



เอกสารอ้างอิง

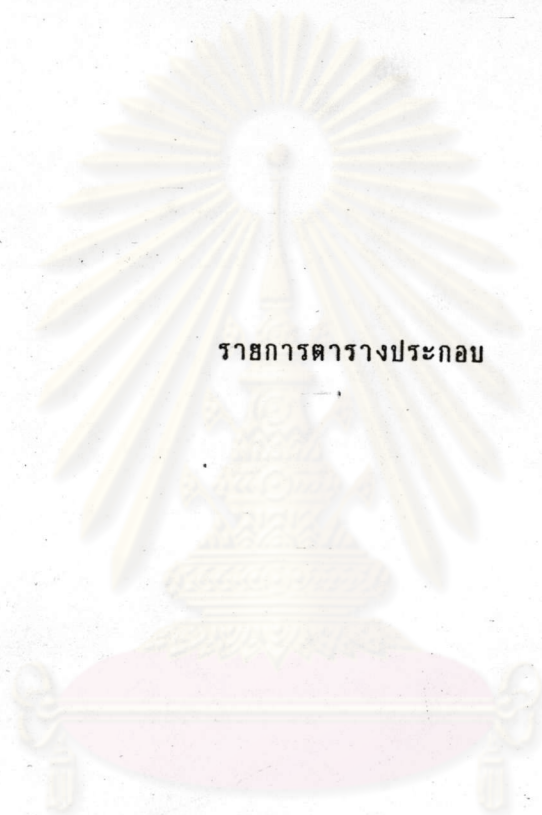
1. Emperger, F. V., "Reinforced Concrete With Addintions of High Strength Pretensioned Steel," Research Studies in the Field of Reinforced Concrete ,W. Ernst & Sohn, Berlin, 1939
2. Abeles,P. W., "Fully and Partly Prestressed Reinforceed Concrete," ACI Journal, V.4, No1, June 1959 , pp.35-51
3. Lin, T.Y., and Burns, N.H., Design of Prestressed Concrete Structures, 3rd John Wiley and Sons Ins., New York, 1982
4. Gergely, P., and Lutz, L. A., "Causes Mechanisms and Control of Cracking in Concrete," ACI Publication SP-20, American Concrete Institute, Detroit, 1968
5. Nawy, E.G., and Chiang, J.Y., "Serviceability of Post - Tensioned Beam, "PCI Journal , Jan - Feb 1980, pp.75 - 95
6. Siriaksorn, A., and Naaman, A. E., "Analysis and Design of Partially Prestressed Beams to Satisfy Serviceability Criteria," University of Illinois at Chicago, Department of Material Engineering, Report N.78 June 1978 , 182.pp.
7. CEB - FIP, Model Code for Concrete Structure, Paris, 1978
pp 1 - 347
8. Hognestad, E., N.W., and McHenry, D., "Concrete Stress Dtribution in Ultimate Strength Design, "ACI Journal V.52, Dec.1955, pp.455 - 479
9. Burns, N.H., " Moment Curvature Relationship for Partially Prestressed Concrete Beams, "PCI Journal , V.9 No.1 , Feb.1964 , pp.52-63
10. Magura, D.D., and Hognestad, E., "Test of Partially Prestressed Concrete Girders" Journal of Structure Division , ASCE, No.ST 1 , Feb. 1966 , p.327-343

11. Naaman, A.E., "Ultimate Analysis of Prestressed and Partially Prestressed Sections by Strain Compatibility" PCI Journal, V.22, No.1, Jan.1977, pp.32-51
12. Moustafa, S.E. "Design of Partially Prestressed Concrete Flexural Member" PCI Journal, V.22, No.3, May.-Jun. 1977, pp.12-29
13. Lin, T.Y., "Partial Prestressing Design Philosophy and Approach" Presentation at a joint symposium originated by ACI, CEB, PCI and FIP held in Philadelphia, 1976, published in FIP Note 69, Jul. - Aug.1977, pp.5-9
14. Nawy, E.G., and Haung, P.T., "Crack and Deflection Control of Pretensioned Prestressed Beams," PCI Journal, V.22, No.3, May.-Jun.1977, pp.30-43
15. ACI Committee 318 "Building Code Requirement for Reinforced Concrete (ACI 318-83)," American Concrete Institute, Detroit, 1983
16. Naaman, A.E. "Summary Review of FIP Symposium in Bucharest, Romania," PCI Journal, V.25, No.6, Nov.-Dec.1980, pp.24-27
17. Siriaksorn, A., and Naaman, A.E., "Serviceability Based Design of Partially Prestressed Beams. Part II: Computerized Design and Evaluation of Major Parameters," PCI Journal, V.24 No.2, Mar.- Apr.1979, pp.64-89
18. Harajli, M.H., and Naaman, A.E., "Static and Fatigue Tests on Partially Prestressed Beams," Journal of Structural Engineering, V.111, No.7, July 1985, pp.1602-1617
19. Naaman, A.E., and Siriaksorn, A., "Serviceability Based Design of Partially Prestressed Beams, Part 1: Analytic Formulation," PCI Journal, V.24, No.2, March - April 1979, pp 64 - 89
20. Cohn, M.Z. and Bartlett, M., "Computer Simulated Flexural Tests of Partially Prestressed Concrete Sections," Journal of Structure Division, ASCE, No. ST12, Dec. 1982, pp. 2747 - 2765

21. Furlong, R.W. "Deign of Concrete Frames by Assigned Limit Moment."
"ACI Journal, Vol.67, No. 4, April 1970, pp.341 - 353
22. Naaman,A.E., and Siriaksorn,A., "Reliability of Partially
Prestressed Beams at Serviceability Limit State,
"PCI Journal, V.28 , No.1 , Jan.-Feb.1983



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายการตารางประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงอิทธิพลของปริมาณลวดอัดแรง (P_p) ที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

P_p (Aps/bd)	P_s (As/bd)	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	ϕ_u (rad./cm.)	ϕ_y (rad./cm.)	Ductility Index
0.003	0.005	12,906	27,365	0.000430	0.000147	2.93
0.004	0.005	16,073	32,253	0.000354	0.000160	2.21
0.005	0.005	19,301	36,424	0.000303	0.000174	1.74

ตารางที่ 3.2 แสดงอิทธิพลของปริมาณเหล็กเสริม (P_s) ที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

P_s (As/bd)	P_p (Aps/bd)	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	ϕ_u (rad./cm.)	ϕ_y (rad./cm.)	Ductility Index
0.0025	0.0025	11,284	21,671	0.000562	0.000134	4.19
0.0050	0.0025	11,346	24,539	0.000488	0.000142	3.44
0.0075	0.0025	11,407	27,218	0.000433	0.000149	2.91

ตารางที่ 3.3 แสดงอิทธิพลของแรงอัดประสิทธิผลที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

f_{se} (ksc.)	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	ϕ_u (rad./cm.)	ϕ_y (rad./cm.)	Ductility Index
0.58fpu	12,866	25,134	0.000475	0.000142	3.35
0.64fpu	13,869	25,236	0.000473	0.000145	3.26
0.77fpu	15,895	25,438	0.000469	0.000149	3.15

ตารางที่ 3.4 แสดงอิทธิพลของกำลังอัดคอนกรีตที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

f_c' (ksc.)	Rnf. Index	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	ϕ_u (rad./cm.)	ϕ_y (rad./cm.)	Ductility Index
100	0.205	371697	798922	0.0005225	0.0001205	4.336099
300	0.069	522694	878964	0.001545	0.000094	16.43617
500	0.042	626497	901549	0.0025597	0.000088	29.0875

ตารางที่ 3.5 แสดงยัทธิพลของดัชนีเหล็กเสริม (W) ที่มีต่อพฤติกรรมการรวมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

Reinforcing Index	PPR	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	O_u (rad./cm.)	O_y (rad./cm.)	Dutility Index
0.10	0.00	400,334	1,249,552	0.00107220	0.00010270	10.44
0.10	1.00	848,372	1,249,656	0.00107070	0.00009790	10.94
0.20	0.00	440,184	2,351,790	0.00053530	0.00012400	4.32
0.20	1.00	1,372,663	2,352,464	0.00053590	0.00011500	4.66
0.30	0.00	478,663	3,306,870	0.00035680	0.00014480	2.46
0.30	1.00	1,986,010	3,308,187	0.00035740	0.00013420	2.66

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริม(ในรูปของเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมและดัชนีเหล็กเสริม) และกำลังคอนกรีตที่ภาวะการวิบัติแบบสมดุลง่าย สำหรับ $f_y = 5000$ ksc.

f_y (ksc.)	PPR	f_c' (ksc.)	P_{sb} (Rebar)	P_{pb} (Strand)	$P_{sb} + P_{pb}$	Rnf. Index Wb
5000	0.0	100	0.00826	0	0.00826	0.413
	0.0	300	0.02477	0	0.02477	0.413
	0.0	500	0.04129	0	0.04129	0.413
	0.5	100	0.00413	0.00129	0.00542	0.413
	0.5	300	0.01239	0.00383	0.01622	0.413
	0.5	500	0.02066	0.00653	0.02719	0.413
	1.0	100	0	0.00261	0.00261	0.413
	1.0	300	0	0.0077	0.0077	0.413
	1.0	500	0	0.01271	0.01271	0.413

ตารางที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริม(ในรูปของเปอร์เซ็นต์เหล็กเสริมและดัชนีเหล็กเสริม) และกำลังคอนกรีตที่ภาวะการวิบัติแบบสมดุลง่าย สำหรับ $f_y = 3000$ ksc.

f_y (ksc.)	PPR	f_c' (ksc.)	P_{sb} (Rebar)	P_{pb} (Strand)	$P_{sb} + P_{pb}$	Rnf. Index Wb
3000	0.0	100	0.01678	0	0.01678	0.503
	0.0	300	0.05028	0	0.05028	0.503
	0.0	500	0.08386	0	0.08386	0.503
	0.5	100	0.00839	0.00178	0.01017	0.503
	0.5	300	0.02515	0.00527	0.03042	0.503
	0.5	500	0.04194	0.00872	0.05066	0.503
	1.0	100	0	0.00344	0.00344	0.503
	1.0	300	0	0.00996	0.00996	0.503
	1.0	500	0	0.01624	0.01624	0.503

ตารางที่ 3.8 แสดงอิทธิพลของอัตราส่วนการอัดแรง PPR ที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน เมื่อ ดัชนีเหล็กเสริมเท่ากับ 0.10

Reinforcing Index	PPR	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	ϕ_u (rad./cm.)	ϕ_y (rad./cm.)	Dutility Index
0.10	0.00	400,334	1,249,552	0.00107220	0.00010270	10.44
0.10	0.25	508,881	1,249,670	0.00107330	0.00010200	10.52
0.10	0.50	619,642	1,249,573	0.00107140	0.00010060	10.65
0.10	0.75	732,754	1,249,473	0.00106950	0.00009930	10.77
0.10	1.00	848,372	1,249,656	0.00107070	0.00009790	10.94

ตารางที่ 3.9 แสดงอิทธิพลของอัตราส่วนการอัดแรง PPR ที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน เมื่อ ดัชนีเหล็กเสริมเท่ากับ 0.20

Reinforcing Index	PPR	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	ϕ_u (rad./cm.)	ϕ_y (rad./cm.)	Dutility Index
0.20	0.00	440,184	2,351,790	0.00053530	0.00012400	4.32
0.20	0.25	659,431	2,351,809	0.00053590	0.00012150	4.41
0.20	0.50	887,359	2,351,799	0.00053550	0.00011920	4.49
0.20	0.75	1,124,696	2,351,801	0.00053530	0.00011710	4.57
0.20	1.00	1,372,663	2,352,464	0.00053590	0.00011500	4.66

ตารางที่ 3.10 แสดงยัทธิพลของอัตราส่วนการอัดแรง PPR ที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตอัดแรงบางส่วน เมื่อ ดัชนีเหล็กเสริม (W) เท่ากับ 0.30

Reinforcing Index	PPR	M_{cr} (kg.cm.)	M_{ult} (kg.cm.)	ϕ_u (rad./cm.)	ϕ_y (rad./cm.)	Dutility Index
0.30	0.00	478,663	3,306,870	0.00035680	0.00014490	2.46
0.30	0.25	823,868	3,305,693	0.00035740	0.00014180	2.52
0.30	0.50	1,189,330	3,308,167	0.00035750	0.00013880	2.58
0.30	0.75	1,575,357	3,307,174	0.00035700	0.00013630	2.62
0.30	1.00	1,986,010	3,308,187	0.00035740	0.00013420	2.66

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.11 ความเหนียว (Ductility Index) ทางโครงสร้างของเหล็กเสริม เกรด SD30 และ SD50
เมื่อมีดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ต่างกัน

Reinforcing Index:	Steel Grade SD30			Steel Grade SD50		
	PPR = 0	PPR = 0.5	PPR = 1.0	PPR = 0	PPR = 0.5	PPR = 1.0
0.05	23.37	23.85	24.32	14.85	14.99	15.14
0.10	10.44	10.65	10.93	6.74	6.84	6.92
0.15	6.28	6.49	6.71	4.16	4.22	4.28
0.20	4.32	4.49	4.66	2.90	2.95	3.00
0.25	3.20	3.33	3.45	2.17	2.21	2.25
0.30	2.46	2.58	2.66	1.68	1.71	1.74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.12 สัดส่วนระหว่างโมเมนต์ใช้งาน (Service Moment) และ โมเมนต์ประลัย
(Ultimate Moment) ตามมาตรฐาน ACI

b (m.)	t (m.)	DL (kg./m ²)	LL (kg./m ²)	Wu (ACI) 1.4 DL + 1.7 LL (kg./m ²)	Mserv / Mult
1	0.20	480	300	1182	0.66
	0.20	480	600	1692	0.64
1	0.25	600	500	1690	0.65
	0.25	600	2000	4240	0.61
1	0.30	720	1000	2708	0.64
	0.30	720	4000	7808	0.60
1	0.40	960	2000	4744	0.62
	0.40	960	6000	11544	0.60

ตารางที่ 3.13 ผลเปรียบเทียบความกว้างรอยแตกร้าวตามสูตรของ Nawy (5), CEB (7) และ ACI (4)

Mserv/Mult	CRACK WIDTH (mm.)			CRACK WIDTH (mm.)		
	DB 10 MM.			DB 28 MM.		
	NAWY	CEB	ACI	NAWY	CEB	ACI
0.4	0.046	0.056	0.031	0.103	0.093	0.051
0.5	0.095	0.100	0.063	0.212	0.168	0.104
0.6	0.145	0.145	0.097	0.323	0.244	0.158
0.7	0.196	0.191	0.131	0.437	0.322	0.214
0.8	0.247	0.238	0.165	0.551	0.401	0.271

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.14 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราส่วน Mserv / Mult เมื่อแปรเปลี่ยนค่าถึงอัตราส่วน

สูตรคำนวณ ความกว้าง รอยแตกกว้าง	Rnf Index (W)	Mservice / Multimate Ratio						ค่าแตกต่าง สูงสุด %
		fc' = 100 ksc.		fc' = 300 ksc.		fc' = 500 ksc.		
		DB10	DB28	DB10	DB28	DB10	DB28	
CEB - FIP	0.10	0.72	0.72	0.85	0.67	0.85	0.83	19.30
	0.30	0.93	0.80	0.97	0.93	1.00	0.99	19.20
NAWY และ CHIANG	0.10	0.72	0.72	0.70	0.50	0.79	0.59	15.25
	0.30	1.00	0.79	1.00	0.88	1.00	0.97	18.60
ACI	0.10	0.85	0.72	0.91	0.84	1.00	0.88	15.00
	0.30	1.00	0.97	1.00	0.95	1.00	0.98	3.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.15 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.1 มม. ตามสูตรของ CEB

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	F/C
0.10	0.35	0.32	0.50	0.50	0.68
0.15	0.39	0.25	0.47	0.41	0.61
0.20	0.42	0.29	0.50	0.41	0.63
0.30	0.46	0.35	0.56	0.50	0.70

ตารางที่ 3.16 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.1 มม. ตามสูตรของ Nawy และ Chiang

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	F/C
0.10	0.32	0.32	0.50	0.50	0.68
0.15	0.41	0.25	0.45	0.41	0.61
0.20	0.55	0.20	0.51	0.40	0.60
0.30	0.81	0.30	0.64	0.47	0.64



ตารางที่ 3.17 อัตราส่วนระหว่าง M_{serv} / M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.1 มม. ตามสูตรของ ACI

Reinforcing Index (W)	M_{serv} / M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	0.46	0.32	0.54	0.50	0.68
0.15	0.54	0.27	0.58	0.47	0.61
0.20	0.58	0.30	0.61	0.49	0.63
0.30	0.66	0.34	0.68	0.55	0.70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.18 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัดเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.2 มม. ตามสูตรของ CEB

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	0.69	0.38	0.61	0.50	0.68
0.15	0.77	0.49	0.68	0.54	0.62
0.20	0.82	0.57	0.72	0.60	0.66
0.30	0.89	0.69	0.81	0.70	0.75

ตารางที่ 3.19 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัดเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.2 มม. ตามสูตรของ Nawy และ Chiang

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	0.56	0.32	0.50	0.50	0.68
0.15	0.82	0.30	0.60	0.44	0.61
0.20	1.00	0.39	0.71	0.49	0.60
0.30	1.00	0.59	0.90	0.61	0.68

ตารางที่ 3.20 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.2 มม. ตามสูตรของ ACI

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	0.95	0.47	0.78	0.59	0.68
0.15	1.00	0.53	0.84	0.64	0.67
0.20	1.00	0.58	0.86	0.68	0.70
0.30	1.00	0.66	0.92	0.76	0.78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.21 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.3 มม. ตามสูตรของ CEB

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	0.95	0.57	0.78	0.57	0.68
0.15	0.95	0.73	0.84	0.67	0.66
0.20	0.97	0.85	0.87	0.75	0.70
0.30	0.99	0.98	0.92	0.89	0.81

ตารางที่ 3.22 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.3 มม. ตามสูตรของ Navy และ Chiang

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	0.83	0.32	0.60	0.50	0.68
0.15	1.00	0.45	0.75	0.51	0.61
0.20	1.00	0.59	0.86	0.58	0.62
0.30	1.00	0.86	0.96	0.75	0.72

ตารางที่ 3.23 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.3 มม. ตามสูตรของ ACI

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	1.00	0.71	0.86	0.74	0.69
0.15	1.00	0.79	0.89	0.80	0.66
0.20	1.00	0.86	0.92	0.85	0.70
0.30	1.00	0.97	0.99	0.91	0.81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.24 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.4 มม. ตามสูตรของ CEB

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	0.96	0.76	0.85	0.67	0.68
0.15	0.97	0.95	0.88	0.80	0.70
0.20	0.98	0.96	0.91	0.86	0.75
0.30	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87

ตารางที่ 3.25 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.4 มม. ตามสูตรของ Nawy และ Chiang

Reinforcing Index (W)	M_{serv}/M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	P/C
0.10	1.00	0.40	0.70	0.50	0.68
0.15	1.00	0.59	0.85	0.57	0.61
0.20	1.00	0.77	0.90	0.67	0.65
0.30	1.00	1.00	1.00	0.88	0.76

ตารางที่ 3.26 สัดส่วนระหว่าง M_{serv}/M_{ult} ที่ดัดเป็นเหล็กเสริม และ PPR ซึ่งกำหนดความกว้างรอยแตกไว้เท่ากับ 0.4 มม. ตามสูตรของ ACI

Reinforcing Index (W)	M_{serv} / M_{ult}				
	PPR = 0.0		PPR = 0.50		PPR = 1.0
	DB10	DB28	DB10	DB28	F/C
0.10	1.00	0.94	0.91	0.84	0.74
0.15	1.00	1.00	0.95	0.86	0.78
0.20	1.00	1.00	0.98	0.89	0.82
0.30	1.00	1.00	1.00	0.95	0.92

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.27 ดัชนีเหล็กเสริม และ PPR ที่เหมาะสมในการควบคุมความกว้างรอยแตกร้าว

สภาพแวดล้อมผิวคอนกรีต	ความกว้างรอยแตกร้าว ที่ยอมให้	ดัชนีเหล็กเสริม	PPR
โครงสร้างกักเก็บน้ำ	0.10	ทุกค่า	1.0
โครงสร้างสัมผัสน้ำทะเล	0.15	ทุกค่า	1.0
พื้นผิวภายนอกอาคาร	0.30	น้อยกว่า 0.20 มากกว่า 0.20	1.0 0 - 1.0
พื้นผิวภายในอาคาร	0.40	น้อยกว่า 0.1 มากกว่า 0.1	1.0 0 - 1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการแอ่นตัวไม่เกิน L/180, L/360 และ L/480
สำหรับแผ่นพื้นช่วงเดียว

PPR	Maximum L / t Ratio (Deflection < L/180)			Maximum L / t Ratio (Deflection < L/360)			Maximum L / t Ratio (Deflection < L/480)		
	W = 0.10	W = 0.20	W = 0.30	W = 0.10	W = 0.20	W = 0.30	W = 0.10	W = 0.20	W = 0.30
0.00	32.98	28.16	25.70	16.49	14.06	12.85	12.31	10.62	9.64
0.25	33.31	29.24	26.80	16.67	14.62	13.38	12.53	10.89	10.05
0.50	34.72	30.47	29.04	17.36	15.24	14.52	12.96	11.44	10.92
0.75	36.91	34.26	34.67	18.46	17.12	17.36	14.10	12.86	13.25
1.00	50.62	49.63	58.56	25.32	24.82	29.28	18.71	18.66	22.64

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการแอ่นตัวไม่เกิน $L/180$, $L/360$ และ $L/480$
สำหรับแผ่นพื้นต่อเนื่อง

PPR	Maximum L/t Ratio (Deflection $< L/180$)			Maximum L/t Ratio (Deflection $< L/360$)			Maximum L/t Ratio (Deflection $< L/480$)		
	$W = 0.10$	$W = 0.20$	$W = 0.30$	$W = 0.10$	$W = 0.20$	$W = 0.30$	$W = 0.10$	$W = 0.20$	$W = 0.30$
0.00	54.72	47.15	42.84	27.36	23.58	21.44	20.51	17.70	16.06
0.25	55.69	48.30	44.61	27.83	24.16	22.29	20.89	18.15	16.75
0.50	57.68	50.80	48.63	28.85	25.42	24.31	21.63	19.07	18.19
0.75	59.28	57.09	58.80	29.64	28.54	29.38	23.50	21.43	22.06
1.00	83.16	82.62	100.50	41.56	41.32	50.28	31.18	31.10	37.74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.30 ตัดส่วน L/t และ PPR ที่เหมาะสมในการควบคุมการแอ่นตัว

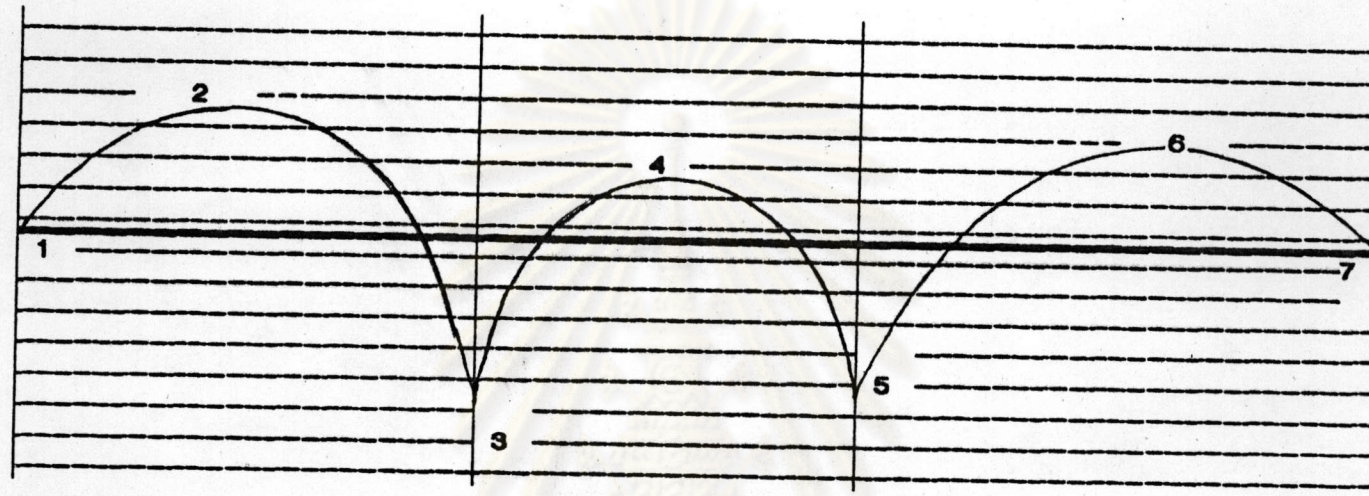
ประเภทโครงสร้าง	ค่าแอ่นตัวที่ยอมให้	แผ่นพื้นช่วงเด็ยว		แผ่นพื้นต่อเนื่อง	
		PPR	L/t	PPR	L/t
พื้นหลังคาที่เทดานไม่ฉาบปูน	L/180	0 - 0.75	12(PPR) + 26	0 - 0.75	21(PPR) + 43
		0.75 - 1.0	62(PPR) - 12	0.75 - 1.0	96(PPR) - 13
พื้นหลังคาที่เทดานฉาบปูนหรือ พื้นไม่รับน้ำหนัก	L/360	0 - 0.75	6(PPR) + 13	0 - 0.75	11(PPR) + 22
		0.75 - 1.0	29(PPR) - 4	0.75 - 1.0	48(PPR) - 6
หลังคาหรือพื้นรับน้ำหนัก	L/480	0 - 0.75	4(PPR) + 10	0 - 0.75	8(PPR) + 16
		0.75 - 1.0	24(PPR) - 5	0.75 - 1.0	36(PPR) - 5

ศูนย์วิทยาศาสตร์การ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

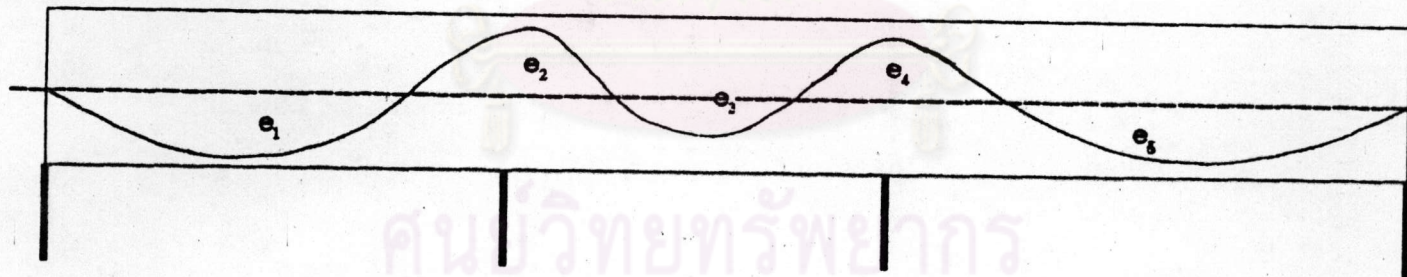


รายการรูปประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



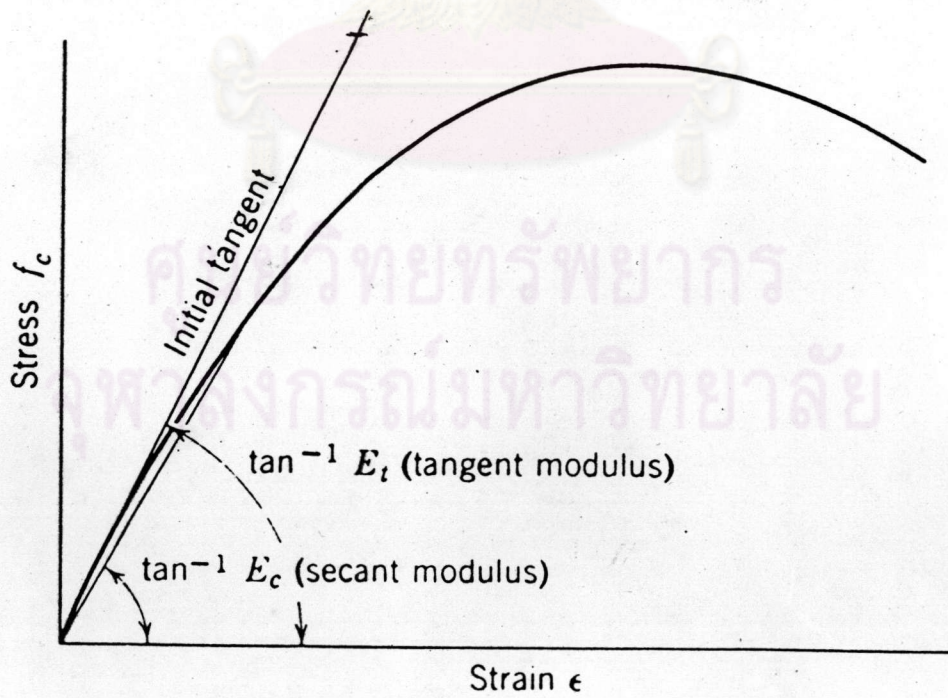
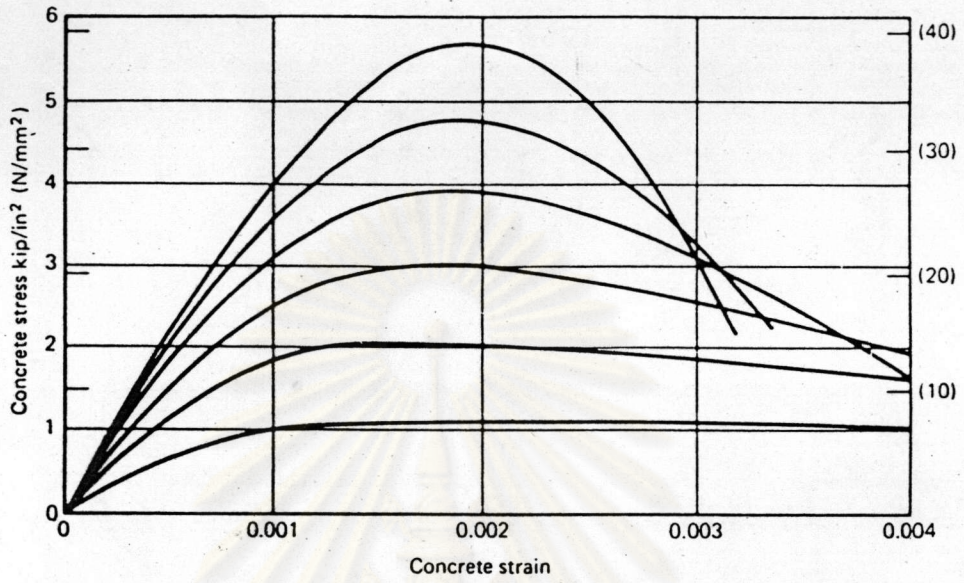
Bending Moment Diagram



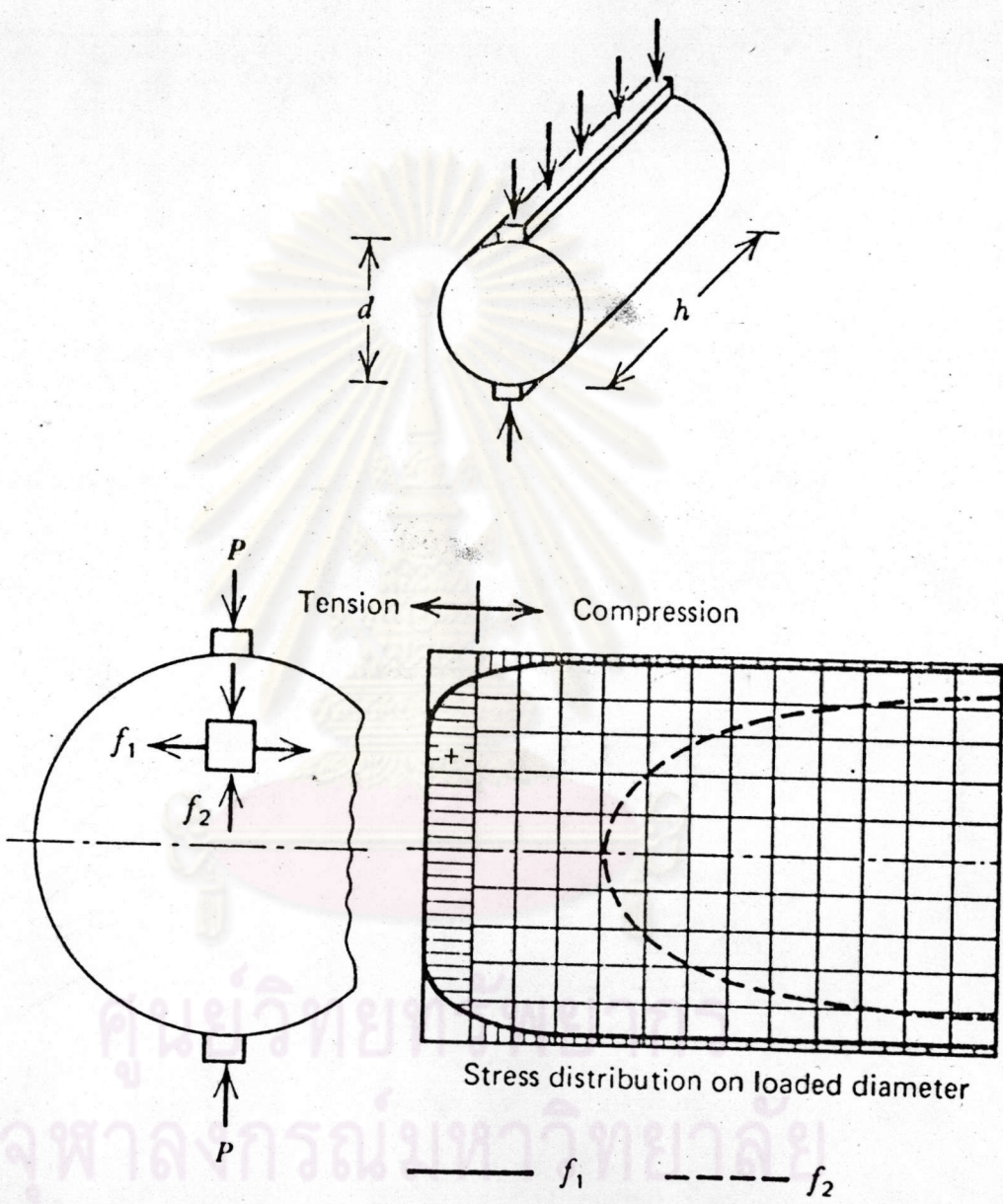
Profile of Tendon

รูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างปัญหาที่เกิดขึ้นในแผ่นคอนกรีตอัดแรงเต็ม (Fully Prestressed)

Stress-Strain Relationships for Concrete



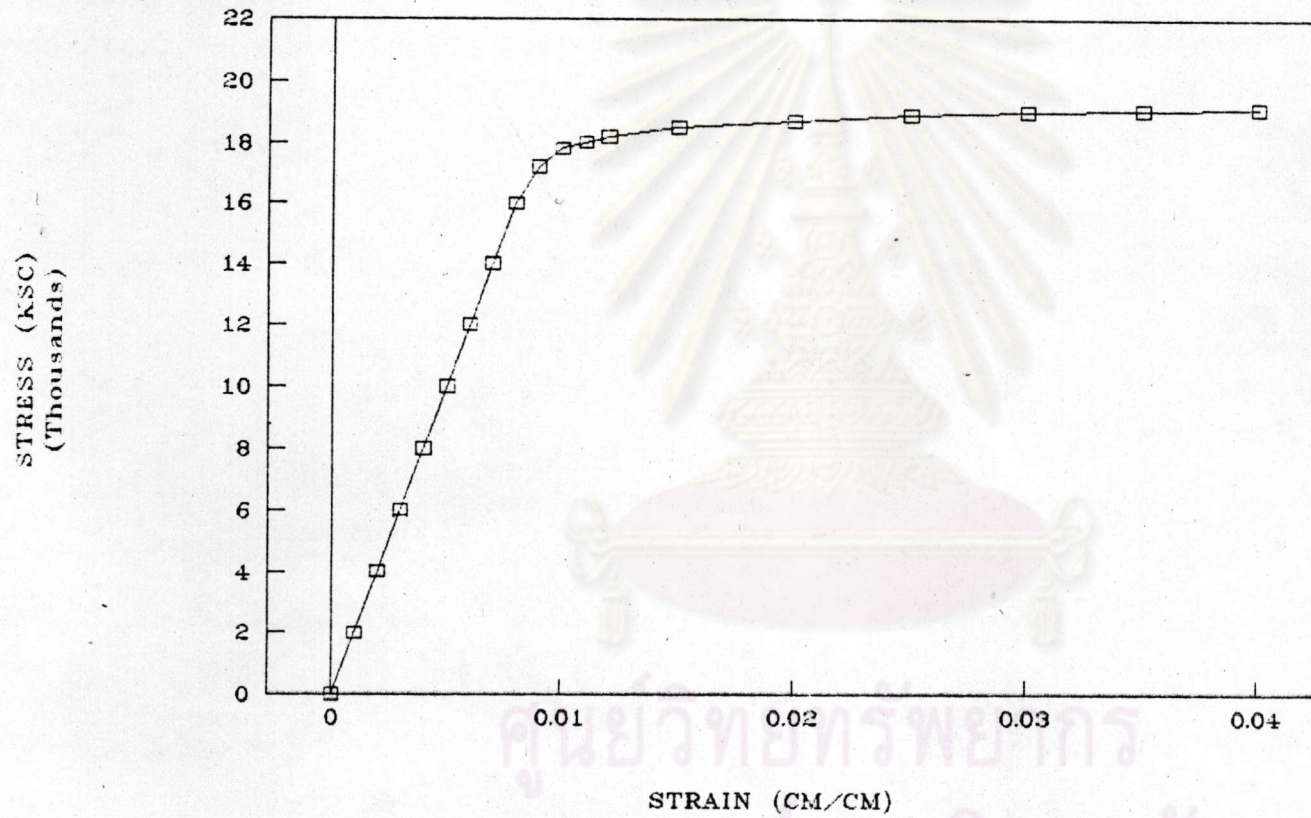
รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีต



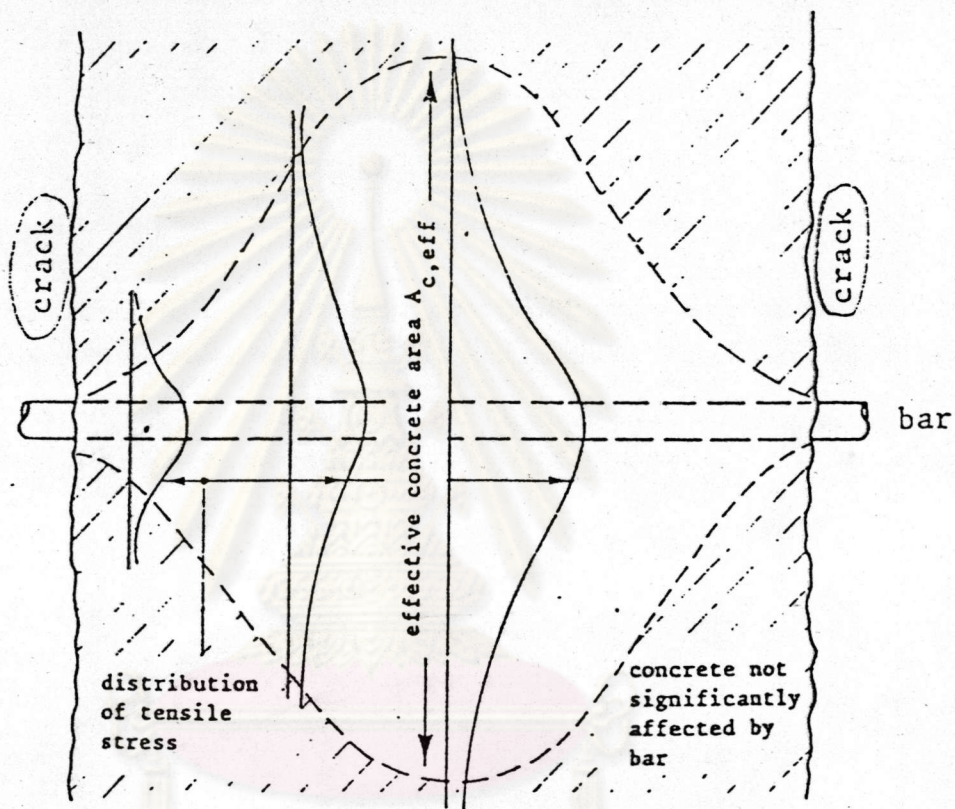
รูปที่ 2.2 แสดงการทดสอบกำลังรับแรงดึงโดยวิธี Split Tensile Test

STRESS-STRAIN RELATIONSHIP

7 Wire PC Strand



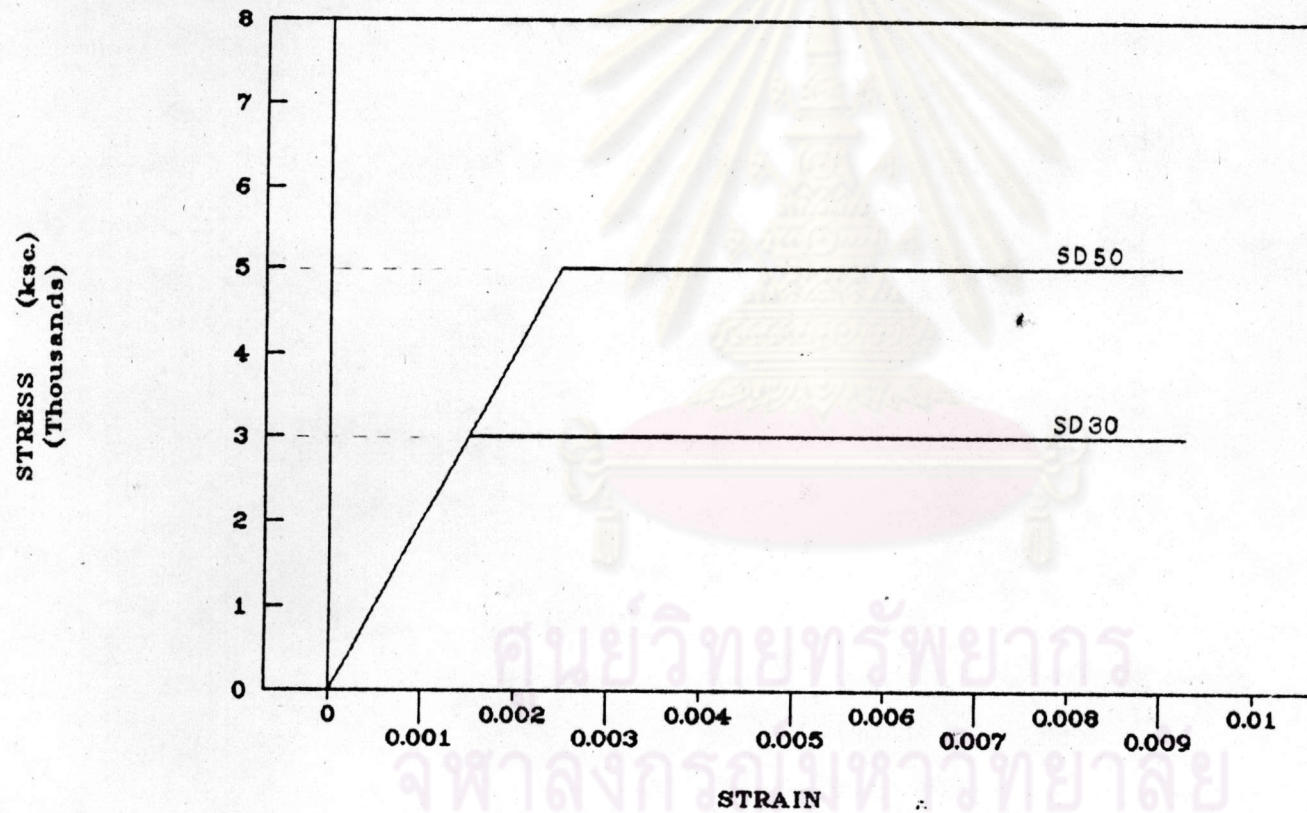
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของลวดอัดแรง



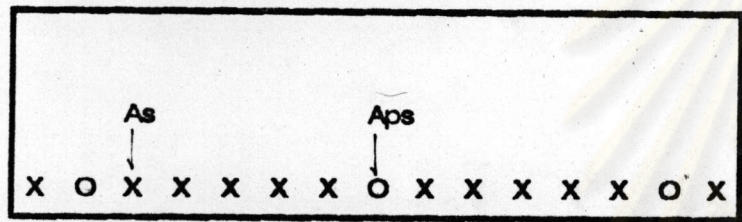
ศูนย์วิทยพัทยากร
รูปที่ 2.9 แสดงพฤติกรรมการถ่ายแรงจากเหล็กเสริมไปยังคอนกรีต

STRESS - STRAIN RELATIONSHIP

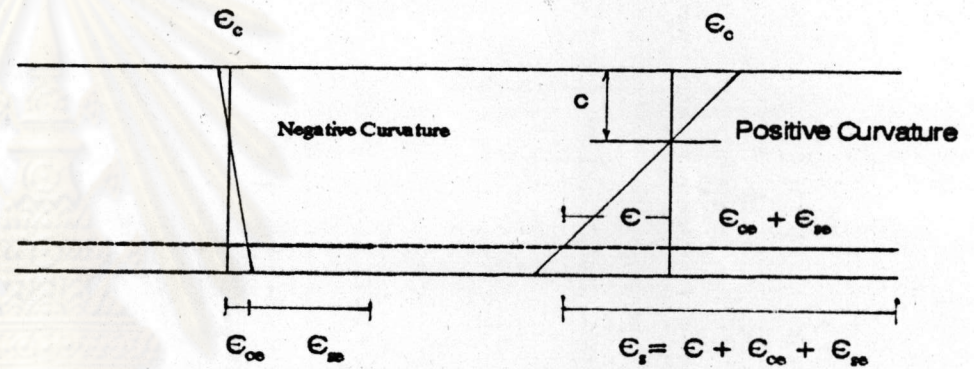
STEEL GRADE SD30 ; SD50



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเสริม
(Typical Stress Strain Curve)



SLAB SECTION

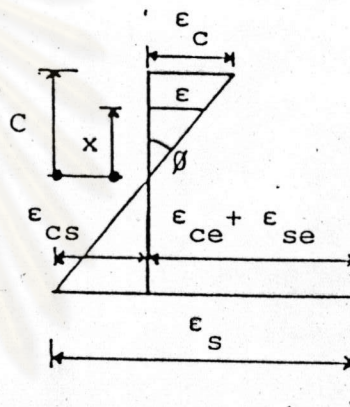
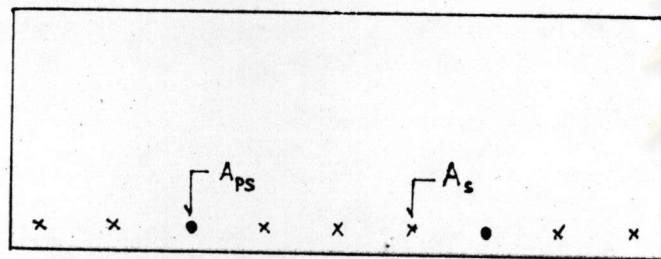


(a) Strain Distribution At Zero Moment

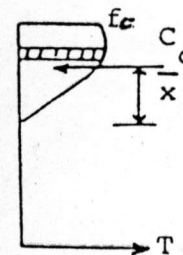
(b) Strain Distribution After Moment is Applied

รูปที่ 2.5 แสดงการแจกแจงความเค้นคบนหน้าตัด เป็นเส้นตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



dx

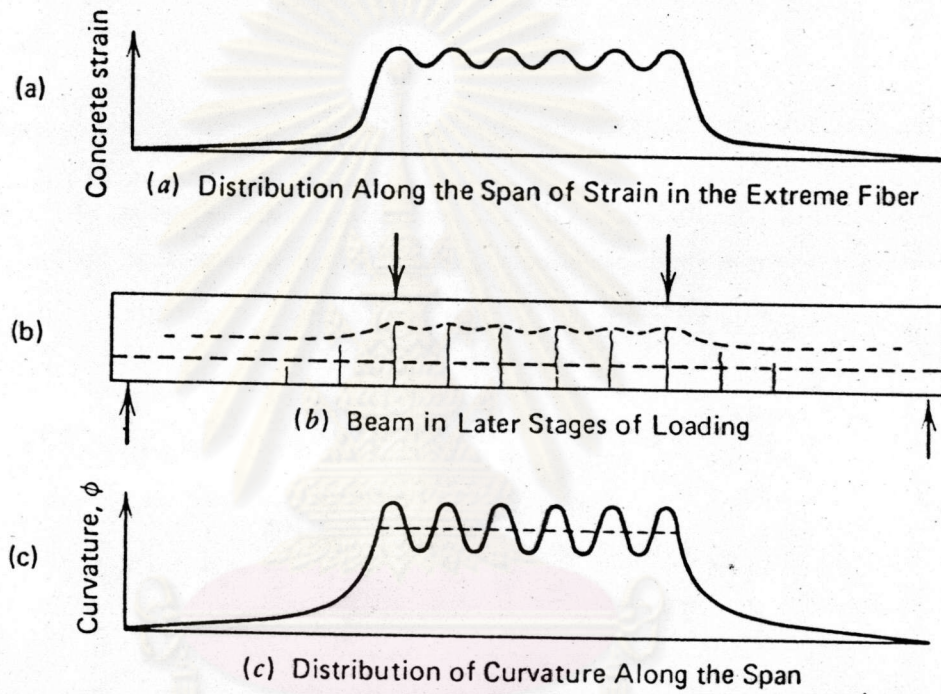


รูปที่ 2.6 แสดงการแจกแจงหน่วยแรงและความเครียดหลังการแตกร้า

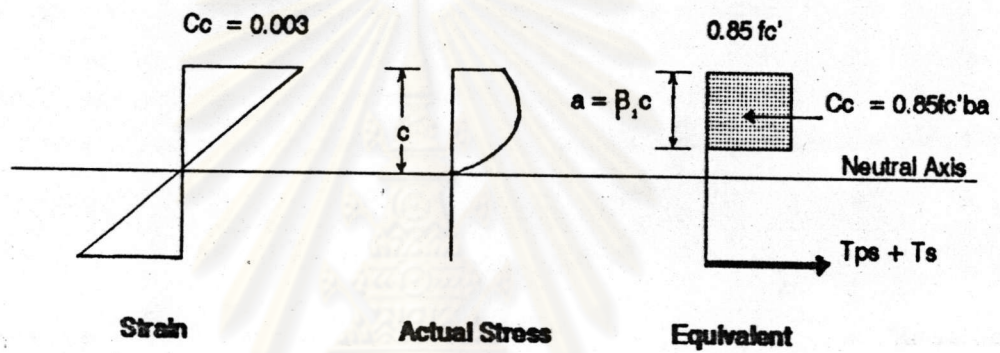
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Analysis of Sections for Flexure



รูปที่ 2.7 แสดงความโค้งหลังการแตกร้าวของหน้าตัดเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่าความโค้งสูงสุดที่หน้าตัดแตกร้าวและความโค้งต่ำสุดที่หน้าตัดซึ่งอยู่ระหว่างรอยแตกร้าว

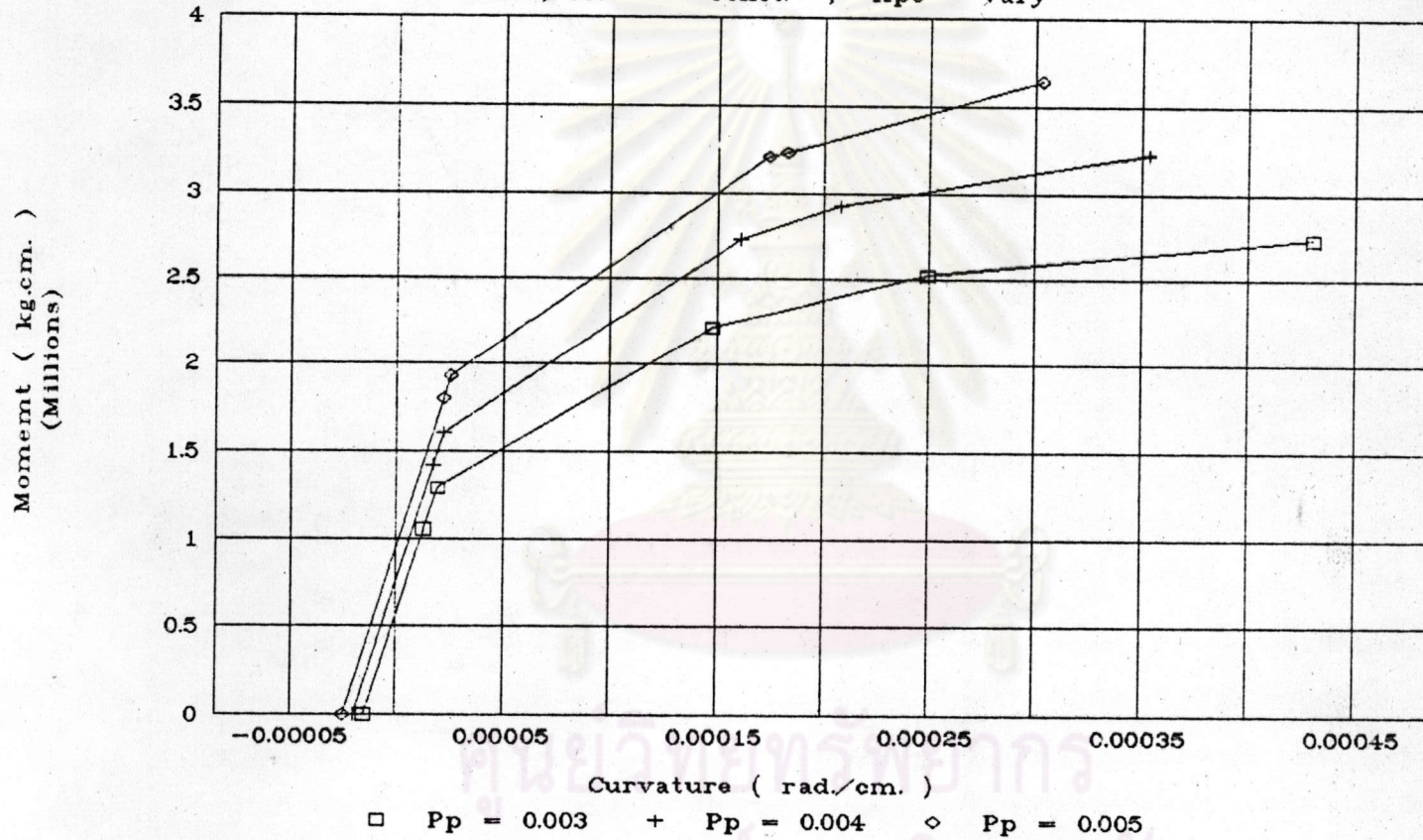


รูปที่ 2.8 แสดงการแจกแจงหน่วยแรงอัดในคอนกรีตเมื่อความเครียดในคอนกรีตมีค่าสูงสุด ($\epsilon_c = 0.003$) ตามมาตรฐาน ACI

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MOMENT - CURVATURE DIAGRAM

$A_s, f_{se} = \text{Const.} ; A_{ps} = \text{Vary}$



รูปที่ 3.1 แสดงอิทธิพลของปริมาณลวดอัดแรง (A_{ps}) ที่มีต่อพฤติกรรมของแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

MOMENT - CURVATURE DIAGRAM

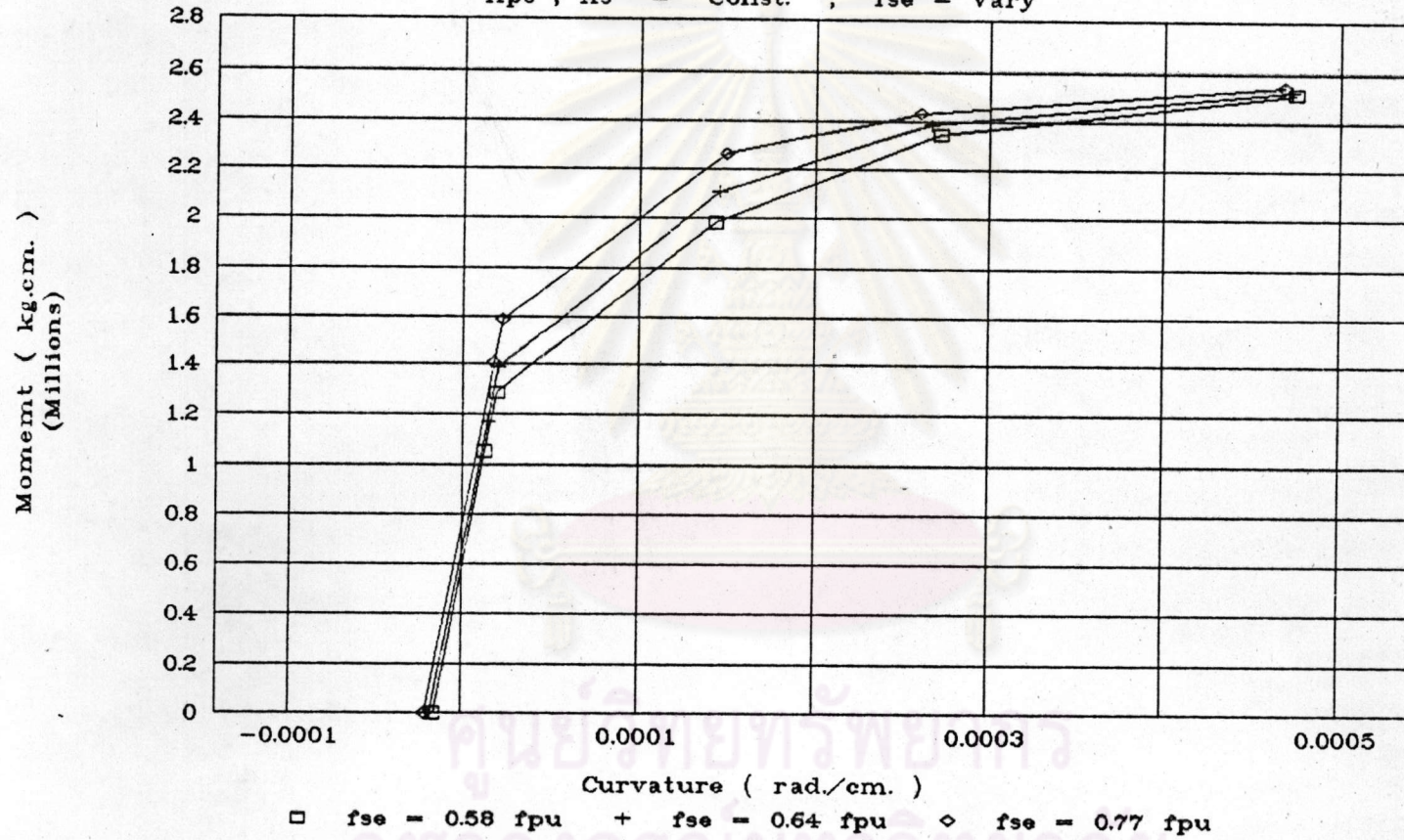
$A_{ps} , f_{se} = \text{Const.} ; A_s = \text{Vary}$



รูปที่ 3.2 แสดงอิทธิพลของปริมาณเหล็กเสริม (A_s) ที่มีต่อพฤติกรรมของแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

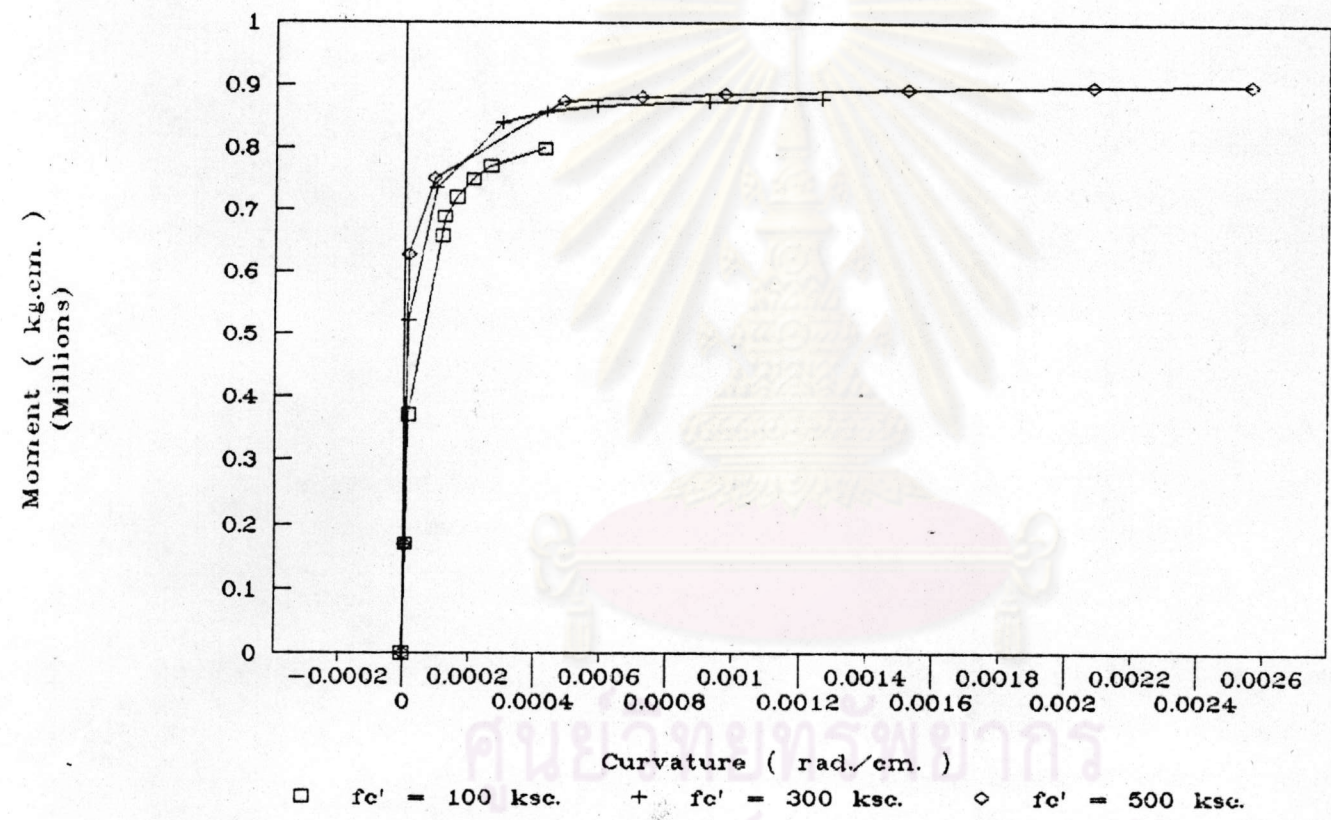
MOMENT - CURVATURE DIAGRAM

$A_{ps}, A_s = \text{Const.}; f_{se} = \text{Vary}$



รูปที่ 3.3 แสดงอิทธิพลของแรงอัดประสิทธิผล (f_{se}) ที่มีต่อพฤติกรรมของแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

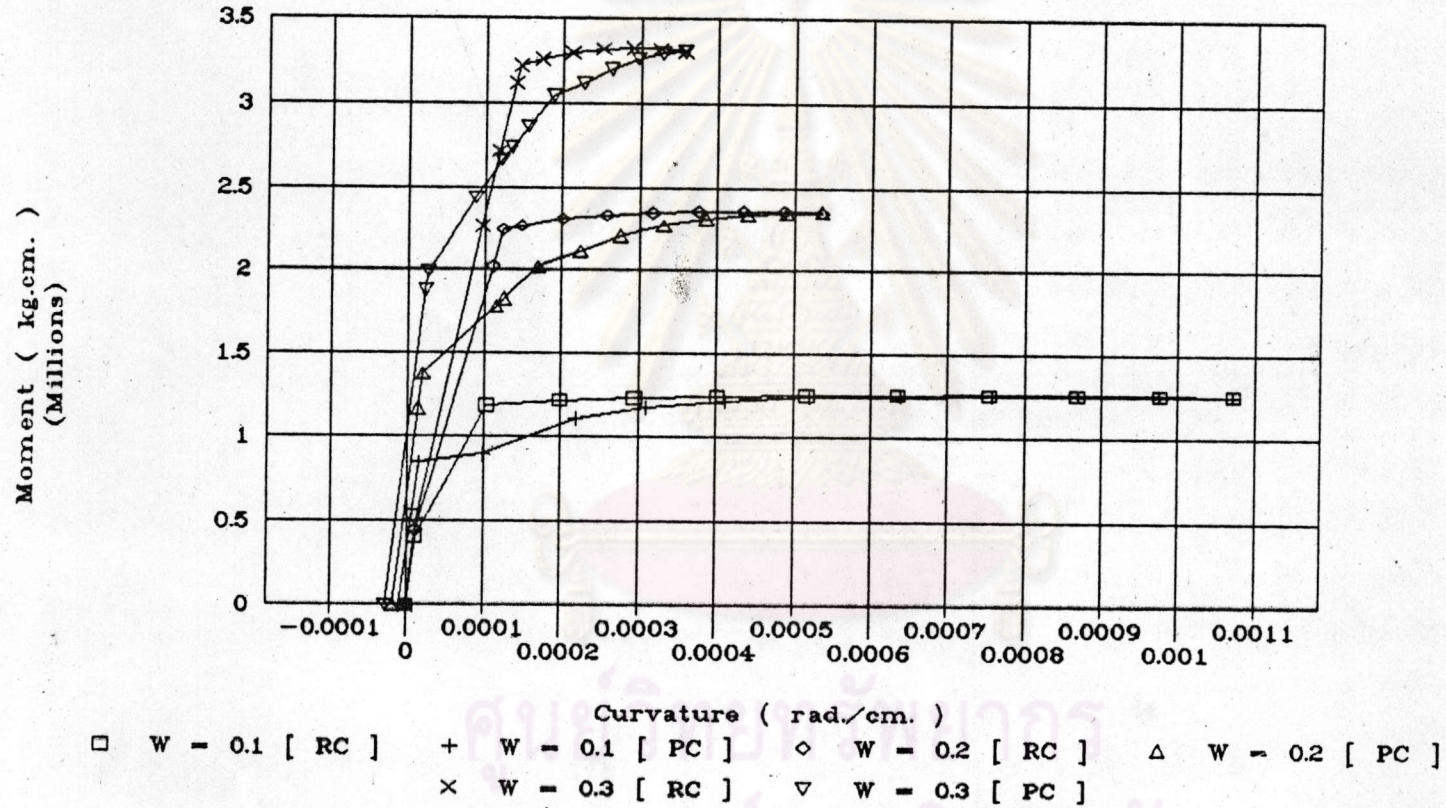
Moment - Curvature Diagram



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของกำลังอัดคอนกรีตที่มีต่อพฤติกรรมของแผ่นคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

MOMENT CURVATURE RELATIONSHIP

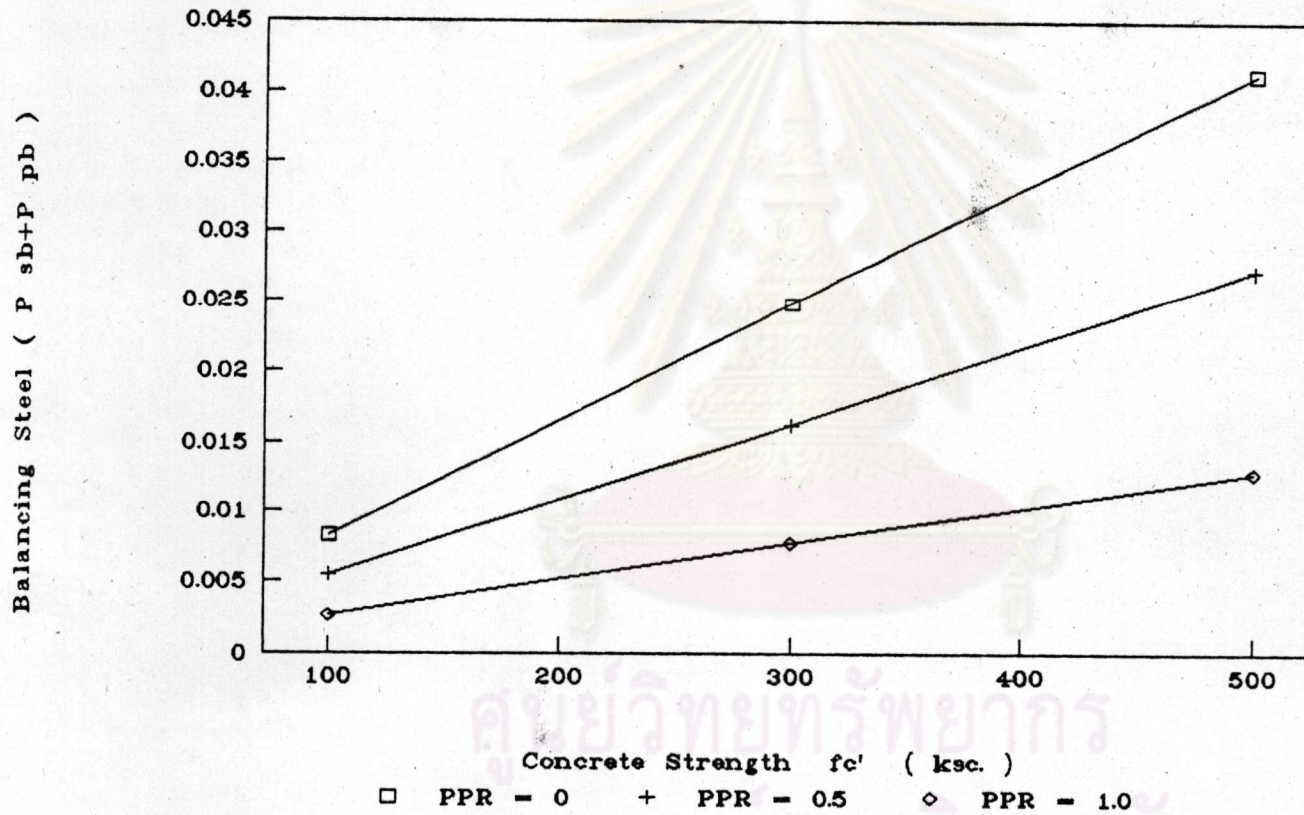
[EFFECT OF RNF. INDEX ; W]



รูปที่ 3.5 แสดงอิทธิพลของดัชนีเหล็กเสริม (W) ที่มีต่อพฤติกรรมแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

Balancing Steel & f_c' Relationship

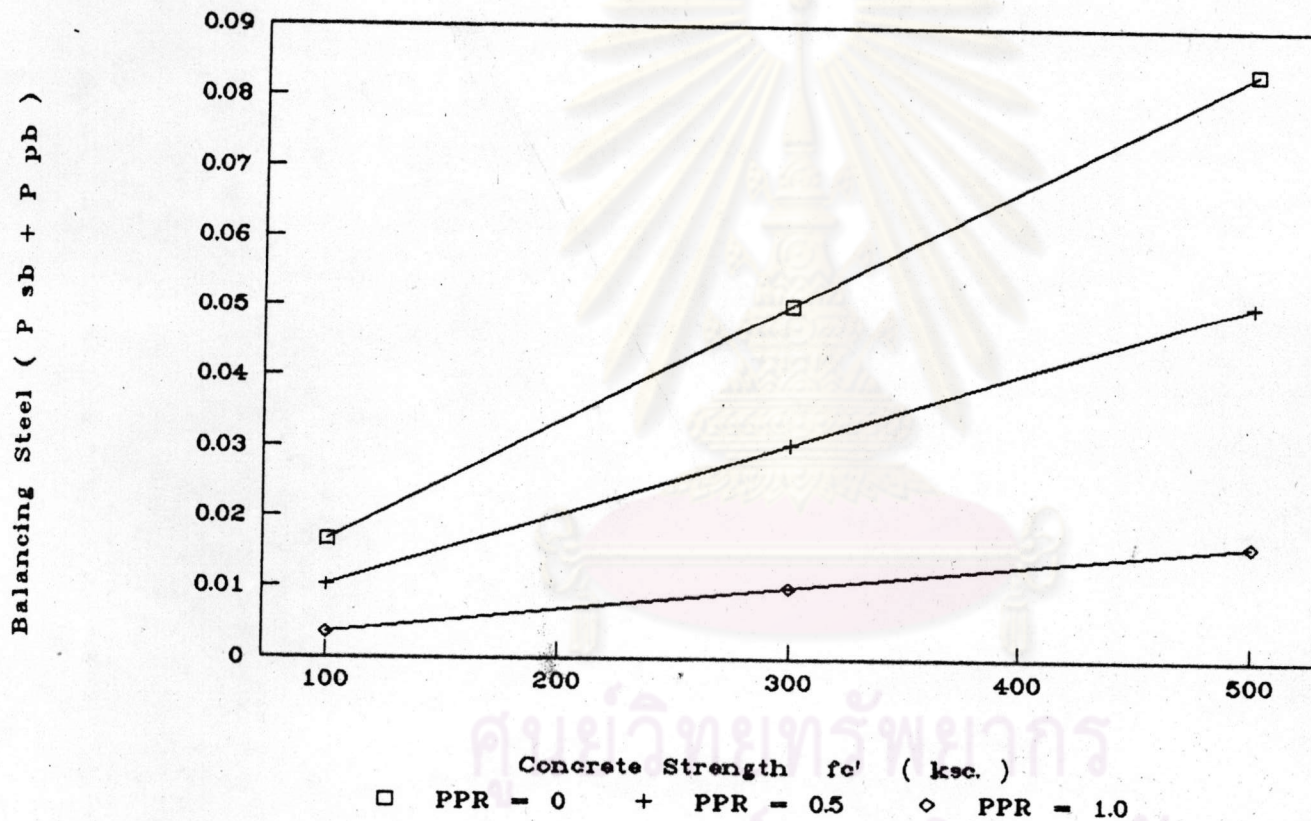
$f_y = 5000 \text{ ksc.}$



รูปที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมในหน้าตัดแผ่นพื้นภาวะสมดุล ($P_{pb} + P_{sb}$) และกำลังอัดคอนกรีต (f_c') เมื่อเหล็กเสริมมีกำลังคลาก 5000 กก/ชม.²

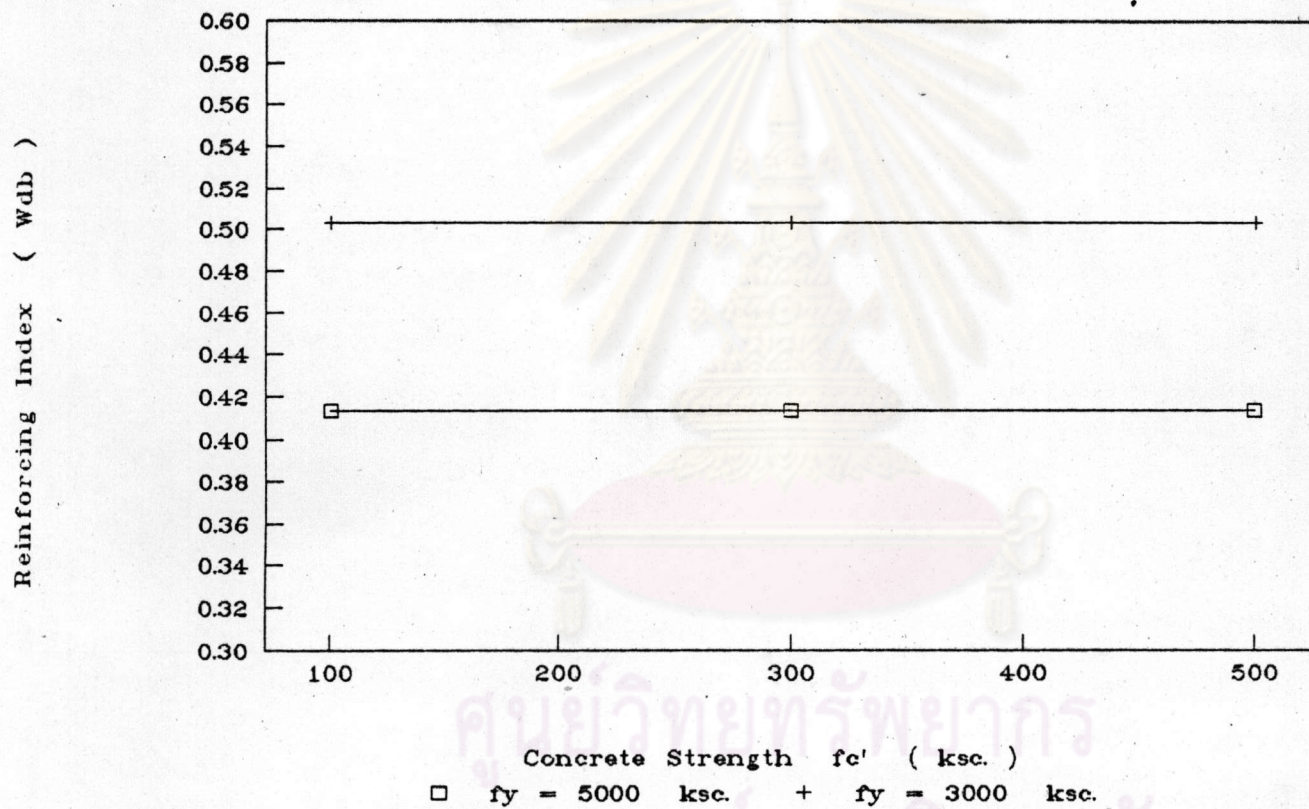
Balancing Steel & f_c' Relationship

$f_y = 3000 \text{ ksc.}$



รูปที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กเสริมในหน้าตัดแผ่นพื้นทึบภาวะสมดุล ($P_{sb} + P_{pb}$) และกำลังอัดคอนกรีต (f_c') เมื่อเหล็กเสริมมีกำลังคลาก 3000 กก/ชม.^๒

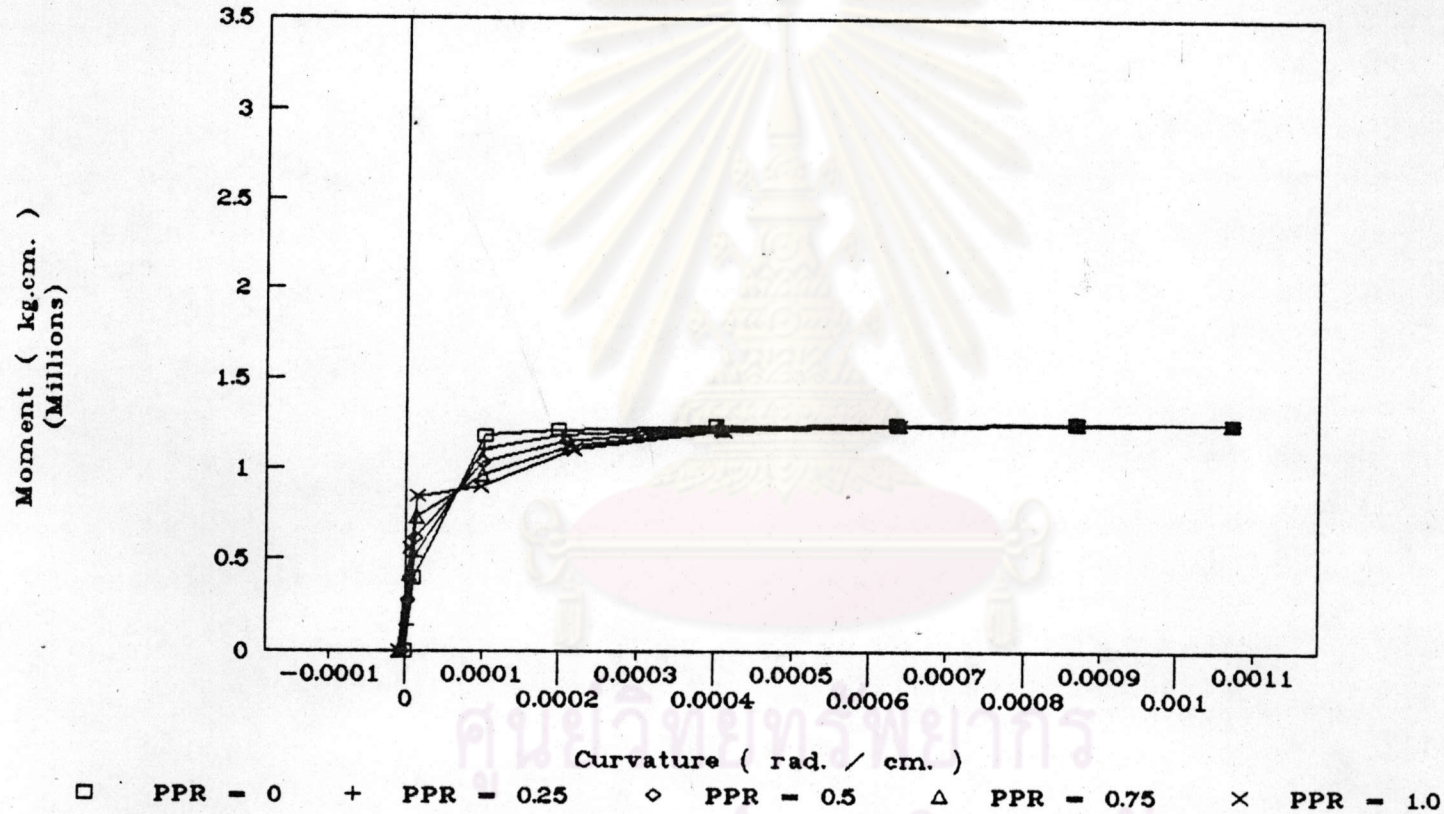
Balance Reinforcing Index



รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีเหล็กเสริมที่ภาวะสมดุลย์ (Wdb) ,กำลังอัดคอนกรีต (f_c') และ กำลังคลากเหล็กเสริม (f_y)

MOMENT CURVATURE RELATIONSHIP

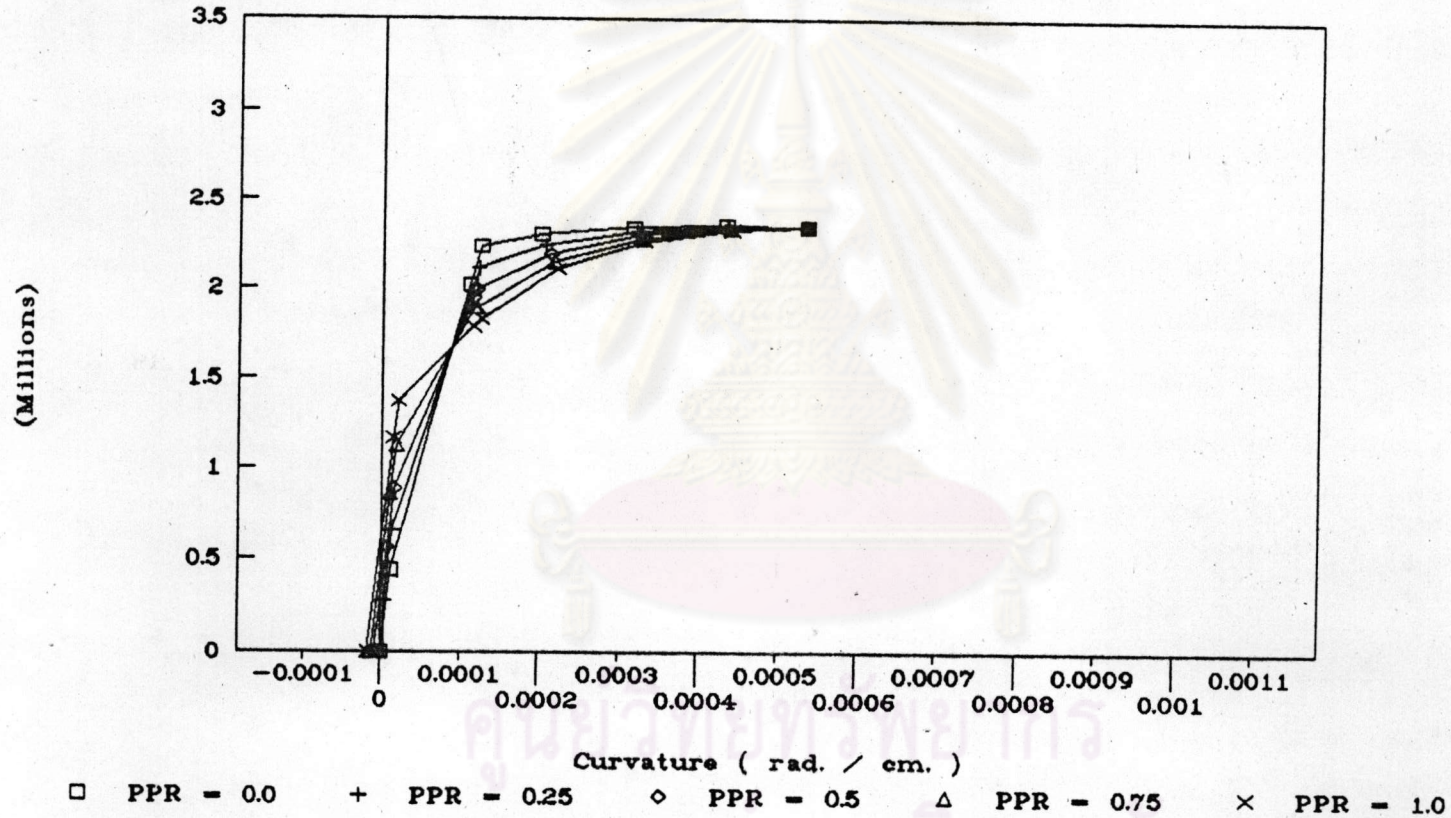
RNF. INDEX ; $W = 0.10$ ($0.2W_b$)



รูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัดนี้เหล็กเสริม (๖) และ PPR ในหน้าตัดแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง
บางส่วน เมื่อดัดนี้เหล็กเสริม (๖) เท่ากับ 0.1 ($0.2W_b$)

MOMENT CURVATURE RELATIONSHIP

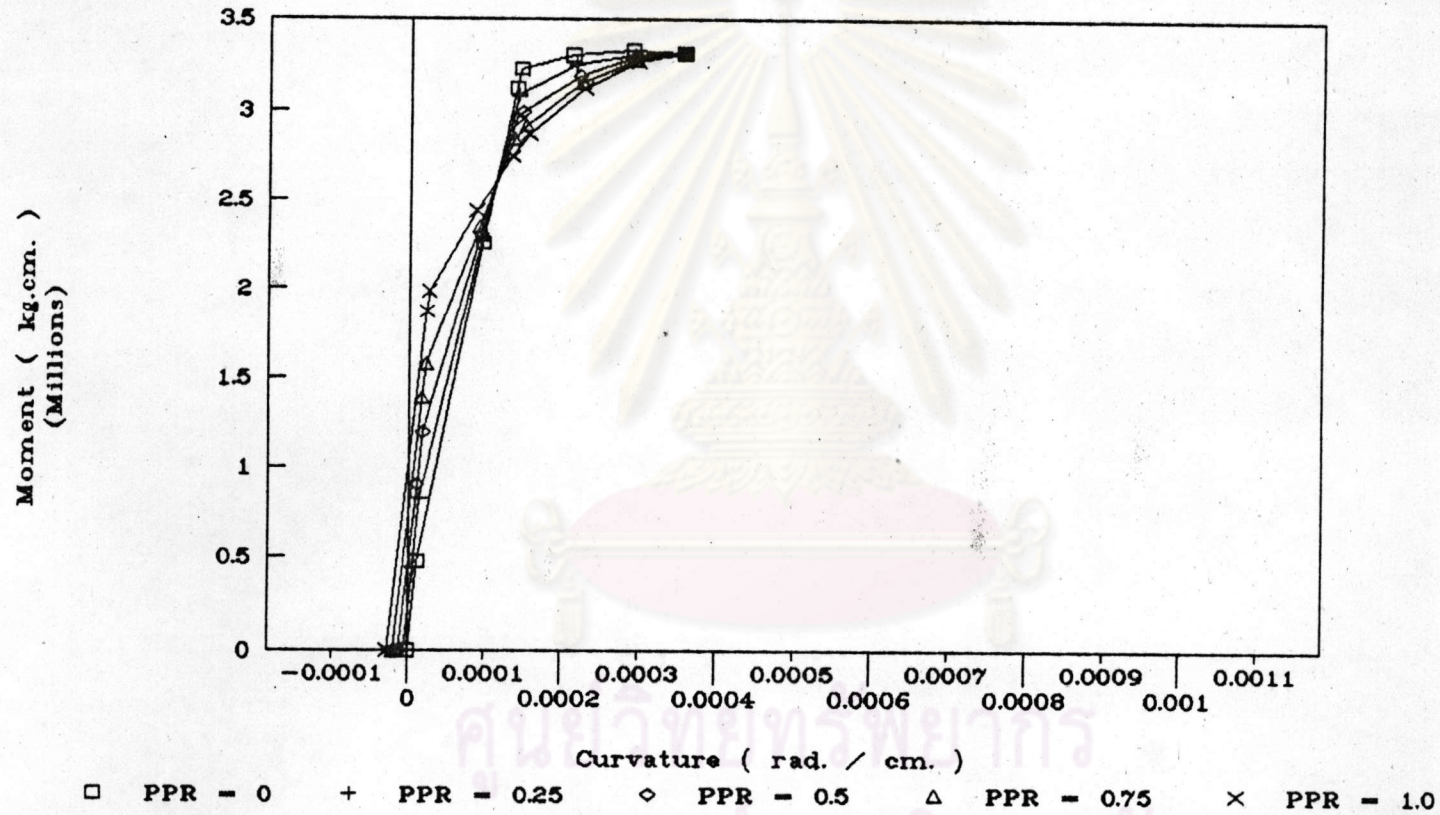
RNF. INDEX ; $W = 0.20 (0.4W_b)$



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีเหล็กเสริม (ρ) และ PPR ในหน้าตัดแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง
บางส่วน เมื่อดัชนีเหล็กเสริม (ρ) เท่ากับ 0.2 ($0.4\rho_b$)

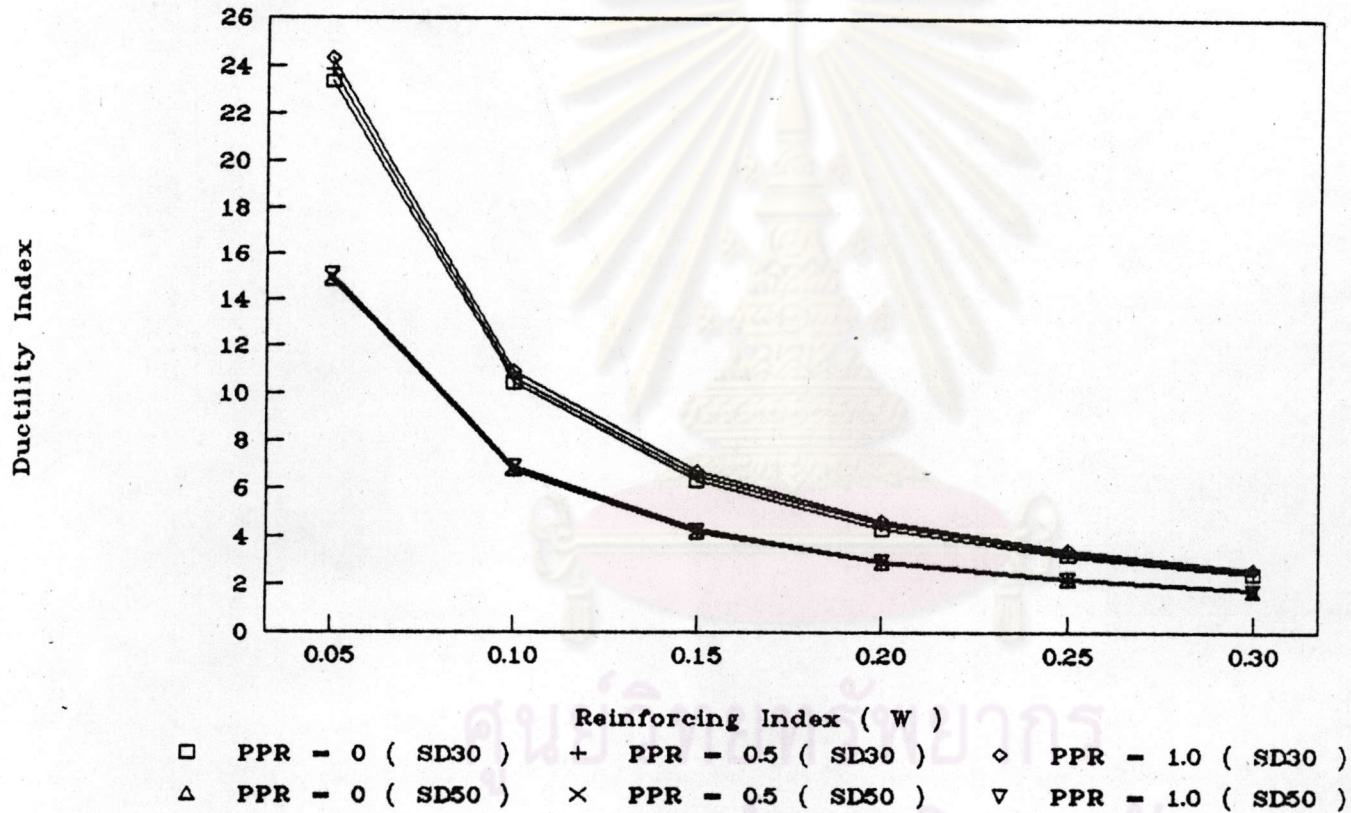
MOMENT CURVATURE RELATIONSHIP

RNF. INDEX ; $W = 0.30 (0.6W_b)$



รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีเหล็กเสริม (ρ) และ PPR ในหน้าตัดแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง
บางส่วน เมื่อดัชนีเหล็กเสริม (ρ) เท่ากับ 0.3 (0.6 ρ_b)

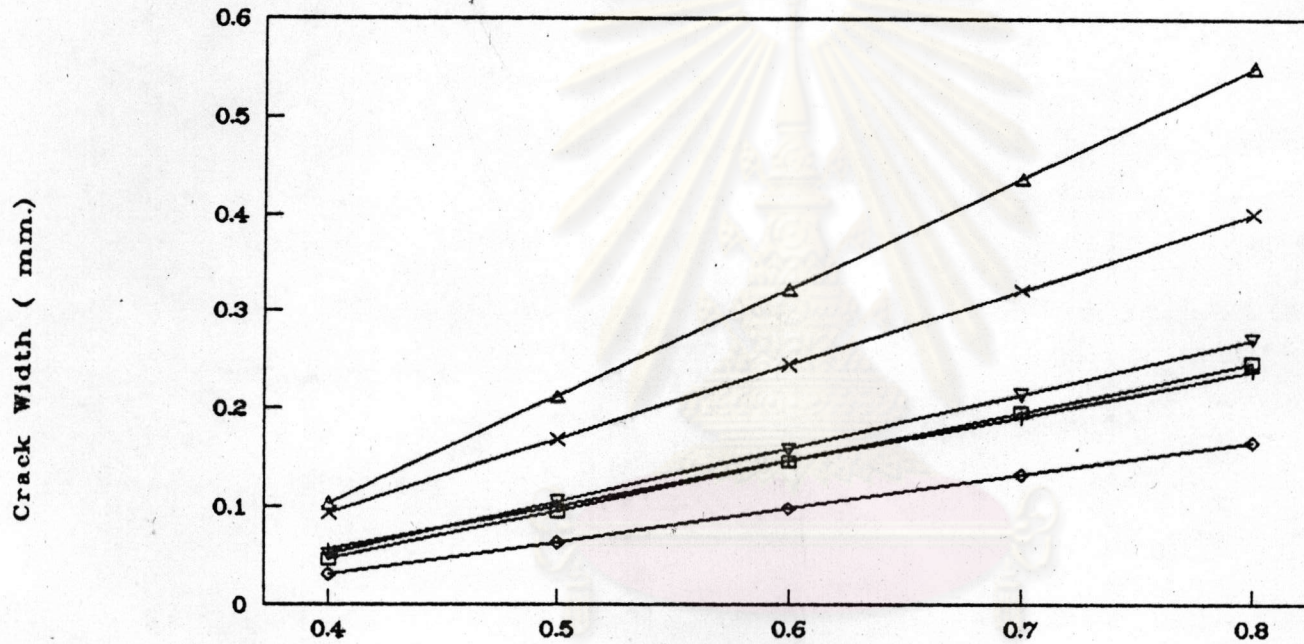
Rnf.Index & Dutility Index Relationship For Steel Grade SD30 & SD50



รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเหนียว และดัชนีเหล็กเสริม ในแต่ละค่า PPR สำหรับเหล็กเสริมเกรด SD30 และ SD50

MAX. CRACK WIDTH FORMULAR COMPAIRING

NAWY : CEB : ACI

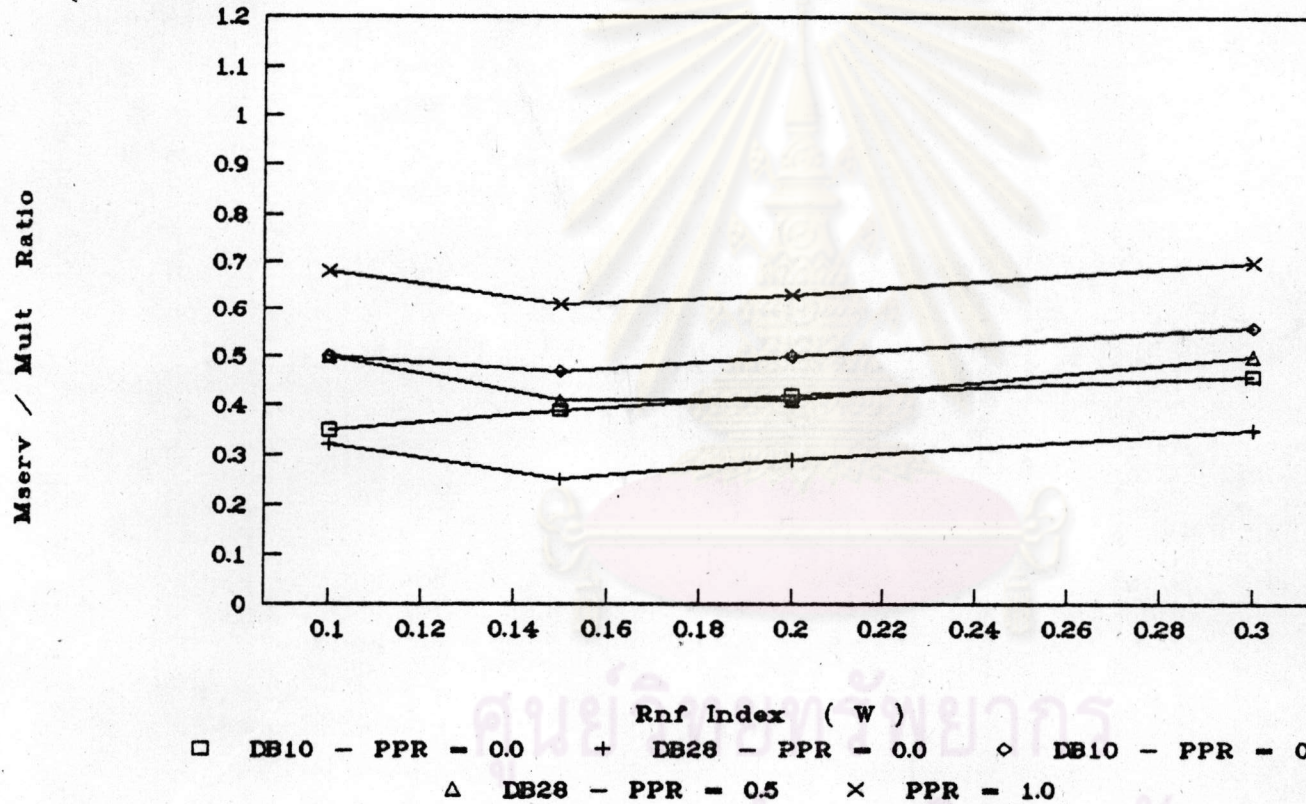


Mserv / Mult Ratio

□ Nawy : DB 10 mm.	+ CEB : DB 10 mm.	◇ ACI : DB 10 mm.
△ Nawy : DB 28 mm.	× CEB : DB 28 mm.	▽ ACI : DB 28 mm.

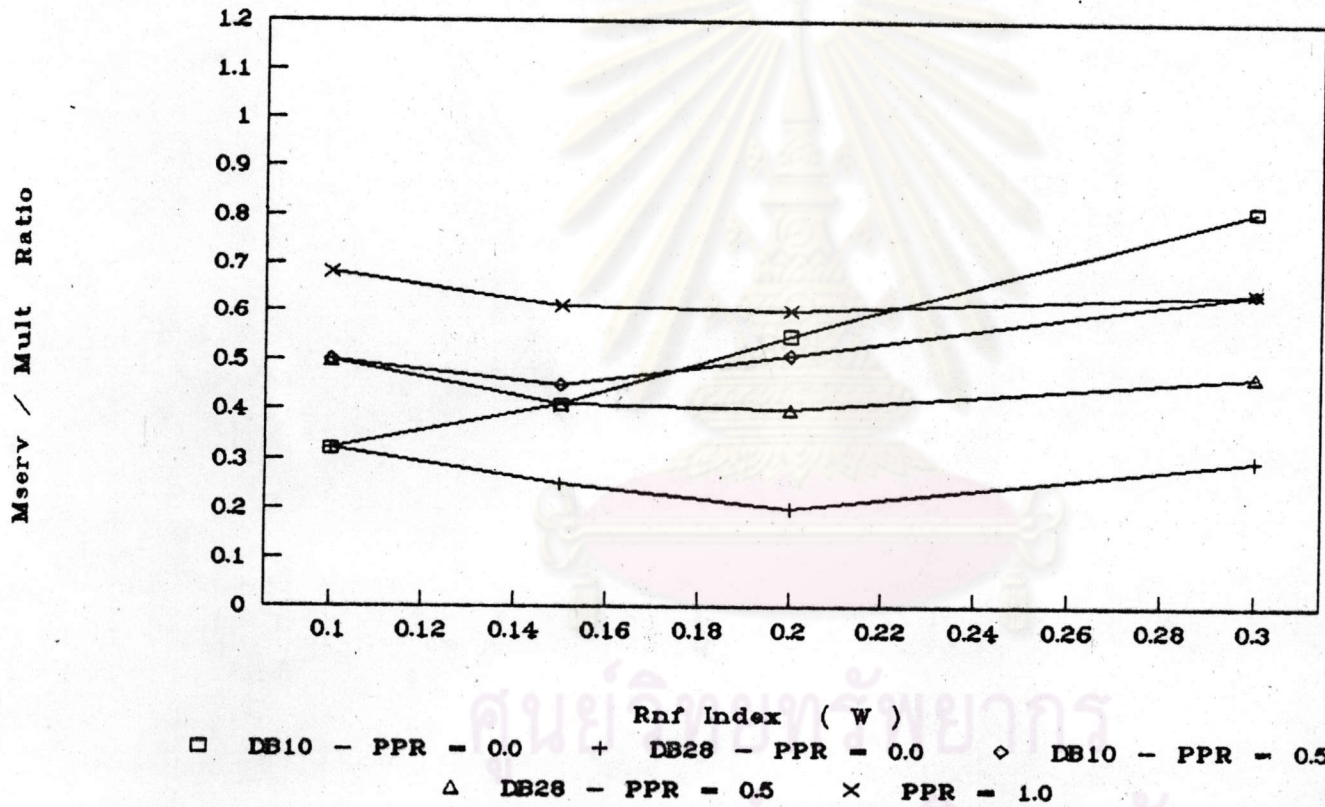
รูปที่ 3.13 แสดงผลการเปรียบเทียบสูตรที่ใช้ทำนายความกว้างของรอยแตกไว้ระหว่างสูตรของ Nawy, CEB และ ACI

CEB : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.10 MM.



รูปที่ 3.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมได้ ,ดัชนีเหล็กเสริม(๘) ,PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.1 มม.จากสูตรของ CEB

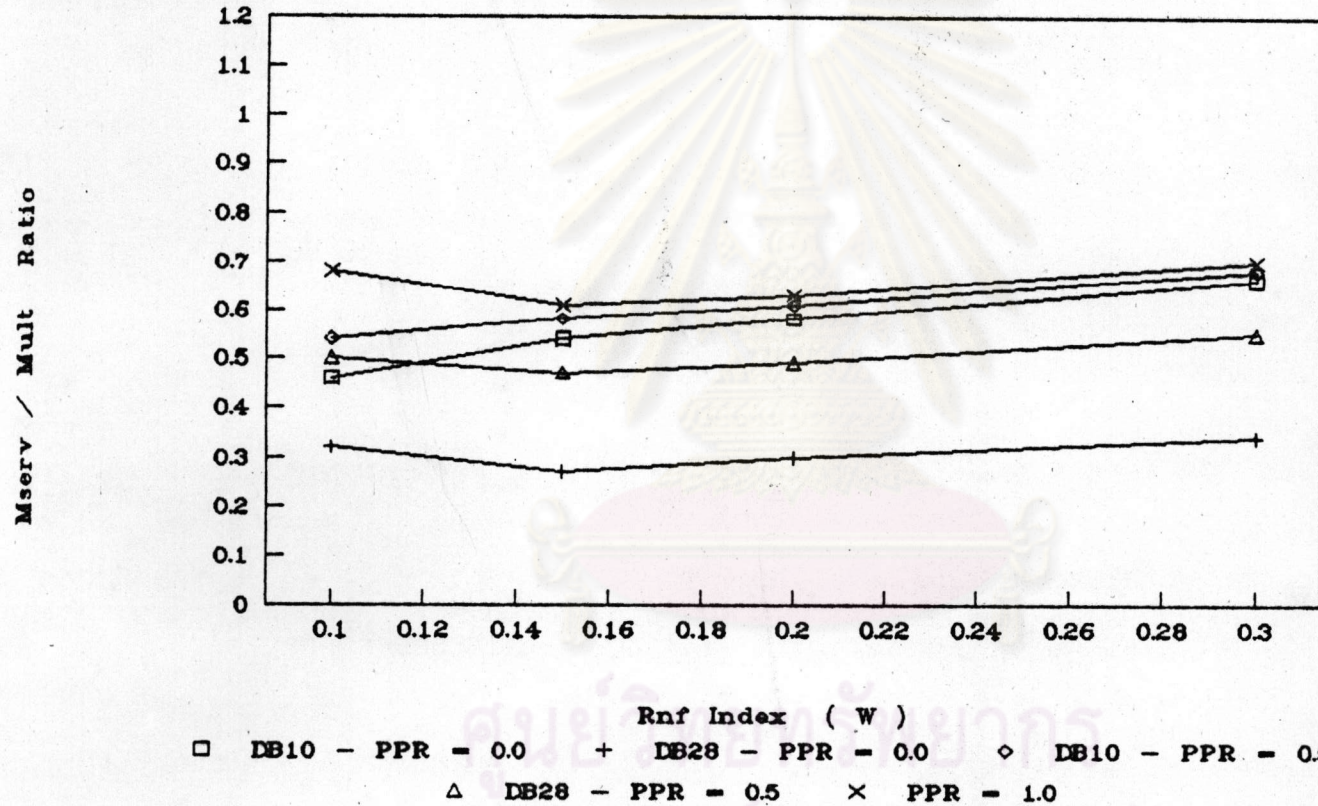
NAVY : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.10 MM.



รูปที่ 3.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้ ,ดัชนีเหล็กเสริม(ρ) ,PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.1 มม. จากสูตรของ Navy และ Chiang

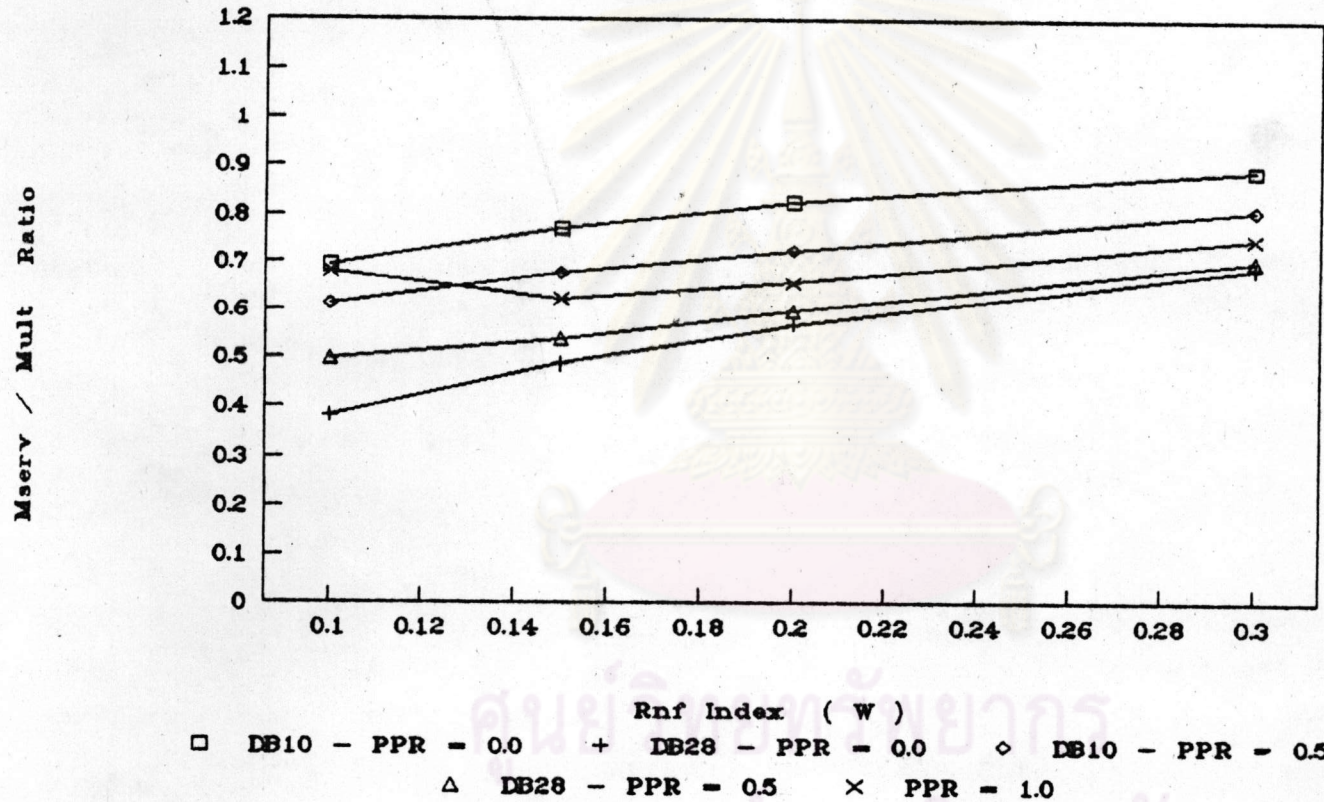
ACI : ALLOWABLE SERVICE MOMENT

LIMIT CRACK WIDTH 0.10 MM.



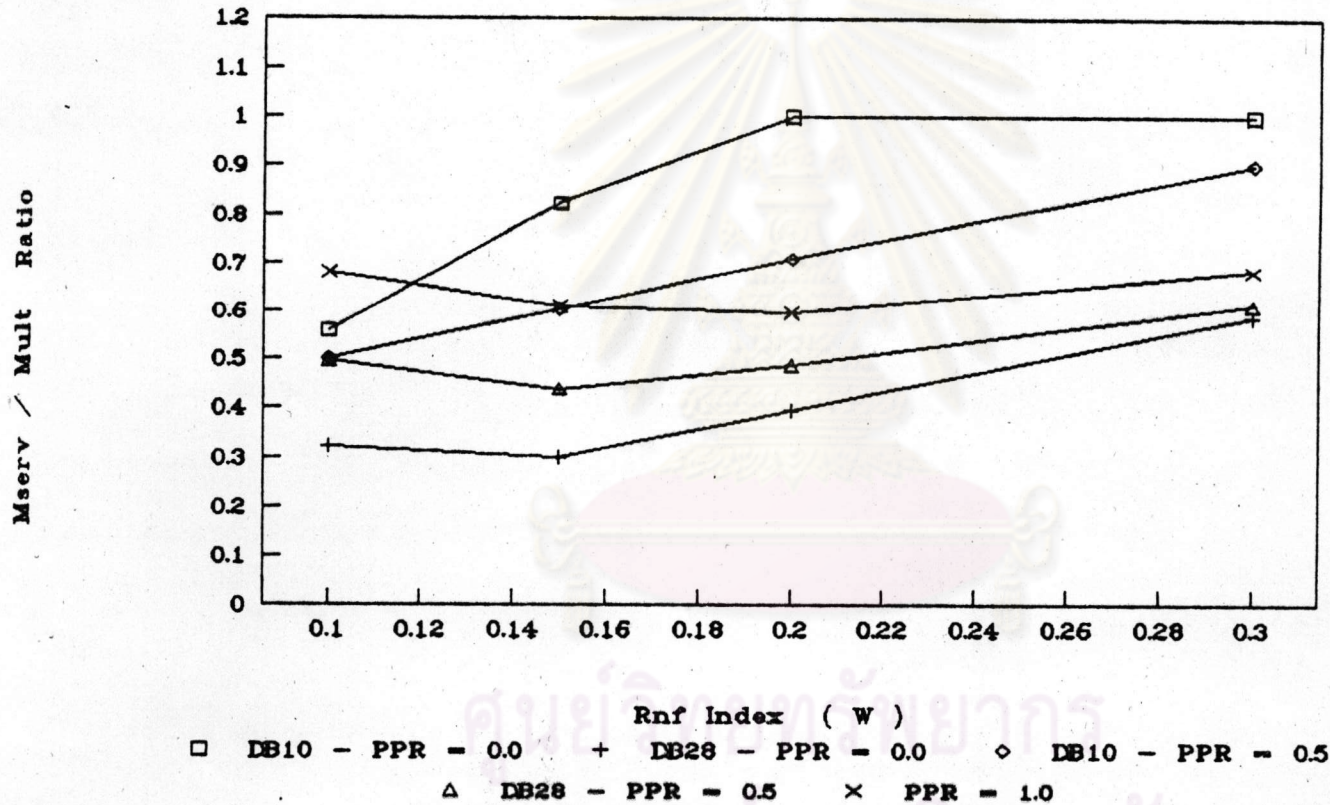
รูปที่ 3.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้ ,ดัชนีเหล็กเสริม(\bar{w}) ,PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.1 มม. จากสูตรของ ACI

CEB : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.20 MM.



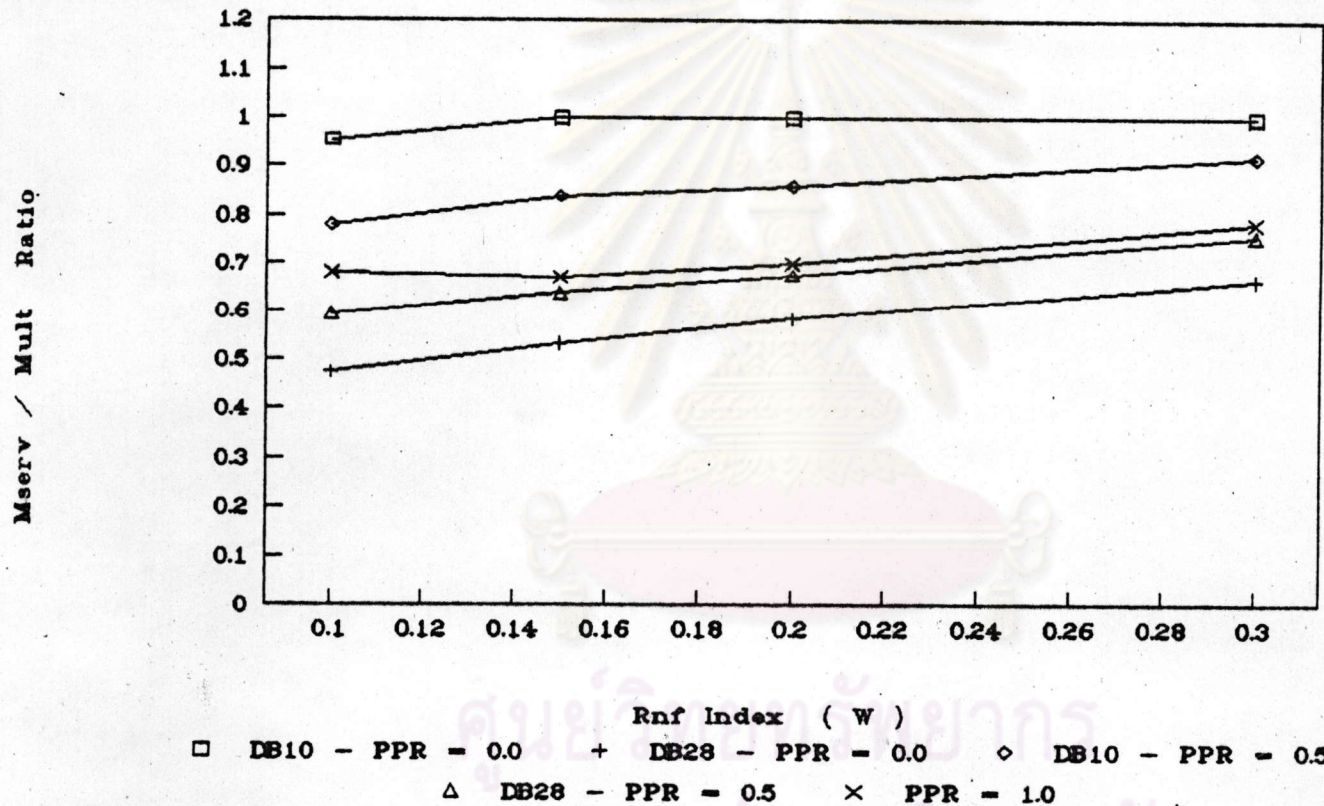
รูปที่ 3.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้ ,ดัชนีเหล็กเสริม(๘) ,PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.2 มม. จากสูตรของ CEB

NAVY : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.20 MM.



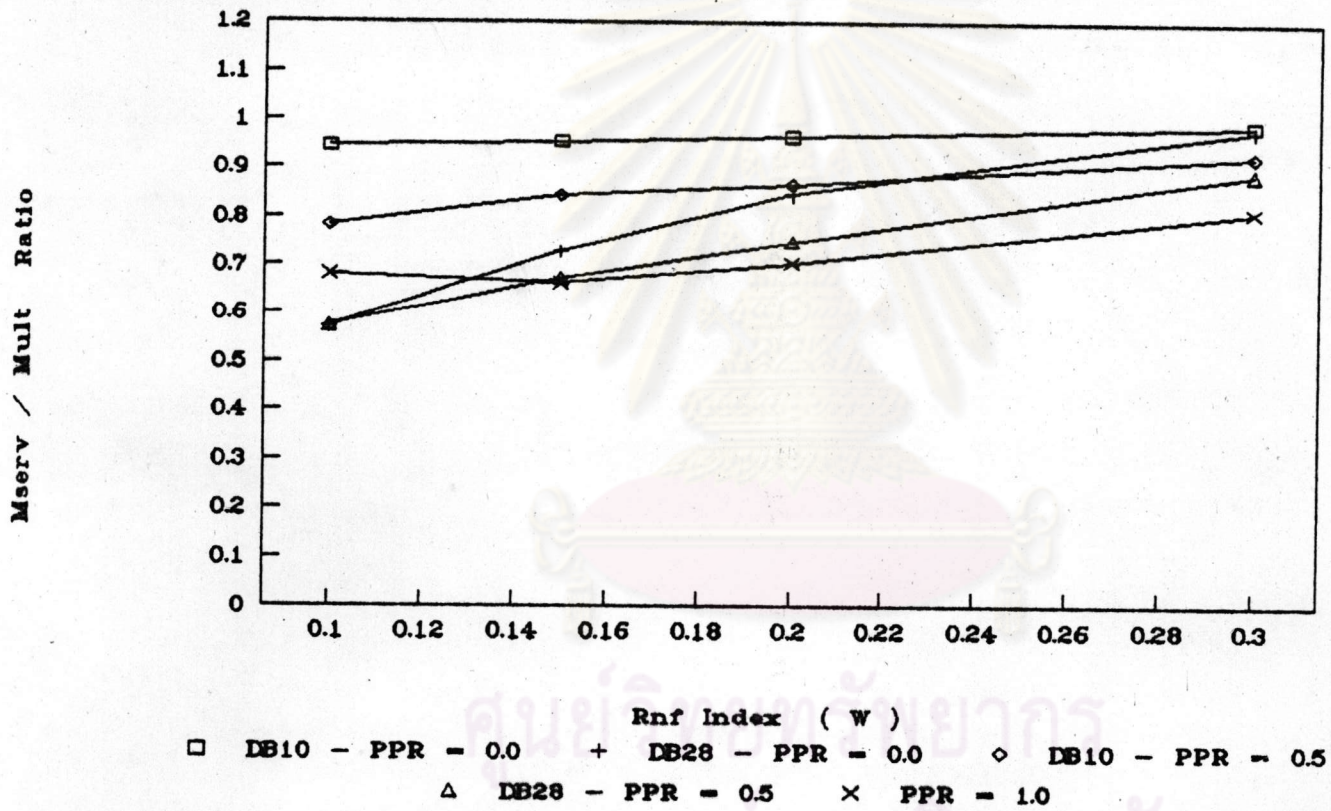
รูปที่ 3.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้, ดัชนีเหล็กเสริม (ω), PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.2 มม. จากสูตรของ Navy และ Chiang

ACI : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.20 MM.



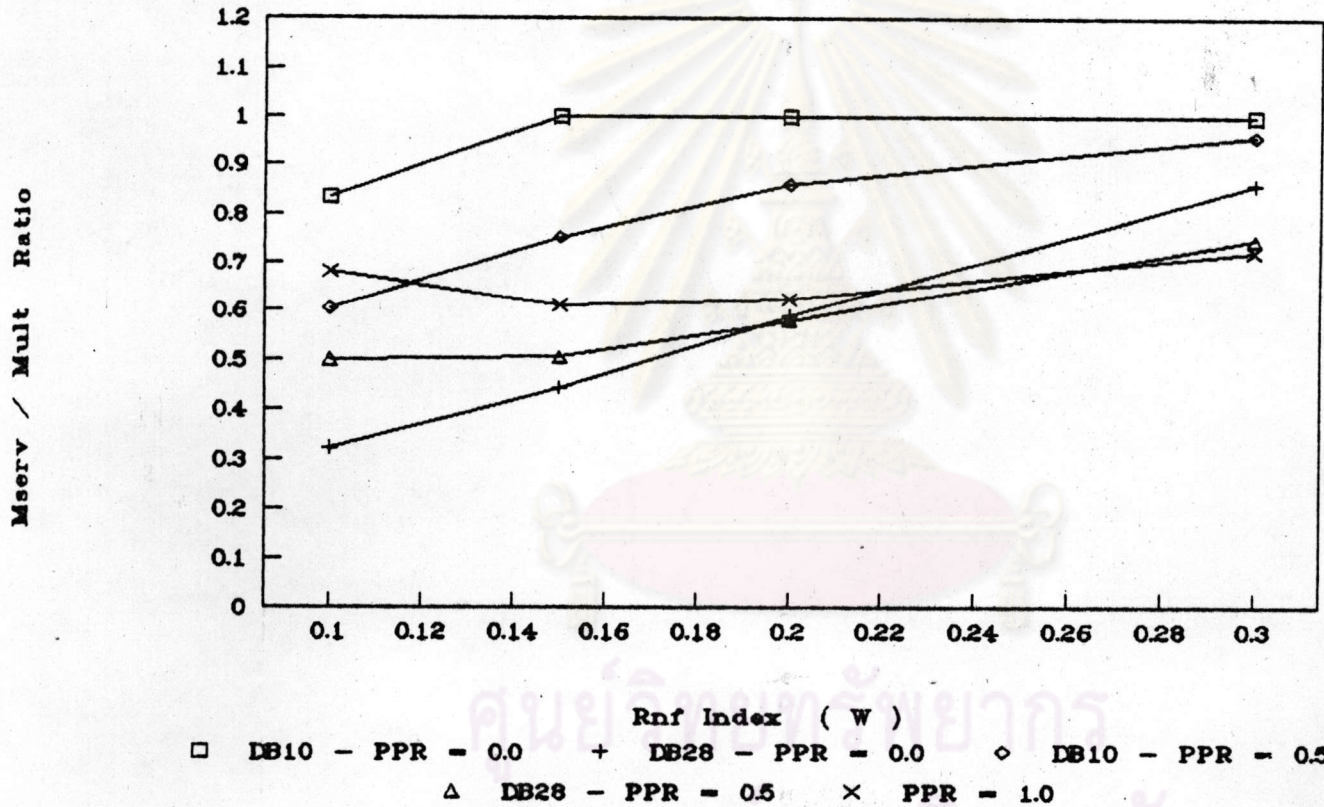
รูปที่ 3.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้, คัดขึ้นเหล็กเสริม (๘), PPR และ ขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.2 มม. จากสูตรของ ACI

CEB : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.30 MM.



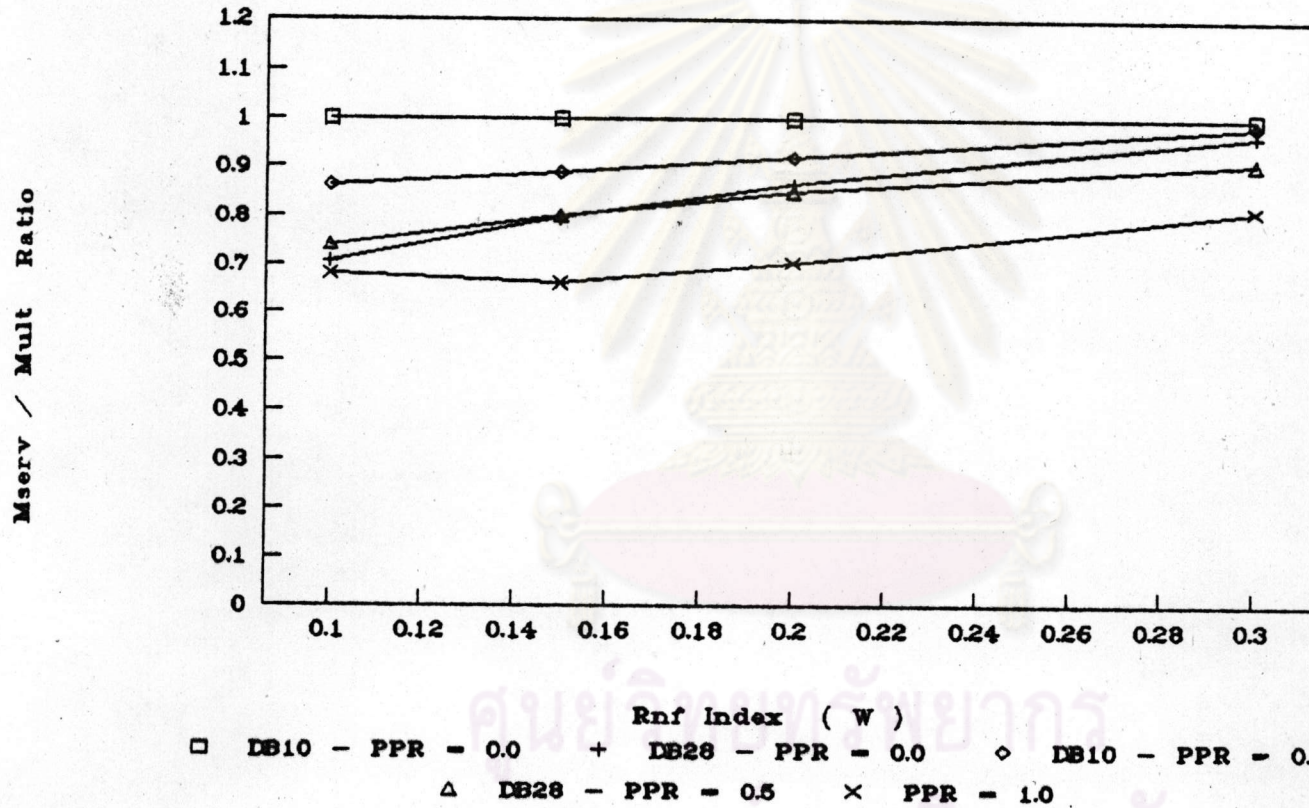
รูปที่ 3.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้ ,ดัชนีเหล็กเสริม(ρ) ,PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.3 มม.จากสูตรของ CEB

NAWY : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.30 MM.



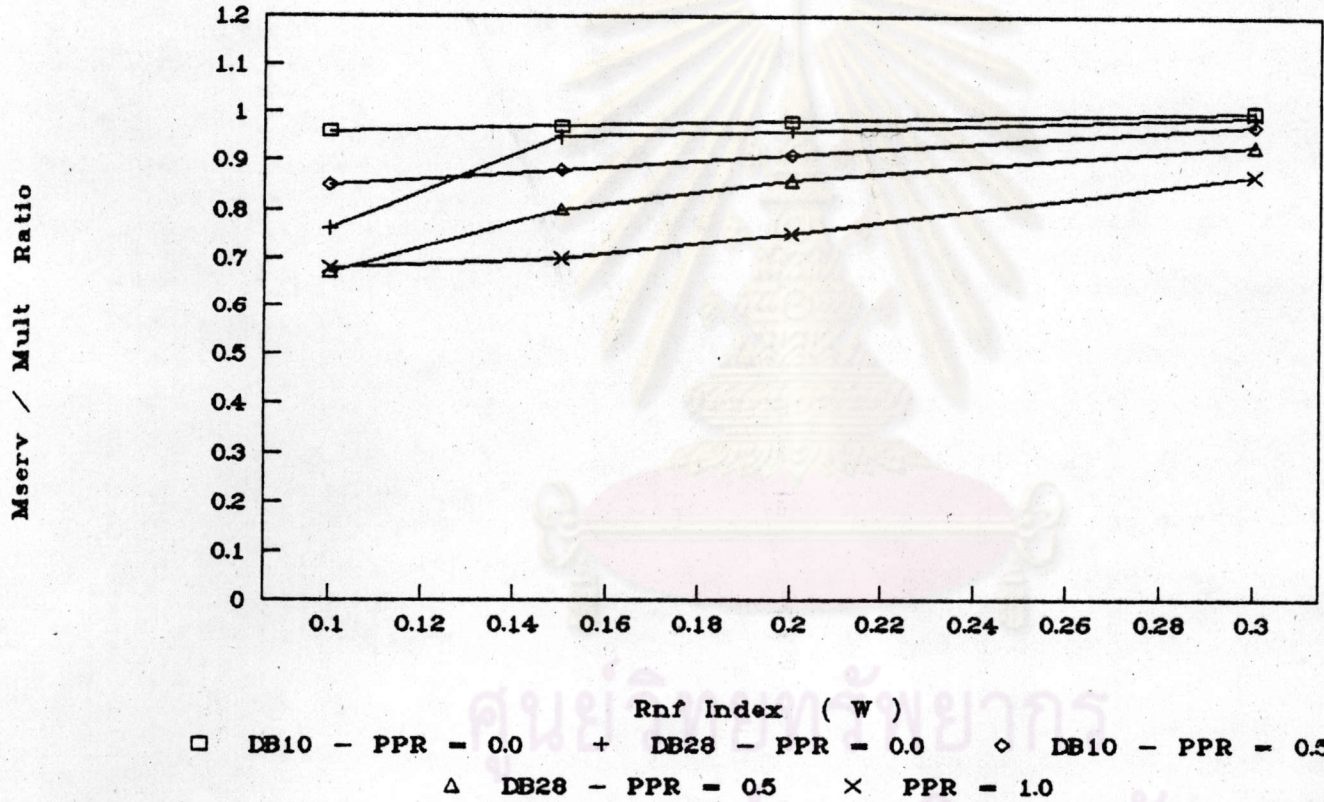
รูปที่ 3.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้ ,ดัชนีเหล็กเสริม(\bar{w}) ,PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ว่า 0.3 มม.จากสูตรของ Navy และ Chiang

ACI : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.30 MM.



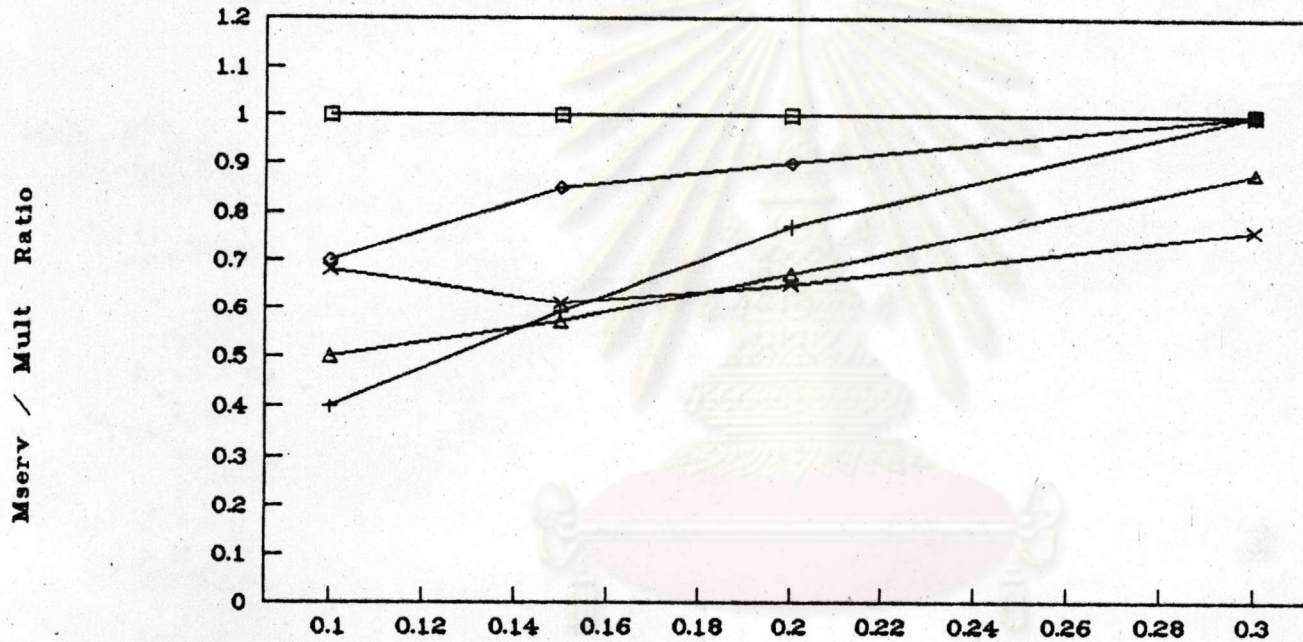
รูปที่ 3.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้, ดัชนีเหล็กเสริม (ω), PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.3 มม. จากสูตรของ ACI

CEB : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.40 MM.



รูปที่ 3.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้, ดัชนีเหล็กเสริม (ω), PPR และขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ว่า 0.4 มม. จากสูตรของ CEB

NAVY : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.40 MM.

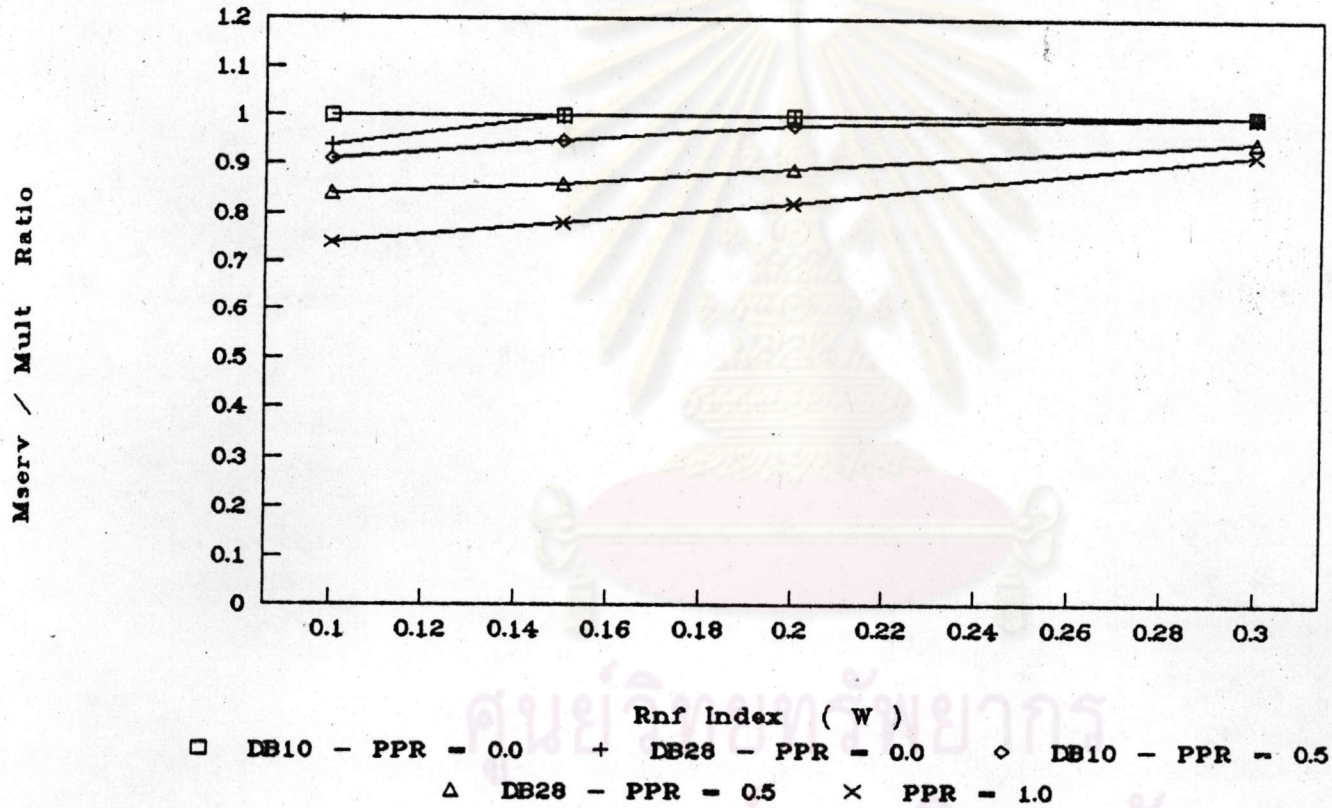


□ DB10 - PPR = 0.0 + DB28 - PPR = 0.0 ◇ DB10 - PPR = 0.5
 △ DB28 - PPR = 0.5 × PPR = 1.0

รูปที่ 3.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้, ดัชนีเหล็กเสริม (ω), PPR และ ขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.4 มม. จากสูตรของ Navy และ Chiang



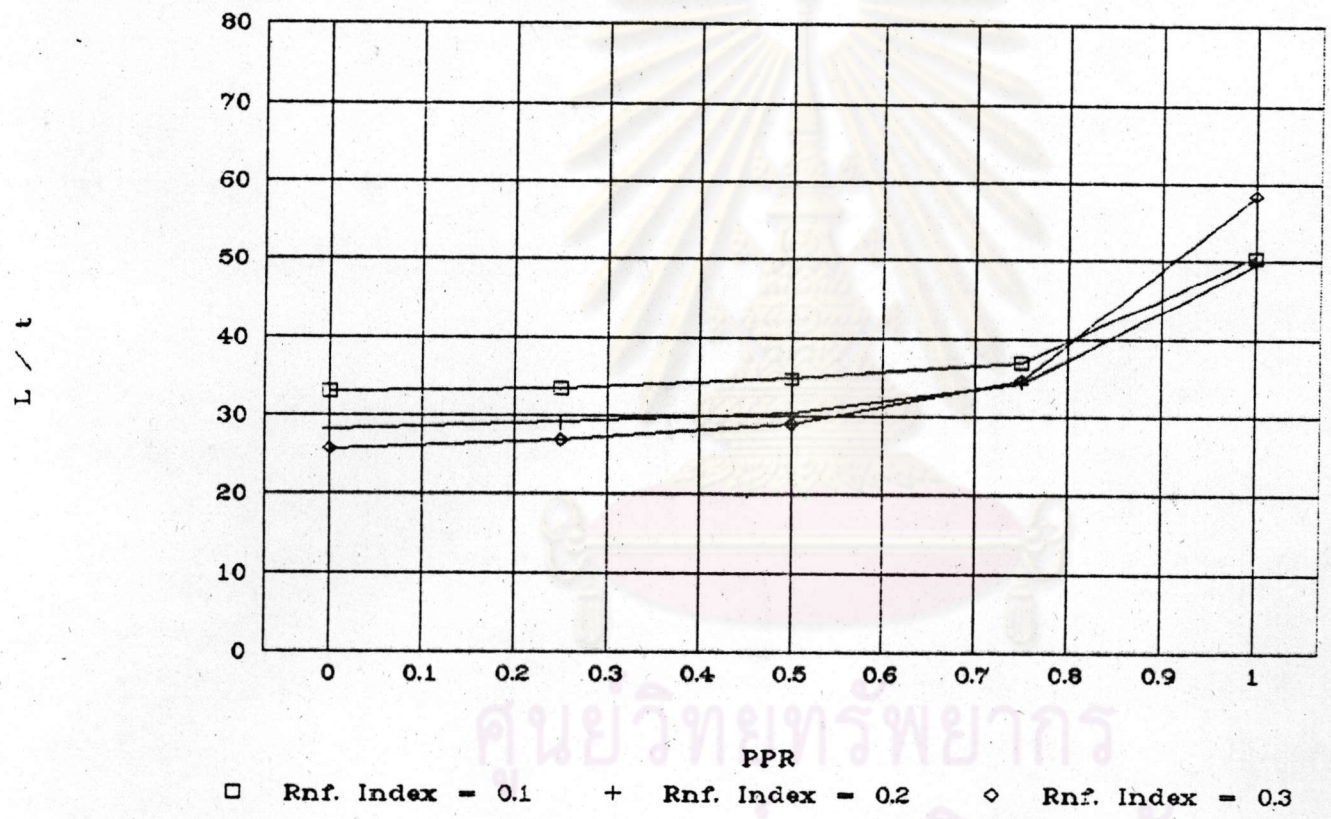
ACI : ALLOWABLE SERVICE MOMENT
LIMIT CRACK WIDTH 0.40 MM.



รูปที่ 3.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน M_{serv} / M_{ult} ที่ยอมให้ ,ดัชนีเหล็กเสริม(๖) , PPR และ ขนาดเหล็กเสริม เมื่อกำหนดความกว้างรอยแตกไว้ 0.4 มม. จากสูตรของ ACI

Maximum Span To Slab Thickness Ratio

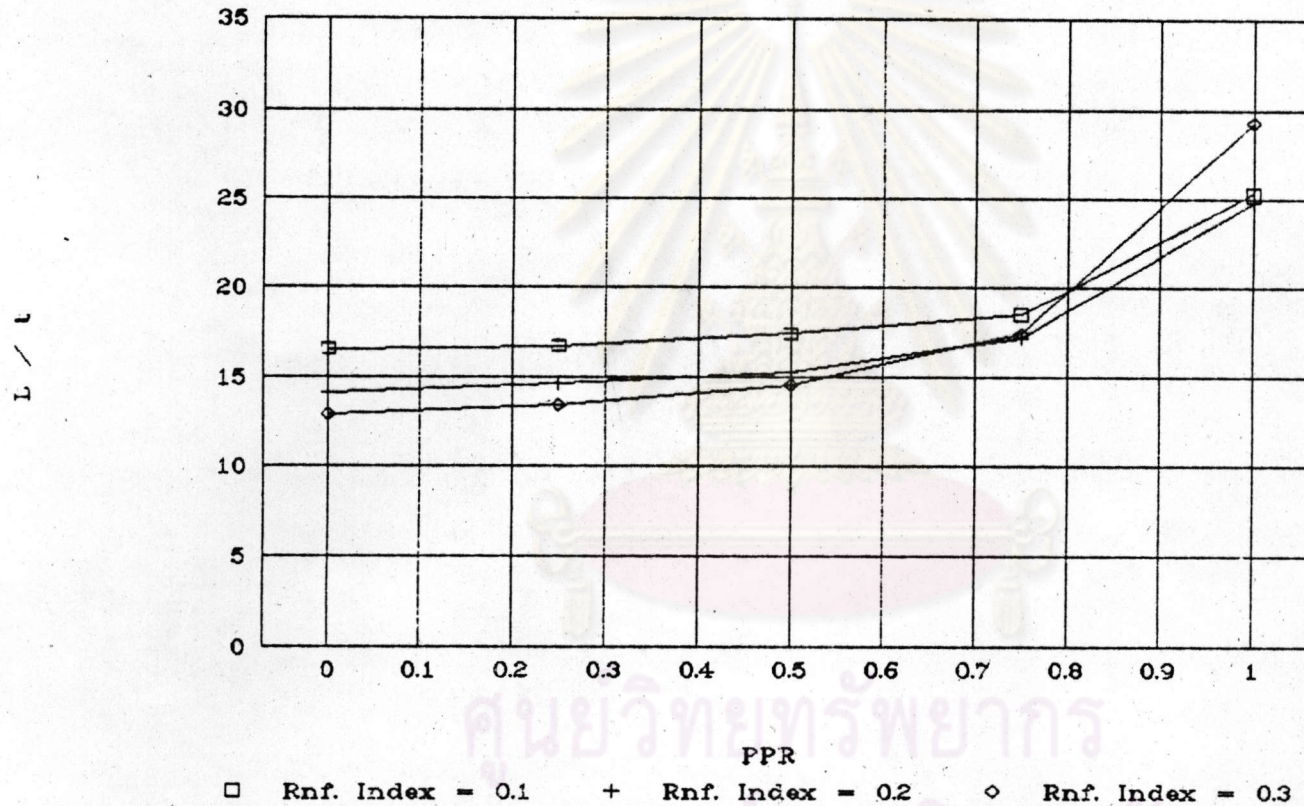
Deflection Control - $L/180$



รูปที่ 3.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการแอ่นตัวไม่เกิน $L/180$ สำหรับแผ่นพื้นช่วงเดียว

Maximum Span To Slab Thickness Ratio

Deflection Control - $L/360$

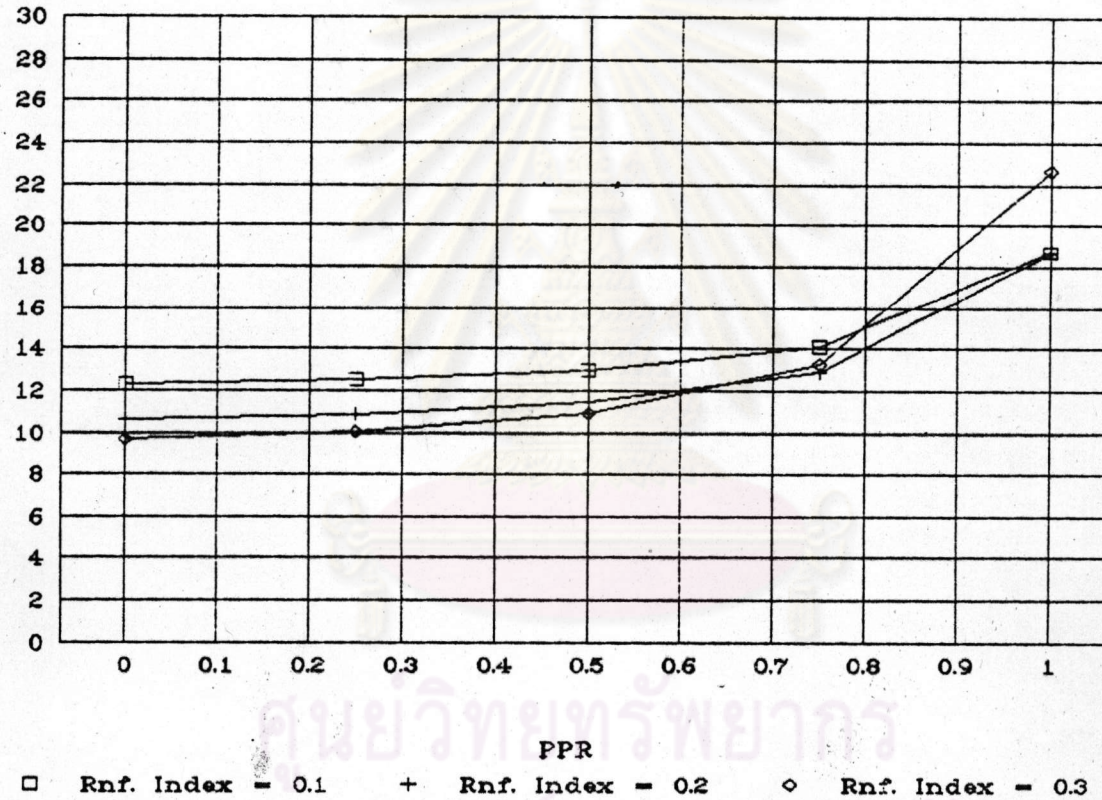


รูปที่ 3.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการแอ่นตัวไม่เกิน $L/360$ สำหรับแผ่นพื้นช่วงเดียว

Maximum Span To Slab Thickness Ratio

Deflection Control - $L/480$

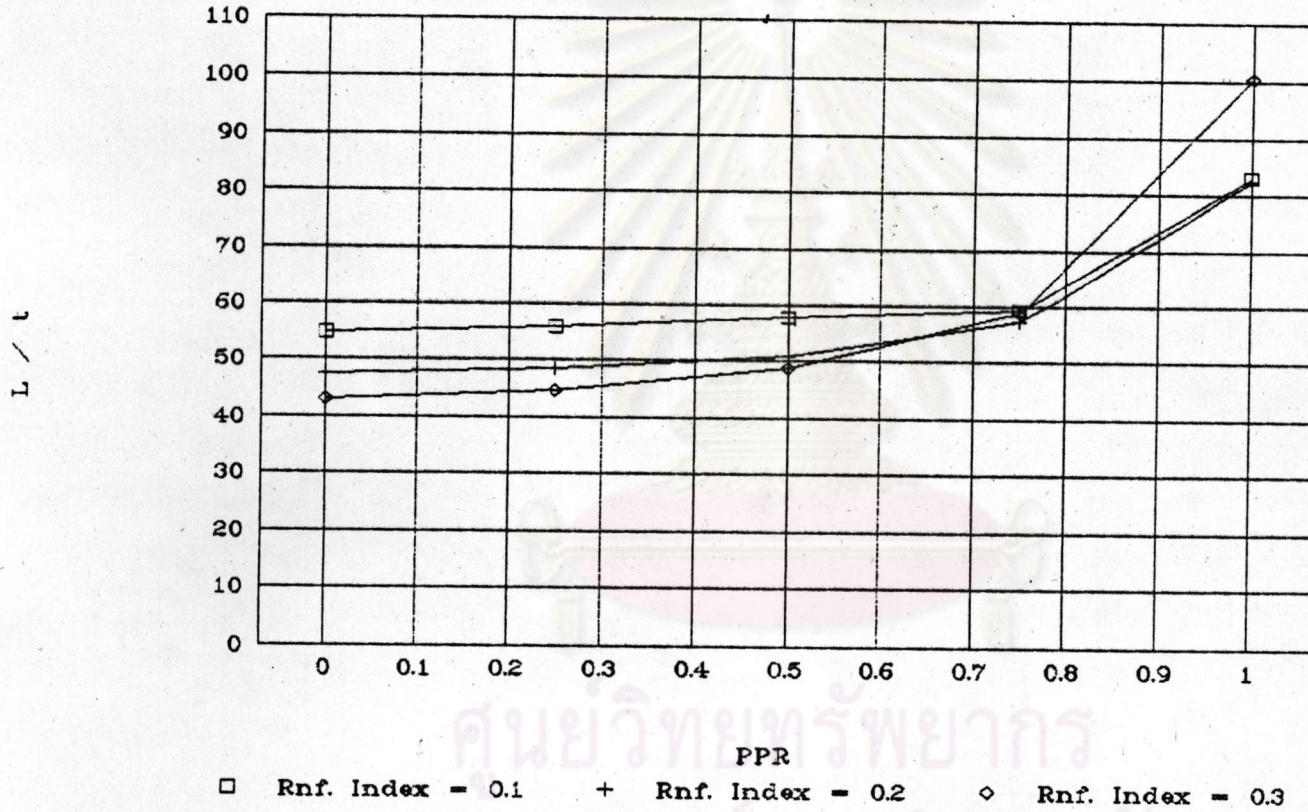
L / t



รูปที่ 3.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการแอ่นตัวไม่เกิน $L/480$ สำหรับแผ่นพื้นช่วงเดียว

Maximum Span To Slab Thickness Ratio

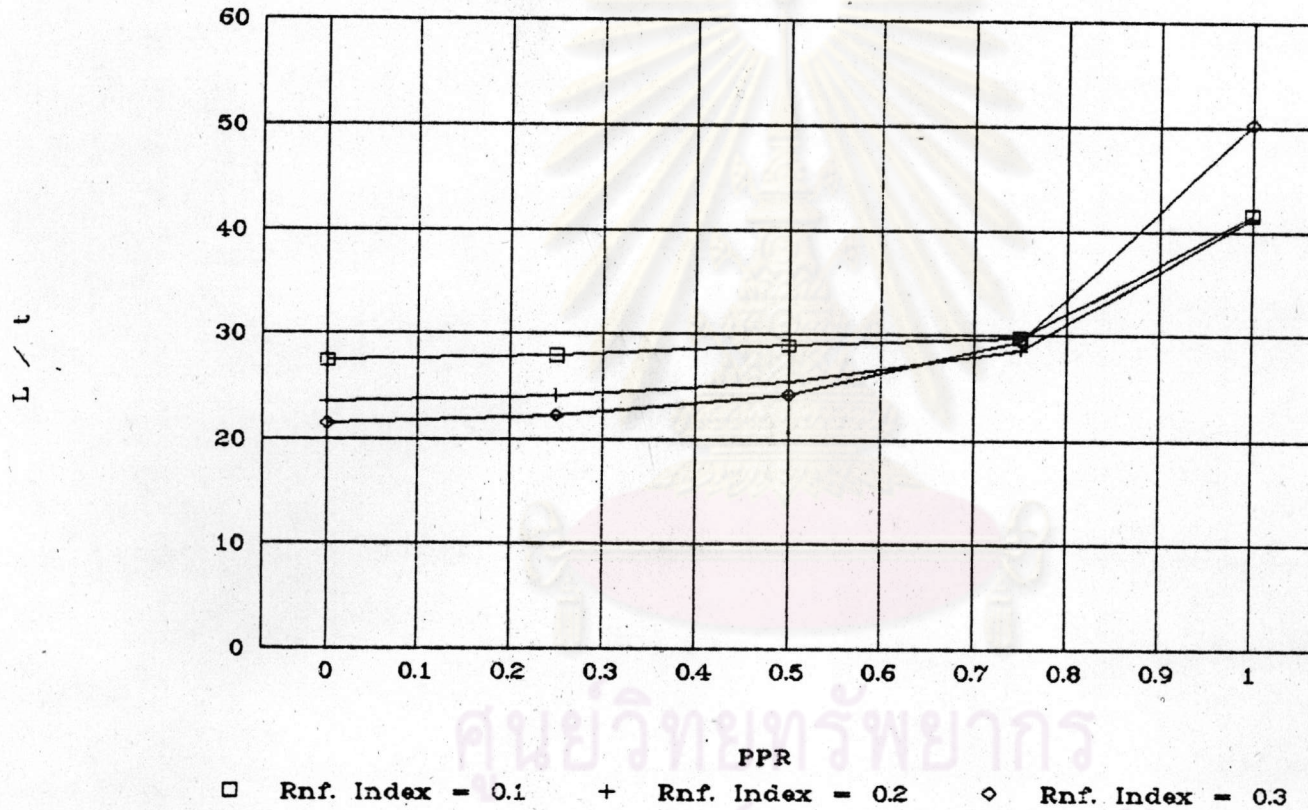
Deflection Control $L/180$



รูปที่ 3.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการอ่อนตัวไม่เกิน $L/180$ สำหรับแผ่นพื้นค่อเนื่อง

Maximum Span To Slab Thickness Ratio

Deflection Control $L/360$

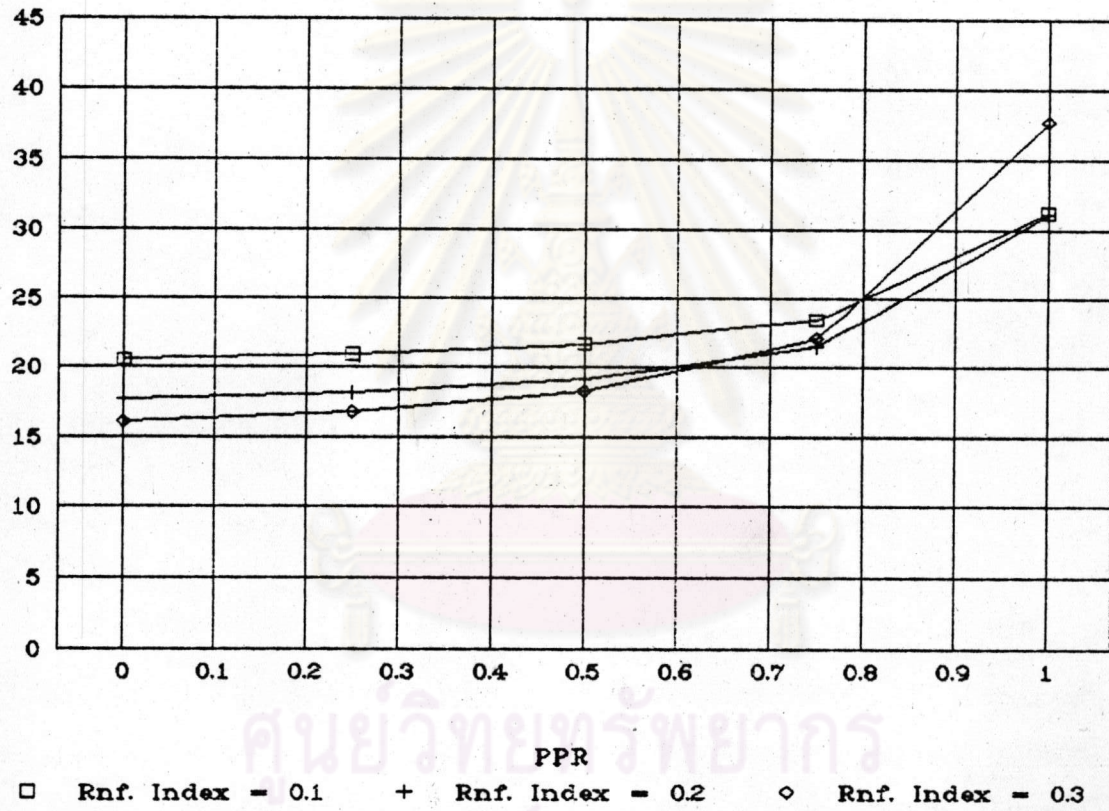


รูปที่ 3.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการอนตัวไม่เกิน $L/360$ สำหรับแผ่นพื้นต่อเนื่อง

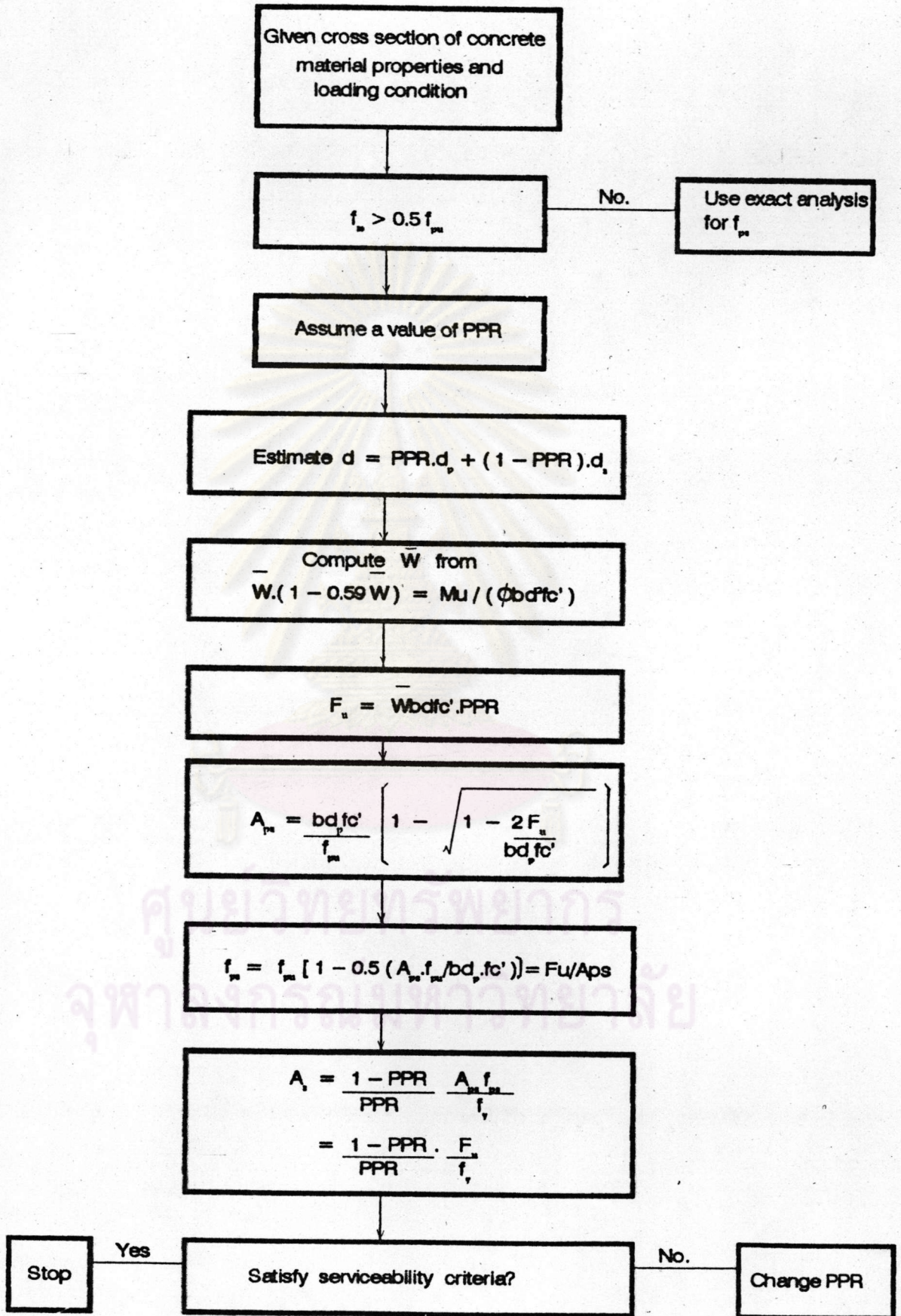
Maximum Span To Slab Thickness Ratio

Deflection Control $L/480$

L / t

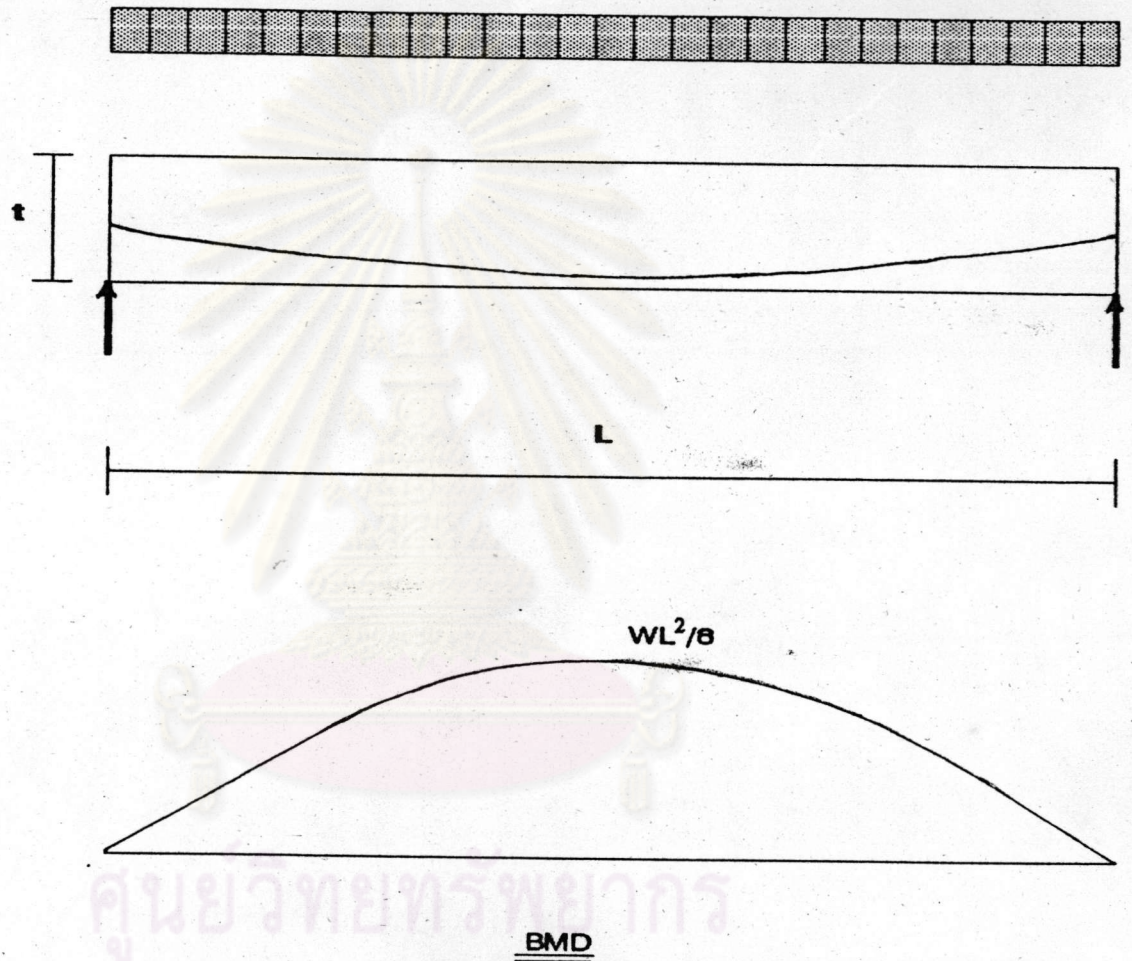


รูปที่ 3.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/t และ PPR เมื่อควบคุมการอนตัวไม่เกิน $L/480$ สำหรับแผ่นพื้นต่อเนื่อง



รูปที่ 4.1 แสดงผัง Flow Chart สำหรับขั้นตอนการดำเนินการออกแบบโดยวิธี PPR

Uniform Load = $W \text{ kg. / m}^2$

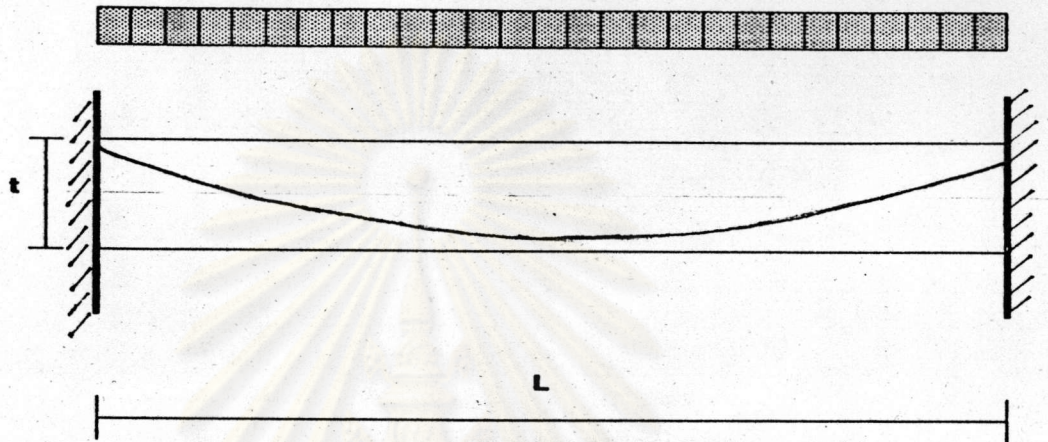


การแอ่นตัวเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก $W = \frac{5 WL^4}{384EI} = \frac{5 M_w L^2}{48EI}$

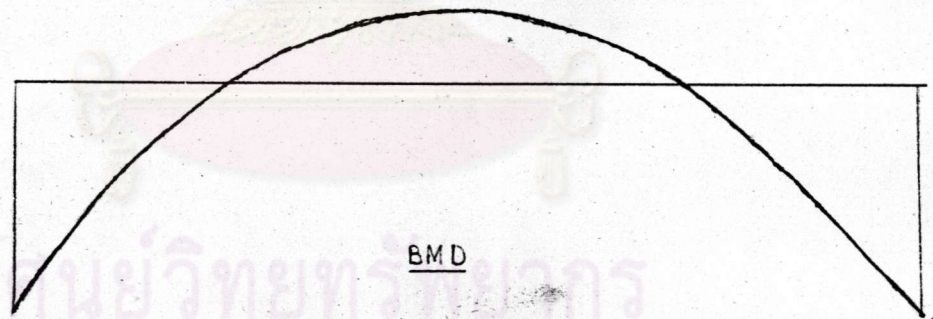
การโก่งตัวเนื่องจากการอัดแรง $= \frac{5 (F.e) L^2}{48 EI}$

รูปที่ ก.1 แสดงแบบจำลองแผ่นพื้นสำหรับการวิเคราะห์การแอ่นตัวของแผ่นพื้นช่วงเดียว (Simply Support)

Uniform Load = $W \text{ kg. / m}^2$



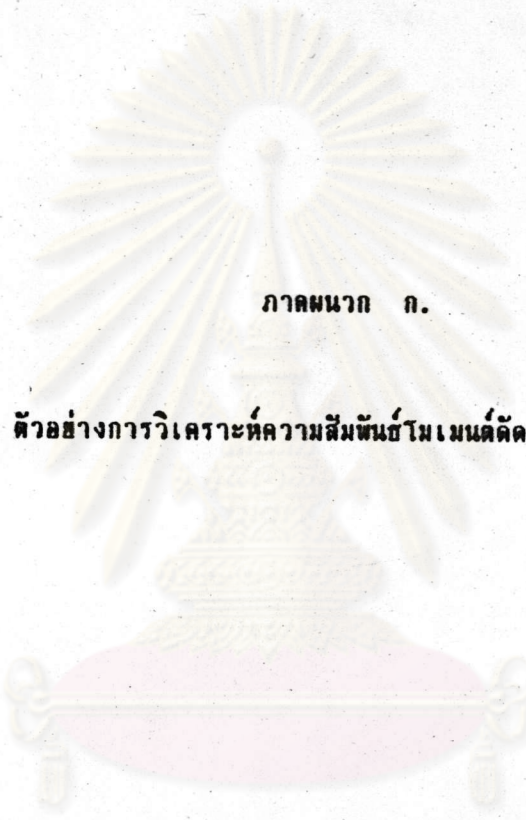
$$WL^2/24$$



การแอ่นตัวเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก $W = \frac{WL^4}{384EI} = \frac{M_w L^2}{16EI}$

การโก่งตัวเนื่องจากการอัดแรง $= \frac{(F_c) L^2}{16EI}$

รูปที่ ก.2 แสดงแบบจำลองแผ่นพื้นสำหรับการวิเคราะห์การแอ่นตัวของแผ่นพื้นค่อเนื่อง
(Continuous Member)



ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โมเมนต์และความโค้ง

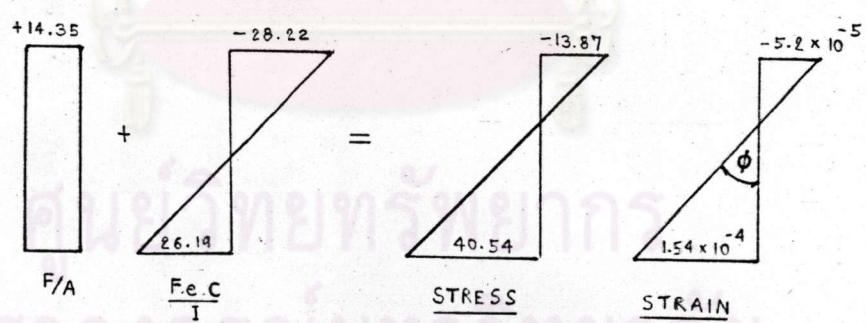
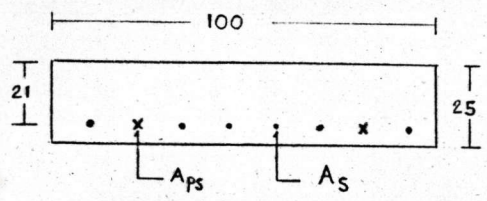
ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYSIS OF M - ϕ DIAGRAM FOR RECTANGULAR SECTION

b =	100	cm.	Pp =	0.0016487	
t =	25	cm.	Pe =	0.008573	
de =	21	cm.	fy =	3000	kec.
dpe =	21	cm.	Ape =	3.462	cm. ²
fee =	10961	kec.	Ae =	18.003	cm. ²
Ea =	2040000	kec.	A =	2500.00	cm. ²
Ec =	263445	kec.	I =	130208.33	cm. ⁴
fc' =	300	kec.	EPo =	0.0020	
n =	7.74				

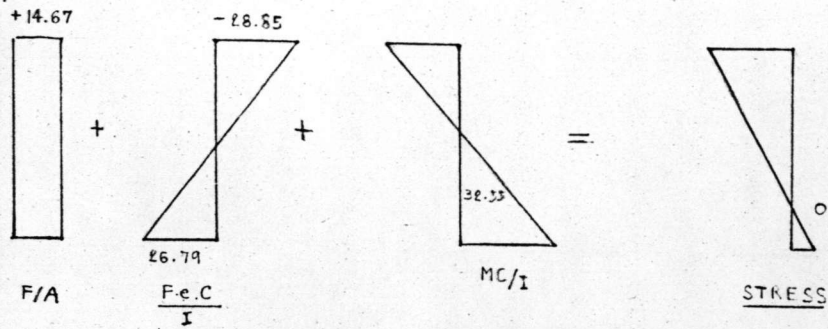
(1) เมื่อแรงกระทำภายนอกเท่ากับศูนย์ [$M_{ext} = 0$]

Ast = (n-1)(Ape + Ae) =	144.75	cm. ²
Atot = A + Ast =	2644.75	cm. ²
Ctop =	12.97	cm.
Cbot =	12.03	cm.
Itot =	140094.41	cm. ⁴
eccentric e =	8.03	cm.
F = Ape.fee =	37950	kg.
ftop = F/A - (F.e).Ctop/Itot =	-13.87	kec.
top strain (EPtop) =	-0.000052	rad.
fbot = F/A - (F.e).Cbot/Itot =	40.54	kec.
bottom strain (EPbot) =	0.0001538	rad.
EPoe =	0.0001208	rad.
curvature =	-0.000008	rad./cm.



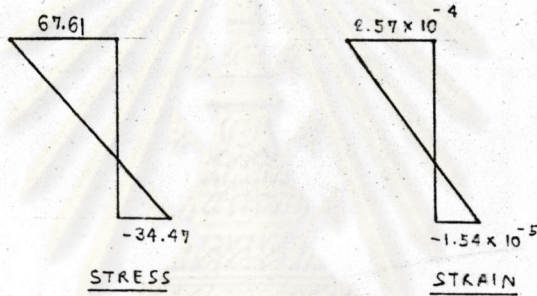
(2) เมื่อหาแรงในคอนกรีตที่ระดับเหล็กเสริมเท่ากับศูนย์ [$C_{ce} = 0$]

EPpe = EPoe + EPoe =	0.0054938	rad.
fpe = EPpe.Ea =	11207.53	kec.
F = Ape.fpe =	38804	kg.
stress due to "F" ftop =	-14.18	kec.
fbot =	41.46	kec.
stress in conc. at steel level fca =	32.55	kec.
M req' =	567596	kg.cm.
stress due to "F+M" ftop =	38.35	kec.
fbot =	-7.30	kec.
EPtop =	0.0001455	rad.
EPbot =	-0.000027	rad.
curvature =	0.0000069	rad./cm.



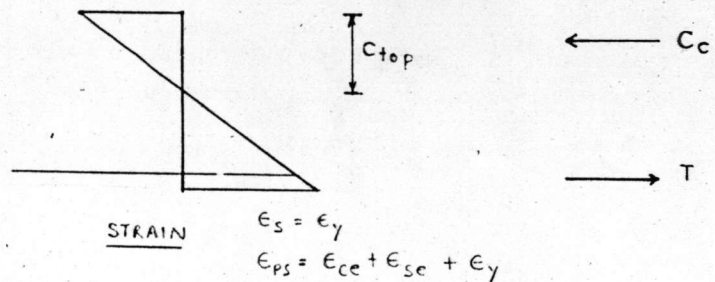
(3) เมื่อโมเมนต์กระทำเท่ากับโมเมนต์วิกฤต $[M = M_{cr}]$

$f_{bot} = f_r = -1.99(1\sigma)^{0.5} =$	-34.47	kg/cm.
$M_{cr} =$	883803	kg.cm.
$f_{top} =$	67.61	kg/cm.
$EP_{top} =$	0.0002566	rad.
$EP_{bot} =$	-0.000130	rad.
curvature =	0.0000151	rad./cm.



(4) เมื่อหน่วยแรงในเหล็กเสริมถึงจุดคดง $(\epsilon_s$ เท่ากับ 0.00147058)

Try $C_{top} =$	8.36000	cm.
$\phi = EP_{\sigma}/C_{top} =$	0.0001163	rad./cm.
$C_o =$	102197	kg.
$x =$	5.44	cm.
$EP_{\sigma s} =$	0.0014705	
From graph $f_y =$	3000	kg/cm.
$EP_{ps} =$	0.0069644	
From graph $f_{ps} =$	13929	kg/cm.
$T =$	102236	kg. [near $C_o \implies$ o.k.]
$M =$	1848273	kg.cm.



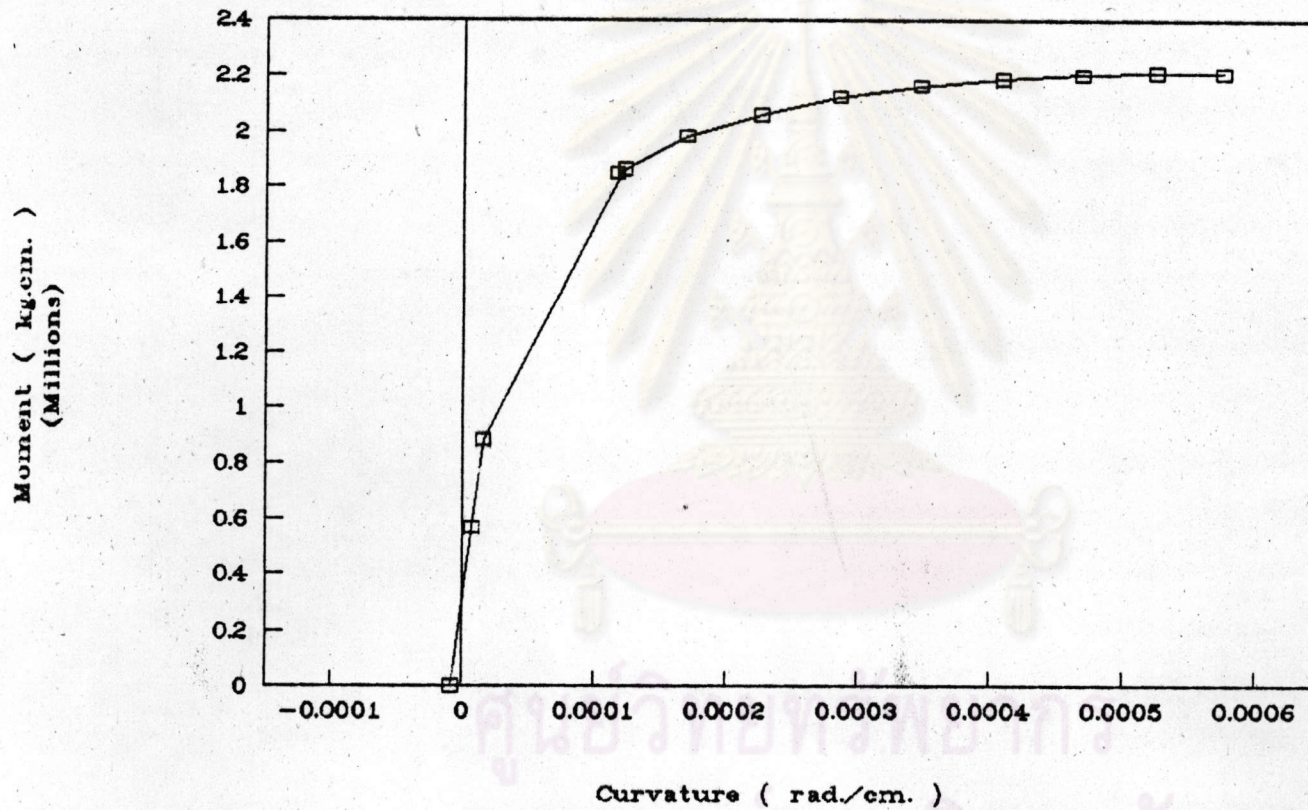
(5) เมื่อความเครียดที่ผิวรับแรงอัดคอนกรีต (ϵ_c) =

		0.001	0.00125	0.0015	0.00175	0.002	0.00225	0.0025	0.003
ทดลองแทนค่า	C_{top} =	8.228	7.394	6.646	6.137	5.767	5.502	5.333	5.222 cm.
ค่าความโค้ง	$\phi = EP_c/C_{top}$ =	0.000122	0.000169	0.000226	0.000285	0.000347	0.000409	0.000469	0.000574 rad./cm. ***
แรงอัดที่ผิวในคอนกรีต	C_c =	102650	109755	112151	114110	115340	116058	116659	117495 kg.
ระยะจากแกนเสริม	x =	5.35	4.77	4.25	3.88	3.60	3.39	3.24	3.05 cm.
	EP_{ce} =	0.001552	0.002300	0.003240	0.004238	0.005283	0.006338	0.007344	0.009064
	From graph f_y =	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000 kg.
	EP_{pe} =	0.007046	0.007794	0.008734	0.009732	0.010777	0.011832	0.012838	0.014658
	From graph f_{ps} =	14092	15588	16416	17142	17596	17862	18081	18320 kg.
แรงดึงในเหล็กเสริม	T =	102601	107980	110847	113360	114930	115923	116611	117439 kg.
	M =	1862779	1983940	2081755	2124789	2164987	2199897	2204524	2210697 kg.cm.

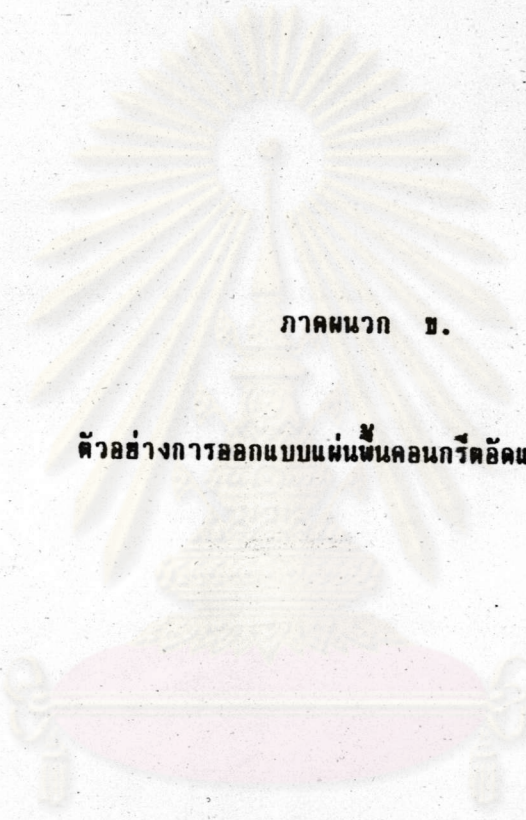
ตารางสรุป

Step	M	Curvature	f_c	f_{ps}	REMARK
Ext. Moment M = 0	0	-0.000008			PPR = 0.540
$EP_{ce} = 0$	567596	0.000007			
M = M _{cracking}	863803	0.000015			Rnf.Index = 0.186
$EP_c = 0.001$	1862779	0.000122	3000	14092	Ductility = 4.94
$EP_e = EP_y$	1848273	0.000116	3000	13929	
$EP_c = 0.00125$	1983940	0.000169	3000	15588	
$EP_c = 0.00150$	2081755	0.000226	3000	16416	
$EP_c = 0.00175$	2124789	0.000285	3000	17142	
$EP_c = 0.00200$	2164987	0.000347	3000	17596	
$EP_c = 0.00225$	2199897	0.000409	3000	17862	
$EP_c = 0.00250$	2204524	0.000469	3000	18081	
$EP_c = 0.00275$	2211435	0.000524	3000	18227	
$EP_c = 0.00300$	2210697	0.000574	3000	18320	c/d = 0.249

Moment - Curvature Diagram



รูปที่ ก.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ตัดและความโค้ง

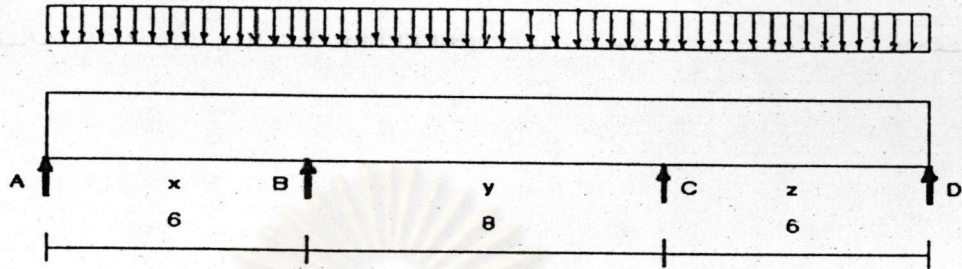


ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการออกแบบแผ่นพับคอนกรีตอัดแรงบางส่วน

ศูนย์วิทยพัสดุ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง จงทำการออกแบบแผ่นพื้นดังรูปโดยใช้คอนกรีตอัดแรงบางส่วน กำหนดการแอ่นตัวไม่เกิน L/360 ความกว้างรอยแตกร้าวไม่เกิน 0.4 มม. โดยใช้สูตรของ ACI

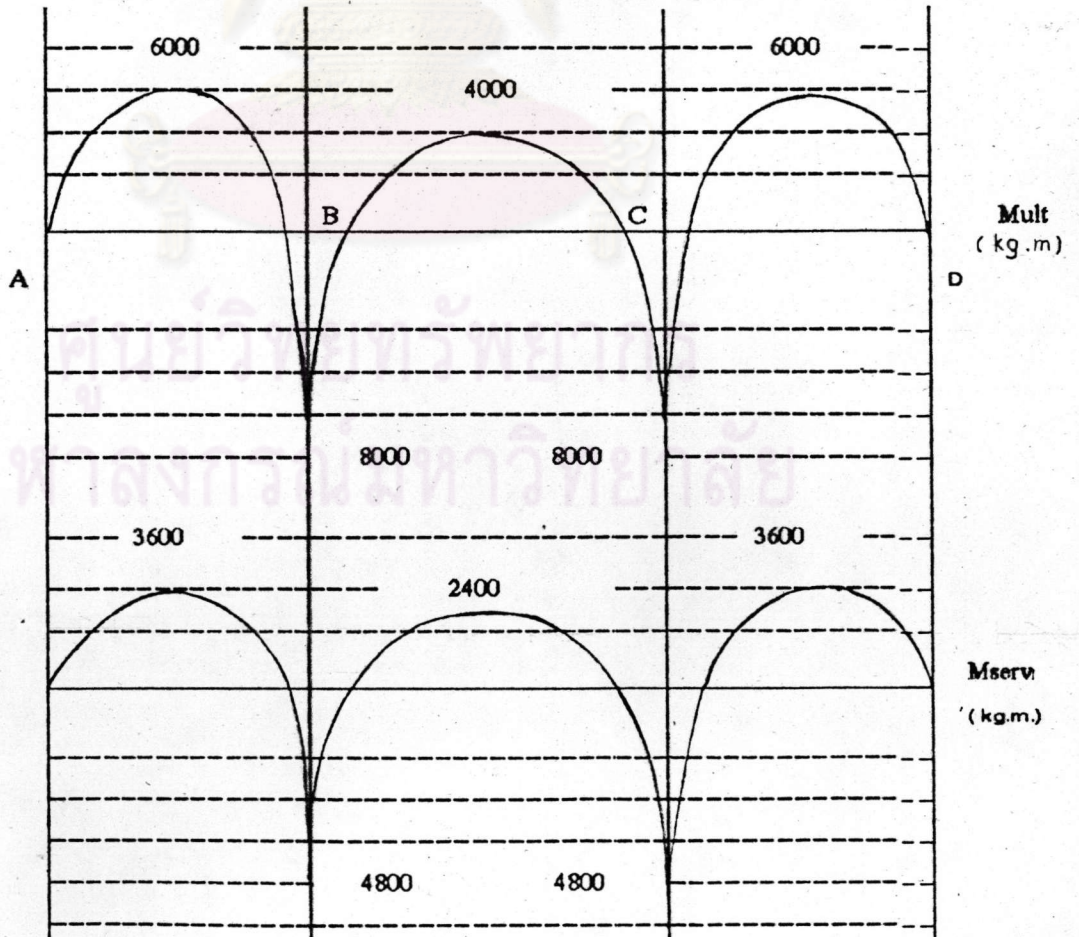


วิธีทำ

- พิจารณาความหนาแน่นเหล็ก $f_{min} = L / [48(PPR) - 6]$
เนื่องจากโมเมนต์ในช่วง BC น้อยที่สุดพิจารณาออกแบบให้ $PPR = 1.0$

ดังนั้น $f_{min} = 800 / (48 - 6) = 19$ มม.
เลือก $f = 20$ มม.

- จากทฤษฎีสมมติการวิเคราะห์โมเมนต์ตัดปรั้อย (Mu) และโมเมนต์ใช้งาน (Mservice) แสดงดังรูป



3. ออกแบบท่อน้ำดี y ปี 21 BC

Section Properties

b	=	100	cm.
t	=	20	cm.
de	=	17	cm.
dps	=	17	cm.
fee	=	10961	kg.
fc'	=	300	kg.
fy	=	3000	kg.

Load

Ultimate Moment	=	400000	kg.cm.
-----------------	---	--------	--------

Calculation

Assume	PPR	=	1.000	
Estimate d = PPRdp + (1-PPR)de		=	17	cm.
Reinforcing Index	W	=	0.053	ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.30
Fu = Wbdc'PPR		=	27,067	kg.
	Aps	=	1.44	cm. ² * [ตรวจสอบกับท่อน้ำดีอื่น]
	As	=	0.00	cm. ²

4. ออกแบบท่อน้ำดี B

Section Properties

b	=	100	cm.
t	=	20	cm.
de	=	17	cm.
dps	=	17	cm.
fee	=	10961	kg.
fc'	=	300	kg.
fy	=	3000	kg.

Load

Ultimate Moment	=	800,000	kg.cm.
-----------------	---	---------	--------

Calculation

Assume	PPR	=	0.482	
Estimate d = PPRdp + (1-PPR)de		=	17	cm.
Reinforcing Index	W	=	0.110	ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.30
Fu = Wbdc'PPR		=	27,026	kg.
	Aps	=	1.44	cm. ² * [ตรวจสอบกับท่อน้ำดีอื่น]
	As	=	9.68	cm. ²

ตรวจสอบความกว้างรอยแตกที่วากกราฟรูปที่ 3.25 พบว่าไม่เกินค่าที่กำหนด และสามารถฉีดพลาสติกเสริมได้ทุกขนาด
 ตรวจสอบการแอ่นตัวของวากกราฟรูปที่ 3.30 L/E ไม่เกินค่าที่กำหนด

5. ออกแบบหน้าตัด x ช่วง AB

Section Properties

b	=	100	cm.
t	=	20	cm.
ds	=	17	cm.
dps	=	17	cm.
fee	=	10961	kg.
fc'	=	300	kg.
fy	=	3000	kg.

Load

Ultimate Moment	=	600000	kg.cm.
-----------------	---	--------	--------

Calculation

Assume	PPR	=	0.654	
Estimate d =	PPRdp + (1 - PPR)ds	=	17	cm.
Reinforcing Index	W	=	0.081	ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.30
Fu =	Wbdic'PPR	=	27,011	kg.
	Aps	=	1.44	cm. ² * [ตรวจสอบกับหน้าตัดอื่น]
	As	=	4.76	cm. ²

ตรวจสอบความกว้างรอยแตกที่วากกราฟรูปที่ 3.25 พบว่าไม่เกินค่าที่กำหนด และสามารถฉีดพลาสติกเสริมได้ทุกขนาด
 ตรวจสอบการแอ่นตัวของวากกราฟรูปที่ 3.30 L/E ไม่เกินค่าที่กำหนด

ตารางสรุป

หน้าตัด	Aps (cm. ² / m.)	As (cm. ² / m.)	PPR
x	1.44	0.0	1.00
B	1.44	9.68	0.48
y	1.44	4.76	0.65



ประวัติผู้เขียน

นายศุภสิทธิ์ ภูพงษ์พานิช เกิดเมื่อวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ.2509 ที่อำเภอเมือง จังหวัด สิงห์บุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2532

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย