

บทที่ 3.

วิธีการวิจัยและการทดสอบ

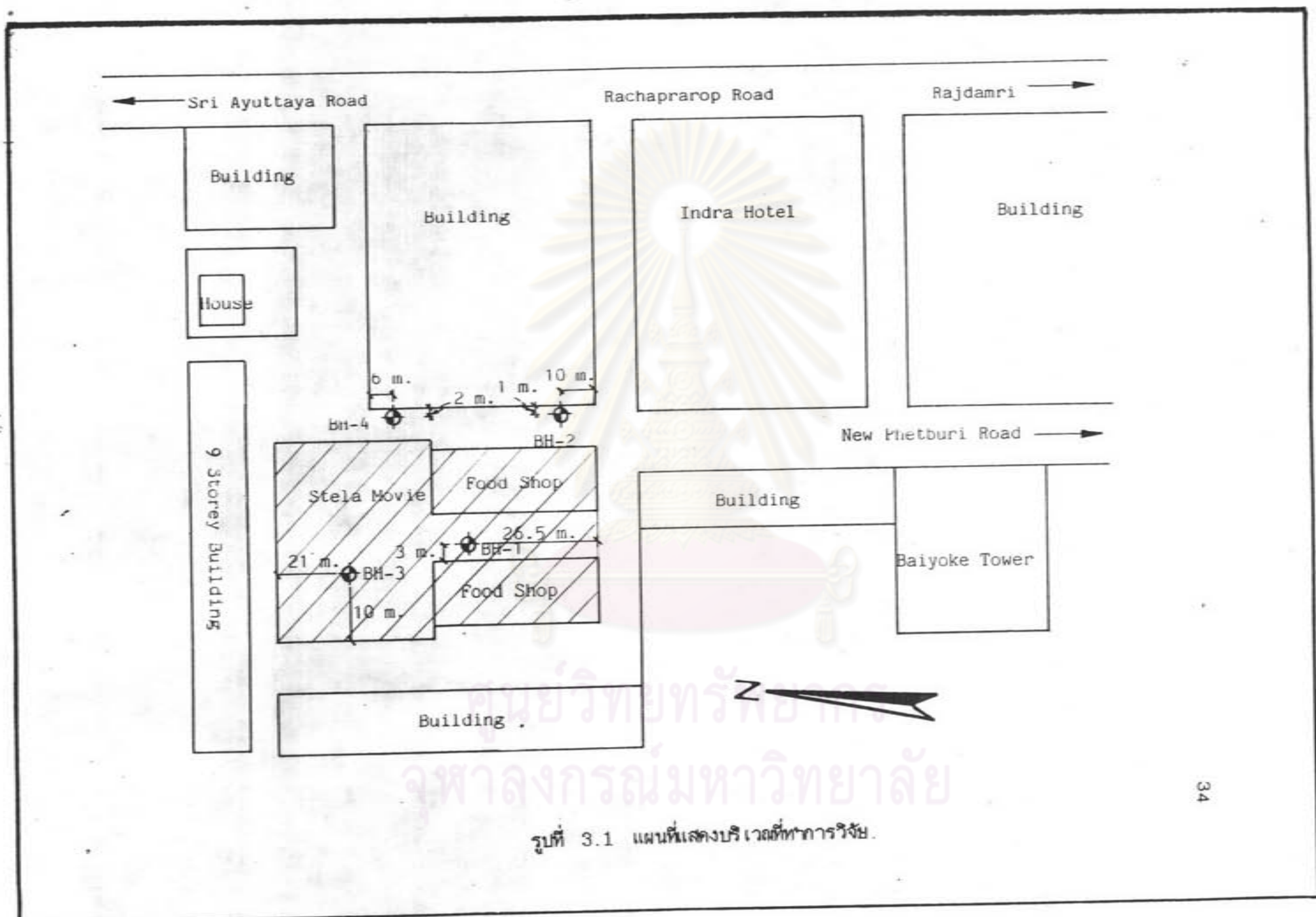
3.1 สถานที่ทำการวิจัย

3.1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของสถานที่ทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัยนี้คือ โครงการในมหกทาวเวอร์2 เป็นอาคารสูง91ชั้น มีขนาดพื้นที่โครงการประมาณ50x90เมตร ตั้งอยู่ย่านประตูน้ำหน้าโรงแรมสเคลล่า. โครงการนี้ได้มีการก่อสร้างชั้นใต้ดินซึ่งแบ่ง เป็นสองโซนคือโซนแรกมีการขุดคืบลึกประมาณ9.5เมตร จากระดับดินเดิม โดยมีฐานรากเป็นแบบแผ่(Mat foundation)หนา2.5เมตร โซนที่สองมีการขุดคืบลึกประมาณ 11.3เมตรฐานรากเป็นแบบแผ่ เช่นกันหนา5.0เมตร ทั้งสองโซนมีฐานรากเสาเข็มเจาะขนาดเดียวกัน คือเส้นผ่าศูนย์กลาง1.5เมตร มีระยะห่างของเสาเข็ม(ศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง)เท่ากับ4.5เมตร(3 เท่าของขนาดเสาเข็ม).โครงการได้ถูกก่อสร้างลงบนพื้นที่อาคารเดิมซึ่งเป็นโรงภาพยนตร์สเคลล่า แผนที่แสดงบริเวณที่ทำการวิจัยได้แสดงไว้ในรูปที่3.1

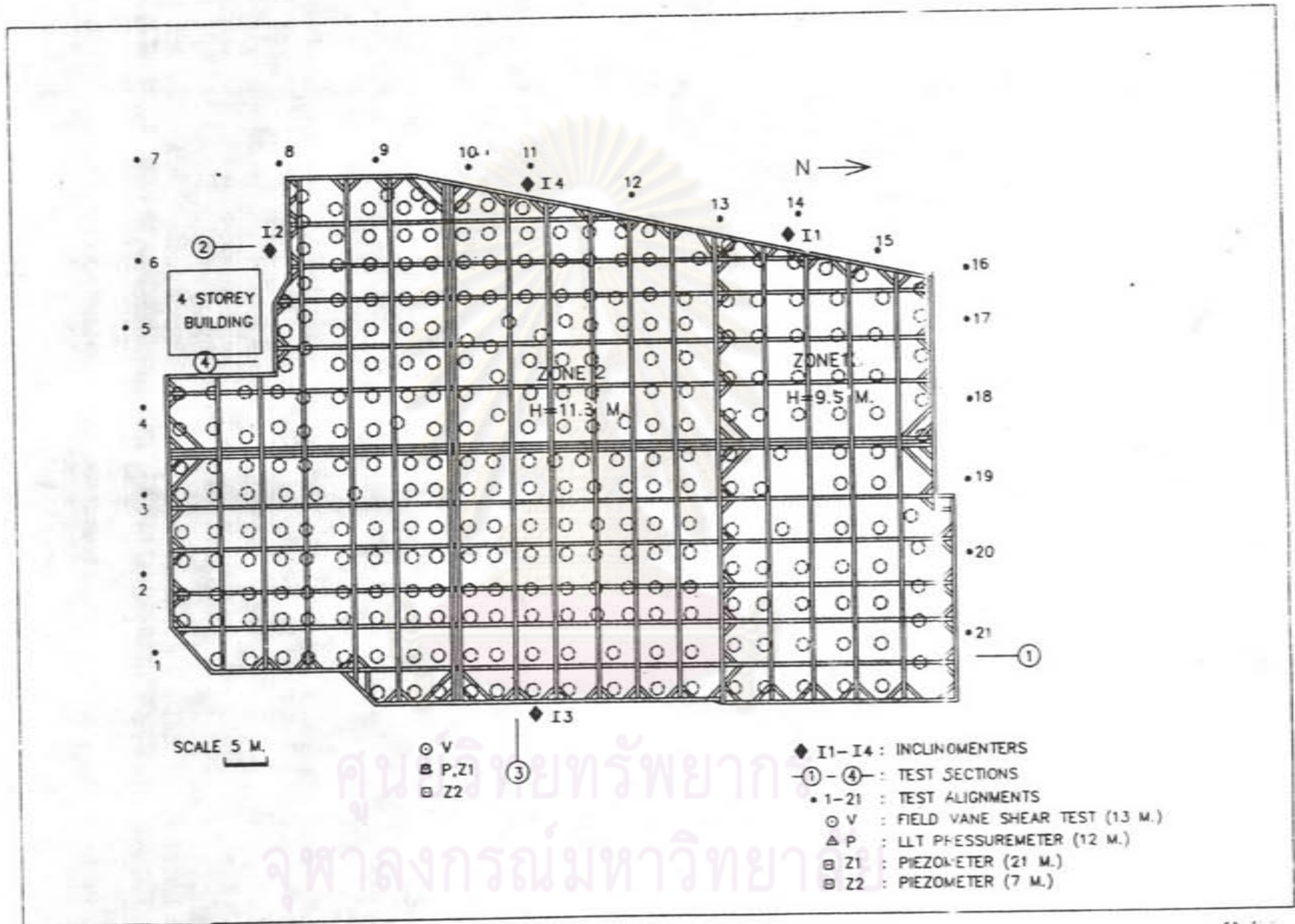
พื้นที่ก่อสร้างชั้นใต้ดินที่ทำการวิจัยนี้ ถูกล้อมรอบด้วยสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ดังนี้ (1)ทิศเหนือ คือดถนนด้านหน้าของโรงแรมสเคลล่า. (2)ทิศใต้คือดถนนด้านข้างของห้างพาค้าสรรพสินค้า สาขาประตูน้ำ และอาคารพาณิชย์4ชั้น2คูหา. (3)ทิศตะวันออก คือดอาคารสูง9ชั้น,พื้นที่ว่าง(ซึ่งเตรียมไว้สำหรับสร้างที่พัคนงานและกองวัสดุก่อสร้าง) และอาคารพาณิชย์3ชั้น และ(4)ทิศตะวันตก คือดถนนด้านหน้าของอาคารพาณิชย์3ชั้น. สภาพพื้นที่ก่อสร้างที่ทำการวิจัยแสดงไว้ในรูปที่3.2

3.1.2 ลักษณะโดยทั่วไปของชั้นดิน



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงบริเวณที่ทำการวิจัย.

๑๕๓๑๑๔๓๖



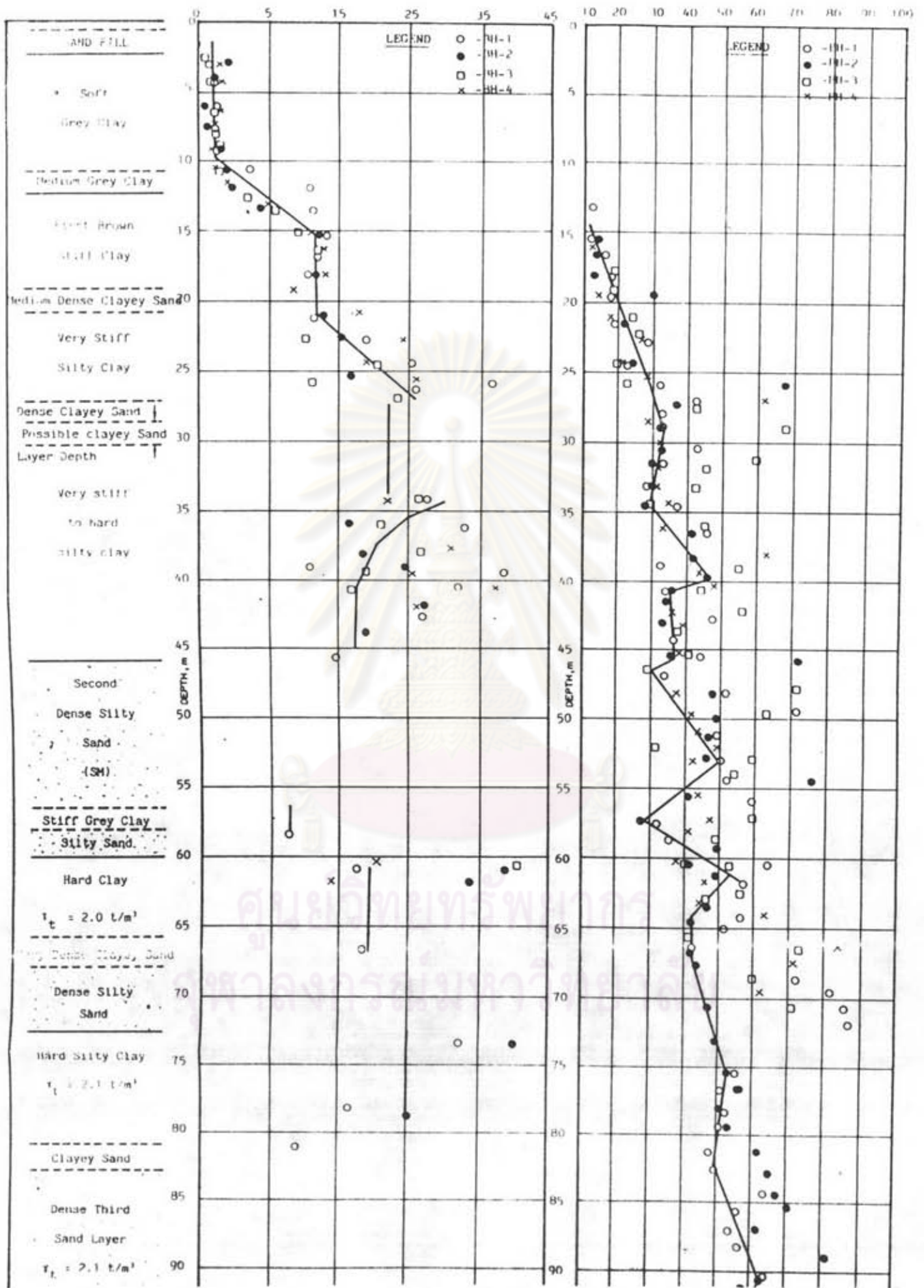
รูปที่ 3.2 ผังบริเวณแสดงสภาพพื้นที่ทำการวิจัยและตำแหน่งการติดตั้ง เครื่องมือทดสอบบน สนาม

ลักษณะของชั้นดินในบริเวณสถานที่ก่อสร้างซึ่งได้จากการเจาะสำรวจจำนวน 4 หลุม ความลึก 70 ถึง 100 เมตร จากระดับดินเดิม พบว่าสภาพชั้นดินเมื่อเรียงลำดับจากส่วนบนลงล่างเป็นดังนี้ (1) ชั้น Weathered crust มีความหนาประมาณ 1-2.5 เมตร เป็นดินเหนียวสีเทา (Grey clay) โดยมีทรายกมของอาคารเดิมหนาประมาณ 1.0-2.5 เมตร อยู่บนสุด. (2) ชั้นดินเหนียวอ่อนสีเทา (Soft grey clay) มีความหนาประมาณ 8.5 เมตร ซึ่งเรียกกันว่าดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ (Soft Bangkok clay). (3) ชั้นดินเหนียวอ่อนปานกลางถึงแข็ง (Medium to stiff clay) มีความหนาประมาณ 10 เมตร ประกอบด้วยชั้นดินเหนียวอ่อนปานกลางสีเทา (Medium grey clay) หนา 1.5 เมตร รองรับด้วยชั้นดินเหนียวแข็งสีน้ำตาลชั้นแรก (First brown stiff clay) หนา 6.5 เมตร และชั้น Medium dense clayey sand หนา 2 เมตร. (4) ชั้นดินเหนียวแข็งมากชั้นแรก (First very stiff silty clay) มีความหนาประมาณ 8 เมตร. (5) ชั้นทรายชั้นแรก (First sand layer) มีความหนาประมาณ 3.5 เมตร เป็นชั้นทรายที่มีดินเหนียวปนอยู่ (Dense clayey sand). (6) ชั้นดินเหนียวแข็งมากชั้นที่ 2 (Second very stiff to hard silty clay) มีความหนาประมาณ 15.5 เมตร เป็นชั้นดินเหนียวแข็งที่มี silt ปนอยู่. (7) ชั้นทรายชั้นที่ 2 (Second sand layer) มีความหนาประมาณ 14 เมตร เป็นชั้นทรายที่มี silt และดินเหนียวปนอยู่ ประกอบด้วยชั้น Dense silty sand, stiff grey clay และ silty sand ซึ่งมีความหนา 10.5, 1.5 และ 2 เมตร ตามลำดับ (8) ชั้นดินเหนียวแข็งมากชั้นที่ 3 (Third hard clay) มีความหนาประมาณ 6 เมตร. (9) ชั้นทรายชั้นที่ 3 (Third sand layer) มีความหนาประมาณ 6.5 เมตร เป็นชั้นทรายที่มีดินเหนียวและ silt ปนอยู่ ประกอบด้วยชั้น Very dense clayey sand หนา 2 เมตร และชั้น Dense silty sand หนา 4.5 เมตร. (10) ชั้นดินเหนียวแข็งมากชั้นที่ 4 (Fourth hard silty clay) มีความหนาประมาณ 8.5 เมตร มี silt ปนอยู่. และ (11) ชั้นทรายชั้นที่ 4 (Fourth dense sand layer) มีความหนาประมาณไม่น้อยกว่า 17 เมตร. สำหรับระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ระดับประมาณ 0.7 - 3.0 เมตร จากระดับดินเดิม. รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะและคุณสมบัติของชั้นดินที่ทำการวิจัย

3.2 การก่อสร้างระบบกำแพงกันดิน

S_u (t/m²)

N-Value (Blows/ft)



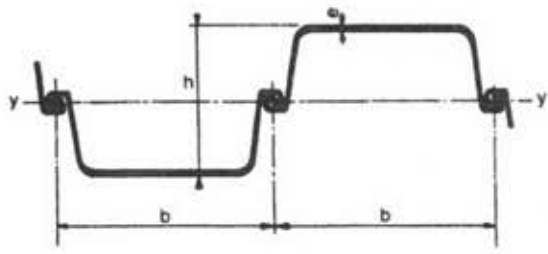
รูปที่ 3.3 ลักษณะและคุณสมบัติของชั้นดินที่ทำการวิจัย

3.2.1 ระบบกำแพงกันดิน (Retaining wall system)

การก่อสร้างชั้นใต้ดินของโครงการในพิกทาวเวอร์ 2 นี้ใช้กำแพงกันดินระบบแบบยึดหยุ่นโดยอาศัยค้ำยัน (Braced flexible wall) โดยจะใช้เข็มทึค (Sheet pile) เป็นกำแพงกันดิน. เข็มทึคที่ใช้นี้จะนำร่องก่อนเมื่อก่อสร้างเสร็จโดยจะใช้เป็นแบบค้ำยันข้างในการก่อสร้างกำแพงห้องใต้ดิน รายละเอียดของระบบโครงสร้างค้ำยัน (Structural support system) ในการก่อสร้างห้องใต้ดินของทั้ง 2 ชั้น (ชั้นแรกและชั้นที่ 2, ชุกคินลึก 9.5 และ 11.3 เมตรตามลำดับ) มีดังนี้

1. เข็มทึค (Sheet pile) ที่ใช้ในการก่อสร้างห้องใต้ดินแยกเป็น 2 ชนิดคือ
 - (1) ชนิด JSP-4 ใช้สำหรับชั้นแรกซึ่งชุกคินลึก 9.5 เมตร มีความยาว 18 เมตร ค่าสติฟเนสต่อความกว้าง 1 เมตร (Stiffness, EI) เท่ากับ 8,106 กิโลกรัม-ตรม. รายละเอียดข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 (ก). และ
 - (2) ชนิด PU-20 ใช้สำหรับชั้นที่ 2 ชุกคินลึก 11.3 เมตร มีความยาว 18 เมตร เช่นกันค่าสติฟเนสต่อความกว้าง 1 เมตร (EI) เท่ากับ 8,394 กิโลกรัม-ตรม. รายละเอียดข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 (ข). เข็มทึคทั้ง 2 ชนิดมีค่าสติฟเนสค่อนข้างใกล้เคียงกัน และจากการศึกษาวิจัยของ Mana & Clough (1981) กับ Clough และคณะ (1979) แสดงให้เห็นว่า ค่าสติฟเนสของกำแพง (Wall stiffness, EI) จะมีผลต่อปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างสูงสุดของกำแพง (Maximum lateral wall movement, δ_{Hmax}) ต่อเมื่อสติฟเนสของกำแพงมีค่าแตกต่างกันมากหลายเท่าตัว (เช่นมากกว่า 10 เท่า) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงไม่นำค่าสติฟเนสของเข็มทึคที่แตกต่างกันมาพิจารณา.

2. King Post ที่ใช้ในการก่อสร้างทั้ง 2 ชั้นเช่นเดียวกันคือ เหล็กรูปพรรณรูปตัวเอช (H-beam) ขนาด H-350x350x12x19 มม. (เกรด SS400) น้ำหนัก 137 กก./เมตร จักวางทุกระยะห่างประมาณทุก 4.5-5.5 เมตร โดยมีความยาว 2 ขนาดคือ (1) ความยาว 21 เมตร สำหรับในส่วนที่รับน้ำหนักบรรทุกจาก Platform และ (2) ความยาว 18 เมตร สำหรับในส่วนที่ไม่รับน้ำหนักบรรทุกจาก Platform



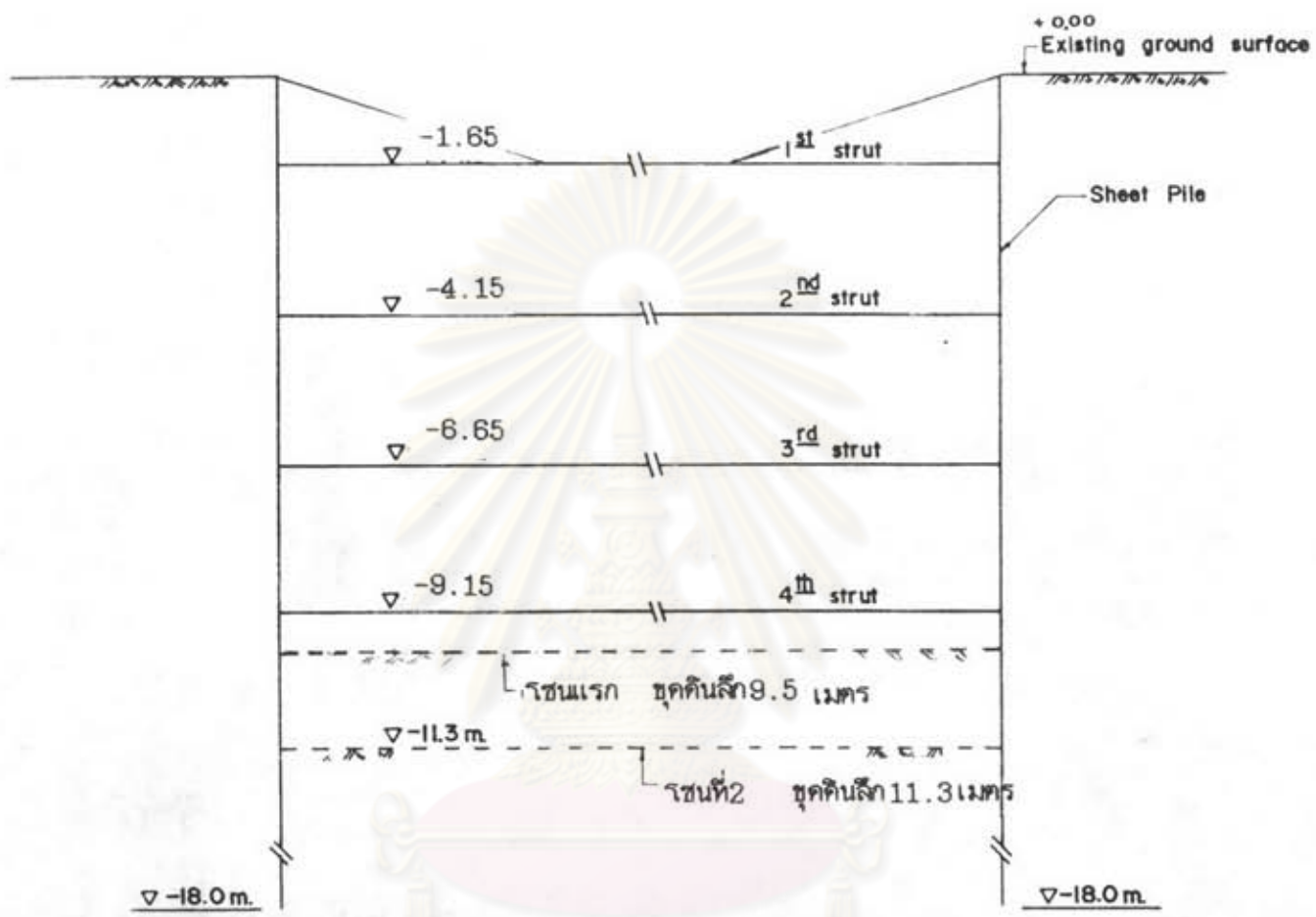
Profile	Width b mm	Height h mm	Back thickn. e mm	Sectional area cm ² ·m of wall	Mass		Section Modulus		Moment of inertia	
					kg m of s. pile	kg m ² of wall	cm ³ per s. pile	cm ³ m of wall ¹⁾	cm ⁴ per s. pile	cm ⁴ m of wall
JSP 4	400	340	15,5	242	76,1	190	362	2270	4670	38600

1) considered neutral axe: y-y

Profile	S = Single pile D = Double pile Tr = Triple pile	Mass per m kg/m	Sectional area cm ²
	per S	84,7	107,9
	per D	169,4	215,8
	per Tr	254,1	323,7
	per m of wall	141	180

coating area ¹⁾ m ² /m	Develop. perim. cm	Section modulus S _y ²⁾ cm ³	moment of inertia		Radius of gyration r cm	Profile
			I _y cm ⁴	I _z cm ⁴		
1,85	-	480	7080	46021	8,10	PU 20 per S
-	-	2400	48050	-	14,92	per D
-	-	2740	66420	-	14,32	per Tr
-	291	2000	39970	-	14,92	per m of wall

รูปที่ 3.4 รายละเอียดข้อมูลของเข็มตัก(ก)ชนิด JSP-4 สำหรับชนแรกที่ยุคลึก 9.5 เมตร และ (ข)ชนิด PU-20 สำหรับชนที่ 2 ที่ยุคลึก 11.3 เมตร



ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 3.5 ลักษณะการคำนวณของโซนแรกและโซนที่ 2.

ตารางที่ 3.1 (ก) แสดงรายละเอียดระบบค้ำยันของโซนที่ 2 (จุดดินลึก 11.3 เมตร)

รายละเอียดระบบค้ำยัน	ELEV. (ม.)	h (ม.)	Section Type	A (ซม. ²)	EI (ตัน-ตรม.)
King post	-1.85	-	H-350x350	173.9	8,463
Raker	0	-	H-300x300	119.8	4,284
Strut&wale	จำนวน 3 ชั้น				
-ชั้นที่ 1	-1.65	2.50	H-300x300	119.8	4,284
-ชั้นที่ 2	-4.15		H-350x350	173.9	8,463
-ชั้นที่ 3	-6.65	2.50	H-350x350	173.9	8,463
การอัดแรงใน Strut	70% ของ Apparent pressure diagrams เสนอโดย Terzaghi&Peck (1967)				
Sheet pile	ชนิด JSP-4:-ความยาว 18 เมตร -EI = 8,106 ตัน-ตรม. ต่อความกว้าง 1 เมตร				

- หมายเหตุ:**
- ELEV. คือ ระดับความลึกที่ติดตั้ง Strut&wale จากระดับดินเดิม (+0.00) ถึงศูนย์กลางของ Strut&wale. (สำหรับ King post คือระดับที่ปลายบน)
 - h คือ ระยะห่างในแนวตั้งของค้ำยัน (ศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของค้ำยัน)
 - A คือ พื้นที่หน้าตัดของระบบค้ำยัน
 - EI คือ สติฟเนสของระบบค้ำยัน

ตารางที่ 3.1 (ข) แสดงรายละเอียดระบบค้ำยันของโซนที่ 2 (จุดดินลึก 11.3 ม.)

รายละเอียดระบบค้ำยัน	ELEV. (ม.)	h (ม.)	Section Type	A (ชม. ²)	EI (ตัน-ตรม)
King Post	-1.85	-	H-350x350	173.9	8,463
Raker	-	-	H-350x350	173.9	8,463
Strut&wale จำนวน 4 ชั้น					
-ชั้นที่ 1	-1.65	2.50			
-ชั้นที่ 2	-4.15	2.50	H-350x350	173.9	8,463
-ชั้นที่ 3	-6.65	2.50			
-ชั้นที่ 4	-9.15	2.50			
การอัดแรงใน Strut	70% ของ Apparent Pressure diagrams เสนอโดย Terzaghi Peck (1967)				
Sheet pile	ชนิด PU-20: - ความยาว 18 เมตร - EI = 8,394 ตัน-ตรม. ต่อความกว้าง 1 ม.				

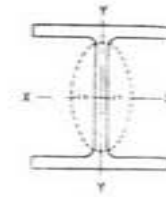
หมายเหตุ: ELEV. คือ ระดับความลึกที่ติดตั้ง Strut&Wale จากระดับดินเดิม (+0.00) ถึงศูนย์กลางของ Strut&Wale. (สำหรับ King post คือระดับที่ปลายบน)

h คือ ระยะห่างในแนวตั้งของค้ำยัน (ศูนย์กลางถึงศูนย์กลางของค้ำยัน)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของระบบค้ำยัน

EI คือ สติฟเนสของระบบค้ำยัน

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดข้อมูลของ King Post, Strut, Raker และ Wale ที่ทำการวิจัย



METRIC SERIES

Section Index	Weight	Depth of Section (A)	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
				Web (t ₁)	Flange (t ₂)			J _x	J _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
300x300	106.0	304	301	11	17	18	134.80	23.400	7.730	13.20	7.57	1.540	514
	106.0	300	305	15	15	18	134.80	21.500	7.100	12.60	7.26	1.440	466
	94.0	300	300	10	15	18	119.80	20.400	6.750	13.10	7.51	1.360	450
	87.0	298	299	9	14	18	110.80	18.800	6.240	13.00	7.51	1.270	417
	84.5	294	302	12	12	18	107.70	16.900	5.520	12.50	7.16	1.150	365
350x350	159.0	356	352	14	22	20	202.00	47.600	16.000	15.30	8.90	2.670	909
	156.0	350	357	19	19	20	198.40	42.800	14.400	14.70	8.53	2.450	809
	137.0	350	350	12	19	20	173.90	40.300	13.600	15.20	8.84	2.300	776
	131.0	344	354	16	16	20	166.60	35.300	11.800	14.60	8.43	2.050	669
	115.0	344	348	10	16	20	146.00	33.300	11.200	15.10	8.78	1.940	646
	106.0	338	351	13	13	20	135.30	28.200	9.380	14.40	8.33	1.670	534

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ค้ำยัน, ค้ำยันเอียง และเวค(Strut, Raker and wale) เป็นเหล็ก รูปพรรณรูปตัวเอช(H-beam)เกรด SS400 มีขนาดคือ H-300x300x10x15 มม. และ H-350x350x12x19 มม. ในชั้นแรกซึ่งขุดลึก 9.5 เมตร นั้นใช้ค้ำยันจำนวน 3 ชั้น ที่ระดับความลึกจากดินเดิมเท่ากับ -1.65, -4.15 และ -6.65 เมตร ตามลำดับโดยชั้นแรกใช้ค้ำยันและ เวคขนาด H-300x300x10x15 มม. ส่วนชั้นที่ 2 และ 3 ใช้ค้ำยันขนาด H-350x350x12x19 มม. ในชั้นที่ 2 ใช้ค้ำยัน และ เวคขนาดเดียวคือ H-350x350x12x19 มม. จำนวน 4 ชั้น ที่ระดับความลึกเท่ากับ -1.65, -4.15, -6.65 และ -9.15 เมตร ตามลำดับ.

รายละเอียดข้อมูลของระบบค้ำยันแสดงไว้ในตารางที่ 3.1(ก), 3.1(ข) และ 3.2. ลักษณะการค้ำยันแสดงไว้ในรูปที่ 3.5

3.2.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง(Sequence of construction)

ก่อนทำการก่อสร้างห้องใต้ดินใต้เจาะเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 เมตร ทุกระยะห่าง เท่ากับ 3 เท่าของขนาดเสาเข็ม (4.50 เมตร, ศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง) ทั้ง 2 ชั้น เพื่อเตรียมหาฐานรากเสาเข็มเจาะโดยมีระดับหัวเข็ม (Pile top) ต่ำกว่าระดับดินเดิมประมาณ 2-2.5 เมตร. จากนั้นได้เริ่มดำเนินการก่อสร้างห้องใต้ดินโดยเริ่มที่ชั้นแรกก่อน แล้วจึงเริ่มดำเนินการในชั้นที่ 2 ขั้นตอนการก่อสร้างโดยสังเขปมีดังนี้

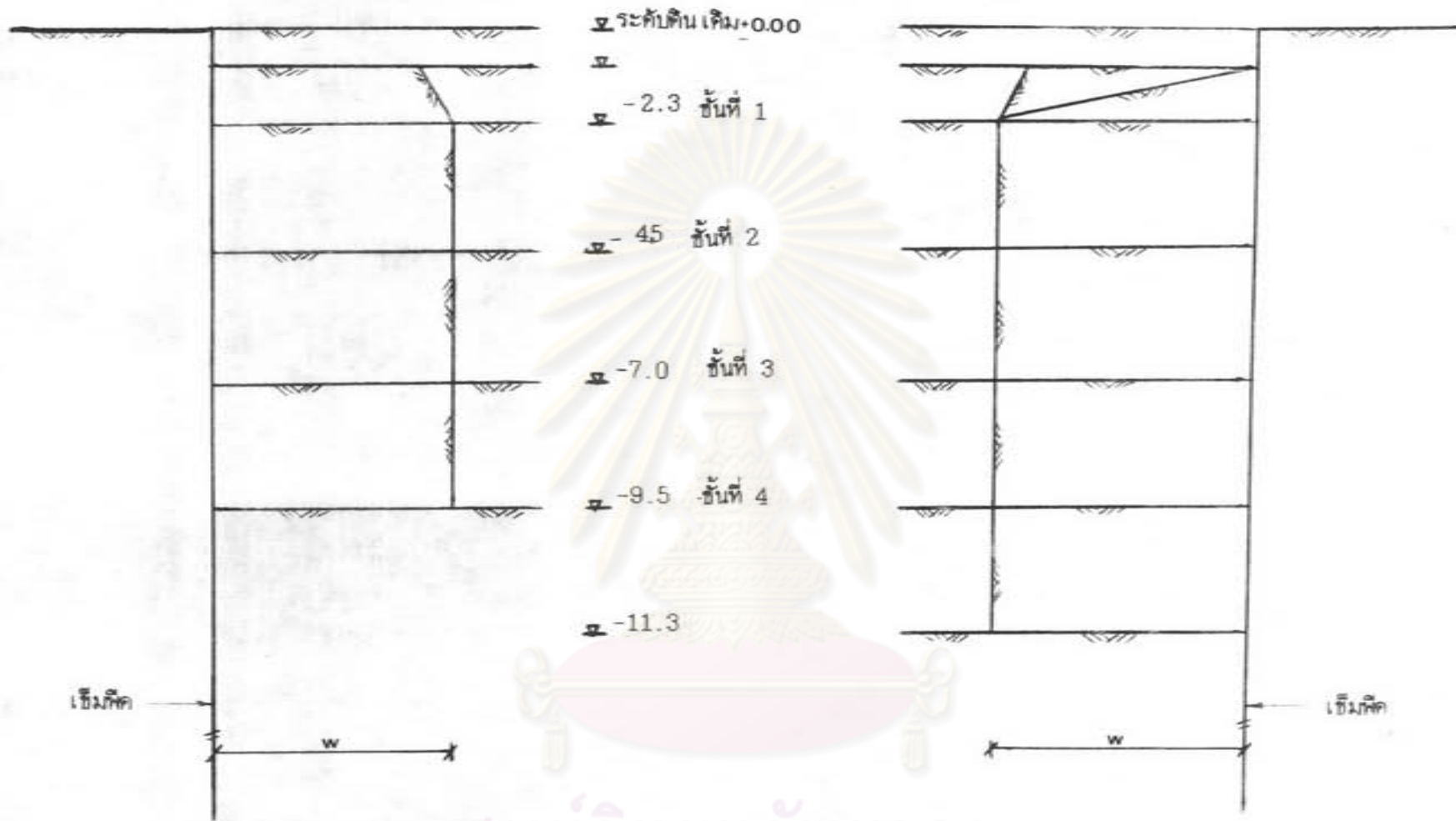
1. กัดเข็มพืด (Sheet pile) และ King post. โดยใช้ Vibro hammer ขนาด 7 ตัน ในระหว่างนี้ได้ดำเนินการขุดหาสารอุทกศาสตร์ดินที่อาจจะมีปัญหาในการก่อสร้างควบคุมด้วย

2. การขุดดิน มีขั้นตอนการขุดดินดังนี้ (1) ในช่วงแรกได้ทำการขุดลอกหน้าดินเดิมก่อนซึ่งเป็นพวกทรายถมมีความหนาประมาณ 1 เมตร จากนั้นเริ่มขุดในบริเวณตรงกลางที่ระดับ

-2.3 เมตร ภายใต้วงจรระดับคันดิน (Berm width) ไว้ครอบรอบพร้อมติดตั้งค้ำยันในบริเวณตรงกลาง จากนั้นขยายการขุดดินออกไปครอบรอบจนชิดแนว เข็มทิศ แล้วเริ่มติดตั้ง เวย์ลและค้ำยันที่เหลือให้แล้วเสร็จแล้วทำการอัดแรงในค้ำยันทันที. สำหรับในชั้นที่ 2 นั้นการใต้วงจรระดับคันดินครอบรอบได้ทั้ง slope ไว้ด้วยเพื่อติดตั้งค้ำยันเอียง (Raker). (2) ขุดดินชั้นที่ 2 ในบริเวณตรงกลางที่ระดับ -4.5 เมตร ภายใต้วงจรระดับคันดินไว้ครอบรอบการขุดดินในชั้นนี้เริ่มติดตั้ง เนื่องจาก เริ่มพบหัวเสาเข็มเจาะ ดังนั้นต้องทำการตัดทอนเสาเข็มให้เสร็จแล้วจึงติดตั้งค้ำยันในบริเวณตรงกลาง จากนั้นขยายการขุดดินออกไปครอบรอบจนชิดแนว เข็มทิศพร้อมกับตัดทอนเสาเข็มส่วนที่เหลือติดตั้ง เวย์ลและค้ำยันที่เหลือให้แล้วเสร็จแล้วจึงทำการอัดแรงในค้ำยันทันที. สำหรับในชั้นคอนกรีตที่หล่อซึ่งขุดดินที่ระดับความลึก -7.0, -9.5 และ -11.3 เมตร นั้นดำเนินการเหมือนชั้นคอนกรีต (2). ชั้นคอนกรีตขุดดินของทั้ง 2 ชั้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.6. อนึ่งการใต้วงจรระดับคันดินทั่วบริเวณจะอยู่ในแนวตั้งตามแนวตั้งของ เสาเข็มเจาะที่ยังไม่ได้อัดทอน.

3. การติดตั้งระบบค้ำยัน. ดำเนินการติดตั้งตามที่ได้กล่าวไว้ในชั้นคอนกรีตขุดดิน. รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะโดยทั่วไปในการติดตั้งระบบค้ำยัน

4. การอัดแรงในค้ำยัน (Preloading of strut) ในชั้นคอนกรีตติดตั้งระบบค้ำยันแต่ละชั้น เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จได้ดำเนินการอัดแรงในค้ำยันทันทีโดยใช้ Hydraulic jack 2 ตัว ทำการอัดแรงทั้ง 2 ปลายของค้ำยัน การอัดแรงได้กระทำพร้อมกันทั้ง 2 ปลายของค้ำยันตัวนั้น ๆ โดยทำรอยต่อค้ำขาด เมื่ออัดแรงแล้วเสร็จทำการ เชื่อมรอยต่อค้ำขาดนั้นโดยรอบ. ในระหว่างการอัดแรงได้บันทึกค่าแรงดันและปริมาณการเคลื่อนตัวของปลายค้ำยันทั้ง 2 ข้าง เพื่อตรวจสอบว่าการอัดแรงนั้นได้ผลหรือன்றการอ่านค่าแรงดันในระหว่างการอัดแรงอ่านจาก Pressure gauge ส่วนปริมาณการเคลื่อนตัวของปลายค้ำยันทั้ง 2 ข้าง อ่านจาก ไม้บรรทัด (มีความละเอียดเพียงมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร) ซึ่งได้จากการวัดระยะจากแนวถอยร่น (off-set) โดยการใช้เอ็น. ปริมาณการอัดแรงในค้ำยันแต่ละตัว (% of preloading) ได้จากการคำนวณตาม Apparent pressure diagrams ที่เสนอโดย Terzaghi & Peck (1967) ในปริมาณ 70% โดยคิดน้ำหนักบรรทุกบนผิวดินเท่ากับ 6 ตัน/ตร.ม.

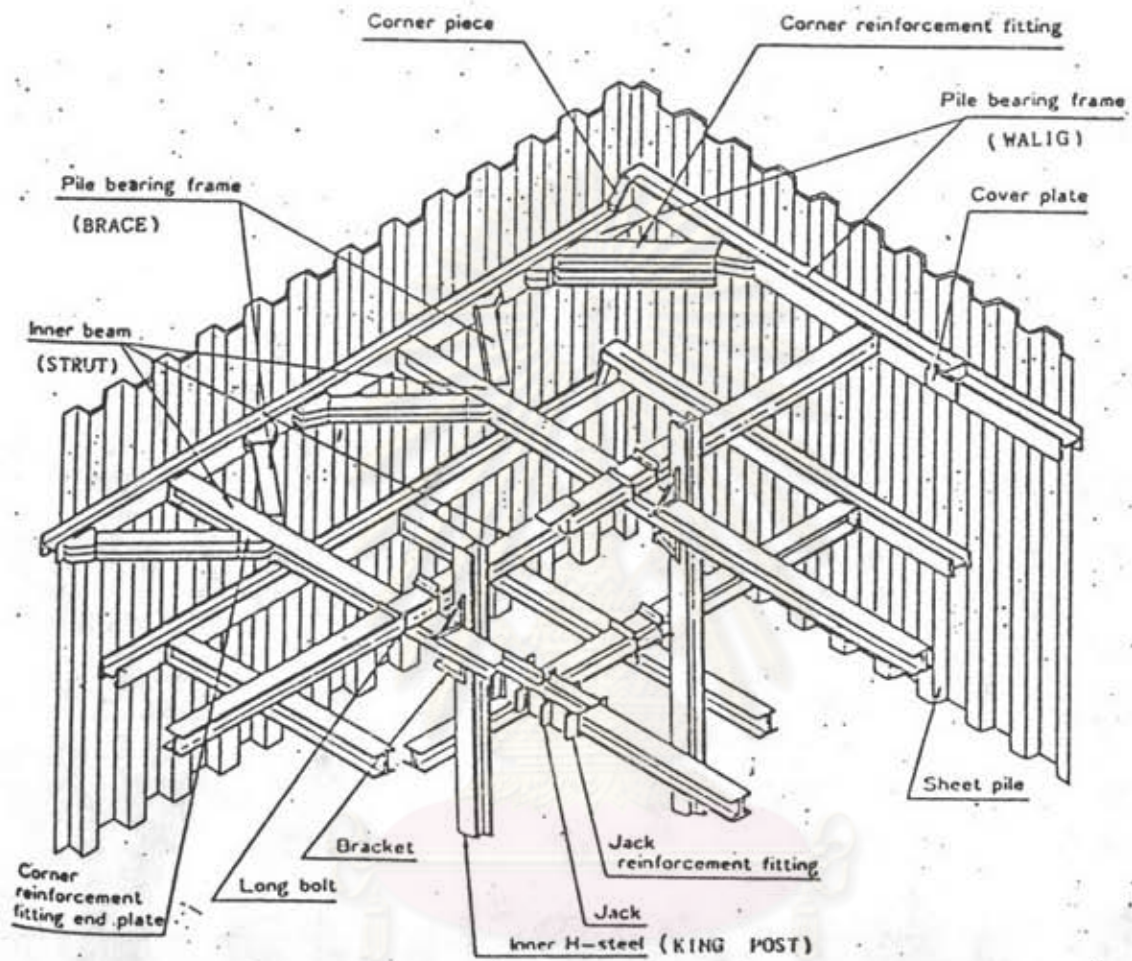


(ก) ไรชนแรก ชุกคินลิก 9.5 เมตร

(ข) ไรชนที่ 2 ชุกคินลิก 11.3 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.6 ชั้นตอนการชุกคินของ(ก)ไรชนแรกและ (ข)ไรชนที่ 2.



รูปที่ 3.7 ลักษณะโดยทั่วไปในการติดตั้งระบบค้ำยัน.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การเพคอนกรีตขยาย. เมื่อการขุดดินชั้นสุดท้ายแล้ว เสร็จได้รับเพคอนกรีตขยายหนา 20 ซม. โดยเสริมเหล็กตะแกรง 0 12 มม. ระยะ 20 ซม. จำนวน 2 ชั้นด้วยเหตุผล 3 ข้อ คือ (1) ช่วยป้องกันปัญหาการอุบขึ้น (up heave) ของพื้นบ่อขุด (2) ช่วยเป็นตัวค้ำยันให้เข็มพืด และ (3) ช่วยให้การทำงานค้ำคอนเส้าเข็มสะดวก

3.2.3 สภาพและปริมาณการจราจรในสถานที่ก่อสร้าง

ในช่วงแรกการก่อสร้างชั้นใต้ดินในชั้นแรกนั้น ยวดยานต่าง ๆ ได้แก่ รถบรรทุกดิน, รถขนส่งเหล็กรูปทรงต่าง ๆ รถขุดดินและยวดยานอื่น ๆ ได้ใช้ถนนรอบพื้นที่ก่อสร้าง 3 ด้าน ได้แก่ ถนนทางด้านทิศเหนือ, ทิศตะวันออกและทิศใต้เป็นเส้นทางการจราจรรูปที่ 3.2 ประกอบ). เมื่อทำการติดตั้ง Platform ในแนวทิศเหนือ-ใต้ของทั้ง 2 วิชา เชื่อมต่อกันแล้ว เสร็จยวดยานดังกล่าวจึงใช้ Platform เป็นเส้นทางจราจรแทน.

3.2.4 สภาพและปริมาณน้ำหนักบรรทุกบนผิวดิน (Surcharge load)

ในระหว่างการก่อสร้างชั้นใต้ดิน มีการวางน้ำหนักบรรทุกที่ผิวดินทั้ง 2 วิชา ได้แก่ วัสดุก่อสร้าง เช่น กองเหล็ก เส้นและเหล็กรูปทรงต่าง ๆ ในบริเวณพื้นที่ว่างทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ก่อสร้าง (รูปที่ 3.2 ประกอบ) สภาพและปริมาณน้ำหนักบรรทุกนี้ไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการก่อสร้าง.

3.3 การทดสอบหาคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ

ก่อนการดำเนินการเจาะเสาเข็มของทั้ง 2 วิชา บริษัท STS Engineering consultants จำกัด ได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 4 หลุม ได้แก่ หลุมเจาะหมายเลข BH-1, BH-2, BH-3

และBH-4 โดยเจาะถึงความลึกจากระดับดินเดิมเท่ากับ-100, -100, -70, และ-70เมตร ความลึกลับตำแหน่งของหลุมเจาะทั้ง4 แสดงไว้ในรูปที่3.2. จากนั้นได้นำตัวอย่างดินมาทดสอบหาคูสมบัตินในห้องปฏิบัติการ. รายละเอียดในการเจาะสำรวจและทดสอบดินมีดังต่อไปนี้.

3.3.1 วิธีการเก็บตัวอย่างดินที่ทำการทดสอบ

การเจาะดินในช่วงแรกใช้การเจาะแบบAugerตามด้วยวิธีwash boring. บล็อกเหล็ก(casing)ได้ถูกนำมาใช้ในชั้นดินเหนียวอ่อนถึงแข็งปานกลาง(Soft medium clay) เพื่อป้องกันการพังทลายของผนังหลุมเจาะ. สำหรับในชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก(stiff to hard clay) และชั้นทรายที่อยู่ลึกลงมาได้ใช้น้ำหรือสารละลายเบนโทนที่ช่วยในการป้องกันการพังทลายของผนังหลุมเจาะ. โดยการใช้วิธีการwash boringเช่นกัน.

การเก็บตัวอย่างดินได้กระทำทุก ๆ ช่วงความลึก1.5เมตร โดยแยกเป็น2วิธีคือ (1)การเก็บตัวอย่างดินแบบถูกรบกวนบ้าง(undisturbed samples)ซึ่งใช้สำหรับชั้นดินเหนียวอ่อนถึงแข็ง(soft to medium clay)โดยการใช้แท่งกระบอกบาง(Thin wall tube)ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง2.5นิ้ว ค่อย ๆ กดลงไปในชั้นดินเหนียวและ (2)การเก็บตัวอย่างแบบถูกรบกวน(Disturbed samples)ซึ่งใช้สำหรับในชั้นดินเหนียวที่แข็งมากถึงแข็งที่สุด(Very stiff to hard clay)โดยการใช้แท่งกระบอกผ่าซีก(Split spoon sampler)ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก2นิ้ว ที่ใช้ในการทดสอบ SPT(Standard Penetration Test)

การทดสอบSPTได้กระทำทั้งในชั้นทรายด้วย ตามวิธีการทดลองมาตรฐานของ ASTM D1586-84 โดยใช้ค้อนหนัก140ปอนด์มีระยะยกสูงที่ตกกระทบเท่ากับ30นิ้ว ได้ทำการบันทึกค่าจำนวนครั้งของค้อนน้ำหนักตกกระทบที่ทำให้เกิดระยะจมลงเท่ากับ1ฟุต(หรือN-value)ไว้ด้วย ผลการทดสอบที่ได้จากหลุมเจาะหมายเลข1, BH-2, BH-3, และBH-4 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

3.3.2 การทดสอบหาคคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของดิน(Basic index properties)

หลังจาก เก็บตัวอย่างดินแล้ว ให้นำตัวอย่างดินมาทดสอบหาคคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน โดยวิธีการทดสอบมาตรฐานของASTM D2216, 4318, D421&D422, และD2937 ซึ่งเป็นการทดสอบหาปริมาณความชื้น(water content), Atterberg's limitsของดินเหนียว, Grain-size analysis ของดินที่แห้งมีความเชื่อมแน่น(Cohesionless soil)และหน่วยน้ำหนักรวมของดิน (Total unit weight). ผลการทดสอบที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดินในหลุมเจาะหมายเลขBH-1, BH-2, BH-3 และBH-4 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

จากค่าหน่วยน้ำหนักรวมของดิน(Total unit weight, γ)ที่ได้จากหลุมเจาะแต่ละหลุมให้นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าหน่วยแรงรวมในแนวตั้ง(Total vertical stress, σ_v). ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาค่าเสถียรภาพของบ่อชุด(Factor of safety against heave, FS.)และการคาดคะเนปริมาณการเคลื่อนตัวค้ำข้างสูงสุดของเข็มพืดต่อไป ผลจากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของหน่วยน้ำหนักรวมของดินจากหลุมเจาะทั้ง4หลุม และค่าหน่วยแรงรวมในแนวตั้งที่ระดับความลึกจากผิวดินจนถึงระดับ-21.0เมตร(ถึงทรายชั้นแรก)ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

3.4 การทดสอบหาคคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินในสนาม

ภายหลังจากการเจาะเสาเข็มแล้วเสร็จงานทั้ง2ชั้น ก่อนจะมีการขุดดินได้ทำการทดสอบดินในสนามโดยต้องปฏิบัติตามวิธีการของสถาบัน เทคนิกรัสเซียแห่ง เอเชีย(AIT) เพื่อหาคคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน ได้แก่ กำลังรับแรงเฉือนของดิน(Undrained Shear Strength)และโมดูลัสการเสียรูปของดิน (Modulus of Deformation). โดยทำการทดสอบField vane shear test และ Pressuremeter testตามลำดับในระหว่างการทดสอบการเลือกตำแหน่งการทดสอบกระทำได้ลำบาก เนื่องจากอยู่ในระหว่างการเตรียมการของผู้ดำเนินการก่อสร้างจึงได้เลือกตำแหน่งการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่3.2 รายละเอียดการทดสอบมีดังนี้

หน่วยแรงรวมในแนวตั้ง (Total vertical stress, σ_v) ถึงระดับ

ความลึก 33

ความลึก 21 เมตร

Depth (m.)	γ (t/cu.m)	σ_v (t/sq.m)
2.30	1.60	3.68
3.00	1.60	5.10
4.00	1.58	6.69
4.50	1.58	7.48
6.00	1.56	9.83
7.00	1.56	11.39
9.00	1.56	14.51
9.50	1.58	15.30
11.30	1.59	18.15
12.00	1.59	19.27
15.00	1.76	24.50
18.00	1.94	30.42
21.00	2.08	36.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.1 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินโดยField vane shear test(FVT)

3.4.1.1 ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

เครื่องมือที่ทดสอบเป็นแบบSelf borer geonor field vane shearซึ่งมีใบมีด4ใบ ขนาดความสูงของใบมีดเท่ากับ127มิลลิเมตร กว้าง63.5มิลลิเมตร มีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของใบมีดเท่ากับ 2.

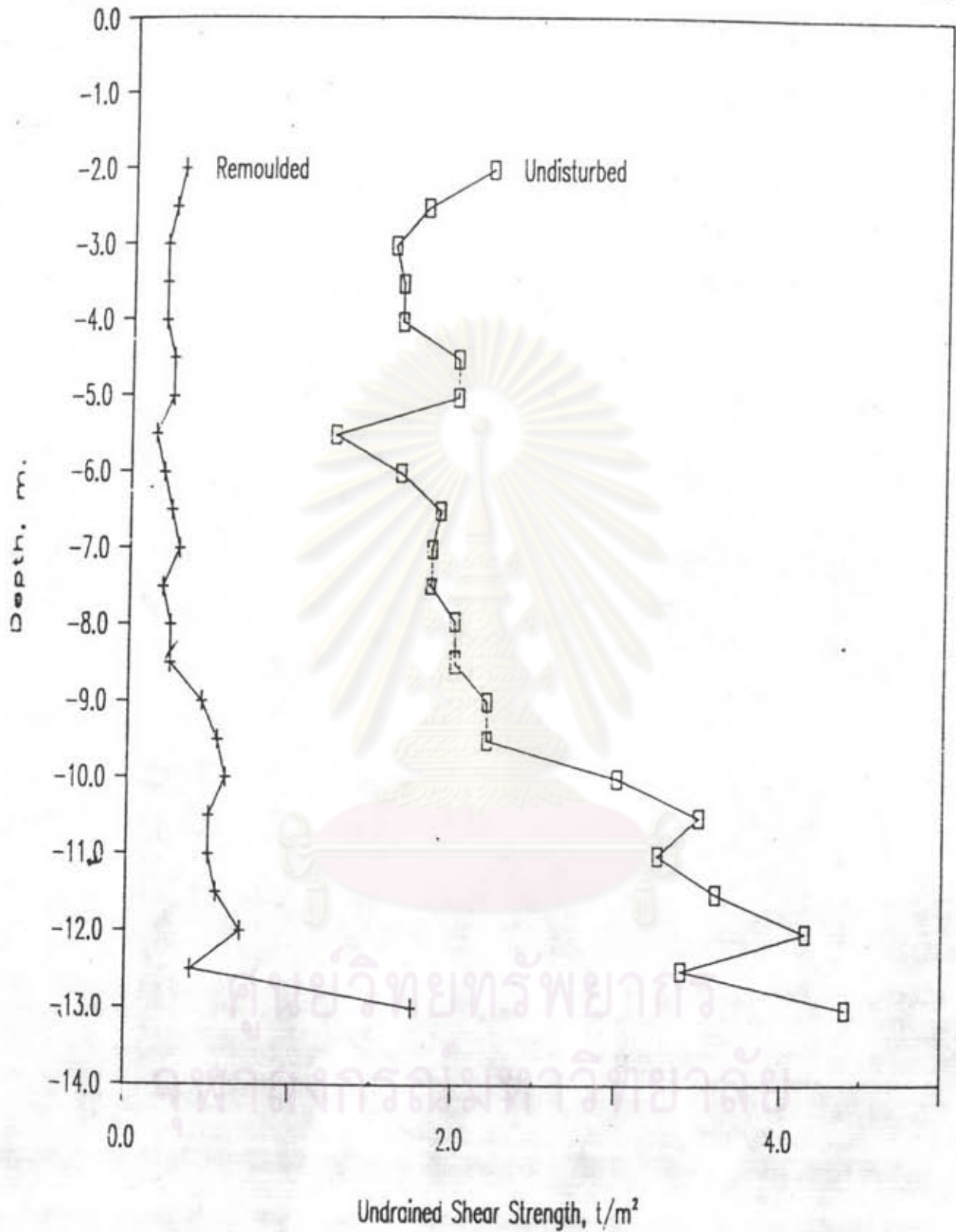
3.4.1.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบได้กระทำเฉพาะในช่วงชั้นดินเหนียวอ่อนถึงแข็งปานกลาง(Soft to medium clay)สามารถทดสอบได้โดยไม่ต้องใช้ปลอกเหล็กและการเจาะหลุมมาก่อน(without casing and preboring)โดยเริ่มทดสอบที่ระดับความลึกจากดินเดิม2.0เมตรทุก ๆ ระยะความลึก0.50เมตรจนถึงความลึก13.0เมตร. การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินได้กระทำทั้งแบบที่ถูกรบกวนน้อยที่สุด และแบบถูกรบกวน(Undisturbed and remoulded shear strength)โดยการใช้ค่าอัตราการเฉือน(หรืออัตราการหมุนของใบมีด)ที่คงที่เท่ากับ6องศาต่อนาที สำหรับแบบUndisturbed และ150-190องศาต่อนาทีสำหรับแบบRemoulded(เร็วกว่าแบบUndisturbed25-32เท่า). ค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ทดสอบได้ทั้ง2แบบ และค่าความไวตัว(Sensitivity) แสดงไว้ในรูปที่3.8 และ3.9 ตามลำดับ

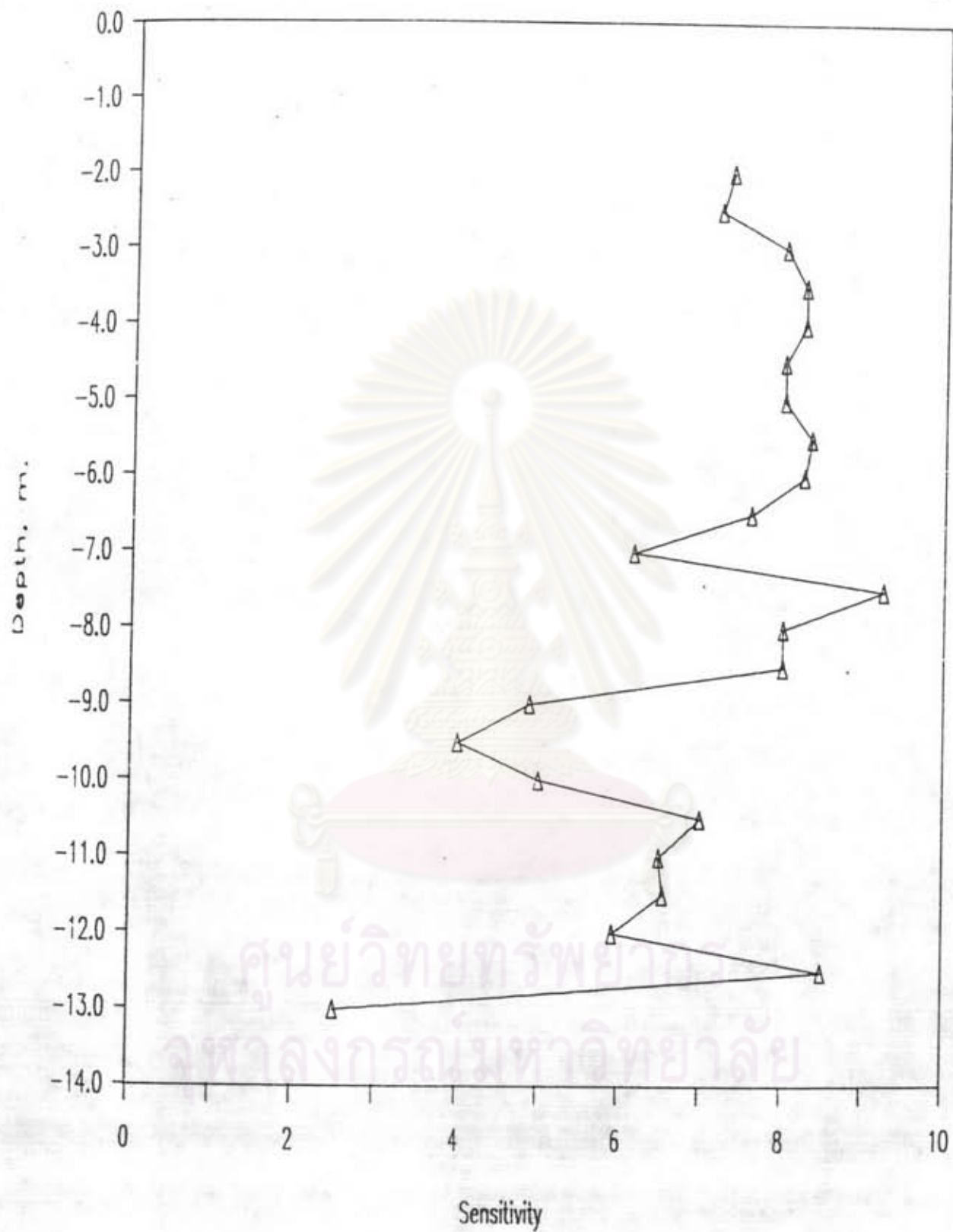
3.4.2 การทดสอบPressuremeter test

3.4.2.1 ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

เครื่องมือทดสอบPressuremeter testที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบ(Lateral Load Tester, LLT) type M model4165(mono cell type)ซึ่งผลิตโดย OYO



รูปที่ 3.8 ผลการทดสอบ Field vane shear test (FVT).



รูปที่ 3.9 ค่าความไวของดิน (Sensitivity) จากการทดสอบ FVT.

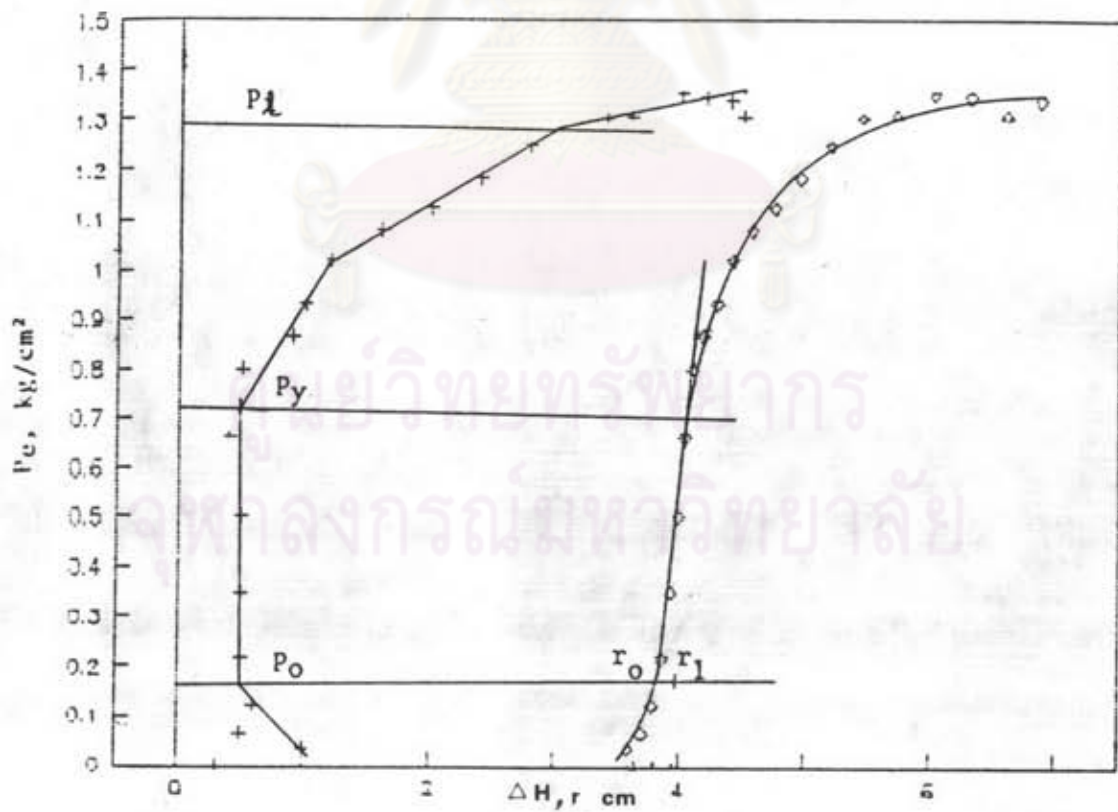
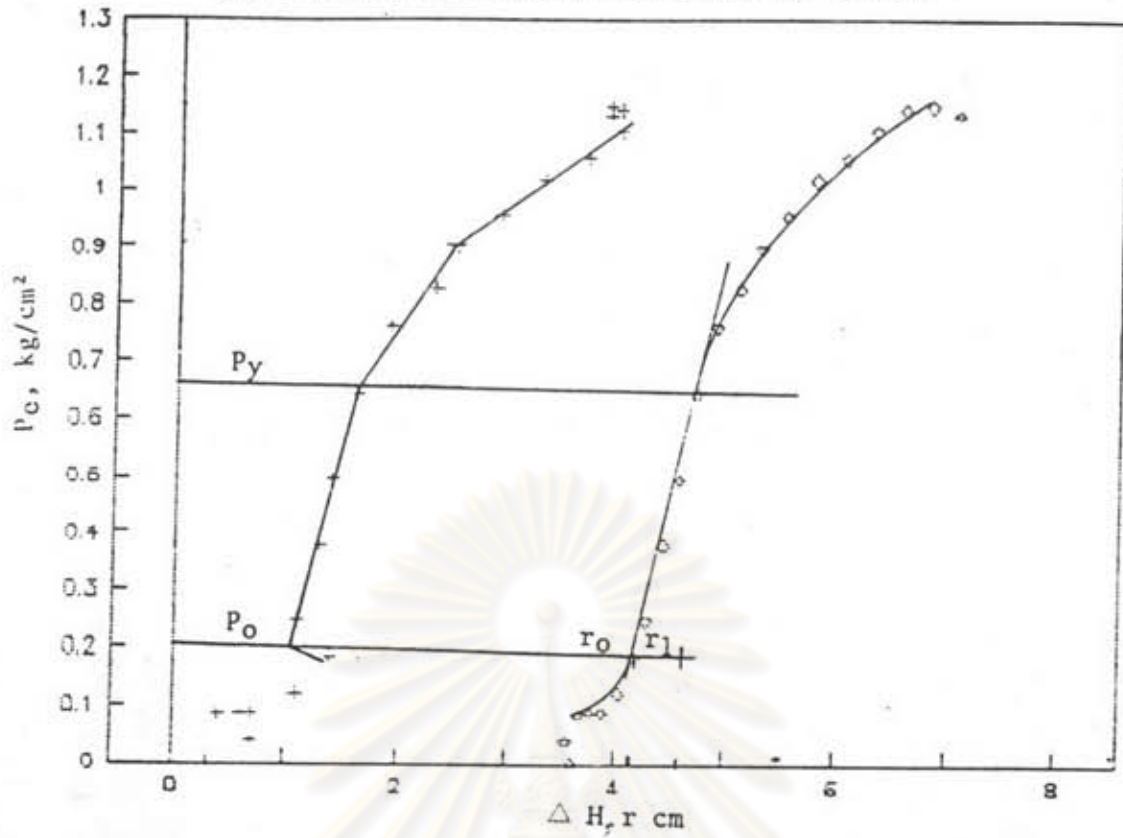
corporation แห่งประเทศญี่ปุ่น. วัตถุมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของProbeเท่ากับ70มิลลิเมตร ยาว 600มิลลิเมตร. รายละเอียดของเครื่องมือ แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ในหัวข้อที่ก.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือ.

3.4.2.2 วิธีการทดสอบ

ได้ทำการทดสอบPressuremeter testในชั้นดินเหนียวอ่อนถึงแข็งทุกระดับความลึก3.0เมตร ได้เท่ากับความลึก 3, 6, 9, 12, 15, 18, และ21เมตร ตามลำดับโดยดำเนินการตามวิธีที่เสนอโดย OYO Corporation. รายละเอียดการทดสอบ แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ในหัวข้อที่ก.2 ถึง ก.5

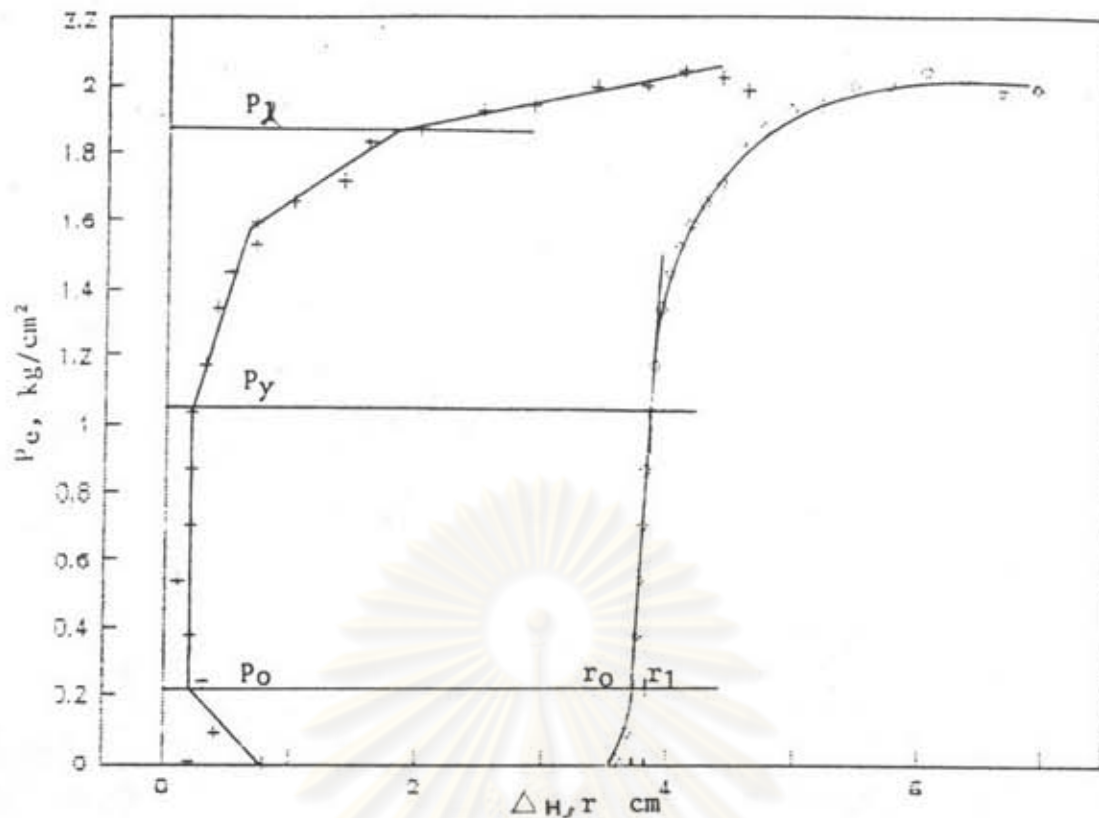
ในการเตรียมหลุมเจาะก่อนทำการทดสอบ(Preboring)นั้นได้ใช้วิธีwash boringซึ่งมีความเหมาะสมใช้ได้กับการทดสอบPressuremeter testทั้งในดินเหนียวอ่อนและแข็ง ตามที่ผู้ศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ Huang(1980) กล่าวว่า การเตรียมหลุมเจาะโดยวิธีwash boringใช้ได้กับดินเหนียวแข็ง(Stiff clay) และSurya(1981) พบว่าการเตรียมหลุมเจาะโดยวิธีwash boringเป็นวิธีที่เพิ่มผลที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เหมาะสำหรับการทดสอบหาค่าโมดูลัสการเสียรูปของดิน(Modulus of deformation)และสามารถใช้ได้กับดินเหนียวอ่อน(Soft clay).

ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่3.10 (ก), (ข), (ค), (ง), (จ), (ฉ) และ(ช) ซึ่งได้จากการทดสอบที่ระดับความลึกจากผิวดินเท่ากับ3, 6, 9, 12, 15, 18 และ21เมตร ตามลำดับ. ตารางที่3.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ของดินที่ได้จากการทดสอบในแต่ละระดับความลึก ได้แก่ค่าของหน่วยแรงดินด้านข้างในสภาพอยู่นิ่ง(Lateral earth pressure at rest), หน่วยแรงที่จุดคลาก(Yield pressure, P_y), หน่วยแรงสุทธิที่ภาวะลื่นขีด(Net limit pressure, P_{L*}), โมดูลัสยืดหยุ่น(Modulus of elasticity, E_p) และกำลังรับแรงเฉือน(undrained shear strength, S_{up}). วิธีการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของดินเหล่านี้จากการทดสอบPressuremeter test ได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวกก. ในหัวข้อที่ก.6 การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

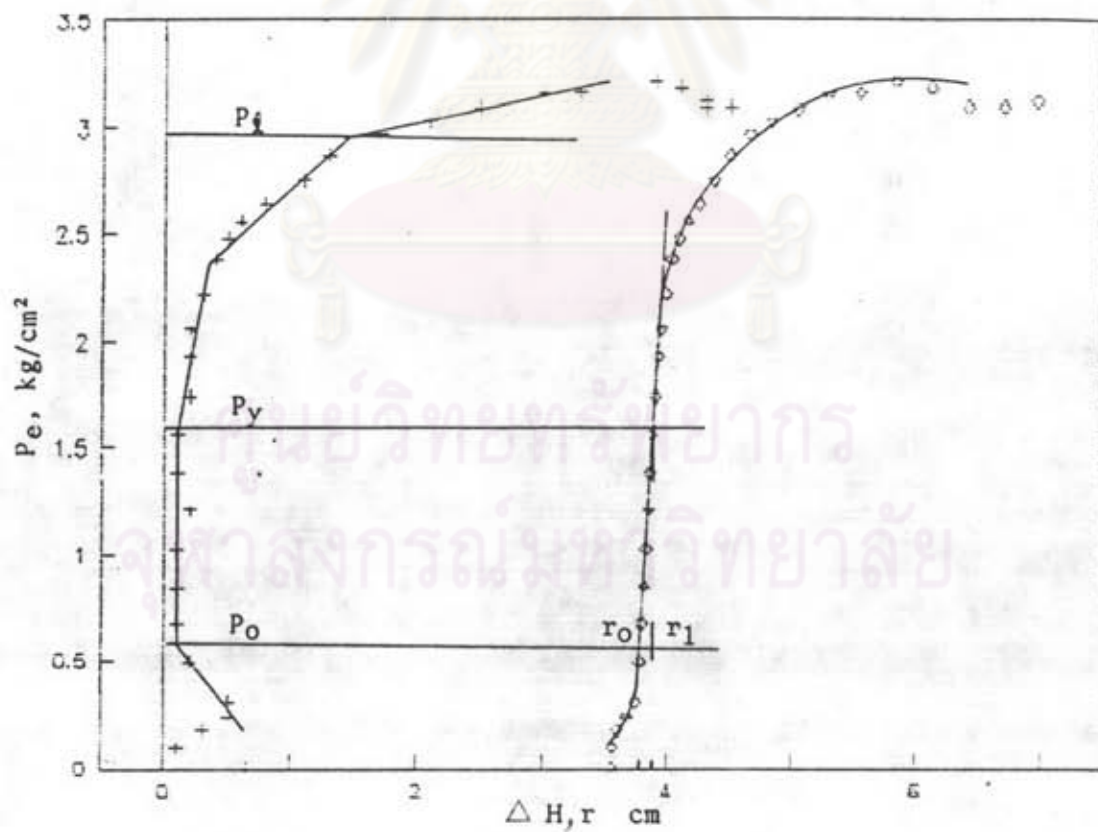


รูปที่ 3.10 ผลทดสอบ Pressuremeter test ที่ระดับความลึก (ก)3เมตร (ข)6เมตร

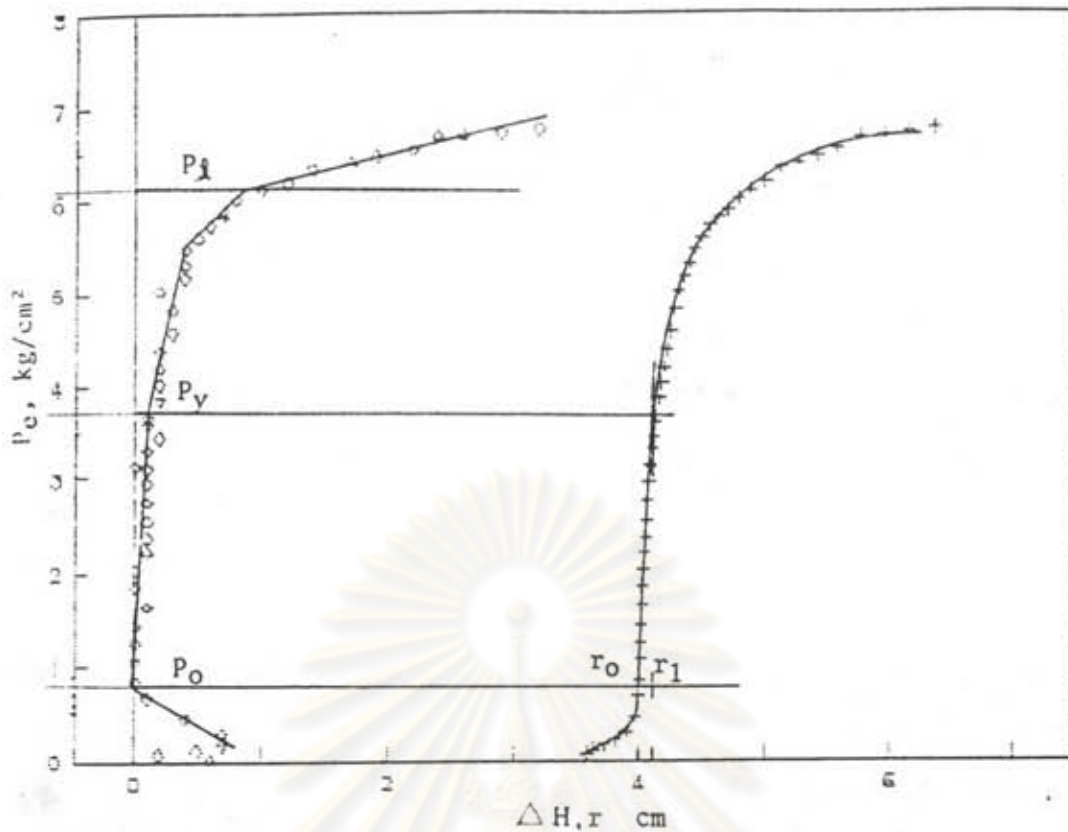
(ค)9เมตร (ง)12เมตร (จ)15เมตร (ฉ)18เมตรและ(ช)21เมตร



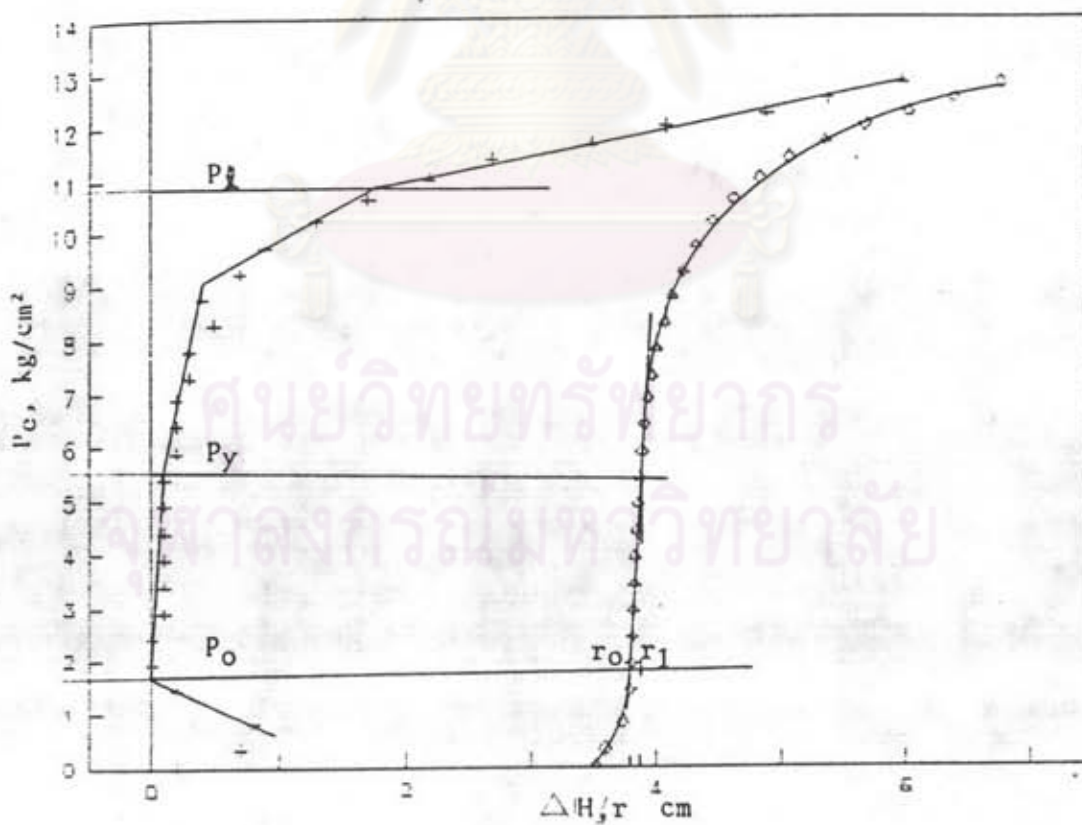
(ค) ผลทดสอบ Pressuremeter test ที่ความลึก 9 เมตร



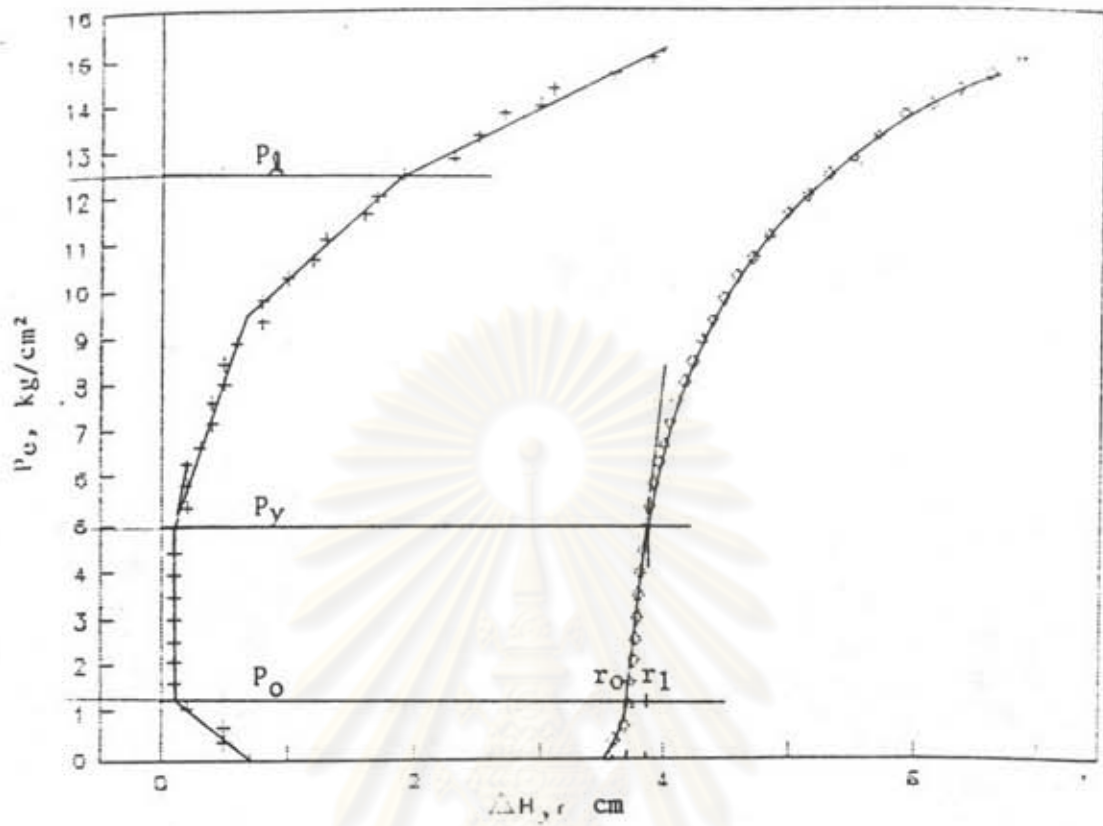
(ง) ผลทดสอบ Pressuremeter test ที่ความลึก 12 เมตร



(จ) ผลทดสอบ Pressuremeter test ที่ความลึก 15 เมตร



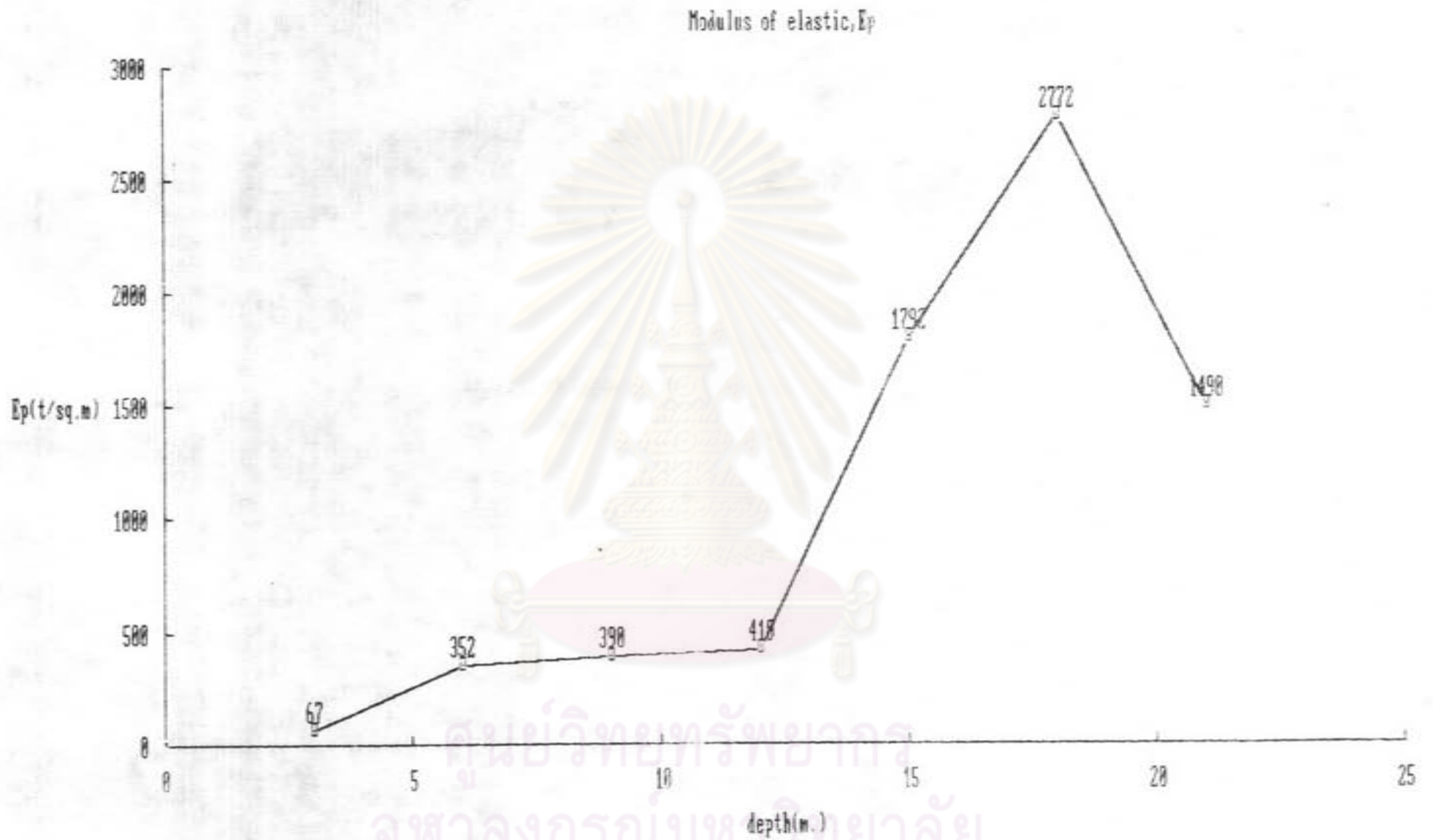
(ฉ) ผลทดสอบ Pressuremeter test ที่ความลึก 18 เมตร



(ข) ผลทดสอบ Pressuremeter test ที่ความลึก 21 เมตร

รูปที่ 3.10(ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 โมดูลัสของหินจากการทดสอบ Pressuremeter test.

ค่าของพารามิเตอร์ พารามิเตอร์	ที่ระดับความลึกจากผิวดิน (เมตร)						
	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0
Po (t/m ²)	2.10	1.70	2.20	5.80	8.00	17.10	12.40
P _y (t/m ²)	5.80	5.50	8.30	10.20	29.50	38.60	36.90
P _l * (t/m ²)	8.90	11.20	16.40	23.90	53.30	91.40	112.60
E _p (t/m ²)	67	352	390	419	1792	2772	1490
S _{up} (t/m ²)	2.95	2.26	3.56	5.69	10.59	18.64	29.43
Ko	0.81	0.39	0.37	0.75	0.80	1.32	0.78

หมายเหตุ Po=lateral earth pressure at rest(ในเทอมของeffective stress)

E_p=คำนวณจากค่าPoisson's ratio=0.50(สำหรับSaturated clay)

S_{up}=ที่ได้จากการคำนวณจากผลการทดสอบPressuremeter test ที่ได้ขึ้นมา

วิเคราะห์ในการวิจัยนี้

P_y=หน่วยแรงที่จุดคลาก(Yield pressure)

P_l*=หน่วยแรงสุทธิที่สภาวะลื่นไถล(Net limit pressure)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 การศึกษาคั้งอุปรณให้ใช้ทดสอบในสนาม

ภายหลังการเจาะเสาเข็มแล้วเสร็จงานทั้ง 2 วิชา ก่อนที่จะเริ่มมีการขุดดินใต้ดำเนินการคั้งอุปรณเพื่อวัดปริมาณการทรุดตัวที่ผิวดิน, ปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มปักและ วัดระดับน้ำใต้ดิน. ตำแหน่งการคั้งอุปรณเหล่านี้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 รายละเอียดการคั้งอุปรณมีคั้งนี้

3.5.1 การคั้งคั้งหมุ่วัดการทรุดตัวที่ผิวดิน(Settlement Points)

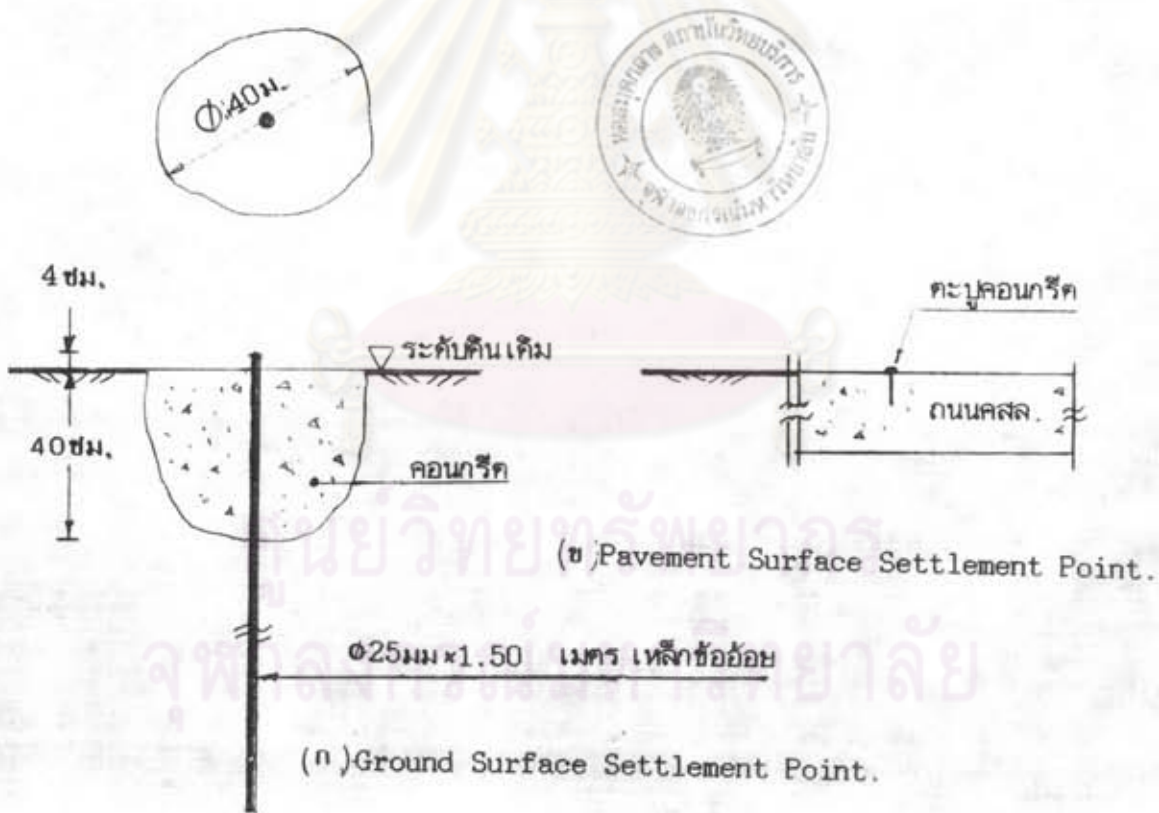
การคั้งคั้งหมุ่วัดการทรุดตัวที่ผิวดินของการวิจัยนี้ ได้ทำการคั้งคั้งรอบสถานที่ก่อสร้างตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ที่จะ เอื้ออำนวย. เนื่องจากบริเวณรอบสถานที่ก่อสร้างมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัดกล่าวคือ มีถนนและอาคารข้างเคียงรอบคั้ง 4 ด้าน คั้งที่ปักกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของสถานที่ทำการวิจัย(ดูรูปที่ 3.2 ประกอบ). คั้งนั้นการคั้งคั้งหมุ่วัดการทรุดตัวที่ผิวดินที่ใช้ในการวิจัยนี้จึงมี 2 ชนิด คือ (1) หมุ่วัดการทรุดตัวที่ผิวดิน(Ground surface settlement points) และ (2) หมุ่วัดการทรุดตัวที่ผิวถนน(Pavement surface settlement points) รายละเอียดของหมุ่วัดการทรุดตัวทั้ง 2 ชนิดนี้แสดงไว้ในรูปที่ 3.13(ก) และ(ข)ตามลำดับ. ในการวิจัยนี้ได้สมมติว่าปริมาณการทรุดตัวที่ผิวดินและปริมาณการทรุดตัวที่ผิวถนนมีค่าเท่ากัน คั้งนั้นในคั้งใบนี้ปริมาณการทรุดที่ผิวทั้ง 2 ชนิดนี้จะหมายถึง ปริมาณการทรุดตัวที่ผิวดินหรือ Surface settlement (δ_v)

การวัดการทรุดตัวที่ผิวดินได้ทำการวัดประจำทุกสัปดาห์ ๆ ละครั้ง โดยการใช้กล้องระดับทุกครั้งที่ได้ทำการวัดได้ถ่ายระดับจากหมุ่ระดับอ้างอิง(Bench Mark, BM)เดียวกันซึ่งอยู่ที่อาคารเบทยก 1 (ห่างจากพื้นที่ก่อสร้างประมาณ 100 เมตร). การวัดปริมาณการทรุดตัวที่ผิวดินได้กระทำในวันเดียวกับการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มปัก.

ลักษณะของการคั้งคั้งหมุ่วัดการทรุดตัวที่ผิวดินได้คั้งคั้ง เป็น 2 ลักษณะคือ (1) แนวทดสอบที่คั้งฉากกับแนว เข็มปัก ซึ่งคั้งใบจะ เรียกว่าแนวทดสอบตามขวาง(Test Sections) และ (2) แนวทดสอบตามความยาวของแนว เข็มปักซึ่งคั้งใบจะ เรียกว่า แนวทดสอบตามยาว(Test alignments).



รูปที่ 3.12 ลักษณะการติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดิน (Settlement Points) ของแนวทดสอบตามขวาง (Test Sections) ใด ๆ.



รูปที่ 3.13 รายละเอียดของหมุดวัดการทรุดชนิด (ก) Ground Surface Settlement Point, GS และ (ข) Pavement Surface Settlement Point, PS

3.5.1.1 แนวทดสอบตามขวาง(Test sections)

จุดประสงค์ของการติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวของผิวดินบนแนวทดสอบตามขวางนี้ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการทรุดตัวของผิวดินหลัง เข็มที่คว่ำมีพฤติกรรมการทรุดตัวทางด้านรูปร่าง(Shape) อย่างไร, ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดที่ผิวดิน(Maximum Surface Settlement, ϵ_{vmax}) และปริมาณที่เกิดการทรุดตัวที่ผิวดิน(Surface Settlement, ϵ_v) เนื่องจากงานชุกขนาดลึกล้น มีช่วงระยะห่างจากหลัง เข็มที่คว่ำเป็นเท่าใด.

การติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวของผิวดินบนแนวทดสอบตามขวางนี้ได้ติดตั้งไว้ทั้งหมด 4แนว แนวละ 5หมุดรวม 20หมุด แต่ละหมุดมีระยะห่างจากหลัง เข็มที่คว่ำเป็น 2.5, 5.0, 7.5, 12.5 และ 22.5 เมตร ตามลำดับ. (ดูรูปที่ 3.12 ประกอบ) ระยะห่างของหมุดที่ติดตั้งนี้ได้ดำเนินการตามข้อเสนอแนะของGoldberg, Jaworski และ Gordon(1976). ส่วนรายละเอียดของหมุดวัดการทรุดตัวของผิวดินดำเนินการตามข้อเสนอแนะของDunnicliff และGreen(1988).

สำหรับในการวิจัยนี้ได้เรียกชื่อหมุดวัดการทรุดตัวของผิวดินดังนี้จะใช้หมายเลขของแนวทดสอบตามขวางนำหน้าอักษร a, b, c, d และ e ของหมุดที่ห่างจากหลัง เข็มที่คว่ำเป็นระยะ เท่ากับ 2.5, 5.0, 7.5, 12.5 และ 22.5 เมตร ตามลำดับ เช่น หมุด 1a, 1b, 1c, 1d และ 1e คือหมุดวัดการทรุดตัวของผิวดินบนแนวทดสอบตามขวางหมายเลข(1) ซึ่งมีระยะห่างจากหลัง เข็มที่คว่ำเท่ากับ 2.5, 5.0, 7.5, 12.5 และ 22.5 เมตร ตามลำดับเป็นต้น

แนวทดสอบตามขวางนี้แยกออกเป็น 2โซนคือ (1)โซนแรกซึ่งชุกดินลึก 9.5 เมตร และ (2)โซนที่ 2 ซึ่งชุกดินลึก 11.3 เมตร เหตุผลที่แยกเป็น 2โซน คือขนาดความลึกของการชุก และ เวลาการเริ่มงานก่อสร้างแตกต่างกัน. โซนแรกจะมีแนวทดสอบตามขวางเพียงแนวเดียวคือแนวหมายเลข(1) [Test section no.(1)] ส่วนโซนที่ 2 จะมีแนวทดสอบตามขวาง 3แนว คือแนวหมายเลข(2), (3) และ(4) [Test section no.(2), (3)&(4)]. ตารางที่ 3.5(ก) และ(ข)แสดงหมุดวัดการทรุดตัวของผิวดินของโซนแรกและโซนที่ 2 ตามลำดับ

3.5.1.2 แนวทดสอบตามยาว(Test alignments)

จุดประสงค์ของการติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดินบนแนวทดสอบตามยาวนี้เพื่อใช้ตรวจสอบปริมาณการทรุดตัวที่ผิวดินและ เป็นการช่วยเตือนให้ผู้ดำเนินการก่อสร้างมีความระมัดระวังในการทำงานในส่วนที่นำได้มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดการงัดตัวของ เข็มพิคด้วยInclinometer ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยง่ายและไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดต่ออาคารข้างเคียงได้ ดังนั้นการทำTest alignmentsนี้จึงมีความจำเป็นโดยเฉพาะการก่อสร้างชั้นใต้ดินที่มีอาคารข้างเคียงอยู่โดยรอบเพราะการทรุดตัวที่ผิวดินจะ เกิดควบคู่กับการ เคลื่อนตัวด้านข้าง (Laterale Movement) หากทราบความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวที่ผิวดินกับการ เคลื่อนตัวด้านข้างของดินแล้วจะช่วยให้สามารถประเมินค่าการ เคลื่อนตัวด้านข้างของดินได้ อันจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ออกแบบในการกำหนดวิธีการก่อสร้าง เพื่อนำต่ออาคารข้างเคียงได้รับความเสียหาย.

ในการวิจัยนี้ได้ติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดินไว้โดยรอบพื้นที่ มีระยะห่างของแต่ละหมุดประมาณ10 เมตร โดยแต่ละหมุดอยู่ห่างจาก เข็มพิค เท่ากับ2.5และ5 เมตร (ยกเว้นบางหมุด เช่นหมุดที่หมายเลข 5, 6 และ 7 ห่างจากหลัง เข็มพิคประมาณ16 เมตร)

หมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดินบนแนวทดสอบตามยาวนี้จะแยกออก เป็น2โซน เช่นเดียวกันกับแนวทดสอบตามขวางข้างต้นโดย (1)โซนแรกประกอบด้วยหมุดหมายเลข13ถึง21 จำนวน9หมุดและ (2)โซนที่2ประกอบด้วยหมุดหมายเลข1ถึง12 จำนวน12หมุด. ตารางที่3.5(ก) และ(ข) แสดงหมุดการวัดตัวที่ผิวดินของโซนแรกและโซนที่2 ตามลำดับ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5(ก) โปรแกรมการติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดินและ
Inclinometer วัดการโก่งตัวของ เข็มทิศ. สำหรับโซนแรก
(จุดกินลึก 9.5 เมตร)

การวัดปริมาณ	แนวทดสอบ / อุปกรณ์	รายละเอียดการติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดินและ Inclinometer					
1) การทรุดตัวที่ผิวดิน δ_v	Test Section	Test Section no.(1) ทิศเหนือ					
		-ชื่อหมุด	1a	1b	1c	1d	1e
		-D(ม.)	2.5	5.0	7.5	12.5	22.5
		ชนิด	ps	ps	ps	ps	ps
	Test alignment	Test alignment-ทิศตะวันตก					
		-ชื่อหมุด	13	14	15	16	-
		-D(ม.)	2.5	2.5	2.5	5.0	-
		ชนิด	ps	ps	ps	ps	-
		Test alignment-ทิศเหนือ					
		-ชื่อหมุด	17	18	19	20	21
-D(ม.)	5.0	5.0	5.0	2.5	2.5		
	ชนิด	ps	ps	ps	ps	ps	
2) การโก่งตัวของเข็มทิศ, δ_H	Inclino	-ชื่อ	I1	-	-	-	-
		-ทิศ	ตะวันตก	-	-	-	-

- หมายเหตุ - D คือระยะห่างจากหลังเข็มทิศของ Settlement Point นั้น
- ชนิด คือชนิดของหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดิน (Settlement Point);
 - ps-Pavement surface settlement point
 - GS-Ground Surface settlement point
 - เริ่มวัดปริมาณ δ_v และ δ_H เมื่อวันที่ 4 เม.ย. 2534 (Initial Set, วันที่ 0) สำหรับโซนแรก.

ตารางที่ 3.5 (ข) โปรแกรมการติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดินและ Inclinometer วัดการโก่งตัวของเข็มพิค. สำหรับโซนที่ 2 (ขุดดินลึก 11.3 เมตร)

การวัดปริมาณ	แนวทดสอบอุปกรณ์	รายละเอียดการติดตั้งหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดินและ Inclinometers.						
1) การทรุดตัวที่ผิวดิน, δ_v	Test Section	Test Section no.(2) - ทิศใต้						
		- ชื่อหมุด	2a	2b	2c	2d	2e	-
		- D(ม)	2.5	5.0	7.5	12.5	22.5	-
		- ชนิด	GS	GS	PS	PS	PS	-
		Test Section no.(3) ทิศตะวันออก						
		- ชื่อหมุด	3a	3b	3c	3d	3e	-
		- D(ม)	2.5	5.0	7.5	12.5	22.5	-
		- ชนิด	GS	GS	GS	GS	GS	-
		Test Section no.(4) ทิศใต้						
		- ชื่อหมุด	4a	4b	4c	4d	4e	-
		- D(ม)	2.5	5.0	7.5	12.5	22.5	-
		- ชนิด	GS	GS	GS	PS	PS	-
Test alignment	Test alignment	Test alignment - ทิศใต้						
		- ชื่อหมุด	1	2	3	4	5	6
		- D(ม)	5.0	5.0	5.0	5.0	16.0	16.0
		- ชนิด	PS	PS	PS	PS	PS	PS
		Test alignment - ทิศตะวันตก						
		- ชื่อหมุด	7	8	9	10	11	12
- D(ม)	16.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
- ชนิด	PS	PS	PS	PS	PS	PS		
2) การโก่งตัวของเข็มพิค, δ_h	Incline	- ชื่อ	12	13	14	-	-	-
		- ทิศ	ใต้	ออก	ตก	-	-	-

หมายเหตุ: -D คือระยะห่างจากหลังเข็มพิคของ Settlement Point นั้น ๆ

-ชนิด คือ ชนิดของหมุดวัดการทรุดตัวที่ผิวดิน (Settlement Point);

3.5.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มทิศโดย Inclinometer

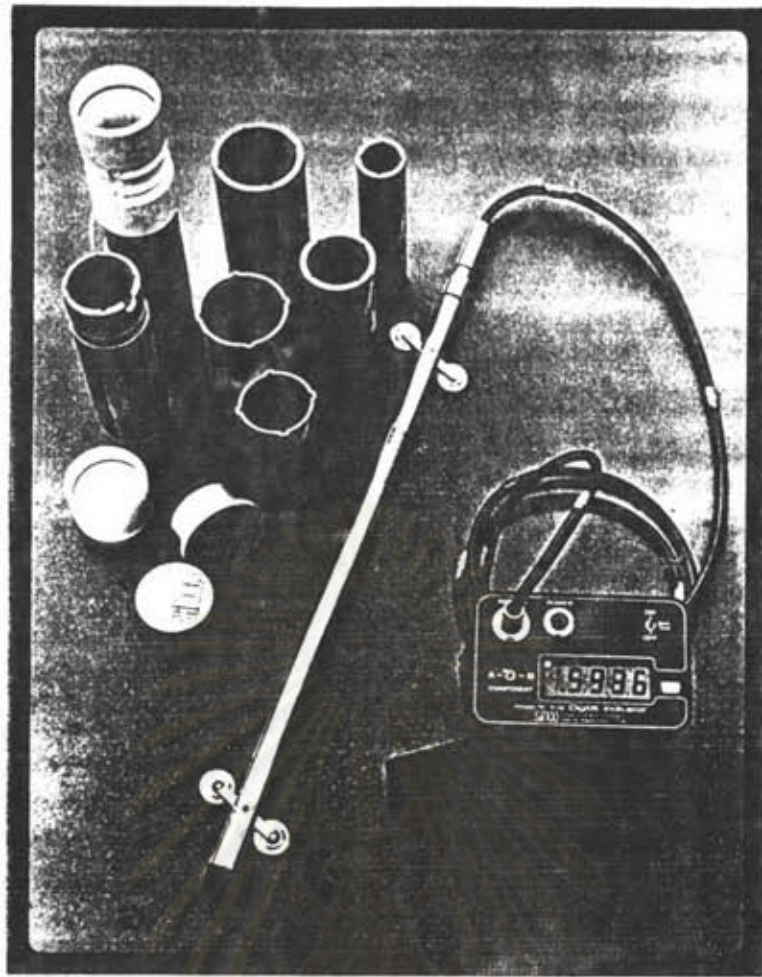
ได้ทำการติดตั้ง Inclinometer ติดกับหลังของ เข็มทิศมีความยาวเท่ากับ 18 เมตร (เท่าความยาวของ เข็มทิศ) จำนวน 4 จุด แยกเป็นติดตั้งใน (1) ฐานแรกจำนวน 1 จุด คือ I1 และ ฐานที่ 2 จำนวน 3 จุด คือ I2, I3 และ I4. การวัดปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มทิศได้กระทำทุกสัปดาห์ ๖ ละครั้ง (ในวันเดียวกันกับการวัดปริมาณการทรุดตัวที่ผิวดิน) โดยวัดทุกช่วงความลึก 2 จุด.

3.5.2.1 ชนิดของอุปกรณ์

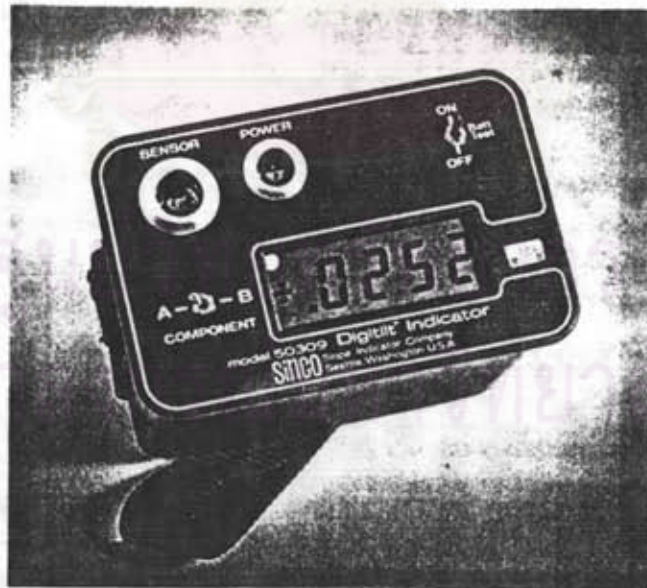
Inclinometer ที่ติดตั้งในการวิจัยนี้เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Senco แห่งสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วยส่วนสำคัญส่วน คือ (1) หัวส่งหรือ Sensor เป็นรุ่น Model 50325 สามารถป้องกันน้ำได้ขณะที่ทำการวัดค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มทิศ. (2) จอแสดงผลหรือ Digital indicator อ่านค่าได้ละเอียดถึง ± 0.02 มิลลิเมตรต่อช่วงความลึก 500 มิลลิเมตร. (3) สายเคเบิลและ อุปกรณ์ช่วย (Cable and accessories) จะมีการทำเครื่องหมายบอกระยะไว้ทุก ๆ 2 จุด และ (4) ท่อวัดความเอียงและฝาปิด (Casing of inclinometer tube and end cap) เป็นท่อ PVC มี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอก เท่ากับ 59 และ 70 มิลลิเมตร แต่ละท่อนยาว 6 เมตร ภายในท่อนี้จะถูกทำเป็นร่องจำนวน 4 ร่อง ในทิศทางตั้งฉากกัน ร่องนี้มีไว้สำหรับหย่อน Sensor ลงไปเพื่อทำการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มทิศ รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประกอบของ Inclinometer.

3.5.2.2 วิธีการติดตั้งอุปกรณ์

การติดตั้ง Inclinometer ในการวิจัยนี้ ได้ติดตั้งกับหลังของ เข็มทิศ โดยก่อนที่จะกดเข็มทิศด้วย Vibro hammer นั้น ได้นำท่อเหล็กป้องกันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาว 6 เมตร จำนวน 3 ท่อน (รวมความยาว 18 เมตร) มาเชื่อมยึดติดกับหลัง เข็มทิศด้วยแผ่นเหล็กหนา 12 มม. ยาว 20 ซม ทั้ง 2 ข้างของท่อเหล็กป้องกันทุก ๆ ระยะ 2 เมตร. ที่ปลายล่างของท่อเหล็กป้องกันนี้ทำเป็น

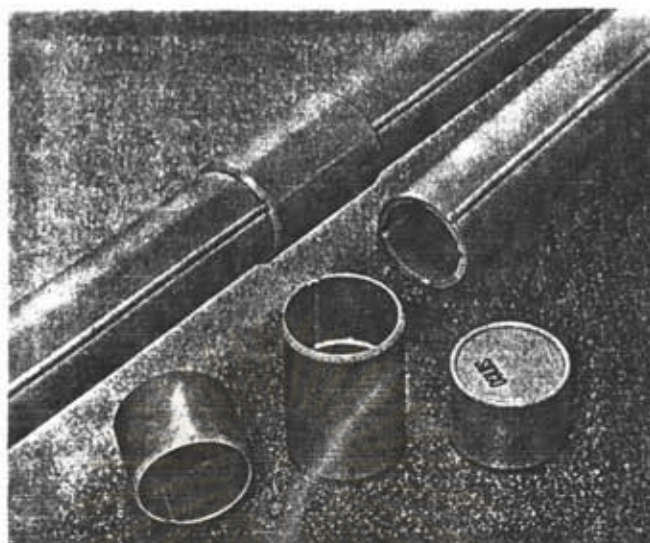


(ก) แสดงส่วนประกอบของInclinometer.



(ข)จอแสดงผลหรือDigital indicator

รูปที่ 3.14 Inclinometer (ก)ชุดของInclinometer (ข)จอแสดงผล (ค)ท่อวัดความเอียง และ(ง)อุปกรณ์ช่วย



(ค) ท่อวัดความเอียงและฝาปิด

(Casing of inclinometer tube and end cap)



(ง) อุปกรณ์ช่วย (accessories)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปลายเร็วเพื่อสะดวกในการกดเข็มทิศ. จากนั้นทำการกดเข็มทิศพร้อมกับท่อเหล็กป้องกัน(ซึ่งยึดติดกับเข็มทิศ)นี้ลงไปจนถึงระดับลึกจากดินเดิมประมาณ17-17.5เมตร ด้วยVibro hammer ขนาด7ตัน.

เมื่อจะติดตั้งท่อวัดความเอียง(Casing of inclinometer) ทำได้โดยนำเบนโทนาท์สเลอร์รี่(ที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะทั่วไป)ความเข้มข้น5เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มาผสมเข้ากับบอร์คแลนคซีเมนต์ด้วยอัตราส่วนของบอร์คแลนคซีเมนต์ต่อ เบนโทนาท์สเลอร์รี่เท่ากับ3:1 (โดยน้ำหนัก)โดยการใช้ร่ม(น้ผสมคอนกรีตทั่วไป) อัตราส่วนผสมนี้ใช้ตามข้อเสนอนี้ของชนะ (2534) ซึ่งได้ศึกษาถึงอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการใช้เป็นรอยต่อของผนังใต้ดิน ปริมาณของเบนโทนาท์สเลอร์รี่กับบอร์คแลนคซีเมนต์นี้ต้องคำนวณไว้ล่วงหน้าและเตรียมไว้ให้เพียงพอที่จะกรอกลงในท่อเหล็กป้องกันได้. จากนั้นกรอกส่วนผสมของ เบนโทนาท์สเลอร์รี่กับบอร์คแลนคซีเมนต์ลงในท่อเหล็กป้องกัน นำท่อวัดความเอียงท่อนแรก(ยาว6เมตร)ซึ่งปลายล่างปิดปลายด้วยฝาปิดแล้ว(โดยใช้กาวSolvent Cement, ยึดด้วยRivetและใช้เทปขาวพันรอบนอก) ค่อย ๆ หย่อนลงไปบนท่อเหล็กป้องกันระวังอย่าให้ท่อวัดความเอียงหลุดลงไป จากนั้นนำท่อวัดความเอียงท่อนที่2 มาต่อกับท่อนแรกด้วยปลอกของท่อวัดความเอียงโดยการใช้กาวSolvent Cement, ยึดด้วยRivetและพันรอบนอกด้วยเทปขาว. ค่อย ๆ หย่อนท่อวัดความเอียงลงไปในท่อเหล็กป้องกัน กดลงในส่วนผสมของสเลอร์รี่กับบอร์คแลนคซีเมนต์ในระหว่างนี้หากก้นน้ำเหลวให้ใช้น้ำสะอาดกรอกลงไปในท่อวัดความเอียง เพื่อช่วยลดแรงดันลอยตัว นำท่อวัดความเอียงท่อนที่3 มาต่อกับท่อนที่2 โดยวิธีการเดียวกันกับท่อวัดความเอียงท่อนที่3(ท่อนสุดท้าย)ลงไปในอีกจนกระทั่งเท่ากับกันของท่อเหล็กป้องกัน แล้วยึดปลายบนของท่อวัดความเอียงให้แน่น. จากนั้นทิ้งไว้ราว1สัปดาห์ เพื่อให้ส่วนผสมของ เบนโทนาท์สเลอร์รี่กับบอร์คแลนคซีเมนต์เกิดการSetตัวหลังจากนั้นจะสามารถเริ่มวัดปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มทิศได้.

3.5.3 การติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำใต้ดินโดย Piezometer

Piezometers ถูกติดตั้งไว้ในส่วนของโซนที่2 จำนวน2จุด (ดูรูปที่3.2ประกอบ) ที่ระดับความลึกจากผิวดินเดิมเท่ากับ-7.0 และ-21.0เมตร โดยห้องปฏิบัติการของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย(AIT). สำหรับPiezometerที่ติดตั้งที่ระดับความลึก-21.0เมตร นั้นได้ติดตั้งในหลุมเจาะที่ใช้ทดสอบPressuremeter test.

3.5.3.1 ชนิดของอุปกรณ์

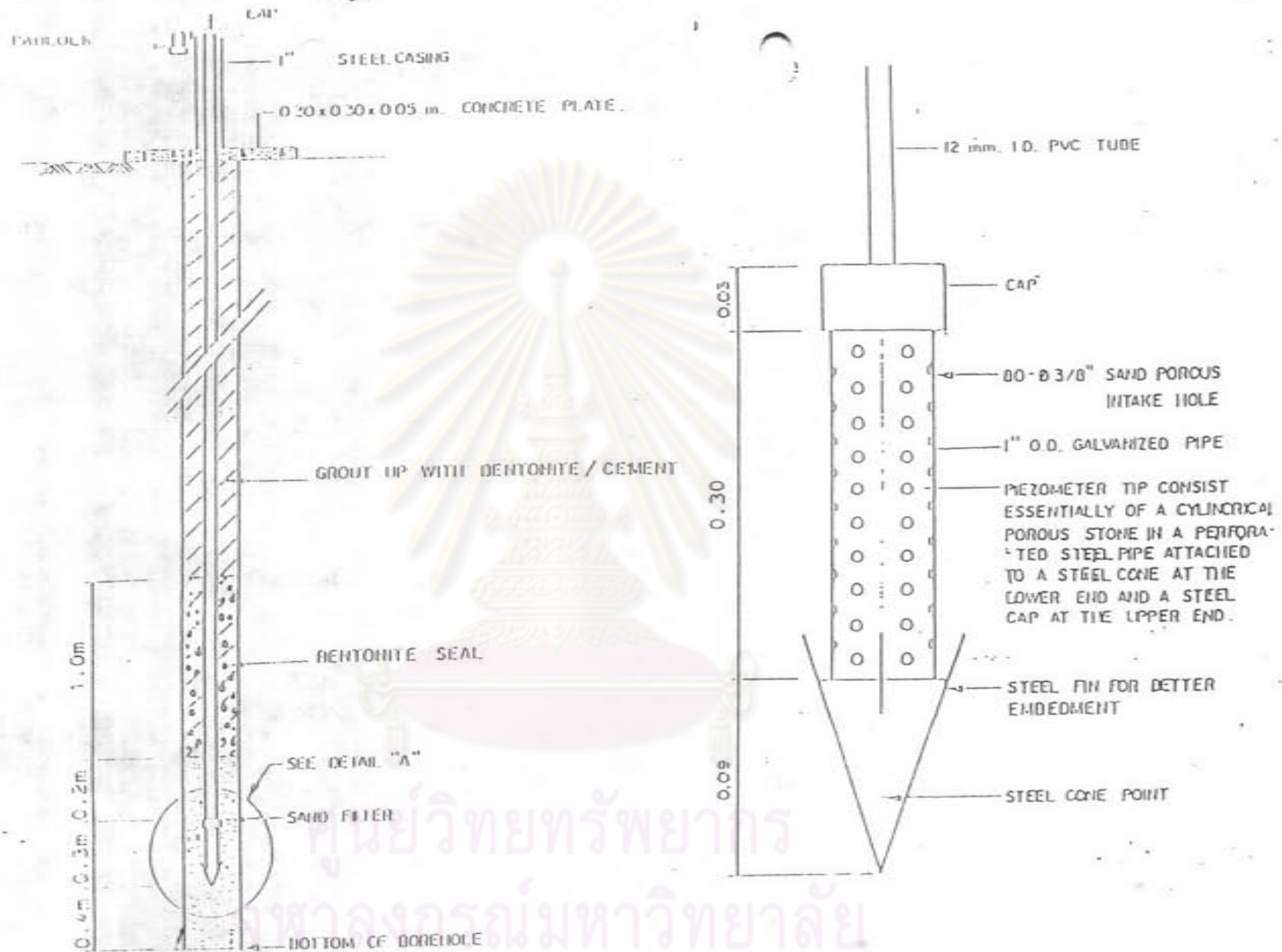
Piezometer ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบ Open Stand Pipe (Casagrande Type) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.15

3.5.3.2 วิธีการวัดระดับน้ำใต้ดิน

ได้ทำการวัดระดับน้ำใต้ดินด้วย piezometers สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง โดยการใช้สายไฟ 2 สาย (ซึ่งต่อเข้ากับโวลต์มิเตอร์) หย่อนลงไปในหลอดของ piezometer เมื่อปลายล่างของสายไฟ 2 สายแตะกับผิวระดับน้ำในหลอด Piezometer หมายถึงสายไฟ 2 สาย นั้นครบวงจร (เนื่องจากน้ำเป็นสื่อไฟฟ้า) จะทำให้เข็มของโวลต์มิเตอร์กระดิกทำการกำกับตำแหน่งบนสายไฟแล้ว วัดค่าระดับน้ำใต้ดิน.

สำหรับการวิจัยนี้ การวิเคราะห์ปัญหาทาง เสถียรภาพของบ่อชุด และการเคลื่อนตัวของดินได้พิจารณาเป็นปัญหาระยะสั้น (Short term condition) กำลังรับแรงเฉือน และโมเมนต์ของดินเป็นแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Condition) และจากผลการวัดระดับน้ำใต้ดิน ด้วย piezometer ที่ระดับความลึก 7.0 เมตร นั้นพบว่ามีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีระดับน้ำใต้ดินที่ระดับ ประมาณ 0.50 เมตร ข้อมูลจากการวัดระดับน้ำใต้ดินด้วย Piezometer แสดงไว้ในตารางที่ 36 และรูปที่ 3.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



SECTION PIEZOMETER

DETAIL "A"

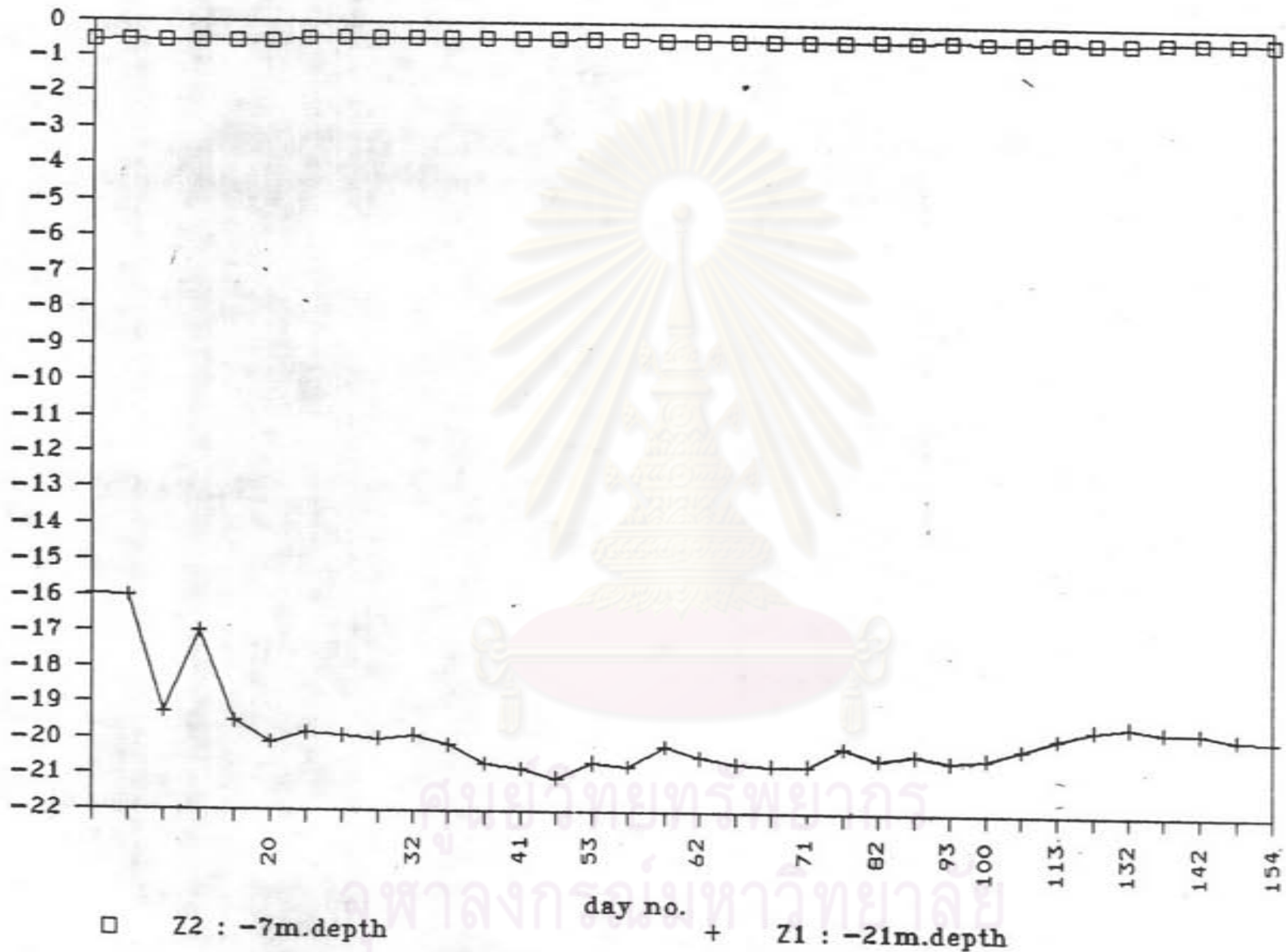
รูปที่ 3.15 รายละเอียดของ Piezometer.

day no.	piezometric level.(m.) (for Z2 : -7m.depth)	piezometric level.(m.) (for Z1 : -21m.depth)
9	-0.56	-15.98
10	-0.54	-16
11	-0.55	-19.28
14	-0.55	-17
18	-0.55	-19.52
20	-0.55	-20.12
23	-0.47	-19.85
26	-0.46	-19.92
29	-0.46	-20
32	-0.46	-19.9
35	-0.46	-20.17
38	-0.46	-20.68
41	-0.46	-20.83
47	-0.46	-21.08
53	-0.44	-20.63
56	-0.44	-20.75
59	-0.48	-20.2
62	-0.48	-20.48
65	-0.48	-20.65
68	-0.48	-20.7
71	-0.48	-20.7
77	-0.48	-20.2
82	-0.46	-20.5
89	-0.47	-20.38
93	-0.45	-20.55
100	-0.47	-20.46
109	-0.46	-20.18
113	-0.44	-19.87
128	-0.46	-19.62
132	-0.46	-19.5
138	-0.39	-19.65
142	-0.4	-19.68
148	-0.4	-19.82
154	-0.41	-19.88

Remark:-open standpipe piezometer.

-day no.: initial set on 20/6/91

piezometric level.(m.)



รูปที่ 3.16 ผลการทดสอบ Piezometer

ในการวิจัยนี้ได้ตั้งโปรแกรมในการทดสอบตามหัวข้อที่ 1.3 ขอบเขตของการวิจัยซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

3.6.1 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมและความสัมพันธ์ของการเคลื่อนตัวด้านข้างของเข็มทิศกับการทรุดตัวที่ผิวดิน (ดูตารางที่ 3.7)

3.6.1.1 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการโก่งตัวของเข็มทิศ

มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับแบบของการเสียรูป (Mode of deformations), ลักษณะรูปร่างของโค้งการโก่งตัว (Shapes of deformation curves) โดยทั่วไปของเข็มทิศและปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างจากผลการทดสอบ Inclinometers

3.6.1.2 การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการทรุดตัวที่ผิวดิน

การวัดค่าการทรุดตัวที่ผิวดินของหมุดวัดการทรุดตัวบนแนวทดสอบตามขวางทั้ง 4 แนว (ตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.5) ได้ดำเนินการศึกษาถึง

1. ขอบเขตของการทรุดตัวที่ผิวดินหลังเข็มทิศ (Settlements envelopes) ที่เกิดขึ้นเนื่องจางานขุด ครอบคลุมผลการวัดในเทอมของปริมาณการทรุดตัวที่ผิวดิน (δ_v) กับระยะห่างหลังเข็มทิศ (D) เทียบกับเวลา

2. ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดที่ผิวดิน (δ_{vmax}) ของหมุดที่อยู่

บ่งชี้เทียบกับInclinometersเพื่อใช้เปรียบเทียบปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างสูงสุดของ เข็มทิศ (δ_{Hmax}) เทียบกับเวลา

3.6.1.3 การทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนตัวด้านข้างสูงสุดของ เข็มทิศ (δ_{Hmax}) กับการทรุดตัวสูงสุดที่ผิวดิน (δ_{Vmax})

ได้เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ของค่า δ_{Vmax} จากหมุดวัดการทรุดตัวกับ δ_{Hmax} จากผลการวัดInclinometerทั้ง4จุด ที่เวลาเดียวกัน จุดประสงค์ของการหาความสัมพันธ์นี้เพื่อต้องการทราบปริมาณการเคลื่อนตัวสูงสุด ดังนั้นจึงไม่เปรียบเทียบที่จุดเดียวกัน

3.6.2 โปรแกรมการทดสอบเพื่อศึกษาตัวแปรและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างสูงสุดของ เข็มทิศ (δ_{Hmax})

ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อค่า δ_{Hmax} ในงานชุกดินแยกได้เป็น5กลุ่มคือ (1)ระบบโครงสร้างค้ำยัน (2)ขนาดของงานชุก (3)วิธีการก่อสร้าง (4)พารามิเตอร์ของดินและ (5)Site condition (ดูตารางที่3.8)ในการวิจัยนี้การศึกษาถึงผลของตัวแปรและพารามิเตอร์แต่ละอย่างที่มีต่อปริมาณการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มทิศนั้น ได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลการพยายามTreatตัวแปรอื่น ๆ ที่เหลือให้คงที่โดยการเลือกใช้ข้อมูลทดสอบที่ได้มาทำการเปรียบเทียบเป็นกรณีไป เนื่องจากมีตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากอีกทั้งพฤติกรรมที่สลับซับซ้อน ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลดังกล่าวในเบื้องต้นนี้ จึงได้Treatตัวแปรบางอย่างโดยไม่นำมาพิจารณา ดังแสดงในตารางที่3.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.7 โปรแกรมการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมและความสัมพันธ์ของการเคลื่อนตัวด้านข้างของ เข็มพิคกับการทรุดตัวของผิวคืบ(ตามหัวข้อที่ 3.6.1)

จุดประสงค์	โปรแกรมการทดสอบ				ทิศ
	Test Section no. (เงื่อนไข)	ชื่อหลุม	(D) เมตร	ชนิดของหลุม	
1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการทรุดตัวของผิวคืบ (δV และ δV_{max}) และระหว่างหลังเข็มพิค(D) ที่เกิดการทรุดตัวเนื่องจากงานขุดขนาดลึก	1 (เงื่อนไขแรก)	1a, 1b, 1c 1d, 1e	2.5 ถึง 22.5	PS.	เหนือ
	2 (เงื่อนไขที่ 2)	2a, 2b, 2c 2d, 2e	2.5 ถึง 22.5	GS, PS	ใต้
	3 (เงื่อนไขที่ 3)	3a, 3b, 3c 3d, 3e	2.5 ถึง 22.5	GS	ตะวันออก
	4 (เงื่อนไขที่ 2)	4a, 4b, 4c 4d, 4e	2.5 ถึง 22.5	GS/PS	ใต้
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการโค้งตัวของ เข็มพิคและหาความสัมพันธ์ระหว่าง การเคลื่อนตัวด้านข้างสูงสุดของ เข็มพิค (δH_{max}) กับการทรุดตัวของผิวคืบ (δV_{max})	δH_{max}			δV_{max}	
	Incli. no.	ชื่อหลุม	D (เมตร)	ชนิดของหลุม	ทิศ
	I1 (เงื่อนไขแรก)	14	2.5	PS	ตะวันตก
	I2 (เงื่อนไขที่ 2)	2b	5.0	GS	ใต้
	I3 (เงื่อนไขที่ 2)	3b	5.0	GS	ตะวันออก
I4 (เงื่อนไขที่ 2)	11	2.5	PS	ตะวันตก	

หมายเหตุ

-PS คือ Pavement surface settlement point [ดูรูปที่ 3.13(ข)]

-GS คือ Ground surface settlement point [ดูรูปที่ 3.13(ก)]

Factors	Parameters	
	Symbols.	Descriptions
1 Soil condition	Su Eu y Ko	undrained shear strength undrained modulus poisson's ratio coeff. of lateral earth pressure at rest
2 Structural support systems.	EI S n -	wall stiffness strut stiffness number of strut levels end support type of wall
3 Size of excavation	H B T	depth of excavation width of excavation excavation depth to firm layer
4 Method of construction	ΔH W P t -	excavation step size berm width preloading of strut time quality of workmanship
5 Site condition	q - - -	surcharge & traffic loading site preparation: -removal of existed foundation -installation of new foundation -vibration from constructed equipments dewatering & consolidation

ตารางที่ 3.9 ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่นำมาพิจารณาในการ เปรียบเทียบผลที่มีต่อการเคลื่อนตัวของข้างของ เข็มทิศ

ตัวแปรและพารามิเตอร์	เหตุผล
<p><u>ระบบโครงสร้างค้ำยัน</u></p> <p>1. สติฟเนสของ เข็มทิศ</p> <p>2. จำนวนชั้นและระยะห่างในแนวตั้งของค้ำยัน</p> <p>3. สภาพการยึดปลายล่างของ เข็มทิศ</p>	<p>1. สติฟเนสของ เข็มทิศแตกต่างกันน้อยมาก (ประมาณ 5%)</p> <p>2. หารชนเดียวกันมีจำนวนชั้นและระยะห่างในแนวตั้งของค้ำยันเท่ากัน</p> <p>3. เข็มทิศมีความยาวเท่ากันและหยั่งถึงชั้นดินเหนียวแข็ง</p>
<p><u>ขนาดของบ่อขุด</u></p> <p>1. ความกว้างของการขุด</p>	<p>1. หารบริเวณที่ติดตั้ง Inclinometer มีความกว้างของบ่อขุดใกล้เคียงกันคือ 50-55 เมตร</p>