บทที่ 3

วิธีการทดสอบและวิจัย

3.1 ตัวอย่างดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ

ตัวอย่างดินเหนียวที่ใช้ จะเก็บจากบริเวณทางเข้าออกด้านใต้ของโครงการก่อสร้างสนามบินสุวรรณภูมิ (ถนนกิ่งแก้ว – รัตนโกสินทร์ 200 ปี กม.16) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เนื่องจากดินบริเวณดังกล่าวเป็นดินเหนียวอ่อนถึงอ่อนมาก (Soft to Very Soft Clay) ที่มีค่าการยุบอัดตัวสูง (High Compressibility) และมีค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำ (Low Shear Strength) ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย การเก็บตัวอย่างจะใช้กระบอกบาง (Shelby Tube) เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว และยาวประมาณ 1 ม. เก็บตัวอย่างดินเหนียวคงสภาพ (Undisturbed Sample) แบบต่อเนื่องที่ระดับความลึกประมาณ 5-8 เมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกโดยเฉลี่ยของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จำนวน 5 หลุม (BH-1 ถึง BH-5) ระยะห่างระหว่างหลุมเจาะประมาณ 2-3 เมตร สำหรับตัวอย่างดินที่จะนำมาทดสอบ Reconstituted Consolidation Test จำนวน 4 หลุม (BH-1 ถึง BH-4)จะถูกดันออกจากกระบอกและเก็บไว้ในถุงสีดำ 2 ชั้น ที่ดูดอากาศออกให้เป็นสุญญากาศ และเก็บไว้ในห้องมืด ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นในมวลดิน และไม่ให้เกิดปฏิกิริยา Oxidation ซึ่งจะมีผลต่อค่าดัชนีพลาสติกของดิน

ตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติแบบคงสภาพ ที่จะนำมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลกับดินเหนียวสร้างใหม่ (ตัวอย่างจากหลุมเจาะ BH-5) จะเก็บด้วยกระบอกบางแสตนเลสซึ่งจะไม่เป็นสนิม เคลือบพาราฟินที่หัวและท้ายกระบอก และเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้น เมื่อพร้อมที่จะทดสอบจึงจะดันดินออกจากกระบอก

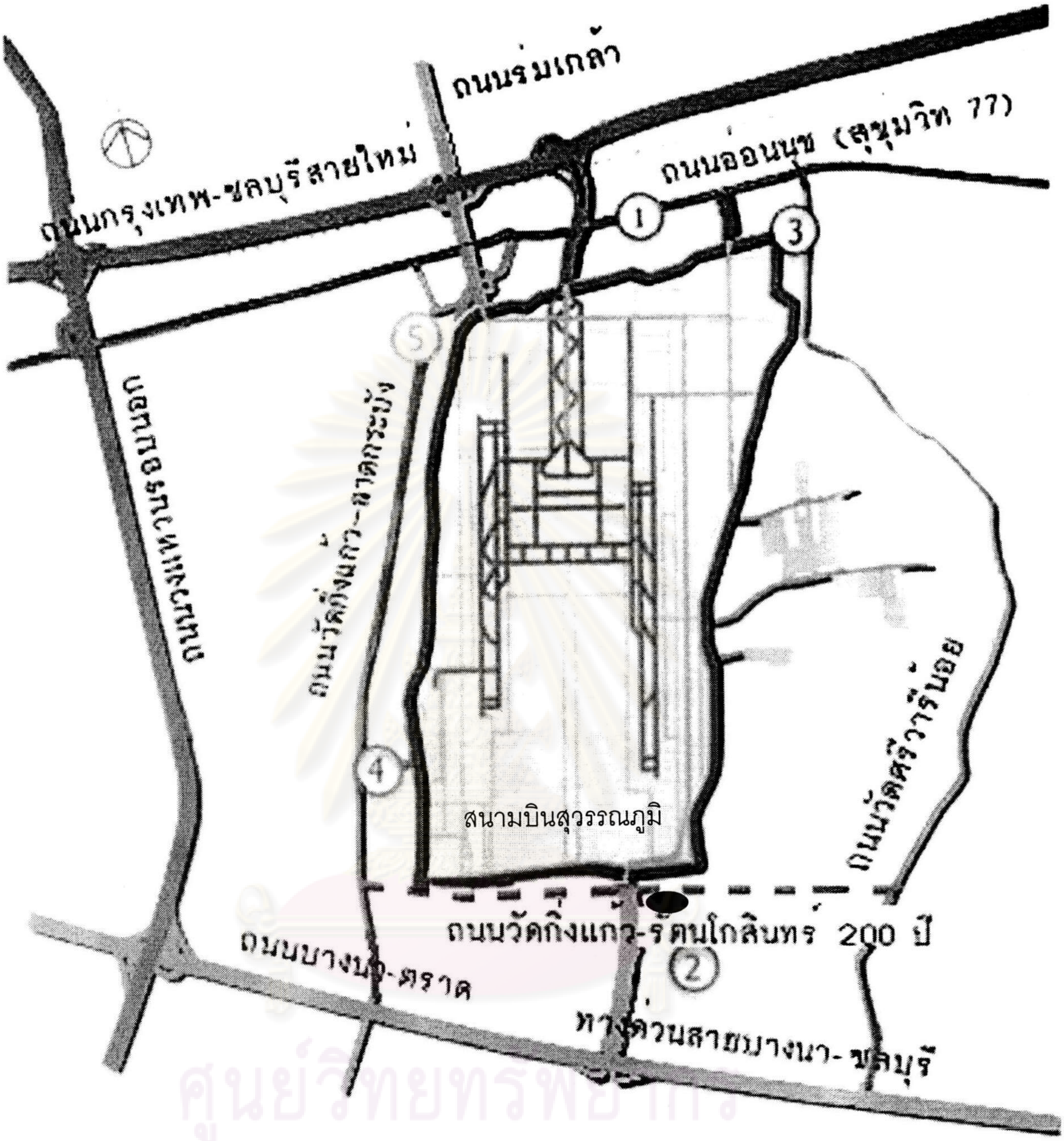
3.2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางเคมีของดิน

ตัวอย่างดินจากหลุมเจาะ BH-1 ถึง BH-4 จะนำมาศึกษาคุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

คุณสมบัติพื้นฐาน

- การทดลองหาน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight)
- การทดลองหาค่าความชื้นธรรมชาติในมวลดิน (Natural Moisture Content)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สัญลักษณ์

ตำแหน่งหลุมเจาะBH-1ถึง BH-5

รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การทดลองหาพิกัดเหลว (Liquid Limit) และพิกัดพลาสติก (Plastic Limit)
- การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil Solid)
- การทดลองหาขนาดเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis)

คุณสมบัติทางเคมี

- การทดสอบหาปริมาณเกลือในดิน (Salt Content)
- การทดสอบ Organic Content
- การทดสอบ pH

3.3 โปรแกรมการทดสอบ

โปรแกรมการทดสอบได้ออกแบบมาเพื่อให้การทดสอบบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ดังแสดงไว้ในตารางที่3.1 โดยมีรายละเอียดของการทดสอบที่สำคัญดังนี้

1. ทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียว ในสถานะดินเหลว
   (Reconstituted Consolidation Test)
   เพื่อเตรียมตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ และศึกษาพฤติกรรมการการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียว ในสถานะดินเหลว ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ข้อ1 และ2 ตามลำดับ ทำการทดสอบทั้งหมด 4 ตัวอย่าง การอัดตัวคายน้ำจะใช้อัตราส่วนการเพิ่มกดน้ำหนัก (Load Increment Ratio, LIR) เท่ากับ 1.0 ตามลำดับดังนี้ 0.125, 0.25, 0.50, 1.00 และหลังจากนั้น จะลดน้ำหนักลงจาก 1.00 ksc เป็น 0.50 และ 0.25 ksc

   การเตรียมตัวอย่างดินเหลว (Clay Slurry) จะใช้คุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางเคมีของดินเหนียวธรรมชาติ เป็นพารามิเตอร์ควบคุมการทดสอบ ตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ที่ได้จะนำมาหาปริมาณน้ำในมวลดิน พิกัดเหลว และพิกัดพลาสติก เพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอในการเตรียมตัวอย่างในแต่ละรุ่นผสม (Batch Uniformity) นอกจากนี้ยังมีการทดสอบไฮโดรมิเตอร์ในแต่ละรุ่นผสม (Batch)จากตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ ด้านบนและด้านล่างเพื่อตรวจสอบโอกาสในการแยกตัวของอนุภาคดิน (Segregation) ในระหว่างขบวนการอัดตัวคายน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **ทดสอบการอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง ด้วยอัตราความเครียดคงที่**

(Constant Rate of Strain Consolidation Test with Vertical Drainage)

เป็นการทดสอบตามวัตถุประสงค์ข้อ 3 โดยทดสอบตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ จำนวน 5 ตัวอย่าง จากรุ่นผสม และตำแหน่ง(ด้านบน-ล่าง)ที่แตกต่างกัน และดินเหนียวธรรมชาติ จำนวน 3 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 5.5 เมตร 6.5 เมตร และ7.5 เมตร ตามลำดับ ตัวอย่างทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร และใช้อัตราความเครียด (Strain Rate) $1x10^{-6}$ ต่อวินาที หรือเท่ากับความเร็วการอัดตัวอย่าง (Rate)ประมาณ 0.072 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ทดสอบถึงค่าหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่ง (Vertical Effective Stress) ประมาณ 10 kscจึง Unload กลับ

ผลการทดสอบจะได้ค่าพารามิเตอร์การอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่งได้แก่ หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต (Maximum Past Pressure, σ'_p) ดัชนีการอัดตัว (Compression Index, C_c) ดัชนีการอัดตัวซ้ำ (Recompression Index, C_r)สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง (Vertical Coefficient of Consolidation, c_v) และสัมประสิทธิ์การซึมน้ำในแนวดิ่ง (Vertical Coefficient of Permeability, k_v) เป็นต้น

3. ทดสอบการอัดตัวคายน้ำในแนวราบ ด้วยอัตราความเครียดคงที่

(Constant Rate of Strain Consolidation Test with Radial Drainage)

เป็นการทดสอบตามวัตถุประสงค์ข้อ 3 โดยใช้จำนวน และตัวอย่างทดสอบเหมือนกับการทดสอบการอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง ตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63.5 มม. สูง 30 มิลลิเมตร และใช้อัตราความเครียด (Strain Rate) $1x10^{-6}$ ต่อวินาที หรือเท่ากับความเร็วการอัดตัวอย่าง(Rate)ประมาณ 0.108 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ผลการทดสอบจะได้ค่าพารามิเตอร์การอัดตัวคายน้ำในแนวราบ และพฤติกรรม Anisotropy

4. ทดสอบการอัดตัวคายน้ำ ด้วย Conventional Oedometer กับตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ จำนวน 4 ตัวอย่าง และดินเหนียวธรรมชาติ จำนวน 4 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 5.0 เมตร 5.5 เมตร 6.5 เมตร และ7.5 เมตร ตามลำดับ ใช้อัตราส่วนการ

เพิ่มกดน้ำหนัก (Load Increment Ratio, LIR) เท่ากับ 1.0 จาก 0.125 ksc ถึง 16 ksc และลดน้ำหนักจนถึง 0.5 ksc การใช้ LIR เท่ากับ 1 จะทำให้หาเวลาสิ้นสุดการอัดตัวคายน้ำหลักจากกราฟ Log t ได้ถูกต้องกว่าการใช้ LIR น้อยกว่า 1 (รูปที่ 2.5) ผลการทดสอบจะใช้อ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่งและแนวราบ ด้วยอัตราความเครียดคงที่

ตารางที่ 3.1 โปรแกรมการทดสอบ

การทดสอบ	ตัวอย่างที่ใช้	พารามิเตอร์ที่ได้
1.Reconstituted Consolidation Test	NCS[1] 4 ตัวอย่าง	C_c, C_r, c_v, k_v
2.CRS-V[3]	NCS 3 ตัวอย่าง RCS[2] 5 ตัวอย่าง	σ'_p, C_c, C_r, c_v, k_v
3.CRS-R[3]	NCS 3 ตัวอย่าง RCS 5 ตัวอย่าง	σ'_p, C_c, C_r, c_h, k_h, c_h/c_v, k_h/k_v
4.Conventional Oedometer Test	NCS 4 ตัวอย่าง RCS 4 ตัวอย่าง	σ'_p, C_c, C_r, c_v, k_v

หมายเหตุ :

1. NCS = Natural Clay Sample

2. RCS = Reconstituted Clay Sample

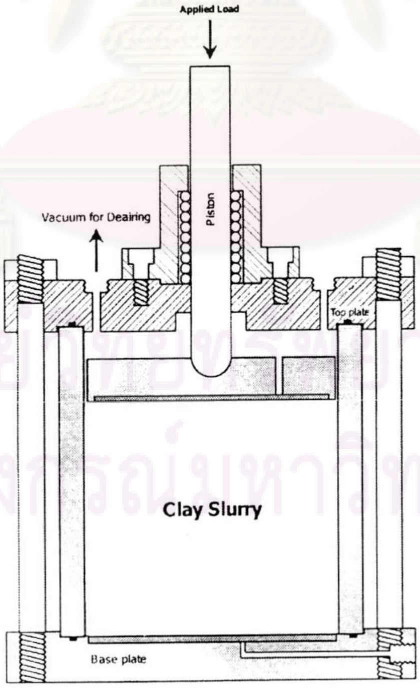
3. Strain Rate = 1×10^{-6} /s

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การทดสอบอัดตัวคายน้ำของดินเหนียว ในสถานะดินเหลว (Reconstituted Consolidation Test)

3.4.1 ลักษณะเครื่องมือทดสอบ

เป็นเครื่องมือที่ใช้กับตัวอย่างดินเหนียวเหลว เพื่อศึกษาพฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำในสภาพ 1 มิติ ด้วยการระบายน้ำในแนวดิ่ง ลักษณะของเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องมือประกอบด้วยแผ่นสแตนเลสด้านบน และด้านล่าง (Base Plate and Top Plate) ท่อทองเหลืองทรงกระบอก (Cell Chamber) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 155 มิลลิเมตร สูง 300มิลลิเมตร ส่วนประกอบทั้งสามส่วนยึดติดกันด้วยแกนสแตนเลส (Tie Rod) 4 แกน บริเวณรอยต่อติดแหวนยาง (O-Ring) ป้องกันการรั่วซึม ใช้แผ่นกระจายน้ำหนัก (Top Cap) พร้อมก้านเพลา (Loading Piston)ส่งถ่ายน้ำหนัก dead weight ลงสู่ดิน โดยมีกระบอกลูกปืน(Piston Assembly)นำการเคลื่อนที่ให้อยู่ในแนวดิ่ง ที่ Top Cap และBase Plate เจาะรูพร้อมติดตั้งแผ่นหินพรุนเพื่อระบายแรงดันน้ำส่วนเกินทางด้านบน และด้านล่างของตัวอย่าง ตามลำดับ ที่Base Plate ต่อท่อระบายน้ำไปยังที่รับน้ำภายนอก และให้ดินสามารถดูดน้ำกลับในขั้นตอนลดน้ำหนัก (Unloading)



รูปที่ 3.2 เครื่องมือทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินเหลว
(Reconstituted Consolidometer)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.2 **ขั้นตอนการทดสอบ**

ขั้นตอนการทดสอบที่สำคัญแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ การเตรียมตัวอย่างดินเหลว การอัดตัวคายน้ำ และการดันเก็บตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

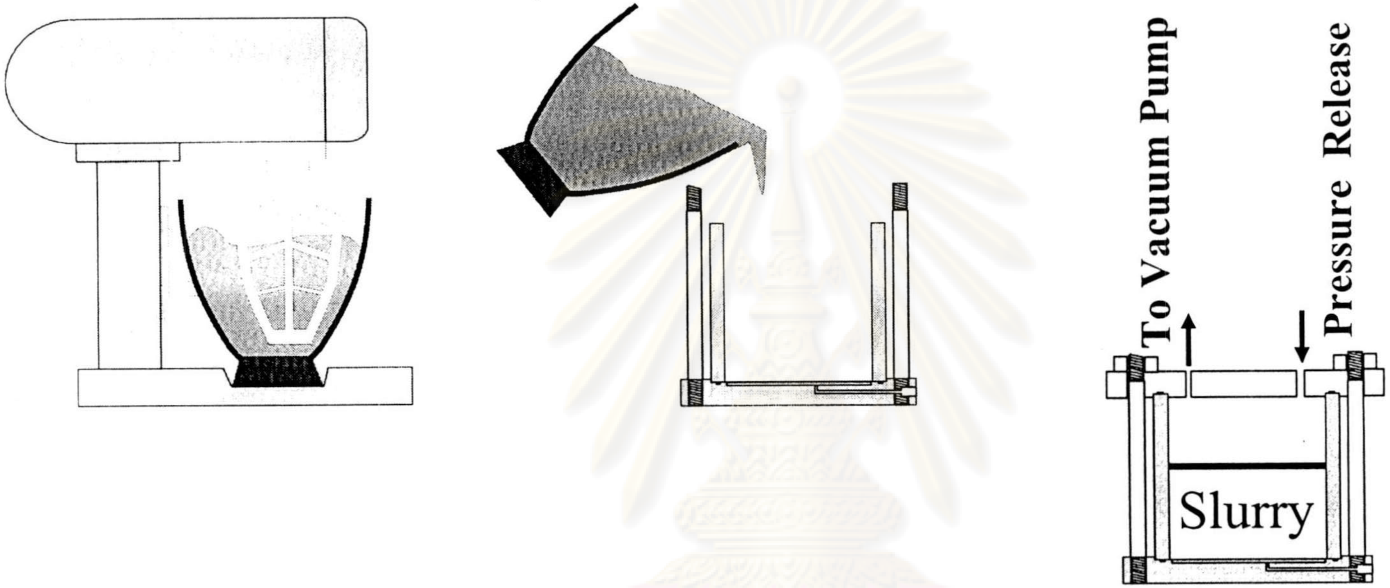
ก. การเตรียมตัวอย่างดินเหลว (Mixing Clay Slurry)

ปริมาณส่วนผสมที่ต้องการในการเตรียมตัวอย่างดินเหลวสูงประมาณ 200 มิลลิเมตร และหลังการอัดตัวคายน้ำได้ดินเหนียวสร้างใหม่สูงอย่างน้อย 70 มิลลิเมตร มีดังนี้

- ดินเหนียวธรรมชาติ 3 กิโลกรัม
- น้ำกลั่นที่ไล่ฟองอากาศแล้ว (Distilled - Deaired Water) เพื่อผสมให้เป็นดินเหลว มีค่าปริมาณน้ำในดินประมาณ 240%
- เกลือแกงเล็กน้อย เพื่อทำให้น้ำที่ผสมมีความเข้มข้น 11 กรัม/ลิตร

ขั้นตอนการผสมดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยสรุปแล้วจะนำดินเหนียวธรรมชาติที่ระดับความลึก 5-8 เมตรมาในปริมาณเท่ากัน เติมน้ำเกลือ และผสมในเครื่องกวนดิน (Mechanical Mixer) ประมาณ 30-60 นาที หรือจนกระทั่งดินสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน ในระหว่างการผสมควรใช้ Spatula ปาดดินที่ขอบภาชนะและใบกวนดินเป็นระยะๆ การศึกษานี้จะไม่ใช้ดินอบแห้ง เพราะจะทำให้ค่า Atterberg Limits เปลี่ยนแปลง รวมทั้งใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 11 กรัม/ลิตร ซึ่งเป็นค่า Salt Content เฉลี่ยของดิน ทั้งนี้เพราะชนิด และปริมาณเกลือของน้ำในช่องว่างดิน (Pore Fluid) จะมีผลต่อพฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำ ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งหลักเกณฑ์ในการกำหนดปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือ ปริมาณน้ำจะต้องมากเพียงพอที่จะผสมดินให้เหลวเป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถเทใส่ Cell Chamber ได้ แต่จะต้องไม่เกิด Segregation หรือBreeding ซึ่งจากการทำ Trial Batch จำนวนมาก พบว่า ปริมาณน้ำในดินเหลว (Water Content) ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 240% หรือประมาณ 2.5 เท่าของพิกัดเหลวของดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ดินเหลวที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จะนำมาเทใส่ใน Cell Chamber ที่ยึดติดกับ Base Plate แล้ว ผนังด้านในของ Cell Chamber จะทาน้ำมันหล่อลื่นบางๆเพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างแหวนยางรอบTop Cap กับ Cell Chamber ซึ่งจากการ Calibrate พบว่ามีค่าประมาณ 10-15 กิโลกรัม ปิดฝาบนด้วยแผ่นAcrylicใสที่ต่อเข้ากับปั๊มดูดอากาศเพื่อไล่ฟองอากาศที่ติดอยู่ในดินเหลวนานประมาณ 15-30 นาที จากนั้นวัดความสูงเริ่มต้นของดินเหลว ใส่Top Cap และTop Plate จากนั้นติด Dial Gaugeเข้ากับ Loading Piston เพื่อวัดการทรุดตัวกับเวลาในขั้นตอนการอัดตัวคายน้ำต่อไป



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผสมตัวอย่างดินเหลว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. การอัดตัวคายน้ำ (Consolidation)

ใส่น้ำหนัก Dead Weight ให้ดินรับหน่วยแรงในแนวดิ่งเริ่มต้นที่ 0.125 ksc และเพิ่มน้ำหนักด้วย LIR = 1 จนถึงหน่วยแรงสูงสุด 1.0 ksc (รูปที่ 3.4)จากนั้นลดน้ำหนักลงที่ 0.5 และ 0.25 ksc ตามลำดับ การเพิ่มน้ำหนักในแต่ละขั้น จะต้องให้ขบวนการอัดตัวคายน้ำสิ้นสุดก่อน โดยเวลาสิ้นสุดการอัดตัวคายน้ำหาจากวิธี Log t Method ของ Casangrande (1936) การเพิ่มน้ำหนักขั้นแรกที่ 0.125 ksc จะใช้เวลานานมากกว่าขั้นอื่นๆ โดยเวลาสิ้นสุดการอัดตัวคายน้ำหลักประมาณ 10 วัน หลังจากนั้นจะใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง รวมระยะเวลาการทดสอบทั้งหมดประมาณ 25 วัน เมื่อการทดสอบสิ้นสุดตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่จะมีอัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว (Overconsolidation Ratio, OCR) ประมาณ 4 ซึ่งดินจะมีสภาวะของหน่วยแรงใกล้เคียงกับ Hydrostatic คือ หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่ง (σ'_v) ประมาณเท่ากับหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวราบ (σ'_h) จะช่วยลดการรบกวนตัวอย่างในระหว่างการดันดินออกจาก Cell Chamber นอกจากนี้การอัดตัวคายน้ำสูงถึง 1.0 ksc จะทำให้สามารถจับยกตัวอย่างซึ่งมีขนาดใหญ่ได้ โดยตัวอย่างสูงประมาณ 70 มิลลิเมตร และหนักประมาณ 2.2 กิโลกรัม

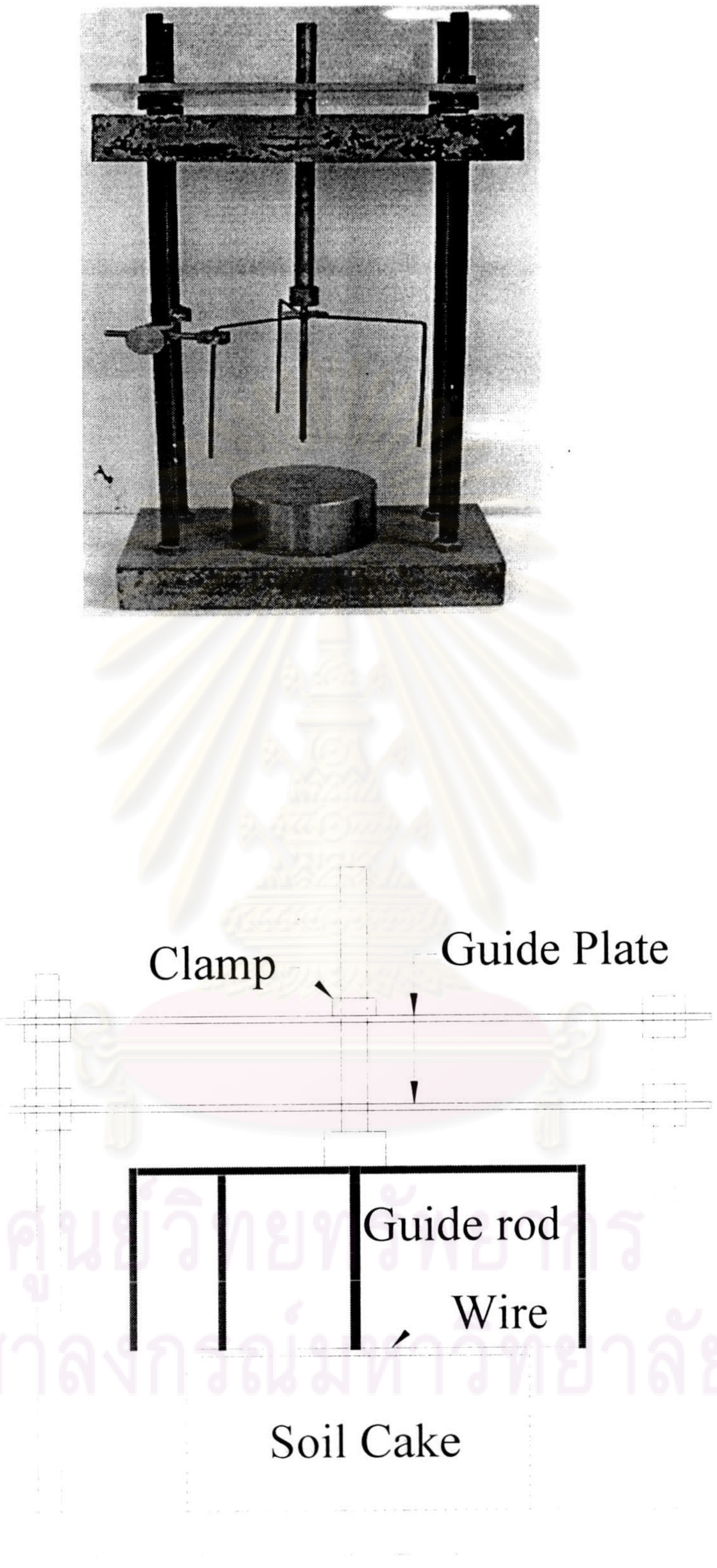
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการอัดตัวคายน้ำของดินเหลว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. การดัน และตัดแต่งตัวอย่าง (Extrusion and Trimming)

ก่อนยกก้อนน้ำหนักขั้นสุดท้าย จะต้องดูดน้ำออกจาก Cell Chamber ไม่ให้ดินดูดน้ำได้อีก เพื่อให้ดินมี OCR = 4 จากนั้นจึงค่อยๆดันตัวอย่างออกโดยใช้ Hydraulic Jack (รูปที่ 3.5) ชั่งน้ำหนัก วัดความสูง และตัดแบ่งดินออกเป็น 3 ส่วนด้วยเครื่องตัดดังแสดงในรูปที่ 3.6 นำดินบางส่วนมาหาค่าปริมาณน้ำในดิน (Water Content) สำหรับดินที่เหลือนำมาห่อด้วย Waxed Paper เคลือบด้วยพาราฟิน และเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้น

รูปที่ 3.5 การดันตัวอย่างออกจาก Cell Chamber



รูปที่ 3.6 การตัดแบ่งตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่

3.5 การทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง ด้วยอัตราความเครียดคงที่
(Constant Rate of Strain Consolidation Test with Vertical Drainage, CRS-V)

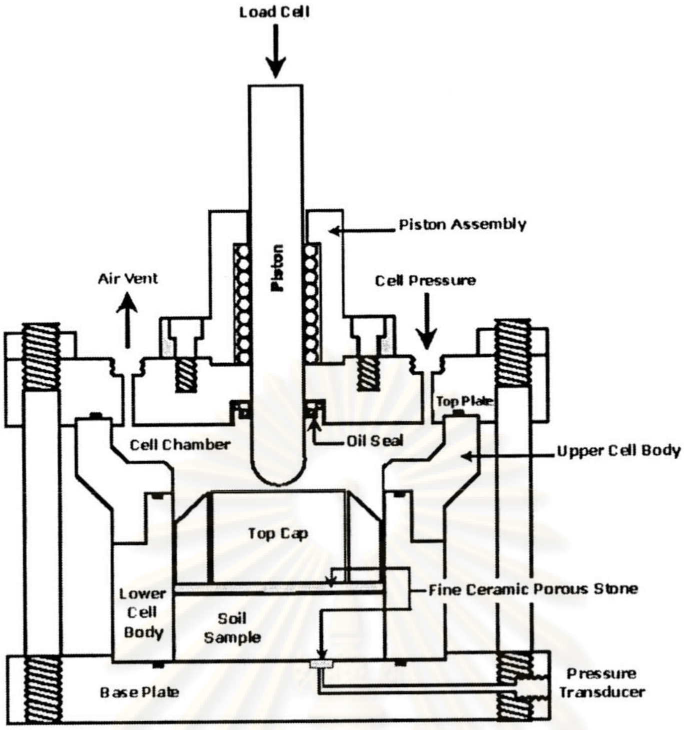
3.5.1 ลักษณะเครื่องมือทดสอบ

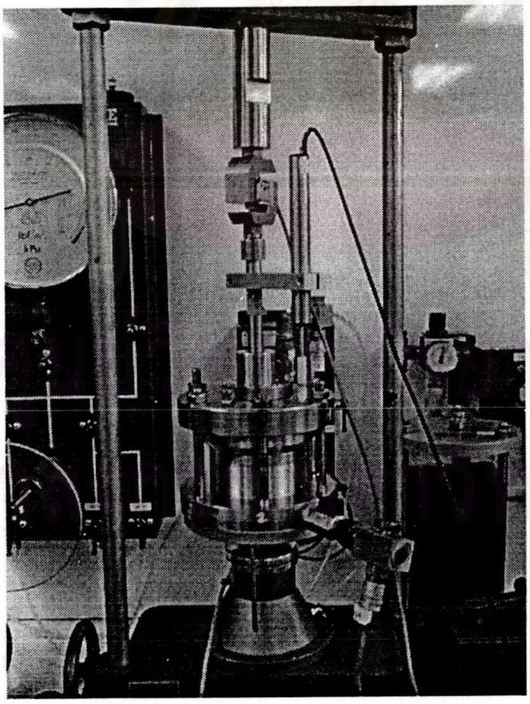
เครื่องมือทดสอบ CRS-V นี้เริ่มสร้างโดย Hassan (1993) และได้มีการปรับปรุงโดย Sinat (1997) ลักษณะของเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.7 ส่วนประกอบของเครื่องมือที่สำคัญจะคล้ายกับ Reconstituted Consolidometer โดยประกอบด้วย แผ่นสแตนเลสด้านบน และด้านล่าง (Top Plate and Base Plate) แผ่นถ่ายน้ำหนัก (Top cap) พร้อมก้านเพลา (Loading Piston) Upper Cell Body และLower Cell Body

Lower Cell Body มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 63.5 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดแหวนของ Convention Oedometer ที่กึ่งกลางฐานของ Base Plate เจาะรูพร้อมติดหินพรุนเซรามิค (Fine Ceramic Porous Stone) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ซึ่งต่อเข้ากับ Pressure Transducer เพื่อวัดค่าแรงดันน้ำที่ฐานของตัวอย่าง แรงดันน้ำส่วนเกินในตัวอย่างจะระบายออกเฉพาะด้านบน (One Way Drainage) ผ่านแผ่นทองเหลืองพรุนแข็ง (Top Rigid Sintered Bronze Porous Disk) ออกทางรูระบายน้ำของ Top Cap

Upper Cell Body จะทำหน้าที่เป็นที่กักเก็บน้ำ (Water Chamber) ที่ Top Plate มีวาล์วสำหรับไล่อากาศออกจากระบบ และมีวาล์วสำหรับใส่ Cell Pressure ส่วนประกอบทั้งหมดยึดติดด้วยแกนสแตนเลส 6 แกน และที่รอยต่อต่างๆจะใช้ O-Ring ป้องกันการรั่วซึม ใช้กระบอกลูกปืนบังคับก้านเพลาให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง และใช้ Mechanical Oil Sealed ป้องกันการรั่วซึมระหว่างกระบอกลูกปืนกับก้านเพลา ระบบทั้งหมดจะวางบน Loading Frame ผลิตโดย Wykeham Ferrance Engineering Limited และทดสอบด้วยอัตราความเครียดคงที่ คือ Loading Frame จะดันตัวอย่างด้วยความเร็วคงที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 3.7 เครื่องมือทดสอบการอัดตัวคายน้ำด้วยอัตราเครียดคงที่ (แบบการระบายน้ำในแนวดิ่ง)

3.5.2 **ขั้นตอนการทดสอบ**

ก. การจัดเตรียมเครื่องมือ

สายความดันทุกเส้นต้องถูกไล่ฟองอากาศที่ค้างอยู่ออกให้หมดด้วย De-Aired Water, ตั้งค่า Pressure Transducer ให้เท่ากับศูนย์เมื่อเปิดให้สัมผัสกับอากาศ, เติมน้ำไล่ฟองอากาศใน Pressure Transducer Housing, ต้ม Sintered Bronze Porous Disk ในน้ำกลั่นเดือดประมาณ 30 นาทีเพื่อไล่อากาศ, วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน, ความสูงและชั่งน้ำหนัก Sample Cutting Ring นอกจากนี้ควรทา Silicon Grease บริเวณ O-Ring และด้านในของ Lower Cell Body เพื่อลดแรงเสียดทานในระหว่างการอัดตัวคายน้ำ

ข. การจัดเตรียมตัวอย่าง

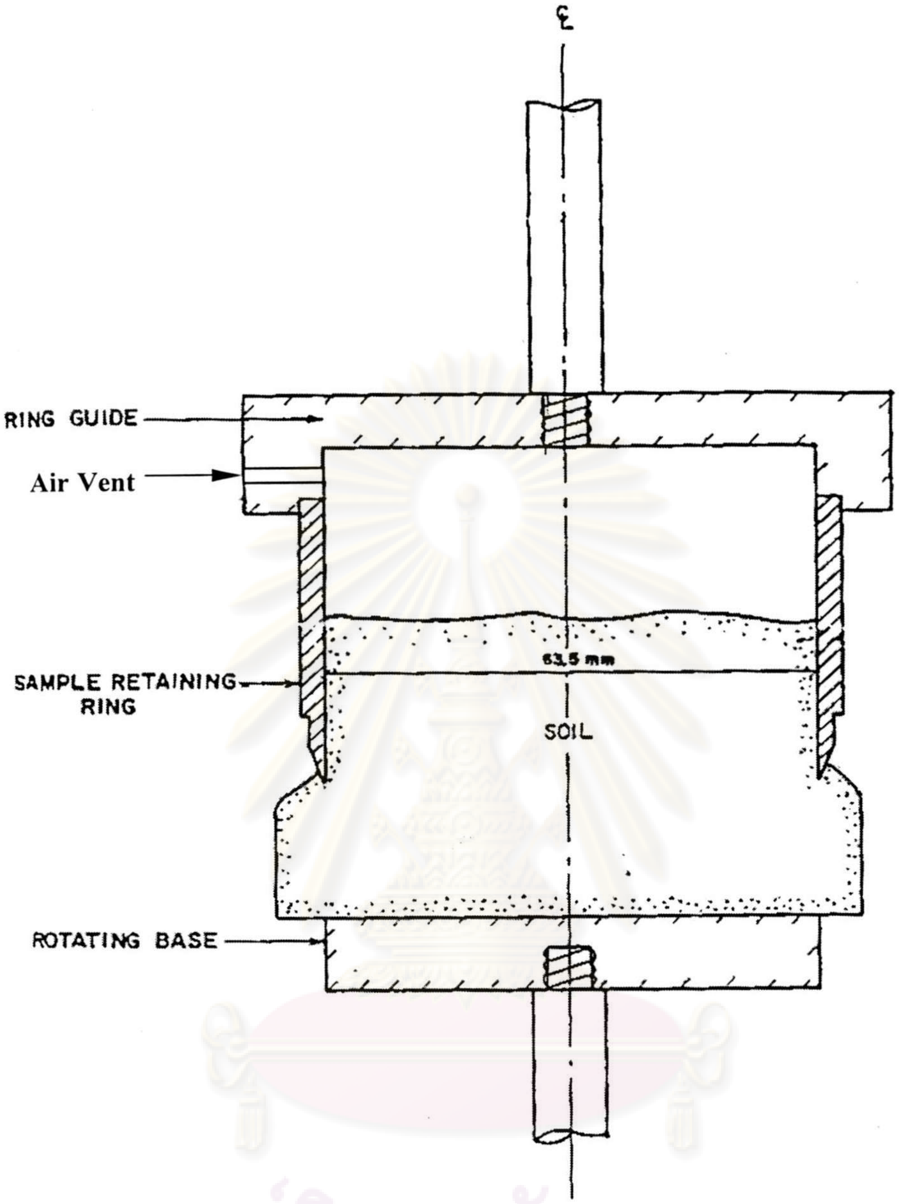
เอาพาราฟิน และ Waxed Paper ที่หุ้มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบออก ทา Silicone Grease ภายใน Sample Retaining Ring ค่อยๆกด Sample Retaining Ring ลงบนตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ โดยใช้ Trimming Frame เป็นตัวกด (รูปที่ 3.8) เพื่อให้การกดอยู่ในระนาบเดียวกัน โดยระหว่างการกดจะใช้ Wire Saw ตัดดินส่วนเกินออกด้วย จนกระทั่งตัวอย่างดินเข้าไปจนเต็ม Sample Retaining Ring แล้วใช้ Wire Saw ตัดแต่งผิวของตัวอย่างดินทั้งด้านบนและด้านล่างให้ผิวหน้าเรียบขนานกัน เศษตัวอย่างดินที่เหลือจากการทดสอบนำไปหาปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ ตัวอย่างดินทดสอบที่บรรจุอยู่ภายใน Sample Retaining Ring จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63.5 มม. สูง 20 มม. และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม

นำ Sample Retaining Ring มาวางบน Lower Cell Body โดยมี Adaptor ล็อคให้ดินอยู่ในแนวเดียวกับ Lower Cell Body จากนั้นใช้ Spacer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63 มม. ดันดินลงไปใน Lower Cell Body จนกระทั่งขอบบนของ Spacer เสมอกับขอบบนของ Lower Cell Body ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3.9

ค. การจัดตัวอย่างในเครื่องมือ

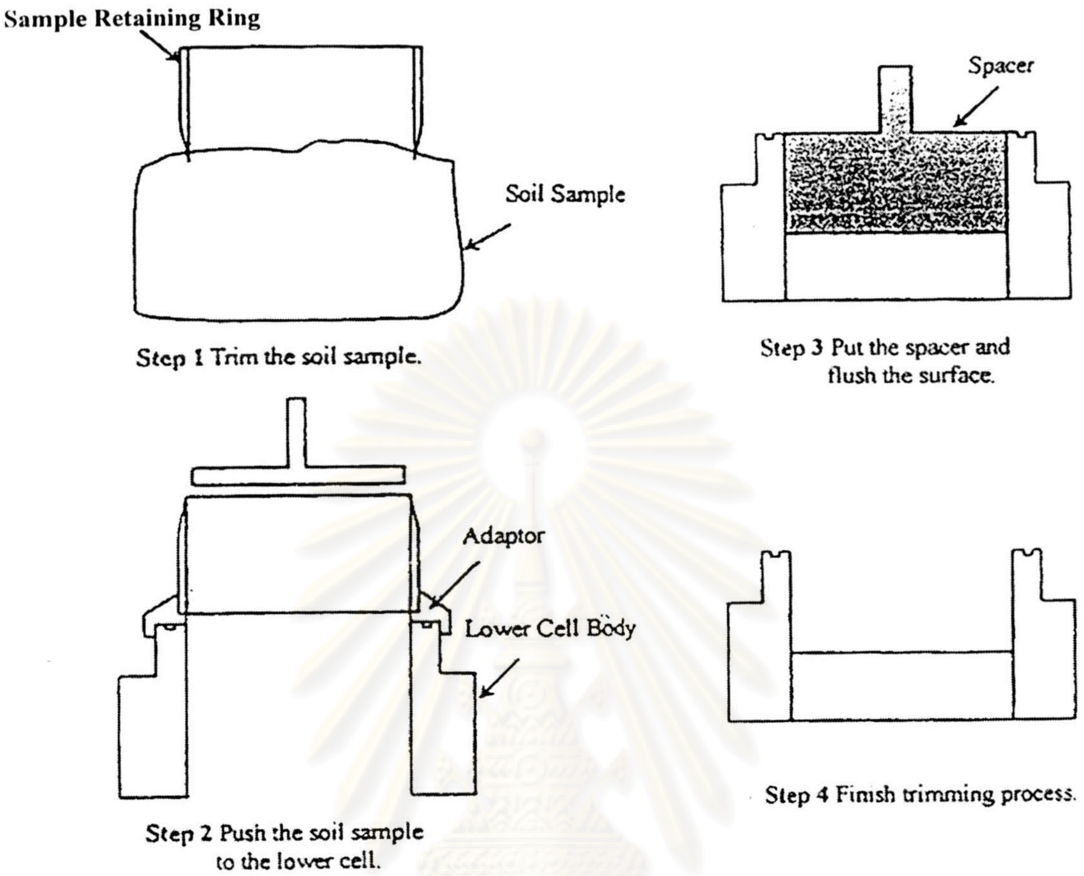
นำ Lower Cell Body ที่มีตัวอย่างดินมาประกอบเข้ากับ Base Plate, Upper Cell Body, Top Capที่ใส่แผ่นทองเหลืองพรุนอิ่มตัวด้วยน้ำพร้อมกระดาษกรอง และTop Plate ตามลำดับ ขันสกรูยึดส่วนประกอบทั้งหมดด้วยแกนสแตนเลส (Tie Rod) ให้แน่น เปิดวาล์ว Air Vent ก่อนใส่ Piston เพื่อไม่ให้อากาศอัดตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.8 เครื่องมือตัดแต่งตัวอย่าง (Trimming Frame)



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในขั้นตอนต่อไปเติมน้ำเข้าสู่ Cell Pressure Chamber จนเต็ม และไหลออกทางด้านวาล์ว Air Vent รอจนกระทั่งไม่มีฟองอากาศแล้วจึงปิดวาล์ว ตั้งค่า Load Cell ให้เป็นศูนย์ แล้วดัน Loading Frame ให้Piston แตะกับ Load Cell และใส่Seating Load ประมาณ 3 kPa จากนั้นใส่ Back Pressure เท่ากับ 200 kPa เข้าไปที่ด้านบนและด้านล่างของตัวอย่างแล้วทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างอิ่มตัวด้วยน้ำ ในการทดสอบจะใช้ Load Cell วัดแรงในแนวดิ่ง Pressure Transducer วัดแรงดันน้ำ และ Linear Vertical Displacement Transformer (LVDT) วัดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และต่อเข้ากับอุปกรณ์บันทึกข้อมูลเชิงตัวเลขแบบอัตโนมัติ (Autonomous Data-acquisition Unit, ADU) ซึ่งใช้ร่วมกับโปรแกรม DS 6 เพื่อเก็บข้อมูลการทดสอบ

3.6 การทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวราบ ด้วยอัตราความเครียดคงที่ (Constant Rate of Strain Consolidation Test with Radial Drainage, CRS-R)

3.6.1 ลักษณะเครื่องมือทดสอบ

เครื่องมือทดสอบ CRS-R นี้เริ่มสร้างโดย Teerawut (1995) และได้มีการปรับปรุงโดย Sinat (1997) ลักษณะของเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของเครื่องมือที่สำคัญจะคล้ายกับ CRS-V แตกต่างกันที่ตำแหน่งการระบายน้ำ และวิธีการระบายน้ำผ่านทาง Top Cap ที่ Base Plate ของ CRS-R มี Fine Ceramic Porous Stone ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ห่างจากจุดศูนย์กลางฐาน 12.5 มิลลิเมตร และต่อเข้ากับ Pressure Transducer เพื่อวัดแรงดันน้ำ นอกจากนี้ยังวัดแรงดันน้ำในตัวอย่างที่ด้านข้างของ Lower Cell Body น้ำสามารถระบายออกทางแนวราบผ่านแท่งหินพรุนทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ที่อยู่ตรงกลางของตัวอย่าง ออกมาทางรูด้านบนของ Top Cap โดยมี O-Ring รอบ Top Cap ป้องกันน้ำรั่วออกทางแนวดิ่ง รูขนาด 10 มิลลิเมตร ลึก 15 มิลลิเมตร ที่กึ่งกลางของ Top Cap มีไว้เพื่อให้ Top Cap เคลื่อนที่ลงผ่านแท่งหินพรุนได้ จากการวัดแรงดันน้ำ 2 ตำแหน่ง และค่าแรงดันน้ำส่วนเกินที่กึ่งกลางตัวอย่างเท่ากับศูนย์ ทำให้สามารถหาการกระจายตัวของแรงดันน้ำส่วนเกินในตัวอย่างได้ และสามารถตรวจสอบข้อสมมุติฐานในสูตรที่ใช้วิเคราะห์ผล CRS-R ได้

3.6.2 **ขั้นตอนการทดสอบ**

ก. การจัดเตรียมเครื่องมือ

เหมือนกับการเตรียมเครื่องมือเพื่อทดสอบ CRS-V

ข. การจัดเตรียมตัวอย่าง

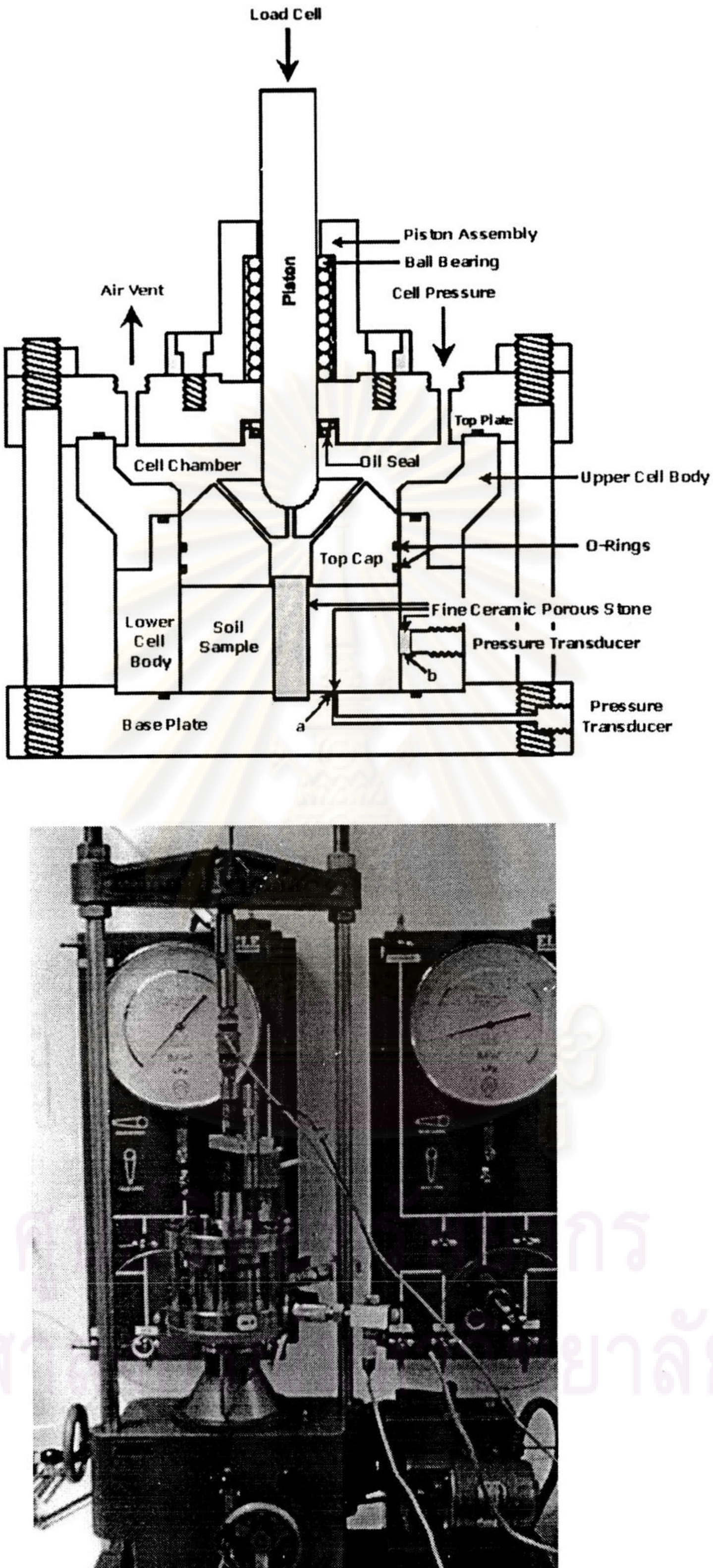
ตัวอย่างทดสอบ CRS-R สูง 30 มม. เมื่อเปรียบเทียบกับ CRS-V ซึ่งสูง 20 มม.วิธีการเตรียมตัวอย่างจะคล้ายกับ CRS-V โดยเพิ่มขั้นตอนการเจาะดินตรงกลางเพื่อใส่แท่งหินพรุน (รูปที่ 3.11) กล่าวคือ เมื่อดันตัวอย่างจาก Sample Retaining Ring ลงไปใน Lower Cell Body แล้ว วาง Spacer และ Guide Plate ที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.ที่ด้านบนและด้านล่างของตัวอย่าง ใช้เข็มร้อยลวดตัดดินเจาะตรงกลางตัวอย่าง จากนั้นหมุนลวดตัดดินจนกระทั่งได้รูขนาด 10 มม.ที่สมบูรณ์ ค่อยๆดันแท่งหินพรุนเข้าไปแทนที่

ค. การจัดตัวอย่างในเครื่องมือ

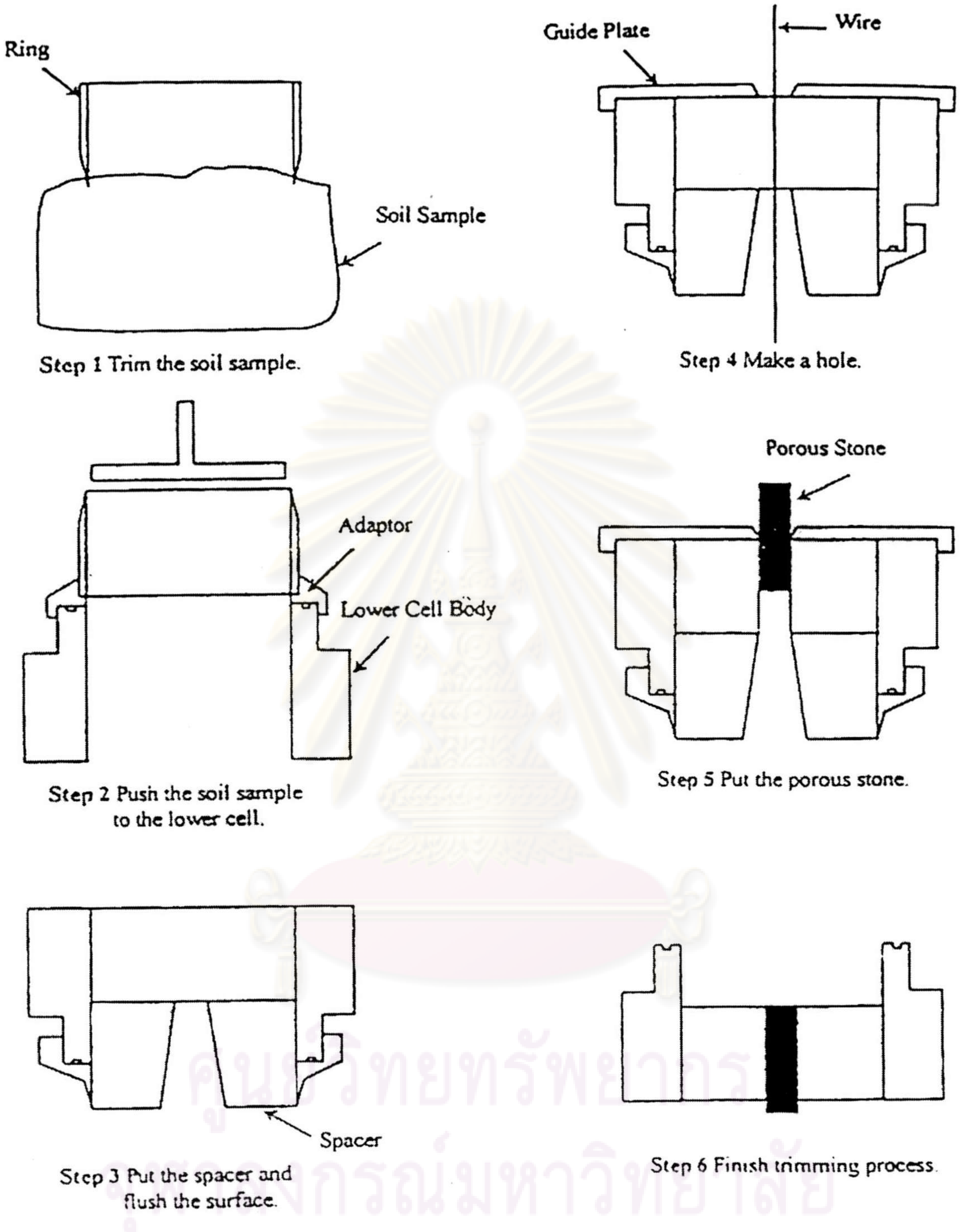
วิธีการจัดตัวอย่างในเครื่องมือจะคล้ายกับ CRS-V ยกเว้นการใช้แท่งหินพรุนแทนแผ่นทองเหลืองพรุน และมีการวัดแรงดันน้ำส่วนเกิน 2 ตำแหน่ง

3.7 การปรับแก้แรงลอยตัว และแรงเสียดทาน (Uplift and Friction Force Correction)

ในการทดสอบ CRS-V และ CRS-R จะมีการใส่ Back Pressure 200 kPa ซึ่งจะทำให้เกิดแรงลอยตัวขึ้น และสามารถอ่านค่าได้จาก Load Cell ก่อนเริ่มทดสอบ ค่าแรงลอยตัวนี้จะนำไปลบออกจากค่าที่อ่านได้จาก Load Cell ในขณะทดสอบ นอกจากนี้ในการทดสอบ CRS-R จะมีแรงเสียดทานระหว่างแหวนยางรอบ Top Cap กับ Lower Cell Body โดยหาจากการจำลองการทดสอบในสภาพที่ไม่มีตัวอย่างดินใน Lower Cell Body พบว่าค่าแรงเสียดทานมีค่าประมาณ 30 - 40 N ซึ่งค่าแรงเสียดทานนี้จะนำไปลบออกจากค่าที่อ่านได้จาก Load Cell ในช่วง Loading และนำไปบวกเพิ่มในช่วง Unloading



รูปที่ 3.10 เครื่องมือทดสอบการอัดตัวคายน้ำด้วยอัตราเครียดคงที่ (แบบการระบายน้ำในแนวราบ)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างทดสอบอัดตัวคายน้ำในแนวราบ

3.8 การทดสอบอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ (Conventional Oedometer Test)

3.8.1 ลักษณะเครื่องมือทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Lever Arm โดย Sample Ring มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม. สูง 20 มม. และเป็นแบบยึดแน่น (Fixed Ring) ผลิตโดยบริษัท ELE International Limited

3.8.2 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM-D2435-90 วิธีการเตรียมตัวอย่างจะเหมือนกับการทดสอบ CRS-V โดยใช้ Trimming Frame (รูปที่ 3.8) ช่วยให้ Sample Ring อยู่ในแนวดิ่ง การทดสอบจะใช้ LIR เท่ากับ 1 จาก 0.125 ksc ถึง 16 ksc และลดน้ำหนักจนถึง 0.5 ksc นอกจากนี้จะเติมน้ำเมื่อตัวอย่างดินรับหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งประมาณ 0.25 σ'_{vo} (Jamiolkowski et al., 1985) ตัวอย่างดินอาจมีโอกาสบวมตัวถ้าเติมน้ำก่อนหน่วยแรงนี้

3.9 การกำหนดหมายเลขตัวอย่างทดสอบ

หมายเลขตัวอย่างทดสอบในการวิจัยนี้ ได้แบ่งออกตามชนิดของดินเหนียวทดสอบ คือ NCS (Natural Clay Sample) สำหรับตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ และ RCS (Reconstituted Clay Sample) สำหรับตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ โดยตัวเลขที่ใช้จะมีความหมาย ดังนี้

NCS1 คือ ดินเหนียวธรรมชาติ ตัวอย่างทดสอบที่ 1

RCS31T คือ ดินเหนียวสร้างใหม่ จากรุ่นผสมที่ 3 (Batch 3) ตัวอย่างทดสอบที่ 1 จากตัวอย่างส่วนบน (Top Part)

RCS56B คือ ดินเหนียวสร้างใหม่ จากรุ่นผสมที่ 5 (Batch 5) ตัวอย่างทดสอบที่ 6 จากตัวอย่างส่วนล่าง (Bottom Part)