สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

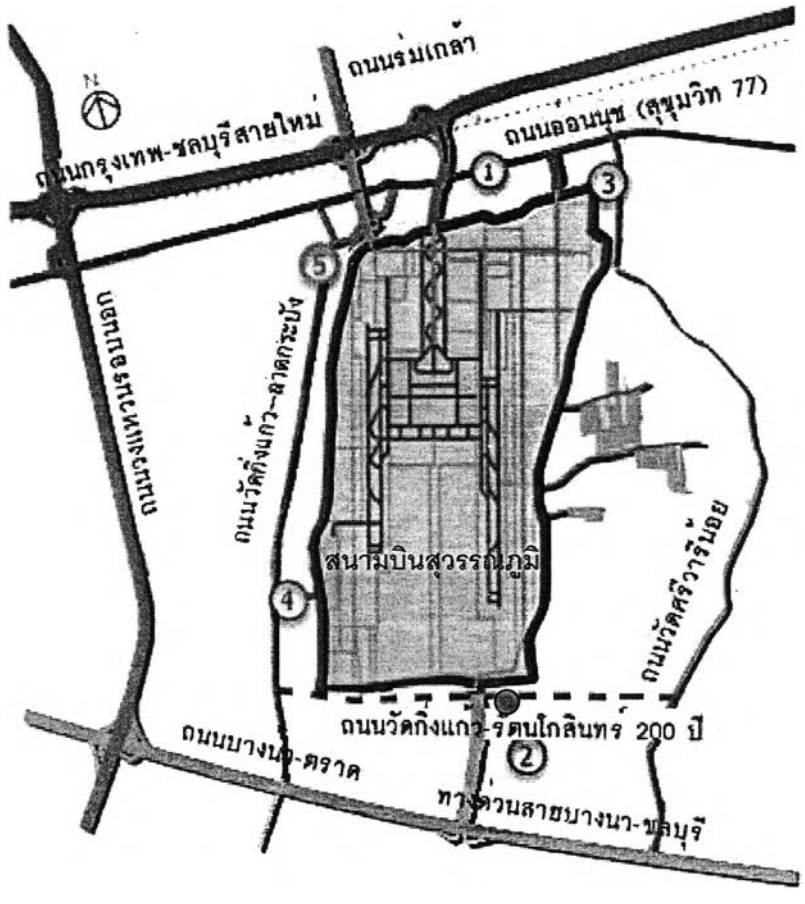
บทที่ 3

วิธีการวิจัยและการทดสอบ

3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างและวิธีการเก็บตัวอย่าง

3.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้เก็บมาจากบริเวณทางเข้าออกด้านใต้ของโครงการก่อสร้างสนามบินสุวรรณภูมิ (ถนนกิ่งแก้ว – รัตนโกสินทร์ 200 ปี กม.16) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เนื่องจากดินบริเวณนี้เป็นดินอ่อนมาก (Very Soft to Soft Clay) มีค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาพไม่ระบายน้ำต่ำ (Low Undrained Shear Strength) ,มีค่าการยุบอัดตัวสูง (High Compressibility) ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย อีกทั้งเคยมีการศึกษาพฤติกรรมของดินบริเวณนี้มาบ้างแล้วโดย วิโรจน์ (2546) และพลากร (2547) ทำให้เหมาะสมเป็นอย่างมากในการที่จะศึกษาในงานวิจัยนี้



สัญลักษณ์ ● ตำแหน่งหลุมเจาะBH-1 ถึง BH-5

รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ

3.1.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างจะใช้กระบอกบาง (Shelby Tube) เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว และยาวประมาณ 1 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินเหนียวคงสภาพ (Undisturbed Sample) แบบต่อเนื่องที่ระดับความลึกประมาณ 5 ถึง 8 เมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกโดยเฉลี่ยของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จำนวน 5 หลุม โดยแต่ละหลุมห่างกันประมาณ 3 เมตร เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด และเกิดการรบกวนเนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้อยที่สุด สำหรับตัวอย่างดินที่เก็บมาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำไปทำดินเหนียวสร้างใหม่ (Reconstituted Soil) โดยการทดสอบ Reconstituted Consolidation Test วิธีการเก็บหลังจากดันออกจากกระบอกเก็บดินแล้วจะนำไปใส่ไว้ในถุงดำ 2 ชั้น ที่ดูดอากาศออกให้เป็นสุญญากาศ และเก็บไว้ในห้องมืด ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นในมวลดิน และไม่ให้เกิดปฏิกิริยา Oxidation ซึ่งจะมีผลต่อค่าดัชนีพลาสติกของดิน ส่วนที่สองเป็นดินเหนียวตัวอย่างในสภาพไม่ถูกรบกวน (Undisturbed Sample) หลังจากดันออกจากกระบอกแล้ว จะนำมาหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ แล้วเคลือบด้วยพาราฟินตลอดทั้งตัวอย่าง จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้น สำหรับใช้ในการทดสอบต่อไป โดยที่ดินในส่วนแรกจะใช้ในงานวิจัยร่วมกับของ กฤษฎา (2548) และอีกส่วนเก็บไว้สำหรับทดสอบการเฉือนแบบตรง (Direct Simple Shear Test)

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของดิน

ตัวอย่างดินที่เก็บมาได้ จะนำมาศึกษาคุณสมบัติพื้นฐาน และคุณสมบัติทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

3.2.1 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน

การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานประกอบด้วย การทดสอบหาน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight), การทดสอบหาค่าความชื้นในมวลดิน (Natural Moisture Content), การทดลองหาค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit), การทดลองหาค่าพิกัดพลาสติก (Plastic Limit), การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil Solid) และการทดลองหาขนาดเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)

3.2.2 การทดสอบส่วนประกอบทางเคมี

การทดสอบปริมาณเกลือในดิน (Salt Content), การทดสอบ Organic Content, และการทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

3.3 โปรแกรมการทดสอบ

โปรแกรมการทดสอบ เพื่อให้การทดสอบบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดของการทดสอบที่สำคัญดังนี้

3.3.1 ทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียว ในสถานะดินเหลว

(Reconstituted Consolidation Test)

ในงานวิจัยนี้จะมีการเตรียมดินเหนียวสร้างใหม่ขึ้นมา จากการเก็บตัวอย่างดินในธรรมชาติแบบคงสภาพ ดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 1 ดังนั้นเพื่อเตรียมตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่พร้อมกับศึกษาพฤติกรรมการการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียวสร้างใหม่นี้ ได้ทำการเตรียมทั้งหมด 6 ชุด เนื่องจากต้องแบ่งใช้กับงานวิจัยของ กฤษฎา (2548) ด้วย 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 ตามลำดับ

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

3.3.2 การทดสอบการเฉือนแบบตรง

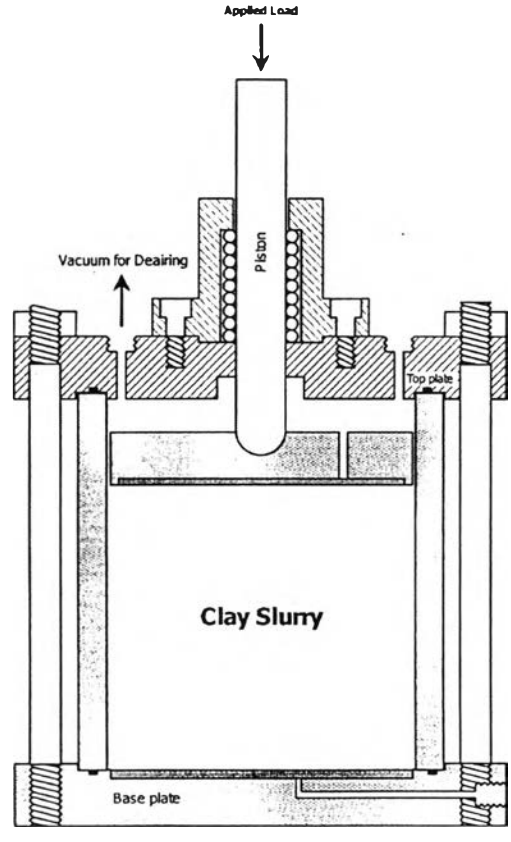
(Direct Simple Shear Test)

การทดสอบจะกระทำกับดินเหนียว โดยใช้หลักการ Recompression Method ที่มีค่า OCR เท่ากับ 1 ตัวอย่างที่ใช้ในเครื่องมือทดสอบการเฉือนแบบตรง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 ตารางเซนติเมตร และสูง 16 มิลลิเมตร โดยหลักๆ ของการทดสอบการเฉือนแบบตรง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การทดสอบการยุบอัดตัวคายน้ำ (Consolidation) ในขั้นตอนนี้จะใช้เวลานานขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างดิน และค่าการยุบอัดแน่นเกินตัว หรือค่า OCR ที่ต้องการ และประการสุดท้าย คือ การทดสอบแบบ Recompression Method หรือแบบ SHANSEP Method ดังที่ได้อธิบายในรายละเอียดของทั้งสองวิธีดังกล่าวแล้วในบทที่ 2 ที่ผ่านมา กล่าวคือ ถ้าเป็นการทดสอบแบบ Recompression Method จะใช้เวลาน้อยกว่า วิธี SHANSEP Method สำหรับรายละเอียดจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป

3.4 การทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียว ในสถานะดินเหลว

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เป็นเครื่องมือที่ใช้กับตัวอย่างดินเหนียวเหลว เพื่อศึกษาพฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำในสภาพ 1 มิติ ด้วยการระบายน้ำในแนวดิ่ง ลักษณะของเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ 3.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องมือประกอบด้วยแผ่นสแตนเลส ด้านบนและด้านล่าง (Base Plate and Top Plate) ท่อทองเหลืองทรงกระบอก (Cell Chamber) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 155 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร 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 เจาะรูพร้อมติดตั้งแผ่นหินพรุน เพื่อระบายแรงดันน้ำส่วนเกินทางด้านบนและด้านล่างของตัวอย่าง ตามลำดับ ที่ Base Plate ต่อท่อระบายน้ำไปยังที่รับน้ำภายนอก และให้ดินสามารถดูดน้ำกลับในขั้นตอนลดน้ำหนัก (Unloading)



รูปที่ 3.2 เครื่องมือทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินเหลว
(Reconstituted Consolidometer)

<u>หมายเหตุ</u> เนื่องจากหินพรุน (Porous Stone) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถหาได้ทั่วไปตามท้องตลาด ดังนั้นต้องมีการเตรียมแผ่นหินพรุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 155 มิลลิเมตร ขึ้นมาใช้เอง ดังได้แสดงรายละเอียดและขั้นตอนการทำแผ่นหินพรุนไว้ใน**ภาคผนวก ก**

3.4.2 **ขั้นตอนการทดสอบ** Reconstituted Soils

ขั้นตอนการทดสอบที่สำคัญแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ ก) การเตรียมตัวอย่างดินเหลว ข) การอัดตัวคายน้ำ และ ค) การดันเก็บตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. **การเตรียมตัวอย่างดินเหลว** (Mixing Clay Slurry)

ปริมาณส่วนผสมที่ต้องการในการเตรียมตัวอย่างดินเหลวสูงประมาณ 250 มิลลิเมตร และหลังการอัดตัวคายน้ำจะได้ดินเหนียวสร้างใหม่สูงอย่างน้อย 130 มิลลิเมตร มีดังนี้

- ใช้ดินเหนียวธรรมชาติ จากบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ 5 กิโลกรัม
- น้ำกลั่นที่ไล่ฟองอากาศแล้ว (Distilled De-aired Water) เพื่อผสมให้เป็นดินเหลว มีค่าปริมาณน้ำในดิน (Water Content) ประมาณ 150%
- เกลือแกง เพื่อทำให้น้ำที่ผสมมีความเข้มข้น 11 กรัม/ลิตร

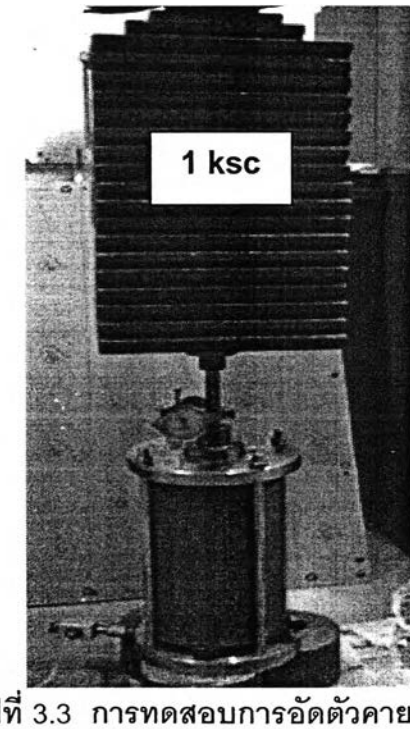
โดยสรุปแล้วจะนำดินเหนียวธรรมชาติที่ระดับความลึก 5-8 เมตร ซึ่งยังเป็นดินเหนียวอ่อน (Very Soft Clay) มาในปริมาณเท่ากัน เติมน้ำเกลือ และผสมในเครื่องกวนดิน (Mechanical Mixer) ประมาณ 30-60 นาที หรือจนกระทั่งดินสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน ในระหว่างการผสมควรใช้ Spatula ปาดดินที่ขอบภาชนะและใบกวนดินเป็นระยะๆ การศึกษานี้จะไม่ใช้ดินอบแห้ง เพราะจะทำให้ค่า Atterberg's Limits เปลี่ยนแปลง ดินที่ใช้นำมาผสมกับน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 11 กรัม/ลิตร ซึ่งเป็นค่า Salt Content เฉลี่ยของดิน ทั้งนี้เพราะชนิดและปริมาณเกลือของน้ำในช่องว่างดิน (Pore Fluid) จะมีผลต่อพฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำ ในงานวิจัยได้ตั้งหลักเกณฑ์ในการกำหนดปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือ ปริมาณน้ำจะต้องมากเพียงพอที่จะผสมดินให้เหลวเป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถเทใส่ Cell Chamber ได้ แต่จะต้องไม่เกิด Segregation หรือ Breeding โดยจะใช้ ปริมาณน้ำในดินเหลว (Water Content) ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 150% หรือประมาณ 1.5 เท่าของพิกัดเหลวของดิน เนื่องจากต้องการดินที่มีความสูง และแข็งเพียงพอในการทดสอบแรงอัดสามแกน ซึ่งใช้ในงานวิจัยร่วมกับของ กฤษฎา (2548)

ดินเหลวที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จะนำมาเทใส่ใน Cell Chamber ที่ยึดติดกับ Base Plate แล้ว ผนังด้านในของ Cell Chamber จะทาน้ำมันหล่อลื่นบางๆ เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างแหวนยางรอบ Top Cap กับ Cell Chamber ซึ่งจากการ Calibrate พบว่ามีค่าประมาณ

10-15 กิโลกรัม ปิดฝาบนด้วยแผ่น Acrylic ใสที่ต่อเข้ากับปั๊มดูดอากาศเพื่อไล่ฟองอากาศที่ติดอยู่ในดินเหลวนานประมาณ 15-30 นาที จากนั้นวัดความสูงเริ่มต้นของดินเหลว ใส่Top Cap และ Top Plate จากนั้นติด Dial Gauge เข้ากับ Loading Piston เพื่อวัดการทรุดตัวกับเวลาในขั้นตอนการอัดตัวคายน้ำต่อไป สำหรับขั้นตอนโดยละเอียดได้แสดงไว้ใน**ภาคผนวก ข**

ข. การอัดตัวคายน้ำ (Consolidation)

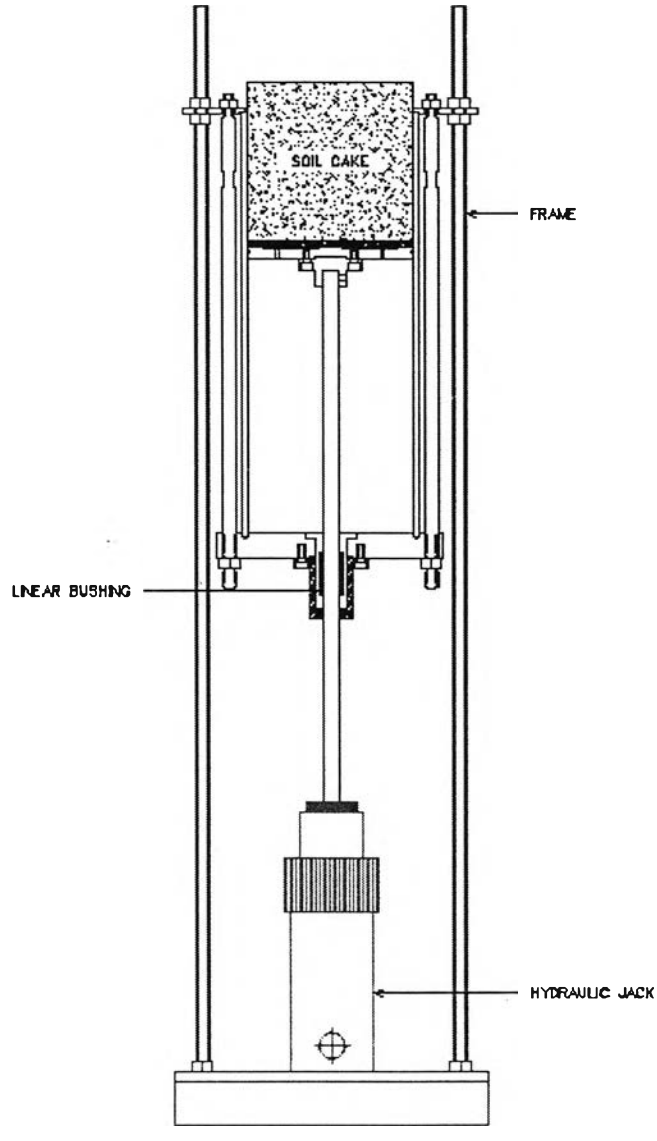
ใส่น้ำหนัก Dead Weight ให้ดินรับหน่วยแรงในแนวดิ่งเริ่มต้นที่ 0.125 ksc และเพิ่มน้ำหนักด้วย LIR = 1 จนถึงหน่วยแรงสูงสุด 1.0 ksc (รูปที่ 3.3) จากนั้นลดน้ำหนักลงที่ 0.5 และ 0.25 ksc ตามลำดับ การเพิ่มน้ำหนักในแต่ละขั้น จะต้องให้ขบวนการอัดตัวคายน้ำสิ้นสุดก่อน โดยเวลาสิ้นสุดการอัดตัวคายน้ำหาจากวิธี Log t Method ของ Casangrande (1936) การเพิ่มน้ำหนักขั้นแรกที่ 0.125 ksc จะใช้เวลานานมากกว่าขั้นอื่นๆ โดยเวลาสิ้นสุดการอัดตัวคายน้ำหลักประมาณ 16 วัน หลังจากนั้นจะใช้เวลาประมาณ 9 วัน รวมระยะเวลาการทดสอบทั้งหมดประมาณ 47 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 140 มิลลิเมตร และหนักประมาณ 4.6 กิโลกรัม



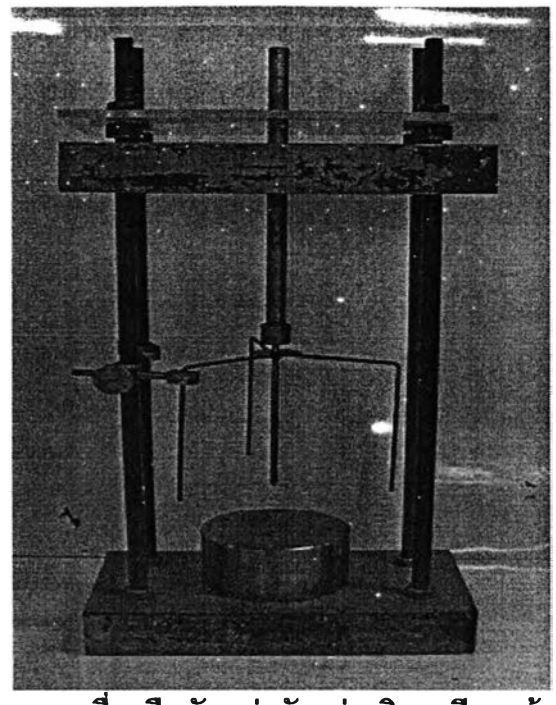
รูปที่ 3.3 การทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินเหลว

ค. การดัน และตัดแต่งตัวอย่าง (Extrusion and Trimming)

ก่อนยกก้อนน้ำหนักขั้นสุดท้ายจะต้องดูดน้ำออกจาก Cell Chamber ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ดินดูดน้ำได้อีก หลังจากนั้นจึงค่อยๆดันตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ออกมาโดยใช้ Hydraulic Jack (รูปที่ 3.4) ชั่งน้ำหนัก วัดความสูง และตัดแบ่งดินออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง เพื่อนำไปทดสอบหาค่าความชื้นในมวลดิน (Water Content) ก่อนที่จะนำดินที่เหลือมาห่อด้วย Waxed Paper เคลือบด้วยพาราฟิน และเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้นต่อไป สำหรับดินตัวอย่างที่จะนำไปหากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากการทดสอบแรงอัดสามจะทำการตัดแบ่งด้วยเครื่องตัดดังแสดงในรูปที่ 3.5 ก่อนที่จะนำดินที่ได้ไปห่อ Waxed Paper



รูปที่ 3.4 การดันตัวอย่างดินออกจาก Cell Chamber



รูปที่ 3.5 เครื่องมือตัดแบ่งตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่

3.5 การทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียว

3.5.1 การทดสอบการเฉือนแบบตรง (Direct Simple Shear)

การทดสอบการเฉือนแบบตรง สามารถทำได้ทั้งในดินเม็ดหยาบ (Cohesionless Soils) เช่น ทราย หรือดินเม็ดละเอียด (Cohesive Soils) เช่น ดินเหนียว ดังนี้

3.5.1.1 สำหรับดินเม็ดละเอียด (เช่น ดินเหนียว)

ในดินเหนียว การทดสอบ DSS มักจะทำชนิด Consolidated Undrain ซึ่งทำได้โดยการเปลี่ยน σ_v ระหว่างที่หน่วยแรงเฉือนกระทำต่อตัวอย่างเพื่อไม่ให้มีแรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Water Pressure, Δu) และการเปลี่ยนแปลงในปริมาตร ค่า τ_h สูงสุด มักจะถูกกำหนดให้เท่ากับ S_u เมื่อการทดสอบชนิดนี้ ใช้ σ'_{vc} (Effective Vertical Consolidation Stress) ในช่วงอัดตัวคายน้ำเท่ากับ σ'_{vo} ค่า S_u นี้ ขณะนี้เชื่อกันว่าเป็นค่าที่ใช้ได้ในการทำการวิเคราะห์ทางด้านเสถียรภาพของดินเหนียว (Jumiokoski et al. 1985; Ladd and Foott 1974) และดีกว่า S_u ที่ได้จากวิธีการทดสอบ Unconsolidated Undrained ที่มีความไม่แน่นอนเนื่องจากผลของตัวอย่างถูกรบกวน (Sample Disturbance)

3.5.1.2 สำหรับดินเม็ดหยาบ (เช่น ทราย)

เครื่องมือชนิดนี้มีจุดประสงค์ที่จะทำให้สภาพของหน่วยแรงอยู่ในสภาพ Pure Shear ให้มากที่สุดที่บริเวณใกล้ศูนย์กลางของตัวอย่าง และหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะมีขนาด

สม่ำเสมอ มากกว่าในการทดสอบ Direct Shear โดยใช้ membrane ที่มีลวดรัดตัวอย่างรูปทรงกระบอก เนื่องจากเราไม่ทราบขนาดของหน่วยแรงในการทดสอบทุกระนาบ การหาค่า ϕ' โดยตรง จึงทำไม่ได้ และการหากำลังรับแรงเฉือนจำเป็นต้องตั้งสมมติฐานว่า $\tau_{ff} \sim \tau_n(max)$ คำนวณหน่วยแรงทั้ง τ_n และ σ'_n ทำได้โดยพิจารณาว่าพื้นที่หน้าตัดคงที่

ค่า σ_n ที่กระทำต่อตัวอย่างในการทดสอบสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และการทดสอบไม่มีเครื่องมือควบคุมให้น้ำไหลออกจากตัวอย่างได้เช่นเดียวกันกับ Direct Shear ในการทดสอบที่ไม่ต้องการให้น้ำไหลออกจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ จึงจำเป็นต้องทำโดยเปลี่ยนค่า σ_n เพื่อให้ปริมาตรหรือความหนาของตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดสอบ การเปลี่ยนแปลง σ_n ที่ความเครียดหนึ่งๆ จะ เท่ากับแรงดันน้ำส่วนเกิน (Δu) ที่เกิดขึ้น เพราะการเปลี่ยน σ_n ทำให้ไม่มี Δu เกิดขึ้นในตัวอย่าง ดังนั้นในการทดสอบชนิดนี้ ถึงแม้ว่าจะอยู่ในสภาพที่ไม่ระบายน้ำ ค่า Δu ก็จะไม่เกิดขึ้นในตัวอย่าง แต่ค่า Δu ที่ควรจะเกิดขึ้น เนื่องจากมี τ_n มากระทำ และสามารถคำนวณได้แต่จะให้ผลไม่ดี เพราะ σ_n ต้องมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนการทดสอบแบบระบายน้ำ จะใช้ σ_n คงที่ ในการทดสอบนี้ จะมีการวัดทั้งการเคลื่อนตัวทั้งในแนวนอน และในแนวดิ่ง

3.5.2 รายละเอียดของเครื่องมือการทดสอบ Geonor DSS

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้สั่งเครื่องมือการทดสอบมาใหม่ล่าสุด และมีที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่แรกของประเทศ โดยจะได้สรุปคร่าวๆ เกี่ยวกับเครื่องมือการทดสอบดังนี้

3.5.2.1 ลักษณะสำคัญของเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1) K_0 Conditions ระหว่าง Consolidation

2) Drained or Undrained Conditions ระหว่าง Shear

3) Monotonic หรือ Cyclic Shear Loading

4) ควบคุมด้วยเครื่องยนต์ (ง่ายต่อการควบคุม)

5) ออกแบบและนำมาใช้งาน โดย Norwegian Geotechnical Institute

3.5.2.2 ข้อมูลทั่วไปของเครื่องมือทดสอบ Geonor DSS

การทดสอบการเฉือนแบบตรง Direct Simple Shear (DSS) เป็นวิธีที่ใช้ในการทดสอบตัวอย่างดินในสภาพ Simple Shear และลักษณะ Plain Strain ตลอดทั้งตัวอย่าง เพื่อจำลองสภาพการทดสอบในสนาม ในกรณีที่มีปัญหา เช่น กรณีระนาบวิบัติอยู่ในแนวราบ

(Horizontal Failure Plane) และเราไม่สามารถทำการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานทั่วๆ ไป อื่นๆ ที่มีในห้องทดลองได้

เครื่องมือออกแบบมาให้ทดสอบได้ทั้งสภาพ Drained หรือ Undrained Shear Tests (ปริมาตรคงที่) สำหรับดินเหนียวที่ไม่ถูกรบกวน หรือตัวอย่างดินที่เปลี่ยนโครงสร้างดินใหม่ (Reconstituted Clay) ทรายแป้งหรือทรายก็สามารถทดสอบได้ การทดสอบสามารถทำในสภาพสถิตย์ คือ Deformation-Controlled Monotonic หรือในสภาพมีแรงกระทำแบบวัฏจักรได้ คือ Load-Controlled Cyclic Shear Tests

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดสอบ จะใส่อยู่ภายใน Rubber Membrane หน้าตัดรูปวงกลม และ เสริมรอบนอกโดยใช้ลวดพันเกลียว (Spiral Wire Widing) ซึ่งตัว Membrane มีประโยชน์เพื่อป้องกันการเสียรูปในแนวรัศมี (Radial Deformation) ของตัวอย่างขณะทดสอบ แต่จะยอมให้มีการเปลี่ยนรูปในแนวดิ่งระหว่างการ Consolidation ได้ (K_0 Condition) กับยอมให้เกิด Shear Deformation ระหว่าง Simple Shear เมื่อมีแรงเสียดทานน้อยๆ ได้ และยังช่วยควบคุมให้ตัวอย่างมีปริมาตรคงที่ (Constant Volume) ระหว่าง Shear ด้วย โดยจะรักษาสภาพให้ความสูงของตัวอย่างคงที่ขณะทำการทดสอบ โดยการเปลี่ยนแปลงของ Stress (Stress = แรง / พื้นที่) จะทำเพื่อให้ตัวอย่างมีปริมาตรคงที่ เท่ากับการเปลี่ยนแปลงของความดันน้ำที่วัดได้ในการทดสอบในระบบ Undrained Test

มาตรฐานของเครื่องมือทดสอบ DSS จะประกอบไปด้วย 1) ชุดทดสอบ Direct Simple Shear 2) ชุดมอเตอร์ 2 ชุดสำหรับควบคุมการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง กับอีกชุดหนึ่งสำหรับควบคุมการเคลื่อนตัวในแนวราบ 3) ที่วัดแรง (Load Cells) และ 4) ชุดควบคุมสำหรับ

- Consolidation Load, Constant Load หรือ ความสูงระหว่างกระทำแรงเฉือนโดยใช้มอเตอร์ในแนวดิ่ง (Vertical Motor)
- อัตราการเสียรูปจากแรงเฉือน (Shear Deformation Rate) และทิศทางโดยใช้มอเตอร์ในแนวราบ (Horizontal Motor)
- Pneumatic Control โดยใช้ Cyclic Loading Cylinder

3.5.2.3 **เครื่องมือทดสอบ Geonor DSS ชนิดใหม่**

เครื่องมือรุ่นเดิมคือ Geonor h-12 DSS ต่อมามีการพัฒนาโดย Landra และ Bjerrum ในช่วงกลางปี ค.ศ.1960 และก็มีการใช้กันอย่างแพร่หลายที่ NGI และที่อื่นๆ ทั่วโลก และ

ความสามารถที่เด่นๆ ของเครื่องมือทดสอบรุ่นใหม่นี้ (New Geonor DSS) เพิ่มเติมจากที่ได้อธิบายไปแล้วในช่วงต้น ได้แก่ Stiffer Frame, ง่ายต่อการควบคุม, มี Load Capacity สูง, ง่ายต่อการใส่ตัวอย่าง, ทั้งหมดควบคุมโดยใช้มอเตอร์ และรวมชุดทดสอบ Cyclic (Pneumatic) ไว้ในตัว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.6

แผ่นยางเสริมลวดเหล็ก (Wire Reinforced Membrane) และ ที่ตัดแต่งตัวอย่างในการทดสอบยังเหมือนกันกับรุ่นเดิม คือ h-12 DSS และสามารถหาค่า G_{max} ได้ด้วยจาก Piezoelectric Bender Elements สำหรับข้อกำหนด และคุณสมบัติเฉพาะทางเทคนิค คือ

1) พ.ท.หน้าตัดของตัวอย่างดิน	35 cm^2 (มาตรฐาน) / 24,50,104 cm^2
2) ความสูงของตัวอย่างโดยทั่วไป	16 mm.
3) แรงแนวดิ่งมากที่สุด (ใช้มอเตอร์)	10 KN
4) แรงเฉือนในแนวนอนมากที่สุด (ใช้มอเตอร์)	5 KN
5) แรงเฉือนในแนวนอนมากที่สุด	
โดยใช้ Pneumatic Cyclic Cylinder	$\pm$ 3.3 KN ที่ $\pm$ 3.5 bars
6) ช่วงของความเร็วมอเตอร์ในแนวดิ่ง	$\approx$ 0.2 - 60 มม./นาที
7) ช่วงของความเร็วมอเตอร์ในแนวราบ	$\approx$ 0.001 – 0.2 มม./นาที
8) ค่าต่ำสุดของ Cyclic Loading	$\approx$ 1 วินาที
9) ความสามารถของ Load Cell	เท่าที่ต้องการ

3.5.2.4 โปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลและประมวลผล

ก) ทั่วไป

- แสดงผลการทดสอบแบบ Real Time ระหว่างการทดสอบ Monotonic หรือการทดสอบแบบ Cyclic Simple Shear

- โปรแกรมนี้ ใช้ที่ NGI และมี Graphic User Interface (GUI) ทำให้มี

ความสะดวกในการใช้งาน สามารถแสดงผลในรูปแบบ Windows เหมือนกับการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั่วไป

- พิจารณาผลของการแปรเปลี่ยนของความต้านทานของแผ่นยาง และแรงเสียดทาน

ข) รายละเอียดทั่วไป

- สามารถให้แรงเฉือน และแรงกดตามแนวดิ่ง กระทำกับตัวอย่างทดสอบพร้อมทั้งวัดการเคลื่อนตัว (Displacements) ระหว่างการทดสอบแบบ Monotonic และ Cyclic DSS ได้

- แปลงค่าแรงดันของกระแสไฟฟ้า ให้เป็นค่าตัวเลขทางวิศวกรรม

- คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียด และพิจารณาผลของความแตกต่างค่าปรับแก้

- แสดงผลการทดสอบบนหน้าจอคอมพิวเตอร์แบบ Real Time

- แสดงผลของสัญญาณที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด (Transducer) ในรูปของกราฟ

- แสดงผลค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น และวัดค่าออกมาในรูปของหน่วยแรงดันไฟฟ้า (โวลต์) และค่าทางกายภาพ (Physical Valves)

- บันทึกข้อมูลได้ ในรูปของตัวอักษร เป็นค่าตัวเลขด้วย

ค) ข้อมูลเพิ่มเติม

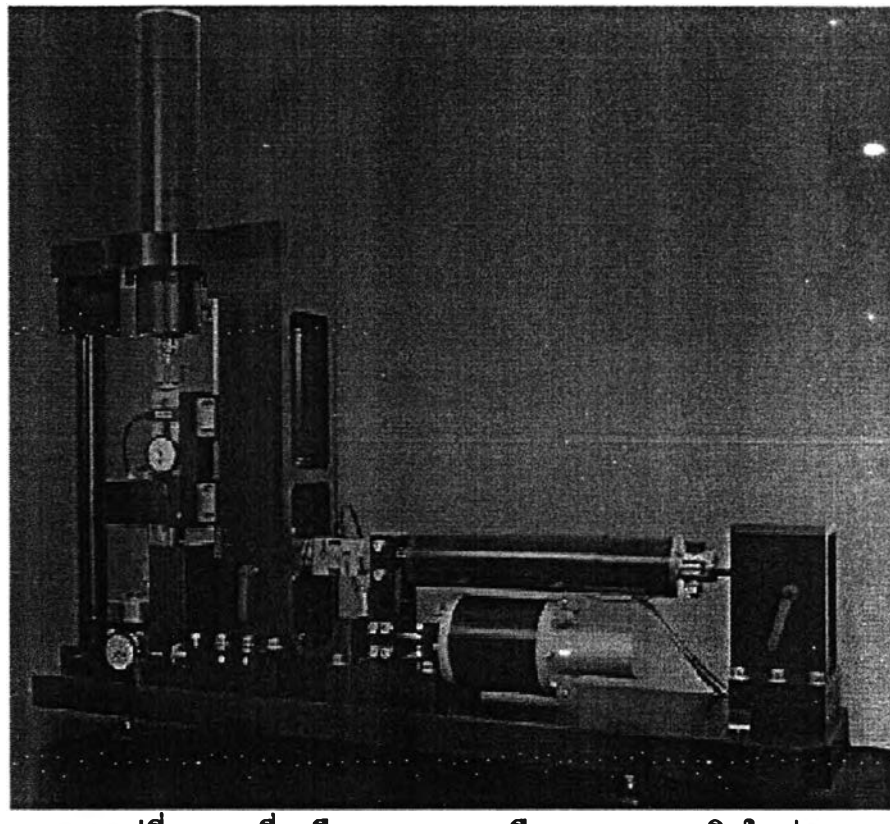
- โปรแกรมสามารถควบคุมแรงเฉือนที่กระทำ ระหว่างการทดสอบCyclic Direct Simple Shear

- การวัดค่าสามารถป้อนลงไปเพิ่มได้ด้วย

- การแปลงหน่วยทางวิศวกรรม ใช้สมการ 3 Degrees of Freedom

- การกำหนดค่าศูนย์เริ่มต้นสามารถให้โปรแกรมวัด หรือกำหนดเองได้

- โปรแกรมสามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ Windows 95, 98, NT



รูปที่ 3.6 เครื่องมือทดสอบการเฉือนแบบตรง ชนิดใหม่

3.5.3 ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบการเฉือนแบบตรงในดินเหนียว สามารถแยกออกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่

ก) ขั้นตอนการตัดแต่งตัวอย่างดินและการติดตั้งในเครื่องมือทดสอบ แบ่งเป็น

ก1) วิธีการเตรียมตัวอย่างดินสำหรับทดสอบด้วยเครื่องมือ Geonor DSS ซึ่งมีหลายขั้นตอนมาก ดังแสดง**ในภาคผนวก ค**

ก2) วิธีการติดตั้งตัวอย่างในเครื่องมือ Geonor DSS ดังแสดง**ในภาคผนวก ง**

ข) ขั้นตอนการทดสอบการเฉือนแบบตรง แบ่งเป็น

ข1) ขั้นตอนการทดสอบการยุบอัดตัวคายน้ำ และการ Flushing Filter Holders โดยแบ่งออกเป็นขั้นๆ เหมือนกับขั้นตอนการทดสอบการยุบอัดตัวคายน้ำแบบปกติ (Conventional Oedometer Test) โดยหน่วยน้ำหนักแรกที่กระทำกับตัวอย่างดิน คือ 6 kPa เพื่อเป็น Seating Load ก่อนการทดสอบ รายละเอียดวิธีการทดสอบได้แสดงไว้ใน**ภาคผนวก จ**

ข2) ขั้นตอนการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shearing) แบบไม่ระบายน้ำ (วิธี Static) ได้แสดงไว้ใน**ภาคผนวก ฉ** และการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shearing) แบบระบายน้ำ (วิธี Static) ได้แสดงไว้ใน**ภาคผนวก ช** งานวิจัยนี้จะใช้อัตราเร็วในการเฉือนตัวอย่างที่ 5%H/Hrs

ง) วิธีการใช้โปรแกรม DSSPRO 3.2 ฉบับภาษาไทย ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ในการเก็บข้อมูล พร้อมกับสามารถแสดงผลการทดสอบแบบ Real time ตลอดระยะเวลาการทดสอบ จนกระทั่งทดสอบเสร็จ ในการทดสอบให้แยกการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกในช่วงการทดสอบการยุบอัดตัวคายน้ำ (Consolidation) และส่วนที่สองคือในช่วงกระบวนการเฉือนตัวอย่างดิน (Shearing) ทั้งนี้ปริมาณของข้อมูลที่ต้องการเก็บสามารถกำหนดได้เองว่าจะเก็บทุกๆ กี่วินาที หรือกี่นาที ในช่วงการบวนการยุบอัดตัวคายน้ำข้อมูลที่ได้จะมีปริมาณมาก กว่าช่วงกระบวนการเฉือนตัวอย่างดิน มากๆ เนื่องจากใช้ระยะเวลานานกว่าสำหรับรายละเอียดวิธีการใช้โปรแกรมได้แสดงไว้ใน**ภาคผนวก ช**