



เอกสารอ้างอิง

1. Gray, W.S., and Manning, G.P. Water Towers, Bunkers, Silos, and other Elevated Structures. 4<sup>th</sup> ed. London: Concrete Publication Ltd., 1974.
2. Safarian, S.S. "Design Pressure of Granular Material in Silos" Journal of the American Concrete Institute, Title No. 66 - 51 (August 1979)
3. Bishara, A.G. Mahmoud, M.H., and Chandrangsu K. "Finite Element Formulation for Farm Silo Analysis" Journal of the American Concrete Institute, Title No. 72 - 38 (October 1975)
4. Wood, G.M. "The Properties of Ensiled Crops and Why We have to Design for Them". 60<sup>th</sup> Annual Meeting, National Silo Association, 1972.
5. ACI Committee 313. "Commentary on Recommended Practice for Design and Construction of Concrete Bins, Silos, and Bunkers for Storing Granular Material". Journal of the Structural Engineering Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineering, ST 10 (October 1977)
6. Safarian, S.S. and Harris, E.C. "Silos and Bunkers" Hand Book of Concrete Engineering. New York : Van Nostrand Reinhold Co., 1974.

7. Desai, C.S. and Abel, J.F. Introduction to the Finite Element Method. New York : Van Nostrand Reinhold Co., 1972.
  8. Mahmoud, M.H., "Silage-Silo Interaction Using Material Characterization and Finite Element Techniques". Ph. D. Thesis, Ohio State University, Columbus, Ohio, 1975.
  9. ZeinKewicz, O.C. The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics. New York : McGraw - Hill Book Co., 1979.
  10. Lambe, T.W. and Whitman, R.V. Soil Mechanics. 1<sup>st</sup> ed. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1979.
  11. Lambe, T.W. Soil Testing for Engineer New York : John Wiley & Sons, Inc. 1951.
-

ภาคผนวก ก.  
ตารางประกอบ



ตารางที่ 1 ค่าค่าสถกของ Overpressure Factor,  $C_d$  โดย ACI-313

		OVERPRESSURE FACTOR $C_d$											
		$H/D < 2$		$2 \leq H/D < 3$		$3 \leq H/D < 4$		$4 \leq H/D < 5$		$H/D \geq 5$			
		JANSSEN	REIMBERT	JANSSEN	REIMBERT	JANSSEN	REIMBERT	JANSSEN	REIMBERT	JANSSEN	REIMBERT		
$H$ TOP OF MATERIAL AND SILO HOPPER DEPTH; DEPTH OF HOPPER-FORMING FILL OR DEPTH OF FILL SUPPORTING SILO BOTTOM SLAB $h_h$ BOTTOM OF HOPPER FLAT SLAB OR FILL	$H_1 = D \tan \phi$ OR $H_1 = a \tan \phi$ OR $H_1 = b \tan \phi$	1.35	1.10	1.45	1.20	1.50	1.25	1.40	1.30	1.65	1.35		
	$(H-H_1)/4$	1.45	1.20	1.95	1.30	1.60	1.25	1.70	1.40	1.75	1.30		
	$(H-H_1)/4$	1.55	1.40	1.65	1.35	1.75	1.60	1.80	1.70	1.90	1.75		
	$(H-H_1)/4$	1.65	1.65	1.75	1.75	1.85	1.85	1.90	1.90	2.00	2.00		
	$(H-H_1)/4$	1.65	1.65	1.75	1.75	1.85	1.85	1.90	1.90	2.00	2.00		
LATERAL DESIGN PRESS. CURVE LATERAL STATIC PRESSURE CURVE BY JANSSEN'S OR REIMBERT'S THEORY		USE SAME PRESSURE WITHIN HOPPER HEIGHT OR, IF DESIRED, REDUCE PRESSURES IN ACCORDANCE WITH HYDRAULIC RADIUS CHANGE.  IF DESIRED, PRESSURES MAY BE REDUCED FROM TOP OF FILL TO TOP OF FLAT SLAB AS SHOWN											
OVERPRESSURE FACTOR $C_d$ FOR USE IN CALCULATING DESIGN BOTTOM PRESSURES IN SILOS		CONCRETE BOTTOM		STEEL BOTTOM		CONCRETE BOTTOM		STEEL BOTTOM		CONCRETE BOTTOM		STEEL BOTTOM	
		1.35	1.30	1.35	1.30	1.35	1.30	1.35	1.30	1.35	1.30	1.35	1.30
		1.50	1.75	1.90	1.75	1.90	1.75	1.90	1.75	1.90	1.75	1.90	1.75

ตารางที่ 2 ค่าค่าสถกของ Impact Factor,  $C_i$  โดย ACI-313

Ratio of volume dumped in one load to total silo capacity		1:2	1:3	1:4	1:5	1:6 and less
Impact factor $C_i$	Concrete bottom	1.1	1.3	1.2	1.1	1.0
	Steel bottom	1.75	1.60	1.50	1.35	1.25



3. เตาเผาและเตาอบความร้อนภาคกลางเป็นรูปสี่เหลี่ยม - ก่อกระเบื้อง $H_1 = D \tan \theta$ วิศวกรระดับป้ากรองไซโล (ส่วนที่ 1)	1.00	1.35	1.10	1.50
- ก่อกระเบื้อง $\frac{2}{3}$ ของความลึกทั้งหมดวิศวกรระดับป้ากรอง ไซโลหรือระดับขอบบนของ Hopper ขึ้นมา (ส่วนที่ 2) H/D = 1.5	1.25	1.50	1.40	1.65
H/D $\geq$ 4.5	1.50	1.50	1.65	1.65
<b>II. Overpressure Correction Factor, Cd สำหรับคำนวณ</b> <b>แรงดันในแนวตั้งที่กระทำกับพื้นของไซโล</b>				
1. พื้นโรตารี่ (Flat Slab) ที่มีหรือไม่มี Hopper ซึ่งสร้างโดย ก่อคอนกรีตเป็นหนึ่งชั้นบนพื้น; แฉกพื้นรับด้วยระบบคานหรือด้วย คานรูปวงแหวน (Ring Beam)				
(ก) สำหรับผนังและรั้วราว	1.50	1.25	1.50	1.25
(ข) สำหรับเมดัลคิวอาหารทุกชนิด	1.35	1.10	1.35	1.10
(ค) สำหรับวัสดุขูดเม็ดทุกชนิดนอกจาก (ก) และ (ข)				
(1) แฉกพื้นรับแห่งคอนกรีตหรือชั้นเป็น Hopper	1.35	1.10	1.35	1.10
(2) แฉกพื้นรับด้วยระบบคาน, คานรูปวงแหวน, Hopper ที่เป็นคอนกรีตและเสารับไซโล	1.75	1.50	1.75	1.50
2. Hopper และคานรูปวงแหวนทำด้วยเหล็ก				
(ก) สำหรับผนังและรั้วราว	1.75	1.50	1.75	1.50
(ข) สำหรับเมดัลคิวอาหารทุกชนิด	1.50	1.25	1.50	1.25
(ค) วัสดุขูดเม็ดทุกชนิดนอกจาก (ก) และ (ข)	2.50	2.25	2.50	2.25

ตารางที่ 3 Correction Factor, Cd ของ Sargis S. Safarian

สำหรับเพิ่มค่าหน่วยแรงดันในไซโลเนื่องจากผลของ Overpressure

ข้อกำหนด	ไซโล ร.ศ.ด.		ไซโลเหล็ก	
	สำหรับสูตร ของ เริ่มเบิร์ต	สำหรับสูตร ของ แจนเสน	สำหรับสูตร ของ เริ่มเบิร์ต	สำหรับสูตร ของ แจนเสน
<b>I. Overpressure Correction Factor, Cd สำหรับค่าหน่วยแรงดัน</b>				
<b>ค่าแรงดันกระทำกับผนังไซโล (กรุ๊ปที่ 4)</b>				
1. ไซโลเคียวหัวมีพื้นที่ภาคค้ำขวางเป็นรูปวงกลมหรือรูปหลายเหลี่ยม (Polygonal)				
- คอลระยะความลึก $H_1 = D \tan \theta$ วัดจากระดับปากของไซโล (ส่วนที่ 1)	1.00	1.35	1.10	1.50
- คอลระยะ $\frac{2}{3}$ ของความลึกทั้งหมดวัดจากระดับพื้นของไซโลหรือระดับขอบบนของ Hopper ขึ้นมา (ส่วนที่ 2) เมื่อ				
$H/D = 1.5$	1.50	1.75	1.65	1.95
$H/D \geq 4.5$	1.75	1.75	1.95	1.95
2. ไซโลชนิดกลุ่มเรียงเป็นแนวเส้นตรงและมีพื้นที่ภาคค้ำขวางเป็นรูปวงกลมหรือรูปหลายเหลี่ยม (Polygonal)				
(ก) ไซโลตั้งอยู่ภายนอก (Exterior)				
- คอลระยะความลึก $H_1 = D \tan \theta$ วัดจากระดับปากของไซโล (ส่วนที่ 1)	1.00	1.35	1.10	1.50
- คอลระยะ $\frac{2}{3}$ ของความลึกทั้งหมดวัดจากระดับพื้นของไซโลหรือระดับขอบบนของ Hopper ขึ้นมา (ส่วนที่ 2) เมื่อ				
$H/D = 1.5$	1.50	1.75	1.65	1.95
$H/D \geq 4.5$	1.75	1.75	1.65	1.95
(ข) ไซโลตั้งอยู่ภายใน (Interior Silo)				
- คอลระยะความลึก $H_1 = D \tan \theta$ วัดจากระดับปากของไซโล (ส่วนที่ 1)	1.00	1.35	1.10	1.50
- คอลระยะ $\frac{2}{3}$ ของความลึกทั้งหมดวัดจากระดับพื้นของไซโลหรือระดับขอบบนของ Hopper ขึ้นมา (ส่วนที่ 2) เมื่อ				
$H/D = 1.5$	1.25	1.50	1.40	1.65
$H/D \geq 4.5$	1.50	1.50	1.65	1.95

ตารางที่ 4 ข้อมูลจากการทดสอบ Consolidation Creep Test ของชาวเปลือก  
(ชาวเปลือกเจ้าพันธุ์ กข. 1. ความชื้น 13 - 15 %)

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา ที่ตกแรงกด (นาที)	ระยะหยุดตัว ( $10^{-3}$ นิ้ว)	ความหนา ของตัวอย่าง (ซม.)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม. <sup>3</sup> )	วันที่	เวลา	ช่วงเวลา ที่ตกแรงกด (นาที)	ระยะหยุดตัว ( $10^{-3}$ นิ้ว)	ความหนา ของตัวอย่าง (ซม.)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม. <sup>3</sup> )	
7 มี.ค. 21	12.05	-	-	2.420	0.6626	9 มี.ค. 21	12.15	-	-	2.365	0.6253	
		1	36.5	2.327	0.6890			1	56	2.223	0.6652	
		2	36.9	2.326	0.6893			2	57	2.220	0.6661	
		4	37.0	2.326	0.6893			4	58	2.218	0.6667	
		8	37.0	2.326	0.6893			8	58.8	2.216	0.6673	
		15	37.1	2.326	0.6893			15	59.3	2.214	0.6679	
		30	37.6	2.324	0.6899			30	59.9	2.213	0.6682	
		60	38.0	2.323	0.6902			13.15	60	60.3	2.212	0.6685
		100	38.0	2.323	0.6902			100	61.1	2.210	0.6691	
		180	38.9	2.321	0.6908			15.15	180	61.5	2.209	0.6694
8 มี.ค. 21	9.05	21×60	40.0	2.318	0.6917	10 มี.ค. 21	9.15	21×60	64.0	2.202	0.6719	
	12.05	24×60	40.0	2.318	0.6917		12.15	24×60	64.0	2.202	0.6716	
ขนาดการยุบตัวภายหลังถูกน้ำหนักกดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (คิดเป็นร้อยละของความหนาเดิม) = $\frac{2.420-2.318}{2.420} \times 100$ = 4.21						ขนาดการยุบตัวภายหลังถูกน้ำหนักกดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (คิดเป็นร้อยละของความหนาเดิม) = $\frac{2.365-2.202}{2.365} \times 100$ = 6.89						



ตารางที่ 5 ข้อมูลจากการทดสอบ Consolidation Test ของชาวเปลือก  
(ชาวเปลือกเจ้าพันธุ์ กว. 1. ความชื้น 13 - 15 %)

ตัวอย่างที่ 1					ตัวอย่างที่ 2					ตัวอย่างที่ 3					ตัวอย่างที่ 4				
น้ำหนัก 11.30 กรัม : ความหนาเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $H_0$ , 2.342 ซม. ความหนาแน่นเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $\gamma_0$ , 0.6149 กรัม/ซม. <sup>3</sup> น้ำหนักบรรทุก เดิม/ลด ที่ใช้, $\Delta P$ , 10 กก.					น้ำหนัก 11.28 กรัม : ความหนาเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $H_0$ , 2.428 ซม. ความหนาแน่นเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $\gamma_0$ , 0.6201 กรัม/ซม. <sup>3</sup> น้ำหนักบรรทุก เดิม/ลด ที่ใช้, $\Delta P$ , 20 กก.					น้ำหนัก 11.25 กรัม : ความหนาเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $H_0$ , 2.342 ซม. ความหนาแน่นเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $\gamma_0$ , 0.6133 กรัม/ซม. <sup>3</sup> น้ำหนักบรรทุก เดิม/ลด ที่ใช้, $\Delta P$ , 30 กก.					น้ำหนัก 11.45 กรัม : ความหนาเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $H_0$ , 2.260 ซม. ความหนาแน่นเมื่อเริ่มต้นทดสอบ, $\gamma_0$ , 0.6224 กรัม/ซม. <sup>3</sup> น้ำหนักบรรทุก เดิม/ลด ที่ใช้, $\Delta P$ , 40 กก.				
น้ำหนักบรรทุก, P กก.	แรงกด, P/A (STRESS) กก./ซม. <sup>2</sup>	ระยะยุบตัว, $\Delta H$ $\times 10^{-3}$ นิ้ว	$\Delta H / H_0$ (STRAIN) $\times 10^3$	ความหนาแน่น, $\gamma$ , กรัม/ซม. <sup>3</sup>	น้ำหนักบรรทุก, P กก.	แรงกด, P/A (STRESS) กก./ซม. <sup>2</sup>	ระยะยุบตัว, $\Delta H$ $\times 10^{-3}$ นิ้ว	$\Delta H / H_0$ (STRAIN) $\times 10^3$	ความหนาแน่น, $\gamma$ , กรัม/ซม. <sup>3</sup>	น้ำหนักบรรทุก, P กก.	แรงกด, P/A (STRESS) กก./ซม. <sup>2</sup>	ระยะยุบตัว, $\Delta H$ $\times 10^{-3}$ นิ้ว	$\Delta H / H_0$ (STRAIN) $\times 10^3$	ความหนาแน่น, $\gamma$ , กรัม/ซม. <sup>3</sup>	น้ำหนักบรรทุก, P กก.	แรงกด, P/A (STRESS) กก./ซม. <sup>2</sup>	ระยะยุบตัว, $\Delta H$ $\times 10^{-3}$ นิ้ว	$\Delta H / H_0$ (STRAIN) $\times 10^3$	ความหนาแน่น, $\gamma$ , กรัม/ซม. <sup>3</sup>
2.92B	0.0321	-	-	0.6149	2.92B	0.0321	-	-	0.6201	2.92B	0.0321	-	-	0.6133	2.92B	0.0321	-	-	0.6224
12.92B	0.1589	11.0	11.91	0.6223	2.92B	0.2897	19.2	80.10	0.6325	2.92B	0.4125	25.7	27.87	0.6315	42.92B	0.9297	22.9	36.96	0.6324
22.92B	0.2857	16.9	18.30	0.6263	4.92B	0.7993	32.3	33.82	0.6418	6.92B	0.7993	32.3	33.82	0.6418	6.92B	0.7993	32.3	33.82	0.6418
32.92B	0.4125	23.9	25.69	0.6313	6.92B	0.7993	32.3	33.82	0.6418	8.92B	1.0466	43.4	43.75	0.6496	8.92B	1.0466	43.4	43.75	0.6496
42.92B	0.5393	30.0	32.49	0.6356	8.92B	1.0466	43.4	43.75	0.6496	10.92B	1.2907	53.8	53.8	0.6579	10.92B	1.2907	53.8	53.8	0.6579
52.92B	0.6661	35.0	37.91	0.6399	10.92B	1.2907	53.8	53.8	0.6579	12.92B	1.5349	65.1	62.56	0.6615	12.92B	1.5349	65.1	62.56	0.6615
62.92B	0.7930	40.0	43.33	0.6446	12.92B	1.5349	65.1	62.56	0.6615	14.92B	1.7791	76.5	68.92	0.6657	14.92B	1.7791	76.5	68.92	0.6657
72.92B	0.9198	44.2	47.87	0.6488	14.92B	1.7791	76.5	68.92	0.6657	16.92B	2.0232	87.8	71.17	0.6705	16.92B	2.0232	87.8	71.17	0.6705
82.92B	1.0466	48.6	52.64	0.6531	16.92B	2.0232	87.8	71.17	0.6705	18.92B	2.2674	99.1	76.9	0.6752	18.92B	2.2674	99.1	76.9	0.6752
92.92B	1.1735	52.0	56.32	0.6576	18.92B	2.2674	99.1	76.9	0.6752	20.92B	2.5115	107.4	82.4	0.6794	20.92B	2.5115	107.4	82.4	0.6794
102.92B	1.3003	55.8	60.11	0.6622	20.92B	2.5115	107.4	82.4	0.6794	22.92B	2.7557	117.7	88.9	0.6837	22.92B	2.7557	117.7	88.9	0.6837
112.92B	1.4271	59.0	63.91	0.6669	22.92B	2.7557	117.7	88.9	0.6837	24.92B	3.0000	128.0	95.3	0.6885	24.92B	3.0000	128.0	95.3	0.6885
122.92B	1.5539	62.0	67.19	0.6717	24.92B	3.0000	128.0	95.3	0.6885	26.92B	3.2442	138.3	101.7	0.6933	26.92B	3.2442	138.3	101.7	0.6933
132.92B	1.6807	66.1	71.60	0.6765	26.92B	3.2442	138.3	101.7	0.6933	28.92B	3.4884	148.6	108.1	0.6981	28.92B	3.4884	148.6	108.1	0.6981
142.92B	1.8076	69.9	75.26	0.6810	28.92B	3.4884	148.6	108.1	0.6981	30.92B	3.7326	158.9	114.5	0.7029	30.92B	3.7326	158.9	114.5	0.7029
152.92B	1.9344	71.0	76.90	0.6856	30.92B	3.7326	158.9	114.5	0.7029	32.92B	3.9768	169.2	120.9	0.7077	32.92B	3.9768	169.2	120.9	0.7077
162.92B	2.0612	73.3	79.39	0.6901	32.92B	3.9768	159.2	120.92	0.7125	34.92B	4.2210	179.5	127.0	0.7125	34.92B	4.2210	179.5	127.0	0.7125
172.92B	2.1880	76.9	83.29	0.6947	34.92B	4.2210	179.5	127.0	0.7125	36.92B	4.4652	189.8	133.1	0.7173	36.92B	4.4652	189.8	133.1	0.7173
182.92B	2.3149	79.0	85.57	0.6992	36.92B	4.4652	189.8	133.1	0.7173	38.92B	4.7094	199.1	139.2	0.7221	38.92B	4.7094	199.1	139.2	0.7221
192.92B	2.4417	82.0	88.82	0.7038	38.92B	4.7094	199.1	139.2	0.7221	40.92B	4.9536	209.4	145.3	0.7269	40.92B	4.9536	209.4	145.3	0.7269
202.92B	2.5685	84.0	90.98	0.7084	40.92B	4.9536	209.1	145.3	0.7269	42.92B	5.1978	219.7	151.4	0.7317	42.92B	5.1978	219.7	151.4	0.7317
212.92B	2.6953	85.9	92.6	0.7130	42.92B	5.1978	219.7	151.4	0.7317	44.92B	5.4420	229.0	157.5	0.7365	44.92B	5.4420	229.0	157.5	0.7365
222.92B	2.8221	87.9	95.21	0.7176	44.92B	5.4420	229.0	157.5	0.7365	46.92B	5.6862	239.3	163.6	0.7413	46.92B	5.6862	239.3	163.6	0.7413
232.92B	2.9490	90.8	98.35	0.7222	46.92B	5.6862	239.3	163.6	0.7413	48.92B	5.9304	249.6	169.7	0.7461	48.92B	5.9304	249.6	169.7	0.7461
242.92B	3.0758	92.0	99.65	0.7268	48.92B	5.9304	249.6	169.7	0.7461	50.92B	6.1746	259.9	175.8	0.7509	50.92B	6.1746	259.9	175.8	0.7509
252.92B	3.2026	94.0	101.82	0.7314	50.92B	6.1746	259.9	175.8	0.7509	52.92B	6.4188	269.2	181.9	0.7557	52.92B	6.4188	269.2	181.9	0.7557
262.92B	3.3295	96.0	103.98	0.7360	52.92B	6.4188	269.2	181.9	0.7557	54.92B	6.6630	279.5	188.0	0.7605	54.92B	6.6630	279.5	188.0	0.7605
272.92B	3.4563	101.0	109.40	0.7406	54.92B	6.6630	279.5	188.0	0.7605	56.92B	6.9072	289.8	194.1	0.7653	56.92B	6.9072	289.8	194.1	0.7653
282.92B	3.5831	102.1	110.59	0.7452	56.92B	6.9072	289.8	194.1	0.7653	58.92B	7.1514	299.1	200.2	0.7701	58.92B	7.1514	299.1	200.2	0.7701
292.92B	3.7099	104.0	112.65	0.7498	58.92B	7.1514	299.1	200.2	0.7701	60.92B	7.3956	309.4	206.3	0.7749	60.92B	7.3956	309.4	206.3	0.7749
* 302.92B	3.8367	106.0	114.81	0.7544	60.92B	7.3956	309.4	206.3	0.7749	62.92B	7.6398	319.7	212.4	0.7797	62.92B	7.6398	319.7	212.4	0.7797
292.92B	3.7099	-	-	-	22.92B	0.2897	58.0	92.06	0.6830	292.92B	3.7099	-	-	-	292.92B	3.7099	-	-	-
282.92B	3.5831	109.0	113.73	0.6938	2.92B	0.0321	60.8	63.60	0.6422	282.92B	3.5831	109.0	113.73	0.6938	282.92B	3.5831	109.0	113.73	0.6938
272.92B	3.4563	106.3	112.97	0.6932						272.92B	3.4563	106.3	112.97	0.6932	272.92B	3.4563	106.3	112.97	0.6932
262.92B	3.3295	104.3	112.97	0.6932						262.92B	3.3295	104.3	112.97	0.6932	262.92B	3.3295	104.3	112.97	0.6932
252.92B	3.2026	104.3	112.97	0.6932						252.92B	3.2026	104.3	112.97	0.6932	252.92B	3.2026	104.3	112.97	0.6932
242.92B	3.0758	104.3	112.97	0.6932						242.92B	3.0758	104.3	112.97	0.6932	242.92B	3.0758	104.3	112.97	0.6932
232.92B	2.9490	104.3	112.97	0.6932						232.92B	2.9490	104.3	112.97	0.6932	232.92B	2.9490	104.3	112.97	0.6932
222.92B	2.8221	104.0	112.65	0.6929						222.92B	2.8221	104.0	112.65	0.6929	222.92B	2.8221	104.0	112.65	0.6929
212.92B	2.6953	103.7	112.52	0.6927						212.92B	2.6953	103.7	112.52	0.6927	212.92B	2.6953	103.7	112.52	0.6927
202.92B	2.5685	103.0	111.56	0.6921						202.92B	2.5685	103.0	111.56	0.6921	202.92B	2.5685	103.0	111.56	0.6921
192.92B	2.4417	101.9	110.37	0.6912						192.92B	2.4417	101.9	110.37	0.6912	192.92B	2.4417	101.9	110.37	0.6912
182.92B	2.3149	101.8	110.26	0.6911						182.92B	2.3149	101.8	110.26	0.6911	182.92B	2.3149	101.8	110.26	0.6911
172.92B	2.1880	101.9	109.94	0.6908						172.92B	2.1880	101.9	109.94	0.6908	172.92B	2.1880	101.9	109.94	0.6908
162.92B	2.0612	101.0	109.40	0.6904						162.92B	2.0612	101.0	109.40	0.6904	162.92B	2.0612	101.0	109.40	0.6904
152.92B	1.9344	99.0	107.23	0.6867						152.92B	1.9344	99.0	107.23	0.6867	152.92B	1.9344	99.0	107.23	0.6867
142.92B	1.8076	98.9	107.12	0.6866						142.92B	1.8076	98.9	107.12	0.6866	142.92B	1.8076	98.9	107.12	0.6866
132.92B	1.6807	98.9	106.15	0.6879						132.92B	1.6807	98.9	106.15	0.6879	132.92B	1.6807	98.9	106.15	0.6879
122.92B	1.5539	97.7	105.82	0.6876						122.92B	1.5539	97.7	105.82	0.6876	122.92B	1.5539	97.7	105.82	0.6876
112.92B	1.4271	95.0	102.90	0.6852						112.92B	1.4271	95.0	102.90	0.6852	112.92B	1.4271	95.0	102.90	0.6852
102.92B	1.3003	94.7	102.57	0.6852						102.92B	1.3003	94.7	102.57	0.6852	102.92B	1.3003	94.7	102.57	0.6852
92.92B	1.1735	94.0	101.82	0.6846						92.92B	1.1735	94.0	101.82	0.6846	92.92B	1.1735	94.0	101.82	0.6846
82.92B	1.0466	93.0	100.73	0.6838						82.92B	1.0466	93.0	100.73	0.6838	82.92B	1.0466	93.0	100.73	0.6838
72.92B	0.9198	88.5	95.84	0.6800						72.92B	0.9198	88.5	95.84	0.6800	72.92B	0.9198	88.5	95.84	0.6800
62.92B	0.7930	87.5	94.76	0.6793						62.92B	0.7930	87.5	94.76	0.6793	62.92B	0.7930	87.5	94.76	0.6793

ตารางที่ 6 การคำนวณค่าของ  $E_0$  และ  $\alpha$  โดยอาศัยข้อมูลจาก Consolidation Test

	ความเค้น (STRESS) P/A กก./ซม. <sup>2</sup>	* ความเครียด (STRAIN) $\Delta h/h_0$ $\times 10^{-3}$	$\dagger \gamma/\gamma_0 = \frac{1}{1-\Delta h/h_0}$	$\ln [P/A + \Delta h/h_0]$	$-(1-\gamma/\gamma_0)$ $\times 10^{-4}$	$[-(1-\gamma/\gamma_0)]^2$	$-(1-\gamma/\gamma_0) \cdot \ln [P/A + \Delta h/h_0]$	ความเค้น(P/A) (กก./ซม. <sup>2</sup> ) เมื่อ $E_0 = 12,1727$ และ $\alpha = 7,6809$	ความคลาดเคลื่อน ของ P/A %
1	0.2857	19.77	1.0202	2.6708	0.0202	4.0804	0.0540	0.2810	-1.64
2	0.5393	35.10	1.0364	2.7321	0.0364	13.2496	0.0994	0.5651	-4.78
3	0.7930	46.20	1.0484	2.8428	0.0484	23.4256	0.1376	0.8156	2.85
4	1.0466	55.37	1.0586	2.9393	0.0586	34.3396	0.1722	1.0571	1.01
5	1.3003	63.60	1.0679	3.0177	0.0679	46.1041	0.2049	1.3042	0.30
6	1.5539	70.77	1.0761	3.0891	0.0761	57.9121	0.2351	1.5456	-0.54
7	1.8076	77.20	1.0836	3.1533	0.0836	69.8896	0.2636	1.7860	-1.19
8	2.0612	79.87	1.0868	3.2506	0.0868	75.3424	0.2822	1.8937	-8.12
9	2.3149	88.77	1.0974	3.2611	0.0974	94.8676	0.3176	2.2833	-1.36
10	2.5685	94.07	1.1038	3.3070	0.1038	107.7444	0.3433	2.5415	-1.05
11	2.8222	99.06	1.1099	3.3495	0.1099	120.7801	0.3681	2.8074	-0.62
12	3.0758	103.83	1.1158	3.3886	0.1158	134.0964	0.3924	3.0760	0.01
13	3.3295	108.57	1.1218	3.4232	0.1218	148.3524	0.4169	3.3682	1.16
14	3.5831	113.17	1.1276	3.4551	0.1276	162.8176	0.4409	3.6708	2.45
15	3.8367	117.43	1.1330	3.4865	0.1330	176.8900	0.4637	3.9703	3.48
			$\Sigma$	47.3667	1.2873	1269.8919	4.1919		

\* ค่าความเครียด  $\Delta h/h_0$  เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ Consolidation Test ของขี้ขาวเบรลิก 4 ตัวอย่าง

$\dagger \gamma/\gamma_0$  คืออัตราส่วนรองความหนาแน่นภายหลังถูกน้ำหนักกดทับในระหว่างการทดสอบ ( $\gamma$ ) ต่อความหนาแน่นเดิม ( $\gamma_0$ )

$$\ddagger E_0 = \text{Anti ln} \frac{\frac{\Sigma \ln [P/A + \Delta h/h_0]}{\Sigma -(1-\gamma/\gamma_0) \cdot \ln [P/A + \Delta h/h_0]}}{\frac{N}{\Sigma -(1-\gamma/\gamma_0)}} ; \alpha = \frac{\frac{N}{\Sigma -(1-\gamma/\gamma_0)} \frac{\Sigma \ln [P/A + \Delta h/h_0]}{\Sigma -(1-\gamma/\gamma_0) \cdot \ln [P/A + \Delta h/h_0]}}{\frac{N}{\Sigma -(1-\gamma/\gamma_0)} \frac{\Sigma -(1-\gamma/\gamma_0)}{\Sigma [(1-\gamma/\gamma_0)]^2}}$$



ตารางที่ 7 การคำนวณค่าของแรงกดลงบนจุดเชื่อมต่อ NODAL POINT ของอีลีเมนต์ของมวลข้าวเปลือกใน CONSOLIDATION CYLINDER โดยแปลงจากค่าแรงดันเฉลี่ย (PRESSURE)

NODAL POINT	$r_1$ ทม.	$r_2$ ทม.	$p=0.4125$ กก./ทม. <sup>2</sup>		แรงกดลงบน Nodal Point = $P_{r_1} + P_{r_2}$ , (กก.)
			$P_{r_1}$ (กก.) *	$P_{r_2}$ (กก.) **	
79	0	0.4175	0.0120	0.0240	0.0120
80	0.4175	0.8350	0.0479	0.0599	0.0719
81	0.8350	1.2525	1.0839	0.0959	0.1438
82	1.2525	1.6700	0.1198	0.1318	0.2157
83	1.6700	2.0875	0.1558	0.1678	0.2876
84	2.0875	2.5050	0.1917	0.2037	0.3595
85	2.5050	2.9225	0.2277	0.2397	0.4314
86	2.9225	3.3400	0.2636	0.2756	0.5033
87	3.3400	3.7575	0.2996	0.3116	0.5752
88	3.7575	4.1750	0.3355	0.3475	0.6471
89	4.1750	4.5925	0.3715	0.3835	0.7190
90	4.5925	5.0100	0.4074	0.4194	0.7909
91	5.0100	-	-	-	0.4194

$$* P_{r_1} = p(r_2 - r_1) \left[ \frac{r_1}{2} + \frac{1}{6} (r_2 - r_1) \right]$$

$$** P_{r_2} = p(r_2 - r_1) \left[ \frac{r_1}{2} + \frac{1}{3} (r_2 - r_1) \right]$$



ตารางที่ 8 ข้อมูลจากการทดลองตรวจสอบความเสียดทาน (Friction)

ระหว่างมวลขาวเปลือกกับผิวคอนกรีตโดยวิธี Direct, Single-Shear Test

การทดลองครั้งที่ 1 P <sub>n</sub> = 4 กก. σ <sub>n</sub> = 6.20 ตัน/ม <sup>2</sup>			การทดลองครั้งที่ 2 P <sub>n</sub> = 6 กก. σ <sub>n</sub> = 9.30 ตัน/ม <sup>2</sup>			การทดลองครั้งที่ 3 P <sub>n</sub> = 8 กก. σ <sub>n</sub> = 12.40 ตัน/ม <sup>2</sup>			การทดลองครั้งที่ 4 P <sub>n</sub> = 10 กก. σ <sub>n</sub> = 15.50 ตัน/ม <sup>2</sup>			การทดลองครั้งที่ 5 P <sub>n</sub> = 12 กก. σ <sub>n</sub> = 18.60 ตัน/ม <sup>2</sup>			การทดลองครั้งที่ 6 P <sub>n</sub> = 16 กก. σ <sub>n</sub> = 24.80 ตัน/ม <sup>2</sup>		
ระยะ เคลื่อนตัว × 10 <sup>-3</sup> นิ้ว	P <sub>s</sub> กก.	φ <sub>s</sub> ตัน/ม <sup>2</sup> .	ระยะ เคลื่อนตัว × 10 <sup>-3</sup> นิ้ว	P <sub>s</sub> กก.	φ <sub>s</sub> ตัน/ม <sup>2</sup> .	ระยะ เคลื่อนตัว × 10 <sup>-3</sup> นิ้ว	P <sub>s</sub> กก.	φ <sub>s</sub> ตัน/ม <sup>2</sup> .	ระยะ เคลื่อนตัว × 10 <sup>-3</sup> นิ้ว	P <sub>s</sub> กก.	φ <sub>s</sub> ตัน/ม <sup>2</sup> .	ระยะ เคลื่อนตัว × 10 <sup>-3</sup> นิ้ว	P <sub>s</sub> กก.	φ <sub>s</sub> ตัน/ม <sup>2</sup> .	ระยะ เคลื่อนตัว × 10 <sup>-3</sup> นิ้ว	P <sub>s</sub> กก.	φ <sub>s</sub> ตัน/ม <sup>2</sup> .
4	1.00	2.48	5	2.08	3.22	5	3.35	5.19	5	2.85	4.42	5	3.20	4.36	5	2.75	4.26
8	2.20	3.41	10	3.15	4.88	10	3.82	5.32	10	3.75	5.81	10	3.95	6.12	10	3.70	5.74
12	2.38	3.69	15	3.58	5.55	15	4.00	6.20	15	4.13	6.40	15	4.25	6.59	15	4.24	6.57
16	2.60	4.03	20	3.75	5.81	20	4.13	6.40	20	4.43	6.87	20	4.55	7.05	20	4.35	7.05
20	2.75	4.26	25	3.75	5.81	25	4.03	6.25	25	4.65	7.21	25	4.77	7.39	25	4.90	7.60
24	2.75	4.34	30	3.61	5.60	30	4.05	6.28	30	4.77	7.39	30	4.85	7.52	30	5.05	7.83
28	2.80	4.34	35	3.58	5.55	35	4.18	6.48	35	4.80	7.44	35	4.90	7.60	35	5.24	8.12
32	2.95	4.57	40	3.58	5.55	40	4.20	6.51	40	4.88	7.56	40	4.95	7.67	40	5.26	8.15
36	2.98	4.62	45	3.58	5.55	45	4.20	6.51	45	4.86	7.56	45	5.02	7.78	45	5.44	8.43
40	3.01	3.01	50	3.60	5.58	50	4.20	6.51	50	4.88	7.56	50	5.15	7.98	50	5.60	8.68
44	3.15	4.98	60	3.65	5.66	60	4.23	6.56	60	5.12	7.94	60	5.38	8.34	60	5.80	8.99
48	3.30	5.12	70	—	—	70	4.23	6.56	70	5.14	7.97	70	5.20	8.06	70	5.95	9.22
52	3.50	5.43	80	3.68	5.70	80	4.28	6.63	80	5.14	7.97	80	5.25	8.14	80	6.00	9.30
56	3.57	5.66	90	3.58	5.55	90	4.28	6.63	90	5.14	7.97	90	5.32	8.25	90	6.20	9.61
60	3.65	5.12	100	3.55	5.50	100	4.30	6.67	100	5.14	7.97	100	5.55	8.60	100	5.95	9.22
64	3.30	5.12	125	3.52	5.46	125	4.06	6.29	120	5.14	7.97	120	5.44	8.43	130	5.95	9.22
68	3.30	4.99	150	3.50	5.43	150	4.03	6.25	140	5.14	7.97	140	5.50	8.53	160	5.75	8.91
72	3.22	4.82	200	3.57	5.53	175	4.20	6.51	160	5.14	7.97	160	5.55	8.60	190	5.75	8.91
76	3.11	4.84				200	4.20	6.51	180	5.14	7.97	180	5.55	8.60	225	5.75	8.91
80	3.12	4.87				240	4.30	6.67	200	5.14	7.97	200	5.55	8.60	250	5.95	9.22
84	3.14	4.87				300	4.05	6.28				240	5.38	8.34	275	5.84	9.05
															300	5.05	7.83

ตารางที่ 9 การคำนวณตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของกราฟแสดงความสัมพันธ์  
ระหว่างหน่วยแรงเสียดทาน ( $\sigma_f$ ) กับหน่วยแรงในแนวตั้งฉาก ( $\sigma_n$ )

ค่าที่อ่านได้จากกราฟ รูปที่ 14		ln. $\sigma_f$	ln. $\sigma_n$	ln. $\sigma_f \cdot \ln \sigma_n$	(ln $\sigma_n$ ) <sup>2</sup>	$\sigma_f$ ตัน/ม. <sup>2</sup> จากการคำนวณ เมื่อใช้ $\mu = 1.6709$ และ $a = 0.5304$	ความคลาดเคลื่อนของ $\sigma_f$ %
$\sigma_f$ ตัน/ม. <sup>2</sup>	$\sigma_n$ ตัน/ม. <sup>2</sup>						
2	1.40	0.6931	0.3365	0.2332	0.1132	1.99	-0.50
3	3.00	1.0986	1.0986	1.2069	1.2069	2.99	-0.33
4	5.23	1.3863	1.6544	2.2935	2.7370	4.02	0.50
5	7.90	1.6094	2.0669	3.3265	4.2721	5.00	0
6	11.20	1.7918	2.4159	4.3288	5.8366	6.02	0.33
7	14.90	1.9459	2.0794	2.9444	6.1226	7.00	0
8	19.00	2.0794	2.9444	6.1226	8.6659	7.97	-0.38
9	23.80	2.1972	3.1697	6.9646	10.0470	8.98	-0.22
10	29.25	2.3026	3.3759	7.7733	11.3967	10.02	0.20
$\Sigma$		15.1044	19.7636	37.5060	51.5766		

$$* \mu' = \text{Anti. ln} \frac{\left| \begin{array}{cc} \Sigma \ln \sigma_f & \Sigma \ln \sigma_n \\ \Sigma (\ln \sigma_f \cdot \ln \sigma_n) & \Sigma (\ln \sigma_n)^2 \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{cc} N & \Sigma \ln \sigma_n \\ \Sigma \ln \sigma_n & \Sigma (\ln \sigma_n)^2 \end{array} \right|} ; a = \frac{\left| \begin{array}{cc} N & \Sigma \ln \sigma_f \\ \Sigma \ln \sigma_n & \Sigma (\ln \sigma_f \cdot \ln \sigma_n) \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{cc} N & \Sigma \ln \sigma_n \\ \Sigma \ln \sigma_n & \Sigma (\ln \sigma_n)^2 \end{array} \right|}$$

ตารางที่ 10

ข้อมูลจากการทดลองตรวจสอบค่า  
มุมลาดชันปกติ ( $\theta$ , Angle of Repose) ของข้าวเปลือก

การทดลองครั้งที่	ความสูงของ กองข้าวเปลือก h (ซม.)	ความยาวเส้นรอบวง ที่ฐานของกองข้าวเปลือก c (ซม.)	มุมลาดชันปกติ $\theta = \tan^{-1} \frac{2\pi h}{c}$
1	22.7	340.3	22.74°
2	23.2	346.7	22.80°
3	19.6	293.3	22.78°
4	20.8	312.1	22.72°
5	22.0	330.2	22.71°
		<u>ค่าเฉลี่ย</u>	22.75°

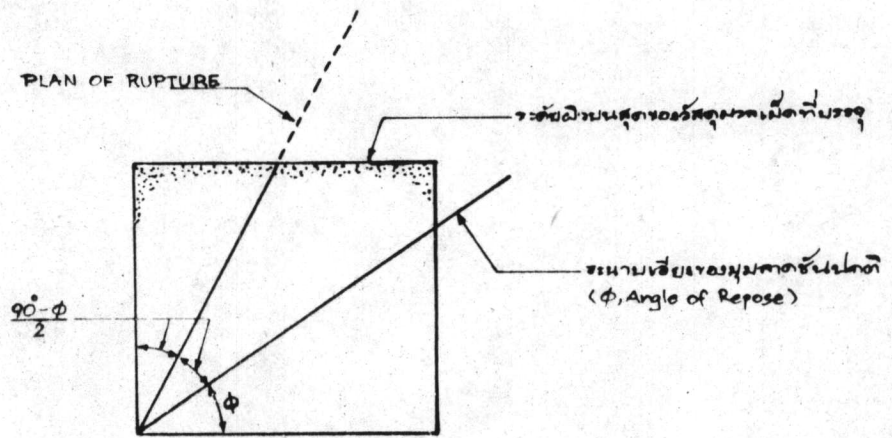


ตารางที่ 11 ลำดับความจุของไซโลแสดงในรูปของน้ำหนักมวลข้าวเปลือกที่บรรจุเป็นชั้น ๆ

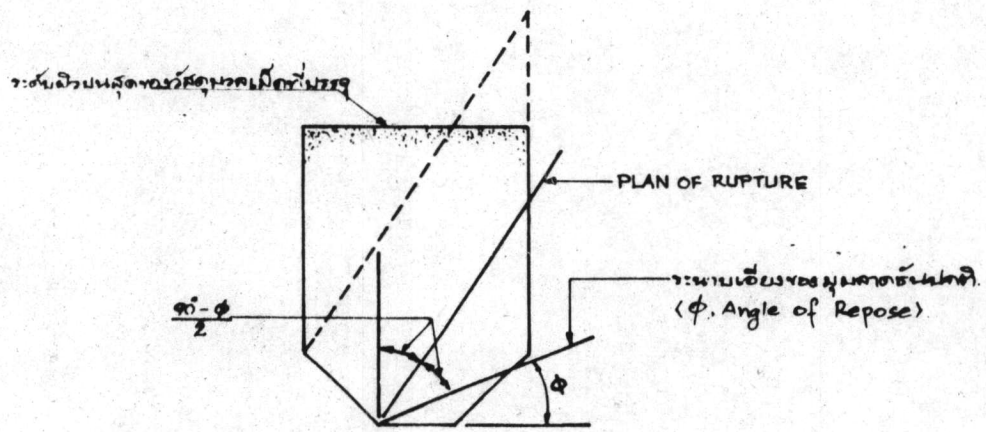
ลำดับชั้น ของมวล ข้าวเปลือก ที่บรรจุ ในไซโล	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไซโล									
	6 เมตร		8 เมตร		10 เมตร		15 เมตร		20 เมตร	
	น้ำหนัก แต่ละชั้น (ตัน)	น้ำหนัก สะสม (ตัน)	น้ำหนัก แต่ละชั้น (ตัน)	น้ำหนัก สะสม (ตัน)	น้ำหนัก แต่ละชั้น (ตัน)	น้ำหนัก สะสม (ตัน)	น้ำหนัก แต่ละชั้น (ตัน)	น้ำหนัก สะสม (ตัน)	น้ำหนัก แต่ละชั้น (ตัน)	น้ำหนัก สะสม (ตัน)
1	29.026	29.026	42.916	42.916	53.490	53.490	317.020	317.020	427.923	427.923
2	43.676	72.702	77.648	120.564	121.324	174.814	242.649	559.669	431.376	859.299
3	44.662	117.364	78.736	199.300	122.550	297.364	255.370	815.039	464.273	1,323.572
4	44.653	162.017	79.743	279.043	124.392	421.756	251.966	1,067.005	463.294	1,786.866
5	44.650	206.667	78.666	357.709	123.506	545.262	257.425	1,324.430	464.832	2,251.698
6	44.213	250.880	79.656	437.335	125.687	670.949	254.113	1,578.543	458.046	2,709.744
7	44.648	295.528	79.654	516.989	126.673	799.622	257.899	1,836.442	406.978	3,116.722
8	44.639	340.167	80.682	597.671	126.092	925.714	255.720	2,092.163	466.060	3,582.782
9	44.636	384.803	80.713	678.384	126.765	1,052.479	258.712	2,350.875	467.899	4,050.681
10	44.641	429.444	80.697	759.081	126.846	1,179.325	251.459	2,602.334	466.959	4,517.640

ภาคผนวก ข.

รูปประกอบ  
๖



(ก) บังเกอร์ (BUNKER)

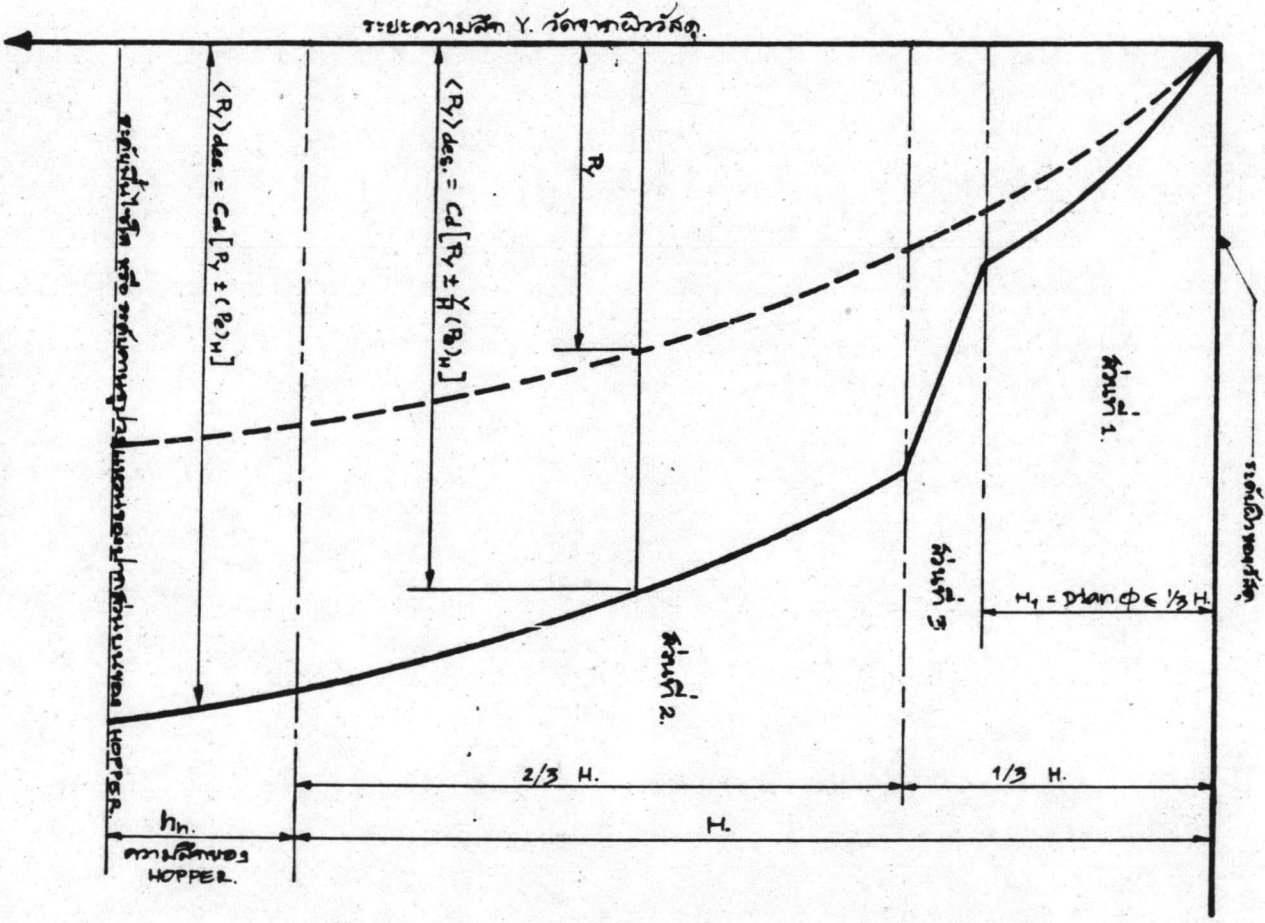


(ข) ไหลโค (SILO)

รูปที่ 1 การแบ่งประเภทของโครงสร้างที่ใช้บรรจุวัสดุคูลเม็ค  
โดยพิจารณาจาก Plane of Rupture



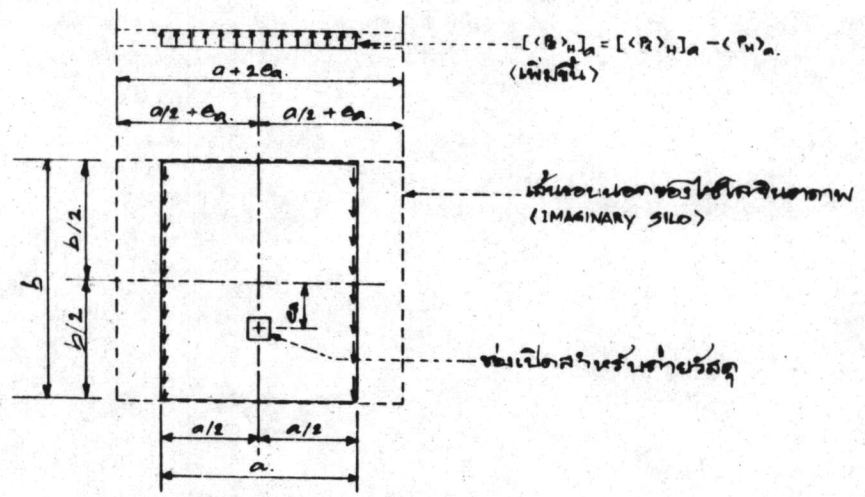




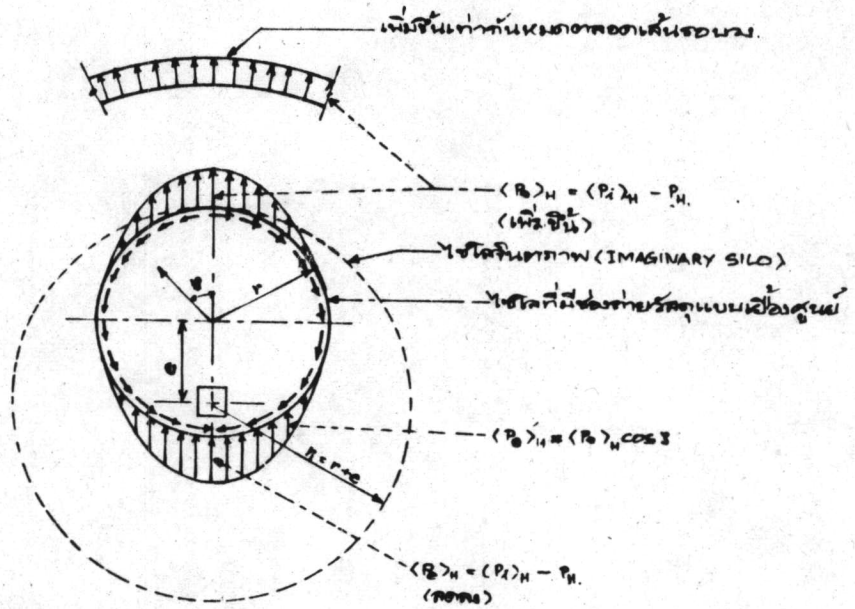
----- บรรทัดนี้สำหรับกรณีการคำนวณใช้สูตรของ JANSSSEN'S FORMULA หรือ REIMBERTS FORMULA.

\_\_\_\_\_ บรรทัดนี้สำหรับกรณีการคำนวณใช้สูตรของ JANSSSEN'S FORMULA หรือ REIMBERTS FORMULA.

รูปที่ 4 แรงดันตามขวางกระทำกับผนังไซโลสำหรับไซโลที่คำนวณออกแบบของ Sarsig S. Safarian ซึ่งพิจารณาผลของ Overpressure และการถ่วงน้ำหนักแบบเอียงศูนย์กลาง (Eccentric Discharge)



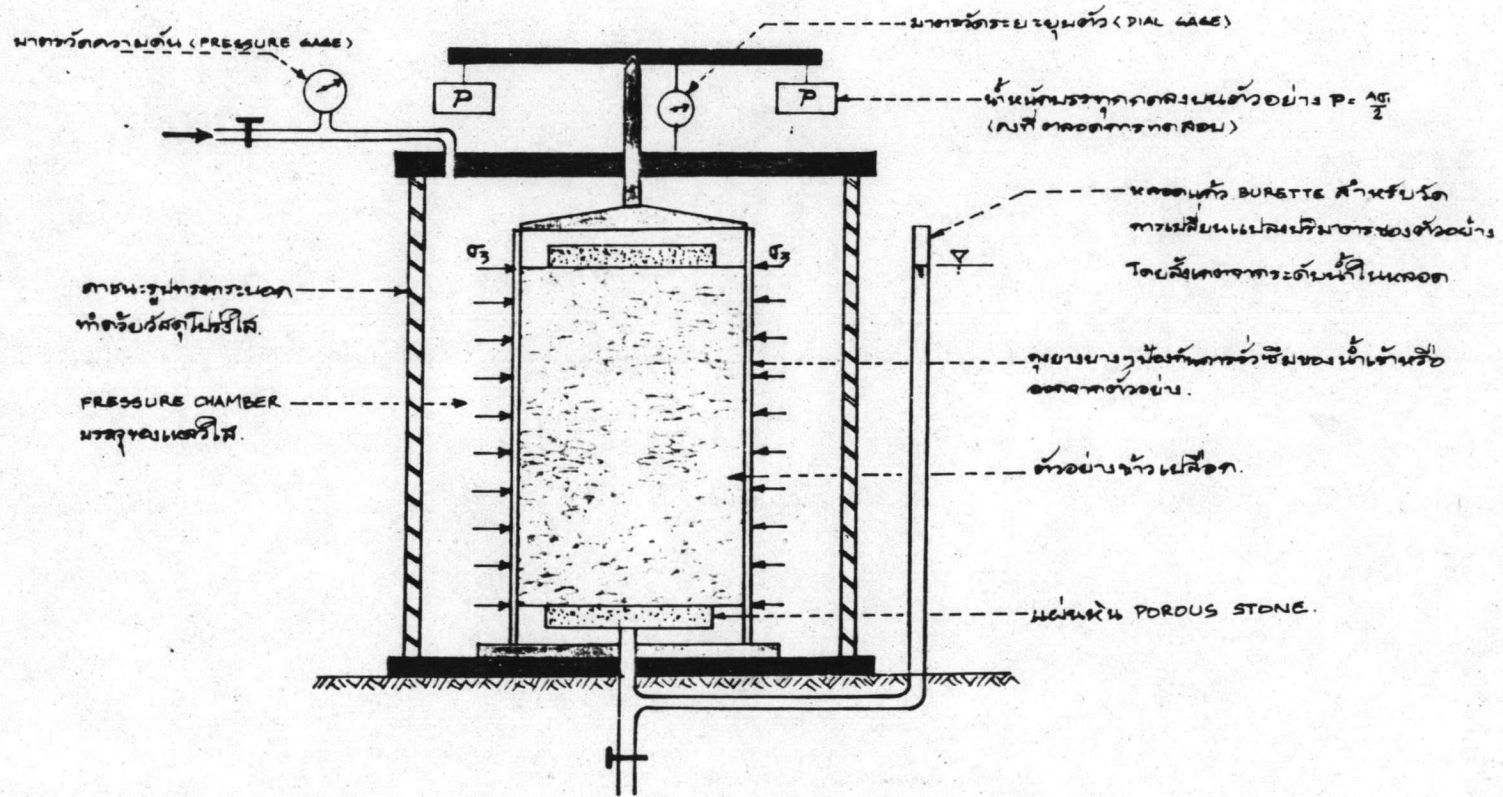
(ก) ไซโลจินตภาพ (IMAGINARY SILO) สำหรับไซโลหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม



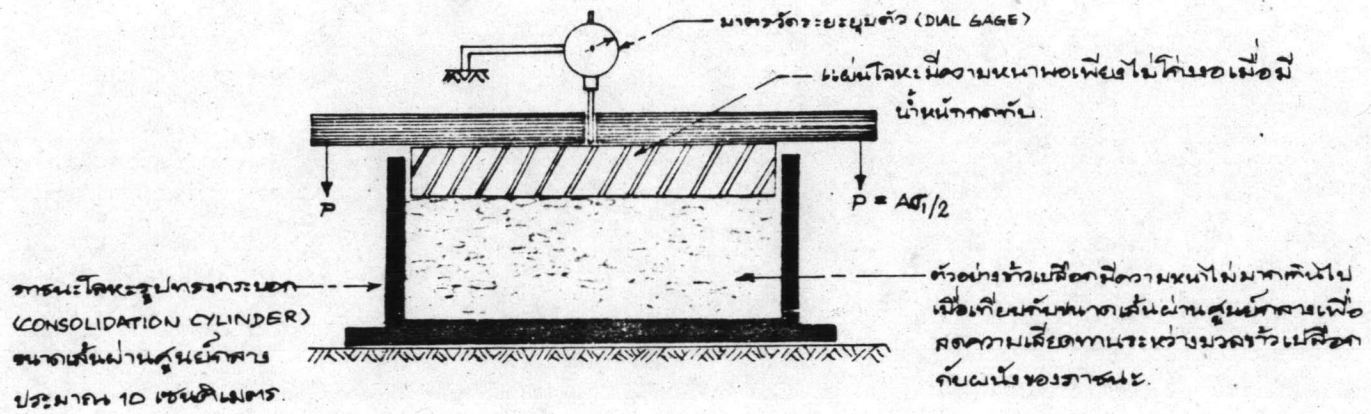
(ข) ไซโลจินตภาพ (IMAGINARY SILO) สำหรับไซโลหน้าตัดรูปวงกลม

รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของแรงคั้นกระทำกับผนังไซโล เนื่องจากการถ่ายวัสดุผ่านช่องเปิดแบบเฉียงศูนย์

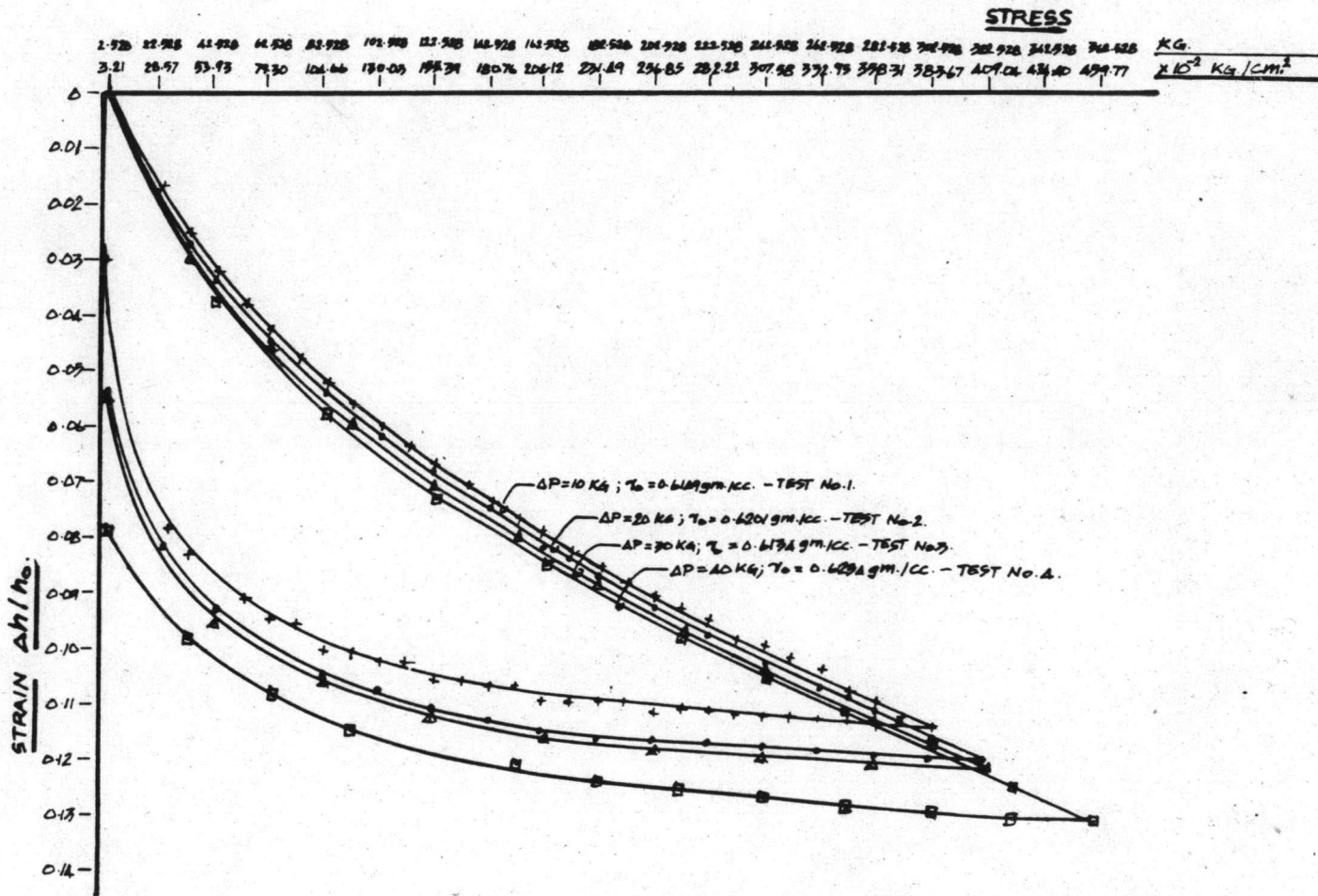




รูปที่ 6 ลักษณะของ Triaxial Cell ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง  
 สเตรซ-สเตรน (Stress-Strain Relation) ในข้าวเปลือก

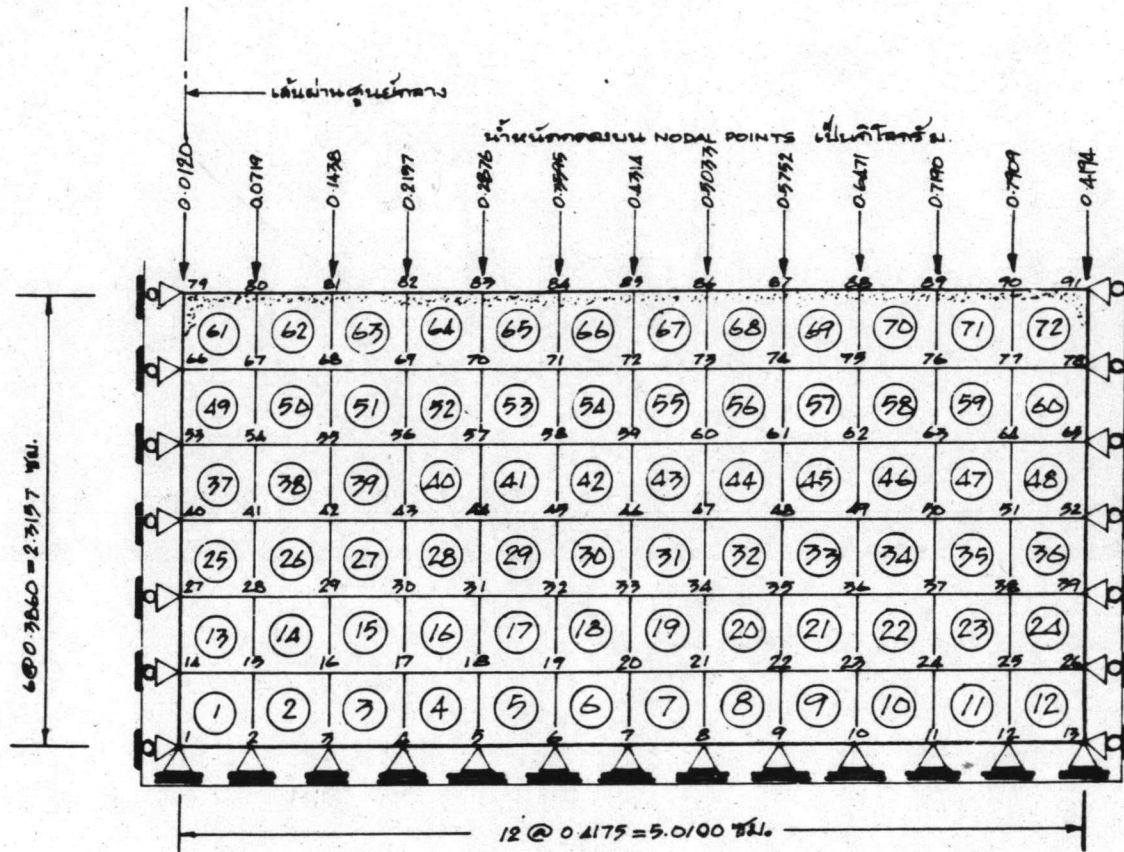


รูปที่ 7 Consolidation Creep Test เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง  
 สเตรส-สเตรน (Stress-Strain Relation) ในชาวเปลือก

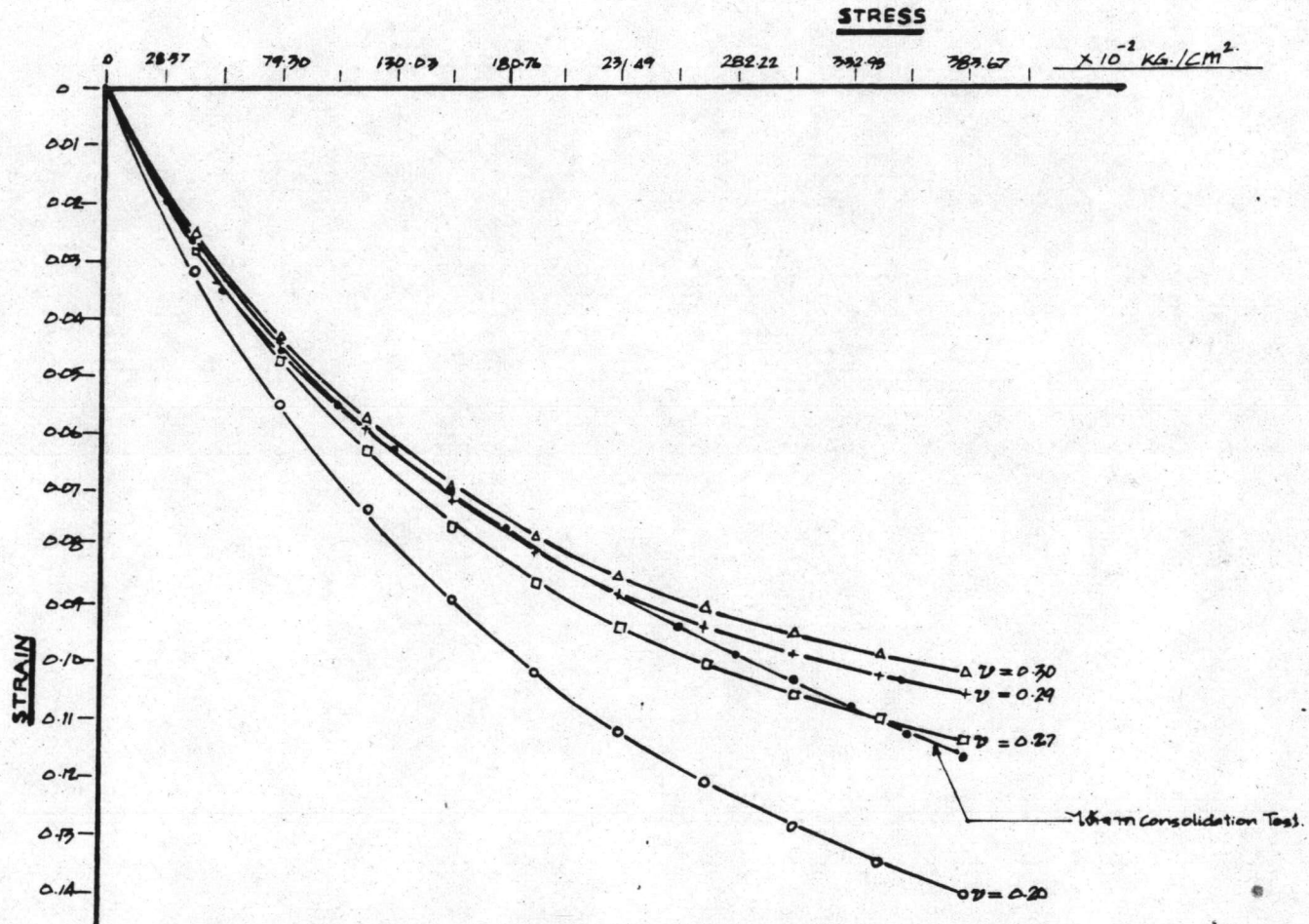


รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสเตรซ-สเตรน (Stress-Strain Relation)  
จากการทดลองควย Consolidation Test

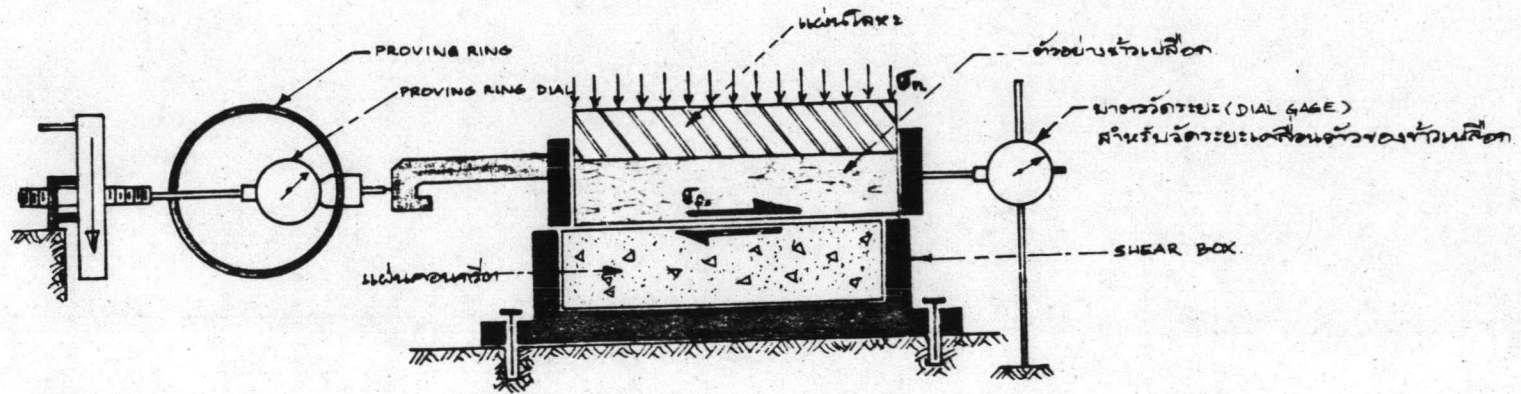




รูปที่ 9 ลักษณะการแบ่งมวลข้าวเปลือกใน Consolidation Cylinder ออกเป็น  
 อีลิเมนต์พร้อมทั้งแสดงเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)  
 สำหรับคำนวณค่าของ Stress และ Strain โดยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์  
 เพื่อตรวจสอบค่า Poisson's Ratio ของข้าวเปลือก

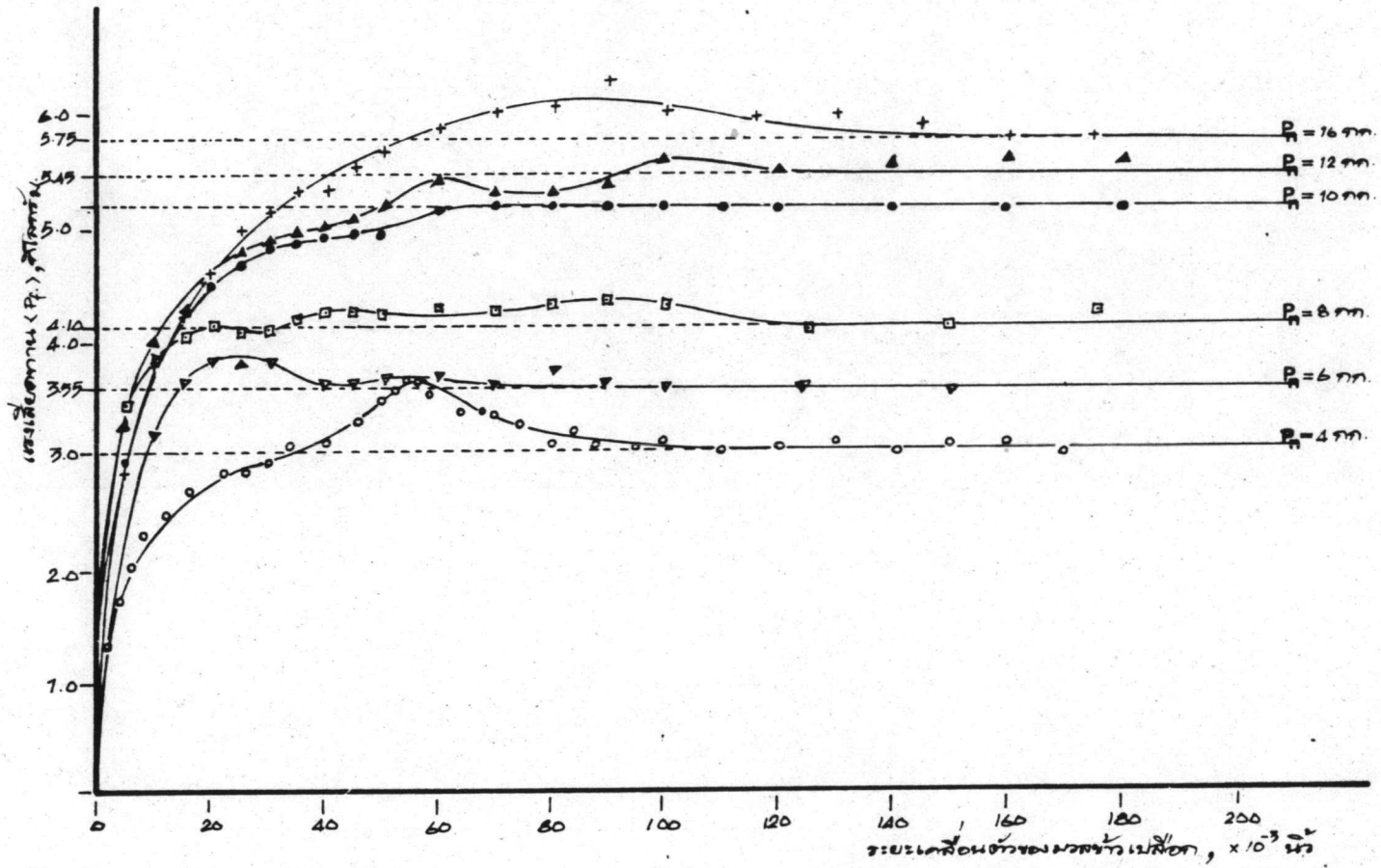


รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเตรซ-สเตรน (Stress-Strain) ในชาวเปลือก  
 เปรียบเทียบระหว่างที่ได้จาก Consolidation Test กับที่ได้จากการคำนวณโดย  
 วิธีไฟไนท์อีเลเมนต์ โดยกำหนดค่าของ Poisson's Ratio ( $\nu$ )

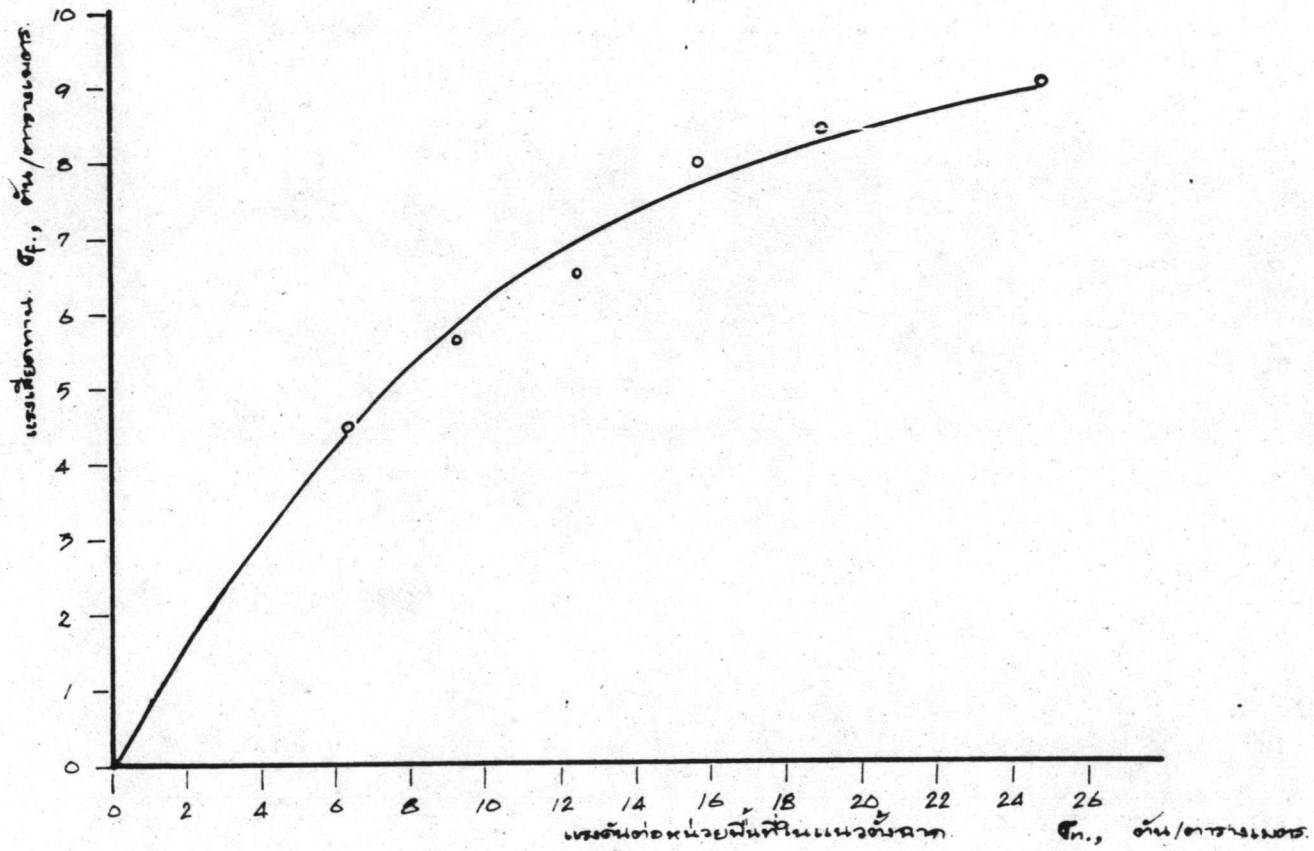


รูปที่ 11 การตรวจสอบความฝืด (Friction) ระหว่างผิวคอนกรีตกับมวลข้าวเปลือก  
โดยวิธี Direct Single-shear Test

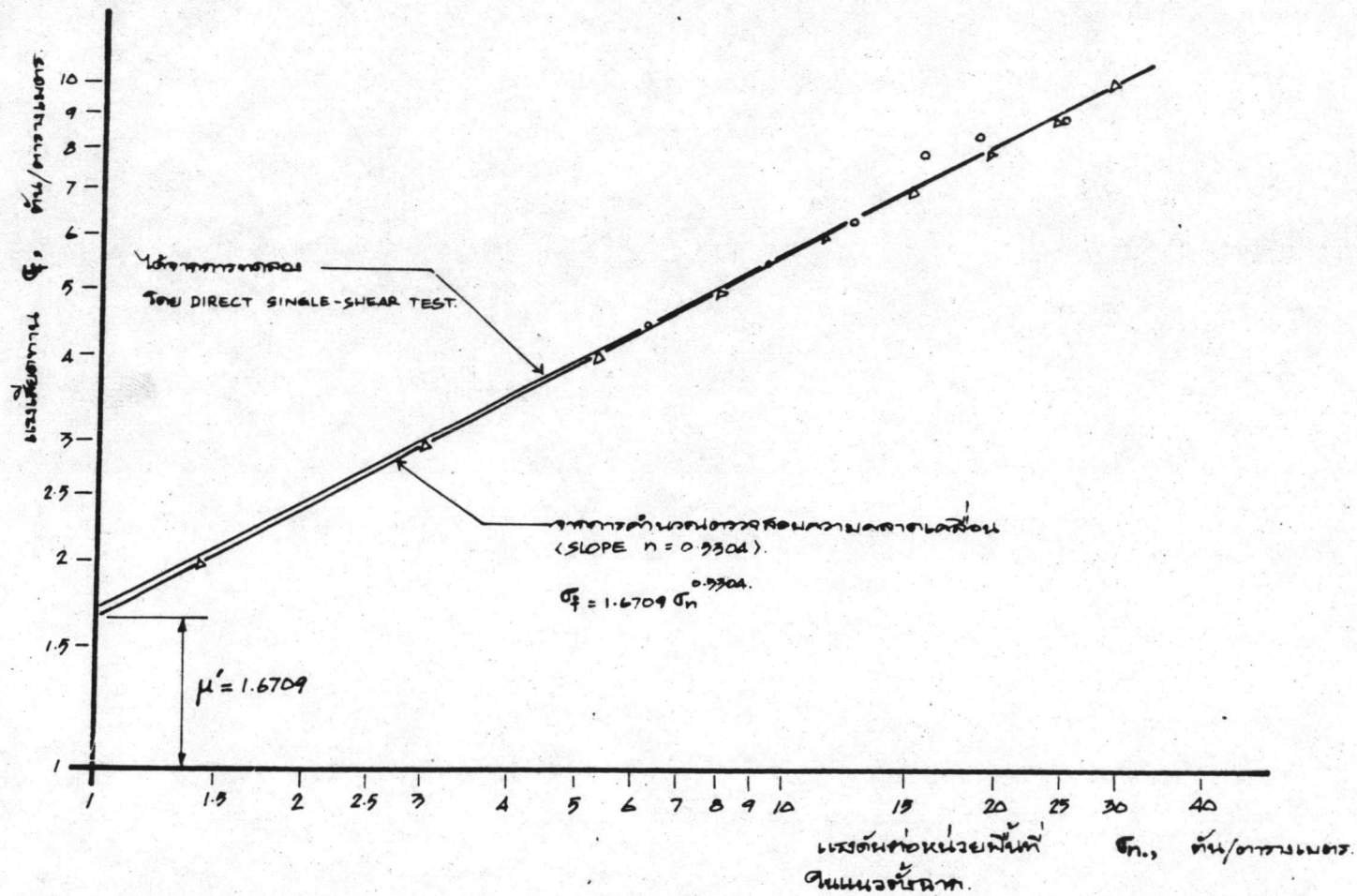




รูปที่ 12 กราฟแสดงขนาดของแรงเฉือนทาน ( $P_s$ ) ที่ผิวคอนกรีตเมื่อเคลื่อนมวลของข้าวเปลือก  
 คุกรุดไปตามผิว ซึ่งทดสอบด้วยวิธี Direct Single-Shear Test

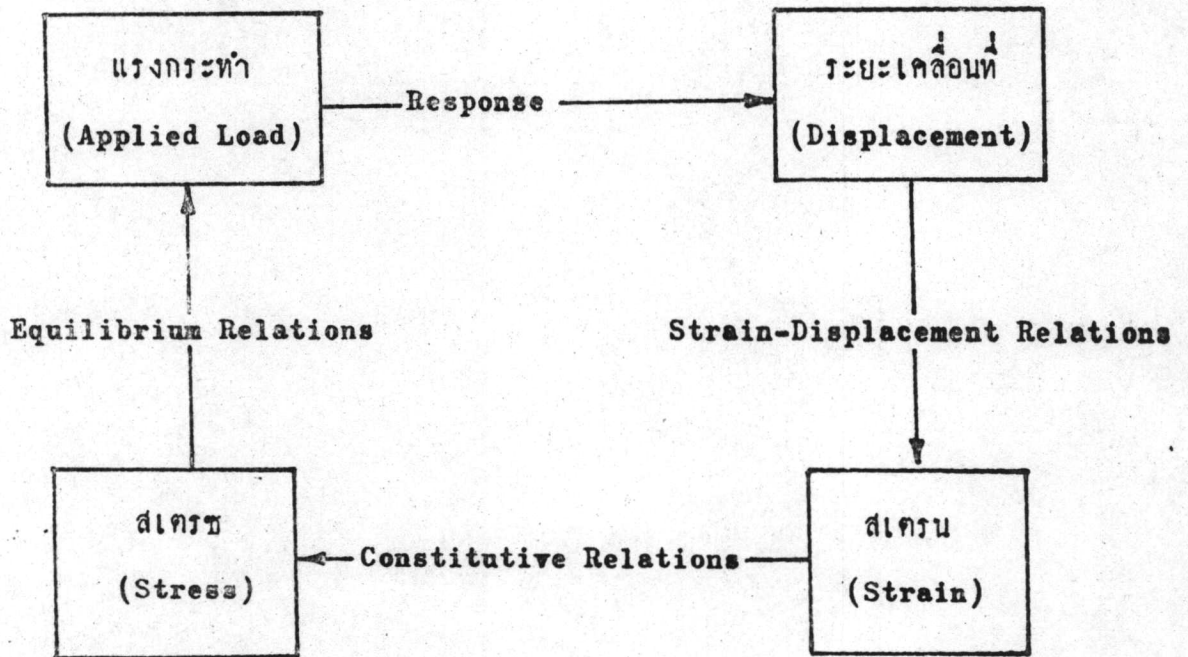


รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉื่อยทาน ( $\sigma_t$ ) ของมวลข้าวเปลือกกับผิวคอนกรีต และแรงดันในแนวตั้งฉาก ( $\sigma_n$ )

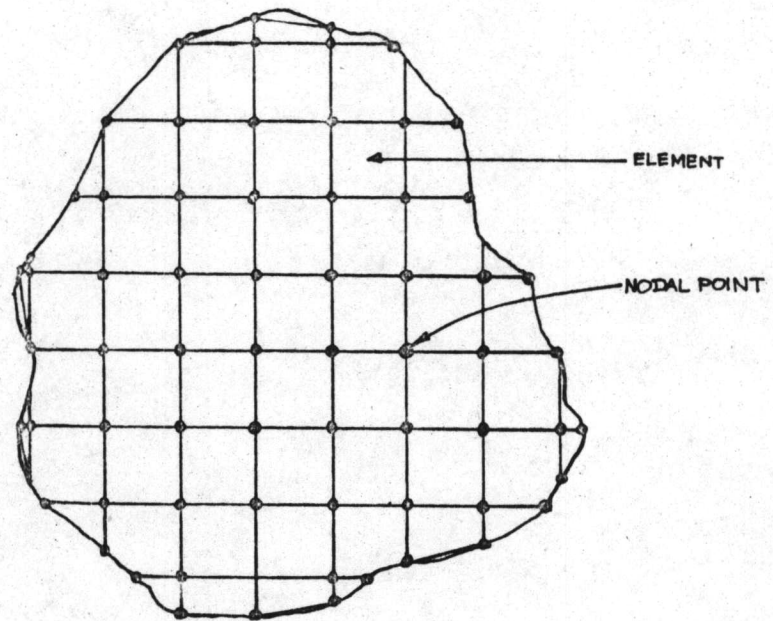


รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน ( $\sigma_f$ ) ของมวลข้าวเปลือกกับผิวคอนกรีต และแรงดันในแนวกิ่ง ( $\sigma_n$ ) ใน Logarithmic Scale

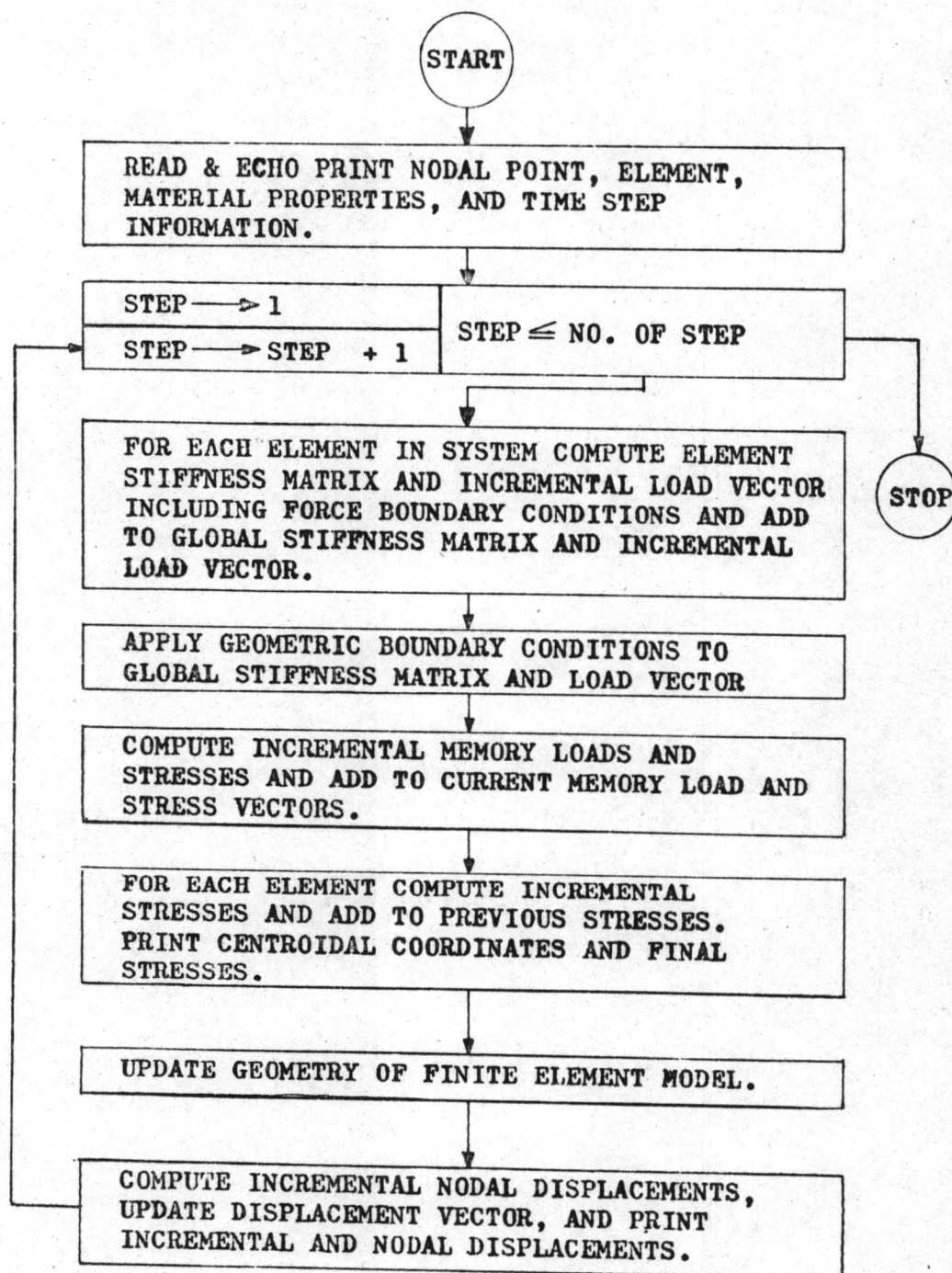




รูปที่ 15 นี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสเตรซ, สเตรน และระยะเคลื่อนที่

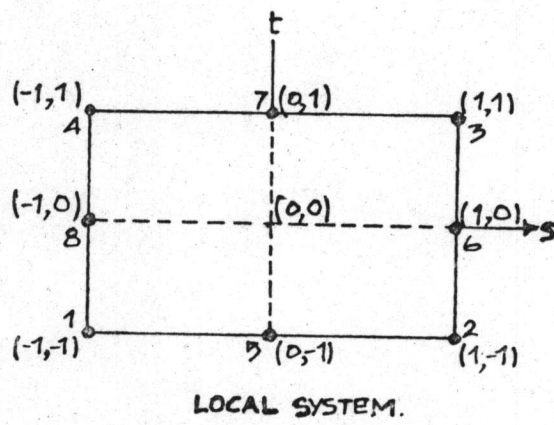
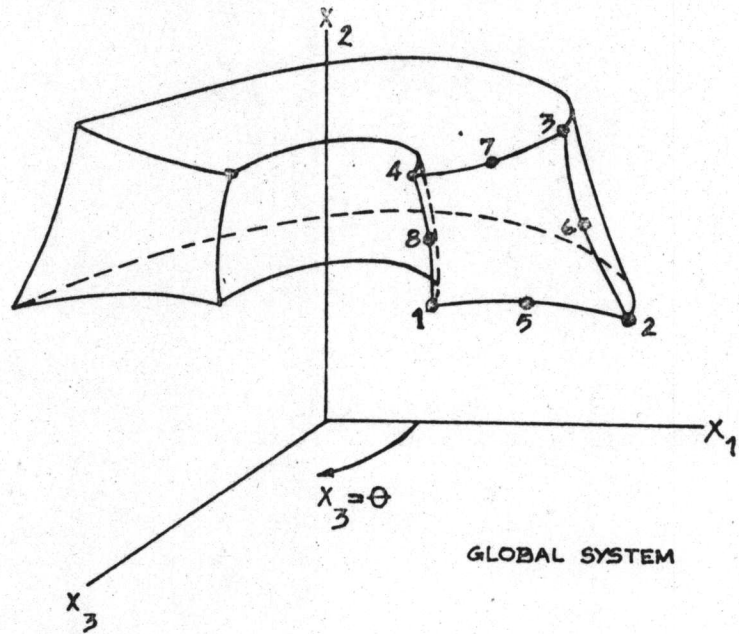


รูปที่ 16 การแบ่งอาณาบริเวณของวัตถุออกเป็นไฟไนต์อีลิเมนต์

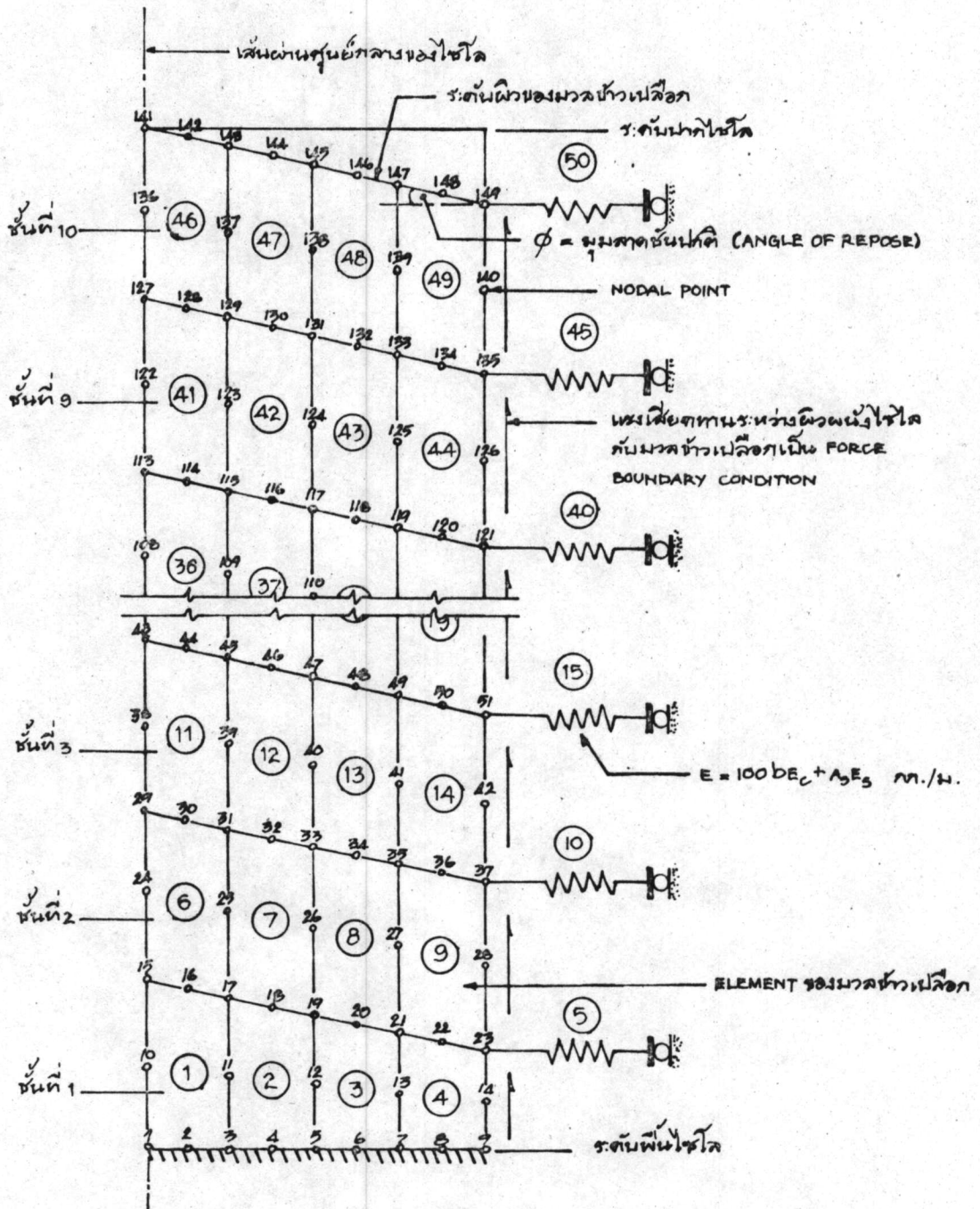


รูปที่ 17 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ใน COMPUTER PROGRAM.

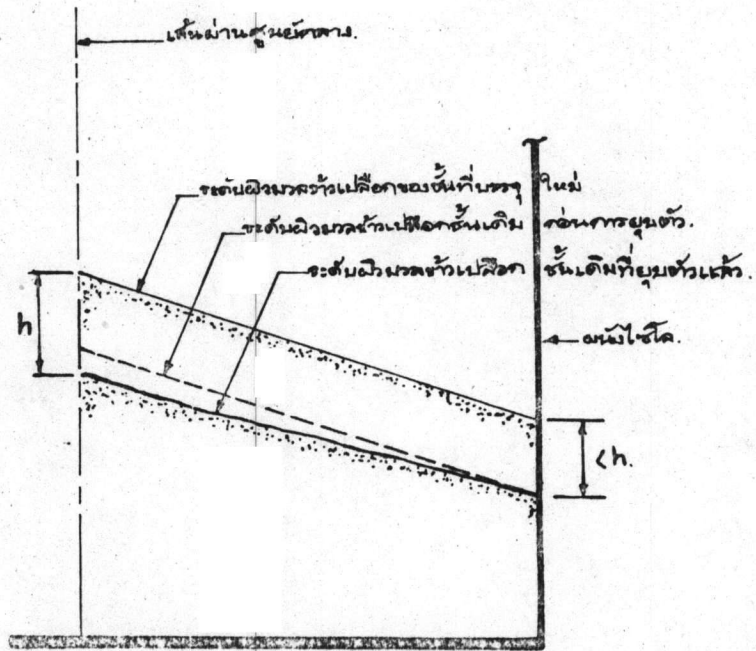




รูปที่ 18 ไพลินทอิลเมนต์ 8-point Isoparametric  
 Quadrilateral Ring Element

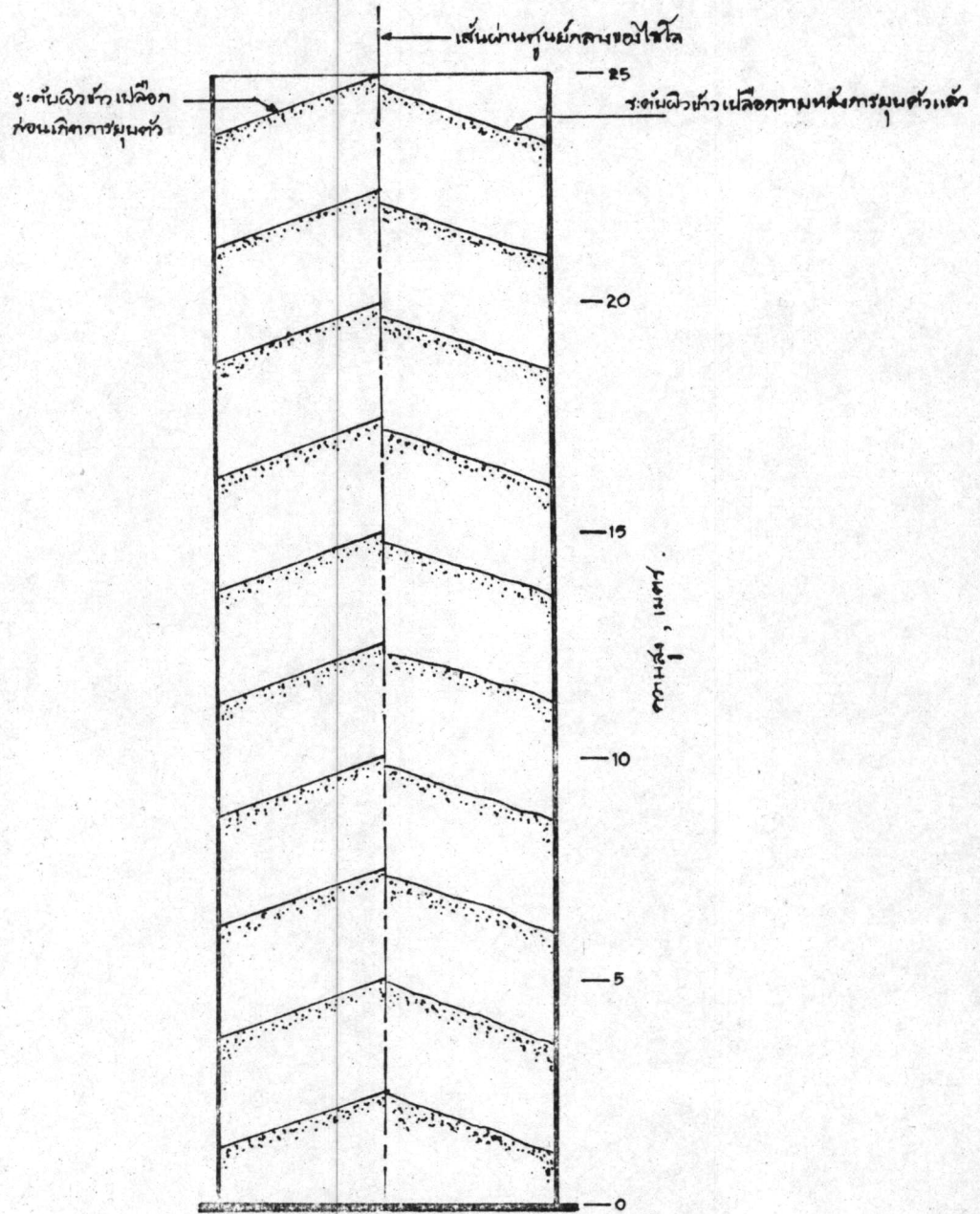


รูปที่ 19 ลักษณะการจำลองสภาพมวลข้างเปลือกและโซลิด สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมโดยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์

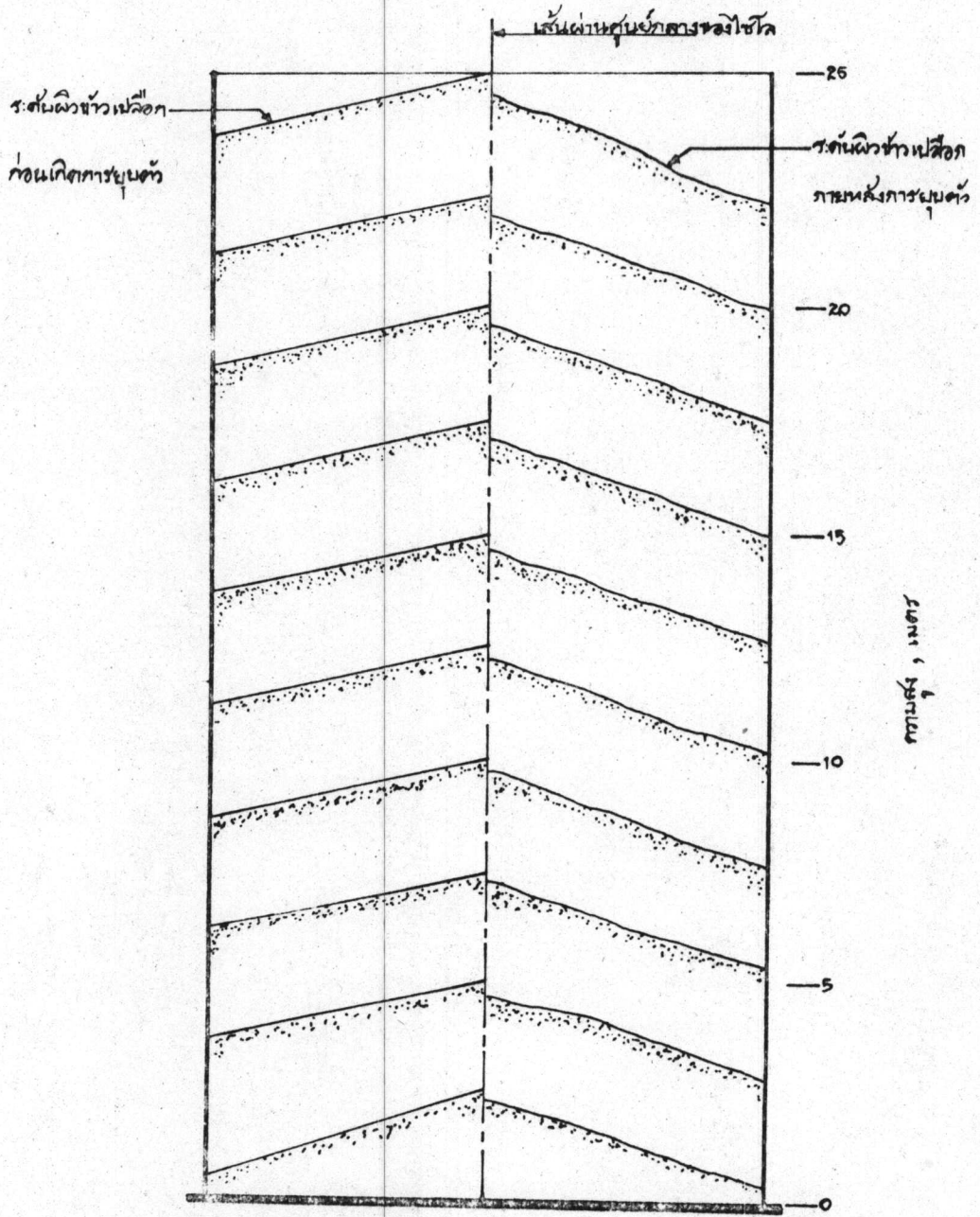


รูปที่ 20 การบรรจุมวลตัวเปลือกชั้นถัดขึ้นไปสำหรับการวิเคราะห์

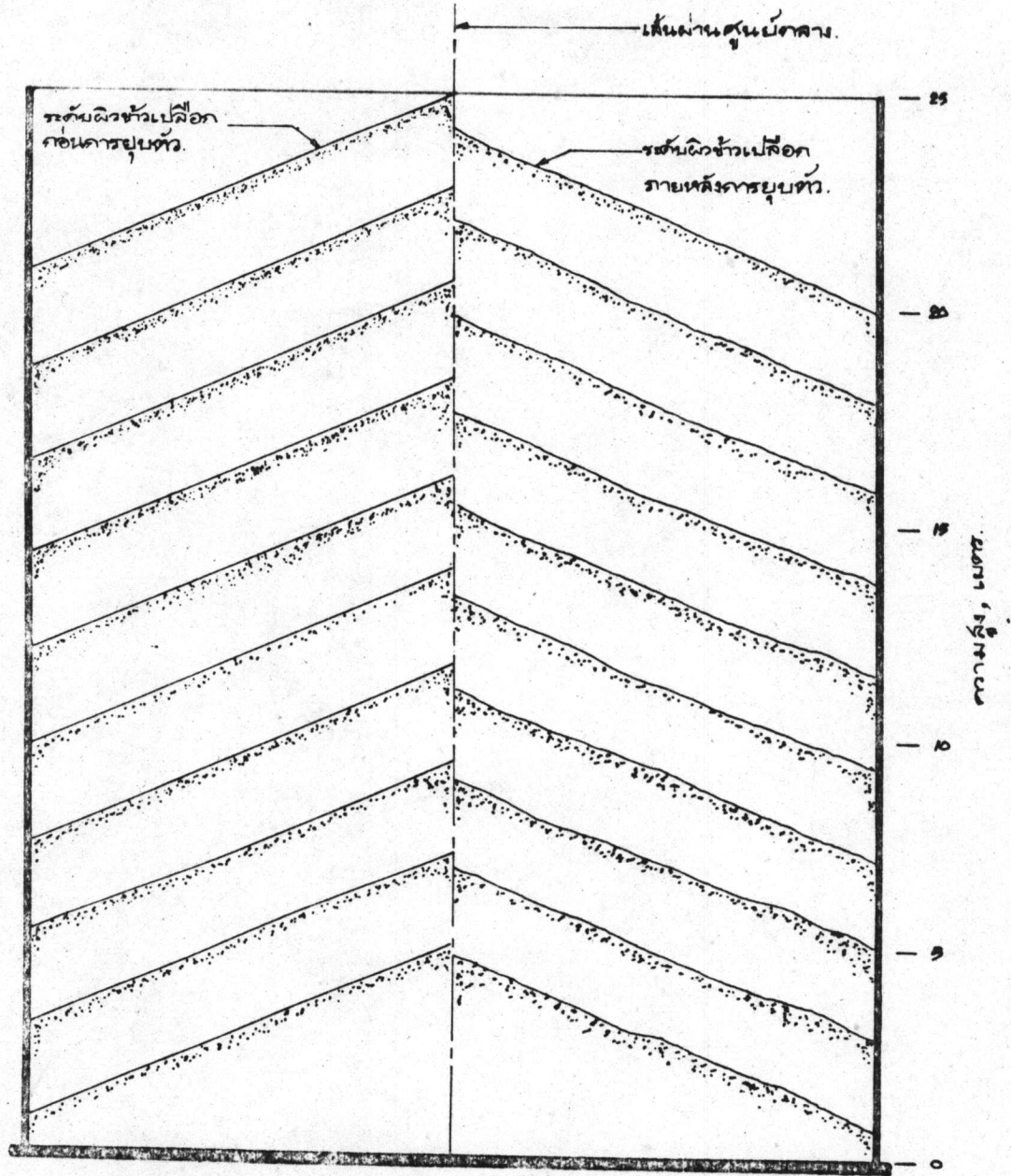




รูปที่ 21 ลักษณะการยุบตัวของมวลข้างเปลือกในไซโล  $\phi 6\text{-}ม. \times 25\text{-}ม.$

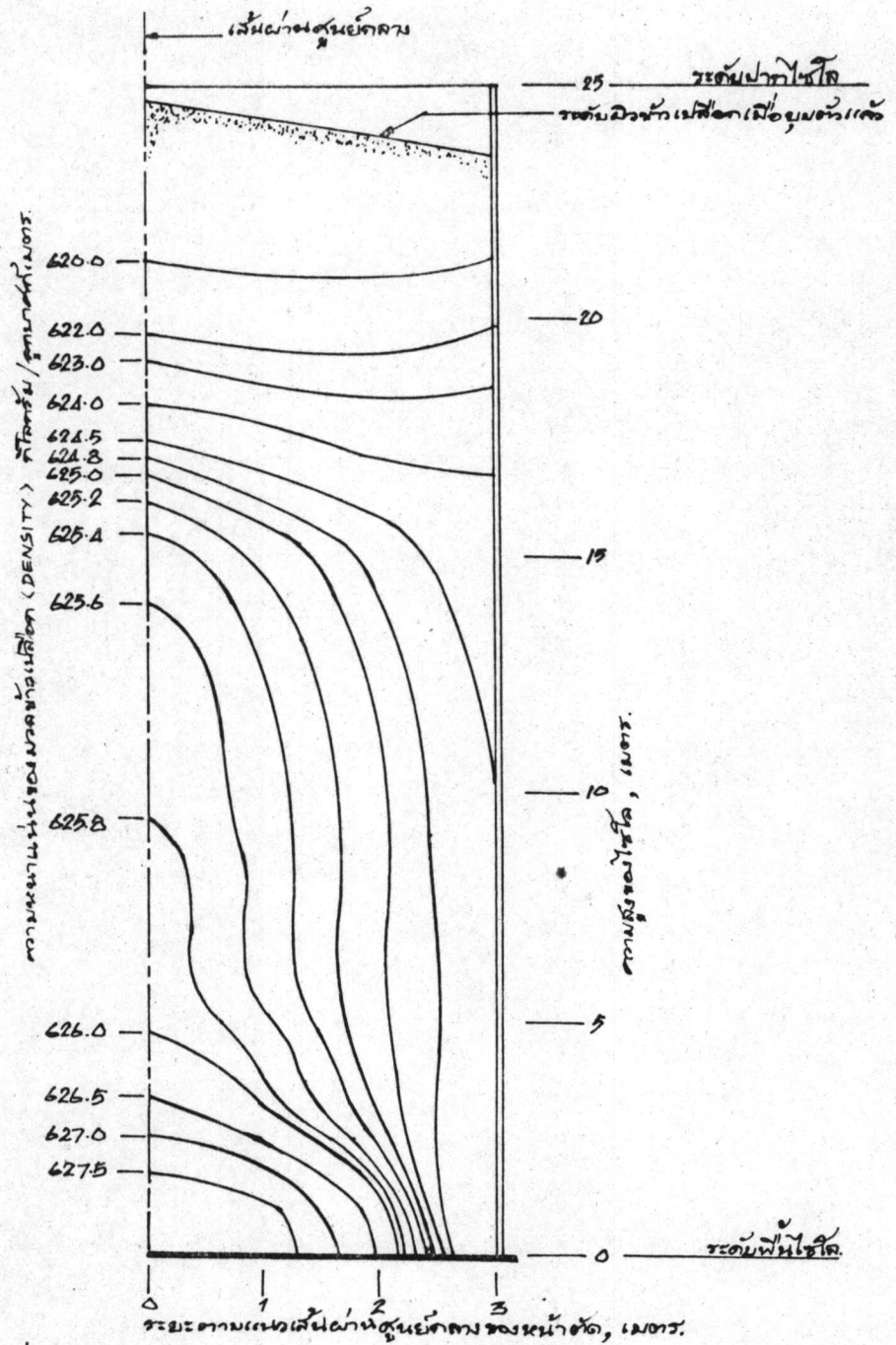


รูปที่ 22 ลักษณะการยุบตัวของมวลข้าวเปลือกในไซโลขนาด  $\phi 10\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$

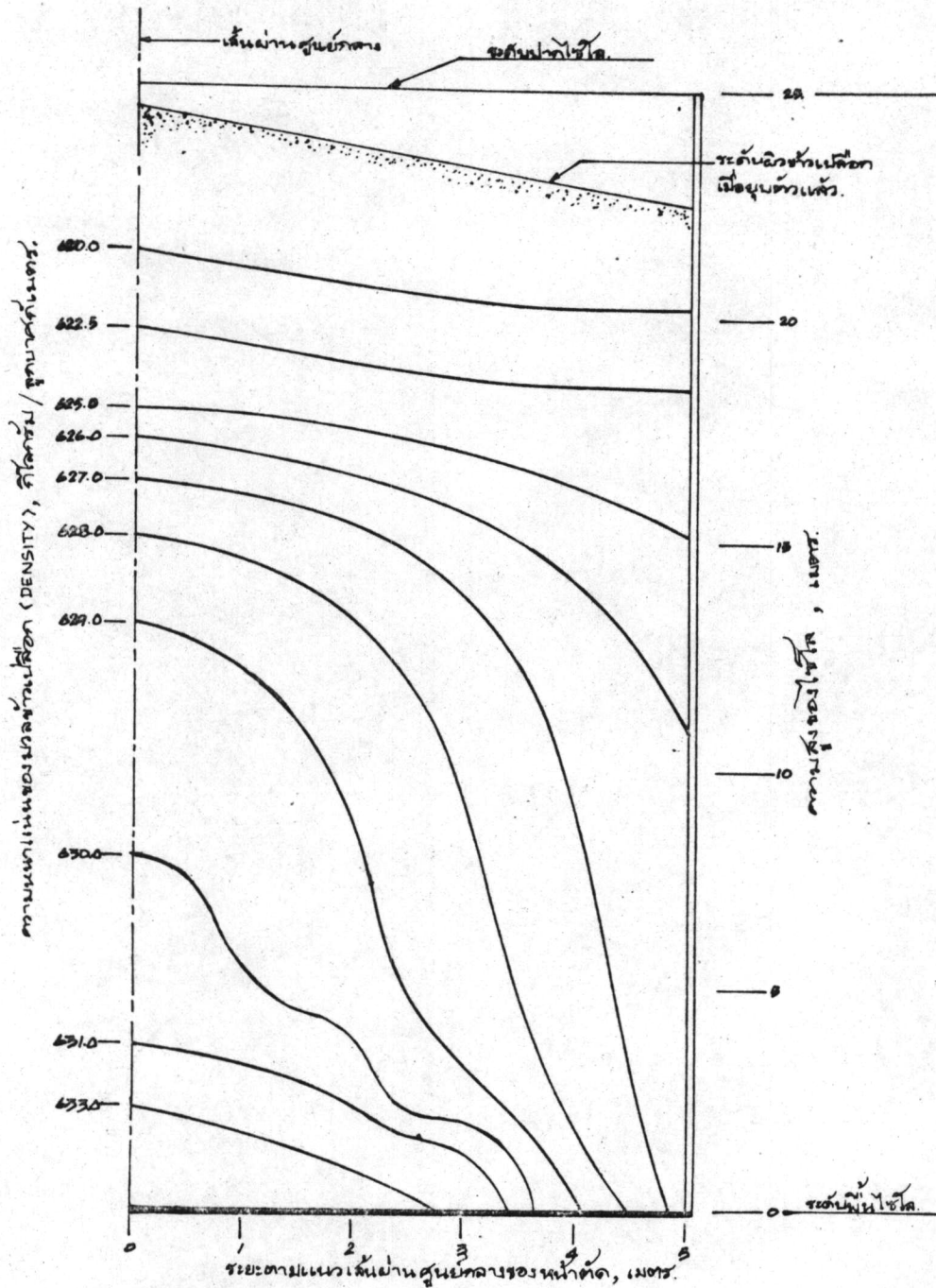


รูปที่ 23 ลักษณะการยุบตัวของมวลขาวเปลือกในไซโลขนาด  $\phi 20\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$

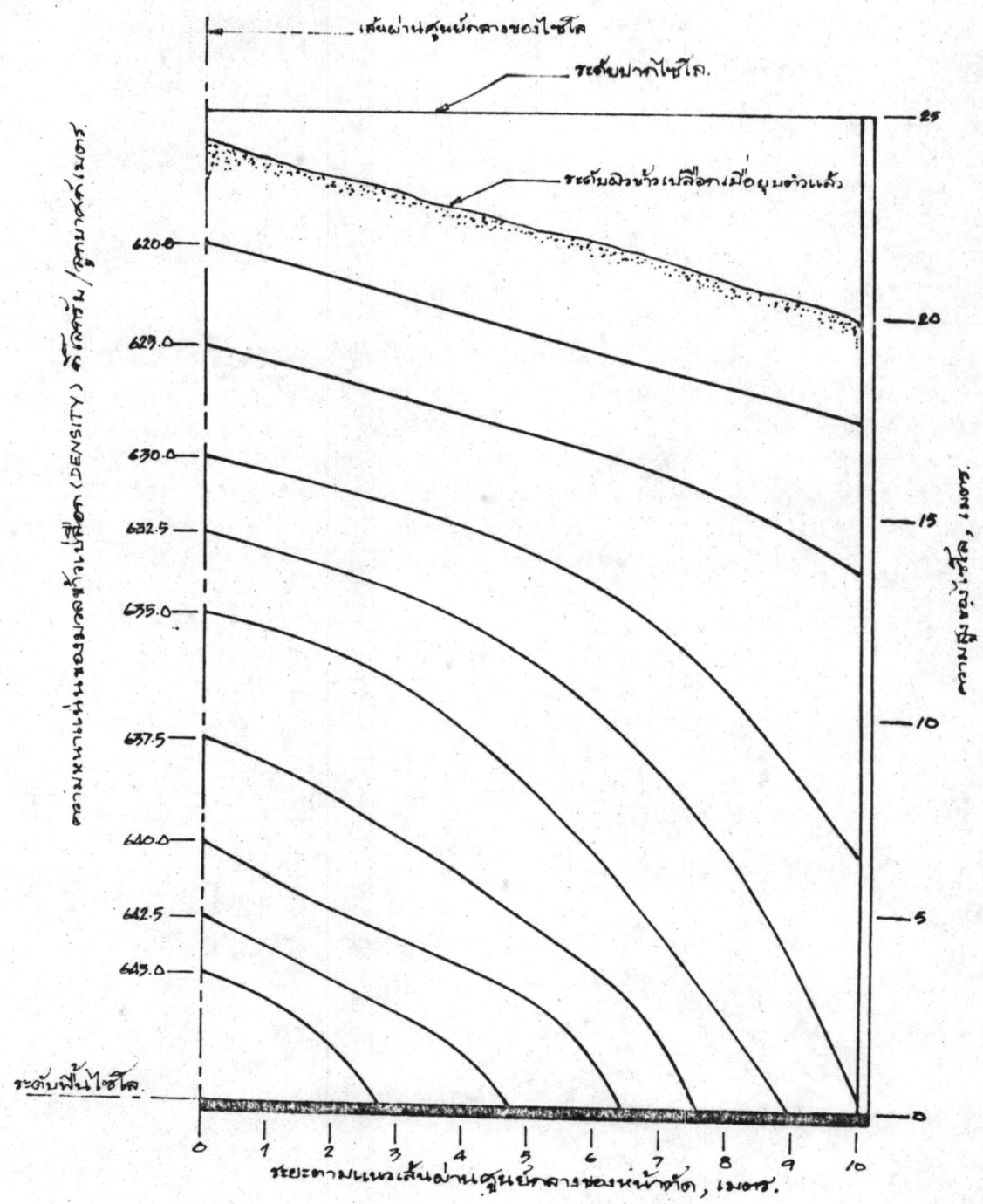




รูปที่ 24 คอนทัวร์ของความหนาแน่น (Density Contour)  
ในไซโลบรรจุข้าวเปลือกขนาด  $\phi 6\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$

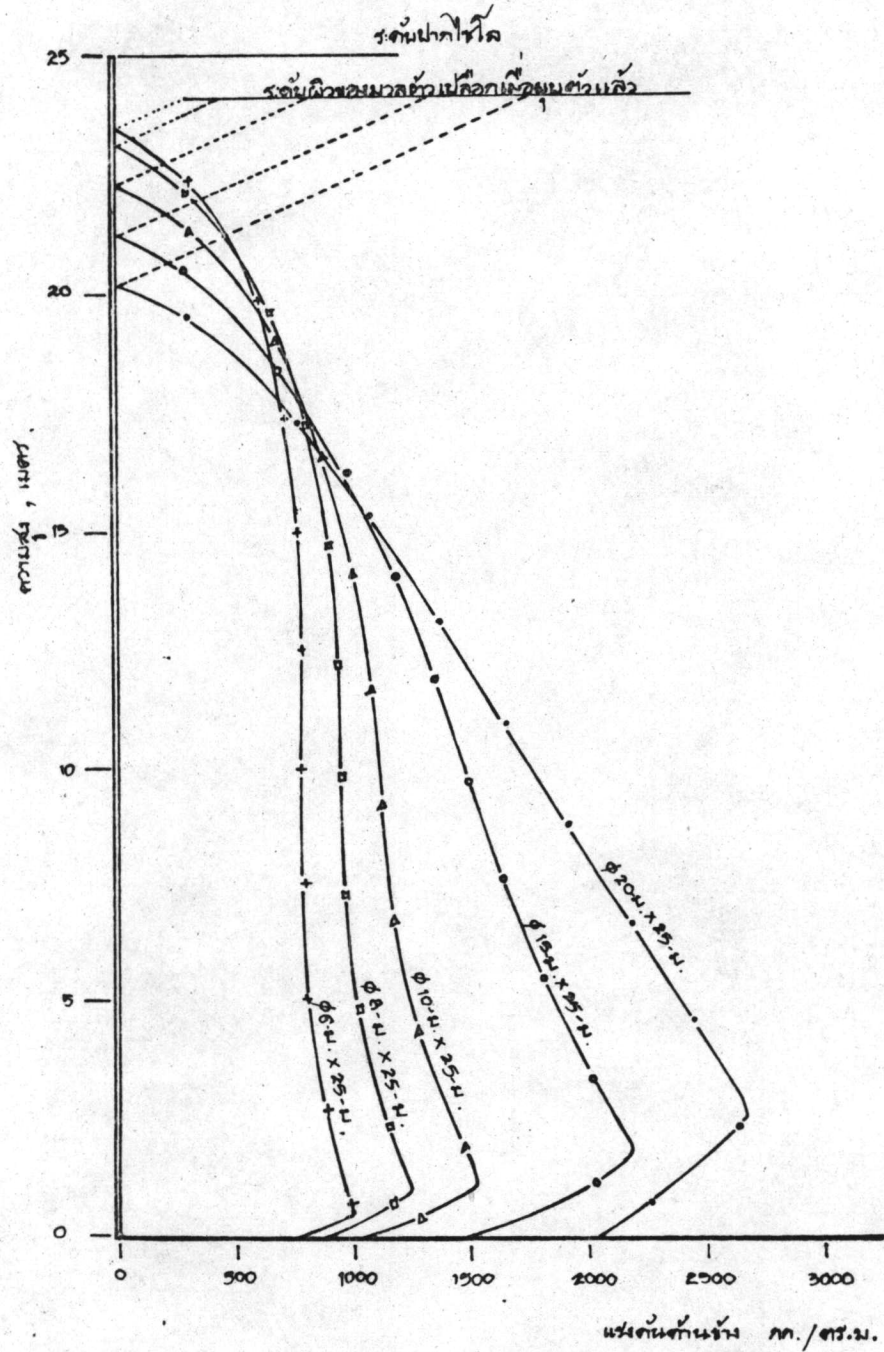


รูปที่ 25 คอนทัวร์ของความหนาแน่น (Density Contour)  
 ในไซโลบรรจุข้าวเปลือกขนาด  $\phi 10\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$

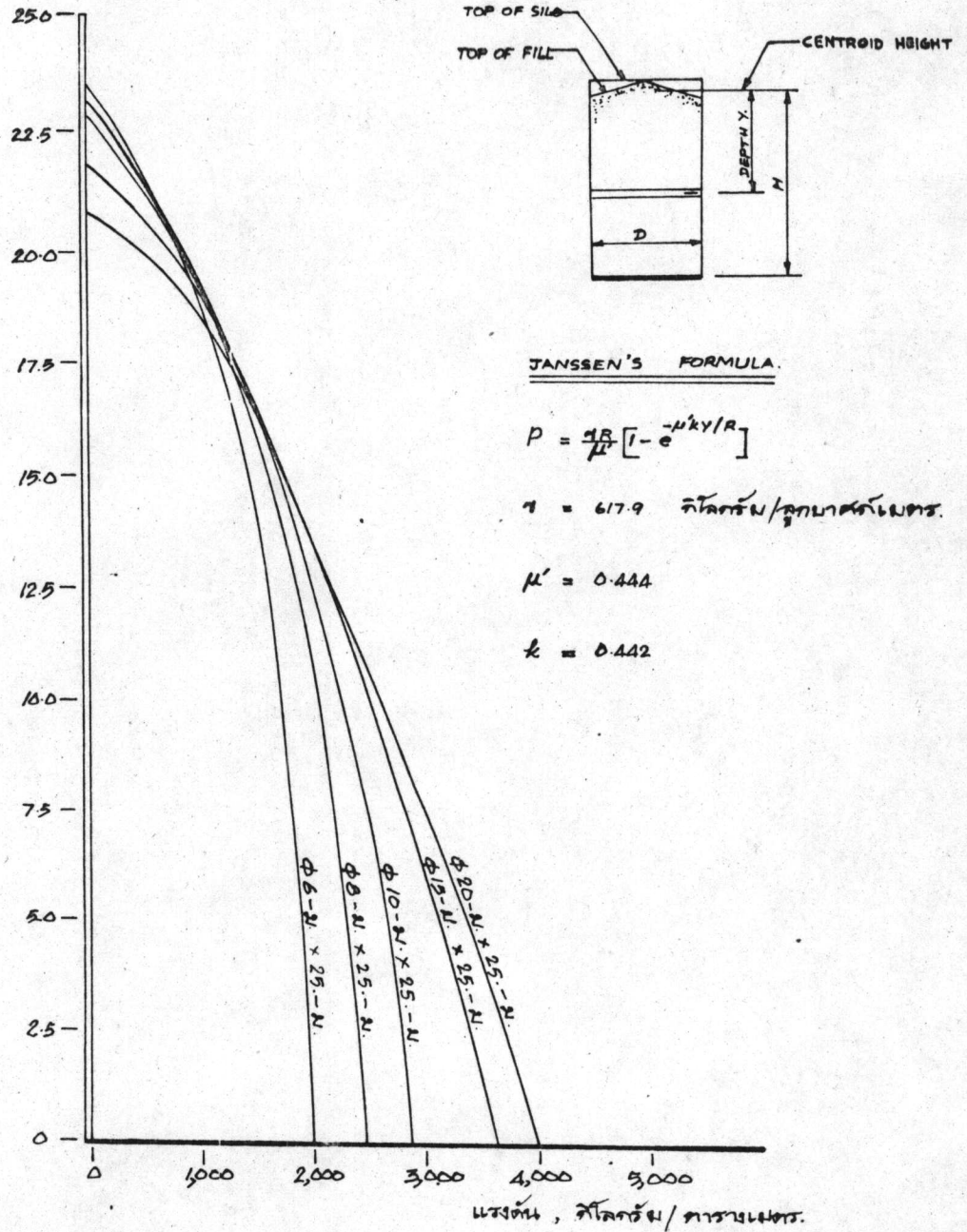


รูปที่ 26 คอนทัวร์ของความหนาแน่น (Density Contour) ในไซโลบรรจุขี้ขาวเปลือกขนาด  $\phi 20\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$

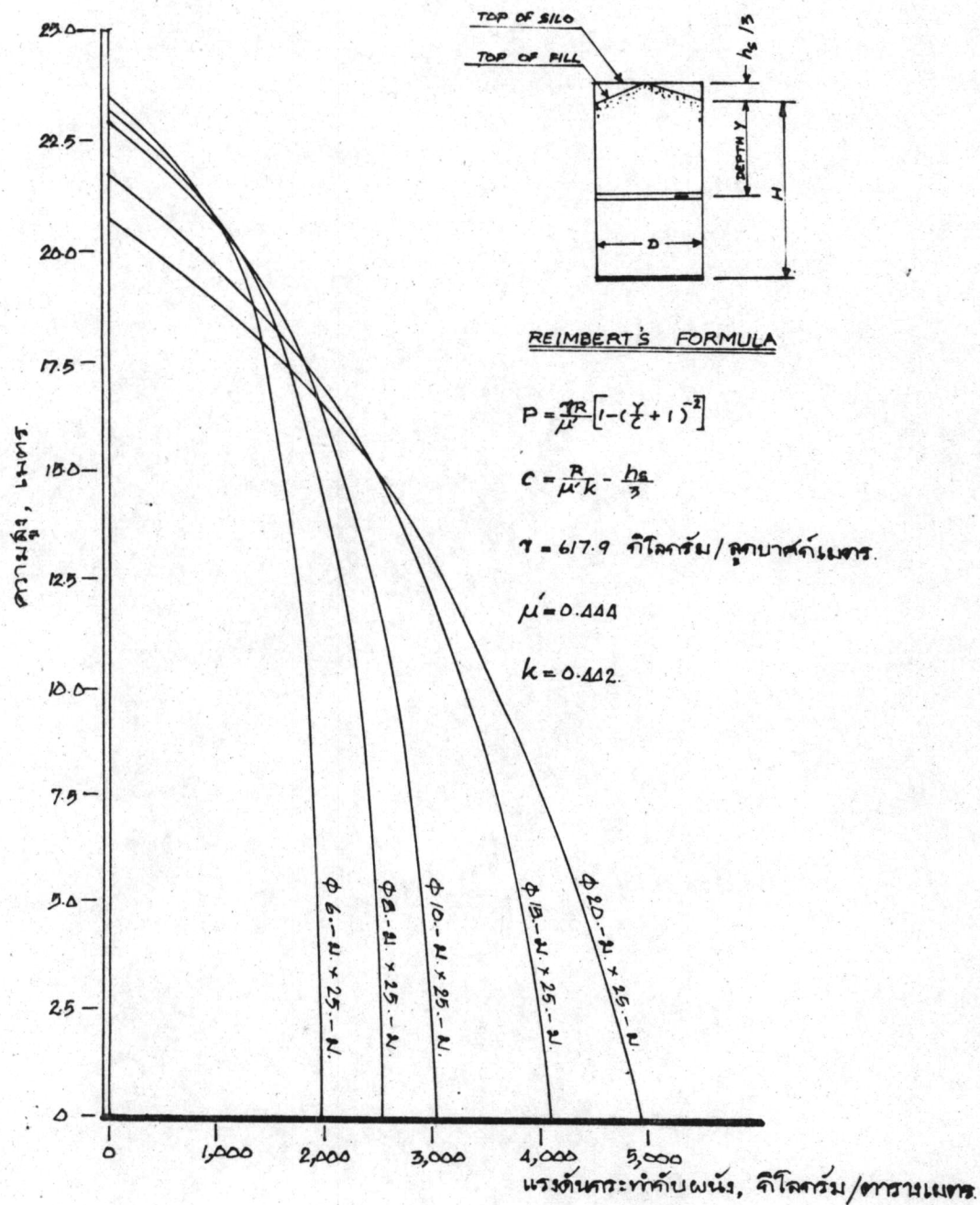




รูปที่ 27 หน่วยแรงแท่งเนื่องจากมวลข้าวเปลือกที่กระทำกับผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งใช้บรรจุที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟในท้อลิเมนต์



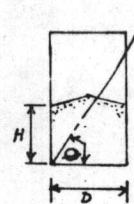
รูปที่ 28 หน่วยแรงดันเนื่องจากมวลข้าวเปลือก กระทำกับผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็ก จากการคำนวณโดยสูตรสำเร็จของแจนเสน (Janssen's Formula)



รูปที่ 29 หน่วยแรงดันเนื่องจากมวลข้าวเปลือก กระทำกับผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็ก จากการคำนวณโดยสูตรสำเร็จของเรอเบิร์ต (Reimbert's Formula)



CASE 1. SHALLOW BIN



$$\tan \theta = \mu + \sqrt{\mu \cdot \frac{1 + \mu^2}{\mu + \mu'}}$$

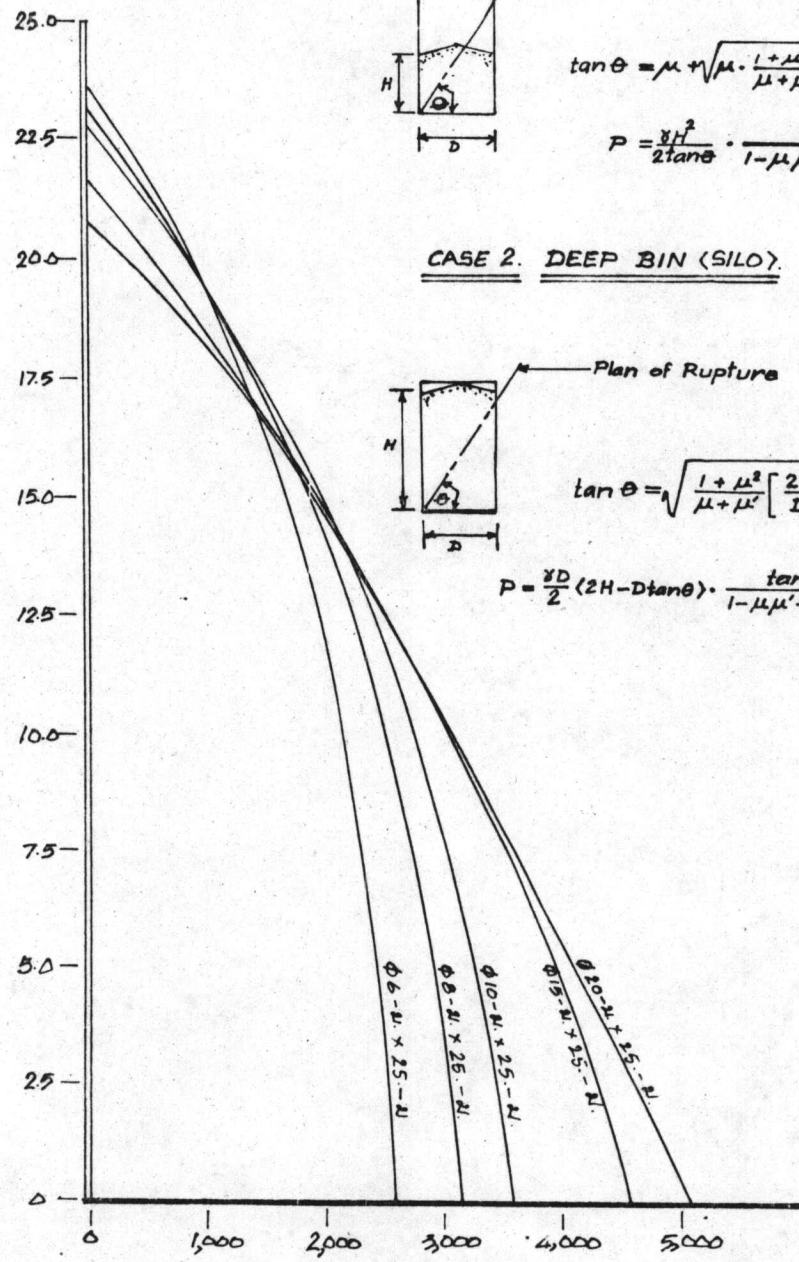
$$P = \frac{\gamma H^2}{2 \tan \theta} \cdot \frac{\tan \theta - \mu'}{1 - \mu \mu' + (\mu + \mu') \tan \theta}$$

CASE 2. DEEP BIN (SILO)

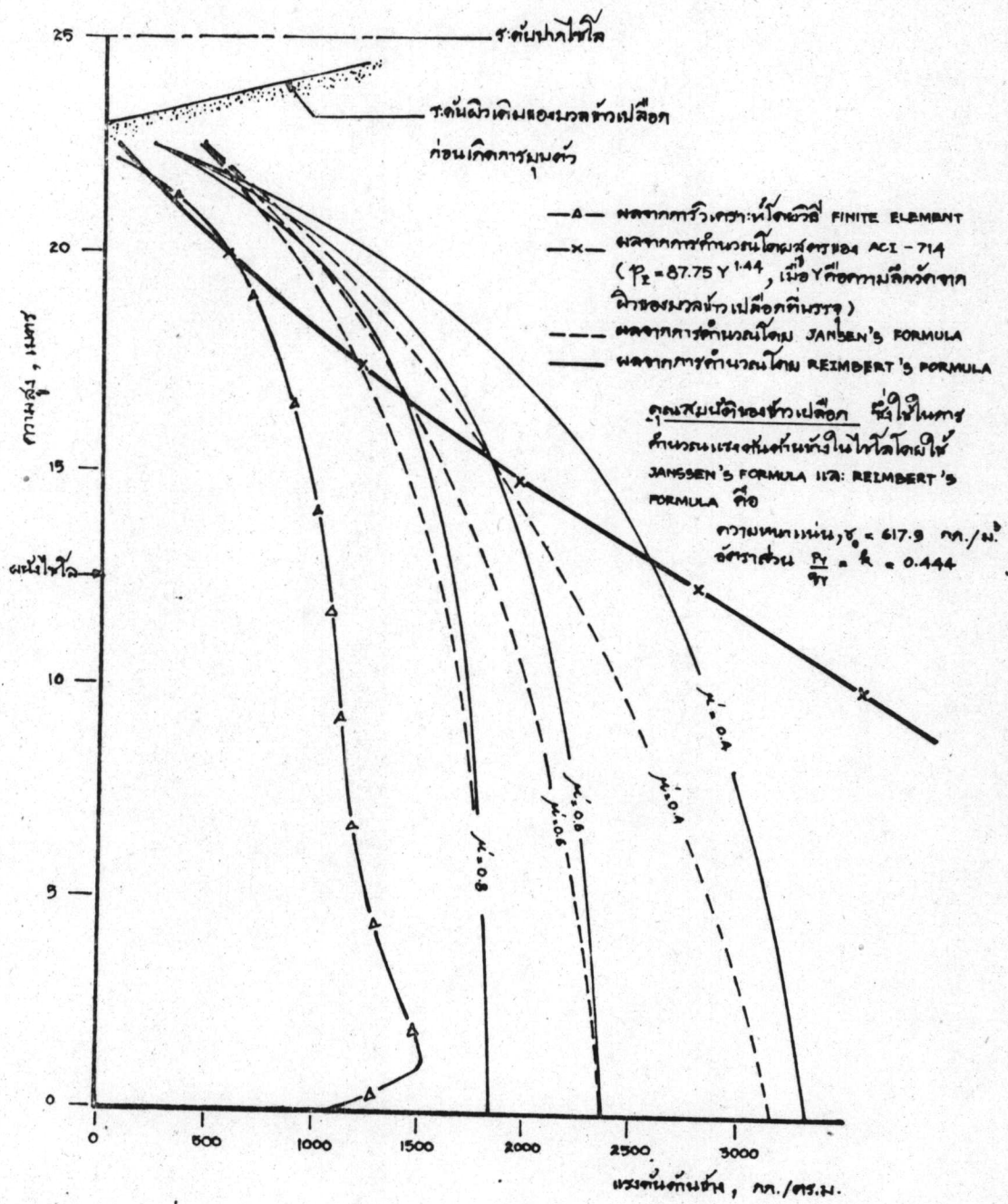


$$\tan \theta = \sqrt{\frac{1 + \mu^2}{\mu + \mu'} \left[ \frac{2H}{D} + \frac{1 - \mu \mu'}{\mu + \mu'} \right]} - \frac{1 - \mu \mu'}{\mu + \mu'}$$

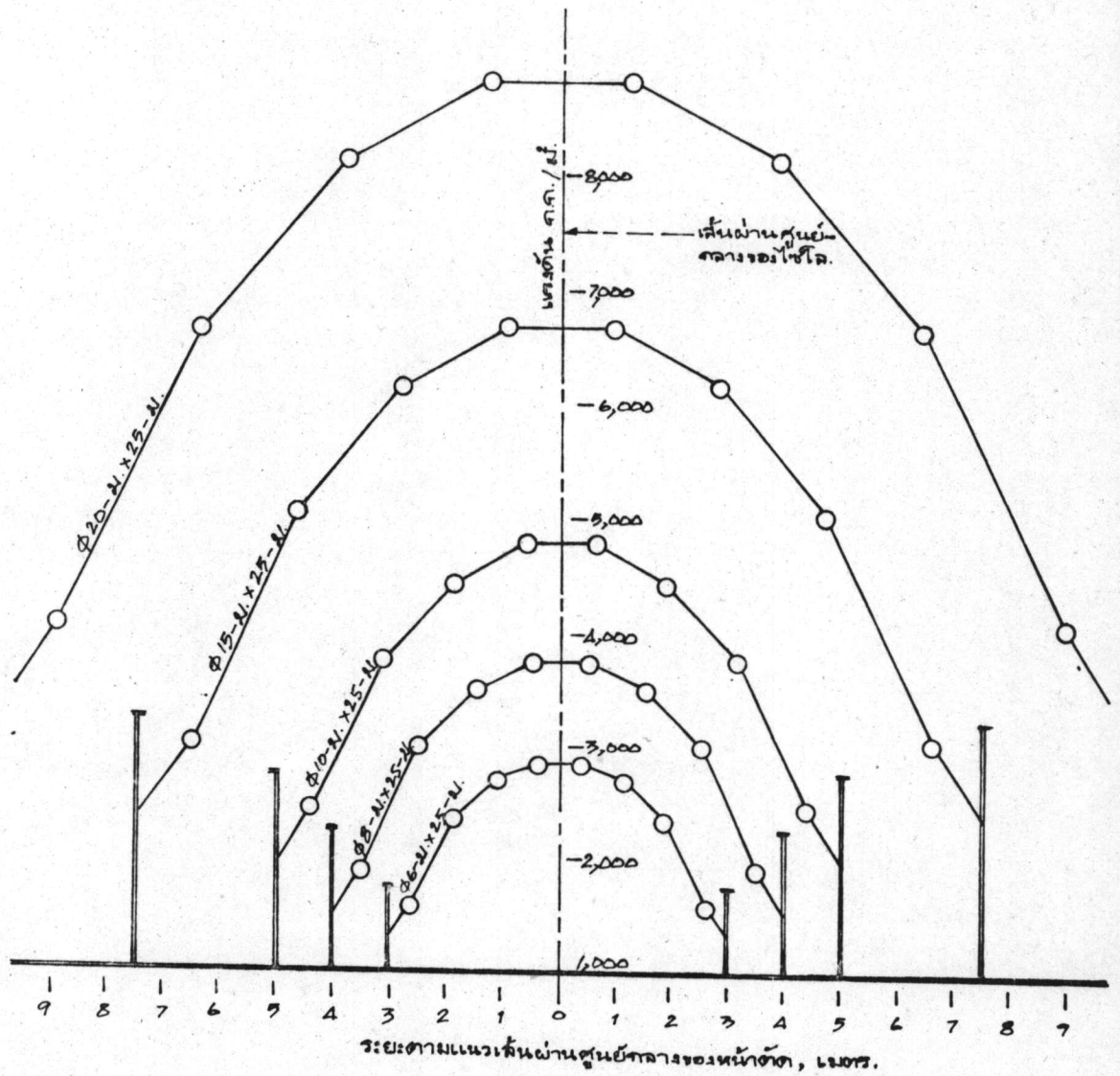
$$P = \frac{\gamma D}{2} (2H - D \tan \theta) \cdot \frac{\tan \theta - \mu}{1 - \mu \mu' + (\mu + \mu') \tan \theta}$$



รูปที่ 30 หน่วยแรงตันเนื่องจากมวลข้าวเปลือก กระทำกับผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็ก จากการคำนวณโดยสูตรสำเร็จของแอร์รี่ (Airy's Formula)

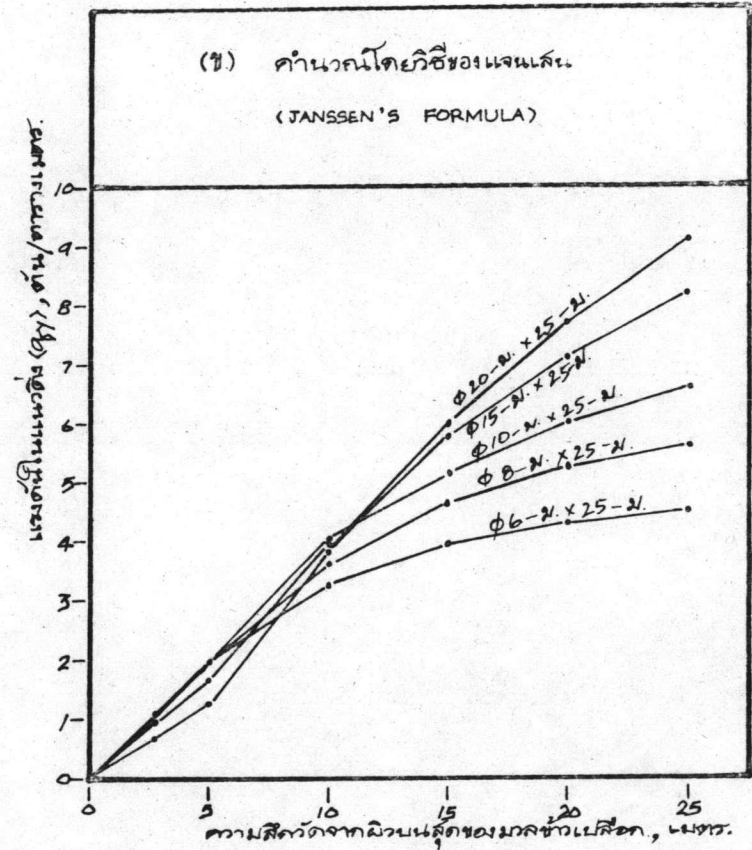
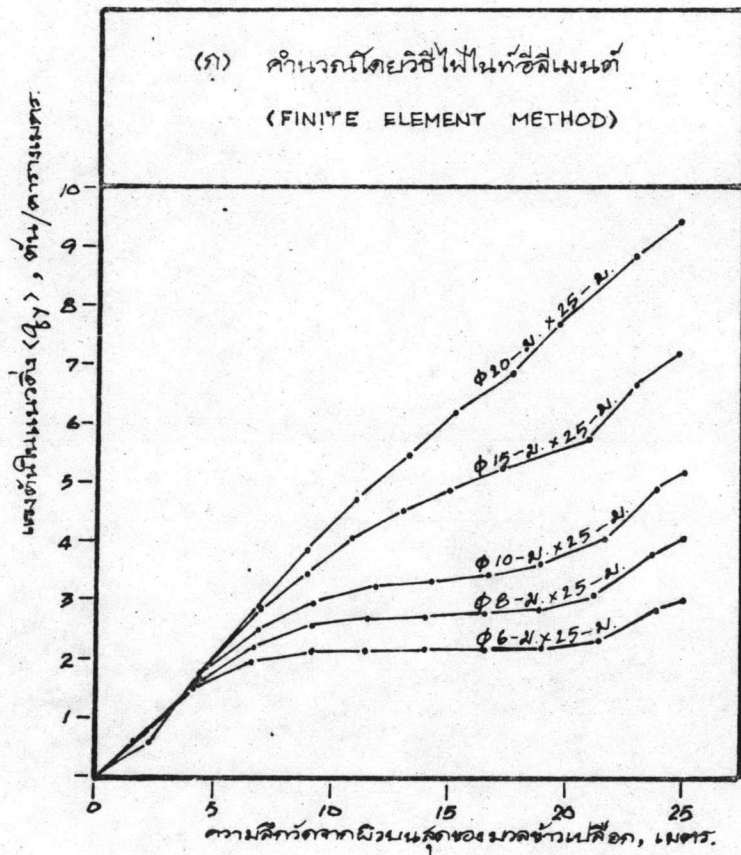


รูปที่ 31 ขนาดและลักษณะของแรงดันทันกระทำกับผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็กบรรจุข้าวเปลือก  $\phi 10\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$  (เปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์กับผลที่ได้จากการคำนวณโดยสูตรสำเร็จต่าง ๆ)

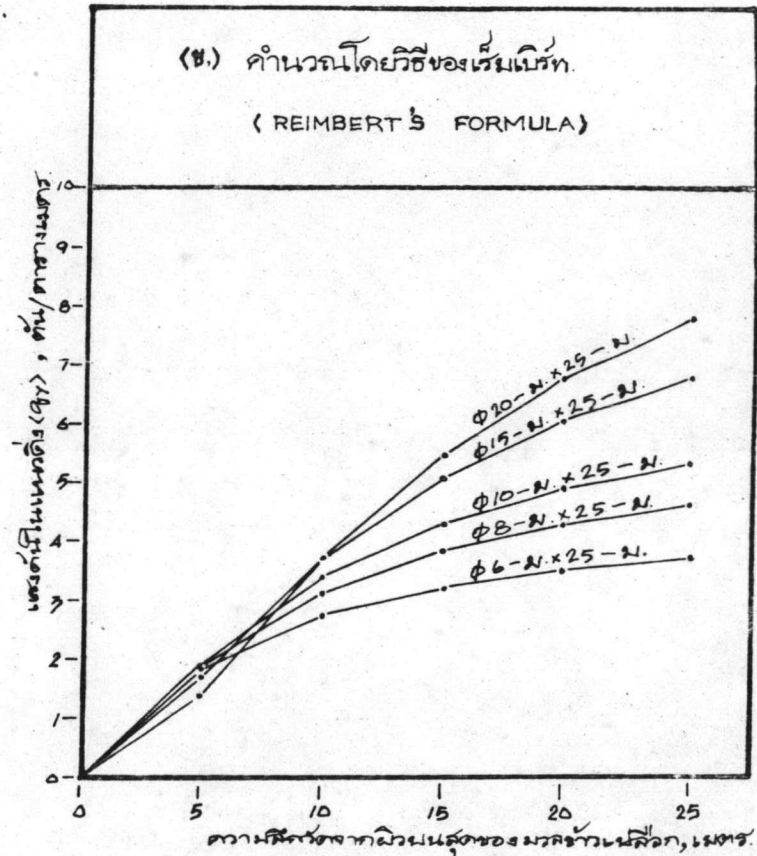
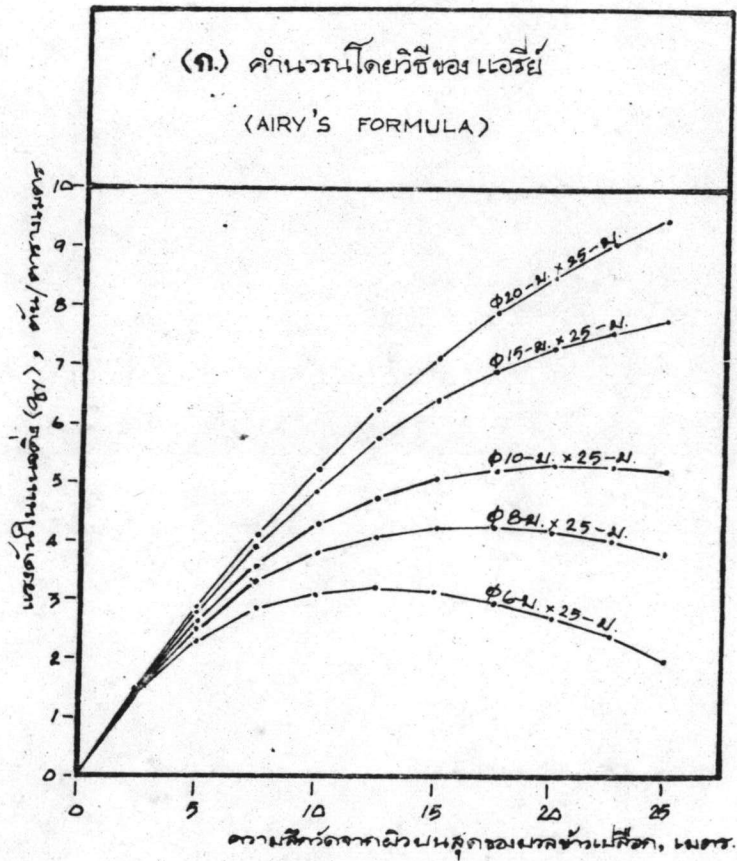


รูปที่ 32 หน่วยแรงคั้นในแนวตั้ง (Vertical Stress) ที่พื้นซีเมนต์คอนกรีตเสริมเหล็กบรจุข่าวเปลือกขนาด φ6-ม. x 25-ม. ถึง φ20-ม. x 25-ม.

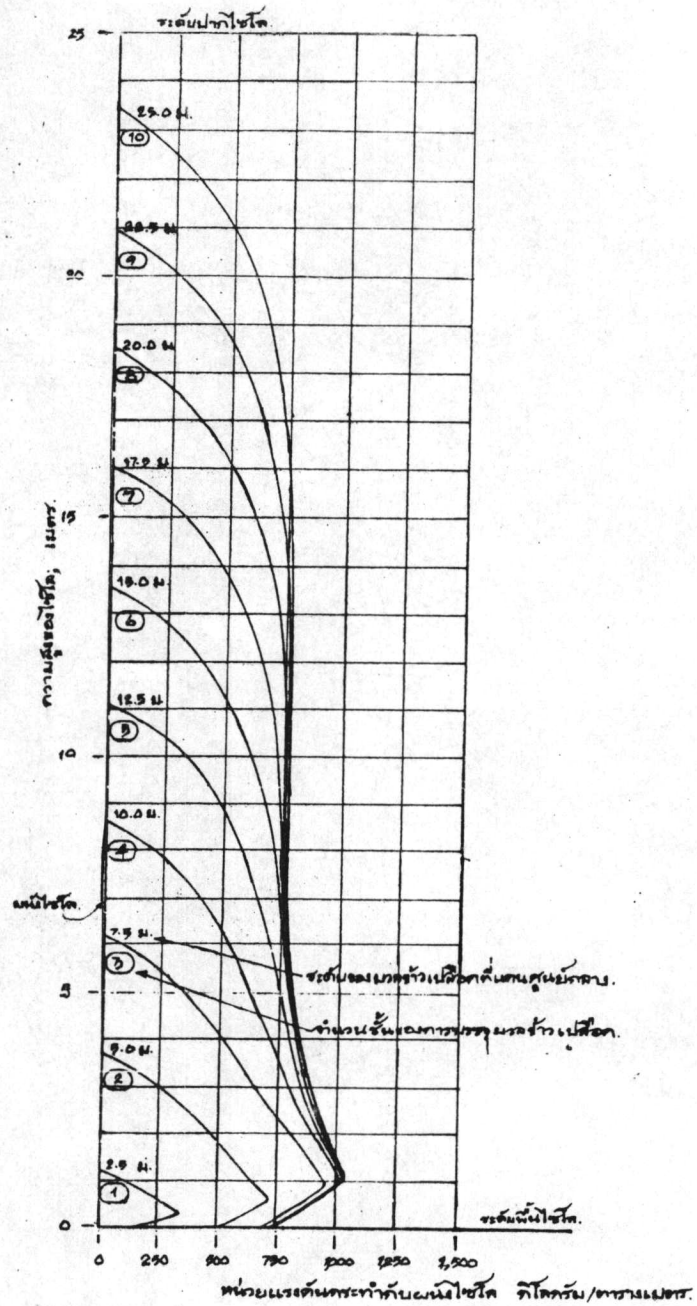




รูปที่ 33 หน่วยแรงดัดในแนวตั้งที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในโซลคอนกรีตเสริมเหล็กบรรจุขี้เถ้าเปลือกขนาด  $\phi 6\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$  ถึง  $\phi 20\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$ . (จากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และสูตรสำเร็จของแจนเสน)

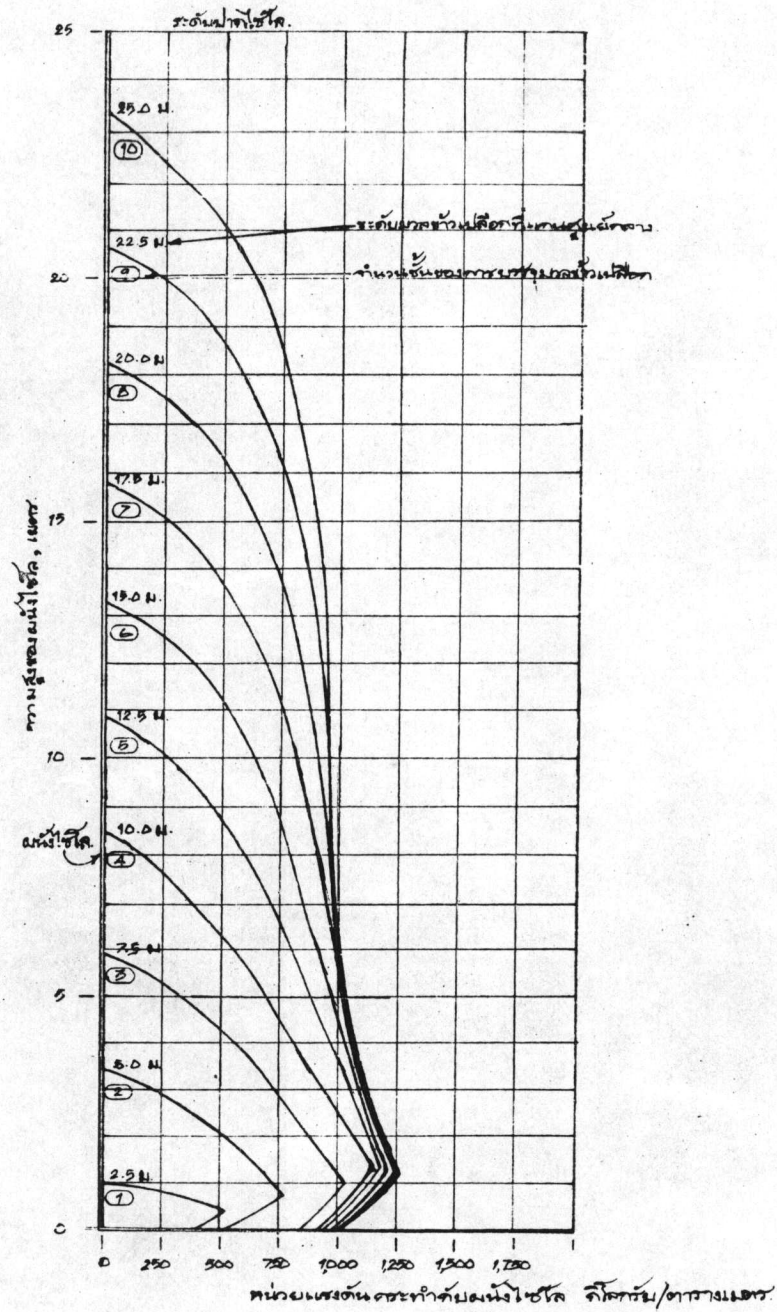


รูปที่ 34 หน่วยแรงดัดในแนวตั้งที่แกนศูนย์กลางตามระดับความลึกต่าง ๆ ในไซโลคอนกรีตเสริมเหล็กบรจุขาวเปลือก ขนาด  $\phi 6\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$  ถึง  $\phi 20\text{-ม.} \times 25\text{-ม.}$ . (จากการวิเคราะห์โดยสูตรสำเร็จของเร็มเบิร์ตและแอริย์)

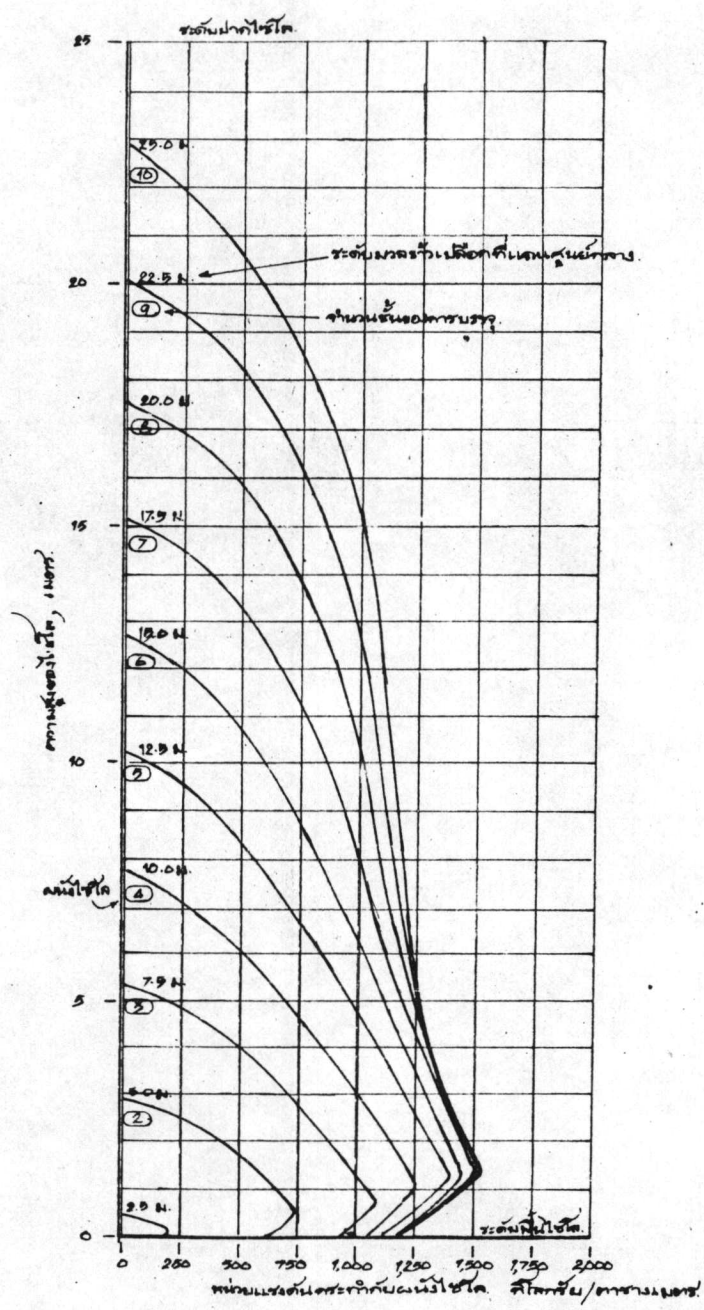


รูปที่ 35 หน่วยแรงดันกระทำกับผนังไฮโดรสำหรับใช้เป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบผนังไฮโดรคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด  $\phi$  6 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.

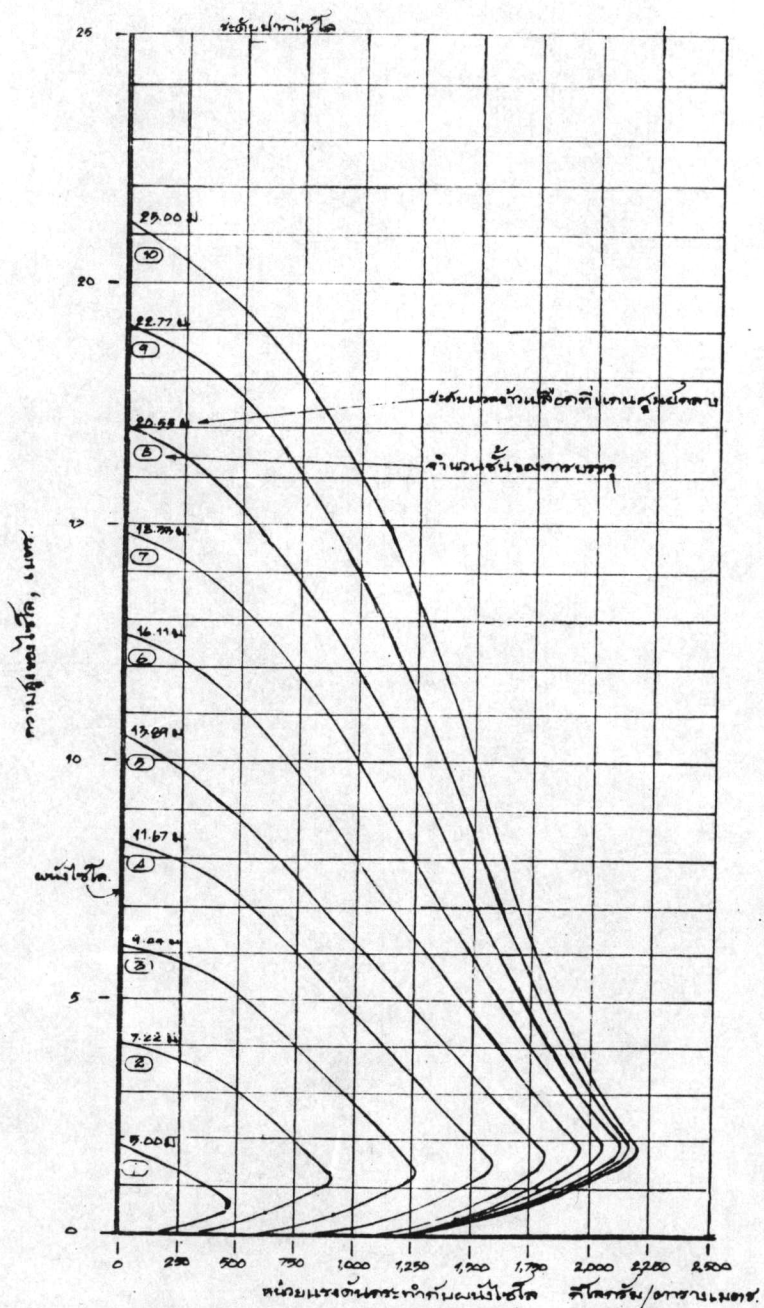




รูปที่ 36 หน่วยแรงดันกระทำกับผนังไซโลสำหรับใช้เป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด  $\phi$  8 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.

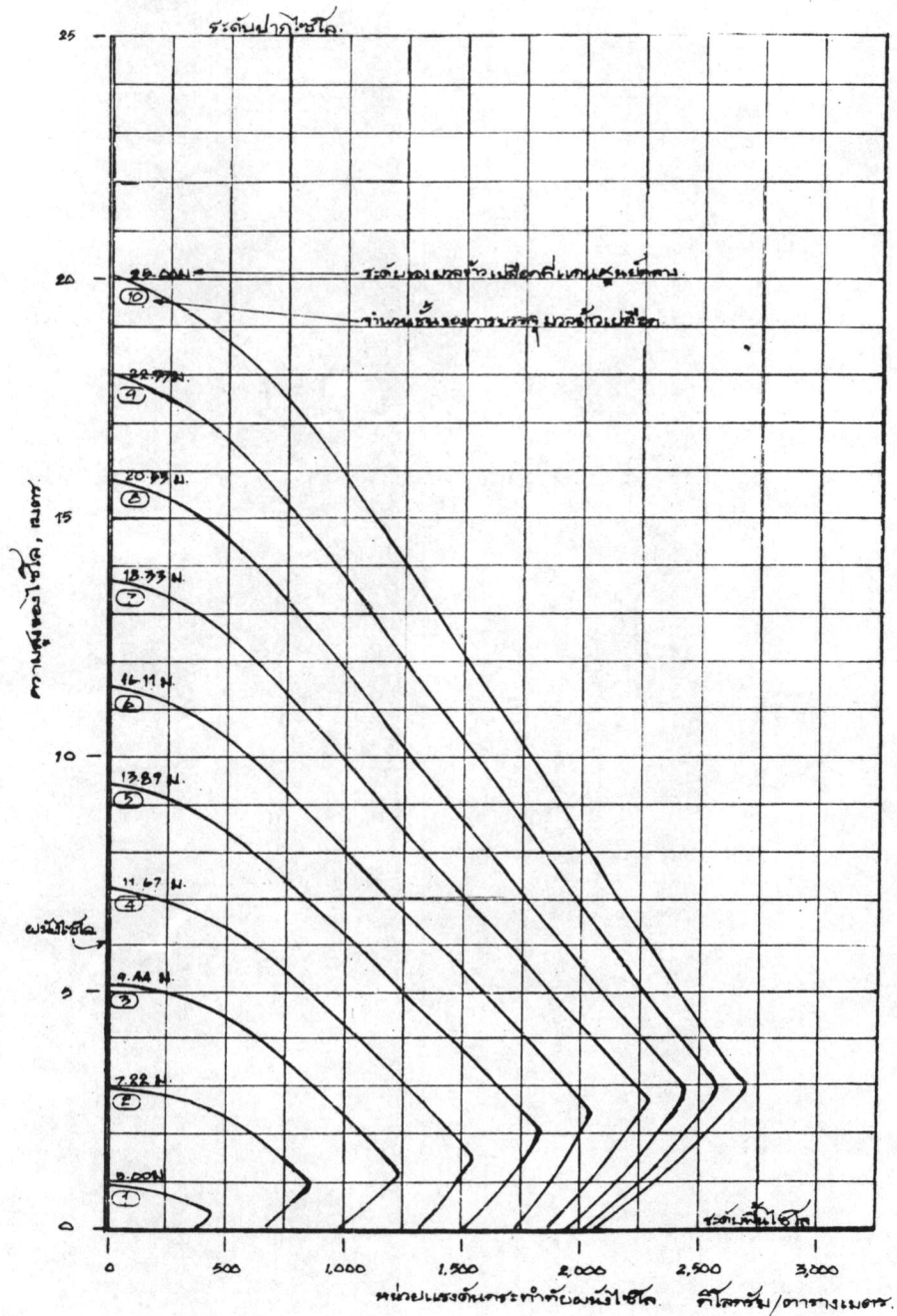


รูปที่ 37 หน่วยแรงคั่นกระทำกับผนังไซโลสำหรับใช้เป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด  $\phi$  10 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.

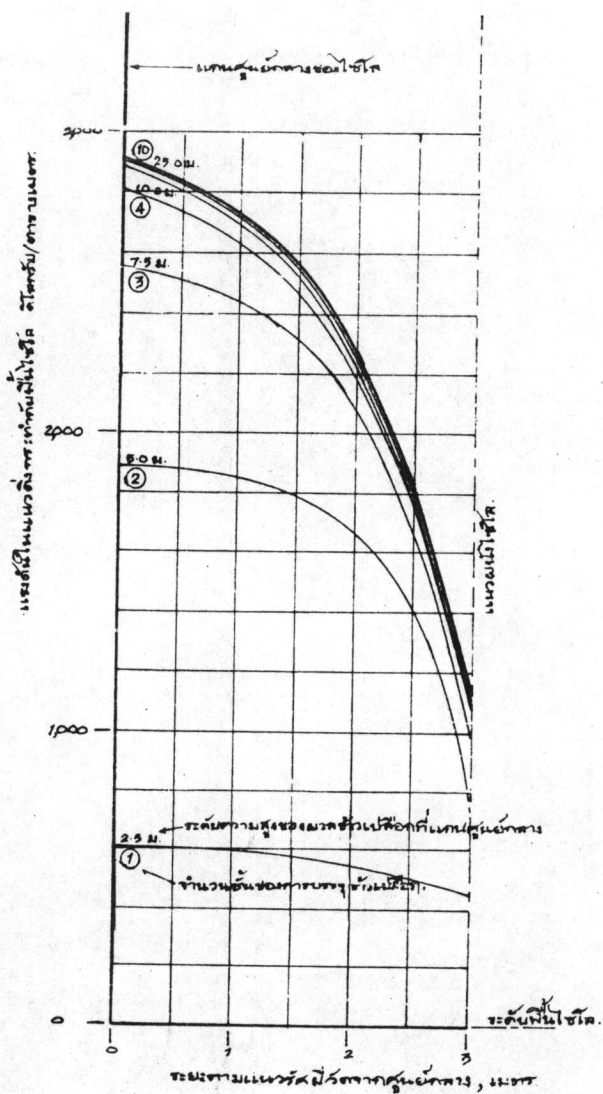


รูปที่ 38 หน่วยแรงดันกระทำกับผนังท่อสำหรับใช้เป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบผนังท่อคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด  $\phi$  15 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.





รูปที่ 39 หน่วยแรงดันกระทำกับผนังไซโลสำหรับไซโลเป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบผนังไซโลคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด  $\phi$  20 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.

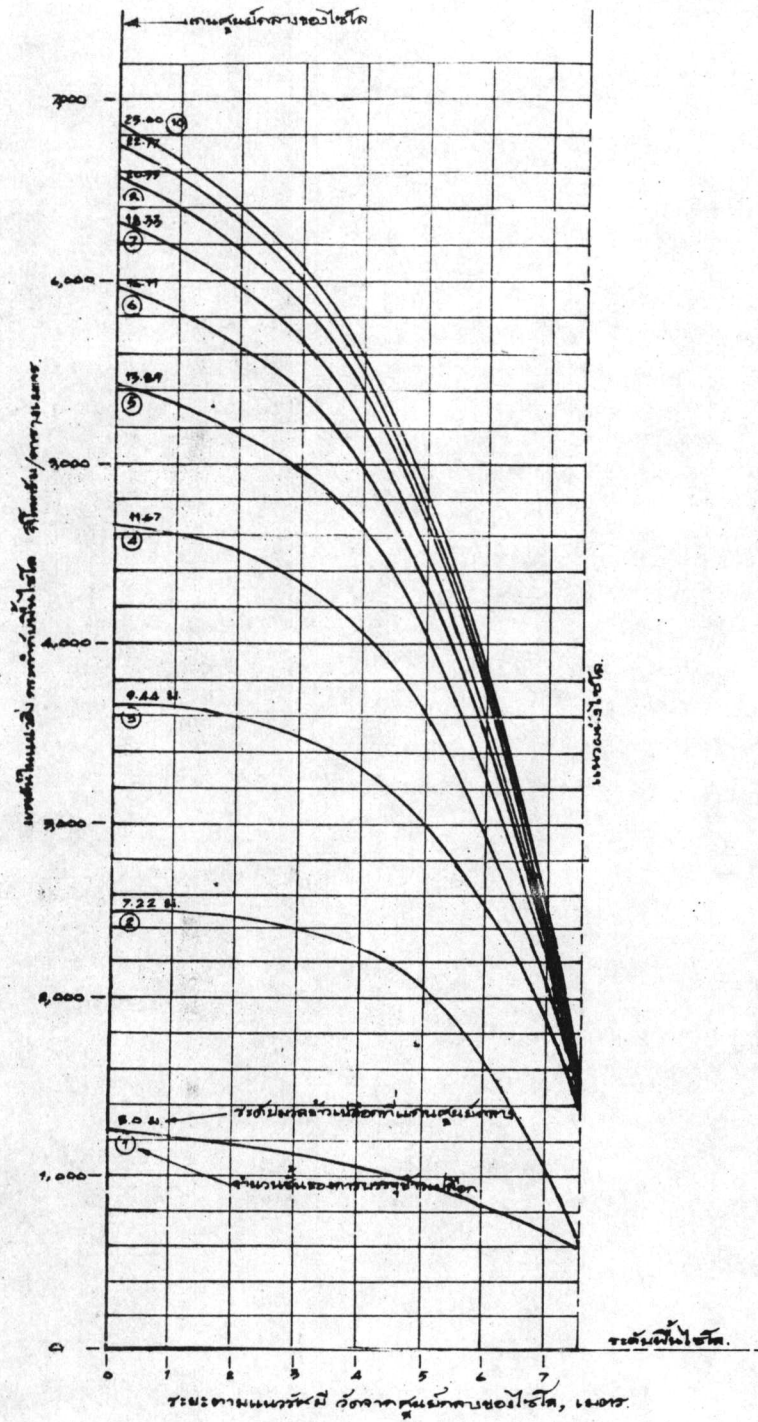


รูปที่ 40 หน่วยแรงดันในแนวตั้งกระทำกับพื้นที่ไซโลสำหรับใช้เป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบพื้นที่ไซโลคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด  $\phi$  6 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.

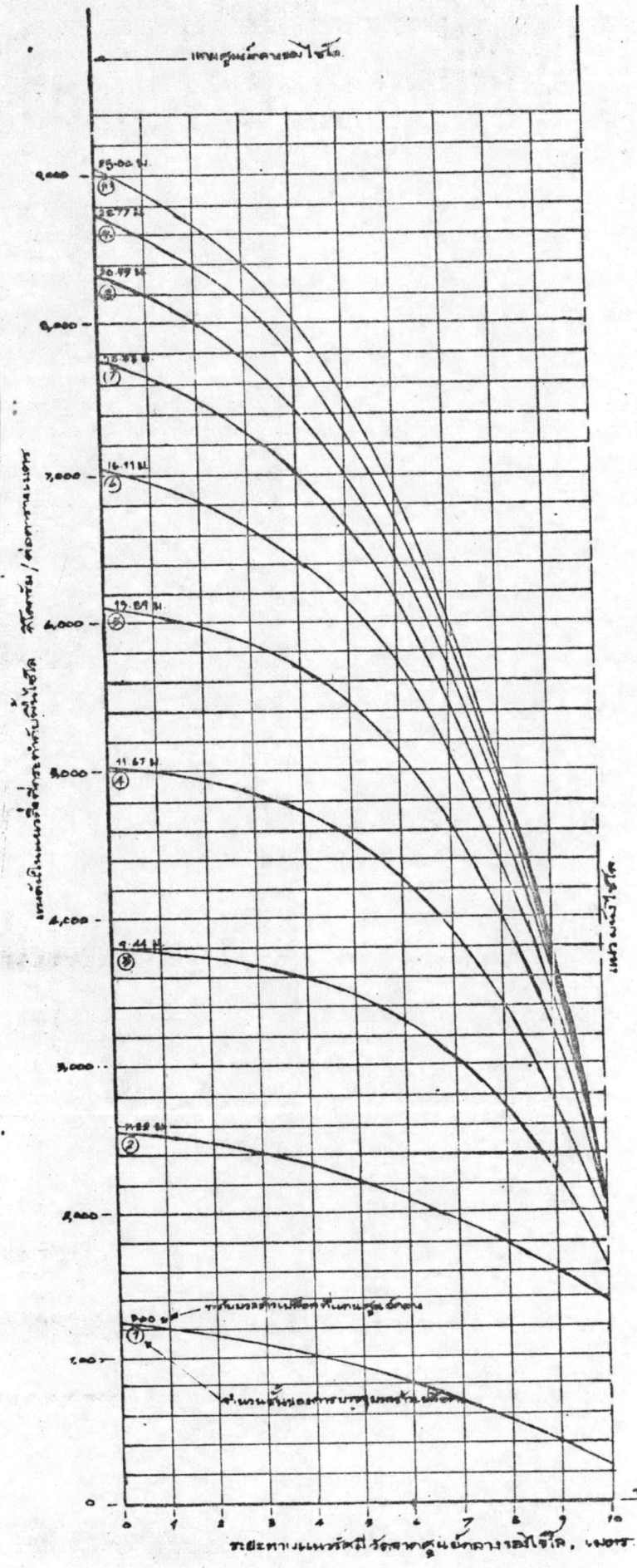








รูปที่ 43 หน่วยแรงดันในแนวตั้งกระทำกับพื้นไซโลสำหรับใช้เป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบพื้นไซโลคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด  $\phi$  15 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.



รูปที่ 44 หน่วยแรงดันในแนวตั้งกระทำกับพื้นไซโลสำหรับใช้เป็น Static Pressure ในการคำนวณออกแบบไซโลคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด  $\phi$  20 ม. ความสูงไม่เกิน 25 ม.



ประวัติผู้เขียน

นายคชทินทร์ ศรีศิริรินทร์ เกิดเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม 2493 ณ จังหวัดนนทบุรี  
ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
เมื่อ พ.ศ. 2517 ปัจจุบัน ปฏิบัติงานในตำแหน่ง นายช่างอันดับ 1. ฝ่ายวิศวกรรม  
การประปานครหลวง

