

## บทที่ 3

### การเก็บและข้อมูลการวิจัย

#### 3.1 บทนำ

ส่วนสำคัญของผลลัพธ์จากการวิจัยส่วนหนึ่ง ได้มาจากการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของ กำแพงกันดินจากแบบจำลองคานวางบนวัสดุอิลาสติก ซึ่งการวิเคราะห์จะต้องใช้องค์ประกอบในการคำนวณคือ ไคอะแกรมของแรงดันดินด้านข้างที่กระทำกับกำแพง, ค่าFlexural Stiffness (EI), ค่าสติเฟเนสของค้ำยัน ( $K_{\text{brace}}$ ) ค่า Modulus of Subgrade Reaction ของดิน( $k_g$ ) นอกจากนี้มีส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่อาศัยวิธีวิเคราะห์แบบย้อนกลับ (Back Analysis) จากข้อมูล การเคลื่อนตัวของ กำแพงในสนามที่ขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ องค์ประกอบในการคำนวณสำหรับแบบจำลองนี้ มีที่ มาจากข้อมูลขั้นต้นสามประเภท คือ

- ข้อมูลการเจาะสำรวจดิน (Soil Investigation)
- ข้อมูลทางเทคนิคการก่อสร้าง
- ข้อมูลการวัดการเคลื่อนตัวของกำแพงจากเครื่องมือ Inclinator (Inclinometer Reading)

ตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1 แสดงความเชื่อมโยงขององค์ประกอบที่ใช้ในแบบจำลองคานวางบนวัสดุอิลาสติก กับรายละเอียดของข้อมูลขั้นต้น

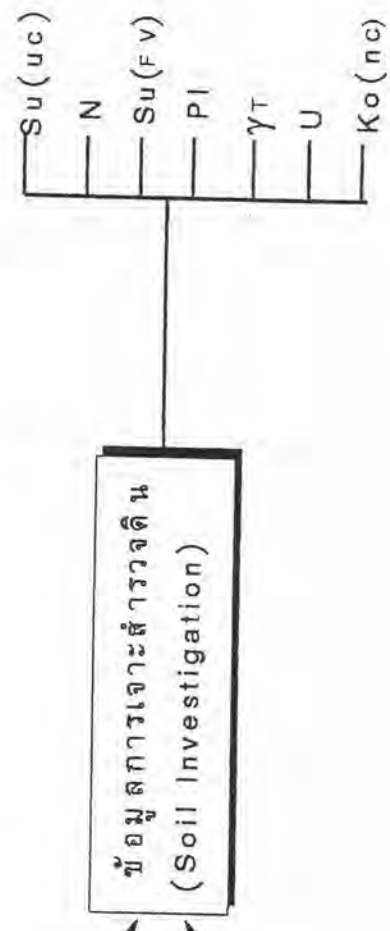
ที่มาของข้อมูลที่ใช้เพื่อการวิจัยนี้ ได้มาจากโครงการก่อสร้างอาคารที่ทำงานขุดระดับลึก โดยระบบกำแพงแบบไคอะแฟรม 5 โครงการ ที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ ซึ่งมีลักษณะการวางตัวของ กำแพงในชั้นดินแบบเดียวกัน และกำหนดปลายล่างของกำแพง ฝังอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งชั้นที่ 1 เช่นเดียวกัน ซึ่งตารางที่ 3.2 ได้แสดงผลสรุปของข้อมูลการขุดดินที่ใช้เพื่อการวิจัย โดยตำแหน่งที่ตั้งของโครงการแสดงอยู่ในรูปที่ 3.2 และรายละเอียดของโครงการทั้งหมดนำเสนอในหัวข้อที่ 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 และ 3.6

องค์ประกอบในการคำนวณสำหรับ  
แบบจำลองความดันบนสารอิลาสติก

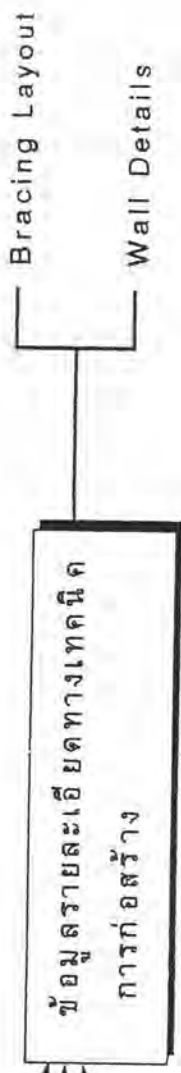
ชนิดของข้อมูลชั้นดินที่นำมาใช้

รายละเอียดของข้อมูล

- โดอะแกรมแรงดันดินด้านข้าง
- Modulus of Subgrade Reaction  
ของดิน



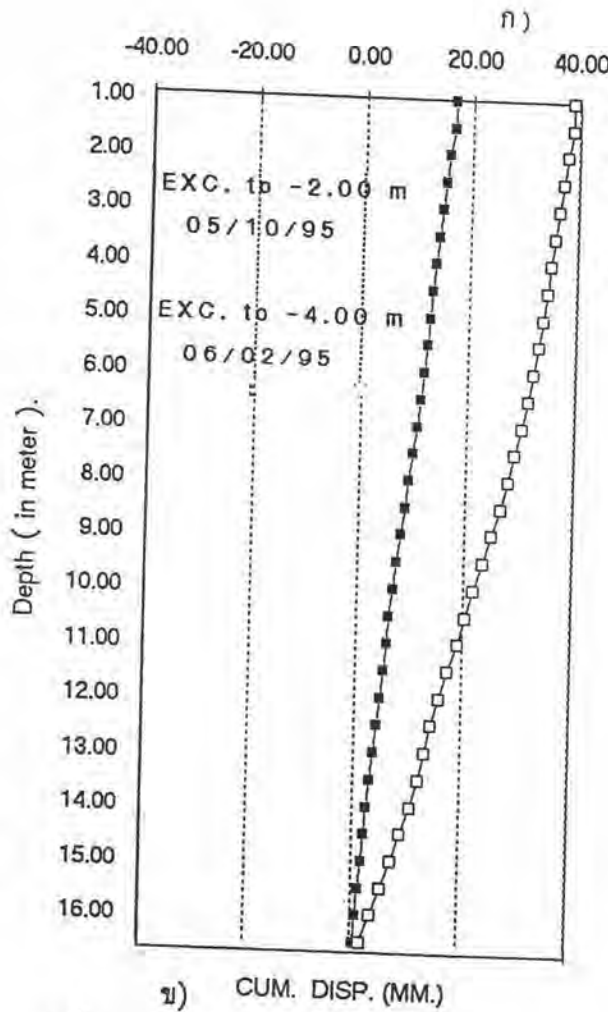
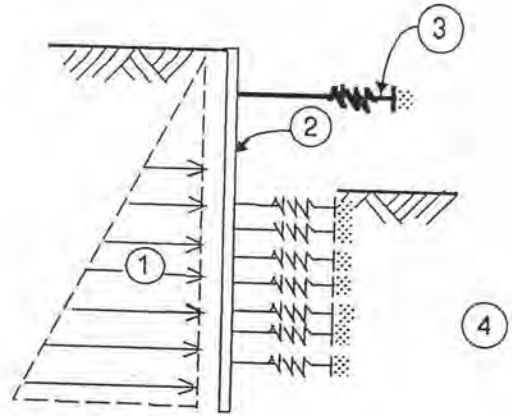
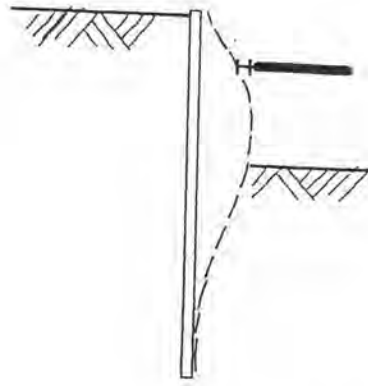
- สถิติเพศของค่ายัน
- สถิติเพศของค่าแพงกันดิน
- รูปแบบการจัดวางแบบจำลอง



- ผลการวัดการเคลื่อนตัวของกำแพง



ตารางที่ 31 ความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบในการคำนวณสำหรับจำลองความดันบนสารอิลาสติก  
กับรายละเอียดข้อมูลชั้นดินที่ทำการเก็บ



สัญลักษณ์

- ① ไคอะแกรมของแรงดันดินด้านข้าง
- ② แบบจำลองคานอิลาสติคแทนกำแพง
- ③ ค่าคงที่ของสปริง แทนแบบจำลองของค้ำยัน,  $k_{brace}$
- ④ แรงต้านของดิน แทนด้วยค่า Subgrade Modulus ของดิน

รูปที่ 3.1 ก) แผนภาพเปรียบเทียบสภาพที่เกิดขึ้นจริงกับแบบจำลองคานวางบนสารอิลาสติค  
 ข) ตัวอย่างข้อมูลการวัดการเคลื่อนตัวของกำแพงในสนามจากเครื่องมือ Inclinator

ตารางที่ 3.2 ผลสรุปของข้อมูลงานชุดคติน โดยระบบก้าแพงชนิด โคอะแฟรมแบบมีค้ำยัน ที่ใช้เพื่อวิจัย

โครงการก่อสร้าง	ความหนาของ ก้าแพงโคอะแฟรม (เมตร)	ระดับลึกสูงสุด ที่ต้องการชุด (เมตร)	ระดับปลายล่าง ของก้าแพง (เมตร)	จำนวนชุดของ Inclinometer data	จำนวนชั้นของ ระบบค้ำยัน	ระดับลึกของการชุดที่นำมา ใช้วิจัย (เมตร)
อาคารเซ็นทรัล สาขา ถ.พระรามที่ 3	1.00	-10.10	-18.50	1 1	1	-4.00, -6.00 -4.00, -8.50
อาคารพรสชิตินนท์ทาวเวอร์	1.00	-8.25	-17.00	1	2	-3.00
อาคารประตูน้ำคอมเพล็กซ์	1.00	-8.50	-17.50	1	1	-2.00, -8.50
อาคารบรมราชชนนีเกล้าวิทยาลัย	0.80	-10.60	-19.00 -18.30 -21.00	1 1 1	2	-4.00, -7.30, -10.60 -2.00, -4.00, -7.30, -10.60 -2.00, -7.30, -10.60
อาคารรอยัลธราซัวร์	0.80	-11.30	-17.50	1	2	-2.00, -6.50, -7.50



### 3.2 รายละเอียดข้อมูลสำรวจโครงการอาคารเซ็นทรัล สาขาถนนพระรามที่ 3 (CEN)

#### 3.2.1 ข้อมูลทั่วไป

โครงการอาคารเซ็นทรัล สาขาถนนพระรามที่ 3 เป็นโครงการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 30 ชั้น สถานที่ตั้งอยู่ถนนพระรามที่ 3 เขตสาทรประดิษฐ์ กรุงเทพฯ บริเวณใกล้เคียงกับปลายสะพานพระรามที่ 9 ฝั่งกรุงเทพฯ รูปทรงอาคารเป็นทรงสามเหลี่ยมปลายป้าน มีห้องใต้ดินต่ำจากระดับดินเดิม 3 ระดับคือ -2.10 ม., -5.20 ม. และ -8.10 ม. ตามลำดับ เริ่มก่อสร้างปลายปีพ.ศ. 2537 ฐานรากของอาคารอยู่ลึกลงไปอีก 2 เมตร จากระดับพื้นห้องใต้ดิน ระดับการขุดลึกสุดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -10.10 เมตร แผนผังแสดงที่ตั้งโครงการแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3

#### 3.2.2 รายละเอียดการก่อสร้างในส่วนงานขุดดินระดับลึก

ระบบงานขุดดินระดับลึกใช้ระบบกำแพงกันดินชนิดโคอะแฟรม มีระบบค้ำยันจำนวน 1 ชั้น ที่ระดับ -2.50 เมตร ความหนาของกำแพงเท่ากับ 1.00 เมตร ระดับปลายบนและปลายล่างของกำแพงอยู่ที่ระดับ -1.00 และ -18.50 เมตร ตามลำดับ ค่ากำลังประลัยของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างกำแพง ( $f_c'$ ) เท่ากับ 240 ksc. แผนผังการติดตั้งกำแพงและระบบค้ำยันถูกแสดงในรูปที่ 3.4 ในส่วนของลำดับขั้นตอนการก่อสร้างห้องใต้ดินแสดงในรูปที่ 3.5

#### 3.2.3 สภาพชั้นดิน และข้อมูลการเจาะสำรวจดิน (Soil Investigation)

สภาพของชั้นดินบริเวณที่ตั้งโครงการ มีลักษณะเหมือนชั้นดินกรุงเทพฯ โดยทั่วไป ซึ่งผลสำรวจระดับน้ำใต้ดินพบว่า phreatic surface อยู่ที่ระดับ -1.40 ถึง -2.00 เมตร เนื้อหาของข้อมูลเพื่อการวิจัยคือชั้นดินในช่วงตลอดแนวความสูงของกำแพงกันดิน ตั้งแต่ความลึก -1.00 เมตร ถึง -18.50 เมตร ประกอบด้วย

1) ชั้นดินเปลือก (Weathered crust or top soil) มีความหนาจากผิวดินประมาณ 2.5 เมตร เป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาล (Brown silty clay) มีชั้นทรายละเอียดแทรกอยู่ในเนื้อดิน ค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compression Test) ประมาณ 4.3 ถึง 14.6 ตัน/ตร.ม. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 17 ถึง 37%

2) ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง (Very soft to medium clay) เป็นดินเหนียวสีเทาเข้ม มีชั้นทรายละเอียดและเศษเปลือกหอยแทรกอยู่ในเนื้อดิน พบที่ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 2.5 ถึง 15 เมตร มีค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัดประมาณ 2 ตัน/ตร.ม. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติในช่วงค่า 40 ถึง 87%

3) ชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay) เป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง สีเทาอ่อนปนน้ำตาล พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง จนกระทั่งสิ้นสุดที่ถึงระดับ -31 เมตร มีค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐานตั้งแต่ 8 ถึง 33 ครั้ง/ฟุต. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 15 ถึง 27%

โครงการนี้ ได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 9 หลุม คือหลุมเจาะหมายเลข BH-1 ถึง BH-9 รายละเอียดตำแหน่งหลุมเจาะ และผลทดสอบคุณสมบัติของดินจากการเจาะสำรวจ แสดงอยู่ในรูปที่ 3.6 และ 3.7

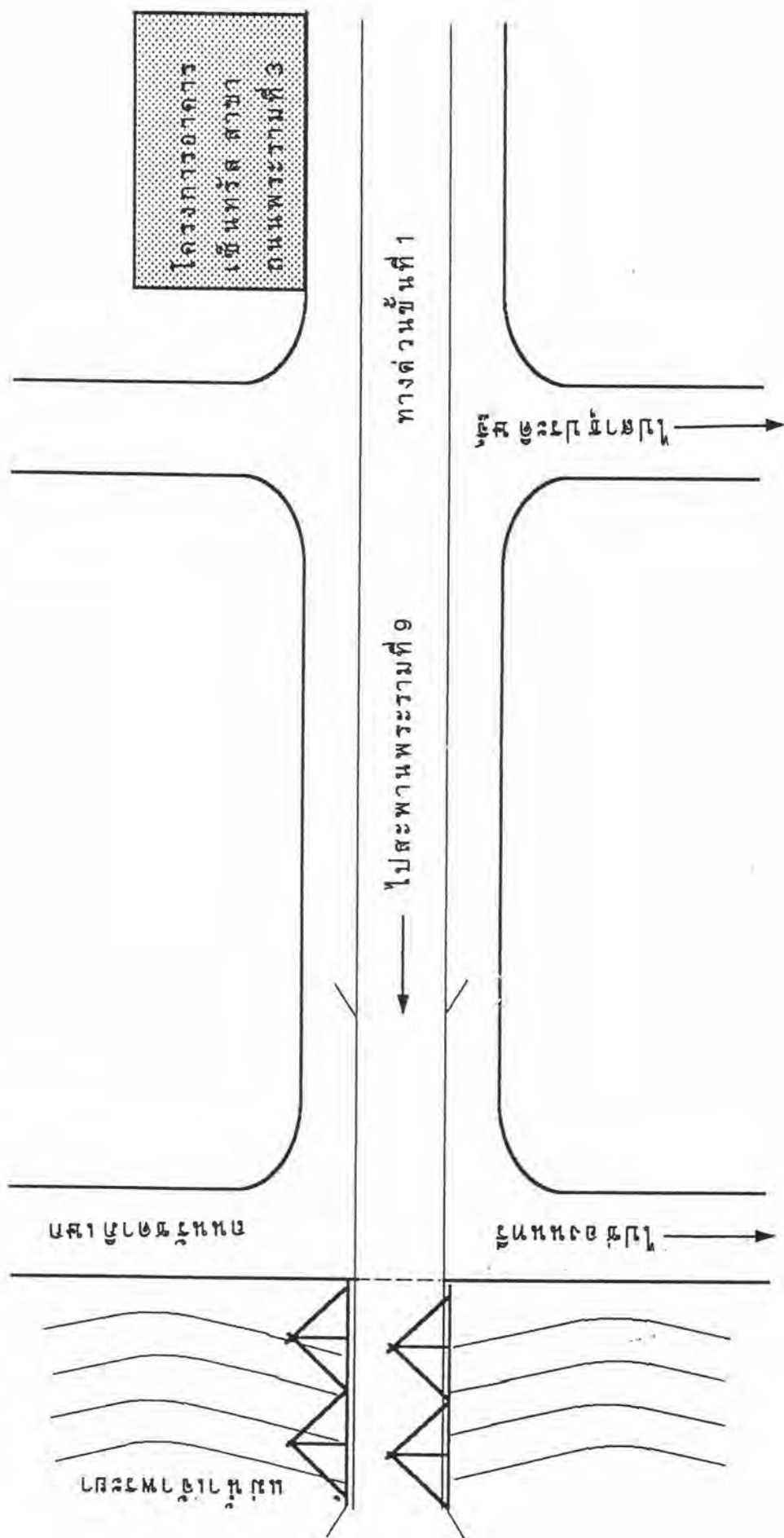
รายละเอียดข้อมูลของการสำรวจประกอบด้วย กำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined-Compressive Strength), ค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน (N), ปริมาณความชื้น (Natural water-content), Atterberg Limit, หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight) ข้อมูลโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ก

### 3.2.4 ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงจากเครื่องมือ Inclinator

ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงที่ถูกคัดเลือกนำมาใช้เพื่อการวิจัยคือ ข้อมูลของเครื่องมือที่ตำแหน่ง I-1, I-4 ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือแสดงอยู่ใน รูปที่ 3.6 รายละเอียดของเครื่องมือ Inclinator ทั้งสองมีดังต่อไปนี้

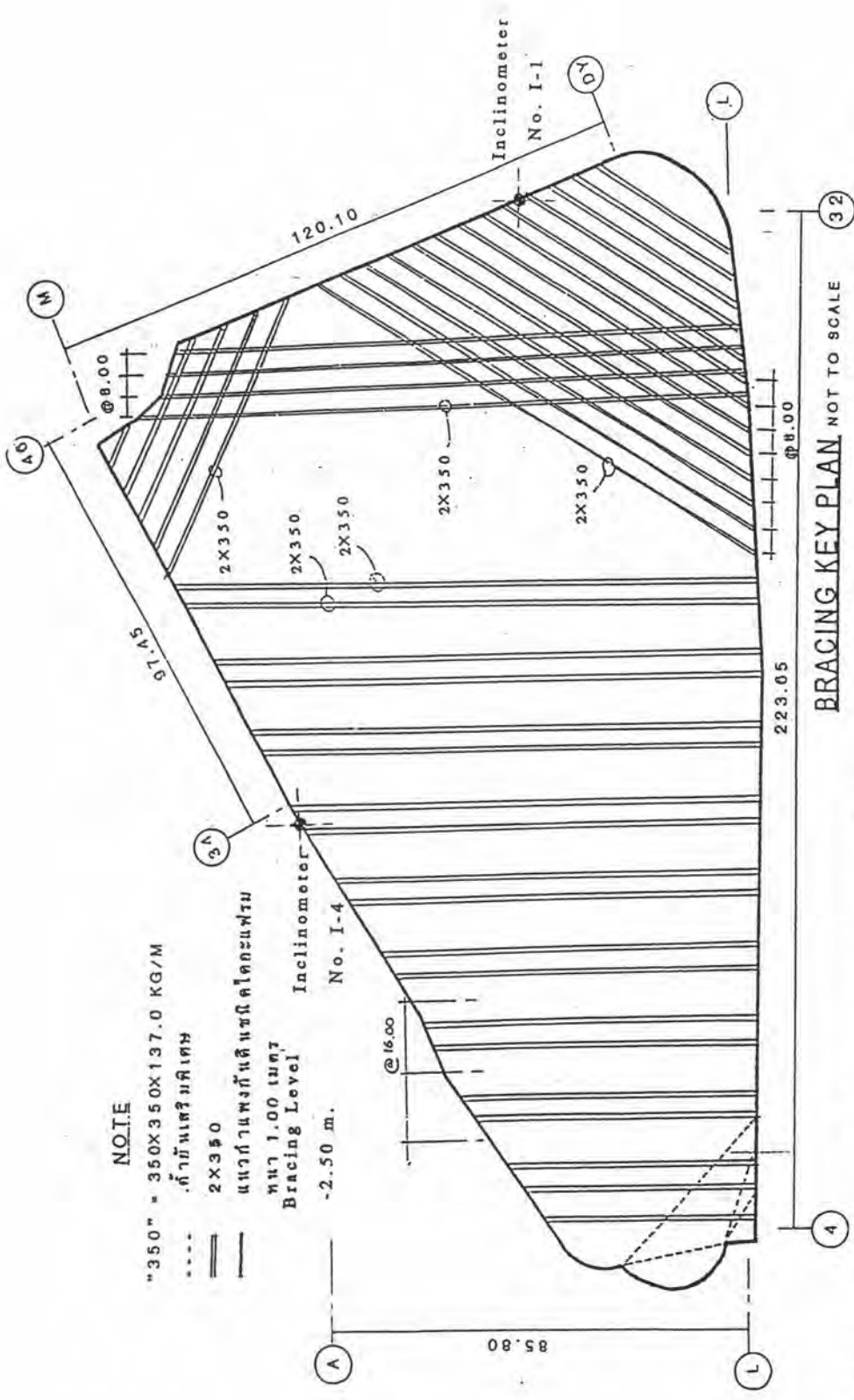
Inclinator หมายเลข I-1 ระดับปลายล่างของ Inclinator อยู่ที่ -16.50 เมตร บันทึกการเคลื่อนตัวขณะทำการขุดที่ระดับ -4.00 และ -6.00 เมตร ข้อมูลที่ได้จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.8

Inclinator หมายเลข I-4 ระดับปลายล่างของ Inclinator อยู่ที่ -16.00 เมตร บันทึกการเคลื่อนตัวขณะทำการขุดที่ระดับ -4.00 และ -8.50 เมตร ข้อมูลที่ได้จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงที่ตั้งของโครงการอาคารเซ็นทรัล สาขาถนนพระรามที่ 3



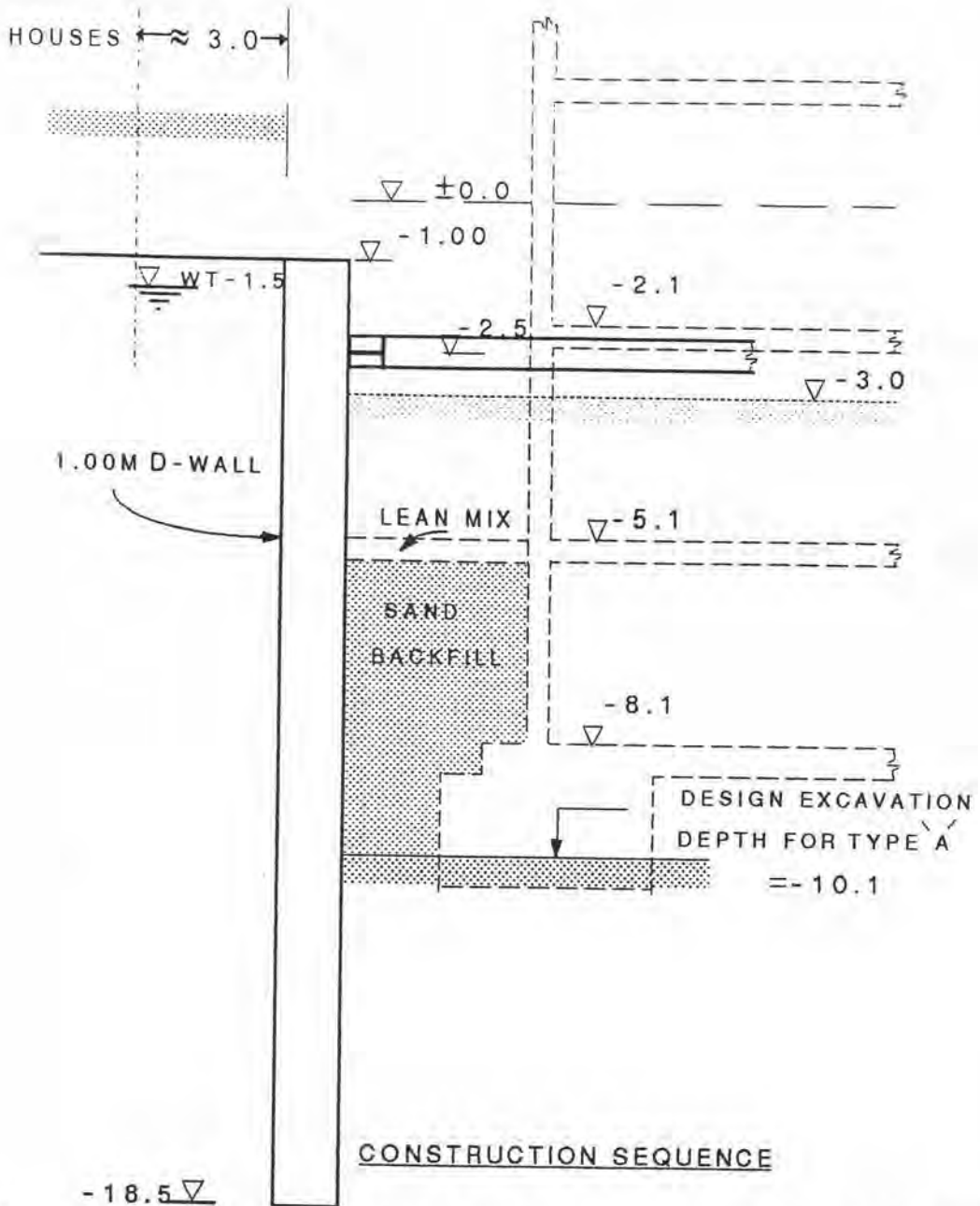


**NOTE**

- "350" - 350X350X137.0 KG/M
- ไม้เหล็ก
- == 2X350
- แนวกำแพงกันดินชนิดคอกะพรม
- หน้า 1.00 เมตร
- Bracing Level
- 2.50 m.

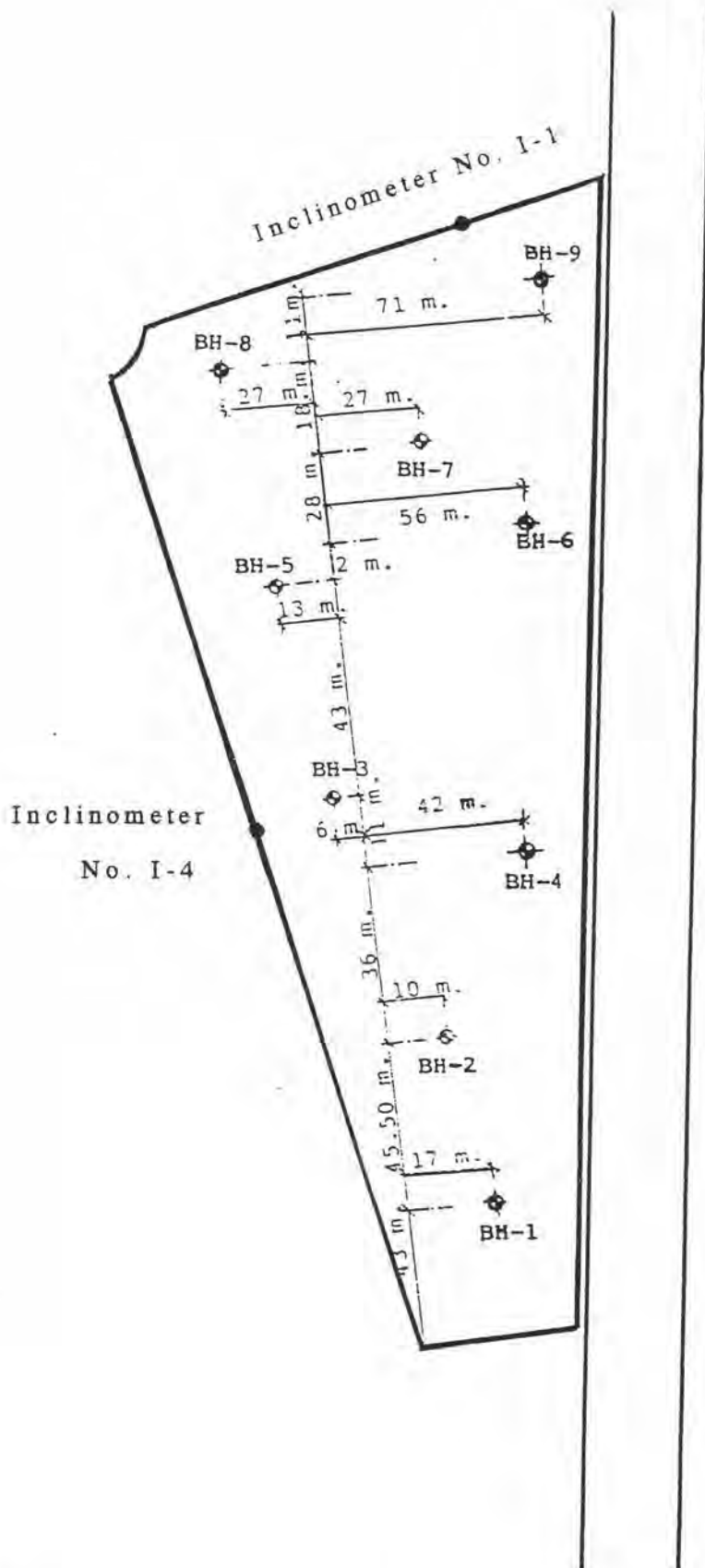
**BRACING KEY PLAN NOT TO SCALE**

รูปที่ 3.4 แผนผังการติดตั้งกำแพงและระบบค้ำยัน โครงงานอาคารเรียนเทรล สถานถนนพระรามที่ 3

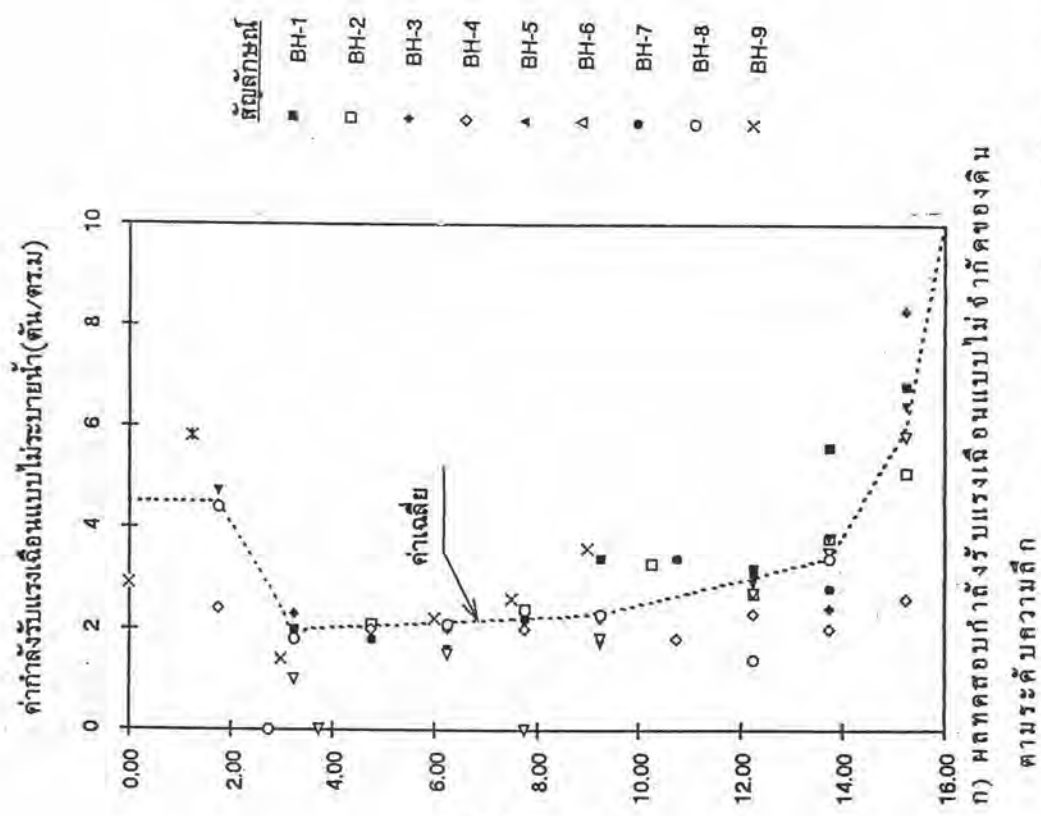
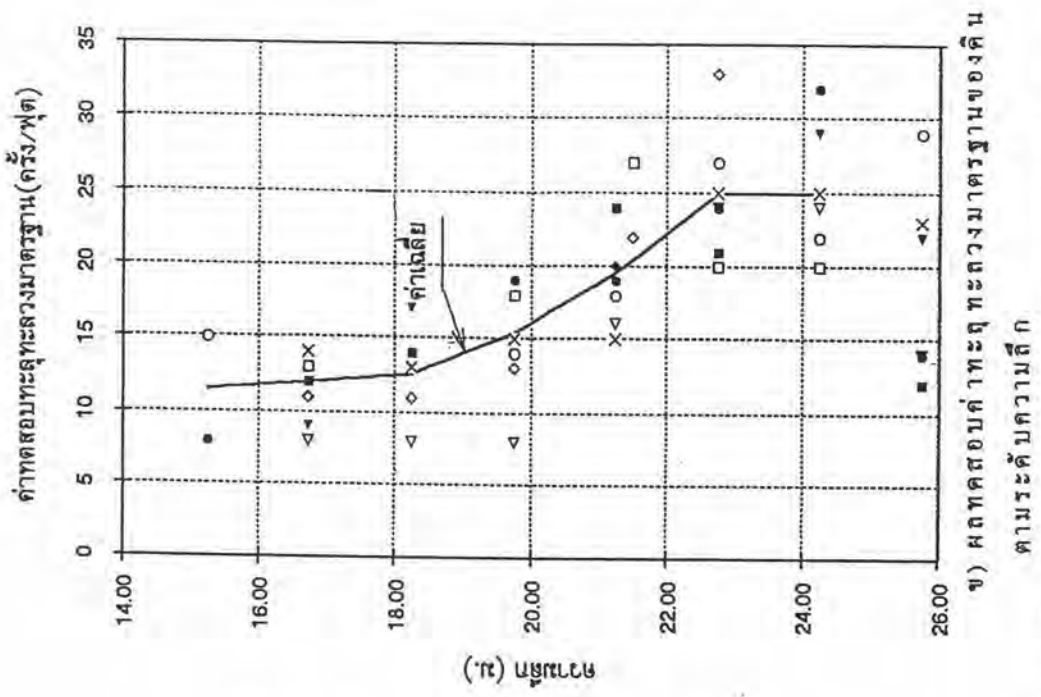


- 1) PREPARE D-WALL CONSTRUCTION PLATFORM & GUIDE WALLS AT -1.0
- 2) EXCAVATE TO -3.0
- 3) INSTALL & PRELOAD BRACING. (PRELOAD = 15T/M, SERVICE LOAD = 44 T/M)
- 4) EXCAVATE TO FULL DEPTH.
- 5) CONSTRUCT PILE CAPS, & SUBSTRUCTURE TO ABOVE -5.1.
- 6) BACKFILL BETWEEN SUBSTRUCTURE & D-WALL WITH SAND & LEAN MIX AS SHOWN.
- 7) REMOVE BRACING, COMPLETE SUBSTRUCTURE.

รูปที่ 3.5 ลำดับขั้นตอนการก่อสร้างบริเวณส่วนชั้นใต้ดิน โครงการอาคารเซ็นทรัล สาขาถนนพระรามที่ 3



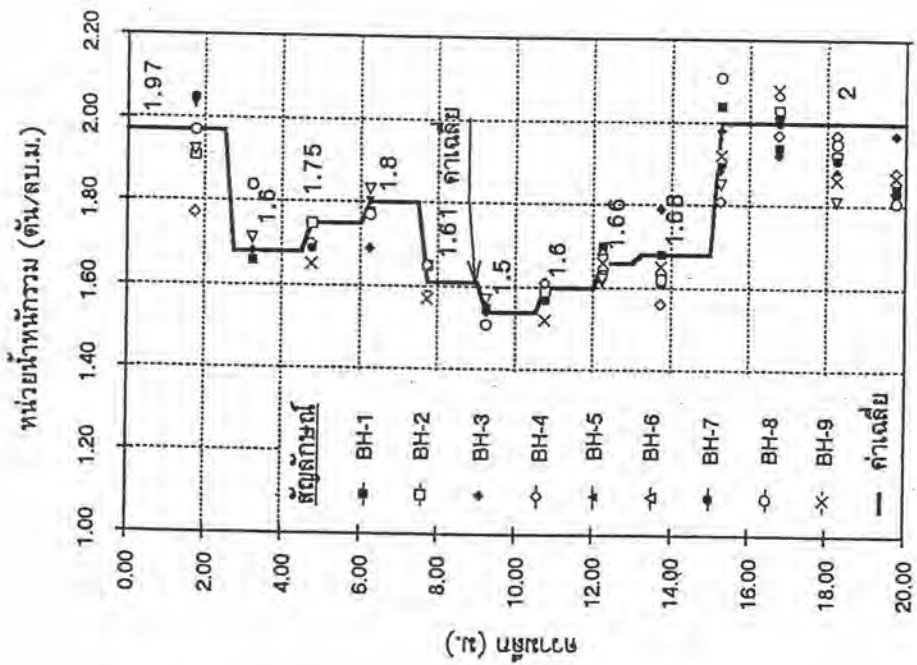
รูปที่ 3.6 แผนผังแสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดิน และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ Inclinator หมายเลข I-1, I-4 ของโครงการอาคารเซ็นทรัล สาขาพระรามที่ 3



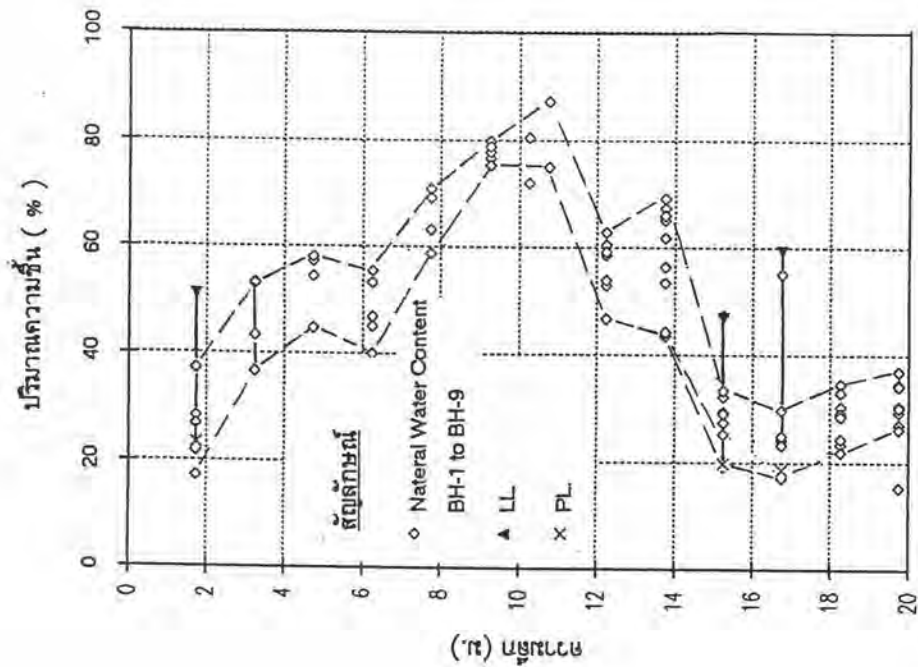
ก) ผลทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม) ตามระดับความลึก

ข) ผลทดสอบค่าแรงมาตรฐานของดิน ตามระดับความลึก

รูปที่ 3.7 รายละเอียดผลทดสอบคุณสมบัติของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจ โครงการอาคารเซ็นทรัล สยามถนนพระรามที่ 3



ก) ผลทดสอบค่าพรมาน้ำหนักของดิน และค่าเฉลี่ยตามระดับความลึก



### INCLINOMETER MONITORING RESULTS

**PROJECT : CENTRAL - RACHADA RAMA III PROJECT**

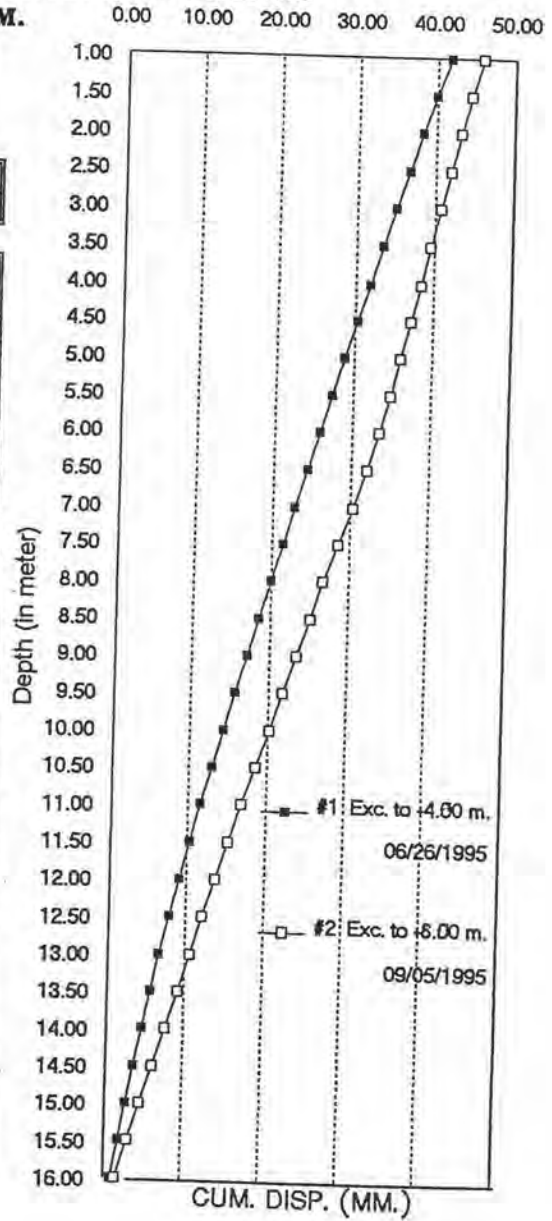
**DEPTH OF INCLINOMETER : 16.00M.**

**DATE** 06/23/1995 09/05/1995

**DESCRIPTION**

TUBE NO. I - 1

DEPTH M.	READING #1 MM.	READING #2 MM.
1.00	41.77	45.91
1.50	40.03	44.50
2.00	38.31	43.21
2.50	36.73	42.02
3.00	35.08	40.78
3.50	33.49	39.59
4.00	31.92	38.43
4.50	30.30	37.22
5.00	28.81	35.94
5.50	27.27	34.80
6.00	25.79	33.49
6.50	24.36	31.99
7.00	22.83	30.29
7.50	21.43	28.50
8.00	19.93	26.65
8.50	18.55	25.14
9.00	17.13	23.49
9.50	15.74	21.83
10.00	14.36	20.22
10.50	13.04	18.57
11.00	11.55	16.85
11.50	10.35	15.22
12.00	9.04	13.69
12.50	7.79	12.16
13.00	6.64	10.67
13.50	5.57	9.13
14.00	4.55	7.61
14.50	3.61	6.01
15.00	2.65	4.47
15.50	1.71	2.97
16.00	0.85	1.45



รูปที่ 3.8 ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดไดอะแฟรม ที่ขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinometer หมายเลข I-1 โครงการอาคารเซ็นทรัล สาขาถนนพระรามที่ 3

## INCLINOMETER MONITORING RESULTS

**PROJECT : CENTRAL - RACHADA RAMA III PROJECT**

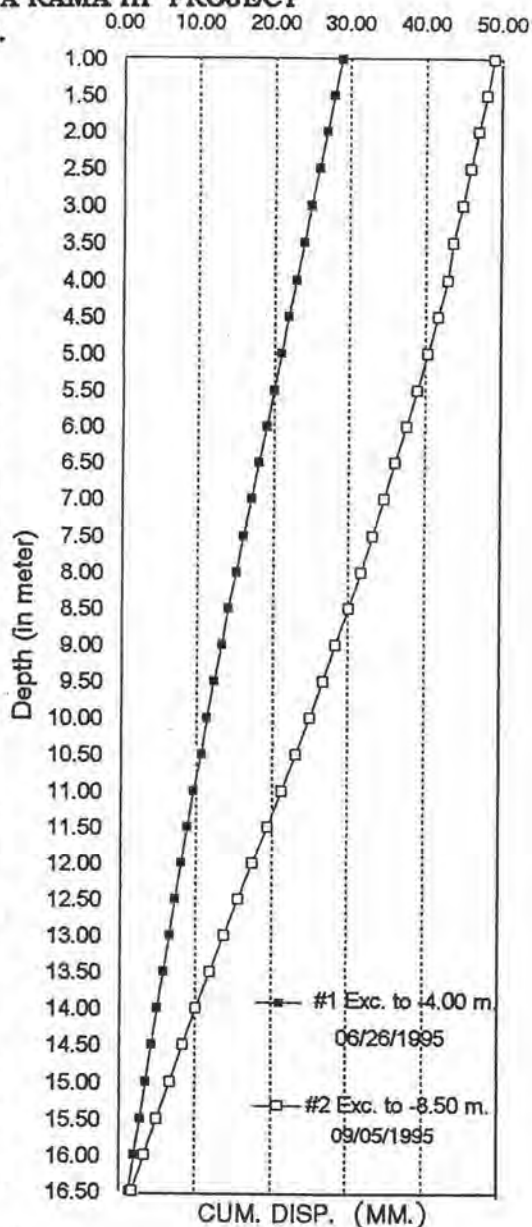
**DEPTH OF INCLINOMETER : 16.50M.**

**DATE** 06/23/1995 09/05/1995

**DESCRIPTION**

TUBE NO. 1 - 4

DEPTH M.	READING # 1 MM.	READING # 2 MM.
1.00	28.92	48.96
1.50	27.95	48.03
2.00	26.93	46.97
2.50	25.94	45.94
3.00	24.95	44.90
3.50	23.92	43.72
4.00	22.93	42.94
4.50	21.93	41.67
5.00	20.98	40.38
5.50	20.04	38.95
6.00	19.12	37.56
6.50	18.12	36.12
7.00	17.20	34.65
7.50	16.18	33.17
8.00	15.22	31.64
8.50	14.23	30.04
9.00	13.34	28.41
9.50	12.39	26.76
10.00	11.47	25.00
10.50	10.70	23.21
11.00	9.73	21.38
11.50	8.92	19.48
12.00	8.10	17.56
12.50	7.31	15.69
13.00	6.55	13.80
13.50	5.79	11.98
14.00	5.01	10.17
14.50	4.25	8.40
15.00	3.52	6.66
15.50	2.76	4.95
16.00	2.01	3.34
16.50	1.30	1.70



รูปที่ 3.8 ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดโคอะแฟรม  
ที่ขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinometer หมายเลข 1-4  
โครงการอาคารเซินทรัล สาขานนพระรามที่ 3

### 3.3 รายละเอียดข้อมูลสำรวจ โครงการอาคารเพรสซิเดนซ์ทาวเวอร์ (PSD)

#### 3.3.1 ข้อมูลทั่วไป

โครงการอาคารเพรสซิเดนซ์ทาวเวอร์เป็นโครงการอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 24 ชั้น มีชั้นใต้ดินต่ำกว่าระดับดินเดิมสองชั้น ที่ตั้งของอาคารอยู่บนถนนเพลินจิต ใกล้สี่แยกราชประสงค์ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ แผนผังแสดงที่ตั้งอาคารแสดงอยู่ในรูปที่ 3.10

เนื่องจากอาคารตั้งอยู่ในเขตธุรกิจ ล้อมรอบด้วยอาคารที่ปลูกสร้างอย่างหนาแน่น จะต้องควบคุมการเคลื่อนตัวของผนังกันดินขณะก่อสร้าง ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้างข้างเคียง จึงจำเป็นต้องเลือกใช้ระบบกำแพงชนิดโคอะเฟรม เป็นผนังกันดิน ขณะทำการก่อสร้างระบบฐานรากและชั้นใต้ดินรวมทั้งเป็นผนังใต้ดินถาวรของตัวอาคาร รูปที่ 3.11 แสดงรูปตัดรายละเอียดของอาคารบริเวณชั้นใต้ดิน

#### 3.3.2 รายละเอียดของการก่อสร้าง ส่วนงานขุดดินระดับลึก

ชั้นใต้ดินของอาคารถูกออกแบบให้มีความลึกของพื้นชั้นใต้ดินที่สองแตกต่างกันสองระดับ วิธีการก่อสร้างจึงถูกกำหนดรายละเอียดขั้นตอนของการก่อสร้างแตกต่างกันสองบริเวณคือ โชน A และ โชน B ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 3.12 ตำแหน่งกำแพงที่ติดตั้งเครื่องมือเพื่อบันทึกข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ห้อยภายในโชน A ซึ่งกำหนดความลึกในการขุดที่ระดับ -8.25 เมตร และมีระดับปลายล่างของกำแพงอยู่ที่ -17.00 เมตร

ตามปกติการขุดดินระดับลึก ด้วยระบบกำแพงชนิดโคอะเฟรมในเขตกรุงเทพฯ ที่ความลึกระดับนี้ สามารถออกแบบวิธีก่อสร้างโดยใช้ระบบค้ำยันเพียงหนึ่งชั้น แต่เนื่องจากโชน B จะต้องขุดลึกเพิ่มเติมไปจากโชน A ประมาณ 5 เมตร ทำให้ต้องการระบบค้ำยันระบบที่สองเพิ่มขึ้น เพื่อลดการเคลื่อนตัวด้านข้างของกำแพง แผนผังแสดงรายละเอียดติดตั้งค้ำยันชั้นบนและล่างถูกแสดงในรูปที่ 3.13, 3.14 ในส่วนของรูปที่ 3.15, 3.16 แสดงรายละเอียดขั้นตอนการก่อสร้างส่วนชั้นใต้ดินของโชน A และโชน B



### 3.3.3 สภาพชั้นดิน และข้อมูลการเจาะสำรวจดิน (Soil Investigation)

สภาพของชั้นดินบริเวณที่ตั้งโครงการ มีลักษณะเหมือนชั้นดินกรุงเทพฯ โดยทั่วไป ซึ่งผลสำรวจระดับน้ำใต้ดินพบว่า phreatic surface อยู่ที่ระดับ -0.60 ถึง -0.90 เมตร เนื้อหาของข้อมูลเพื่อการวิจัยคือชั้นดินในช่วงตลอดแนวความสูงของกำแพงกันดิน ตั้งแต่ความลึก  $\pm 0.00$  ถึง -17.00 เมตร ประกอบด้วย

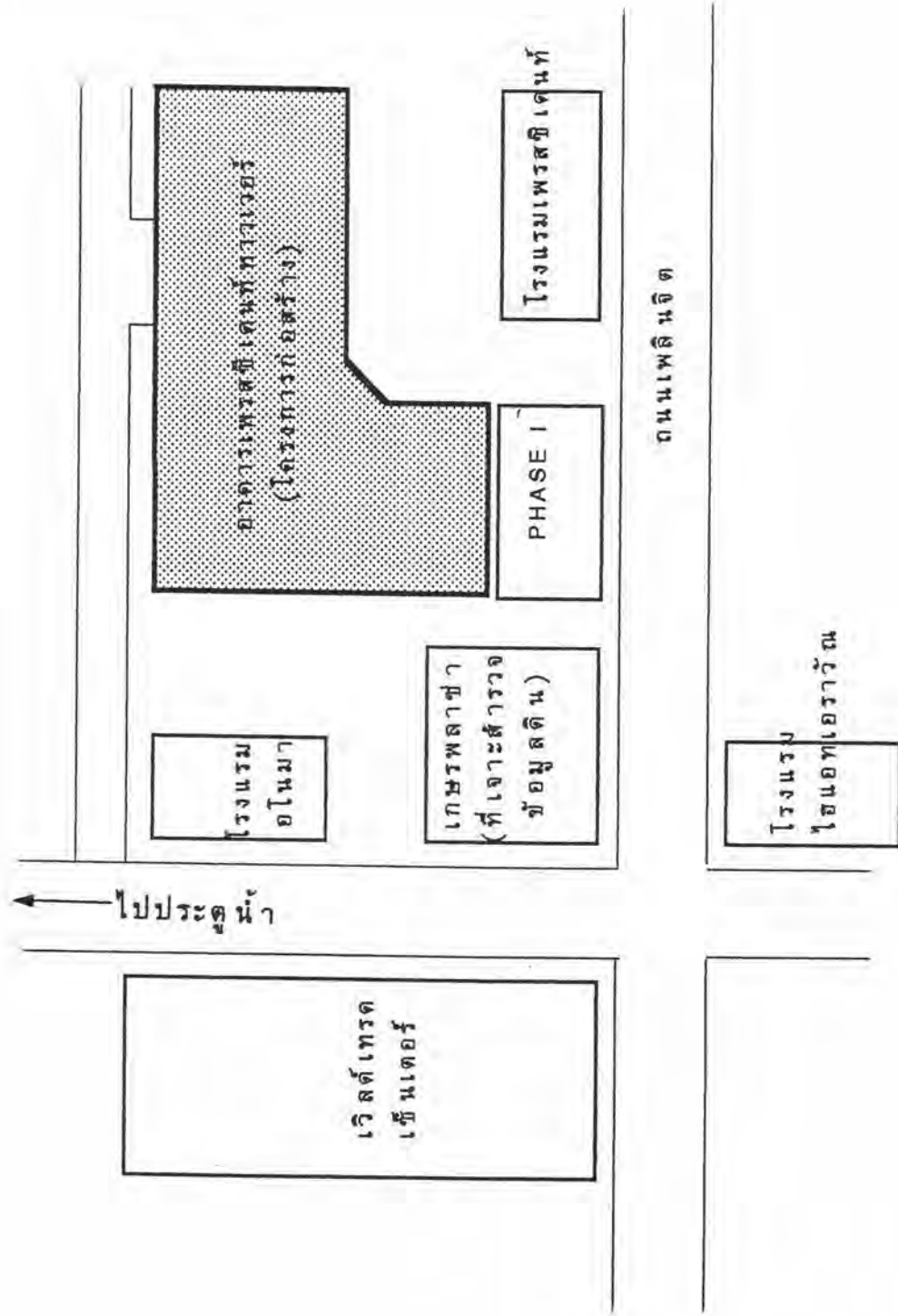
1) ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง (Very soft to medium clay) เป็นดินเหนียวสีเทาเข้ม มีชั้นทรายละเอียดแทรกอยู่ในเนื้อดิน พบที่ระดับความลึกตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับ -15 เมตร เป็นดินมีค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined - Compression Test) ประมาณ 1.6 ถึง 5.8 ตัน/ตร.ม. และมีปริมาณความชื้นตามธรรมชาติในช่วงค่า 25 ถึง 82%

2) ชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay) เป็นดินเหนียวปนทรายแข็งสีน้ำตาลอ่อนปนเทา มีชั้นทรายละเอียดและเศษเปลือกหอยแทรกอยู่ในเนื้อดิน พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง จนกระทั่งสิ้นสุดที่ถึงระดับ -20.8 เมตร มีค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐานตั้งแต่ 6 ถึง 34 ครั้ง/ฟุต. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 17 ถึง 33%

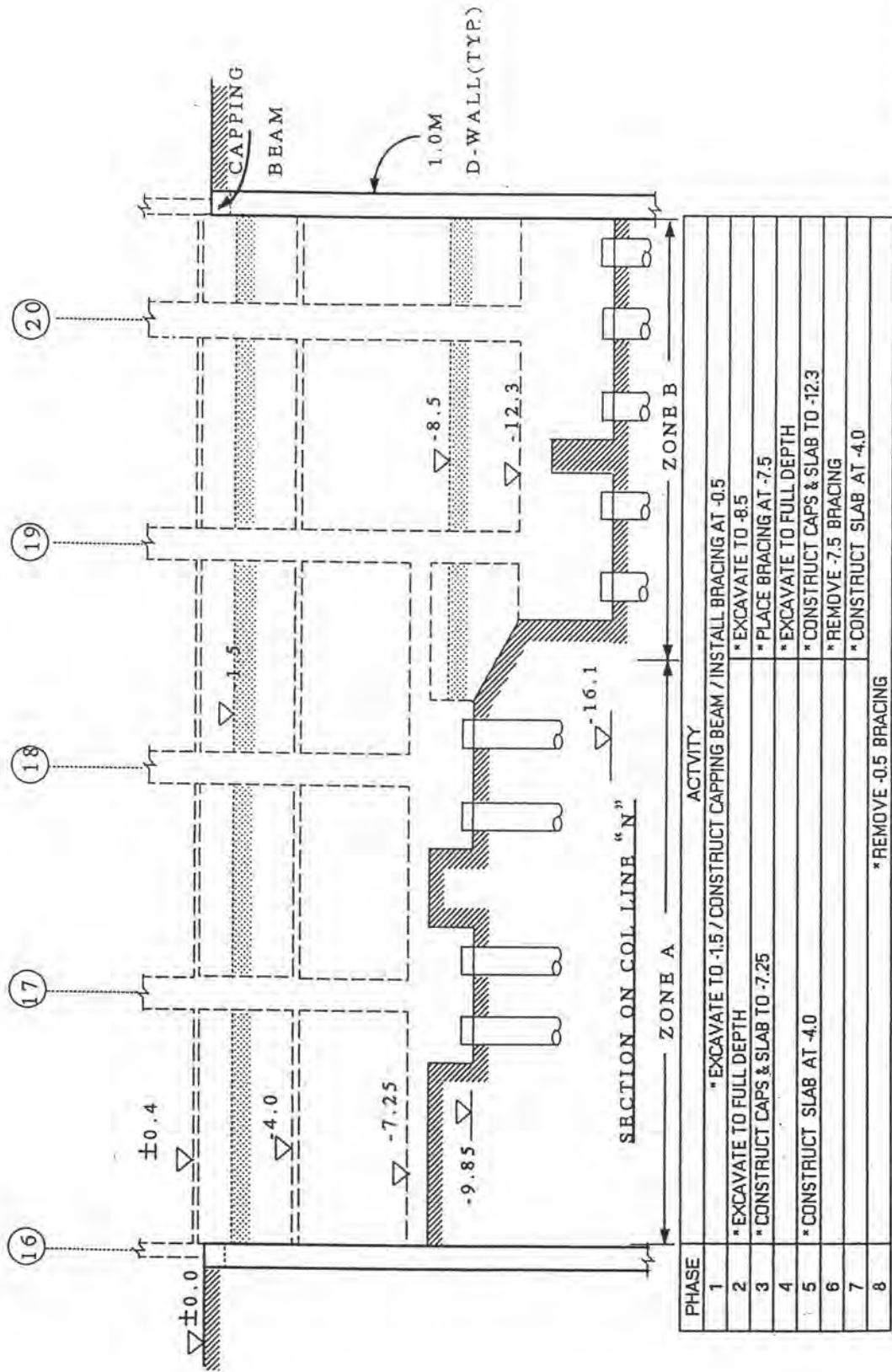
โครงการนี้ได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 5 หลุม คือ BH-1 ถึง BH-5 รวมทั้งทำการทดสอบค่ากำลังเฉือนแบบเวนในสนาม (Field Vane Test) ของชั้นดินเหนียวอ่อนจำนวน 4 หลุม รายละเอียดของการสำรวจประกอบด้วย แผนผังตำแหน่งหลุมเจาะ, ลักษณะชั้นดินโดยทั่วไปตามแนวหลุมเจาะ, การทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compressive Strength), ค่าการทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน (N), ค่ากำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ Field Vane Test, ปริมาณความชื้น (Natural Water Content), Atterberg Limit, หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight), ข้อมูลดังกล่าวแสดงอยู่ในรูปที่ 3.17, 3.18 และ 3.19 และในส่วนของข้อมูลโดยละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

### 3.3.4 ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงจากเครื่องมือ Inclinator

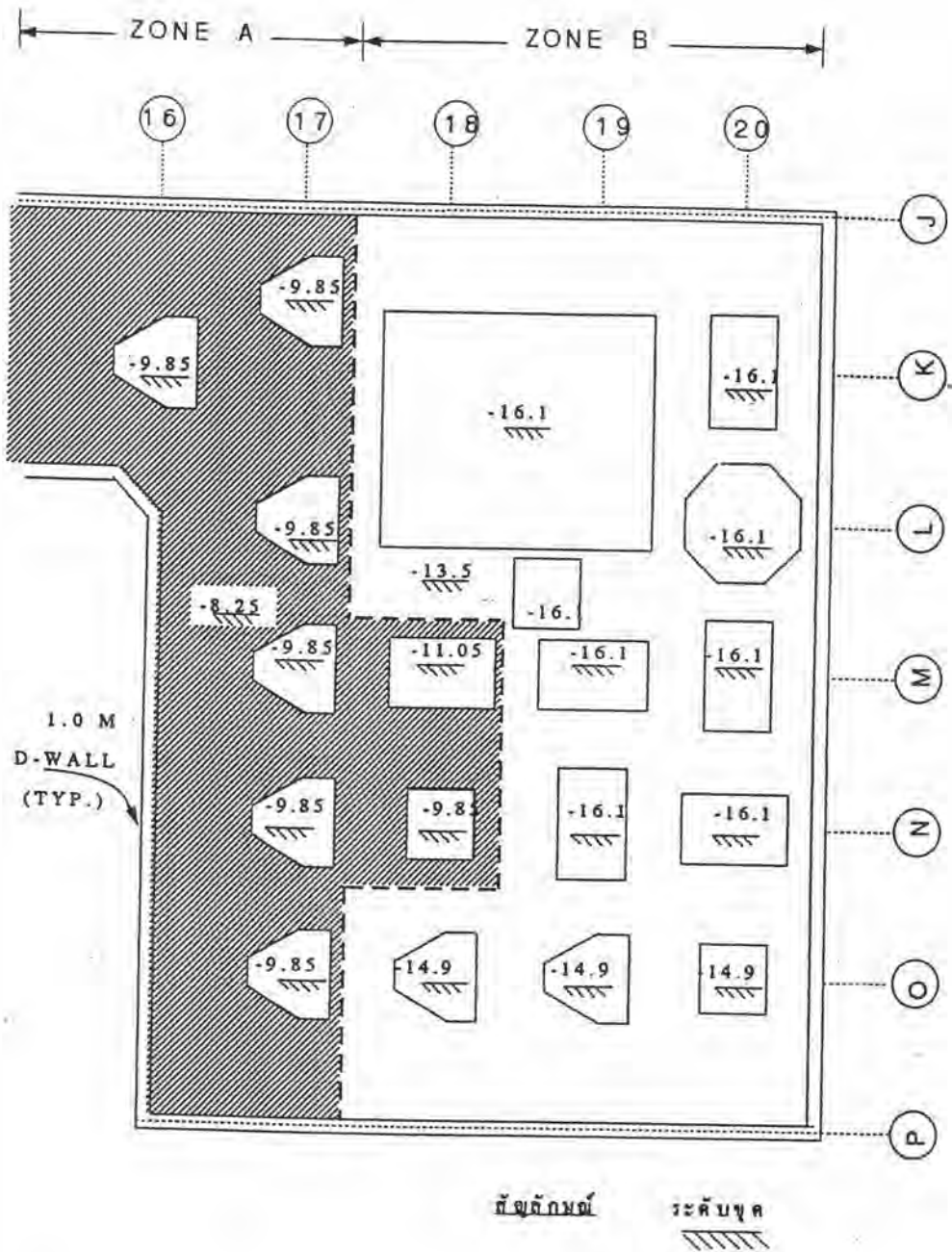
ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงที่ถูกคัดเลือก นำมาใช้เพื่อการวิจัยคือข้อมูลของเครื่องมือที่ตำแหน่ง I-4 มีค่าระดับที่ปลายล่างเครื่องมือที่ -17.00 เมตร ซึ่งบันทึกค่าการเคลื่อนตัวของกำแพงจำนวนหนึ่งค่า ขณะทำการขุดที่ระดับ -3.00 เมตร ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือและข้อมูลที่ไต่จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.17 และ 3.20



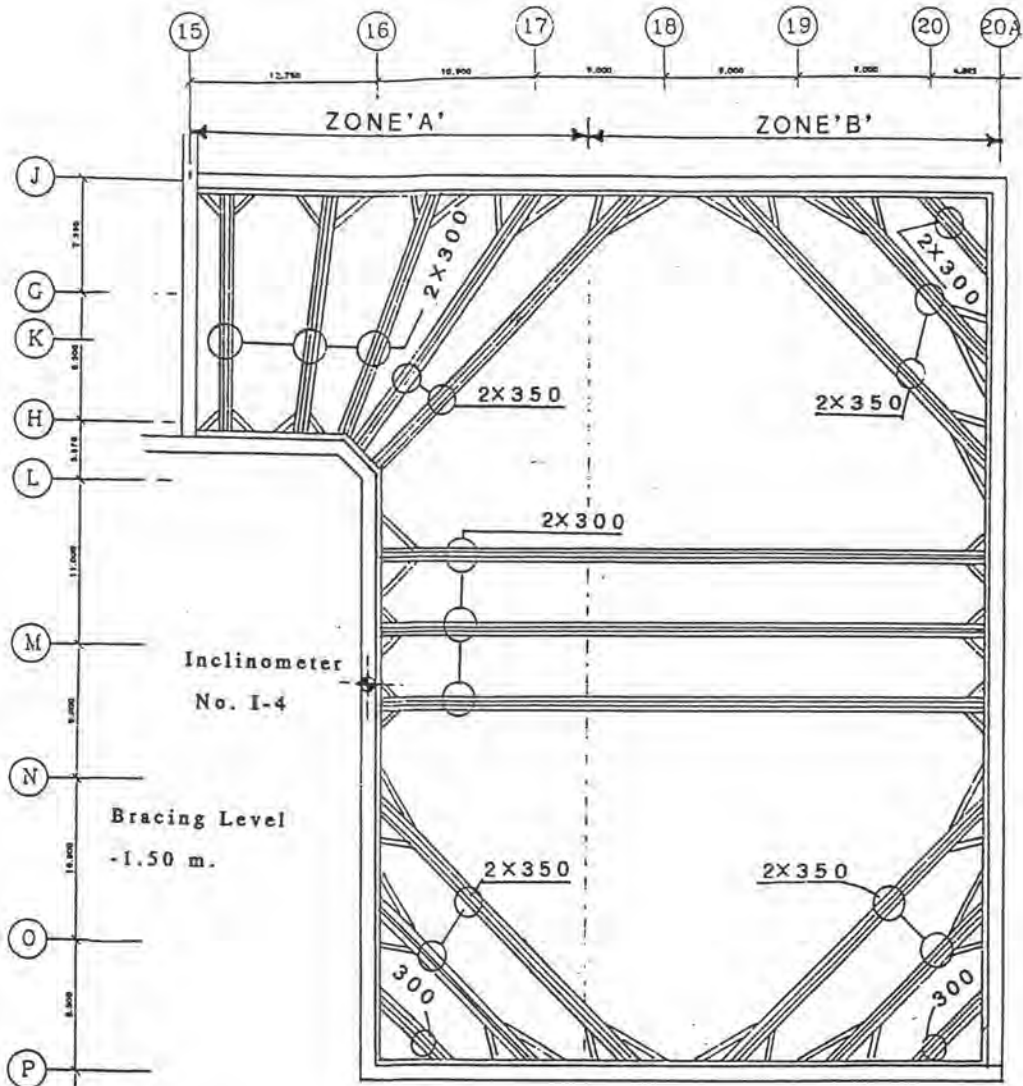
รูปที่ 3.10 แผนผังแสดงที่ตั้งของโครงการอาคารเพรสตี เดนท์ ทาวเวอร์



รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงรูปตัด และลำดับขั้นตอนการก่อสร้างบริเวณส่วนชั้นใต้ดิน โครงการอาคารพิเศษเคาน์ทาวเวอร์



รูปที่ 3.12 แผนผังแสดงการแบ่งส่วนอาคารออกเป็น โซนAและโซนB ตามลักษณะ  
 ดินลึกในการขุด

**NOTE**

"300" = 300x300x94.0 kg/m

"350" = 350x350x137.0 kg/m

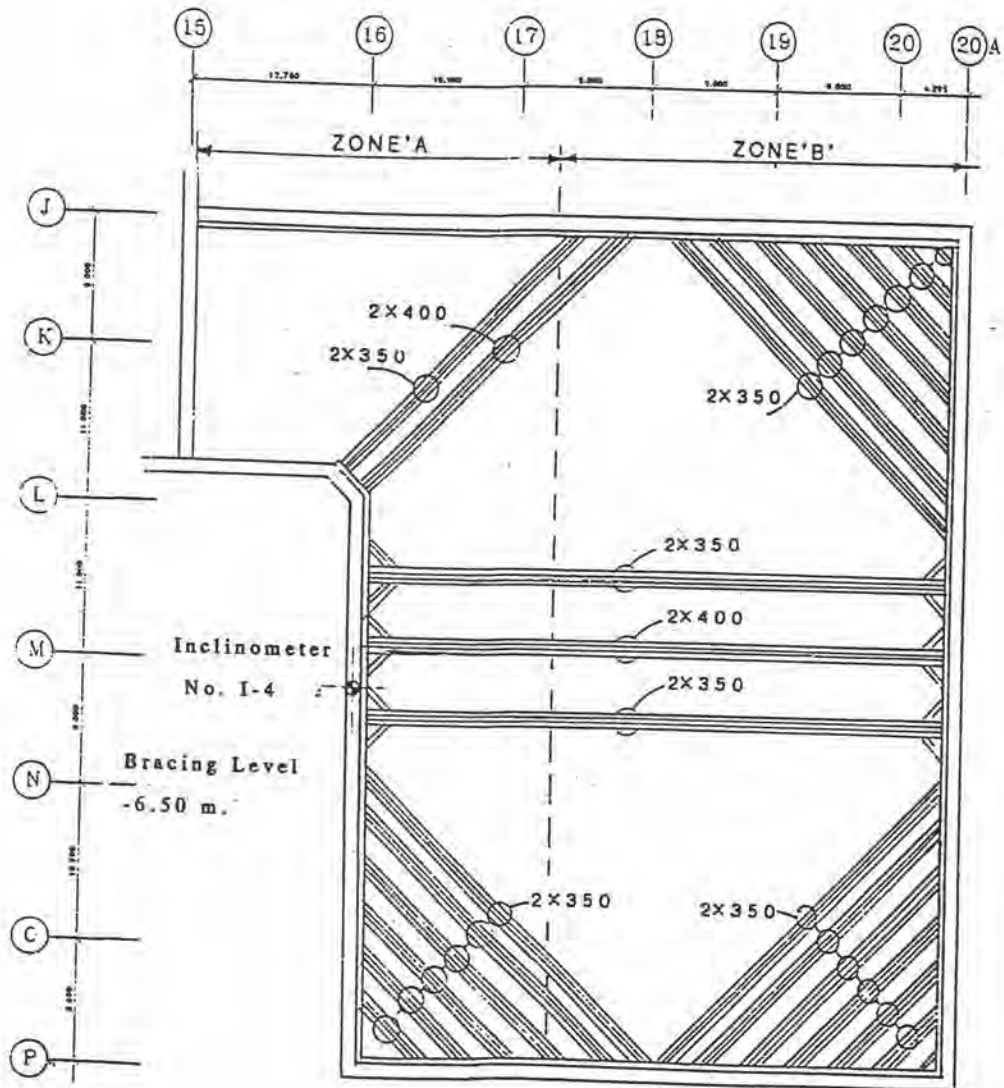
แนวกำแพงกันดินชนิด-

โตะแฉปรุ มุม 1.00ม.

**PRESIDENT TOWER PROJECT****DIAPHRAGM WALL TOP LEVEL BRACING LAYOUT**

NOT TO SCALE

รูปที่ 3.13 แผนผังการติดตั้งกำแพง, ระบบค้ำยันชั้นบน และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ  
Inclinometer หมายเลข I-4 ของโครงการอาคารเพรสซิเดนทท์ทาวเวอร์



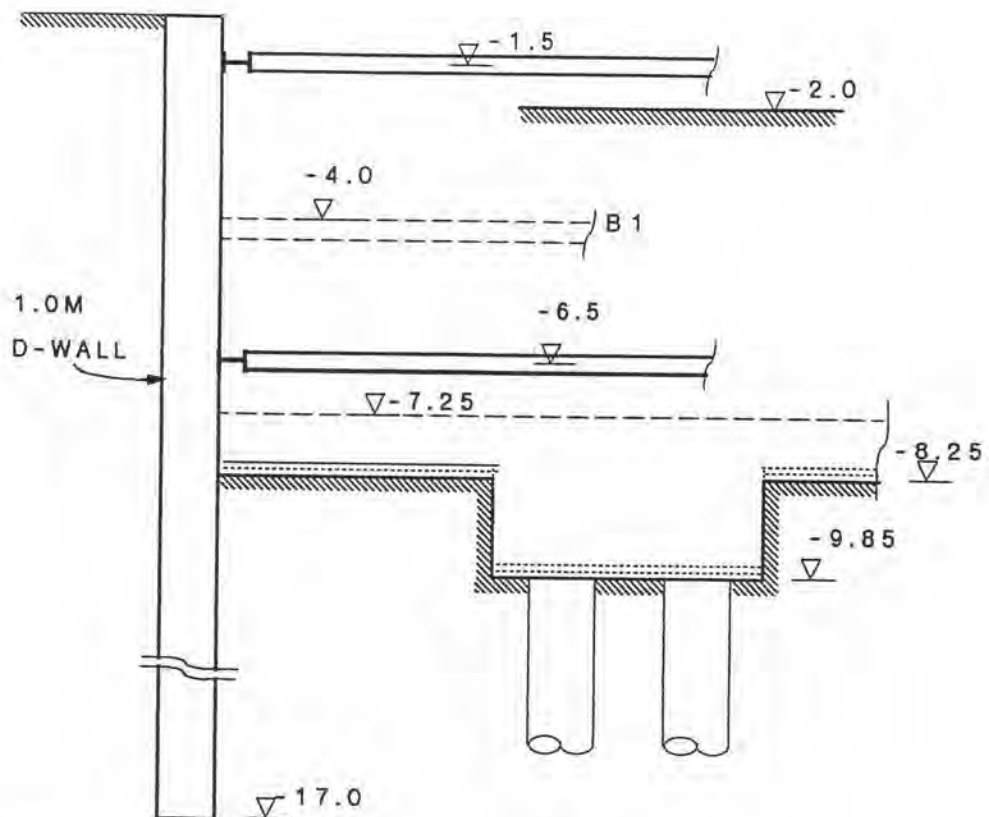
**NOTE**

- \*350\* = 350x350x137.0 kg/m
- \*400\* = 400x400x172.0 kg/m
- แนวทำพวงกบชนิด -
- โลหะหนาหนา 1.00ม.

**PRESIDENT TOWER PROJECT**

DIAPHRAGM WALL BOTTOM LEVEL BRACING LAYOUT  
NOT TO SCALE

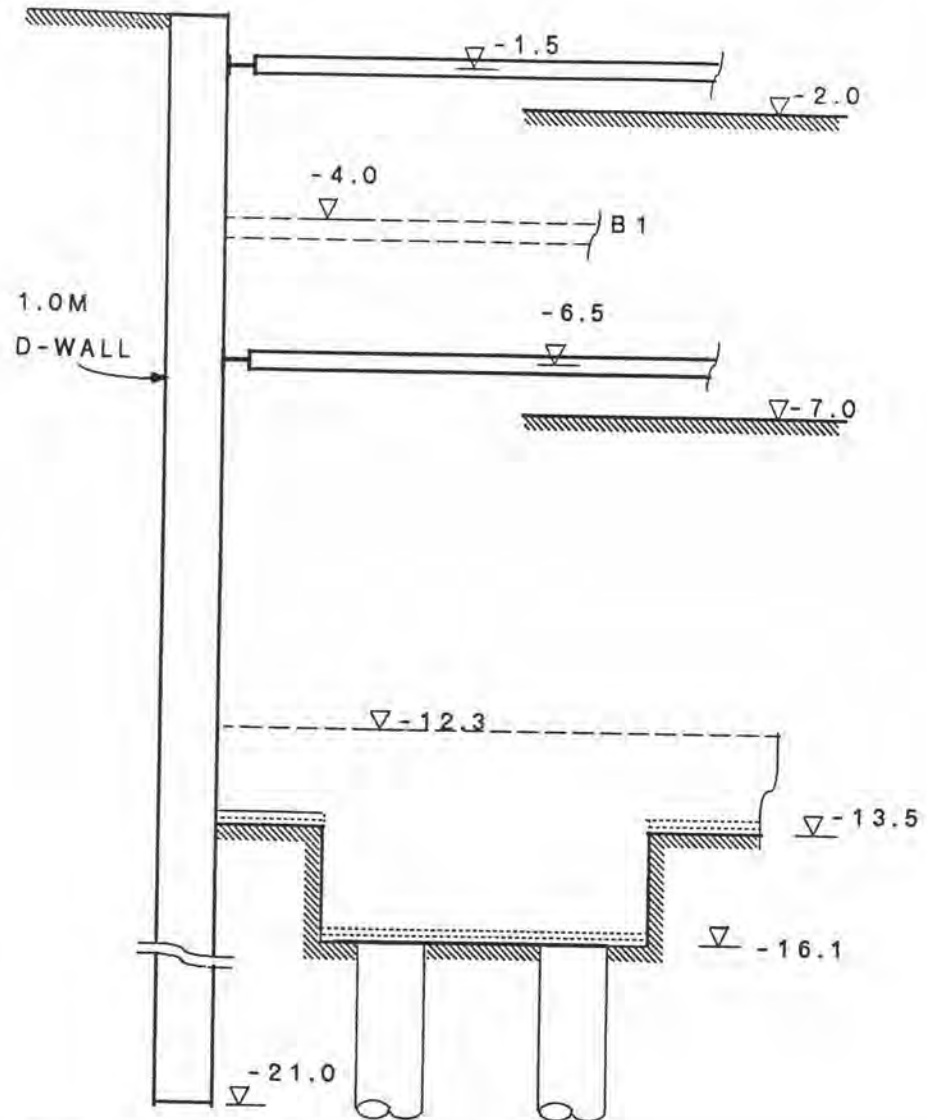
รูปที่ 3.14 แผนผังการติดตั้งกำแพง, ระบบค้ำยันชั้นล่าง และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ  
Inclinometer หมายเลข I-4 ของโครงการอาคารเพชรซิเมนต์ทาวเวอร์



- (a) CONSTRUCT D-WALL, EXCAVATE TO -2.0.
- (b) INSTALL BRACING (PRELOAD TO 10T/M).
- (c) EXCAVATE TO FULL DEPTH.
- (d) PLACE BRACING AT -6.5 (BRACING USED FOR ZONE 'B', WHICH HAS TO BEAR AGAINST TYPE 'A' WALL )
- (e) CONSTRUCT PILE CAPS & SLAB TO -7.25.
- (f) REMOVE -6.25 BRACING (MAY ALSO BE REMOVED BEFORE (e) IF PREFERRED).
- (g) CONSTRUCT -4.0 SLAB.
- (h) REMOVE -1.5 BRACING.

**CONSTRUCTION SEQUENCE ZONE 'A'**

รูปที่ 3.15 แผนภาพแสดงการก่อสร้างส่วนชั้นใต้ดิน โครงการอาคาร  
เพรสซิเคนท์ทาวเวอร์ โซน A

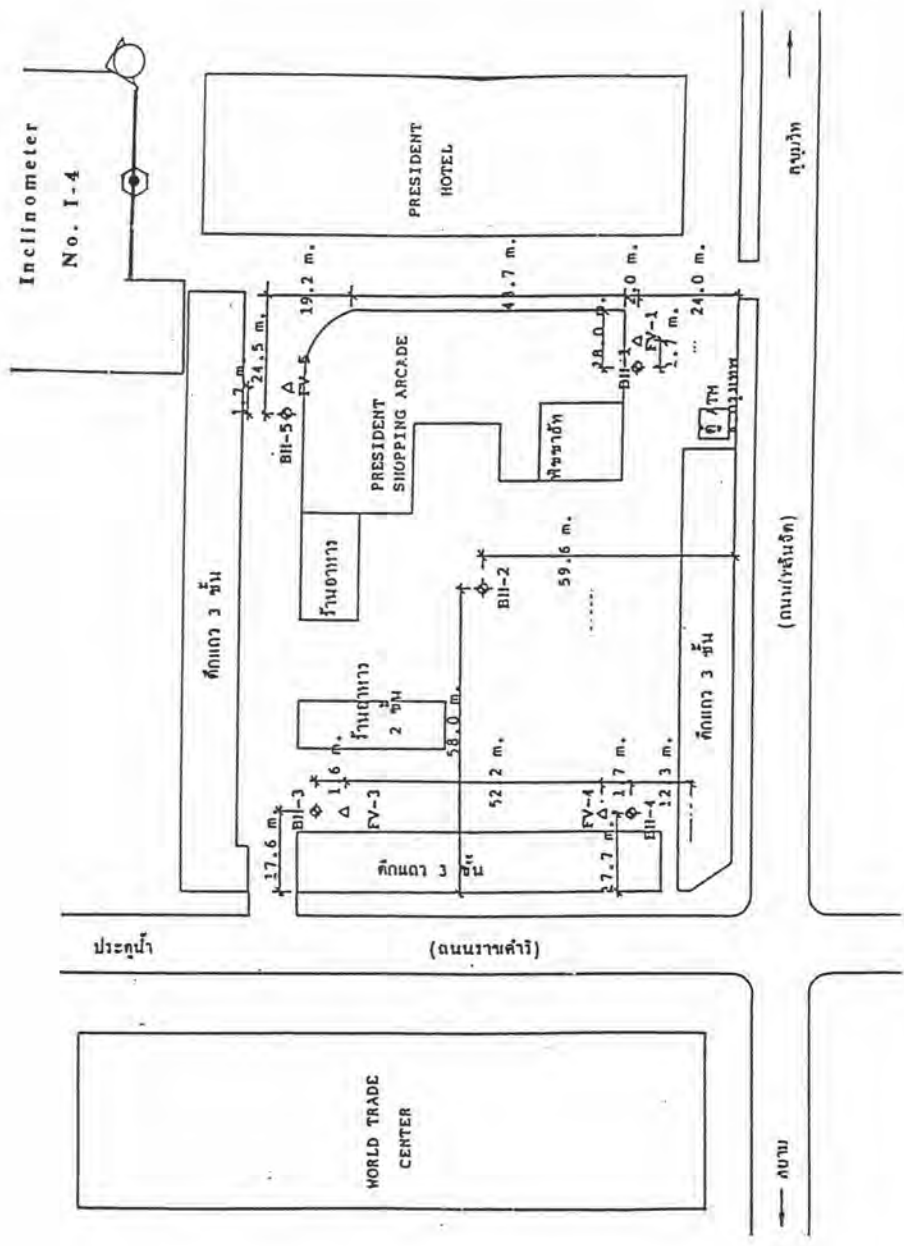


- (a) CONSTRUCT D-WALL, EXCAVATE TO -2.0.
- (b) INSTALL BRACING (PRELOAD TO 10T/M).
- (c) EXCAVATE TO -7.0
- (d) INSTALL LOWER BRACING (PRELOAD TO 40T/M).
- (e) EXCAVATE TO FULL DEPTH.
- (f) CONSTRUCT PILE CAPS & SLAB TO -12.3
- (g) REMOVE LOWER BRACING.
- (h) CONSTRUCT B1 SLAB AT -4.0.
- (i) REMOVE TOP BRACING.

**CONSTRUCTION SEQUENCE ZONE 'B'**

รูปที่ 3.16 แผนภาพแสดงการก่อสร้างส่วนชั้นใต้ดิน โครงการอาคาร  
เพรสซิเดนท์ทาวเวอร์ โซนB

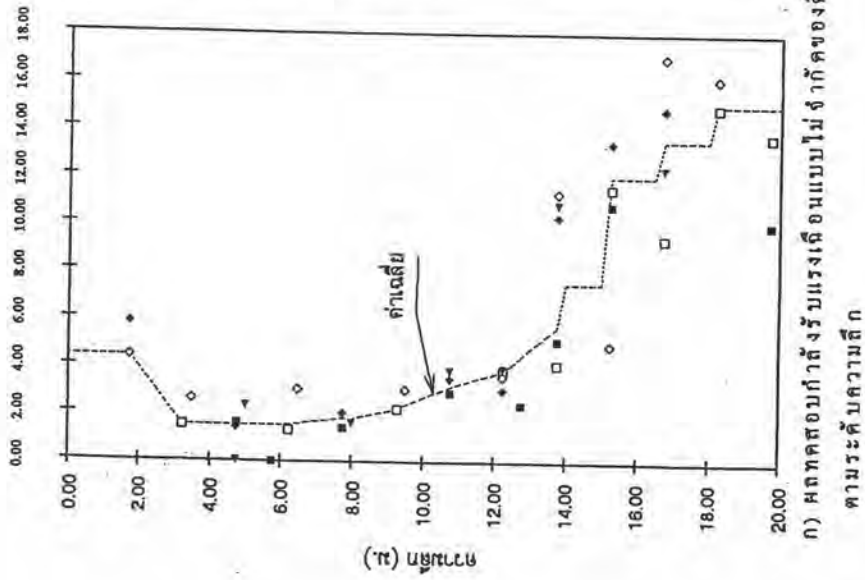




รูปที่ 3.17 แผนผังแสดงตำแหน่งจุดสำรวจดิน และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ Inclinometer หมายเลข I-4 ของโครงการ อาคารเพชรรัตนทาวเวอร์

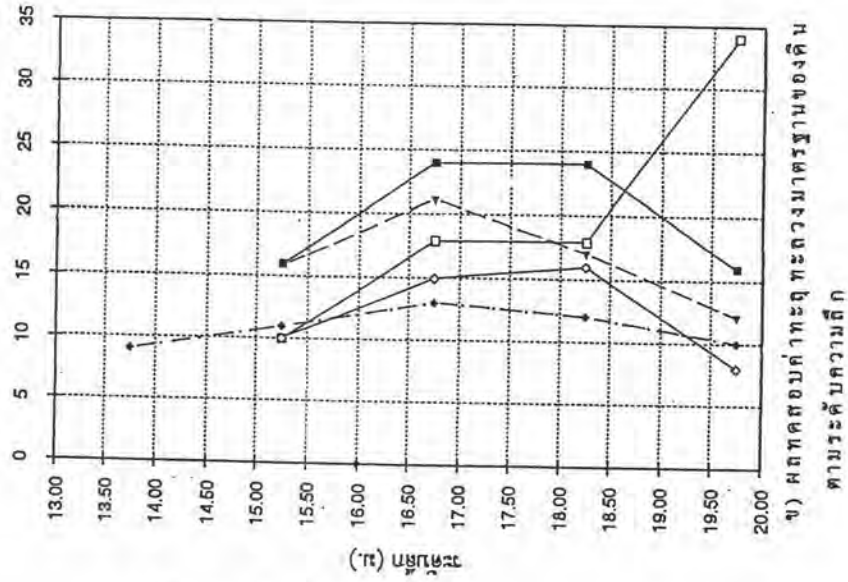


ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม.)



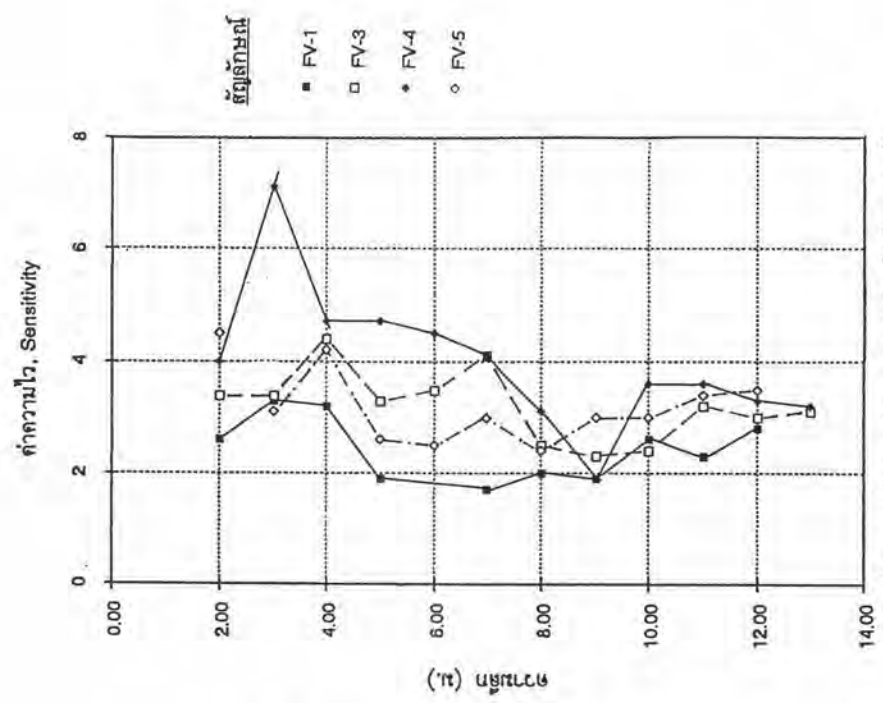
ก) ผลทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินตามระดับความลึก

ค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน, N (ครั้ง/ฟุต)

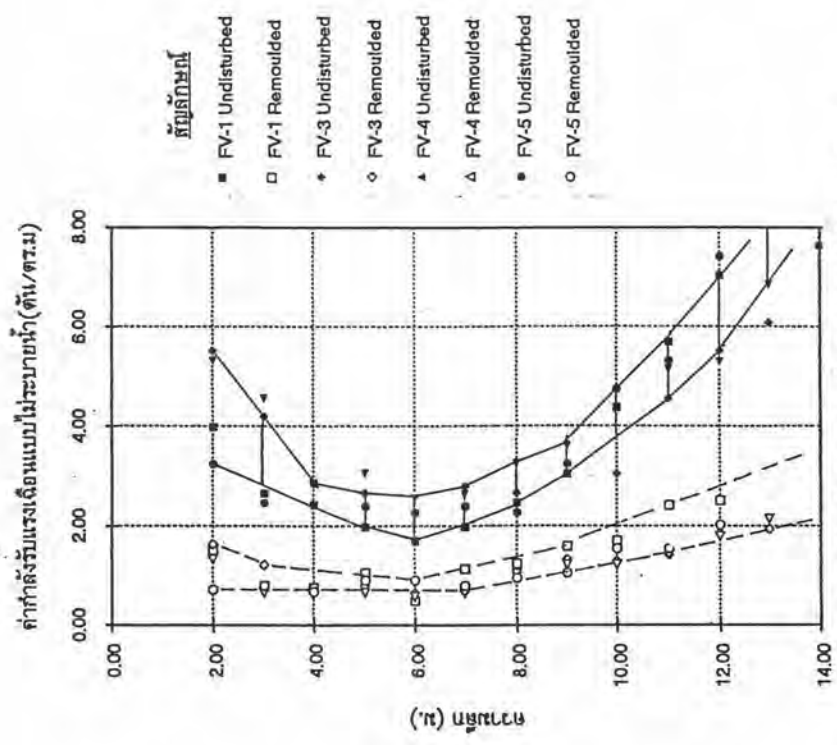


ข) ผลทดสอบค่าทะลุทะลวงมาตรฐานของดินตามระดับความลึก

รูปที่ 3.19 รายละเอียดผลทดสอบคุณสมบัติของดินที่โครงการเจาะสำรวจ โครงการอาคารเพรสซิเดนท์ทาวเวอร์



ง) ค่าความไวของผลทดสอบกำลังรับแรงเฉือน จากField Vane Test ตามระดับความลึก



ค) ผลทดสอบกำลังรับแรงเฉือนจากField Vane Test ตามระดับความลึก

รูปที่ 3.19 (ต่อ) รายละเอียดผลทดสอบคุณสมบัติของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจ โครงการอาคารเพรสซิเดนซ์ทาวเวอร์



## INCLINOMETER MONITORING RESULTS

**PROJECT : PRESIDENT TOWER PROJECT ( PHASE II )**

**DEPTH OF INCLINOMETER : 17.00M.**

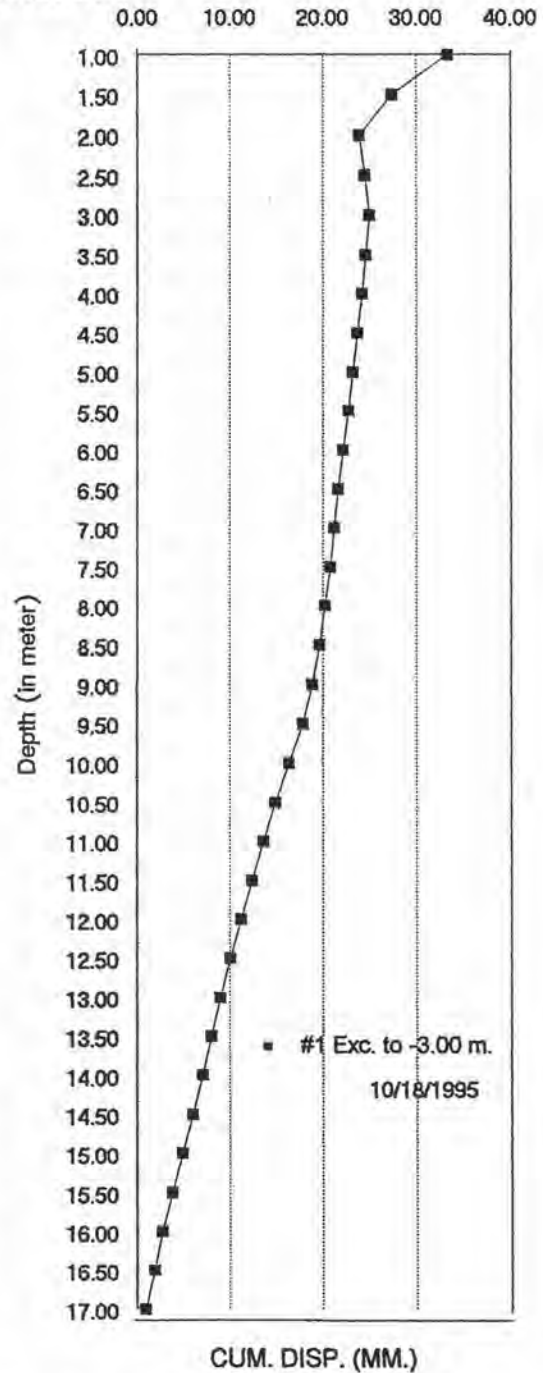
**DATE** 10/18/95

**DESCRIPTION**

TUBE NO. I - 4

DEPTH	READING # 1
M.	MM.

1.00	33.36
1.50	27.43
2.00	23.97
2.50	24.57
3.00	25.03
3.50	24.66
4.00	24.26
4.50	23.78
5.00	23.29
5.50	22.77
6.00	22.19
6.50	21.66
7.00	21.22
7.50	20.83
8.00	20.28
8.50	19.65
9.00	18.88
9.50	17.86
10.00	16.37
10.50	14.90
11.00	13.60
11.50	12.39
12.00	11.21
12.50	10.04
13.00	8.99
13.50	8.02
14.00	7.08
14.50	6.02
15.00	4.87
15.50	3.75
16.00	2.71
16.50	1.85
17.00	0.88



รูปที่ 3.20 ค่าผลวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงชนิดไดอะแฟรมที่ขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinometer หมายเลข I-4 โครงการอาคารเพรสซิเดนทท์ทาวเวอร์

### 3.4 รายละเอียดข้อมูลโครงการอาคารประตุน้ำคอมเพล็กซ์(PTN)

#### 3.4.1 ข้อมูลโดยทั่วไป

โครงการประตุน้ำคอมเพล็กซ์เป็นโครงการอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 20 ชั้นที่ตั้งของอาคารอยู่บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่ มุมสี่แยกประตุน้ำ เขตพญาไท กรุงเทพฯ แผนผังแสดงที่ตั้งของอาคารแสดงอยู่ในรูปที่ 3.21 ตัวอาคารมีชั้นใต้ดินต่ำจากระดับดินเดิมสองระดับคือ -3.50 เมตรและ -7.70 เมตร ฐานรากของอาคารอยู่ลึกลงไปอีก 2.50 เมตร จากระดับพื้นห้องใต้ดิน ค่าระดับการขุดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -10.20 เมตร

#### 3.4.2 รายละเอียดของการก่อสร้างส่วนงานขุดดินระดับลึก

งานขุดดินระดับลึกใช้ระบบกำแพงกันดินชนิดไคอะแฟรม ประกอบด้วยระบบค้ำยันจำนวนหนึ่งชั้น ที่ระดับ -1.50 เมตร ความหนาของกำแพงที่ใช้เท่ากับ 1.00 เมตร ระดับปลายบน, ปลายล่างของกำแพงอยู่ที่ระดับ  $\pm 0.00$  เมตรและ -17.00 เมตรตามลำดับ ค่ากำลังประลัยของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างกำแพง ( $f_c'$ ) เท่ากับ 240 ksc แผนผังการติดตั้งระบบกำแพงและระบบค้ำยันถูกแสดงรูปที่ 3.22 ส่วนในรูปที่ 3.23 แสดงลำดับขั้นตอนการก่อสร้างชั้นใต้ดินของอาคารประตุน้ำคอมเพล็กซ์

#### 3.4.3 สภาพชั้นดิน และข้อมูลการเจาะสำรวจดิน (Soil Investigation)

สภาพของชั้นดินบริเวณที่ตั้งโครงการ มีลักษณะเหมือนชั้นดินกรุงเทพฯ โดยทั่วไป ซึ่งผลสำรวจระดับน้ำใต้ดินพบว่า phreatic surface อยู่ที่ระดับ -0.50 เนื้อหาของข้อมูลเพื่อการวิจัยคือชั้นดินในช่วงตลอดแนวความสูงของกำแพงกันดิน ตั้งแต่ความลึก  $\pm 0.00$  ถึง -17.00 เมตร ประกอบด้วย

1) ชั้นดินเปลือก (Weathered crust or top soil) ในบริเวณโครงการมีความหนาของชั้นดินนี้ไม่คงที่ ซึ่งพบว่ามีความหนาของชั้นดินตั้งแต่ 0 ถึง 4.5 เมตร เป็นดินเหนียว

ดินน้ำตาล มีค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด(Unconfined Compression Test) ประมาณ 4.4 ถึง 8.3 ตัน/ตร.ม. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 31 ถึง 46%

2) ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง (Very soft to medium clay) พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเปลือก จนกระทั่งสิ้นสุดที่ระดับ -13.5 เมตร เป็นดินเหนียวสีเทา มีค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัดประมาณ 1.3 ถึง 3.5 ตัน/ตร.ม. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติในช่วงค่า 43 ถึง 93%

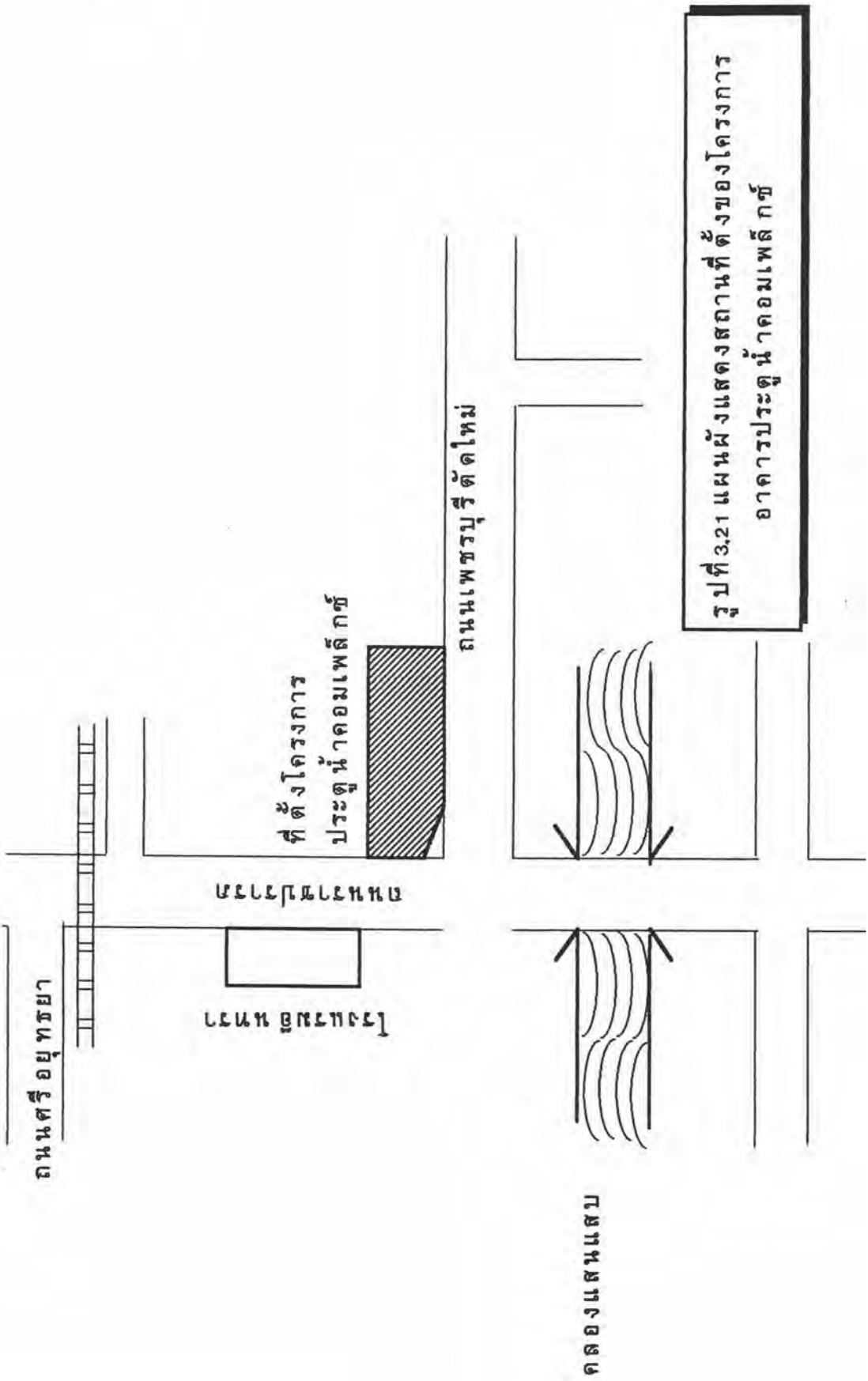
3) ชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay) เป็นดินเหนียวปนทรายสีน้ำตาล พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง จนกระทั่งสิ้นสุดที่ระดับ -20.5 เมตร มีค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐานตั้งแต่ 8 ถึง 19 ครั้ง/ฟุต. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 21 ถึง 33%

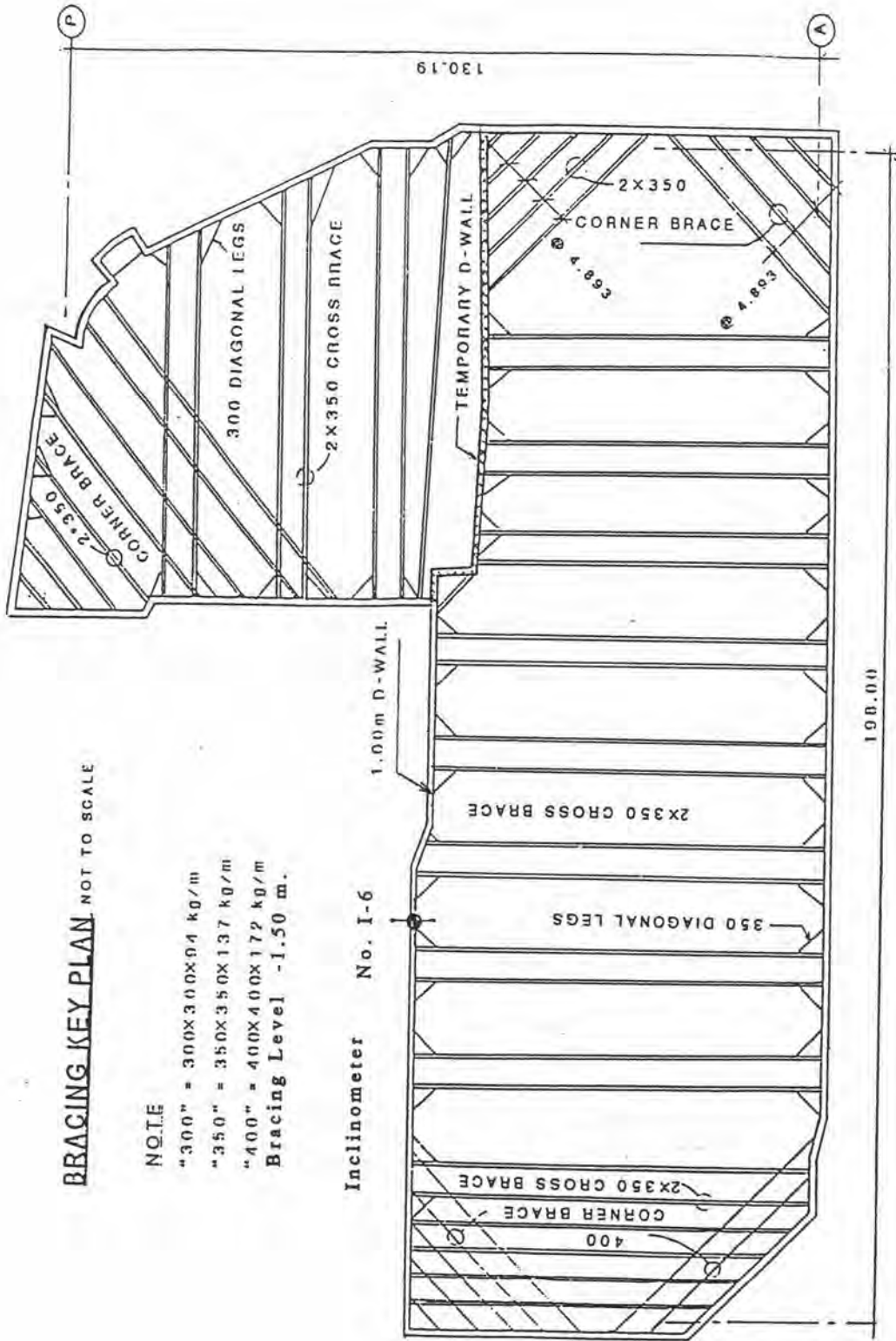
โครงการนี้มีข้อมูลการเจาะสำรวจดินจำนวนสองหลุมคือ BH-1และBH-2 รวมทั้งได้ทำการทดสอบค่ากำลังเฉือนแบบเวนในสนาม (Field Vane Test) ของชั้นดินเหนียวอ่อนจำนวนสองหลุมคือ FVT-1, FVT-2 รายละเอียดของข้อมูลการสำรวจประกอบด้วย การทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compressive Strength), ค่าการทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน(N), ค่ากำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ Field Vane Test , ปริมาณความชื้น (Natural Water Content), Atterberg-Limit , หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit- Weigth) ข้อมูลโดยสรุปแสดงอยู่ในรูปที่ 3.24 และในส่วนของข้อมูลโดยละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

#### 3.4.4 ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงจากเครื่องมือ Inclinator

ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงที่ถูกคัดเลือก นำมาใช้เพื่อการวิจัยคือข้อมูลของเครื่องมือที่ตำแหน่ง I-6 มีค่าระดับที่ปลายล่างเครื่องมือที่ -16.50 เมตร ซึ่งบันทึกค่าการเคลื่อนตัวของกำแพงจำนวนสองค่า ขณะทำการขุดที่ระดับ-2.00 และ -8.50 เมตร ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือและข้อมูลที่ได้จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.22 และ 3.25







**BRACING KEY PLAN** NOT TO SCALE

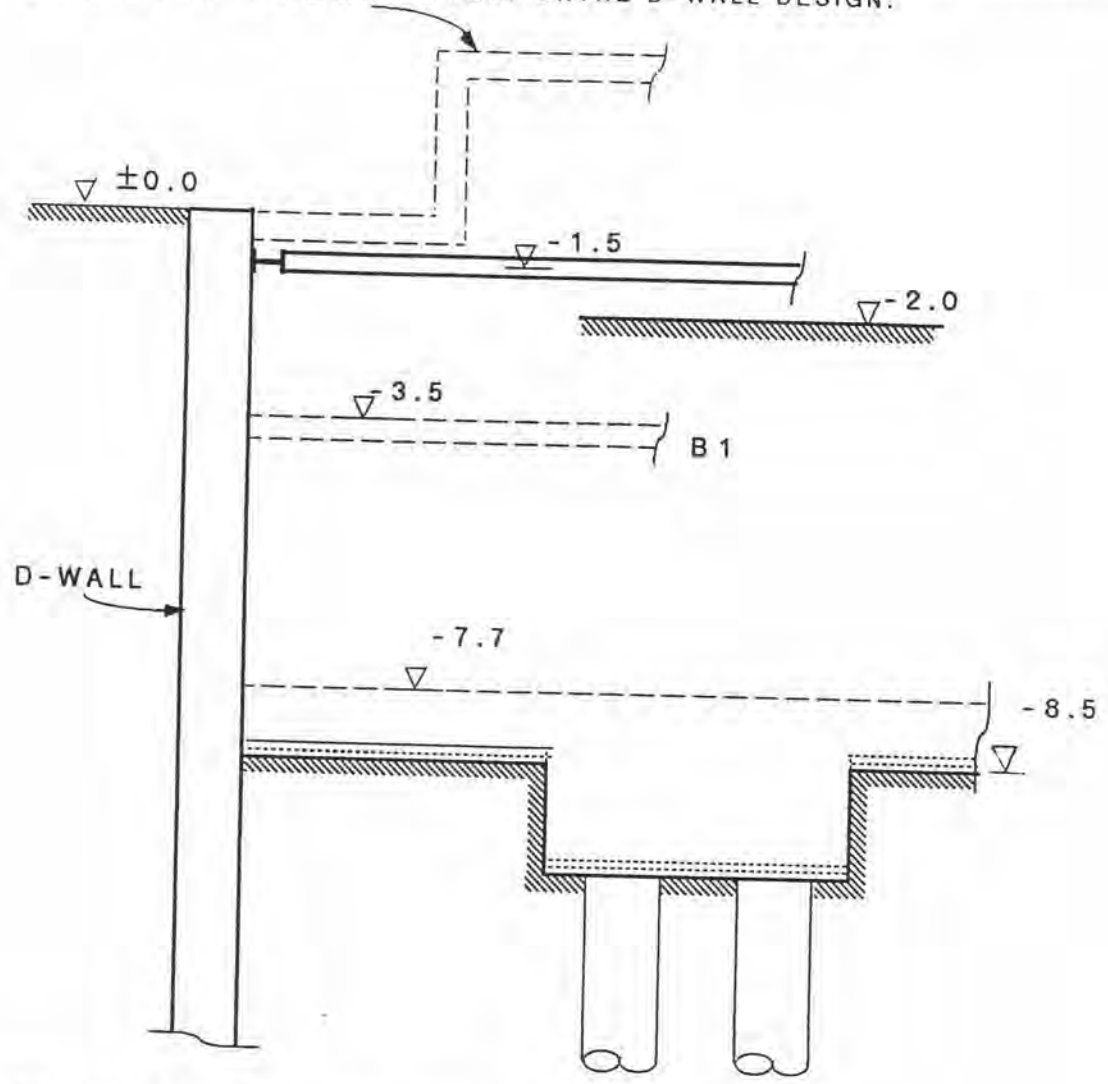
**NOTE**

- "300" = 300X300X04 kg/m
  - "350" = 350X350X137 kg/m
  - "400" = 400X400X172 kg/m
- Bracing Level -1.50 m.

Inclinometer No. I-6

รูปที่ 3.22 แผนผังการติดตั้งกำแพง, ระบบค้ำยันและตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ Inclinometer หมายเลข I-6 ของโครงการอาคารประตูน้ำคอมเพล็กซ์

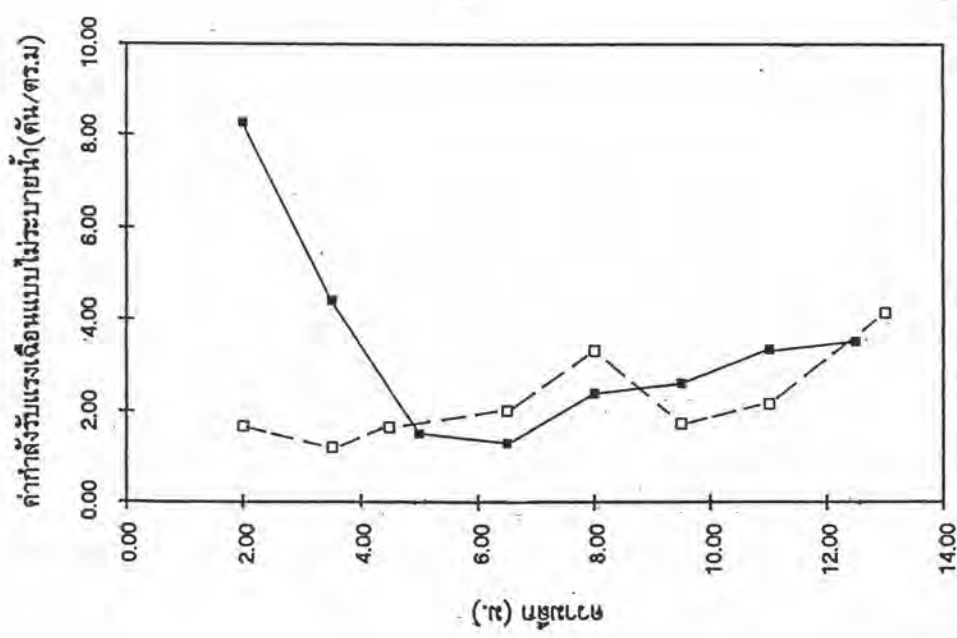
THIS PART OF STRUCTURE IS CONSTRUCTED AFTER BRACING REMOVAL, SO DOES NOT HAVE ANY EFFECT ON THE D-WALL DESIGN.



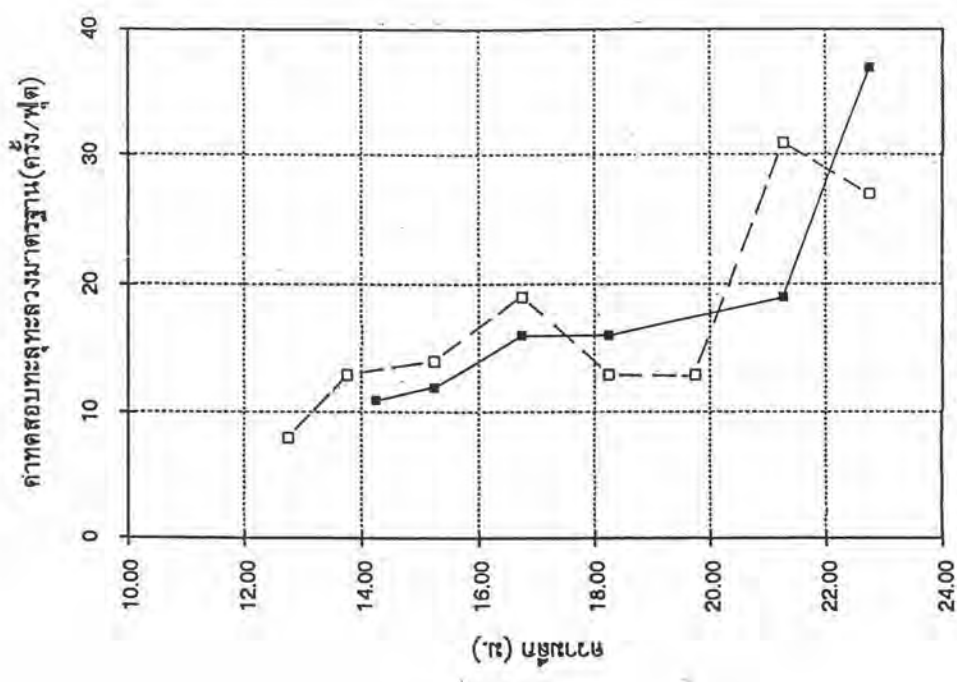
- (a) CONSTRUCT D-WALL, EXCAVATE TO -2.0.
- (b) INSTALL BRACING (PRELOAD TO 10T/M).
- (c) EXCAVATE TO FULL DEPTH.
- (d) CONSTRUCT SLAB AT -7.7.
- (e) CONSTRUCT SLAB AT -3.5.
- (f) REMOVE BRACING.

**CONSTRUCTION SEQUENCE FOR D-WALL DESIGN**

รูปที่ 3.23 แผนภาพแสดงการก่อสร้างส่วนชั้นใต้ดิน โครงการอาคาร  
ประตุน้ำคอมเพล็กซ์



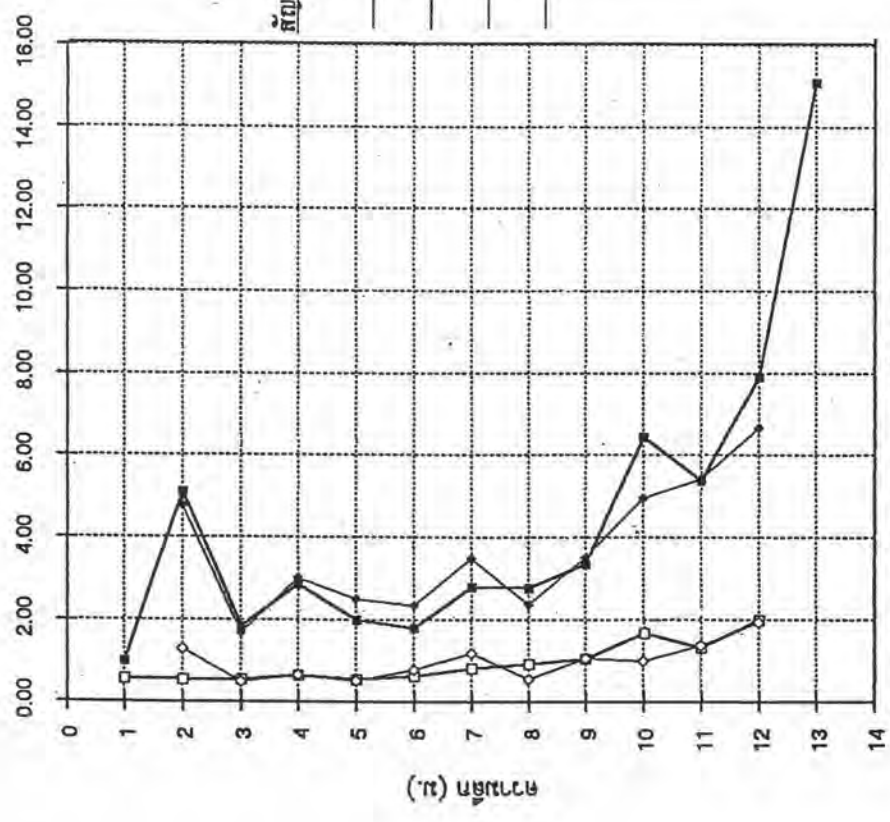
ก) ผลทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่จำกัดของดิน ตามระดับความลึก



ข) ผลทดสอบค่าหะตุหะมวลมาตรฐานของดิน ตามระดับความลึก

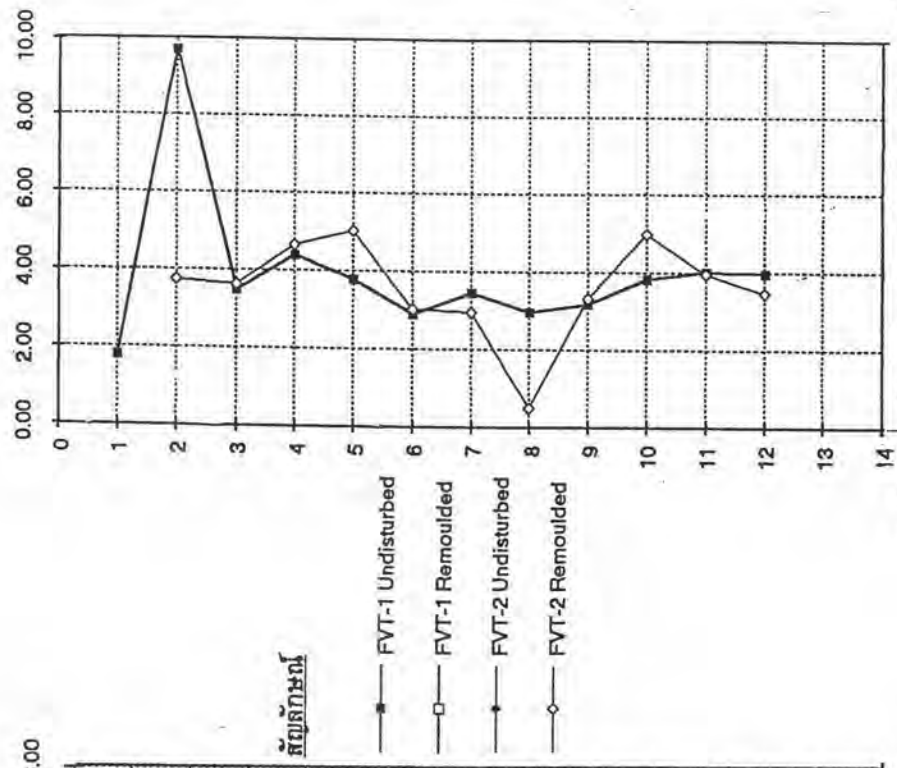
รูปที่ 3.24 รายละเอียดผลทดสอบคุณสมบัติของดินที่ปรึกษาการเจาะสำรวจ โครงการอาคารประดิษฐานคอมพิวเตอร์

ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม)



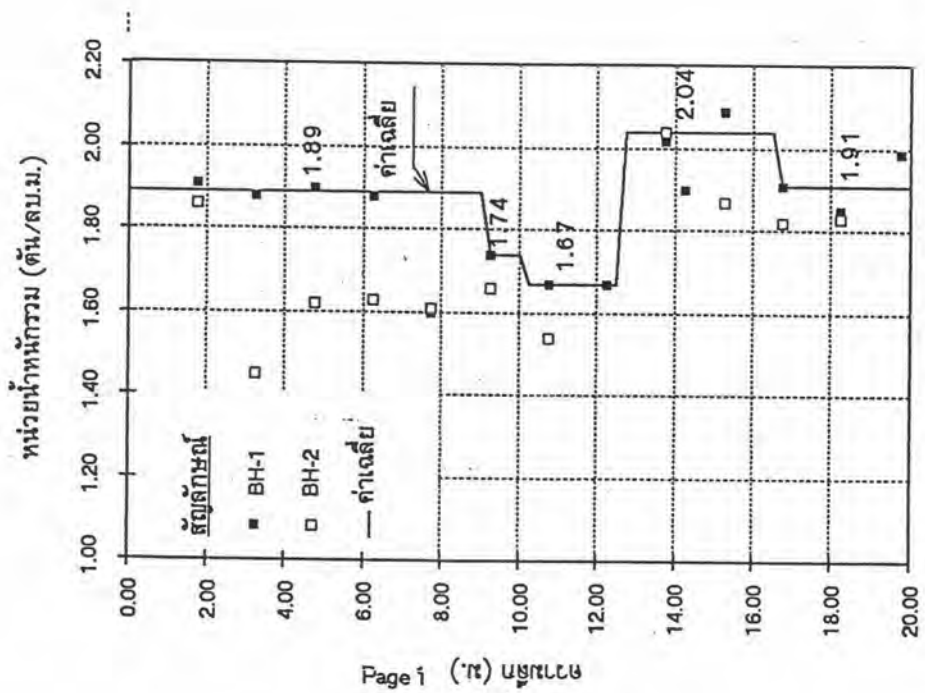
ก) ผลทดสอบกำลังรับแรงเฉือนจากField Vane Test ตามระดับความลึก

ค่าความไว, Sensitivity

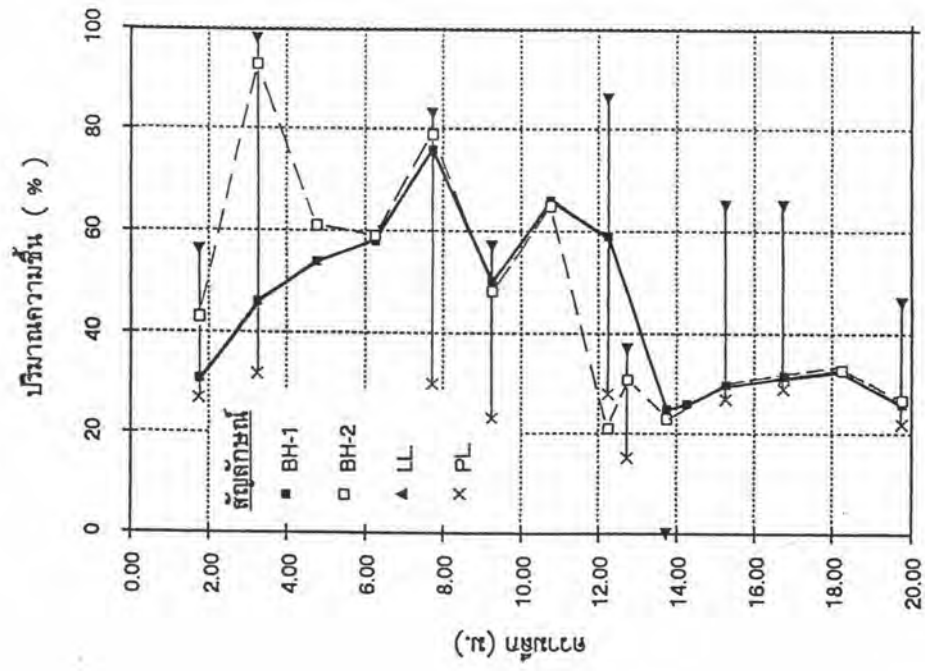


ง) ค่าความไวของผลทดสอบกำลังรับแรงเฉือน จากField Vane Test ตามระดับความลึก

รูปที่ 3.24 (ต่อ) รายละเอียดผลทดสอบคุณสมบัติของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจโครงการอาคารประตูน้ำคอมเพล็กซ์



จ) ผลทดสอบค่าหน่วยน้ำหนักของดิน และค่าเฉลี่ย ตามระดับความลึก



ข) ผลทดสอบค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ Atterberg Limit ของดิน ตามระดับความลึก

รูปที่ 3.24 (ต่อ) รายละเอียดผลทดสอบสมบัติของดิน ได้จากการเจาะสำรวจ โครงการอาคารประดิษฐ์น้ำคอมเพ็คท์

## INCLINOMETER MONITORING RESULTS

PROJECT : PRATUNAM COMPLEX PROJECT

DEPTH OF INCLINOMETER : 16.50M.

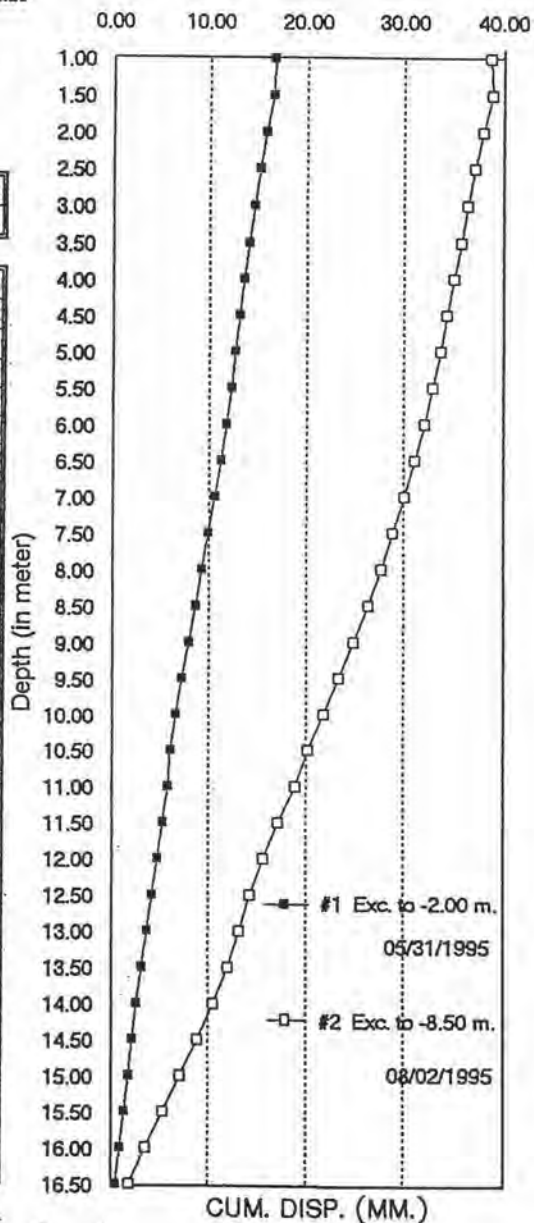
DATE 05/31/95 08/02/95

DESCRIPTION

TUBE NO. I - 6

DEPTH	READING # 1	READING # 2
M.	MM.	MM.

1.00	16.72	38.78
1.50	16.62	38.92
2.00	15.86	37.99
2.50	15.24	37.20
3.00	14.69	36.48
3.50	14.17	35.85
4.00	13.62	35.13
4.50	13.15	34.47
5.00	12.72	33.77
5.50	12.36	32.98
6.00	11.87	32.14
6.50	11.26	31.15
7.00	10.63	30.10
7.50	9.94	28.96
8.00	9.31	27.73
8.50	8.71	26.44
9.00	7.97	24.93
9.50	7.30	23.40
10.00	6.66	21.81
10.50	6.06	20.24
11.00	5.86	18.99
11.50	5.28	17.21
12.00	4.78	15.73
12.50	4.20	14.35
13.00	3.65	13.32
13.50	3.15	12.14
14.00	2.60	10.61
14.50	2.15	8.95
15.00	1.73	7.16
15.50	1.29	5.37
16.00	0.85	3.58
16.50	0.44	1.82



รูปที่ 3.25 ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดไคอะแพรม ที่ชั้นคอนกรีก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinometer หมายเลข 1-6 โครงการอาคารประตุน้ำ คอมเพล็กซ์

### 3.5 รายละเอียดข้อมูลสำรวจโครงการอาคารบรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (IFCT)

#### 3.5.1 ข้อมูลทั่วไป

โครงการอาคารบรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เป็นโครงการก่อสร้างอาคารสำนักงาน ชนิดคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 37 ชั้น ตั้งอยู่บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่ เขตพญาไท กรุงเทพฯ บริเวณใกล้เคียงกับสี่แยกอโศก เริ่มก่อสร้างต้นปี พ.ศ. 2540 แผนผังแสดงที่ตั้งโครงการแสดงอยู่ในรูปที่ 3.26

#### 3.5.2 รายละเอียดการก่อสร้างในส่วนงานชุดดินระดับลึก

ระบบงานชุดดินระดับลึก ใช้ระบบกำแพงกันดินชนิดโคอะเฟรมประกอบด้วยระบบค้ำยันจำนวน 2 ชั้น ที่ระดับ -1.50 และ -6.80 เมตร ความหนาของกำแพงเท่ากับ 0.80 เมตร ระดับปลายบนของกำแพงอยู่ที่ระดับ -0.70 เมตร ระดับปลายล่างของกำแพงที่สนใจศึกษาอยู่ที่ระดับ -19.00, -18.30, 21.00 เมตร ค่ากำลังประลัยของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างกำแพง ( $f_c'$ ) เท่ากับ 280 ksc. แผนผังการติดตั้งกำแพงและระบบค้ำยันชั้นบนและล่างถูกแสดงในรูปที่ 3.27, 3.28 ลำดับขั้นตอนการก่อสร้างห้องใต้ดินแสดงในรูปที่ 3.29

#### 3.5.3 สภาพชั้นดิน และข้อมูลการเจาะสำรวจดิน (Soil Investigation)

สภาพของชั้นดินบริเวณที่ตั้งโครงการ มีลักษณะเหมือนชั้นดินกรุงเทพฯ โดยทั่วไป ซึ่งผลสำรวจระดับน้ำใต้ดินพบว่า phreatic surface อยู่ที่ระดับ -0.50 เมตร เนื้อหาของข้อมูลเพื่อการวิจัยคือชั้นดินในช่วงตลอดแนวความสูงของกำแพงกันดิน ตั้งแต่ความลึก  $\pm 0.00$  ถึง -21.00 เมตร ประกอบด้วย

- 1) ชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปานกลาง (Very soft to medium clay) เป็นดินเหนียวสีเทาเข้ม มีชั้นทรายละเอียดแทรกอยู่ในเนื้อดิน พบที่ระดับความลึกตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับ -16.5 เมตร มีค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compression-Test) ประมาณ 1 ถึง 4.8 ตัน/ตร.ม. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติในช่วงค่า 35 ถึง 92%
- 2) ชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay) เป็นดินเหนียวสีเทาเข้ม มีชั้นทรายละเอียดแทรกอยู่ในเนื้อดิน พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงปาน



กลาง จนกระทั่งสิ้นสุดที่ระดับ -19.5 เมตร มีค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐานตั้งแต่ 14 ถึง 18 ครั้ง/ฟุต. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 28 ถึง 32%

3) ชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay) เป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนเหลือง พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเหนียวแข็งสีเทา มีค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐานตั้งแต่ 19 ถึง 40 ครั้ง/ฟุต. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 23 ถึง 27%

โครงการนี้ได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 2หลุม คือ BH-1และ BH-2 รวมทั้งทำการทดสอบค่ากำลังเฉือนของดินเหนียวอ่อนแบบเวนในสนาม (Field Vane Test) จำนวน 6หลุม ลักษณะชั้นดินโดยทั่วไปตามแนวหลุมเจาะแสดงอยู่ในรูปที่ 3.33 รายละเอียดของการสำรวจประกอบด้วย การทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compressive Strength), ค่าการทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน (N), ค่ากำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ Field Vane Test, ปริมาณความชื้น (Natural Water Content), Atterberg Limit, หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit-Weigth), ข้อมูลโดยสรุปแสดงอยู่ในรูปที่ 3.31 และในส่วนของข้อมูลโดยละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ง

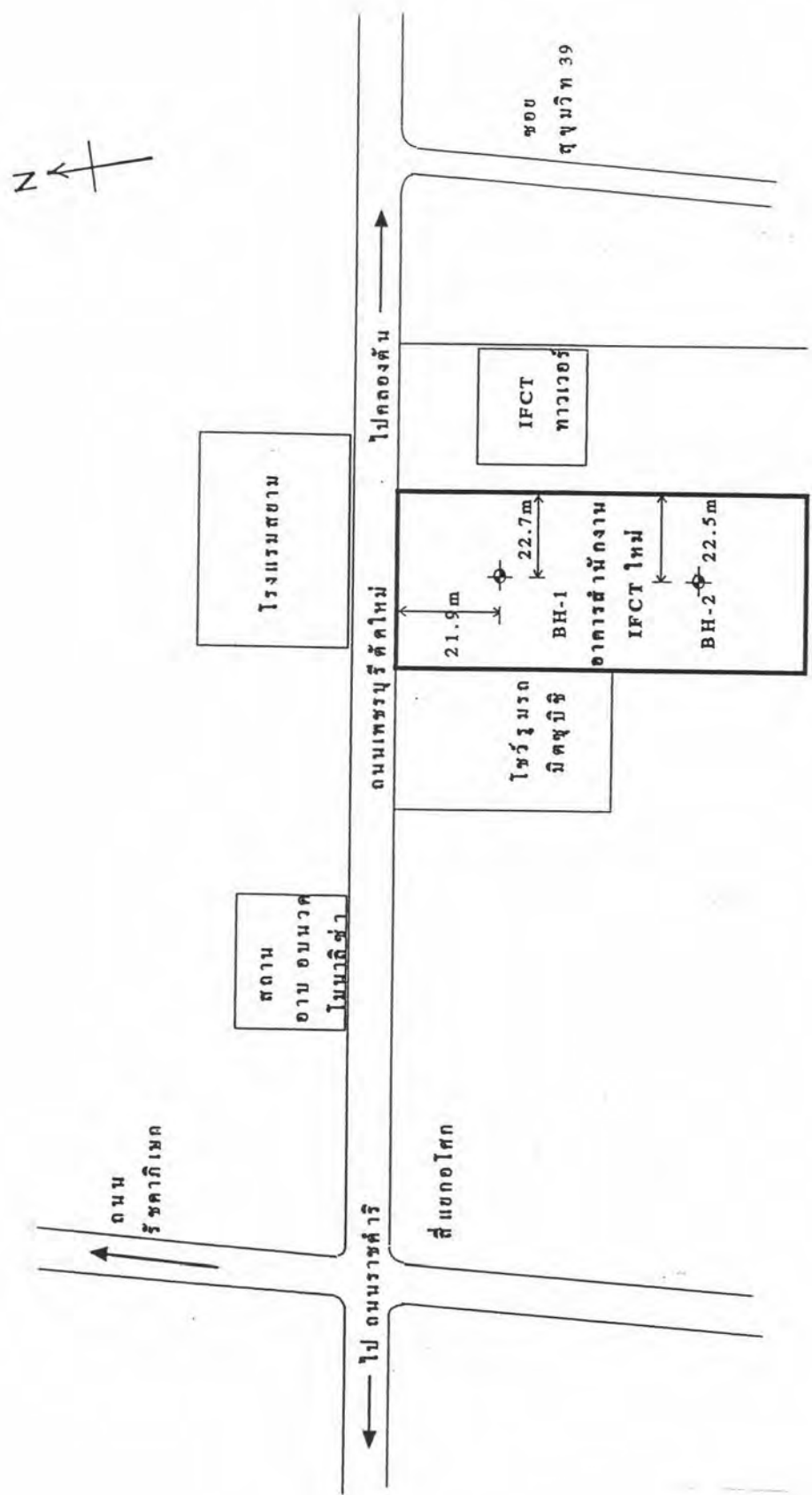
**3.5.4 ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงจากเครื่องมือ Inclinator**

ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงที่ถูกคัดเลือก นำมาใช้เพื่อการวิจัยคือข้อมูลของเครื่องมือที่ตำแหน่ง I-3, I-5, I-6 ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือแสดงอยู่ในรูปที่ 3.27 และ 3.28 รายละเอียดของเครื่องมือ Inclinator ทั้งสามมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

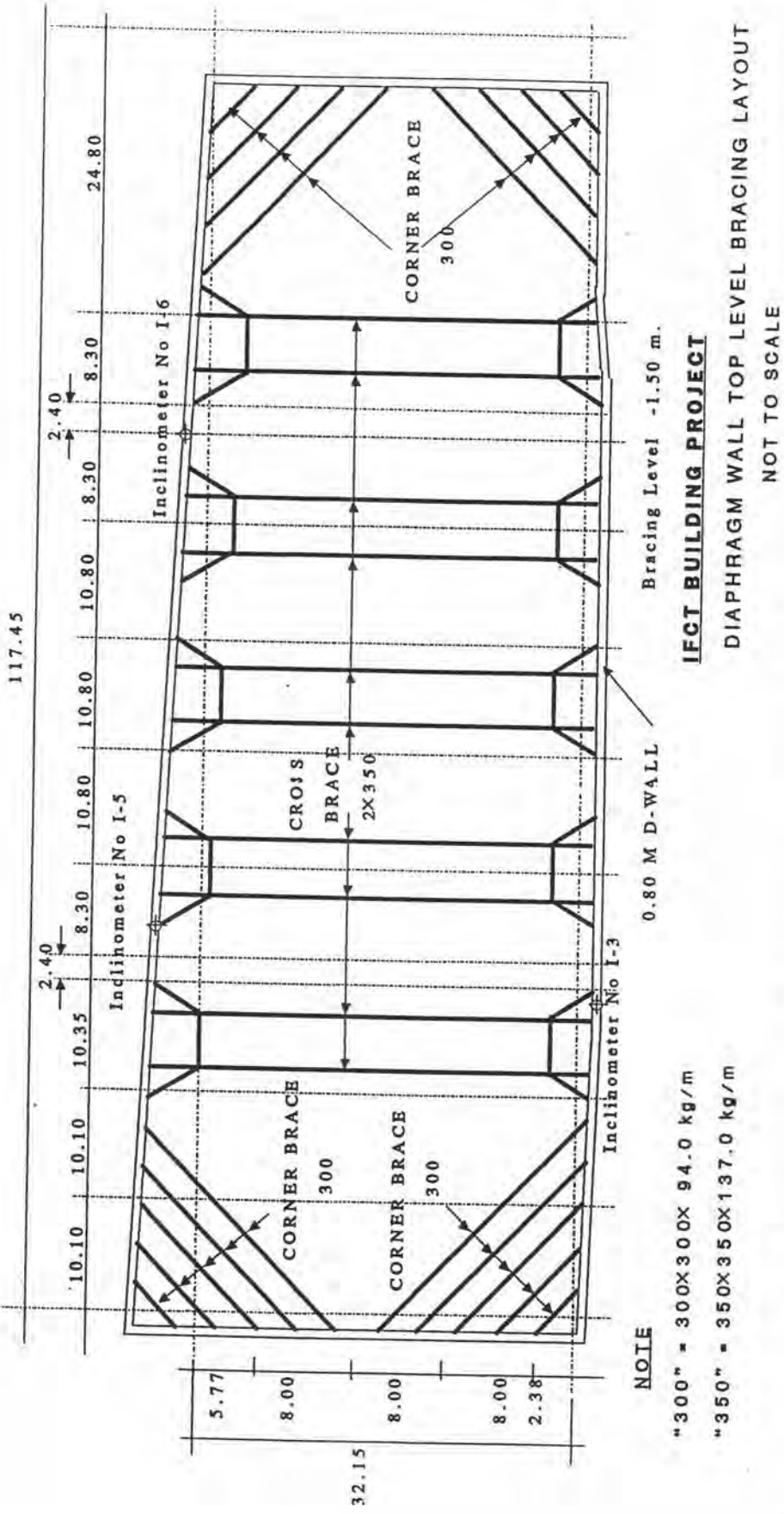
Inclinator หมายเลข I-3 ระดับปลายล่างของ Inclinator อยู่ที่ -19.00 เมตร บันทึกการเคลื่อนตัวขณะทำการขุดที่ระดับ -4.00, -7.30 และ -10.60 เมตร ข้อมูลที่ได้จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.32

Inclinator หมายเลข I-5 ระดับปลายล่างของ Inclinator อยู่ที่ -18.00 เมตร บันทึกการเคลื่อนตัวขณะทำการขุดที่ระดับ -2.00, -4.00, -7.30 และ -10.60 เมตร ข้อมูลที่ได้จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.33

Inclinator หมายเลข I-6 ระดับปลายล่างของ Inclinator อยู่ที่ -21.00 เมตร บันทึกการเคลื่อนตัวขณะทำการขุดที่ระดับ -2.00, -7.30 และ -10.60 เมตร ข้อมูลที่ได้จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.34



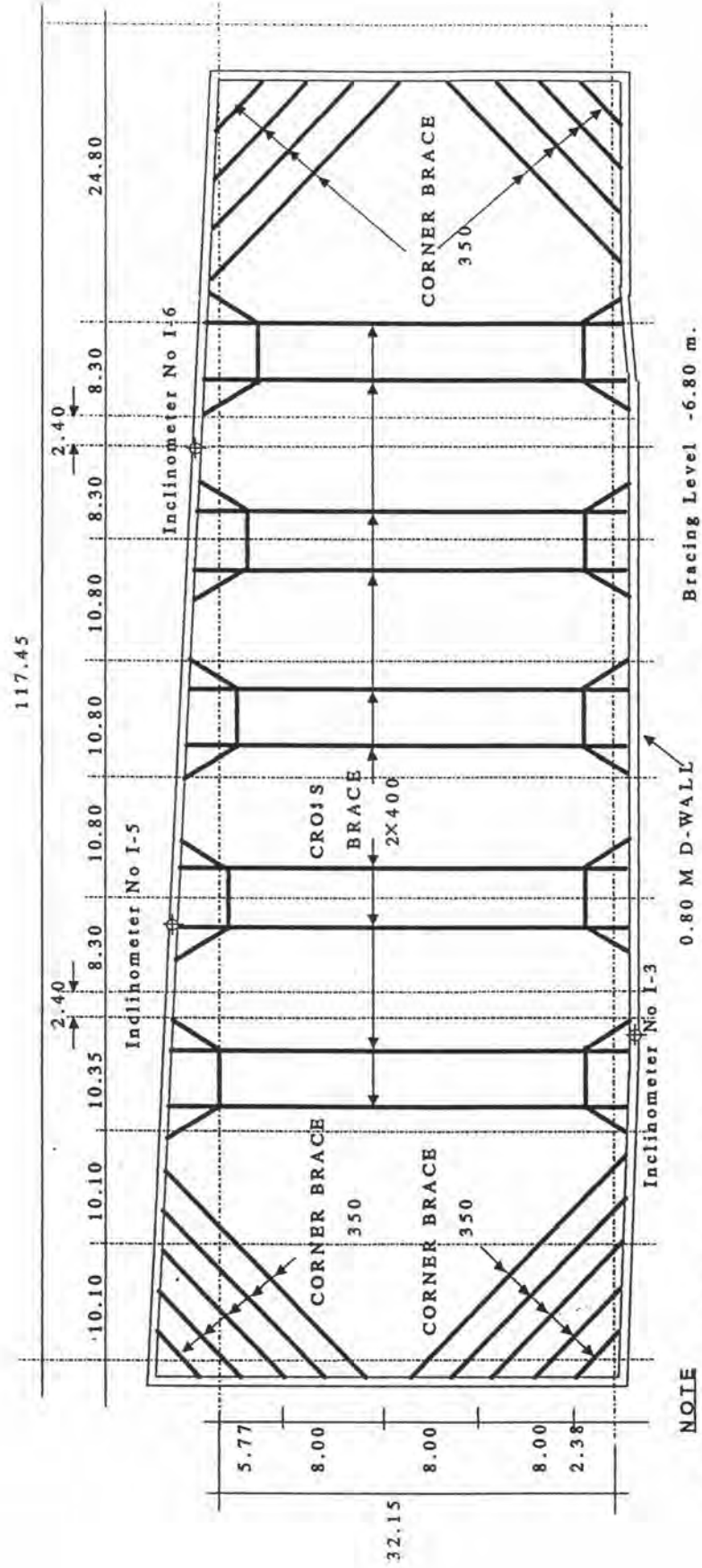
รูปที่ 3.26 แผนผังแสดงที่ตั้งของโครงการอาคารบริษัทเงินทุนอุสาหกรรมแห่งประเทศไทยแห่งใหม่ และตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดิน



**NOTE**  
 "300" = 300X300X 94.0 kg/m  
 "350" = 350X350X137.0 kg/m

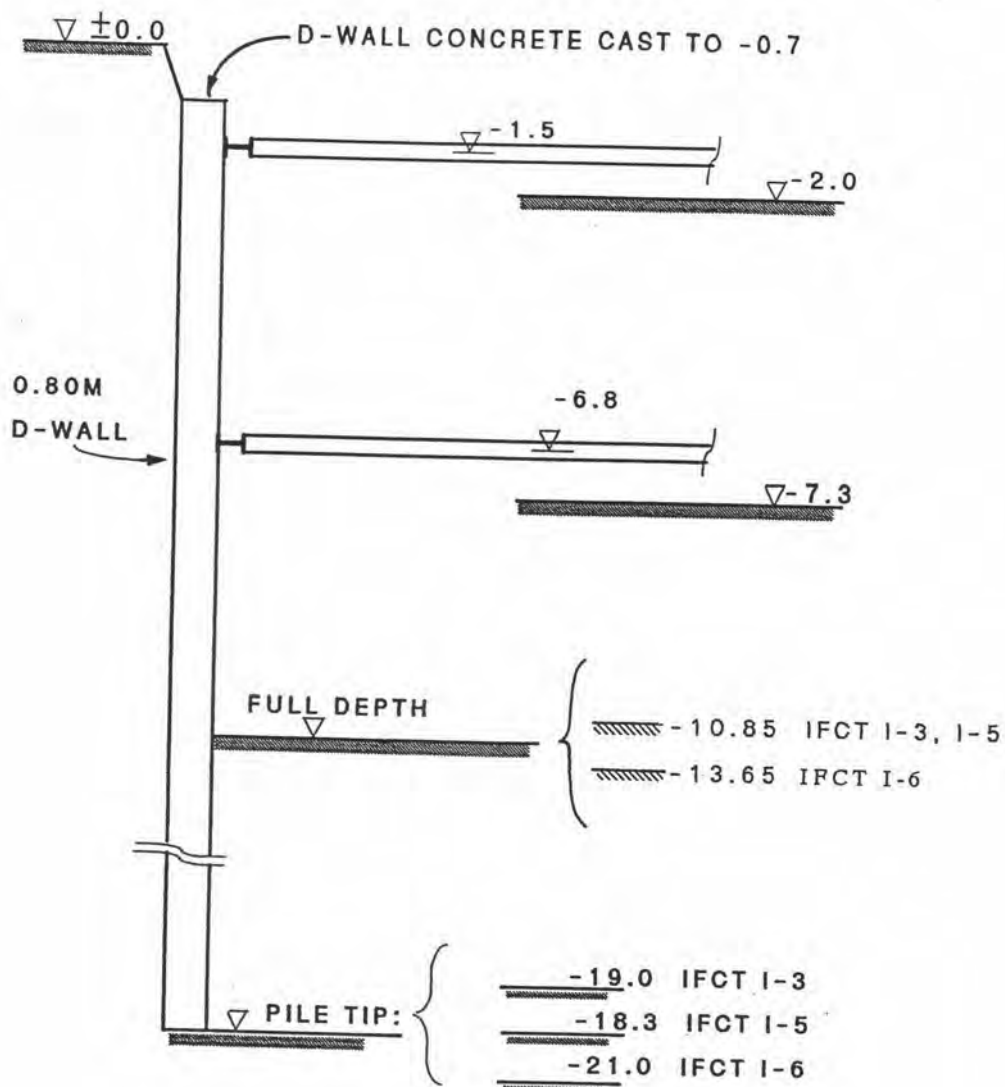
รูปที่ 3.27 แผนผังการติดตั้งกำแพง, ระบบค้ำยันชั้นบน และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ Inclinometer สำหรับศึกษาวิจัยโครงการอาคารบรรณรักษ์เงินทูลเกล้าฯ กรมแผนที่ประเทศไทย

117.45



**IFCT BUILDING PROJECT**  
**DIAPHRAGM WALL BOTTOM LEVEL BRACING LAYOUT**  
 NOT TO SCALE

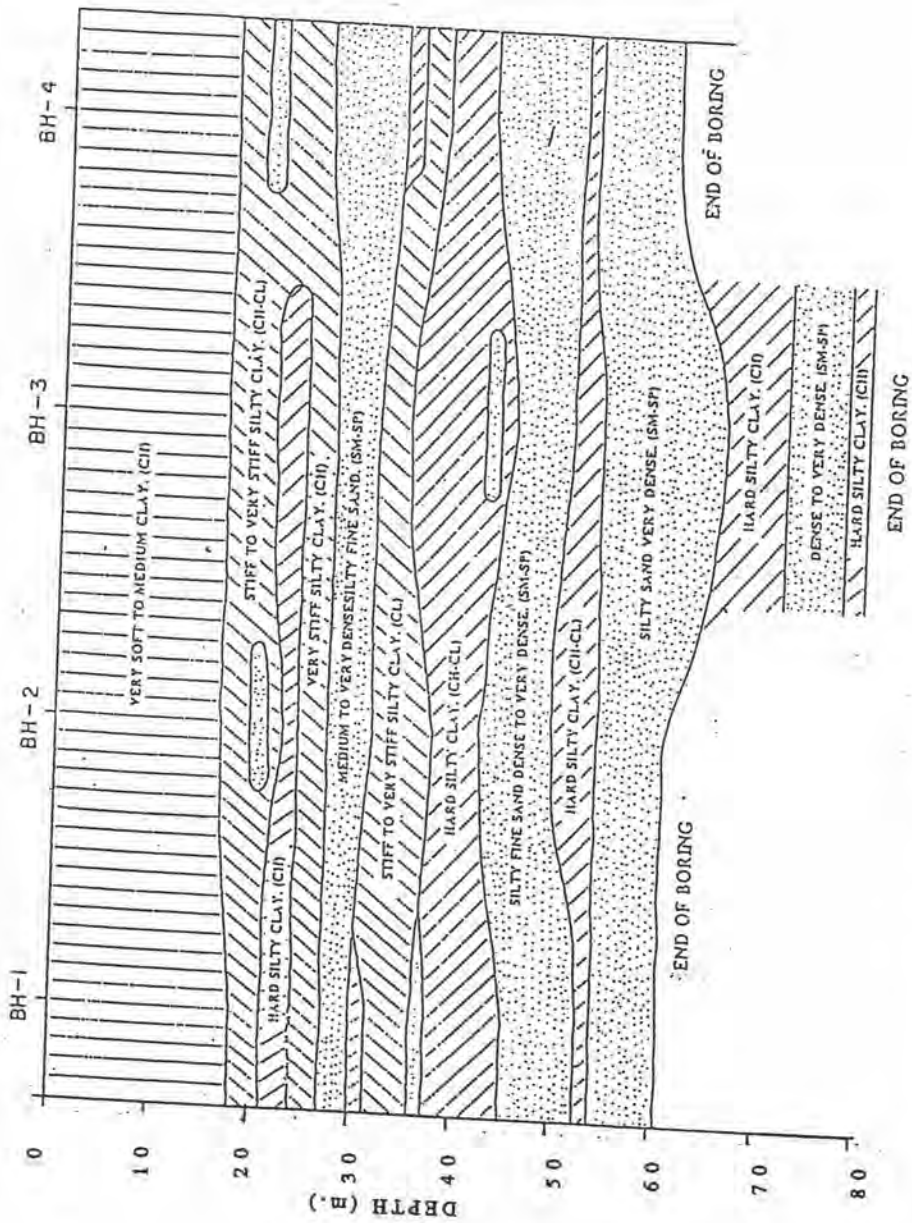
รูปที่ 3.28 แผนผังการติดตั้งกำแพง, ระบบค้ำยันชั้นล่าง และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ Inclinometer สำหรับศึกษาวิจัย  
 โครงการอาคารบรรณรักษ์ มหุ นฤตสาทรรมแห่ง ประเทศไทย



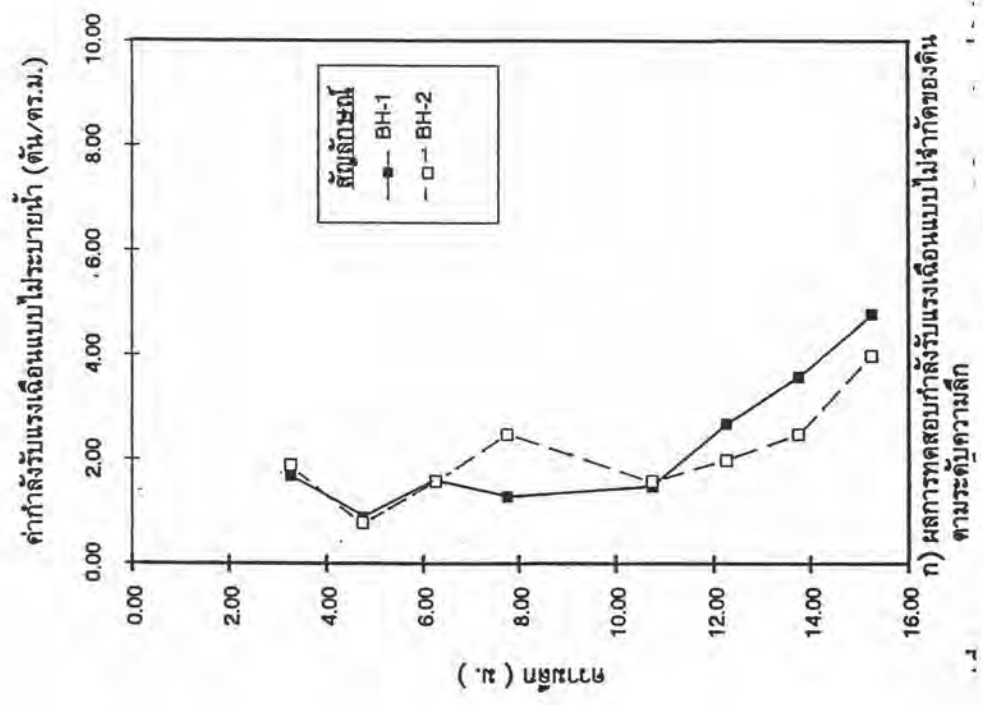
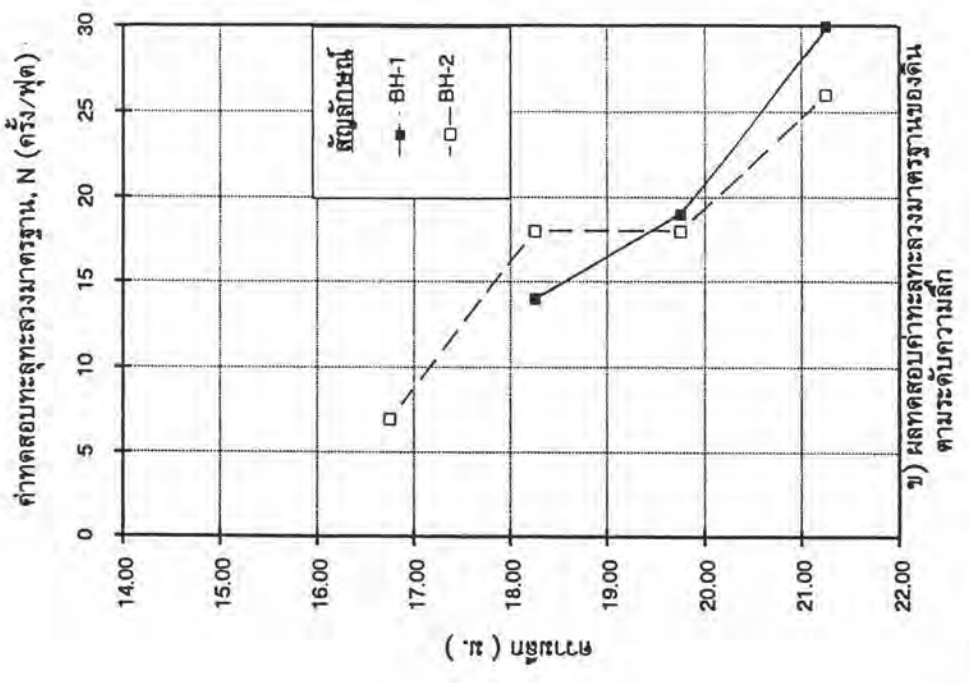
- (a) CONSTRUCT D-WALL, EXCAVATE TO -2.0.
- (b) INSTALL BRACING (PRELOAD TO 10T/M).
- (c) EXCAVATE TO -7.3
- (d) INSTALL LOWER BRACING (PRELOAD TO 40T/M).
- (e) EXCAVATE TO FULL DEPTH.
- (f) REMOVE TOP BRACING.

#### EXCAVATION & BRACING SEQUENCE

รูปที่ 3.29 แผนภาพแสดงการก่อสร้างส่วนชั้นใต้ดิน โครงการอาคารบริษัทเงินทุน  
-อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

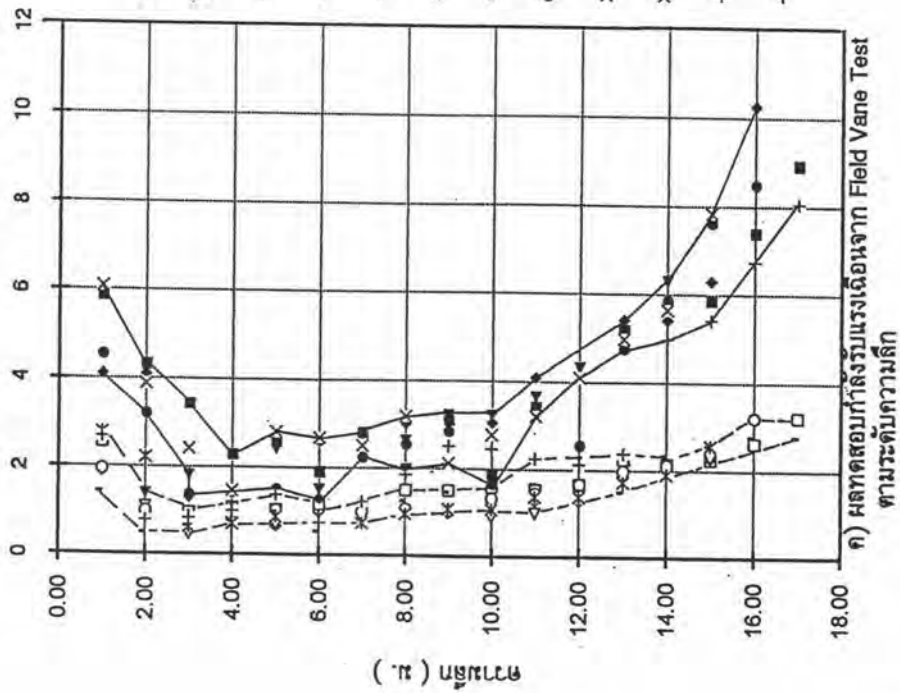


รูปที่ 3.30 แสดงลักษณะชั้นดินโดยทั่วไป ตามหมวดหมู่เจาะ BH-1, BH-2, BH-3 และ BH-4.  
โครงการอาคารบรรยัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

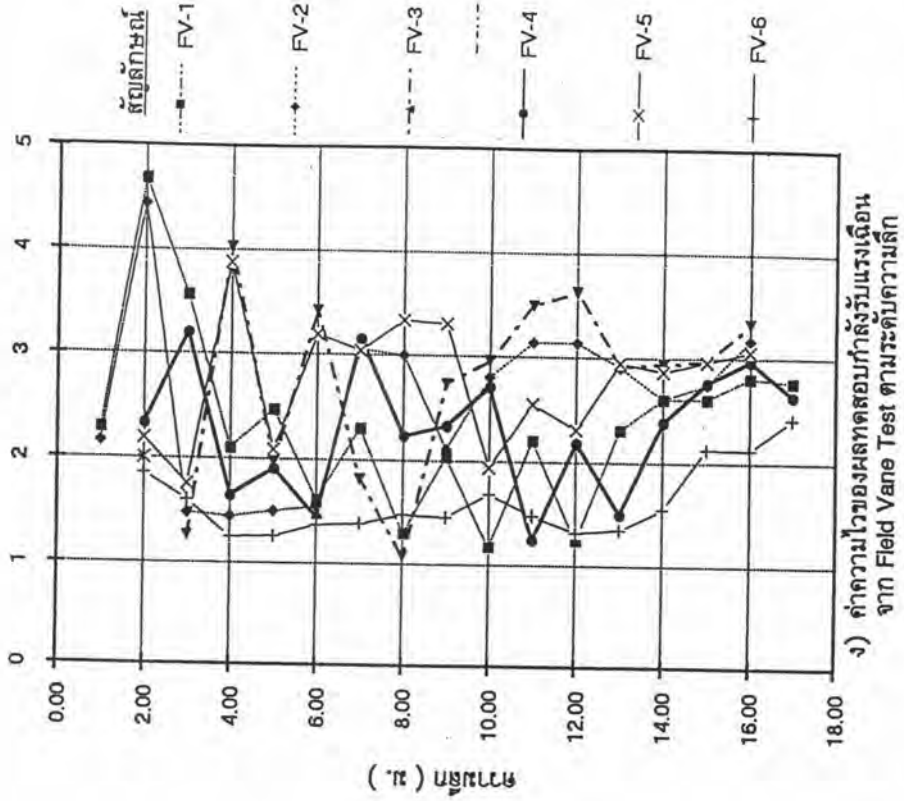


รูปที่ 3.31 รายละเอียดทดสอบคุณสมบัติของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจ โครงการอาคารบริษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (ตัน/ตร.ม.)

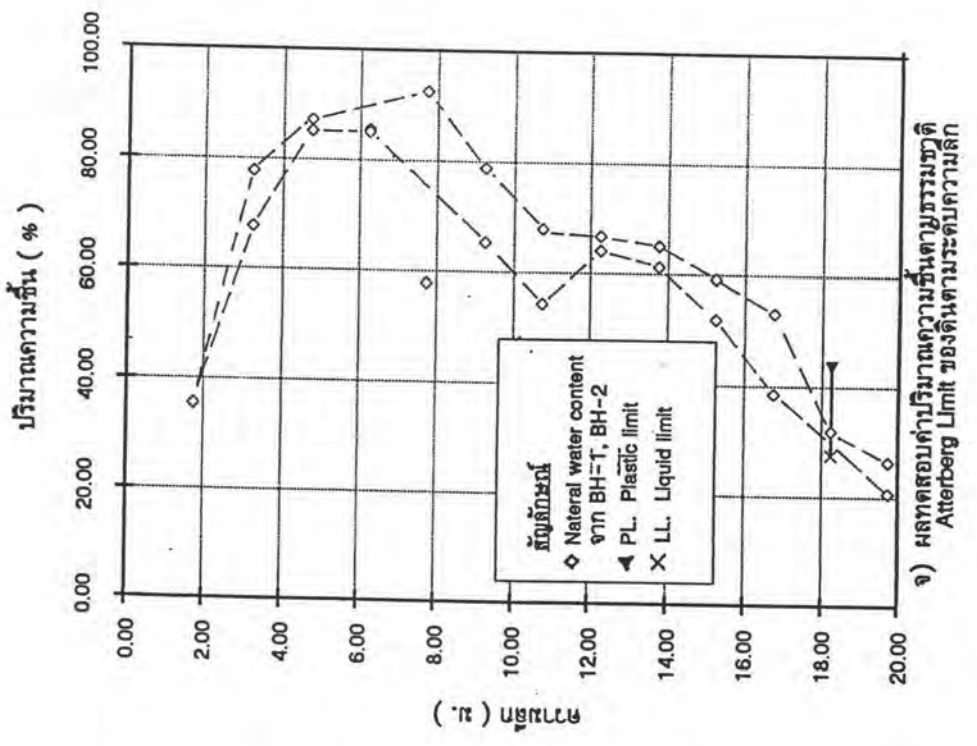
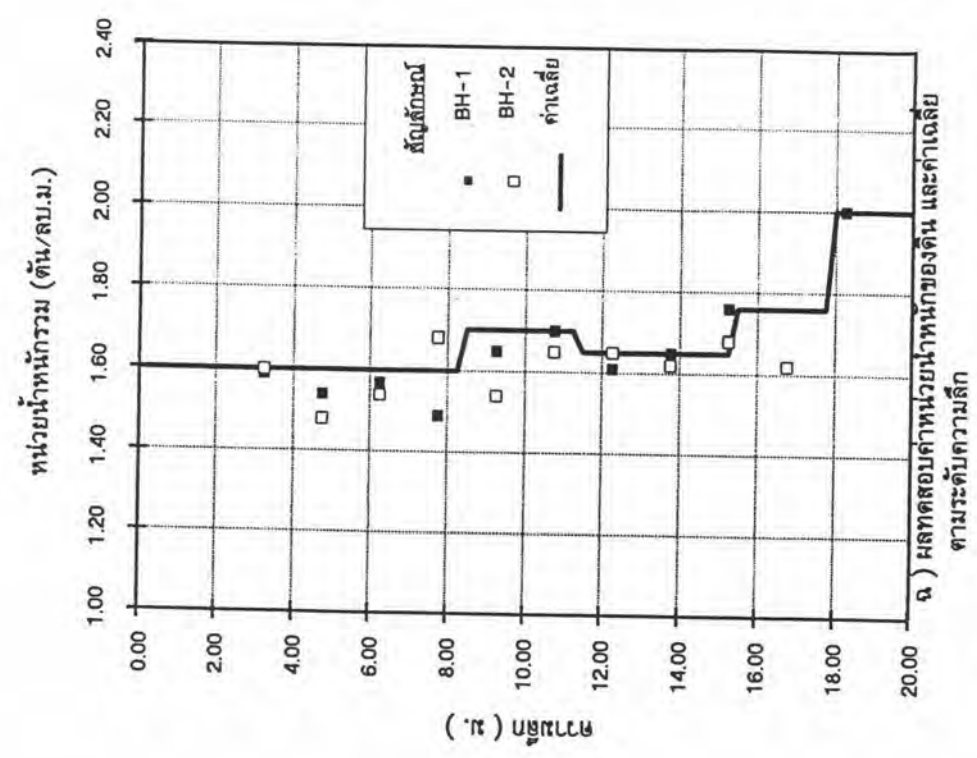


ค่าความไว, Sensitivity



รูปที่ 3.31 (ต่อ) รายละเอียดผลทดสอบสมบัติของดินที่ได้จากงานเจาะสำรวจ โครงการอาคารบริษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย





รูปที่ 3.31 (ต่อ) รายละเอียดผลทดสอบสมบัติของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจ โครงการอาคารบริษัทยาสูบ จำกัด กรุงเทพมหานครแห่งประเทศไทย

### INCLINOMETER MONITORING RESULTS

PROJECT : IFCT NEW BUILDING PROJECT

DEPTH OF INCLINOMETER : 19.00 M.

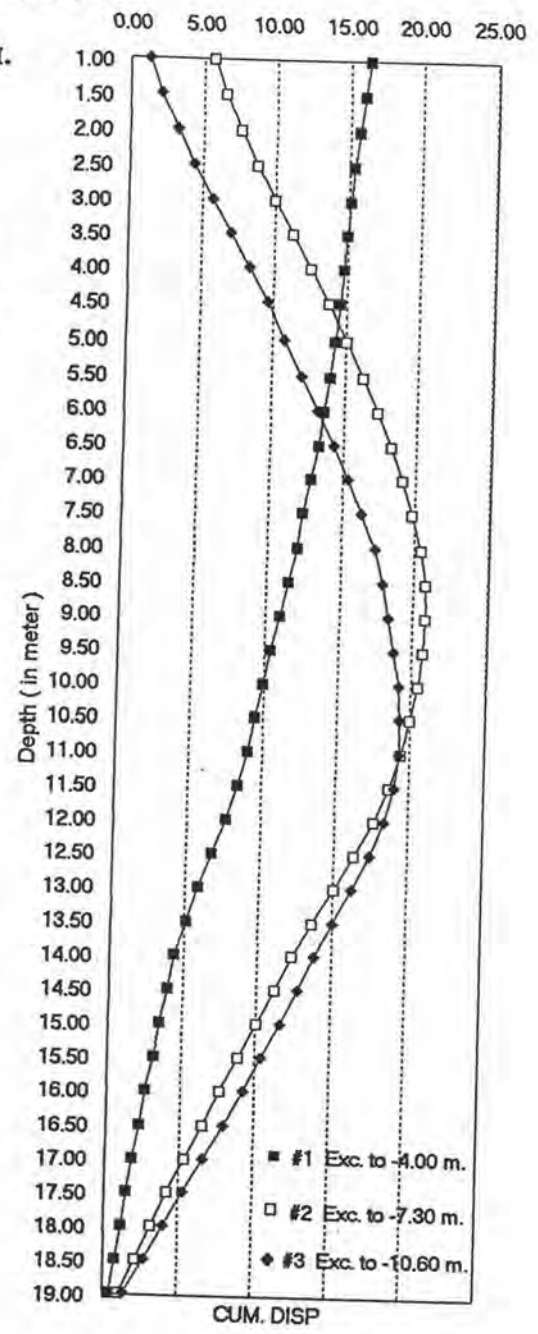
DATE 12/23/96 01/07/97. 01/20/97

DESCRIPTION

TUBE NO. I - 3

DEPTH M.	READING # 1 MM.	READING # 2 MM.	READING # 3 MM.
1.00	16.35	5.67	1.25
1.50	16.02	6.53	2.09
2.00	15.65	7.59	3.22
2.50	15.35	8.76	4.41
3.00	15.10	9.98	5.68
3.50	14.94	11.27	6.98
4.00	14.74	12.54	8.30
4.50	14.56	13.83	9.61
5.00	14.29	15.04	10.82
5.50	13.99	16.21	12.04
6.00	13.67	17.30	13.22
6.50	13.32	18.28	14.35
7.00	12.86	19.14	15.36
7.50	12.37	19.81	16.29
8.00	12.05	20.45	17.27
8.50	11.53	20.80	17.88
9.00	10.97	20.87	18.38
9.50	10.41	20.75	18.79
10.00	9.94	20.45	19.17
10.50	9.48	20.02	19.31
11.00	9.01	19.43	19.27
11.50	8.39	18.65	18.98
12.00	7.66	17.63	18.37
12.50	6.76	16.35	17.43
13.00	5.86	15.08	16.26
13.50	5.09	13.66	15.02
14.00	4.35	12.33	13.80
14.50	3.95	11.25	12.78
15.00	3.47	10.04	11.61
15.50	3.07	8.89	10.39
16.00	2.57	7.64	9.21
16.50	2.23	6.52	7.93
17.00	1.82	5.35	6.55
17.50	1.47	4.22	5.27
18.00	1.13	3.15	4.01
18.50	0.76	2.12	2.69
19.00	0.39	1.06	1.32

END OF RECORD



รูปที่ 3.32 ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดโคอะแฟรม ที่ขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์Inclinometer หมายเลข I-3 โครงการอาคารบริษัท เงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

### INCLINOMETER MONITORING RESULTS

**PROJECT : IFCT NEW BUILDING PROJECT**

**DEPTH OF INCLINOMETER : 18.00 M.**

**DATE**

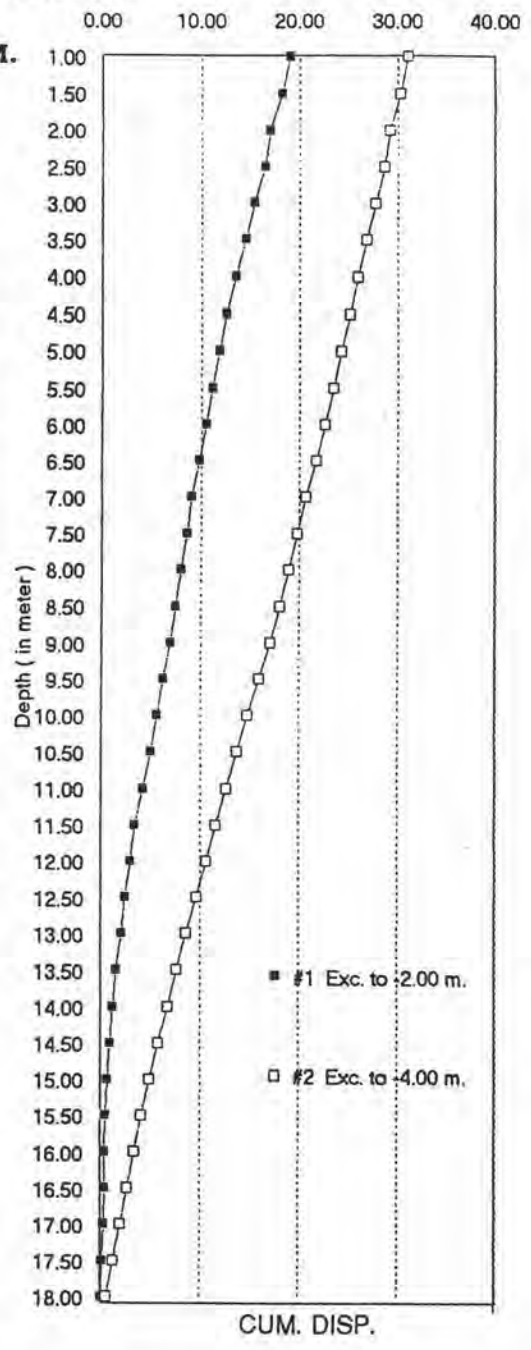
11/30/96      12/10/96.

**DESCRIPTION**

TUBE NO. 1 - 5

DEPTH M.	READING # 2	
	MM.	MM.
1.00	19.02	31.10
1.50	18.27	30.33
2.00	17.00	29.23
2.50	16.47	28.68
3.00	15.48	27.82
3.50	14.51	26.96
4.00	13.58	26.08
4.50	12.62	25.23
5.00	11.90	24.39
5.50	11.23	23.56
6.00	10.56	22.68
6.50	9.86	21.78
7.00	9.10	20.76
7.50	8.61	19.89
8.00	8.05	18.96
8.50	7.52	18.07
9.00	6.97	17.12
9.50	6.28	15.99
10.00	5.62	14.86
10.50	4.97	13.78
11.00	4.17	12.72
11.50	3.44	11.65
12.00	2.93	10.64
12.50	2.48	9.65
13.00	2.06	8.66
13.50	1.57	7.69
14.00	1.24	6.74
14.50	0.90	5.84
15.00	0.64	4.96
15.50	0.48	4.13
16.00	0.41	3.44
16.50	0.38	2.72
17.00	0.31	1.97
17.50	0.17	1.29
18.00	0.06	0.62

END OF RECORD



รูปที่ 3.33 ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดไคอะแฟรม  
ที่ชั้นตอมการก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinometer หมายเลข 1-5  
โครงการอาคารบริษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

### INCLINOMETER MONITORING RESULTS

**PROJECT : IFCT NEW BUILDING PROJECT**

**DEPTH OF INCLINOMETER : 18.00 M.**

**DATE**

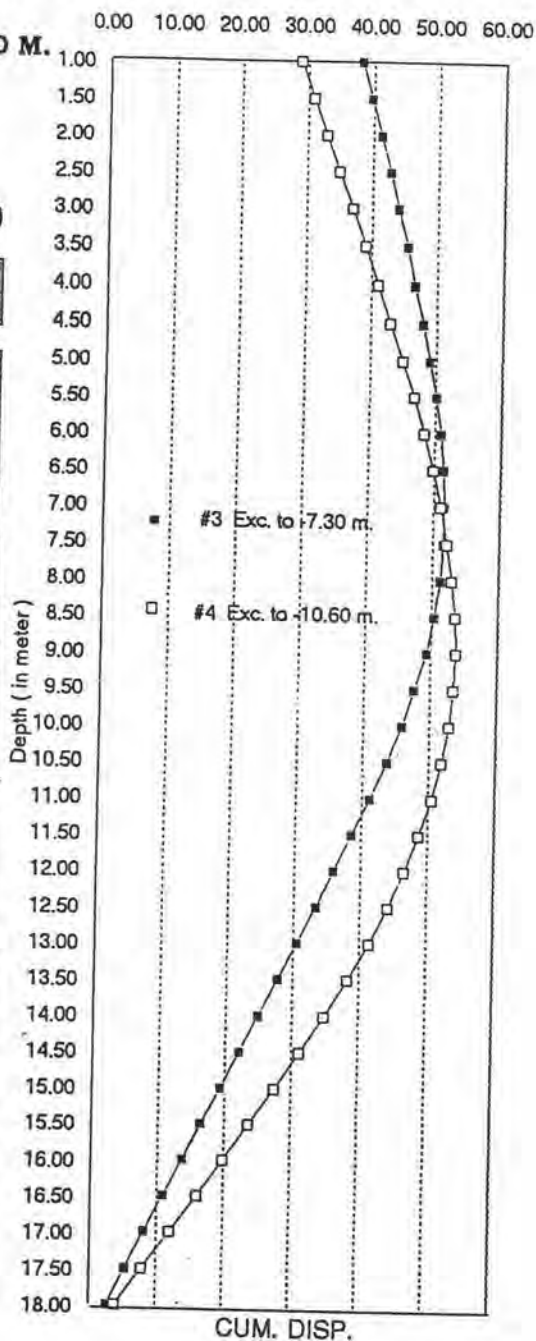
12/23/96      01/07/97.

**DESCRIPTION**

TUBE NO. 1 - 5 (CONT)

DEPTH M.	READING # 3 MM.	READING # 4 MM.
1.00	38.25	29.02
1.50	39.79	31.01
2.00	41.27	32.98
2.50	42.72	34.99
3.00	44.15	37.02
3.50	45.51	39.09
4.00	46.82	41.05
4.50	48.02	43.01
5.00	49.20	44.97
5.50	50.27	46.84
6.00	51.05	48.50
6.50	51.57	49.94
7.00	51.71	51.13
7.50	51.64	52.23
8.00	51.24	53.02
8.50	50.48	53.60
9.00	49.36	53.85
9.50	47.75	53.56
10.00	45.90	53.00
10.50	43.67	51.99
11.00	41.18	50.57
11.50	38.54	48.80
12.00	35.93	46.65
12.50	33.30	44.20
13.00	30.56	41.39
13.50	27.74	38.21
14.00	24.94	34.82
14.50	22.12	31.23
15.00	19.29	27.52
15.50	16.45	23.67
16.00	13.70	19.82
16.50	10.95	15.93
17.00	8.18	11.96
17.50	5.42	7.97
18.00	2.68	3.98

END OF RECORD



รูปที่ 3.33 (ต่อ) ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดไคอะแพรม ที่ขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinometer หมายเลข 1-5 โครงการอาคารบริษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

## INCLINOMETER MONITORING RESULTS

PROJECT : IFCT NEW BUILDING PROJECT

DEPTH OF INCLINOMETER : 21.00 M.

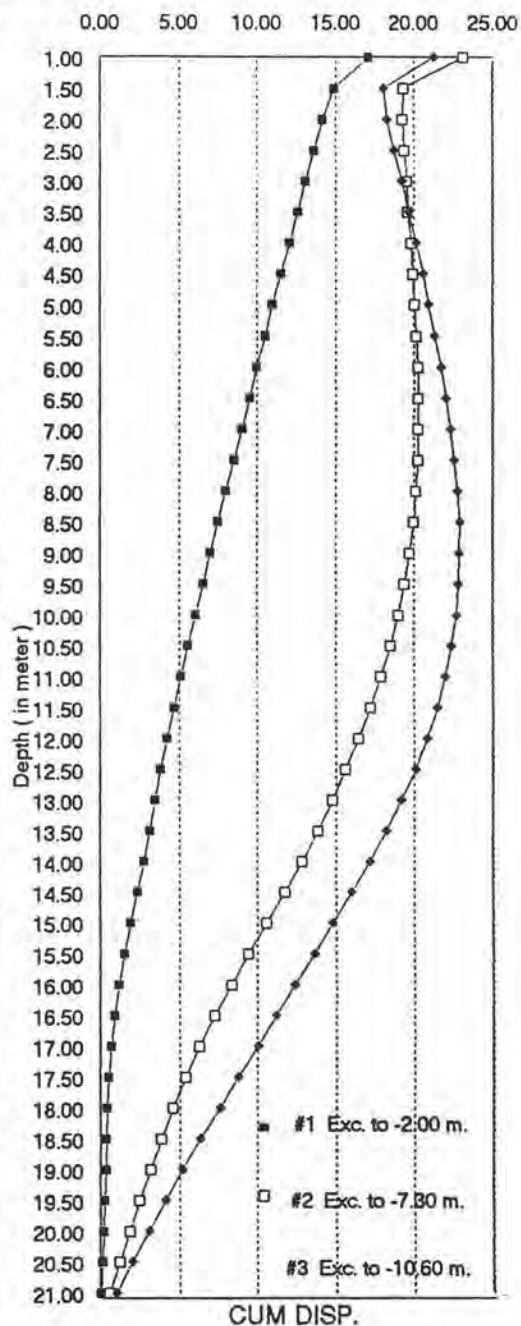
DATE 12/17/96 01/29/97 05/10/97

DESCRIPTION

TUBE NO. I - 6

DEPTH M.	READING #1 MM.	READING #2 MM.	READING #3 MM.
1.00	17.11	23.12	21.25
1.50	14.90	19.34	18.03
2.00	14.18	19.27	18.29
2.50	13.62	19.35	18.72
3.00	13.09	19.52	19.19
3.50	12.55	19.61	19.67
4.00	12.06	19.84	20.17
4.50	11.55	19.95	20.60
5.00	11.00	20.03	20.94
5.50	10.52	20.16	21.28
6.00	10.00	20.23	21.67
6.50	9.51	20.27	22.00
7.00	9.02	20.28	22.29
7.50	8.52	20.24	22.54
8.00	8.00	20.10	22.74
8.50	7.52	19.96	22.88
9.00	6.98	19.69	22.84
9.50	6.54	19.38	22.78
10.00	6.05	18.97	22.66
10.50	5.58	18.47	22.37
11.00	5.09	17.87	21.97
11.50	4.65	17.22	21.46
12.00	4.23	16.47	20.83
12.50	3.78	15.63	20.07
13.00	3.48	14.79	19.16
13.50	3.11	13.85	18.20
14.00	2.72	12.83	17.14
14.50	2.33	11.73	16.01
15.00	1.92	10.59	14.81
15.50	1.51	9.42	13.62
16.00	1.21	8.37	12.38
16.50	0.92	7.25	11.20
17.00	0.68	6.26	10.02
17.50	0.51	5.37	8.79
18.00	0.43	4.55	7.59
18.50	0.36	3.84	6.33
19.00	0.35	3.19	5.15
19.50	0.23	2.48	4.11
20.00	0.18	1.87	3.05
20.50	0.12	1.23	2.03
21.00	0.05	0.61	1.04

END OF RECORD



รูปที่ 3.34 ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดโคอะแฟรม  
ที่ชั้นคอนกรีตก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinometer หมายเลข I-6  
โครงการอาคารบรรณวิทย์เงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

### 3.6) รายละเอียดข้อมูลสำรวจโครงการอาคารรอยัลราชดำริ (RR)

#### 3.6.1 ข้อมูลทั่วไป

โครงการอาคารรอยัลราชดำริเป็นโครงการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยชนิดคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 40 ชั้น ตั้งอยู่ถนนราชดำริ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ บริเวณใกล้เคียงกับสี่แยกราชประสงค์ เริ่มก่อสร้างต้นปี พ.ศ. 2540 เป็นอาคารทรงสี่เหลี่ยมคางหมู มีห้องใต้ดินต่ำจากระดับดินเดิม 3 ระดับคือ -2.10 ม., -5.10 ม. และ -8.10 ม. ตามลำดับ ฐานรากของอาคารอยู่ลึกลงไปอีก 3 เมตร จากระดับพื้นห้องใต้ดิน ระดับการขุดลึกสุดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ -11.30 เมตร แผนผังแสดงที่ตั้งโครงการแสดงอยู่ในรูปที่ 3.35

#### 3.6.2 รายละเอียดการก่อสร้างในส่วนงานขุดดินระดับลึก

ระบบงานขุดดินระดับลึก ใช้ระบบกำแพงกันดินชนิดโคอะแฟรมประกอบด้วยระบบค้ำยันจำนวน 2 ชั้น ที่ระดับ -1.50 และ -6.00 เมตร ความหนาของกำแพงเท่ากับ 0.80 เมตร ระดับปลายบนและปลายล่างของกำแพงอยู่ที่ระดับ  $\pm 0.00$  และ -17.50 เมตร ตามลำดับ ค่ากำลังประลัยของคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างกำแพง ( $f_c'$ ) เท่ากับ 280 ksc. แผนผังการติดตั้งกำแพงและระบบค้ำยันชั้นบนและล่างถูกแสดงในรูปที่ 3.36 และ 3.37 ลำดับขั้นตอนการก่อสร้างห้องใต้ดินแสดงในรูปที่ 3.38

#### 3.6.3 สภาพชั้นดิน และข้อมูลการเจาะสำรวจดิน (Soil Investigation)

สภาพของชั้นดินบริเวณที่ตั้งโครงการ มีลักษณะเหมือนชั้นดินกรุงเทพฯ โดยทั่วไป ซึ่งผลสำรวจระดับน้ำใต้ดินพบว่า phreatic surface อยู่ที่ระดับ -10.80 ถึง -12.50 เมตร เนื้อหาของข้อมูลเพื่อการวิจัยคือชั้นดินในช่วงตลอดแนวความสูงของกำแพงกันดิน ตั้งแต่ความลึก  $\pm 0.00$  ถึง -21.00 เมตร ประกอบด้วย

- 1) ชั้นดินเปลือก (Weathered crust or top soil) มีความหนาจากผิวดินประมาณ 3 เมตร เป็นดินเหนียวปนทรายแข็ง สีเทาอ่อนปนน้ำตาล (Brownish li-grey) มีชั้นทรายละเอียดแทรกอยู่ในเนื้อดิน มีค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined-Compression Test) ประมาณ 3.7 ถึง 7.5 ตัน/ตร.ม. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 22 ถึง 35.%

2) ชั้นดินเหนียวอ่อนถึงปานกลางค่อนข้างแข็ง (soft to medium stiff) เป็นดินเหนียวสีเทาเข้ม มีชั้นของเศษเปลือกหอยแทรกอยู่ในเนื้อดิน พบที่ระดับความลึกจากผิวดิน ประมาณ 3 ถึง 15 เมตร มีค่า  $S_u$  จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัดประมาณ 1.2 ถึง 10 ตัน/ตร.ม. และมีปริมาณความชื้นตามธรรมชาติในช่วงค่า 26 ถึง 82%

3) ชั้นดินเหนียวปนทรายแป้ง แข็งมาก (Very stiff clay) สีน้ำตาลปนเทา มีชั้นทรายละเอียดแทรกอยู่ในเนื้อดิน พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเหนียวอ่อนถึงปานกลาง จนกระทั่งสิ้นสุดที่ระดับ -19.5 เมตร มีค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐานตั้งแต่ 16 ถึง 24 ครั้ง/ฟุต. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 19 ถึง 30%

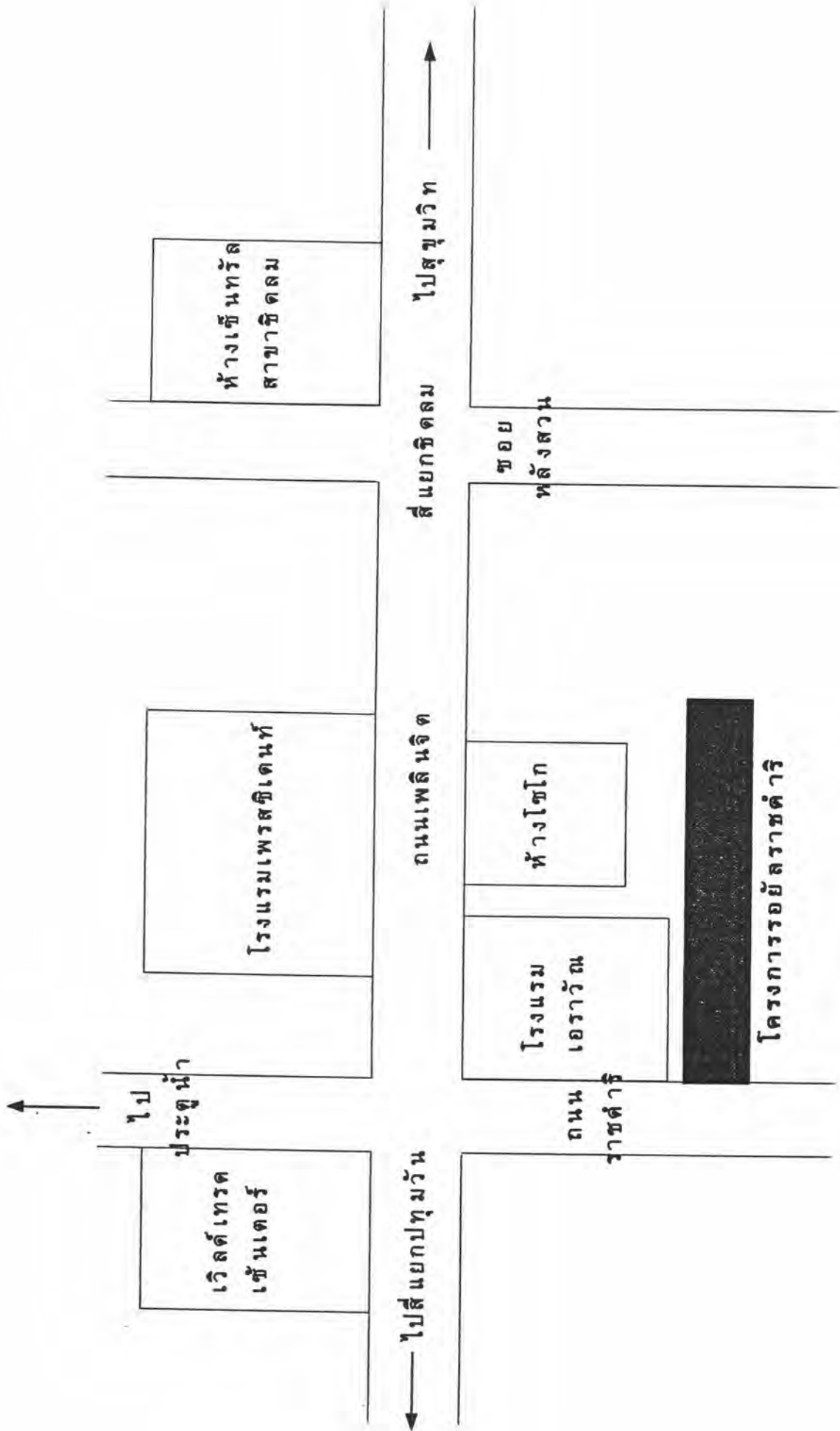
4) ชั้นดินเหนียวปนทรายละเอียด แข็งมาก (Very stiff clay) สีน้ำตาล สลับกับสีเทา พบที่ความลึกถัดจากชั้นดินเหนียวแข็งมากสีน้ำตาล จนกระทั่งสิ้นสุดที่ระดับ -20.5 เมตร มีค่าทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐานตั้งแต่ 21 ถึง 33 ครั้ง/ฟุต. และปริมาณความชื้นตามธรรมชาติประมาณ 18 ถึง 20%

โครงการนี้ ได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 5 หลุม คือหลุมเจาะหมายเลข BH-1 ถึง BH-5 รายละเอียดแผนผังตำแหน่งหลุมเจาะ, ลักษณะชั้นดินโดยทั่วไปตามแนวหลุมเจาะ แสดงอยู่ในรูปที่ 3.39 และ 3.40

รายละเอียดของผลการเจาะสำรวจ ประกอบด้วย ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined Compressive Strength), ค่าการทดสอบทะลุทะลวงมาตรฐาน (N), ปริมาณความชื้น (Natural Water Content), Atterberg Limit, หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight), ข้อมูลโดยสรุปแสดงอยู่ในรูปที่ 3.41 และในส่วนของข้อมูลโดยละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก จ

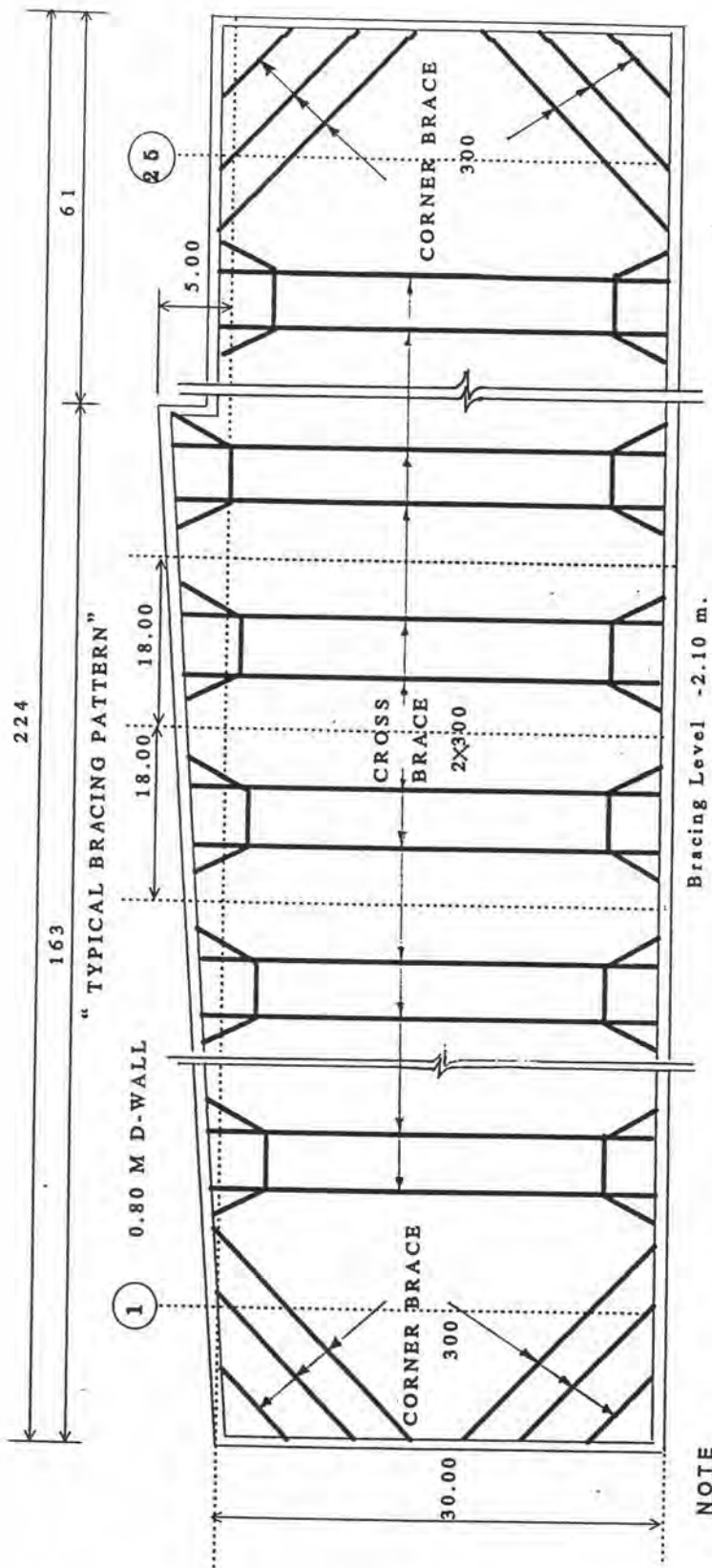
### 3.6.4 ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงจากเครื่องมือ Inclinator

ข้อมูลการเคลื่อนตัวของกำแพงที่ถูกคัดเลือก นำมาใช้เพื่อการวิจัยคือ ข้อมูลของเครื่องมือที่ตำแหน่ง I-1 ซึ่งมีระดับปลายล่างของ Inclinator อยู่ที่ -21.00 เมตร บันทึกการเคลื่อนตัวขณะทำการขุดที่ระดับ -2.00, -6.50 และ -7.50 เมตร ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือและข้อมูลที่ได้จากการวัดแสดงอยู่ในรูปที่ 3.42 และ 3.43



รูปที่ 3.35 แผนผังแสดงสถานที่ตั้งของโครงการอาคารอารยธรรมราชดำริ





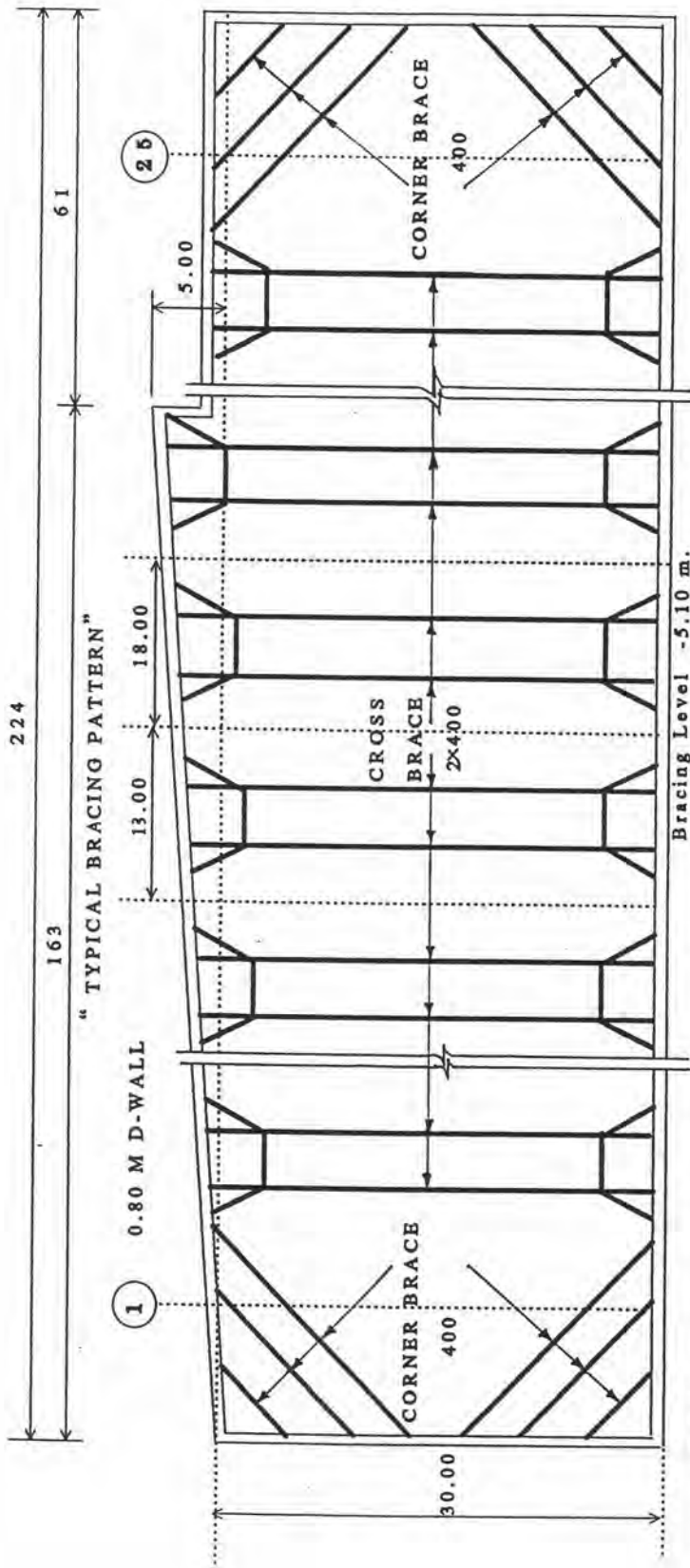
**ROYAL RAJDAMRI PROJECT**

**DIAPHRAGM WALL TOP LEVEL BRACING LAYOUT**  
 NOT TO SCALE

**NOTE**

- "300" = 300x300x 94.0 kg/m
- "400" = 400x400x172.0 kg/m

รูปที่ 3.36 แผนผังการติดตั้งกำแพงและระบบที่ขั้วชั้นบน โครงกาออาคารอัยลราชดำริ



**NOTE**

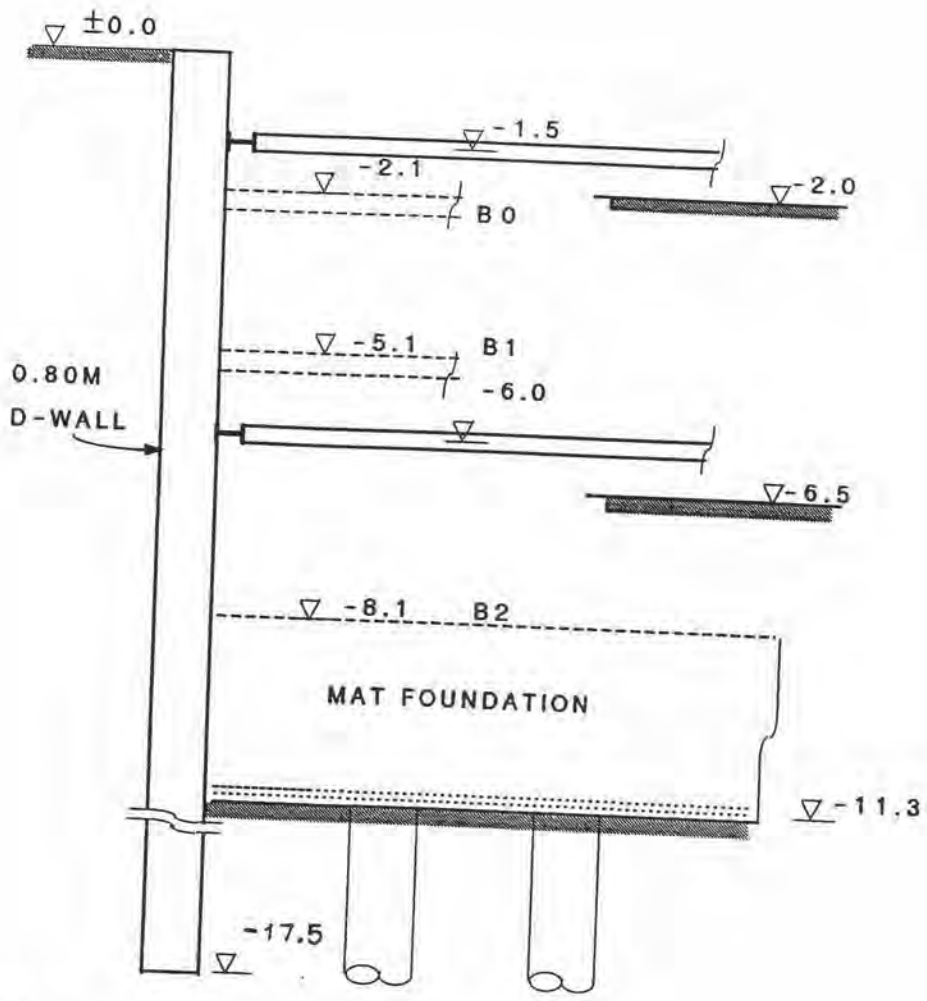
"300" = 300X300X 94.0 kg/m

"400" = 400X400X172.0 kg/m

**ROYAL RAJDAMRI PROJECT**

**DIAPHRAGM WALL BOTTOM LEVEL BRACING LAYOUT**  
NOT TO SCALE

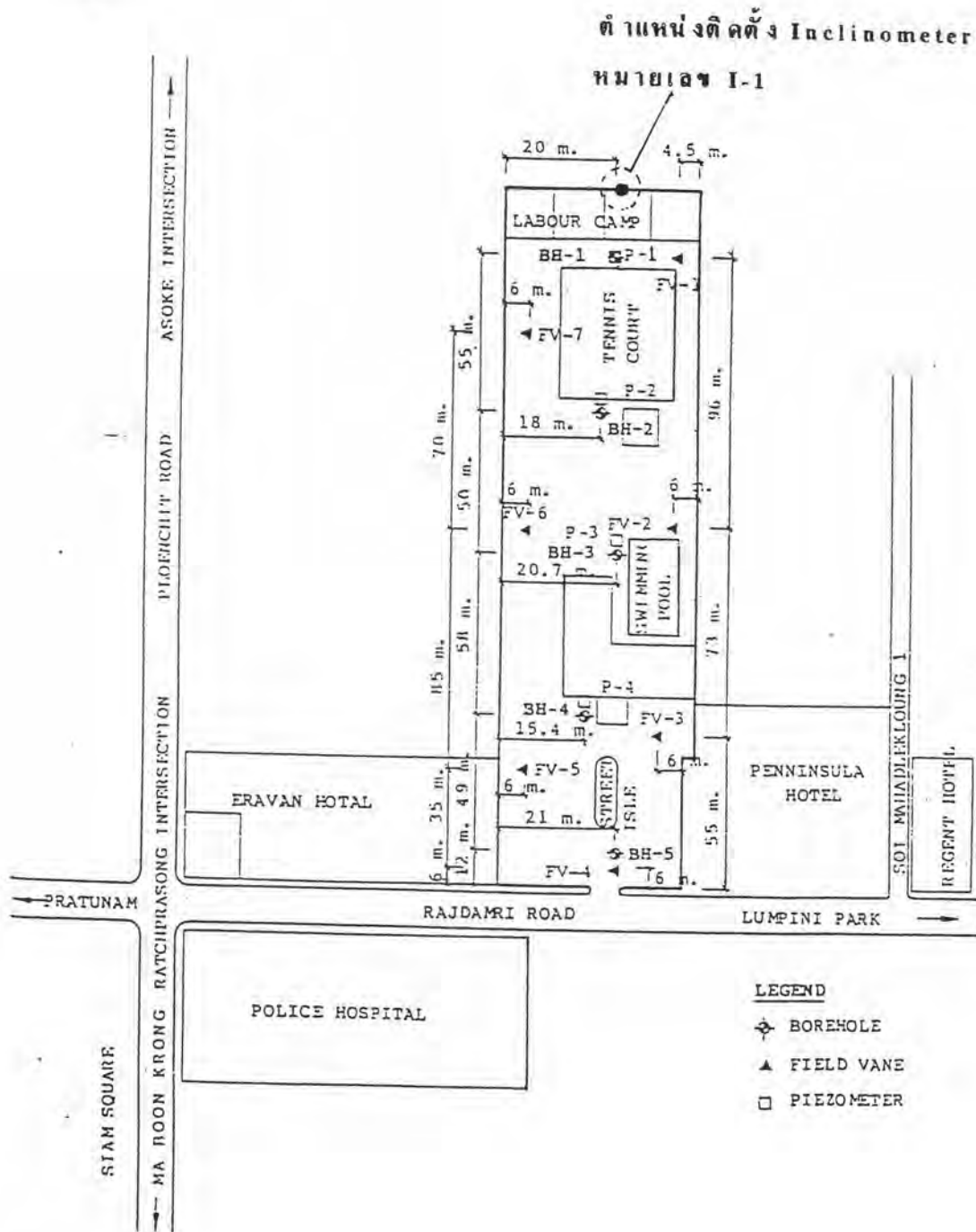
รูปที่ 3.37 แผนผังการติดตั้งกำแพงและระบบค้ำยันชั้นล่าง โครงสร้างอาคารรอยัลราชดำริ



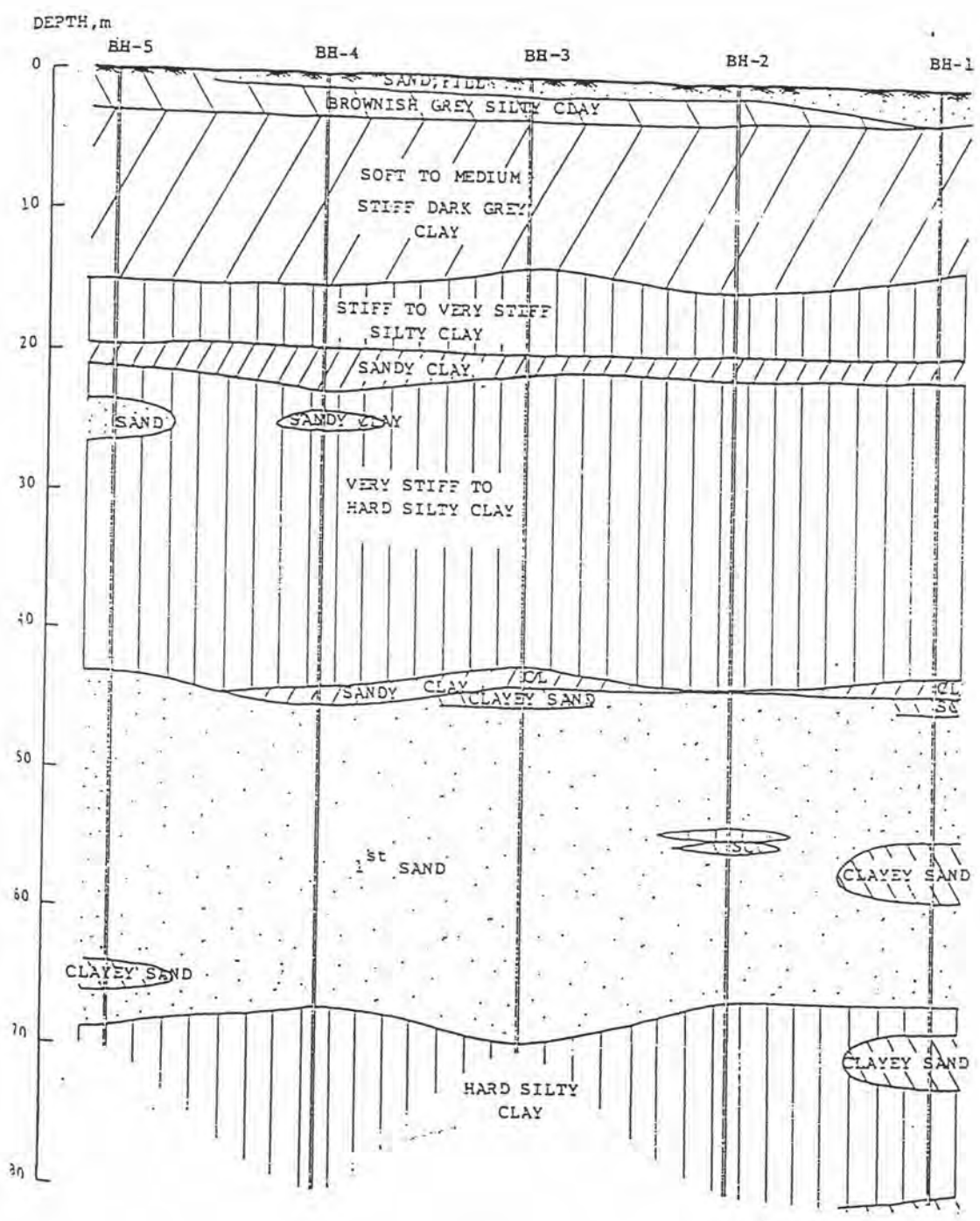
- (a) CONSTRUCT D-WALL, EXCAVATE TO  $-2.0$ .
- (b) INSTALL UPPER BRACING (PRELOAD TO  $10T/M$ ).
- (c) EXCAVATE TO  $-6.5$
- (d) INSTALL LOWER BRACING (PRELOAD TO  $40T/M$ ).
- (e) EXCAVATE TO FULL DEPTH.
- (f) CONSTRUCT B2 SLAB TO  $-8.1$
- (g) REMOVE LOWER BRACING.
- (h) CONSTRUCT B1 SLAB AT  $-5.1$
- (i) REMOVE UPPER BRACING.

**BASEMENT CONSTRUCTION SEQUENCE**

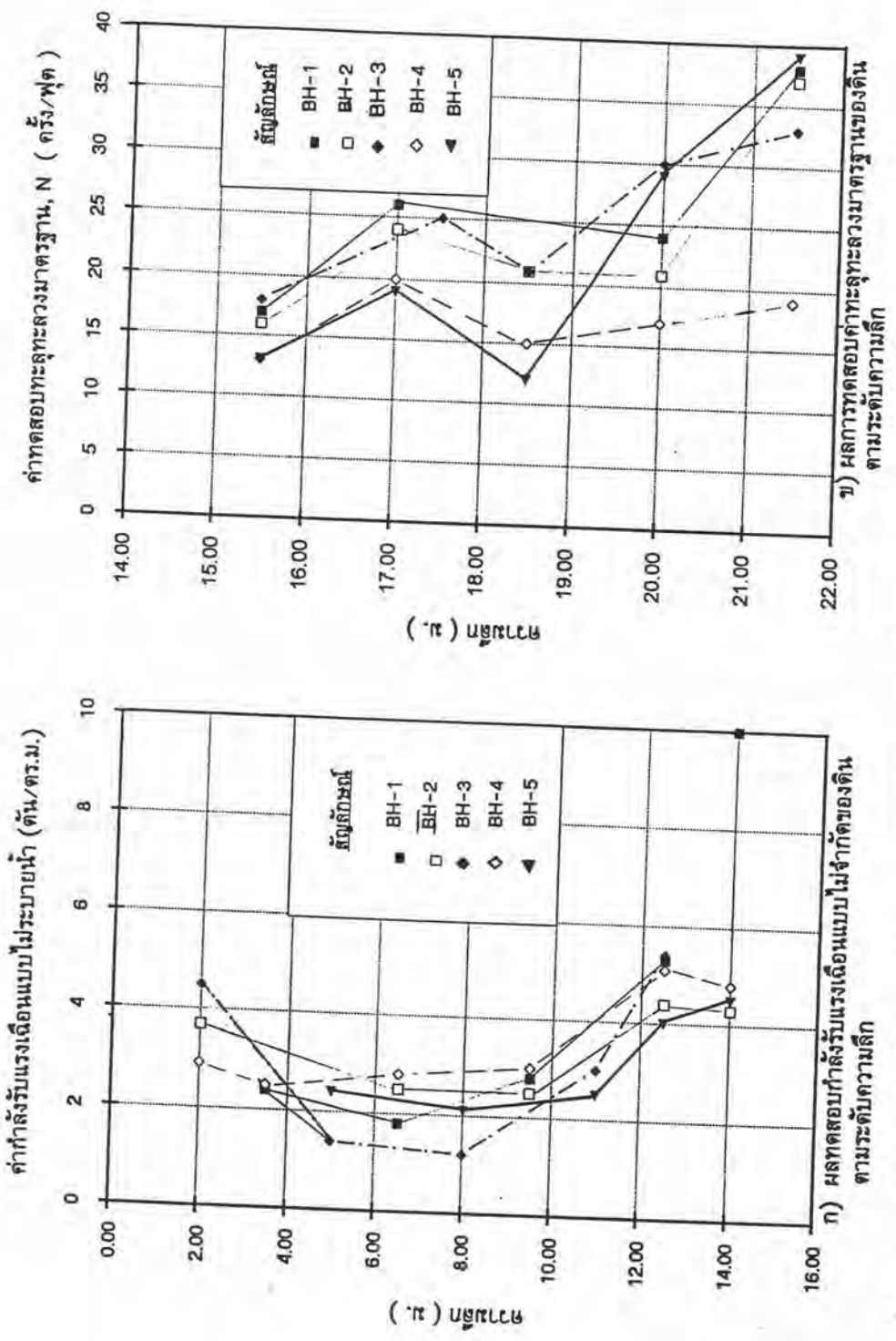
รูปที่ 3.38 แผนภาพแสดงการก่อสร้างส่วนชั้นใต้ดิน โครงการอาคารรอยัลราชดำริ



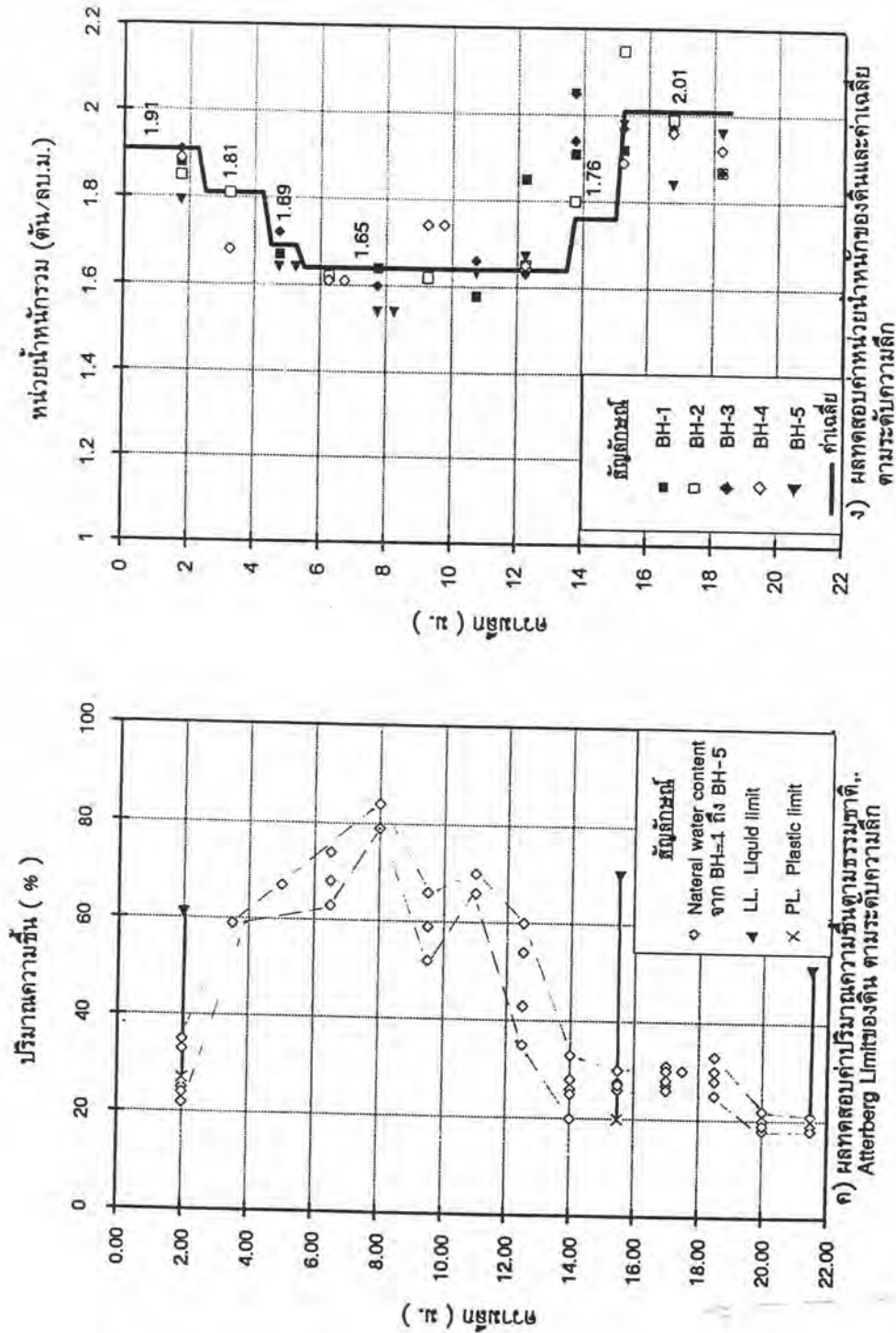
รูปที่ 3.39 แผนที่แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดิน และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ Inclinometer หมายเลข I-1 ของโครงการอาคารรอยัลราชดำริ



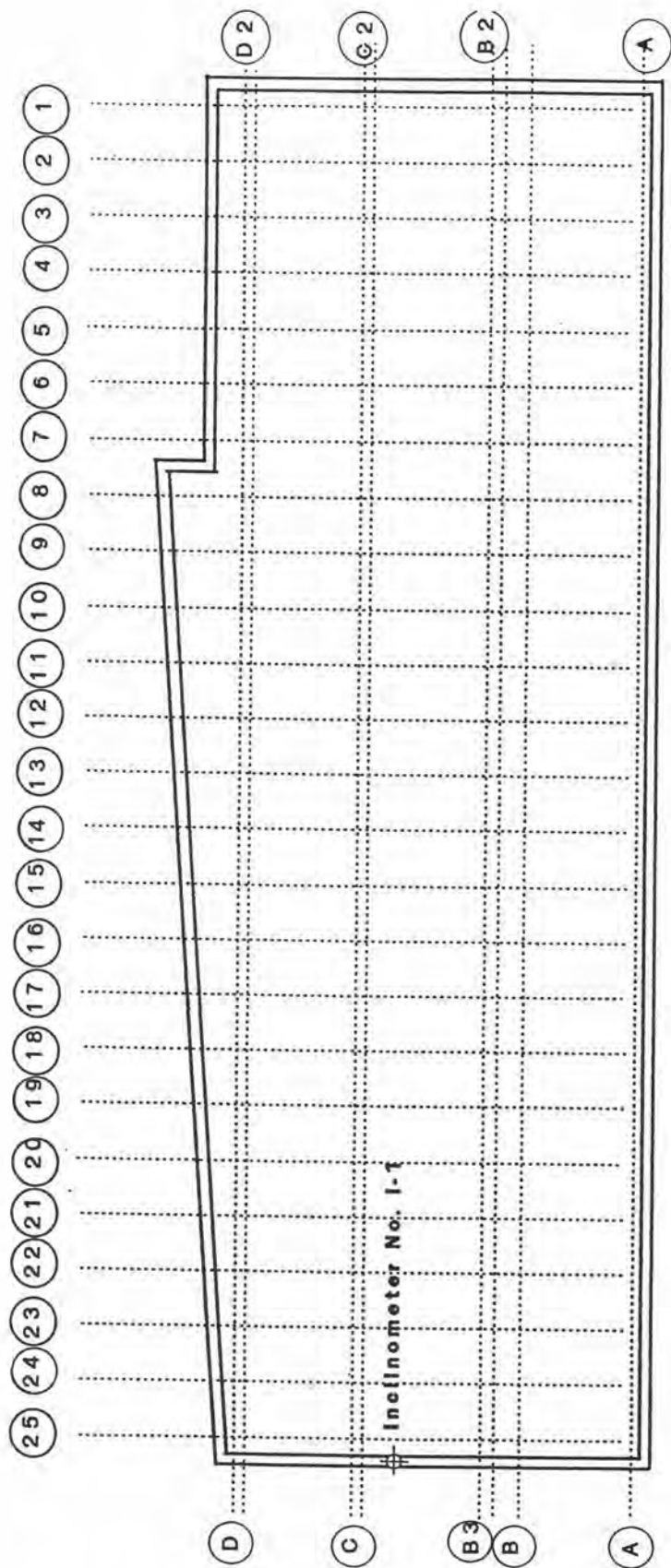
รูปที่ 3.40 แสดงลักษณะชั้นดินโดยทั่วไปตามแนวหลุมเจาะBH1,BH2,BH3, BH4 และ BH5 โครงการอาคารรอยัลตราคาร์



รูปที่ 3.41 รายละเอียดของผลทดสอบคุณสมบัติของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจ โครงการอาคารรอยัลราชนครินทร์



รูปที่ 3.41 (ต่อ) รายละเอียดผลทดสอบคุณสมบัติของดินที่ได้จากการเจาะสำรวจโครงการอาคารอสังหาริมทรัพย์



( NOT TO SCALE )

รูปที่ 3.42 แผนผังแสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องเครื่องมือ Inclinometer หมายเลข I-1 สำหรับใช้เพื่อการวิจัย ของโครงการอาคารรอยัลราชดำริ



### INCLINOMETER MONITORING RESULTS

PROJECT : ROYAL RAJDAMRI PROJECT

DEPTH OF INCLINOMETER : 17.50 M.

DATE

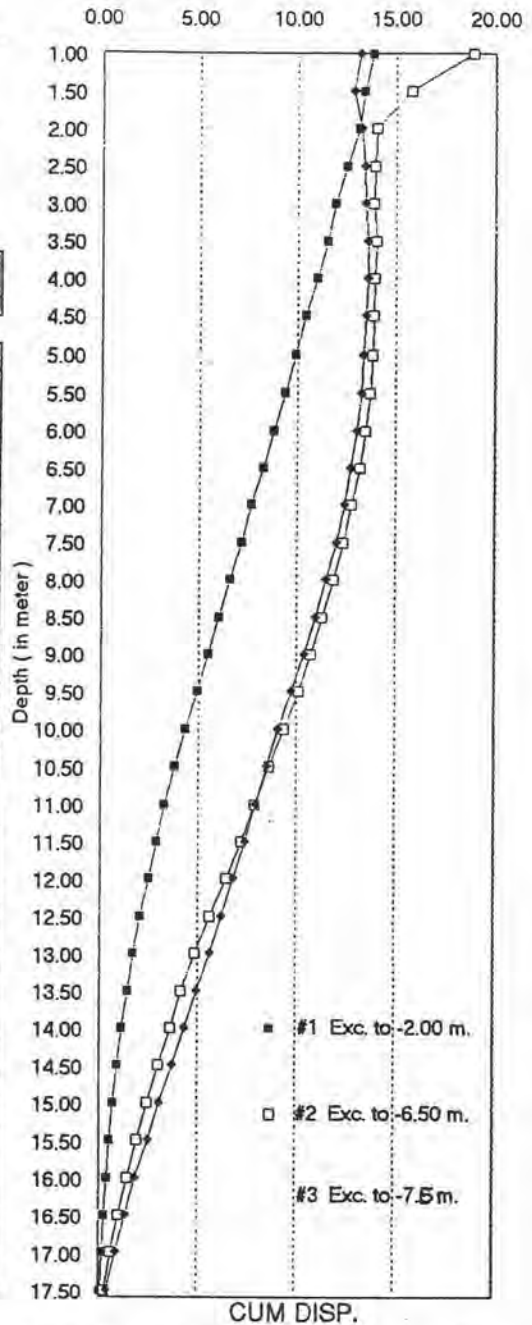
11/29/96 12/18/96 04/23/97

DESCRIPTION

TUBE NO. I - 1

DEPTH M.	READING # 1 MM.	READING # 2 MM.	READING # 3 MM.
1.00	13.88	18.90	13.21
1.50	13.41	15.82	12.91
2.00	13.16	14.06	13.25
2.50	12.52	13.94	13.40
3.00	11.95	13.91	13.45
3.50	11.55	14.05	13.59
4.00	11.03	13.96	13.58
4.50	10.46	13.92	13.49
5.00	9.92	13.84	13.39
5.50	9.38	13.72	13.28
6.00	8.84	13.52	13.07
6.50	8.29	13.24	12.74
7.00	7.68	12.82	12.44
7.50	7.20	12.42	12.03
8.00	6.63	11.90	11.52
8.50	6.05	11.36	11.01
9.00	5.51	10.79	10.42
9.50	4.96	10.15	9.77
10.00	4.37	9.38	9.11
10.50	3.82	8.65	8.50
11.00	3.31	7.90	7.96
11.50	2.90	7.21	7.42
12.00	2.49	6.50	6.85
12.50	2.08	5.63	6.21
13.00	1.72	4.91	5.62
13.50	1.42	4.19	4.98
14.00	1.15	3.63	4.37
14.50	0.91	3.03	3.72
15.00	0.70	2.45	3.09
15.50	0.53	1.93	2.51
16.00	0.36	1.42	1.86
16.50	0.25	1.02	1.35
17.00	0.15	0.62	0.86
17.50	0.08	0.30	0.39

END OF RECORD



รูปที่ 3.43 ค่าผลการวัดปริมาณการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินชนิดไคอะแฟรม  
ที่ขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ โดยอุปกรณ์ Inclinator หมายเลข I-1  
โครงการอาคารรอยัลราชดำริ