บทที่ 3

การทดลองและวิจัย

ในบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เช่น กรุงเทพฯ, ปทุมธานี, นนทบุรี, สมุทรสาคร, สมุทรปราการและจังหวัดใกล้เคียง มีดินเหนียวอ่อนที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนในน้ำทะเล (Recent Marine Clays) จะมีจำพวกเปลือกหอยและซากพืชปนอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน ซึ่งดินในชั้นนี้จะมีความหนาประมาณ 12 - 20 เมตร ถือเป็นชั้นดินที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งก่อสร้างต่างๆ มากมาย เช่น มีความสามารถในการรับแรงเฉือน (τ) ได้ต่ำ มีการเคลื่อนตัวมากทั้งในแนวดิ่ง (Vertical Movement) และแนวนอน (Lateral Movement) หรือมีการยุบตัวสูง (High Compressibility)

3.1 การเก็บตัวอย่างดินสำหรับการทดลอง

3.1.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

ดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวอย่างสำหรับงานวิจัยนี้ เก็บจากสถานที่ต่างๆ จำนวน 3 แห่ง คือ บริเวณแรก เก็บจากบริเวณบางนา ตรงแนวเกาะกลางถนนสาย บางนา-ตราด กม. ที่ 0+500 มีลักษณะเป็นท้องร่อง (Ditch) เป็นโครงการทางด่วนสาย บางนา-บางพลี-บางปะกง, บริเวณที่สอง เก็บจากบริเวณ บาง-พลี ตรงแนวเกาะกลางถนนสาย บางนา-ตราด กม. ที่ 12+000 มีลักษณะเป็นท้องร่อง เป็นโครงการเดียวกัน ส่วนบริเวณที่สาม เก็บจากบริเวณคลองห้า ลำลูกกา จ.ปทุมธานี มีลักษณะเป็นบ้านเรือนพักอาศัย เป็นโครงการถนนวงแหวนรอบนอกอยู่ห่างจากถนน รังสิต-นครนายก ประมาณ 500 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน

บริเวณที่ทำการสำรวจ จะมีการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ถูกรบกวนหรือถูกรบกวนน้อยที่สุด (Undisturbed Sample) ซึ่งจะใช้การเก็บตัวอย่างดินแบบกระบอกบาง (Shelby Tube) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3 นิ้ว (ตามมาตรฐาน ASTM D 1587-74) เก็บที่ความลึกประมาณ 8.00 - 15.00 เมตร โดยที่ตัวอย่างดินจะหุ้มด้วยฟอยล์ (Foil) และเคลือบด้วยขี้ผึ้ง (Wax) ตัวอย่างดินทั้งหมดจะเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้น เพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงในระหว่างรอการทดลอง

3.1.3 สภาพตัวอย่างดินที่เก็บ

ดินเหนียวบริเวณบางนากับบางพลีมีลักษณะที่คล้ายกันคือ เป็นดินเหนียวอ่อนที่มีจำพวกเปลือกหอยกับซากพืชปนอยู่ มีสีเทาและเทาดำ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3 ส่วนดินบริเวณคลองห้า มีลักษณะดินเหนียวแข็งปานกลาง มีสีน้ำตาลปนเทาและน้ำตาลปนเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 3.4

3.2 การหาคุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลอง

เพื่อที่จะนำค่าไปใช้ในการทำ Reconsolidation และนำไปหาความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์แรงดันทางด้านข้าง ใช้ตัวอย่างดินทั้ง 3 แห่ง ทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. ปริมาณความชื้นในธรรมชาติ
2. Atterberg Limits
3. ความแน่นเปียก
4. Maximum Past Pressure

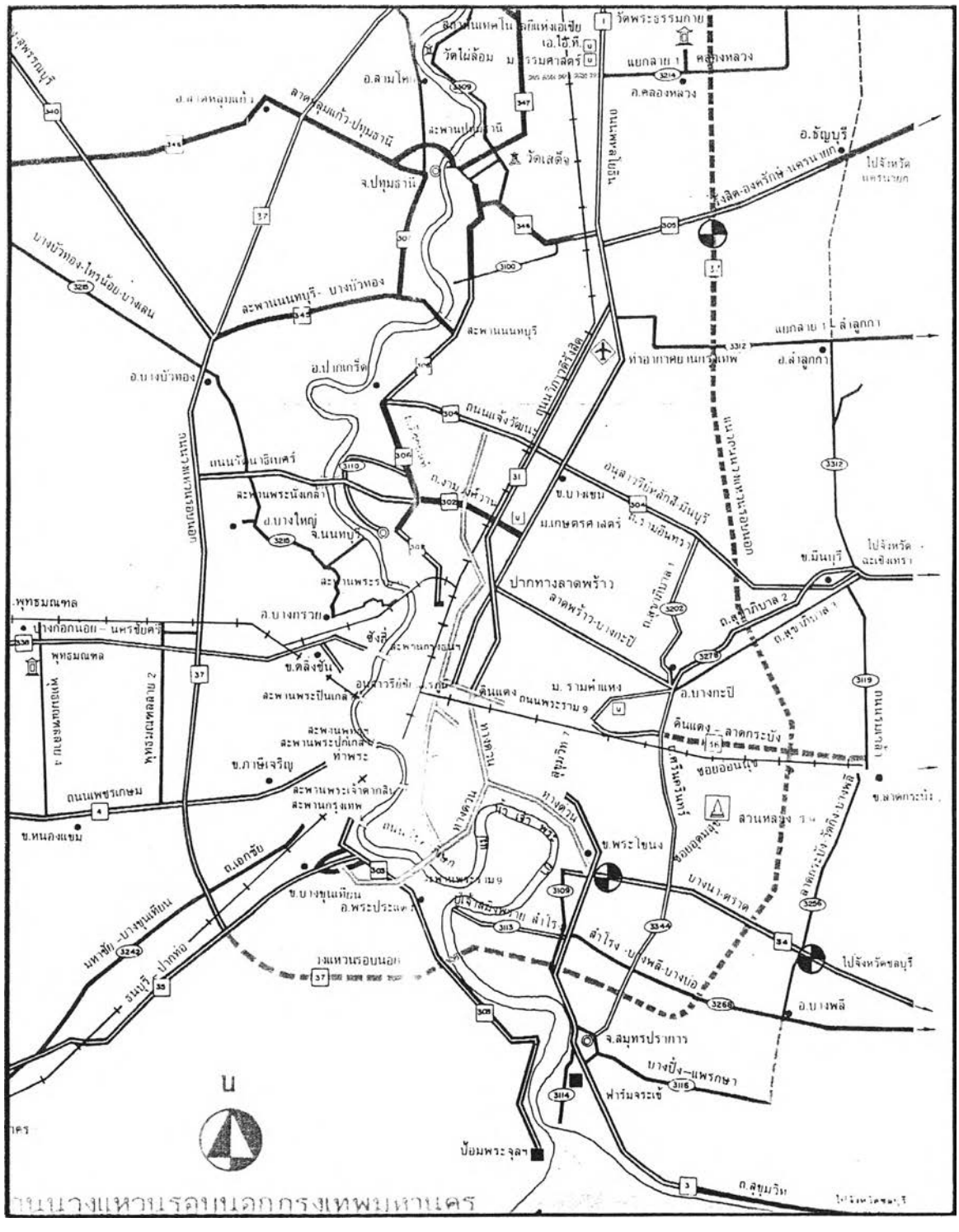
วิธีการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐาน ให้ใช้ตามวิธีในหนังสือ Soil Testing for Engineers ของ LAMBE

การได้ข้อมูลและลักษณะของชั้นดินเหนือระดับดินที่เก็บตัวอย่าง (รูปที่ 3.2, 3.3 และ 3.4) ทำให้สามารถหาหน่วยแรงรวมในแนวดิ่งตามธรรมชาติ และหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งตามธรรมชาติ ในการวิจัยได้ทำการทดสอบหาค่า Maximum Past Pressure โดยใช้การทดลองอัดตัวคายน้ำในลักษณะมิติเดียว เพื่อหาค่า OCR (Over Consolidation Ratio) ของดินทดลองและสามารถคำนวณหาน้ำหนักที่จะกระทำต่อตัวอย่างดินในการทดสอบด้วย

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ลำดับการทดลองหาแรงดันทางด้านข้างของตัวอย่างดิน

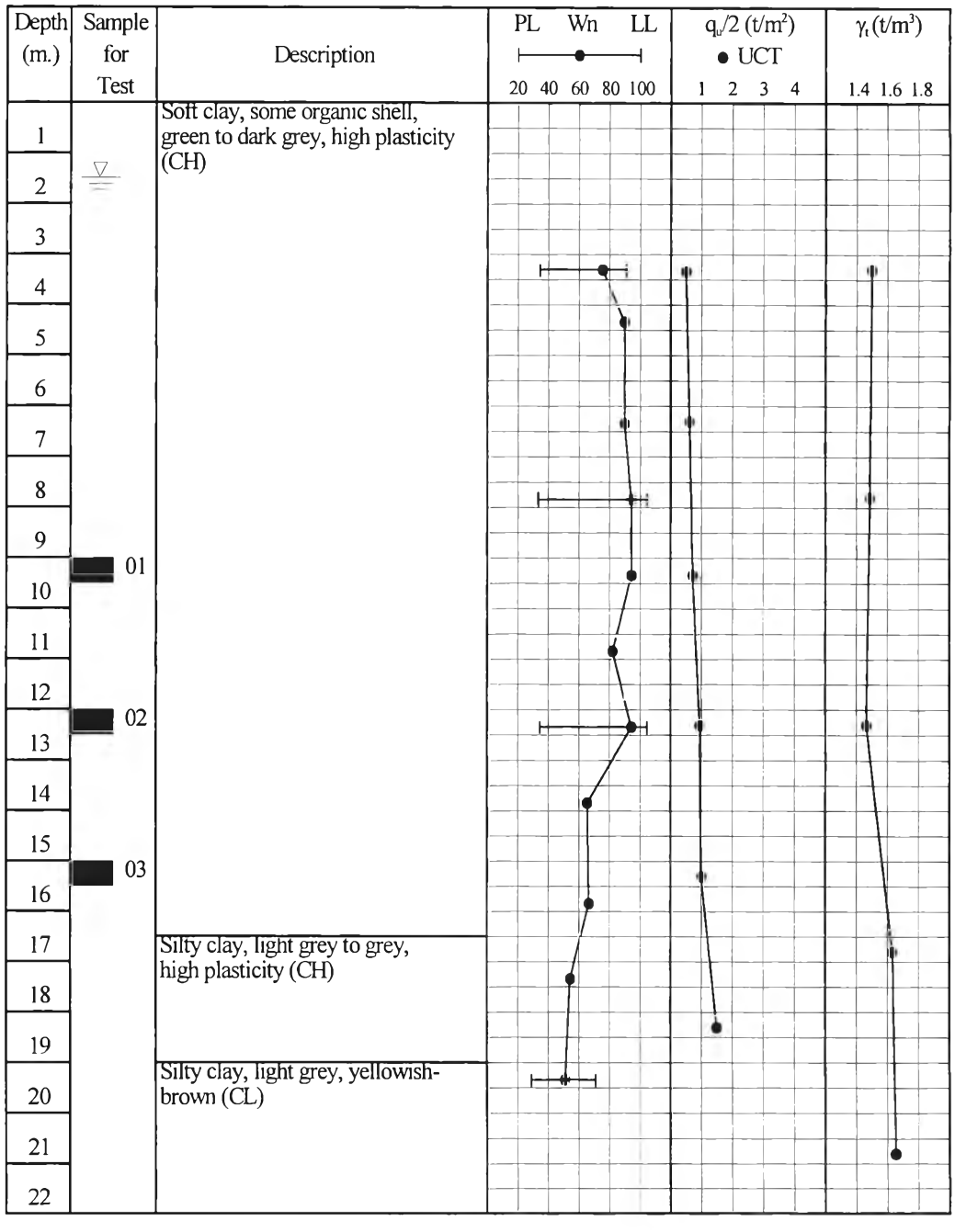
ในการทดลองนี้จะใช้ตัวอย่างดินทั้งหมด 10 ตัวอย่าง โดยที่จะเป็นดินบริเวณบางนากับบางพลี อย่างละ 2 กับ 3 ตัวอย่าง ตามลำดับ และดินบริเวณคลองห้า อีก 5 ตัวอย่าง ซึ่งดินทั้ง 10 ตัวอย่างนี้จะทำการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้ (แสดงไว้ในรูปที่ 3.5)



- ตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดิน

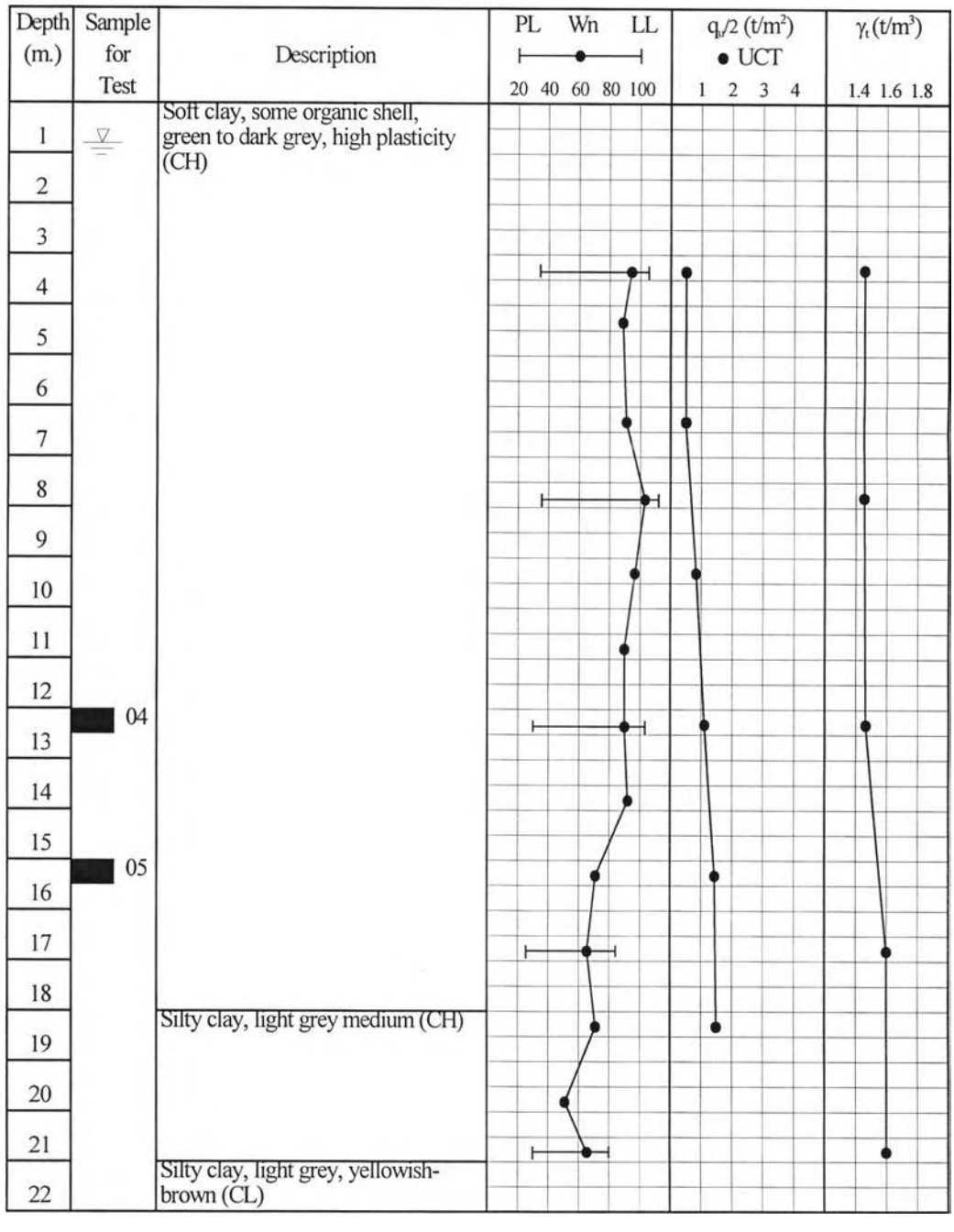
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงบริเวณเก็บตัวอย่างดินทดลอง

PROJECT : BANG NA - BANG PLI - BANG PAKONG EXPRESSWAY
LOCATION : BANG NA - TRAD Km.12+000
OBSERVED WL. : 1.500 m.



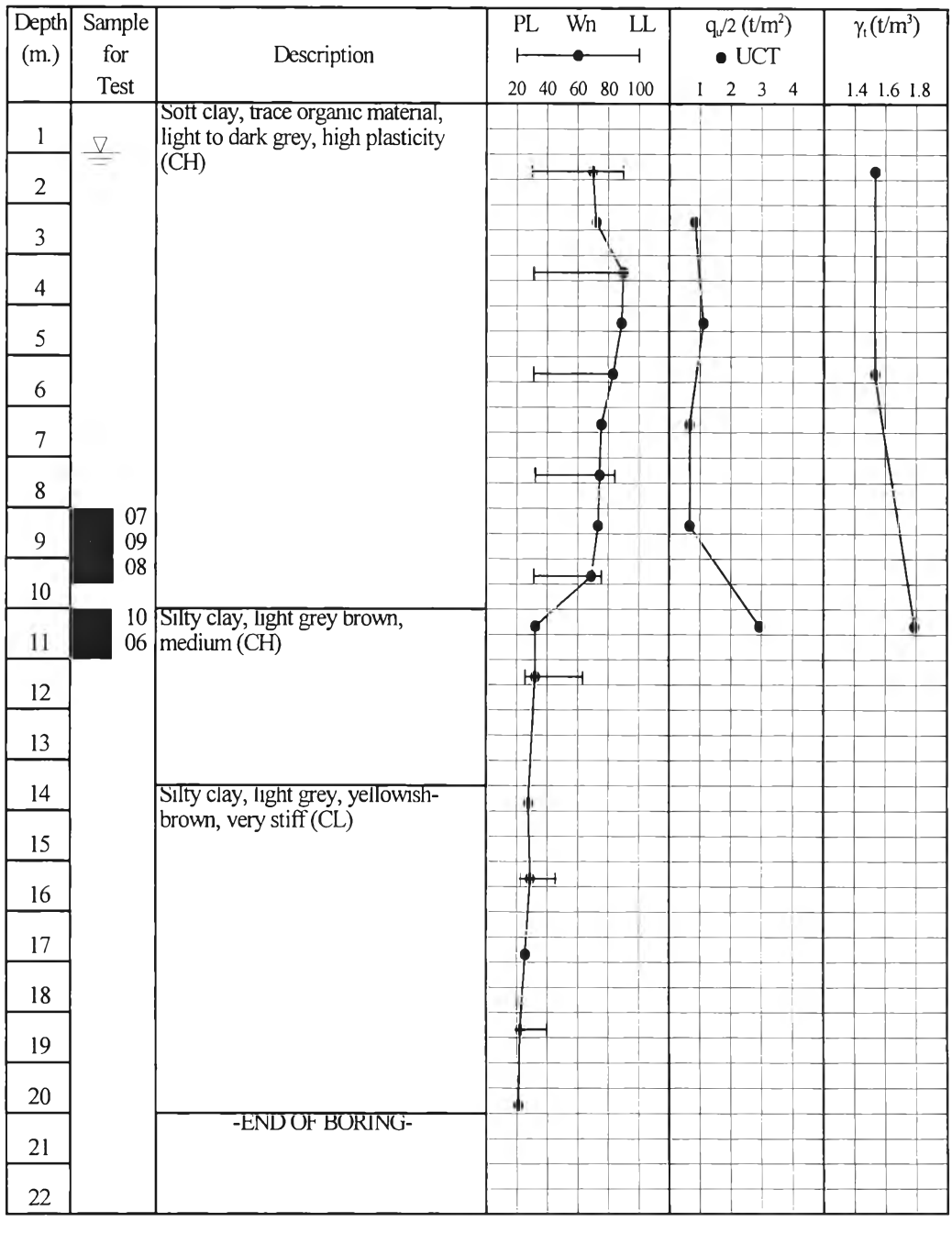
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของชั้นดินที่เก็บตัวอย่างบริเวณบางพลี

PROJECT : BANG NA - BANG PLI - BANG PAKONG EXPRESSWAY
LOCATION : BANG NA - TRAD Km. 0+500
OBSERVED WL. : 0.800 m.

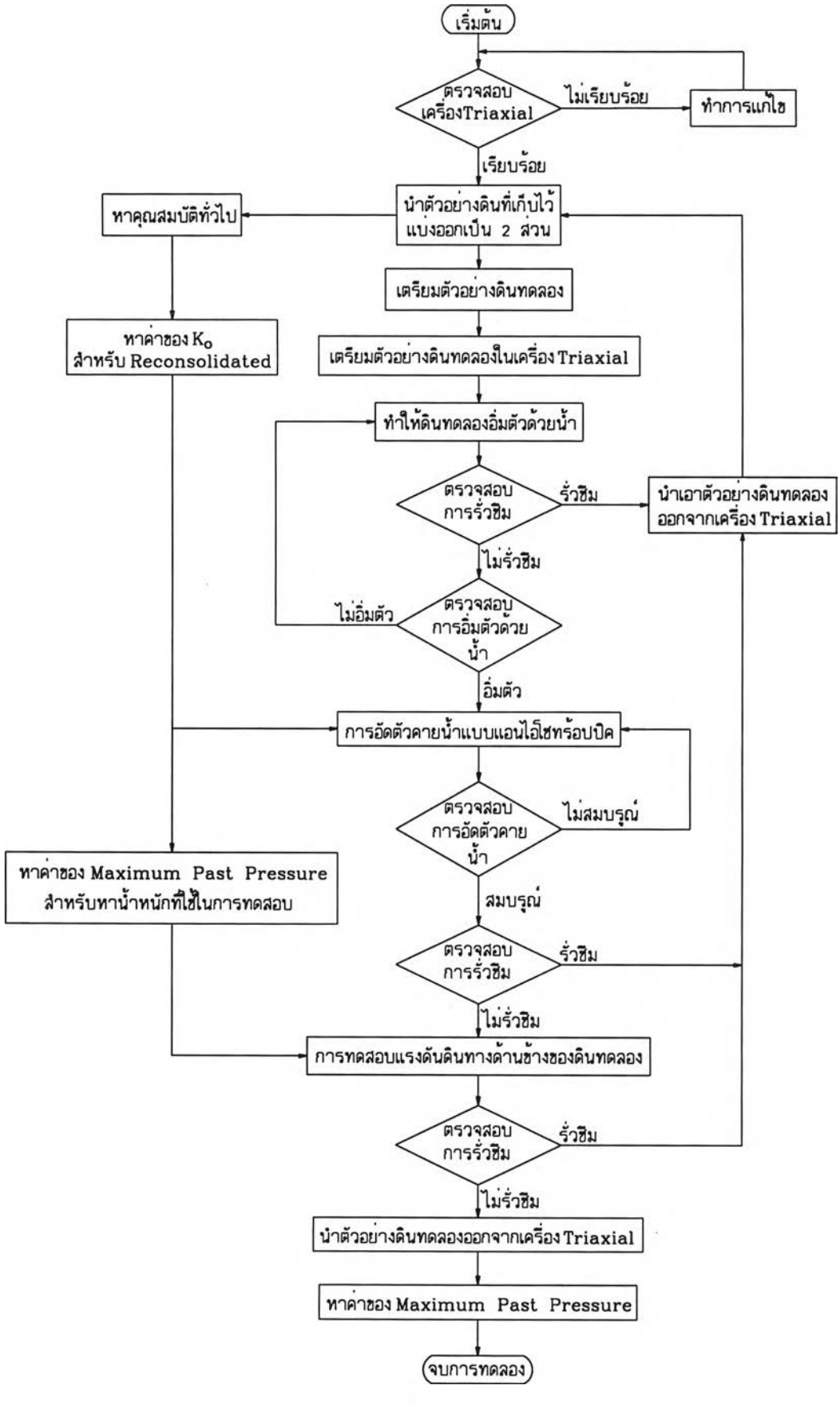


รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของชั้นดินที่เก็บตัวอย่างบริเวณบางนา

PROJECT : OUTER RING ROAD
LOCATION : LAM LUK KA, PATHUMTHANI
OBSERVED WL. : 1.000 m.



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของชั้นดินที่เก็บตัวอย่างบริเวณคลองห้า



รูปที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการทดสอบแรงดันดินทางด้านข้าง

- การเตรียมตัวอย่างดินในเครื่อง Triaxial
- การทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation)
- การอัดตัวคายน้ำแบบแอนไอโซทร้อปปิค (K_o-Anisotropic)
- การทดลองหาแรงดันดินทางด้านข้าง
- การทดลองการอัดตัวคายน้ำในลักษณะ 1 มิติของดินทดลอง

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองใช้เครื่อง Triaxial มาตราฐาน ผลิตจาก ELE International Ltd. ENGLAND. พร้อมอุปกรณ์วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Volume Change Measurement), ระบบการควบคุมความดันน้ำในเซลล์ (Cell Pressure) และความดันน้ำในตัวอย่างตอนแรก (Back Pressure) ให้คงที่ โดยใช้อุปกรณ์ชดเชยความดันจากเครื่อง Pressure Test 1700, เครื่องแปลงกำลัง (Transducer) จะเปลี่ยนจากความดัน (Pressure) ไปเป็นสัญญานไฟฟ้า (Analog) สำหรับวัดค่าความดันน้ำในเซลล์และโพรงที่ฐานของดินทดลอง เครื่องแปลงค่าข้อมูล (Autonomous Data Acquisition Unit, ADU) จะเปลี่ยนจากสัญญานไฟฟ้า (Analog) ไปเป็นค่าตัวเลข (Digital) เครื่องกดอัดดิน (Compression Machine) นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ อีกเช่น โครงเหล็กแขวน (Steel Frame Hanger) สำหรับวางน้ำหนักคงที่ (Dead Load), Axial Strain Transducer สำหรับวัดค่าการยุบตัวของดิน, Load Transducer สำหรับวัดค่าแรงกดอัดดิน

ก่อนใช้เครื่อง Triaxial ต้องมีการทดสอบเสียก่อนว่า มีการรั่วที่ลิ้นระบายน้ำ (Valve) หรือที่ตำแหน่งใด ๆ ของเซลล์ (Cell) หรือไม่ โดยการใส่น้ำลงไปในเซลล์ให้เรียบร้อยแล้วควรมีการเพิ่มความดันเซลล์ไปที่ค่าความดันสูงๆ สังเกตุการรั่วซึมของน้ำตามช่องรอบๆ ก้านถ่ายน้ำหนัก (Ram Clamp) และตำแหน่งต่างๆ ควรจะไม่มีจุดรั่วซึมของน้ำตลอดเวลาในระหว่างทำการทดสอบ เพราะถ้าน้ำซึมออกจะทำให้ความดันในเซลล์มีค่าลดลงทันที

เครื่องแปลงค่าข้อมูล (Autonomous Data Acquisition Unit, ADU) จะต้องมีการตรวจสอบว่า ค่าที่อ่านได้ถูกต้องหรือเปล่า โดยที่ทำการเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้กับค่าความดันของเกจ หรือเครื่องมือที่ใช้ในการปรับแก้ (Calibrate) แล้วนำไปปรับแก้ค่าให้ถูกต้องก่อนที่จะนำไปทดสอบ

ในกรณีที่จะเพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบน (Deviator Stress) ให้กับดินเมื่อทำการทดลอง ทำได้โดยเติมน้ำหนักคงที่ โดยแขวนโครงเหล็กแขวนและเติมน้ำหนัก น้ำหนักที่แขวนทั้งหมดอย่างน้อยสุดจะต้องสมดุลย์กับแรงดันในก้านถ่ายน้ำหนักเนื่องจากความดันน้ำในเซลล์เสียก่อน แล้วจึงวางน้ำหนักคงที่ส่วนที่จะไปเพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบนให้กับดินทดลอง

3.3.3 การเตรียมตัวอย่างดินทดลองในเครื่อง Triaxial

ก่อนที่จะเตรียมตัวอย่างดินทดลอง จะต้องตรวจสอบเครื่องมือทดสอบ Triaxial ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ สายทุกเส้นต้องเต็มไปด้วยน้ำกลั่นที่ปราศฟองอากาศ (De-air Water) โดยที่ต่อท่อความดันอิ่มตัว (Back Pressure Line) และต่อท่อความดันน้ำในโพรง (Pore Pressure Line) ผ่านเครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ต่อท่อเพื่อวัดความดันน้ำในเซลล์ (Cell Pressure Line), หินพรุน (Porous Stone) จะต้องต้มไล่ฟองอากาศให้หมด และทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation) ก่อนที่จะนำไปวางที่ฐาน (Pedestal) ส่วนอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น Axial Strain ตลอดจนท่อที่ต่อกับ Perspex Top Cap จะต้องเตรียมให้พร้อมที่จะใช้งานได้

เมื่อพร้อมที่จะทดลอง นำดินทดลองออกจากห้องควบคุมความชื้น นำมาแกะขี้ผึ้งที่เคลือบออกแล้วนำมาแต่งขอบ (Trim) โดยใช้โครงแต่งขอบ (Trimming Frame) และขวดแต่งขอบ (Wire Saw) ให้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.4 นิ้ว (3.55 เซนติเมตร) ตัดตัวอย่างดินทดลองให้มีความสูงประมาณสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง คือ ประมาณ 2.8 นิ้ว (7.10 เซนติเมตร) นำดินส่วนที่เหลือจากการแต่งขอบไปหาปริมาณความชื้นเริ่มแรก (Initial Water Content) ชั่งน้ำหนักดินทดลองที่แต่งขอบแล้ว ด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน (Top), ตรงกลาง (Middle) และด้านล่าง (Bottom) ตลอดจนความสูงของดินทดลอง โดยใช้เวอร์เนีย (Vernier) ที่มีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร เพื่อใช้หาพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยและปริมาตรของดินทดลอง

นำตัวอย่างดินวางที่ฐานของเครื่อง Triaxial จัดให้ดินทดลองวางสนิทกับฐานเครื่องบนหินพรุนที่มีกระดาษกรองอยู่ด้านบน ส่วนด้านบนของตัวอย่างดินวางกระดาษกรองและวางหินพรุน ตามลำดับ จากนั้นวาง Perspex Top Cap บนยอดของตัวอย่าง แล้วใช้เยื่อยาง (Thin Rubber Membrane) คลุมรอบดินทดลองสองชั้น รัดที่ด้านล่าง (Base) ด้วยแหวนยาง (Rubber O-Ring) จำนวน 2 เส้น และที่ด้านบน (Perspex Top Cap) จำนวน 2 เส้น เพื่อที่จะแยกระหว่างระบบน้ำในดินทดลองกับระบบน้ำในเซลล์ออกจากกัน ครอบเซลล์ให้เรียบร้อย

เมื่อเตรียมดินทดลองในเครื่อง Triaxial เสร็จ เปิดให้น้ำที่ไล่ฟองอากาศแล้วเข้าเซลล์จนกระทั่งน้ำล้นออกจากช่องอากาศ (Vent) จากนั้นปิดช่องอากาศ หลังจากนั้นต่อท่อโพลิเธนกับช่องระบายน้ำที่ฐานของเซลล์เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 3.6

3.3.4 การทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation)

ในการทดลองนี้ใช้ความดันอิ่มตัว 210 กิโลนิวตัน/ตารางเมตร (30 psi) ซึ่งจะทำให้น้ำเข้าไปเต็มช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยใช้ Pressure Test 1700 ต่อเข้าท่อความดันอิ่มตัว (Back Pressure Line) ท่อความดันน้ำในโพรง (Pore Pressure Line) และท่อความดันน้ำในเซลล์ (Cell Pressure Line) เพื่อที่จะทำให้ความดันน้ำในดินทดลองกับความดันน้ำในเซลล์เท่ากัน โดยที่หน่วยแรงเฉือนประสิทธิผลจะมีค่าเท่ากับศูนย์ $(\sigma_v - \sigma_h = 0)$ การที่จะเพิ่มความดันน้ำในตัวอย่างตอนแรกไปยังค่าที่ต้องการ จะต้องค่อยๆ เพิ่มความดันน้ำในเซลล์และความดันน้ำในตัวอย่างสลับกันไปอย่างช้าๆ ด้วยอัตราประมาณ 10 กิโลนิวตัน/ตารางเมตรต่อนาที โดยเพิ่มความดันน้ำในเซลล์ก่อนเสมอ เมื่อความดันน้ำในตัวอย่างเพิ่มถึง 210 กิโลนิวตัน/ตารางเมตร จากนั้นบันทึกค่าแรกเริ่ม (Initial) ที่จุดยอดของดินทดลอง เพื่อใช้หาการเปลี่ยนแปลงความสูงของตัวอย่างดิน ดังในรูปที่ 3.7

หลังจากตัวอย่างดินได้รับความดันอิ่มตัวเป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง (2 วัน) จะต้องตรวจสอบว่าดินทดลองอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วหรือยัง โดยพิจารณาจากค่าความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้น (Excess Pore Pressure) กับค่าความดันน้ำในเซลล์ที่เพิ่มขึ้นจากความดันเดิม ซึ่งสามารถแสดงในรูปของค่าพารามิเตอร์ "B" ถ้าค่า B มีค่ามากกว่า 0.95 จะถือว่าดินทดลองนั้นอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยที่เพิ่มความดันน้ำในเซลล์ขึ้นจากเดิม 50 กิโลนิวตัน/ตารางเมตร ภายใน 5 นาที ค่า B หาได้จากสูตรของ SKEMPTON (SKEMPTON'S Pore Water Pressure) ดังนี้

$$\Delta u = B(\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)) \qquad \text{(3.1)}$$

เมื่อเพิ่มความดันในเซลล์ $\Delta\sigma_1 = \Delta\sigma_3 = \Delta\sigma_c$

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta\sigma_3} \qquad \text{(3.2)}$$

เมื่อ Δu คือ ค่าความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้น (Excess Pore Pressure)

$\Delta\sigma_3$ คือ ค่าความดันน้ำในเซลล์ที่เพิ่มขึ้นจากความดันเดิม

I 17373018

ดังนั้นก็จะอ่านค่าความดันน้ำที่เพิ่มในโพรงจากเครื่องวัดกับความดันน้ำในเซลล์ได้เท่ากันแสดงว่าตัวอย่างดินอิ่มตัว 100 เปอร์เซนต์

3.3.5 การอัดตัวคายน้ำแบบแอนไอโซทร้อปปิค (Anisotropic Consolidation)

เมื่อตัวอย่างดินอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว จึงทำการอัดตัวคายน้ำแบบแอนไอโซ-ทร้อปปิค โดยการเพิ่มความดันน้ำในเซลล์ไปยังค่าความดันประสิทธิผลในเซลล์ (Effective Cell Pressure) ซึ่งเป็นค่าหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress) ในตัวอย่างดินที่ต้องการ (ค่าที่ใช้คือค่า $K_o\sigma'_{vo}$ โดยที่ค่าของ K_o หาได้จากสมการที่ 2.3, 2.4 และ 2.5 ของ BROOKER และ IRELAND) ค่าความดันน้ำในเซลล์ที่ใช้เพื่อให้ความดันประสิทธิผลในเซลล์ภายหลังตัวอย่างดินเกิดขบวนการอัดตัวคายน้ำ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

ความดันน้ำในเซลล์ = ความดันประสิทธิผลในเซลล์ + ความดันน้ำในตัวอย่างตอนแรก (3.3)

หรือ $$\sigma_c = \sigma'_c + \sigma_B \qquad (3.3)$$

หลังจากเพิ่มความดันน้ำในเซลล์ถึงค่าที่ต้องการแล้ว เปิดลิ้นระบายน้ำ(Drainage Valve) เพื่อให้ตัวอย่างดินเกิดการอัดตัวคายน้ำ ทิ้งไว้สักครู่ (แสดงอยู่ในรูปที่ 3.8) จากนั้นทำการเพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบน (Deviator Stress) ในตัวอย่างดินที่ต้องการ (ค่าที่ใช้คือค่า $(1 - K_o)\sigma'_{vo}$) วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของดิน ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง (แสดงในรูปที่ 3.9) แล้วจึงตรวจสอบดูว่าตัวอย่างดินเกิดการอัดตัวคายน้ำอย่างสมบูรณ์แล้วหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่าความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้น (Excess Pore Pressure) มีค่าเป็นศูนย์ กล่าวคือ เมื่อปิดลิ้นระบายน้ำ ถ้าความดันน้ำในโพรงที่วัดได้จากตัวอย่างดินมีค่าเท่ากับความดันน้ำในตัวอย่างตอนแรก แสดงว่าเกิดการอัดตัวคายน้ำอย่างสมบูรณ์ บันทึกค่าสุดท้าย (Final) ของความสูงและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงของตัวอย่างดินในขบวนการทำให้อิ่มตัวด้วยน้ำและขบวนการอัดตัวคายน้ำแบบแอน-ไอโซทร้อปปิค ค่าของความสูงและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงของตัวอย่างดินจะนำไปใช้คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดใหม่ โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$V_o = A_o h_o \qquad (3.4)$$

$$V_c = V_o - \Delta V \qquad (3.5)$$

$$h_c = h_o - \Delta h \qquad (3.6)$$

$$A_c = V_c / h_c \qquad (3.7)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของดินทดลอง

h = ความสูงของดินทดลอง

V = ปริมาตรของดินทดลอง

ตัวห้อย c = ภายหลังการให้ความดันรีดน้ำเท่ากันทุกทิศทาง

o = ภายหลังการแต่งขอบ

3.3.6 การทดสอบดินทดลอง

3.3.6.1 การทดสอบแรงดันดินทางด้านข้างของดินที่ถูกอัดตัวคายน้ำแบบแอนไอโซ-ทร้อปปิค

หลังจากเตรียมตัวอย่างดินในเครื่อง Triaxial ดังกล่าวในหัวข้อ 3.3.3-3.3.5 แล้ว ตั้งค่า Axial Strain และ Volume Change ให้เท่ากับศูนย์ จากนั้นทำการเพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบน (Deviator Stress) จะเพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบนประมาณ 500 กรัม/นาที จนกระทั่งหน่วยแรงเบี่ยงเบนในดินที่ระดับหน่วยแรงเฉือนที่ต้องการ (Stress Ratio อยู่ในช่วงของ 2.20-2.50) แสดงในรูปที่ 3.10 ในระหว่างที่เพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบน จะต้องคอยควบคุมความดันน้ำในเซลล์ โดยที่ความเครียดตามแนวแกนเท่ากับความเครียดเชิงปริมาตร เพื่อต้องการให้ความเครียดตามแนวรัศมีเท่ากับศูนย์ ($\varepsilon_r = 0$) หรือจะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\varepsilon_a - \varepsilon_v = 0 \qquad (3.8)$$

เมื่อ ε_a = ความเครียดตามแนวแกน

ε_v = ความเครียดเชิงปริมาตร

ถ้าสมการที่ 3.8 มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ โดยที่ความเครียดตามแนวแกนมีค่ามากกว่าความเครียดเชิงปริมาตรก็ต้องมีการปรับความดันน้ำในเซลล์ (Cell Pressure) เพิ่มขึ้น เพื่อควบคุมให้สมการที่ 3.8 มีค่าเท่ากับศูนย์ ในทำนองกลับกัน ถ้าความเครียดตามแนวแกนมีค่าน้อยกว่าความเครียดเชิงปริมาตรก็ต้องมีการปรับความดันน้ำในเซลล์ลดลง จะต้องทำการจดบันทึกค่าของ Axial Displacement, Cell Pressure, Pore Pressure, Back Pressure, Force และ Volume Change ทุกช่วงเวลาที่กำหนดไว้ เป็นเวลาประมาณ 14 วัน หลังจากการเริ่มเพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบน จากนั้นนำมาเขียนรูปกราฟ

3.3.6.2 การทดลองการอัดตัวคายน้ำในลักษณะ 1 มิติของดินทดลอง

หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองตามข้อที่ 3.3.6.1 นำตัวอย่างดินไปชั่งหาน้ำหนัก จากนั้นนำ Ring ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.55 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร และทาวาสลิน (Vaseline) ทางด้านในของ Ring เพื่อลดแรงเสียดทานทางด้าน ไปกดบนแท่งตัวอย่างดิน พร้อมทั้งปาดหน้าดินให้เรียบ โดยใช้ลวดแต่งขอบ จากนั้นนำกระดาษกรองปิดที่หัวและท้ายตัวอย่างดินและนำไปทำการทดสอบ เพื่อหาค่าหน่วยแรงกดอัดเดิมสูงสุดในมวลดินในอดีตและดินที่มีการยุบอัดตัวแน่นเกินตัว ซึ่งการเพิ่มน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นที่ละหนึ่งเท่าตัว (LIR = 1.0) ใช้ช่วงเวลาการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 24 ชม. (LID = 24 ชม.)

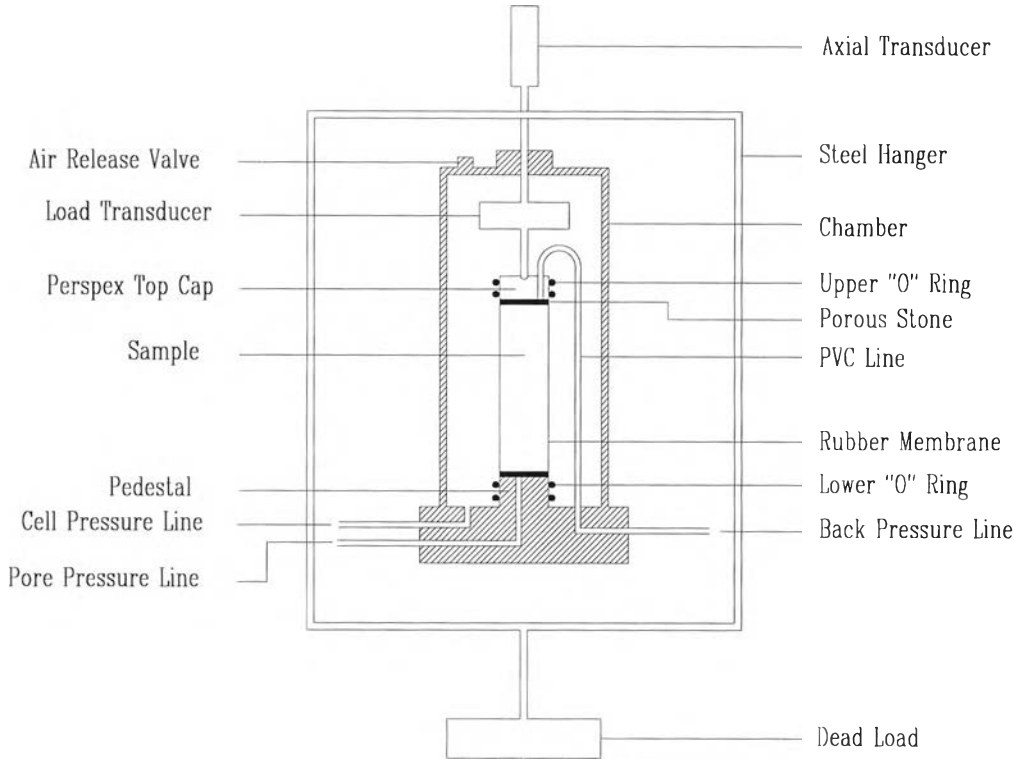
3.4 ข้อผิดพลาดในการทดลอง

1. ปริมาณน้ำในดินมวลดินจะน้อยกว่าธรรมชาติเล็กน้อย เมื่อมีการทำ Reconsolidated ตัวอย่างดิน เนื่องจากการทดลองให้ดินมีสภาพใกล้เคียงตามธรรมชาติ

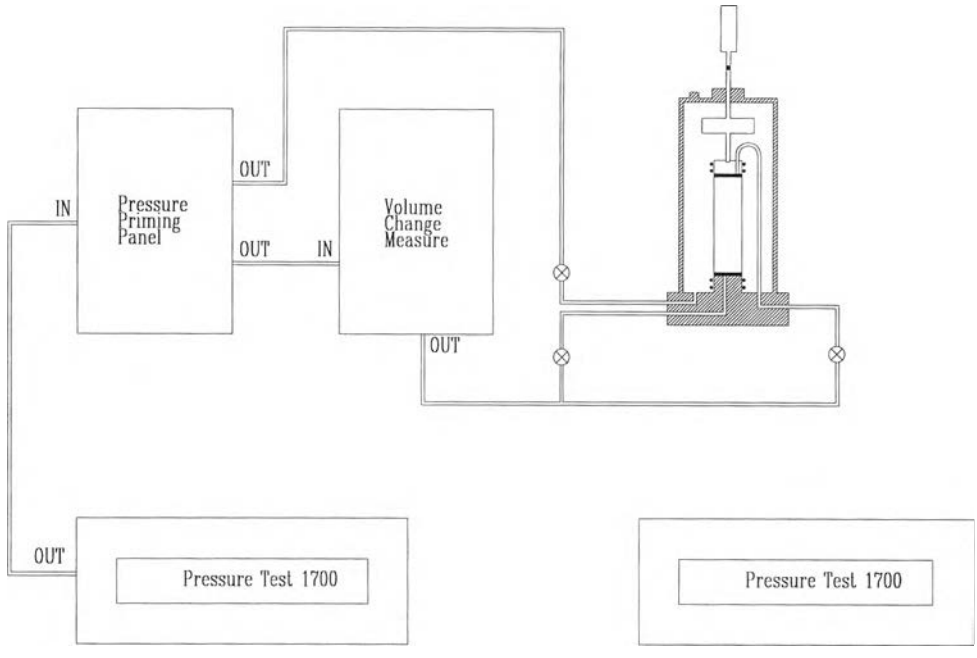
2. ผลของแรงเหนี่ยวรั้งที่ปลาย (Effect of End Restraint) ความฝืดระหว่างผิวสัมผัสของ Top Cap ที่วางบนดินทดลองจะทำให้เกิดแรงเหนี่ยวรั้ง เป็นผลทำให้ความดันน้ำในโพรงไม่สม่ำเสมอ เมื่ออัตราส่วนระหว่างความสูงกับเส้นผ่าศูนย์กลางมีค่าเท่ากับสอง จะทำให้แรงเหนี่ยวรั้งที่ปลายมีผลต่อค่าของแรงเฉือนน้อยมาก

3. ดินจะมีการพองตัว (Swell) ตอนแรก เนื่องจากใช้หน่วยแรงเฉือนประสิทธิผลมีค่าเท่ากับศูนย์

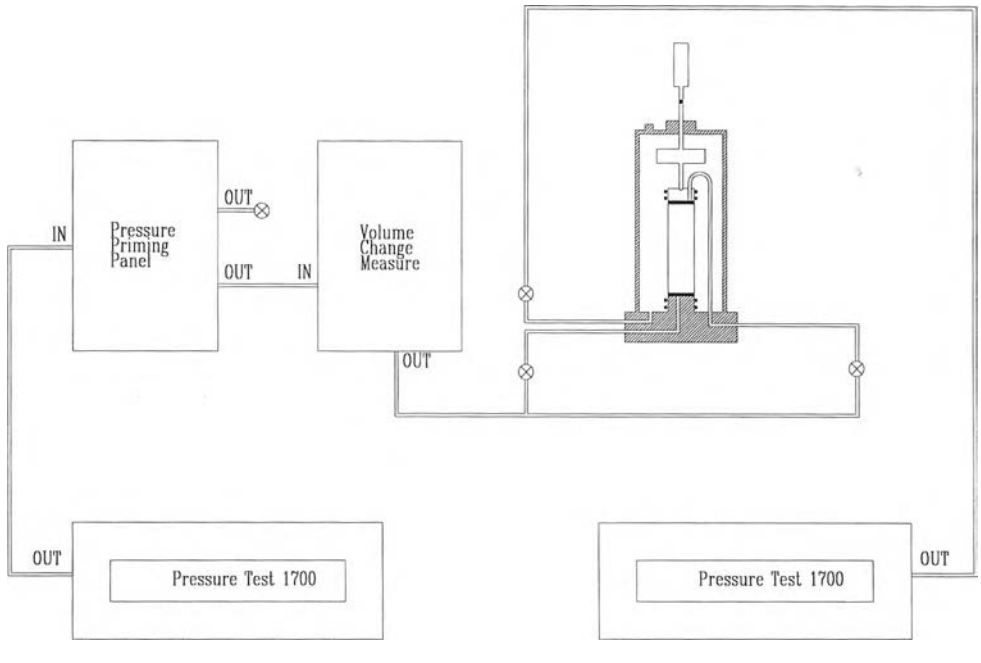
4. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดินทดลอง ในระหว่างทำการทดลอง ซึ่งอาจไม่เป็นไปตามสมมุติฐาน เนื่องจากมีการควบคุมเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความเครียดเชิงปริมาตรกับความเครียดตามแนวแกน



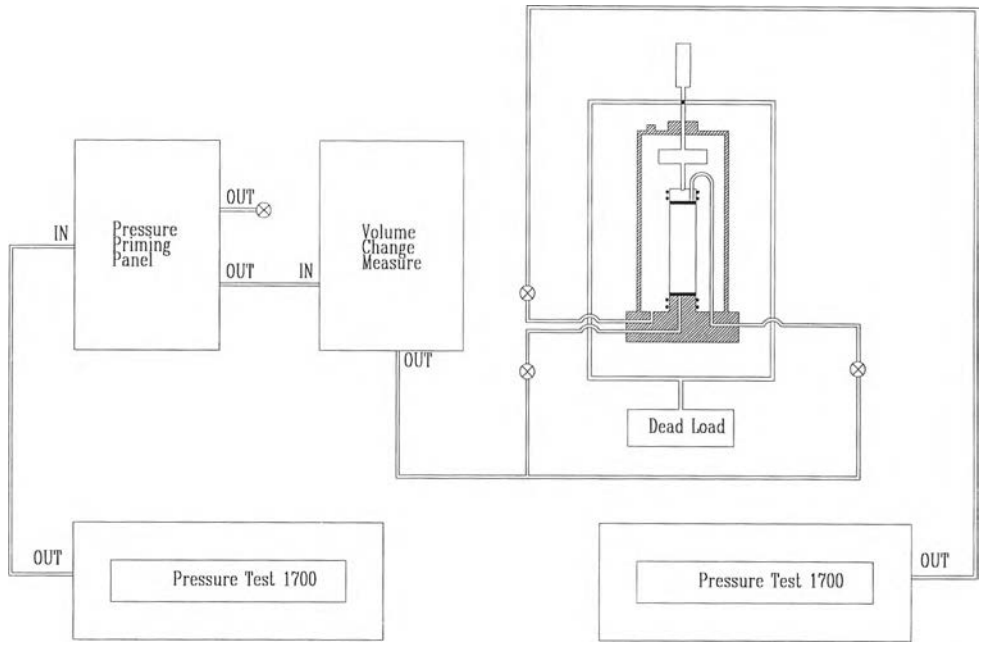
รูปที่ 3.6 แสดงการจัดเครื่อง Triaxial สำหรับการทดลองหาแรงดันดินทางด้านข้าง



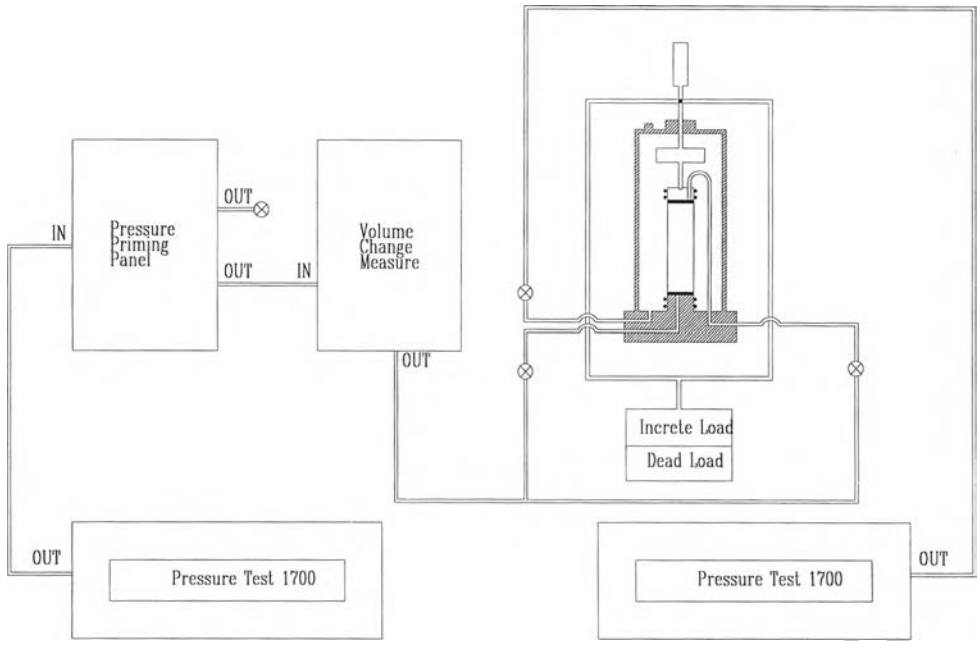
รูปที่ 3.7 แสดงการทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัวด้วยน้ำ



รูปที่ 3.8 แสดงการอัดตัวคายน้ำแบบแอนไอโซทร้อปปิค



รูปที่ 3.9 แสดงการอัดตัวคายน้ำแบบแอนไอโซทร้อปปิค โดยเพิ่มหน่วยแรงเบี่ยงเบน



รูปที่ 3.10 แสดงการทดลองหาแรงดันทางด้านข้างของตัวอย่างดิน