

เอกสารอ้างอิง

1. Tognon, G., Ursella, P. and Coppetti, G. "Design and Properties of Concrete with Strength Over 1500 kg/cm²" ACI Journal May - June 1980, pp. 171-176.
2. 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.
3. Gilkey, H.J., "Water-Cement Ratio Versus Strength-Another Look", Journal of the American Concrete Institute, ACI Vol. 54, No. 4, April 1961, pp. 1287-1312.
4. McGreary, R.K., "Mechanical Packing of Spherical Particles", Journal of the American Ceramic Society, Vol. 44, Oct. 1961.
5. Weymouth, C.A.G., "Effects of Particle Interference in Mortars and Concretes", Rock Products, Feb. 1933.
6. Goldbeck, A.T., "Gradation and Character of Aggregates as a Factor in Workability", Journal of the American Concrete Institute, ACI Vol. 24, 1928.
7. Morgan, Austin H., "High-Strength Ready-Mixed Concrete", paper presented to 41st Annual Convention of the National Ready Mixed Concrete Association, Jan. 1971., 18 pp.
8. Thoman, W.H. and Warren, R., "Ultimate Strength and Modulus of Elasticity of High Strength Portland Cement Concrete", Journal of the American Concrete Institute, Vol. 30, Jan-Feb., 1934, pp. 231-238.
9. Gaynor, R., "Tests of Water-Reducing Retarders", National Ready-Mixed Concrete Association, Publication No. 108, Aug. 1962.

10. Saueier, K.L., Smith, E.F., and Tynes, W.D., "High Compressive Strength Concrete: Development of Concrete Mixtures", U.S. Air Force Weapon Laboratory, RTD-63-3114, Feb. 1964.
11. Dodson, V.H., and Farkas, E., "Delayed Addition of Set Retarding Admixtures of Portland Cement Concrete", ASTM Reprint No. 77, 1964.
12. Blick, R.L., Petersen, C.F., and Michael, W.E., "Proportioning and Controlling High Strength Concrete", Paper for Presentation to ACI Annual Convention, 1972.
13. McMillan, F.R., "A Study of Column Test Data", Proceeding ACI, Vol. 17, 1921, pp. 150-171.
14. Lyse, I., "Fifth Report on Column Tests at Lehigh University", ACI Journal, June 1933, Proceeding Vol. 29, pp. 433-442.
15. Brown, R.L., and Richart, F.E., "An Investigation of Reinforced Concrete Columns", Bulletin No. 267, Engineering Experiment Station, University of Illinois, Urbana, June 1934.
16. Richart, F.E., "Reinforced Concrete Column Investigation Tentative Final Report of Committee 105; ACI Journal, Feb. 1933, Proceedings Vol. 27, pp. 275-284.
17. Olson, T.A., and Richart, F.E., "The Resistance of Reinforced Concrete Columns to Eccentric Loads", ACI Journal, March - April 1938, Proceedings Vol. 34, pp. 401-420.
18. Whitney, C.S., "Design of Reinforced Concrete Members Under Flexure and Combined Flexure and Direct Compression;" ACI Journal, March - April 1937, Proceedings Vol. 33, pp. 483-498.
19. Jensen, V.P., "Ultimate Strength of Reinforced Concrete Beams as Related to the Plasticity Ratio of Concrete", Engineering Experiment Station, Bulletin No. 345, The University of

20. Glanville, W.H., and Thomas, F.G., "The Redistribution of Moments in Reinforced Concrete Beams and Frames", Journal, Institution of Civil Engineers, Paper No. 5061, London, June 1936, pp. 291-320.
21. Furlong, R.W., and Ferguson, P.M., "Tests of Frames with Columns in Single Curvature", Symposium on Reinforced Concrete Columns, SP-13, American Concrete Institute, Detroit, 1966, pp. 55-74.
22. Martin, I., and Olivieri, E., "Tests of Slender Reinforced Concrete Columns Bent in Double Curvature", Symposium on Reinforced Concrete Columns, SP-13, American Concrete Institute, Detroit, 1966, pp. 121-138.
23. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete", (ACI 318-77), Detroit: American Concrete Institute, 1977.
24. Bloem, D.L., Burgess, A.J., and Gaynor, R.D., "Effects of Aggregates Properties on Strength of Concrete", American Concrete Institute Journal, Vol. 60, October 1963, pp. 1429-1455.
25. Freedman, Sidney, "High Strength Concrete", Publication No. 1S176, Portland Cement Association, 1971, (Reprint from Modern Concrete, 1970-1971), 19 pp.
26. National Crushed Stone Association, "A Methode of Proportioning Concrete for Strength, Workability and Durability", National Crushed Stone Association Engineering Bulletin, No. 11.
27. Khan, S.R., "The Influence of Tie Spacing on the Failure of Reinforced Concrete Columns", M.Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, 1969.

28. 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.
29. Bresler, B. and Gilvert, P.H., "Tie Requirements for Reinforced Concrete Columns", ACI Journal, Proceedings Vol. 58, Title No. 58-26, November 1961.
30. Nedderman, Howard, "Flexural Stress Distribution in Very High Strength Concrete", Master's Thesis, the Faculty of the Graduate School, the University of Texas at Arlington, 1973.

ตารางที่ 2.1 เหล็กเสริมในตัวอย่างทดสอบที่มีเหล็กเสริมยื่นเป็นค้ำแปร

ตัวอย่าง ทดสอบ	เหล็กเสริม ยื่น	เหล็กปลอก	เหล็กเสริม ยื่น %	สัดส่วนปริมาตรเหล็กปลอกต่อ ปริมาตร Core %
C 00	-	-	-	-
C 12	4-∅ 12 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	2.00	0.617
C 16	4-∅ 16 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	3.53	0.617
C 20	4-∅ 20 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	5.51	0.617
C 25	4-∅ 25 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	8.88	0.617
C 28	4-∅ 28 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	10.60	0.617

ตารางที่ 2.2 เหล็กเสริมยื่นและระยะเยื้องศูนย์กลางในตัวอย่างทดสอบที่มีการเยื้องศูนย์กลาง
ของน้ำหนักบรรทุกทุก เป็นค้ำแปร

ตัวอย่าง ทดสอบ	ระยะเยื้องศูนย์กลาง ซม.	เหล็กเสริมยื่น	เหล็กปลอก	หมายเหตุ
CE 000	-	4-∅ 16 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	เปอร์เซ็นต์เหล็ก
CE 055	5.5	4-∅ 16 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	เสริมยื่น 3.53
CE 095	9.5	4-∅ 16 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	
CE 165	16.5	4-∅ 16 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	
CE ∞	∞	4-∅ 16 มม.	∅ 6 มม. @ 15 ซม.	

ตารางที่ 2.3 ผลทดสอบกำลังดึงเหล็กเสริมยื่น

Ø เหล็กเสริมยื่น มม.	พื้นที่หน้าตัด ซม ² .	กำลังคลากเฉลี่ย กก./ซม ² .	กำลังประลัยเฉลี่ย กก./ซม ² .	ค่าเฉลี่ยการยึดตัว ในระยะ 20 ซม.,%
12	1.1224	3298	5754	24.5
16	1.9864	3505	5664	26.0
20	3.1027	3563	6606	23.5
25	4.9919	3371	4895	23.5
28	5.9585	3437	5525	26.0

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลการทดลองผสมคอนกรีตโดยสัดส่วนผสมแตกต่างกัน

ส่วนผสมที่	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก ซีเมนต์:ทราย:หิน	ขนาดโศศของหิน	W/C โดยน้ำหนัก	สัดส่วนน้ำยาผสมคอนกรีต คอปซีเมนต์โดยน้ำหนัก	กำลังอัดคอนกรีตทรงกระบอกเดือม, กก/ซม ² .	
					7 วัน	28 วัน
1	1.000:1.538:2.308	½"	0.3	-	396	-
2	1.000:1.428:2.143	½"	0.3	-	444	-
3	1.000:1.333:2.000	½"	0.3	-	492	-
4	1.000:1.250:1.875	½"	0.3	-	504	-
5	1.000:1.176:1.765	½"	0.3	-	495	-
6	1.000:1.111:1.667	½"	0.3	-	452	-
7	1.000:1.333:2.000	½"	0.28	1.154 %	549	713
8	1.000:1.333:2.000	½"	0.26	2.112 %	617	696
9	1.000:1.333:2.000	½"	0.25	2.112 %	662	784
10	1.000:1.333:2.000	½"	0.24	2.378 %	687	798
11	1.000:1.333:2.050	½"	0.24	2.378 %	-	812
12	1.000:1.333:2.100	½"	0.24	2.378 %	-	835
13	1.000:1.333:2.150	½"	0.24	2.378 %	-	817
14	1.000:1.333:2.200	½"	0.24	2.378 %	-	826
15	1.000:1.333:2.170	½"	0.24	2.378 %	-	835
16	1.000:1.333:2.165	½"	0.24	2.378 %	-	845

อันดับ 1-6 ให้ปริมาณซีเมนต์เป็นส่วนแปร

อันดับ 7-10 ให้ปริมาณน้ำเป็นส่วนแปร

อันดับ 11-16 ให้ปริมาณหินเป็นส่วนแปร

* น้ำยาผสมคอนกรีตใช้ naphthalene acid



ตารางที่ 2.5 สัดส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงมาก

ซีเมนต์:ทราย:หิน โดยน้ำหนัก	W/C โดยน้ำหนัก	สัดส่วน Naphthaline ต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก	ขนาดโศศของหิน	โมดูลัสความละเอียดทราย
1.000:1.333:2.165	0.24	2.378 %	๕"	2.87

ตารางที่ 2.6 ผลตรวจสอบกำลังคอนกรีต

ลำดับที่	ควบคุมตัวอย่าง ทดสอบ	อายุคอนกรีต วัน	กำลังคอนกรีตทรงกระบอก กก./ซม ² .	โมดูลัสยืดหยุ่น กก/ซม ² .x10 ⁵	Splitting Test กก/ซม ² .
1	C-00, C-12, C-16	98	857	4.54	98.5
2	C-20, C-25, C-28	110	780	4.31	96.6
3	CE000, CE∞	129	888	4.65	89.0
4	CE055, CE095 CE165	93	890	4.90	88.0

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ
 (คำนวณจากความเครียด) ของเสา C-00, ดัน

$\epsilon_c \times 10^{-6}$	f_c	P_c $= A_c f_c$	$\epsilon_s \times 10^{-6}$	P_s $= A_s f_s$	T_s $= 121 \left(\frac{1df_c}{5l} \right)$	น้ำหนักบรรทุก จากการ คำนวณ $= P_c + P_s + T_s$	น้ำหนักบรรทุก จากผลการ ทดลอง
87	.045	10.125	-	-	-	10.125	10
174	.084	18.900	-	-	-	18.900	20
272	.132	29.700	-	-	-	29.700	30
365	.173	38.925	-	-	-	38.925	40
455	.216	48.600	-	-	-	48.600	50
553	.263	59.175	-	-	-	59.175	60
644	.305	68.625	-	-	-	68.625	70
745	.353	79.425	-	-	-	79.425	80
842	.400	90.000	-	-	-	90.000	90
935	.442	99.450	-	-	-	99.450	100
1032	.488	109.800	-	-	-	109.800	110
1135	.537	120.825	-	-	-	120.825	120
1264	.583	131.175	-	-	-	131.175	130
1382	.650	146.250	-	-	-	146.250	140
1495	.694	156.150	-	-	-	156.150	150
1618	.740	166.500	-	-	-	166.500	160
1740	.785	176.625	-	-	-	176.625	170
1873	.830	186.750	-	-	-	186.750	180

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ
 (คำนวณจากความเครียด) ของเสา C-12, คัน

$\epsilon_c \times 10^{-6}$	f_c	P_c $= A_c f_c$	$\epsilon_s \times 10^{-6}$	P_s $= A_s f_s$	T_s $= 121 \left(\frac{f_{df} c}{5l} \right)$	น้ำหนักบรรทุก จากการ คำนวณ $= P_c + P_s + T_s$	น้ำหนักบรรทุก จากผลการ ทดลอง
92	0.045	9.923	92	0.859	0.121	10.903	10
173	0.082	18.082	173	1.616	0.242	19.940	20
260	0.125	27.564	260	2.428	0.363	30.355	30
352	0.168	37.046	352	3.287	0.484	40.817	40
444	0.210	46.307	444	4.147	0.605	51.059	50
531	0.250	55.128	531	4.959	0.726	60.813	60
625	0.297	65.491	625	5.837	0.847	72.175	70
720	0.340	74.973	720	6.724	0.968	82.665	80
813	0.385	84.896	813	7.593	1.089	93.578	90
912	0.432	95.260	912	8.517	1.210	104.987	100
994	0.472	104.081	994	9.283	1.331	114.695	110
1097	0.518	114.224	1097	10.245	1.452	125.921	120
1200	0.566	124.809	1200	11.207	1.573	137.589	130
1300	0.615	135.614	1300	12.141	1.694	149.449	140
1412	0.662	145.978	1412	13.187	1.815	160.98	150
1517	0.703	155.019	1517	14.168	1.936	171.123	160
1637	0.747	164.721	1637	14.808	2.057	181.586	170
1755	0.790	174.203	1755	14.808	2.178	191.189	180
1894	0.837	184.567	1894	14.808	2.299	201.674	190

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ
 (คำนวณจากความเครียด) ของเสา C-16, , ดัน

$\epsilon_c \times 10^{-6}$	f_c	P_c $= A_c f_c$	$\epsilon_s \times 10^{-6}$	P_s $= A_s f_s$	T_s $= 121 \left(\frac{f_s}{5\lambda} \right)$	น้ำหนักบรรทุก จากการ คำนวณ $= P_c + P_s + T_s$	น้ำหนักบรรทุก จากผลการ ทดลอง
80	0.04	8.682	83	1.372	0.122	10.176	10
158	0.080	17.364	165	2.727	0.243	20.334	20
244	0.117	25.395	254	4.198	0.356	29.949	30
324	0.155	33.643	340	5.619	0.471	39.733	40
415	0.196	42.543	425	7.024	0.596	50.163	50
506	0.240	52.093	514	8.495	0.730	61.318	60
600	0.285	61.861	603	9.966	0.867	72.694	70
682	0.323	70.109	686	11.337	0.982	82.428	80
778	0.367	79.659	777	12.841	1.116	93.616	90
862	0.408	88.558	868	14.345	1.241	104.144	100
956	0.453	98.326	964	15.932	1.378	115.636	110
1046	0.493	107.008	1067	17.634	1.499	126.141	120
1146	0.540	117.209	1177	19.452	1.642	138.303	130
1242	0.587	127.411	1282	21.187	1.785	150.383	140
1344	0.634	137.612	1397	23.088	1.928	162.628	150
1450	0.678	147.163	1512	24.989	2.062	174.214	160
1556	0.718	155.845	1631	26.955	2.183	184.983	170
1674	0.762	165.395	1732	27.849	2.317	195.561	180
1822	0.812	176.248	1793	27.849	2.469	206.566	190
1987	0.865	187.752	2138	27.849	2.630	218.231	200
2195	0.925	200.775	2516	27.849	2.813	231.437	210

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ
(คำนวณจากความเครียด) ของเสา C-20, ดัน

$\epsilon_c \times 10^{-6}$	f_c	P_c $= A_c f_c$	$\epsilon_s \times 10^{-6}$	P_s $= A_s f_s$	T_s $= 121 \left(\frac{1df_c}{5l} \right)$	น้ำหนักบรรทุก จากการ คำนวณ $= P_c + P_s + T_s$	น้ำหนักบรรทุก จากผลการ ทดลอง
87	0.042	8.929	68	1.755	0.128	10.812	10
164	0.077	16.369	143	3.691	0.234	20.294	20
238	0.113	24.023	234	6.041	0.344	30.408	30
320	0.150	31.888	315	8.132	0.456	40.476	40
397	0.188	39.967	397	10.248	0.572	50.787	50
474	0.225	47.833	482	12.443	0.684	60.960	60
559	0.265	56.336	566	14.611	0.806	71.753	70
635	0.300	63.777	642	16.573	0.912	81.262	80
720	0.340	72.280	733	18.922	1.034	92.236	90
800	0.379	80.571	809	20.884	1.152	102.607	100
881	0.418	88.862	899	23.207	1.271	113.340	110
969	0.460	97.791	990	25.556	1.399	124.746	120
1054	0.498	105.869	1074	27.725	1.514	135.108	130
1146	0.540	114.798	1165	30.074	1.642	146.514	140
1234	0.582	123.727	1261	32.552	1.770	158.049	150
1329	0.630	133.931	1364	35.211	1.916	171.058	160
1422	0.655	139.246	1472	37.999	1.992	179.237	170
1522	0.702	149.238	1586	40.942	2.135	192.315	180
-	-	-	1708	44.091	-	-	-
-	-	-	1836	44.220	-	-	-

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ
(คำนวณจากความเครียด) ของเสา C-25, , ดัน

$\epsilon_c \times 10^{-6}$	f_c	P_c $= A_c f_c$	$\epsilon_s \times 10^{-6}$	P_s $= A_s f_s$	T_s $= 1.21 \left(\frac{f_d f_c}{5l} \right)$	น้ำหนักบรรทุก จากการ คำนวณ $= P_c + P_s + T_s$	น้ำหนักบรรทุก จากผลการ ทดลอง
66	0.032	6.561	73	3.032	0.097	9.690	10
137	0.067	13.737	158	6.562	0.204	20.503	20
202	0.096	19.683	227	9.428	0.292	29.403	30
271	0.130	26.654	263	10.923	0.395	37.972	40
341	0.162	33.215	342	14.204	0.493	47.912	50
414	0.196	40.186	409	16.987	0.596	57.769	60
485	0.230	47.157	485	20.143	0.699	67.999	70
559	0.263	53.924	565	23.466	0.800	78.190	80
630	0.298	61.100	624	25.916	0.906	87.922	90
705	0.333	68.276	702	29.156	1.013	98.445	100
775	0.367	75.247	788	32.728	1.116	109.091	110
835	0.394	80.783	870	36.133	1.198	118.114	120
923	0.437	89.599	945	39.248	1.329	130.176	130
1003	0.474	97.185	1026	42.612	1.441	141.238	140
1081	0.510	104.566	1100	45.686	1.551	151.803	150
1159	0.547	112.153	1184	49.175	1.663	162.991	160
1242	0.586	120.149	1269	52.705	1.782	174.636	170
1348	0.637	130.606	1354	56.235	1.937	188.778	180
1427	0.666	136.552	1439	59.765	2.025	198.342	190
1542	0.712	145.983	1550	64.376	2.165	212.524	200

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ
(คำนวณจากความเครียด) ของเสา C-28, ดัน

$\epsilon_c \times 10^{-6}$	f_c	P_c $= A_c f_c$	$\epsilon_s \times 10^{-6}$	P_s $= A_s f_s$	T_s $= 121 \left(\frac{df_c}{5\lambda} \right)$	น้ำหนักบรรทุก จากการ คำนวณ $= P_c + P_s + T_s$	น้ำหนักบรรทุก จากผลการ ทดลอง
70	0.034	6.840	65	3.222	0.103	10.165	10
135	0.065	13.076	128	6.346	0.198	19.620	20
204	0.097	19.513	199	9.865	0.295	29.673	30
268	0.126	25.347	260	12.889	0.383	38.619	40
334	0.158	31.784	328	16.261	0.480	48.525	50
402	0.192	38.624	395	19.582	0.584	58.790	60
472	0.225	45.262	463	22.953	0.684	68.899	70
540	0.255	51.297	531	26.324	0.775	78.396	80
611	0.290	58.338	602	29.844	0.882	89.064	90
673	0.319	64.172	678	33.612	0.970	98.754	100
747	0.352	70.810	742	36.784	1.070	108.664	110
820	0.386	77.650	811	40.205	1.174	119.029	120
895	0.423	85.093	880	43.626	1.286	130.005	130
964	0.456	91.732	945	46.848	1.387	139.967	140
1037	0.488	98.169	1025	50.814	1.484	150.467	150
1108	0.522	105.009	1102	54.631	1.587	161.227	160
1191	0.563	113.256	1183	58.647	1.712	173.615	170
1271	0.600	120.700	1265	62.712	1.825	185.237	180
1347	0.665	133.775	1320	65.439	2.022	201.236	190
-	-	-	1399	69.355	-	-	200

ตารางที่ 4.7 สัดส่วนระหว่างน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่สอดคล้องทั้งการคำนวณและทดลองกับน้ำหนักบรรทุกประลัย และเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกประลัยระหว่างการคำนวณกับทดสอบ

ตัวอย่าง ทดสอบ	% เหล็ก เสริมยื่น ρ	นน.บรรทุกสูงสุด ที่สอดคล้องกับการ คำนวณและทดสอบ P_a	นน.บรรทุกประลัย จากการทดลอง P_u	$\frac{P_a}{P_u}$ %	นน.บรรทุกประลัย จากการคำนวณ P_p	$\frac{P_u}{P_p}$ %
C-00	0	115	187	61	193	97
C-12	2.00	90	197	46	206	96
C-16	3.53	90	218.5	41	233	94
C-20	5.51	125	202	62	215	94
C-25	8.88	155	200	77	210	95
C-28	10.60	170	209	81	214	98

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกประลัยระหว่างผลการทดลองกับ Khan และ ACI

ตัวอย่าง ทดสอบ	กำลังอัดคอนกรีต ทรงกระบอก ตัน/ซม ² .	น้ำหนักบรรทุกประลัย, ตัน				
		จากการทดลอง P_1	จาก Khan ^{**} P_2	$\frac{P_1}{P_2}$	จาก ACI ^{**} P_3	$\frac{P_1}{P_3}$
C-00	0.857	187	170.55	1.10	163.90	1.14
C-12	0.857	197	182.48	1.08	175.44	1.12
C-16	0.857	218.5	192.86	1.13	185.97	1.17
C-20	0.780	202	191.29	1.06	185.16	1.09
C-25	0.780	200	209.08 [*]	-	203.25 [*]	-
C-28	0.780	209	220.98 [*]	-	215.28 [*]	-
ค่าเฉลี่ย				1.09		1.13

* ผลการทดลองปรากฏว่าเหล็กเสริมยื่นรับน้ำหนักบรรทุกไม่ถึงกำลังคลาก
 ** ยังไม่นำค่าตัวคูณประกอบ ϕ เข้ามาคิด

ตารางที่ 4.9 ความแข็งแรงแรงสัมพันธ์และความเครียดสูงสุดของคอนกรีต

ตัวอย่างทดลอง	% เหล็กเสริมยื่น ρ	ความแข็งแรงแรงสัมพันธ์ $\text{กก/ซม}^2 \cdot \text{x}10^5$	ความเครียดสูงสุด $\text{x}10^{-6}$
C-00	0	4.63	2000
C-12	2.00	4.83	2000
C-16	3.53	5.10	2160
C-20	5.51	5.56	1860
C-25	8.88	6.30	1540
C-28	10.60	6.63	1480



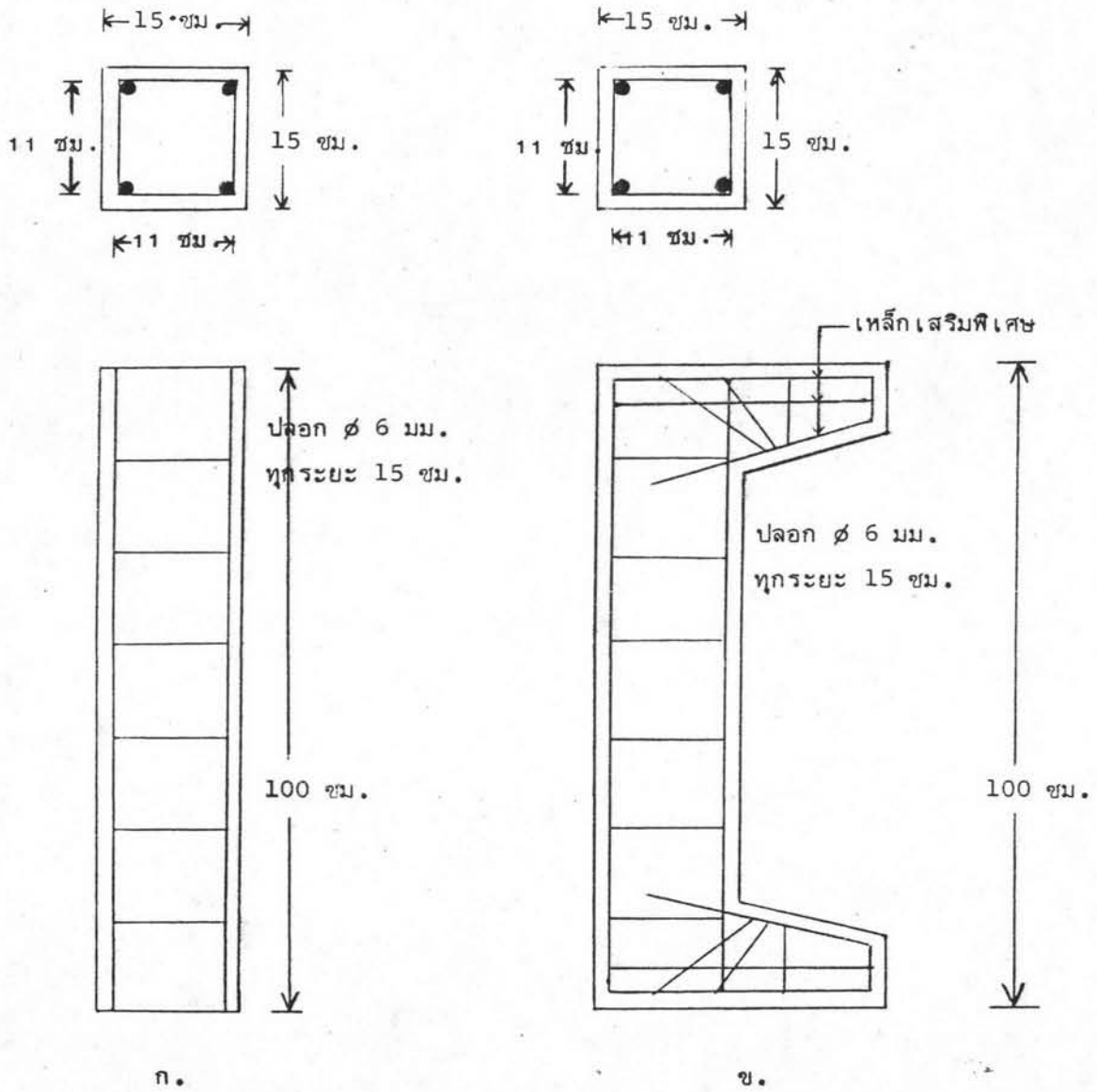
ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกและแรงค้ำระหว่างผลการทดลองกับการคำนวณ
(คำนวณจากความเครียด) ของเสา CE 055

ความเครียด $\times 10^{-6}$				ระยะแกน ตะเทิน ซม.	ระยะ โก่งตัว ซม.	น้ำหนักบรรทุก, ดัน		แรงค้ำ, ดัน-ซม.	
คอนกรีต		เหล็กเสริมยึน				คำนวณ	ทดสอบ	คำนวณ	ทดสอบ
แรงอัด	แรงดึง	แรงอัด	แรงดึง	ซม.	ซม.				
110	0	82	0	15.00	0	6.29	5.00	17.20	27.50
273	89	200	35	10.18	0.009	11.28	10.00	49.87	55.09
440	214	314	145	9.08	0.021	15.69	15.00	81.80	82.82
610	340	454	270	8.67	0.041	20.37	20.00	114.91	110.82
775	467	558	361	8.42	0.058	24.74	25.00	144.14	138.95
950	594	674	467	8.31	0.083	29.74	30.00	176.94	167.49
1124	718	792	574	8.24	0.125	34.67	35.00	209.31	196.88
1308	845	913	686	8.20	0.152	40.01	40.00	243.87	226.08
1493	973	1030	793	8.17	0.186	44.56	45.00	274.30	255.87
1708	1116	1151	900	8.16	0.238	49.47	50.00	306.12	286.90
1880	1277	1280	1007	8.04	0.260	52.48	55.00	330.90	316.80
2086	1462	1423	1116	7.94	0.316	55.87	60.00	357.51	348.96
2330 *	1663	1590	1291	-	-	-	65.00	-	-

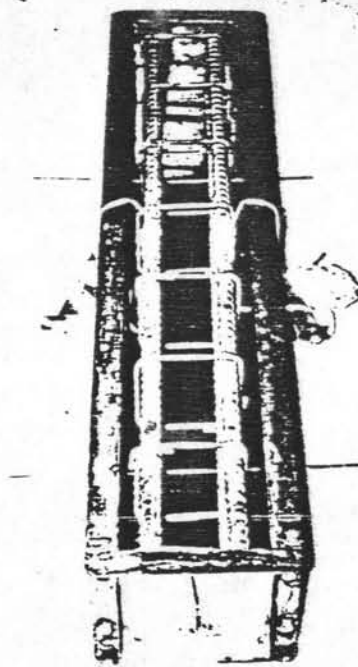
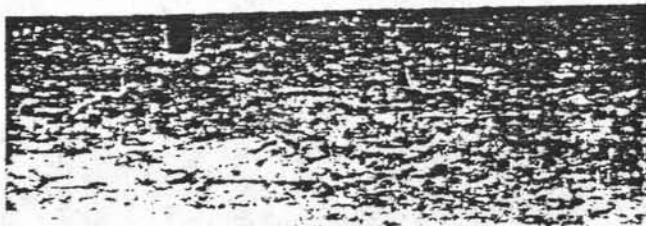
* ความเครียดเกินจากกราฟทำให้อ่านค่าหน่วยแรงไม่ได้

ตารางที่ 4.14 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวแกนและแรงดัด โดยวิธี
ACI, Nedderman และการทดลอง

ACI		Nedderman		ทดลอง	
$\frac{P}{bt f'_c}$	$\frac{M}{bt^2 f'_c}$	$\frac{P}{bt f'_c}$	$\frac{M}{bt^2 f'_c}$	$\frac{P}{bt f'_c}$	$\frac{M}{bt^2 f'_c}$
0.99	0	-	-	1.07	0
0.85	0.058	0.85	0.031	-	-
0.75	0.089	0.75	0.068	-	-
0.65	0.111	0.65	0.096	-	-
0.50	0.129	0.50	0.121	-	-
0.38	0.136	0.38	0.132	0.38	0.141
0.35	0.137	0.35	0.134	-	-
0.29	0.139	0.30	0.136	-	-
0.20	0.120	0.20	0.117	-	-
0.17	0.112	0.17	0.110	0.17	0.110
0.10	0.090	0.10	0.088	-	-
0.07	0.080	0.07	0.080	0.07	0.080
0	0.055	0	0.055	-	-

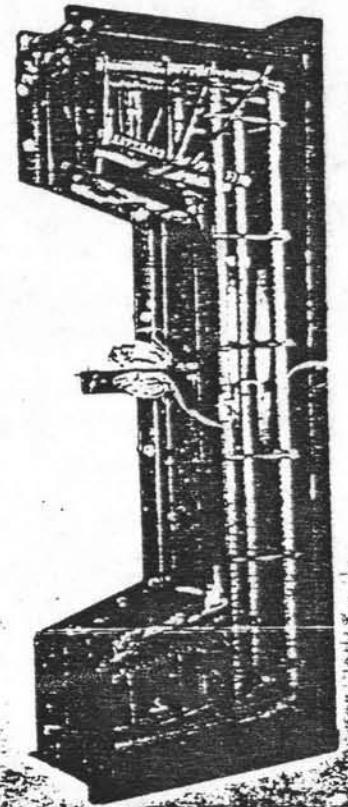


รูปที่ 2.1 ขนาดและการเสริมเหล็ก



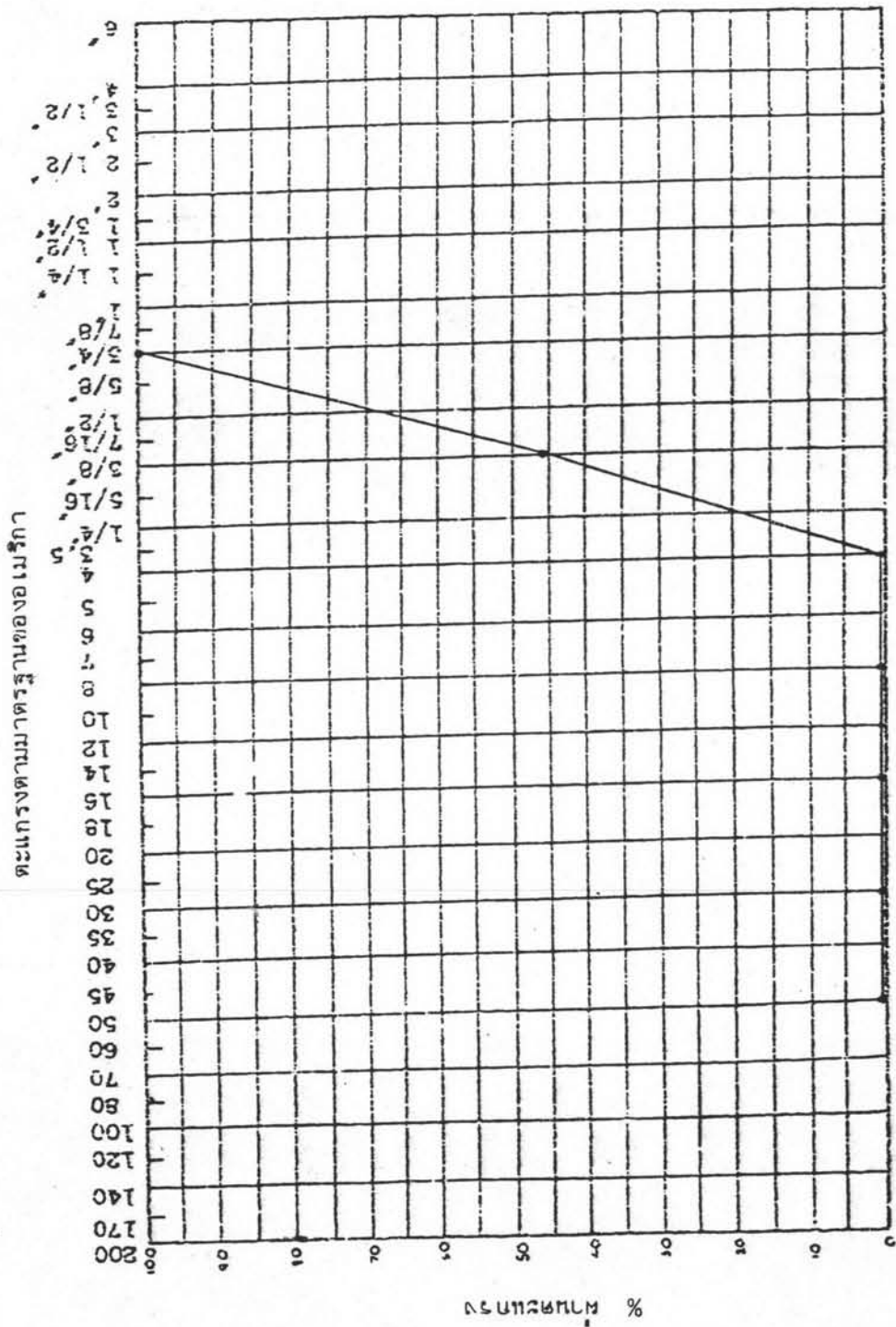
รูปที่ 2.2 ก.

แบบหล่อตัวอย่างทดสอบกลุ่มที่มีเหล็กเสริมยื่นเป็นตัวแปร

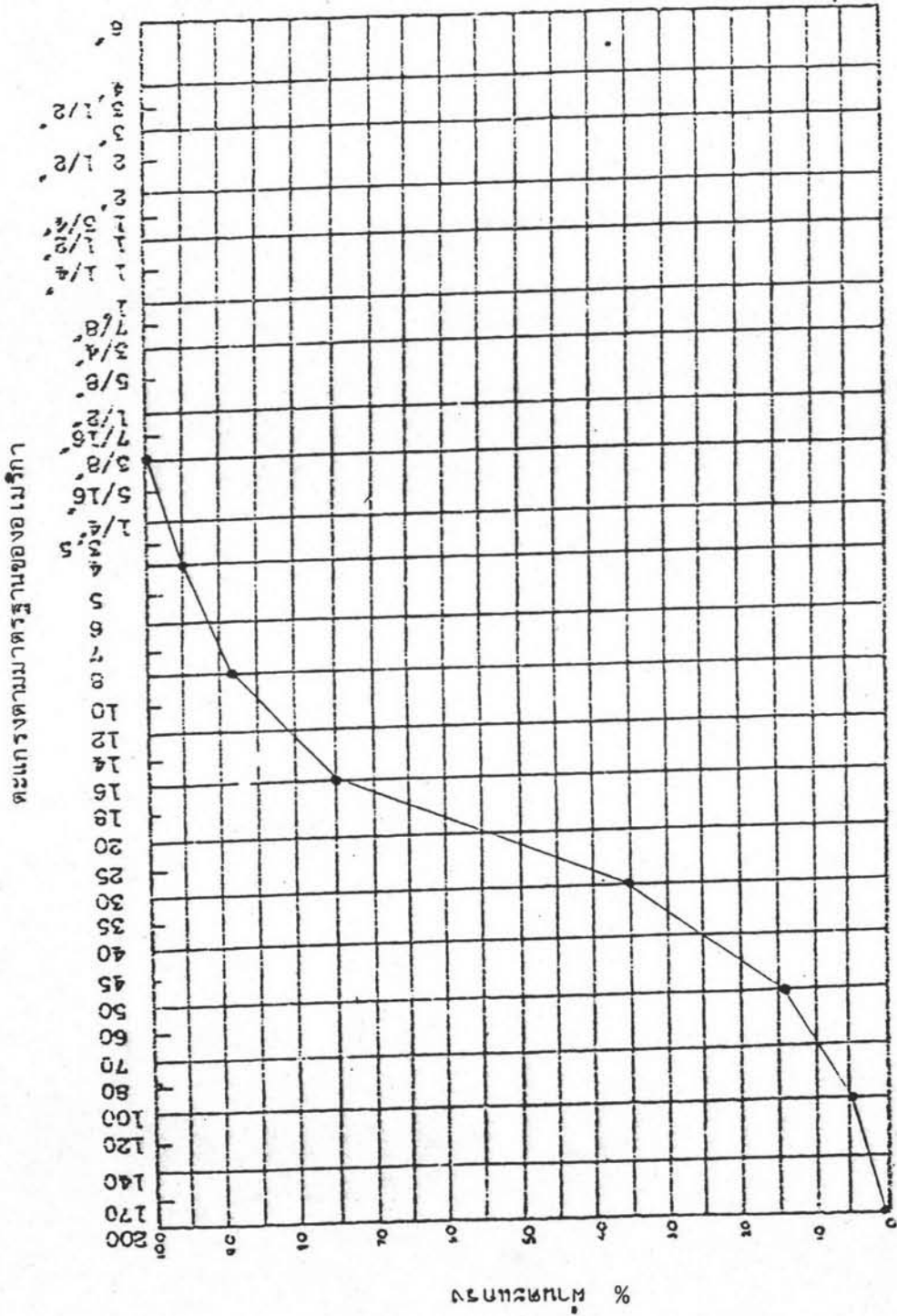


รูปที่ 2.2 ข.

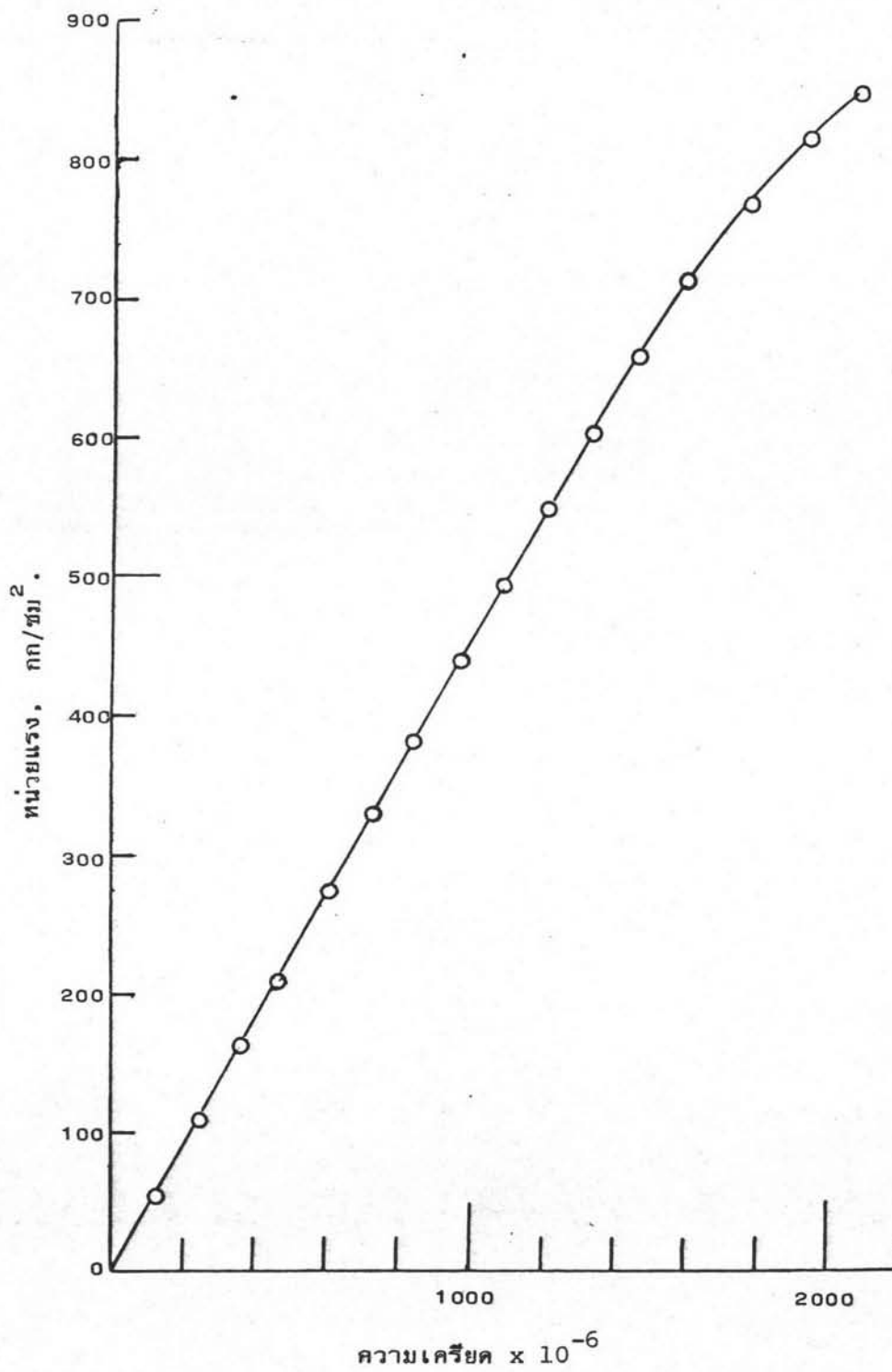
แบบหล่อตัวอย่างทดสอบกลุ่มที่มีการเยื้องศูนย์กลางของน้ำหนักบรรทุกเป็นตัวแปร



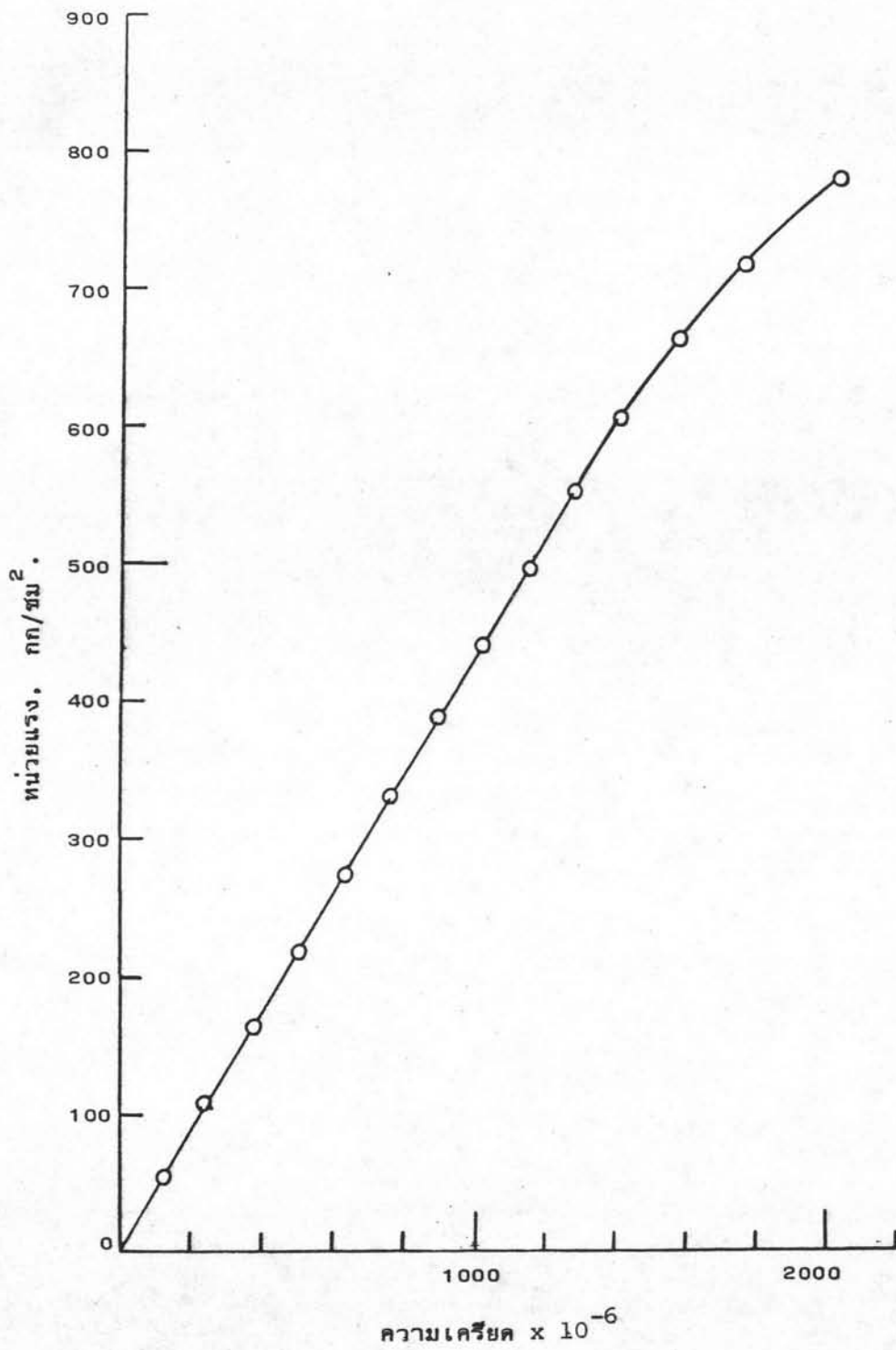
รูปที่ 2.3 ปริมาณและของกิน



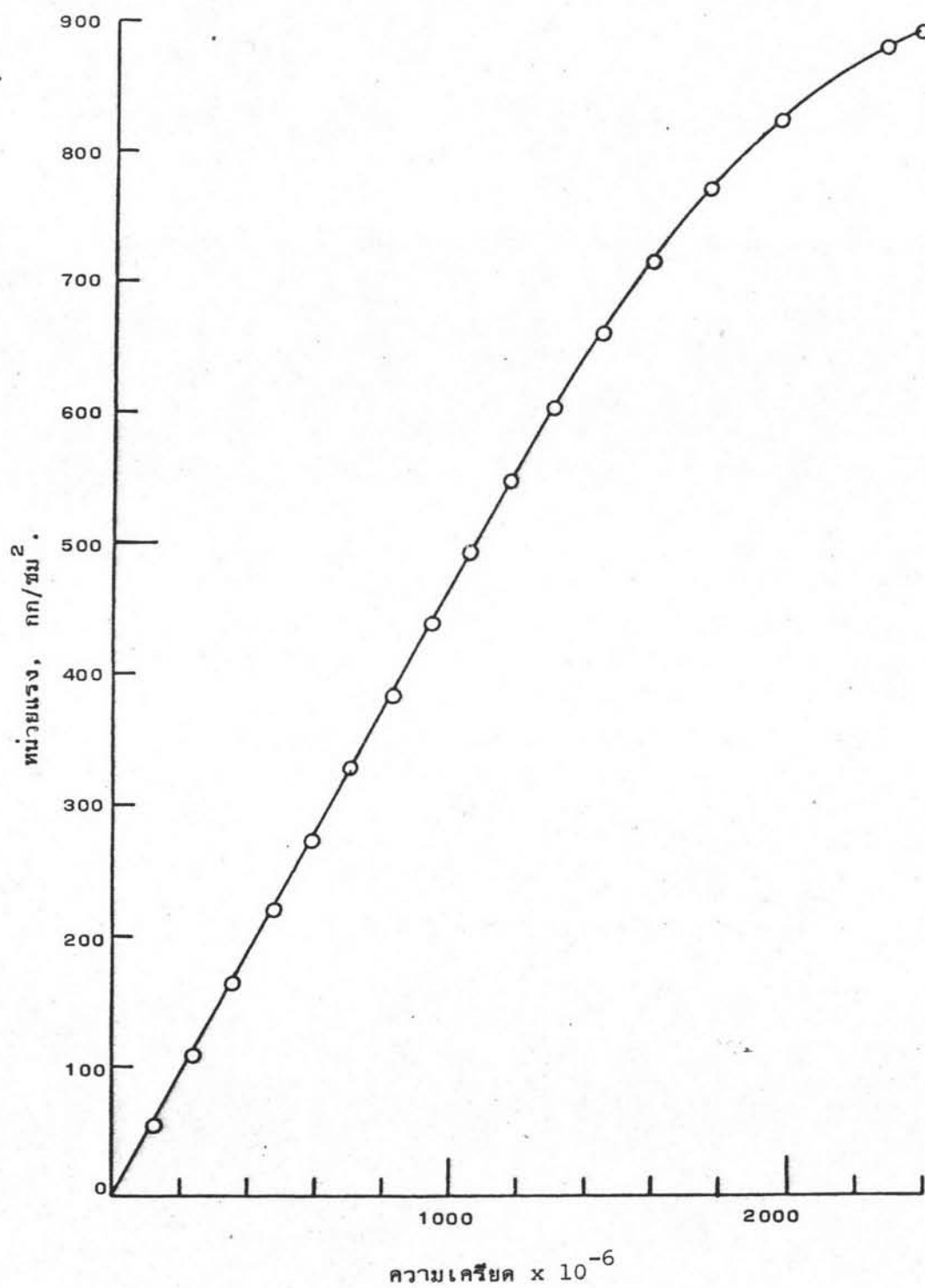
รูปที่ 2.4 ปริมาณตะกอนทราย



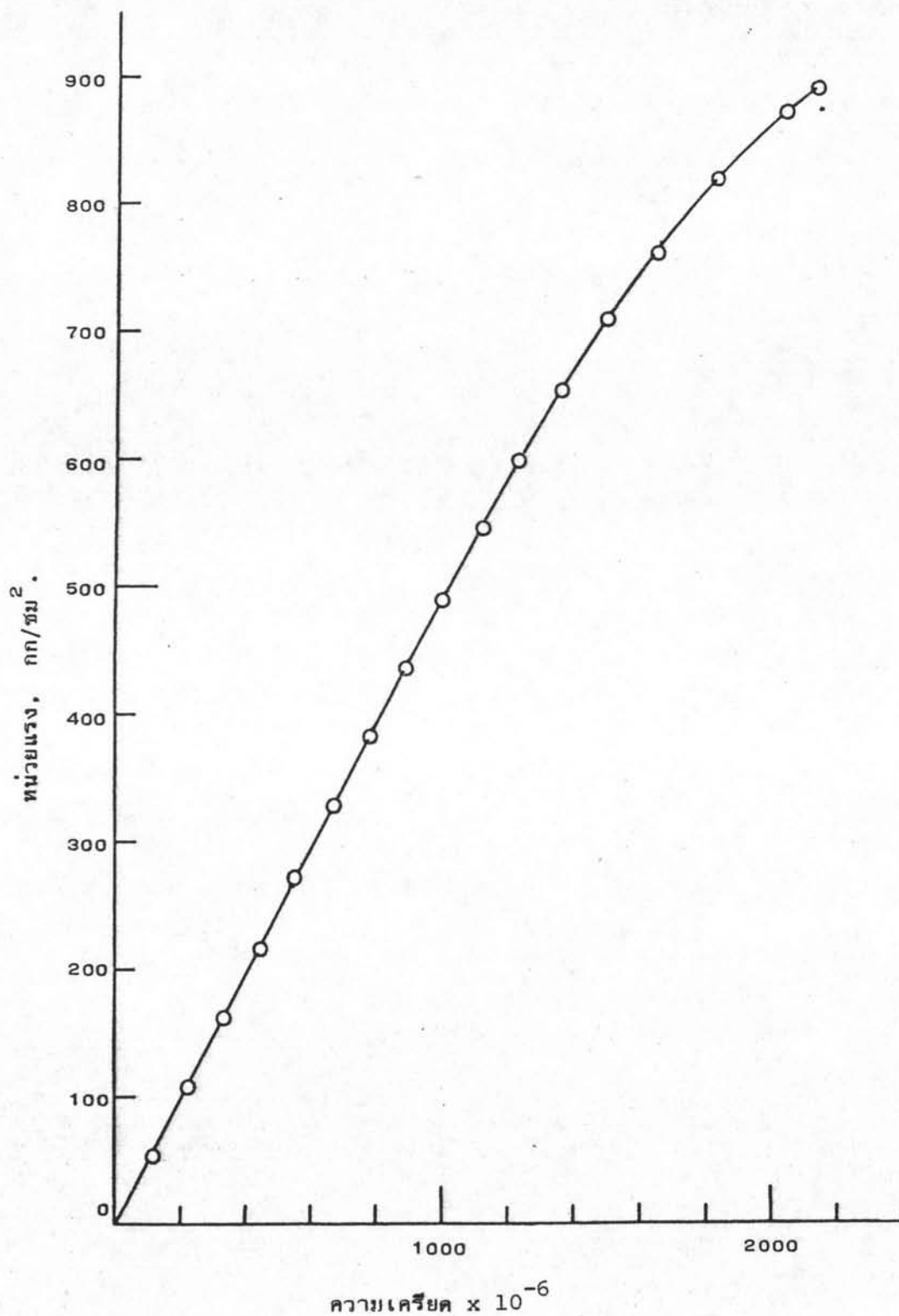
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเคียดของคอนกรีต
ทรงกระบอก ควบคุมตัวอย่างทดสอบ C-00, C-12 และ C-16



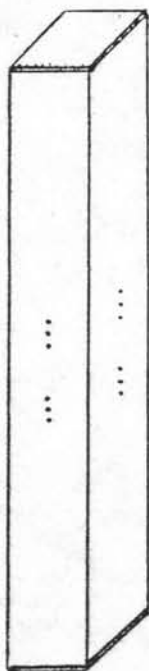
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเคียดของคอนกรีต
ทรงกระบอก ความคุมตัวอย่างทดสอบ C-20, C-25 และ C-28



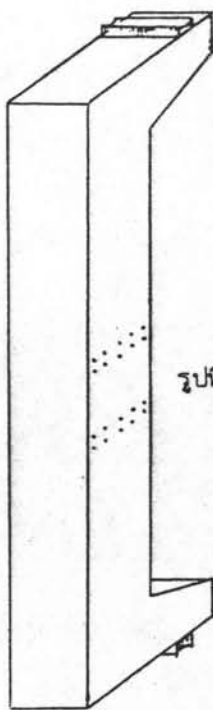
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีต
ทรงกระบอก ควบคุมตัวอย่างทดสอบ CE 000 และ CE ∞



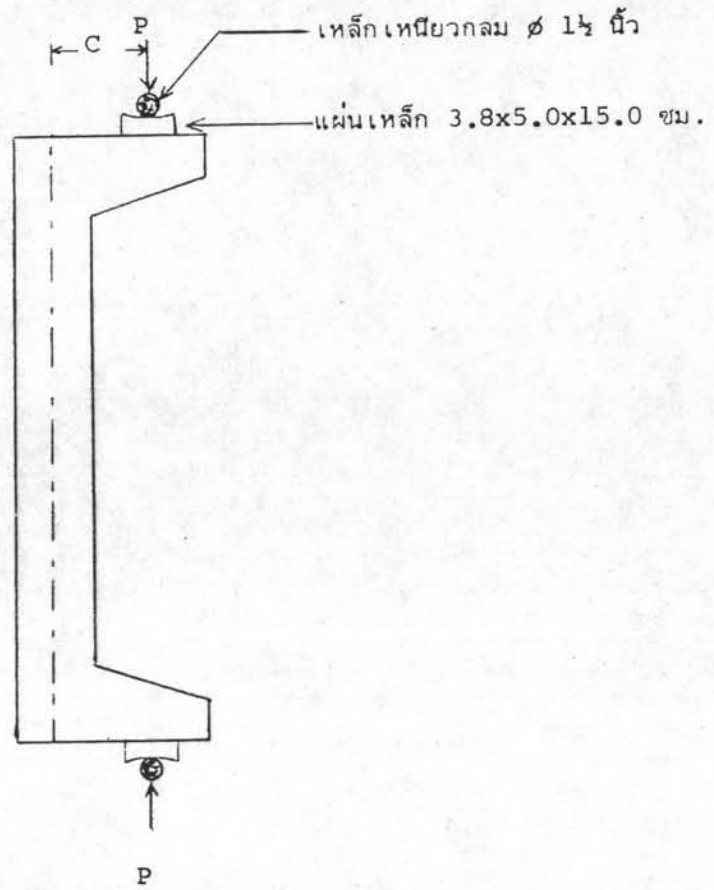
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีต
ทรงกระบอก คาบคุมตัวอย่างทดสอบ CE 055, CE 095 และ CE 165



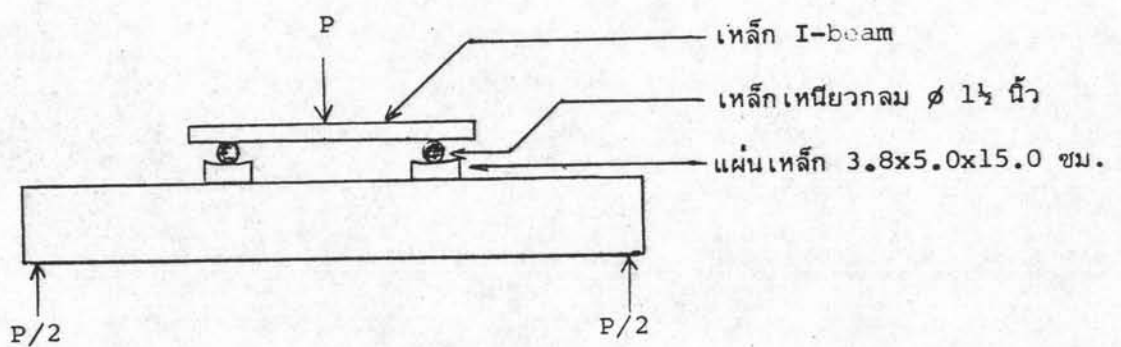
รูปที่ 3.1ก การติดเม็ดกระดุมสำหรับ
ตัวอย่างทดสอบที่มี เหล็ก เสริมยีน
เป็นตัวอย่าง



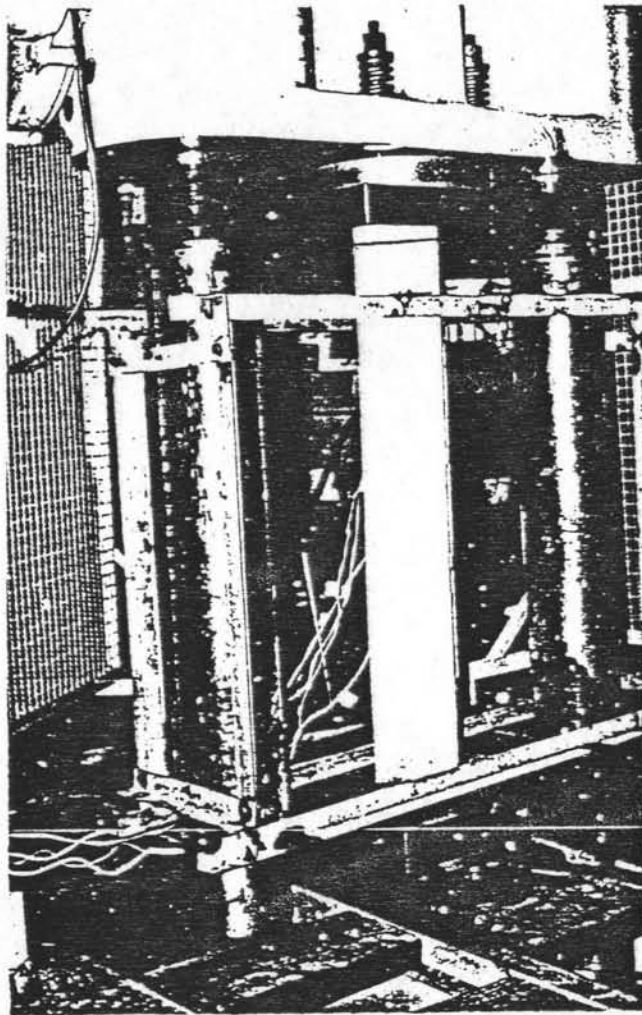
รูปที่ 3.1ข การติดเม็ดกระดุม
สำหรับตัวอย่างทดสอบที่มี
การเยื้องศูนย์ของน้ำหนัก
บรรทุก เป็นตัวอย่าง



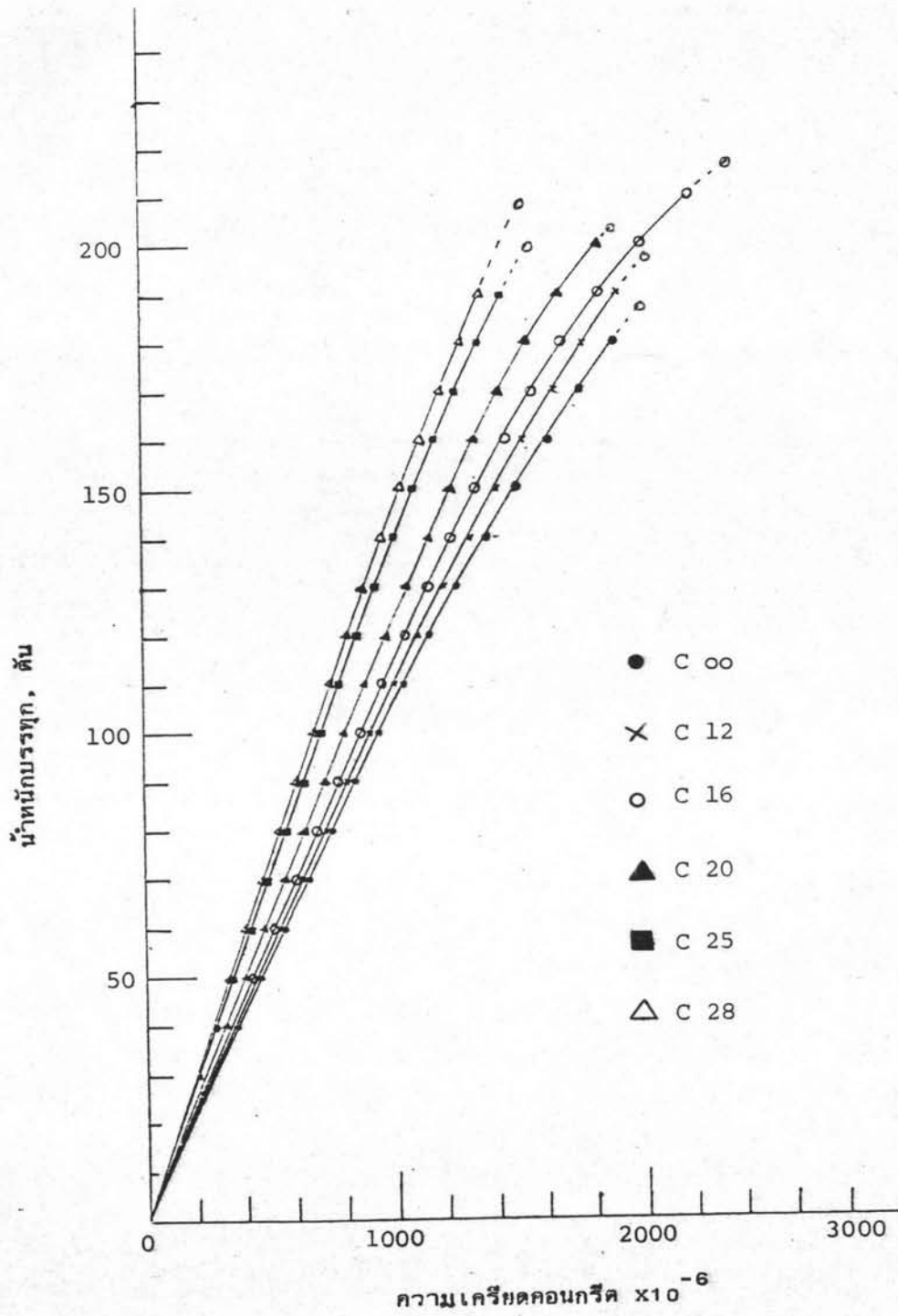
รูปที่ 3.2 การจัดน้ำหนักบรรทุกเป็นแบบคมมีดของตัวอย่างทดสอบที่มีการ
เยื้องศูนย์ของน้ำหนักบรรทุก เป็นตัวแปร



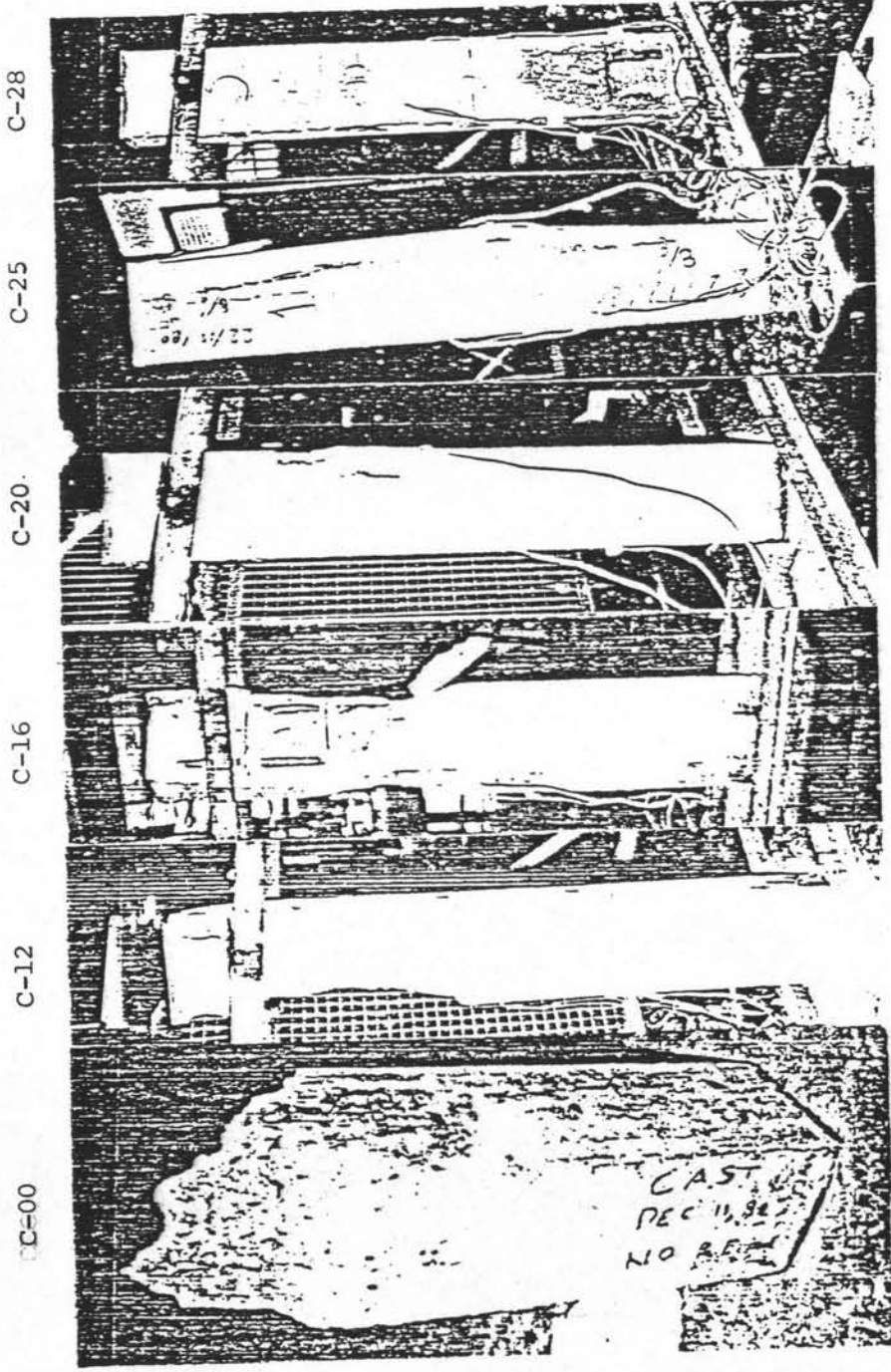
รูปที่ 3.3 การจัดน้ำหนักบรรทุกเป็นแบบคมมีดของตัวอย่างทดสอบที่มีการ
เยื้องศูนย์ของน้ำหนักบรรทุก ∞



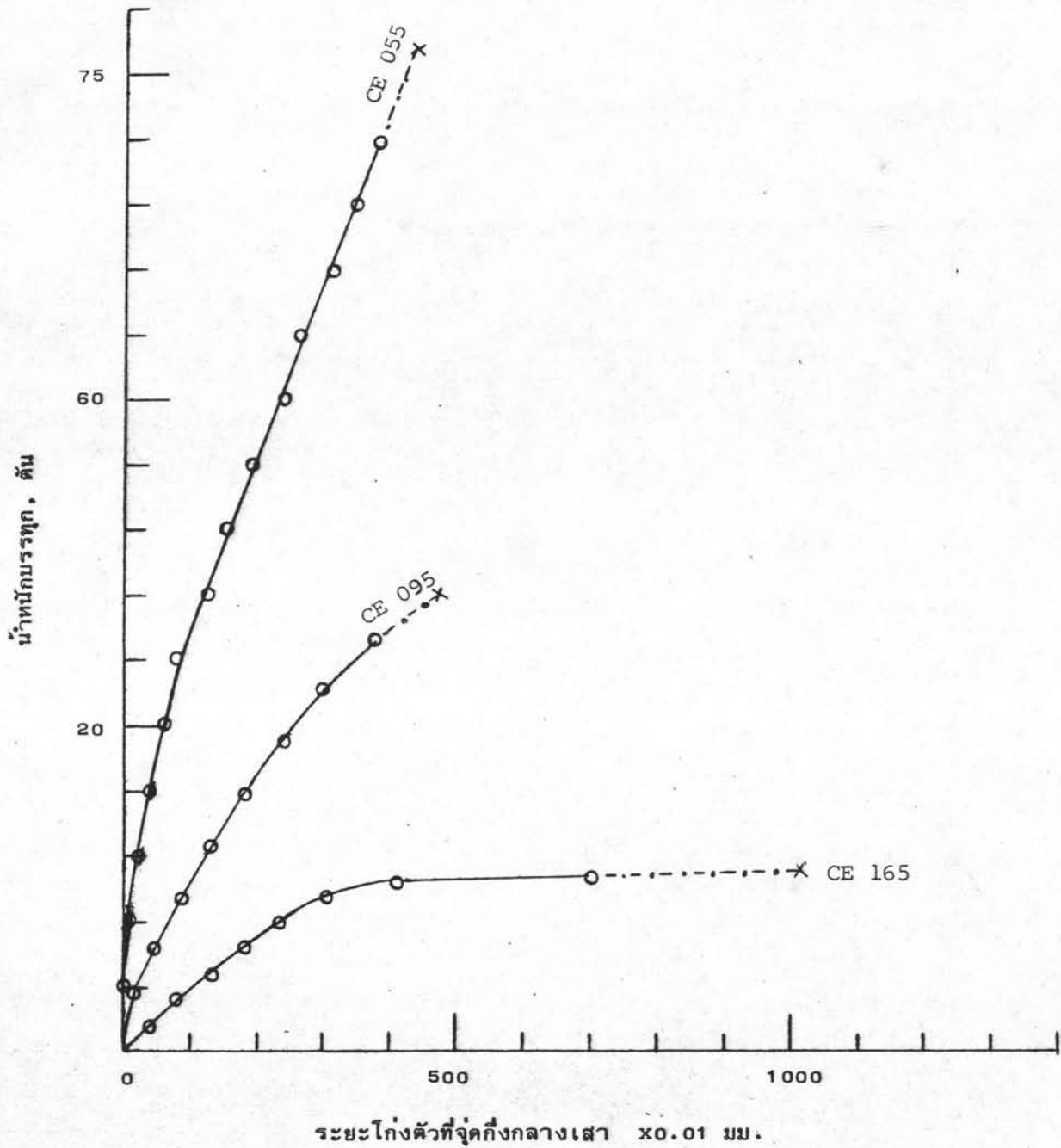
รูปที่ 3.4 โครงเหล็กป้องกันเสาเข็ม



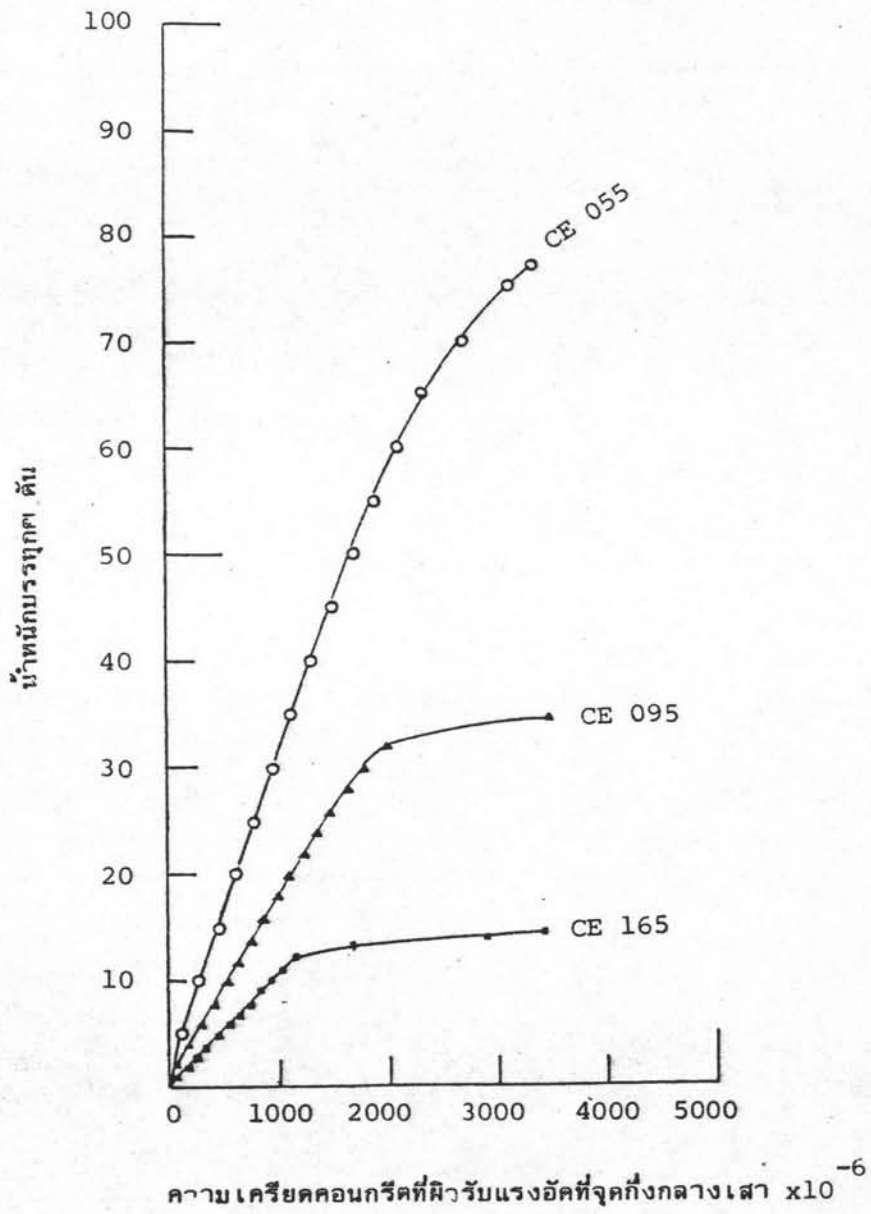
รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุกับความเค้นอัด



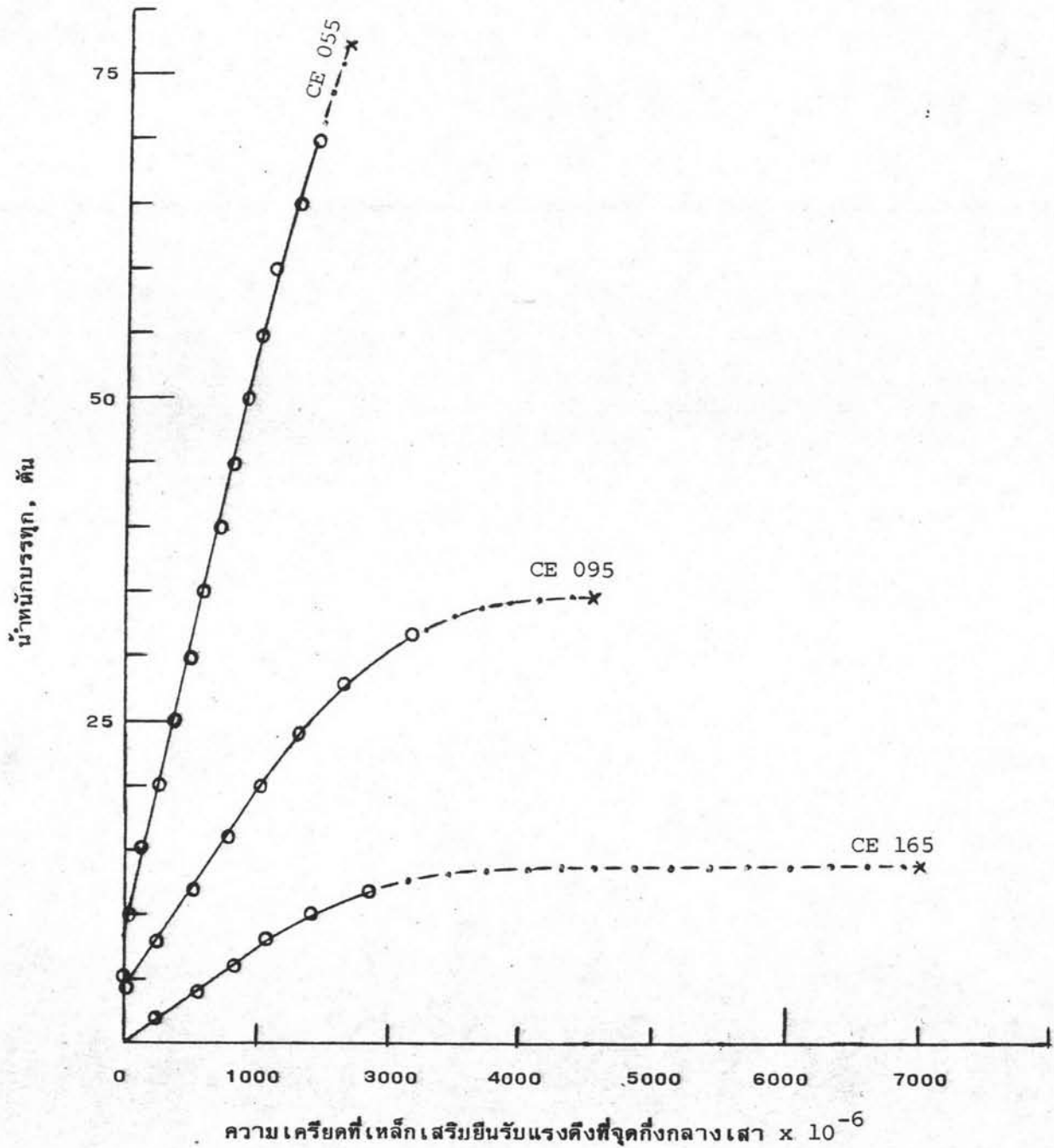
รูปที่ 3.6 ลักษณะการวิบัติของเสารับน้ำหนักบรรทุกตรงศูนย์



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับการโค้งตัวที่จุดกึ่งกลางเสารับน้ำหนักบรทุกเชิงศูนย์



รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความเครียด
คอนกรีตที่ผิวรับแรงอัดที่จุดกึ่งกลางเสา



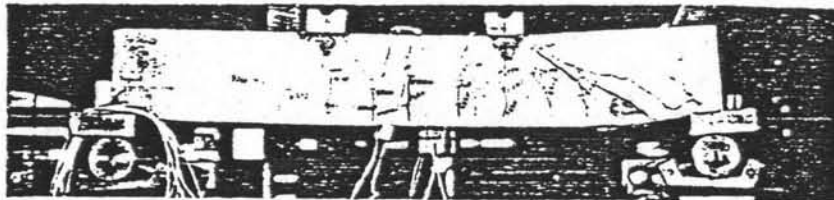
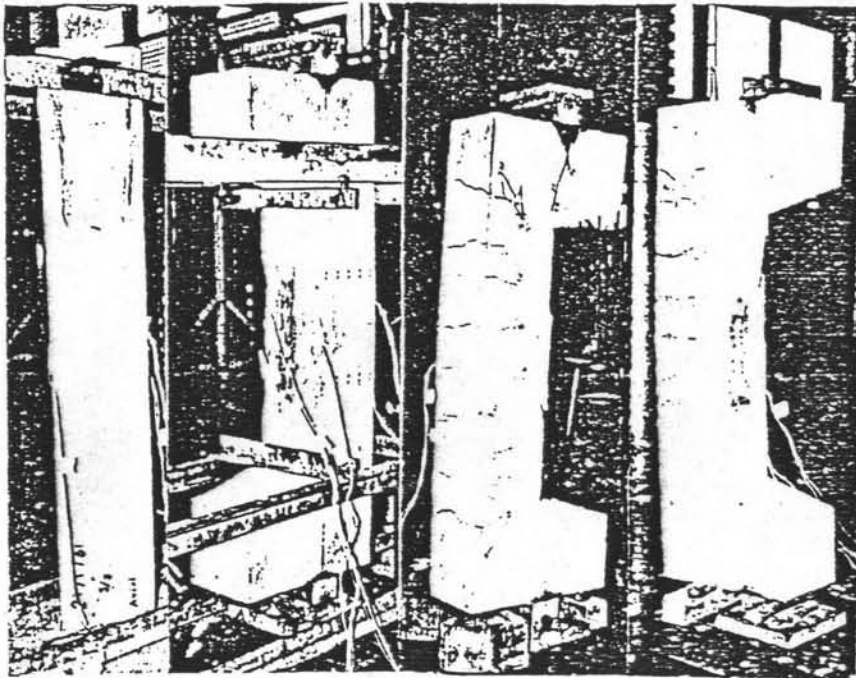
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดที่เหล็กเสริมรับแรงดึง

CE 000

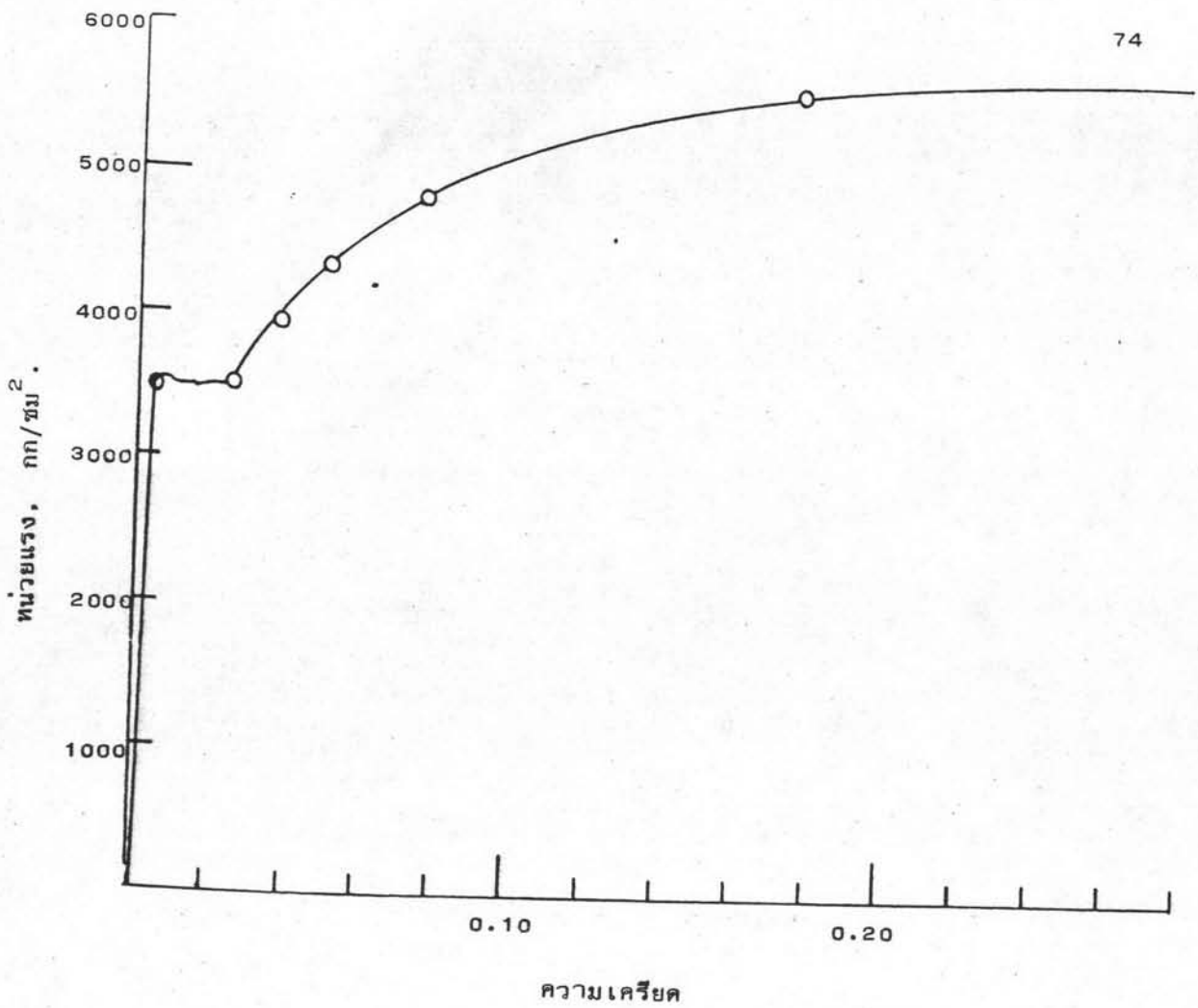
CE 055

CE 095

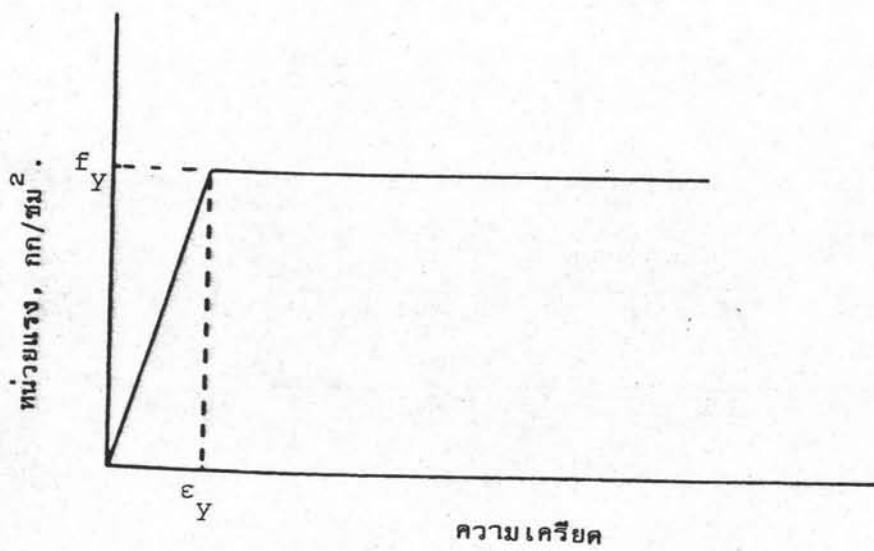
CE 165



รูปที่ 3.10 ลักษณะการวิบัติของเสารับน้ำหนักบรทุกเชียงใหม่



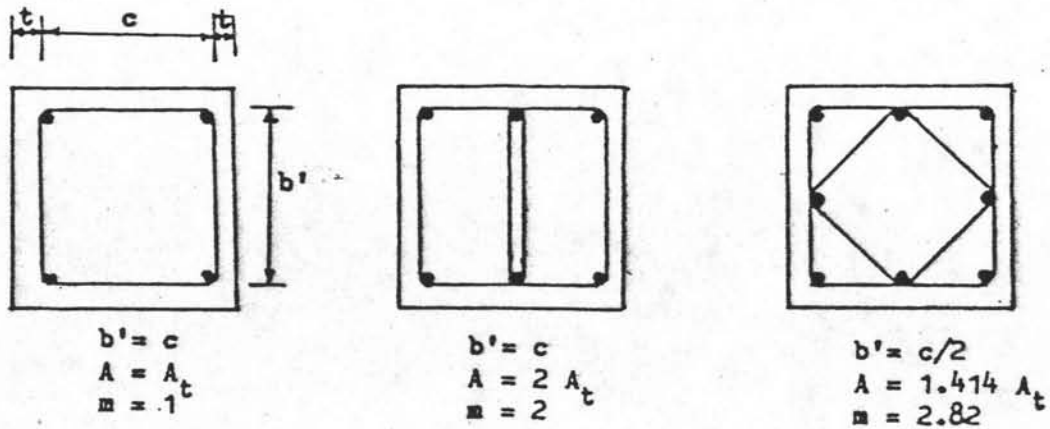
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กยี่ห้อ 16 มม.



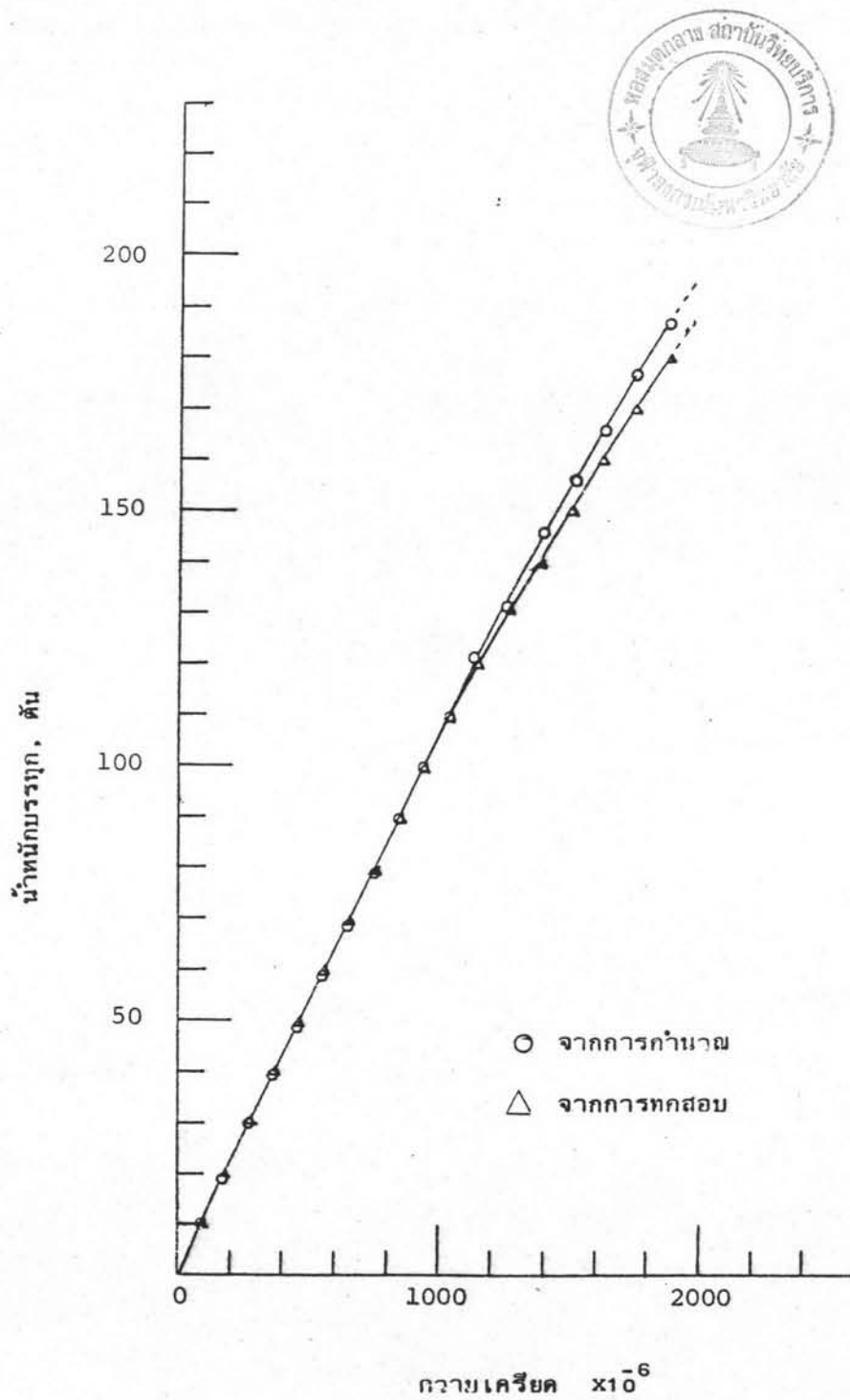
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริมชนิดแบบเสมือน (Idealize)

	(ก)	(ข)	(ค)	(ง)	(จ)	(ฉ)
ลักษณะการโก่งงอของเสา แสดงโดยเส้นประ						
ค่า k ตามทฤษฎี	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
ค่า k ที่ใช้ในการออกแบบ	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
สัญชาตลักษณ์ของ การยึดปลาย		การหมุนที่ปลายเสา		การเคลื่อนที่ของปลายเสา		
		ไม่	ไม่	ไม่		
	ไม่	ไม่	ไม่			
	ไม่	ไม่	ไม่			
	ไม่	ไม่	ไม่			
	ไม่	ไม่	ไม่			

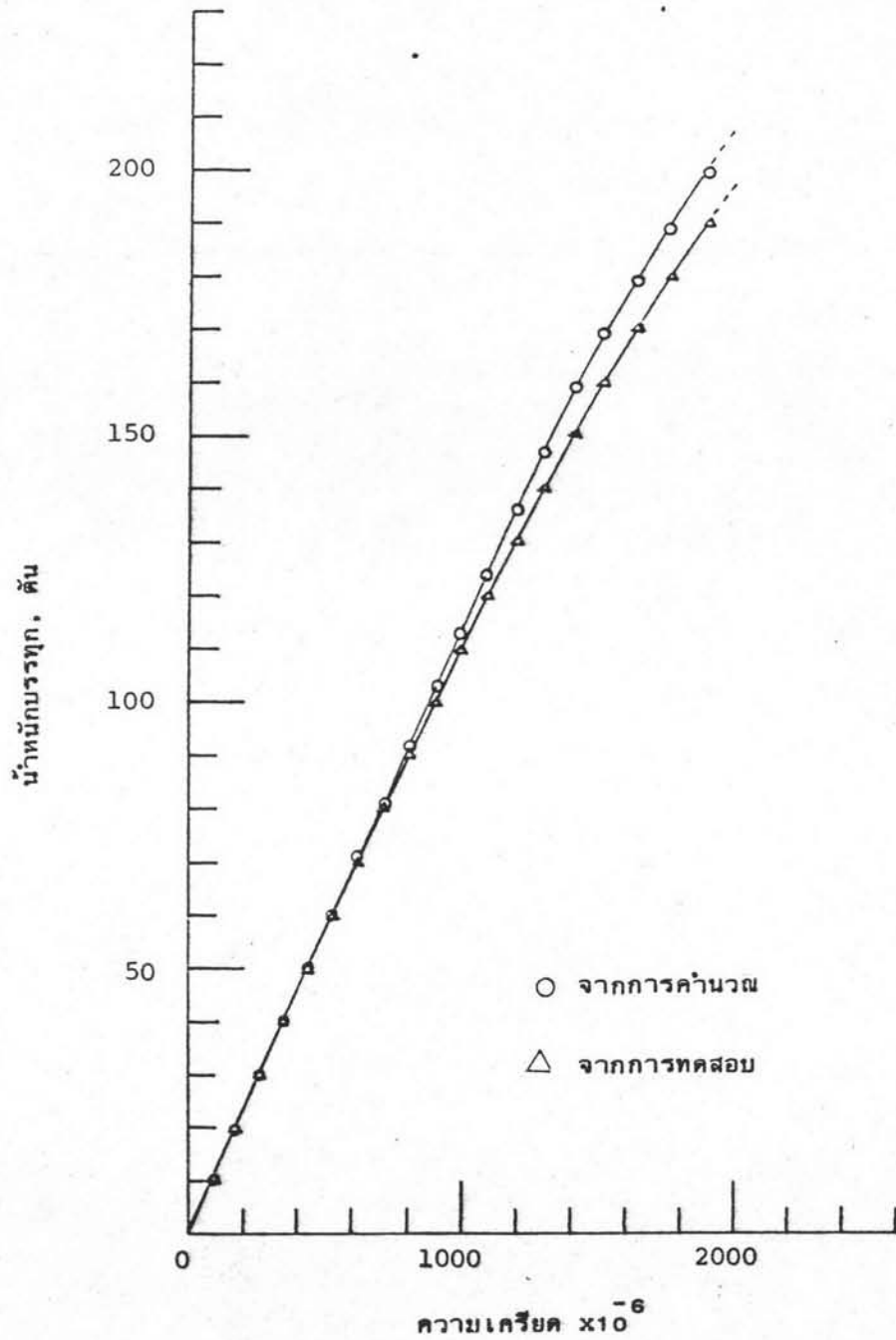
รูปที่ 4.3 ค่า k



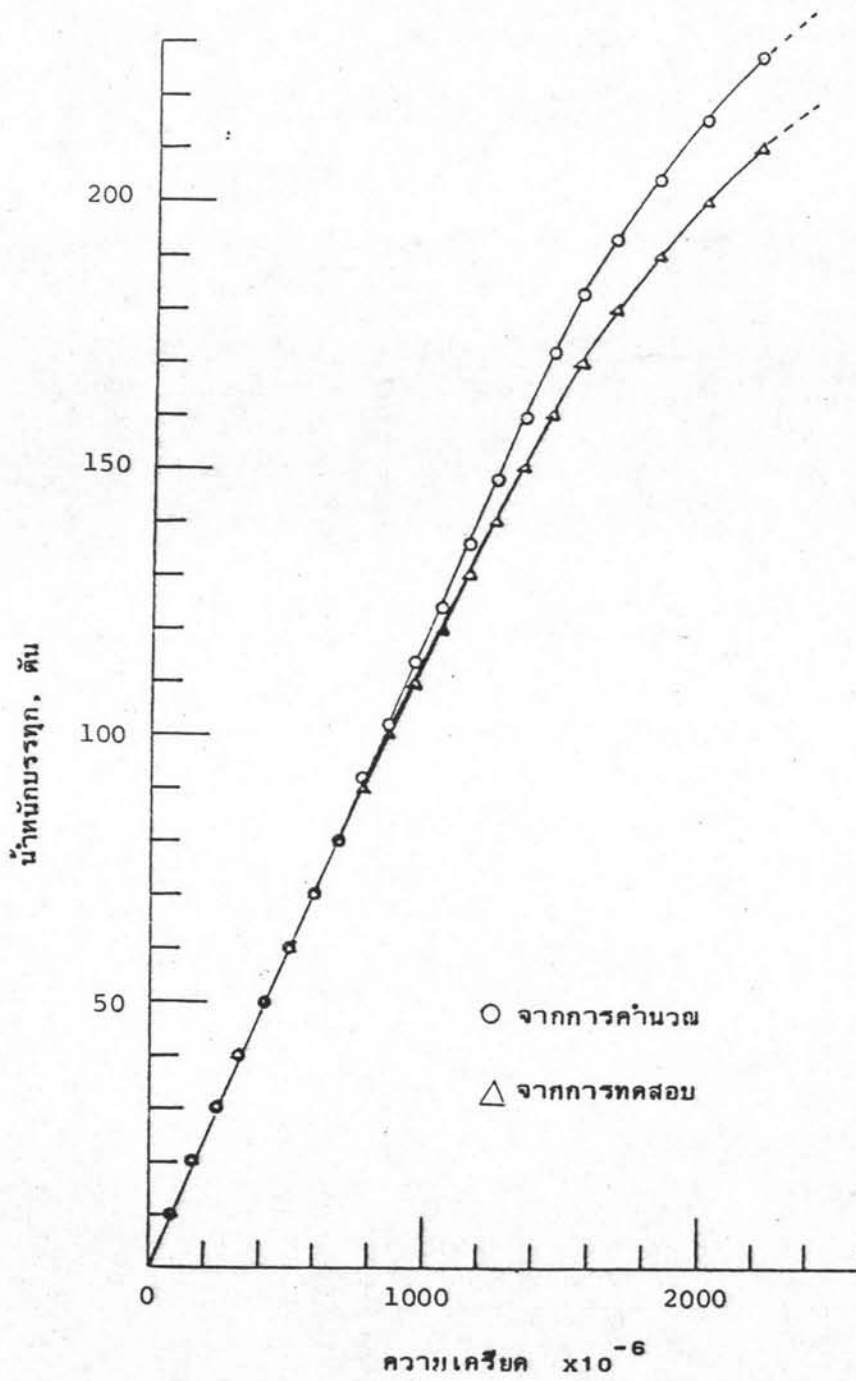
รูปที่ 4.4 ค่า c และ m



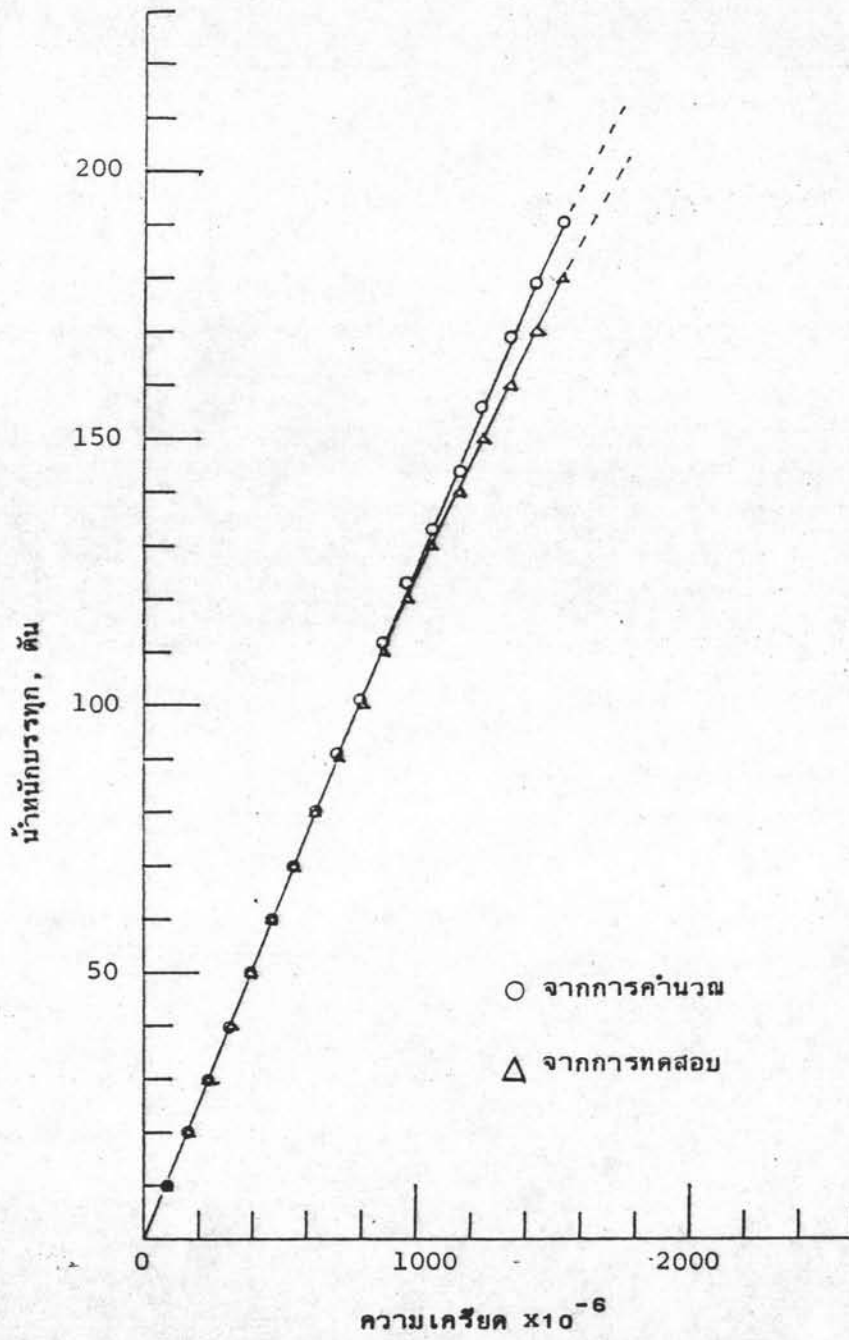
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักรวมที่ได้จากการคำนวณ
และจากการทดสอบ ของเสา C-00



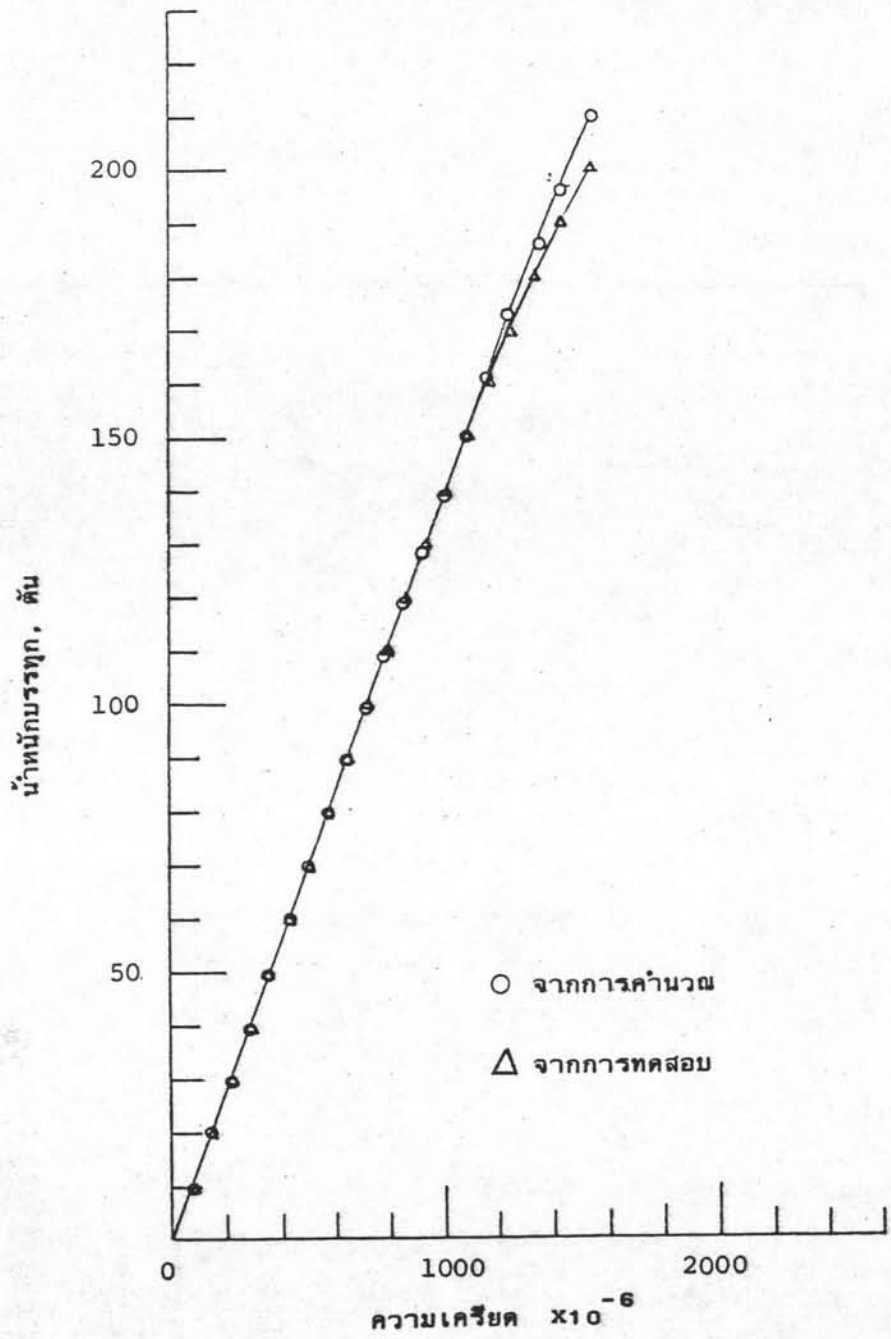
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักบรรจุที่ได้จากการคำนวณ
และจากการทดสอบ ของเสา C-12



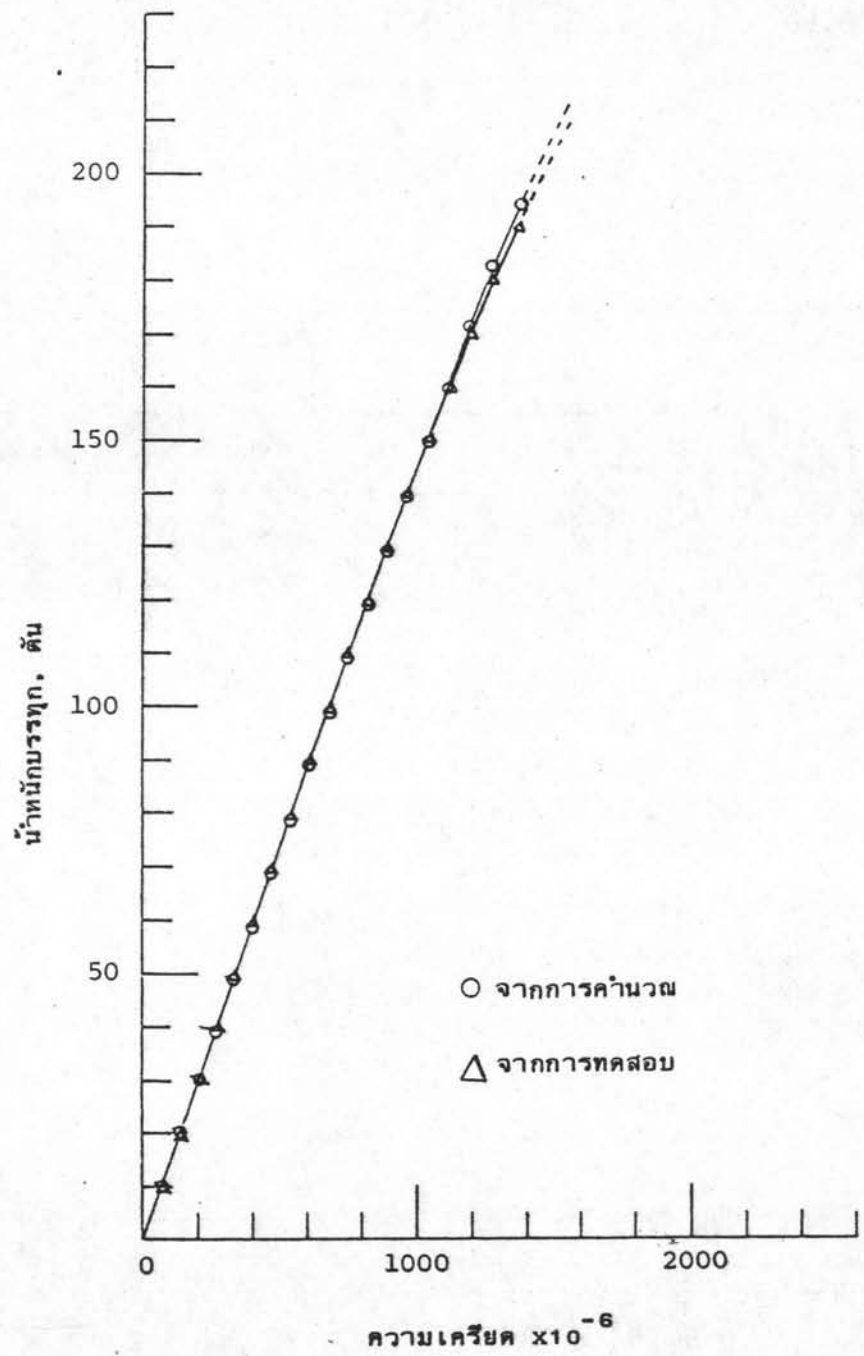
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักบรรจุที่ได้จากการคำนวณ
และจากการทดสอบ ของเสา C-16



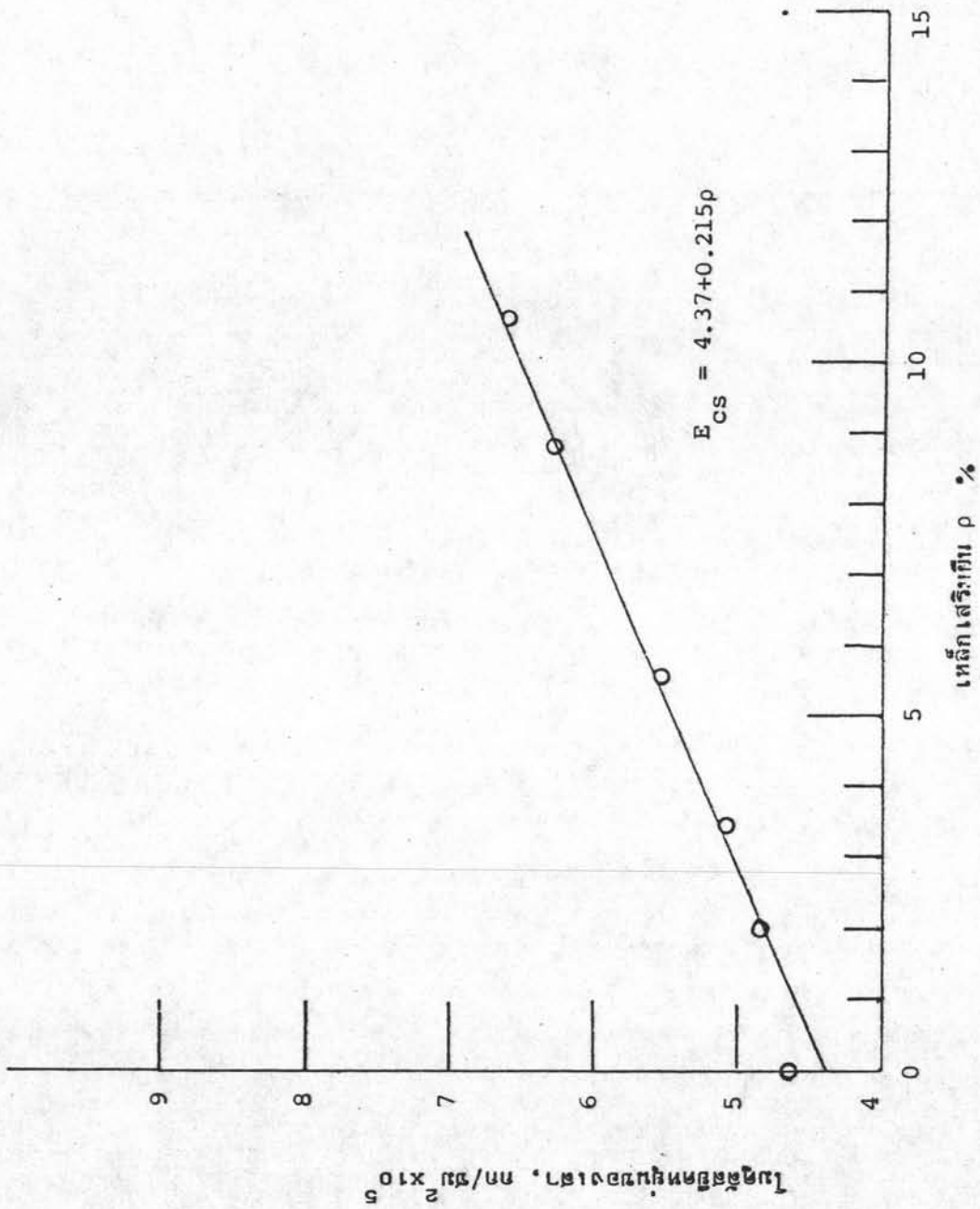
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักบรรจุที่ได้จากการคำนวณ
และจากการทดสอบ ของเสา C-20



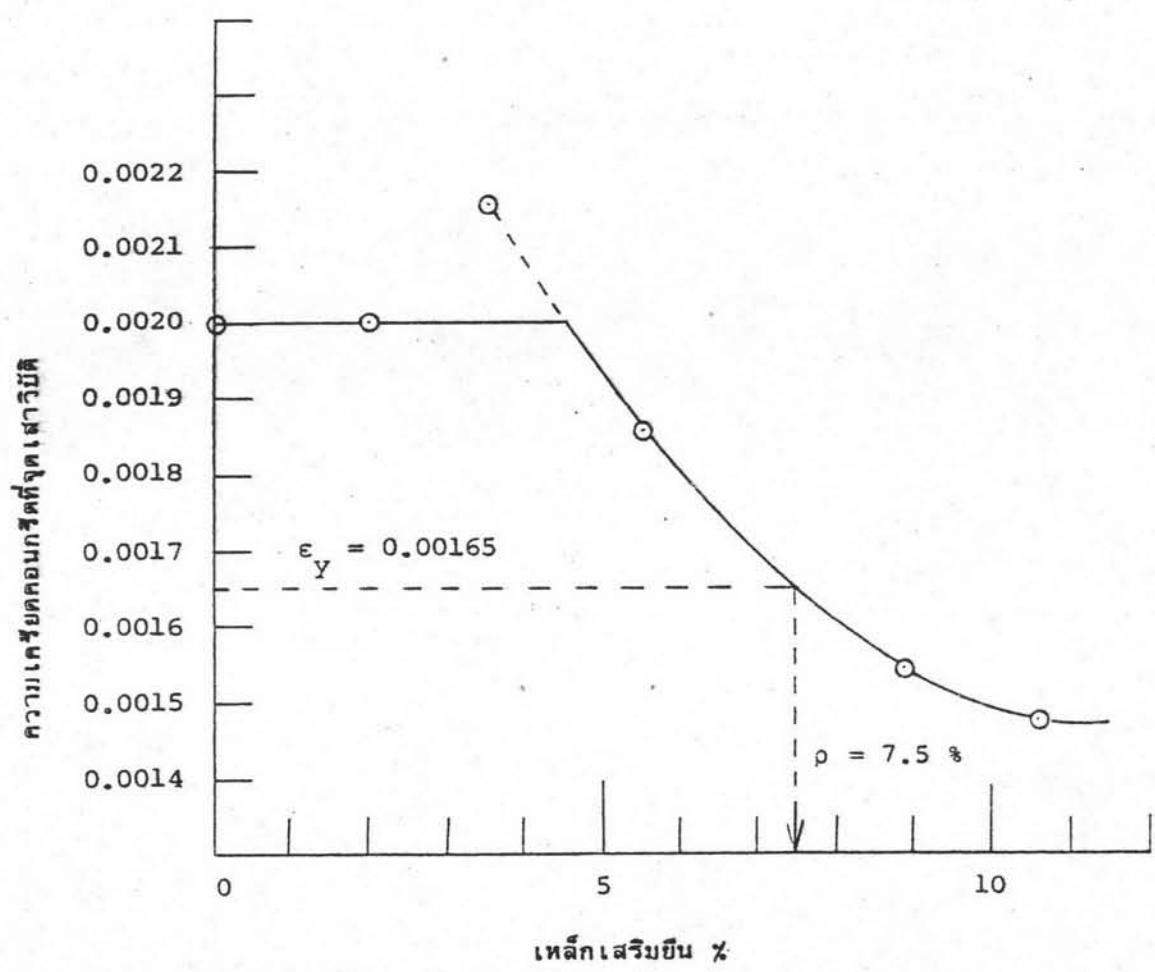
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักบรรจุที่ได้จากการคำนวณ
และจากการทดสอบ ของเสา C-25



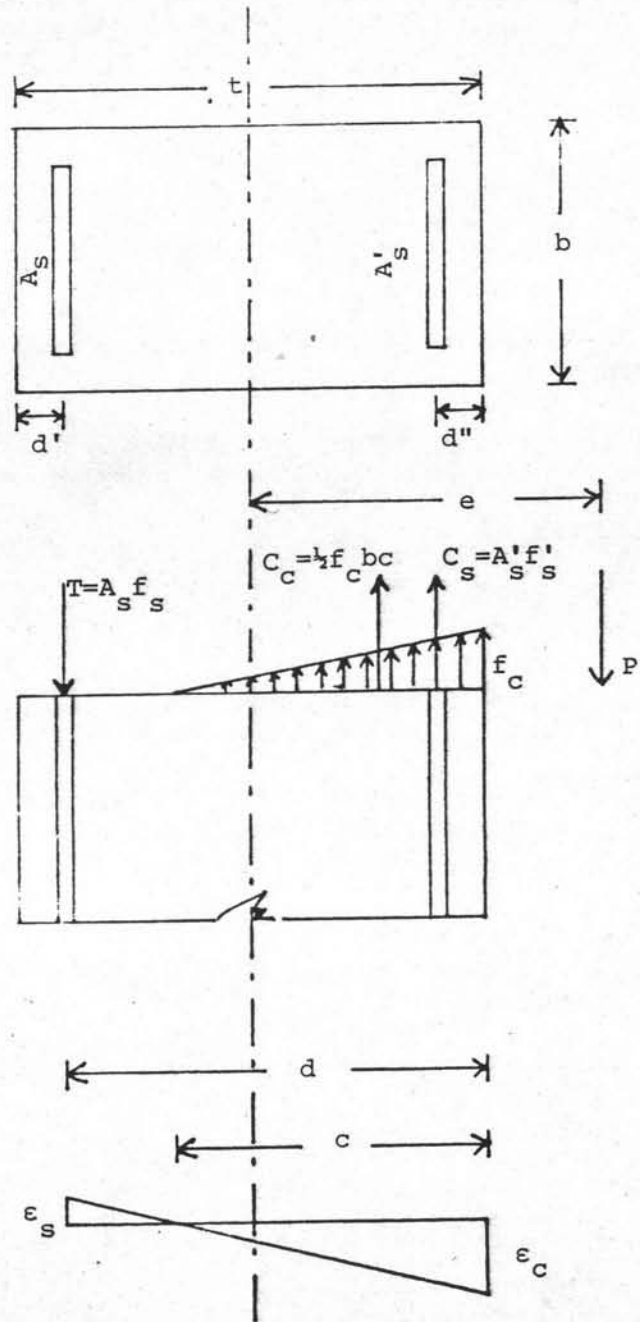
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักรวมที่ได้จากการคำนวณ และจากการทดสอบ ของเสา C-28



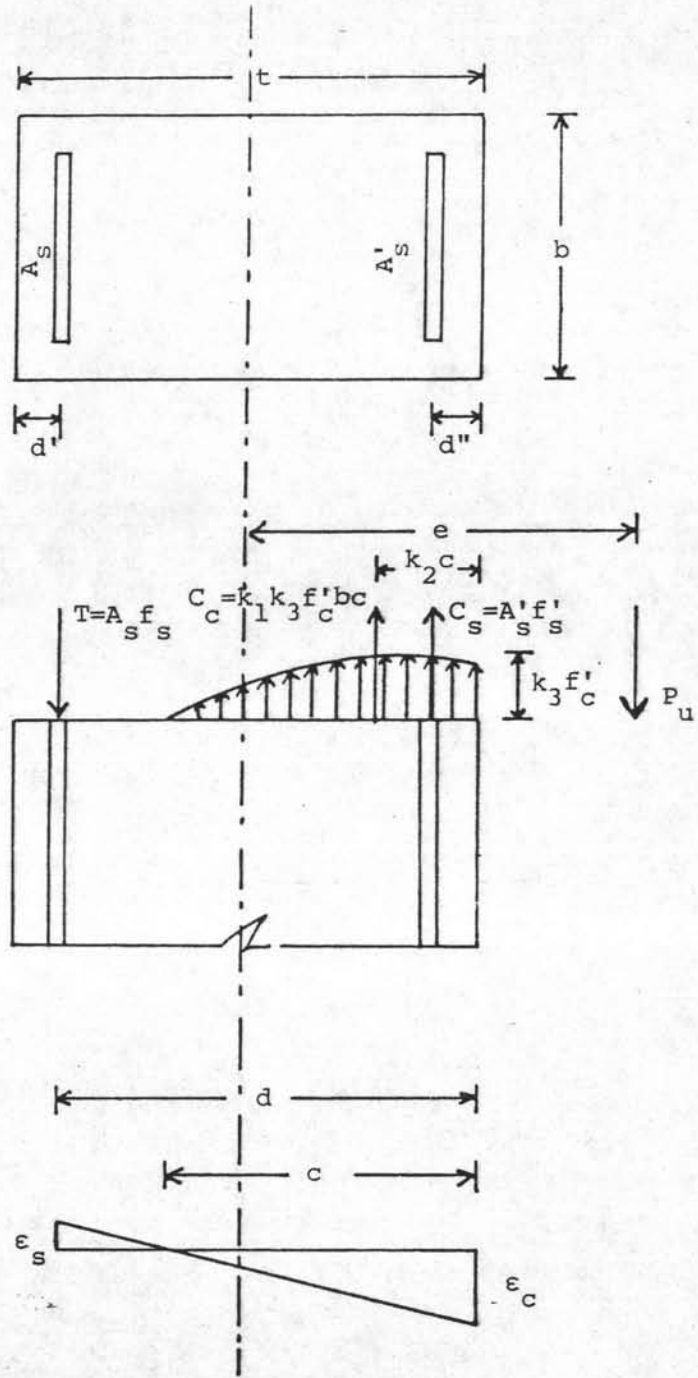
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นกับเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริม



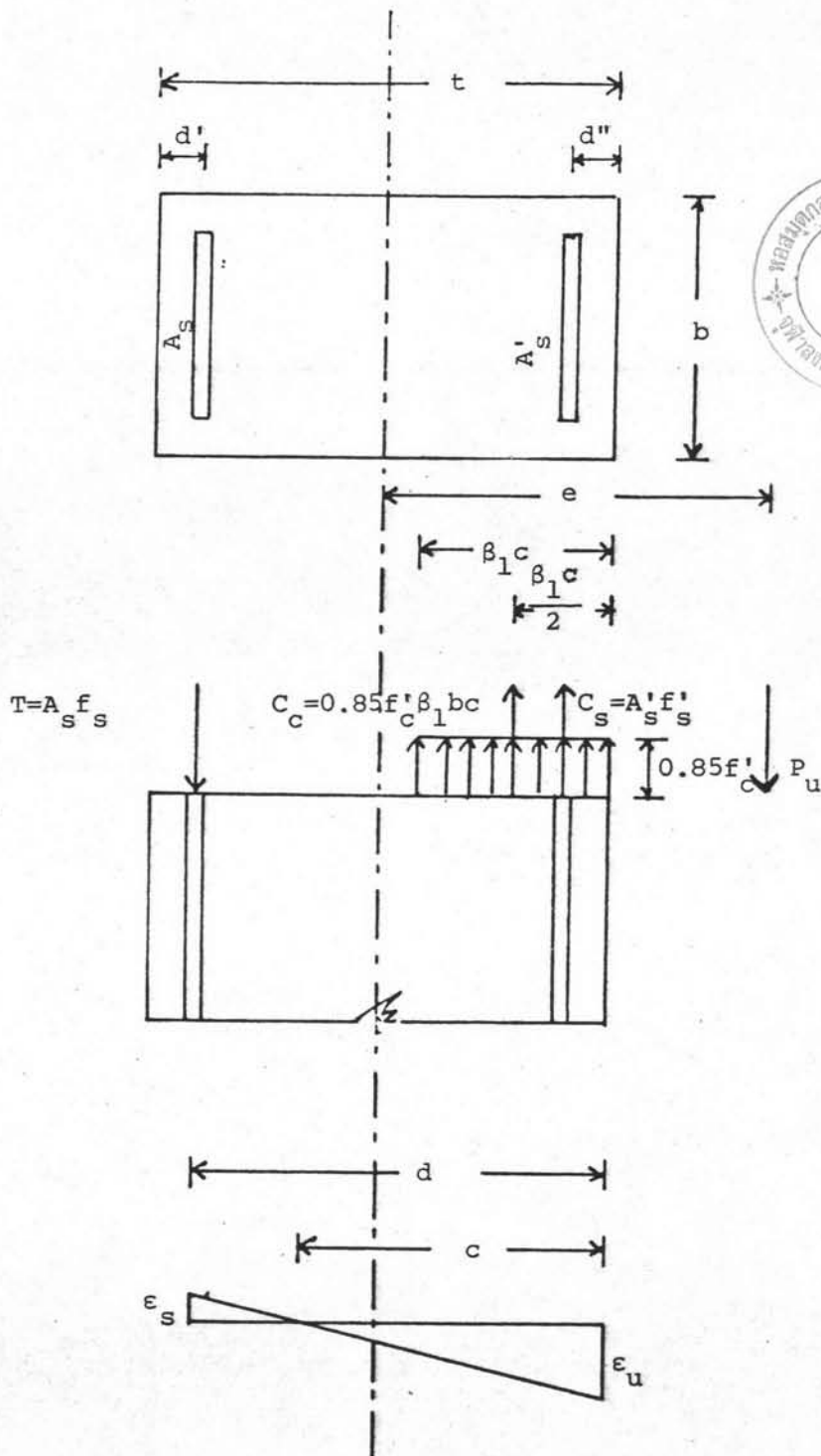
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมยื่นกับความเค้นคดของกรวดที่จุดเสาวิมิต



รูปที่ 4.13 การกระจายแรงและความเค้นตามทฤษฎีอีลาสติค

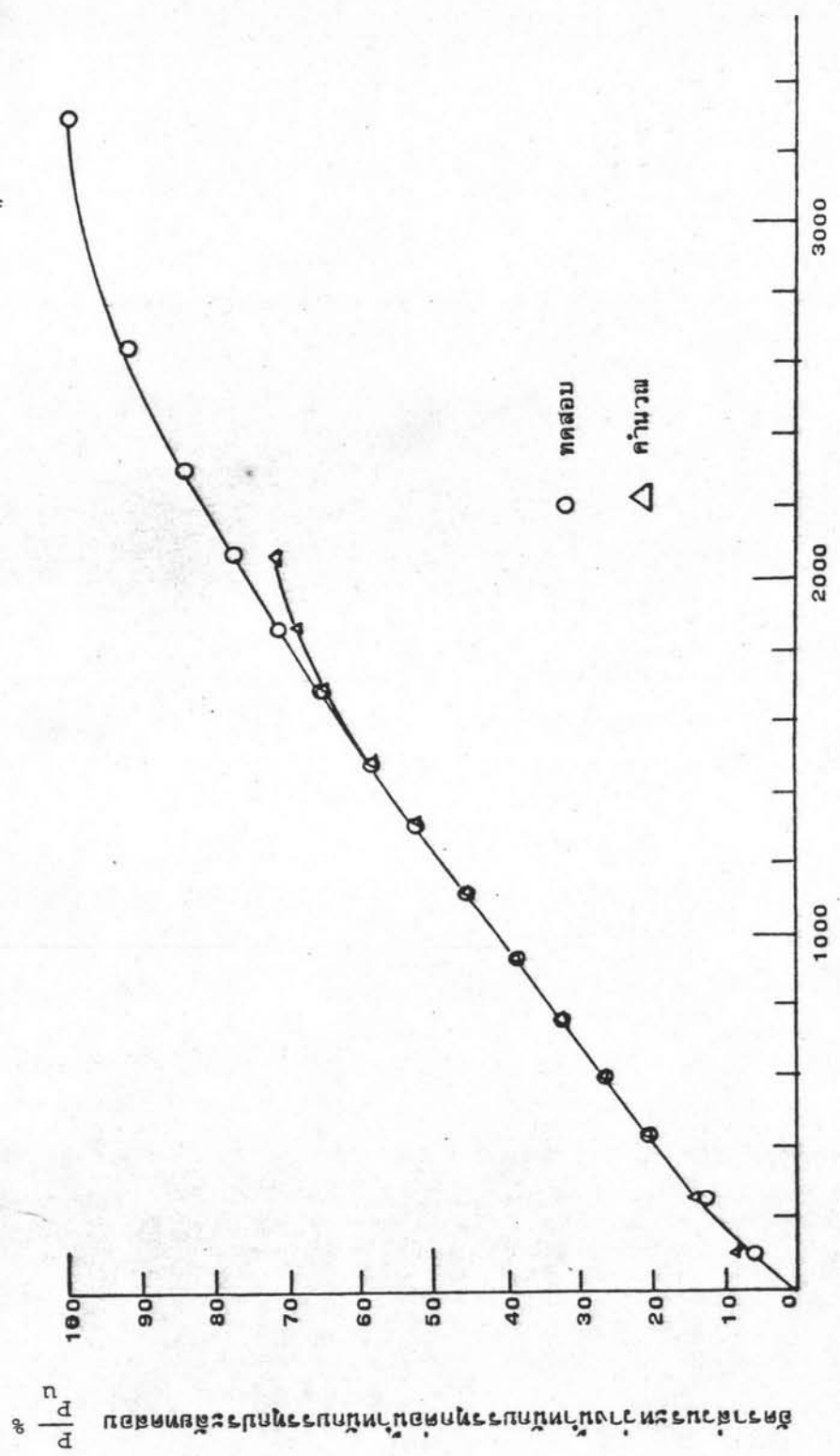


รูปที่ 4.14 การกระจายแรงและความเครียดตามทฤษฎีประ
ประลัยของ Nedderman

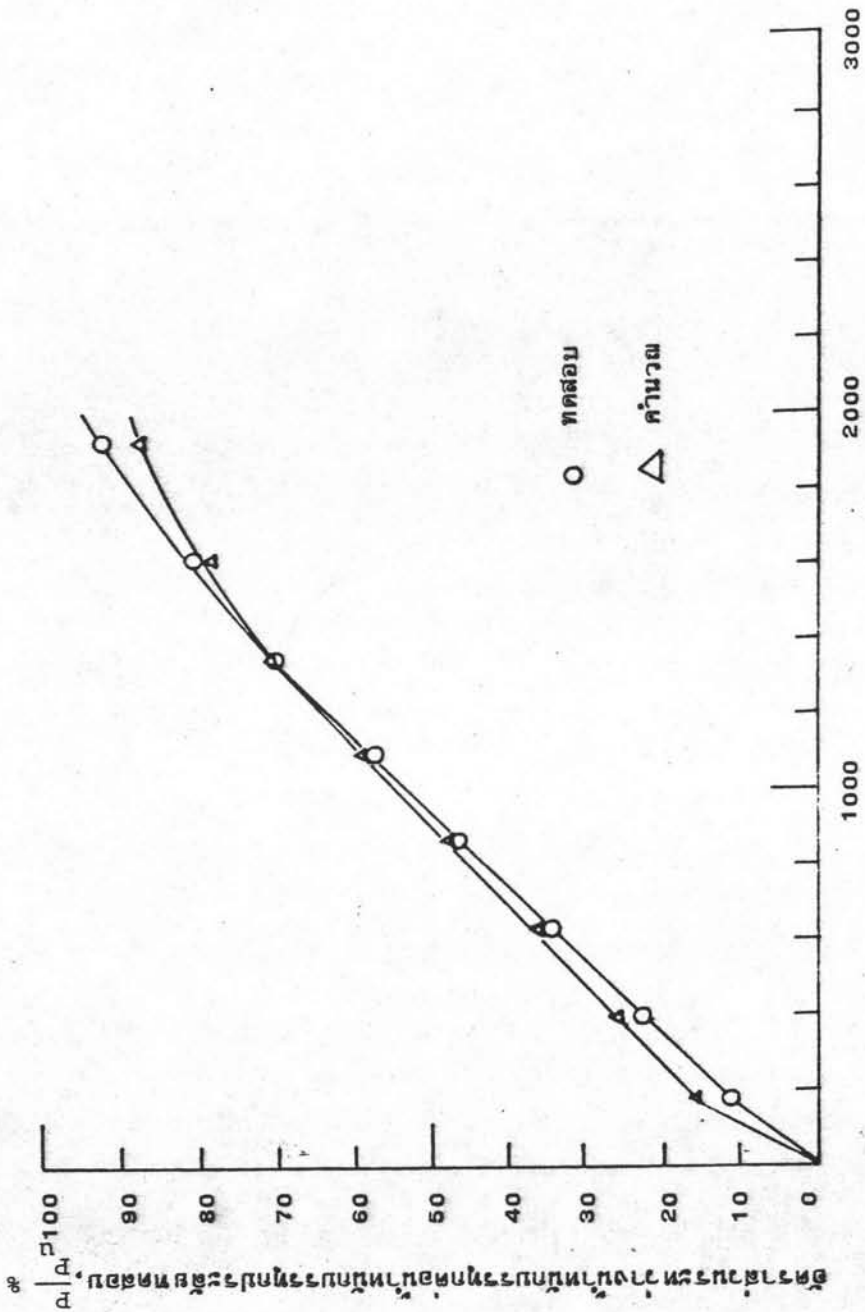


รูปที่ 4.15

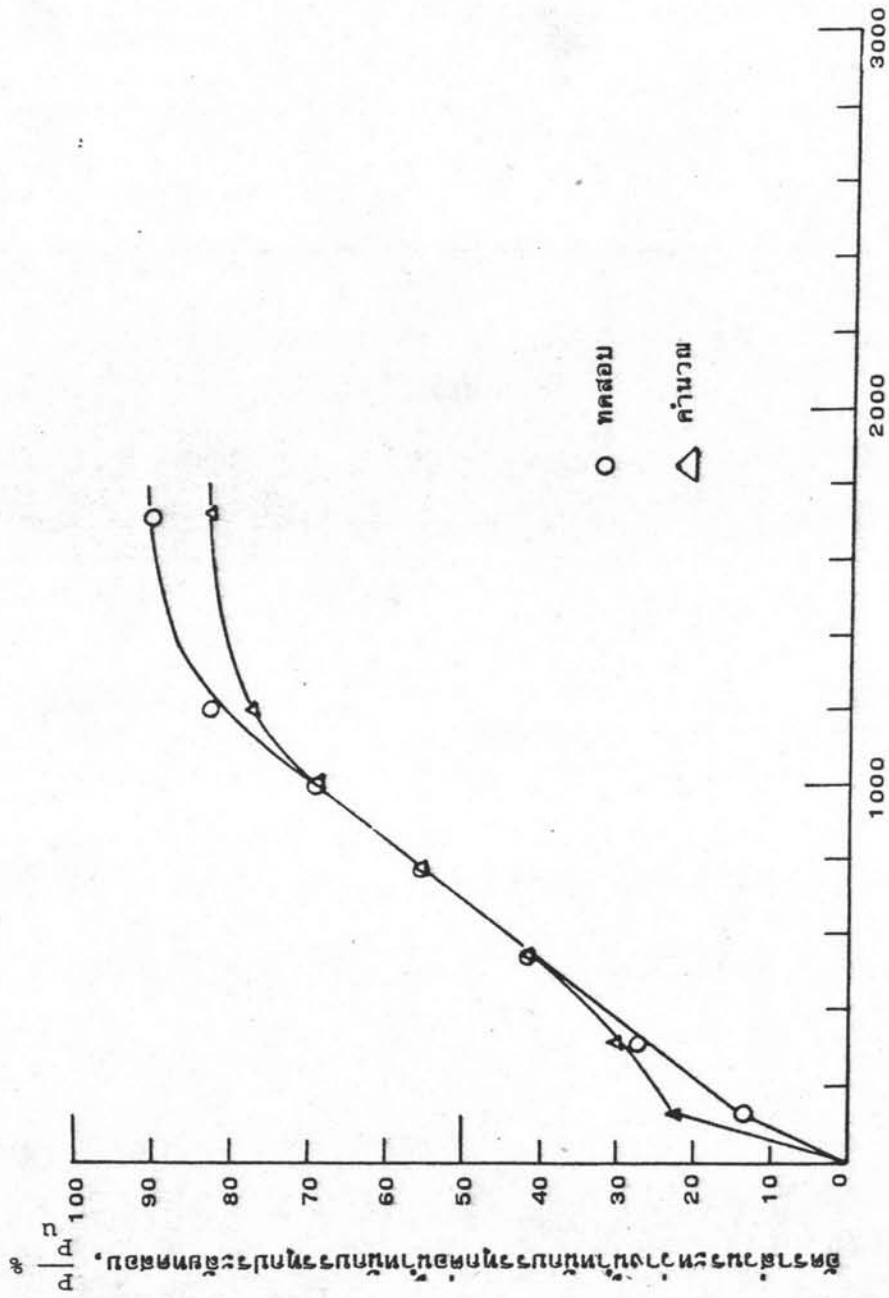
การกระจายแรงและความเค้นตามทฤษฎีประลัยของ ACI



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างทางทดสอบกับการคำนวณของตัวอย่างทดสอบ CE 055

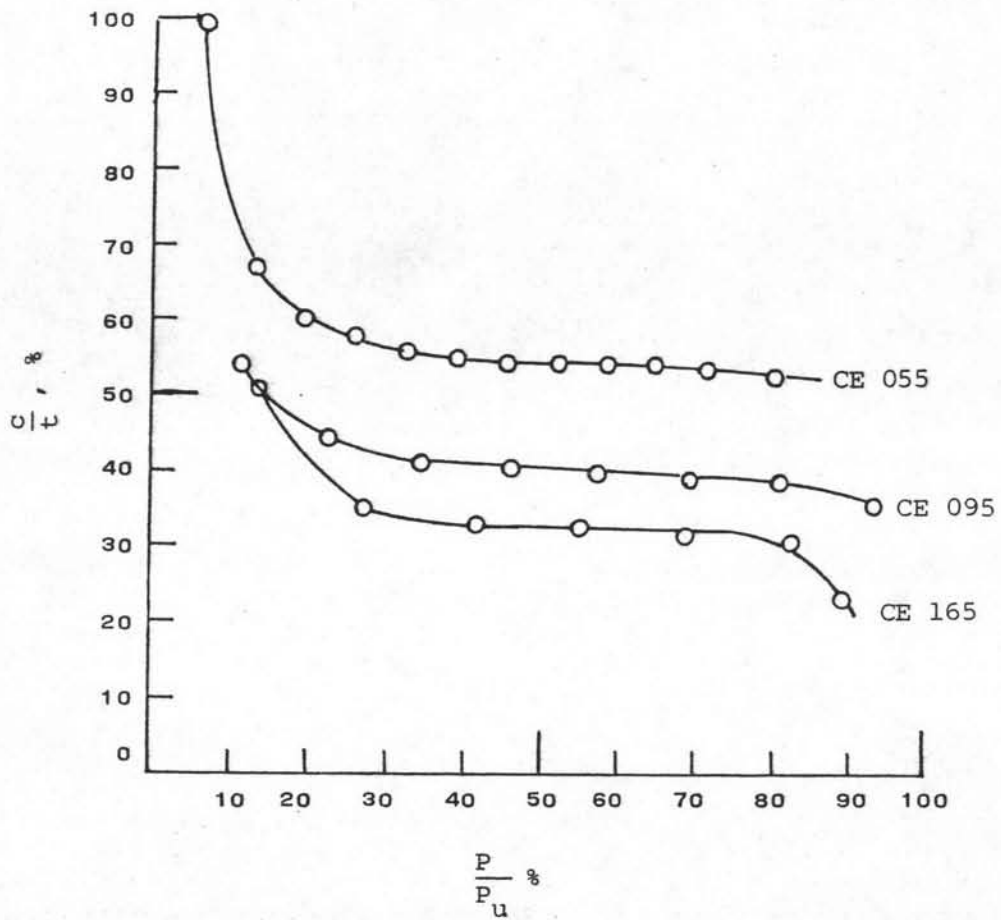


รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างทดสอบกับการคำนวณของตัวอย่างทดสอบ CE 095

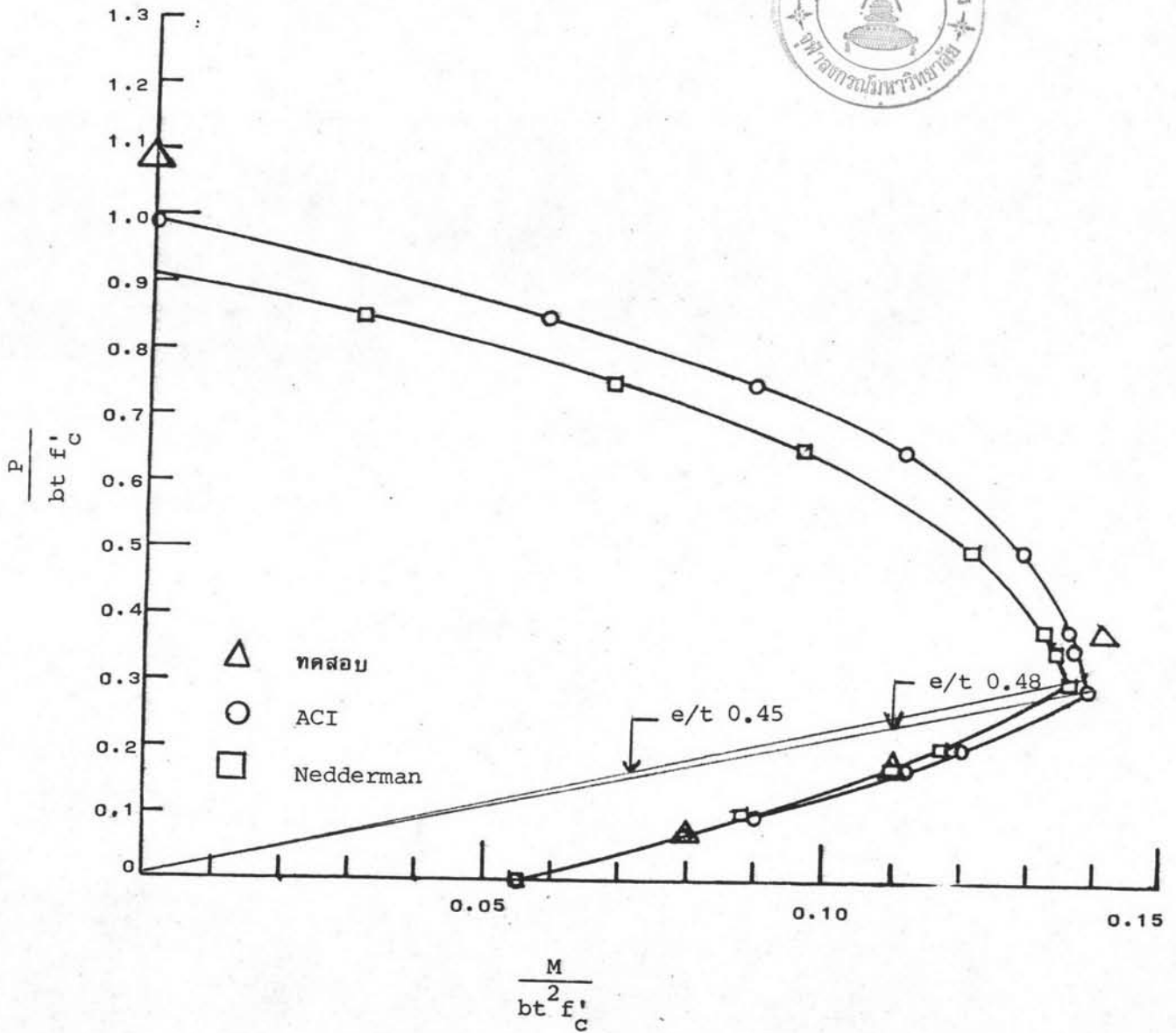


ความเคียดคอนกรีตที่ผิวรับแรงอัดตรงจุดกึ่งกลางเสา $\times 10^{-6}$

รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกระหว่างทดสอบกับการคำนวณของตัวอย่างทดสอบ CE 165



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะแกนสะเทินกับน้ำหนักบรรทุก



รูปที่ 4.20 ปฏิสัมพันธ์ของแรงในแนวนอนและแรงดัด (Interaction Diagram)

ประวัติการศึกษา

นายมานิต ศิวกุล ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2518

