



เอกสารอ้างอิง

1. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI - 318 - 77) American Concrete Institute, Chicago, 1977.
2. American Society for Testing Material, ASTM.
3. Bry, S., "The Composite Effect of Profiled Steel Plate and Concrete in-Deck Slab" Acier Stahl Steel, Oct. 1967.
4. Catalog of H.H. Robertson (U.K.) Limited. "QL99 Composite Floor".
5. Dallaire, E.E., "Cellular Steel Floors Mature" Civil Engineering, ASCE Vol. No. 7, July, 1971, pp. 70-74.
6. Ekberg, C.E., Jr., and Schuster, R.M., "Floor Systems with Composite Form Reinforced Concrete Slab", Final Report, International Association for Bridge Structural Engineering, 8th Congress, New York, N.Y. Sept., 1968, pp. 385-394.
7. Ferguson, P.M., "Reinforced Concrete Fundamentals" 3rd. Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York 1973.
8. Fisher, J.W., "Design of Composite Beams with Formed Metal Deck", Engineering Journal, American Institute of Steel Construction, Vol. 7, No. 3, July 1970, pp. 88-96.
9. Friberg, B.F., "Combined Form and Reinforcement for Concrete Slabs", Journal of the American Concrete Institute, ACI, Vol. 50, May, 1954, pp. 697-716.

10. Holfsoy, A., and Gukild, I., "Bond Studies on Hot Dip Galvanized Reinforcement in Concrete", Journal of the American Concrete Institute, Vol. 66 March 1969, pp. 174-184.
11. Iyengar, S.H., and Zils, J. J., "Composite Floor System for Sears Tower", Engineering Journal American Institute of Steel Construction, Vol. 10, No. 3, 1973, pp. 74-81.
12. Krell, W.C., "Discussion of Composite Steel Deck Concrete Floor System", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 102, No. ST. 5, May, 1976.
13. Luttrell, L.D., and Davison, J.H. "Composite Slabs with Steel Deck Panel" Proceeding of the 2nd Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures, University of Missouri-Rolla, Rolla, Mo., Oct., 1973, pp. 573-603.
14. McDermott, J.F., "Structural Tests on a Composite Floor System", Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 93, No. ST 1, Proc. paper 5100, Feb., 1967, pp. 255-274.
15. Porter, M. L., and Ekberg, C.E., Jr. "Behavior of Steel Deck Reinforced Slabs", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 103, No. ST 3, March, 1977, pp. 663-667.
16. Porter, M.L., and Ekberg, C.E., Jr. "Design Recommendation for Steel Deck", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 102, No. ST 11, Nov., 1976, pp. 2121-2136.
17. Porter, M. L., "Discussion of Composite Steel Construction" Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 100, No. ST 5, May, 1974.
18. Porter, M. L., "Discussion of Composite Steel Deck Concrete Floor System", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 102, No. ST. 5, May, 1976.

19. Porter, M.L., Ekberg, C.E., Jr., Greimann, L.F., and Elleby, H.A., "Shear-Bond Analysis of the Steel Deck Reinforced Slabs", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 102, No. ST. 12, Dec., 1976, pp. 2255-2268.
20. Revsky, C., "Composite Slab Construction Theories and Practice", Thesis, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Architecture, Sydney University, 1970.
21. R. Park and T. Paulay, "Reinforced Concrete Structure", 1st Ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, 1973.
22. Schuster, R.M., "Composite Steel Deck Concrete floor System", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 102, No. ST. 5, May, 1976, pp. 899-917.
23. S.J. Britvec, A. Chajes, K.W. Karren, J. Uribe, and G. Winter, "Effect of Cold Work in Cold-formed Steel Structural member", Cornell University Ithaca, New York.
24. Wichit Uennatornwarangoon, "Composite Steel Deck Concrete Slab", Master's Thesis, Department of Civil Engineer, New Castle University, Australia.
25. Wei-Wen Yu, "Cold-formed Steel Structures", 1st Ed. McGraw-Hill Inc., New York, 1973.
26. Winter, G., and Nilson A.H., "Design of Concrete Structure", 8th Ed., McGraw-Hill Inc., New York, 1973.

ภาคผนวก (ก)

สัญลักษณ์และคำนิยามของค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในภาษาเทคนิค

สัญลักษณ์

- a = ความลึกของหน่วยแรงอัดเสมือนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
 A_s = พื้นที่หน้าตัดของแผ่นเหล็กพับ
 b = ความกว้างของแต่ละลอนของแผ่นพื้น
 b' = ความกว้างที่ผิวล่างสุดของแต่ละลอนของแผ่นเหล็กพับ
 b'' = ความกว้างที่ผิวบนสุดของแต่ละลอนของแผ่นเหล็กพับ
 c = ระยะจากแนวแกนสะเทินถึงผิวบนสุดของแผ่นพื้น
 C = อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของมุมต่อพื้นที่ทั้งหมดของแผ่นเหล็กพับ
 C_{t1} = แรงอัดรวมของแผ่นพื้นทวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีอีลาสติก
 C_{t2} = แรงอัดรวมของแผ่นพื้นทวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีประลัย
 E_c = โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต
 E_s = โมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นเหล็ก
 f_c = หน่วยแรงอัดที่ผิวบนสุดของแผ่นพื้น
 f_c'' = หน่วยแรงอัดที่ผิวบนของแผ่นเหล็กพับ
 f_r = หน่วยแรงดึงแยกตัวของคอนกรีต
 f_s = หน่วยแรงดึงของแผ่นเหล็กพับที่ผิวล่างสุดของแผ่นพื้น
 f_s'' = หน่วยแรงดึงของแผ่นเหล็กพับที่ผิวบนของแผ่นเหล็กพับ
 F_y = กำลังคลากของเหล็กแผ่น
 F_{ya} = กำลังคลากเฉลี่ยของแผ่นเหล็กพับ
 F_{yc} = กำลังคลากที่มุมของแผ่นเหล็กพับ
 F_u = กำลังดึงประลัยของเหล็กแผ่น
 h = ความสูงของแผ่นพื้น
 h' = ความสูงของคอนกรีตเหนือแผ่นเหล็กพับ
 I_g = โมเมนต์ของความเฉื่อยของหน้าตัดแปลงทั้งหมด

- jd = ระยะแขนของแรงดัด
 L = ความยาวช่วงของแผ่นพื้น
 m_t = ระยะจากแนวแรงดึงรวมถึงผิวบนของแผ่นพื้น
 m_{t1} = ระยะจากแรงอัดรวมถึงผิวบนของแผ่นพื้นที่วิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีอีลาสติก
 m_{t2} = ระยะจากแรงอัดรวมถึงผิวบนของแผ่นพื้นที่วิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีประลัย
 M_{cr} = แรงดัดที่จุดแตกร้าวเริ่มแรก
 M_y = แรงดัดที่จุดคดง
 M_u = แรงดัดที่จุดวิบัติ
 n = อัตราส่วนระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กแผ่นคอกอนกรีต
 R = รัศมีภายในของส่วนโค้งที่มุมของแผ่นเหล็กพับ
 t = ความหนาของแผ่นเหล็กพับ
 T_t = แรงดึงรวมของแผ่นพื้น
 x = ระยะจากจุดกึ่งกลางความยาวช่วงถึงตำแหน่งที่จะหาระยะโก่ง
 y = ระยะโก่งที่ตำแหน่งใด ๆ
 y_+ = ระยะจากแนวแกนสะเทินของหน้าตัดแปลงทั้งหมดถึงผิวข้างสุดของแผ่นพื้น
 σ_m = ระยะโก่งที่จุดกึ่งกลางความยาวช่วงของแผ่นพื้น
 ϵ_s = หน่วยการยึดตัวของแผ่นเหล็กพับ
 ϕ_y = มุมเปลี่ยนที่จุดคดง
 ϕ_u = มุมเปลี่ยนที่จุดประลัย
 ρ = เปอร์เซนต์ของเหล็กเสริม

นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้ในภาษาเทคนิค

การโก่งงอ, ระยะโก่ง	Deflection
การแตกร้าว	Crack
การแตกร้าวเริ่มแรก	First Crack
การเลื่อนตัว	Slip
การวิบัติ	Failure
การวิบัติจากแรงดึงในเหล็ก	Tension Failure
การแอ่นตัว	Deflected Curve
กำลังคลาก	Yield Strength
กำลังประลัย	Ultimate Strength
เกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้า	Electrical Strain Gage
เกจวัดความเครียดเชิงกล	Mechanical Strain Gage
เกจวัดแบบหน้าปัทม์	Dial Gage
กำลังอัดคอนกรีตรูปทรงกระบอก	Cylindrical Compressive Strength
ความเครียด, หน่วยการยืดหด	Strain
ความยาวช่วง	Span Length
ความยาวช่วงที่รับแรงเฉือน	Shear Span
แนวแกนสะเทิน	Neutral Axis
เปอร์เซ็นต์เหล็กเสริม	Percentage of Steel
แผ่นเหล็กตั้ง, สันเหล็ก	Web
แผ่นเหล็กยึดเชิงกล	Mechanical Anchorage
มุมเปลี่ยน	Curvature
โมดูลัสของความละเอียด	Fineness Modulus
โมดูลัสยืดหยุ่น	Modulus of Elasticity
โมเมนต์ของความเฉื่อย	Moment of Inertia

โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด	Moment of Area of section
แรงดัด	Moment
หน่วยแรง	Stress
หน่วยแรงเฉือนทางแนวราบ	Horizontal Shear Stress
หน่วยแรงดึงแยกตัว	Splitting Tensile Strength
หน่วยแรงยึดเหนี่ยว	Bond Stress
หน่วยแรงอัดเสมือนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	Equivalent Rectangular Stress Block

ภาคผนวก (ข)

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับแผ่นพื้นคอนกรีต

เสริมด้วยแผ่นเหล็กพับ

ตัวอย่างการคำนวณแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมด้วยแผ่นเหล็กพับ

ก. คำนวณหาค่าลึงคลากเฉื่อยของแผ่นเหล็กพับ (สำหรับแผ่นเหล็กพับเกจ 16)

$$B_c = \left(3.69 \frac{F_u}{F_y}\right) - 0.819 \left(\frac{F_u}{F_y}\right)^2 - 1.79$$

$$= \frac{(3.69 \times 3068)}{2120} - 0.819 \left(\frac{3068}{2120}\right)^2 - 1.79 = 1.835$$

$$m = \left(0.192 \frac{F_u}{F_y}\right) - 0.068$$

$$= \frac{(0.192 \times 3068)}{2120} - 0.068 = 0.21$$

$$F_{yc} = \frac{B_c F_y}{\left(\frac{R}{t}\right)^m}$$

$$= \frac{(1.835 \times 2120)}{\left(\frac{0.0938}{0.0568}\right)^{0.21}} = 3501 \text{ กก/ตร.ชม.}$$

$$F_{ya} = C F_{yc} + (1-C) F_y$$

$$= \frac{0.11664 \times 3501}{2.7} + \left\{1 - \left(\frac{0.11664}{2.7}\right)\right\} \times 2120 = 2178 \text{ กก/ตร.ชม.}$$

ข. คำนวณหาแรงอัดและแรงดึงจากหน่วยความเครียด (สำหรับแผ่นพื้น S₁₆)

$$\epsilon_c = 26.73 \times 10^{-5}; \quad \epsilon_s = 55.32 \times 10^{-5}$$

$$c = \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_s}\right) h = \frac{26.73 \times 10^{-5}}{(26.73 \times 10^{-5}) + (55.32 \times 10^{-5})} = 4.724 \text{ ชม.} < h'$$

$$\epsilon_s'' = \left(\frac{5-c}{14.5-c}\right) \epsilon_s = \left(\frac{5-4.724}{14.5-4.724}\right) \times 55.32 \times 10^{-5} = 1.56 \times 10^{-5}$$

$$f_s'' = E_s \epsilon_s'' = 2.06 \times 10^6 \times 1.56 \times 10^{-5} = 32.14 \text{ กก./ตร.ซม.}$$

$$f_s = E_s \epsilon_s = 2.06 \times 10^6 \times 55.32 \times 10^{-5} = 1,139.59 \text{ กก./ตร.ซม.}$$

$$f_c = E_c \epsilon_c = 2.085 \times 10^5 \times 26.73 \times 10^{-5} = 55.73 \text{ กก./ตร.ซม.}$$

$$C_{t1} = \frac{1}{2} \times f_c \times b \times c = \frac{1}{2} \times 55.73 \times 73.2 \times 4.724 = 9636 \text{ กก.}$$

ระยะจากแนวแรง C_{t1} ถึงขอบด้านบนของแผ่นพื้น = $\frac{c}{3} = \frac{4.724}{3} = 1.58 \text{ ซม.}$

$$C_{t2} = 0.85 f_c \times a \times b = 0.85 \times 55.73 \times 0.85 \times 4.724 \times 73.2 = 13,923 \text{ ซม.}$$

ระยะจากแนวแรง C_{t2} ถึงขอบด้านบนของแผ่นพื้น = $a/2 = 0.85 \times 4.724/2 = 2.01 \text{ ซม.}$

แรงดึงรวม T_t และตำแหน่งของแรงแทน สามารถหาค่าได้ดังนี้

แรงดึง (กก.)

ระยะทางจากแนวแรงถึงขอบ

ด้านบนของแผ่นพื้น (ซม.)

$$T_1 = 32.14 \times (14.5-5) \times 2 \times 0.1443 = 88.12$$

$$9.75$$

$$T_2 = \frac{1}{2} \{ (1139.59 - 32.14) \times (14.5-5) \times 2 \times 0.1443 \} = 1518.15$$

$$11.33$$

$$T_3 = 1139.59 \times 5 \times 0.1443 = 822.21$$

$$14.5$$

แรงดึง (กก.)



ระยะทางจากแนวแรงดึงขอบ

ด้านบนของแผ่นพื้น (ซม.)

$$T_4 = 32.14 \times 5 \times 0.1443 = 23.19$$

5

$$(T_1 + T_2 + T_3 + T_4) = 2452$$

12.28

$$T_t = 4(T_1 + T_2 + T_3 + T_4) = 9808 \text{ กก.}$$

ค. กำหนดหาแรงดัดและมุมเปลี่ยนตาม ACI - 318 - 77 (สำหรับแผ่นพื้น S₂₂)

- จุดดัดกร้าวเริ่มแรก

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{34 \times 12621}{8.192} = 524 \text{ กก-ม.}$$

$$\phi_{cr} = \frac{f_r}{E_c y_t} = \frac{34}{1.34 \times 10^5 \times 8.192} = 3.10 \times 10^{-5} \text{ เกรเดียน/ซม.}$$

- จุดคลาก

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{(0.072 \times 120)}{(73.2 \times 9.75)} = 0.0121$$

$$\rho_n = 0.0121 \times 16 = 0.1937$$

$$k = \left[(\rho_n)^2 + 2\rho_n \right]^{\frac{1}{2}} - \rho_n = \left[(0.1937)^2 + (2 \times 0.1937) \right]^{\frac{1}{2}} - 0.1937$$

$$= 0.458$$

$$kd = 0.458 \times 9.75 = 4.466 \text{ ซม.}$$

$$\epsilon'_s = \frac{f_y a}{E_s} = \frac{2143}{2.06 \times 10^6} = 1.04 \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_c = \frac{(\epsilon'_s x k d)}{(d - k d)} = \frac{(1.04 \times 10^{-3} \times 4.466)}{(9.75 - 4.466)} = 8.79 \times 10^{-4}$$

$$f_c = \epsilon_c E_c = 8.79 \times 10^{-4} \times 1.24 \times 10^5 = 109 \text{ กก./ตร.ซม.} < 0.7 f'_c$$

$$M_y = A_s f_y j d = 0.072 \times 120 \times 2143 \left(9.75 - \frac{4.466}{3}\right)$$

$$= 1,530 \text{ กก-ม.}$$

$$\phi_y = \frac{\epsilon'_s}{(d - k d)} = \frac{1.04 \times 10^{-3}}{(9.75 - 4.466)} = 1.97 \times 10^{-4} \text{ เรเดียน/ซม.}$$

- จตุรวิบัติ

จากการสมมูลย์ของแรงจะได้

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{(0.072 \times 120 \times 2143)}{(0.85 \times 340 \times 73.2)} = 0.875 \text{ ซม.}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0.875}{0.807} = 1.082 \text{ ซม.}$$

$$M_u = 0.85 f'_c a b \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0.85 \times 340 \times 0.875 \times 73.2 \left(9.75 - \frac{0.875}{2}\right)$$

$$= 1,724 \text{ กก-ม.}$$

$$\phi_u = \frac{\epsilon_c}{c} = \frac{0.003}{1.082} = 277 \times 10^{-5} \text{ เรเดียน/ซม.}$$

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตในแผ่นพื้นตัวอย่าง

ชนิดของแผ่นพื้น		อัตราส่วนผสมของคอนกรีต ซีเมนต์:ทราย:หิน (โดยน้ำหนัก)	อัตราส่วนผสมใน 1 ลบ.ม. (กก.)			
			ปูนซีเมนต์	หิน	ทราย	น้ำ
แผ่นพื้นที่มีความหนาของ แผ่นเหล็กค้ำเป็นตัวแปร	S ₁₆ S ₁₈ S ₂₀ S ₂₂	1:2.04:2.39	369	960	834	200
แผ่นพื้นที่มีระยะห่างของ แผ่นเหล็กยึดเชิงกลเป็นตัวแปร	S _{5a} S ₅ S ₁₅ S ₃₀ S ₀	1:2.04:2.39	369	960	834	200

หมายเหตุ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ = 0.55 โดยน้ำหนัก

หินมีขนาดโตสุด $\frac{3}{4}$ นิ้ว และทรายมีโมดูลัสของความละเอียดเท่ากับ 3.00

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตของแผ่นพื้นตัวอย่างที่อายุการบ่มต่าง ๆ กัน

ชนิดของแผ่นพื้น		ค่าเฉลี่ยกำลังอัดของคอนกรีต (กก/ตร.ซม.)			ค่าเฉลี่ยโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อายุการบ่ม 7 วัน 10^5 (กก/ตร.ซม.)	ค่าเฉลี่ยกำลังดึงแยกตัวของคอนกรีตที่อายุการบ่ม 7 วัน (กก/ตร.ซม.)
		3 วัน	7 วัน	28 วัน		
แผ่นพื้นที่มีความหนาของแผ่นเหล็กเป็นดัวแปร	๘ ₁₆	180	340	320	1.24	34
	๘ ₁₈	209	215	299	1.58	29
	๘ ₂₀	261	255	290	1.39	32
	๘ ₂₂	231	283	303	2.09	25
แผ่นพื้นที่มีระยะห่างของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเป็นดัวแปร	๘ _{5a}	288	327	290	1.68	28
	๘ ₅	231	283	303	2.09	25
	๘ ₁₅	170	300	301	1.60	32
	๘ ₃₀	274	300	297	1.07	33
	๘ _๐	259	322	324	1.34	34

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของแผ่นพื้นตัวอย่าง

ชนิดของแผ่นพื้น	น้ำหนักของแผ่นพื้น (กก/ม.)	แผ่น เหล็กพับ		ระยะห่างของแผ่น เหล็กยึด เชิงกล (ซม.)	
		ขนาดเกจ	ความหนา มม.		
แผ่นพื้นที่มีขนาดความหนาของ แผ่น เหล็กพับ เป็นตัวแปร	S ₁₆	183	16	1.443	5
	S ₁₈	181	18	1.217	5
	S ₂₀	177	20	0.900	5
	S ₂₂	175	22	0.720	5
แผ่นพื้นที่มีระยะห่างของ แผ่น เหล็กยึด เชิงกล เป็นตัวแปร	S _{5a}	177	22	0.720	5
	S ₅	175	22	0.720	5
	S ₁₅	173	22	0.720	15
	S ₃₀	173	22	0.720	30
	S ₀	172	22	0.720	-

ตารางที่ 4.1 กำลังคลากและกำลังประลัยของเหล็กแผ่น กำลังคลากที่มุมและ
กำลังคลากเฉลี่ยของแผ่นเหล็กพับของแผ่นพื้นตัวอย่าง

ชนิดของแผ่นพื้น		ขนาดเกจของ แผ่นเหล็กพับ	กำลังของเหล็กแผ่น (กก/ตร.ซม.)		กำลังคลากของแผ่นเหล็กพับ (กก/ตร.ซม.)	
			จุดคลาก	จุดประลัย	ที่มุม	เฉลี่ยตลอดทั้งแผ่น
แผ่นพื้นที่มีความหนาของ แผ่นเหล็กพับเป็นตัวแปร	S ₁₆	16	2,120	3,068	3,502	2,210
	S ₁₈	18	2,120	3,068	3,380	2,199
	S ₂₀	20	2,120	3,068	3,452	2,178
	S ₂₂	22	2,120	3,068	3,287	2,143
แผ่นพื้นที่มีระยะห่างของแผ่นเหล็ก ยึดเชิงกลเป็นตัวแปร	S _{5a}	22	2,120	3,068	3,287	2,143
	S ₅	22	2,120	3,068	3,287	2,143
	S ₁₅	22	2,120	3,068	3,287	2,143
	S ₃₀	22	2,120	3,068	3,287	2,143
	S ₀	22	2,210	3,068	3,287	2,143

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการวิเคราะห์ของค่าแรงตัดของ
แผ่นพื้นตัวอย่าง

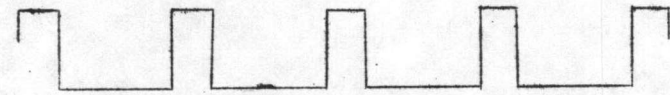
ชนิดของ แผ่นพื้น	เปอร์เซ็นต์ เหล็กเสริม ρ (%)	แรงตัดเนื่องจากการทดสอบ (วิเคราะห์) กก-ม.					
		จุดแตกร้าว		จุดคลาก		จุดประลัย	
S ₁₆	2.426	473	(480)	1,680	(3,000)	4,307	(3,310)
S ₁₈	2.046	480	(520)	1,520	(2,520)	3,372	(2,780)
S ₂₀	1.513	507	(540)	1,487	(1,900)	2,564	(2,180)
S ₂₂	1,211	533	(524)	1,335	(1,530)	2,111	(1,724)

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการวิเคราะห์ของแรงเฉือนในแผ่นพื้นตัวอย่าง

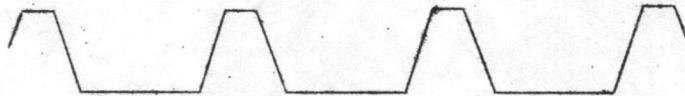
ชนิด ของ แผ่น พื้น	แรงเฉือนที่คาดหมายไว้				แรงเฉือน ที่ได้จาก ผลการทดสอบ	จำนวนแผ่นเหล็ก ยึดเชิงกลที่ควร จะใช้
	แผ่นเหล็ก ยึดเชิงกล กก/ม. (กก/แผ่น)	แรงเสียดทาน ระหว่างผิวคอนกรีต กับแผ่นเหล็กทับ กก/ม.	แรงแบกทานของ เดือยเหล็กยึดเชิงกล กับคอนกรีต กก/ม. (กก/แผ่น)	แรงรวม กก/ม.		
S ₅	4,320 (40)	240	39,774 (360)	44,304	1,187	$\frac{1,187-240}{400}$ = 2.36
S ₁₅	1,440 (40)	240	13,248 (360)	14,952	1,001	$\frac{1,001-240}{400}$ = 1.90
S ₃₀	800 (40)	240	7,360 (360)	8,424	1,090	$\frac{1,090-240}{400}$ = 2.13
S ₀	-	240	-	240	240	-



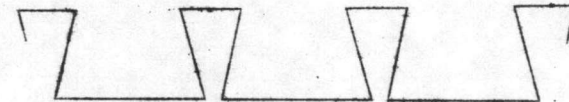
แผ่นเหล็กพับชนิดลอน (Corrugate)



แผ่นเหล็กพับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular-Rib)

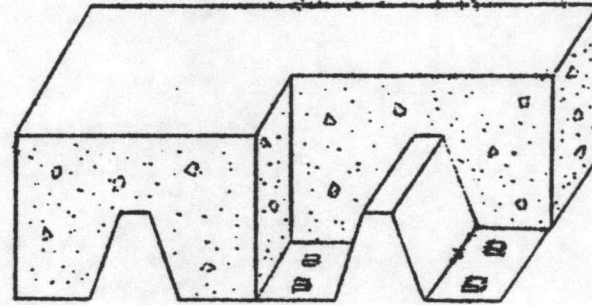
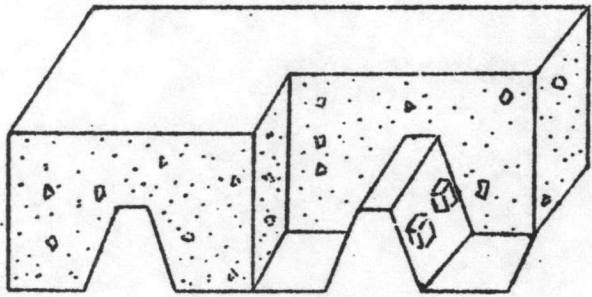


แผ่นเหล็กพับรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal-Rib)

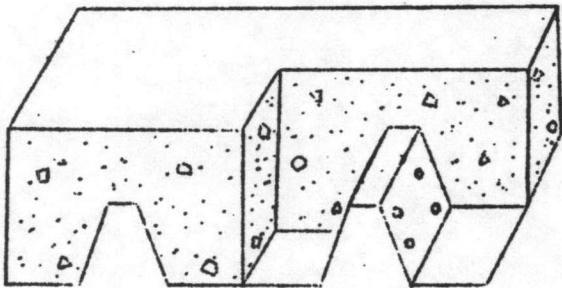


แผ่นเหล็กพับรูปหางนก (Dovetail)

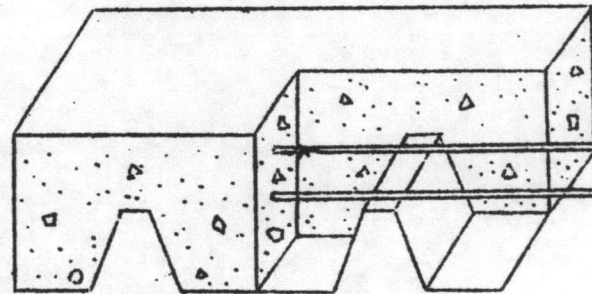
รูปที่ 2.1 รูปร่างหน้าตัดแผ่นเหล็กพับ



ก. แผ่นเหล็กหับที่มีรอยบุหนหรือเว้าบนปีก (Flange) และสัน (Web)

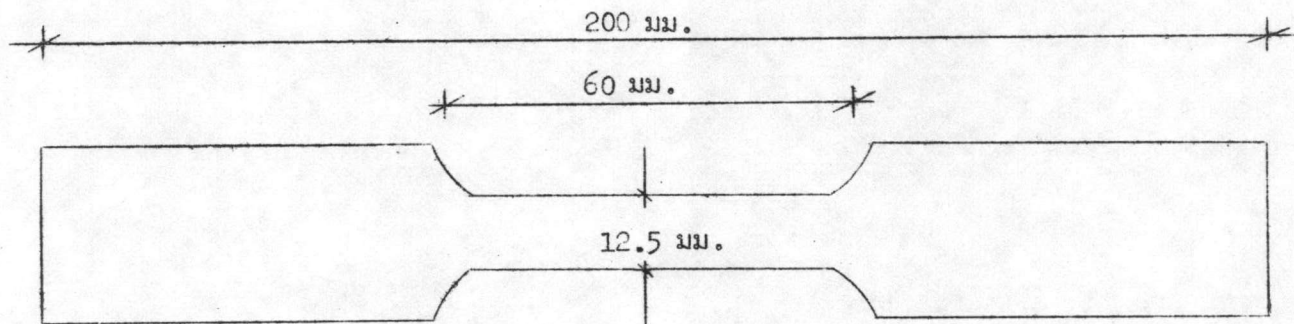


ข. แผ่นเหล็กหับที่มีรูบนเหล็กแผ่นตั้ง

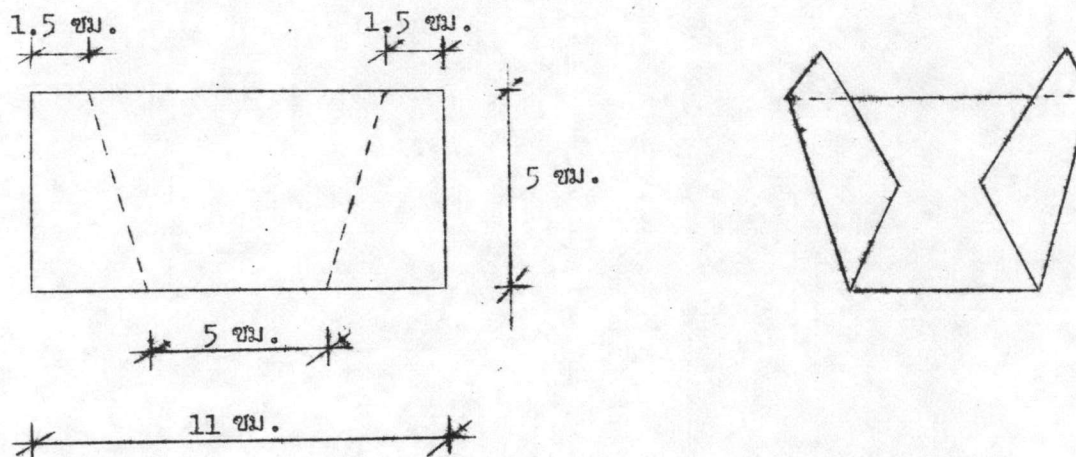


ค. แผ่นเหล็กหับที่มีเส้นลวดเชื่อมติดค้ำบน (T-wire)

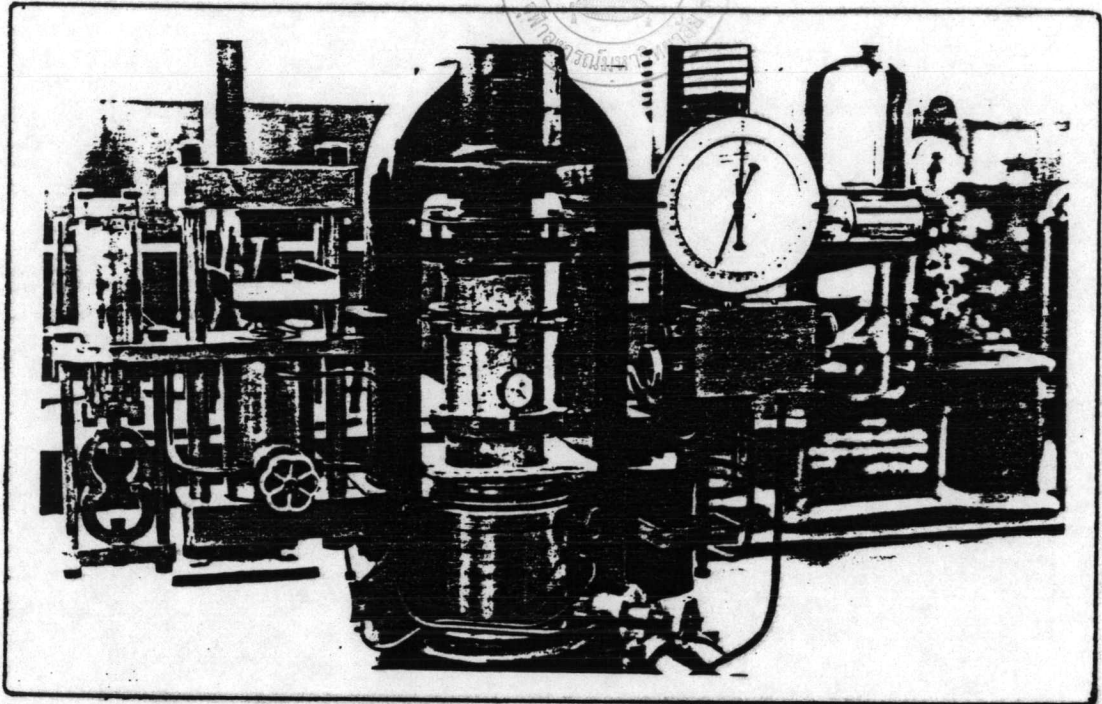
รูปที่ 2.2 ลักษณะการหับแผ่นเหล็กเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับแผ่นเหล็กหับ



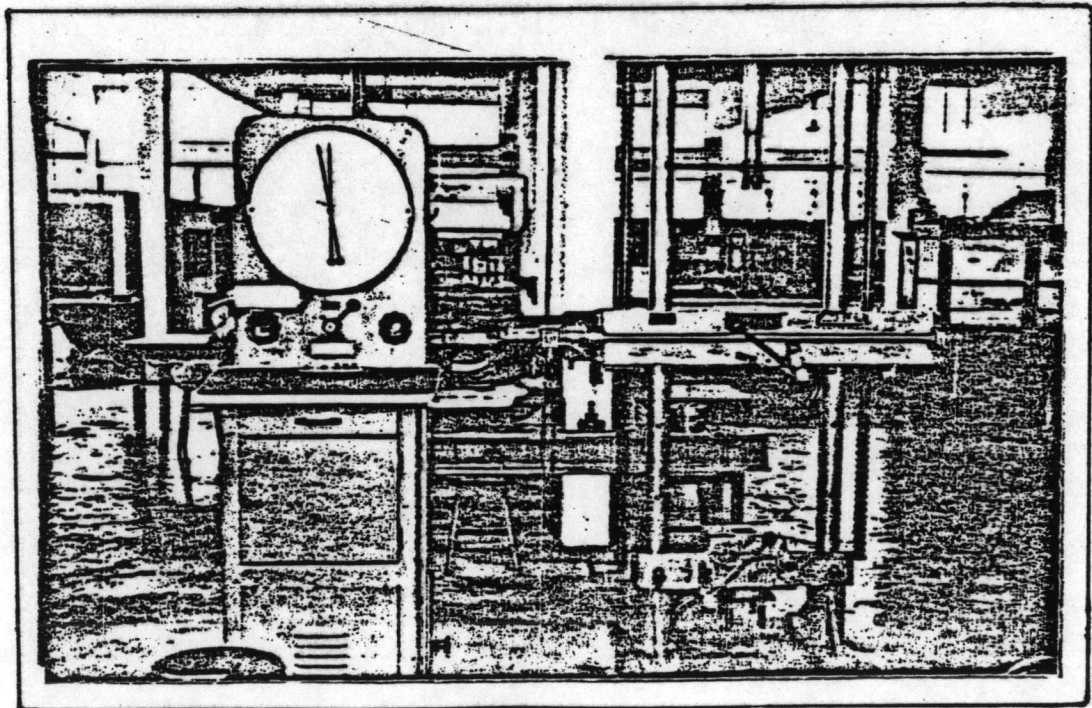
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแผ่นเหล็กที่ใช้ทดสอบหากำลังดึงของแผ่นเหล็ก



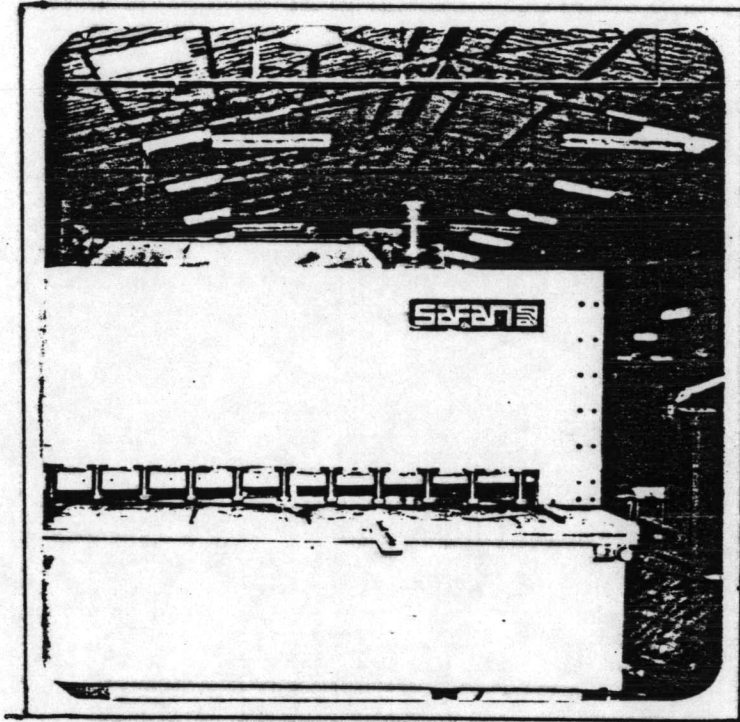
รูปที่ 2.4 รูปร่างหน้าตัดของแผ่นเหล็กยึดเชิงกล



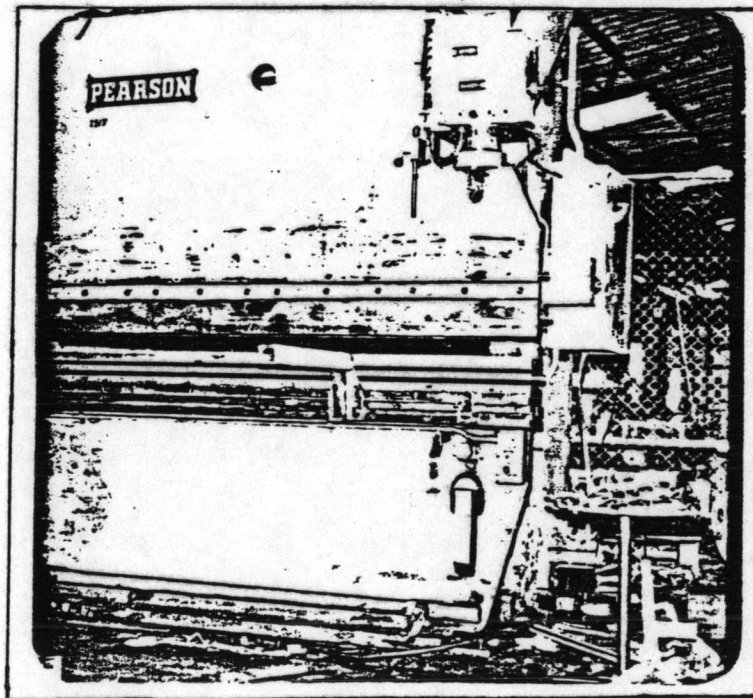
รูปที่ 2.5 เครื่องมือทดสอบกำลังอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต



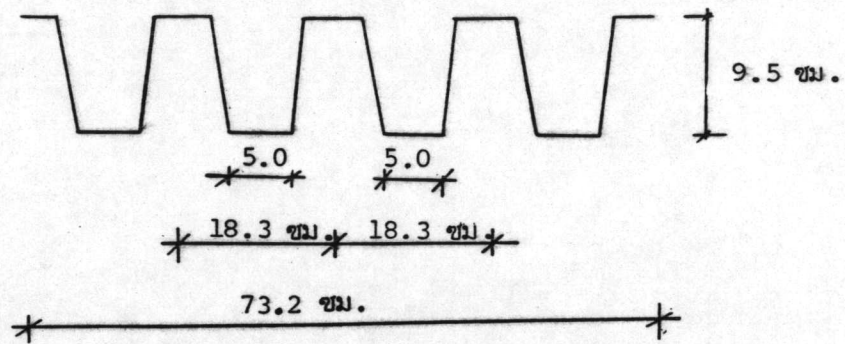
รูปที่ 2.6 เครื่องทดสอบกำลังดึงของแผ่น เหล็ก



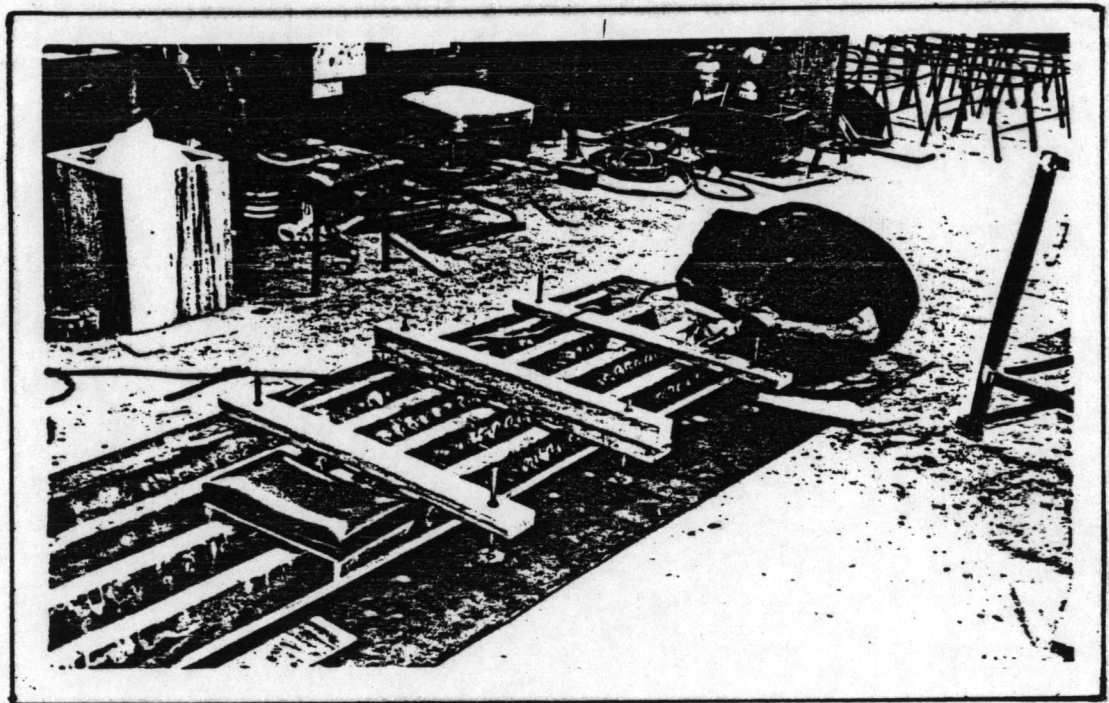
รูปที่ 2.7 เครื่องตัดแผ่นเหล็ก
(Guillotine Shear Machine)



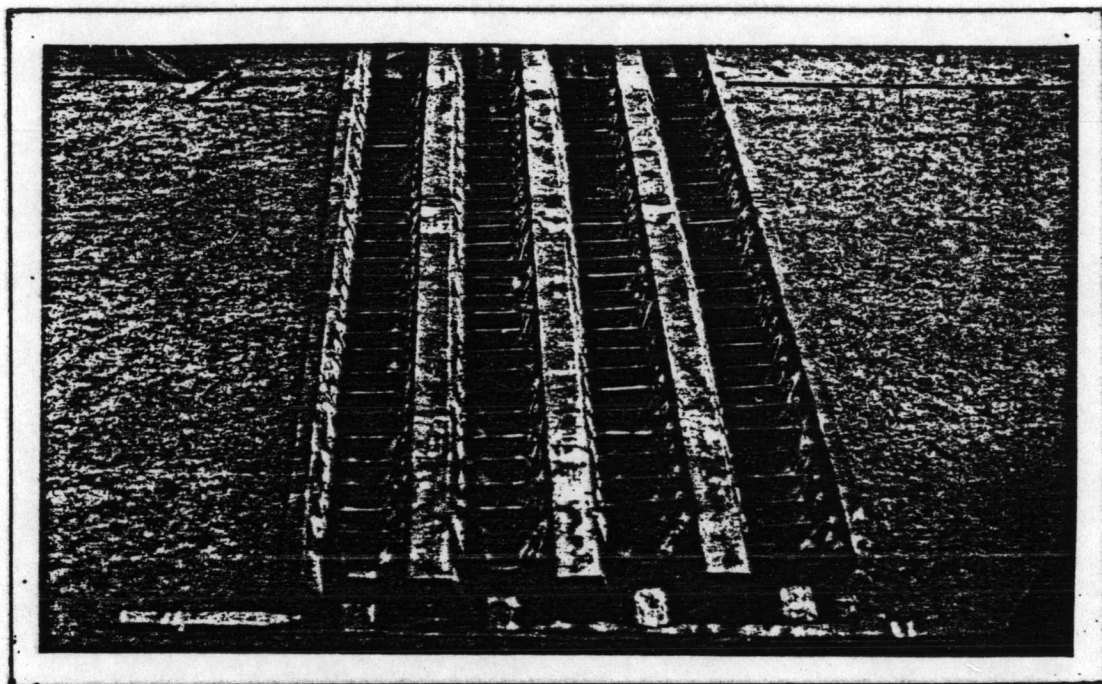
รูปที่ 2.8 เครื่องพับแผ่นเหล็กแบบไฮดรอลิกซ์
(Hydraulic Press Machine)



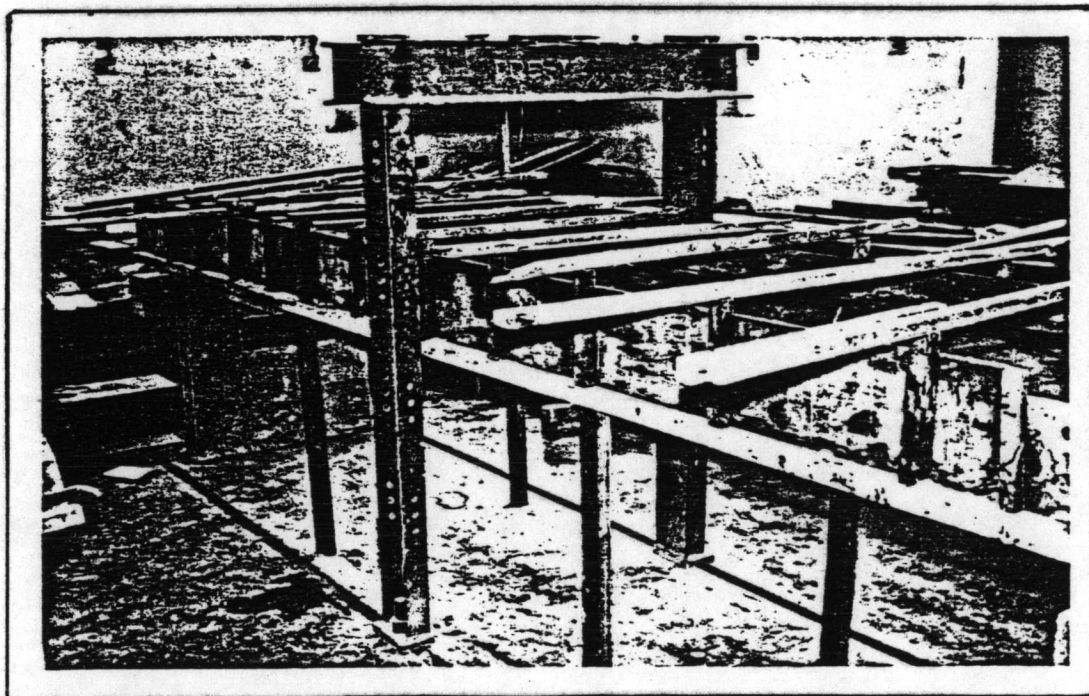
รูปที่ 2.9 ลักษณะและขนาดของแผ่นเหล็กเมื่อพับเรียบร้อยแล้ว



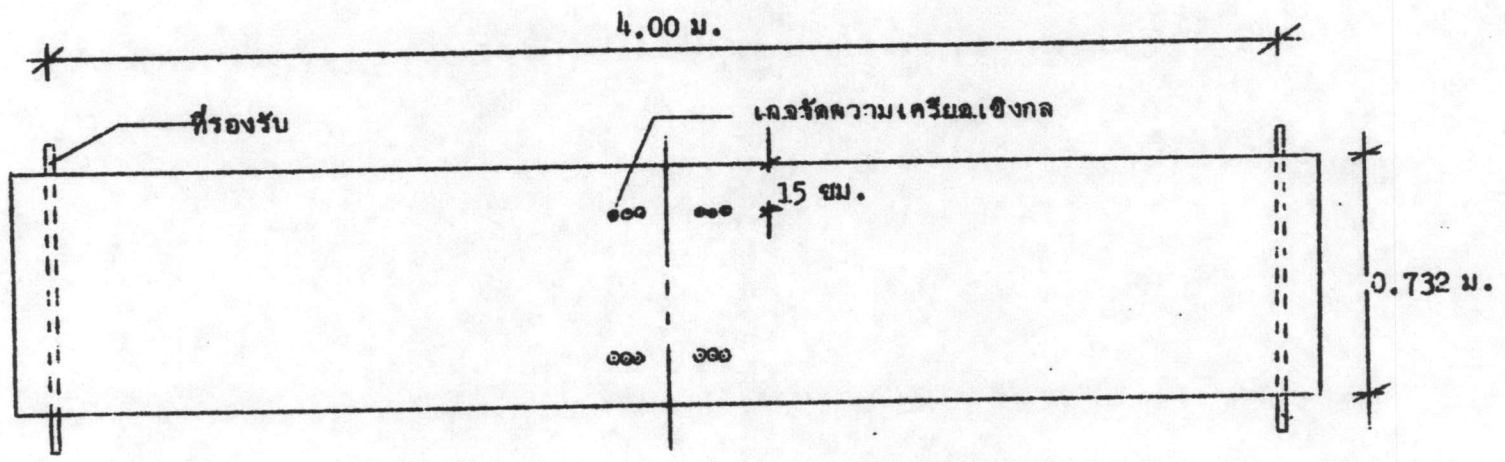
รูปที่ 2.10 เครื่องยัดแผ่นเหล็กหีบในระหว่างการเชื่อม



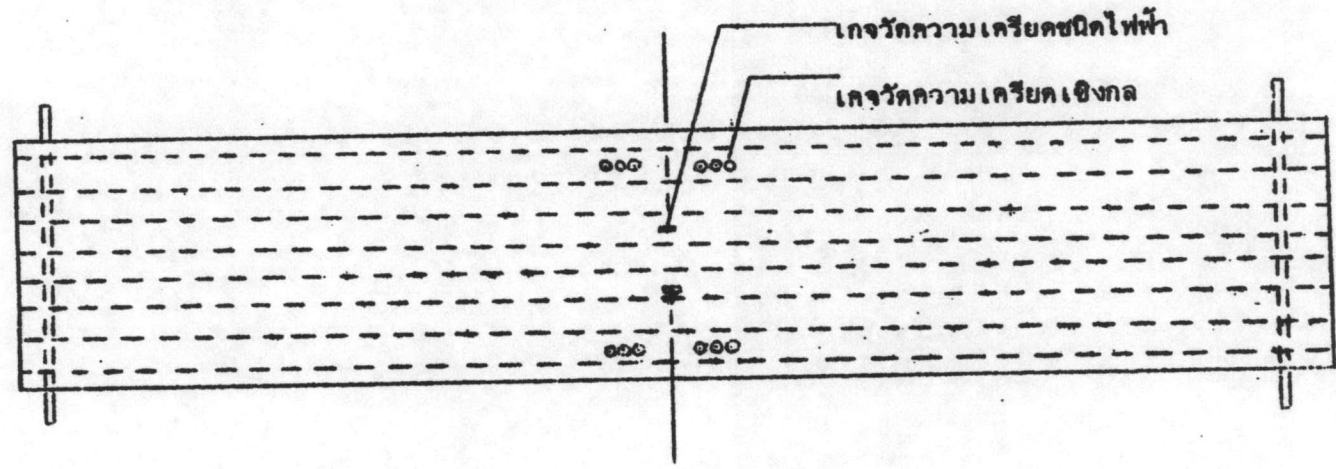
รูปที่ 2.11 ลักษณะแผ่นเหล็กพับเมื่อเชื่อมแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเข้าด้วยกันแล้ว



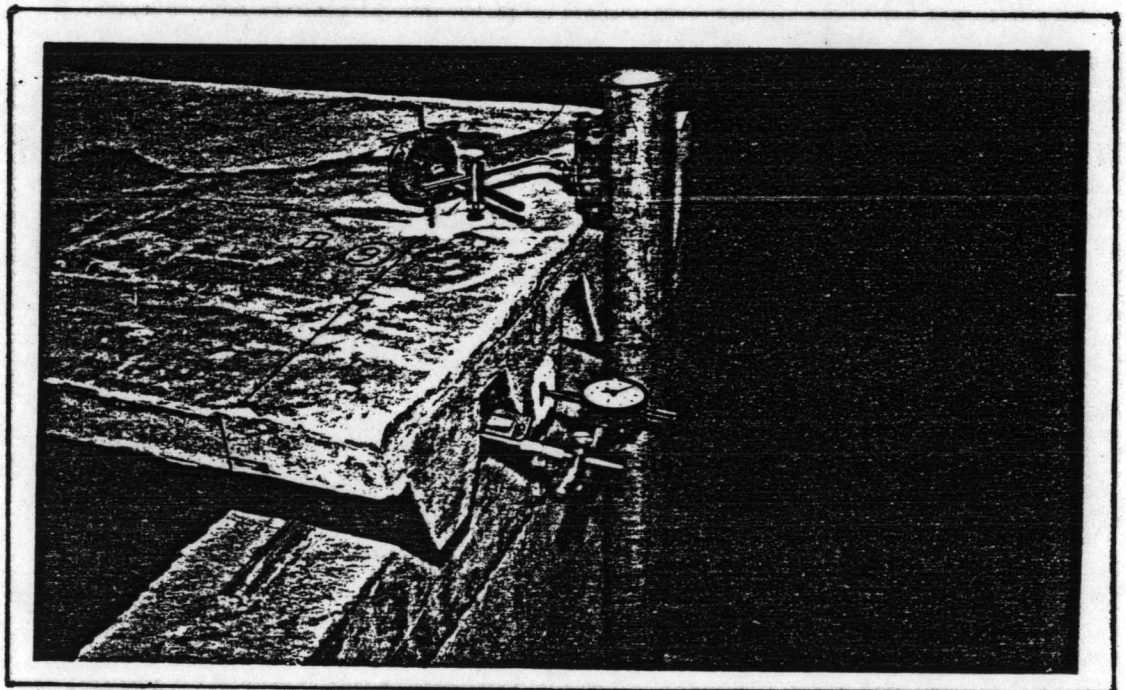
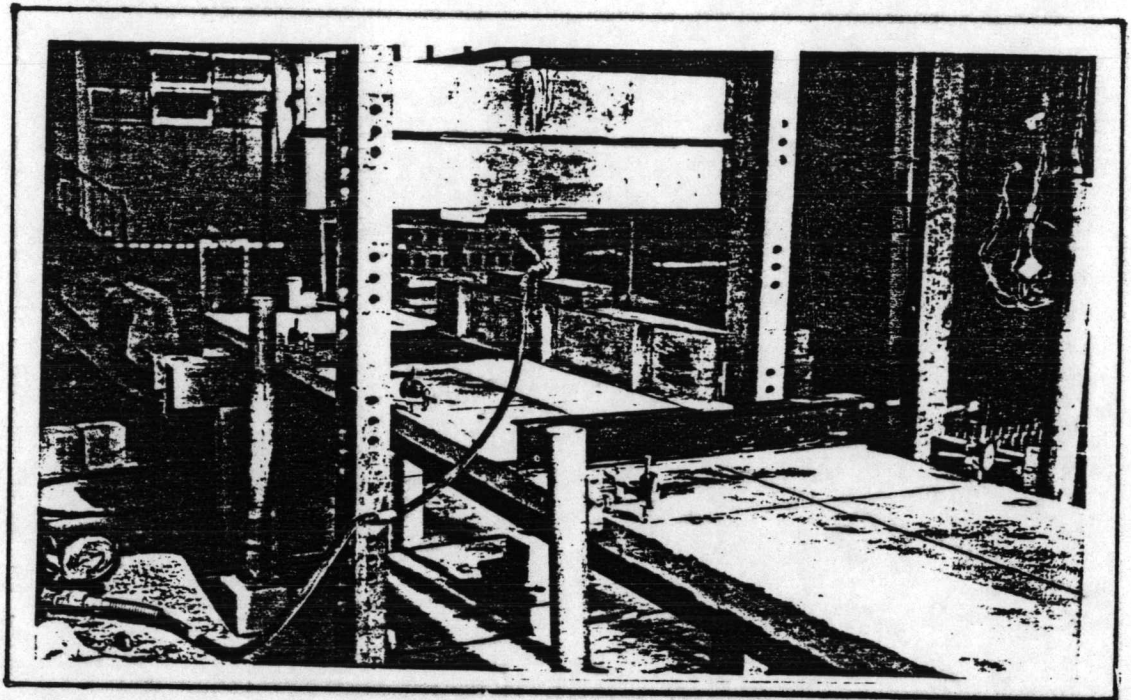
รูปที่ 2.12 ลักษณะการประกอบไม้แบบและตำแหน่งค้ำยันเพื่อการเทคอนกรีต



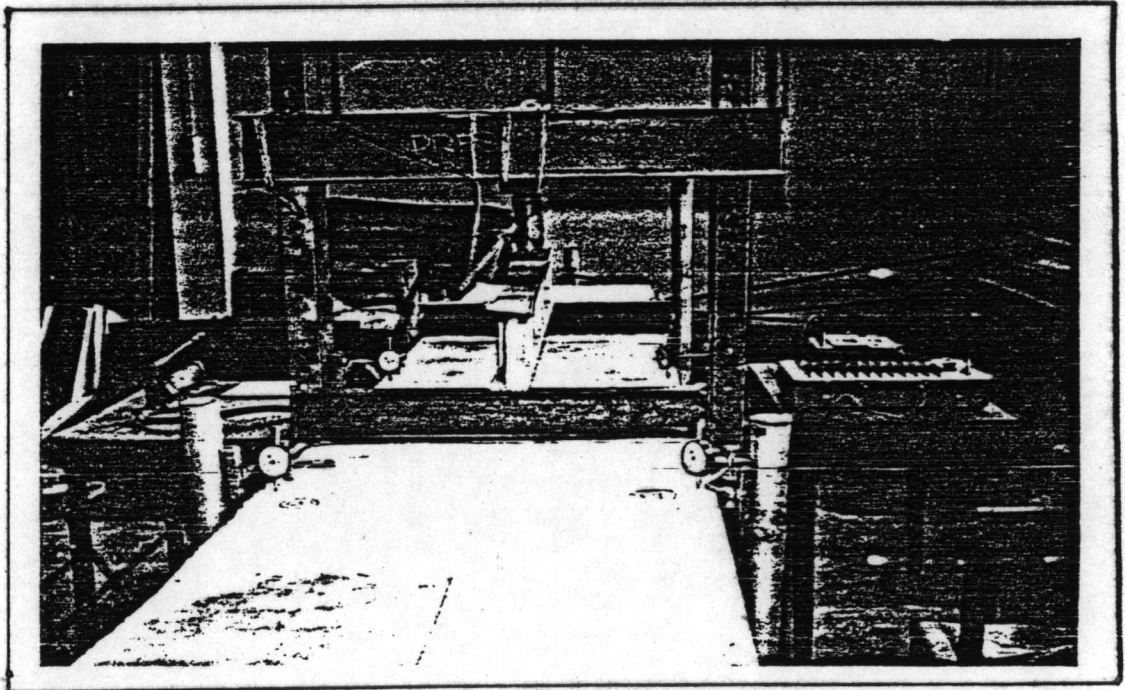
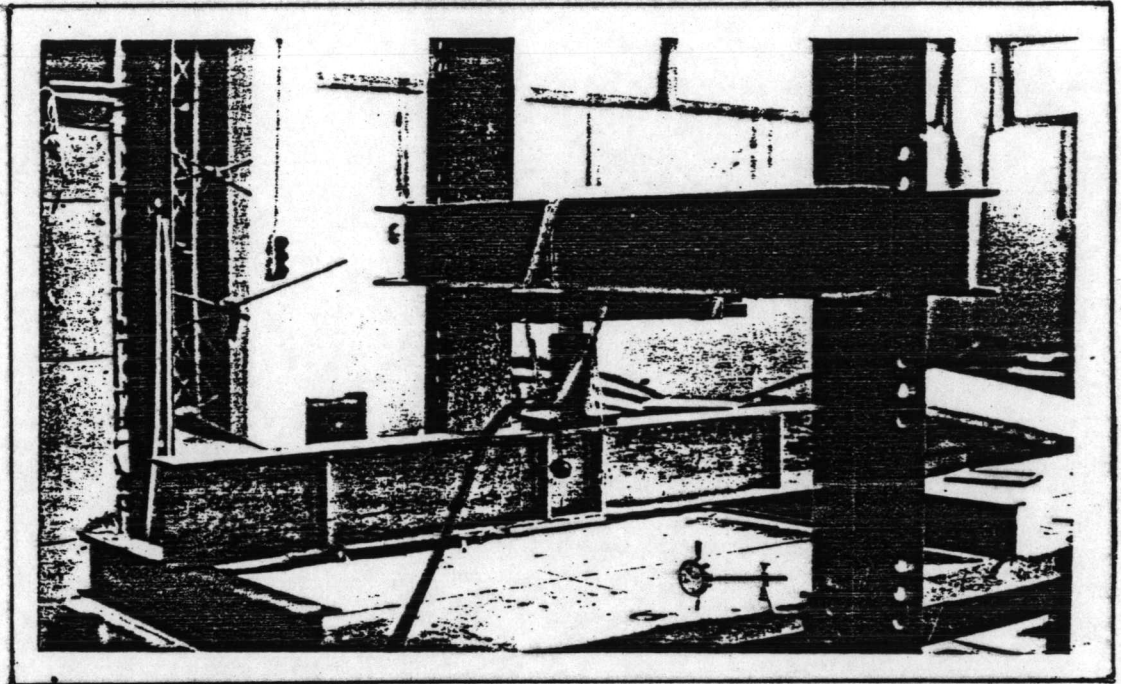
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งแถวรัดความเค้นด.เชิงกลที่ผิวบนของแผ่นพื้น



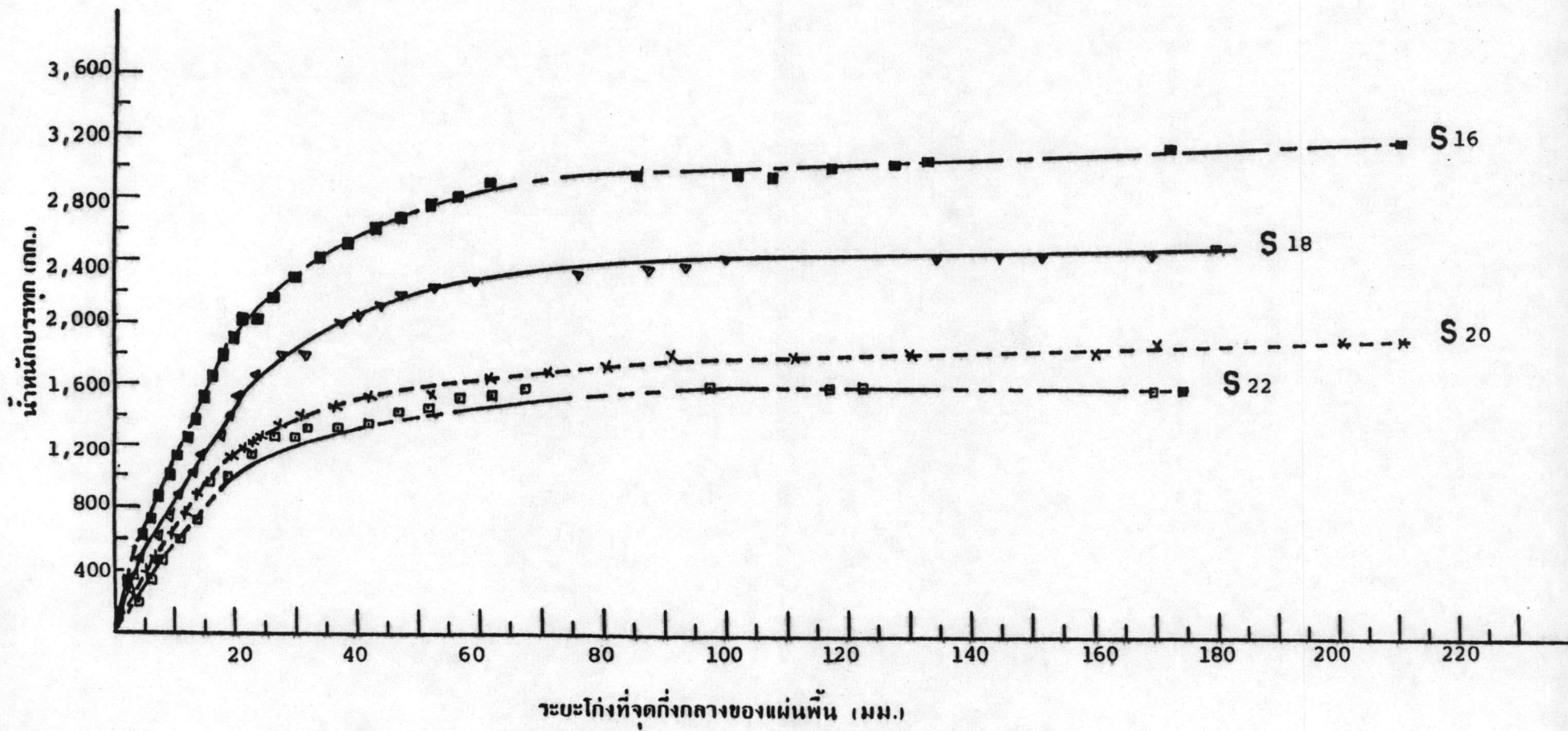
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งแถวรัดความเค้นด.เชิงกลและชนิดไฟฟ้าที่ผิวล่างของแผ่นพื้น



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งติดเกจวัดระยะโค้งและระยะเลื่อนตัวของแผ่น เหล็ก

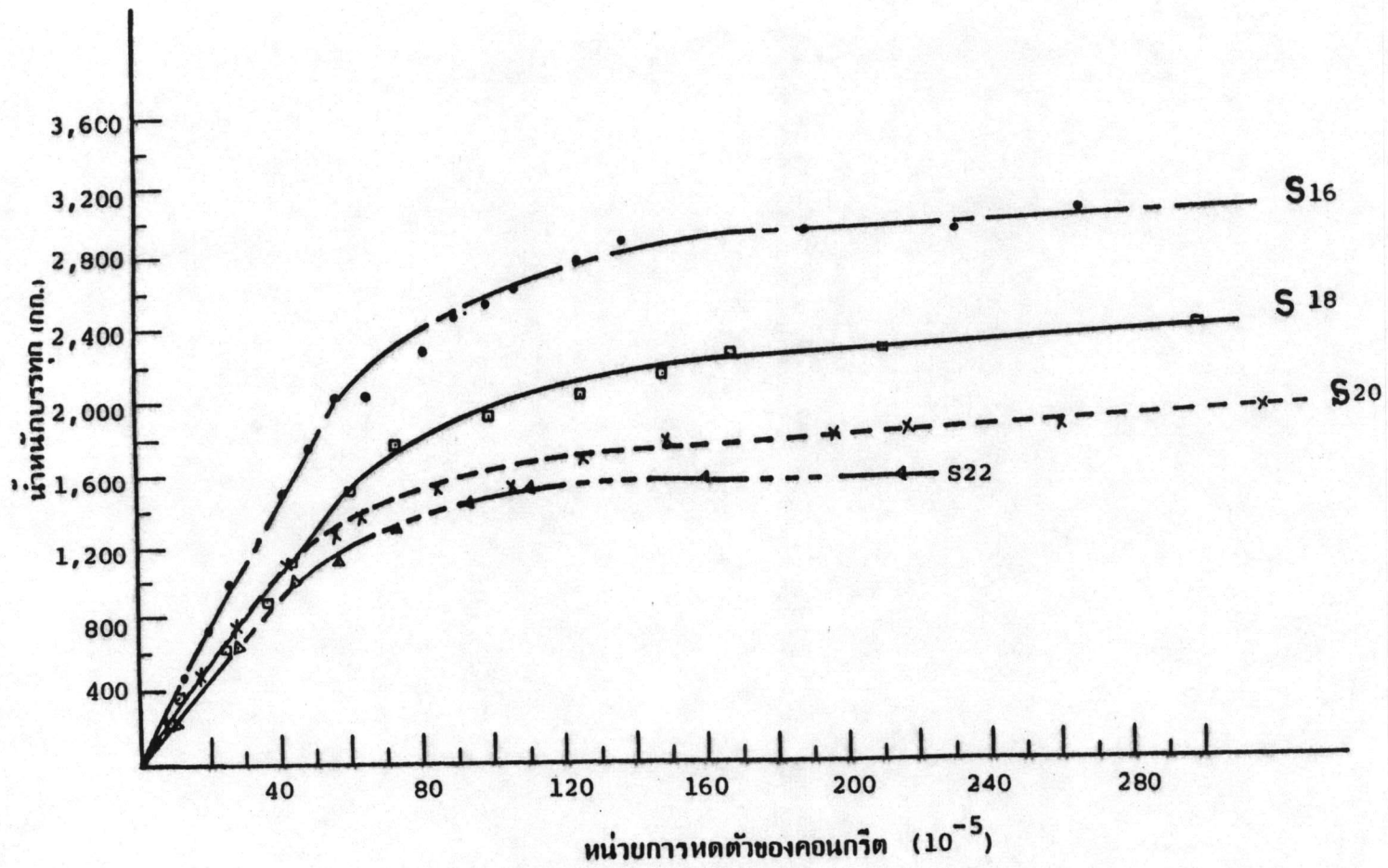


รูปที่ 3.4 ลักษณะการจัดโครงสร้างเหล็กบรรทุกน้ำหนัก

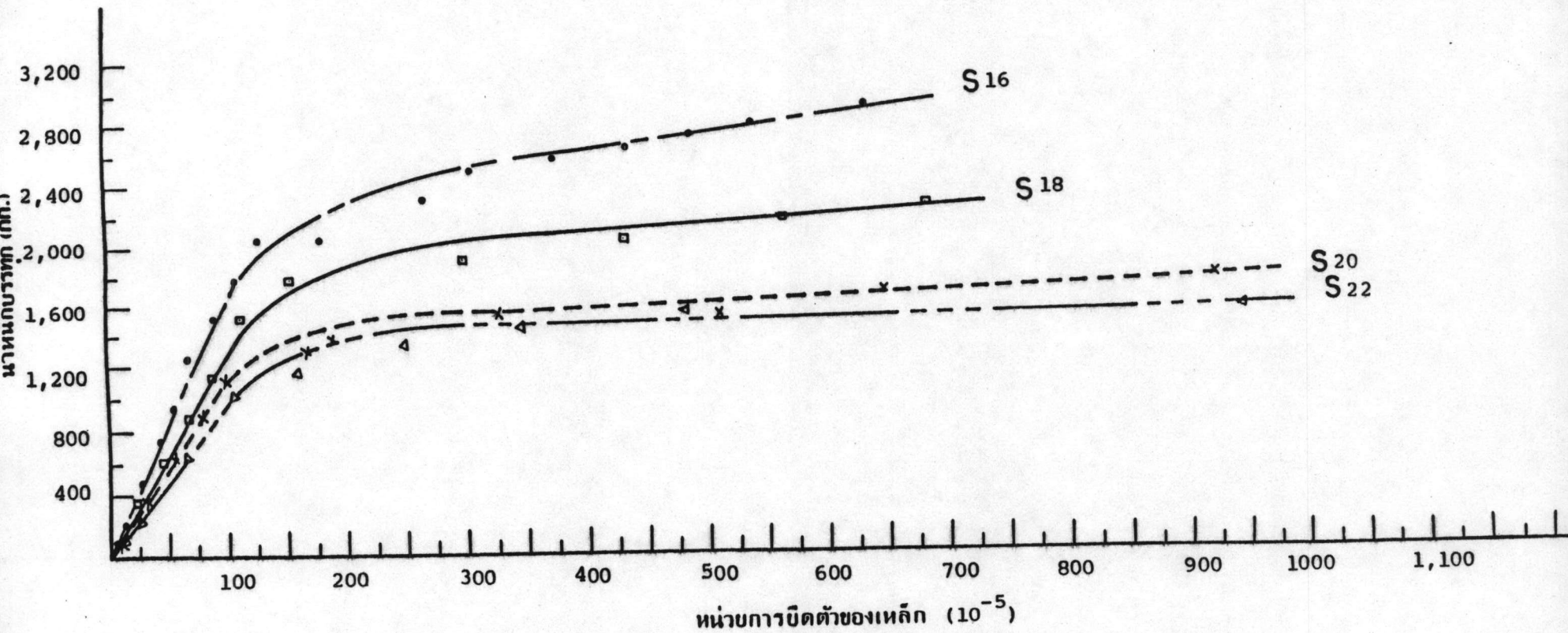


รูปที่ 3.5

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมทุกและระยะโค้งที่จุดกึ่งกลางของแผ่นพื้น
ที่มีความหนาของแผ่นเหล็กเป็นตัวแปร

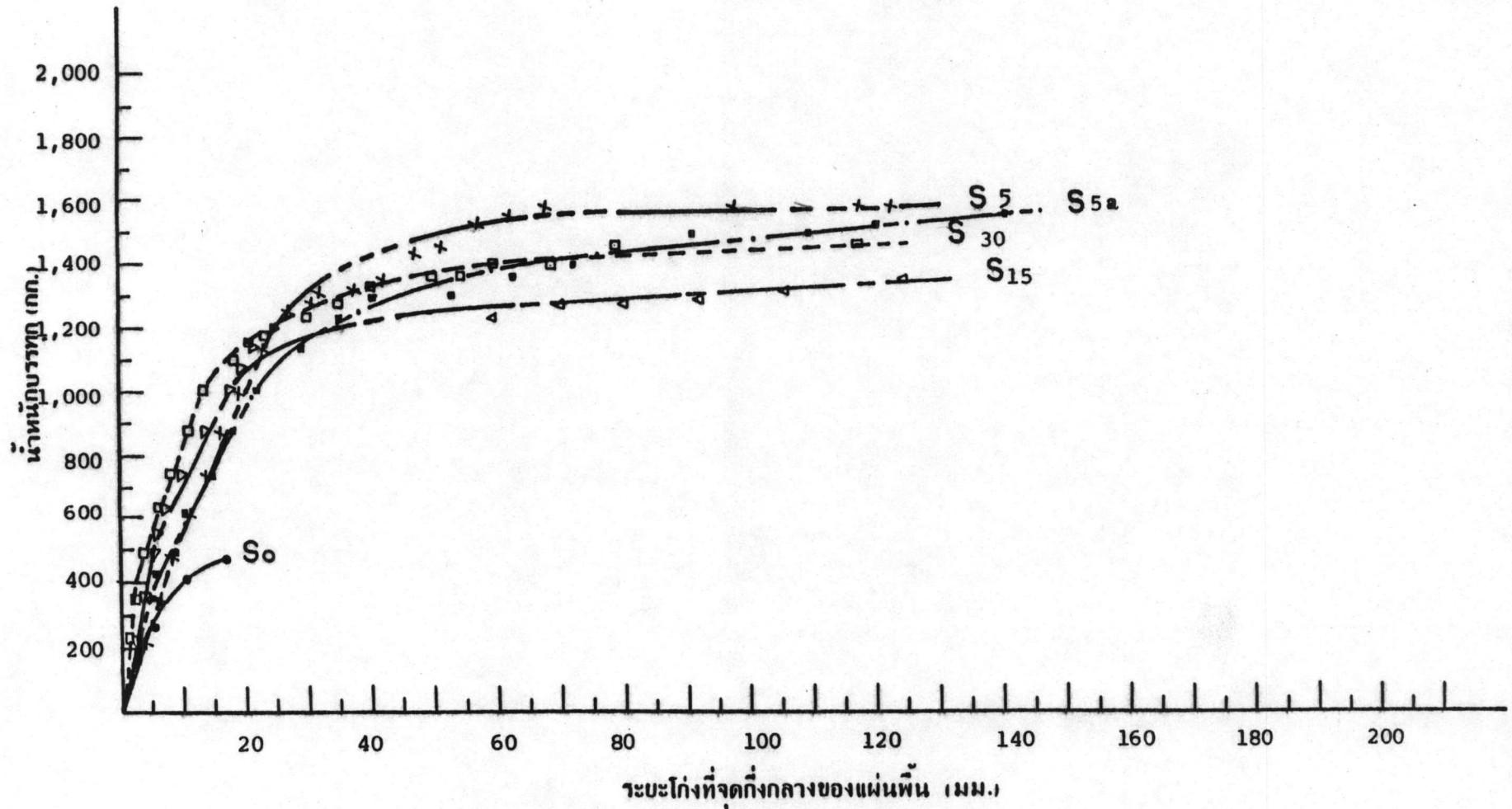


รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมและหน่วยการดูดตัวของคอนกรีตที่ผิวบนของแผ่นพื้น
ที่มีความหนาของแผ่นเหล็กเป็นตัวแปร



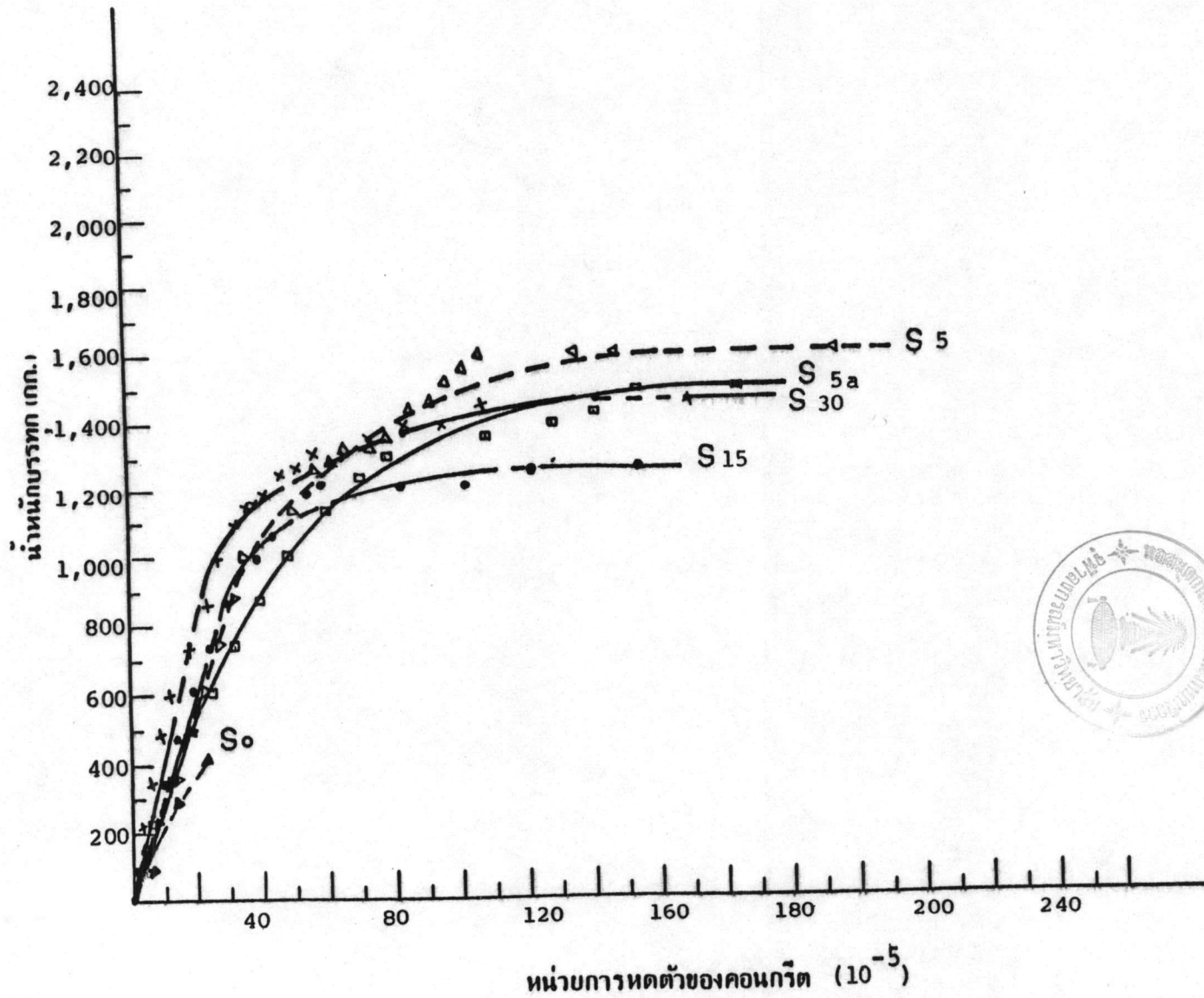
รูปที่ 3.7

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบารทุกและหน่วยการปิดตัวของแผ่นเหล็กฉนวนล่างสุด
ของแผ่นค้ำที่มีความหนาแผ่นเหล็กเป็นตัวแปร

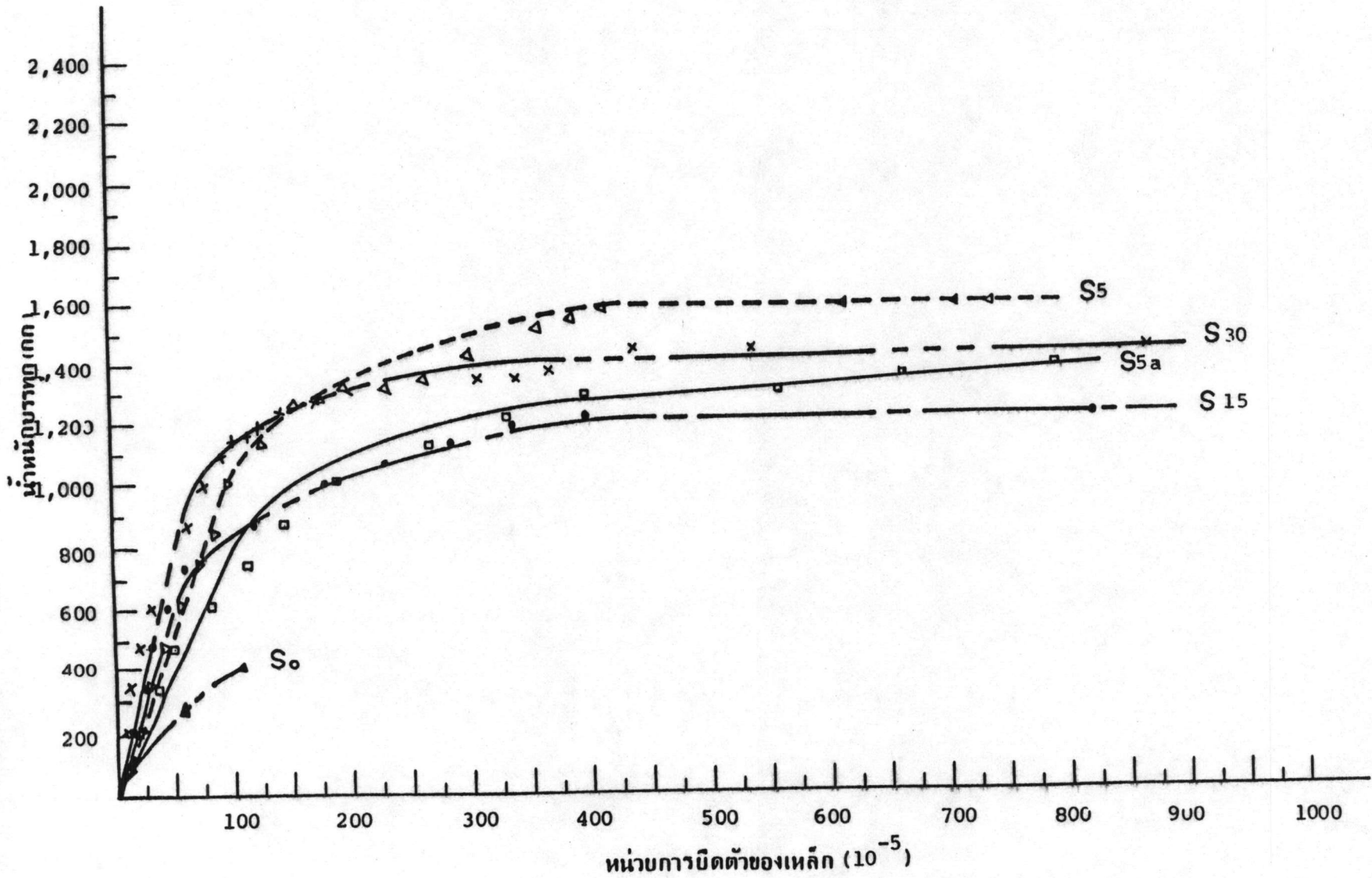


รูปที่ 3.8

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมและระยะโค้งที่จุดกึ่งกลางของแผ่นพื้น
ที่มีระยะของแผ่นเหล็กยึด เชิงกล เป็นตัวแปร

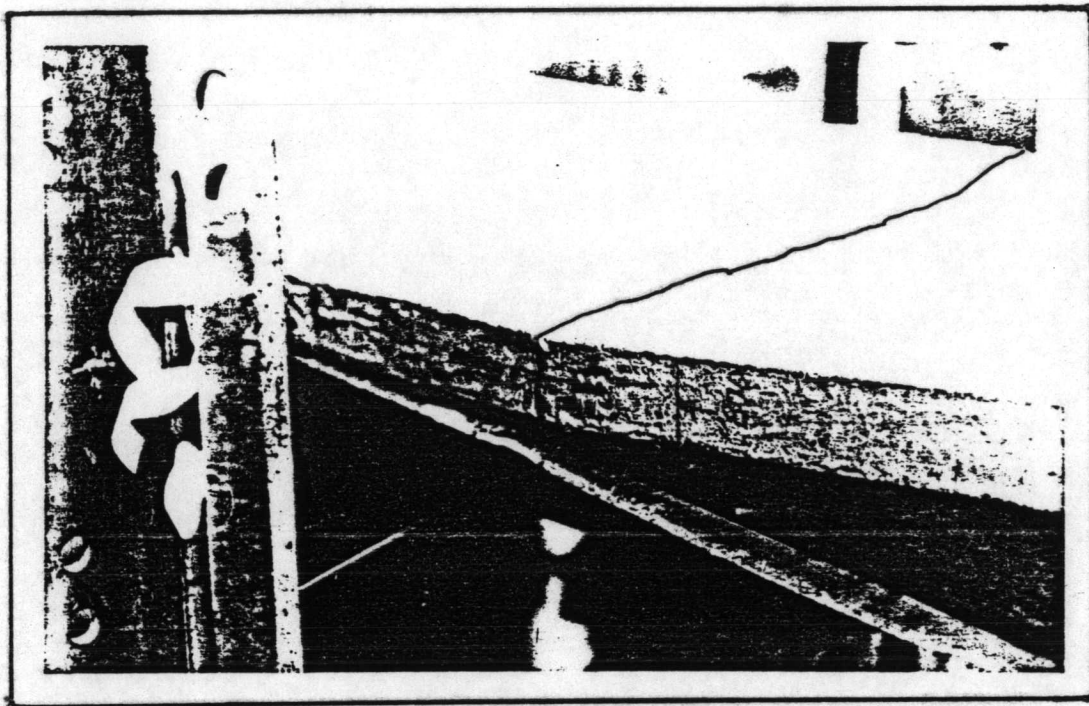


รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าหนักรวมทุกและหน้าบการหดตัวของคอนกรีตที่ความหนาของคอนกรีต
 ๕๕ มม. หรือมากกว่า

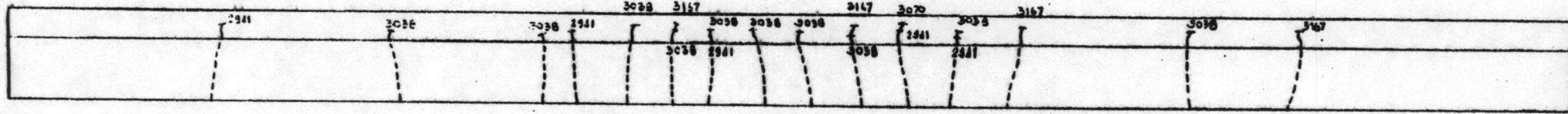


รูปที่ 3.10

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมเลกุลน้ำทุกและจำนวนการบิดตัวของแผ่นเกล็ดผิวล่างสุดของแผ่นพื้นที่ระยะของแผ่นเกล็ดปีกเชิงกลเป็นตัวแปร



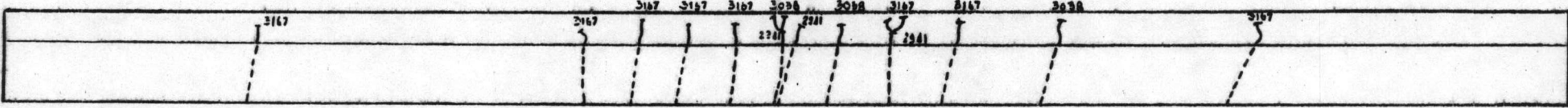
รูปที่ 3.11 ลักษณะการวิบัติแบบ Shear Bond ของแผ่นพื้น SO



ปลาย(ก)

ปลาย(ข)

(1)

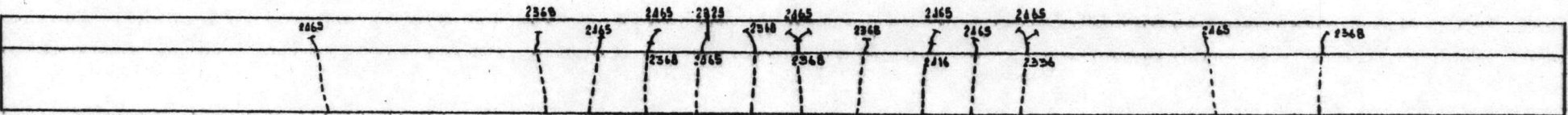


ปลาย(ข)

ปลาย(ก)

(2)

รูปที่ 4.1 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S₁₆



ปลาย(ก)

ปลาย(ข)

(1)

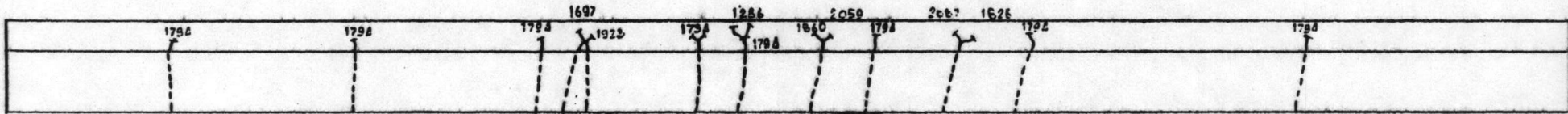


ปลาย(ข)

ปลาย(ก)

(2)

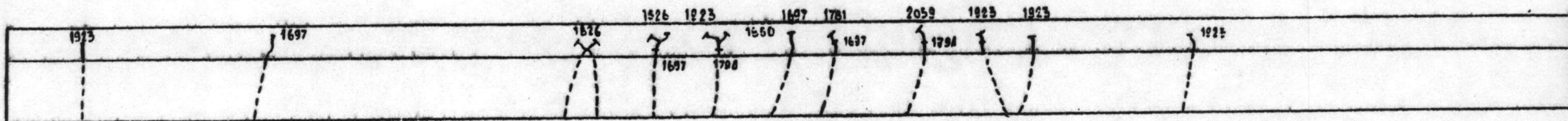
รูปที่ 4.2 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S₁₈



ปลาบ(ก)

ปลาบ(ข)

(1)

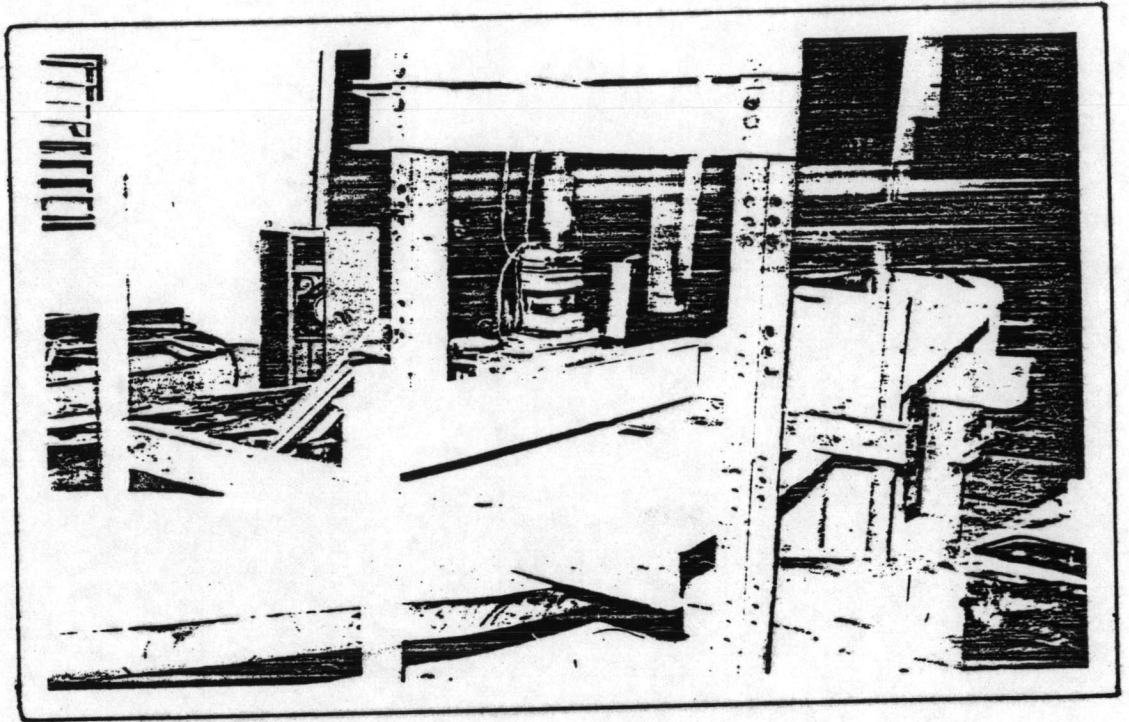


ปลาบ(ข)

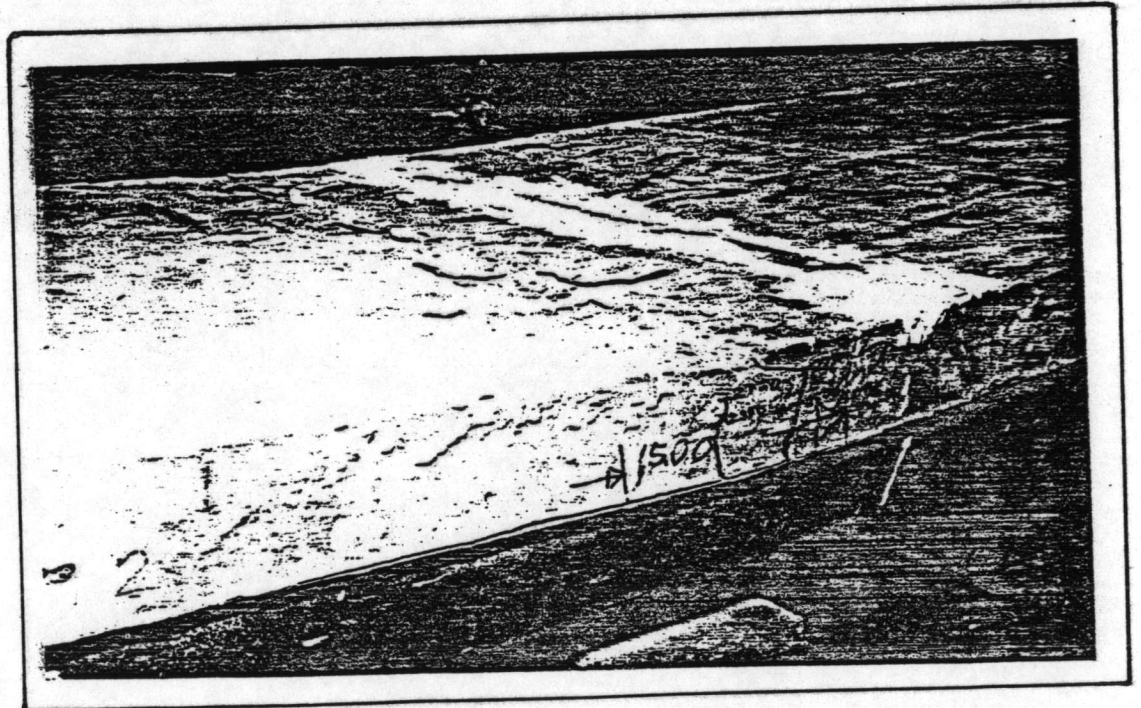
ปลาบ(ก)

(2)

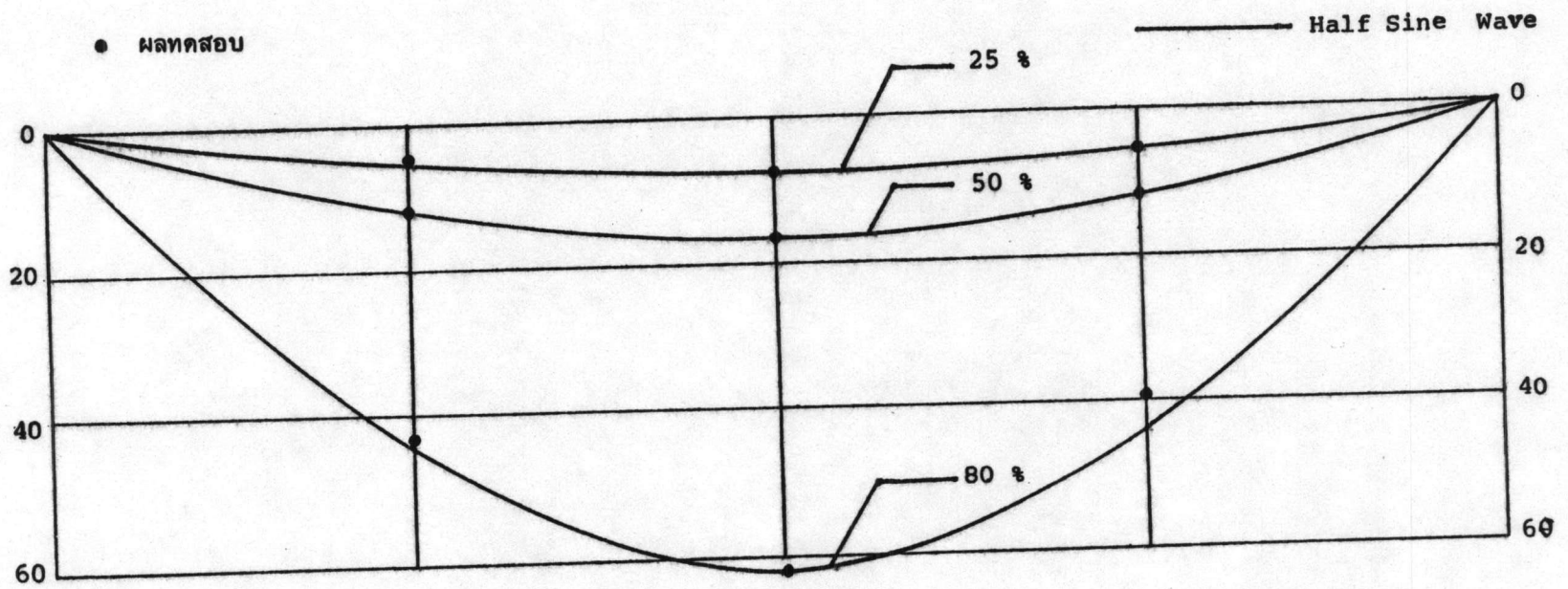
รูปที่ 4.3 ลักษณะการแตกตัวของแผ่นหิน S₂₀



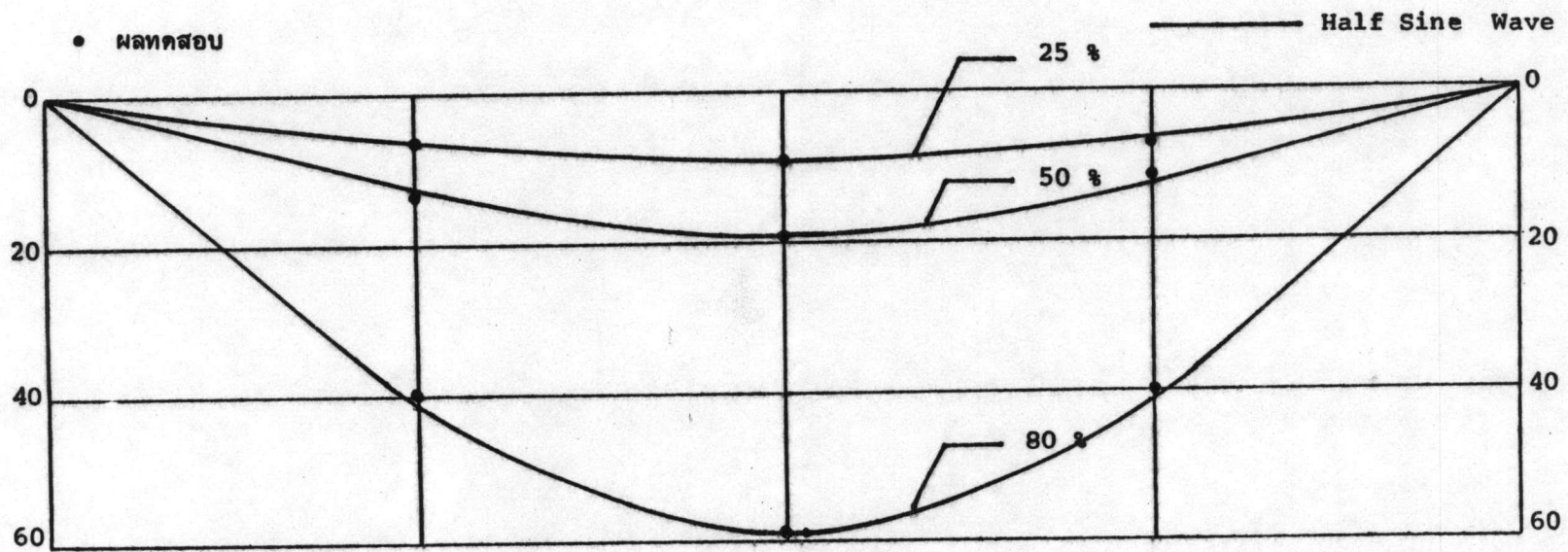
รูปที่ 4.5 ลักษณะการวิบัติเนื่องจากแรงดึงในเหล็ก



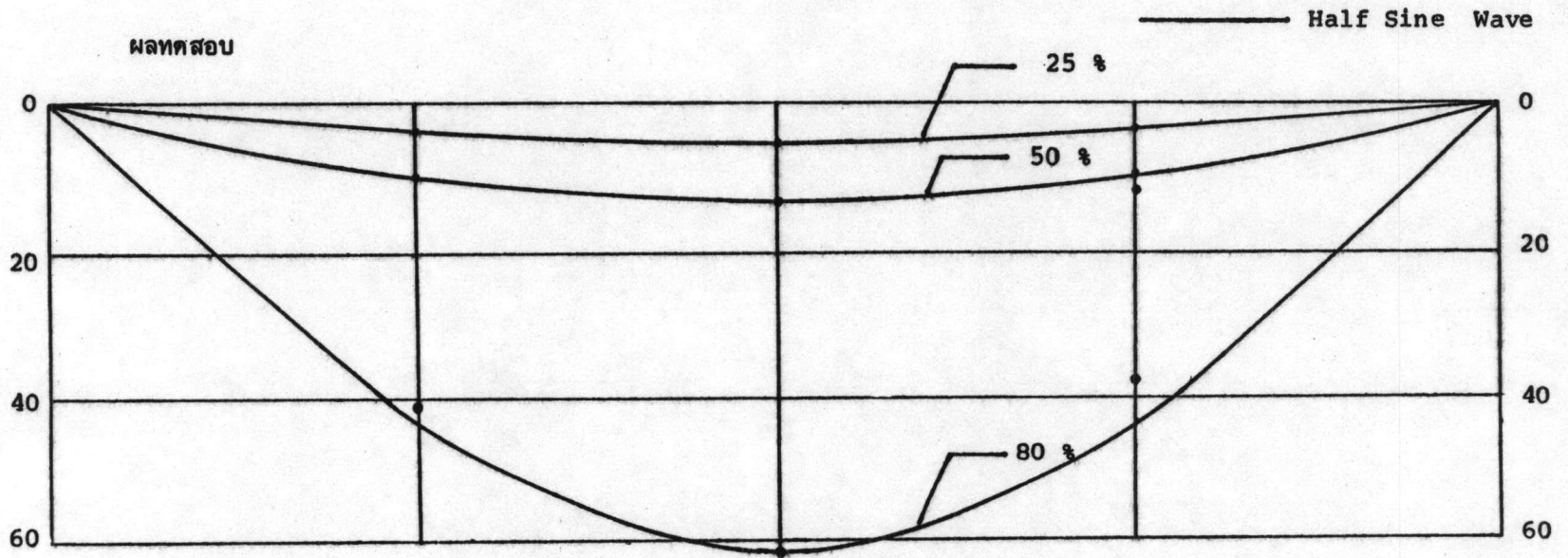
รูปที่ 4.6 ลักษณะการวิบัติชั้นที่สองเนื่องจากคอนกรีตแตกก่อน



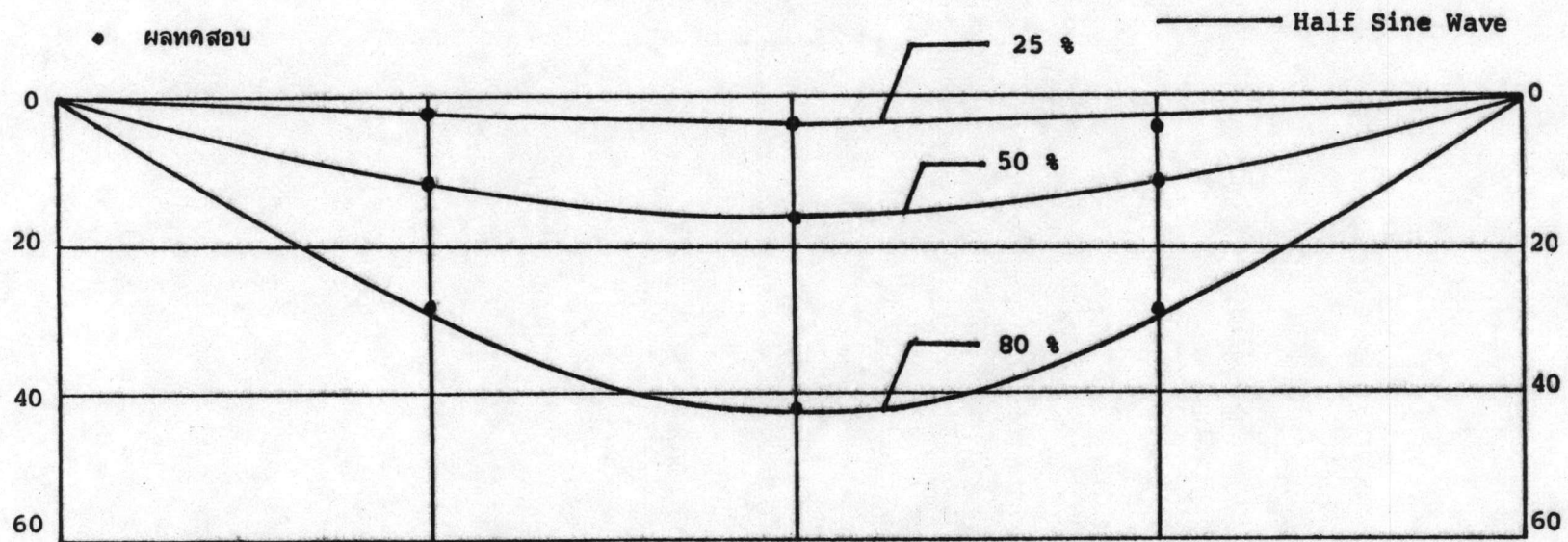
รูปที่ 4.7 ลักษณะการแอ่นตัวของแผ่นพื้น S_{16} ที่น้ำหนักบรรทุกทุก 25 50 และ 80 %
ของน้ำหนักบรรทุกทุกประลัย



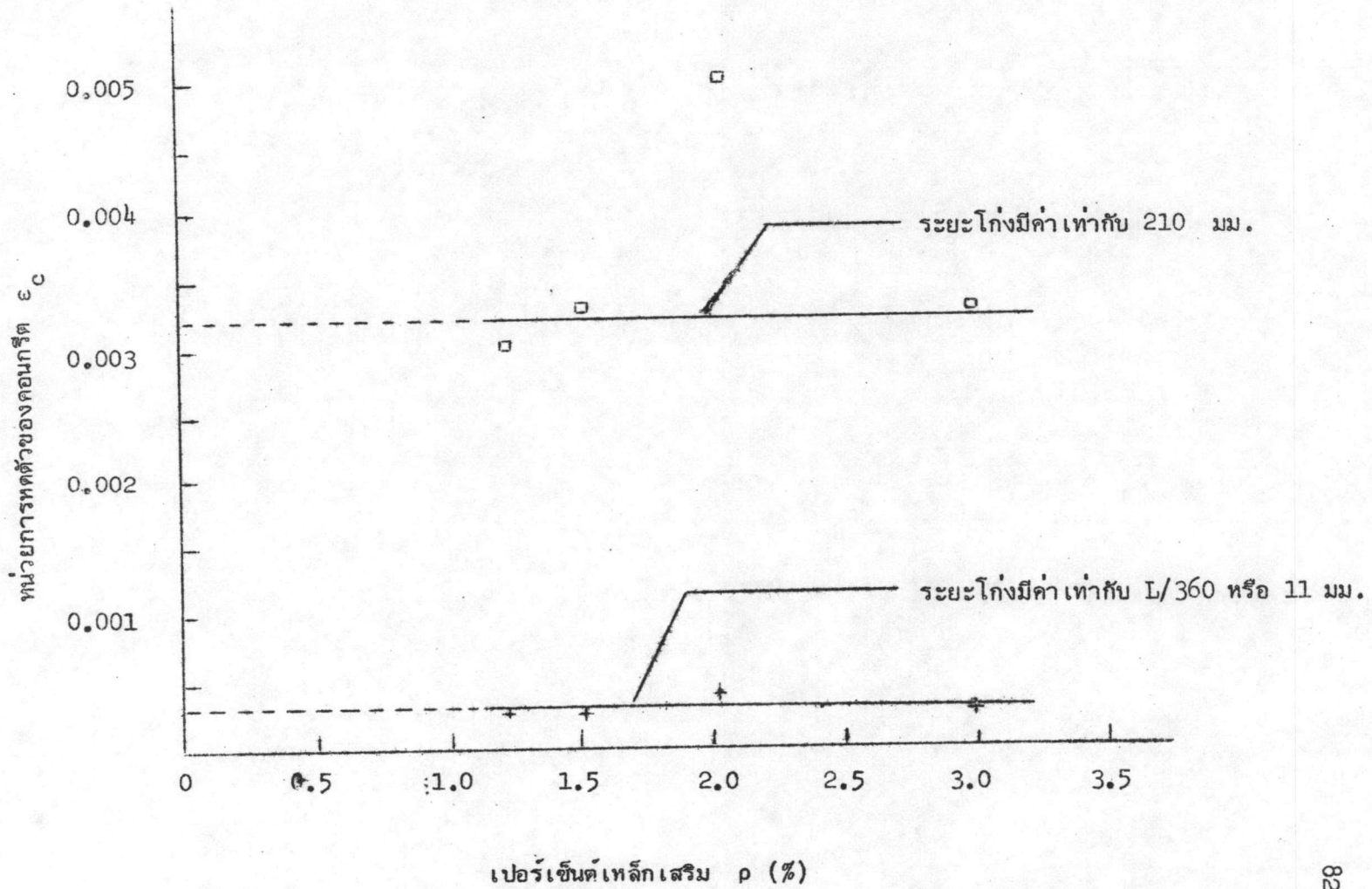
รูปที่ 4.8 ลักษณะการแอนตัวของแผ่นพื้น S_{18} ที่น้ำหนักบรรทุก 25 50 และ 80 %
ของน้ำหนักบรรทุกประดับ



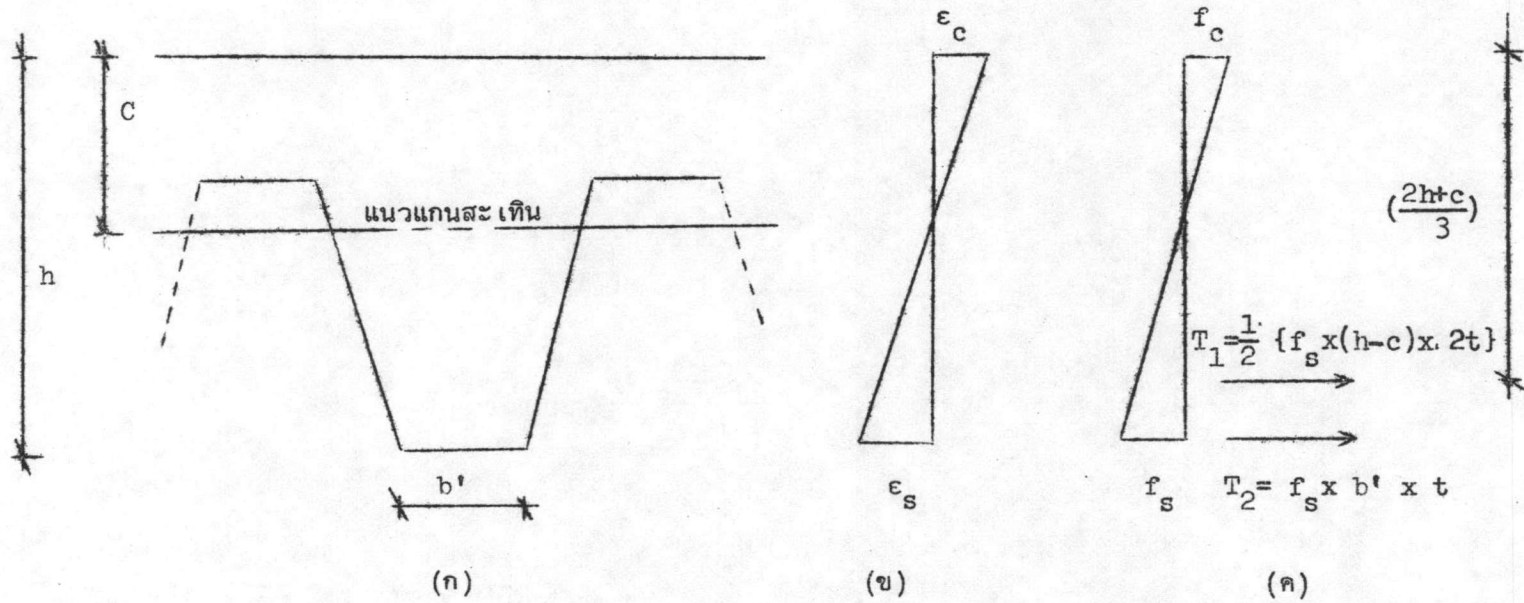
รูปที่ 4.9 ลักษณะการแอ่นตัวของแผ่นพื้น S_{20} ที่น้ำหนักบรรทุก 25 50 และ 80 %
ของน้ำหนักรบรรทุกประลัย



รูปที่ 4.10 ลักษณะการแอนตัวของแผ่นพื้น S_{22} ที่มีน้ำหนักบรรทุก 25 50 และ 80 %
ของน้ำหนักบรรทุกประลัย

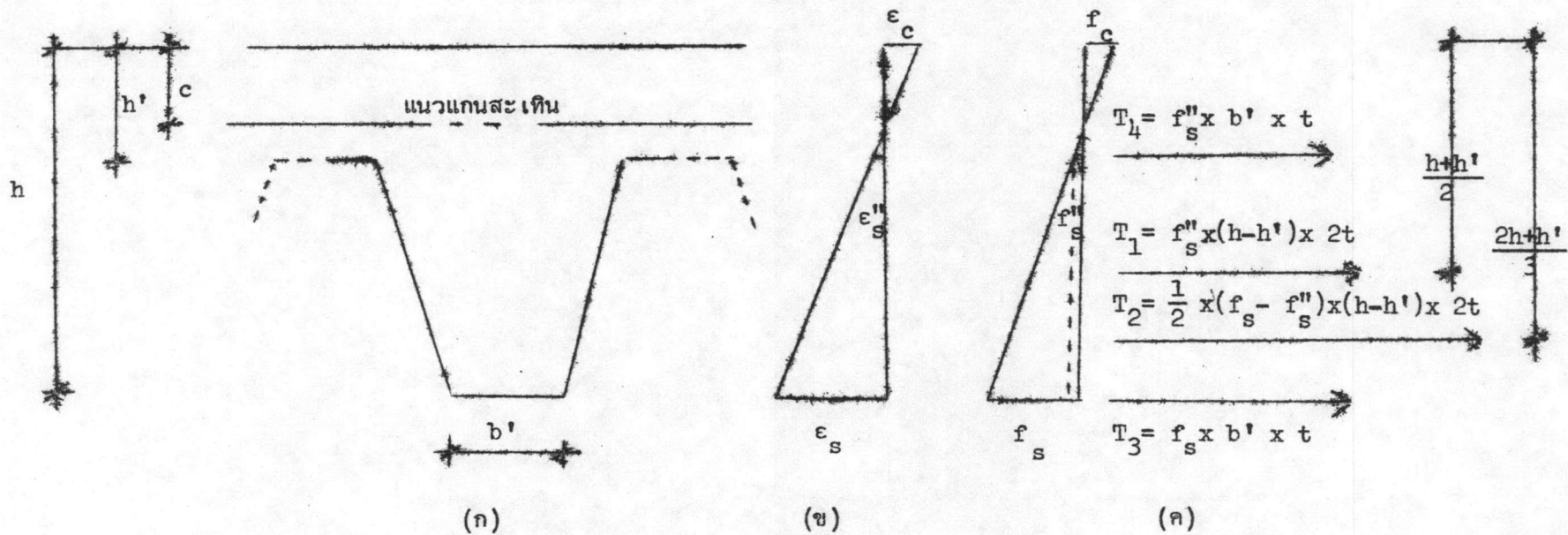


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการหัดตัวของคอนกรีตกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริม



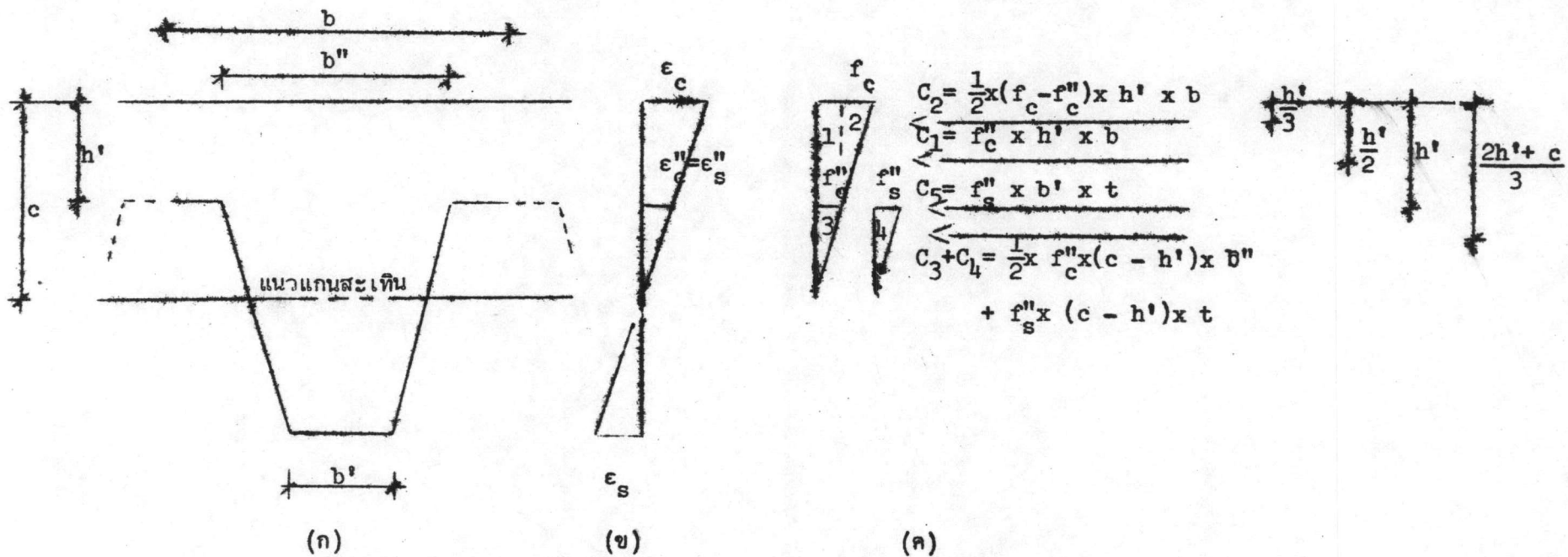
รูปที่ 4.12 แนวแกนสะเทินอยู่ใต้ปีกของแผ่นพื้น

- (ก) ลักษณะรูปร่างหน้าตัด
- (ข) หน่วยความเคียด
- (ค) แรงดึง



รูปที่ 4.13 แนวแกนสะเทินอยู่เหนือปีกของแผ่นพื้น

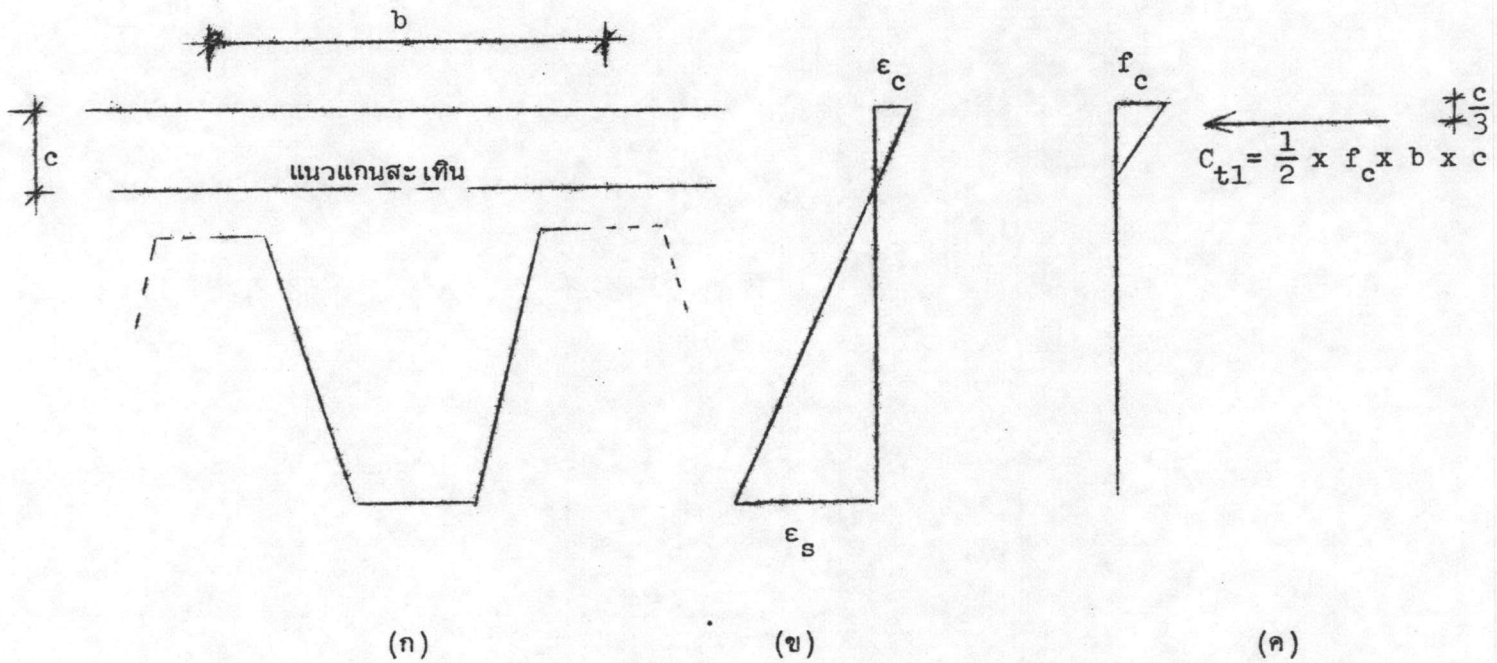
- (ก) ลักษณะรูปร่างหน้าตัด
- (ข) หน่วยความเครียด
- (ค) แรงดึง



รูปที่ 4.14 ทฤษฎีอีลาสติก เมื่อแนวแกนสะเทินอยู่ใต้ปีกของแผ่นพื้น

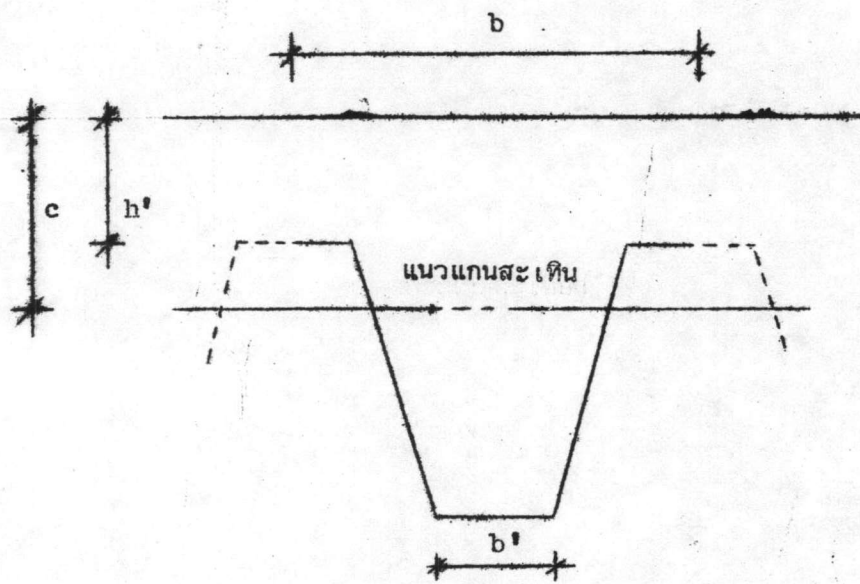
- (ก) ลักษณะรูปร่างหน้าตัด
- (ข) หน่วยความเครียด
- (ค) แรงอัด



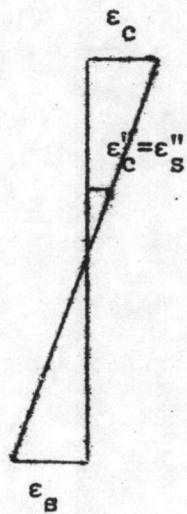


รูปที่ 4.15 ทฤษฎีอีลาสติก เมื่อแนวแกนสะเทินอยู่เหนือปีกของแผ่นพื้น

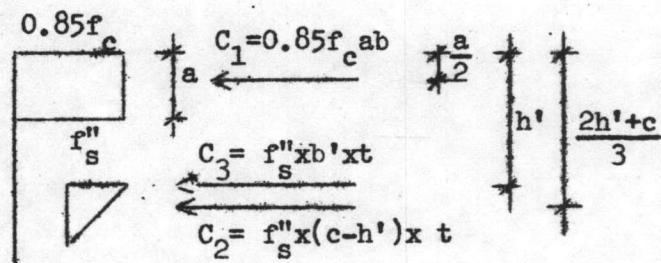
- (ก) ลักษณะรูปร่างหน้าตัด
- (ข) หน่วยความเครียด
- (ค) แรงอัด



(ก)



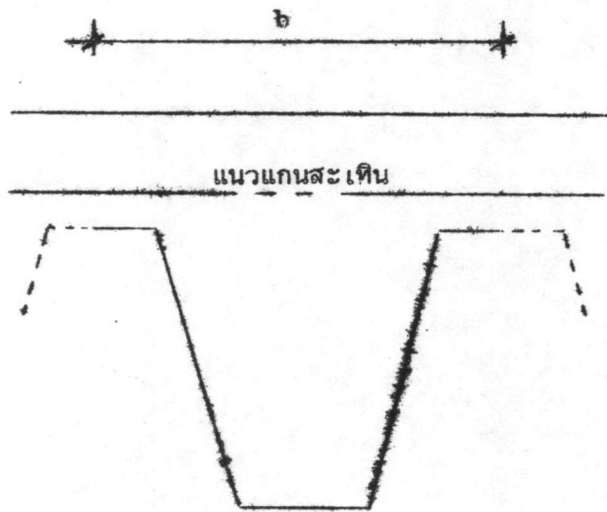
(ข)



(ค)

รูปที่ 4.16 ทฤษฎีประลัยเมื่อแนวแกนสะเทินอยู่ใต้ปีกของแผ่นพื้น

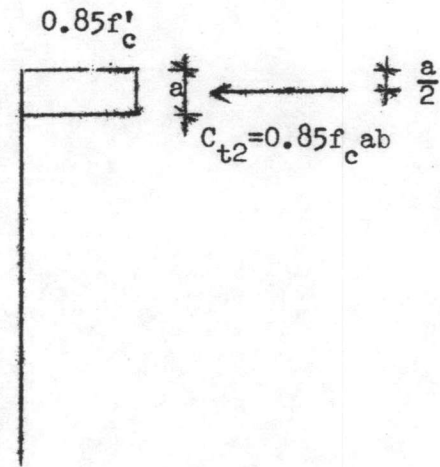
- (ก) ลักษณะรูปร่างหน้าตัด
- (ข) หน่วยความเครียด
- (ค) แรงยึด



(ก)



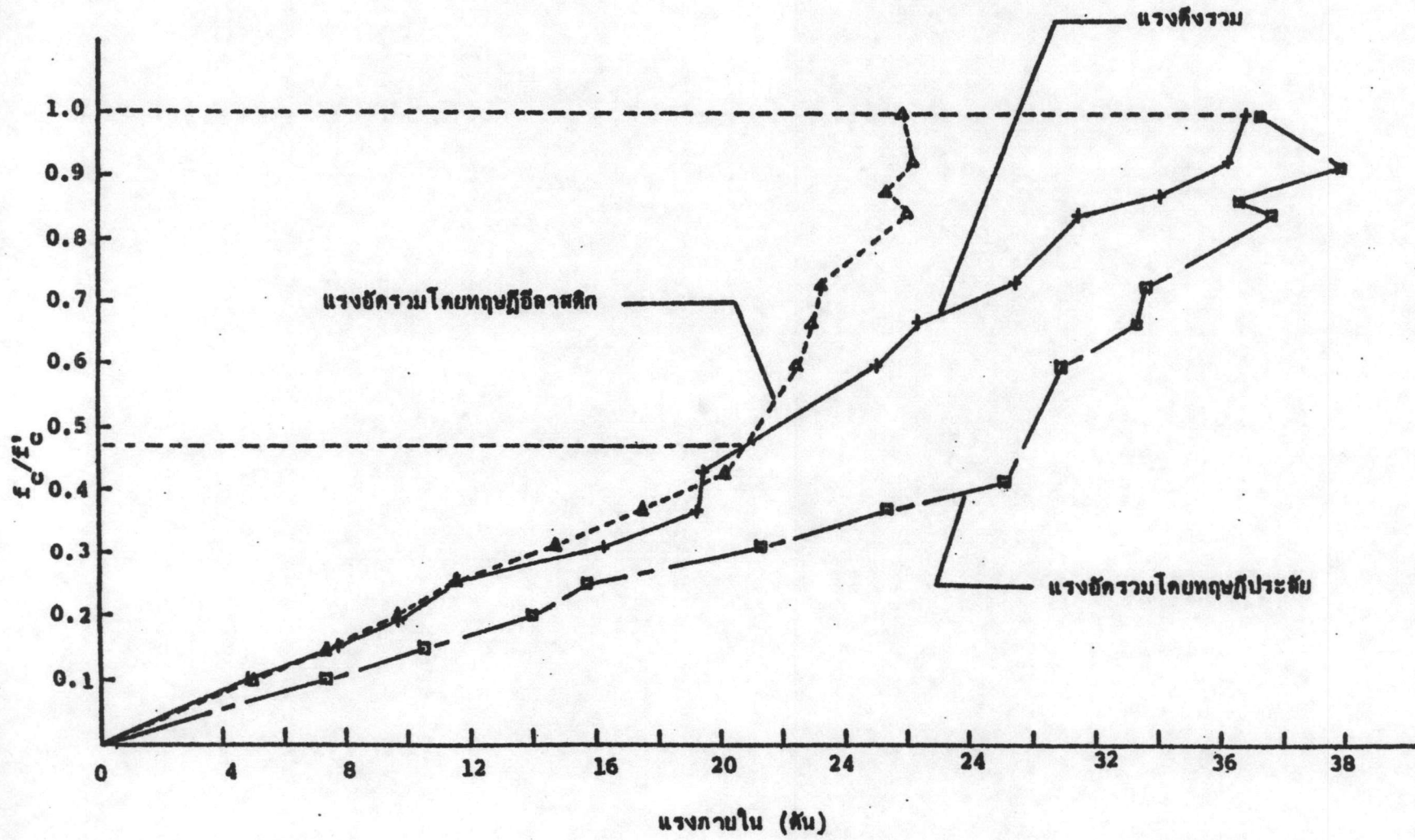
(ข)



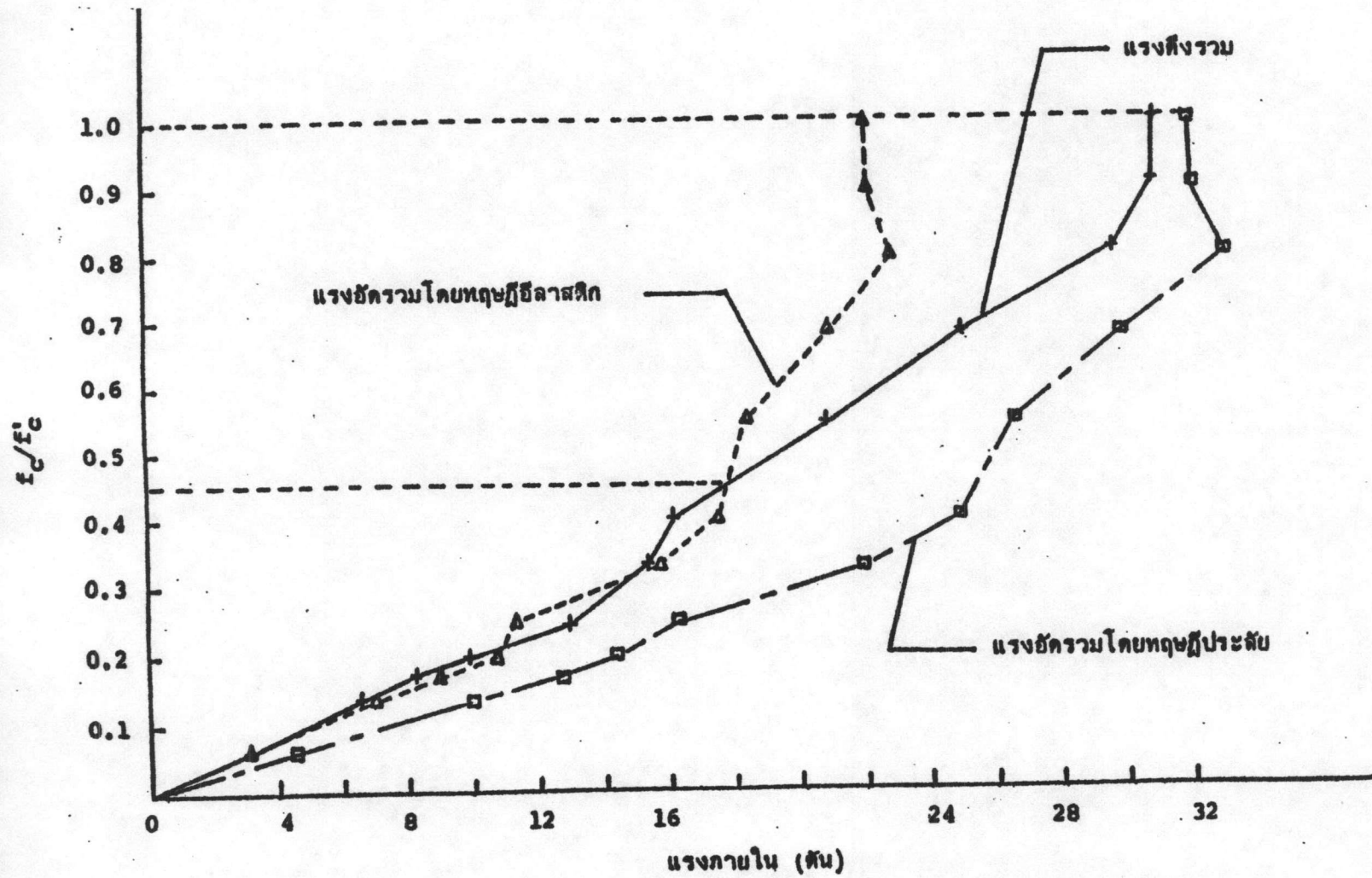
(ค)

รูปที่ 4.17 ทฤษฎีประลัยเมื่อแนวแกนสะเทินอยู่เหนือปีกของแผ่นพื้น

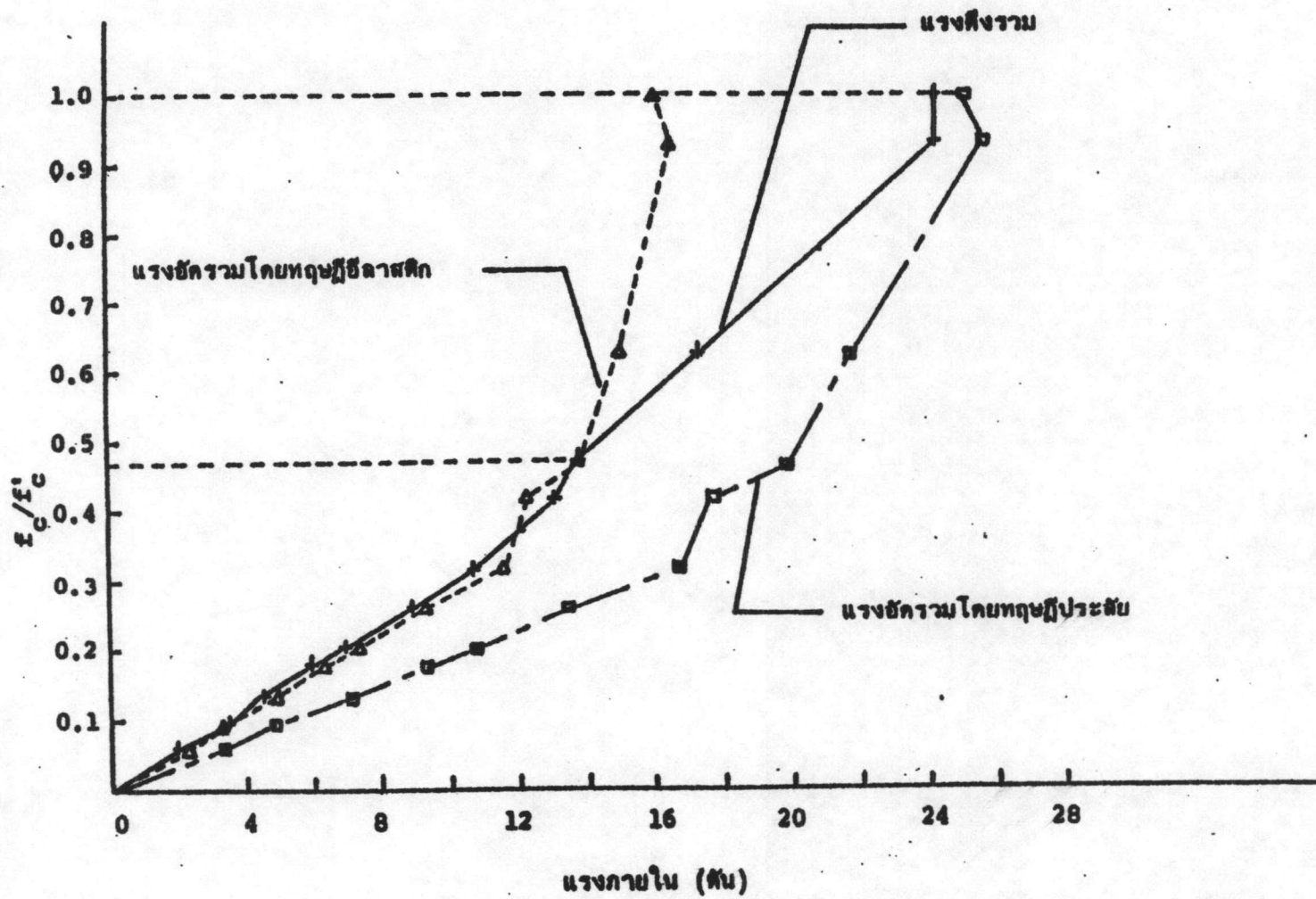
- (ก) ลักษณะรูปร่างหน้าตัด
- (ข) หน่วยความเครียด
- (ค) แรงอัด



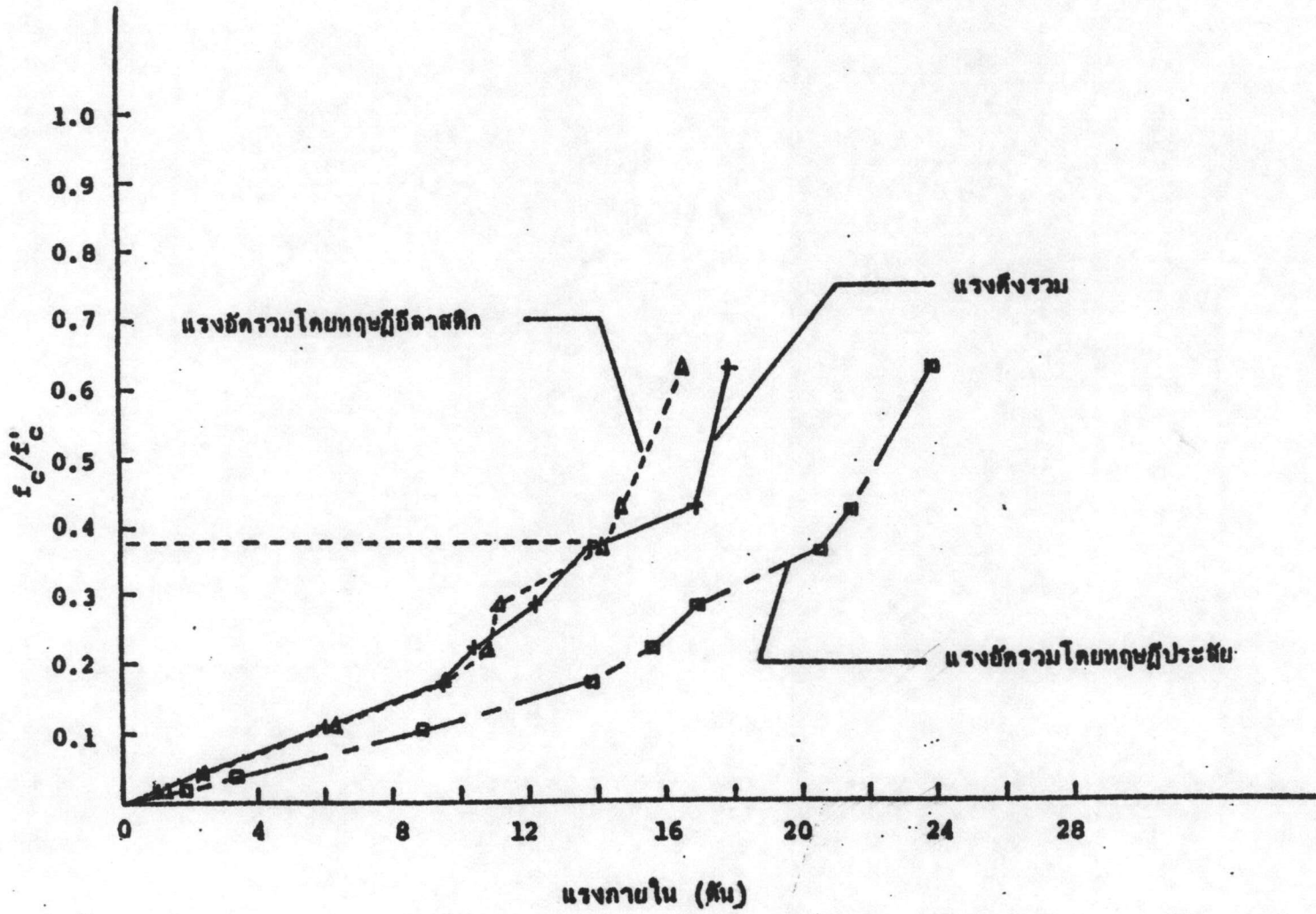
รูป 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงภายในกับสัดส่วนของกำลังอัดของคอนกรีตที่ผิวบนสุดต่อรูปทรงกระบอกของแผ่นพื้น S₁₆



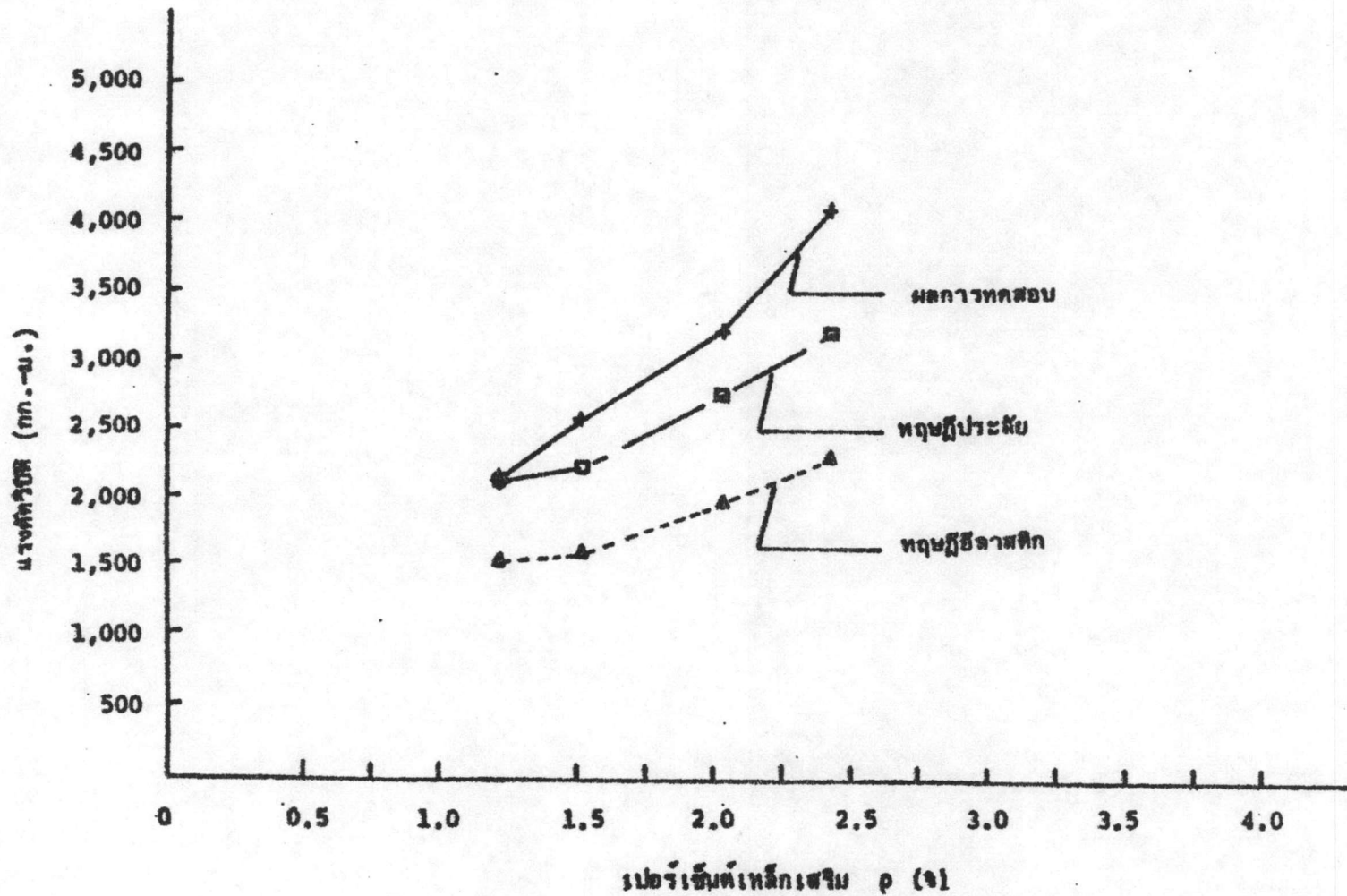
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงภายในกับสัดส่วนของกำลังอัดของคอนกรีตที่ผิวบนสุดต่อรูปทรงระบอบของแผ่นพื้น S_{18}



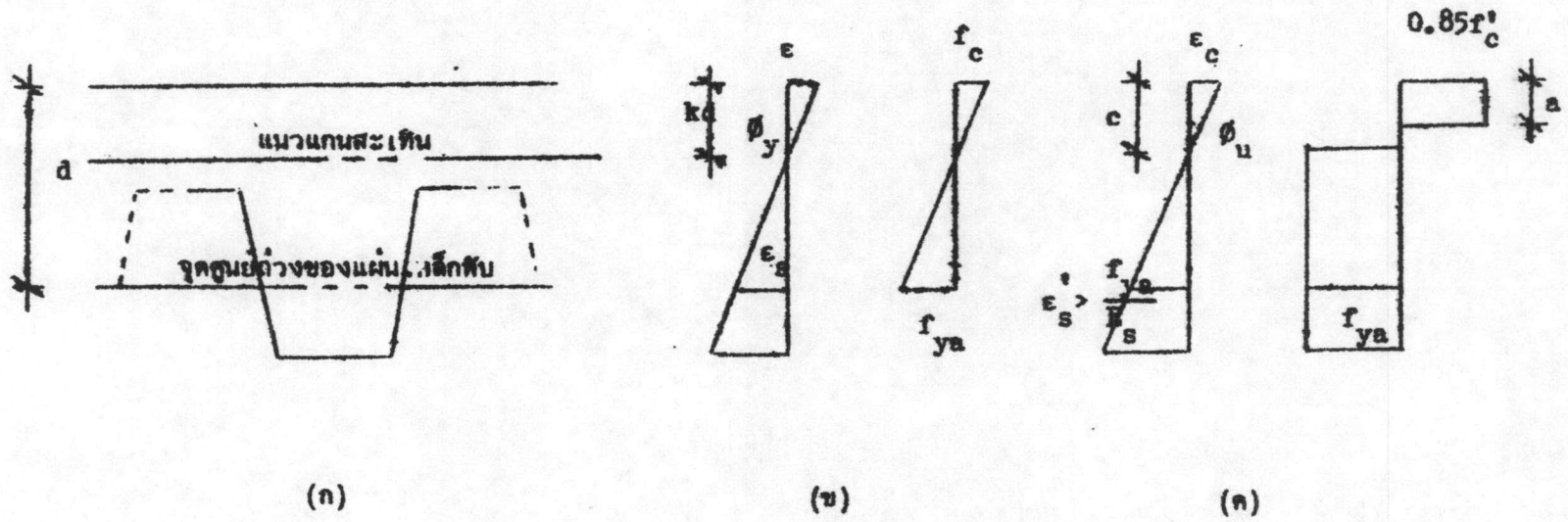
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงภายในกับสัดส่วนของกำลังยึดของคอนกรีตที่ผิวบนสุดต่อรูปทรงกระบอกของแผ่นพื้น S₂₀



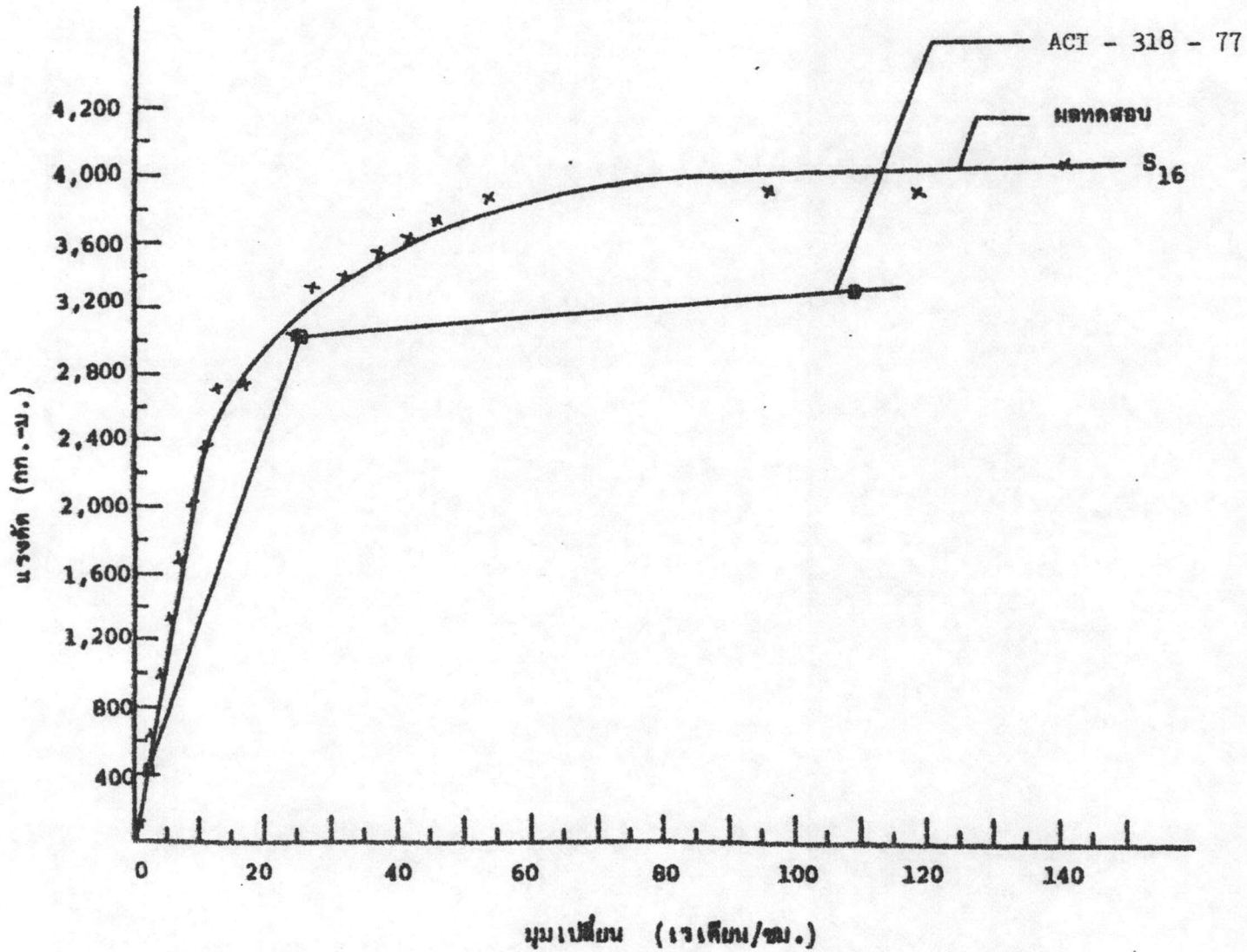
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงภายในกับสัดส่วนของกำลังอัดของคอนกรีตที่ความหนาสุดต่อรูปทรงกระบอกของแผ่นพื้น S_{22}



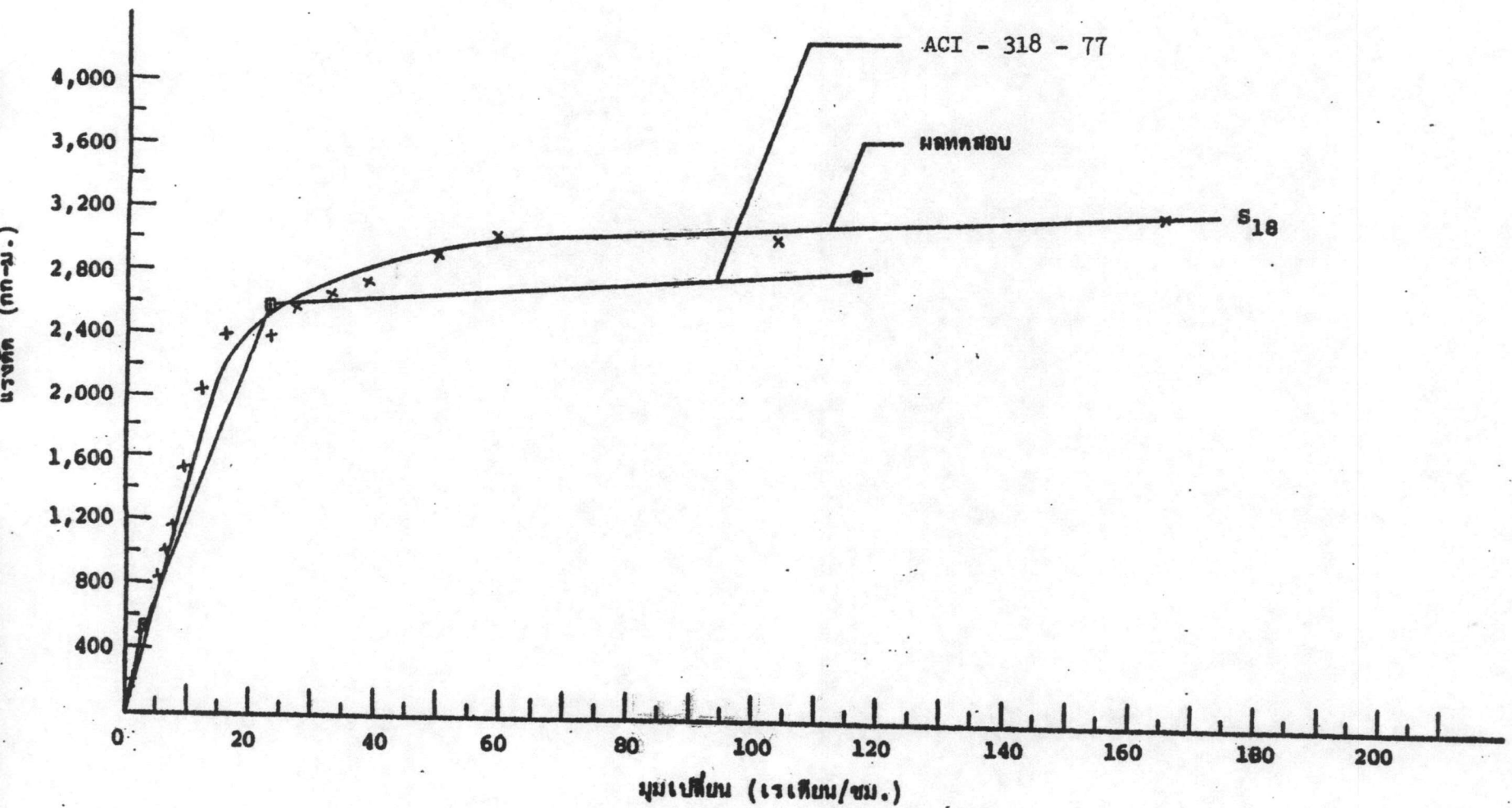
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบค่าแรงดัดกับ เซอร์เซ็นต์เหล็กเสริมระหว่างผลการทดสอบกับทฤษฎี



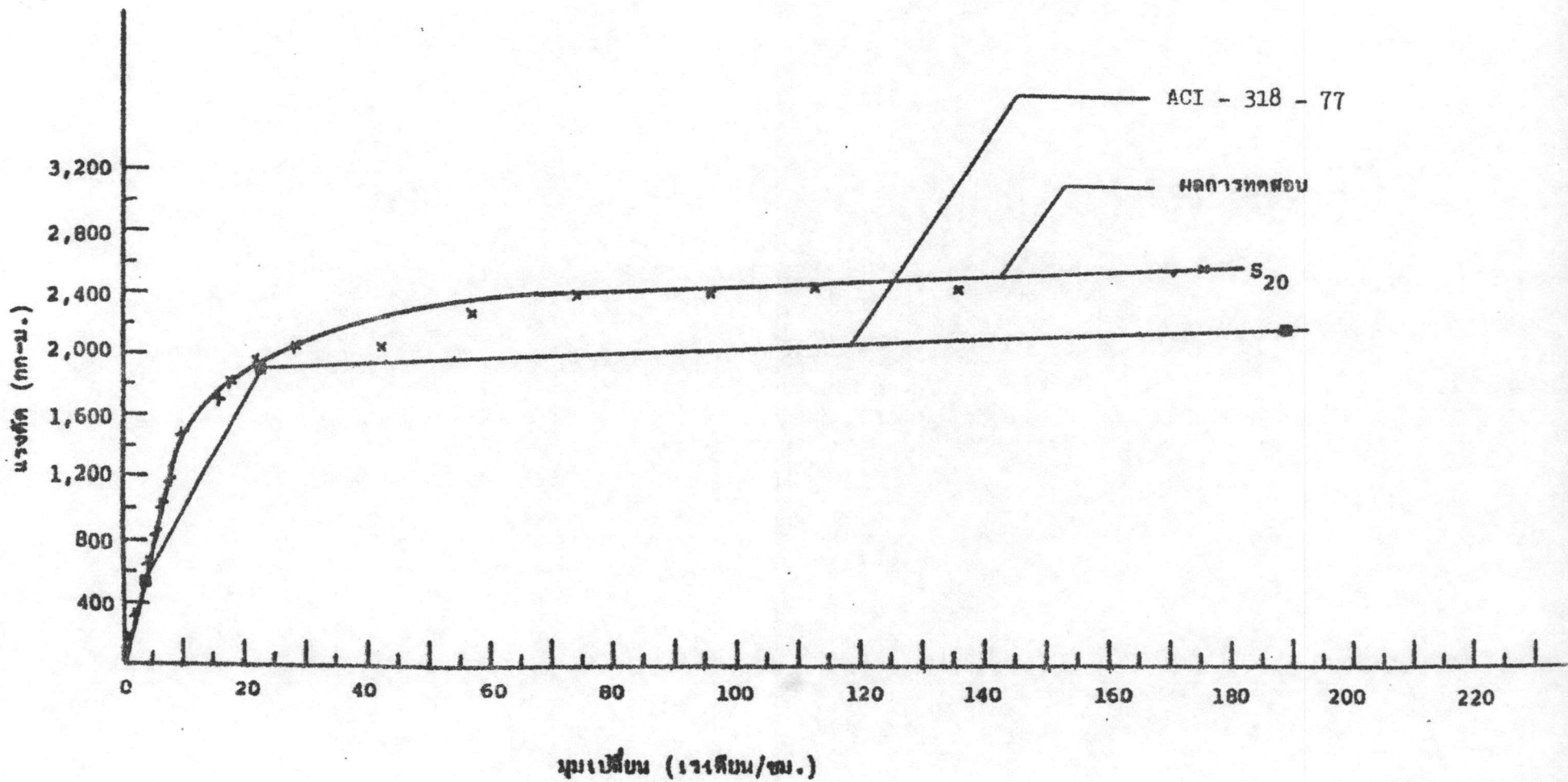
รูปที่ 4.23 หน่วยความเครียดและหน่วยแรงที่จุดคานงและจุดประลัย



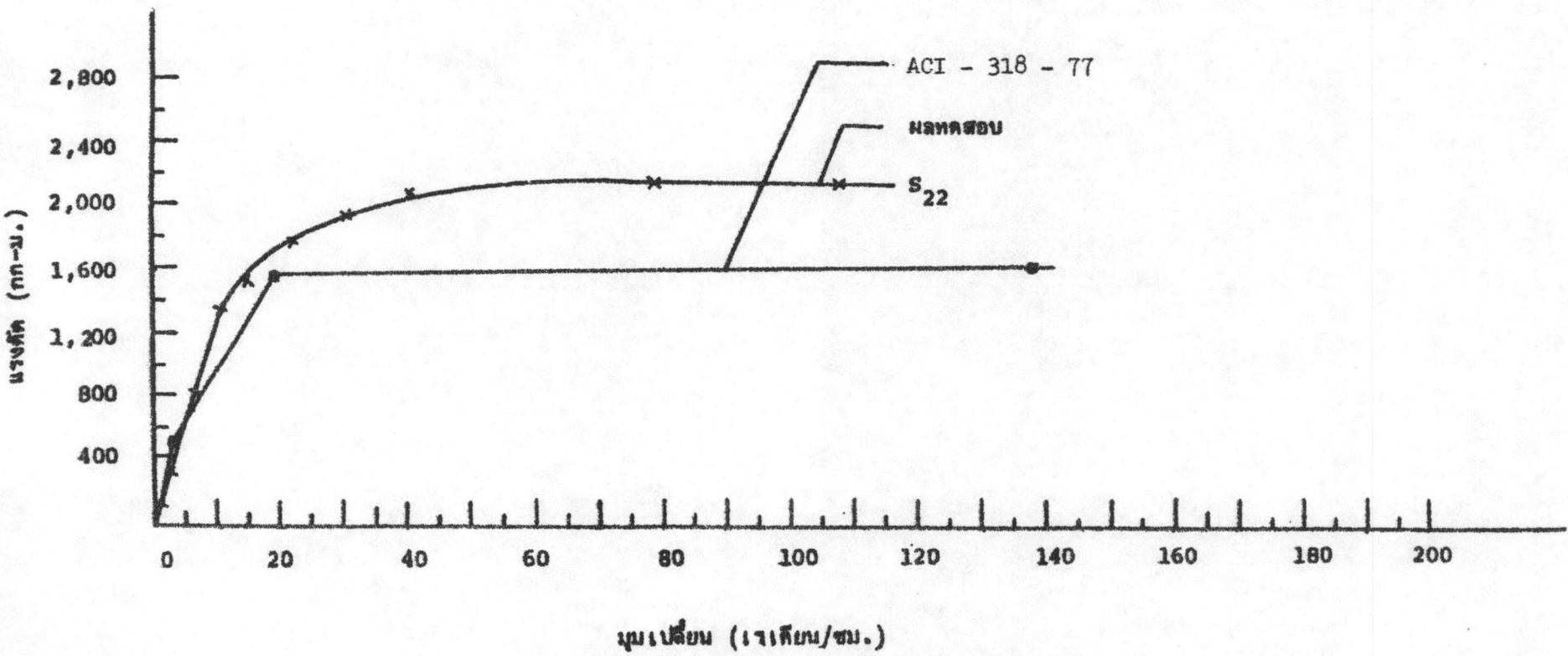
รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบค่าแรงค้ำกับมุมเปลี่ยนระหว่างผลการทดสอบกับการวิเคราะห์ของแผ่นพื้น S₁₆



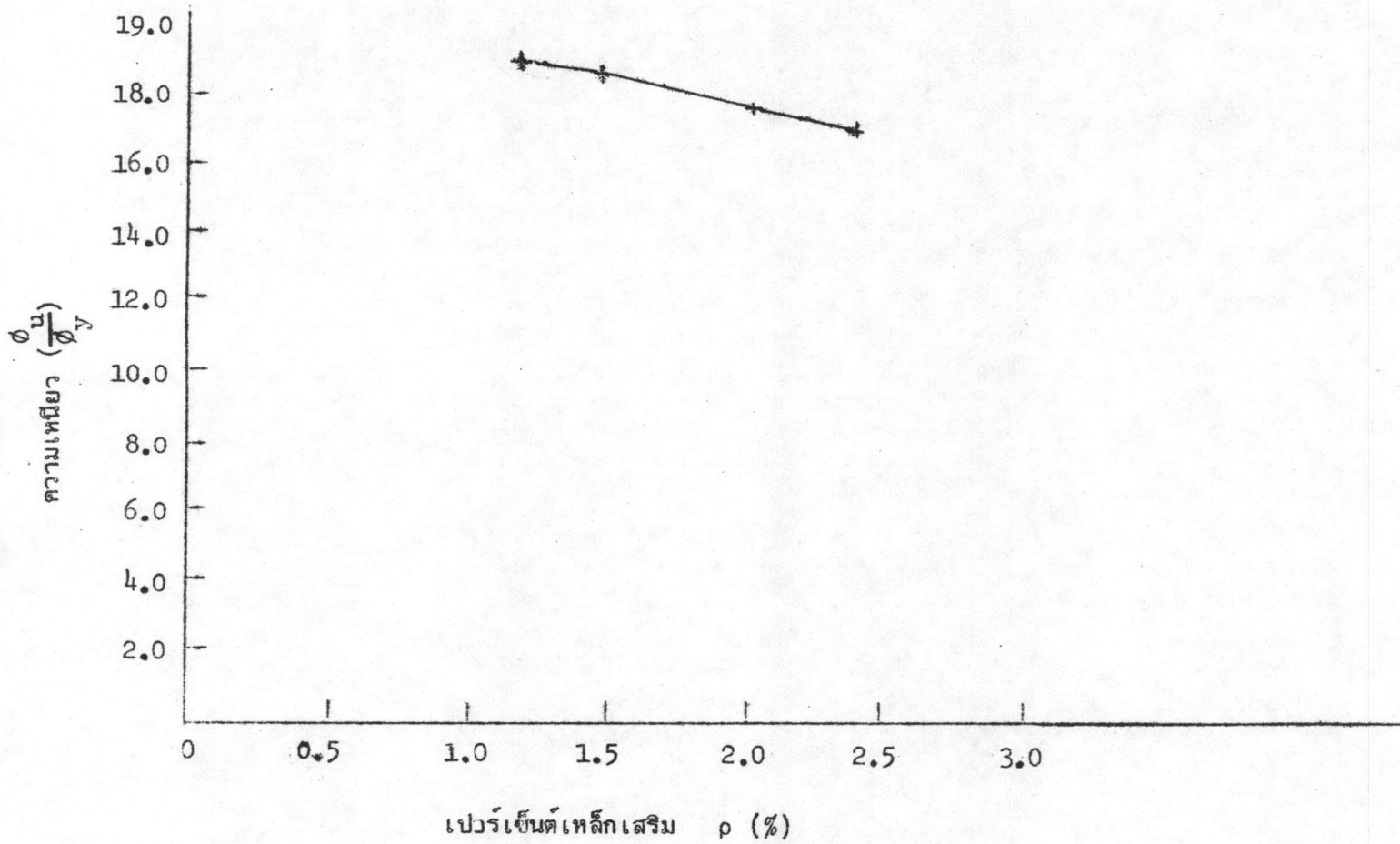
รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบค่าแรงตักกับมุมเปลี่ยนระหว่างผลการทดสอบกับการวิเคราะห์ของแผ่นพื้น S₁₈



รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบค่าแรงดัดกับมุมเปลี่ยนระหว่างผลการทดสอบกับการวิเคราะห์ของแผ่นพื้น S₂₀



รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบค่าแรงดัดกับมุมเปลี่ยนระหว่างผลการทดสอบกับการวิเคราะห์ของแผ่นพื้น S₂₂



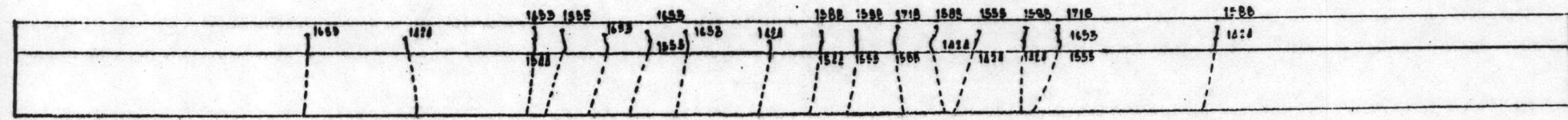
รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเหนียวกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริม



ปลาย(ก)

ปลาย(ข)

(1)

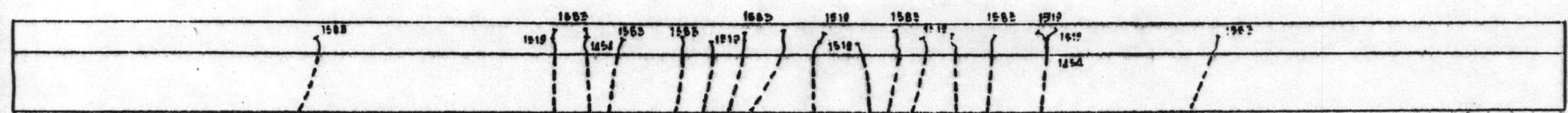


ปลาย(ข)

ปลาย(ค)

(2)

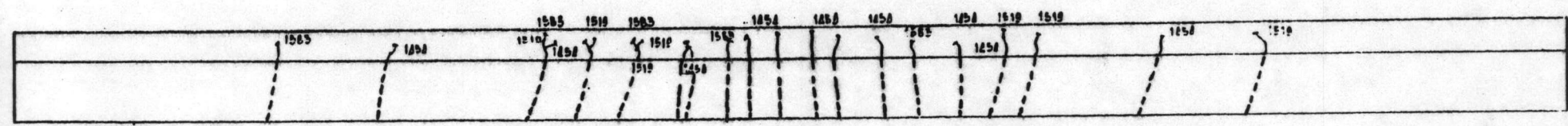
รูปที่ 4.29 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S_{5a}



ปลาย(ก)

ปลาย(ข)

(1)

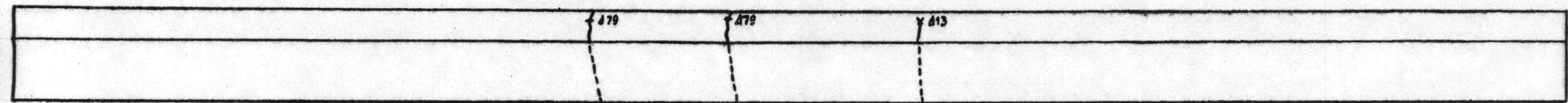


ปลาย(ข)

ปลาย(ค)

(2)

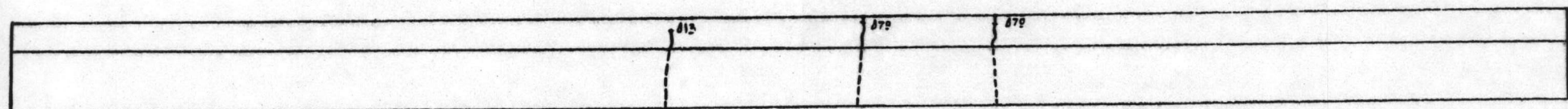
รูปที่ 4.30 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นหิน S₅



ปลาย(ก)

ปลาย(ข)

(1)

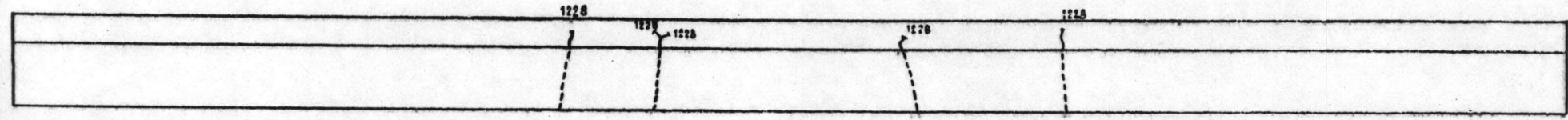


ปลาย(ข)

ปลาย(ก)

(2)

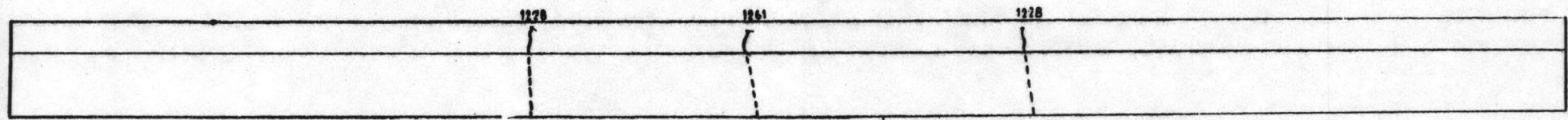
รูปที่ 4.31 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S_0



ปลาย(ก)

ปลาย(ข)

(1)

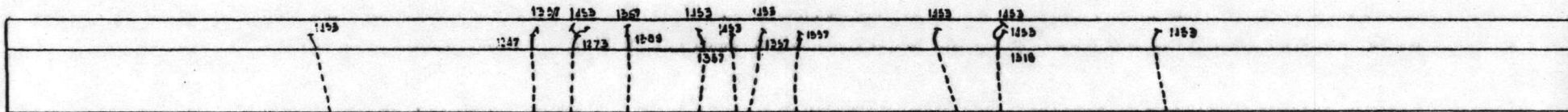


ปลาย(ข)

ปลาย(ก)

(2)

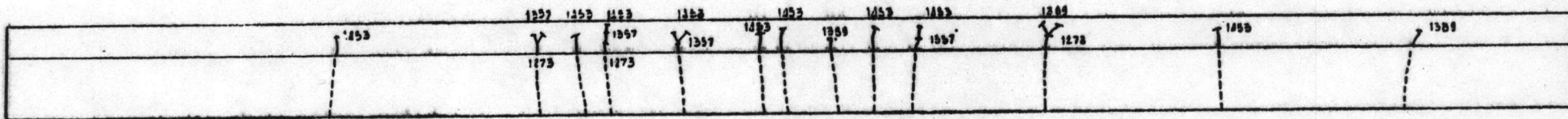
รูปที่ 4.32 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S₁₅



ปลาย(ก)

ปลาย(ข)

(1)

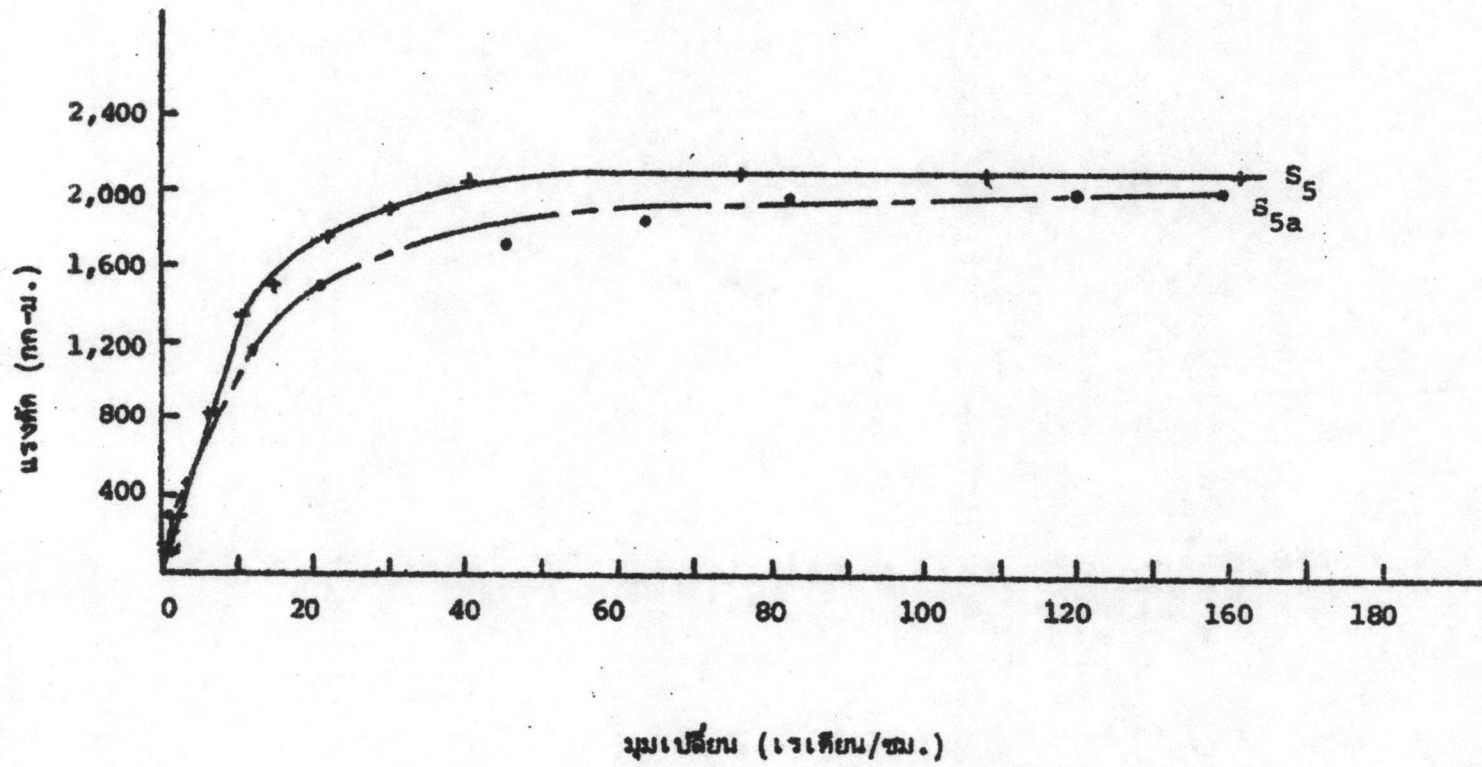


ปลาย(ข)

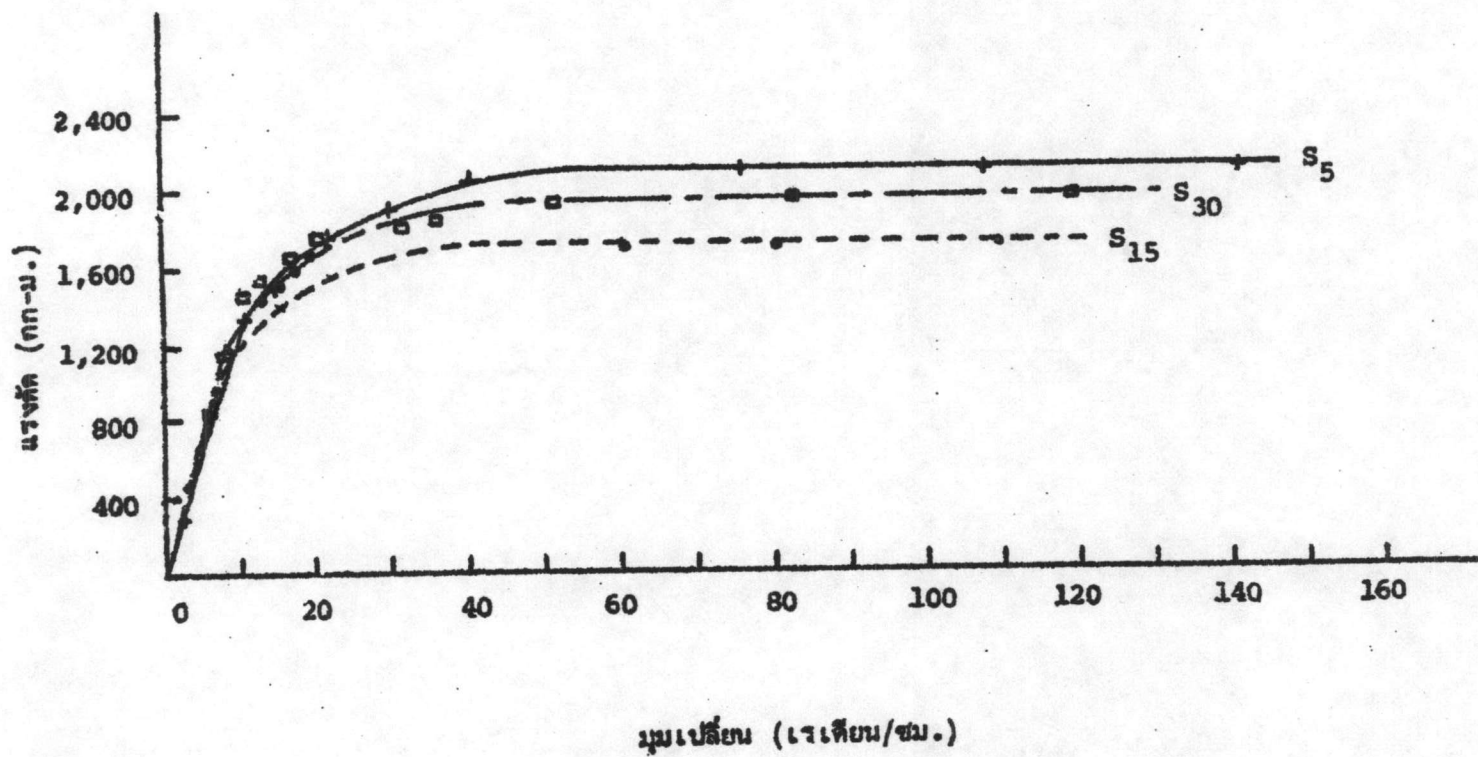
ปลาย(ก)

(2)

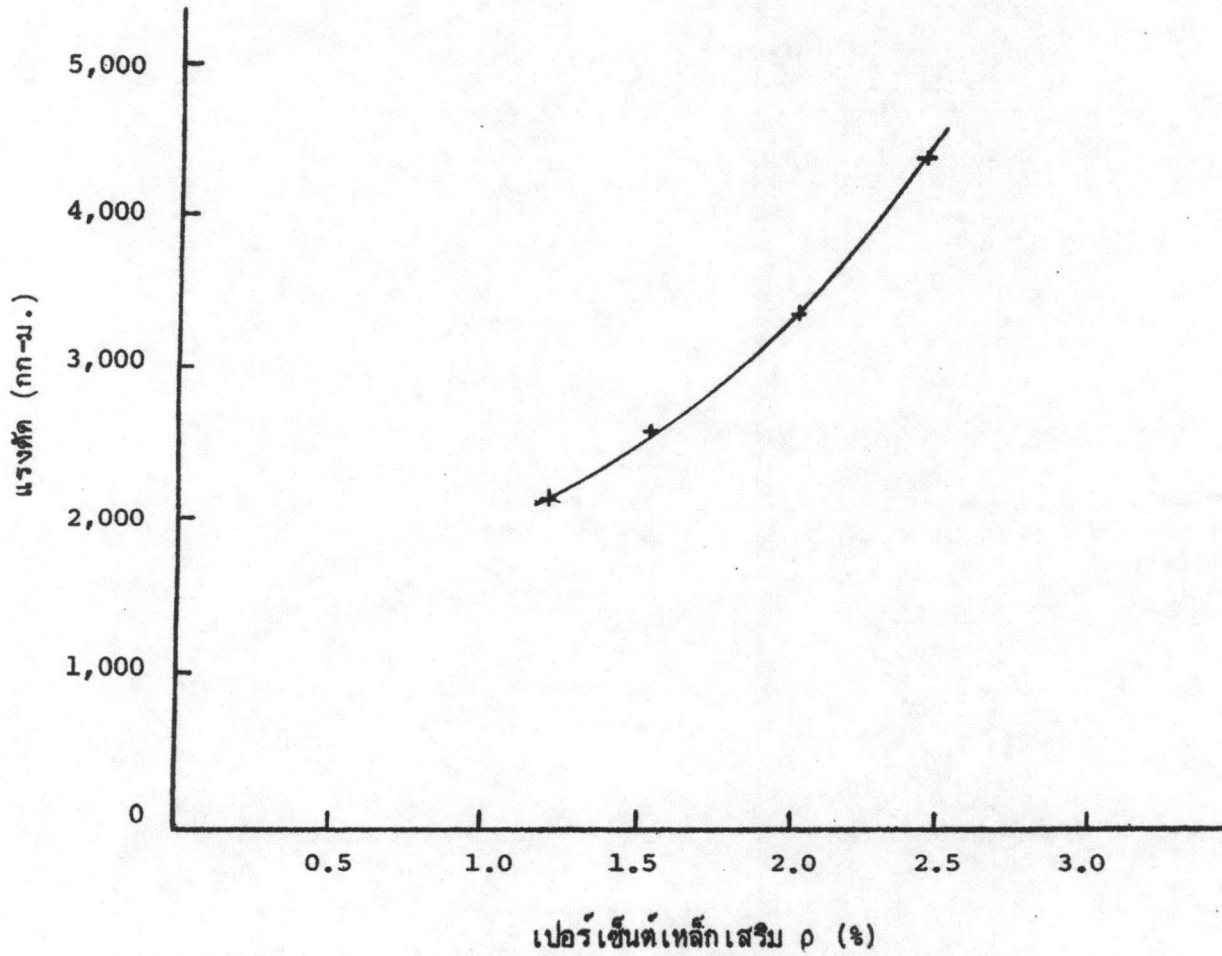
รูปที่ 4.33 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นหิน S₃₀



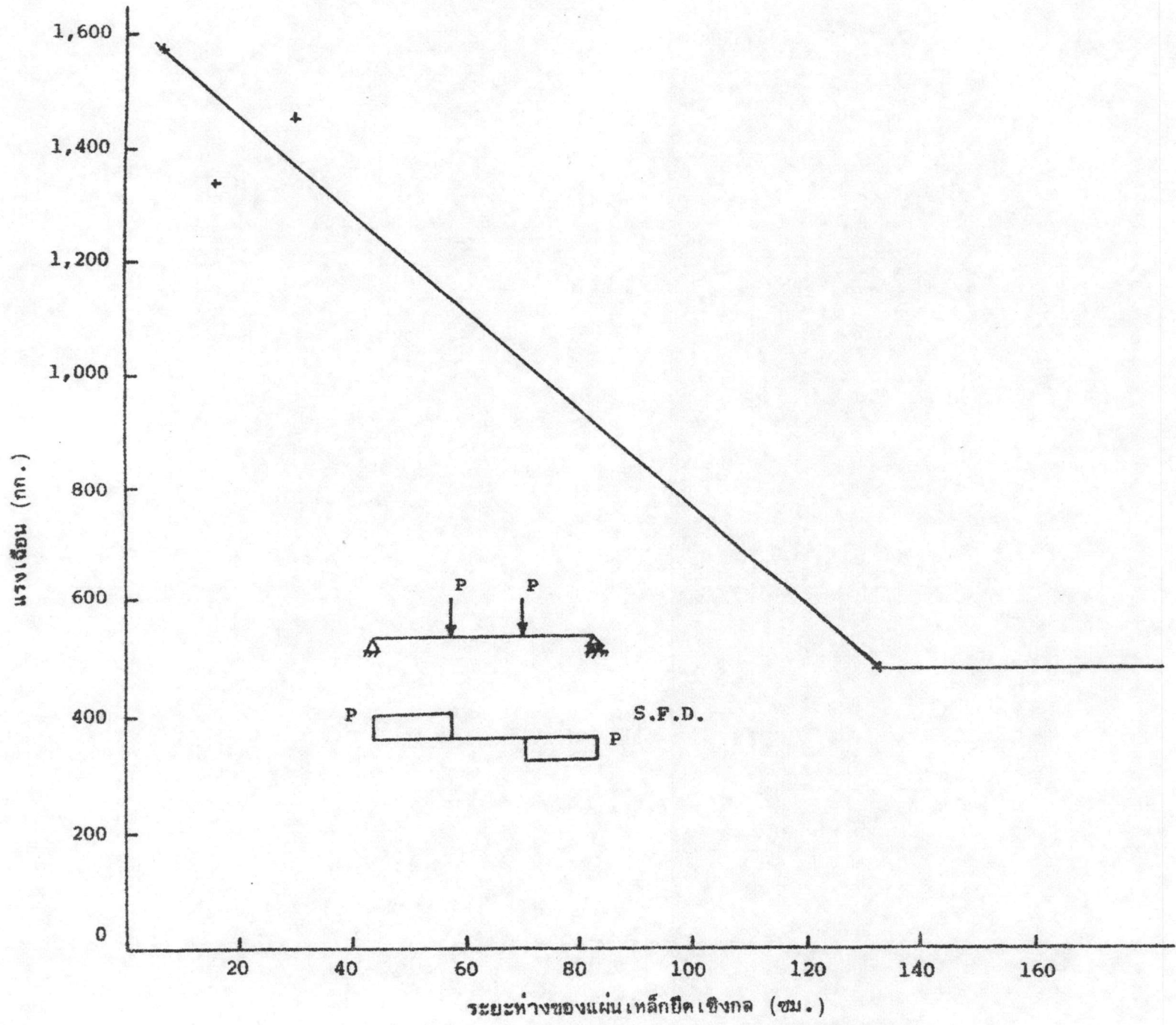
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงหักกับมุมเปลี่ยนของแผ่นพื้น S₅ และ S_{5a}



รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตักกับมุมเปลี่ยนของแผ่นดิน S₅ S₁₅ และ S₃₀



รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงค้ำกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริม



รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับระยะห่างของแผ่นเหล็กยึดเชิงกล

ประวัติผู้เขียน



นายทรงศักดิ์ จิตเอื้ออารีย์ เกิดเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2497 สำเร็จการศึกษาได้รับ
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา
2519 เคยทำงานอยู่กองแบบแผน กระทรวงสาธารณสุข ในระหว่างปี พ.ศ. 2520 ถึง 2521.