บทที่ 3

การทดลองการวิจัย

3.1 ลักษณะทั่วไปของสภาพของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (Bangkok Soft Clay)

ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เกิดจากการตกตะกอนในน้ำทะเล (marine deposit) และการตกตะกอนเนื่องจากน้ำหรือสิ่งที่พัดพามาจากบนพื้นดิน (Terrestrial deposit) ประมาณ 140 กิโลเมตรจากอ่าวไทย (วสท., 2520) ซึ่งจะประกอบไปด้วย ส่วนของดินเหนียวอ่อน (soft clay) ที่มีค่าการยุบตัวสูงมาก (high Compressibility) และมีค่าหน่วยแรงเฉือนต่ำ (Low Shear Strength) ซึ่งจะมีพฤติกรรมแบบ "Normally Consolidated Clay" ส่วนของดินเหนียวแข็ง (stiff clay) ซึ่งจะมีพฤติกรรมแบบ "Over Consolidated Clay" และส่วนของชั้นทรายอัดแน่น (dense sand) ดินเหนียวอ่อนในส่วนบนสุด 1-5 เมตร ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนเนื่องจากน้ำหรือสิ่งที่พัดพามาจากบนพื้นดิน (Terrestrial Deposit) จะถูกแปรสภาพไปโดยธรรมชาติ(Chemical weathering, leaching, cementing) ทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม และทำให้พฤติกรรมของดินในส่วนนี้เป็นแบบ "apparent preconsolidation" ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ชั้นดินในส่วนนี้เรียกว่า "weathered Clay" ซึ่งใช้สำหรับงานวิจัยนี้

3.2 การเก็บตัวอย่างดินสำหรับการทดลอง

3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง ดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวอย่างสำหรับงานวิจัยนี้เก็บจากสถานที่จำนวนสองแห่ง คือ บริเวณแรกเก็บจากบริเวณหมู่บ้านปิ่นเจริญ ห่างจากถนนวิภาวดี-รังสิต ประมาณ 1 กิโลเมตร ตรงข้ามกับสนามบินดอนเมือง เยตดอนเมือง ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของกรุงเทพฯ และบริเวณที่สองเก็บจากงานก่อสร้างโครงการไดมอนด์ ทาวเวอร์ หลังธนาคารไทยทนุ สีลม ห่างจากถนนสีลมประมาณ 100 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบตัวอย่างที่ถูกรบกวนน้อยที่สุด (undisturbed sample) จึงใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบกล่อง (Block sample) โดยใช้กล่องไม้อัดที่มีขนาด 0.30 × 0.30 × 0.30 ลบ.ม. การเก็บจะใช้รถขุดเปิดหน้าดินออกให้ใกล้กับระดับที่ต้องการ จากนั้นก็ใช้คนงานขุดแต่งดินด้วยความระมัดระวัง โดยแต่งตัว

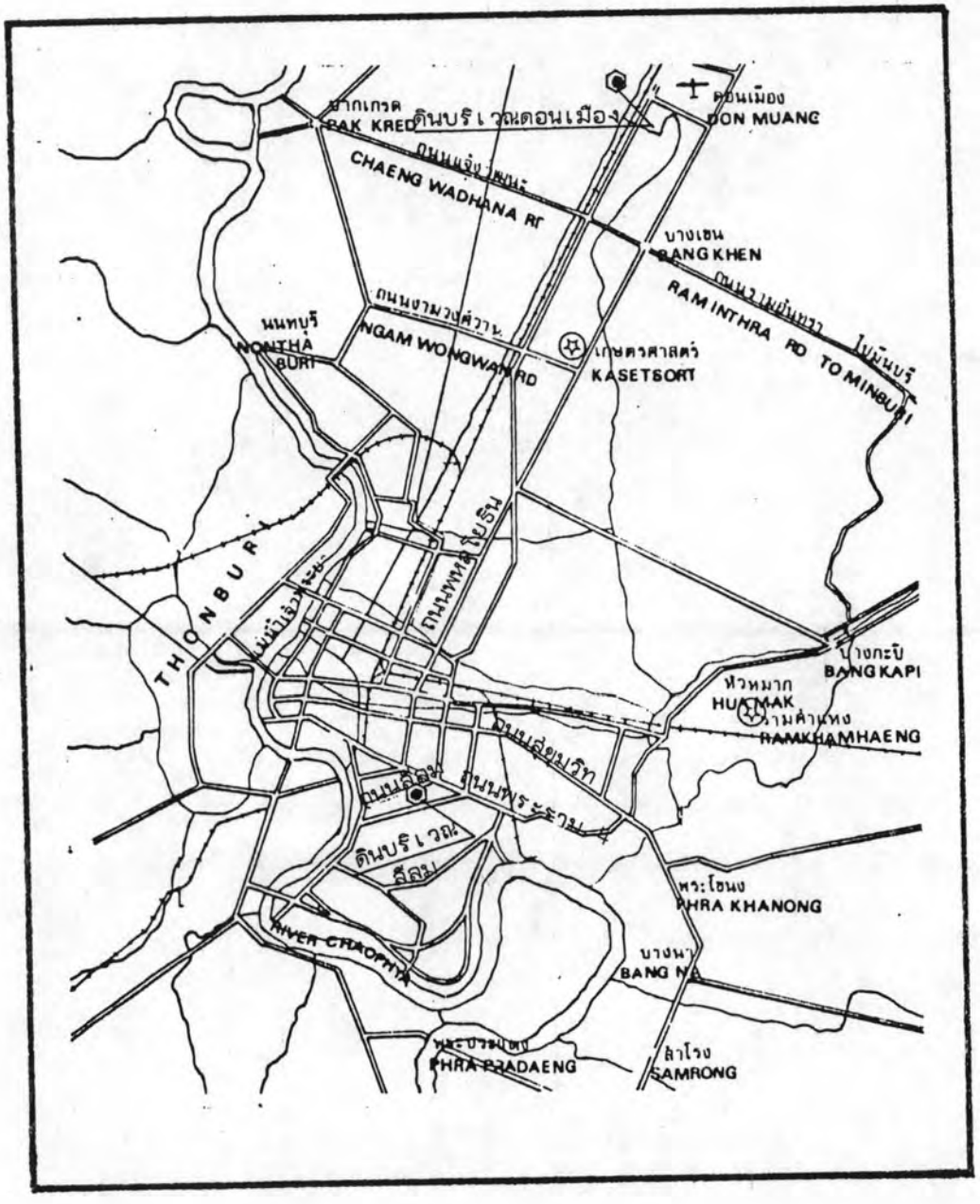
อย่างดินให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของกล่องเล็กน้อย สำหรับหยอดถ้วยเทียนยี้ผึ้ง (wax) เพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำและการรบกวนดินในช่วงของการขนส่งมายังห้องทดลอง หลังจากเก็บตัวอย่างดินมาถึงห้องทดลอง จะแบ่งดินออกเป็นตัวอย่างดินสำหรับการทดลอง ขนาด 10 × 10 × 10 ลบ.ซม. โดยใช้เส้นลวดและนำดินบางส่วนไปหาปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ (natural moisture content) จากนั้นก็หุ้มตัวอย่างดินทดลองด้วยกระดาษอลูมินั่มฟอยล์ และเคลือบด้วยเทียนยี้ผึ้ง (wax) อีกชั้นหนึ่ง เสร็จแล้วจึงนำตัวอย่างไปเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้นสำหรับเตรียมการทดลองต่อไป ข้อสำคัญสำหรับการเตรียมตัวอย่างดินทดลองนี้จะต้องระมัดระวัง การกำหนดด้านบน (top) และด้านล่าง (bottom) ของตัวอย่างดินทดลอง

3.2.3 <u>สภาพตัวอย่างที่เก็บ</u>

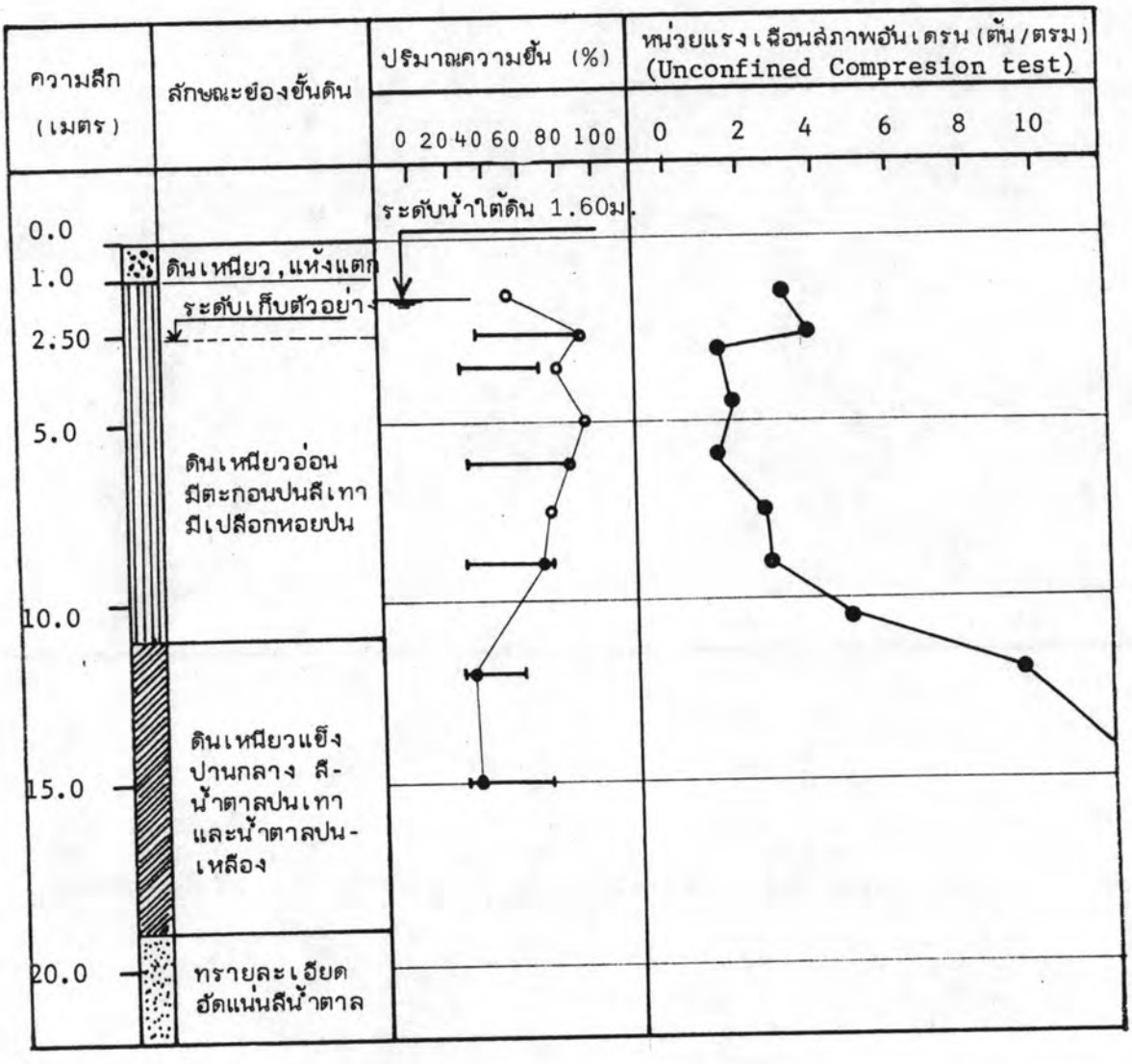
ก. <u>ดินบริเวณดอนเมือง</u> เก็บจากระดับความลึกประมาณ 2.50 เมตรจากผิวดิน สภาพดินเดิมเป็นท้องทุ่งนา ส่วนบนสุดประมาณ 1 เมตร จะเป็นดินเหนียวแห้ง และมีรอยแตก (dry and crust clay) สีน้ำตาล ถัดลงไปถึงระดับที่เก็บตัวอย่าง (2.50 ม.) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 เป็นดินเหนียวอ่อนสีเทา มีพวกเปลือกหอย และรูเล็ก ๆที่เกิดจากรากพืชที่ผุร่อนแล้ว (root holes) รูเหล่านี้จะมีผลต่อขบวนการเกิดการอัดตัวคายน้ำ (consolidation process)

ข. <u>ดินบริเวณสีลม</u> เก็บจากระดับความลึกประมาณ 3.50 เมตร จากผิวดิน ส่วนบนสุดจะเป็นดินถม สูงประมาณ 1.50 เมตร สภาพของดินถัดจากชั้นดินถมจนถึงระดับที่เก็บตัวอย่าง (3.50 ม.) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.3 ปรากฏลักษณะคล้ายกับดินบริเวณดอนเมือง คือประกอบไปด้วยเปลือกหอย และรูของรากพืช เนื่องจากในบริเวณนี้ ตัวอย่างดินได้ถูกเก็บหลังจากการตอกเสาเข็มไปแล้วประมาณ 2 เดือน ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างจึงพิจารณาเอาจากจุดที่ห่างจากการตอกเสาเข็มมากที่สุด เพื่อลดการรบกวนดินอันเป็นผลจากการตอกเสาเข็ม

3.2.4 <u>คุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดิน</u> คุณสมบัติพื้นฐาน (Index properties) ของตัวอย่างดินบริเวณดอนเมือง และบริเวณสีลม แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2 คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 และ 3.4 ดินที่ใช้หาคุณสมบัติพื้นฐานเหล่านี้ ใช้ดินจากส่วนที่เหลือจากการเตรียมตัวอย่างดินทดลอง และวิธีทดสอบใช้ตาม



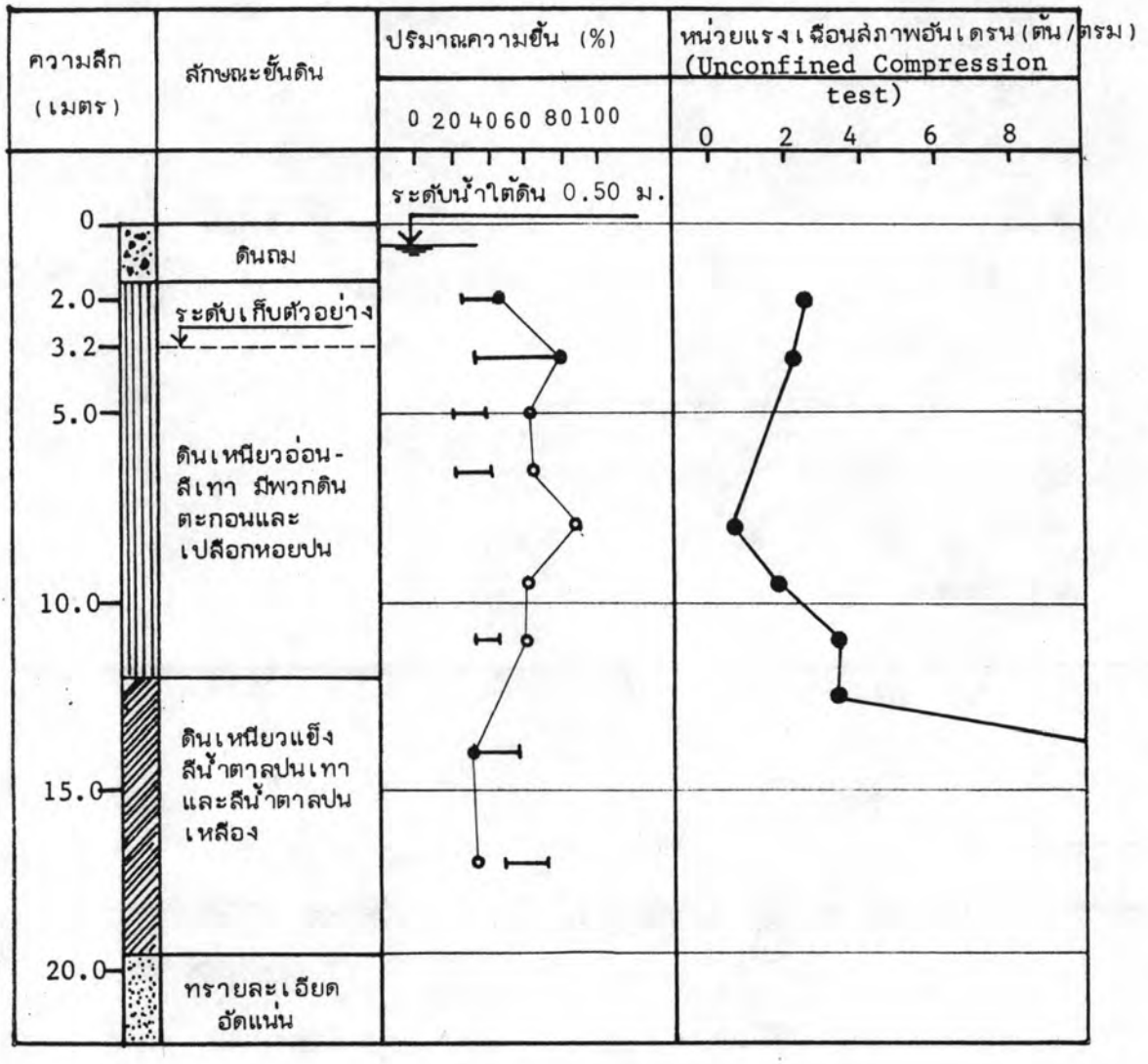
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงบริเวณเก็บตัวอย่างดินทดลอง



จาก K.E.C. หลุมเจาะ No.1 บริเวณสนามบินดอนเมือง กรุงเทพฯ

โครงการ สร้างโรงจอดเครื่องบิน Boeing 747 เดือนพฤศจิกายน 2521

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของชั้นดินที่เก็บตัวอย่างบริเวณดอนเมือง



จาก W.E.C. หลุมเจาะ No.2 บริเวณลีลม กรุงเทพฯ

โครงการ ก่อสร้างไดมอนด์ทาวเวอร์ เดือนพฤศจิกายน 2525

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของชั้นดินที่เก็บตัวอย่าง บริเวณลีลม

ตารางที่ 3.1 INDEX PROPERTIES ของ Weathered Don Muang

คุณสมบัติ	ความลึก 2.50 - 2.80	
	Average	Standard Deviation
Natural Water Content (wn)	92.58	± 3.63
Liquid Limit (w_l)	90.63	± 4.22
Plastic Limit (wp)	33.60	± 3.15
Plastic Index PI	57.0	± 2.60
Liquidity Index LI	1.04	± 0.07
Specific Gravity (Gs)	2.65	± 0.05
Unconfined Shear Strengh (t/m^2)	3.80	-
Sensitivity	19	-
Over Consolidation Ratio (OCR)	2.4	-

ตารางที่ 3.2 INDEX PROPERTIES ของ Weathered Silom Clay

คุณสมบัติ	ความลึก 3.30 - 3.50	
	Average	Standard Deviation
Natural water content (wn)	79.05	± 4.24
Liquid Limit (w_1)	79.00	± 2.77
Plastic Limit (wp)	30.90	± 2.33
Plastic Index (PI)	48.10	± 2.27
Liquid Index (LI)	1.00	± 0.02
Specific gravity (Gs)	2.63	± 0.09
Unconfined Shear Strength(t/m^2)	2.18	-
Sensitivity	8	-
Over Consolidation Ratio (OCR)	2.9	-

ตารางที่ 3.3 สรุปคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี ของดิน Weathered Don Muang

ความลึก (เมตร)	คุณสมบัติทางฟิสิกส์			คุณสมบัติทางเคมี		
	การกระจายขนาดของเม็ดดิน*			สารอินทรีย์ (O.M.%)	pH	ปริมาณเกลือ (กรัม/ลิตร)
	ทราย (%)	ดินตะกอน (%)	ดินเหนียว (%)			
2.50-2.80	3.60	33.40	63.00	3.9±0.1	6.5±0.1	2.4± 0.1

* MIT Classification

ตารางที่ 3.4 สรุปคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของดิน Weathered Silom Clay

ความลึก (เมตร)	คุณสมบัติทางฟิสิกส์			คุณสมบัติทางเคมี		
	การกระจายขนาดของเม็ดดิน*			สารอินทรีย์ (O.M. %)	pH	ปริมาณเกลือ (กรัม/ลิตร)
	ทราย (%)	ดินตะกอน (%)	ดินเหนียว (%)			
3.20-3.50	13.80	32.70	53.50	3.5±0.1	6.9±0.1	1.2±0.1

* MIT Classification

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของการทดลอง และคุณสมบัติของตัวอย่างการทดลอง

สถานที่	ตัวอย่างการทดลอง	อัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก (LIR)	เวลาการเพิ่มน้ำหนัก(LID) (ชม)	ความลึก (ม.)	คุณสมบัติเริ่มแรกของตัวอย่างทดลอง			
					eo	% wn	% S	γt t/m^3
บริเวณถนนเมือง	I-A-0.08	0.5	2	2.60	2.43	90.6	98.8	1.48
	I-A-1	0.5	24	2.60	2.59	94.9	97.0	1.46
	I-B-0.08	1	2	2.50	2.45	92.6	∿100	1.46
	I-B-1	1	24	2.50	2.69	93.8	92.4	1.45
	I-B-2	1	48	2.50	2.45	92.8	∿100	1.46
	I-C-0.08	2	2	2.60	2.51	91.5	96.6	1.47
	I-C-1	2	24	2.60	2.47	93.3	∿100	1.47
	I-B-1A	1	24	2.50	2.45	96.4	∿100	1.49
บริเวณสี่แยก	II-A-0.08	0.5	2	3.30	1.66	62.9	99.6	1.60
	II-A-1	0.5	24	3.30	1.67	66.9	∿100	1.60
	II-B-0.08	1	2	3.40	2.04	77.6	∿100	1.93
	II-B-1	1	24	3.40	2.09	81.4	∿100	1.53
	II-B-2	1	48	3.30	1.99	63.4	86.4	1.55
	II-C-0.08	2	2	3.40	2.22	73.4	86.9	1.50
	II-C-1	2	24	3.40	1.99	78.7	∿100	1.52
	II-B-1A	1	24	3.20	2.25	82.9	96.9	1.51

มาตรฐานของ ASTM (ASTM Standard)

3.3 ขั้นตอน และวิธีการทดลอง

3.3.1 อันดับการทดลองการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation test process) การทดลองจะประกอบไปด้วยการทดลองล่องยุด โดยใช้เครื่องมือการทดลอง การอัดตัวคายน้ำชนิด Conventional oedometer แบบ lever arm และเครื่องมือทดลอง การอัดตัวคายน้ำชนิด Bishop consolidation cell การทดลองยุดแรก (แบบ lever arm) มีจำนวน 2 ตัวอย่าง ใช้ตัวอย่างดินจากดินเหนียวดอนเมือง และดินเหนียวลีลมอย่างละหนึ่งตัวอย่าง โดยใช้เงื่อนไขในการทดลองแบบมาตรฐาน (standard test) คือ ค่าอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก LIR เท่ากับ 1 และระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก 24 ชั่วโมง การทดลองยุดหลัง (แบบ Bishop consolidation cell) ทำการทดลองจำนวน 14 ตัวอย่าง โดยใช้ตัวอย่างดินจากดินเหนียวดอนเมือง และดินเหนียวลีลม อย่างละ 7 ตัวอย่าง ในการทดลองมีการวัดค่าความดันน้ำในโพรงดิน (pore water pressure) ทุกตัวอย่างการทดลอง และมีเงื่อนไขของการทดลองประกอบไปด้วย ค่าอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก LIR เท่ากับ 0.5, 1,2 และระยะเวลาการเพิ่มน้ำหนัก เท่ากับ 2, 24, 48 ชั่วโมง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5

หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่ง (vertical effective stress $\bar{\sigma}_{vc}$) ที่ใช้ในการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 3.6

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลอง ดัดแปลงมาจากพื้นฐานการออกแบบของ Professor Bishop และ Mr. Skinner แห่ง Imperial College ประเทศอังกฤษ Model 24502 ผลิตจาก WYKEHAM FERRANCE ENGINEERING เป็นเครื่องมือทดล่อบ การอัดตัวคายน้ำ ด้วยแรงดันของของเหลว (hydraulically Pressurised consolidation cell) พร้อมด้วยอุปกรณ์ วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (volume change measurement) ระบบควบคุมความดันให้คงที่โดยใช้ระบบล่มดุลย์ของแท่งปรอท (Self compensating mercury column system) เครื่องแปลงกำลัง (transducer) และเครื่องอ่านความดันเป็นตัวเลข (digital transducer) ใช้สำหรับวัดค่าแรงดันน้ำในโพรงดิน ในการทดลองการอัดตัวคายน้ำจะใช้แรงดันของน้ำ เป็นน้ำหนักกระทำ

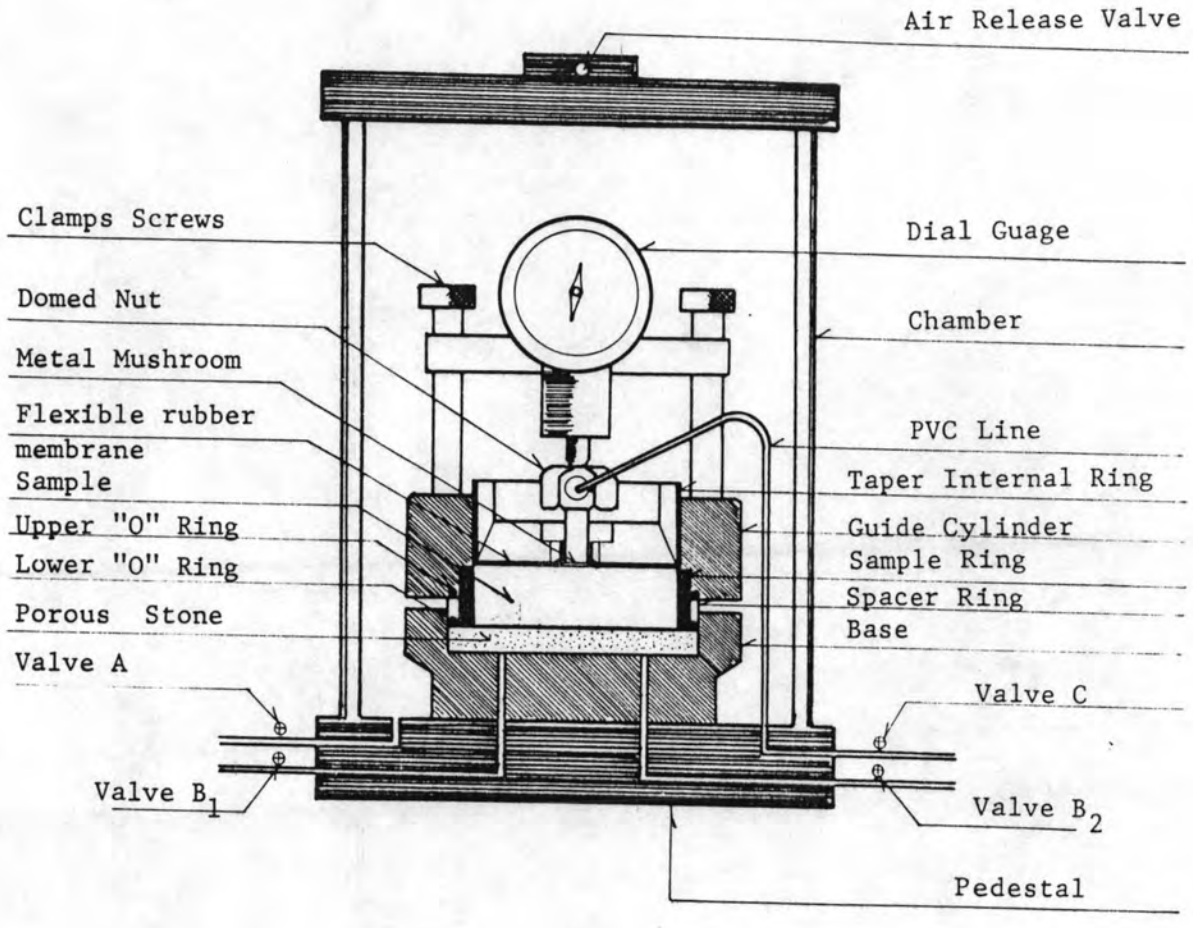
ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียดหน่วยแรงประสิทธิผล ($\bar{\sigma}_{vc}$) ที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนัก	หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่ง ($\bar{\sigma}_{vc}$) , kg/cm^2
0.5	0.10, 0.15, 0.22, 0.33, 0.50, 0.75, 1.13, 1.69, 1.13, 0.75, 0.50, 0.75, 1.13, 1.69, 2.53, 3.80, 5.00*, 2.50 1.00, 0.50
1.0	0.10, 0.20, 0.40, 0.80, 1.60, 0.80, 0.40, 0.20, 0.40, 0.80, 1.60, 3.20, 5.00*, 2.00, 1.00, 0.50
2.0	0.10, 0.30, 0.90, 2.70, 0.90, 0.30, 0.90, 2.70, 5.00* 2.00, 1.00, 0.50

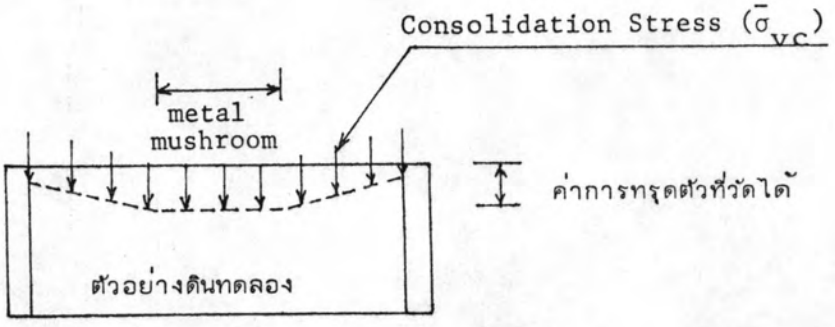
* หมายเหตุ ค่า $\bar{\sigma}_{vc}$ ค่าสุดท้ายใช้เท่ากับ 5.00 kg/cm^2 เนื่องจากค่าความดันปรอทที่ใช้ในการทดลองให้ค่าสูงสุดเพียงเท่านี้

ต่อตัวอย่างดินให้เกิดการอัดตัวคายน้ำ (consolidated) โดยแรงดันของน้ำจะผ่านสู่ตัวอย่างดินทดลองด้วยแผ่นยางบาง ๆ (flexible rubber membrane) และวัดการยุบตัวของตัวอย่างดินทดลองที่ศูนย์กลางของตัวอย่างดินทดลอง ผ่าน metal mushroom ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.75 ซม. เนื่องจากน้ำหนักที่กระทำผ่านแผ่นยางบาง ๆ ด้านบนของตัวอย่างซึ่งแผ่นยางนี้สามารถยืดได้ตามขนาดการยุบตัว ดังนั้นพฤติกรรมของแรงภายนอกที่กระทำต่อตัวอย่างดินทดลองของเครื่องมือการทดสอบแบบ Bishop เป็นแบบ "flexible membrane cap"

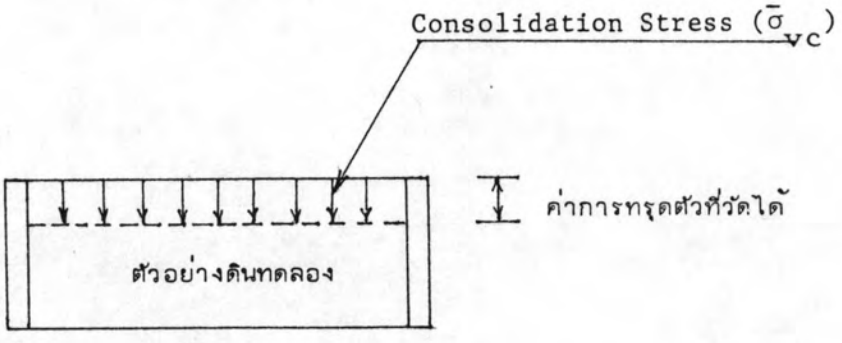
สำหรับเครื่องมือการทดสอบแบบ Lever arm (conventional type) น้ำหนักที่กระทำผ่านหินพรุนด้านบน (top porous stone) จากการที่น้ำหนักที่กระทำผ่านหินพรุน ทำให้ขนาดการยุบตัวของดินทดลองเท่ากัน ตลอดทั้งหน้าตัดของตัวอย่างดินทดลอง ซึ่งพฤติกรรมของแรงภายนอกที่กระทำต่อตัวอย่างดินทดลองของเครื่องมือการทดสอบแบบ Lever arm เป็นแบบ "rigid porous cap"



รูปที่ 3.4 รายละเอียดของ Hydraulically Pressurised consolidation cell (Bishop Consolidation Cell)



รูปที่ 3.5 แสดงการวัดค่าการทรุดตัวของตัวอย่างดินทดลองผ่าน metal Mushroom บนแผ่นยาง เมื่อแรงกระทำต่อตัวอย่างดินด้านบนผ่าน flexible membrane cap



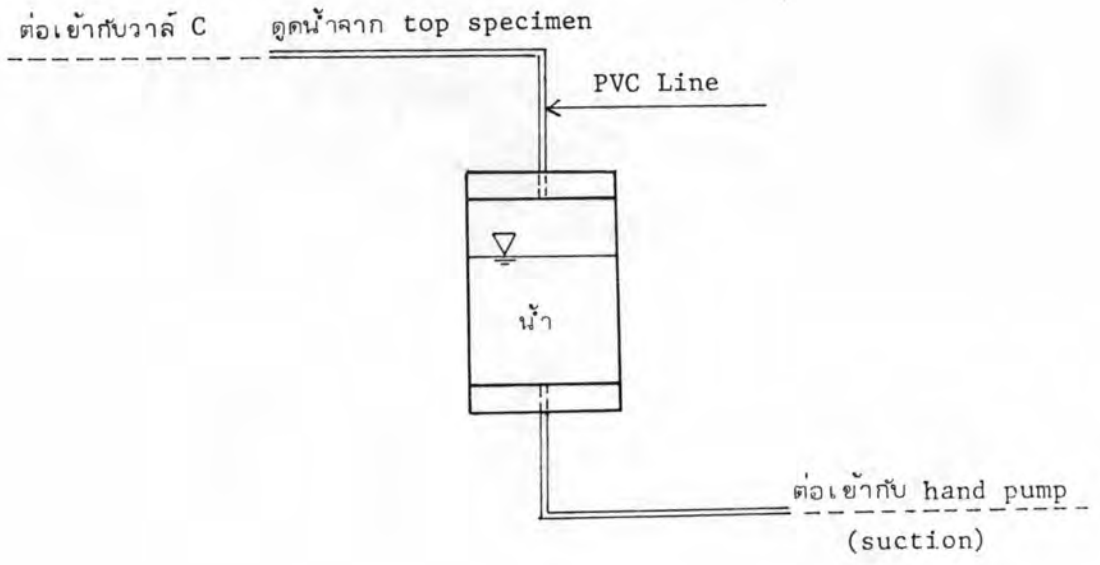
รูปที่ 3.6 แสดงการวัดค่าการทรุดตัวของตัวอย่างดินทดลองผ่านหินพรุนด้านบน เมื่อแรงที่กระทำต่อแรงดินด้านบนผ่าน rigid porous cap

รายละเอียดของเครื่องมือการอัดตัวคายน้ำแบบ Bishop Consolidation Cell แสดงไว้ในรูปที่ 3.4 ในรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 แสดงค่าการทรุดตัวที่วัดได้ที่ด้านบนของตัวอย่างดินทดลองของเครื่องมือการทดสอบแบบ Bishop (flexible membrane cap) และแบบ Lever arm (rigid porous cap)

3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ก. การเตรียมเครื่องมือจะคล้ายกับวิธีการของเครื่องมือ Triaxial test คือ สายความดัน (pressure line) ทุกเส้นที่ผ่าน วาวล์ A, B_1, B_2, C ต้องถูกไล่ฟองอากาศที่มีค้างอยู่ออกให้หมดด้วย de-aired water และไล่อากาศใน porous stone ด้วยการต้มในน้ำให้เดือดประมาณ 10-15 นาที Transducer ต้อง calibrate ปรับแรงดันสภาพในบรรยากาศเท่ากับศูนย์ และตรวจสอบแรงดันที่อ่านได้จาก digital transducer กับ standard test gauge โดยการเพิ่มแรงดันจาก hand pump วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและชั่งน้ำหนัก sample ringทา silicone grease ภายนอก flexible rubber membrane เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างตัว membrane กับ guide cylinder เตรียมต่ออุปกรณ์สำหรับดูดน้ำออกจากด้านบนของตัวอย่างดินทดลองโดยการต่อ PVC line เส้นบนกับวาวล์ C และ PVC เส้นล่างกับ hand pump ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.7 วิธีการนี้ใช้สำหรับไล่อากาศระหว่างผิวด้านบนของตัวอย่างดินทดลองกับ Flexible rubber membrane

ข. การเตรียมตัวอย่างดินทดลอง ตัวอย่างดินทดลองจากห้องควบคุมความชื้น ที่มีขนาดประมาณ 10 x 10 x 10 มาตัดแต่ง (Trim) ด้วยเส้นลวดขนาดเล็ก โดยใช้ Triming Frame จนกระทั่งได้ตัวอย่างดินทดลองเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 ซม. นำ sample ring มากดลงบนตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ แล้วใช้เส้นลวดและใบมีดตัดแต่งผิวของตัวอย่างดินทดลอง ทั้งด้านบนและด้านล่างให้ผิวหน้าเรียบขนานกัน เศษตัวอย่างดินทดลองที่เหลือ จะนำไปหาปริมาณความชื้นธรรมชาติ (natural moisture content) คุณสมบัติพื้นฐาน (Index properties) และค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ตัวอย่างดินทดลองที่ได้จะบรรจุอยู่ภายใน sample ring จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.0 ซม. สูง 1.91 ซม. และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม (total density)



รูปที่ 3.7 แสดงการเตรียมอุปกรณ์ดูดน้ำจากผิวบนของตัวอย่างดินทดลอง

ค. <u>ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง</u> เปิดวาล์ B_1 และ B_2 เพื่อให้ porous stone อิ่มตัวด้วยน้ำ แล้วปิดวาล์ B_1, B_2 นำกระดาษกรอง (filter paper) ที่อิ่มตัวด้วยน้ำวางลงบน porous stone แล้วจึงนำเอาตัวอย่างดินทดลองที่บรรจุอยู่ใน sample ring วางลงบนกระดาษกรอง เปิดวาล์ B_2 แล้วกด lower "O" ring ผ่าน sample ring ลงไป จนถึง porous stone จากนั้นจึงวาง spacer ring ผ่าน sample ring ลงไปนั่งอยู่บน lower "O" ring วางกระดาษกรองซึ่งมีขนาดเท่ากับตัวอย่างดินทดลองลงบนผิวบนของตัวอย่างดินทดลอง จะต้องพยายามวางกระดาษกรองให้แนบกับผิวมากที่สุด เพื่อทำให้ผิวบนของตัวอย่างดินทดลองปราศจากฟองอากาศ จากนั้นจึงกด upper "O" ring วางลงบน spacer ring และ guide cylinder กดลงบน sample ring แล้วจึงขันสกรูทั้ง 4 ตัวให้แน่น เสร็จแล้วปิดวาล์ B_2 เติมน้ำกลั่นลงบนผิวบนตัวอย่างดินทดลองให้เต็ม guide Cylinder ค่อย ๆ กด flexible rubber membrane แทนที่น้ำลงไปให้เหลือประมาณ 1 ซม. จากผิวบนของตัวอย่างดินทดลอง จากนั้นจึงค่อย ๆ หมุน hand pump ดูดน้ำออกจากยวดทนความดัน (ดูจากรูปที่ 3.7) เพื่อให้เกิดแรงดูดจากยวด ไปดูดน้ำจากผิวบนตัวอย่างการทดลอง ระหว่างการดูดน้ำ น้ำและอากาศบางส่วนบนผิวบนของตัวอย่างดินทดลอง จะออกมา

ตาม PVC line เมื่อผิวบนของ membrane แนบกับผิวบนของตัวอย่างดินแล้ว PVC line ไม่ปรากฏว่ามีฟองอากาศออกมา ก็ปิดวาวล์ C แต่ขณะที่ผิวของ membrane กำลังจะแนบกับผิวของตัวอย่างดิน แล้วปรากฏว่ามีฟองอากาศออกมาบน PVC line ก็จะต้องอัดแรงดันเอาน้ำเข้าไปบนผิวบนของตัวอย่างดินใหม่ จากนั้นก็ทำตามวิธีการเดิม จนกระทั่งน้ำที่ไหลออกมาบน PVC line ปราศจากฟองอากาศ ต่อจากนั้นจึงวาง water-proof dial gauge โดยจะต้องประมาณระยะการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ และการบวมตัวให้พอดี จากนั้นจึงวาง chamber ลง แล้วขันสกรูยึดกับฐานให้แน่น จากนั้นจึงเปิด air-release valve ด้านบนของตัว chamber แล้วเปิดวาวล์ A ให้น้ำไหลเข้าสู่ตัว chamber จนกระทั่งเต็ม และล้นออกทางวาวล์ด้านบน จึงปิดวาวล์ A และ air release valve

ง. <u>วิธีทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ด้วยแรงดันกลับ (Back Pressure)</u> จากสมมุติฐานของทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำของ Terzaghi ตัวอย่างดินทดลองจะต้องมี degree of Saturation เท่ากับ 100% ในการทดลองใช้ back pressure เท่ากับ 2 kg/cm^2 เข้าไปในตัวอย่างดินทดลอง ซึ่งเพียงพอสำหรับดินทดลองที่ใช้ทำวิจัยนี้ ที่มี initial degree of saturation มากกว่า 90% (Black & Lee, 1973) แล้วทิ้งไว้อย่างน้อยที่สุด 24 ชั่วโมง การเพิ่มแรงดันจะค่อย ๆ เพิ่มแรงดัน ทั้ง back pressure และ cell pressure พร้อม ๆ กัน โดยเปิดวาวล์ A และวาวล์ B_1 อัตราการเพิ่มแรงดันเท่ากับ 0.1 kg/cm^2 ต่อนาที โดยใช้ hand pump เพิ่มจนกระทั่ง back pressure และ cell pressure มีค่าเท่ากับ 2 kg/cm^2 จากนั้นต่อความดันเข้ากับอุปกรณ์ยึดเหยี่ยวความดันให้คงที่ และบันทึกค่าเริ่มแรกจาก dial gauge เพื่อสังเกตว่ามีการบวมตัวของตัวอย่างดินทดลองหรือไม่ และบันทึกปริมาตรของน้ำที่เปลี่ยนแปลง ขณะที่ทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำจาก volume change reading หลังจากนั้นทิ้งดินให้อิ่มตัวด้วยน้ำไว้ 24 ชั่วโมง แล้วจึงตรวจสอบว่าอิ่มตัวด้วยน้ำ 100% หรือไม่ โดยการพิจารณาจากค่าความดันน้ำในโพรงดินที่เพิ่มขึ้น (excess pore water pressure) ขณะที่เพิ่มแรงดันน้ำใน cell ในรูปของค่า parameter "C" ถ้าค่า "C" มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าดินตัวอย่างทดลอง อิ่มตัวด้วยน้ำ 100%

จ. <u>การทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดินทดลอง</u> การทดสอบการอัดตัวคายน้ำสภาพ 1 มิติ (one-dimension consolidation) แรงดันที่กระทำต่อตัวอย่างดินทดลอง

เป็นแรงดันของน้ำใน cell ผ่านสู่ตัวอย่างดินทดลองโดยแผ่น membrane ตรงกลางของแผ่น membrane จะมี metal mushroom ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.75 ซม. การวัดการทรุดตัวจาก dial gauge และค่าแรงดันน้ำในโพรงดิน (excess pore water pressure) จะผ่านตัว metal mushroom วิธีการทดสอบนั้นพิจารณาลำดับดังต่อไปนี้

1. ปิดวาวล์ A และ B_1

2. ปรับแรงดันจากแท่งความสูงของปรอท กับระบบยึดเหนี่ยวความดันตามตารางที่กำหนดไว้แล้วต่อเชื่อม (link) แรงดันเข้ากับวาวล์

3. จดค่าเริ่มแรกของค่าการทรุดตัวจาก dial guage แรงดันน้ำในโพรง (back pressure) และค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำในตัวอย่างดินทดลองจาก Volume Change

4. เปิดวาวล์ A เพิ่มแรงดันน้ำใน Cell แล้วทิ้งไว้ประมาณ 1-10 นาที จนกระทั่งได้ค่า pore water response สูงสุด จดค่าของ Maximum pore pressure response (ΔU_{max}) จดค่าการทรุดตัวจาก dial gauge (ที่มีความละเอียด 0.002 มิลลิเมตรต่อหนึ่งช่อง) เป็นค่าการทรุดตัวเรียกว่า Initial settlement

5. เปิดวาวล์ B_1 พร้อมกับจับเวลา จดค่าการทรุดตัวจาก dial gauge การเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำในดินทดลองจาก volume change และการกระจายของแรงดัน น้ำในโพรงดิน (dissipate of pore water pressure) ที่เวลา (นาที) 0.25, 1 , 2.25, 4, 6.25, 9, ...ตามเวลาที่กำหนด

6. เมื่อครบระยะเวลาของการเปลี่ยนแรงดัน (load increment duration) เช่นที่ 2, 24, 48 ชั่วโมง ก็จะเริ่มทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 ใหม่

7. การทดสอบ Rebound test ทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึงที่ 3 สำหรับขั้นตอนที่ 4 เปิดวาวล์ A ลดแรงดันน้ำใน Cell ขณะที่วาวล์ B_1 ยังคงเปิดอยู่ แล้วเริ่มจดค่าตามเวลาที่กำหนด

8. หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองเปิดวาวล์ A และ B_1 ลดแรงดันของน้ำ เท่ากับแรงดันบรรยากาศ ถอดสายแรงดันที่ต่ออยู่กับวาวล์ A ออก เปิด air release valve แล้วปล่อยให้น้ำใน Cell ไหลออก จากนั้นจึงนำตัวอย่างดินทดลองออกจากตัว guide cylinder ไปชั่งน้ำหนักและนำไปอบในเตาอุณหภูมิ $100 \pm 10^{o}C$ เพื่อหาปริมาณน้ำของตัวอย่างดินทดลองหลังการทดลอง