

ผลของการทดสอบและวิจารณ์

4.1 ผลของการเจาะสำรวจชั้นดินและคุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน

4.1.1 ชั้นดินบริเวณหนองงูเห่า

จากการขุดเจาะสำรวจชั้นดินด้วยการขุดหลุมเจาะ การทดสอบ cone penetration บริเวณพื้นที่หนองงูเห่า สามารถแบ่งชั้นดินที่แตกต่างกันจนถึงความลึก 35 เมตร ได้เป็น 5 ชั้นดิน ดังนี้คือ

- ก.) Weathered clay
- ข.) Soft clay
- ค.) Soft to Medium clay
- ง.) Stiff clay
- จ.) Dense sand

ก.) Weathered clay เป็นดินชั้นเปลือกโลกส่วนบนสุดของชั้นดิน ดินเป็นดินสีเทาปนน้ำตาล (brownish grey) จนถึงสีเทาปนเขียว (greenish grey) ความหนาของชั้นดินประมาณ 1 ถึง 1.5 เมตร

ข.) Soft clay เป็นชั้นดินเหนียวอ่อนที่อยู่ถัดลงมาจากชั้น Weathered clay อยู่ลึกจนถึงระดับประมาณ 11 เมตร จากผิวดิน (หนาประมาณ 10 เมตร) ชั้นดินนี้ยังสามารถแบ่งออกเป็นชั้นย่อยได้อีก 2 ชั้น คือ ชั้นดินเหนียวอ่อนมาก (very soft clay) ซึ่งจะอยู่ส่วนบนของชั้นนี้ และชั้นดินเหนียวอ่อน (soft clay) ซึ่งจะอยู่ในส่วนกลาง โดยทั่วไป ชั้นดินเหนียวอ่อนมากอยู่ที่ระดับ 1.5 เมตร ถึง 8 เมตร จากผิวดิน และชั้นดินเหนียวอ่อนอยู่ที่ระดับประมาณ 8 เมตร ถึง 11 เมตร ชั้นดินนี้เป็นดินสีเทาปนเขียว (greenish grey) มีเศษเปลือกหอยปนอยู่ โดยเฉพาะในชั้นดินเหนียวอ่อนส่วนล่าง

ค.) Soft to Medium clay เป็นชั้นดินเหนียวอ่อนถึงชั้นดินเหนียวปานกลาง อยู่ที่ความลึกประมาณ 11 เมตร ถึง 15 เมตร จากผิวดิน ความหนาของชั้นดินเปลี่ยนแปลงไป

ตลอดพื้นที่โครงการ โดยทั่วไปความหนาของชั้นดินมีเปลี่ยนแปลงจาก 3 เมตร ถึง 5 เมตร ชั้นดินนี้เป็นดินสีเทาปนเขียว (greenish grey) มีเศษเปลือกหอยปนอยู่

ง.) Stiff clay เป็นชั้นดินเหนียวแข็ง อยู่ที่ความลึกประมาณ 15 เมตร จากผิวดิน ชั้นดินนี้มีความหนาตั้งแต่ 7 เมตร ถึง 13 เมตร จากการศึกษาในอดีตพบว่าดินชั้นนี้มีอายุมากกว่าชั้นดินข้างบนหลายพันปี ชั้นดินนี้เป็นดินสีน้ำตาลปนเทา (greyish brown) ถึงสีน้ำตาล (brown) มีรอยแยกเล็ก ๆ (small cracks) และพบว่ามีลักษณะเป็น slickensides ด้วย

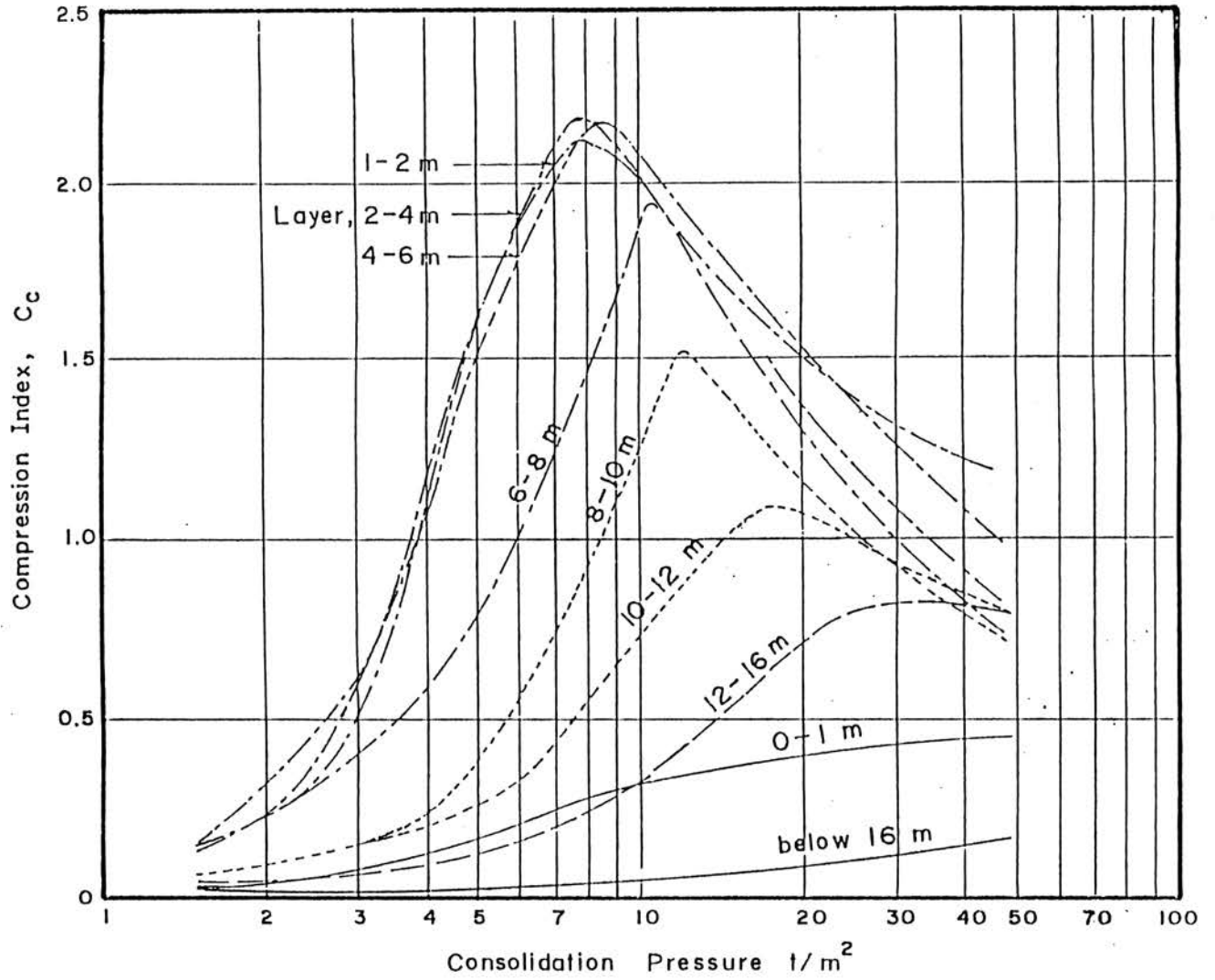
จ.) Dense to very Dense sand เป็นชั้นทรายที่มีความแน่นจนถึงแน่นมาก อยู่ใต้ชั้น stiff clay จนถึงที่ระดับความลึกประมาณ 35 เมตร จากผิวดินทรายในชั้นนี้เป็นทรายที่มีสีน้ำตาลปนเหลือง (yellowish brown) สีน้ำตาล (brown) หรือสีเทา (grey) ลักษณะ เม็ดทราย (grain size) มีลักษณะละเอียด (fine) ถึงปานกลาง (medium) ที่ระดับความลึก 30 เมตร และ 35 เมตร มีทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ปนอยู่บ้าง ทรายชั้นนี้รู้จักโดยทั่วไปว่าเป็นชั้นน้ำใต้ดินกรุงเทพ (Bangkok aquifer)

4.1.2. คุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน

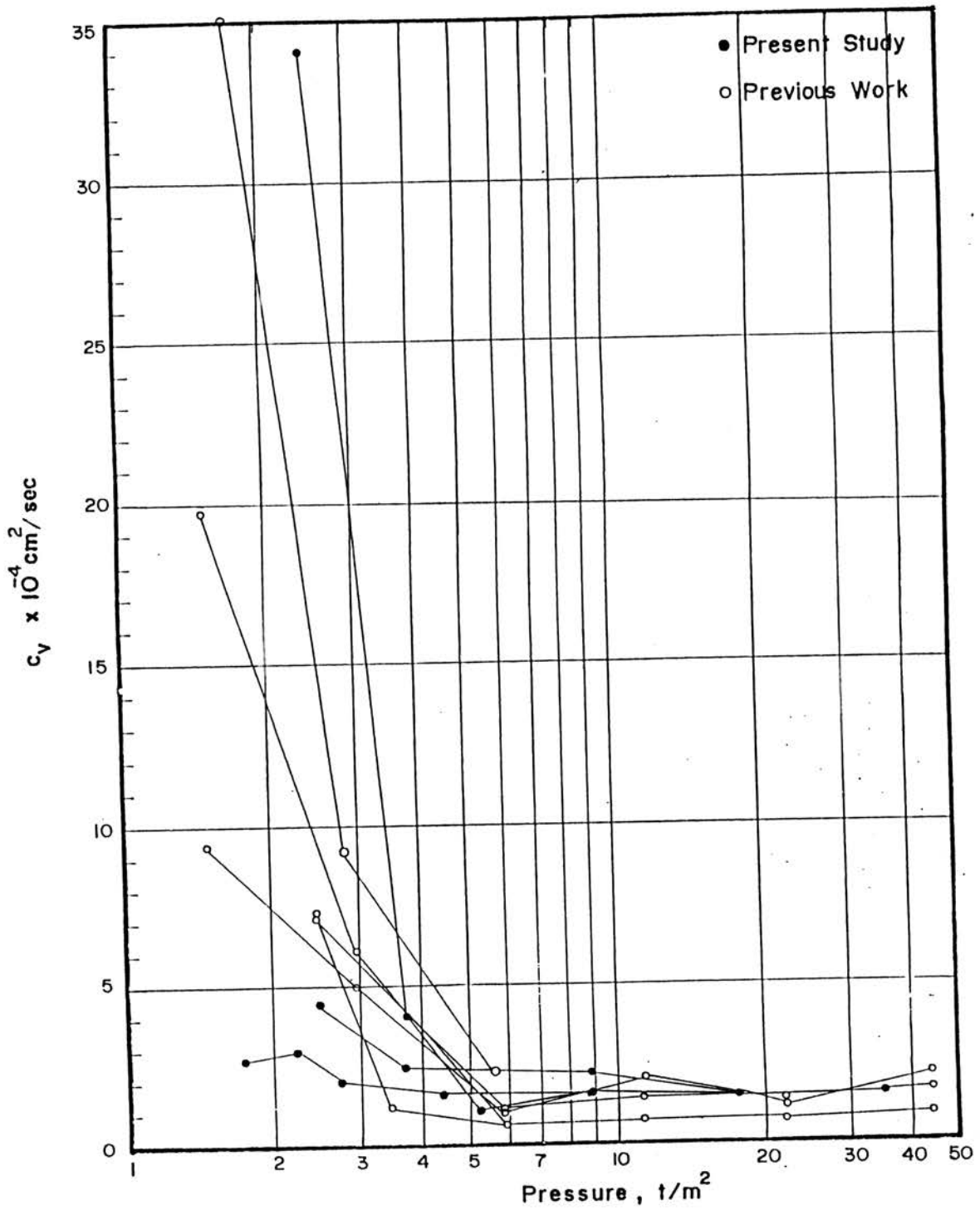
จากข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินบริเวณหนองงูเห่าที่ได้รวบรวมไว้ คุณสมบัติของดินที่จะนำมาใช้กับทฤษฎีการออกแบบ ได้แก่คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ตามตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางด้านความสามารถอัดตัวได้ (Compressibility Characteristics) ตามรูปที่ 4.1 และ 4.2 และสภาพการกระจายความดันน้ำใต้ดิน (Piezometric head distribution) ตามรูปที่ 4.3 ส่วนข้อมูลคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินบริเวณหนองงูเห่าที่รวบรวมไว้ แต่มิได้นำมาใช้สำหรับการวิจัยนี้ จะได้นำเสนอโดยรายละเอียดในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพโดยทั่วไปของดินเหนียวและทราย บริเวณหนองงูเห่า

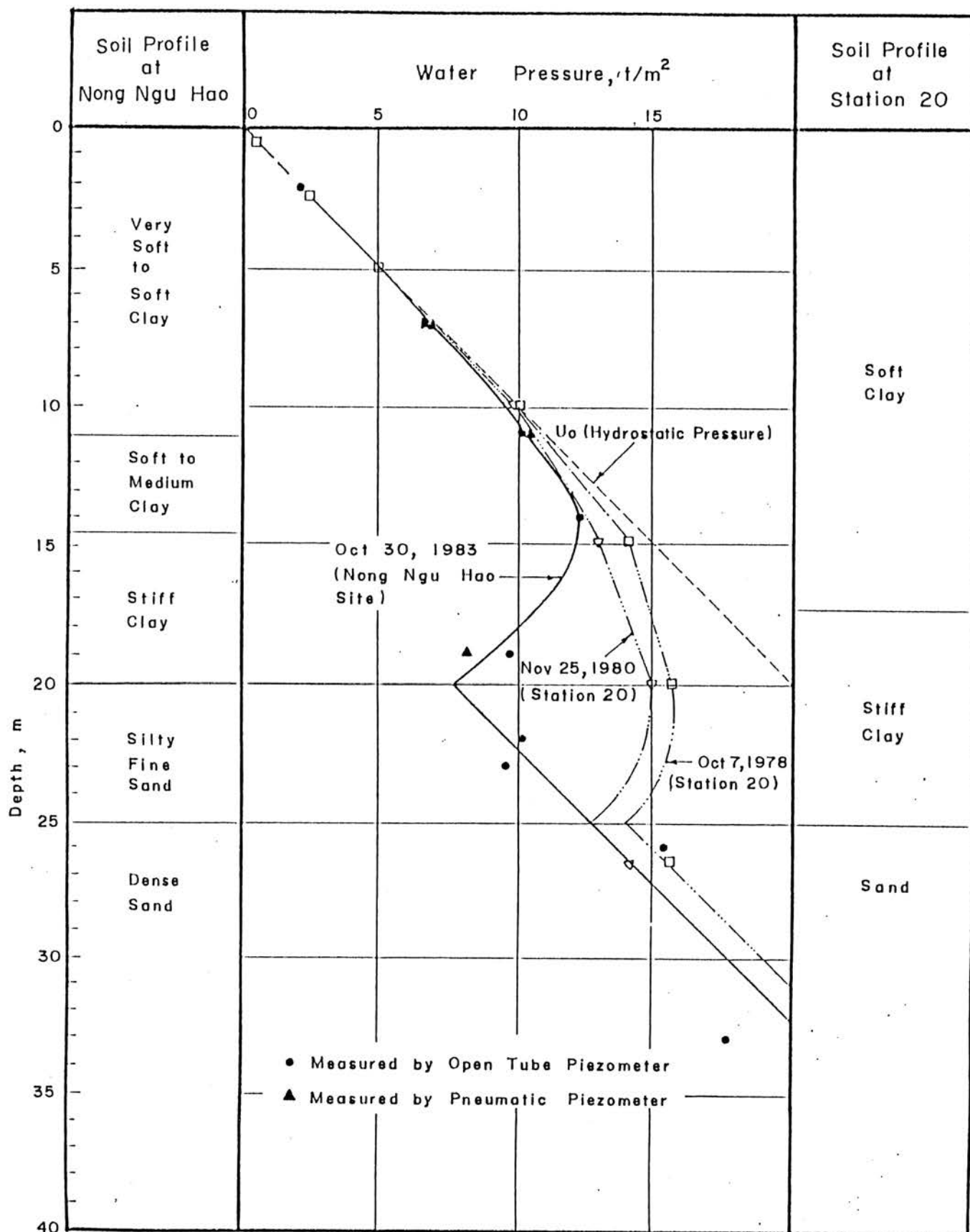
Soil Description	Thickness			Physical Properties					Grain Size Distribution % by Weight		
	Ave- rage, m	Max. m	Min. m	Total Unit Weight, t/m ³	w _n , %	w _p , %	w _l , %	G _s	Fine Sand	Silt	Clay
Weathered crust	1.5	3.0	1.0	1.50 - 1.60	65 - 90	35 - 40	75 - 95	2.73	5	33	62
Very soft clay	6.5	8.0	5.5	1.40 - 1.50	90 - 115	40 - 45	95 - 110	2.69 - 2.73	4 - 10	30 - 40	50 - 68
Soft clay	3.0	4.0	2.0	1.50 - 1.60	70 - 105	30 - 45	80 - 105	2.70 - 2.72	6 - 9	40 - 58	35 - 50
Soft to medium clay	4.0	5.0	3.0	1.60 - 1.70	50 - 70	30 - 35	70 - 80	2.71 - 2.72	6 - 40	8 - 50	40 - 70
Stiff to very stiff clay	10.0	15.0	5.0	1.70 - 2.00	25 - 50	20 - 35	35 - 75	2.69 - 2.73	5 - 75	5 - 32	40 - 75
Dense sand	7.0	10.0	3.0	1.90 - 2.00	15 - 25	NP	NP	-	60 - 92	4 - 20	3 - 20



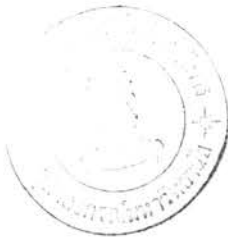
รูปที่ 4.1 สรุปลำดับชั้นการอัดตัว (Compression Index, C_c)
ที่ชั้นดินที่ความลึกต่างๆ



รูปที่ 4.2 สัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวที่ได้จากการทดสอบในแนวตั้ง และแนวราบ



รูปที่ 4.3 การกระจายความดันน้ำในดิน (piezometric head distribution) ตามความลึก



4.2 ผลที่วัดได้จากเครื่องมือที่ติดตั้งในแต่ละแปลงทดสอบ

ในการทดสอบต่างๆของแปลงทดสอบทั้งสามแปลง ผลจากเครื่องมือต่างๆที่ได้ติดตั้งในแปลงทดสอบแต่ละแปลง สามารถวัดและสรุปผลออกมา โดยแสดงออกมาเป็นแผนภาพอย่างละเอียด แสดงไว้ในภาคผนวก ค.

ผลที่วัดได้จากเครื่องมือต่างๆในแปลงทดสอบ จะนำมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบ กับผลที่คาดคะเนไว้จากทฤษฎีการออกแบบที่นำมาใช้ นำมาสรุปผลตามวัตถุประสงค์ต่อไป

4.3 การเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ของทฤษฎีการออกแบบกับผลที่วัดได้จากแปลง- ทดสอบ

4.3.1 การประมาณการขนาดการทรุดตัวที่เกิดขึ้น

ในการประมาณการขนาดการทรุดตัวที่เกิดขึ้นของแปลงทดสอบทั้งสามแปลง การทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัว (Consolidation settlement) ใช้วิธีวิเคราะห์แบบปกติ (Convention Method) โดยอาศัยทฤษฎีการทรุดตัวแบบ 1 มิติของ Terzaghi รายละเอียดการประมาณการขนาดการทรุดตัวที่เกิดขึ้นของแต่ละแปลงทดสอบ เป็นดังนี้

แปลงทดสอบที่ 1 เป็นแปลงทดสอบที่ใช้น้ำหนักบรรทุกก่อน ด้วยการลดระดับน้ำใต้ดิน (Dewatering) และวิธีความดันสูญญากาศ (Vacuum Pressure) แต่ก่อนการติดตั้งท่อทรายระบายน้ำได้มีการทำผืนทราย (Sand Blanket) ซึ่งเป็นทรายถมบดอัด มีความหนาแน่นโดยเฉลี่ย 2 ตันต่อลูกบาศก์เมตร หนา 0.8 เมตร คิดเป็นความเค้นที่มากกระทำตามแนวตั้ง 1.6 ตันต่อตารางเมตร ขนาดการทรุดตัวที่จะประมาณการจากทฤษฎีการทรุดตัวแบบ 1 มิติของแปลงทดสอบที่ 1 นี้ จึงเกิดจาก

น้ำหนักบรรทุกของผืนทราย รวมทั้งผลของการให้น้ำหนักบรรทุกก่อนด้วยการลดระดับน้ำใต้ดิน และวิธีความดันสูญญากาศ

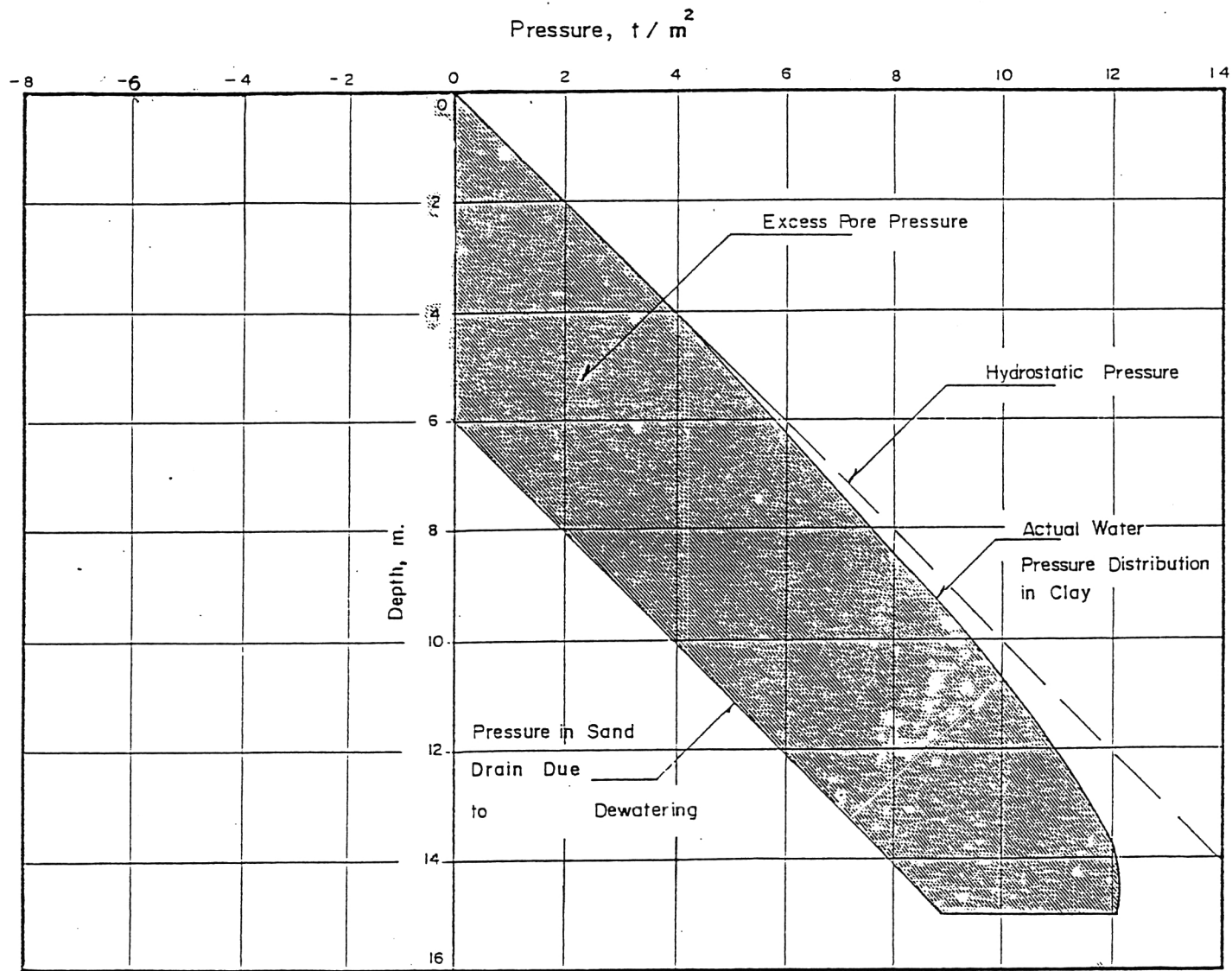
เนื่องจากการทดสอบของแปลงทดสอบที่ 1 ได้ทำการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกทดสอบโดยการใช้อัตราลดระดับน้ำใต้ดิน และขั้นตอนต่อมาจึงใช้วิธีความดันสูญญากาศ ดังนั้น ปริมาณการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวที่จะนำไปคาดการณ์อัตราการทรุดตัวต่อไปจึงมีอยู่สองลักษณะ คือ ปริมาณการทรุดตัวที่เกิดจากผืนทรายรวมกับการใช้น้ำหนักบรรทุกก่อนด้วยการลดระดับน้ำใต้ดินและปริมาณการทรุดตัวที่เกิดจากผืนทรายรวมกับการใช้น้ำหนักบรรทุกก่อนด้วยวิธีความดันสูญญากาศ

จากการเจาะสำรวจชั้นดินและการทดสอบหาคูณสมบัติดินทางด้านวิศวกรรม ตามความลึก ได้พารามิเตอร์ที่ใช้ในการประมาณการ ขนาดการทรุดตัว สรุปอยู่ในตารางที่ 4.2 การประมาณการขนาดการทรุดตัวแบ่งชั้นดินที่จะประมาณการตามลักษณะของชั้นดินออกเป็น 4 ชั้นใหญ่ ๆ ได้แก่ ชั้น weathered clay, ชั้น very soft clay, ชั้น soft clay และชั้น soft clay to medium clay โดยแต่ละชั้นแบ่งออกเป็นชั้นย่อย ๆ ตามคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน รายละเอียดของการแบ่งชั้นดินเพื่อการประมาณการ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 ด้วย

จากการทดสอบโดยการให้น้ำหนักบรรทุกก่อนด้วยการลดระดับน้ำใต้ดิน ทำให้ความเค้นที่เพิ่มขึ้นกับชั้นดิน แสดงออกดังรูปที่ 4.4 ซึ่งในการทดสอบจริงสามารถทำให้เกิดการลดระดับน้ำใต้ดิน 6 เมตร โดยที่สภาพน้ำใต้ดินเดิมอยู่ระดับผิวดิน พร้อมกับความเค้นที่เกิดขึ้นจากผืนทรายที่มีความเค้นที่ผิว 1.6 ตันต่อตารางเมตร การกระจายความเค้นตามความลึก (Stress Distribution) จากผืนทรายที่ถ่ายลงสู่ชั้นดินต่าง ๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 จากคุณสมบัติของดินทางวิศวกรรมและความเค้นที่เพิ่มขึ้นจากสภาพน้ำหนักบรรทุกสามารถประมาณการ การทรุดตัวออกมาได้ดังตารางที่ 4.4 โดยที่ความดันประสิทธิผลที่กดทับ (Effective Overburden Pressure), ความเค้นประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้น (Effective stress Increment) และความเค้นประสิทธิผลสุดท้าย (Final Effective Stress) เป็นความเค้นที่จุดกึ่งกลางของชั้นดินที่แบ่งไว้ และเนื่องจากสภาพความดันโพรงเริ่มต้น (Initial Pore Pressure) ในดินไม่เกิดขึ้นในสภาพสถิตย์

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของชั้นดินที่ใช้ในการประมาณการทรุดตัว

ชั้นดิน	ความลึก (m.)	หน่วยน้ำหนัก รวม (Total Unit Weight) (t/m ³)	ความดันรวม ที่กดทับ (Total overburden pressure) (t/m ²)	ความดันน้ำ ในโพรงเริ่ม ต้น (Initial pore pre- ssure) (t/m ²)	ความดันประ- สิทธิผลที่กดทับ (Effective overburden pressure) (t/m ²)	อัตราส่วนช่อง มวลดิน เริ่มต้น (Initial void ratio) e _o	ดัชนีการบดอัด, C _c ที่สัมพันธ์กับ ความดัน P (t/m ²)										
							P 1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.62	1.22	0.75	0.47	2.45	P	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0
							C _c	0.05	0.05	0.05	0.1	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.33
Very soft clay	1.5 - 2.0	1.53	2.81	1.75	1.06	3.60	P	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0
	2.0 - 4.0	1.44	4.64	3.00	1.64	3.40	C	0.2	0.4	0.8	1.2	1.4	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8
							P ^C	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	13.0
	4.0 - 6.0	1.44	7.52	4.80	2.72	3.40	C	0.6	1.0	1.5	1.6	1.8	2.1	2.33	2.35	2.28	1.93
							P ^C	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0
6.0 - 8.0	1.42	10.38	6.70	3.68	3.20	C	1.0	1.48	1.98	2.0	2.0	2.05	2.05	2.05	1.75	1.6	
						P ^C	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0	17.0	
Soft clay	8.0 - 10.0	1.50	13.30	8.60	4.70	2.61	C _c	0.96	1.53	1.78	2.10	2.16	2.16	2.26	2.20	1.84	1.68
	10.0 - 10.5	1.58	15.20	9.60	5.60	2.61	P	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0
							C	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9
	10.5 - 11.0	1.58	16.00	10.00	6.00	2.61	P ^C	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0
							C	0.4	0.57	0.75	0.94	1.10	1.26	1.50	1.45	1.33	1.24
						P ^C	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	21.0	
						C _c	0.33	0.45	0.55	0.67	0.75	0.90	1.0	1.08	1.10	1.08	
Soft clay to Medium clay	11.0 - 12.5	1.63	17.60	10.90	6.70	1.80	P	6.5	7.5	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	21.0
	12.5 - 13.5	1.63	19.64	11.70	7.94	1.80	C	0.19	0.24	0.38	0.55	0.65	0.90	0.95	0.93	0.96	0.9
							P ^C	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	21.0	23.0	25.0
	13.5 - 15.0	1.63	21.68	12.20	9.48	1.80	C	0.4	0.5	0.65	0.85	1.0	1.1	1.1	1.15	1.15	1.15
						P ^C	8.5	9.5	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	21.0	23.0		
						C _c	0.35	0.29	0.33	0.42	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8		



รูปที่ 4.4 ความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการลดระดับน้ำใต้ดิน 6 เมตร - แปลงทดสอบที่ 1

ตารางที่ 4.3

การกระจายความเค้นตามความลึก (Stress Distribution) จากน้ำหนักบรรทุกทุกชั้นดินของแปลงทดสอบ

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	พื้นที่ราย (1.6 ตัน/ม. ²)		น้ำหนักบรรทุกทุกชั้นที่ 1 (4.6 ตัน/ม. ²)		น้ำหนักบรรทุกทุกชั้นที่ 2 (6.6 ตัน/ม. ²)	
		Influence Factor	$\Delta\bar{\sigma}_v$ (t/m ²)	Influence Factor	$\Delta\bar{\sigma}_v$ (t/m ²)	Influence Factor	$\Delta\bar{\sigma}_v$ (t/m ²)
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.00	1.60	1.00	4.60	1.00	6.60
Very soft clay	1.5 - 2.0	1.00	1.60	1.00	4.60	1.00	6.60
	2.0 - 4.0	1.00	1.60	1.00	4.60	1.00	6.60
	4.0 - 6.0	0.99	1.58	0.99	4.55	0.99	6.53
Soft clay	6.0 - 8.0	0.98	1.57	0.98	4.51	0.98	6.47
	8.0 - 10.0	0.97	1.55	0.96	4.42	0.96	6.34
	10.0 - 10.5	0.95	1.52	0.94	4.32	0.94	6.20
Soft clay	10.5 - 11.0	0.95	1.52	0.93	4.28	0.93	6.14
	11.0 - 12.5	0.94	1.50	0.92	4.23	0.92	6.07
to	12.5 - 13.5	0.92	1.47	0.90	4.14	0.90	5.94
Medium clay	13.5 - 15.0	0.90	1.44	0.88	4.05	0.88	5.81

ตารางที่ 4.4 การคำนวณปริมาณการทรุดตัว เนื่องจากการยุบอัดตัวของแปลงทดสอบที่ 1
 เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของผืนทรายและการลดระดับน้ำใต้ดิน 6 เมตร

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (H) (ม.)	$\frac{H}{1 + e_0}$	ความดันประสิทธิผล ที่กดทับ (Effective Overburden Pressure) $\bar{\sigma}_{vo}$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล ที่เพิ่มขึ้น (Effective Stress Increment) $\Delta\bar{\sigma}_v$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล สุดท้าย (Final Effec- tive Stress) $\bar{\sigma}_{vf}$, t/m ²	ปริมาณการทรุดตัวเนื่อง จากการยุบอัดตัว (Consolidation Settlement) $s = \frac{H}{1 + e_0} C_c \Sigma \log \left(\frac{\bar{\sigma}_v + \Delta\bar{\sigma}_v}{\bar{\sigma}_v} \right)$ (ม.)
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.5	0.435	0.47	1.6+0.75	2.82	0.017
	1.5 - 2.0	0.5	0.109	1.06	1.6+1.75	4.41	0.039
Very soft clay	2.0 - 4.0	2.0	0.455	1.64	1.6+3.00	6.24	0.299
	4.0 - 6.0	2.0	0.455	2.72	1.58+4.80	9.10	0.403
	6.0 - 8.0	2.0	0.476	3.68	1.57+5.70	10.95	0.399
Soft clay	8.0 -10.0	2.0	0.554	4.70	1.55+5.55	11.80	0.190
	10.0 - 10.5	0.5	0.139	5.60	1.52+5.35	12.47	0.049
	10.5 - 11.0	0.5	0.139	6.00	1.52+5.25	12.77	0.029
Soft clay to Medium clay	11.0 - 12.5	1.5	0.536	6.70	1.50+5.15	13.35	0.095
	12.5 - 13.5	1.0	0.357	7.94	1.47+4.70	14.11	0.062
	13.5 - 15.0	1.5	0.536	9.48	1.44+3.95	14.87	0.046

(Hydrostatic Condition) อันเป็นผลเนื่องมาจากการสูบน้ำใต้ดิน ความดันโพรงเริ่มค้นจึงใช้ผลจากการวัดได้เมื่อเดือนตุลาคม 2526 เป็นหลักจากการประมาณการทรุดตัวเนื่องจากการใช้น้ำหนักบรรทุกก่อน ด้วยการลดระดับน้ำใต้ดิน สามารถประมาณการทรุดตัวทั้งหมดประมาณ 162 เซนติเมตร จากความลึก 15 เมตร และสรุปปริมาณการทรุดตัวของชั้นดินใหญ่ ๆ สรุปได้อยู่ในตารางที่ 4.5

ส่วนการทดสอบด้วยวิธีใช้ความดันสูญญากาศ ความเค้นที่เพิ่มขึ้นกับชั้นดินแสดงออกมาดังรูปที่ 4.5 ในการทดสอบจริงให้ความดันสูญญากาศเกิดขึ้น 6 ดันต่อตารางเมตร การคำนวณการประมาณการทรุดตัวโดยละเอียดแสดงอยู่ในตารางที่ 4.6 และปริมาณการทรุดตัวของชั้นดินใหญ่ ๆ สรุปอยู่ในตารางที่ 4.5 ซึ่งปริมาณการทรุดตัวที่ได้จะนำไปสัมพันธ์กับอัตราการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัว เพื่อจะได้ไปเปรียบเทียบกับการเกิดการทรุดตัวที่แท้จริงจากการทดสอบ

แปลงทดสอบที่ 2 เป็นแปลงทดสอบที่ใช้น้ำหนักบรรทุกก่อนด้วยวัสดุ การถมวัสดุของแปลงทดสอบทำการถมเป็นชั้นตอนดังนี้ คือ หลังจากทำการถมพื้นทรายให้เป็นทางระบายน้ำบนผิวดินแล้ว ได้ทำการถมดินชั้นแรกสูง 2.6 เมตร ซึ่งทำให้เกิดความเค้น 4.6 ดันต่อตารางเมตร หลังจากถมทิ้งไว้สักระยะหนึ่ง จึงทำการถมชั้นที่ 2 จนสูงถึง 3.5 เมตร ทำให้เกิดความเค้นรวม 6.6 ดันต่อตารางเมตร การกระจายความเค้น (Stress Distribution) ในชั้นดินของชั้นตอนของการบรรทุกน้ำหนักต่าง ๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 การคำนวณประมาณการ การทรุดตัวของชั้นดินแสดงอยู่ในตารางที่ 4.7 ถึง 4.9 และปริมาณการทรุดตัวของชั้นดินใหญ่ ๆ สรุปอยู่ในตารางที่ 4.10

แปลงทดสอบที่ 3 เป็นแปลงทดสอบที่ใช้น้ำหนักบรรทุกก่อนด้วยการลดระดับน้ำใต้ดินจากการทดสอบโดยการสูบน้ำ ทำให้ระดับน้ำในท่อทรายเป็น 5 เมตร ความเค้นที่เพิ่มขึ้นต่อชั้นดินแสดงอยู่ในรูปที่ 4.6 การคำนวณประมาณการ การทรุดตัวของชั้นดิน แสดงอยู่ในตารางที่ 4.11 และปริมาณการทรุดตัวของชั้นดินใหญ่ ๆ สรุปอยู่ในตารางที่ 4.12

4.3.2 การคาดการณ์อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัว

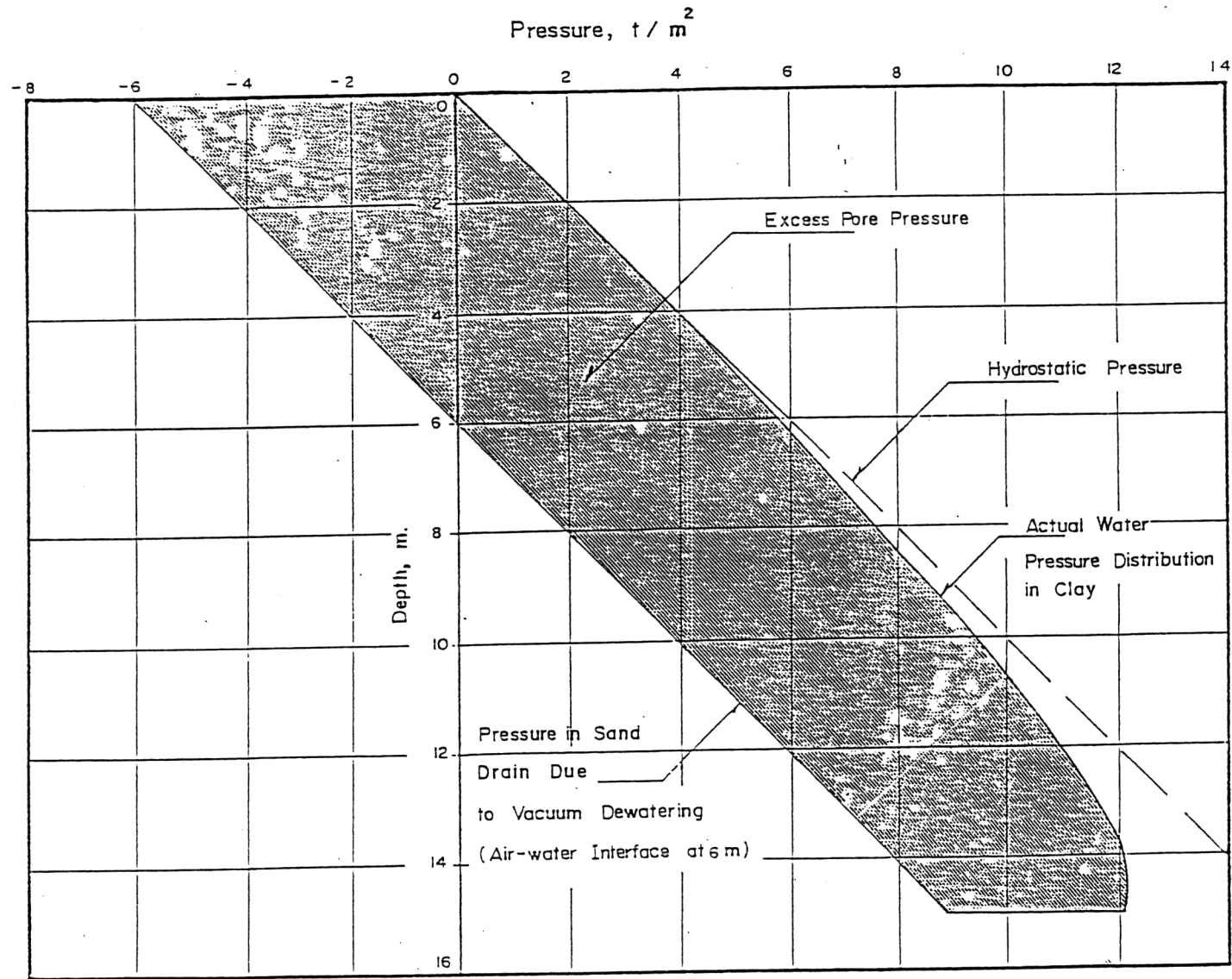
ในการคาดการณ์อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัว โดยให้มีการไหลของน้ำจากชั้นดิน ตามแนวราบผ่านมาที่ท่อทรายระบายน้ำขึ้นมาตามแนวตั้งนั้น ใช้ทฤษฎีท่อทราย

ตารางที่ 4.5

สรุปประมาณการขนาดการทรุดตัวของชั้นดิน

แปลงทดสอบที่ 1

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (ม.)	การทรุดตัว เนื่องจากการยุบอัดตัว	
			ประมาณการทรุดตัวที่ เกิดจากผืนทรายรวม กับการใช้น้ำหนักบรรทุก ก่อนด้วยการลดระดับ น้ำใต้ดิน 6 เมตร (ซม.)	ประมาณการทรุดตัวที่ เกิดจากผืนทรายรวม กับการใช้น้ำหนักบรรทุก ก่อนด้วยวิธีความดัน สูญญากาศ 6 ดันต่อ ตารางเมตร (ซม.)
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.5	1.7	4.2
Very soft clay	1.5 - 8.0	6.5	114.0	140.3
Soft clay	8.0 - 11.0	3.0	26.3	26.3
Soft clay to Medium clay	11.0 - 15.0	4.0	20.3	20.3
ประมาณการทรุดตัวทั้งหมด			162.3	191.1



ตารางที่ 4.5 ความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้วิธีความดันน้ำสูญญากาศ 6 ตัน/ม.²

แปลงทดสอบที่ 1

ตารางที่ 4.6 การคำนวณปริมาณการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวของแปลงทดสอบที่ 1

เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกของพื้นทรายและวิธีใช้ความดันสุญญากาศ 6 ตัน/ม.²

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (ม.)	$\frac{H}{1 + e_0}$	ความดันประสิทธิผล ที่กดทับ (Effective Overburden Pressure) $\bar{\sigma}_{vo}$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล ที่เพิ่มขึ้น (Effective Stress Increment) $\Delta\bar{\sigma}_v$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล สุดท้าย (Final Effec- tive Stress) $\bar{\sigma}_{vf}$, t/m ²	ปริมาณการทรุดตัวเนื่อง จากการยุบอัดตัว (Consolidation Settlement) $s = \frac{H}{1 + e_0} C_c \sum \log\left(\frac{\bar{\sigma}_v + \Delta\bar{\sigma}_v}{\bar{\sigma}_v}\right)$ (ม.)
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.5	0.435	0.47	1.6+6.0	8.07	0.042
	1.5 - 2.0	0.5	0.109	1.06	1.6+6.0	8.66	0.089
Very soft clay	2.0 - 4.0	2.0	0.455	1.64	1.6+6.0	9.24	0.470
	4.0 - 6.0	2.0	0.455	2.72	1.58+5.80	10.10	0.445
	6.0 - 8.0	2.0	0.476	3.68	1.57+5.70	10.95	0.399
Soft clay	8.0 - 10.0	2.0	0.554	4.70	1.55+5.55	11.80	0.190
	10.0 - 10.5	0.5	0.139	5.60	1.52+5.35	12.47	0.049
	10.5 - 11.0	0.5	0.139	6.00	1.52+5.25	12.77	0.029
Soft clay to Medium Clay	11.0 - 12.5	1.5	0.536	6.70	1.50+5.15	13.35	0.095
	12.5 - 13.5	1.0	0.357	7.94	1.47+4.70	14.11	0.062
	13.5 - 15.0	1.5	0.536	9.48	1.44+3.95	14.87	0.046

ตารางที่ 4.7 การคำนวณปริมาณการทรุดตัว เนื่องจากการยุบอัดตัวของแปลงทดสอบที่ 2

เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกของผืนทราย ($\gamma = 1.6 \text{ ตัน/ม.}^2$)

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (H) (ม.)	$\frac{H}{1 + e_0}$	ความดันประสิทธิผล ที่กดทับ (Effective Overburden Pressure) $\bar{\sigma}_{v0}, \text{ t/m}^2$	ความเค้นประสิทธิผล ที่เพิ่มขึ้น (Effective Stress Increment) $\Delta\bar{\sigma}_v, \text{ t/m}^2$	ความเค้นประสิทธิผล สุดท้าย (Final Effec- tive Stress) $\bar{\sigma}_{vf}, \text{ t/m}^2$	ปริมาณการทรุดตัวเนื่อง จากการยุบอัดตัว (Consolidation Settlement) $s = \frac{H}{1 + e_0} C_c \sum \log\left(\frac{\bar{\sigma}_v + \Delta\bar{\sigma}_v}{\bar{\sigma}_v}\right) \text{ (ม.)}$
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.5	0.435	0.47	1.60	2.07	0.014
	1.5 - 2.0	0.5	0.109	1.06	1.60	2.66	0.015
Very soft clay	2.0 - 4.0	2.0	0.455	1.64	1.60	3.24	0.101
	4.0 - 6.0	2.0	0.455	2.72	1.58	4.30	0.110
	6.0 - 8.0	2.0	0.476	3.68	1.57	5.25	0.089
	8.0 - 10.0	2.0	0.554	4.70	1.55	6.25	0.040
Soft clay	10.0 - 10.5	0.5	0.139	5.60	1.52	7.12	0.009
	10.5 - 11.0	0.5	0.139	6.00	1.52	7.52	0.006
	11.0 - 12.5	1.5	0.536	6.70	1.50	8.20	0.026
Soft clay to Medium clay	12.5 - 13.5	1.0	0.357	7.94	1.47	9.41	0.012
	13.5 - 15.0	1.5	0.536	9.48	1.44	10.92	0.011

ตารางที่ 4.8 การคำนวณปริมาณการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวของแปลงทดสอบที่ 2
จากน้ำหนักบรรทุกทุกชั้นที่ 2 ($q = 4.6$ ตัน/ม.²)

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (H) (ม.)	$\frac{H}{1 + e_0}$	ความดันประสิทธิผล ที่กดทับ (Effective Overburden Pressure) $\bar{\sigma}_{vo}$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล ที่เพิ่มขึ้น (Effective Stress Increment) $\Delta\bar{\sigma}_v$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล สุดท้าย (Final Effec- tive Stress) $\bar{\sigma}_{vf}$, t/m ²	ปริมาณการทรุดตัว เนื่อง จากการยุบอัดตัว (Consolidation Settlement) $s = \frac{H}{1 + e_0} C_c \sum \log \left(\frac{\bar{\sigma}_v + \Delta\bar{\sigma}_v}{\bar{\sigma}_v} \right)$ (ม.)
Weathered clay Very soft clay	0.0 - 1.5	1.5	0.435	0.47	4.60	5.07	0.027
	1.5 - 2.0	0.5	0.109	1.06	4.60	5.66	0.055
	2.0 - 4.0	2.0	0.455	1.64	4.60	6.24	0.299
	4.0 - 6.0	2.0	0.455	2.72	4.55	7.27	0.312
	6.0 - 8.0	2.0	0.476	3.68	4.51	8.19	0.266
Soft clay	8.0 - 10.0	2.0	0.554	4.70	4.40	9.10	0.123
	10.0 - 10.5	0.5	0.139	5.60	4.32	9.92	0.029
	10.5 - 11.0	0.5	0.139	6.00	4.28	10.28	0.018
Soft clay to Medium clay	11.0 - 12.5	1.5	0.536	6.70	4.23	10.93	0.053
	12.5 - 13.5	1.0	0.357	7.94	4.14	12.08	0.040
	13.5 - 15.0	1.5	0.536	9.48	4.05	13.53	0.033

ตารางที่ 4.9 การคำนวณปริมาณการทรุดตัว เนื่องจากการยุบอัดตัวของแปลงทดสอบที่ 2
จากน้ำหนักบรรทุกขั้นที่ 2 ($q = 6.6$ ตัน/ม.²)

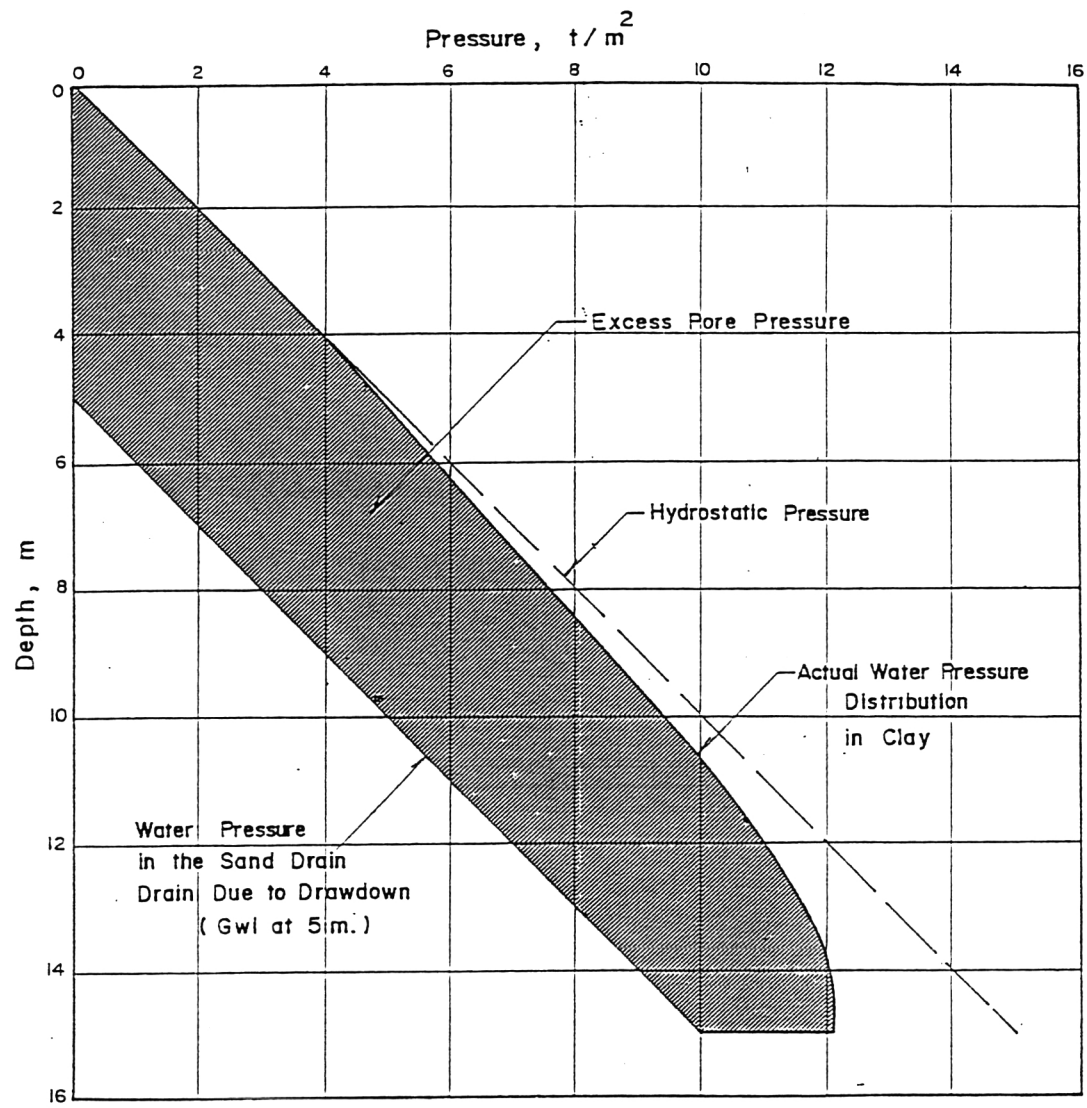
ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (H) (ม.)	$\frac{H}{1 + e_0}$	ความดันประสิทธิผล ที่กดทับ (Effective Overburden Pressure) $\bar{\sigma}_{VO}$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล ที่เพิ่มขึ้น (Effective Stress Increment) $\Delta\bar{\sigma}_V$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล สุดท้าย (Final Effective Stress) $\bar{\sigma}_{Vf}$, t/m ²	ปริมาณการทรุดตัว เนื่อง จากการยุบอัดตัว (Consolidation Settlement) $s = \frac{H}{1 + e_0} C_c \sum \log \left(\frac{\bar{\sigma}_V + \Delta\bar{\sigma}_V}{\bar{\sigma}_V} \right)$ (ม.)
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.5	0.435	0.47	6.60	7.07	0.037
Very soft clay	1.5 - 2.0	0.5	0.109	1.06	6.60	7.66	0.079
	2.0 - 4.0	2.0	0.455	1.64	6.60	8.24	0.417
	4.0 - 6.0	2.0	0.455	2.72	6.53	9.25	0.409
	6.0 - 8.0	2.0	0.476	3.68	6.47	10.15	0.364
	8.0 - 10.0	2.0	0.554	4.70	6.31	11.01	0.170
Soft clay	10.0 - 10.5	0.5	0.139	5.60	6.20	11.80	0.044
	10.5 - 11.0	0.5	0.139	6.00	6.14	12.14	0.026
	11.0 - 12.5	1.5	0.536	6.70	6.07	12.77	0.085
Soft clay to Medium clay	12.5 - 13.5	1.0	0.357	7.94	5.94	13.88	0.060
	13.5 - 15.0	1.5	0.536	9.48	5.81	15.29	0.051

ตารางที่ 4.10

สรุปประมาณการขนาดการทรุดตัวของชั้นดิน

แปลงทดสอบที่ 2

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (ม.)	การทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัว		
			ประมาณการทรุด ตัวที่เกิดจากผืน ทราย (1.6 ตัน/ม. ²) (ซม.)	ประมาณการทรุด ตัวที่เกิดจากน้ำ- หนักบรทุกชั้นที่ 1 (4.6 ตัน/ม. ²) (ซม.)	ประมาณการทรุด ตัวที่เกิดจากน้ำ- หนักบรทุก ชั้นที่ 2 (6.6 ตัน/ม. ²) (ซม.)
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.5	1.4	2.7	3.7
Very soft clay	1.5 - 8.0	6.5	31.5	93.2	126.9
Soft clay	8.0 - 11.0	3.0	5.5	17.0	24.0
Soft clay to Medium clay	11.0 - 15.0	4.0	4.9	12.6	19.6
ประมาณการทรุดตัวทั้งหมด			43.3	125.5	174.2



รูปที่ 4.6 ความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการลดระดับน้ำใต้ดิน - แปลงทดสอบที่ 3

ตารางที่ 4.11 การคำนวณปริมาณการทรุดตัว เนื่องจากการยุบอัดตัวของแปลงทดสอบที่ 3

จากน้ำหนักบรรทุกของผืนทรายและการลดระดับน้ำใต้ดิน 5 เมตร

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (H) (ม.)	$\frac{H}{1 + e_0}$	ความดันประสิทธิผล ที่กดทับ (Effective Overburden Pressure) $\bar{\sigma}_{vo}$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล ที่เพิ่มขึ้น (Effective Stress Increment) $\Delta\bar{\sigma}_v$, t/m ²	ความเค้นประสิทธิผล สุดท้าย (Final Effec- tive Stress) $\bar{\sigma}_{vf}$, t/m ²	ปริมาณการทรุดตัวเนื่อง จากการยุบอัดตัว (Consolidation Settlement) $s = \frac{H}{1 + e_0} C_c \sum \log\left(\frac{\bar{\sigma}_v + \Delta\bar{\sigma}_v}{\bar{\sigma}_v}\right)$ (ม.)
Weathered clay	0.0 - 1.5	1.5	0.435	0.47	1.6+0.75	2.82	0.017
Very soft clay	1.5 - 2.0	0.5	0.109	1.06	1.6+1.75	4.41	0.039
	2.0 - 4.0	2.0	0.455	1.64	1.6+3.00	6.24	0.299
	4.0 - 6.0	2.0	0.455	2.72	1.58+4.70	9.00	0.398
	6.0 - 8.0	2.0	0.476	3.68	1.57+4.70	9.95	0.334
Soft clay	8.0 - 10.0	2.0	0.554	4.70	1.55+4.55	10.80	0.168
	10.0 - 10.5	0.5	0.139	5.60	1.52+4.36	11.48	0.041
	10.5 - 11.0	0.5	0.139	6.00	1.52+4.25	11.77	0.024
Soft clay to Medium clay	11.0 - 12.5	1.5	0.536	6.70	1.50+4.15	12.35	0.078
	12.5 - 13.5	1.0	0.357	7.94	1.47+3.70	13.11	0.051
	13.5 - 15.0	1.5	0.536	9.48	1.44+2.95	13.87	0.037

ตารางที่ 4.12

สรุปประมาณการขนาดการทรุดตัวของชั้นดิน
แปลงทดสอบที่ 3

ชั้นดิน	ความลึก (ม.)	หนา (ม.)	ประมาณการทรุดตัวเนื่องจาก การยุบอัดตัวที่เกิดจากผืนทราย และการลดระดับน้ำใต้ดิน 5 เมตร (ซม.)
Weathered clay	0.0- 1.5	1.5	1.7
Very soft clay	1.5 - 8.0	6.5	107.0
Soft clay	8.0 - 11.0	3.0	23.3
Soft clay to Medium clay	11.0 - 15.0	4.0	16.6
ประมาณการทรุดตัวทั้งหมด			148.6

ระบายน้ำของ Barron โดยพิจารณาถึงการทรุดตัวแนวตั้งในลักษณะการเกิดแบบ "Equal Vertical Strain" จากบทที่ 2.1.2 ความดันโพรงเพิ่มที่เวลา t โดย η และระยะรัศมี r วิเคราะห์ได้จากสมการดังนี้

$$u_r = \frac{4\bar{u}}{d^2 f(n)} \left\{ r_e^2 \ln \left(\frac{r}{r_w} \right) - \frac{r^2 - r_w^2}{2} \right\} \dots\dots (2.8)$$

เมื่อคิดเป็นองศาของการยุบอัดตัว (Degree of Consolidation) โดยเฉลี่ยเนื่องจากการระบายน้ำตามแนวรัศมี ได้ดังนี้

$$U_r = 1 - \exp \left[-\frac{8 T_h}{f(n)} \right] \dots\dots\dots (2.12)$$

โดยที่ U_r = องศาของการยุบอัดตัวโดยเฉลี่ยเนื่องจากการไหลของน้ำตามแนวราบ (แนวรัศมี)

T_h = Time factor ของการยุบอัดตัวตามแนวราบ

องศาของการยุบอัดตัวโดยเฉลี่ยนอกจากจะเกิดจากการระบายน้ำตามแนวราบ (แนวรัศมี) ผ่านมาที่ท่อทรายระบายน้ำขึ้นมาตามแนวตั้งแล้ว ยังมีการยุบอัดตัวที่เกิดจากการไหลของน้ำขึ้นมาตามแนวตั้งอีกด้วย Terzaghi ได้ให้สมการ การยุบอัดตัวจากการไหลของน้ำตามแนวตั้งดังนี้

สมการของการยุบอัดตัวโดยเฉลี่ย

$$U_v = 1 - \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{2}{M^2} \exp. (-M^2 T_v) \dots\dots\dots (4.1)$$

โดยที่ U_v = องศาของการยุบอัดตัวโดยเฉลี่ยเนื่องจากการไหลของน้ำตามแนวตั้ง

$$M = \frac{(2m + 1) \pi}{2}$$

$$T_v = \frac{C_v t}{H^2}$$

H = ระยะทางที่น้ำไหลออกมา

Terzaghi ได้ให้สมการเพื่อประมาณค่า U_v ดังนี้

$$\text{สำหรับ } U_v = 0 \text{ ถึง } 53\% \quad T_v = \frac{\pi}{4} \left[\frac{U_v}{100} \right]^2$$

สำหรับ $U_v = 53$ ถึง 100% $T_v = 1.781 - 0.933 [\log(100-U\%)]$

จากองศาของการยุบอัดตัวที่เกิดขึ้นจากการไหลของน้ำทั้งสองแนว Carillo (1942)

ได้แสดงให้เห็นว่า องศาของการยุบอัดตัวที่เกิดขึ้นจากการไหลของน้ำทั้งสองแนวดังนี้

$$U = 1 - (1-U_v)(1-U_r) \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

โดย $U =$ องศาของการยุบอัดตัวโดยเฉลี่ย เนื่องจากการรวมผลของการไหลของน้ำในแนวตั้งและแนวราบ (แนวรัศมี)

$U_v =$ องศาของการยุบอัดตัวโดยเฉลี่ยเนื่องจากการไหลของน้ำในแนวตั้งแนวเดียว

$U_r =$ องศาของการยุบอัดตัวโดยเฉลี่ยเนื่องจากการไหลของน้ำในแนวราบแนวเดียว

ซึ่งสามารถแสดงองศาของการยุบอัดตัวที่เกิดขึ้นจากการไหลตามแนวราบและแนวตั้ง พร้อมทั้งผลรวม เนื่องจากการไหลสองแนวได้ดังรูปที่ 4.7

จากการทดสอบหาคุณสมบัติของดินทางวิศวกรรมดังได้กล่าวมาแล้ว พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับคาดการณ์ สรุปลักษณะคือ สัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวทั้งทางแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าโดยเฉลี่ย 2×10^{-4} ซม.²/วินาที และจากการคาดการณ์ ปริมาณการยุบอัดตัวที่เกิดขึ้นของแปลงทดสอบแต่ละแปลง สามารถคาดการณ์ได้โดยจะกล่าวโดยละเอียดของแต่ละแปลงดังนี้

แปลงทดสอบที่ 1 -จากการติดตั้งท่อทรายระบายน้ำ โดยมีระยะห่าง 1.75×2.0 เมตร โดยจัดเป็นแบบสามเหลี่ยม (Triangular Pattern) ทำให้แนวอิทธิพลที่การไหลของน้ำตามแนวราบ (แนวรัศมี) สู่อุโมงค์ทราย มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.1 เมตร และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทราย 0.3 เมตร สามารถนำมาคาดการณ์อัตราการทรุดตัวได้โดยหาเปอร์เซ็นต์ของการยุบอัดตัวตามเวลาที่คาดไว้แล้ว จึงนำมาคิดเป็นปริมาณของการยุบอัดตัวตามที่คำนวณไว้ในหัวข้อ 4.3.1 สามารถเขียนอัตราการทรุดตัว ในกราฟขนาดการทรุดตัว กับลอการิทึมของเวลา ตามรูปที่ 4.8

แปลงทดสอบที่ 2 -ในแปลงทดสอบนี้ ทำการติดตั้งท่อทรายเหมือนแปลงทดสอบที่ 1 ผิดกันแต่วิธีทดสอบ ซึ่งใช้น้ำหนักบรรทุกด้วยวัสดุ ซึ่งสามารถเขียนอัตราการทรุดตัวใน

กราฟขนาดการทรุดตัวกับลอกการitimของเวลา ตามรูปที่ 4.9

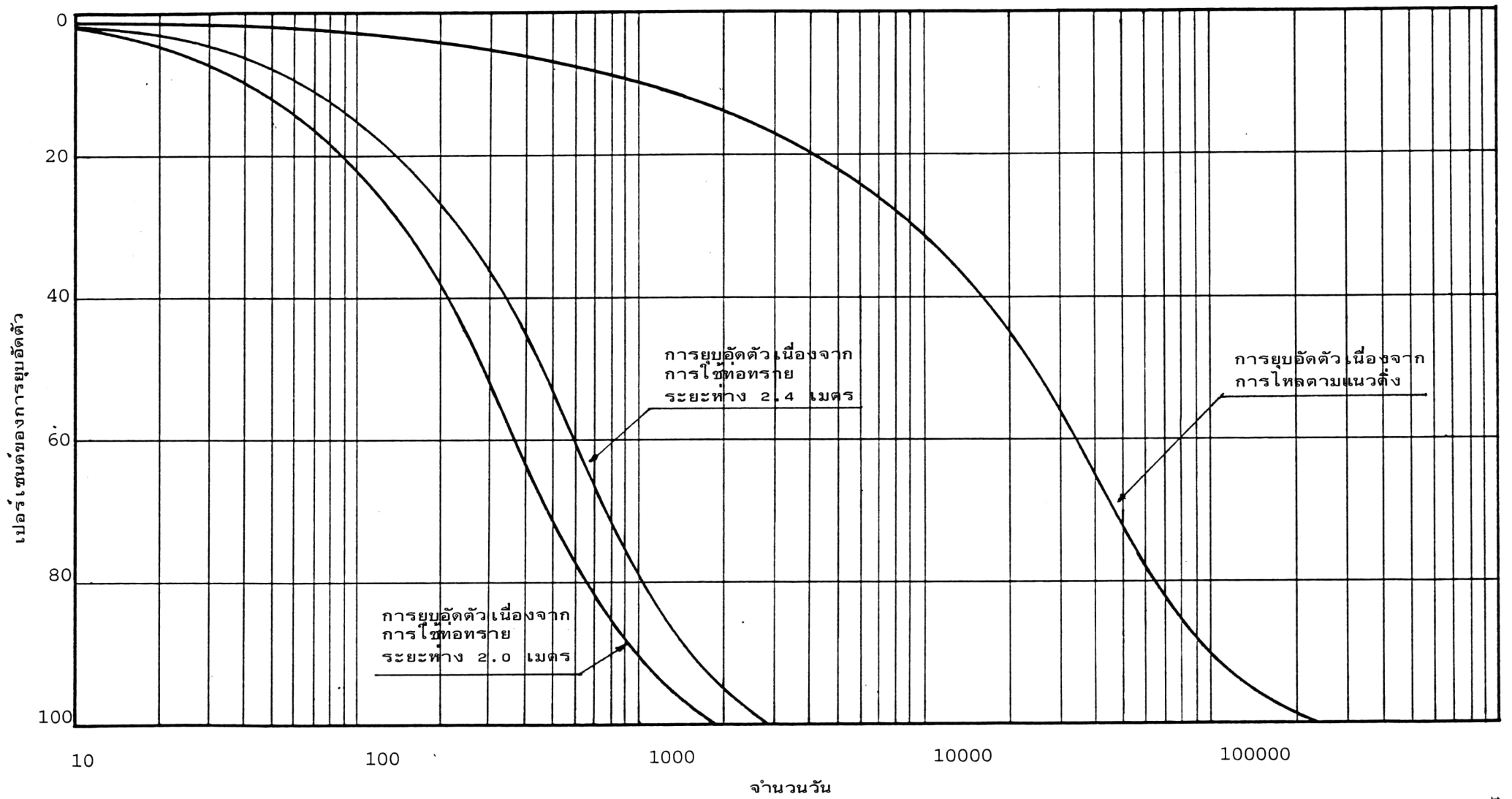
แปลงทดสอบที่ 3 -แปลงทดสอบนี้ ติดตั้งท่อทราย มีระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง 2.4×2.1 เมตร จัดเป็นแบบสามเหลี่ยม แนวอิทธิพลที่การไหลของน้ำตามแนวราบ (แนวรัศมี) สู่อุทธรายมีเส้นผ่าศูนย์กลาง (d_e) 2.5 เมตร และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทราย 0.3 เมตร ซึ่งในแปลงทดสอบนี้ ทำการทดสอบด้วยวิธีลดระดับน้ำใต้ดิน สามารถเขียนอัตราการทรุดตัวในกราฟขนาดการทรุดตัวกับลอกการitimของเวลา ตามรูปที่ 4.10

4.3.3 การประเมินผลข้อมูลที่วัดได้จากการทดสอบและนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีการออกแบบ

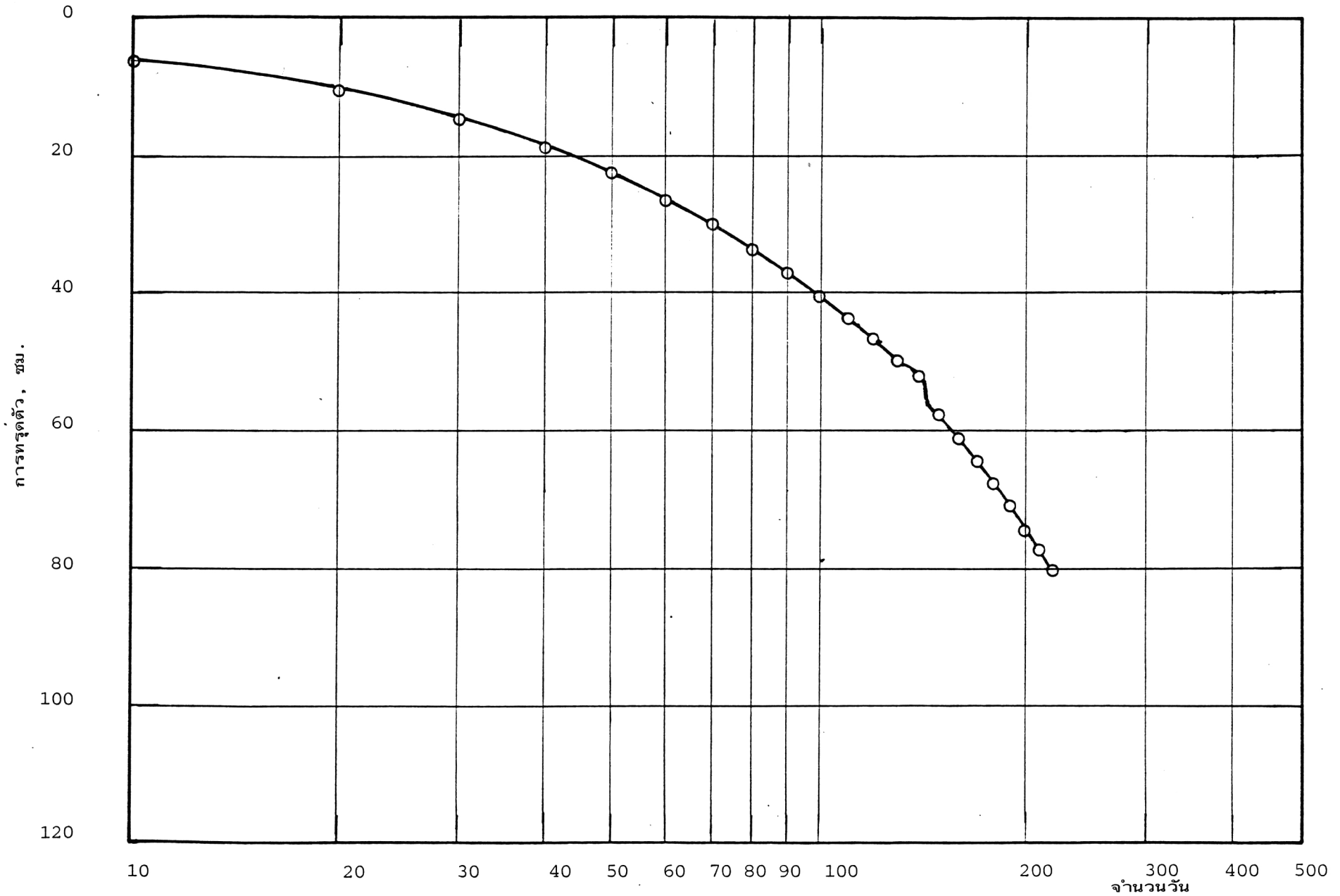
ข้อมูลที่วัดได้จากการทดสอบทั้งสามแปลงนี้ จะได้นำข้อมูลที่วัดได้เหล่านี้มาวิเคราะห์และประเมินผล เพื่อที่จะหาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงชั้นดินโดยใช้วิธีท่อทรายระบายน้ำ (Sand Drain) โดยมีวิธีการใช้น้ำหนักบรรทุกก่อนด้วยวิธีต่าง ๆ ในแปลงทดสอบทั้งสาม ผลการวิเคราะห์ที่ได้ จะนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีการออกแบบ ซึ่งเป็นการคาดการณ์อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวและการหาขนาดการทรุดตัวที่จะเกิดขึ้น ดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 4.3.1 และ 4.3.2 ผลการวิเคราะห์จากข้อมูลที่วัดได้ และการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีการออกแบบ จะได้กล่าวโดยละเอียด เป็นแต่ละแปลงทดสอบดังนี้

แปลงทดสอบที่ 1 ข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์เครื่องมือที่ได้ติดตั้งในแปลงทดสอบนี้ สามารถสรุปถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของแปลงทดสอบดังนี้

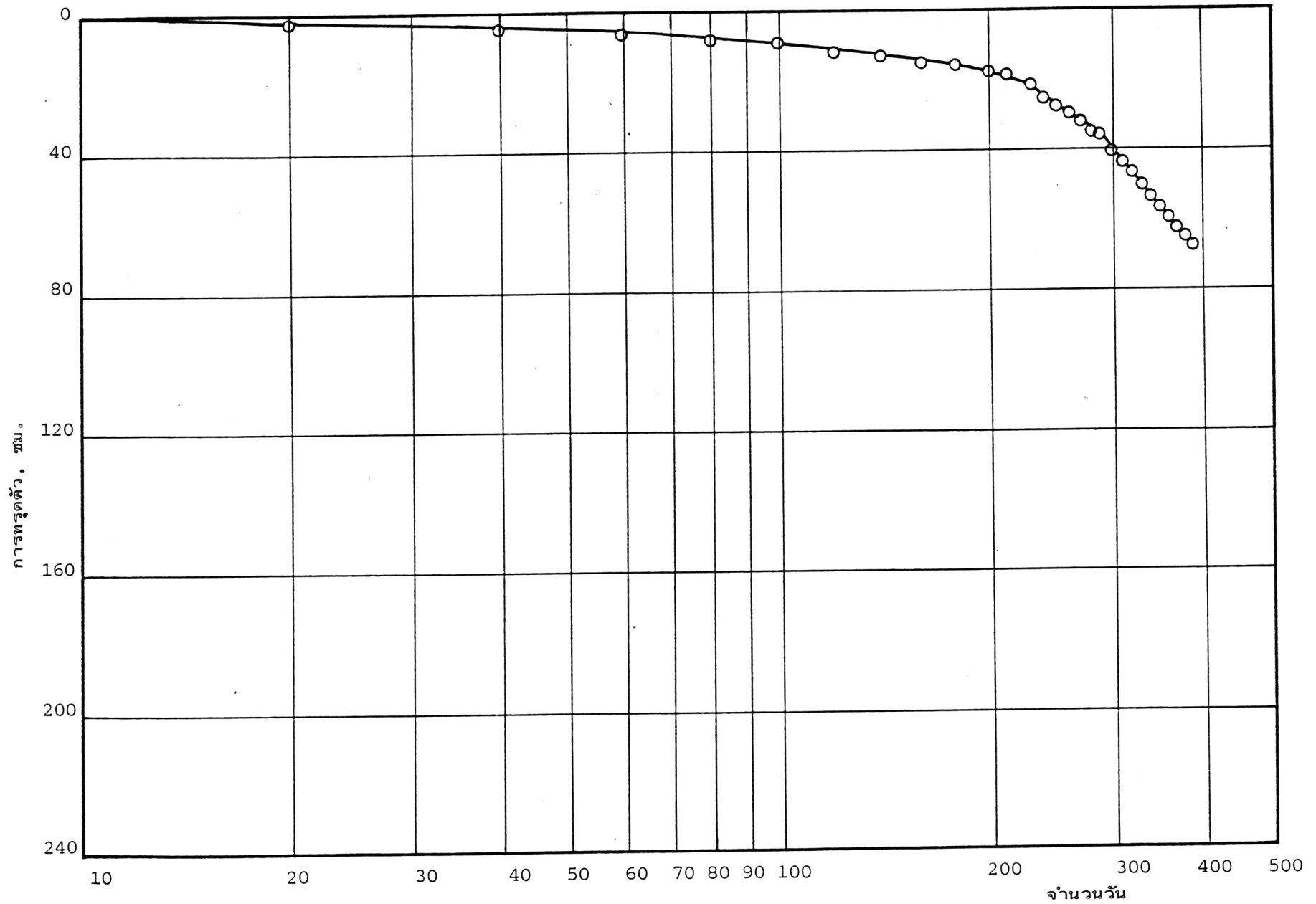
จากผลการวัดด้วยเครื่องมือ Hydrostatic Profile Gauge การทรุดตัวที่เกิดขึ้น ตลอดทั้งพื้นที่แปลงทดสอบ (ตามแนวขวาง) มีลักษณะโค้ง (Arch) สมมาตร และสมมาตร (Symmetry) กับแนวกึ่งกลางแปลงทดสอบ โดยการทรุดตัวที่บริเวณกึ่งกลางของแปลงทดสอบมีการทรุดตัวมากกว่าที่บริเวณริมแปลงทดสอบ (ดูรูปที่ 4.11 ข้อมูล Hydrostatic Profile gauge)



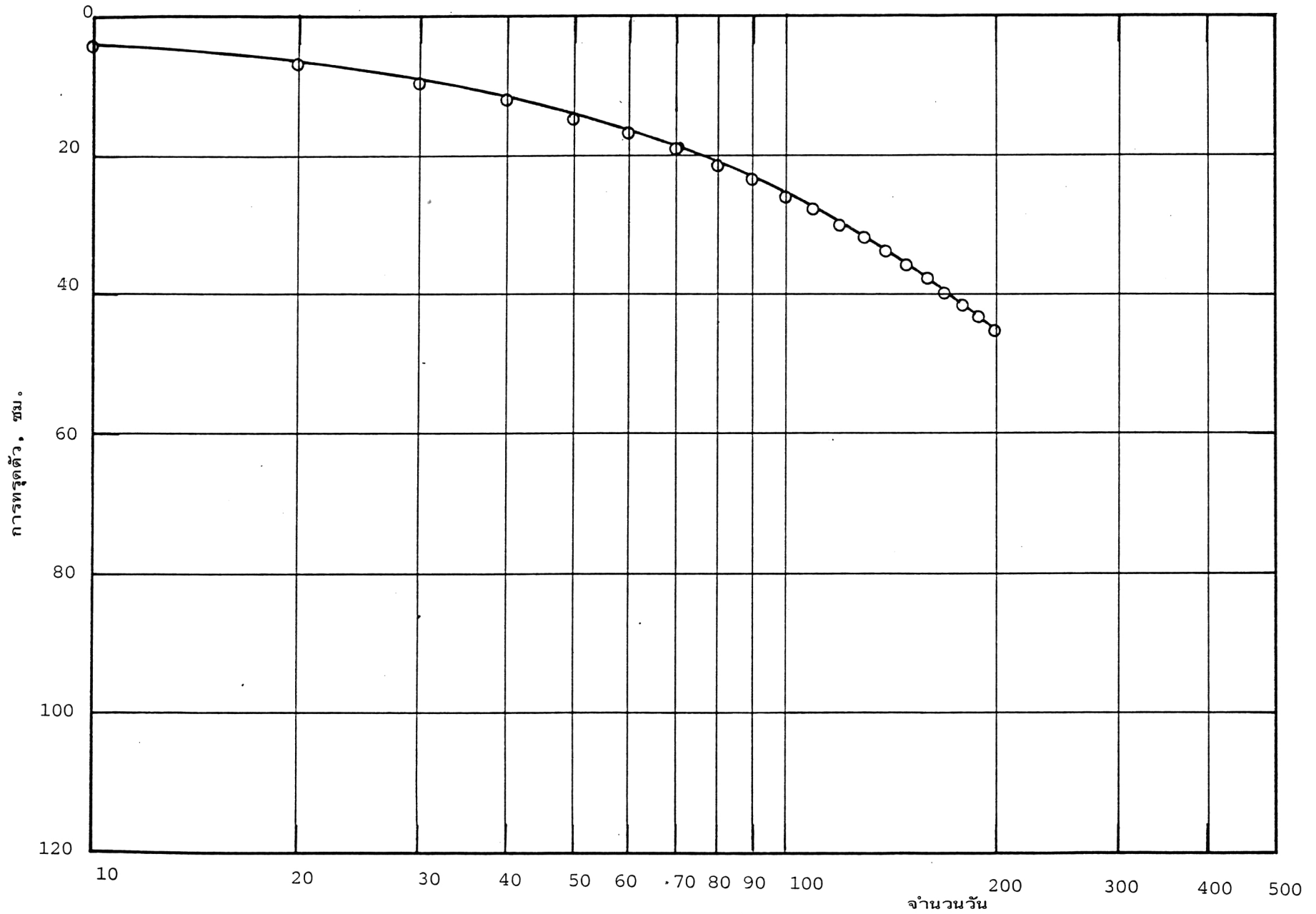
รูปที่ 4.7 องศาของการยุบอัดตัว (degree of consolidation) ที่เกิดจากการไหลตามแนวราบและแนวตั้ง



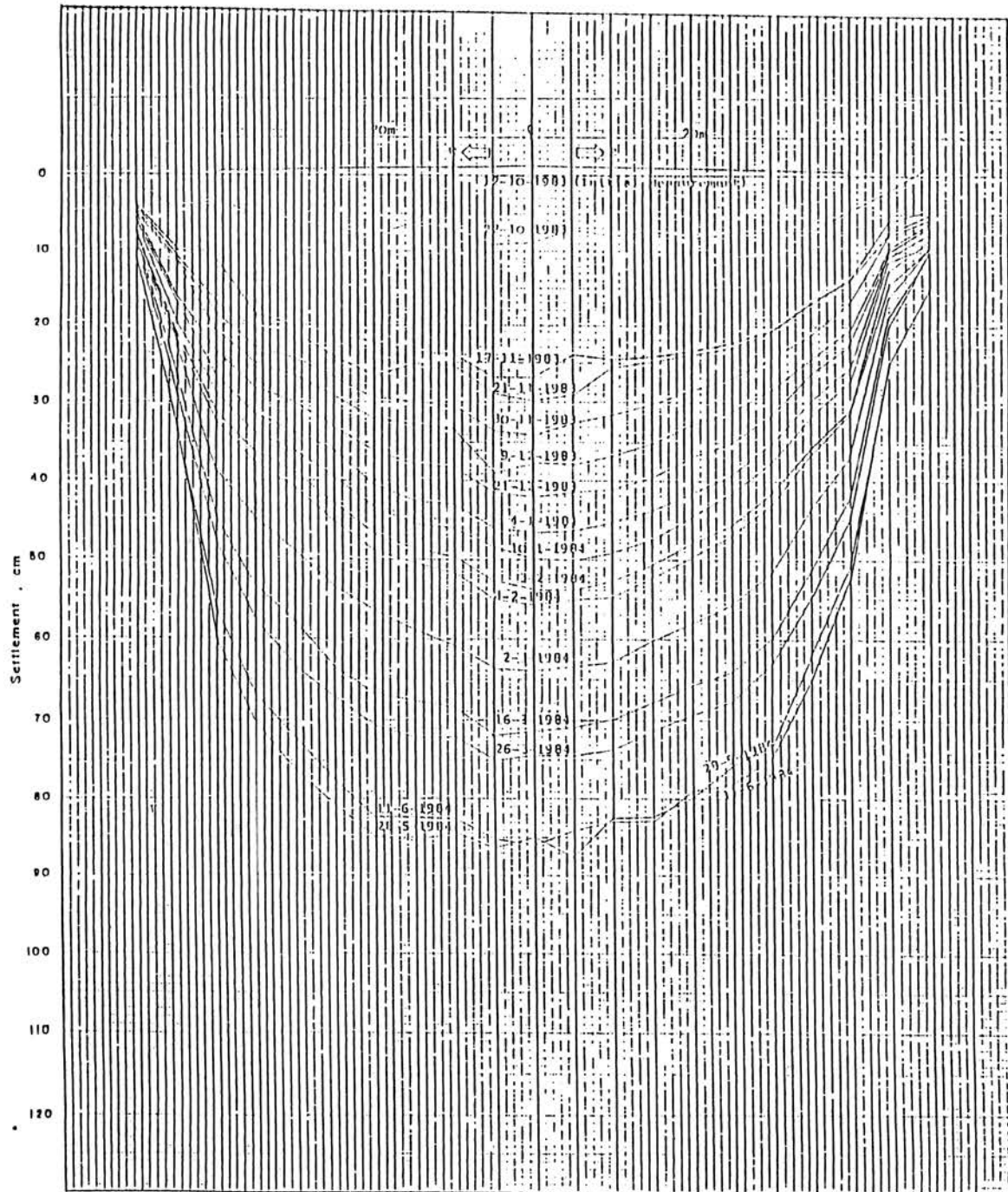
รูปที่ 4.8 การคาดการณ์อัตราทรุดตัว - แปลงทดสอบที่ 1



รูปที่ 4.9 การคาดการณ์อัตราทรุดตัว - แปลงทดสอบที่ 2



รูปที่ 4.10 การคาดการณ์อัตราทรุดตัว - แปลงทดสอบที่ 3

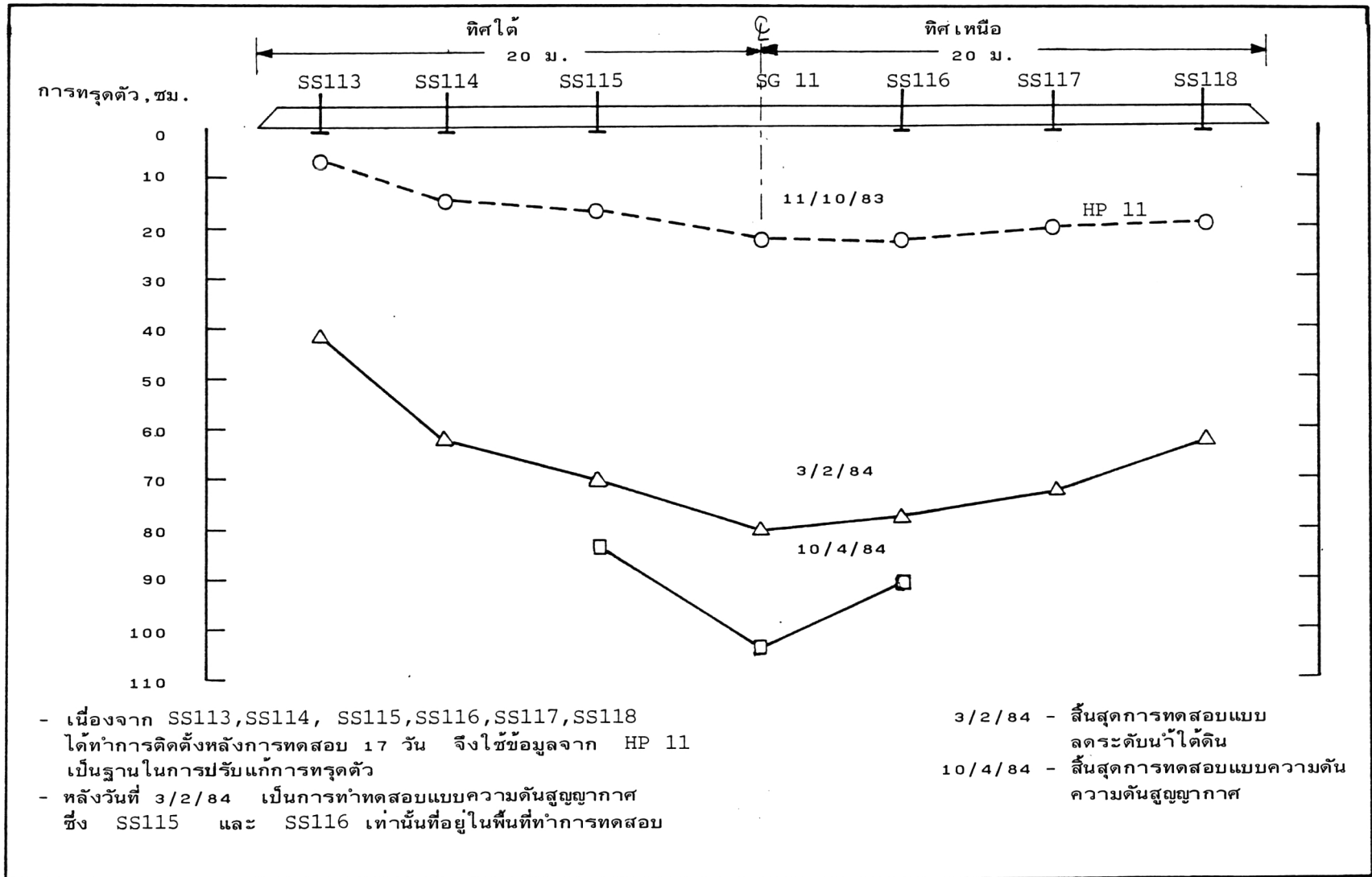


รูปที่ 4.11 การทรุดตัวแบบขวาง (profile) จากการวัดของ
เครื่องมือ Hydroststic Profile Gauge

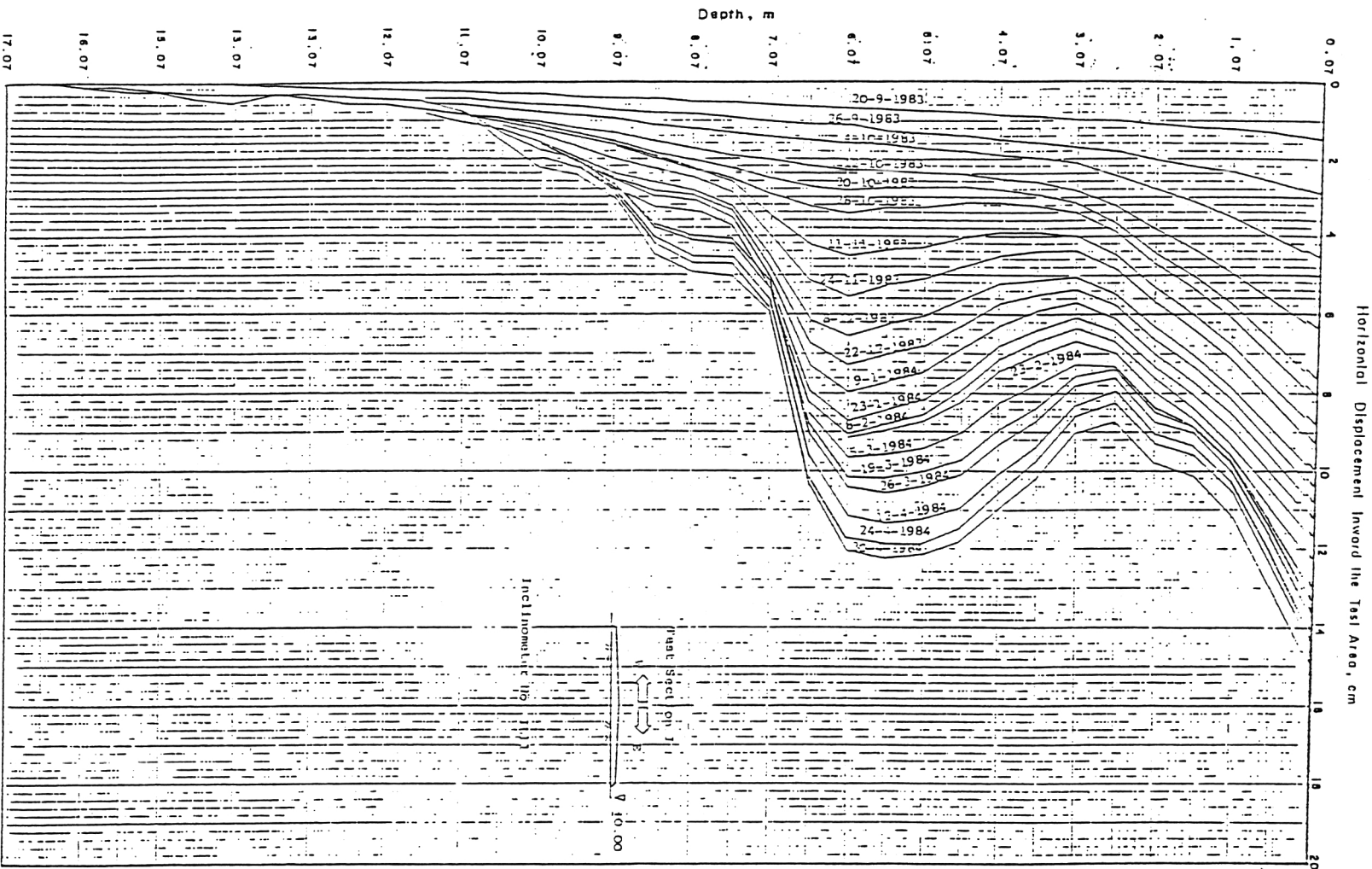
การทรุดตัวที่แตกต่างกันมีขนาดตั้งนี้ ที่เวลาสิ้นสุดการทดสอบ ทำการลดระดับน้ำใต้ดิน (3 ก.พ. 27) มีการทรุดตัวแตกต่างกัน 40 ซม. และที่เวลาสิ้นสุดการทดสอบด้วยวิธีความดันสูญญากาศ (28 พ.ค. 27) แตกต่างกัน 50 ซม. โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวัดของแผ่นวัดการทรุดตัวผิวดินที่จุดต่าง ๆ และเครื่องวัดการทรุดตัวแบบซอนเด็กซ์ และเขียนในรูปภาคตัดขวาง (รูปที่ 4.12) ให้ผลในลักษณะเดียวกันจากผลการวัดการทรุดตัวทั้งจากแผ่นวัดการทรุดตัวผิวดิน (Surface Settlement Plate) เครื่องวัดการทรุดตัวแบบซอนเด็กซ์ (Sondex Settlement gauge) และ Hydrostatic Profile gauge มาประมวลผลรวมกันพบว่า เขตอิทธิพลจากการทดสอบ นอกจากเกิดการทรุดตัวภายในบริเวณแปลงทดสอบแล้ว ยังมีอิทธิพลทำให้ พื้นี่รอบนอกภายในระยะห่าง 3 เมตร จากขอบแปลงทดสอบเกิดการทรุดตัวขึ้นด้วย แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า หลังจากสิ้นสุดการทดสอบผลการวัดการทรุดตัว กลับปรากฏว่า ผิวดินเกิดการคืนตัว (Rebound) ขึ้นเล็กน้อย

ผลจากการวัดอินคลิโนมิเตอร์ พบว่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของชั้นดินมีลักษณะการเคลื่อนตัวเข้าไปในแปลงทดสอบ (รูปที่ 4.13) โดยที่ความลึกในช่วง 0-7 เมตร มีการเคลื่อนตัวเข้าสู่แปลงทดสอบ มากกว่าชั้นดินข้างใต้ ลักษณะการเคลื่อนตัวค่อนข้างที่จะเคลื่อนตัวทั้งชั้นดิน ในช่วง 0-7 เมตร นี้ (ชั้นดินในช่วงนี้เป็นชั้นดิน very soft clay) ขนาดการเคลื่อนตัวเข้าสู่แปลงทดสอบ ที่เวลาสิ้นสุดการทดสอบด้วยวิธีลดระดับน้ำใต้ดิน มีการเคลื่อนตัวเข้าไปในแปลงทดสอบโดยเฉลี่ย 8 ซม. และเมื่อเวลาสิ้นสุดการทดสอบด้วยวิธีความดันสูญญากาศ 11 ซม. (โดยเฉลี่ย) ส่วนที่ความลึก 7-15 เมตร ลักษณะการเคลื่อนตัวเป็นไปในลักษณะที่มีการเคลื่อนตัวเพิ่มขึ้นตามความลึกจากชั้นดินส่วนล่าง การเปลี่ยนแปลงวิธีการทดสอบจากการลดระดับน้ำใต้ดินมาเป็นวิธีความดันสูญญากาศ ไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวเพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัดแต่อย่างใด โดยการเคลื่อนตัวที่ระดับความลึก 15 เมตร มีการเคลื่อนตัว 0.2 ซม. และที่ความลึก 7 เมตร มีการเคลื่อนตัว 8 ซม.

ส่วนข้อมูลจากการวัด Pneumatic Piezometer ทั้งสองจุดคือ บริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบและบริเวณขอบของแปลงทดสอบ(รูปที่ 4.14) ความดันน้ำในโพรง (pore water pressure) ที่บริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบที่วัดได้จาก PP.11 B(-7m.) มีค่าลดลงในขณะที่ทดสอบ ความดันน้ำในโพรงที่ลดลงโดยเฉลี่ย 2 ดันต์ต่อตารางเมตร ขณะที่ PP. 11 C

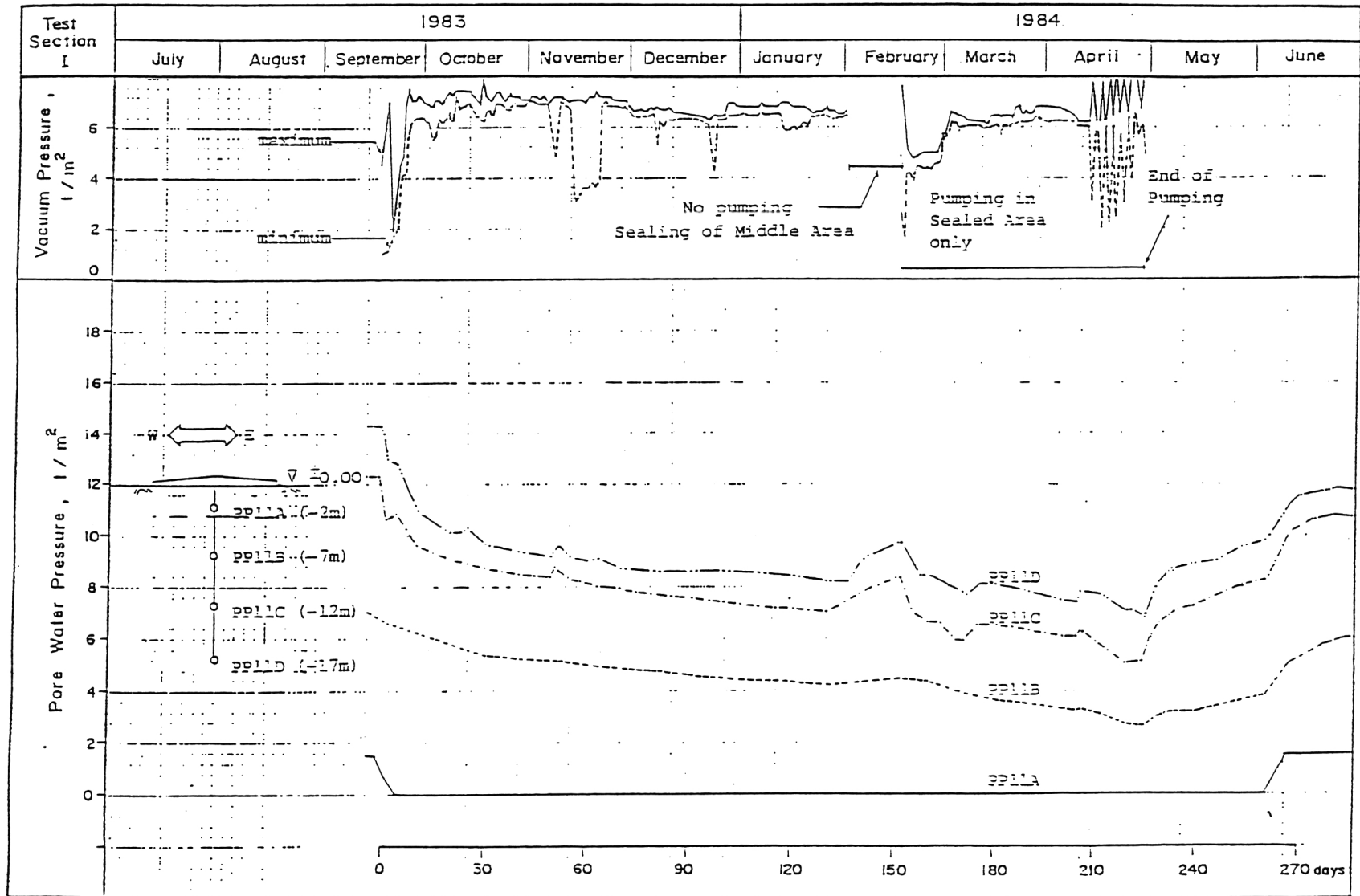


รูปที่ 4.12 การทรุดตัวภาคตัดขวางของแปลงทดสอบที่ 1 (ใช้ข้อมูลการวัดจากแผ่นวัดการทรุดตัวผิวดินและ เครื่องวัดการทรุดตัวแบบซอน เด็กซ์)

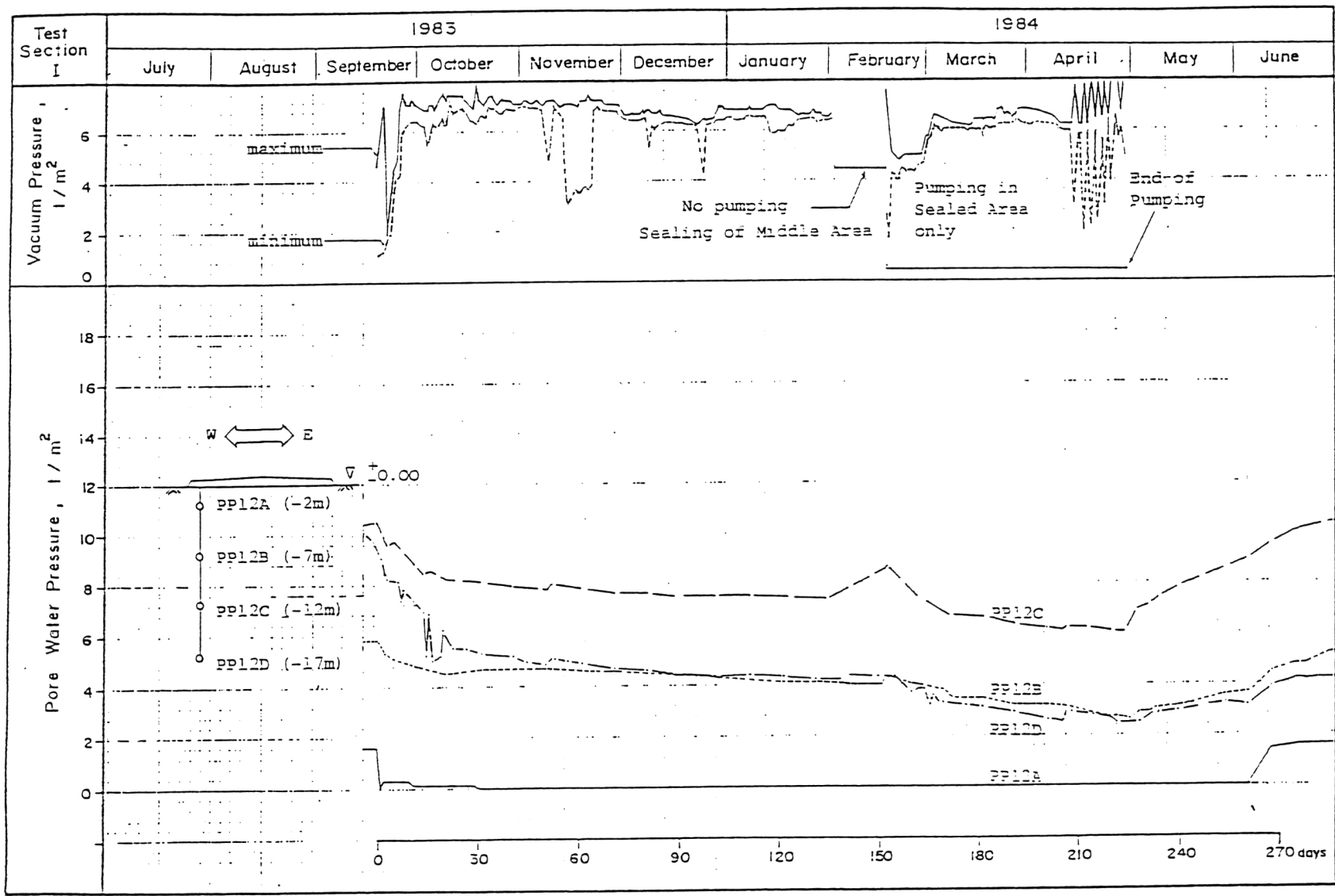


รูปที่ 4.13 การเคลื่อนตัวทางข้าง (lateral movement)

วัดได้จากเครื่องมิวอนคลิโนมิเตอร์



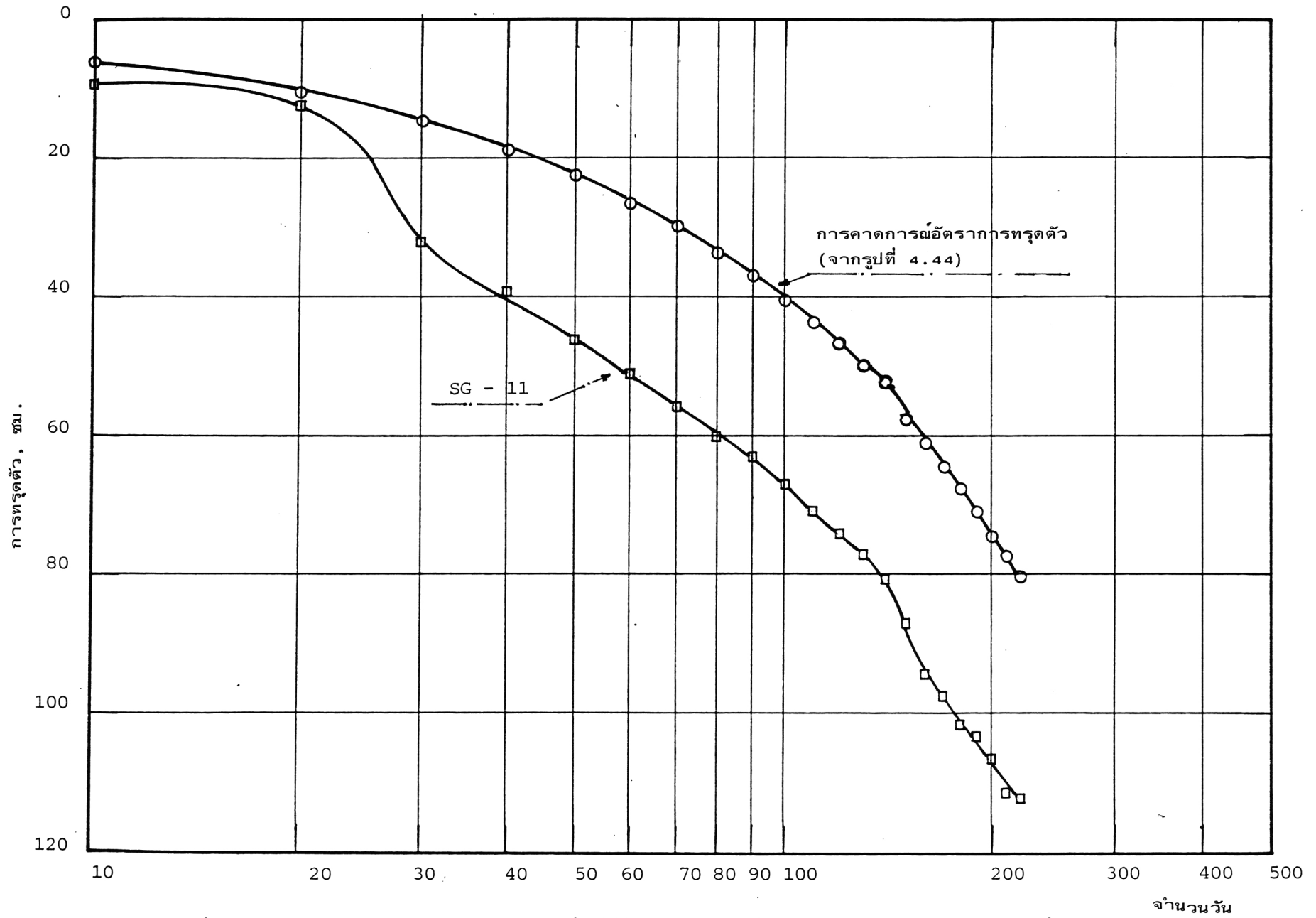
รูปที่ 4.14ก. ผลของความดันน้ำในโพรงของดินวัดได้จาก Pneumatic Piezometer



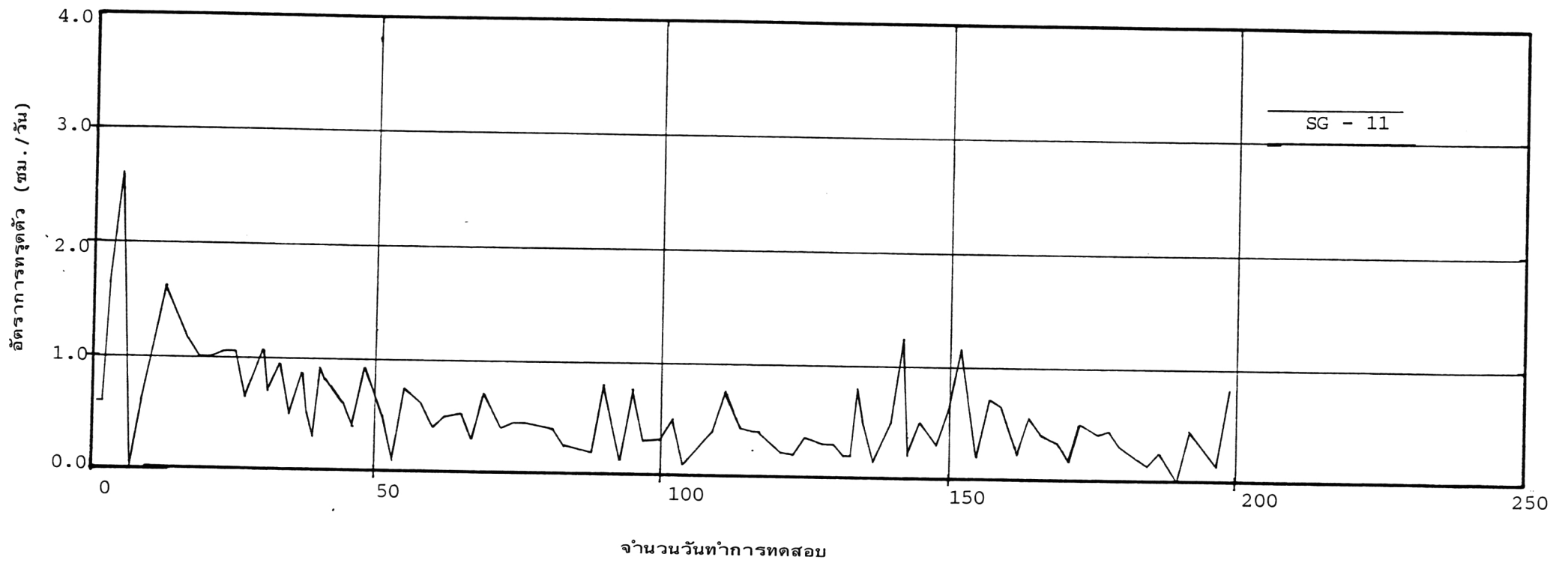
รูปที่ 4.14 ข. ผลของความดันน้ำในโพรวของดินที่วัดได้จาก Pneumatic Piezometer

(-12m.) และ PP. 11 D (-17m.) ในช่วงก่อนเริ่มทำการทดสอบและหลังทำการทดสอบไปได้ 5 วัน ความดันน้ำในโพรงมีค่าสูงกว่าความดันน้ำในโพรงโดยปกติที่วัดได้จากพื้นที่อ้างอิง กล่าวคือ ที่ระดับความลึก 12 เมตร ความดันน้ำในโพรงจากการวัดที่พื้นที่อ้างอิงมีค่า 10.8 ดันต่อตารางเมตร แต่ค่าที่วัดได้ก่อนเริ่มทำการทดสอบจาก PP. 11 C มีค่า 12.3 ดันต่อตารางเมตร และที่ระดับความลึก 17 เมตร ความดันน้ำในโพรงที่วัดได้จากพื้นที่อ้างอิงมีค่า 10.8 ดันต่อตารางเมตร แต่ค่าที่วัดได้ก่อนเริ่มทำการทดสอบมีค่า 14.3 ดันต่อตารางเมตร หลังจากทำการทดสอบแล้ว 5 วัน สำหรับที่ระดับความลึก 12 เมตร และ 10 วัน สำหรับที่ระดับความลึก 17 เมตร ความดันน้ำในโพรงจึงเริ่มมีค่าลดลงจากความดันในโพรงเริ่มต้นก่อนการทำแปลงทดสอบ การติดตั้งท่อทรายระบายน้ำและการทดสอบของแปลงทดสอบนี้ โดยมีค่าลดลงโดยเฉลี่ย 3 ดันต่อตารางเมตร ที่ความลึก 12 เมตร และ 2 ดันต่อตารางเมตร ที่ความลึก 17 เมตร ขณะที่ความดันน้ำในโพรงวัดที่บริเวณขอบแปลงทดสอบ ที่ระดับความลึกต่าง ๆ มีความดันน้ำในโพรงก่อนการทดสอบใกล้เคียงกับความดันน้ำในโพรงเริ่มต้น เมื่อทำการทดสอบความดันน้ำในโพรงเริ่มลดลง โดยที่ระดับความลึก 7 เมตร มีค่าลดลงโดยเฉลี่ย 2.3 ดันต่อตารางเมตร ที่ระดับความลึก 12 เมตร มีค่าลดลงโดยเฉลี่ย 3 ดันต่อตารางเมตร และที่ระดับความลึก 17 เมตร มีค่าลดลงโดยเฉลี่ย 6 ดันต่อตารางเมตร

จากพฤติกรรมของแปลงทดสอบที่เกิดขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีการออกแบบดังได้วิเคราะห์แล้วในหัวข้อที่ 4.3.1 และ 4.3.2 พบว่า พฤติกรรมที่เกิดขึ้นดังกล่าว ให้ผลไม่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีการออกแบบ (รูปที่ 4.15) เมื่อพิจารณาข้อมูลการทรุดตัวที่บริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน ขนาดการทรุดตัวที่วัดได้มีการทรุดตัวมากกว่าขนาดการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี โดยเฉพาะในช่วงตั้งแต่วันที่ 20 ของการทดสอบเป็นต้นไป ขนาดการทรุดตัวที่วัดได้แตกต่างจากทฤษฎีประมาณ 18 ซม. จนถึง 45 ซม. และเมื่อมาพิจารณาถึงอัตราการทรุดตัวที่วัดได้ในแต่ละวัน (ดูรูปที่ 4.16) พบว่าอัตราการทรุดตัวมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ (fluctuate) ตลอดเวลา จากรูปที่ 4.16 (SG -11 TS-I Ring No.1) อัตราการทรุดตัวมีอัตราทรุดตัวตั้งแต่ 2.6 ซม./วัน จนถึง 0 ซม./วัน โดยเฉพาะในช่วง 20 วันแรก มีอัตราการ



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบอัตราการหดตัวที่วัดได้กับการคาดการณ์อัตราการหดตัว - แปลงทดสอบที่ 1

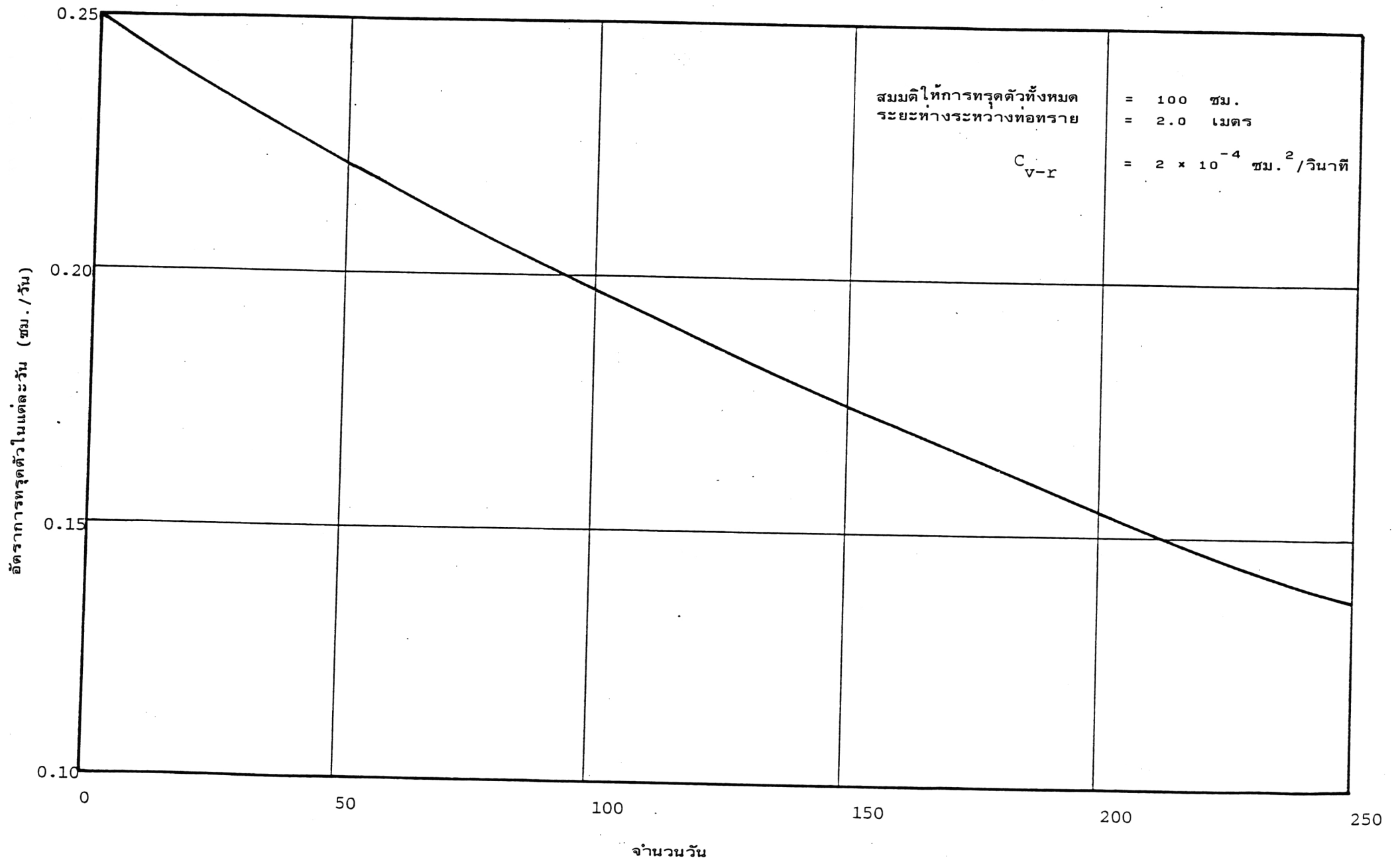


รูปที่ 4.16 อัตราการทรุดตัวในแต่ละวันที่วัดได้ - แปลงทดสอบที่ 1

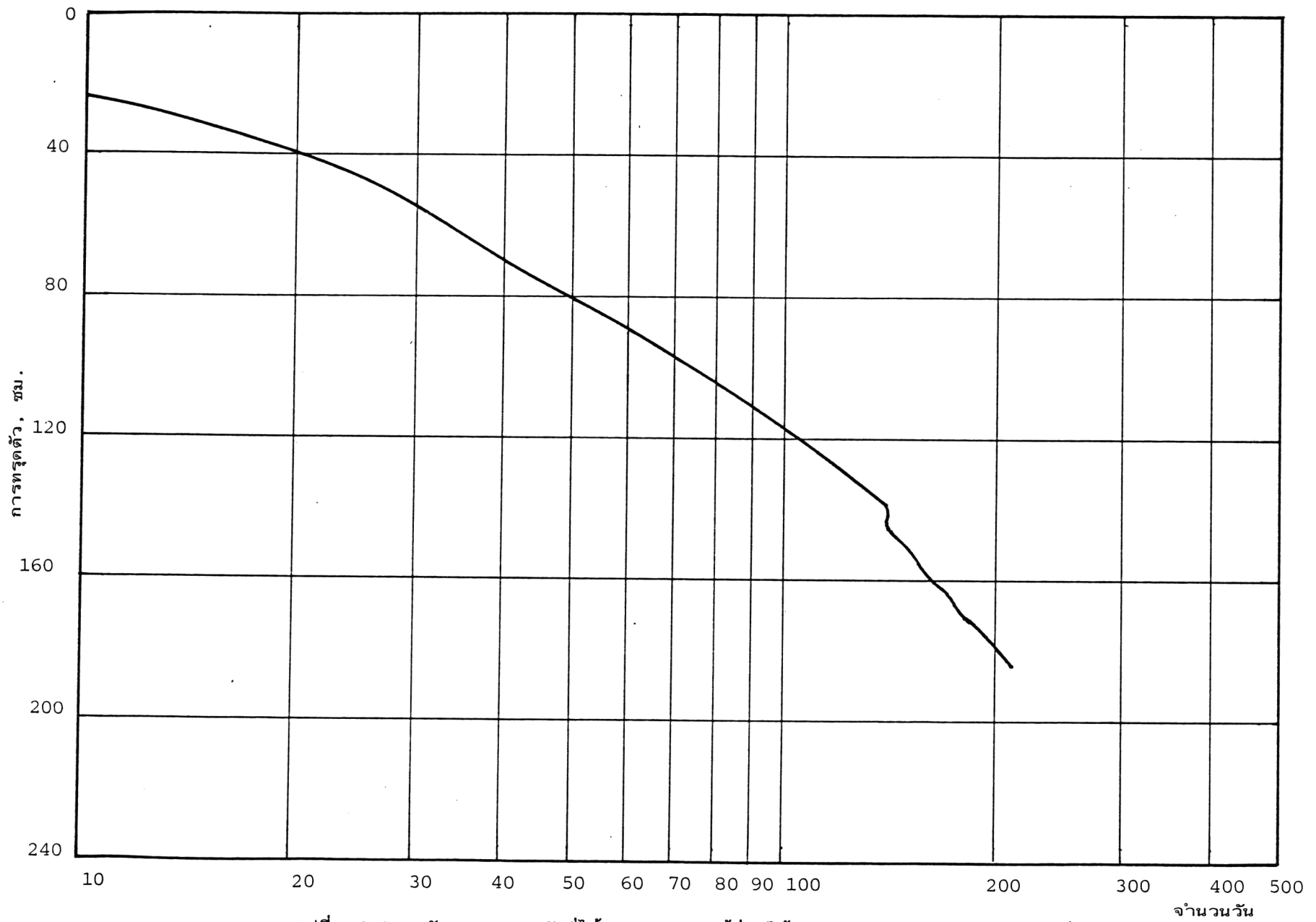
ทรุดตัวสูงถึง 2.6 ซม./วัน แล้วลงมาจนถึง 0 ซม./วัน แล้วจึงมีการทรุดตัวขึ้นมาอีก เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการทรุดตัว เนื่องจากการยุบอัดตัวตามทฤษฎี ดังในรูปที่ 4.17 แล้ว ลักษณะของอัตราการทรุดตัวไม่สอดคล้องกัน

สำหรับปริมาณน้ำที่สูบได้จากการทดสอบ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับหาเป็นขนาดของการทรุดตัวที่ควรจะเกิดขึ้น โดยคิดว่าพื้นที่ทำการทดสอบมีขนาด 40 × 40 เมตร จะได้ขนาดการทรุดตัวโดยเฉลี่ยของแปลงทดสอบ ตามรูปที่ 4.18

จากรูปที่ 4.18 พบว่าขนาดการทรุดตัวจากการนำปริมาณน้ำที่สูบได้ของการทดสอบมาเปรียบเทียบกับขนาดของการทรุดตัวจริงที่เกิดขึ้นตลอดพื้นที่ไม่เกิดความสัมพันธ์กัน ขนาดการทรุดตัวที่ได้จากการนำปริมาณน้ำที่สูบได้มาเปรียบเทียบ (ซึ่งเป็นขนาดการทรุดตัวโดยเฉลี่ยของพื้นที่) มีขนาดการทรุดตัวมากกว่าขนาดของการทรุดตัวที่วัดได้จริง ทั้งที่ขนาดการทรุดตัวที่ได้จากการเปรียบเทียบคิด เป็นการทรุดตัวโดยเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งแปลงทดสอบ แต่ขนาดการทรุดตัวที่วัดได้จากบริเวณกึ่งกลางของแปลงทดสอบ ยังมีขนาดการทรุดตัวต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดการทรุดตัวโดยเฉลี่ยจากปริมาณน้ำที่สูบได้ ความแตกต่างเหล่านี้ มีตั้งแต่เริ่มทำการทดสอบสูบน้ำเพื่อลดระดับน้ำใต้ดิน เช่น ที่เวลาทำการทดสอบวันที่ 10 การทรุดตัวที่วัดได้จากเครื่องมือวัดการทรุดตัวแบบซอนเด็กซ์ SG 11 (อยู่บริเวณกึ่งกลางของแปลงทดสอบ) มีการทรุดตัวทั้งหมด 9.2 ซม. แต่จากการทดสอบสามารถสูบน้ำได้รวม 386 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นการทรุดตัวเปรียบเทียบ 24.1 ซม. และจนถึงวันสิ้นสุดการทดสอบแบบลดระดับน้ำใต้ดิน คือวันที่ 137 การทรุดตัวที่วัดได้ 80.4 ซม. สามารถสูบน้ำได้รวม 2199.6 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นการทรุดตัวเปรียบเทียบได้ 137.5 ซม. ถึงแม้หลังจากทำการทดสอบแบบความดันสูญญากาศ การทรุดตัวที่วัดได้เมื่อวันที่ 209 ของวันทำการทดสอบ วัดการทรุดตัวได้ 111 ซม. แต่ปริมาณน้ำที่สูบได้รวม 2422.2 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อคิดเป็นการทรุดตัวเปรียบเทียบได้ 184.5 ซม. (การเปรียบเทียบการทรุดตัวในช่วงหลังซึ่งทำการทดสอบแบบวิธีความดันสูญญากาศ ขนาดของแปลงทดสอบมีพื้นที่ลดลงเหลือ หนึ่งในสามของพื้นที่แปลงทดสอบเดิม การเปรียบเทียบการทรุดตัวในช่วงหลังจึงใช้ขนาดพื้นที่ 12 × 40 เมตร แทน)



รูปที่ 4.17 อัตราการผลิตน้ำในแต่ละวันเนื่องจากการยุบอัดตัว (ทางทฤษฎี)



รูปที่ 4.18 อัตราการดูดน้ำที่ได้จากปริมาณน้ำที่สูบได้จากการทดสอบ - แปลงทดสอบที่ 1

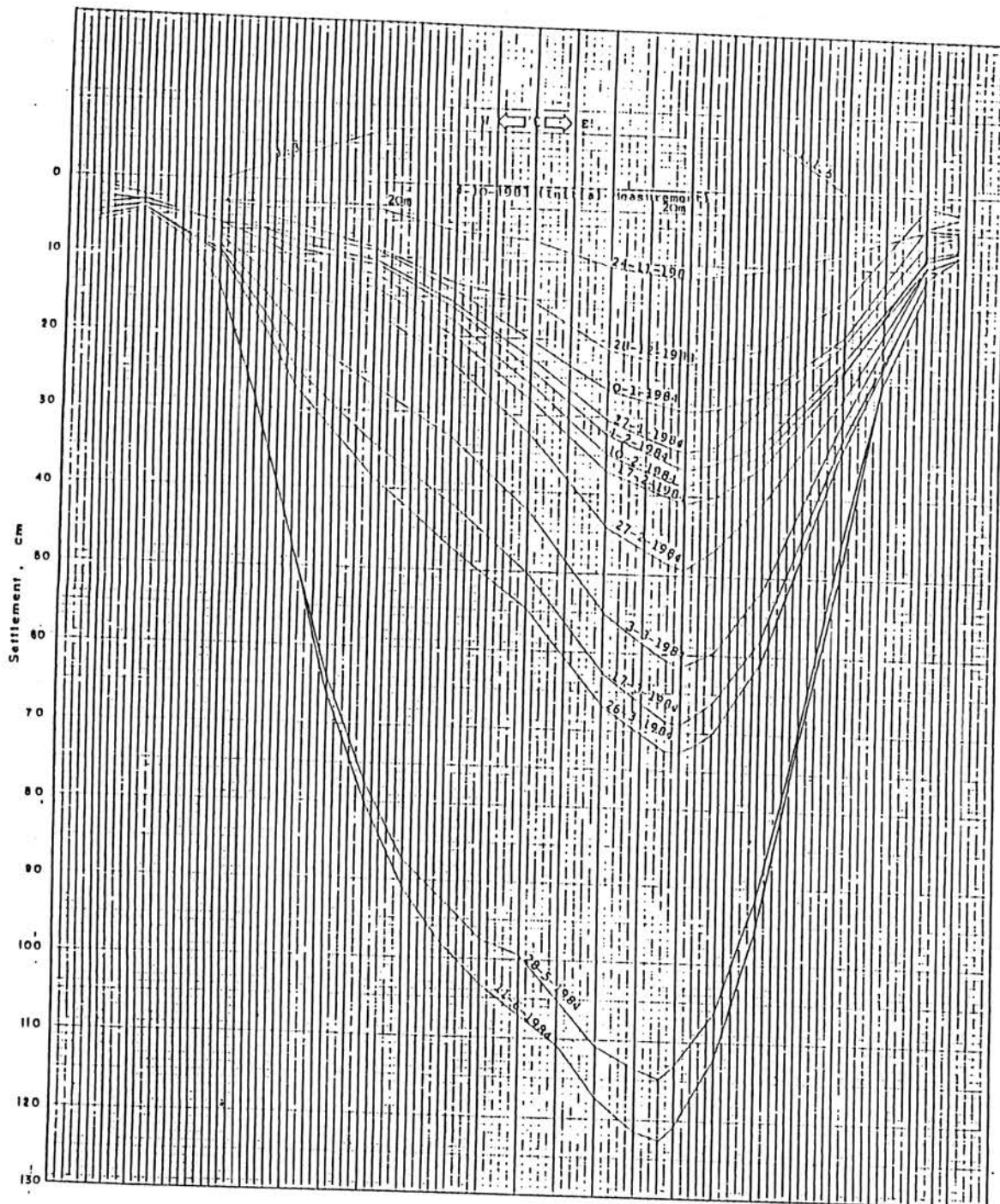
จากข้อมูลวัดการทรุดตัว ปริมาณการสูบน้ำออกจากท่อทราย พร้อมทั้งข้อมูลจากการวัดอินคลิโนมิเตอร์ แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมจากการทดสอบที่วัดได้ ไม่สัมพันธ์กับผลของการคาดคะเนจากทฤษฎีการออกแบบ แม้ว่า การทดสอบดังกล่าวให้ผลการทรุดตัวที่อยู่ในปริมาณที่น่าพอใจในช่วงระยะเวลาอันสั้น แต่การทรุดตัวที่เกิดขึ้นไม่ได้ชี้ว่าเป็นการเกิดขบวนการยุบอัดตัว (consolidation) ขึ้นในชั้นดิน ปกติการเกิดขบวนการยุบอัดตัวในชั้นดินจะเป็นการเพิ่มค่ากำลังรับแรงเฉือนในดินด้วย แต่จากข้อมูลการวัดของเครื่องวัดอินคลิโนมิเตอร์ แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนตัวของชั้นดินเข้าไปในแปลงทดสอบตลอดระยะเวลาทำการทดสอบ ซึ่งถ้าดินเกิดการยุบอัดตัวขึ้น กำลังรับแรงเฉือนของดินจะต้องมีค่าเพิ่มขึ้น การเคลื่อนตัวของชั้นดินควรมีอัตราการเคลื่อนตัวช้าลงจนหยุดการเคลื่อนตัว นอกจากนี้การเคลื่อนตัวของชั้นดินเข้าไปในแปลงทดสอบตลอด เวลาการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าชั้นดินเกิดการพังทลายขึ้น สำหรับสาเหตุที่การทดสอบทำให้เกิดการทรุดตัวได้มากกว่าที่คาดคะเนไว้จากทฤษฎีการออกแบบในช่วงระยะเวลาเดียวกัน อาจเป็นไปได้ว่าในช่วงขั้นตอนการติดตั้งท่อทราย โดยใช้วิธีล้างหลุมเจาะ (wash boring) ด้วยความดันน้ำสูง มีปลอกเหล็กกันทรายจากพื้นทรายไหลลงไปหลุมเจาะยาว 1 เมตร ขนาดของท่อทรายที่ได้จากการทำหลุมเจาะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่ได้ทำการออกแบบไว้มาก เมื่อทำการเจาะหลุมถึงระดับที่ต้องการจึงเติมทรายใส่ลงไปในหลุมเจาะตามปริมาตรที่ได้คำนวณไว้จากขนาดหลุมที่ออกแบบไว้ จึงทำให้หลุมเจาะมีทรายไม่เต็มมีน้ำและทรายผสมกันอยู่ในหลุมเจาะ ถึงแม้ว่าในการเติมทรายจะเห็นว่ามีการเติมหลุม แต่จากสภาพความจริงทรายได้ลอยตัวอยู่ เนื่องจากในช่วงก่อนการเติมทราย ในหลุมเจาะจะเต็มไปด้วยน้ำปนกับดินกลายเป็นโคลนทำให้ทรายเกิดลอยตัวให้เห็นได้ ขนาดของหลุมเจาะที่ได้ อาจจะมีขนาดใหญ่กว่าในช่วงที่เป็นชั้นดินอ่อน แล้วจึงค่อย ๆ ลดขนาดลงมาตามความลึก (ตามค่ากำลังรับแรงเฉือนที่เพิ่มขึ้นตามความลึก) ดังนั้นในระหว่างการสูบน้ำ น้ำในหลุมเจาะที่มีอยู่จึงถูกสูบออกไป เกิดช่องว่างในหลุมเจาะ ดินอ่อนที่อยู่รอบข้างจึงเคลื่อนตัวทางด้านข้างเข้ามาแทนที่เกิดการทรุดตัวขึ้น เครื่องวัดอินคลิโนมิเตอร์ จะเป็นเครื่องที่แสดงให้เห็นการเคลื่อนตัวของดินอ่อนทางด้านข้างได้อย่างชัดเจน ส่วนปริมาณน้ำที่สูบได้ในระหว่างการทดสอบ ในช่วงแรกจะเป็นน้ำที่มีอยู่ในหลุมเจาะซึ่งจะมีลักษณะเป็นน้ำโคลน ต่อมาจะได้ น้ำค่อนข้างใส ซึ่งคาดว่า เป็นน้ำใต้ดินที่ต่อ เนื่องมาจากคลองที่อยู่ใกล้ ๆ ปริมาณน้ำที่สูบได้จึงมีมาก

แปลงทดสอบที่ 2 จากข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์เครื่องมือที่ได้ติดตั้งในแปลงทดสอบนี้ สามารถสรุปถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของแปลงทดสอบดังนี้ จากผลของการวัดด้วยเครื่องมือ Hydrostatic Profile Gauge การทรุดตัวที่เกิดขึ้นตลอดทั้งพื้นที่แปลงทดสอบ (ตามแนวขวาง) มีการทรุดตัวเกิดขึ้นมากบริเวณทิศตะวันออกของแปลงทดสอบอย่างเห็นได้ชัด (ดูรูปที่ 4.19) ส่วนบริเวณริมของแปลงทดสอบเกิดการทรุดตัวไม่มาก

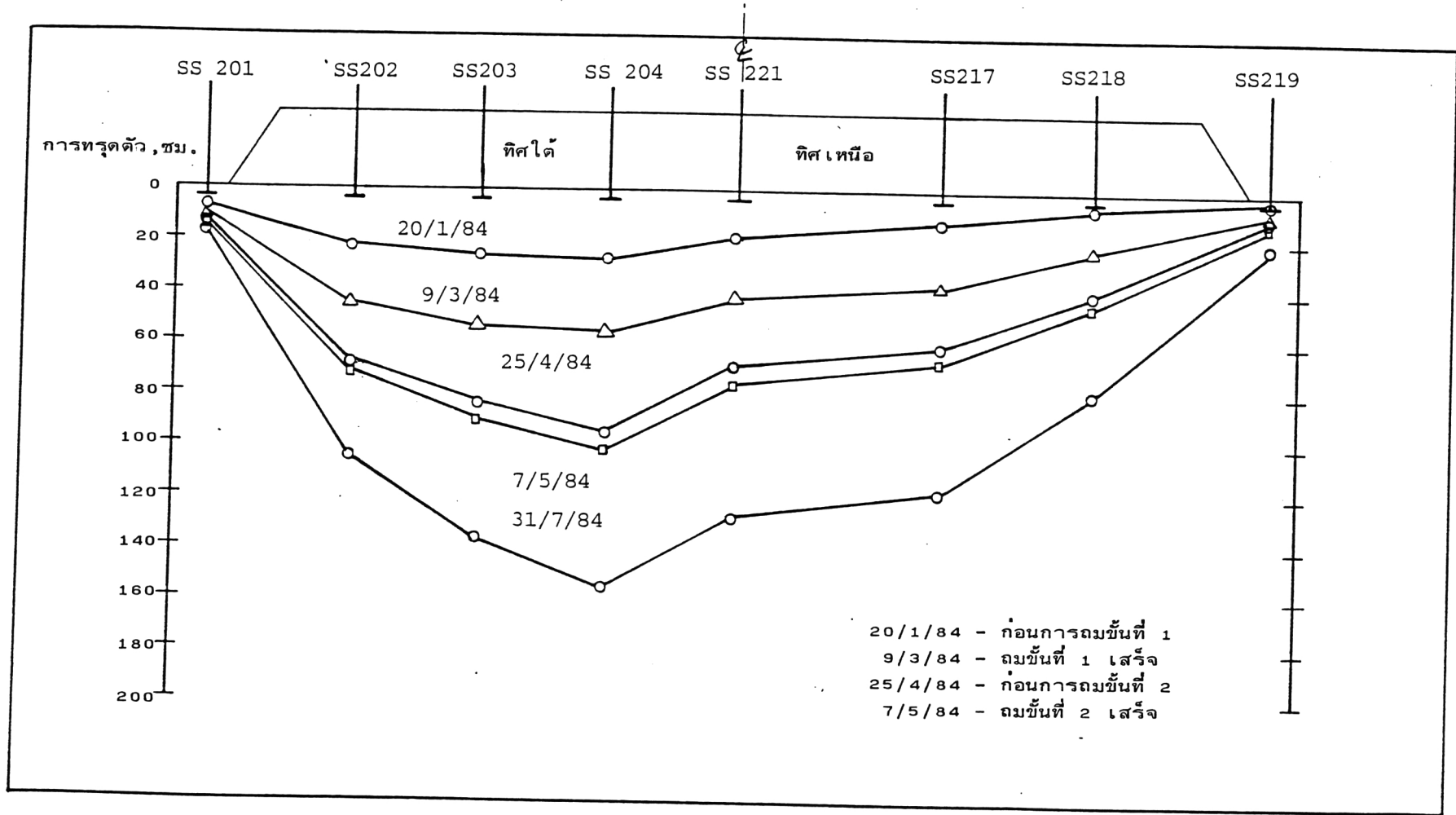
การทรุดตัวที่แตกต่างกันระหว่างตำแหน่งที่มีการทรุดตัวมากที่สุดและน้อยที่สุดของแปลงทดสอบ ที่เวลาหลังจากการถมทำผืนทรายแล้ว 216 วัน (ก่อนการถมวัสดุชั้นที่ 1) มีการทรุดตัวแตกต่างกัน 28 ซม. หลังจากได้ทำการถมวัสดุทั้งสองชั้นแล้วทิ้งไว้ 35 วัน เกิดการทรุดตัวแตกต่างกันถึง 73 ซม. ผลจากการวัดของเครื่องมือ Hydrostatic Profile Gauge เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวัดของแผ่นวัดการทรุดตัวผิวดินตามจุดต่าง ๆ ในแปลงทดสอบ ซึ่งเขียนออกมาในรูปภาคตัดขวาง (รูปที่ 4.20) ให้ผลในลักษณะเดียวกัน โดยการทรุดตัวที่มากที่สุดไม่ได้เกิดบริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบ จากแผ่นวัดการทรุดตัวผิวดินแสดงให้เห็นถึงการทรุดตัวที่เกิดขึ้นในทิศใต้ของแปลงทดสอบ ทำให้สรุปได้ว่าด้านที่มีการถมดินมีความลาดเอียง 1 : 1.5 ซึ่งชันกว่าด้านที่มีการถมดินมีความลาดเอียง 1 : 3 เกิดการทรุดตัวที่มากกว่า

ผลจากการวัดอินคลิโนมิเตอร์ (รูปที่ 4.21) พบว่า ในช่วงขณะที่ทำผืนทราย, ดัดตั้งท่อทรายระบายน้ำและทั้งแปลงทดสอบไว้รอการถมดินชั้นที่หนึ่ง ชั้นดินมีการเคลื่อนตัวเข้าไปในแปลงทดสอบ โดยเฉพาะจากทางทิศตะวันออกเข้าสู่แปลงทดสอบ (ดูรูปที่ 4.21 ก วันที่ 20/1/84) ลักษณะการเคลื่อนตัวของชั้นดินอยู่ในช่วงความลึก 0-8 เมตร หลังจากทำการถมดินชั้นที่หนึ่งเสร็จ และทิ้งไว้ 48 วัน ชั้นดินเกิดการเคลื่อนตัวออกนอกแปลงทดสอบ ชั้นดินที่ระดับความลึก 3.5 เมตร จะเกิดการเคลื่อนตัวออกนอกแปลงทดสอบมากที่สุด 8.6 ซม. จาก IL.21 และ 6 ซม. จาก IL.22 ลักษณะชั้นดินที่เคลื่อนตัวตามความลึกพบว่ามีการเคลื่อนตัวเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงที่ความลึก 3.5 เมตร แล้วการเคลื่อนตัวจึงค่อย ๆ ลดลงตามความลึก และหลังจากการถมดินชั้นที่สองเสร็จ ลักษณะการเคลื่อนตัวของชั้นดินยังคงเป็นลักษณะเดิมคือ มีการเคลื่อนตัวของชั้นดินที่ระดับความลึก 3.5 เมตร มากที่สุด คือ 13.2 ซม. จาก IL.21 และ 10.1 ซม. จาก IL.22

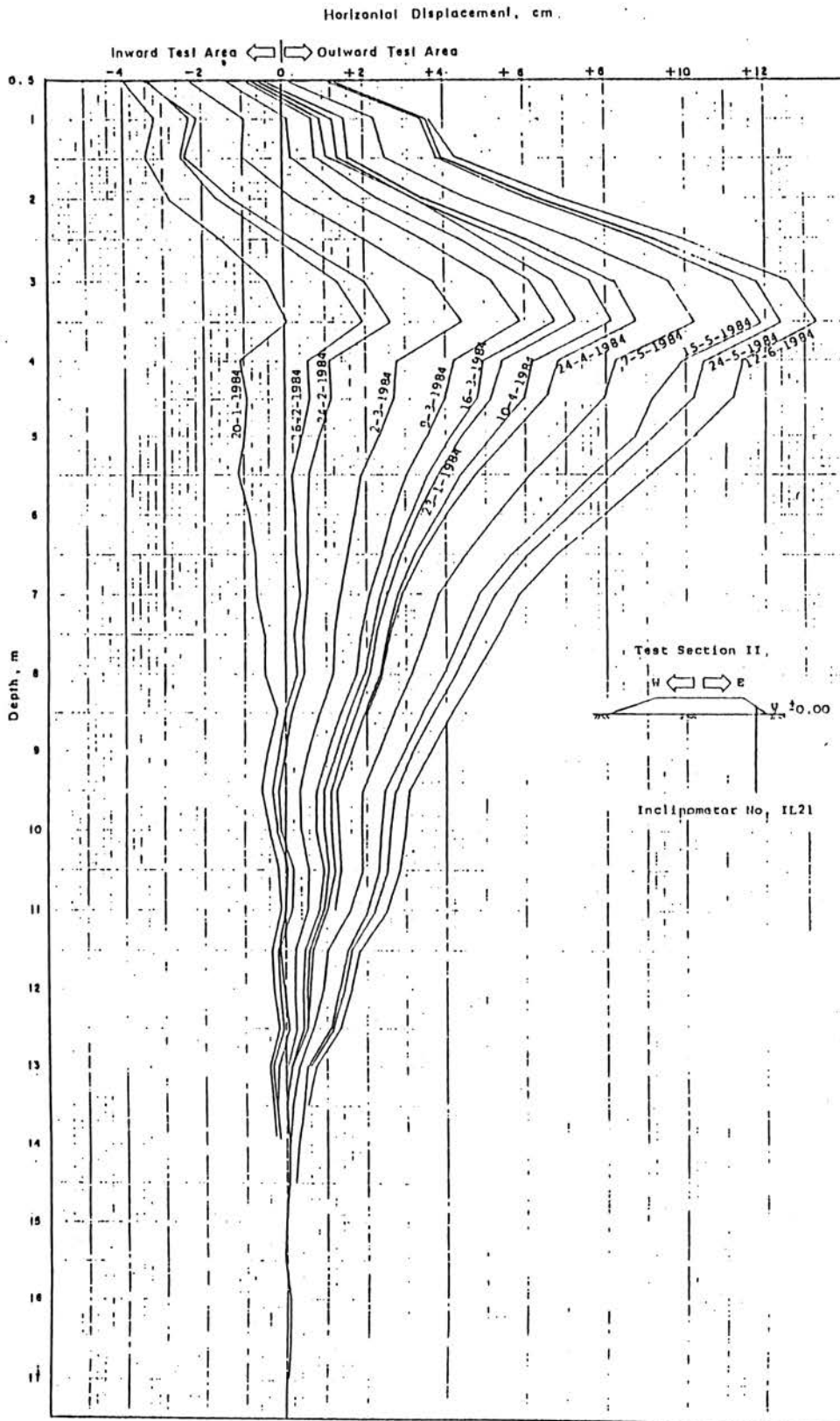
ผลจากการวัด Pneumatic Piezometer (PP 21 A ถึง PP 21 D, PP 22 A ถึง PP 22 C และ PP 23 D รูปที่ 4.22) พบว่าหลังจากทำการถมชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นการ



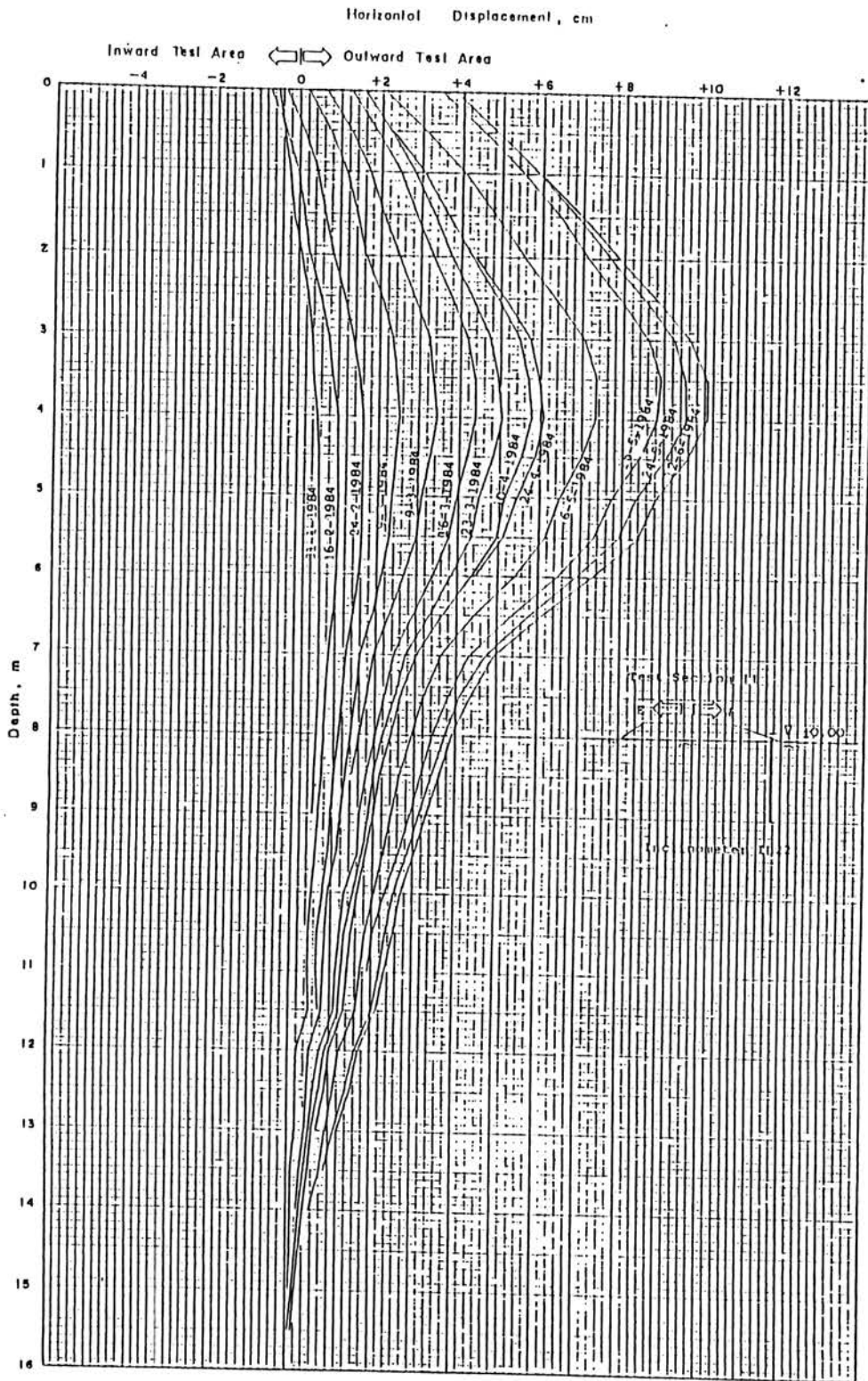
รูปที่ 4.19 การทรุดตัวแบบขวาง(profile) จากการวัดของ
 เครื่องมือ Hydrostatic Profile Gauge
 แปลงทดสอบที่ 2



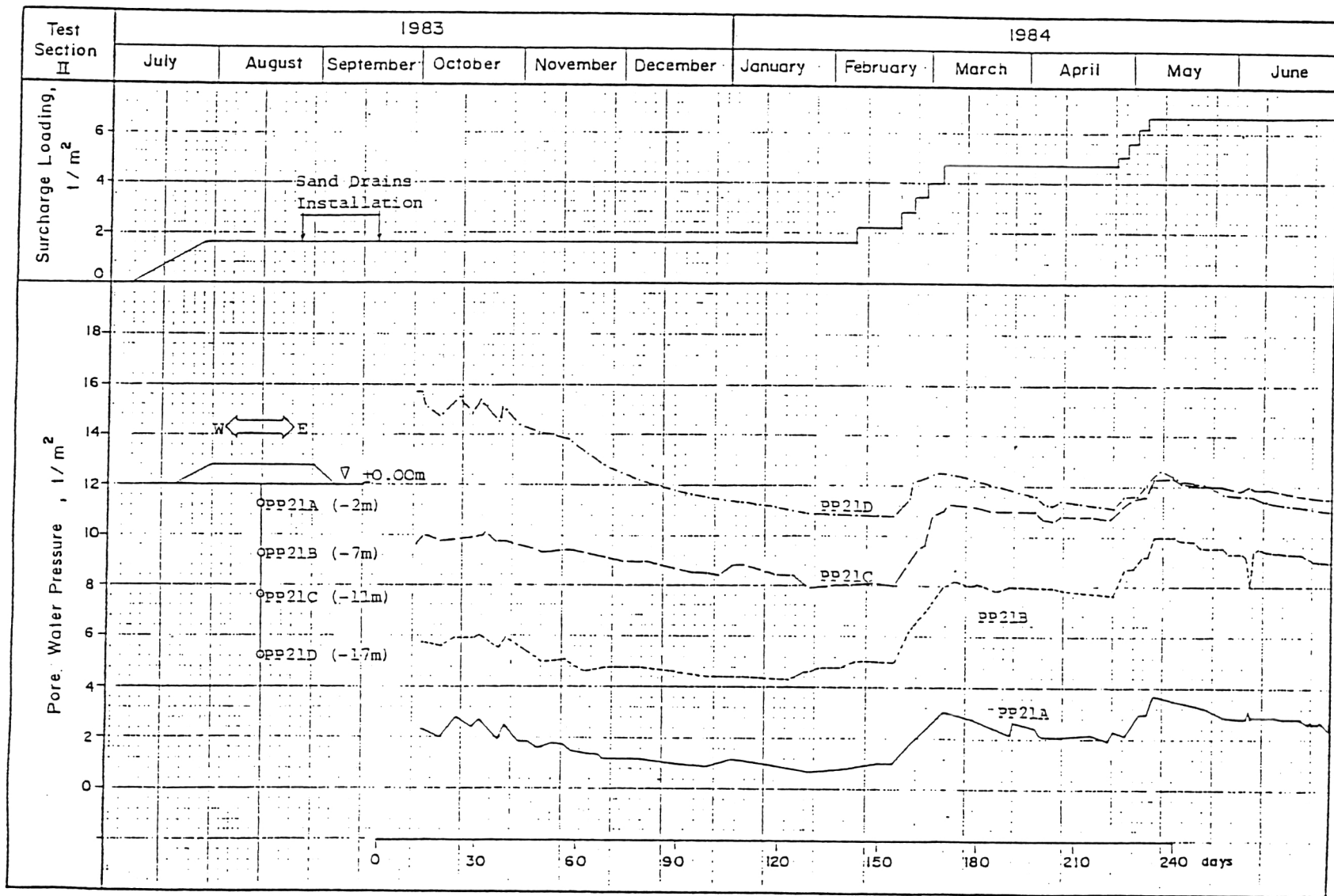
รูปที่ 4.20 การทรุดตัวภาคตัดขวางของแปลงทดสอบที่ 2 (ใช้ข้อมูลจากแผ่นวัดการทรุดตัวผิวดิน)



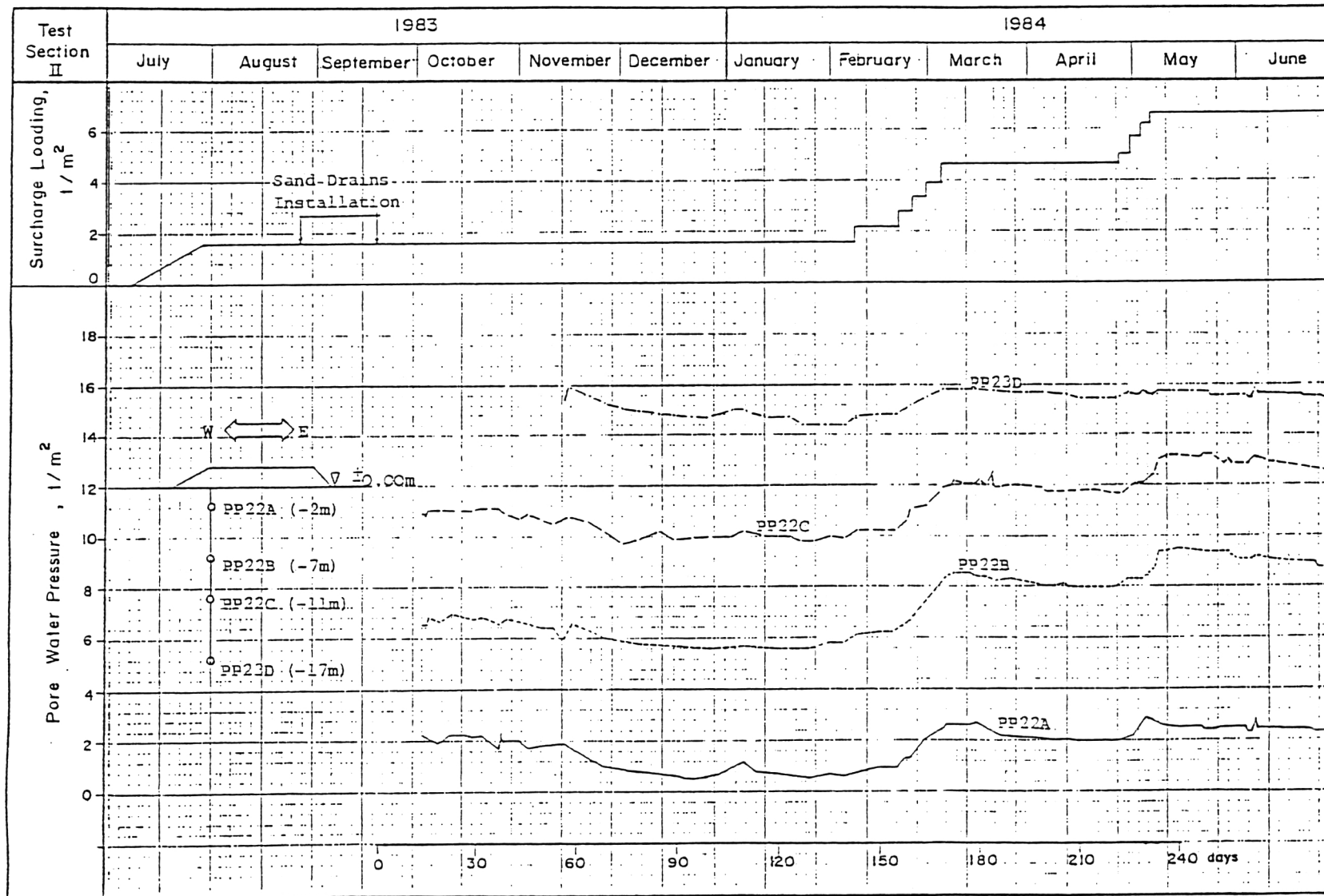
รูปที่ 4.21 ก. การเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (lateral movement)
วัดได้จากเครื่องมืออินคลิโนมิเตอร์
แปลงทดสอบที่ 2



รูปที่ 4.21 ข. การเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (lateral movement)
วัดได้จากเครื่องมืออินคลิโนมิเตอร์
แปลงทดสอบที่ 2



รูปที่ 4.22 ก. ผลของความดันน้ำในโพรงของดินวัดได้จาก Pneumatic Piezometer - แปลงทดสอบที่ 2

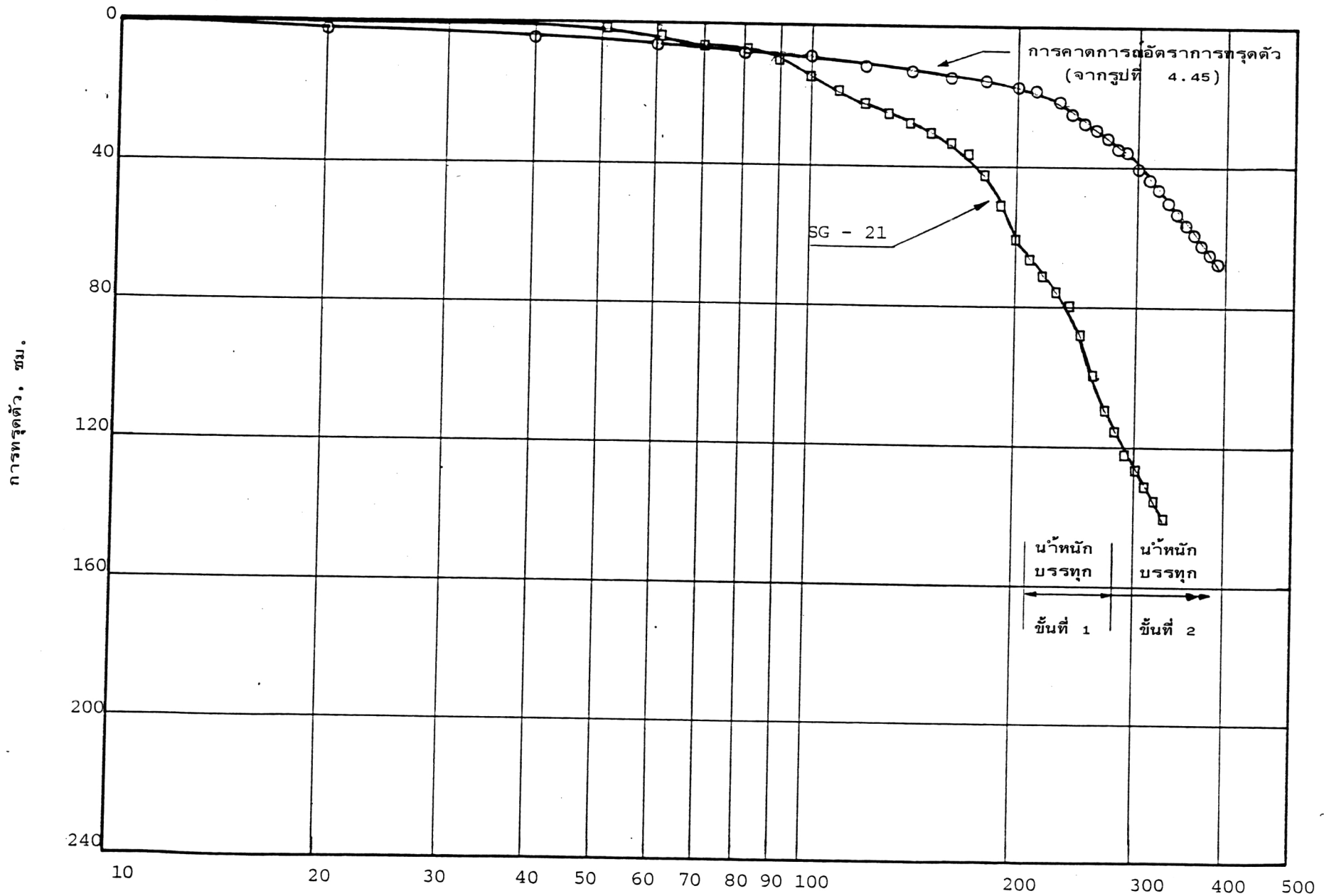


รูปที่ 4.22 ข. ผลของความดันน้ำในโพรงของดินวัดได้จาก Pneumatic Piezometer - แปลงทดสอบที่ 2

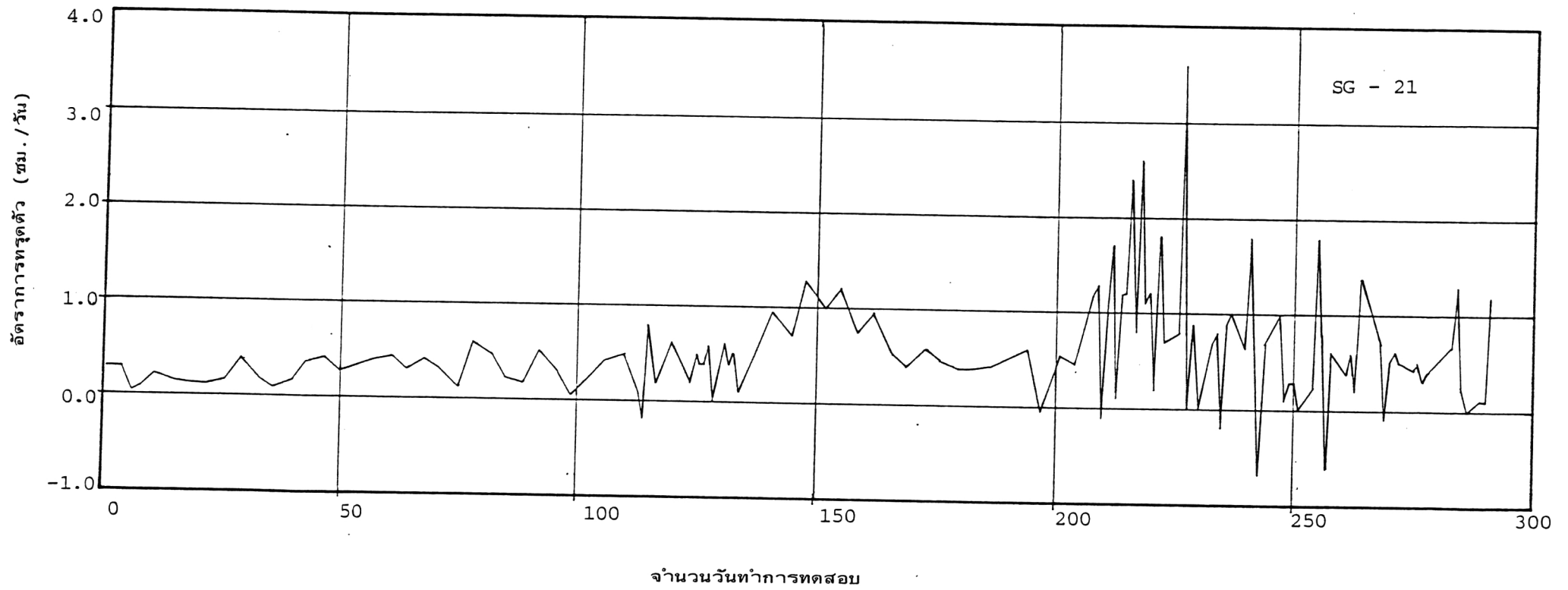
เพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากผืนทราย 1.6 ตัน/ม² ขึ้นอีก 3 ตัน/ม² รวมเป็น 4.6 ตัน/ม² แล้ว นั้น ความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (excess pore pressure) ของดินที่เพิ่มขึ้น (วัดบริเวณ กึ่งกลางแปลงทดสอบ) ให้ผลสอดคล้องกับน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มลงไป จากรูปที่ 4.22 จาก PP 21 B (-7m.) หลังจากถมดินชั้นที่ 1 เสร็จ ความดันน้ำในโพรงมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5 ตัน/ม² เป็น 8 ตัน/ม² ส่วนที่บริเวณริมแปลงทดสอบ PP 22 B (-7m.) ความดันน้ำในโพรงมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 6.2 ตัน/ม² เป็น 8.4 ตัน/ม² (เพิ่ม 2.2 ตัน/ม²) ซึ่งใน บริเวณขอบของแปลงทดสอบ ความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้นจะไม่เท่ากับน้ำหนักบรรทุกที่ถมลงไป อยู่แล้ว

จากพฤติกรรมของแปลงทดสอบที่เกิดขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จาก ทฤษฎีการออกแบบ ดังได้วิเคราะห์แล้วในหัวข้อที่ 4.3.1 และ 4.3.2 พบว่าพฤติกรรมที่เกิดขึ้นดังกล่าวให้ผลไม่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีการออกแบบกล่าวคือ เมื่อพิจารณา ข้อมูลการทรุดตัวที่บริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน (จาก SG 21) ขนาด การทรุดตัวที่วัดได้มีการทรุดตัวจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี (จากรูปที่ 4.23) โดยเริ่มตั้งแต่ช่วง การทิ้งผืนทรายไว้รอการถมดินชั้นที่หนึ่ง มีการทรุดตัวถึง 30 ซม. และหลังจากทำการถมดิน ชั้นที่หนึ่งเสร็จ เกิดการทรุดตัว 56 ซม. จนถึงเวลาก่อนการถมดินชั้นที่สอง เกิดการทรุดตัว รวม 80 ซม. หลังจากการถมดินชั้นที่สองเสร็จทิ้งไว้ 85 วัน เกิดการทรุดตัวรวม 107 ซม. นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงอัตราการทรุดตัวที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ (fluctuate) ตลอดเวลา (จากรูปที่ 4.24) ลักษณะของอัตราการทรุดตัวที่เกิดขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการทรุดตัวเนื่องจากการยุบอัดตัวตามทฤษฎี (รูปที่ 4.17) แล้ว ลักษณะของอัตราการทรุดตัวไม่สอดคล้องกัน

จากข้อมูลวัดการทรุดตัวและจากเครื่องมืออินคลิโนมิเตอร์ แสดงให้เห็นถึงการทดสอบ ที่วัดได้ไม่สัมพันธ์กับทฤษฎีการออกแบบ แม้ว่าการทดสอบให้ผลของการทรุดตัวอยู่ในขนาดที่น่า พอใจ แต่พฤติกรรมจากการทดสอบมิได้ชี้ให้เห็นชัดว่าเกิดขบวนการยุบอัดตัว (consolidation) เกิดขึ้นในชั้นดิน สาเหตุที่มีการทรุดตัวเกิดขึ้นมาก โดยใช้ระยะเวลาเร็วกว่าที่คาดการณ์จาก ทฤษฎีการออกแบบ เกิดจากสาเหตุเช่นเดียวกับแปลงทดสอบที่ 1 คือเกิดจากขบวนการเจาะ ทำท่อทราย แล้วได้หลุมเจาะที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าที่ออกแบบไว้ และเติมทรายลงไป เท่ากับปริมาตรที่ออกแบบไว้ เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกมากกระทำ ดินอ่อนที่อยู่รอบ ๆ จะเคลื่อนตัว



รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบอัตราการทรุดตัวที่วัดได้กับการคาดการณ์อัตราการทรุดตัว - แปลงทดสอบที่ 2



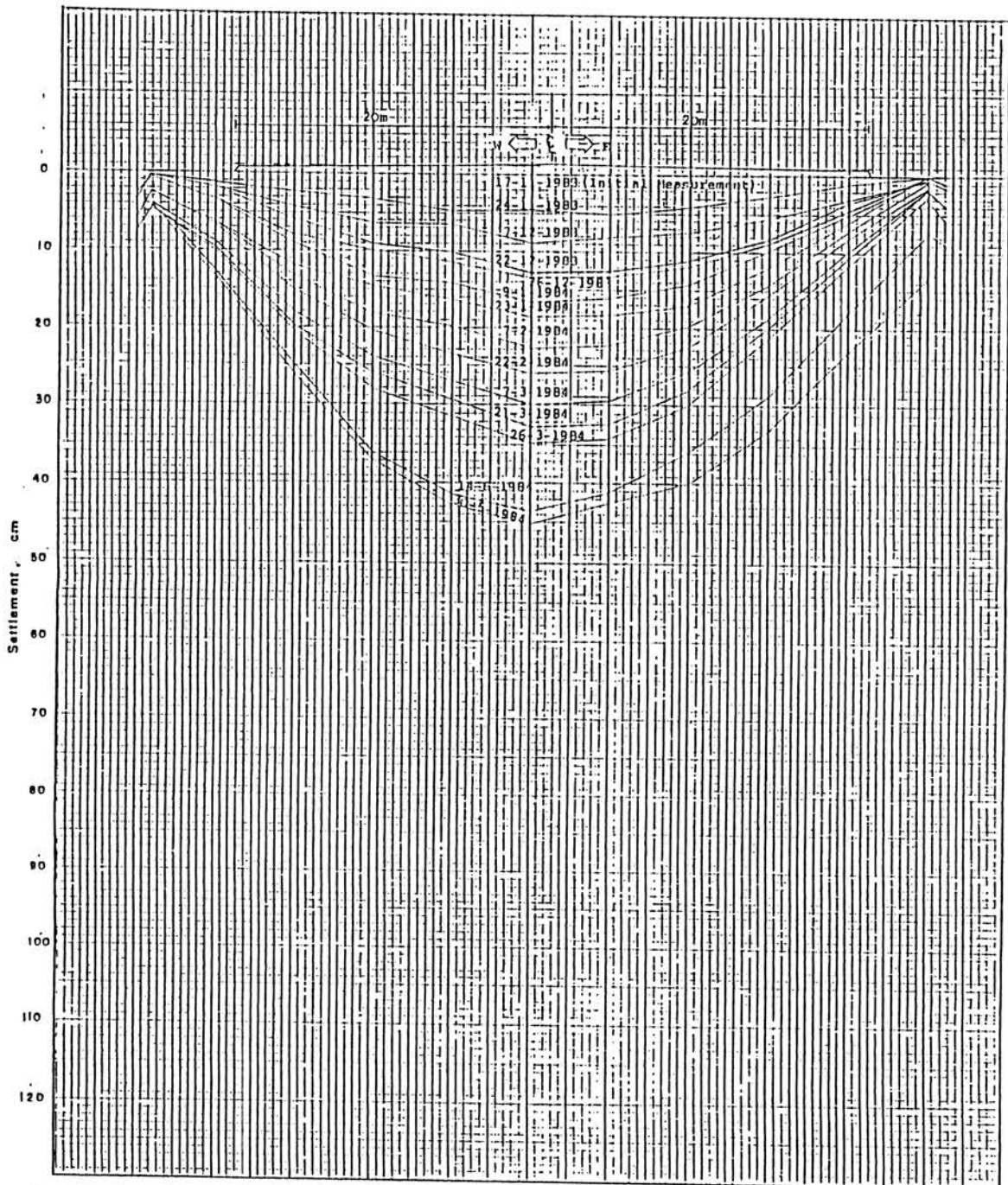
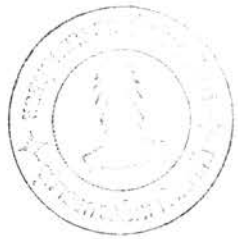
รูปที่ 4.24 อัตราการทรุดตัวในแต่ละวันที่วัดได้ - แปลงทดสอบที่ 2

เข้ามาอัดต่อทราย ทำให้มีการทรุดตัวเกิดขึ้น ข้อมูลจากเครื่องอินคลิโนมิเตอร์ชี้ให้เห็นว่า หลังจากทำท่อทราย เสร็จชั้นดินเกิดการเคลื่อนตัวเข้าไปในพื้นที่แปลงทดสอบ ซึ่งการเคลื่อนตัวนี้ เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทุกชั้นทราย (sand blanket $q = 1.6 \text{ t/m}^2$) แม้ว่าเมื่อเริ่มทำการถม วัสดุชั้นที่ 1 และ 2 ($q = 4.6$ และ 6.6 ตัน/ม^2 ตามลำดับ) ชั้นดินเกิดการเคลื่อนตัวออกนอกแปลงทดสอบมีการทรุดตัวมากขึ้น แต่ในช่วงของการถมนี้ชั้นดินอยู่ในสภาพน้ำหนักบรรทุก อันเดรน (undrained loading) ความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้น (Δu) มีค่าสูงมาก เกิดสภาพการไหล (flow) ขึ้นมา ซึ่งถ้ามีการทรุดตัวตามแนวตั้งเนื่องจากสภาพการไหล นี้แล้ว จะมีการเคลื่อนตัวตามแนวด้านข้างออกไปด้วย

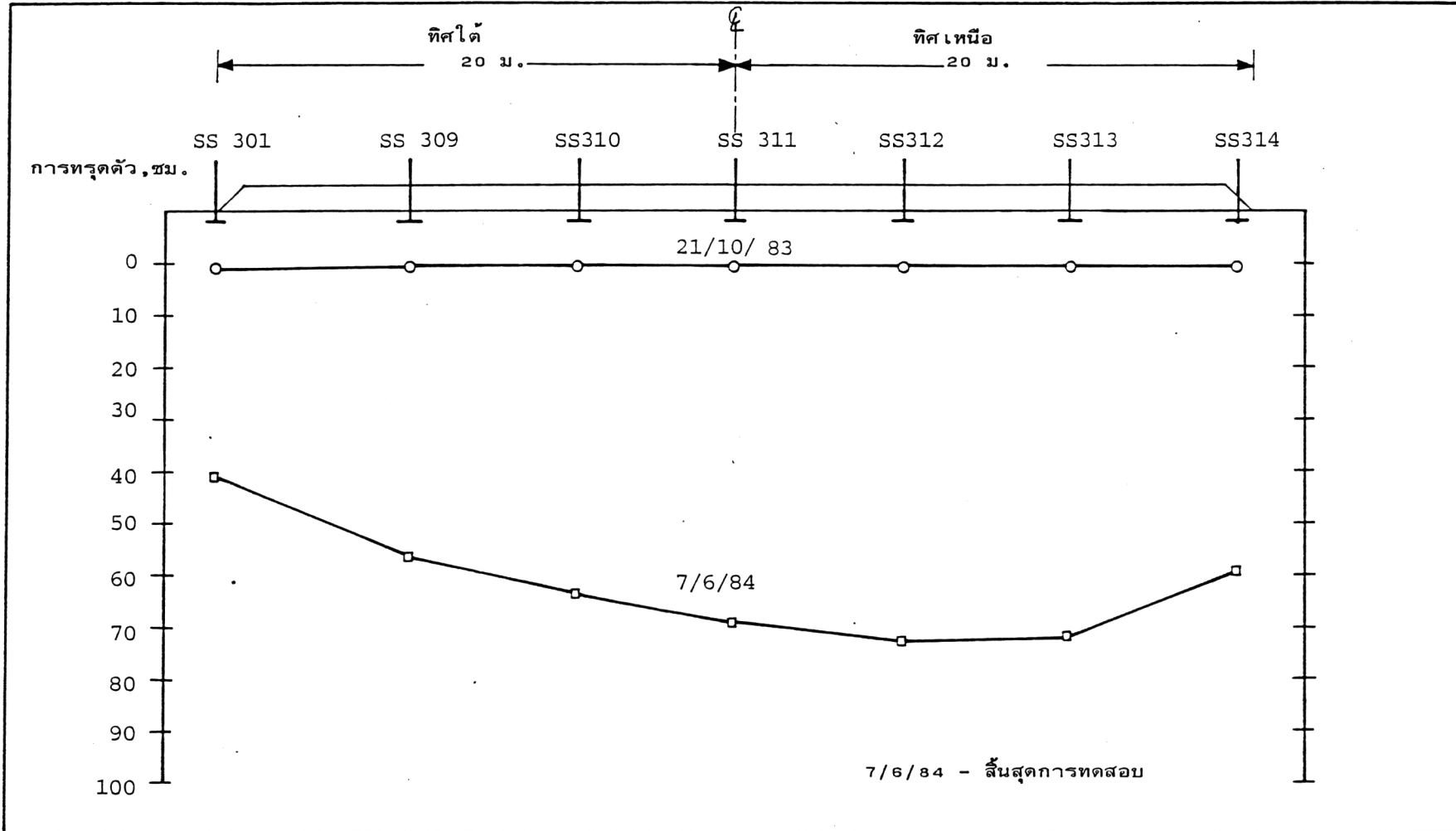
แปลงทดสอบที่ 3 จากข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์เครื่องมือที่ได้ติดตั้งในแปลงทดสอบ นี้ สามารถสรุปถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของแปลงทดสอบดังนี้ จากผลการวัดด้วยเครื่องมือ Hydrostatic Profile Gauge การทรุดตัวที่เกิดขึ้นตลอดทั้งพื้นที่แปลงทดสอบ (ตามแนว ขวาง) มีลักษณะโค้ง (arch) สมมาตรและสมมาตร (symmetry) กันแนวกึ่งกลาง แปลงทดสอบ โดยการทรุดตัวที่บริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบมีการทรุดตัวมากกว่าที่บริเวณริม แปลงทดสอบ (ดูรูปที่ 4.25 ข้อมูล Hydrostatic Profile Gauge) เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ มีการทรุดตัวแตกต่างกัน 28 ซม. เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวัดของแผ่นวัดการทรุดตัว ผิวดินที่จุดต่าง ๆ บริเวณแปลงทดสอบ เขียนในรูปภาคตัดขวาง (รูปที่ 4.26) ให้ผลใน ลักษณะเดียวกัน และเป็นที่น่าสนใจได้ว่า หลังจากสิ้นสุดการทดสอบ ผลจากการวัดการทรุดตัว ปรากฏว่าผิวดินเกิดการคืบตัวขึ้นเล็กน้อย

ข้อมูลจากการวัด Pneumatic Piezometer พบว่า ความดันน้ำในโพรงที่วัดได้ จากบริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบลดลงเล็กน้อยคือ 1 ตัน/ม^2 (รูปที่ 4.27 ก. PP 31 B (-7m)) แต่ขณะที่ความดันน้ำในโพรงที่วัดได้จากบริเวณขอบแปลงทดสอบลดลงถึง $2-3 \text{ ตัน/ม}^2$ (รูปที่ 4.27 ข. PP 32 B (-7m))

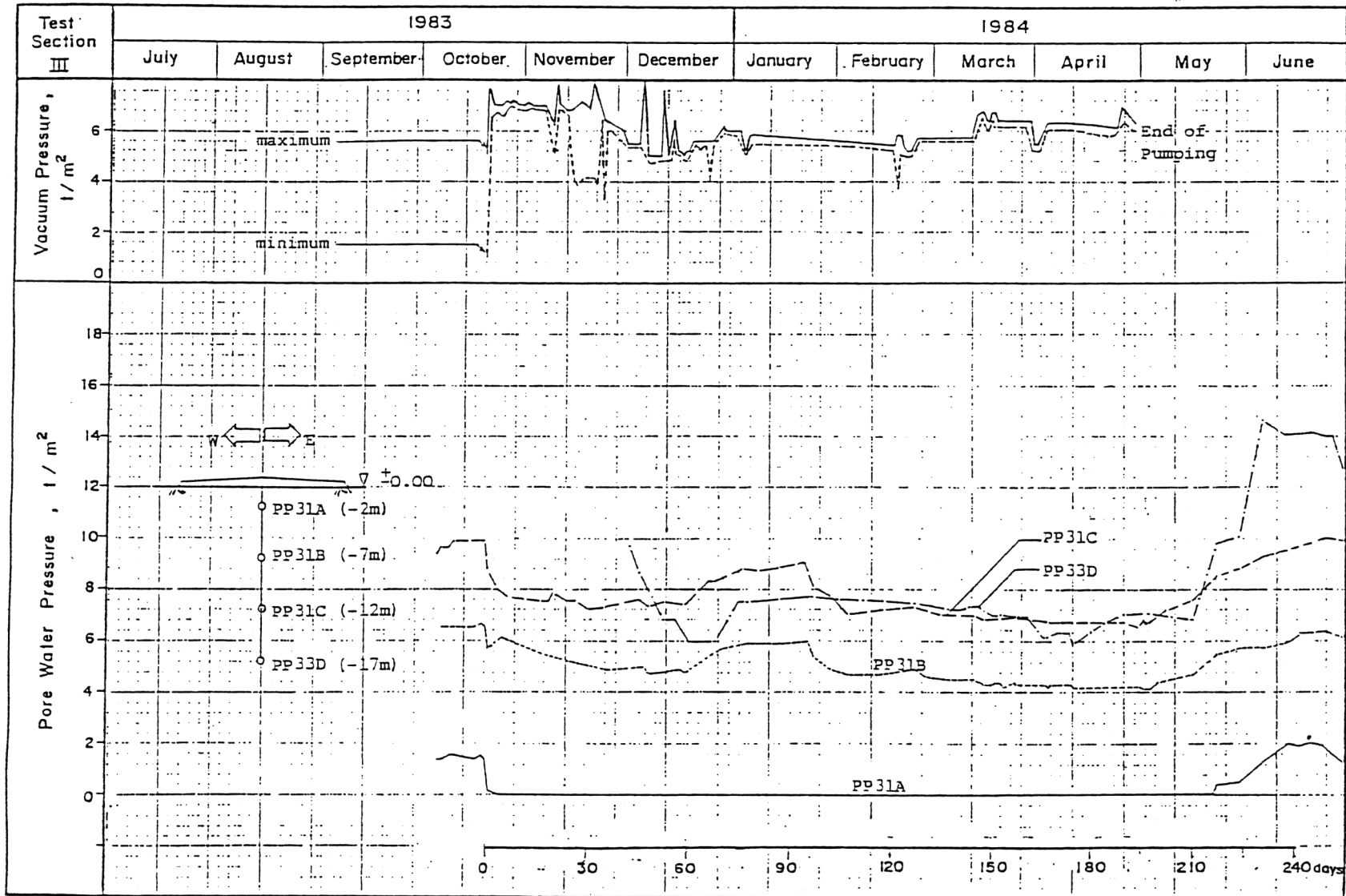
จากพฤติกรรมของแปลงทดสอบที่เกิดขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ จากทฤษฎีการออกแบบ พบว่าพฤติกรรมที่เกิดขึ้นไม่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์จากทฤษฎีการ ออกแบบ กล่าวคือ เมื่อพิจารณาข้อมูลการทรุดตัวที่บริเวณกึ่งกลางแปลงทดสอบ (SG 31) มีขนาดการทรุดตัวที่วัดได้แตกต่างจากทฤษฎี 8-22 ซม. (รูปที่ 4.28) และเมื่อพิจารณาถึง อัตราการทรุดตัวที่วัดได้ในแต่ละวัน (รูปที่ 4.29) มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ



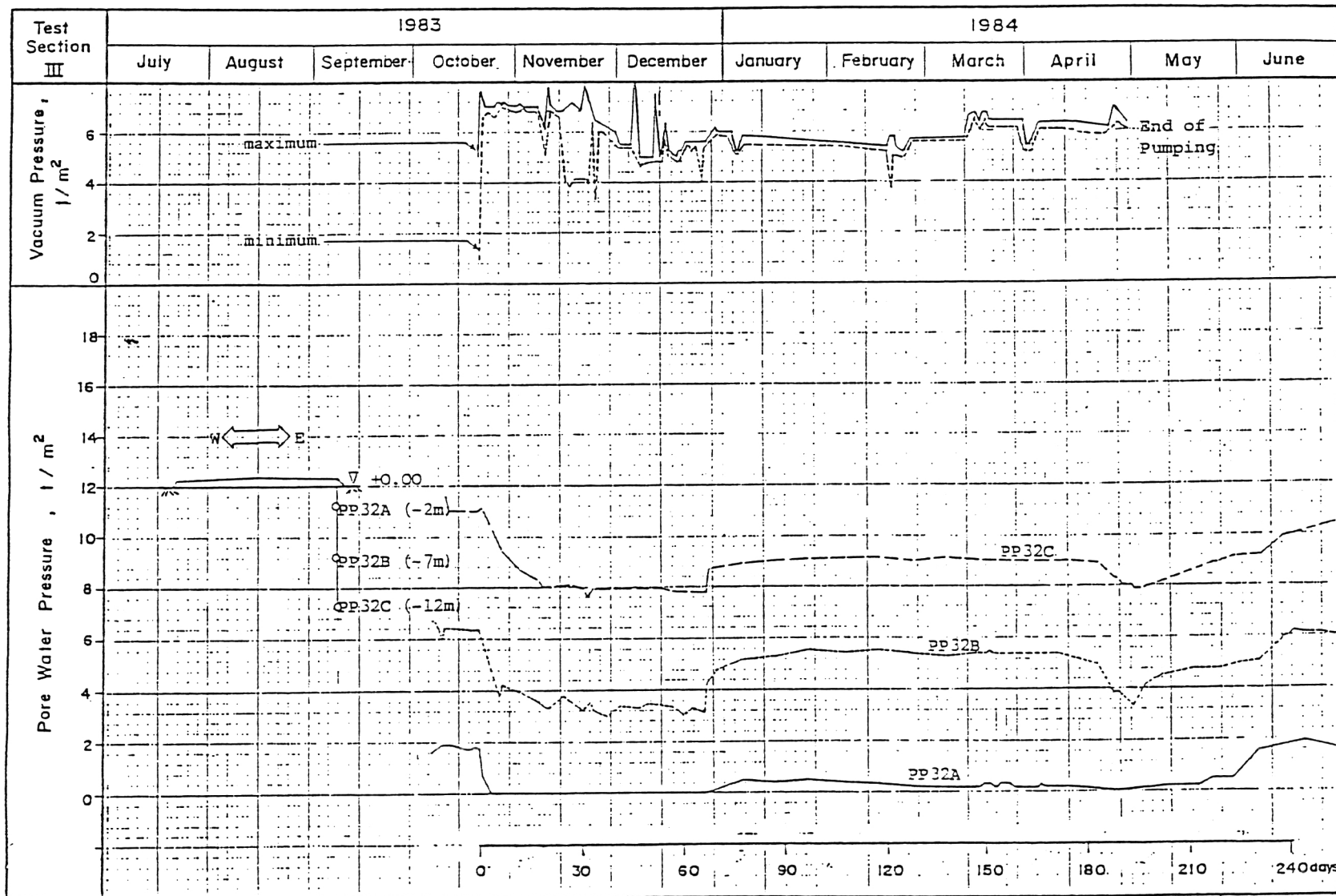
รูปที่ 4.25 การทรุดตัวแบบขวาง (profile) จากการวัดของ
 เครื่องมือ Hydrostatic Profile Gauge
 - แปลงทดสอบที่ 3



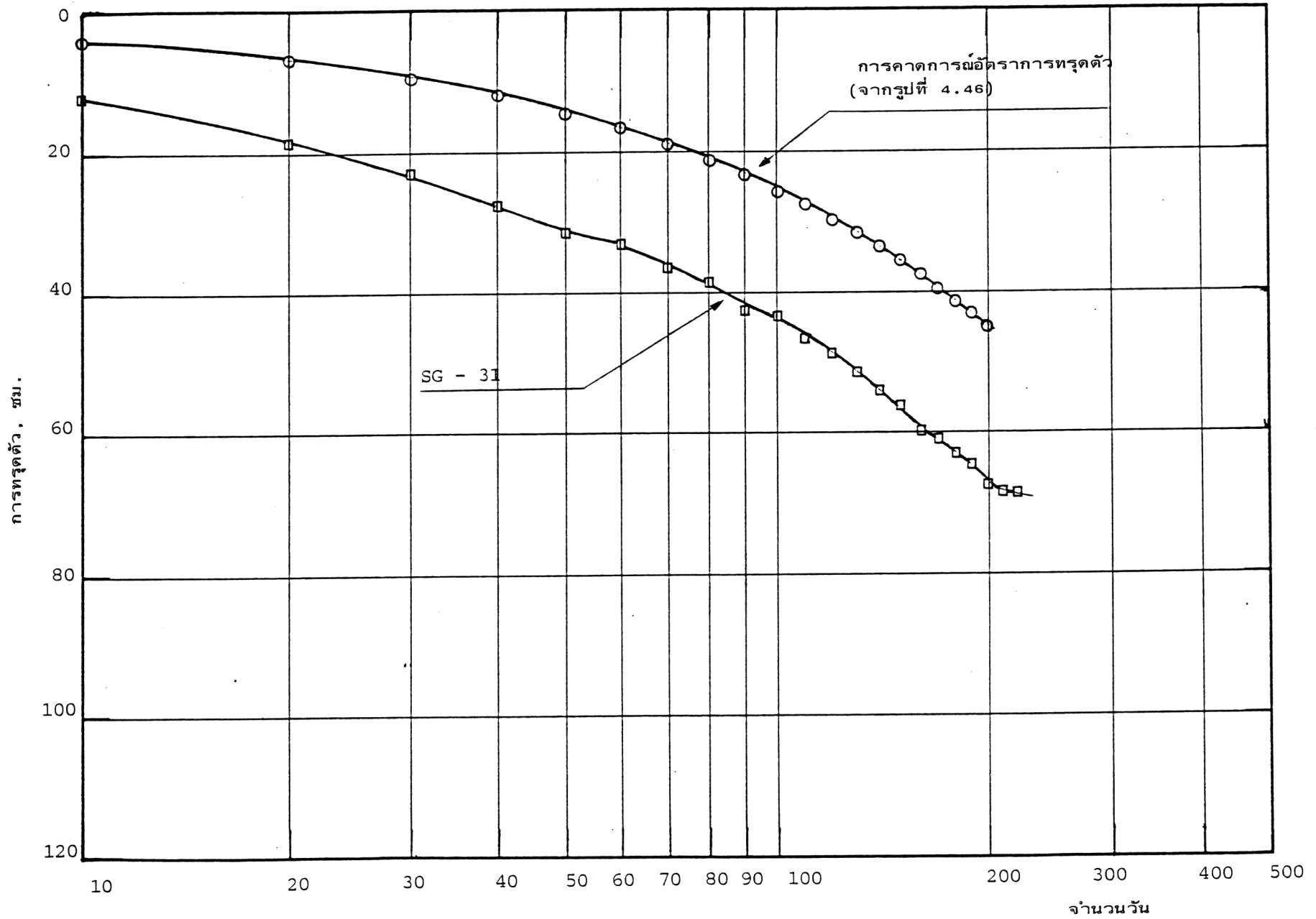
รูปที่ 4.26 การทรุดตัวภาคตัดขวางของแปลงทดสอบที่ 3 (ใช้ข้อมูลจากแผ่นวัดการทรุดตัวผิวดิน)



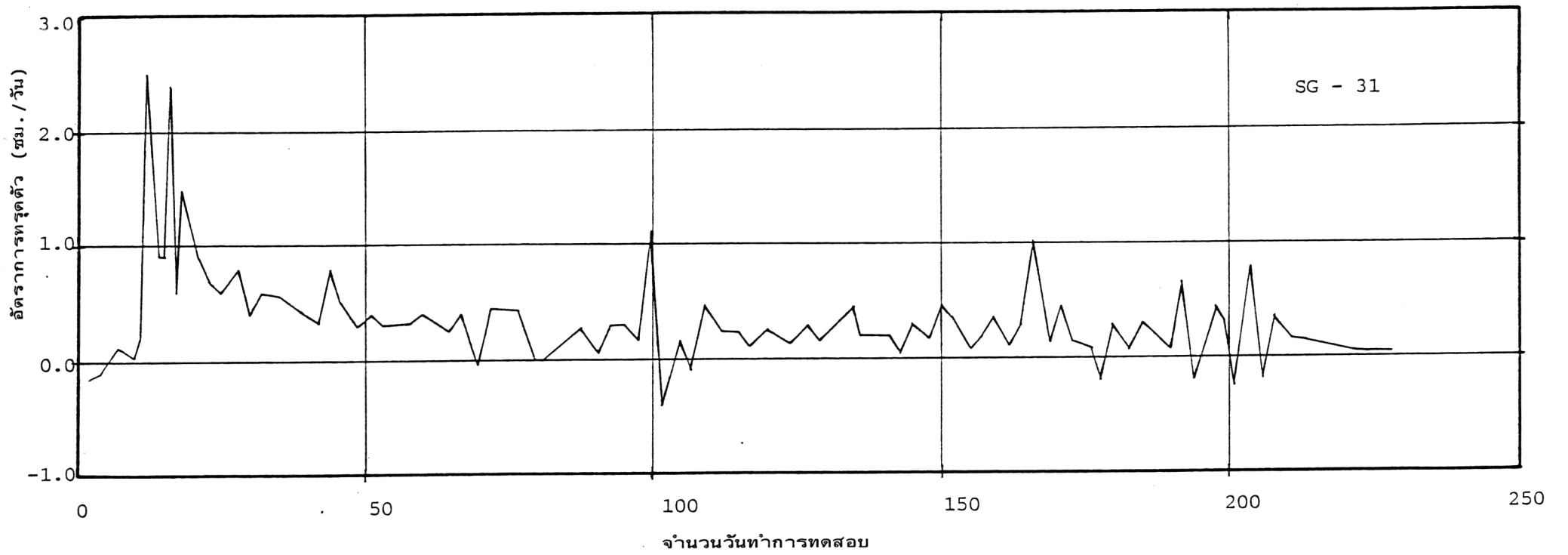
รูปที่ 4.27 ก. ผลของความดันน้ำในโพรงของดินที่วัดได้จาก Pneumatic Piezometer



รูปที่ 4.27 ข. ผลของความดันน้ำในโพรงของดินที่วัดได้จาก Pneumatic Piezometer



รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบอัตราการกัดกร่อนที่วัดได้กับการคาดการณ์อัตราการกัดกร่อน - แปลงทดสอบที่ 3



รูปที่ 4.29 อัตราการทรุดตัวในแต่ละวันที่วัดได้ - แปลงทดสอบที่ 3

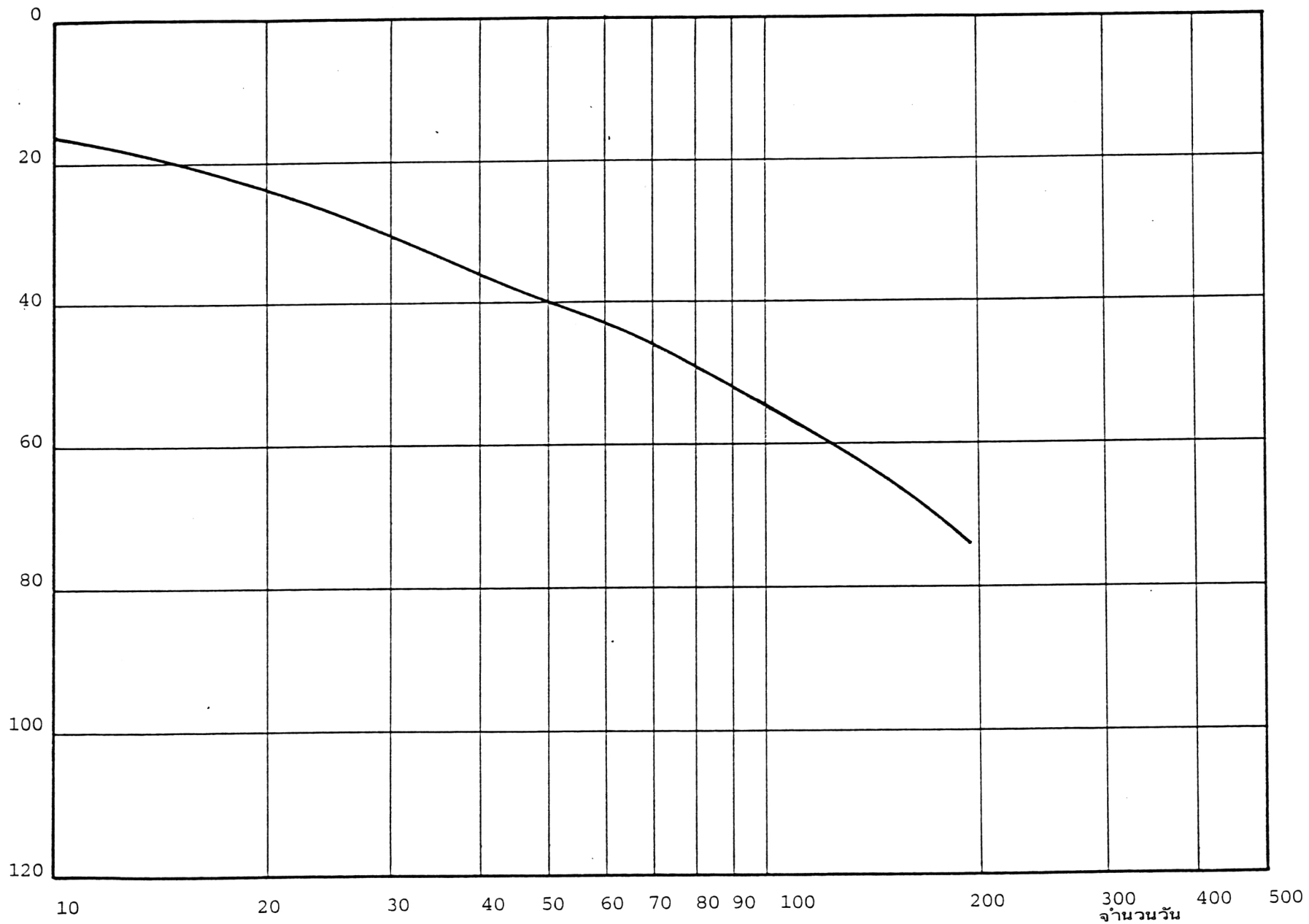
(fluctuate) ตลอดเวลา ในช่วงต้นของการทดสอบ อัตราการทรุดตัวมีอัตราการทรุดตัว ตั้งแต่ 2.5 ซม./วัน จนถึง 0.6 ซม./วัน สลับกันไป ซึ่งอัตราการทรุดตัวที่วัดได้จริงไม่สอดคล้องกับอัตราการทรุดตัวตามทฤษฎี (รูปที่ 4.17)

ขณะเดียวกัน เมื่อนำผลปริมาตรน้ำที่สูบได้จากการทดสอบมา เปรียบ เทียบกลับ เพื่อหา เป็นขนาดของการทรุดตัวที่ควรจะ เกิดขึ้น ได้ขนาดการทรุดตัวโดยเฉลี่ยของแปลงทดสอบ ตามรูป ที่ 4.30 ยังพบว่า ขนาดการทรุดตัวจากการนำปริมาตรน้ำที่สูบได้ของการทดสอบมา เปรียบ เทียบกับขนาดของการทรุดตัวจริงที่เกิดขึ้นตลอดพื้นที่ไม่ เกิดความสัมพันธ์กัน ขนาดการทรุดตัวที่ ได้จากการนำปริมาตรน้ำที่สูบได้มา เปรียบ เทียบ (เป็นขนาดการทรุดตัวโดยเฉลี่ยของพื้นที่) มีขนาดการทรุดตัวมากกว่าขนาดของการทรุดตัวที่วัดได้จริง

จากข้อมูลวัดการทรุดตัว ปริมาตรการสูบน้ำออกจากท่อทราย แสดงให้เห็นถึงทฤษฎีที่ ใช้ในการออกแบบไม่สัมพันธ์กับผลของการทดสอบที่วัดได้ แม้ว่าการทดสอบดังกล่าวให้ผลของ การทรุดตัวอยู่ในปริมาณที่น่าพอใจ แต่พฤติกรรมของการทดสอบมิได้ชี้ให้เห็นชัดว่าเกิดขบวนการ ยุบอัดตัว (consolidation) เกิดขึ้นในชั้นดิน สำหรับสาเหตุที่เกิดขนาดการทรุดตัวได้มาก อาจเป็นไปในลักษณะ เช่นเดียวกับแปลงทดสอบที่ 1

จากการประ เเมินผลของแปลงทดสอบทั้งสามแปลง สาเหตุที่ทำให้ผลการทดสอบที่ได้ ไม่สัมพันธ์กับทฤษฎีการออกแบบ มาจากวิธีการติดตั้งท่อทรายที่ไม่เป็นไปตามรูปแบบที่ต้องการ ทำให้ไม่สามารถ เปรียบ เทียบผลของการปรับปรุงชั้นดิน เหนียวที่ติดตั้งท่อทรายระบายน้ำในแปลง ทดสอบต่าง ๆ โดยใช้รูปแบบของการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ กันได้

การทรุดตัว, ซม.



รูปที่ 4.30 อัตราการทรุดตัวที่ได้จากปริมาณน้ำที่สูบได้จากการทดสอบ - แปลงทดสอบที่ 3