

เอกสารอ้างอิง

1. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI-318-77), American Concrete Institute, Chicago, 1977.
2. ACI Committee 318, Commentary on the Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI-318-77), American Concrete Institute, Chicago, 1977.
3. American Society for Testing Material, ASTM C33-80.
4. American Society for Testing Material, ASTM C39-80.
5. American Society for Testing Material, ASTM C136-80.
6. American Society for Testing Material, ASTM C370-80.
7. American Society for Testing Material, ASTM C496-80.
8. Bloem, D.L., Burgess, A.J., and Gaynor, R.D., "Effects of Aggregates Properties on Strength of Concrete", ACI Journal, Vol. 60, October 1963, pp. 1429-1455.
9. Bresler, B. and Gilbert, P.H., "Tie Requirement for Reinforced Concrete Columns", ACI Journal, Proceeding Vol. 58, No. 5, Nov. 1961, pp. 555-570.
10. Burns, N.H., and Siess, C.P., "Load-Deformation Characteristics of Beam-Column Connection in Reinforced Concrete", Civil Engineering Studies, Structural Research Series No. 234, University of Illinois, Jan. 1962, 261 pp.
11. British Standard Institution, "Code for Practice for The Structural Use of Concrete".
12. Chen, W.F., "Plasticity in Reinforced Concrete" McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1982.

13. Freedman, S., "High Strength Concrete" Publication No. 1S176, Portland Cement Association, 1971 (Reprint from Modern Concrete, 1970-1971), 19 pp.
14. Hewlett, P.C., "Superplasticizing Admixtures in Concrete", Cement and Concrete Association, June, 1978.
15. Hognestad, E., "A Study of Combined Bending and Axial Load in Reinforced Concrete Members", Bulletin No. 399, University of Illinois Engineering Experiment Station, Nov. 1951, 128 pp.
16. Hudson Fred, M., "The Effect of Lateral Tie Spacing on the Ultimate Strength of Reinforced Concrete Columns, Symp. on Reinforced Concrete Columns ACI Publication, Sp-13, 1964, pp. 235-244.
17. Jose Vallenias, Vitelmo V. Bertoro, Egor P. PoPov, "Concrete Confined by Rectangular hoops and Subjected to Axial Loads" Report No. UCB/EERC-73/13 Earthquake Engineering Research Center of Engineering University of California Berkeley, California, August 1977.
18. MacMillan, F.R., "A study of Column Test Data", Proceeding ACI, Vol. 17, 1921, pp. 150-171.
19. M. Sargin, S.K. Ghosh, and V.K. Handa, "Effects of Lateral Reinforcement on Strength and Deformation Properties of Concrete", Magazine of Concrete Research, No. 75-76, June-September, 1971, pp. 99-110.
20. Marin, Joseph, Mechanical Behavior of Engineering Materials, Englewood Cliffs, N.J.:Prentice-Hall, 1962.
21. Perera, K.J.W., "Mechanical Properties of High Strength Concrete", Master's Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, Aug. 1979.

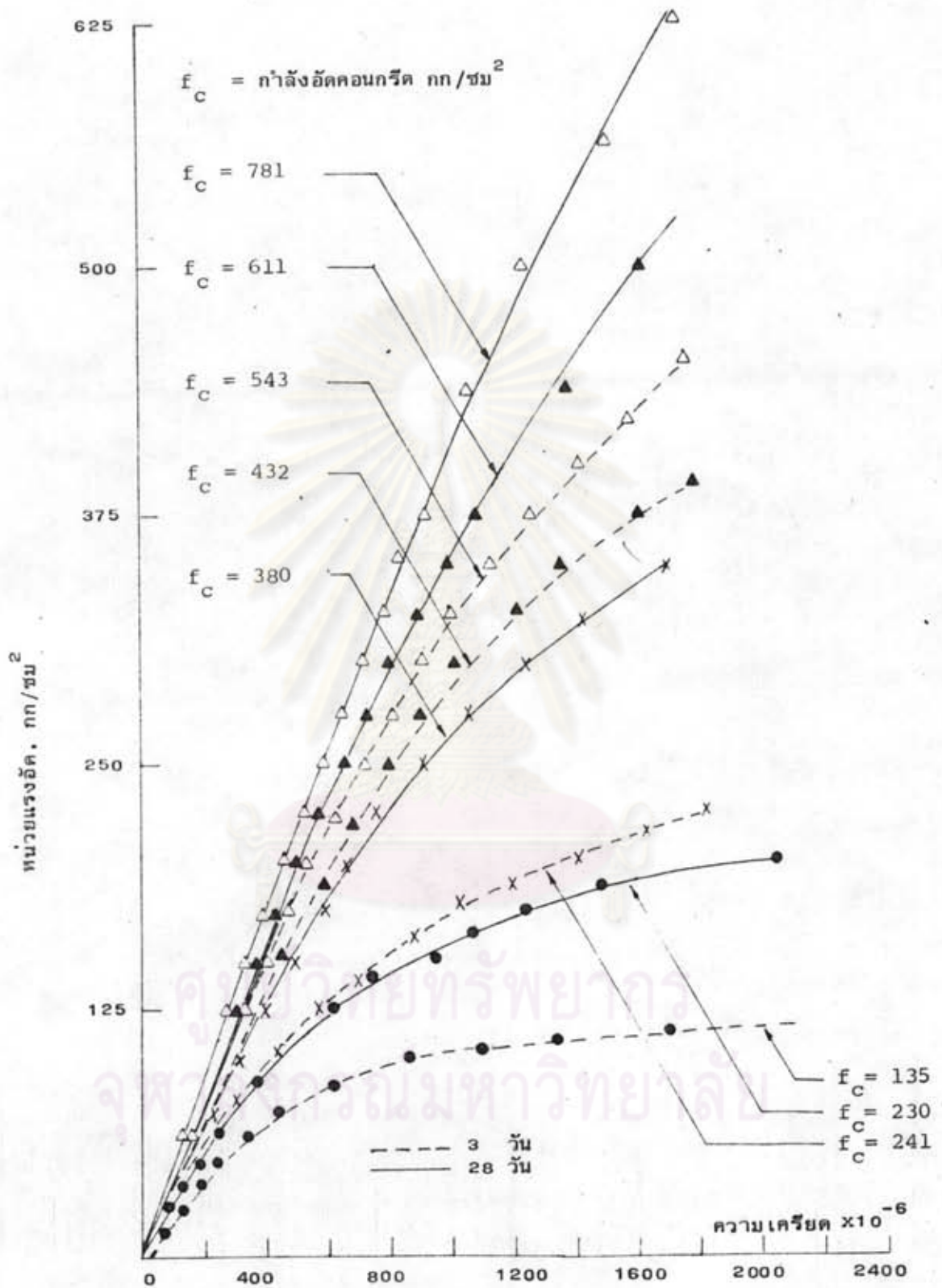
22. Perenchio, W.F., "An Evaluation of Some of the Factors Involved in Proceeding Very High Strength Concrete", Portland Cement Association, Bulletin No. RD 014-1973.
23. Pfister, James F., "Influence of Tie on The Behavior of R.C. Columns", ACI Journal, Proceeding Vol. 61, No. 5, May. 1964, pp. 521-537.
24. Rahman Khan, Shaiq-ur, "The Influence of Tie Spacing on The Failure of Reinforced Concrete Columns", Master's Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, Aug. 1973.
25. Richart, F.E., and Staehle, G.C. "Progress Report on Column Test at The University of Illinois", ACI Journal, Proceeding Vol. 27, Feb. 1931, pp. 731-760.
26. Richart, F.E., "Reinforced Concrete Column Investigation Tentative of Committee 105", ACI Journal, Proceeding Vol. 29, Feb. 1933, pp. 275-284.
27. Richart, F.E., Brandtzaeg, A., and Brown, R.L., "Study of The Failure of Concrete Under Combined Compressive Stresses", University of Illinois Eng. Exp. Station Bulletin No. 185, Nov. 1928, 102 pp.
28. Richart, F.E., Brandtzaeg, A., and Brown, R.L., "The Failure of Plain and Spirally Reinforced Columns in Compression", University of Illinois Eng. Exp. Station Bulletin No. 190, April., 1926.
29. Rixom, M.R., "Chemical Admixtures for Concrete", First Edition, 1978.
30. Rixom, M.R., "Concrete Admixtures; Use and Application", The Cement Admixtures Association, 1977.

31. Slater, W.A., and Lyse, L., "First Program Report on Column Test at Lehigh University", ACI Journal, Proceeding Vol. 27, Feb. 1931, pp. 677-730.
32. Slater, W.A., and Lyse, L., "Second Progress Report on Column Tests Made at Lehigh University", ACI Jojrnal, Proceeding Vol. 27, Feb. 1931, pp. 791-833.
33. Sundura Raja, Iyengar, K.T., Desayi, P., Reddy, K.N., "Stress-Strain Characteristics of the Concrete Confined in Steel Binders", Magazine of Concrete Research, Vol. 22, No. 72, September 1970, pp. 173-184.
34. The Concrete Society, "The Science of Admixtures", Proceeding of a Symposium, Nov., 1969.
35. Tognon, G., Ursella, P. and Coppetti, G. "Design and Properties of Concrete with Strength Over 1500 kg/cm²", ACI Journal, May-June 1980.
36. Thoman, W.H. and Wareen, R., "Ultimate Strength and Modulus of Elasticity of High Strength Portland Cement Concrete", ACI Journal, Vol. 30, Jan-Feb, 1934, pp. 231-238.
37. Timoshenko, S., and Gere, J.M., "Theory of Elastic Stability", McGraw-Hill Book Co., Inc., New York.
38. Ti-Haung, "On The Formula for Spiral Reinforcement", ACI Journal, Proceedings, Vol. 61, March 1964, 351-353, Disc., 1241-1248.
39. Yamamoto, Y., and Ohira, K., "On Effective Use of Highly Water-Reducing Admixtures in Concrete", Annual Technical Report, Vol. 30, Cement Association of Japan, 1976.
40. มานิต ศิวกุล "พฤติกรรมของเสาคอนกรีต เสริมเหล็กทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงมาก", วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

41. วินิต ช่อวิเชียร. "คอนกรีต เทคโนโลยี" ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พาณิชย์,
กรุงเทพมหานคร.
42. สฤต พจนารถ, พฤติกรรมการตัดของคานคอนกรีตอัดแรงทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงมาก".
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
43. สุพรรณ ศิริวัชรินทร์, "การศึกษาคอนกรีตกำลังสูงมาก". วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงอัดกับความเครียดที่กำลังอัดต่างกัน (21)

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบ

ชุดของตัวอย่างทดสอบ	ตัวอย่างทดสอบ	เหล็กปลอม	เหล็กเสริมอื่น %	สัดส่วนปริมาตร เหล็กปลอมต่อ ปริมาตรคอนกรีต ภายในวงเหล็ก ปลอม %
1. ชุดของเสาคอนกรีต ล้วนและเสาไม่มี เหล็กปลอม	C000	-	-	-
	C001		5.577	-
2. ชุดของเสาปลอม เดี่ยว	CT300	∅ 6 มม. @ 0.30	5.577	0.359
	CT150	∅ 6 มม. @ 0.15	5.577	0.718
	CT75	∅ 6 มม. @ 0.075	5.577	1.437
	CT50	∅ 6 มม. @ 0.050	5.577	2.153
	CT25	∅ 6 มม. @ 0.025	5.577	4.307
3. ชุดของเสาปลอม เกลียว	CS300	∅ 6 มม. @ 0.30	5.577	0.359
	CS150	∅ 6 มม. @ 0.15	5.577	0.718
	CS75	∅ 6 มม. @ 0.075	5.577	1.437
	CS50	∅ 6 มม. @ 0.050	5.577	2.153
	CS25	∅ 6 มม. @ 0.025	5.577	4.307
	CA	∅ 9 มม. @ 0.030	5.577	7.683
	CB	∅ 12 มม. @ 0.030	5.577	13.669

ตารางที่ 2.2 ผลการทดสอบกำลังดึงของเหล็ก

ขนาดเหล็ก เสริม	กำลังคลากเฉลี่ย กก/ซม ² .	กำลังประลัยเฉลี่ย กก/ซม ² .	ค่าเฉลี่ยการ ยึดตัวในระยะ 20 ซม. %	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น กก/ซม ² .	หมายเหตุ
∅-6 มม.	3330	4592	29.67	1.98×10^6	RB-24
∅-9 มม.	2770	4429	33.33	2.01×10^6	RB-24
∅-12 มม.	2776	3987	39.99	2.00×10^6	RB-24
∅-16 มม.	3550	5463	33.58	2.03×10^6	SD-30



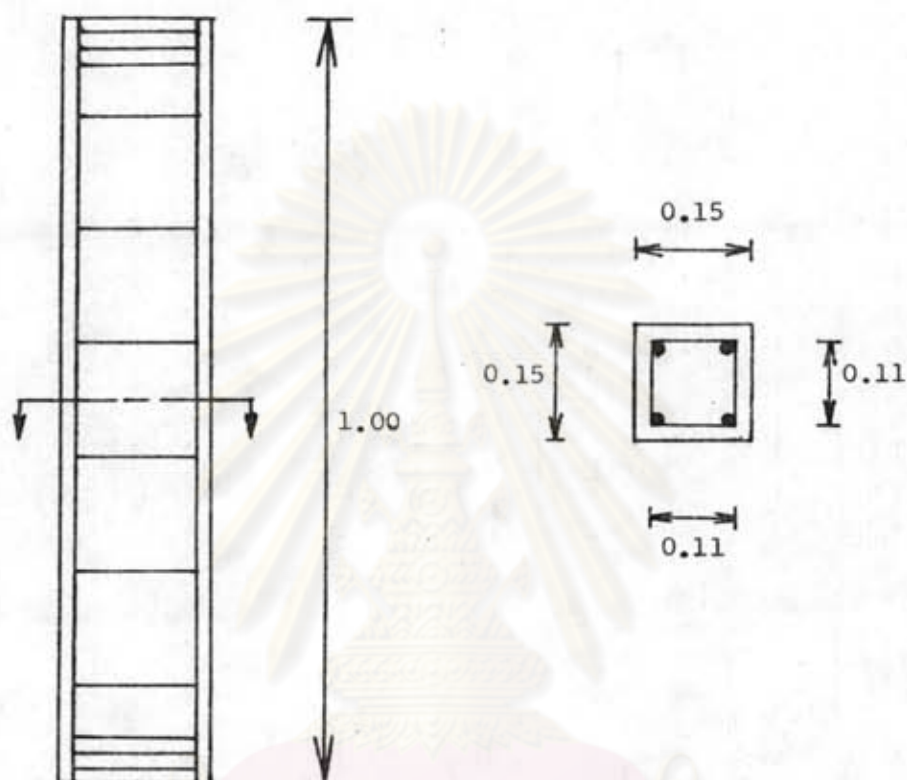
ตารางที่ 2.3 ส่วนผสมคอนกรีตใน 1 ลูกบาศก์เมตร

ส่วนผสม	กก/ม ³
ซีเมนต์	575
ทราย	765
หิน	1245
น้ำ	138
น้ำยา	10.94

ตารางที่ 2.4 ผลการตรวจสอบกำลังคอนกรีต

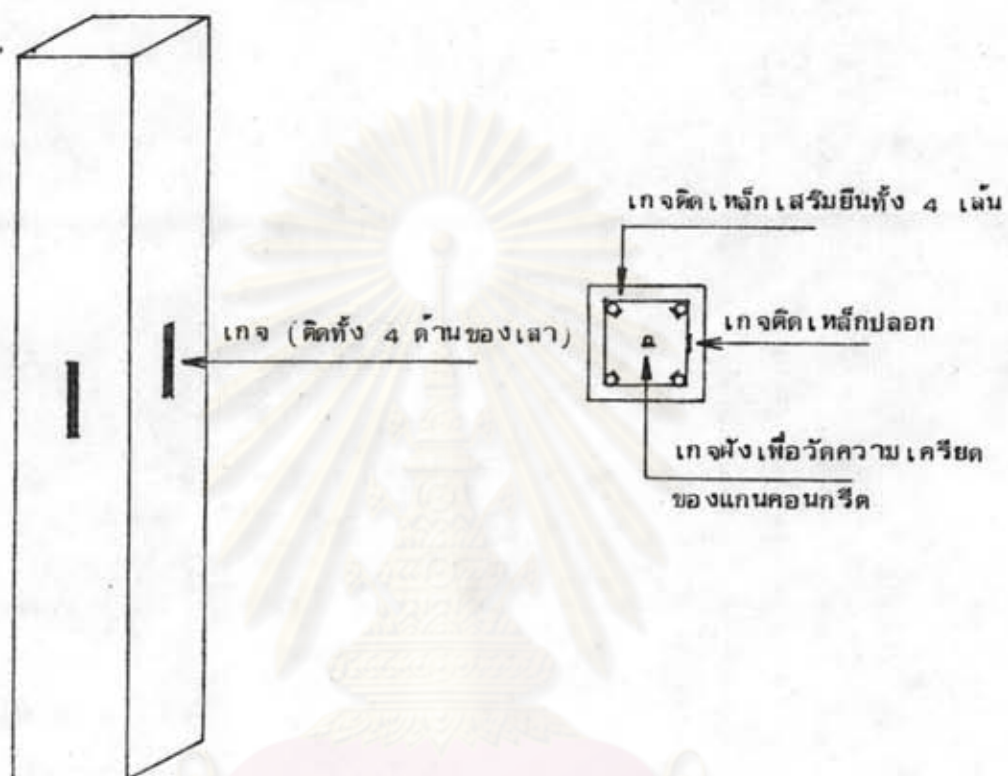
ตัวอย่างทดสอบ	อายุคอนกรีต วัน	กำลังคอนกรีต ทรงกระบอก กก/ซม ²	กำลังดึงแยกตัว กก/ซม ²	โมดูลัสยืดหยุ่น
C000 CT300 CT150	63	948	83	5.40
CS300 CS150 CS75	52	910	79	5.26
CT75 CT50 CS50	55	886	63	5.12
CT25 CS25 C001	56	931	76	5.31
CA CB	59	855	57	4.94

ศูนย์วิทยุเกษตรจักร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



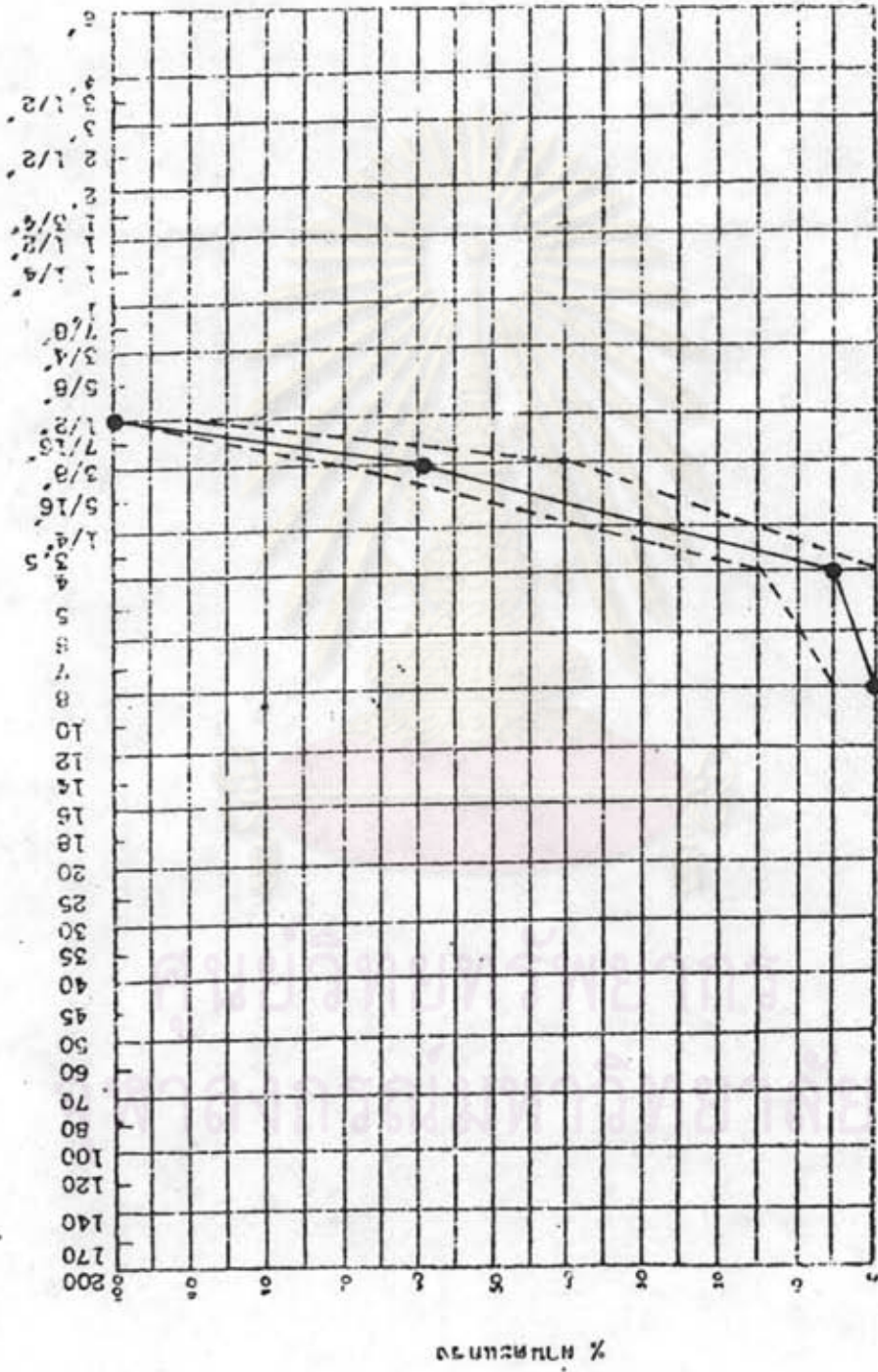
รูปที่ 2.1 แสดงขนาดและหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ

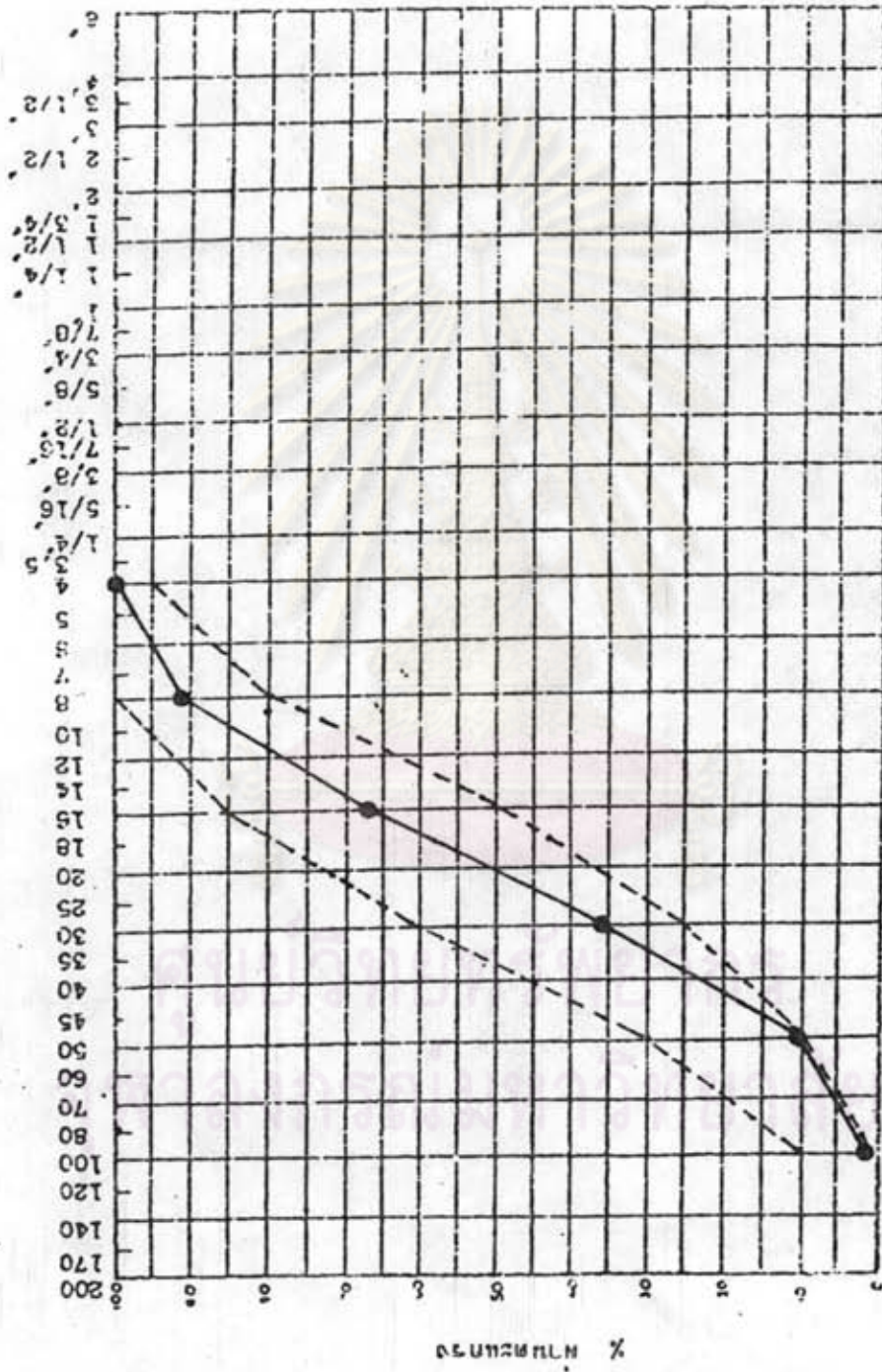
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งติดตั้งเกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้า

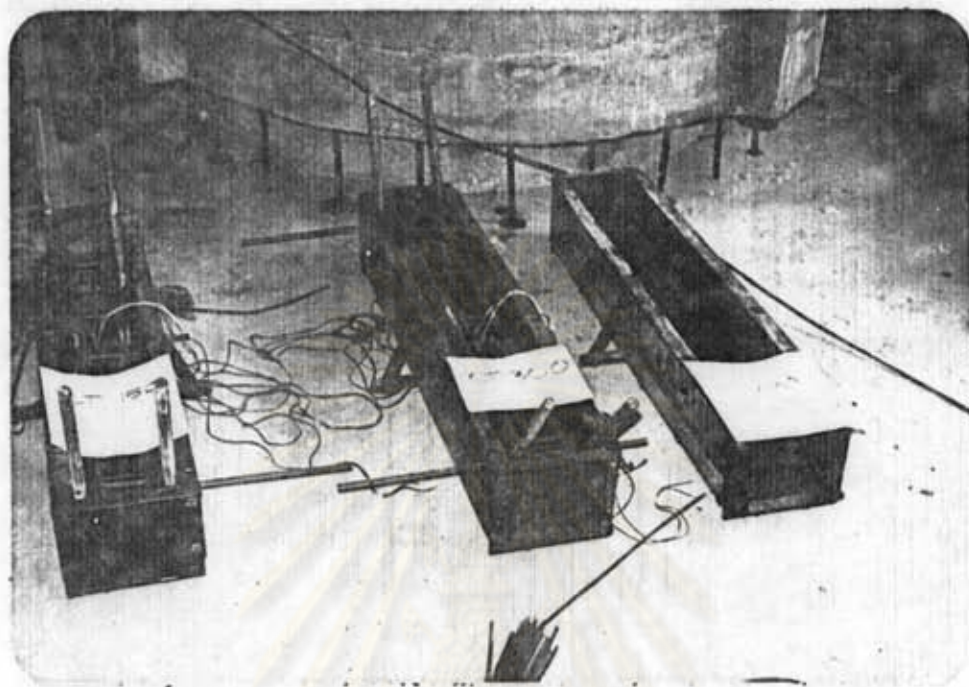
ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



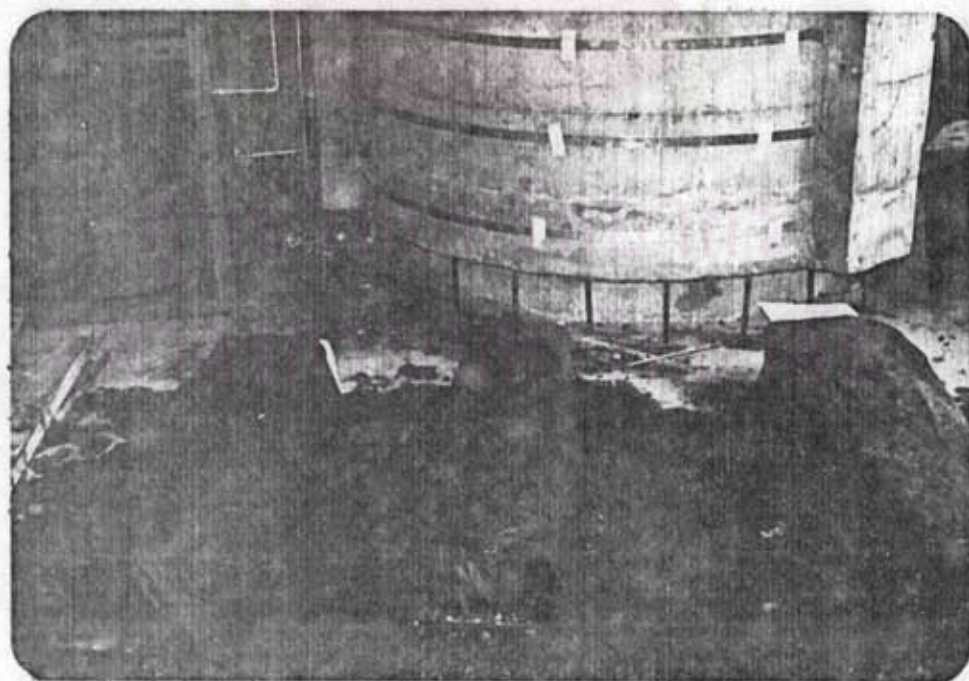


รูปที่ 2.4 แสดงปริมาณที่ลอดของทราย

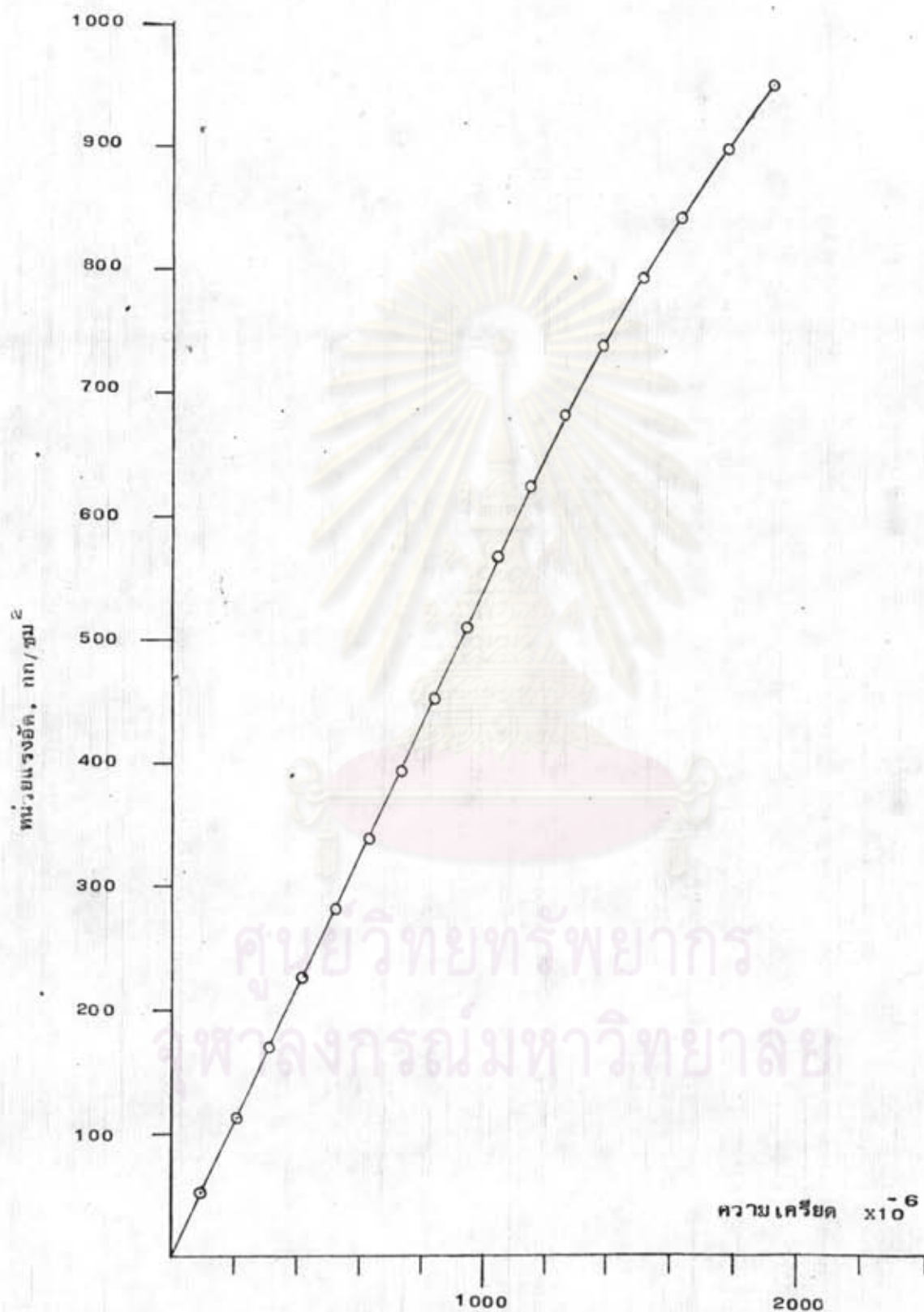
● ทรายที่ใช้ในการทดสอบ Fineness Modulus = 2.93
 --- ทรายของ ASTM C-33



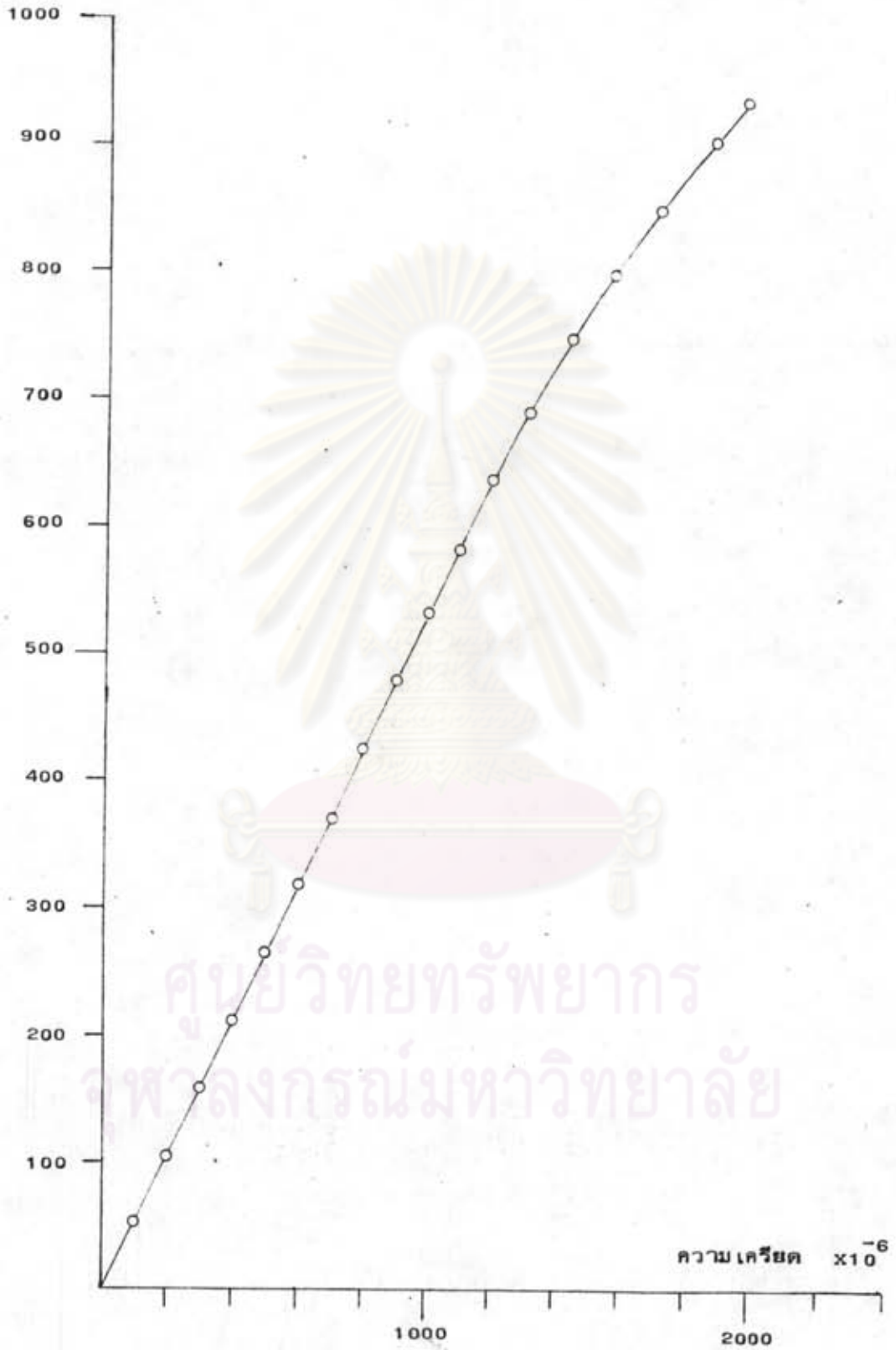
รูปที่ 2.5 โครงเหล็กและแบบในสภาพพร้อมที่จะหล่อ



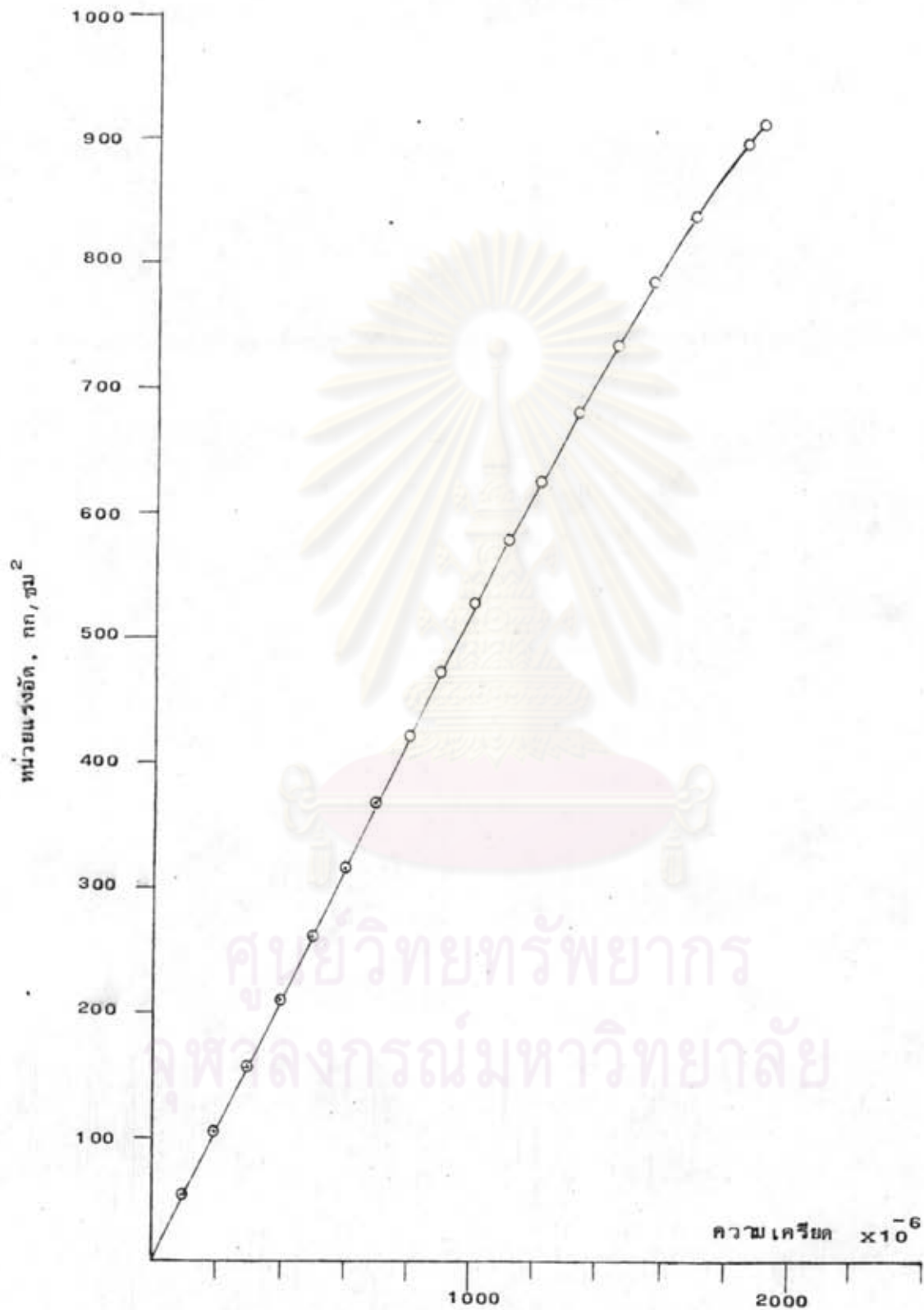
รูปที่ 2.6 หลังจากหล่อเรียบร้อยแล้วจะปิดคลุมด้วยกระสอบป่าน เปียกถึงไว้
ในแบบหนึ่งคืนก่อนนำไปบ่มด้วยกาารชื้นน้ำ



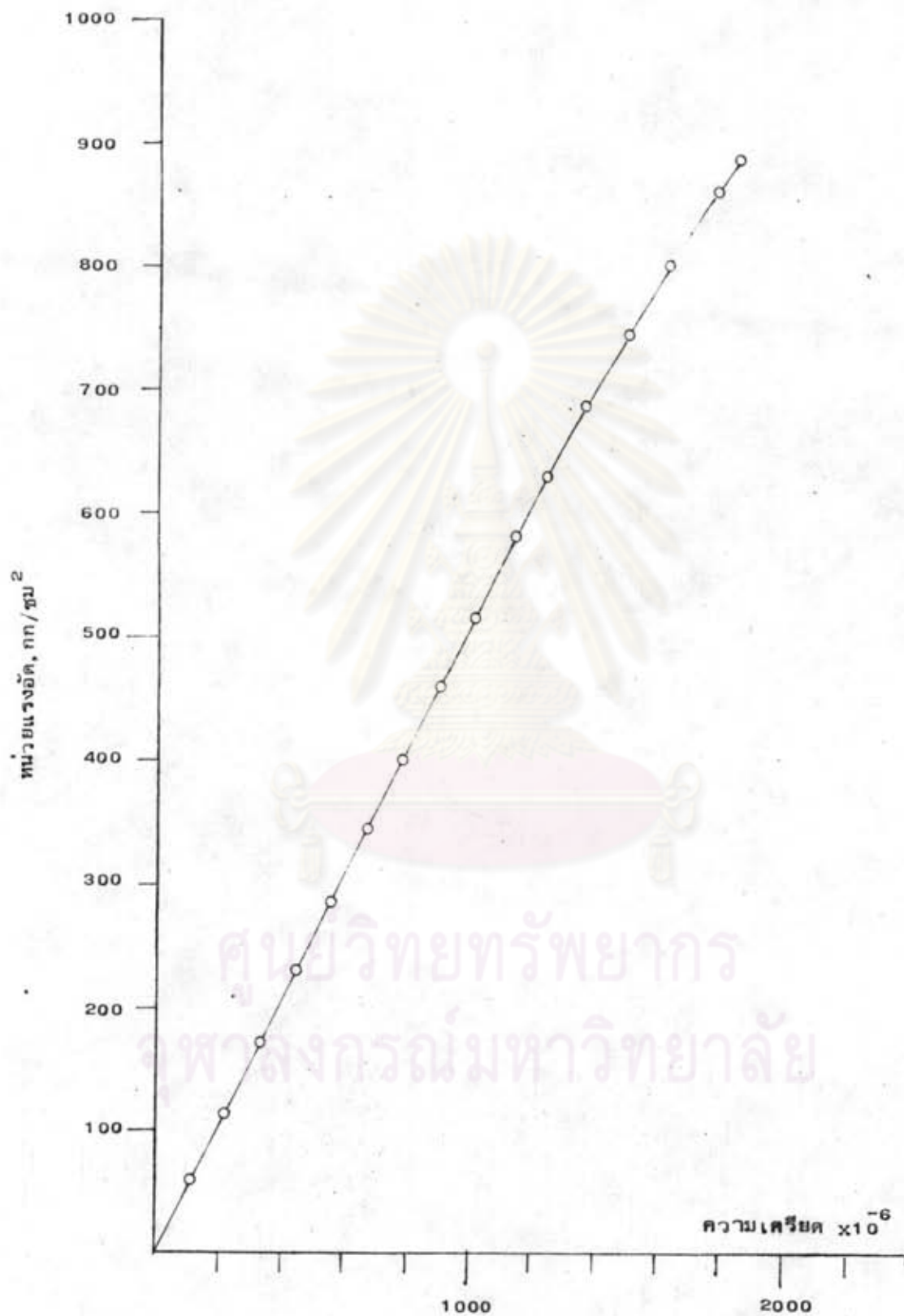
รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีต
ทรงกระบอก ความคุมตัวอย่างทดสอบ C000, CT300 และ CT150



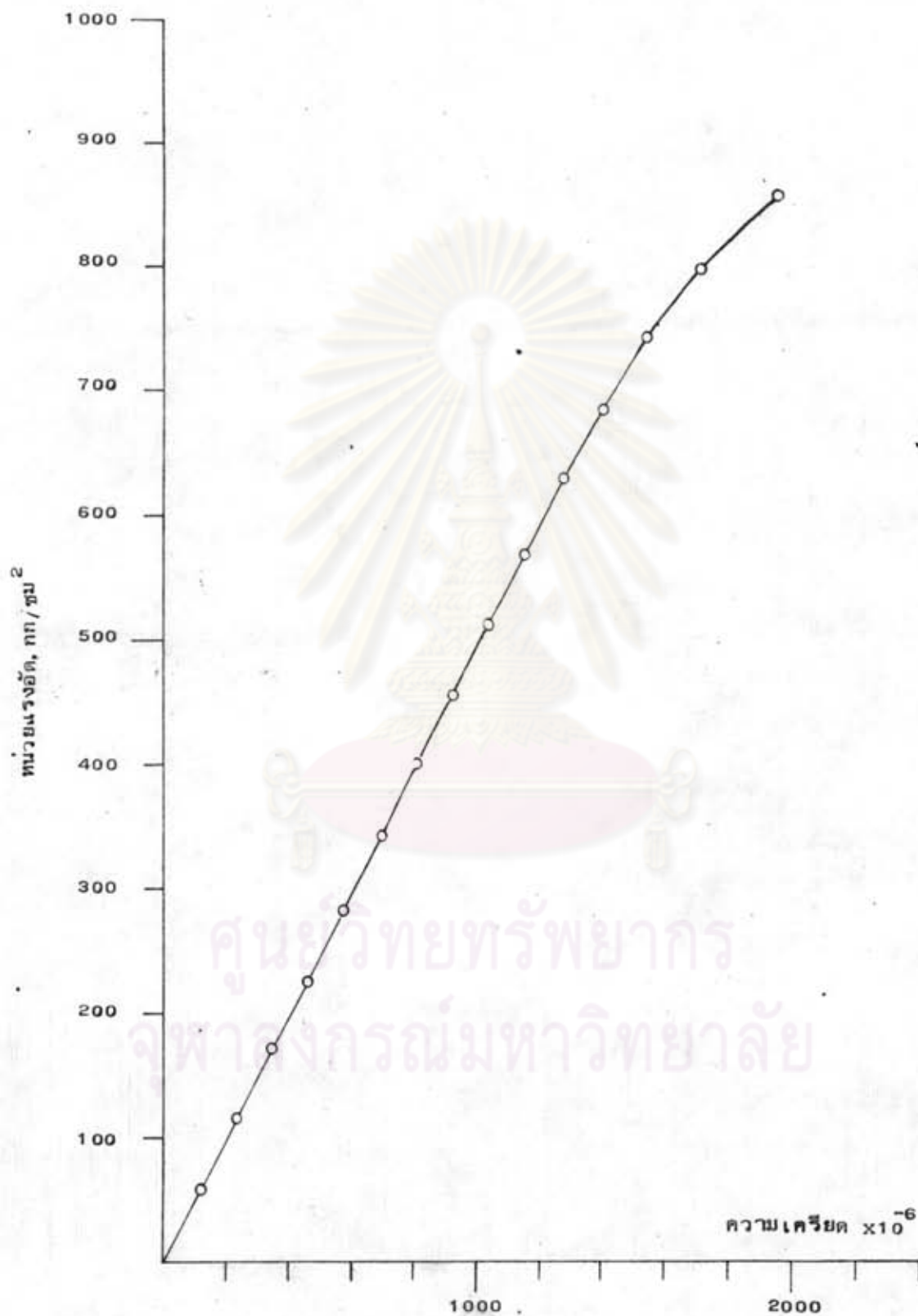
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเค้นของทองนกริตรงกระบอก
ควบคุมตัวอย่างทดสอบ CT25, CS25 และ C001



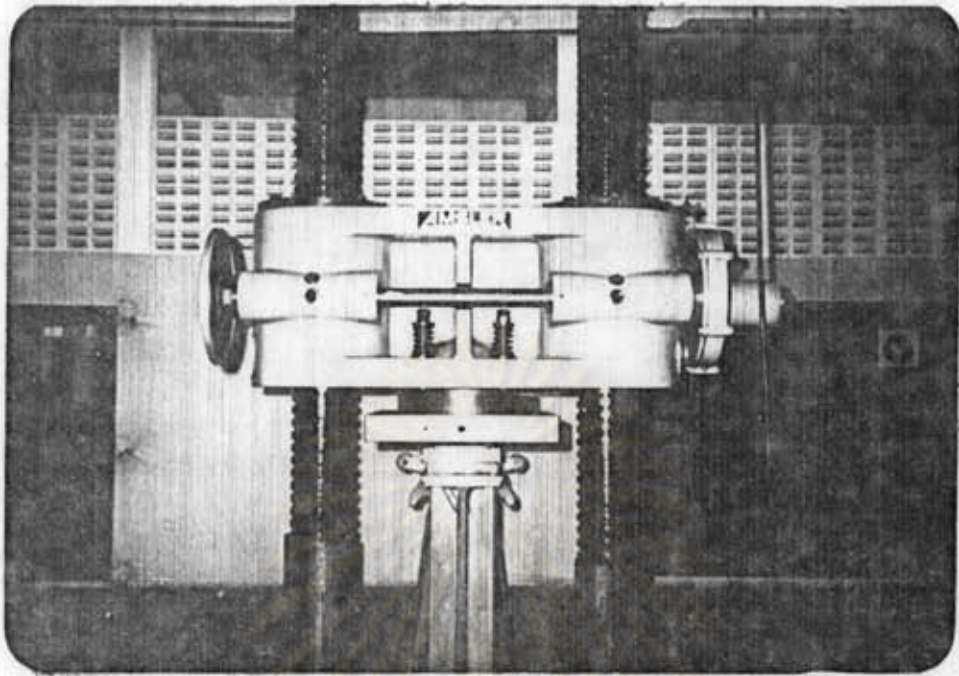
รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความถี่ของคอนกรีต รงกระบอก
ควบคุมตัวอย่างทดสอบ CS300, CS150 และ CS75



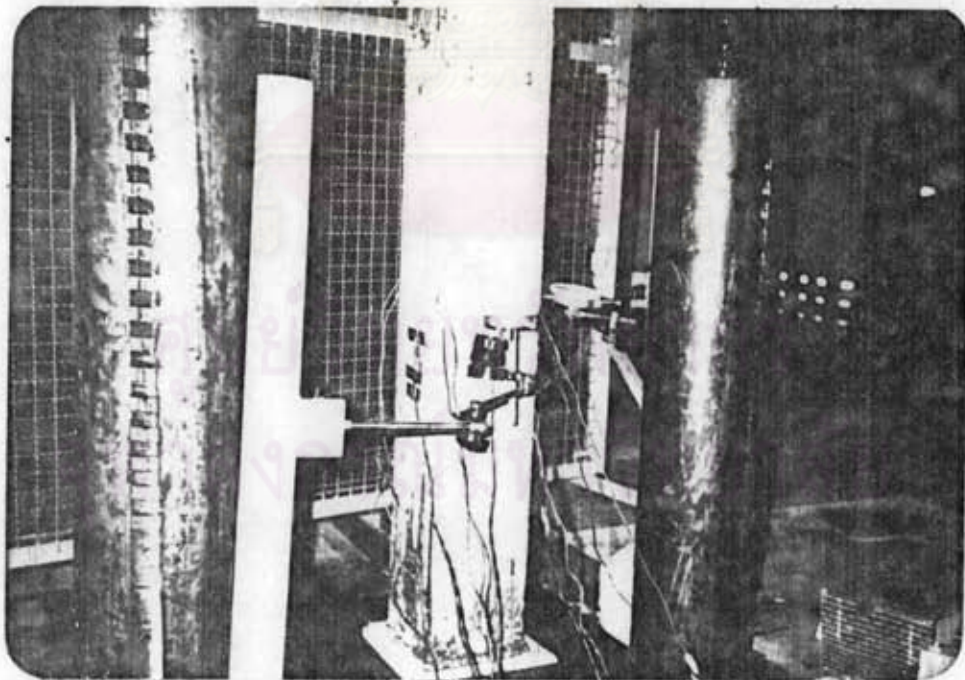
รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีตวงกระบอก
ควบคุมตัวอย่างทดสอบ CT75, CT50 และ CS50



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีตรางระบอก
ควบคุมตัวอย่างทดสอบ CA และ CB



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่อง Amsler ที่ใช้ทดสอบเสา



รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างที่ติดตั้ง เรียบร้อยพร้อมที่จะทดสอบ



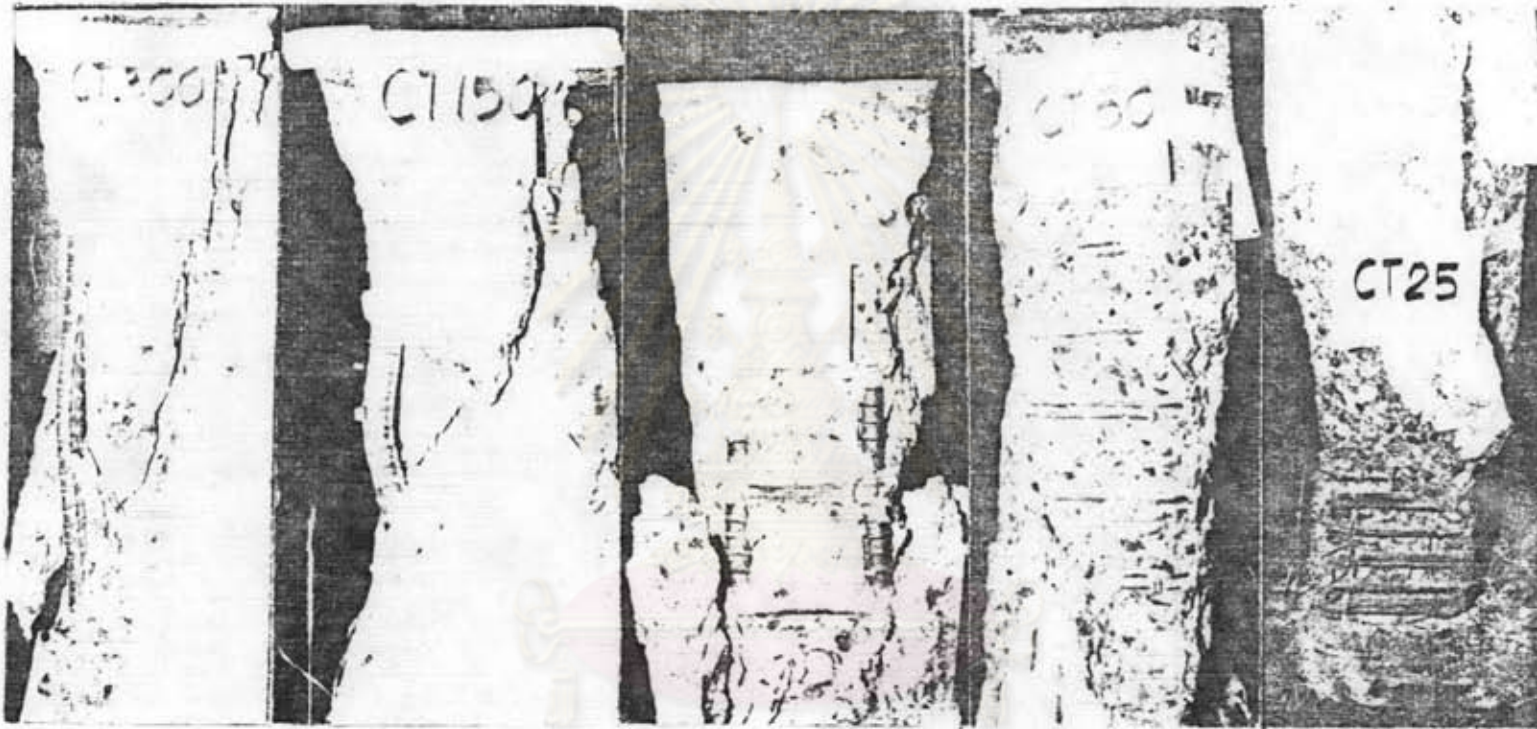
เสาคอนกรีตล้วน



เสาคอนกรีตที่ไม่มีเหล็ก เสริมทางขวาง

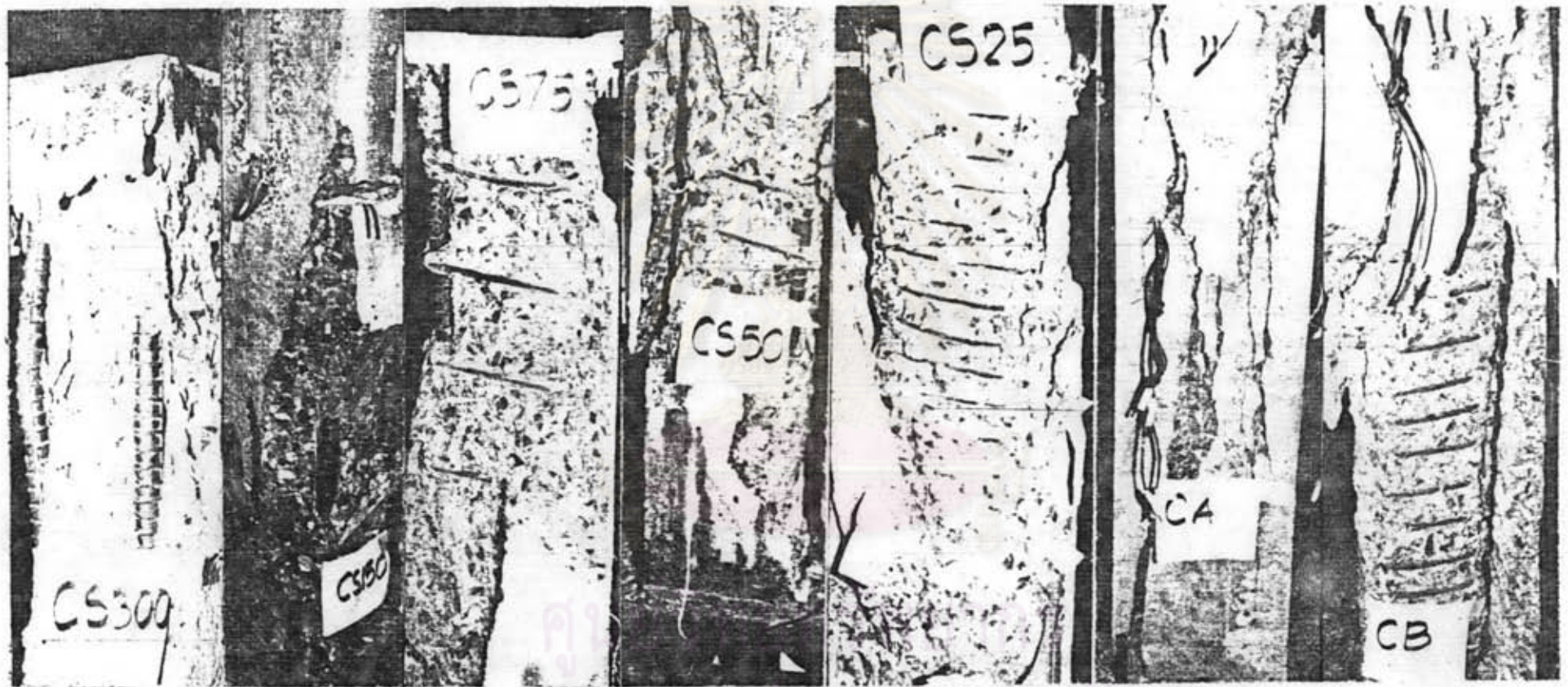
ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการวิบัติโดยละเอียดของตัวอย่างทดสอบชุดที่ไม่มีเหล็ก เสริมทางขวาง



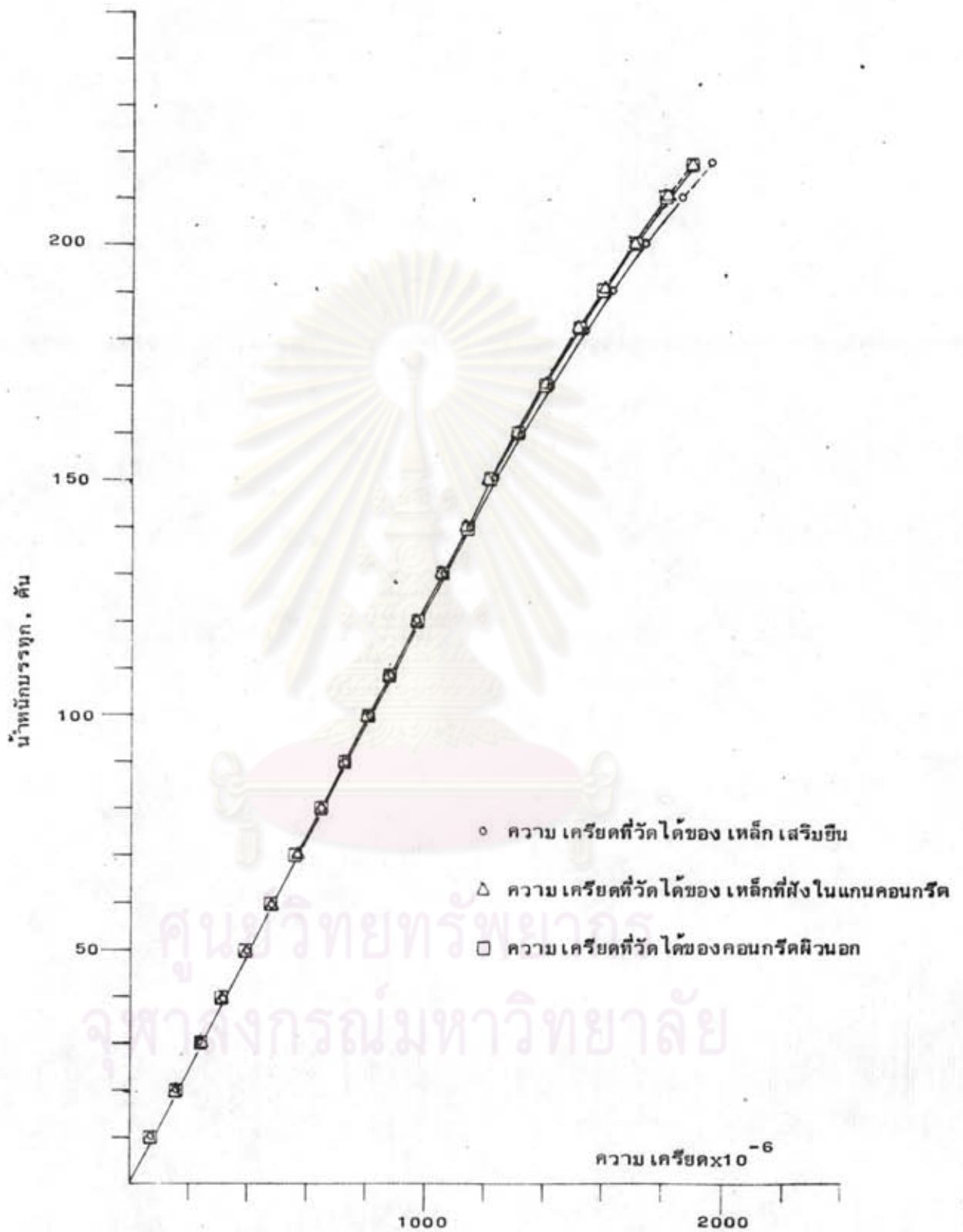
ปศ 6 มม. @ 0.30 ปศ 6 มม. @ 0.15 ปศ 6 มม. @ 0.075 ปศ 6 มม. @ 0.050 ปศ 6 มม. @ 0.025

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการวิบัติโดยละเอียดของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริมเหล็กปลอกเดี่ยว

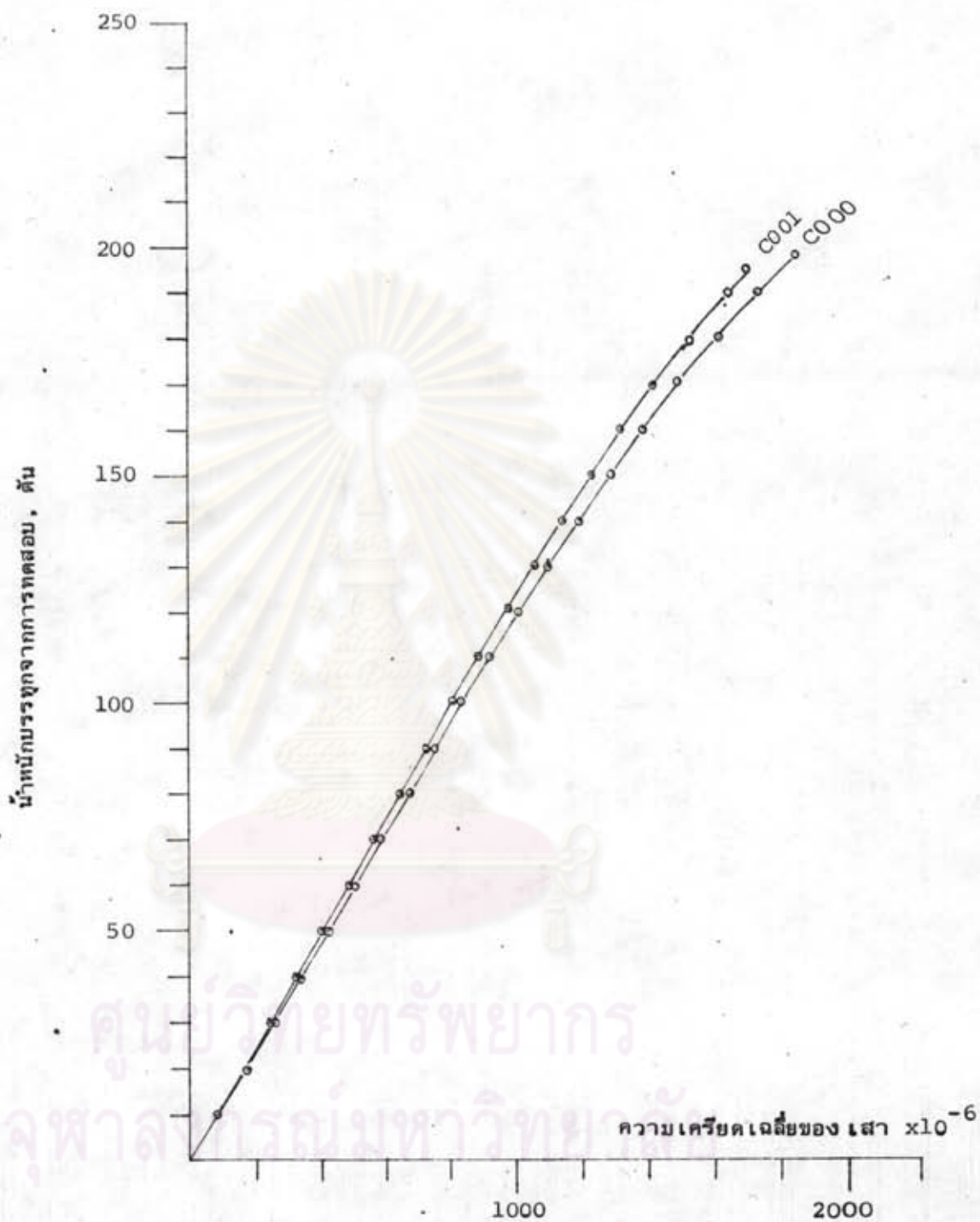


ปฐ เบน. @ 0.30 ปฐ เบน. @ 0.15 ปฐ เบน. @ 0.075 ปฐ เบน. @ 0.050 ปฐ เบน. @ 0.025 ปฐ เบน. @ 0.030 ปฐ 12 มม. @ 0.030

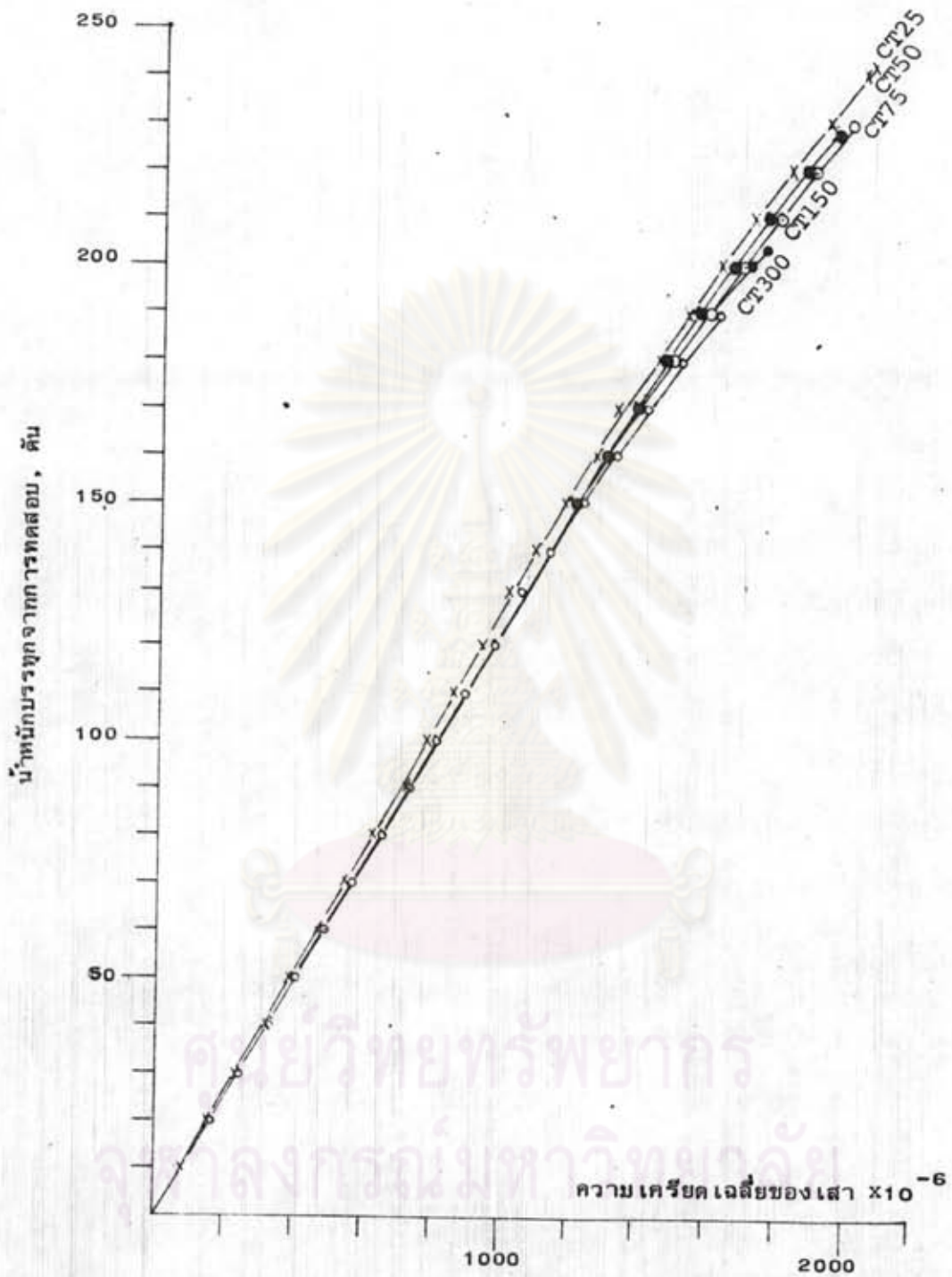
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะการวิบัติโดยละเอียดของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริมเหล็กปลอก เกลียว



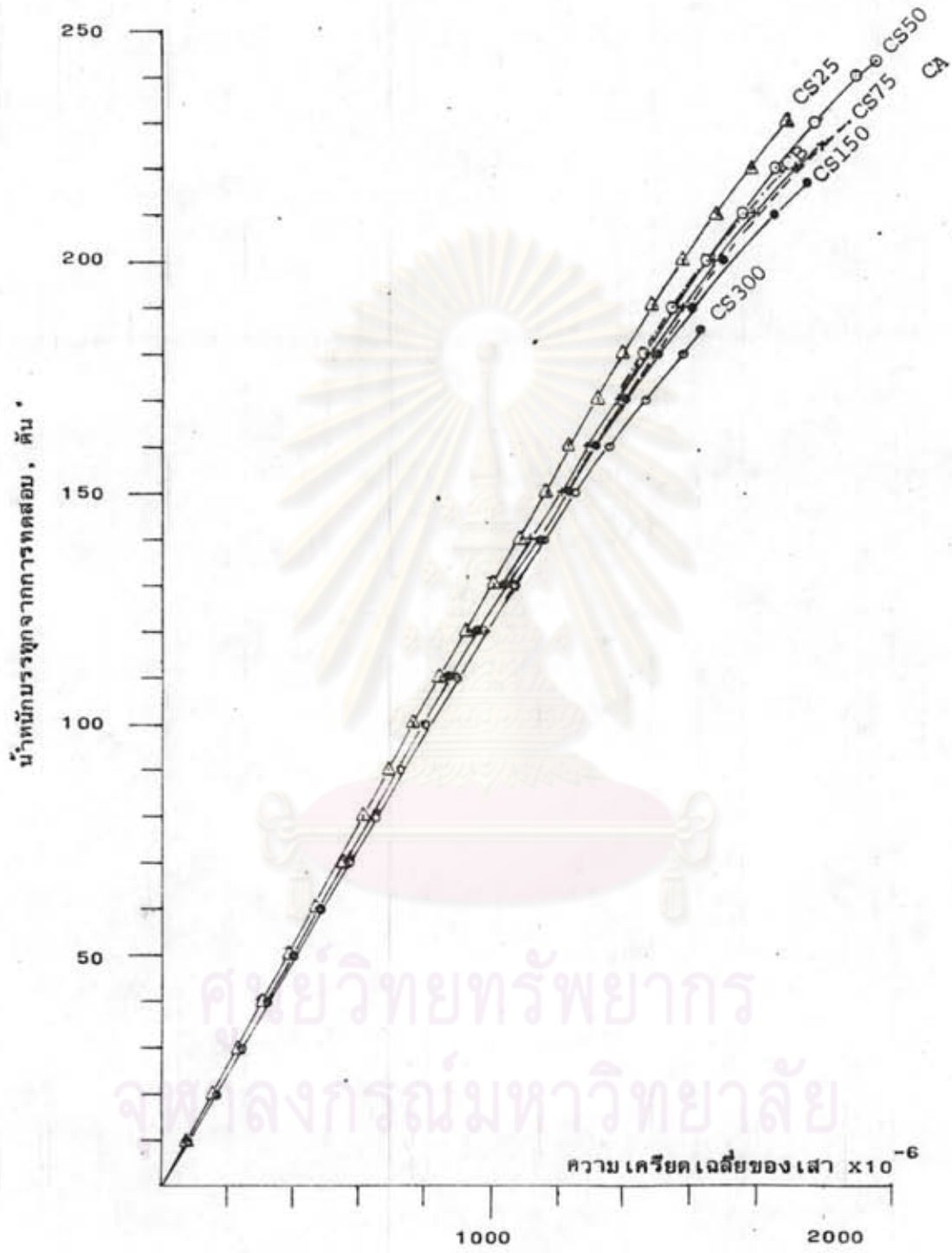
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ของน้ำนํกบรทุกกับความ เกรียดของ เหล็ก เสริมยีน, เหล็กที่ฝังในคอนกรีตและของคอนกรีตผิวนอกของ เสาว CS150



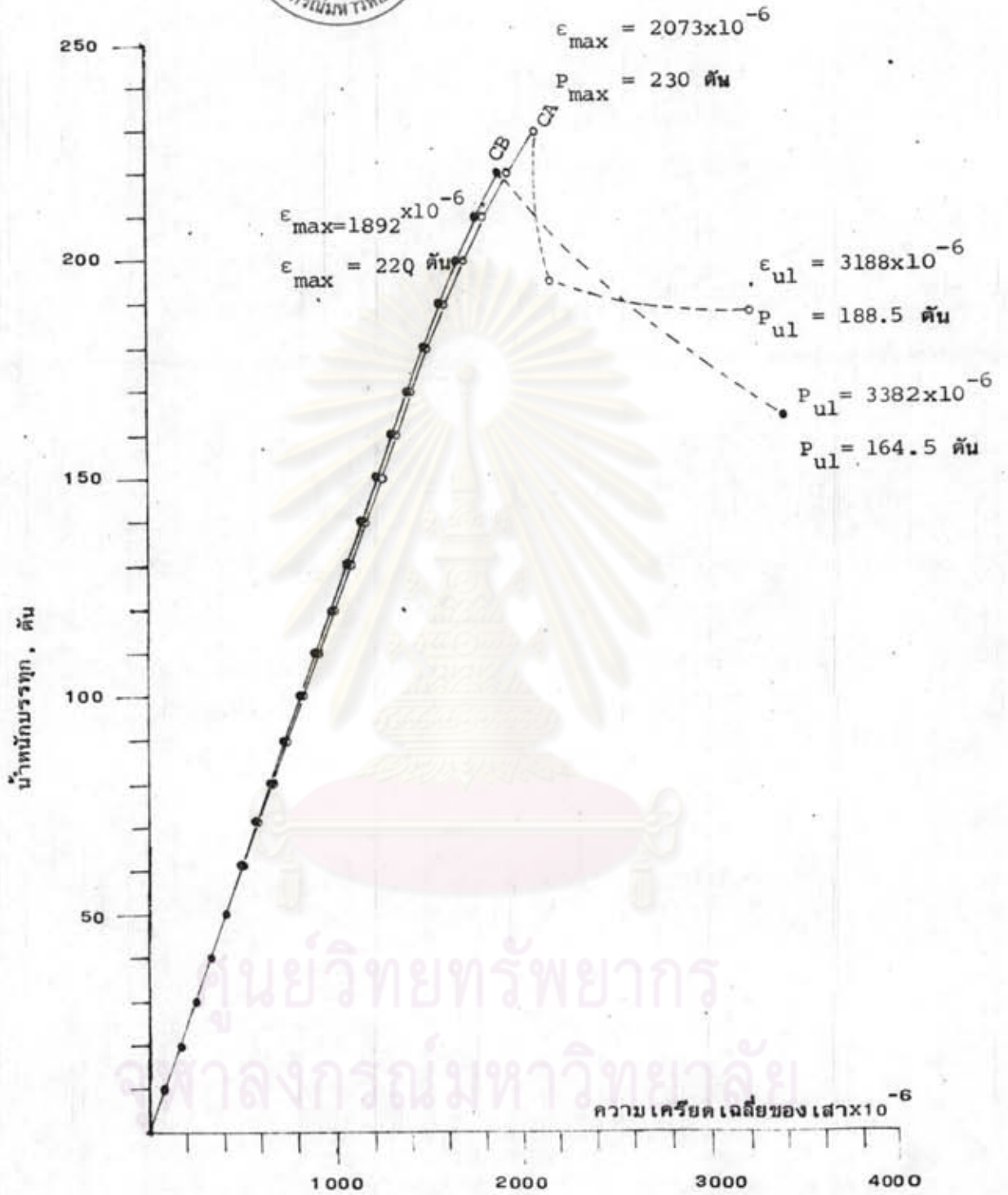
รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมกับความเครียดเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบชุดที่ไม่มีเหล็กเสริมทางขวาง



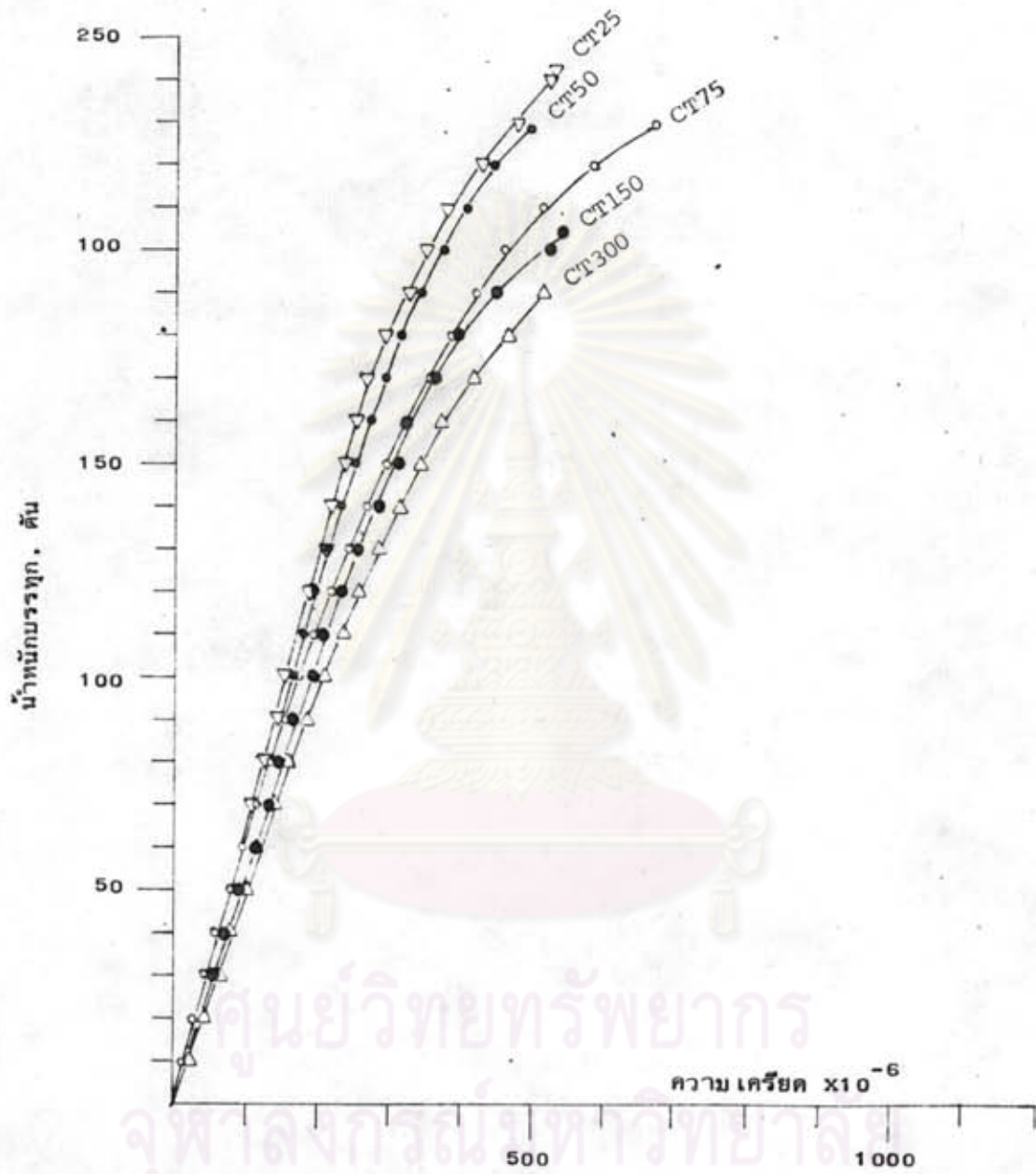
รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความเครียดเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริม เหล็กปลอกเดี่ยว



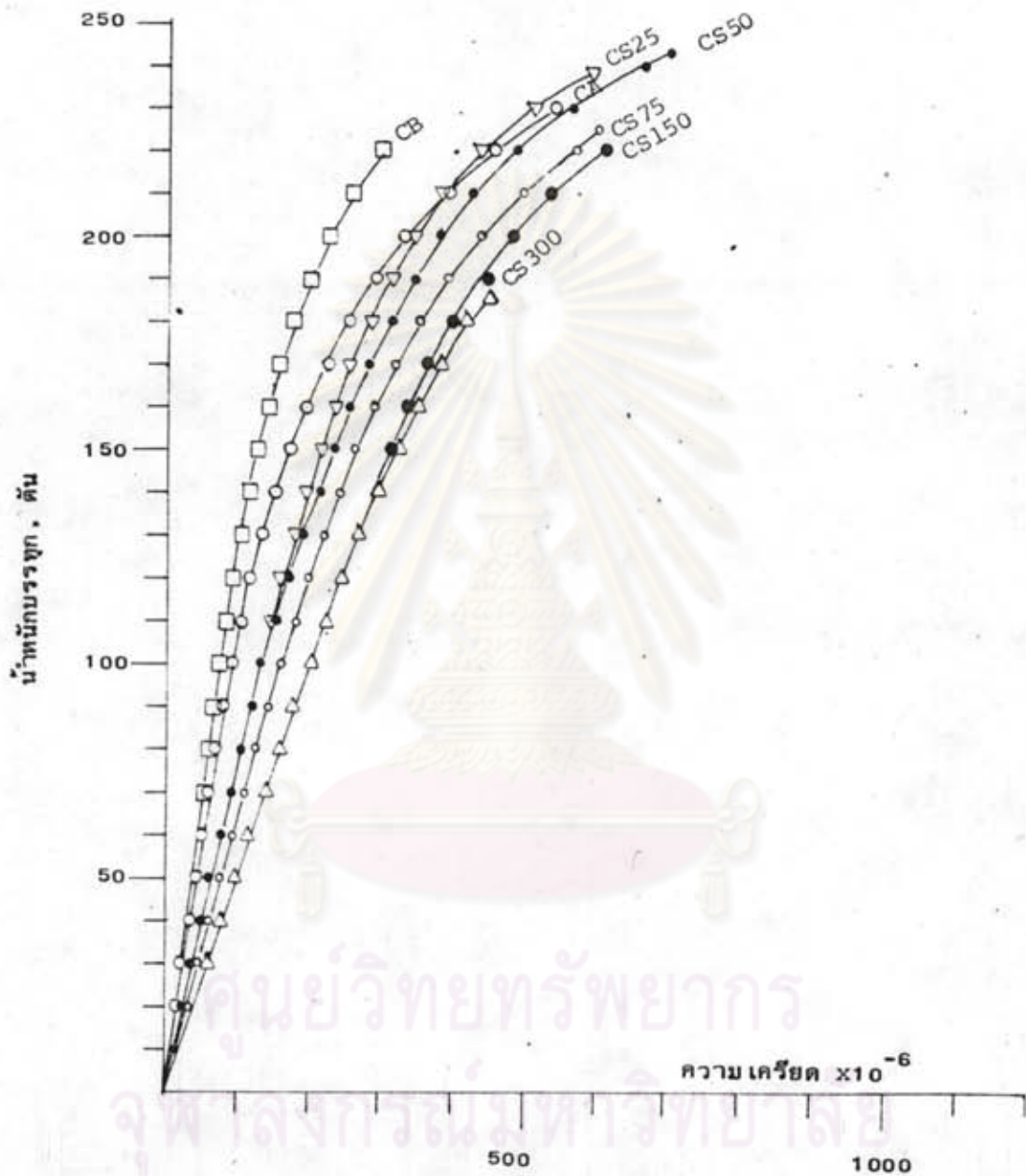
รูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบวกรวมกับความเครียดเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริมเหล็กปลอกเกลียว



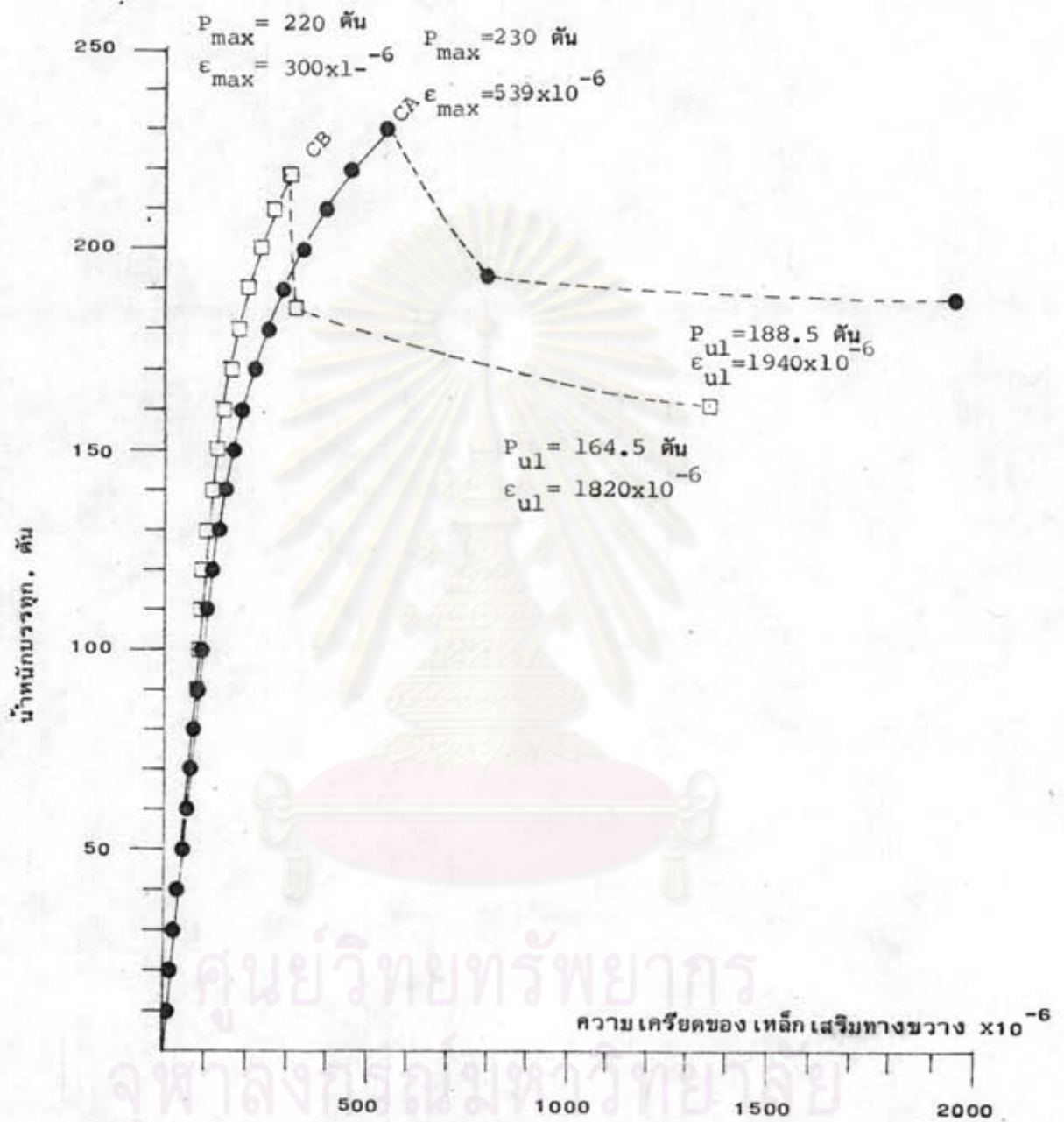
รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรวมกับความเครียดเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบหลังจากเสารับน้ำหนักรวมสูงสุดของเสา CA, CB



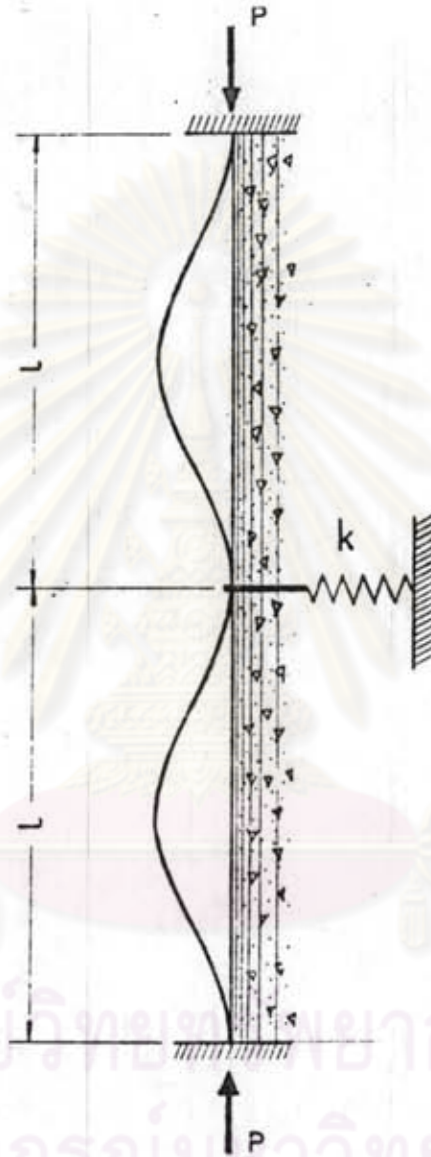
รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุกับความเครียดเหล็กปลอกเดี่ยว
ของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริมเหล็กปลอกเดี่ยว



รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุกับความเคียด เหล็กปลอม
ของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริม เหล็กปลอม เหล็กยาว

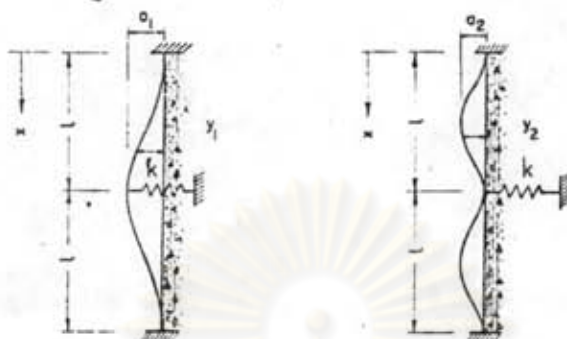


รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดเหล็กปลอกเกลียวของตัวอย่างทดสอบ CA, CB หลังจากเสารับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด

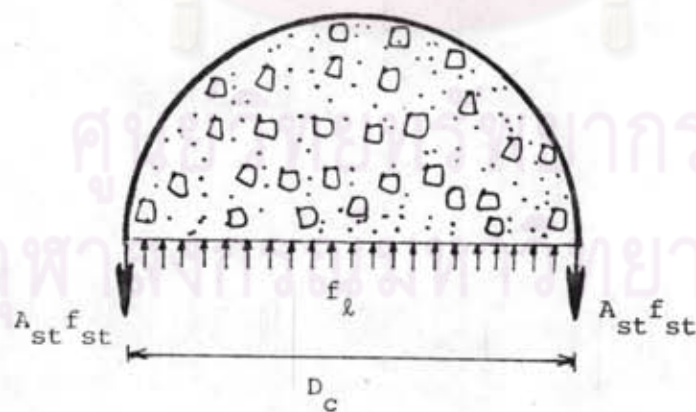


ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.1 ลักษณะการโก่งเดาะของเหล็กยื่นเชิงทฤษฎี



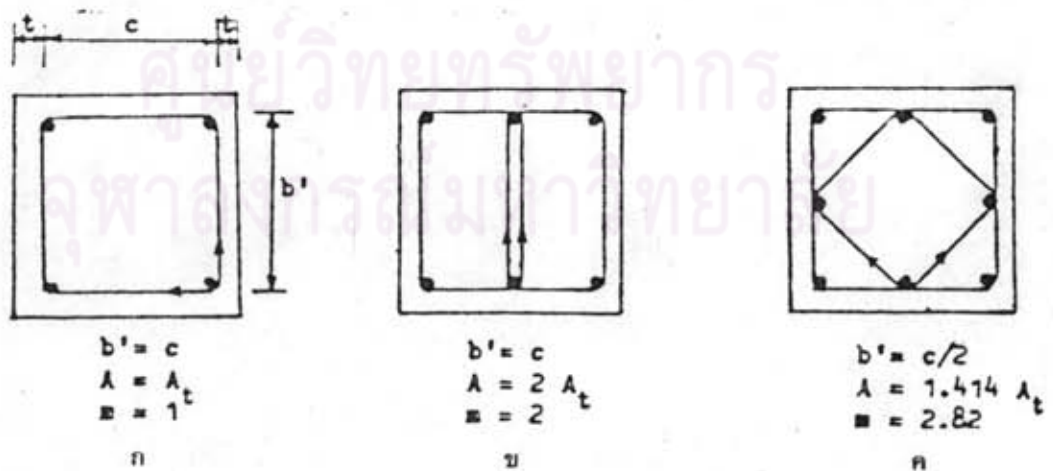
รูปที่ 4.2 ลักษณะการโก่งเดาะสมมติสำหรับหาค่าสตีฟ เนสของ เหล็กปลอก



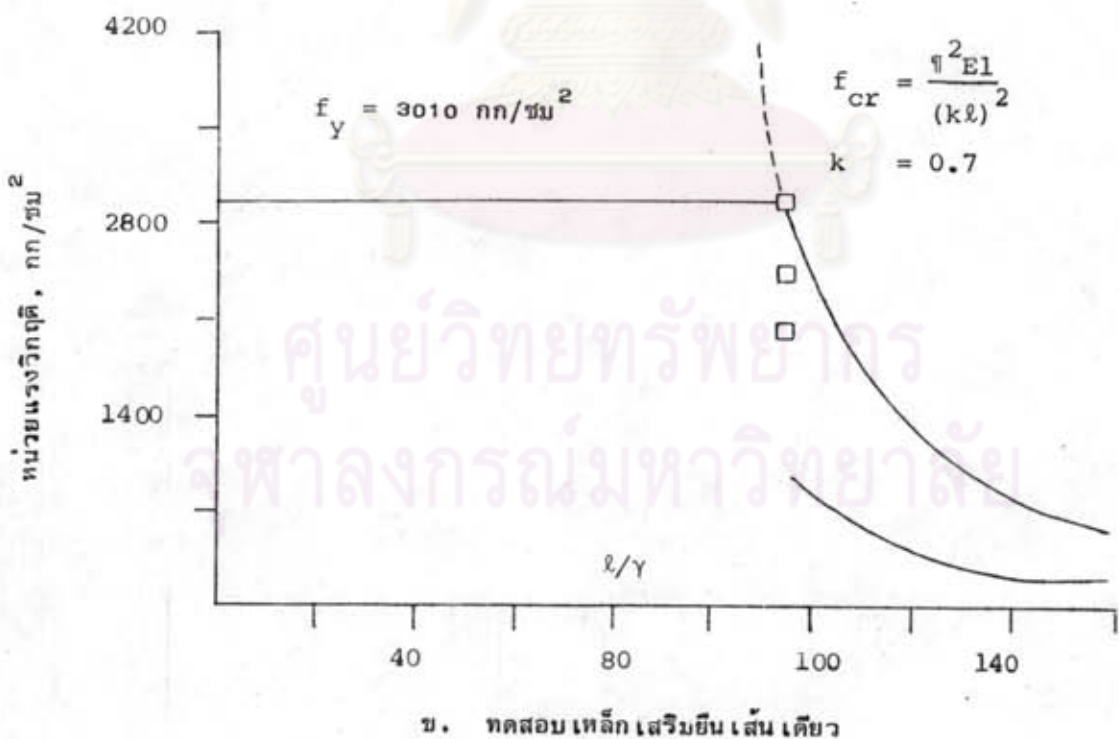
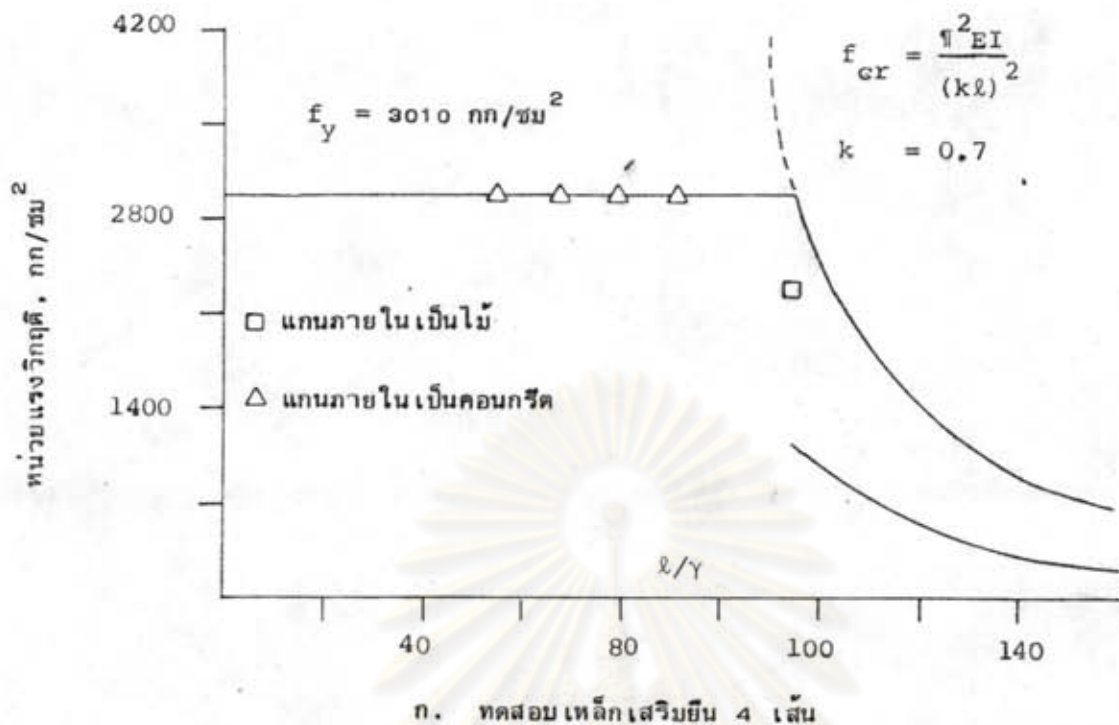
รูปที่ 4.3 แสดงการโอบของ เหล็กปลอก เกลียว

	(ก)	(ข)	(ค)	(ง)	(จ)	(ฉ)
ลักษณะการโค้งของเสา แสดงโดยเส้นประ						
ค่า k ตามสมการ	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
ค่า k ที่ใช้ในตารางออกแบบ	0.65	0.90	1.2	1.0	2.10	2.0
ลักษณะของ การรับแรง		การหมุนปลายเสา		การเคลื่อนที่ปลายเสา		

รูปที่ 4.4 แสดงค่า k



รูปที่ 4.5 ค่า m ของเหล็กปลอก



รูปที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบเหล็กเสริมยี่น (24)

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการคำนวณความเค้นคานในทางที่สอดคล้องกับกำลังคานและความเค้นคานในคานคดคว

ผลการคำนวณ	F_t	F_r	หน่วยแรงคาน	ความเค้นคาน
Nilson	$1.8 \sqrt{F_c}$	-	54	104
Yamamoto	$0.05 \sqrt{F_c} + 10$	-	55	106
Perera	$0.06 F_c + 5$	-	59	114
สุวราณ	$413 \sqrt{F_c}$	-	59	114
ภรา	-	$2.09 \sqrt{F_c}$	63	121
งานวิจัย	-	-	72	138
เฉลี่ย	-	-	-	116

$F_c = 906 \text{ กก./ซม}^2$
 $E_c = 5.21 \times 10^4 \text{ กก./ซม}^2$

ตารางที่ 5.3 แสดงการรับน้ำหนักของเสา

ชุดของตัวอย่างทดสอบ	ตัวอย่างทดสอบ	เหล็กปลอก	น้ำหนักรับโดยเหล็กเสริมยื่นต้น	น้ำหนักรับโดยคอนกรีต, ต้น	$\frac{P_{test} - P_s}{A_c f_c'}$
1 ชุดที่ไม่มีเหล็กเสริมทางขวาง	C000	-	-	198	0.928
	C001	-	27.726*	167.274	0.828
2 ชุดที่เสริมเหล็กปลอกเดี่ยว	CT300	Ø 6 มม 0.30	26.974*	163.026	0.793
	CT150	Ø 6 มม 0.15	28.571	175.429	0.853
	CT75	Ø 6 มม 0.075	28.571	201.429	1.048
	CT50	Ø 6 มม 0.050	28.571	199.429	1.038
	CT25	Ø 6 มม 0.025	28.571	212.429	1.052
3 ชุดที่เสริมเหล็กปลอกเกลียว	CS300	Ø 6 มม 0.30	27.546*	157.454	0.788
	CS150	Ø 6 มม 0.15	28.571	188.429	0.948
	CS75	Ø 6 มม 0.075	28.571	196.429	0.996
	CS50	Ø 6 มม 0.050	28.571	214.429	1.116
	CS25	Ø 6 มม 0.025	28.571	209.929	1.039
	CA**	Ø 9 มม 0.030	28.571	201.429	1.086
	CB**	Ø 12 มม 0.030	28.571	191.029	1.032

* เหล็กเสริมยื่นรับน้ำหนักไม่ถึงกำลังคลาก

** ค่าแรงที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุด

ตารางที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดของลูกปูนทรงกระบอกกับหน่วยแรงอัดคอนกรีตของเสา C000 (เสาคอนกรีตล้วน)

น้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบ ตัน	ความเครียด เฉลี่ยของเสา $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	หน่วยแรงอัด จากลูกปูน f_{cy} , กก/ซม ²	น้ำหนักบรรทุก ของคอนกรีต $P = A_g f_{cy}$ ตัน	f_{cy}/f'_c	$f_c \text{ test}/f'_c$
10	83	0.045	10.125	0.047	0.046
20	165	0.089	20.025	0.094	0.094
30	247	0.134	30.150	0.141	0.140
40	330	0.179	40.275	0.129	0.188
50	412	0.223	50.175	0.235	0.234
60	494	0.267	59.175	0.282	0.282
70	577	0.312	70.200	0.329	0.328
80	659	0.357	80.325	0.377	0.374
90	747	0.404	90.900	0.426	0.422
100	835	0.452	101.700	0.477	0.468
110	925	0.501	112.725	0.528	0.516
120	1007	0.545	122.625	0.575	0.562
130	1097	0.594	133.650	0.627	0.610
140	1190	0.644	144.900	0.679	0.656
150	1285	0.695	156.375	0.733	0.703
160	1383	0.738	166.050	0.778	0.750
170	1493	0.787	177.075	0.830	0.797
180	1610	0.835	187.875	0.881	0.844
190	1730	0.880	198.000	0.928	0.890
198	1847	0.931	209.475	0.982	0.928

ตารางที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดของลูกปูนทรงกระบอกกับหน่วยแรงอัดของเสา COO (เสาคอนกรีตล้วนของนายมาณี ศิวกุล)

น้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบ	ความเครียด เฉลี่ยของเสา $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	หน่วยแรงอัด จากลูกปูน f_{cy} , กก/ซม ²	น้ำหนักบรรทุก ของคอนกรีต $P=A_g f_{cy}$, ตัน	f_{cy}/f'_c	$f_{c \text{ test}}/f'_c$
10	87	0.045	10.125	0.053	0.051
20	174	0.084	18.900	0.098	0.104
30	272	0.132	29.700	0.154	0.155
40	365	0.173	38.925	0.202	0.208
50	455	0.216	48.600	0.252	0.259
60	553	0.263	59.175	0.307	0.312
70	644	0.305	68.625	0.356	0.363
80	745	0.353	79.425	0.412	0.415
90	842	0.400	90.000	0.467	0.467
100	935	0.442	99.450	0.516	0.518
110	1032	0.488	109.800	0.569	0.571
120	1135	0.537	120.825	0.627	0.622
130	1264	0.583	131.175	0.680	0.674
140	1382	0.650	146.250	0.758	0.726
150	1495	0.694	156.150	0.810	0.777
160	1618	0.740	166.500	0.863	0.829
170	1740	0.785	176.625	0.916	0.882
180	1878	0.830	186.750	0.968	0.933

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบพฤติกรรมการโอบที่เหล็กเสริมยื่นถึงจุดกลางระหว่างเหล็ก
ปลอกเดียวกับปลอกเกลียว

ตัวอย่างทดสอบ *	เหล็กเสริมทางขวาง	$(\Delta f_c / f'_c)_1 \times 10^3$ จากการทดสอบเสา ปลอกเกลียว (ตัน)	$(\Delta f_c / f'_c)_2 \times 10^{-3}$ จากการทดสอบ เสา ปลอกเดี่ยว (ตัน)	$\frac{(\Delta f_c / f'_c)_1}{(\Delta f_c / f'_c)_2}$
CS75 & CT75	Ø 6 มม. @ 0.075	44.45	38.14	1.17
CS50 & CT50	Ø 6 มม. @ 0.050	74.86	62.74	1.19
CS25 & CS25	Ø 6 มม. @ 0.025	103.90	82.42	1.26
เฉลี่ย				1.21

* CS = เสาเสริมเหล็กปลอกเกลียว

CT = เสาเสริมเหล็กปลอกเดี่ยว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 หน่วยแรงของ เหล็กเสริมทางขวาง เมื่อเหล็กเสริมยื่นถึงจุดคานง

เสาปลอกเดี่ยว	ความเครียดเหล็กปลอกเดี่ยว $\times 10^{-6}$	หน่วยแรง
CT75	485	0.29f _{ly}
CT50	401	0.22f _{ly}
CT25	382	0.21f _{ly}
เฉลี่ย		0.24f _{ly}

เสาปลอกเกลียว	ความเครียดเหล็กปลอกเกลียว $\times 10^{-6}$	หน่วยแรง
CS75	470	0.28f _{ly}
CS50	422	0.25f _{ly}
CS25	415	0.25f _{ly}
CA	375	0.27f _{ly}
CB	250	0.18f _{ly}
เฉลี่ย		0.25f _{ly}

ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นจากผลการโอมของ เหล็กปลอกเดี่ยว เมื่อ เหล็ก เสริมยื่นถึงกำลังคดง

ตัวอย่างทดสอบ	ΔP_1 จากการทดสอบ (ตัน)	ΔP_2 Vallennas et al (ตัน)	สัดส่วน $\Delta P_1 / \Delta P_2$	ΔP_3 Khan (ตัน)	สัดส่วน $\Delta P_1 / \Delta P_3$	ΔP_4 จากการวิเคราะห์ (ตัน)	สัดส่วน $P_1 / \Delta P_3$
CT300*	-**	-	-	-	-	-	-
CT150	-**	0.82	-	2.69	-	-	-
CT75	4.09	1.51	2.71	4.97	0.82	4.58	0.89
CT50	6.72	1.86	3.61	7.75	0.87	5.06	1.33
CT25	9.28	3.55	2.61	8.57	1.08	10.52	0.88

* เหล็กเสริมยื่นไม่ถึงจุดคดง

** ไม่พบการ เพิ่มของน้ำหนักบรรทุก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นจากผลการโอบของ เหล็กปลอก เกลียว เมื่อ เหล็ก เสริมยื่นถึงกำลังคลาก

ตัวอย่างทดสอบ	P_1 จากการทดสอบ (ตัน)	P_2 Ti-Haung (ตัน)	สัดส่วน P_1/P_2 (ตัน)	P_3 Richart et al (ตัน)	สัดส่วน P_1/P_3	P_4 จากการวิเคราะห์ (ตัน)	สัดส่วน P_1/P_4
CS300*	-**	-	-	-	-	-	-
CS150	-**	1.85	-	1.89	-	-	-
CS75	4.89	3.15	1.55	3.23	1.51	4.92	0.99
CS50	8.03	4.35	1.85	4.46	1.80	7.02	1.14
CS25	11.70	8.56	1.37	8.77	1.33	12.64	0.93
CA	11.98	14.01	0.86	14.36	0.83	17.24	0.70
CB	15.90	16.62	0.96	17.04	0.93	18.13	0.89

* เหล็กเสริมยื่นไม่ถึงจุดคลาก

** ไม่พบการ เพิ่มของน้ำหนักบรรทุก

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบกำลังของ เสาคอนกรีต เสริม เหล็ก

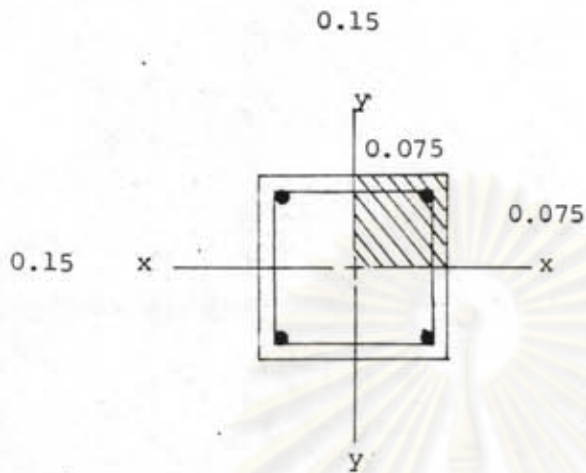
ชุดของตัวอย่างทดสอบ	ตัวอย่างทดสอบ	สัดส่วนปริมาณเหล็กเสริมทางขวาง	กำลังอัดคอนกรีตทรงกระบอก P_2 / ซม ²	ผลการทดสอบ P_1 / ตัน	การคำนวณตามวิธีของ Khan P_2 / ตัน	สัดส่วน P_1/P_2	การคำนวณตาม ACI 318-77 P_3 / ตัน	สัดส่วน P_1/P_3	การคำนวณตาม CP110 P_4 / ตัน	สัดส่วน P_1/P_4	การคำนวณจากวิธีที่เสนอในงานวิจัยนี้	สัดส่วน
ชุดที่ไม่มีเหล็กเสริมทางขวาง	C000	-	0.948	198	191.54	1.03	181.35	1.09	102.40	1.93	202.64	0.98
	C001	-	0.931	195*	207.32	0.94	212.98	0.92	116.09	1.68	220.45	0.88
ชุดเหล็กปลอกเดี่ยว	CT300	0.004	0.948	190*	210.18	0.91	203.39	0.93	117.86	1.61	224.75	0.85
	CT150	0.007	0.948	204	210.18	0.97	203.39	1.00	117.86	1.73	225.35	0.91
	CT75	0.014	0.886	230	198.30	1.16	191.96	1.20	111.41	2.06	213.79	1.08
	CT50	0.022	0.886	228	198.30	1.15	191.96	1.19	111.41	2.05	214.42	1.06
	CT25	0.043	0.931	241	207.32	1.16	212.98	1.13	116.09	2.08	224.52	1.07
ชุดเหล็กปลอกเกลียว	CS300	0.044	0.910	185*	202.90	0.91	196.38	0.94	113.91	1.62	217.27	0.85
	CS150	0.007	0.910	217	202.90	1.07	196.38	1.11	113.91	1.91	218.14	0.99
	CS75	0.014	0.910	225	202.90	1.11	196.38	1.15	113.91	1.98	220.15	1.02
	CS50	0.022	0.886	243	198.30	1.23	191.96	1.27	111.41	2.18	217.34	1.12
	CS25	0.043	0.931	238.5	207.32	1.15	212.98	1.12	116.18	2.05	233.10	1.02
	CA	0.077	0.855	230**	195.36	1.20	186.24	1.23	108.18	2.13	221.14	1.01
	CB	0.137	0.855	220**	192.36	1.14	186.24	1.18	108.18	2.03	233.96	0.94

* เหล็กเสริมยื่นรับน้ำหนักไม่ถึงกำลังคลาก

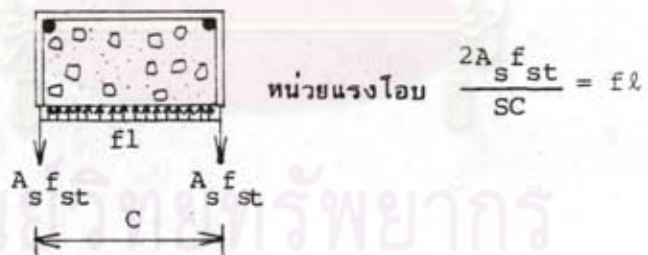
** น้ำหนักบรรทุกสูงสุด

ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบ P_{test} กับ $P_{splitting}$

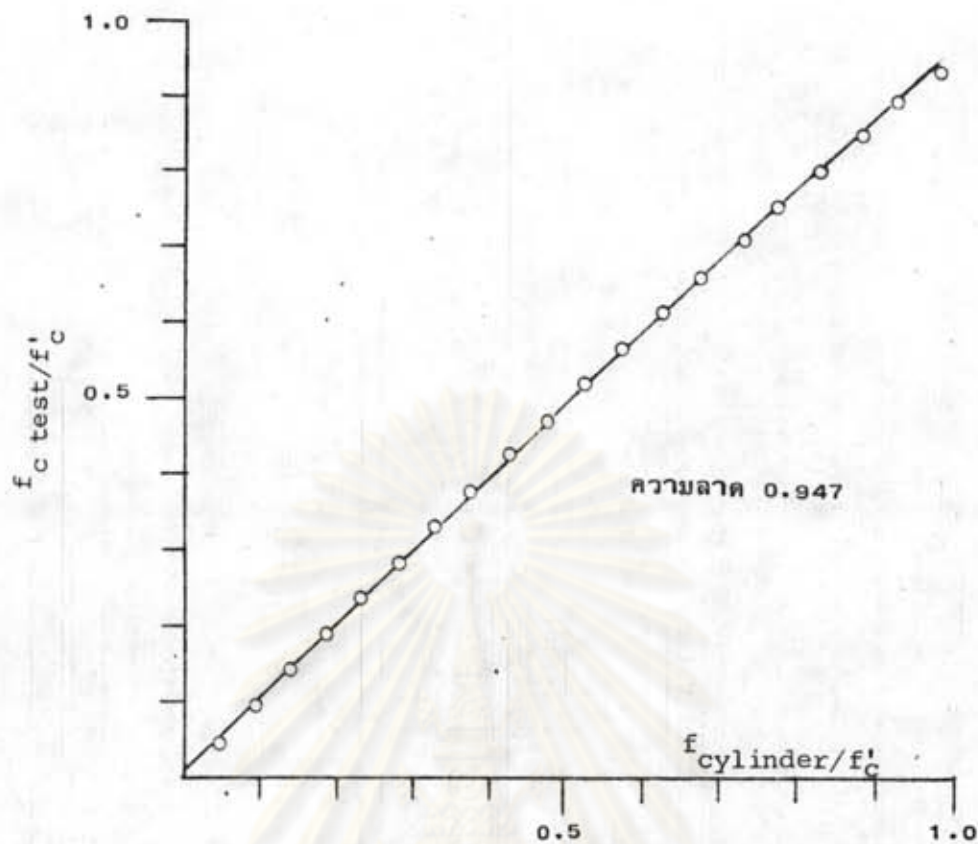
ชุดของตัวอย่างทดสอบ	ตัวอย่างทดสอบ	กำลังคอนกรีต ทรงกรวยนอก ตัน/ซม ²	กำลังดึงแยกตัว ตัน/ซม ²	ลักษณะวิบัติ	น้ำหนักบรรทุก จากการคาดคะเน ($P_{splitting}$) ตัน	น้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบ ตัน	ความแตกต่าง เป็นร้อยละ
ชุดที่ไม่มีเหล็กเสริม ทางขวาง	C000	0.948	0.083	Shear ($\approx 18^\circ$)	-	198	-
	C001	0.931	0.076	Buckle-Shear ($\approx 17^\circ$)	204.59	167.19	-18
ชุดที่เสริมเหล็กปลอก เดี่ยว	CT300	0.948	0.083	Buckle-Shear ($\approx 21^\circ$)	210.22	163.59	-22
	CT150	0.948	0.083	Buckle-Shear ($\approx 30^\circ$)	210.22	175.43	-17
	CT75	0.886	0.063	Buckle-Splitting	205.12	201.43	-1.8
	CT50	0.886	0.063	Splitting	198.12	199.43	0.7
	CT25	0.931	0.076	Splitting	215.09	212.43	-1.2
ชุดที่เสริมเหล็กปลอก เกลียว	CS300	0.910	0.079	Buckle-Shear (17°)	201.62	158.25	-22
	CS150	0.910	0.079	Buckle-Splitting	202.86	188.43	-7.1
	CS75	0.910	0.079	Buckle-Splitting	204.89	196.43	-4.1
	CS50	0.886	0.063	Splitting	200.72	214.43	6.8
	CS25	0.931	0.076	Splitting	216.34	209.93	-2.9
	CA	0.855	0.057	Splitting	205.10	201.43	-1.8
	CB	0.855	0.057	Splitting	204.87	191.43	-6.6



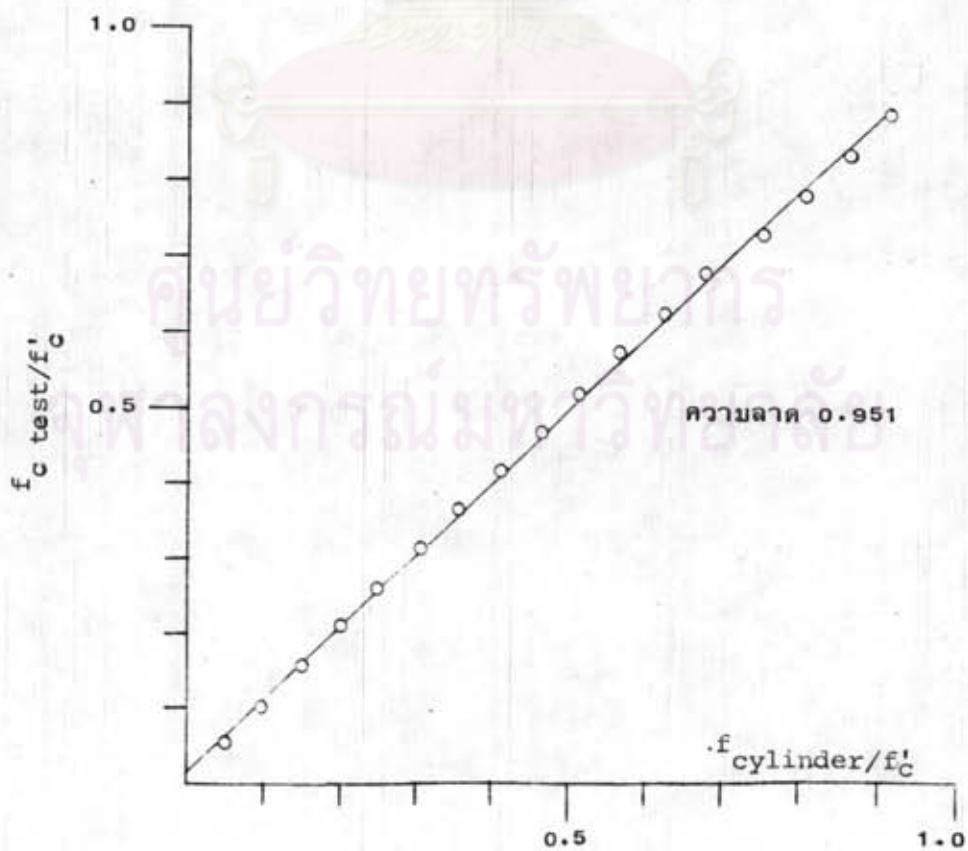
รูปที่ 5.1 แสดงหน้าตัดที่วิเคราะห์โดยถือว่าคอนกรีตที่หุ้มมีผลต่อหน้าตัด



รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะการโอบของเหล็กปลอกต่อแกนคอนกรีต

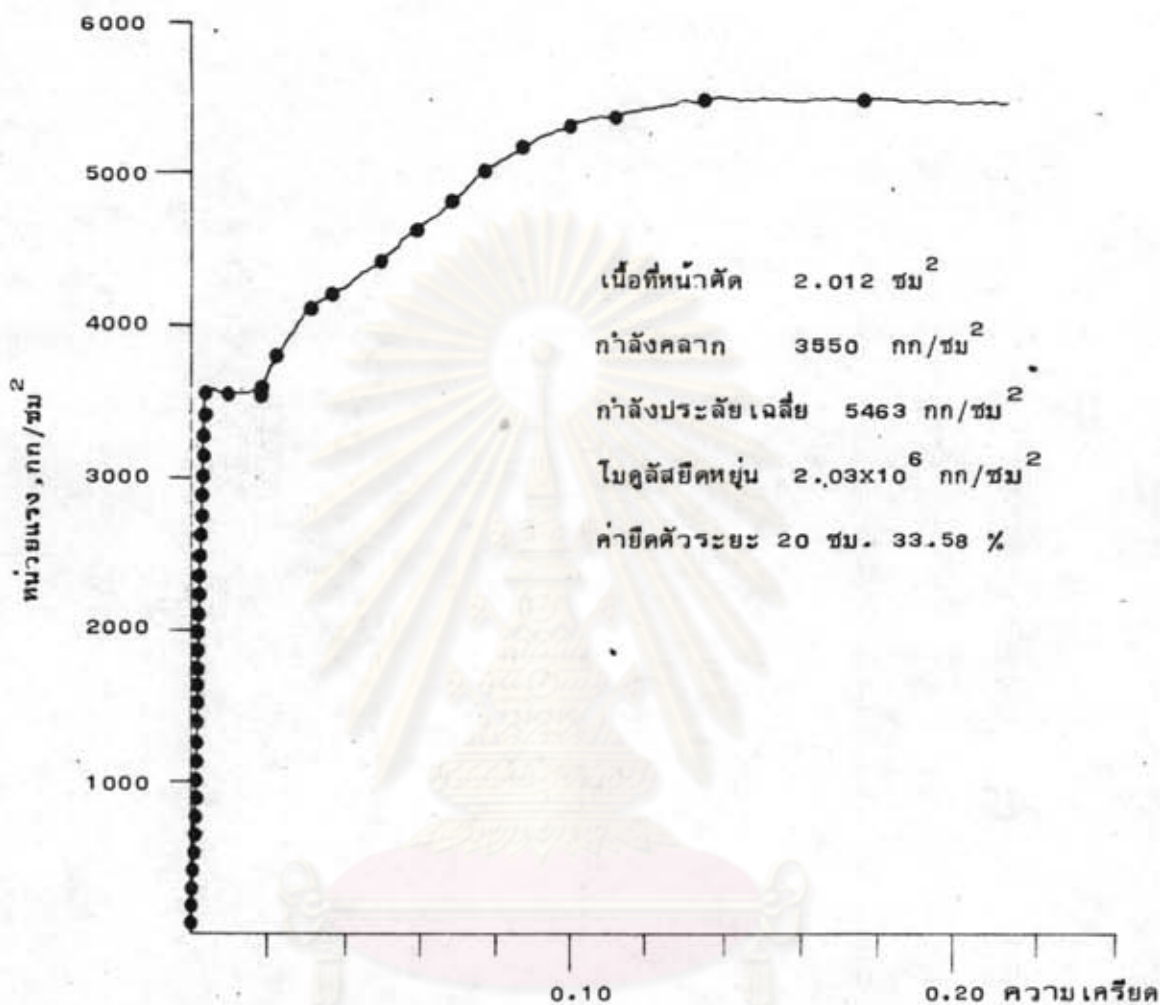


ก. เส้า C000

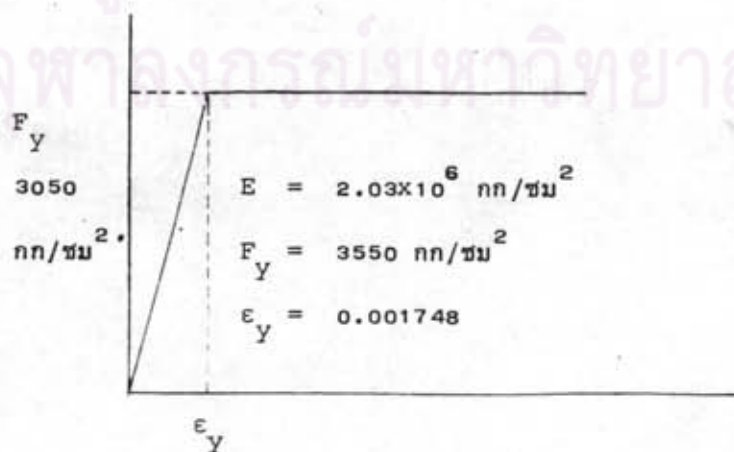


ข. เส้า C00(40)

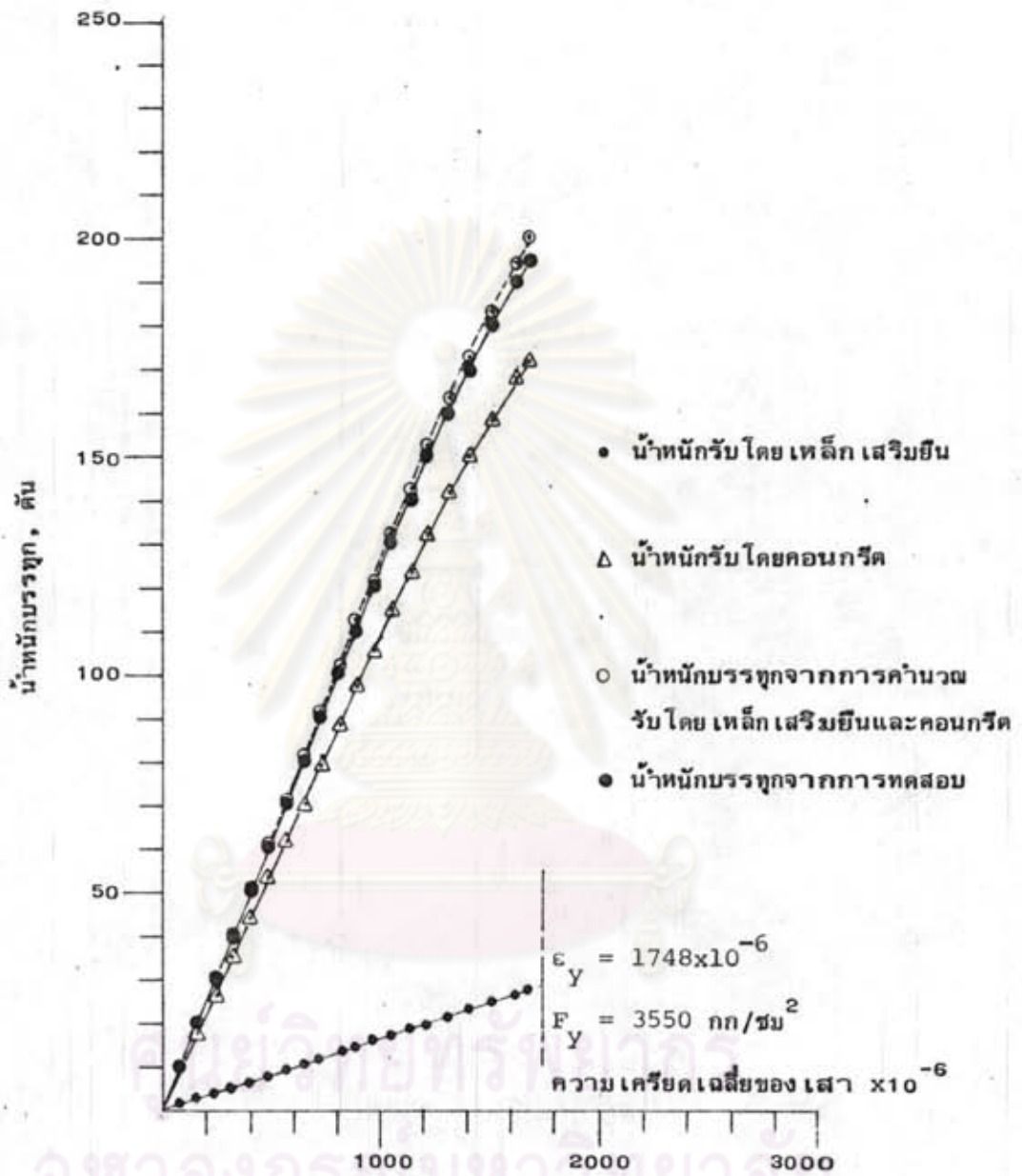
รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดคอนกรีตทรงกระบอกกับหน่วยแรงอัดคอนกรีตในเส้า



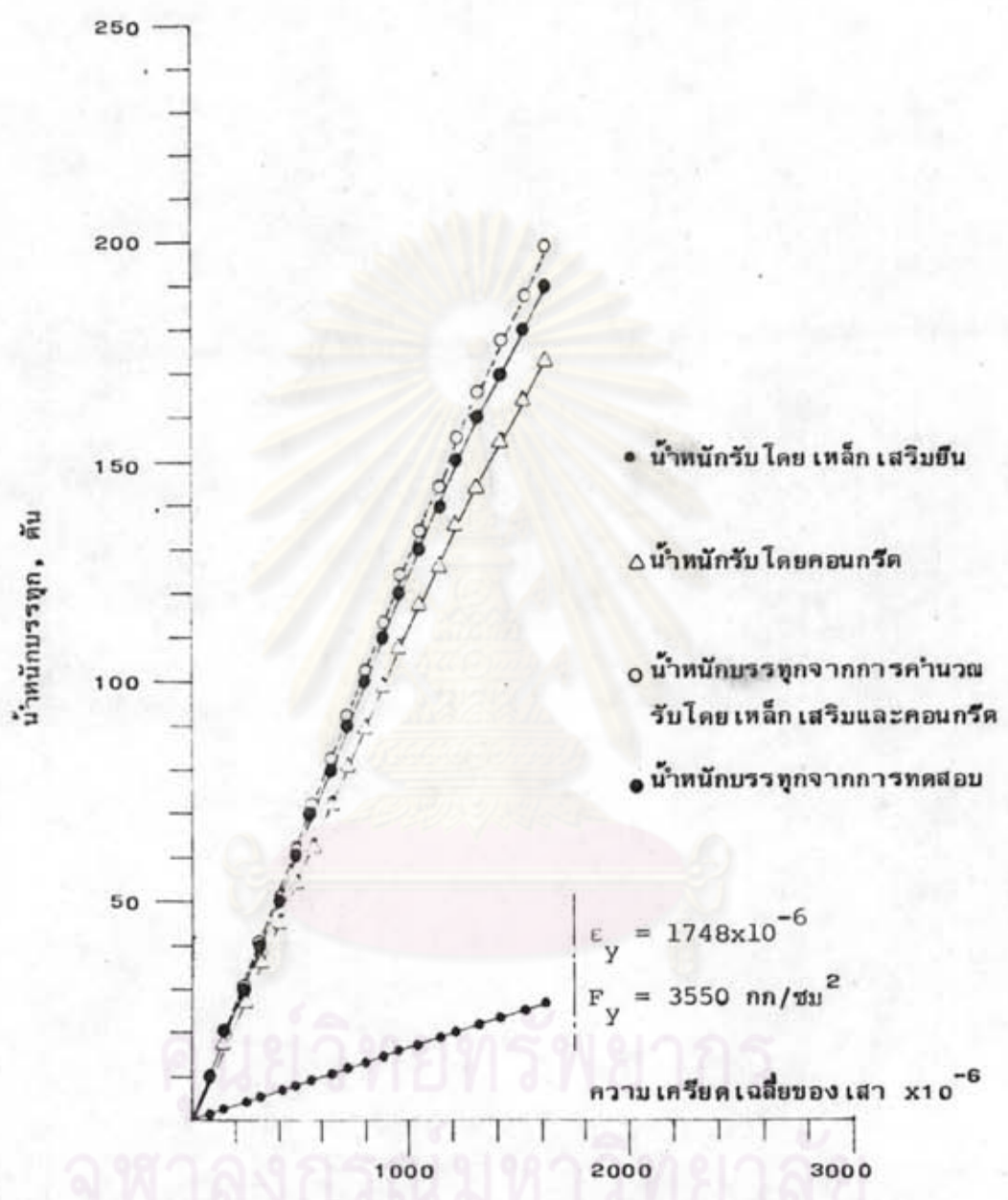
รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับความเครียดของ เหล็ก เสริมยี่ห้อ 16 มม.



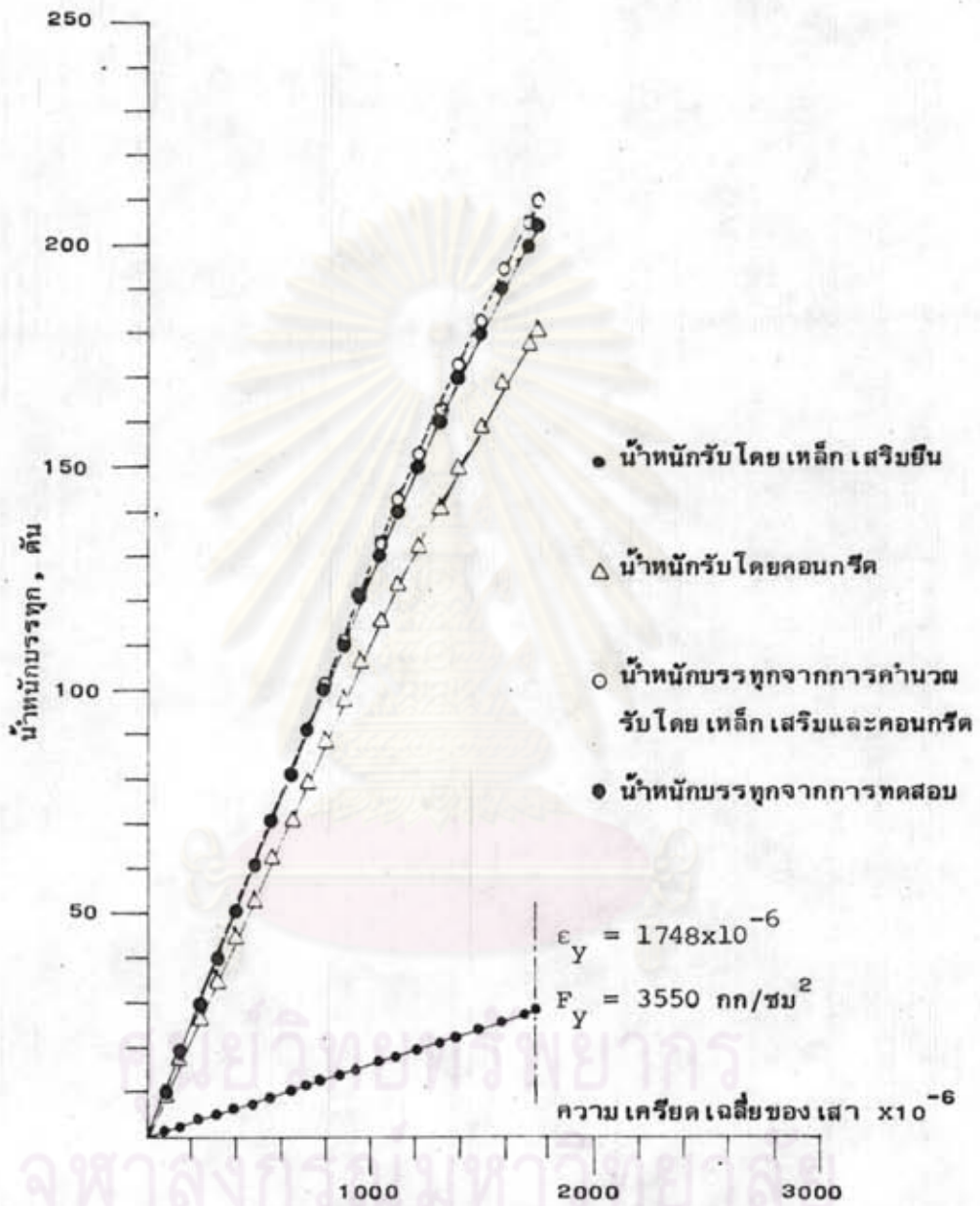
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ของหน่วยแรงดึงกับความเครียดของ เหล็ก เสริมยี่ห้อ 16 มม. แบบจุดคคค



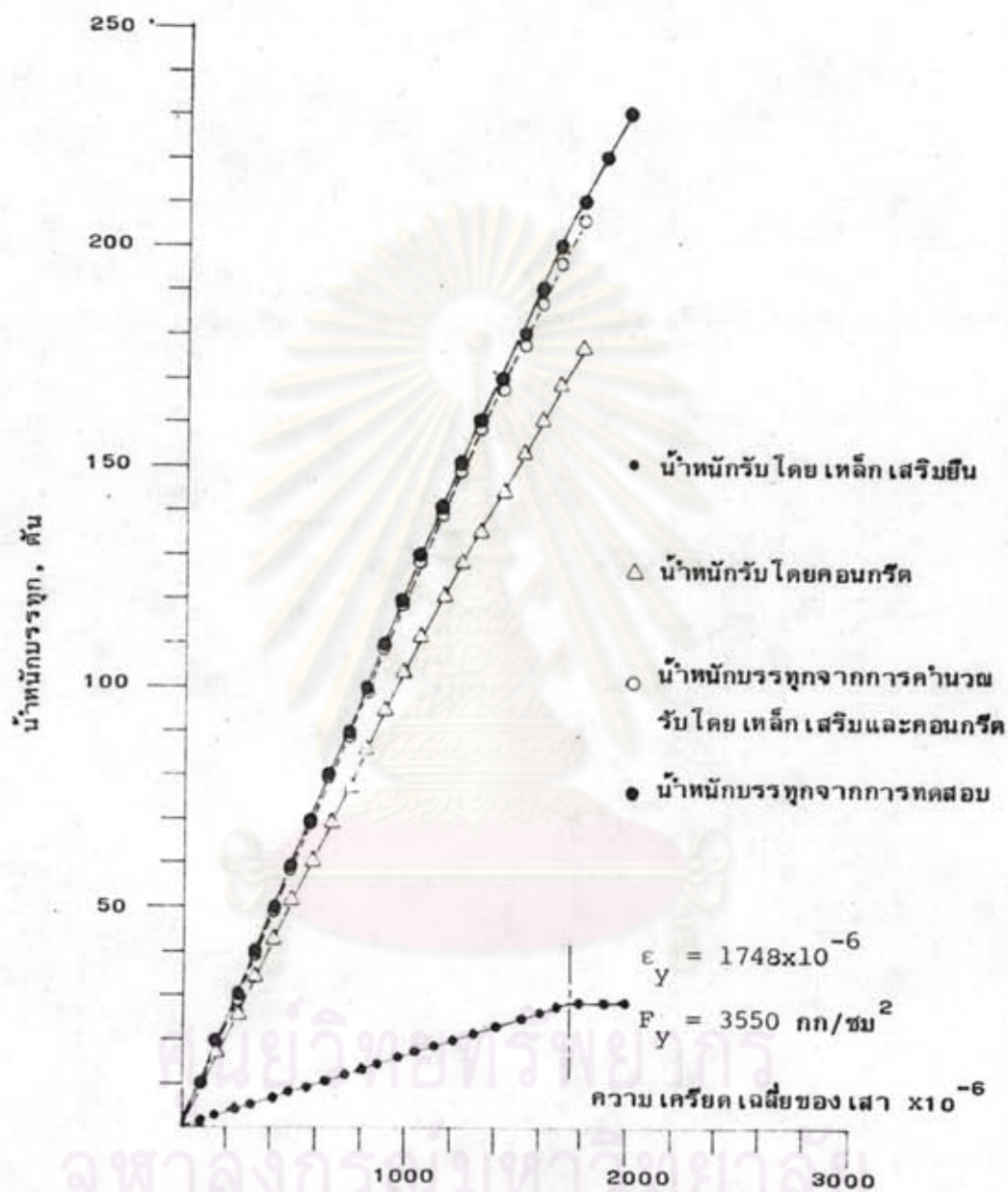
รูปที่ 5.6 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและ เกล็ด เสริมยีน
 เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของ เส้น C001



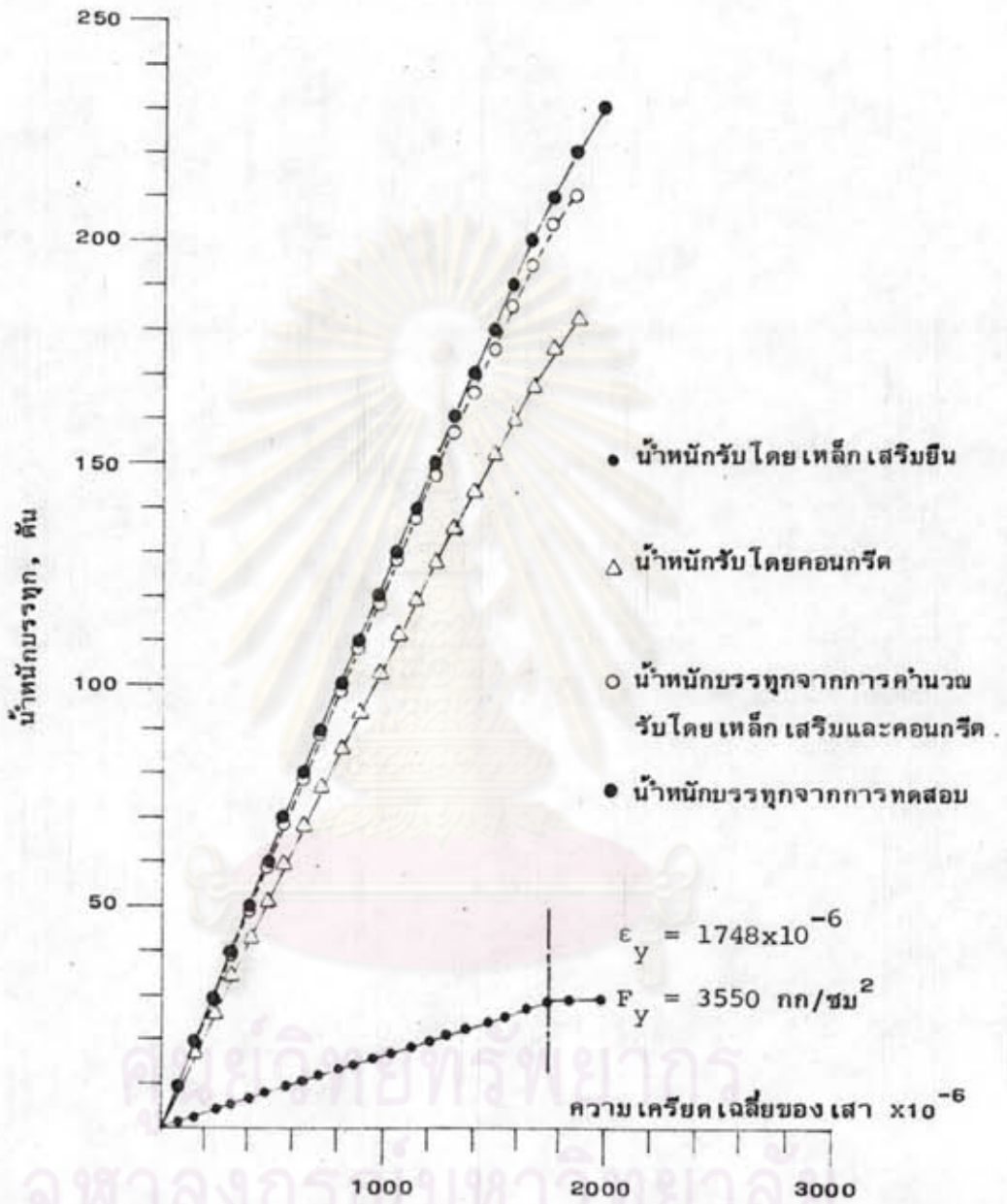
รูปที่ 5.7 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยีน เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของ เส้น CT300



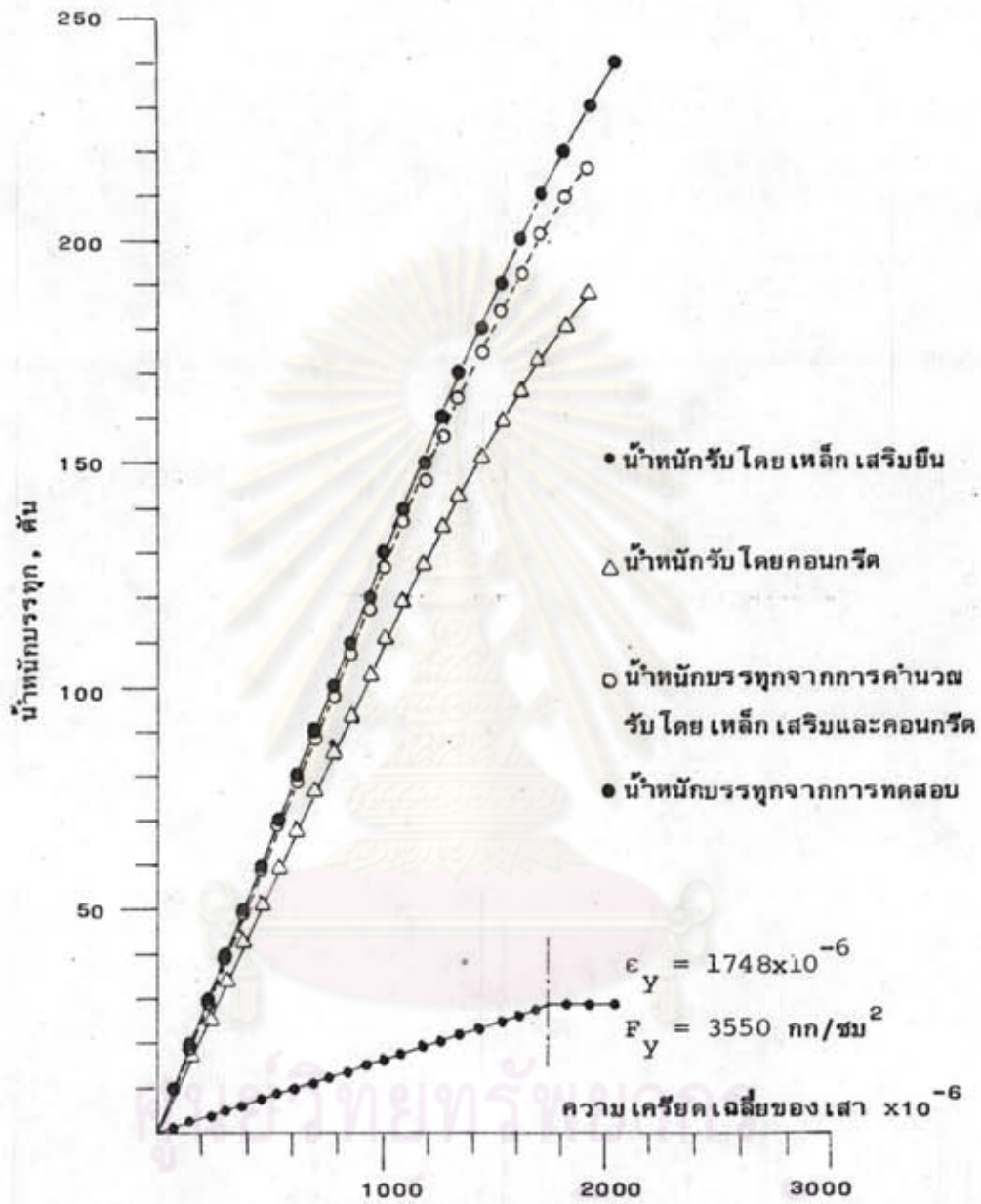
รูปที่ 5.8 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและเหล็กเสริมยืน เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของเสา CT150



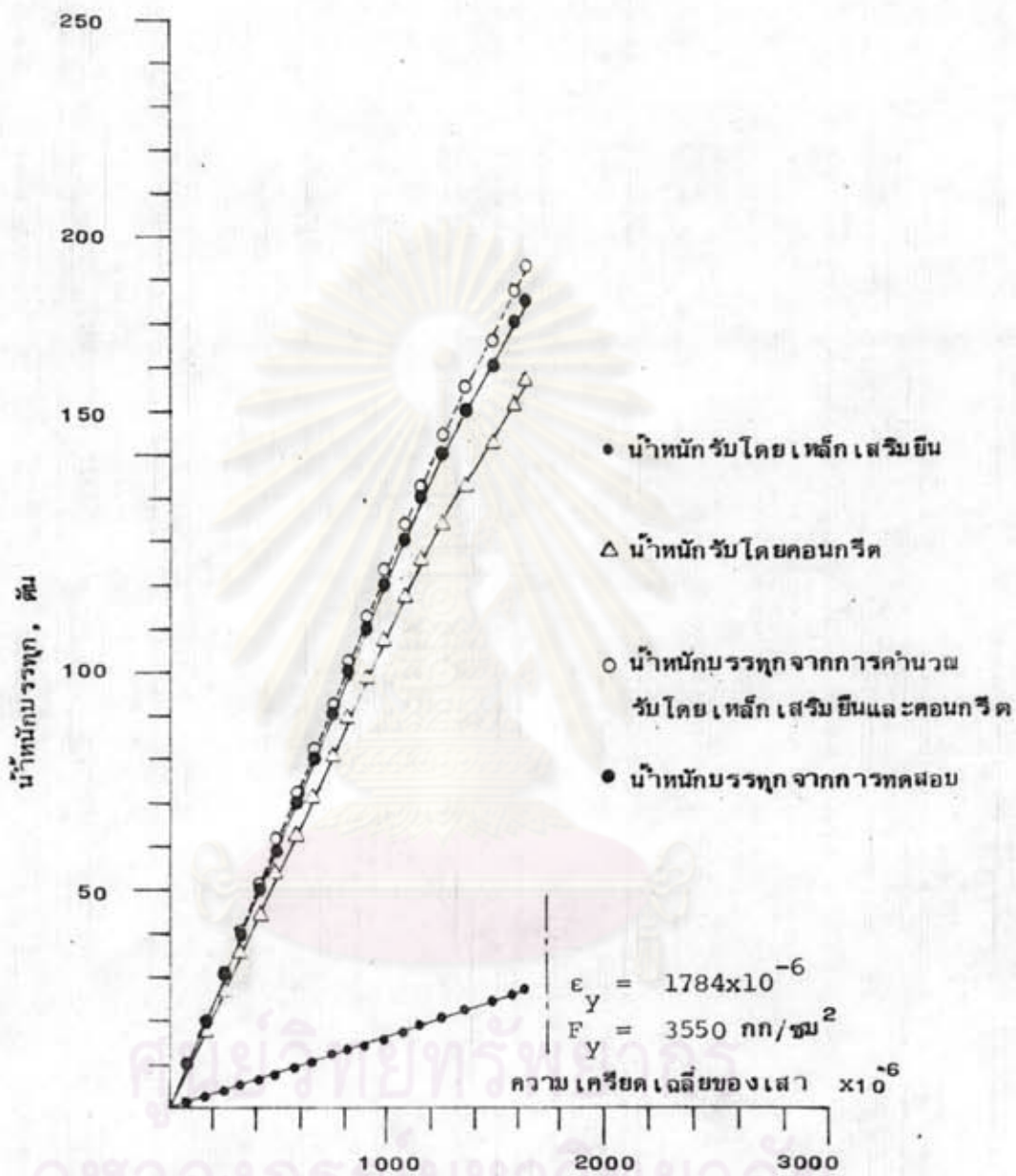
รูปที่ 5.9 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยีน
 เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของ เส้น CT75



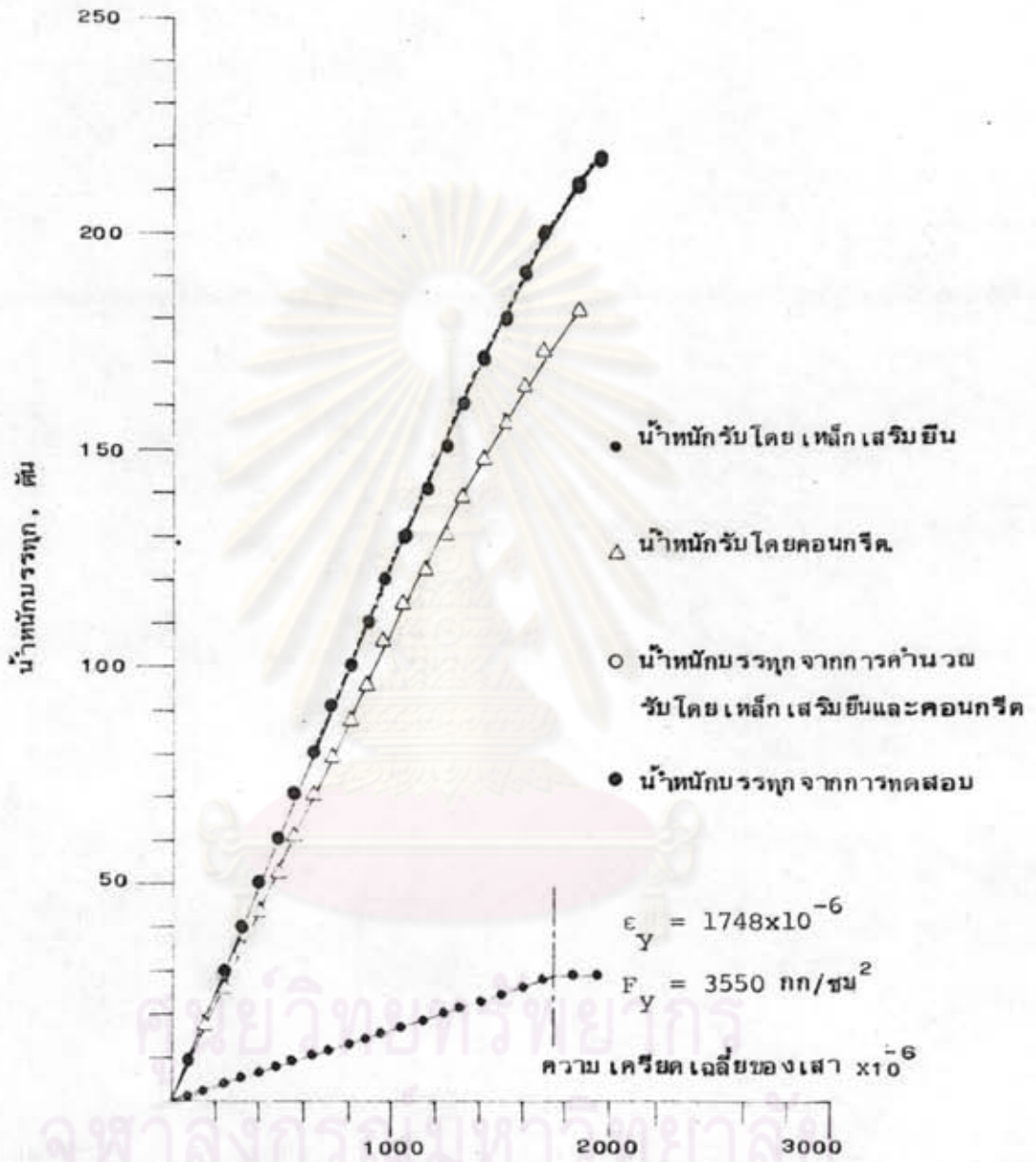
รูปที่ 5.10 แสดงผลการคำนวณน้ำที่รับโดยคอนกรีตและเหล็กเสริมยีนเทียบกับน้ำที่ดูดซึมจากการทดสอบของเสา CT50



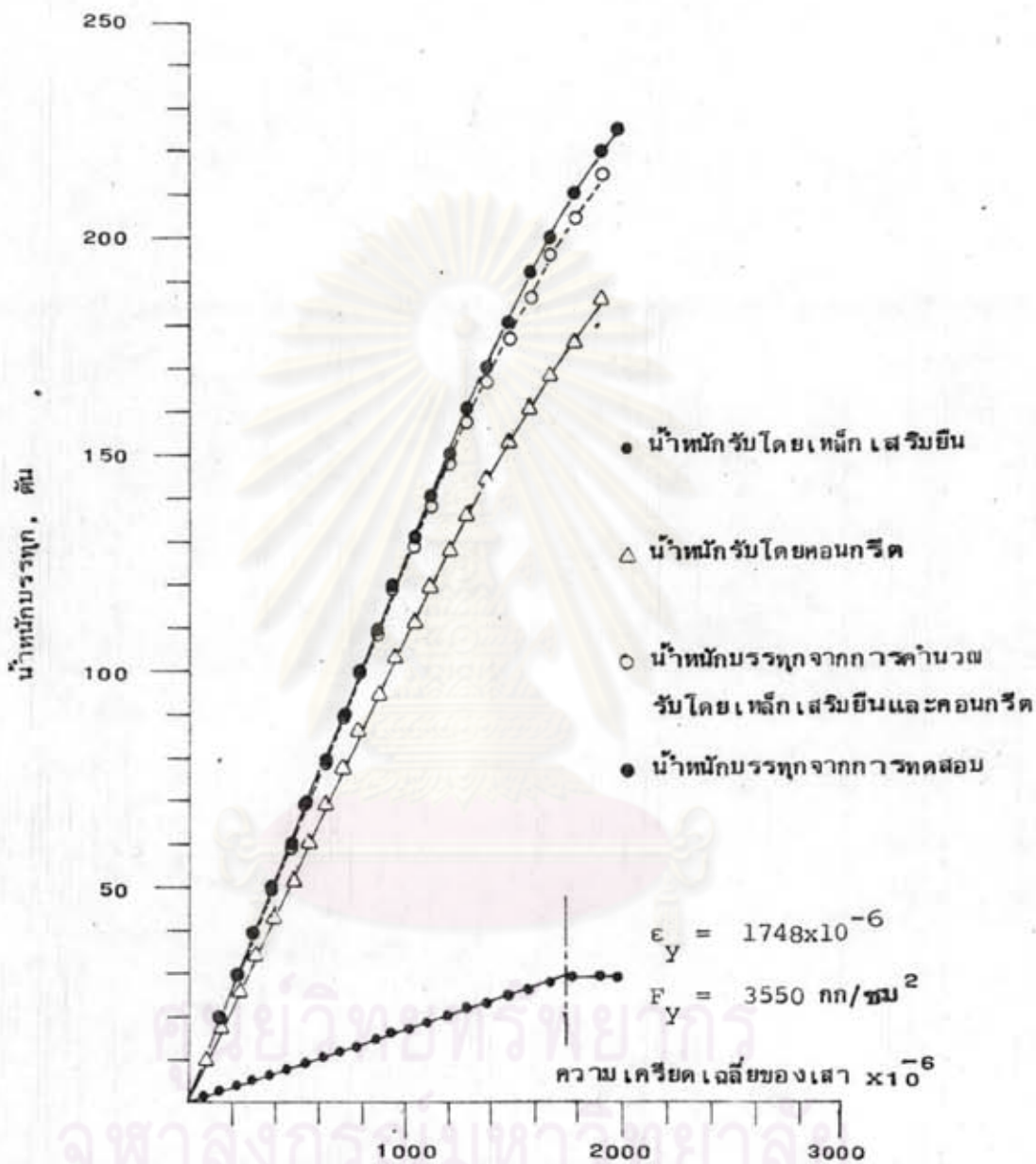
รูปที่ 5.11 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและเหล็กเสริมยีน เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของเส้น CT25



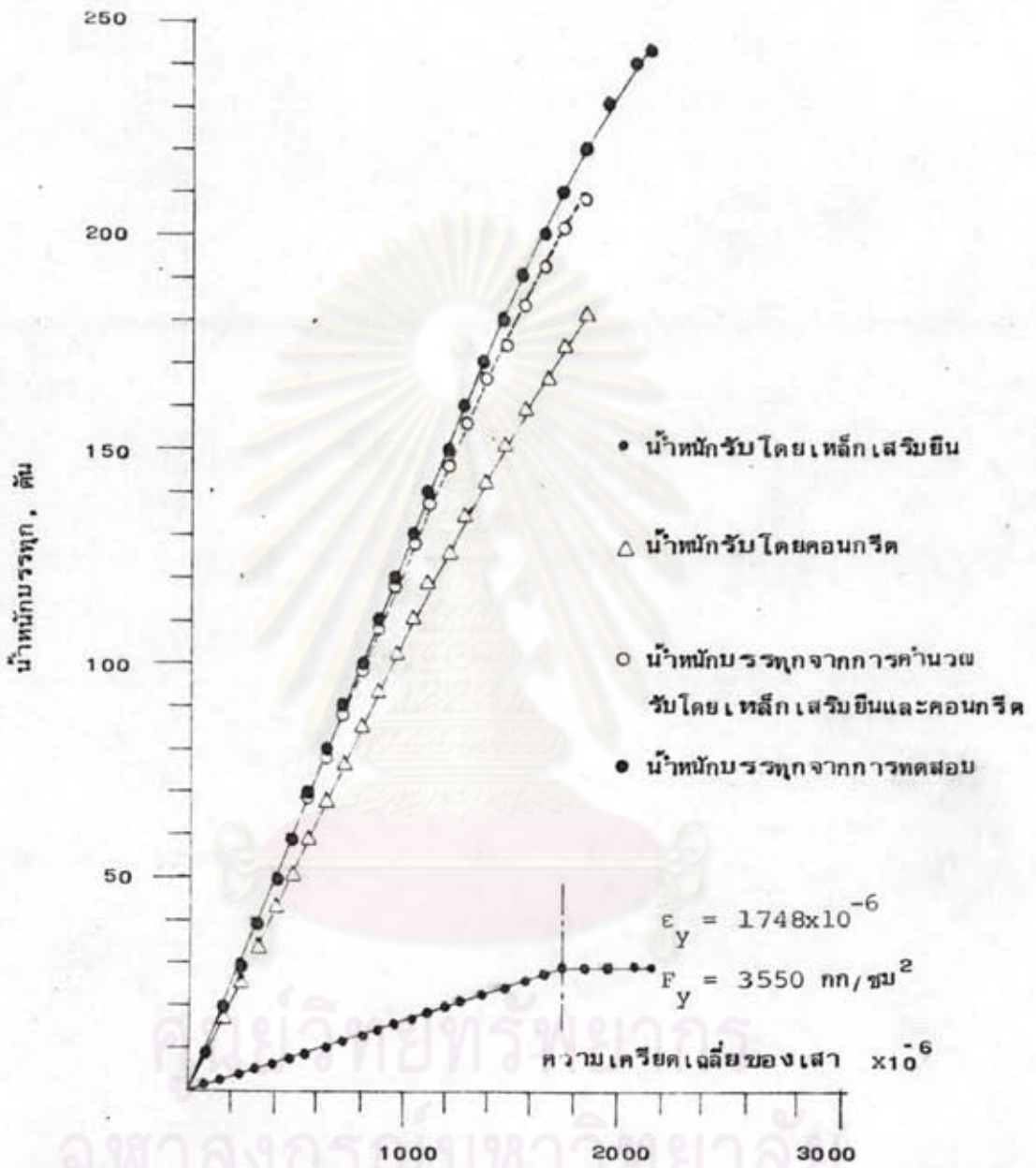
รูปที่ 5.12 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดย คอนกรีตและเหล็กเสริมยีน เทียบกับน้ำหนักบรรทุกจากการทดสอบของเสา CS300



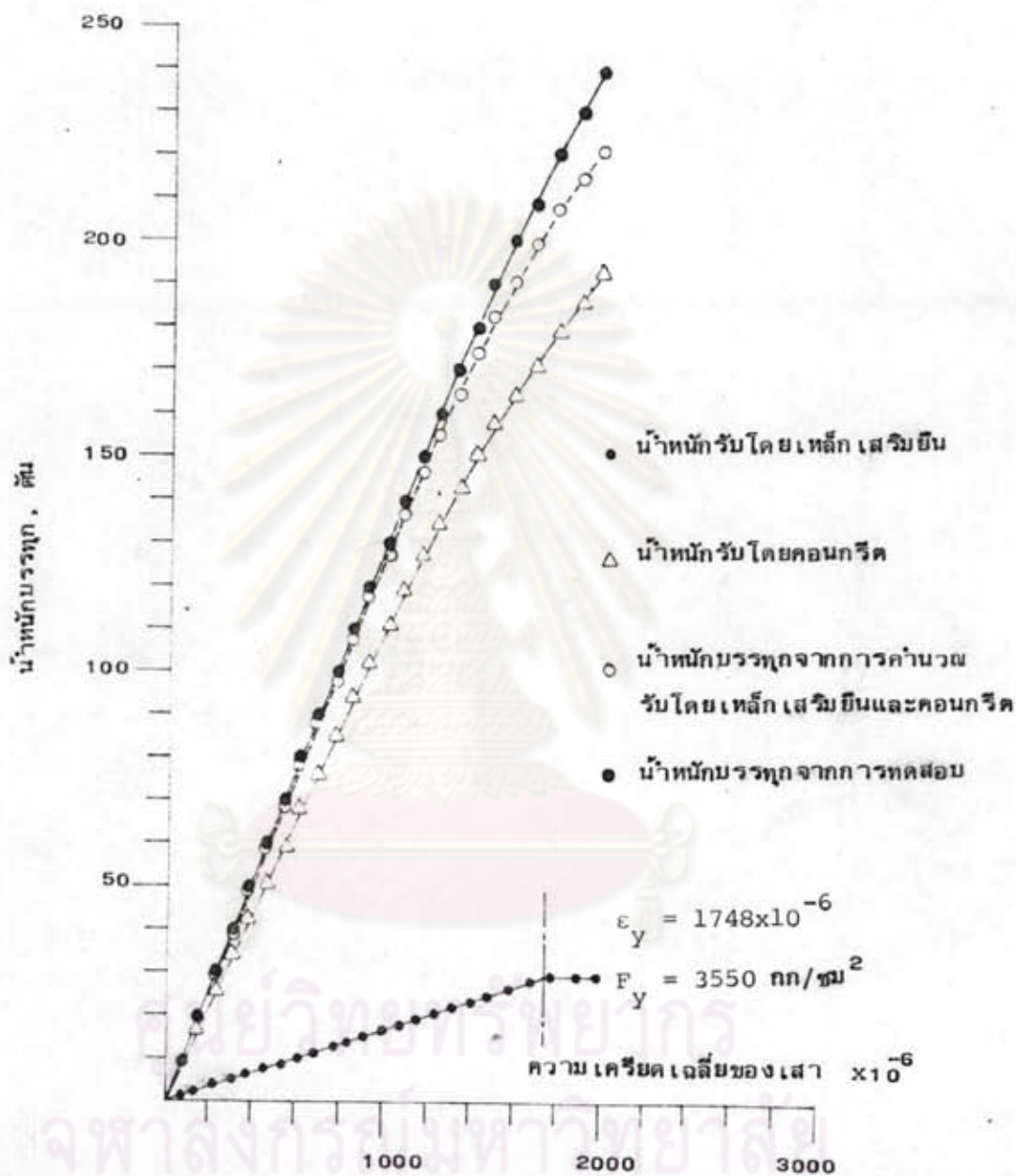
รูปที่ 5.13 แสดงผลการคำนวณน้ำที่ดูดซับโดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริม ยีน เทียบกับน้ำที่ดูดซับจากการทดสอบของเส้น CS150



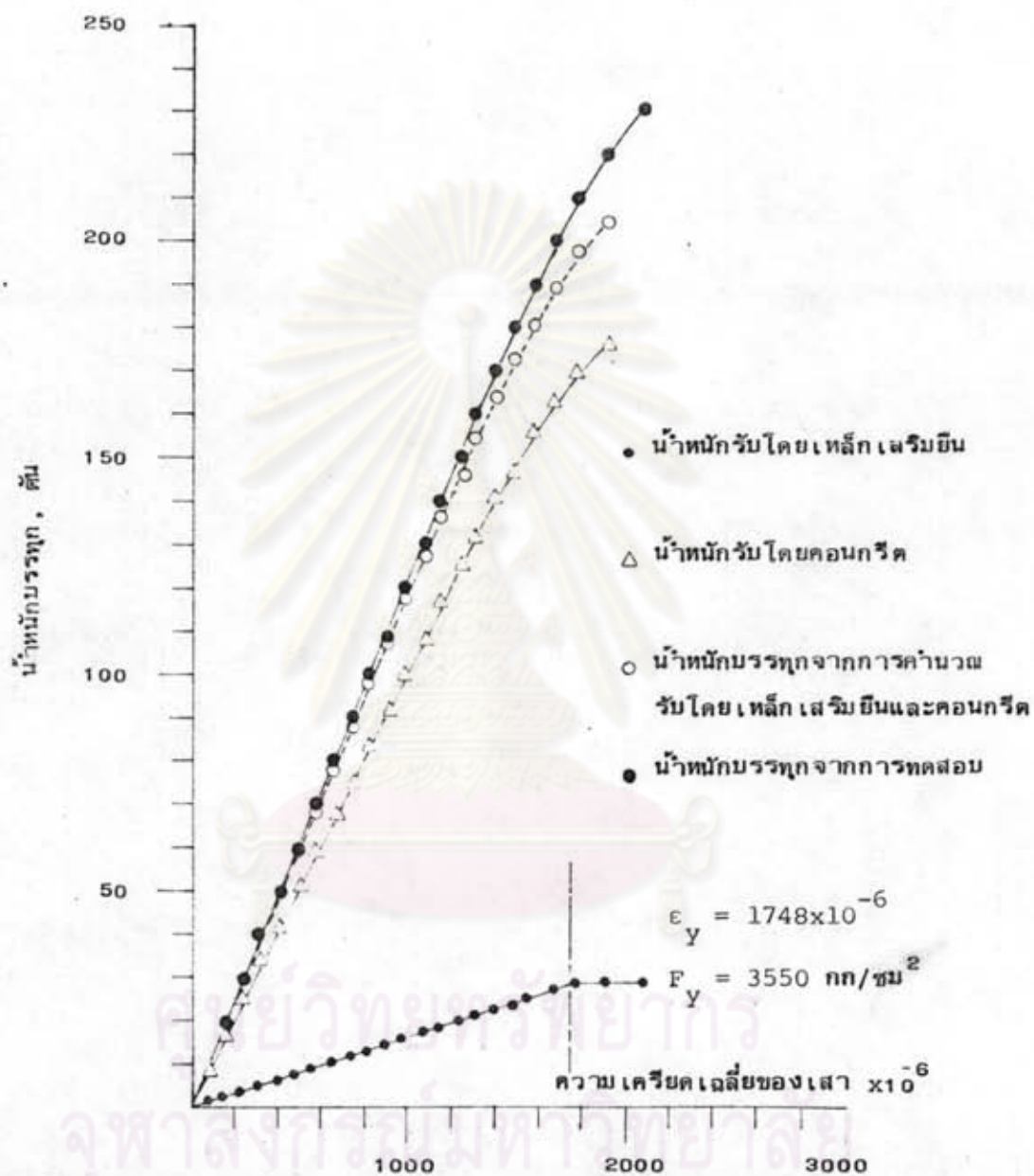
รูปที่ 5.14 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและเหล็กเสริมยีน
เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของเส้น CS75



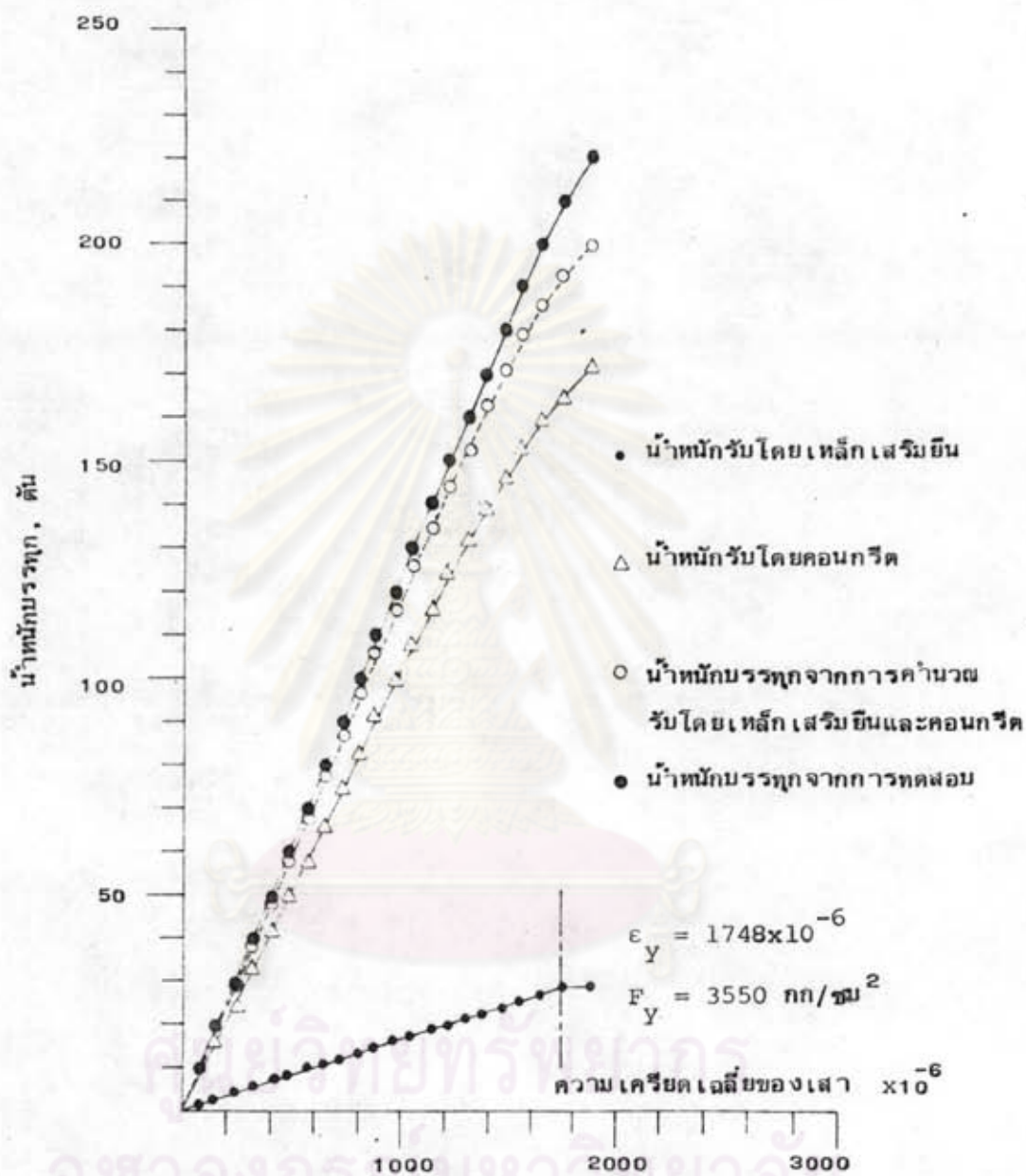
รูปที่ 5.15 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและเหล็ก เสริมยีน
 เทียบกับน้ำบรรจุจากการทดสอบของเส้น CS50.



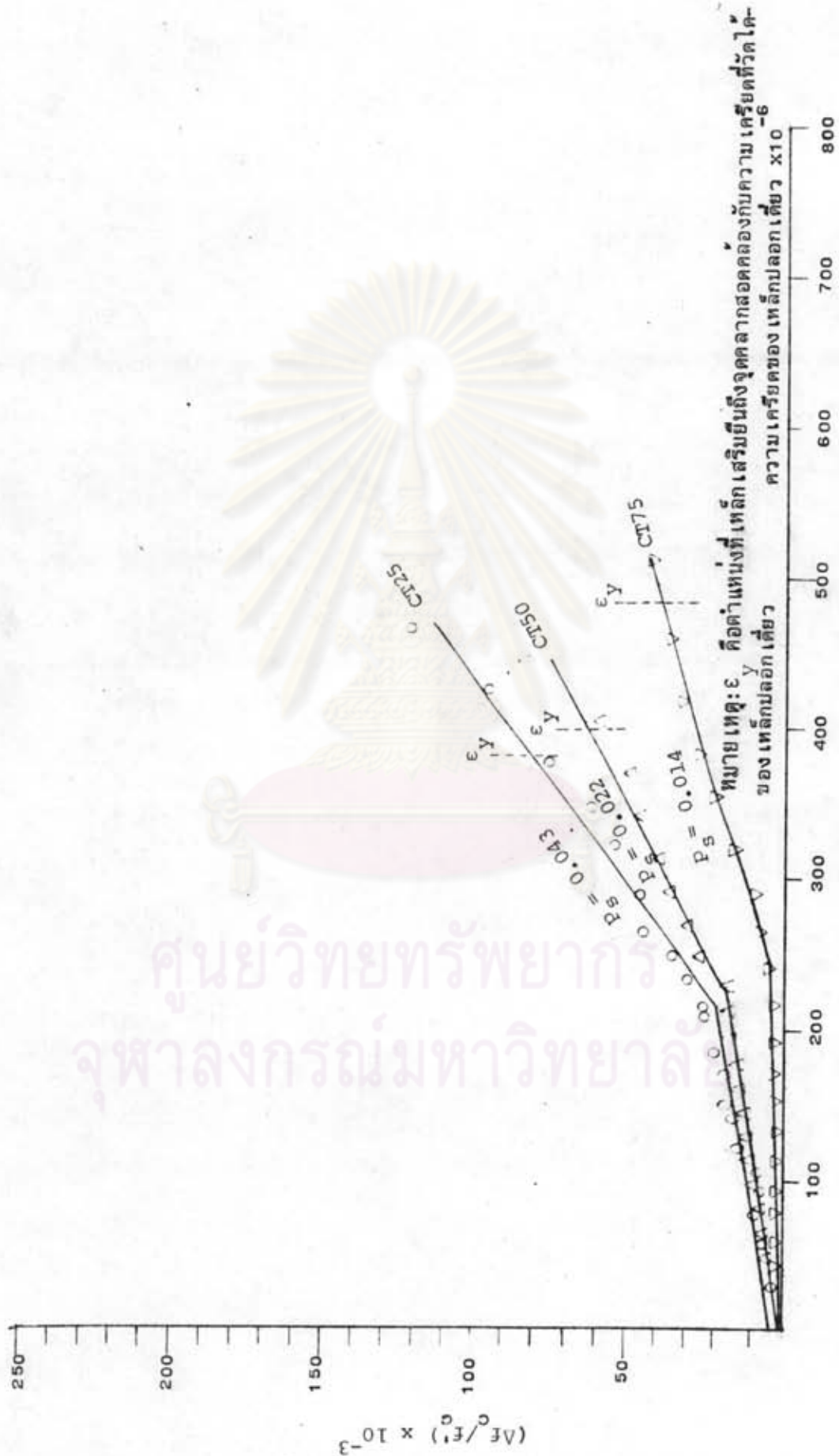
รูปที่ 5.16 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและเหล็ก เสวียอิน
เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของเส้น CS25



รูปที่ 5.17 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและเหล็ก เฮอร์มิเนีย
เทียบกับน้ำหนักบรรจุจากการทดสอบของเสา CA

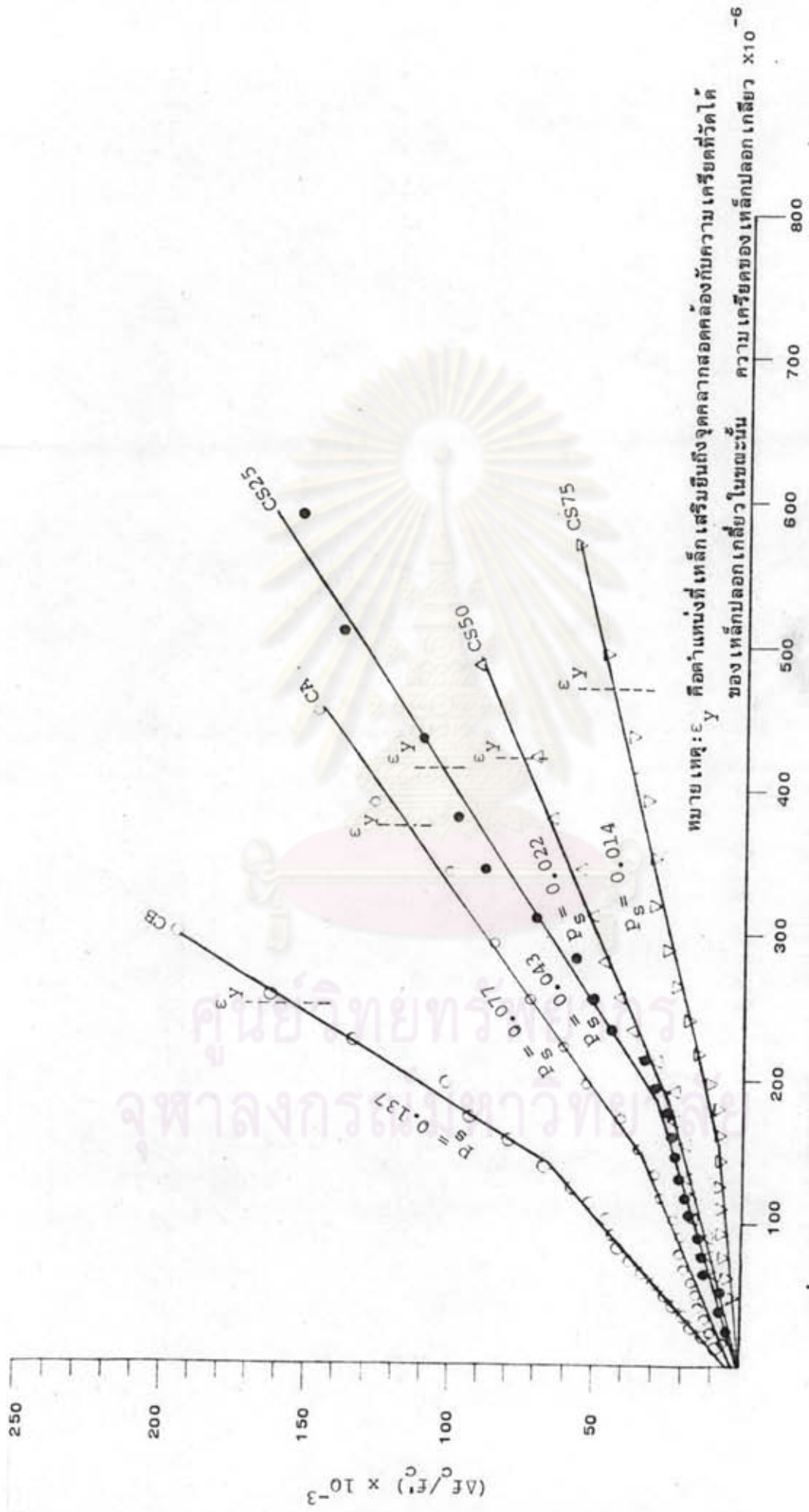


รูปที่ 5.18 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับโดยคอนกรีตและเหล็ก เสริมยีน
เทียบกับน้ำหนักบรรทุกจากการทดสอบของเสา CB

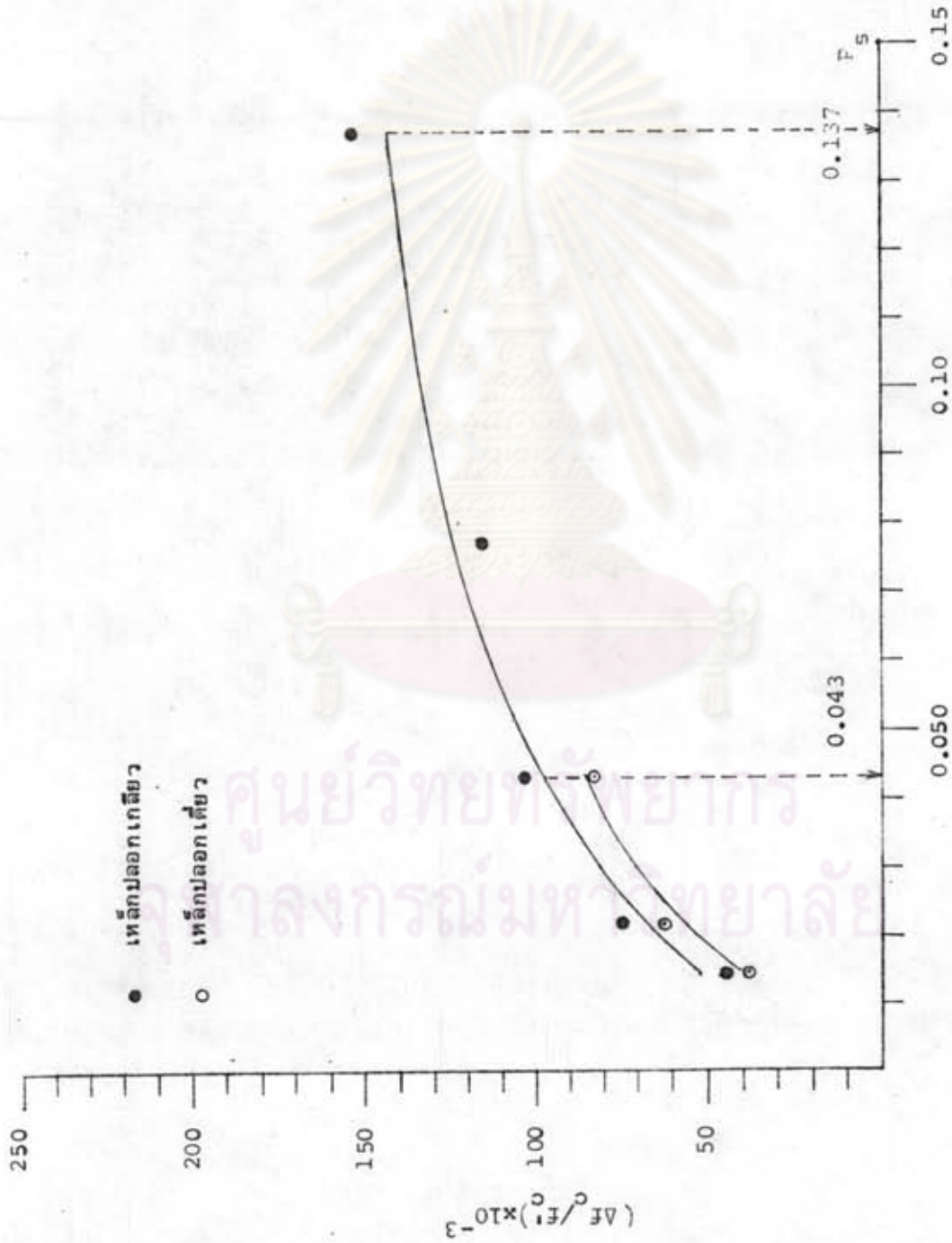


หมายเหตุ: ϵ_y คือค่าแทนที่เหล็กเสริมยึนถึงจุดกลางสอดคล้องกับความเครียดที่วัดได้
 ความเครียดของ เหล็กปลอกเดี่ยว $x10^{-6}$
 ของ เหล็กปลอกเดี่ยว

รูปที่ 5.19 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงอัดที่เพิ่มขึ้นของแกนคอนกรีต เทียบกับความเครียดของ เหล็กปลอกเดี่ยว

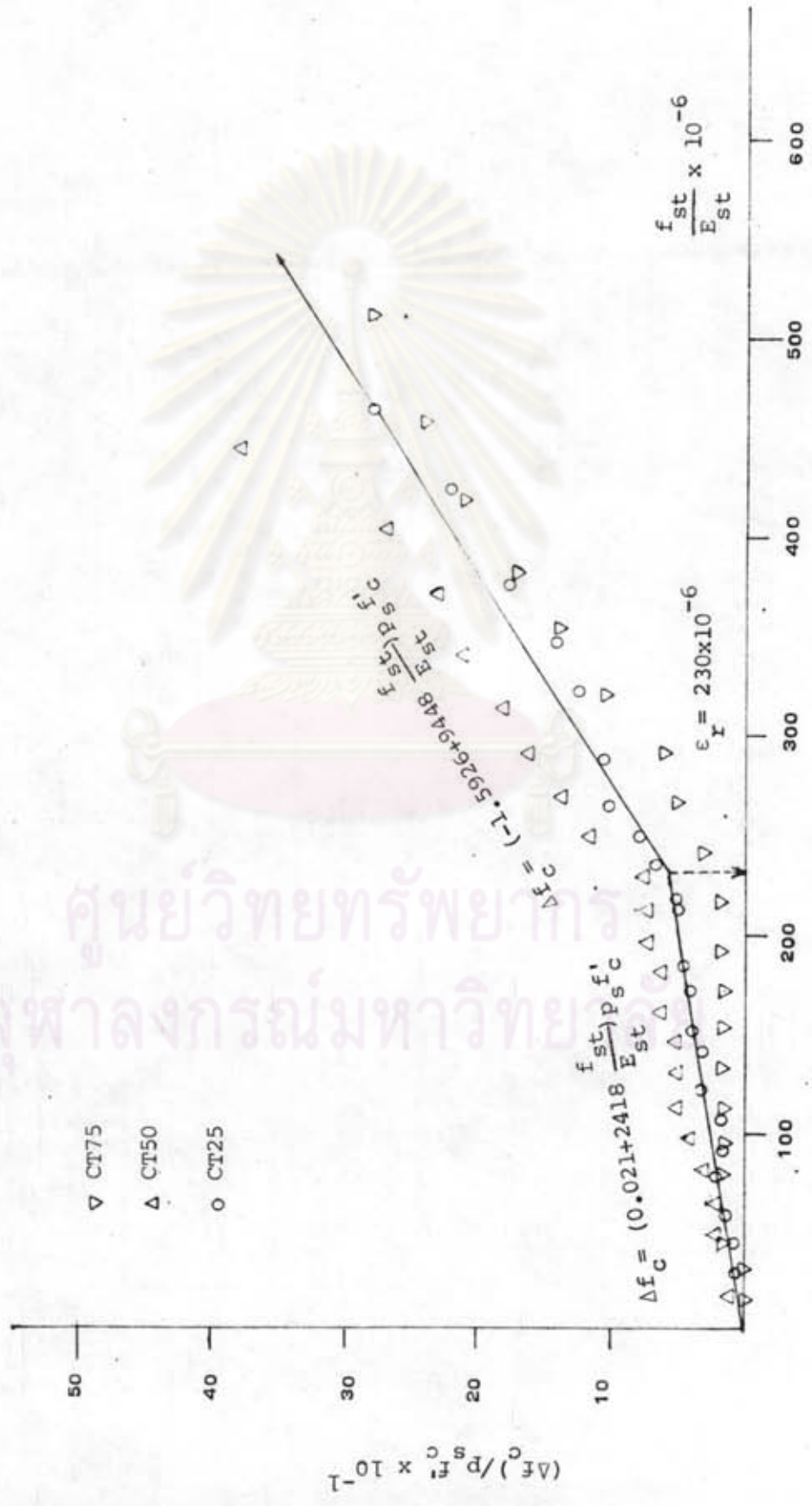


รูปที่ 5.20 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงอัดที่เพิ่มขึ้นของแกนคอมกรีต เทียบกับความเครียดของ เหล็กปลอกเกลียว



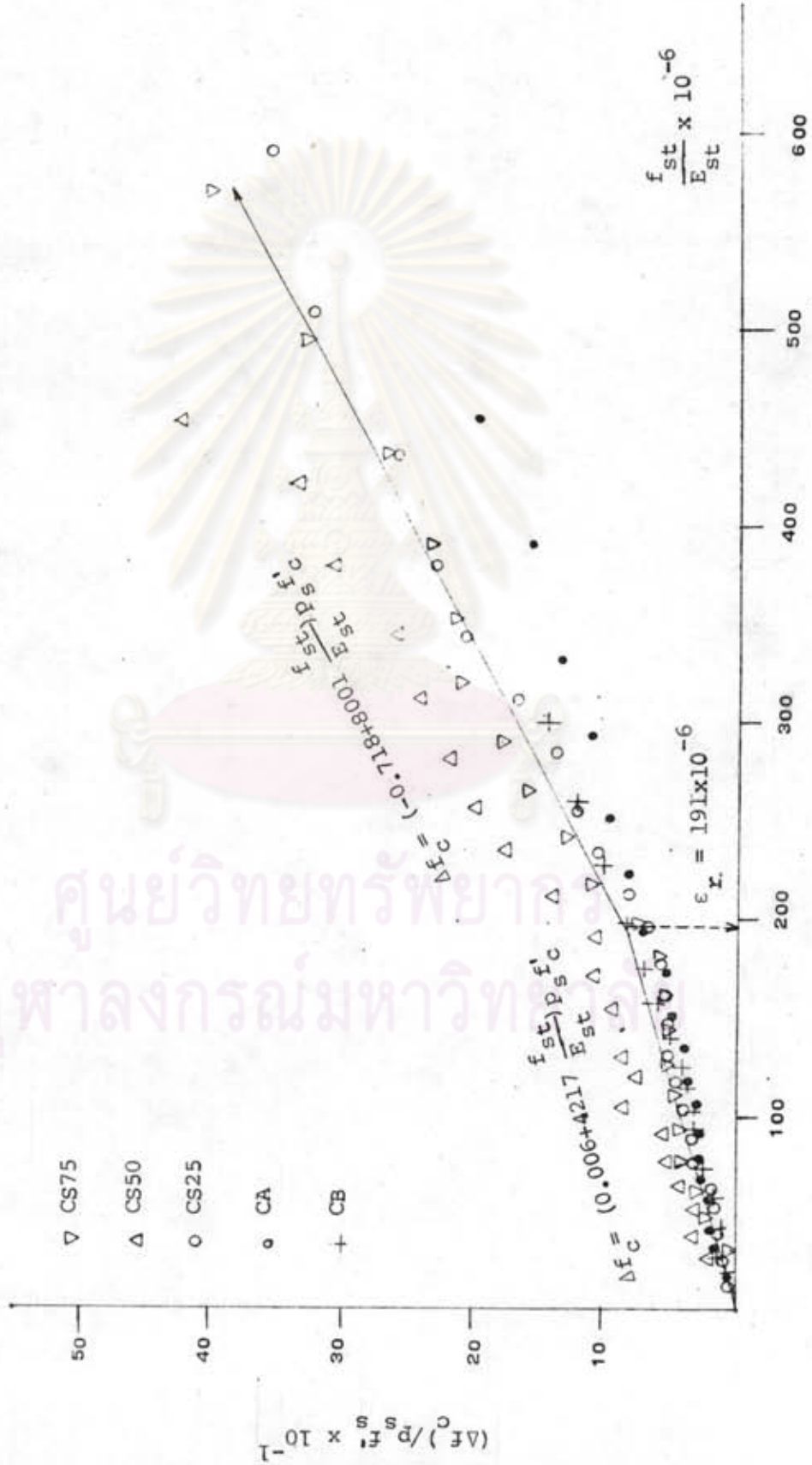
รูปที่ 5.21 แสดงความสัมพันธ์ของ เลนส์ เสรียมทางขวางกับกำลังของ แกนคอนกรีตที่ เพิ่มขึ้น เมื่อ เลนส์ เสรียมขึ้น

ถึงจุดตก

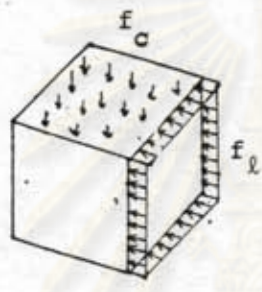
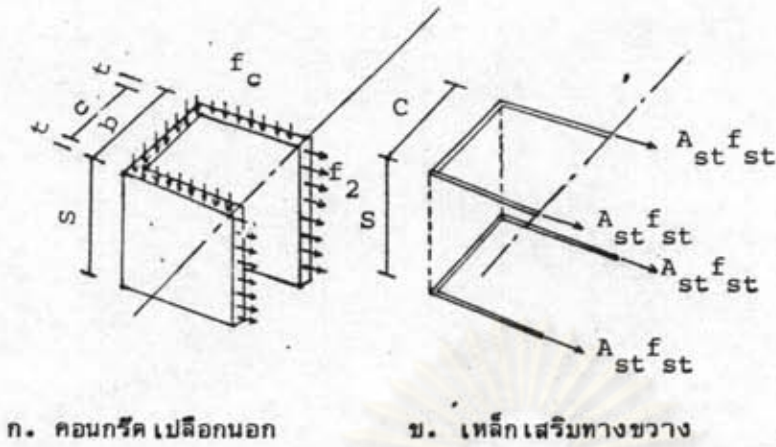


รูปที่ 5.22 อิทธิพลการโยมของเหล็กปลอกเดี่ยว

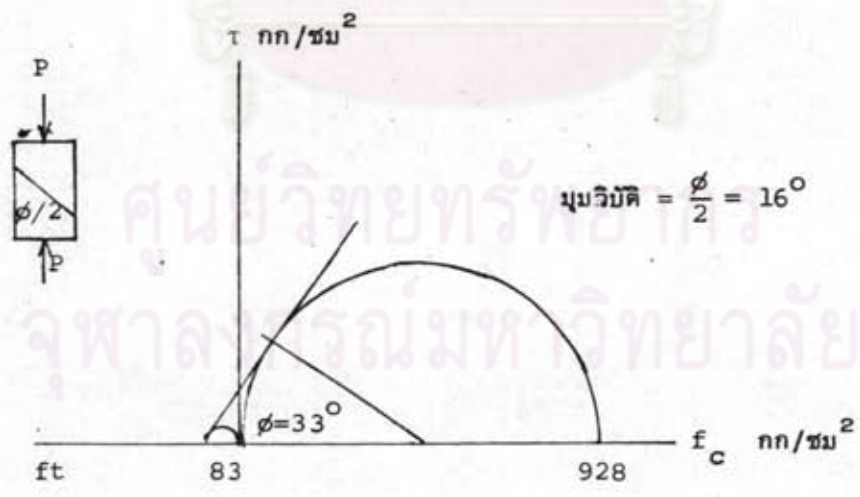
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.23 อิทธิพลการโยนของเหล็กปลอก เกสียว



รูปที่ 5.24 แสดงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในหน้าตัดคานยาวของเสา



รูปที่ 5.25 แสดงการเขียน Mohr circle เพื่อหามุมวิกฤติของคอนกรีต



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ A1 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ C001

(คำนวณจากความเครียด) กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ค้ำ	ความเครียดเสา ตามแนวแกน $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ค้ำ/ซม ²	Kf_c ค้ำ/ซม ²	$P_c + P_s$ ค้ำ	ΔP ค้ำ	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	82	-	0.043	0.040	10.201	-0.201	-
20	163	-	0.086	0.082	20.387	-0.388	-
30	243	-	0.129	0.123	30.557	-0.557	-
40	325	-	0.172	0.163	40.758	-0.758	-
50	406	-	0.215	0.204	50.945	-0.945	-
60	488	-	0.259	0.246	61.354	-1.354	-
70	570	-	0.302	0.287	71.554	-1.555	-
80	651	-	0.345	0.328	81.741	-1.741	-
90	732	-	0.388	0.369	91.927	-1.926	-
100	815	-	0.432	0.410	102.270	-2.270	-
110	894	-	0.475	0.451	112.505	-2.505	-
120	980	-	0.515	0.489	122.104	-2.105	-
130	1059	-	0.560	0.532	132.719	-2.719	-
140	1143	-	0.601	0.571	142.542	-2.543	-
150	1230	-	0.645	0.613	153.032	-3.032	-
160	1318	-	0.690	0.656	163.745	-3.745	-
170	1420	-	0.728	0.692	173.242	-3.243	-
180	1523	-	0.770	0.732	183.582	-3.582	-
190	1635	-	0.815	0.774	194.687	-4.687	-
195	1697	-	0.836	0.794	200.027	-5.027	-

ตารางที่ A2 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT300 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	80	26	0.043	0.041	10.244	-0.244	-
20	161	44	0.087	0.083	20.712	-0.712	-
30	241	54	0.130	0.125	30.957	-0.957	-
40	320	74	0.173	0.166	41.184	-1.184	-
50	401	89	0.217	0.208	51.652	-1.652	-
60	482	113	0.260	0.249	61.913	-1.913	-
70	561	133	0.303	0.290	72.141	-2.141	-
80	641	157	0.346	0.331	82.385	-2.385	-
90	721	182	0.389	0.373	92.629	-2.629	-
100	800	207	0.432	0.414	102.857	-2.857	-
110	882	232	0.476	0.456	113.341	-3.341	-
120	963	251	0.520	0.498	123.810	-3.810	-
130	1049	281	0.563	0.539	134.152	-4.152	-
140	1135	310	0.607	0.582	144.702	-4.702	-
150	1224	340	0.651	0.624	155.301	-5.301	-
160	1315	369	0.695	0.666	165.931	-5.931	-
170	1410	414	0.744	0.713	177.669	-7.669	-
180	1511	462	0.787	0.754	188.256	-8.256	-
190	1616	511	0.830	0.795	198.908	-8.908	-

ตารางที่ A3 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT150 (คำนวณจากความเครียด), กก./ชม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ชม ²	Kf_c ตัน/ชม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	80	21	0.043	0.040	10.076	-0.076	-
20	160	44	0.086	0.081	20.152	-0.152	-
30	239	64	0.129	0.121	30.212	-0.212	-
40	317	74	0.171	0.161	40.052	-0.052	-
50	400	99	0.216	0.203	50.584	-0.584	-
60	481	113	0.260	0.244	60.882	-0.882	-
70	562	138	0.303	0.285	70.974	-0.974	-
80	639	142	0.345	0.324	80.797	-0.797	-
90	718	163	0.388	0.365	90.857	-0.857	-
100	801	192	0.433	0.407	101.389	-1.389	-
110	879	202	0.475	0.447	111.229	-1.229	-
120	960	232	0.518	0.487	121.322	-1.322	-
130	1045	251	0.564	0.530	132.092	-2.092	-
140	1130	281	0.605	0.569	141.842	-1.841	-
150	1218	310	0.649	0.610	152.252	-2.253	-
160	1305	320	0.692	0.650	162.443	-2.443	-
170	1390	360	0.734	0.689	172.396	-2.396	-
180	1486	394	0.779	0.732	183.143	-3.142	-
190	1597	448	0.826	0.776	194.541	-4.541	-
200	1710	522	0.868	0.816	204.952	-4.952	-
204	1751	540	0.886	0.833	209.556	-5.225	-

ตารางที่ A4 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT75 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ความแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	82	15	0.042	0.040	9.995	0.005	0.04
20	164	30	0.084	0.080	19.992	0.008	0.07
30	245	44	0.125	0.119	29.765	0.235	2.19
40	327	59	0.167	0.159	39.762	0.238	2.22
50	409	79	0.209	0.199	49.757	0.243	2.26
60	491	94	0.251	0.238	59.754	0.246	2.30
70	573	113	0.293	0.278	69.750	0.249	2.33
80	655	133	0.335	0.318	79.746	0.254	2.37
90	736	153	0.377	0.358	89.725	0.275	2.57
100	818	172	0.419	0.398	99.721	0.278	2.59
110	900	192	0.461	0.438	109.717	0.283	2.64
120	982	217	0.503	0.478	119.713	0.286	2.67
130	1062	241	0.544	0.517	129.519	0.480	4.47
140	1152	266	0.584	0.555	139.186	0.814	7.59
150	1240	291	0.625	0.594	149.073	0.927	8.65
160	1331	320	0.663	0.630	158.392	1.608	14.99
170	1418	355	0.702	0.667	167.851	2.149	20.05
180	1509	384	0.741	0.704	177.375	2.624	24.48
190	1601	419	0.779	0.740	186.712	3.288	30.67
200	1695	458	0.818	0.777	196.285	3.715	34.65
210	1795*	512	0.859	0.816	205.613	4.386	40.92
220	1896*	581					
230	2000	670					

* ความเครียดของ เสา เกินค่าความเครียดสูงสุดของคอนกรีตทรงกระบอก

ตารางที่ A 5 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT 50 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	81	17	0.041	0.039	9.773	0.227	2.12
20	161	33	0.082	0.078	19.530	0.470	4.38
30	243	50	0.124	0.118	29.527	0.473	4.41
40	324	56	0.166	0.158	39.507	0.493	4.60
50	405	82	0.207	0.197	49.280	0.720	6.71
60	485	99	0.248	0.236	59.037	0.963	8.98
70	566	114	0.289	0.275	68.838	1.162	10.84
80	647	131	0.331	0.314	78.791	1.209	11.28
90	728	147	0.373	0.354	88.770	1.230	11.47
100	809	163	0.414	0.393	98.544	1.456	13.58
110	890	179	0.456	0.433	108.524	1.476	13.77
120	971	196	0.497	0.472	118.297	1.703	15.89
130	1052	213	0.539	0.512	128.277	1.723	16.07
140	1134	230	0.581	0.552	138.274	1.726	16.10
150	1222	250	0.618	0.587	147.336	2.664	24.85
160	1300	270	0.658	0.625	156.854	3.146	29.34
170	1385	292	0.697	0.662	166.281	3.719	34.69
180	1475	315	0.736	0.699	175.790	4.210	39.27
190	1568	342	0.774	0.735	185.141	4.859	45.32
200	1661	371	0.813	0.772	194.700	5.301	49.44
210	1761	405	0.850	0.808	203.758	6.242	58.22
220	1865	445	0.886	0.842	211.178	8.822	82.29
228	1980*	497					

ตารางที่ A 6 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT 25 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	78	15	0.141	0.039	9.724	0.276	2.45
20	156	29	0.083	0.079	19.656	0.345	3.06
30	235	44	0.125	0.119	29.602	0.398	3.53
40	313	59	0.166	0.158	39.327	0.673	5.97
50	391	78	0.207	0.197	49.001	0.999	8.87
60	469	93	0.250	0.238	59.189	0.811	7.20
70	547	107	0.290	0.276	69.148	0.852	7.57
80	625	123	0.331	0.314	78.431	1.570	13.93
90	704	142	0.373	0.354	88.378	1.622	14.40
100	782	152	0.414	0.393	98.103	1.897	16.84
110	860	172	0.456	0.433	108.034	1.966	17.45
120	938	186	0.497	0.472	117.758	2.242	19.90
130	1016	211	0.538	0.511	127.482	2.518	22.35
140	1095	216	0.580	0.551	137.429	2.571	22.82
150	1185	235	0.618	0.587	146.732	3.268	29.01
160	1270	250	0.657	0.624	156.159	3.840	34.09
170	1336	265	0.695	0.660	165.068	4.932	43.78
180	1444	289	0.734	0.697	174.871	5.129	45.53
190	1533	323	0.771	0.732	183.952	6.048	53.69
200	1625	348	0.808	0.768	193.080	6.919	61.42
210	1720	377	0.841	0.799	201.434	8.566	76.04
220	1825	426	0.877	0.833	209.323	10.677	94.78
230	1936	465	0.911	0.865	216.330	13.670	121.34
240	2050	525					

ความเครียดของเสาเกินค่าความเครียดสูงสุดของคอนกรีตทรงกระบอก

ตารางที่ A 7 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS 300 (คำนวณจากความเครียด), กก./ชม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ความแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ชม ²	Kf_c ตัน/ชม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	82	19	0.043	0.041	10.276	-0.276	-
20	165	36	0.087	0.083	20.778	-0.778	-
30	245	59	0.129	0.124	30.814	-0.814	-
40	327	77	0.172	0.165	41.091	-1.091	-
50	408	96	0.215	0.206	51.352	-1.352	-
60	490	116	0.258	0.247	61.628	-1.628	-
70	572	139	0.301	0.288	71.904	-1.904	-
80	654	159	0.344	0.330	82.181	-2.181	-
90	735	177	0.387	0.371	92.442	-2.442	-
100	816	200	0.430	0.412	102.702	-2.702	-
110	899	222	0.473	0.453	112.995	-2.995	-
120	982	245	0.516	0.494	123.288	-3.288	-
130	1067	268	0.561	0.537	134.030	-4.030	-
140	1152	294	0.603	0.578	144.148	-4.148	-
150	1253	322	0.644	0.617	154.320	-4.320	-
160	1363	350	0.687	0.658	165.054	-5.054	-
170	1475	382	0.735	0.704	176.859	-6.859	-
180	1581	417	0.775	0.742	186.906	-6.906	-
185	1637	446	0.801	0.767	193.224	-8.224	-

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ A8 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS 150 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	80	19	0.042	0.040	10.036	-0.036	-
20	160	36	0.084	0.080	20.072	-0.072	-
30	239	59	0.126	0.121	30.093	-0.093	-
40	321	76	0.169	0.162	40.369	-0.369	-
50	400	97	0.210	0.201	50.181	-0.181	-
60	482	115	0.253	0.242	60.393	-0.393	-
70	561	138	0.295	0.283	70.478	-0.478	-
80	641	160	0.337	0.333	80.514	-0.514	-
90	723	175	0.380	0.364	90.791	-0.791	-
100	801	201	0.421	0.403	100.586	-0.586	-
110	881	220	0.467	0.444	110.623	-0.623	-
120	962	243	0.510	0.485	120.883	0.883	-
130	1043	267	0.548	0.525	130.936	-0.936	-
140	1145	292	0.591	0.561	140.514	-0.514	-
150	1240	312	0.634	0.602	150.928	-0.928	-
160	1325	335	0.675	0.641	160.767	-0.767	-
170	1415	361	0.717	0.681	170.892	-0.892	-
180	1506	399	0.758	0.720	180.899	-0.899	-
190	1605	445	0.798	0.758	190.623	-0.629	-
200	1700	480	0.837	0.795	200.281	-0.281	-
210	1858	531	0.882	0.838	210.429	-0.429	-
217	1952	611					

ความเครียดของเสาเกินค่าความเครียดสูงสุดของคอนกรีตทรงระบอก

ตารางที่ A 9 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS 75 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	80	16	0.042	0.040	9.963	0.037	0.33
20	159	32	0.084	0.080	19.909	0.090	0.82
30	237	48	0.125	0.119	29.634	0.365	3.32
40	316	62	0.166	0.158	39.376	0.624	5.67
50	395	77	0.208	0.198	49.323	0.677	6.15
60	475	94	0.250	0.238	59.287	0.713	6.47
70	555	111	0.292	0.277	69.249	0.750	6.81
80	634	127	0.334	0.317	79.196	0.804	7.30
90	715	145	0.376	0.357	89.176	0.823	7.47
100	795	162	0.418	0.397	99.140	0.860	7.81
110	875	181	0.460	0.437	109.103	0.897	8.14
120	953	198	0.501	0.476	118.827	1.173	10.64
130	1039	219	0.540	0.513	128.270	1.730	15.11
140	1115	242	0.581	0.552	137.963	2.037	18.51
150	1206	265	0.620	0.589	147.487	2.512	22.82
160	1295	290	0.660	0.627	157.186	2.81	25.56
170	1385	320	0.699	0.664	166.694	3.306	30.03
180	1475	353	0.740	0.703	176.613	3.386	30.75
190	1578	393	0.779	0.740	186.336	3.664	33.28
200	1677	438	0.817	0.776	195.745	4.215	38.28
210	1786	495	0.855	0.812	204.789	5.211	47.33
220	1915	570	0.898	0.853	213.651	6.349	57.66
225	1990	602					

ความเครียดของ เสา เกินค่าความเครียดสูงสุดของคอนกรีตทรงกระบอก

ตารางที่ A 10 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS 50 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสาคานแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียดเหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	81	16	0.041	0.039	9.773	0.227	2.12
20	161	27	0.082	0.078	19.530	0.470	4.38
30	241	39	0.123	0.117	29.289	0.711	6.74
40	322	52	0.165	0.157	39.268	0.732	6.83
50	403	64	0.206	0.196	49.041	0.959	8.94
60	483	77	0.247	0.235	58.798	1.202	11.21
70	564	91	0.289	0.275	68.779	1.221	11.39
80	641	106	0.328	0.312	78.075	1.925	17.96
90	724	121	0.371	0.352	88.293	1.707	15.92
100	804	132	0.412	0.391	98.050	1.905	18.19
110	885	155	0.453	0.430	107.860	2.141	19.97
120	965	172	0.494	0.469	117.581	2.420	22.57
130	1046	193	0.536	0.509	127.560	2.440	22.76
140	1126	213	0.575	0.546	136.906	3.094	28.86
150	1207	235	0.613	0.582	145.996	4.004	37.35
160	1293	257	0.652	0.619	155.504	4.496	41.94
170	1382	282	0.691	0.656	164.996	5.004	46.68
180	1472	313	0.730	0.694	174.505	5.495	51.26
190	1565	345	0.769	0.731	184.062	5.938	55.39
200	1656	380	0.805	0.765	192.969	7.031	65.59
210	1754	423	0.843	0.801	202.315	7.685	71.68
220	1856	487	0.881	0.837	210.147	9.853	91.90
230	1966	563					
240	2087	668					

• ความเครียดของเสาคานเกินค่าความเครียดสูงสุดของคอนกรีตทรงกระบอก

ตารางที่ A 11 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS 25 (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	77	13	0.041	0.039	9.708	0.292	2.59
20	154	26	0.082	0.078	19.416	0.584	5.18
30	232	40	0.124	0.118	29.347	0.653	5.80
40	309	53	0.166	0.158	39.262	0.738	6.55
50	386	65	0.205	0.195	48.558	1.442	12.80
60	464	77	0.247	0.235	58.488	1.512	13.42
70	542	90	0.289	0.275	68.419	1.581	14.04
80	619	104	0.330	0.314	78.127	1.873	16.63
90	697	118	0.371	0.352	87.852	2.148	19.07
100	774	132	0.412	0.391	97.560	2.440	21.66
110	852	148	0.454	0.431	107.491	2.509	22.28
120	930	162	0.496	0.471	117.422	2.578	22.89
130	1009	178	0.537	0.510	127.162	2.838	25.19
140	1084	195	0.577	0.548	136.632	3.368	29.90
150	1165	214	0.617	0.586	146.199	3.801	33.74
160	1236	234	0.654	0.621	154.985	5.015	44.52
170	1325	256	0.692	0.657	164.271	5.729	50.86
180	1410	285	0.730	0.694	173.491	6.510	57.78
190	1493	312	0.765	0.727	182.060	7.940	70.48
200	1579	345	0.797	0.757	190.062	9.939	88.22
210	1681	382	0.832	0.790	198.942	11.058	98.16
220	1783	436	0.868	0.825	207.468	12.532	111.25
230	1895	510	0.901	0.856	214.269	15.731	139.64
238.5	1990	591	0.935	0.888	221.277	17.223	152.89

ตารางที่ A 12 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CA (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ค้ำ	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ค้ำ/ซม ²	Kf_c ค้ำ/ซม ²	$P_c + P_s$ ค้ำ	ΔP ค้ำ	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	82	9	0.041	0.039	9.709	0.211	2.04
20	164	17	0.081	0.077	19.373	0.627	6.06
30	246	24	0.121	0.115	28.957	1.043	10.08
40	327	33	0.162	0.154	38.732	1.268	12.26
50	410	41	0.203	0.193	48.538	1.462	14.13
60	494	50	0.244	0.232	58.360	1.640	15.85
70	576	59	0.285	0.271	68.180	1.820	17.59
80	659	68	0.326	0.310	77.956	2.044	19.75
90	743	79	0.367	0.349	87.779	2.221	21.47
100	823	91	0.409	0.389	97.824	2.176	21.03
110	911	103	0.450	0.428	107.630	2.370	22.91
120	992	118	0.490	0.466	117.198	2.802	27.08
130	1074	135	0.531	0.504	126.907	3.013	29.12
140	1157	152	0.570	0.542	136.301	3.619	34.98
150	1239	173	0.609	0.579	145.759	4.241	40.99
160	1322	197	0.645	0.613	154.535	5.465	52.82
170	1403	223	0.683	0.649	163.691	6.309	60.98
180	1488	254	0.719	0.683	172.499	7.501	72.51
190	1576	293	0.755	0.717	181.356	8.644	83.56
200	1686	331	0.786	0.747	189.543	10.457	101.09
210	1795	391	0.821	0.780	197.781	12.219	118.11
220	1922	454	0.855	0.812	204.786	15.211	147.03
230	2073	539					

ความเครียดของเสาเกินค่าความเครียดสูงสุดของคอนกรีตทรงกระบอก

ตารางที่ A 13 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CB (คำนวณจากความเครียด), กก./ซม².

น้ำหนัก บรรทุก ตัน	ความเครียดเสา ตามแนวแกน, $\epsilon_{av} \times 10^{-6}$	ความเครียด เหล็กปลอก $\epsilon_{st} \times 10^{-6}$	f_c ตัน/ซม ²	Kf_c ตัน/ซม ²	$P_c + P_s$ ตัน	ΔP ตัน	$\Delta f_c / f'_c$ $\times 10^{-3}$
10	80	8	0.040	0.038	9.551	0.449	4.34
20	161	13	0.080	0.076	19.118	0.882	8.52
30	243	20	0.120	0.114	28.702	1.298	12.54
40	324	27	0.160	0.152	38.270	1.730	16.72
50	406	34	0.201	0.191	48.060	1.940	18.76
60	487	41	0.241	0.229	57.628	2.372	22.93
70	570	49	0.282	0.268	67.434	2.566	24.80
80	651	57	0.322	0.306	77.001	2.999	28.99
90	733	65	0.362	0.344	86.585	3.415	33.01
100	814	73	0.402	0.382	96.152	3.848	37.19
110	895	83	0.442	0.420	105.720	4.280	41.37
120	977	92	0.483	0.459	115.510	4.490	43.41
130	1060	103	0.524	0.498	125.316	4.684	45.28
140	1141	114	0.563	0.535	134.678	5.322	51.45
150	1223	125	0.602	0.572	144.056	5.944	57.46
160	1305	140	0.639	0.607	153.020	6.980	67.46
170	1388	158	0.675	0.641	161.796	8.204	79.30
180	1469	175	0.710	0.675	170.334	9.666	93.43
190	1550	198	0.743	0.706	178.455	11.545	111.59
200	1652	227	0.772	0.733	186.102	13.898	134.34
210	1761	259	0.799	0.759	193.247	16.753	161.94
220	1882	300	0.831	0.789	199.876	20.124	194.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายฐิติ ฉัตรทอง เกิดวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2501 สำเร็จการศึกษาได้รับ
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการ
ศึกษา 2522 หลังจากนั้นได้ศึกษาคณะชั้นปริญญาโทบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการ
ศึกษา 2523 ในระหว่างศึกษาได้ทำงานเป็นผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารหอพักนิสิตชาย จุฬาล
งกรณ์มหาวิทยาลัยจนกระทั่งการก่อสร้างสำเร็จ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย