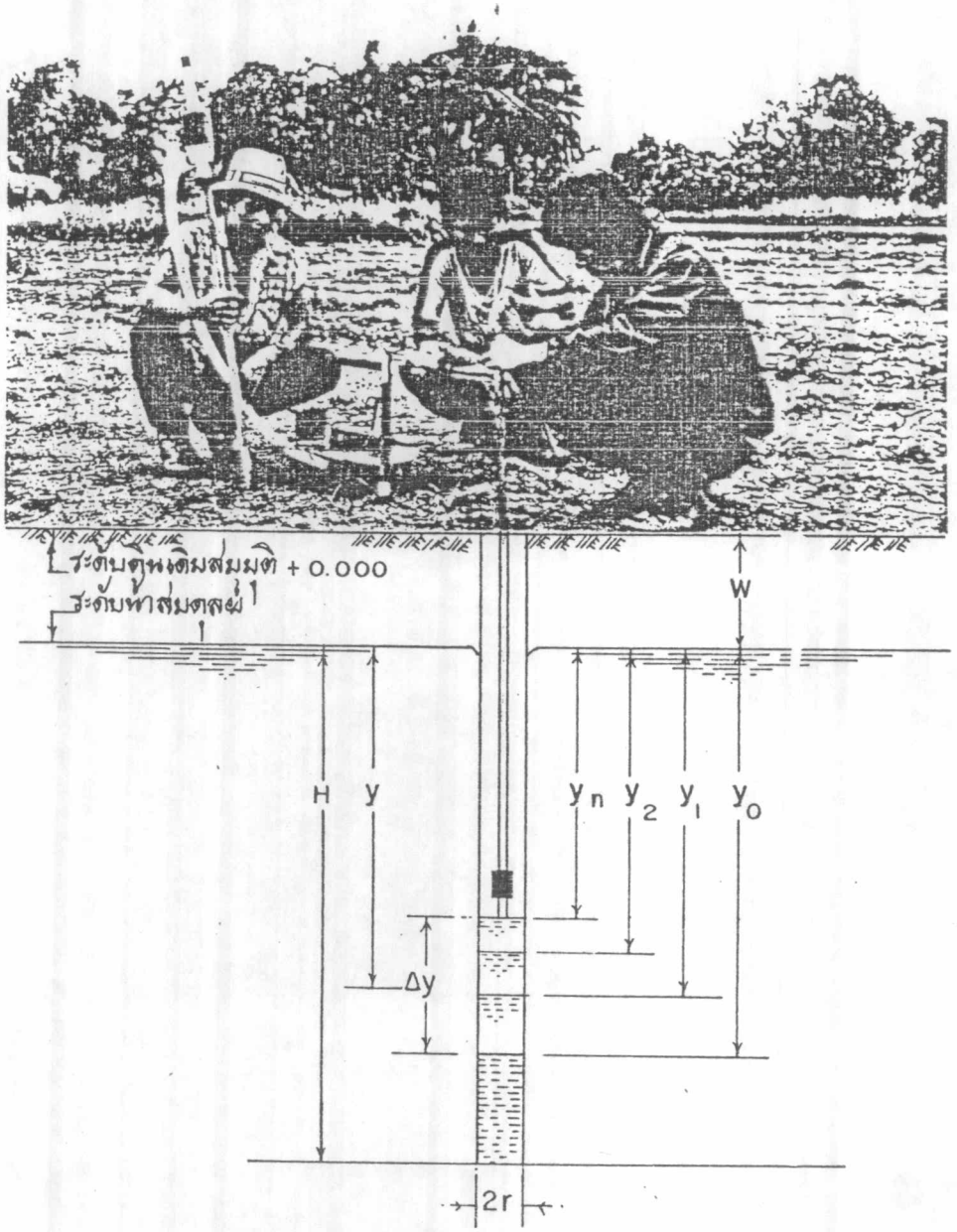
3. เอาแผ่นพลาสติคปิดปากหลุม เพื่อกันไม่ให้น้ำฝนหรือเศษวัสดุตกลงในหลุม ทิ้งหลุมไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำในหลุมถึงระดับน้ำสมดุลย์

4. การวัดระดับน้ำ (รูปที่ 3.4) ปักขาตั้งดิ่งลงดิน ให้แขนอยู่ในแนวนอนสูงจากปากหลุมพอสมควร (ประมาณ 0.40 ม.) เลื่อนแขนให้สายเมตรอยู่ตรงกับปากหลุมวัดระดับน้ำสมดุลย์ด้วยการหย่อนขั้วไฟฟ้าที่ปลายสายเมตรให้แตะผิวน้ำพอดี ทราบได้โดยดูการเคลื่อนที่ของเข็มเครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า ลองหย่งขั้วไฟฟ้าจนได้ความลึกที่แน่นอน ใช้ปลายดินสอขีดลงบนพลาสติคใสที่ติดอยู่กับสายเมตร อ่านความลึกสุทธิที่ขีดนั้น (วิธีนี้ทำให้สามารถอ่านค่าได้สะดวก รวดเร็ว แม่นยำและเป็นหลักฐานใช้ตรวจสอบได้)

5. เอาขั้วไฟฟ้าออกจากหลุม สูบน้ำจนระดับน้ำในหลุมลดต่ำลงพอสมควร รีบเอาสูบออกแล้ววัดระดับน้ำในหลุมทันที จากนั้นวัดระดับในช่วงเวลาที่เท่า ๆ กัน เช่นทุก 10 วินาทีอีก 5-6 ค่า เสร็จแล้ว ดึงสายเมตรขึ้นมาอ่านค่าความลึก ค่าแรกเป็น y_o เมื่อ t_o ค่าที่สองเป็น y_1 เมื่อ t_1 ค่าที่สามเป็น y_2 เมื่อ t_2 ตามลำดับจนถึงค่า y_n เมื่อ t_n จะได้

$$y_o - y_n = \Delta y \quad , \quad t_n - t_o = \Delta t$$

การวัดระดับน้ำนี้ต้องรีบกระทำในช่วงเวลาที่น้ำเอ่อขึ้นสูงไม่เกิน $\frac{1}{4}$ เท่าของความลึกน้ำที่วิดออกจากหลุม ($\Delta y < \frac{1}{4} y_o$) มิฉะนั้น น้ำรอบปากหลุมจะลดระดับลงเป็นรูปกรวย (Funnel shaped drawdown) ทำให้ศักย์ของน้ำ (H) ต่ำกว่าระดับน้ำสมดุลย์ ซึ่งยังผลให้ค่า k ที่ได้น้อยกว่าความเป็นจริง



รูปที่ 3.4 Auger Hole Method แสดงการวัดระดับน้ำ

6. วัดอุณหภูมิของน้ำในหลุมด้วยการหย่อนเทอร์โมมิเตอร์ลงไป แล้วดึงขึ้นมาอ่านค่า

7. ทำเช่นเดียวกันจากข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 6 ช่วงละ 1.00 ม. จนถึงความลึก 5.00 ม.

8. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของเนื้อดินที่ขุดขึ้นมาทุกครั้ง

การคำนวณ เนื่องจากสว่านมือที่ใช้มีรัศมีไม่เท่ากับ 4 ซม. หรือ 5 ซม. ทำให้ไม่สามารถใช้กราฟในภาคผนวกได้ จึงต้องคำนวณจากสูตรที่ (11), (12), (14) ดังตัวอย่างการคำนวณที่ 1 ในภาคผนวก

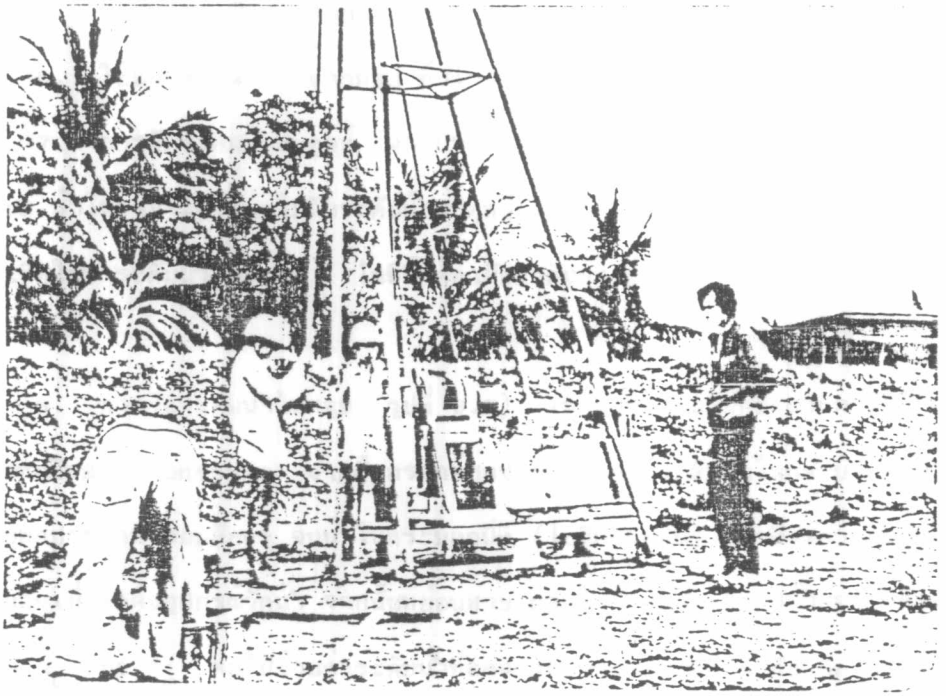
3.3.2 Modified Auger Hole Method

เครื่องมือ

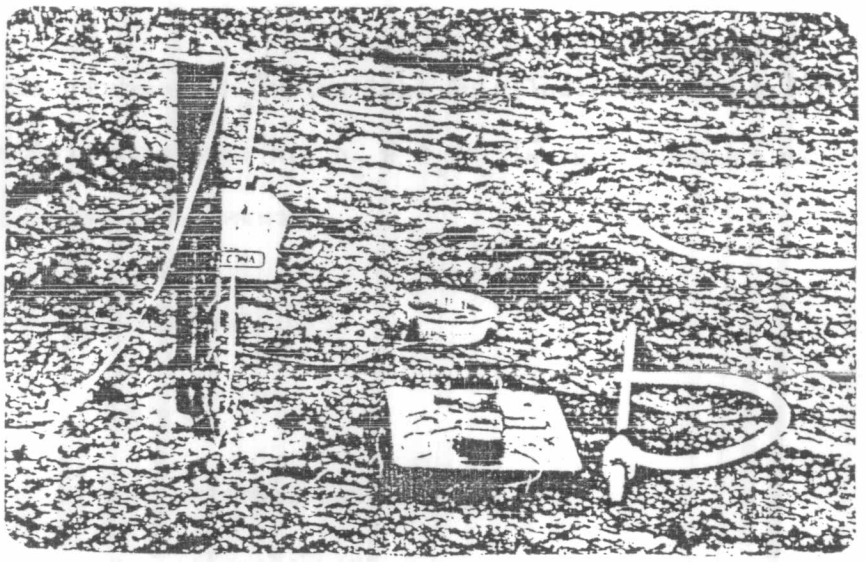
1. เครื่องเจาะดินพร้อมอุปกรณ์ (รูปที่ 3.5)
2. เครื่องวัดระดับน้ำแบบไฟฟ้า (รูปที่ 3.6) ประกอบด้วย
   (1) เครื่องวัดความต้านไฟฟ้า (2) ตลับเมตร เหมือนที่ใช้ใน Auger Hole Method (3) แผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมครอบปากกระบอก มีที่ยึดตลับเมตรตรงกลางแผ่นเหล็กเจาะรูสำหรับหย่อนสายเมตร
3. สูบมือ
4. ถังใส่น้ำ
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. นาฬิกาจับเวลา

วิธีทดสอบ

1. หลุม M1, M2 และ M3 ใช้เครื่องเจาะดินกดกระบอกลงดินลึก 0.50 ม. โดยมีปลายกระบอกโผล่เหนือพื้นดิน 1.00 ม.
2. ใช้สว่านเจาะดินลึก 0.90 ม. สังเกตดูเนื้อดินที่เจาะขึ้นมา
3. กดกระบอกบางเก็บ undisturbed sample ยาว 0.60 ม. ถึงความลึก 1.50 ม.
4. ใช้สว่านคว้านหลุมให้เรียบร้อย ขณะนี้จะได้ หลุมเปลือยยาว 1.00 ม. คือจากความลึก 0.50 ม. ถึง 1.50 ม.



รูปที่ 3.5 Modified Auger Hole Method แสดงเครื่องเจาะดินขณะทำงาน



รูปที่ 3.6 Modified Auger Hole Method แสดงเครื่องวัดระดับน้ำแบบไฟฟ้า

5. สูบน้ำออกเพื่อล้างหลุมให้สะอาด

6. ใช้แผ่นพลาสติคปิดปากหลุม ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้น้ำรอบหลุมได้มีเวลาปรับตัว

7. การวัดระดับน้ำสมดุลย์ จากประสบการณ์พบว่า เมื่อเจาะหลุมลึก ๆ แล้ว ภายใน 24 ชม. น้ำในหลุมจะยังเอ่อไม่ถึงระดับน้ำสมดุลย์ ดังนั้น จึงต้องเจาะหลุมตื้น ๆ ใกล้กับหลุมที่ทดสอบเพื่อใช้หาระดับน้ำดังกล่าว ในที่นี้ได้อาศัยระดับน้ำสมดุลย์จากหลุมของ auger hole แทน

8. การวัดระดับน้ำในหลุม (รูปที่ 3.7) เอาแผ่นพลาสติคที่ปิดปากกระบอกออก แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำในกระบอก จากนั้นกรอกน้ำลงไปในหลุมจนระดับน้ำในกระบอกสูงกว่าระดับน้ำสมดุลย์พอประมาณ คอยสักครู่ จนน้ำในกระบอกนิ่ง (ไม่มีการหมุน) แล้วจึงเอาแผ่นเหล็กครอบปากกระบอกเพื่อติดตั้งอุปกรณ์วัดน้ำ จากนั้นหย่อนสายเมตรให้ขั้วไฟฟ้าแตะผิวน้ำพอดี ขีดเส้นลงบนสายเมตรเป็น h_o เมื่อ t_o ต่อไปอ่านค่าระดับน้ำที่ลดลงในช่วงเวลาเท่า ๆ กัน คือ h_1 เมื่อ t_1 h_2 เมื่อ t_2....h_n เมื่อ t_n

9. ทำการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึงข้อ 8 ช่วงละ 1.50 ม. จนถึงความลึก 12.00 ม.

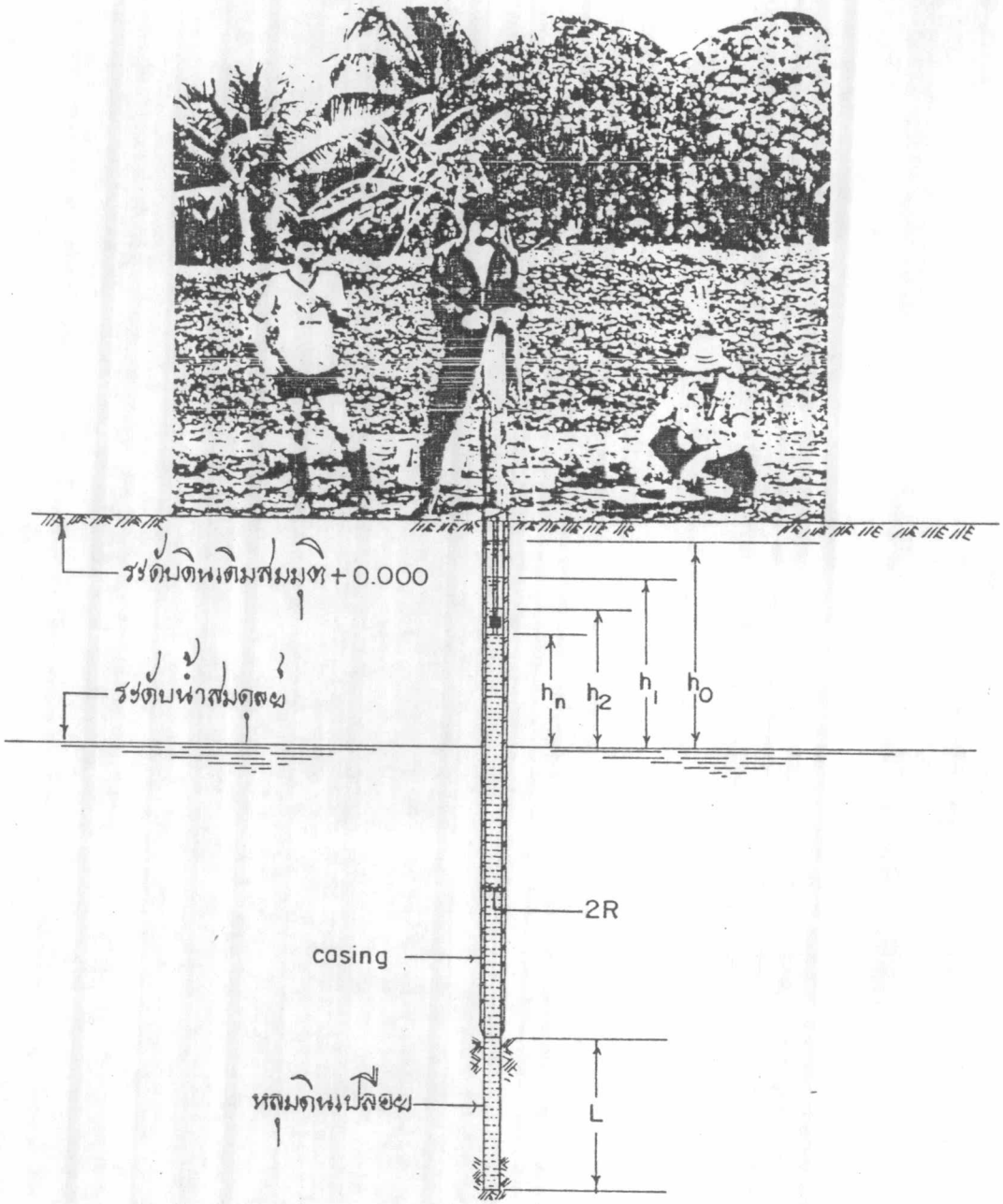
<u>การคำนวณ</u>

เขียนกราฟของ h_1/h_o (ในสเกล log) กับ t (ในสเกลธรรมดา) จะได้เป็นเส้นตรงจากกราฟเส้นตรงนี้สามารถหาค่าของ h_1, h_2 ที่ t_1, t_2 ได้ แล้วนำไปแทนค่าในสมการที่ (16) ดังตัวอย่างการคำนวณที่ 2 ในภาคผนวก

3.3.3 <u>การทดสอบการอัดตัว</u>

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องทดสอบการอัดตัว
2. เครื่องกลึงดินเข้าวงแหวนทองเหลือง มีดปาดดิน เลื่อยแบบเส้นลวด
3. นาฬิกา



รูปที่ 3.7 Modified Auger Hole Method แสดงการวัดระดับน้ำ

4. อุปกรณ์หาค่าความถ่วงจำเพาะของดินและอุปกรณ์หาความชื้นในดิน

วิธีทดสอบ

1. ก่อนการทดสอบ ตันดินออกจากกระบอกบางแล้วเลื่อยตัวอย่างดินออกเป็นท่อน ยาวท่อนละ 8 ซม. ห่อดินให้มิดชิดด้วยกระดาษตะกั่ว ชุบด้วยขี้ผึ้งจนทั่วแล้วนำไปเก็บในห้องอบความชื้น

2. เตรียมตัวอย่างโดยการแกะขี้ผึ้งและกระดาษตะกั่วออกจากตัวอย่าง แล้วใช้มีดฝานผิวดินเพื่อกลึงดินเข้าวงแหวนทองเหลืองตามแนวนอน (รูปที่ 3.8 ก)

3. ประกอบชุดเครื่องทดสอบให้เรียบร้อยแล้ว นำไปติดตั้งบนเครื่อง consolidation loading platform (รูปที่ 3.8 ข) แช่ตัวอย่างที่ติดตั้งแล้วเสร็จนี้ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ 24 ชม. เพื่อให้ดินอิ่มตัว

4. ใส่น้ำหนักบรรทุก จดอัตราการทรุดตัวที่เวลาต่าง ๆ หา t_{90} โดยใช้ $\sqrt{t}$ fitting curve method.

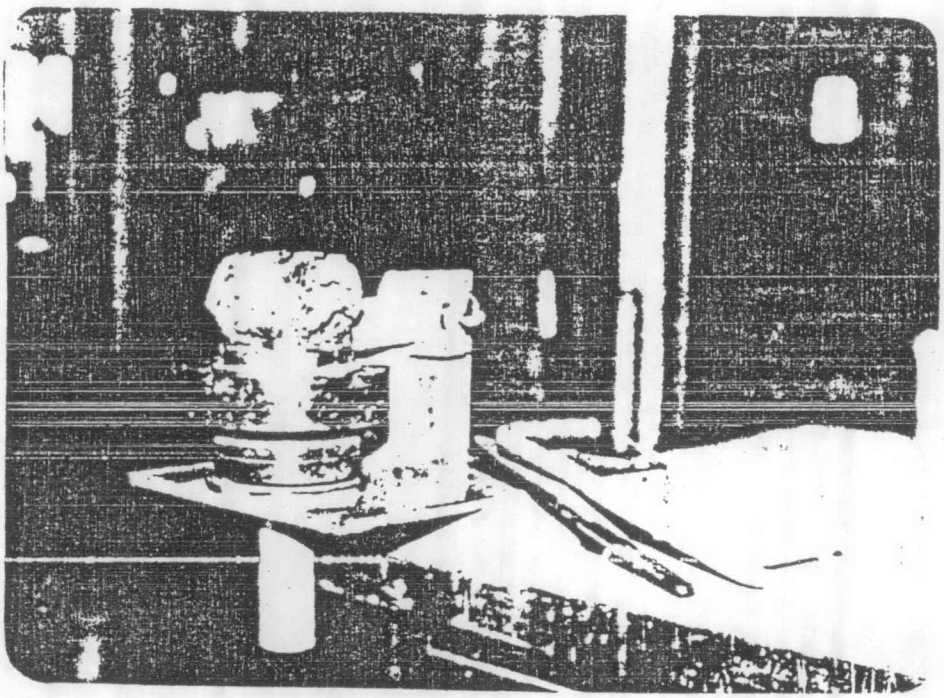
5. วัดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้แช่ตัวอย่างดิน

การคำนวณ

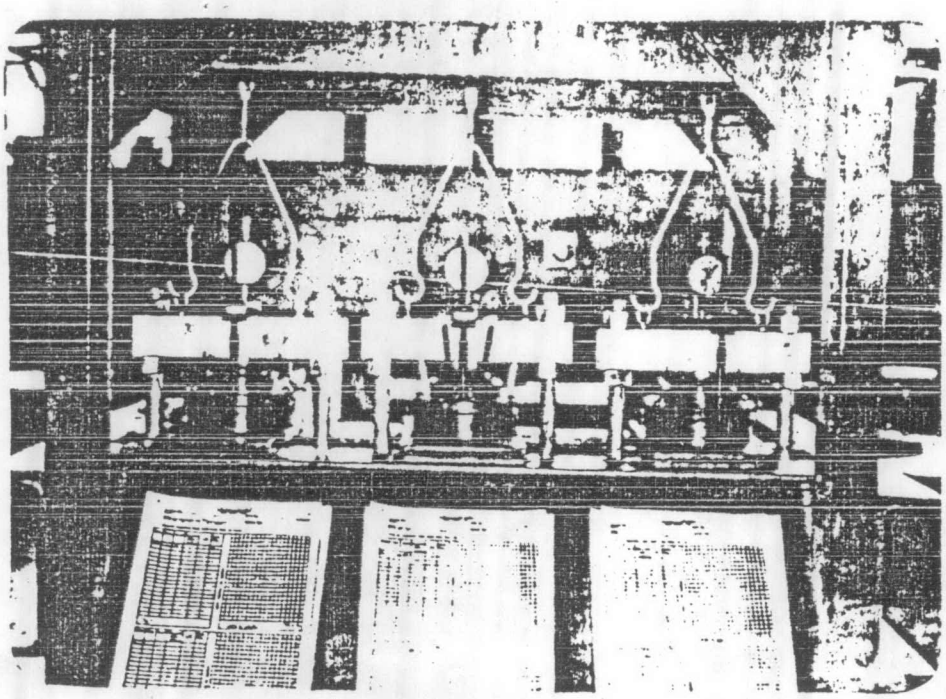
แทนค่าต่าง ๆ ในสมการที่ (17) จะได้ค่า k ที่ e ใด ๆ หลายค่า ในที่นี้ถือว่า e เริ่มแรกก่อนรับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ เป็นค่า e ในสนาม ซึ่งจะให้ค่า k ตามสภาพในสนามนั้นด้วย ดังตัวอย่างการคำนวณที่ 3 ในภาคผนวก

3.3.4 หาสมบัติอื่น ๆ ของดิน

1. หาค่า Liquid limit และ Plastic limit ของทุกตัวอย่าง
2. วิเคราะห์การกระจายขนาดเม็ดดินโดยวิธี Sieve analysis และ Hydrometer test ของตัวอย่างดินหลุม A2 และ M2



รูป ก แสดงการกลึงตัวอย่างดิน เข้าแหวนทอง เหลืองตามแนวนอน มีดปาดดินและเลื่อยแบบ เส้นลวด



รูป ข แสดงตัวอย่างดินบนเครื่อง Consolidation loading platform

รูปที่ 3.8 การทดสอบการอัดตัว