



รายการอ้างอิง

1. Washa, G. W. and Wendt, K. F. "Fifty Year Properties of Concrete" ACI Journal, (Jan.1975) :20-28
2. Parrott, L. J. A Review of Carbonation in Reinforced Concrete. Cement and Concrete Association / Building Research Establishment, London, 1987
3. Nagataki, S., Mansur, M.A., Ohga, H. "Carbonation of Mortar in Relation to Ferrocement Construction." ACI Materials Journal (Jan-Feb 1988): 17-25
4. Gunther, G., Meihorn, G. "Crack Widths and Deformation Behavior of Reinforced Concrete Structures." Durability of structures, pp. 231-236. IABSE Symposium Lisbon, 1989
5. C.Andrade, Gonzalez, J. A., Alonso, C. and Rodriguez, J. "Remaining Service Life of Corroding Structures." Durability of structures, pp. 359-364. IABSE Symposium Lisbon, 1989
6. Parrott, L. "A 12 Year Case Study of A Reinforced Concrete Building." Durability of structures, pp. 237-242. IABSE Symposium Lisbon, 1989
7. Somerville, G. "Residual Service Life of Concrete Structures." Remaining Structural Capacity, pp. 29-39. IABSE Colloquium Copenhagen, 1993
8. Wu, S., Lao, Y., Shen, D., and Pei, Y. "Method for Evaluating The Load Carrying Capacity of Existing Bridges." Remaining Structural Capacity, pp. 223-232. IABSE Colloquium Copenhagen, 1993
9. Miyamoto, A., Morikawa, H., Takeuchi, K. and Ishida, M. "Field Testing and Safety Evaluation of Concrete Bridge." Remaining Structural Capacity, pp. 309-317. IABSE Colloquium Copenhagen, 1993
10. Washa, G. W., Saemann, J. C. and Cramen, S. S. "Fifty-year Properties of Concrete Made in 1937" ACI Materials Journal, (Jul-Aug 1989): 367-371
11. Withey, M. O. "Fifty Year Compression Test of Concrete" ACI Journal, (Dec.1961): 695-712

12. Wood, S. L. "Evaluation of the Long-Term Properties of Concrete" ACI Materials Journal, (Nov.-Dec.1991):630-643
13. Baker, R. "Initiation Period." In P. Schiessi (ed.), Corrosion of Steel in Concrete, RILEM Report of the Tech. Com. 60-CSC, pp.22-5. London:Chapman and Hall Ltd,1988
14. Tutti, K. Corrosion of Steel in Concrete, CBI Research No. 4.82. Stockholm:Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982
15. Richardson, M. G. Carbonation of Reinforced Concrete : Its Causes and Management, Dublin Citis Ltd, 1988
16. Papadakis, V. G., Vayenas, C. G., and Fardis, M. N. "Physical and Chemical Characteristics Affecting the Durability of Concrete." ACI Materials Journal, (Mar.-Apr.1991):186-196
17. Page, C. L., Treadaway, K. W. J., and Bamforth, P. B. Corrosion of Reinforcement in concrete. Published for The Society of Chemical Industry by Elsevier Applied Science,1990
18. Gonzalez, et. al., Lopez, W., and Rodriguez, P. "Effects of Moisture Availability on Corrosion Kinetics of Steel Embedded in Concrete." Corrosion (Dec.1993):1004-1010
19. Berke, N. S., Dallaire, M. P., Hicks, M. C. and Hoopes, R. J. "Corrosion of Steel in Cracked Concrete." Corrosion Engineering, (Nov 1993):934-943
20. Suzuki, K., Ohno, Y., Preparatanatarn, S. and Tamura, H. "Mechanism of Steel Corrosion in Cracked Concrete."
21. Canyadi, J. H. Effect of Environmental Relative Humidity on Carbonation of Concrete. Master's Thesis, Tokyo University, 1992
22. Comite' Euro-International du Be'ton (CEB). CEB Design Manual on Cracking and Deformations.
23. Brown, J. H. "Factors Affecting Steel Corrosion in Concrete Bridge Substructures." Durability of Structures, pp. 543-546. IABSE Symposium Lisbon, 1969
24. Andersen, E. Y. "Re-evaluation of Structural Load Caorryng Capacity." Durability of Structures, pp. 731-736. IABSE Symposium Lisbon, 1989
25. Mircea, D., Loani, L., Filip, M. and Pepenar, I. "Long-term Durability of Reinforced and Prestressed Element in Aggressive Environments." ACI Materials Journal (Mar-Apr 1994): 135-140

26. Duan, L., Wang, F. and Chen, W. "Flexural Rigidity of Reinforced Concrete Members." ACI Structural Journal (Jul-Aug 1989). 419-427
27. Comite' Euro-International du Be'ton. CEB-FIP Model Code 1990. Bulletin D'Information No. 203, CEB, 1991
28. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Reinforced concrete (ACI 318-89) and Commentary-ACI 318 R-89. American Concrete Institute, Detroit, Michigan 1989
29. อุดุณิยมหาวิทยาลัย, กรม. ความชันสัมพัทธ์ และอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: กรมอุดุณิยมหาวิทยาลัย. 2538
30. นิพนธ์ จงพิทักษ์ศิลป์. การศึกษาคัดรการเสื่อมสภาพของคอนกรีต และอัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมของโครงสร้างสะพานคอนกรีต ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบของ George W.Washa [1,10]

cement type	w/c	method of molding	compressive strength(ksc)					
			1mo.	1yr.	5yr.	10yr.	25yr.	50yr.
I	0.49	Hand	362	472	537	556	481	502
I	0.4	Vib.	496	611	703	669	632	650
I	0.49	Vib.	385	517	591	575	527	506
I	0.51	-	195	226	261	295	382	384

ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองของ M.O.Withey [11]

Age(year)	fc' (ksc)	
	mix	
	1:2:4	1:3:6
0.08	130	59
0.17	163	96
0.50	207	109
0.75	170	122
1.00	184	105
1.50	224	104
2.00	194	114
4.00	202	128
7.00	228	109
10.00	206	138
20.00	288	146
30.00	349	164
50.00	364	204

ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองของ Sharon L. Wood [12]

Age(days)	f'c		
	w/c		
	0.4	0.53	0.71
3	112	218	352
7	162	330	475
28	292	439	573
90	341	506	640
365	352	510	647
1095	366	573	728
1825	394	577	745
3650	422	598	763
7300	429	657	858

ตารางที่ 2.4 ค่ากำลังประลัยของคอนกรีต และความลึกคาร์บอนเนชั่นจากการสำรวจ

t (ปี)	65	25	65	25	65	25
ตัวแปร	คานเก่า	คานใหม่	ตอม่อเก่า	ตอม่อใหม่	เสาเก่า	เสาใหม่
f'c(t)	470	440	450	390	450	390
dc จากการสำรวจ	20.31		21.98	21.62	25.8	18.09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบค่าตัวแปรหลักจากการพยากรณ์ กับค่าการสำรวจ

t (ปี)	65	25	65	25	65	25
ตัวแปร	คานเก่า	คานใหม่	ตอม่อเก่า	ตอม่อใหม่	เสาเก่า	เสาใหม่
f'c(t)	470	440	450	390	450	390
f'c จาก(2.4)	319	302	306	267	306	267
w1	0.52	0.56	0.55	0.61	0.55	0.61
f'c จาก CEB	369	347	353	308	353	308
w2	0.46	0.49	0.48	0.55	0.48	0.55
Dco2 จาก(3.1)	1.084E-08	1.289E-08	1.236E-08	1.572E-08	1.236E-08	1.572E-08
Dco2 จาก(CEB)	1.194E-08	1.353E-08	1.307E-08	1.699E-08	1.307E-08	1.699E-08
C1/a จาก(3.3),(3.4)	1.082E-05	1.165E-05	1.144E-05	1.269E-05	1.144E-05	1.269E-05
C1/a จากCEB	7.000E-06	7.000E-06	7.000E-06	7.000E-06	7.000E-06	7.000E-06
k1 จาก (3.7)	2.718	3.077	2.986	3.546	2.986	3.546
k2 จาก (CEB)	2.296	2.444	2.402	2.738	2.402	2.738
k3 จาก (Hamada)	2.355	3.041	2.870	3.807	2.870	3.807
k4 จาก (Smolczyk)	2.812	3.576	3.383	4.804	3.383	4.804
dc จาก(3.7)	21.92	15.39	24.07	17.73	24.07	17.73
dc จาก(CEB)	18.51	12.22	19.37	13.69	19.37	13.69
dc จาก(Hamada)	18.99	15.21	23.14	19.04	23.14	19.04
dc จาก(Smolczyk)	22.17	17.38	26.77	23.52	26.77	23.52
dc จากการสำรวจ	20.31	-	21.98	21.62	25.80	18.09

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1951	68	69	71	68	77	79	76	75	81	80	80	69	74
1952	67	71	75	70	81	81	82	85	84	89	84	78	79
1953	79	81	78	77	81	83	85	83	86	86	84	76	82
1954	78	76	76	78	83	81	83	83	86	84	78	74	80
1955	68	78	76	78	81	83	81	83	85	83	80	74	79
1956	74	77	76	81	82	82	82	84	86	84	80	73	80
1957	73	76	76	80	76	82	83	83	87	87	83	78	80
1958	74	76	77	75	73	77	82	84	86	85	77	75	78
1959	74	79	76	77	81	78	85	79	85	84	82	76	80
1960	72	70	75	72	77	75	80	81	84	86	83	75	78
1961	70	82	79	77	82	81	83	85	83	83	81	76	80
1962	70	71	77	76	79	80	81	83	86	84	79	73	78
1963	66	75	76	77	78	80	82	84	86	86	84	76	79
1964	74	71	72	75	84	79	82	81	87	84	77	72	78
1965	69	79	77	76	81	81	77	81	84	83	78	73	78
1966	73	80	76	75	81	78	78	82	80	82	75	75	78
1967	67	72	72	75	79	73	78	78	80	79	78	69	75
1968	71	77	76	78	80	80	77	76	61	79	74	72	77
1969	76	74	77	75	80	83	82	85	88	84	80	72	80
1970	76	81	84	82	85	81	80	83	85	82	78	83	82
1971	79	80	80	80	82	80	80	81	82	80	72	76	79
1972	70	78	77	81	74	80	80	78	84	82	83	78	79
1973	74	75	79	76	80	79	77	79	84	81	76	70	78
1974	75	74	76	80	80	78	78	81	81	86	81	75	79
1975	79	77	81	78	81	80	79	81	83	83	77	69	79
1976	66	79	76	73	80	72	78	81	80	82	77	71	76
1977	73	69	75	76	76	73	76	75	80	79	72	71	75
1978	74	78	76	74	79	81	79	77	82	78	73	67	77
1979	75	76	75	72	72	80	77	78	81	74	69	69	75
1980	71	71	75	74	72	80	77	77	80	82	76	69	75
1981	68	74	75	75	80	78	78	78	80	80	80	68	76
1982	68	77	76	75	76	79	78	80	82	82	76	70	77
1983	69	77	75	74	72	76	77	82	83	85	77	69	76
1984	72	74	73	74	74	77	77	74	80	79	73	69	75
1985	72	74	70	73	77	74	76	75	80	81	76	64	74
1986	65	73	68	72	74	73	77	74	79	82	72	71	73
1987	65	71	70	71	74	76	69	72	80	80	79	63	73
1988	66	75	71	75	80	73	75	80	81	80	66	65	74
1989	75	76	74	68	72	71	73	73	78	80	70	65	73
1990	71	72	71	66	74	71	73	72	77	79	73	66	72
1991	71	67	73	72	73	73	73	76	78	79	70	.	.
1992	70	73	72	68	70	74	76	77	77	79	65	66	72
1993	70	70	76	73	75	73	72	79	81	79	69	63	73
1994	70	73	73	71	77	78	77	79
mean	72	75	75	75	78	78	78	79	82	82	77	72	77

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
1951	26.5	27.9	29.6	31.1	29.4	28.7	28.8	28.9	28.6	28.3	27.8	26.4	28.5
1952	27.6	29.0	29.4	30.8	29.0	28.1	27.9	27.3	27.5	27.0	26.9	23.9	27.9
1953	25.4	26.7	28.3	29.6	28.4	28.0	27.6	27.4	27.5	27.7	26.2	25.2	27.3
1954	27.1	27.1	28.4	29.6	28.4	28.6	27.9	27.6	27.0	27.2	25.8	24.3	27.4
1955	23.6	26.5	28.1	28.6	28.5	27.8	27.8	27.7	27.3	27.1	25.1	23.8	26.8
1956	24.0	27.3	28.9	28.3	28.1	28.0	27.6	27.3	27.0	27.2	25.0	24.2	26.9
1957	25.3	26.4	28.2	29.1	30.3	28.3	27.9	27.4	27.1	26.8	27.0	26.0	27.5
1958	25.9	26.5	28.9	29.9	30.5	29.2	27.9	27.6	27.3	27.1	25.6	24.0	27.5
1959	25.1	27.9	27.9	30.0	29.1	29.2	27.2	27.7	27.3	27.0	26.9	27.2	27.7
1960	26.0	27.2	29.2	30.5	29.6	28.6	28.1	28.1	27.6	27.2	27.0	25.0	27.8
1961	24.8	26.9	28.1	29.4	28.4	27.9	27.3	27.3	27.1	26.9	27.2	26.1	27.3
1962	24.8	25.7	28.1	29.4	29.1	28.1	27.7	27.3	26.8	27.2	26.6	24.3	27.1
1963	22.5	26.2	27.7	29.0	29.9	28.3	27.4	27.3	27.3	27.0	27.2	25.3	27.1
1964	27.3	27.5	28.5	29.6	27.9	28.2	27.8	27.3	27.1	27.5	25.3	24.4	27.4
1965	24.3	27.3	28.2	29.3	28.4	27.9	27.8	27.8	27.1	27.5	27.4	27.0	27.5
1966	27.0	28.0	29.6	30.3	28.6	28.6	28.2	27.9	27.8	27.9	27.4	26.9	28.2
1967	24.9	27.0	28.5	29.3	28.8	29.2	28.2	27.9	28.0	27.5	27.6	25.2	27.7
1968	26.0	26.8	28.5	28.3	28.9	28.6	28.8	28.6	28.2	27.9	28.3	28.1	28.1
1969	27.7	27.9	29.5	30.3	29.8	28.8	28.1	27.9	27.7	28.1	26.1	24.5	28.0
1970	26.6	27.0	28.8	29.1	29.1	28.5	28.1	27.8	27.9	27.4	26.7	25.8	27.7
1971	24.1	26.4	27.9	29.1	28.8	28.1	27.6	27.6	27.9	26.9	25.1	25.6	27.1
1972	24.4	27.2	27.4	28.4	30.3	28.5	28.5	28.0	27.8	28.3	27.3	26.1	27.7
1973	26.2	28.4	28.8	30.5	29.2	29.0	28.6	28.3	27.6	27.5	25.6	23.6	27.8
1974	24.5	26.0	27.9	28.4	28.3	28.4	28.1	27.9	28.1	27.3	26.2	26.2	27.3
1975	25.6	27.5	29.1	30.1	28.6	28.3	28.1	27.8	27.5	27.3	26.4	23.1	27.5
1976	23.7	26.6	28.2	29.9	28.2	29.0	28.1	27.6	27.8	27.8	25.9	26.1	27.4
1977	26.6	26.2	27.6	29.6	29.3	29.9	28.8	28.5	27.9	28.3	26.6	26.3	28.0
1978	27.0	26.9	29.4	30.3	29.1	28.7	28.3	28.3	27.6	27.9	27.4	26.4	28.1
1979	27.7	28.4	29.7	30.3	30.0	28.9	28.9	28.6	28.5	28.0	26.8	26.0	28.5
1980	26.8	28.1	29.7	30.7	31.0	28.5	28.7	28.4	28.0	27.8	27.4	26.7	28.5
1981	25.5	27.6	29.2	29.6	28.9	28.7	28.4	28.2	28.1	27.9	26.7	24.4	27.8
1982	25.5	28.0	28.9	29.1	29.7	28.6	28.2	27.8	27.6	27.9	28.5	24.0	27.8
1983	25.6	27.8	29.0	30.7	30.8	29.5	29.1	28.1	27.8	27.2	25.7	25.8	28.1
1984	25.5	28.1	28.9	30.3	29.7	28.6	28.4	28.7	27.8	27.3	27.3	26.3	28.1
1985	27.0	28.6	29.5	29.9	29.0	28.7	27.8	28.3	27.6	27.3	27.6	25.7	28.1
1986	25.0	27.3	28.0	29.9	29.1	29.3	28.2	28.6	28.1	27.6	27.1	25.9	27.8
1987	26.5	27.6	28.9	30.2	30.0	29.5	29.7	29.5	28.1	28.2	27.9	24.2	28.4
1988	27.2	28.2	29.9	29.9	29.0	29.1	28.8	28.2	28.2	27.3	26.0	25.3	28.1
1989	27.6	27.6	28.3	30.8	29.7	28.9	28.9	28.4	28.0	27.6	27.3	25.3	28.2
1990	27.7	28.5	29.1	30.7	29.5	29.5	28.5	28.8	28.1	27.7	27.2	26.4	28.5
1991	28.0	28.0	29.8	30.1	30.1	29.1	28.9	28.2	28.2	27.5	27.1	-	-
1992	25.2	27.5	29.3	31.3	31.1	29.6	28.9	28.4	28.4	26.7	26.2	26.4	28.3
1993	26.3	26.9	28.8	29.9	30.1	29.8	29.6	27.8	27.8	27.6	27.4	25.3	28.1
1994	26.9	28.9	28.7	30.6	29.5	28.7	28.4	28.0	-	-	-	-	-
mean	25.9	27.4	28.7	29.8	29.3	28.7	28.3	28.0	27.7	27.5	26.7	25.4	27.8



ตารางที่ 3.4 การหาขนาดและระยะห่างของรอยร้าวตามแบบจำลอง

$f(x/L)$	$(1-4(x/L)^2)$	$\sin(2\pi(x/L))$	$(1-2x/L)$	CEB	สำรวจ
J1	0.75	0.785	1		
J2	0.625	0.5	0.625		
l	3882864	3882864	3882864		
y	21.93	21.93	21.93		
As	68.74	68.74	68.74		
Jd	86.40	86.40	86.40		
Um	22.59	22.59	22.59		
fs	234	234	234		
L	88.38	92.50	117.83	10.1	46.4
W	0.02599	0.01959	0.03463	0.00020	0.01186

ตารางที่ 3.5 ระดับความเสียหายตาม CEB Bullentin No.162 [27]

Visual Indications	Damage Levels				
	A	B	C	D	E
Color changes ^b	rust stains	as in A	as in A	as in A	as in A
Cracking	some longitudinal	several longitudinal some on stirrups	extensive	as in C	as in C
Spalling	—	some	extensive	in some area steel is no more in contact with concrete	as in D
Loss in steel section ^c ($\Delta A_s : A_s$)	—	≈ 5%	≈ 10%	≈ 25%	some stirrup broken main bars buckled
Deflections	—	—	—	possible	apparent

^a A_s = bar cross section.

^b Color modifications are not always present. Therefore, this indication is not a prerequisite for damage classification.

^c Corresponding thickness of oxides: $t_o = a \cdot (\Delta A_s / A_s) \cdot \phi$, where ϕ ≈ bar diameter, a ≈ 0.5 for plain oxides, and a ≈ 1.0 for oxides mixed with cementitious matter.

ตารางที่ 4.1 ความลึกน้อยที่สุดของคานและแผ่นพื้นทางเดียว

Member	Minimum thickness, h			
	Simply supported	One end continuous	Both ends continuous	Cantilever
	Members not supporting or attached to partitions or other construction likely to be large deflections			
Solid one-way slabs	L/20	L/24	L/28	L/10
Beams or ribbed one-way slabs	L/16	L/18.5	L/21	L/8

ตารางที่ 4.2 ค่าแฟคเตอร์ λ

ระยะเวลาการกระทำของแรง	ค่าแฟคเตอร์ λ		
	$A_s' = 0$	$A_s' = A_s/2$	$A_s' = A_s$
1 เดือน	0.6	0.4	0.3
6 เดือน	1.2	1.0	0.7
1 ปี	1.4	1.1	0.8
5 ปีหรือนานกว่านั้น	2.0	1.2	0.8

ตารางที่ 4.3 ค่าการแอ่นตัวที่ยอมให้

Type of member	Deflection to be considered	Deflection limitation
Flat roofs not supporting or attached to nonstructural element likely to be damaged by large deflections	Immediate deflection due to the live load L	L/180
Floors not supporting or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large deflections	Immediate deflection due to the live load L	L/360
Roofs or floor construction supporting or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large deflections	That part of the total deflection which occurs after attachment of the nonstructural elements, the sum of the longtime deflection due to all sustained loads, and	L/480
Roofs or floor construction supporting or attached to nonstructural elements not likely to be damaged by large deflections	the immediate deflection due to any additional live load	L/240

ตารางที่ 5.1 ค่าโมเมนต์เฉื่อยของคานใหม่ ใช้กำลังตามสมการ (2.4)

เวลา (ปี)	y (cm)	I (cm ⁴)	I _{cr} (cm ⁴)	M _{cr} /M _{max}	I _e (cm ⁴)
0.08	38.28	8969827	3882651	0.09813	3887458
25	37.02	8021865	3869453	0.10004	3873611
50	36.45	7625127	3852644	0.10076	3856503
65	36.18	7439261	3848577	0.10110	3852287
80	35.94	7276027	3841541	0.10059	3845037
100	35.65	7083298	3787800	0.10072	3791167

ตารางที่ 5.2 ค่าโมเมนต์เฉื่อยของคานใหม่ ใช้กำลังตาม CEB

เวลา (ปี)	y (cm)	I (cm ⁴)	I _{cr} (cm ⁴)	M _{cr} /M _{max}	I _e (cm ⁴)
0.08	38.29	8978746	3882376	0.09830	3887217
25	37.22	8173654	3868968	0.09977	3873243
50	36.75	7834198	3850040	0.10033	3854064
65	36.52	7674620	3844500	0.10061	3848401
80	36.32	7534175	3839275	0.10085	3843065
100	36.08	7367982	3828077	0.10115	3831740

ตารางที่ 5.3 ค่าโมเมนต์เฉื่อยของคานเก่า ใช้กำลังตามสมการ (2.4)

เวลา (ปี)	y (cm)	I (cm ⁴)	I _{cr} (cm ⁴)	M _{cr} /M _{max}	I _e (cm ⁴)
0.08	38.29	8978746	3892932	0.10266	3888446
25	37.22	8173654	3877904	0.10408	3882748
50	36.75	7834198	3857732	0.10462	3862285
65	36.52	7674620	3851118	0.10491	3855533
80	36.32	7534175	3844502	0.10514	3848790
100	36.08	7367982	3831021	0.10546	3835169

ตารางที่ 5.4 ค่าโมเมนต์เฉื่อยของคานเก่า ใช้กำลังตาม CEB

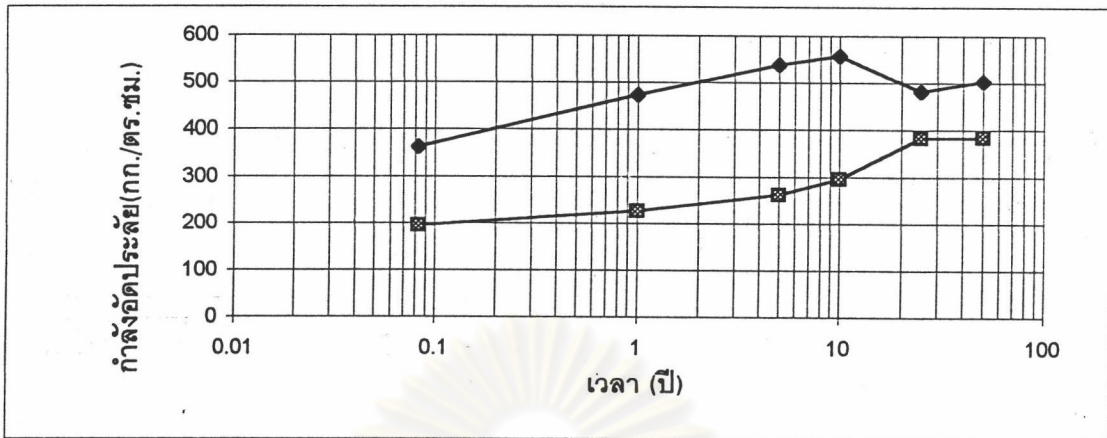
เวลา (ปี)	y (cm)	I (cm ⁴)	I _{cr} (cm ⁴)	M _{cr} /M _{max}	I _e (cm ⁴)
0.08	38.28	8969827	3892864	0.10256	3888353
25	37.02	8021865	3877670	0.10435	3882379
50	36.45	7625127	3857615	0.10502	3861979
65	36.18	7439261	3851118	0.10530	3855308
80	35.94	7276027	3844502	0.10560	3848542
100	35.65	7083298	3783146	0.10599	3787075

ตารางที่ 5.5 การแอนด์ตัวของคานเก่าตามอายุ

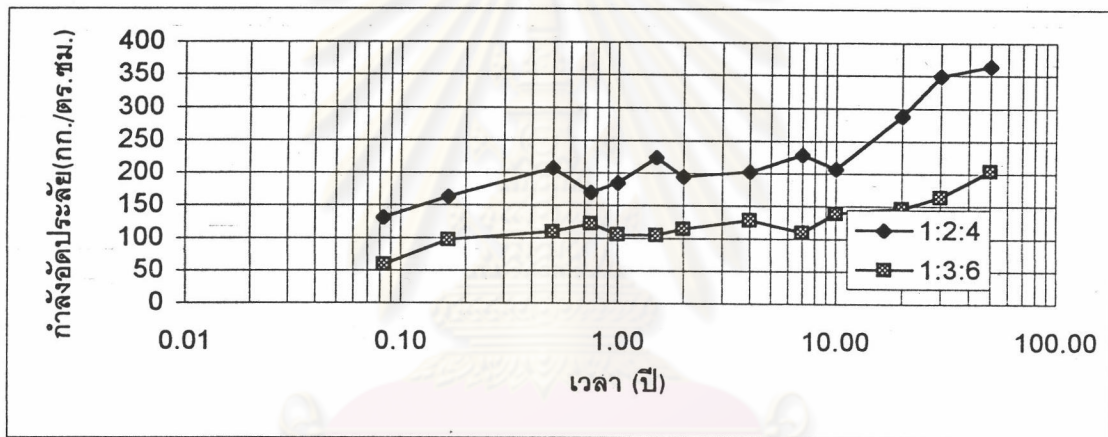
เวลา (ปี)	การแอนด์ตัว (ชม.)		
	f'c จากสมการ (2.4)	CEB	หน้าตัดแตกร้าว
0.08	0.9423	0.8770	0.9423
25	1.8038	1.6773	1.8061
50	1.8075	1.6807	1.8096
65	1.8089	1.6820	1.8110
80	1.8109	1.6838	1.8129
100	1.8161	1.7100	1.8181

ตารางที่ 5.6 การแอนด์ตัวของคานใหม่ตามอายุ

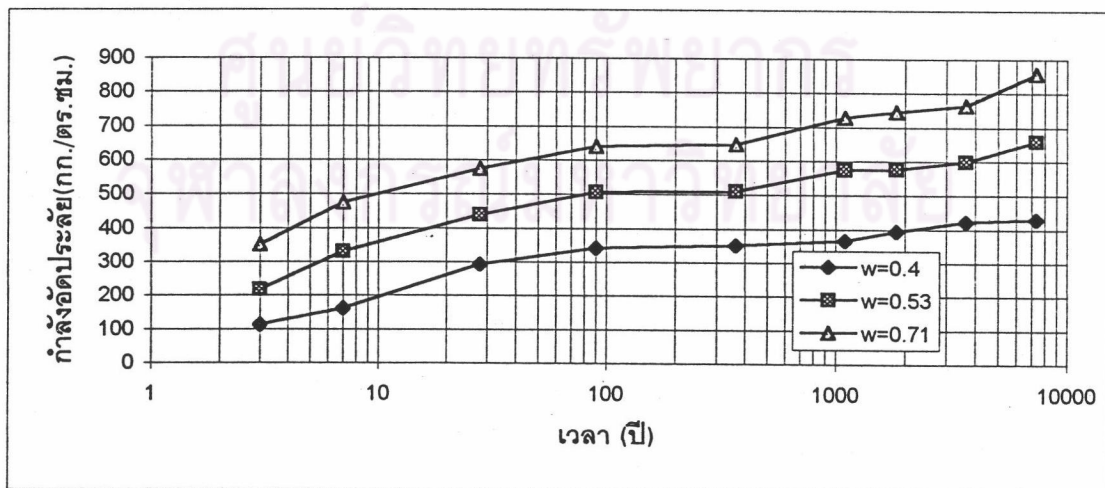
เวลา (ปี)	การแอนด์ตัว (ชม.)		
	f'c จากสมการ (2.4)	CEB	หน้าตัดแตกร้าว
0.08	0.9694	0.9034	0.9694
25	1.8583	1.7338	1.8603
50	1.8605	1.7367	1.8623
65	1.8607	1.7376	1.8625
80	1.8630	1.7389	1.8647
100	1.8882	1.7429	1.8899



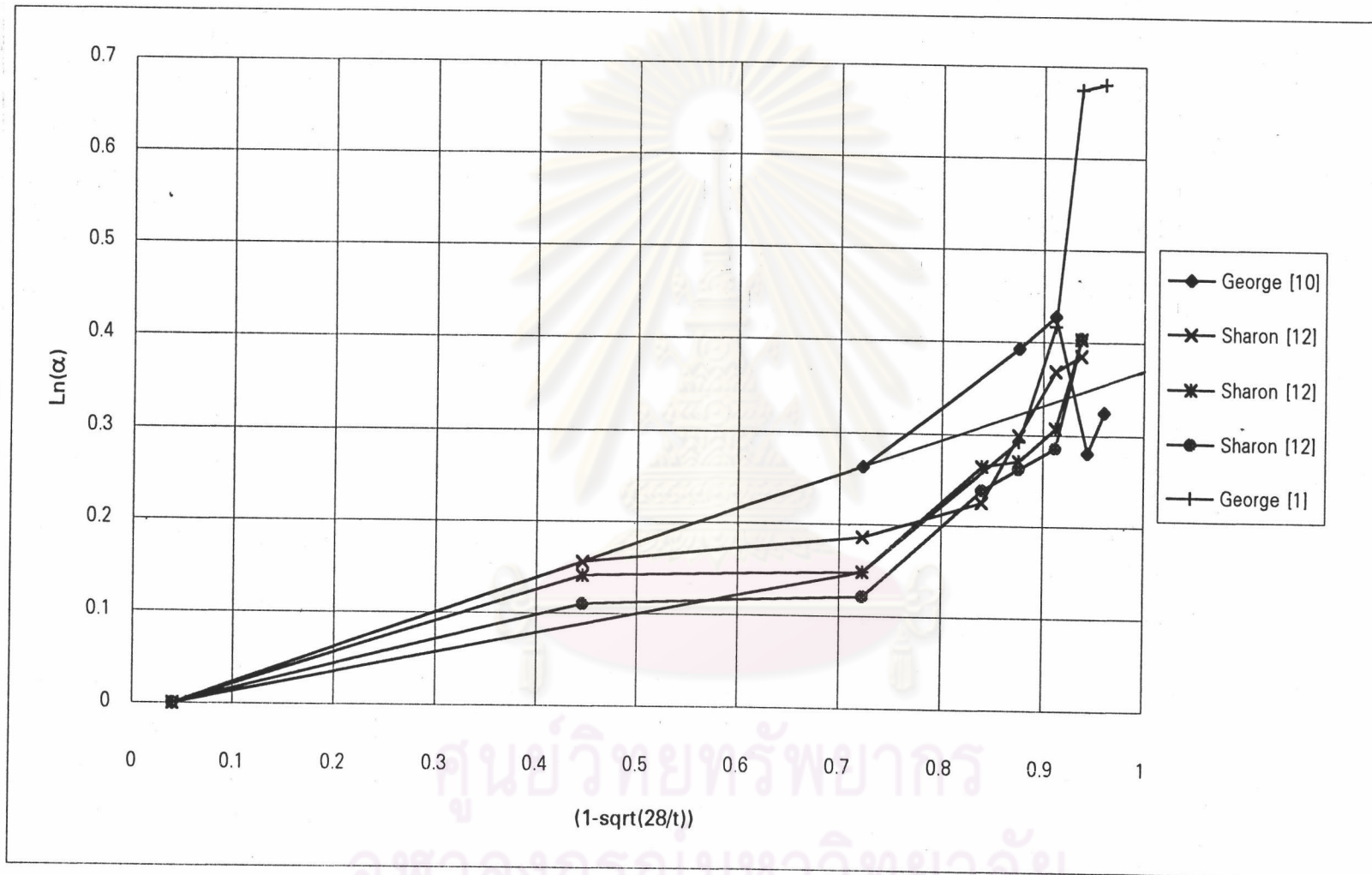
รูปที่ 2.1 กำลังของคอนกรีตตามเวลา จากผลทดสอบของ George W.Washa [1,10]



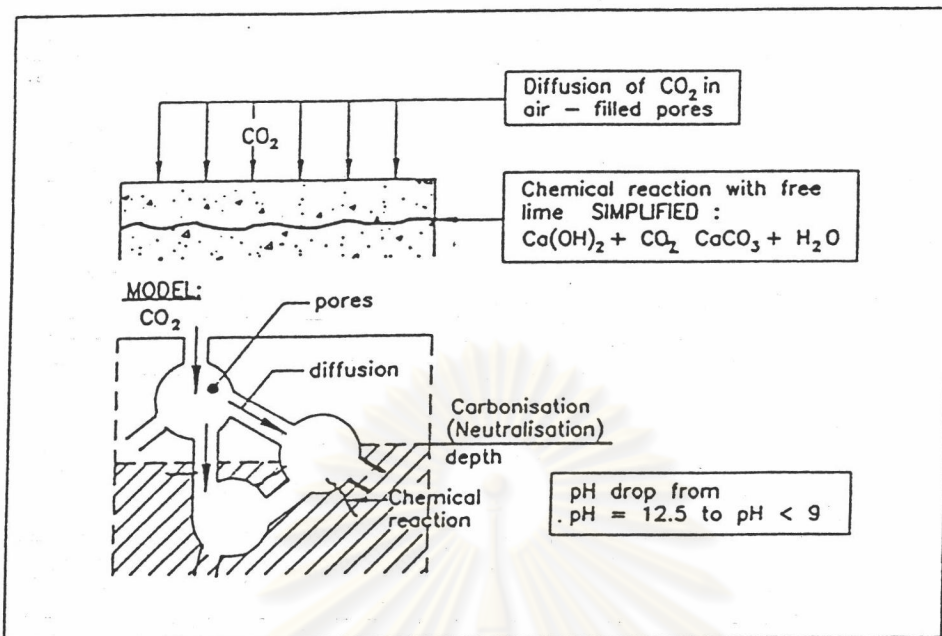
รูปที่ 2.2 กำลังของคอนกรีตตามเวลา จากผลทดสอบของ M.O.Wither [11]



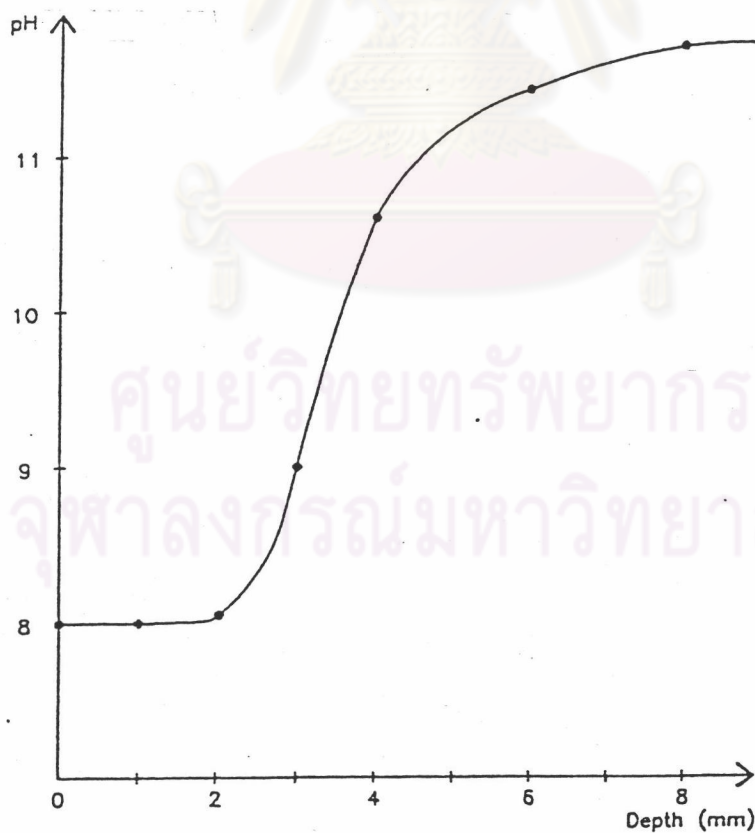
รูปที่ 2.3 กำลังของคอนกรีตตามเวลา จากผลทดสอบของ Sharon L. Wood [12]



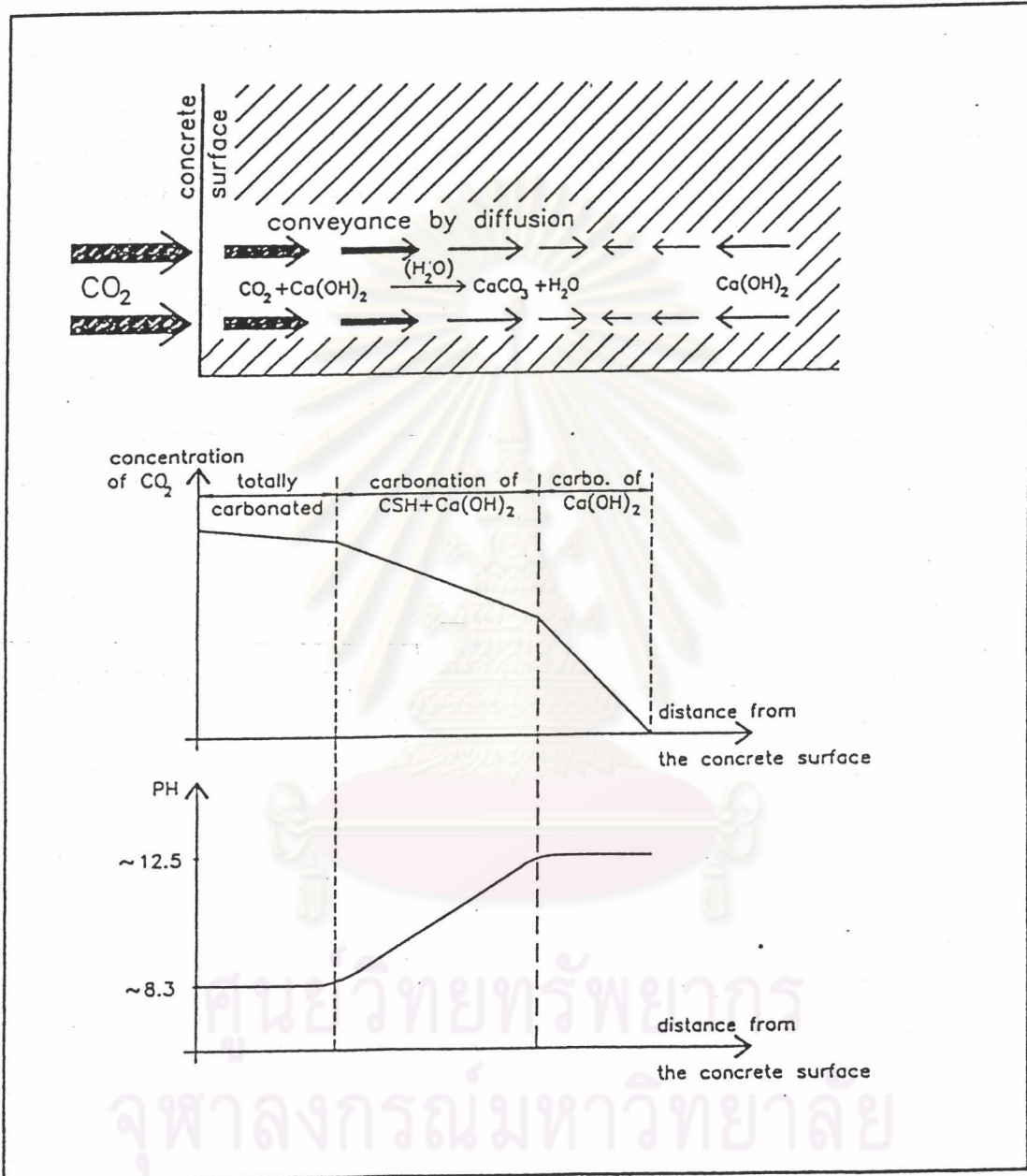
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(\alpha)$ กับ $(1-\sqrt{28/t})$



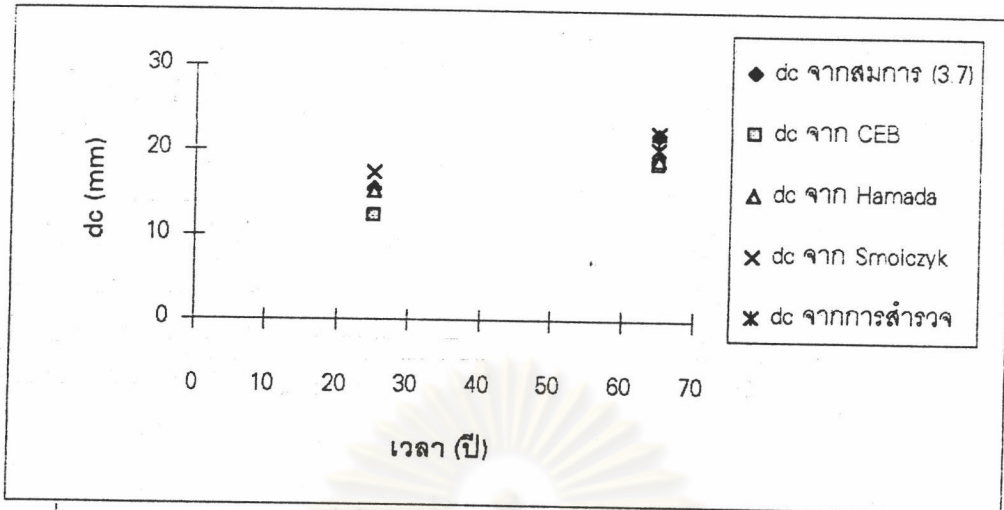
รูปที่ 2.5 แบบจำลองขบวนการเกิดคาร์บอนเนชั่น



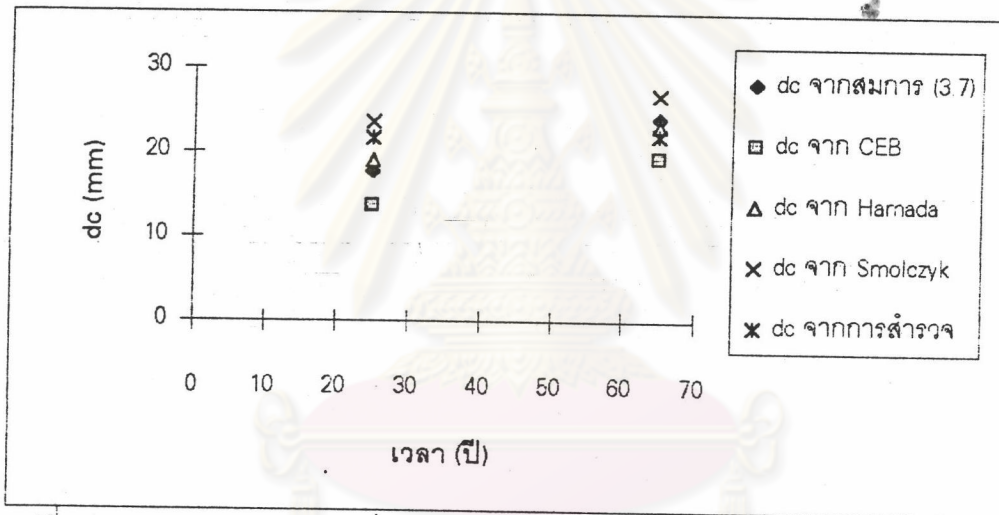
รูปที่ 2.7 ค่า pH ของคอนกรีตตามความลึกจากผิวของคานคอนกรีต



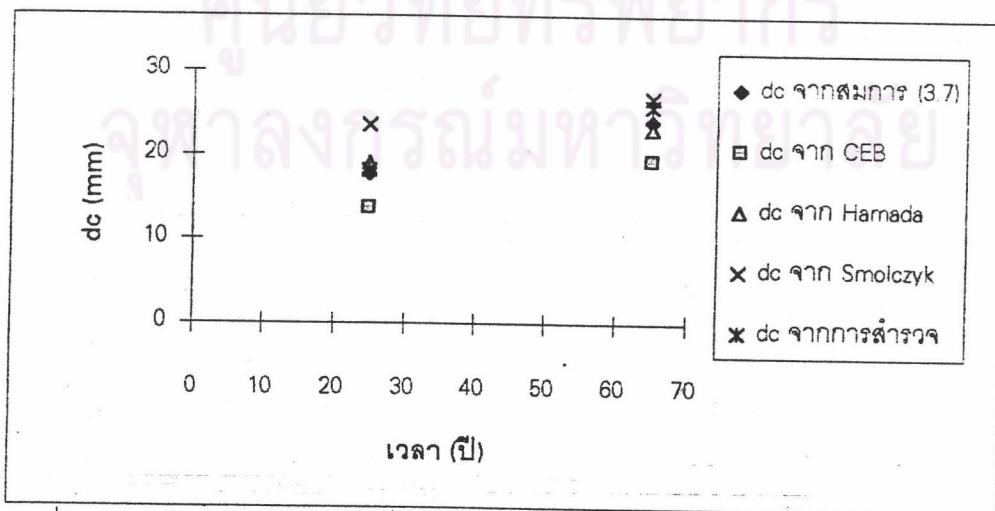
รูปที่ 2.6 การทำปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นในคอนกรีต



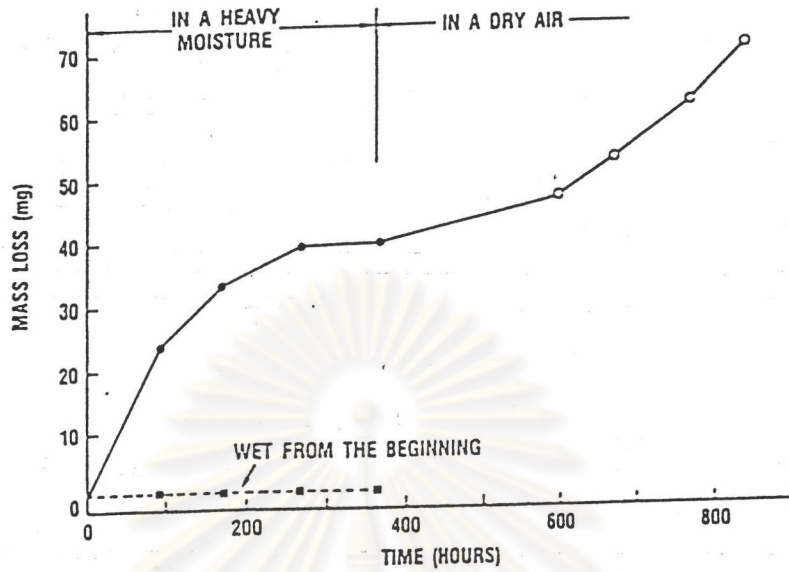
รูปที่ 2.8 ความลึกคาร์บอนเนชั่นในคานตามอายุ



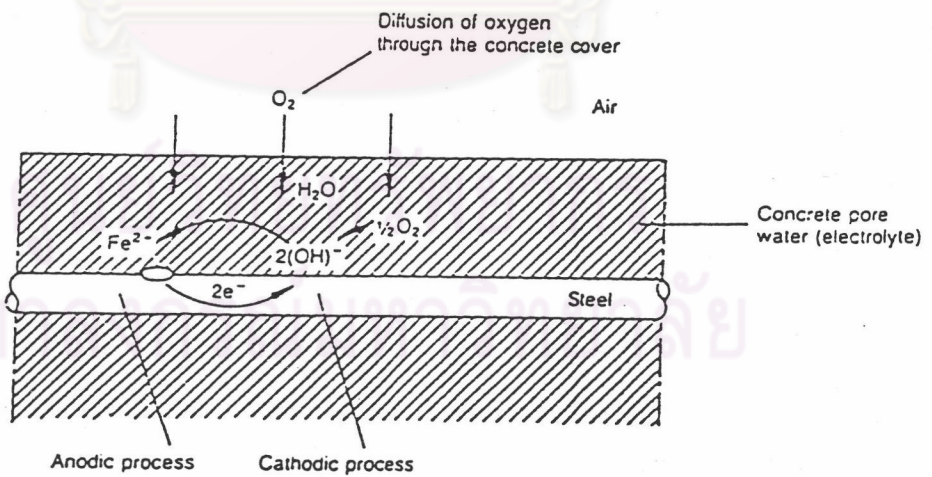
รูปที่ 2.9 ความลึกคาร์บอนเนชั่นในตอม่อตามอายุ



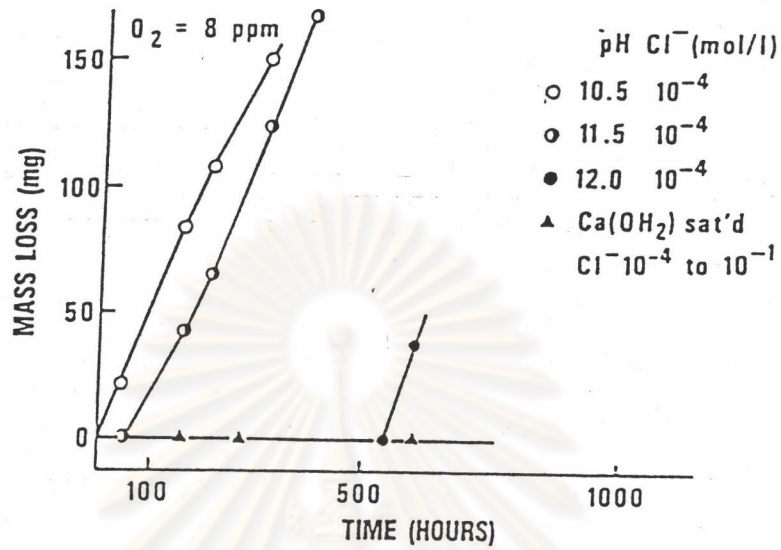
รูปที่ 2.10 ความลึกคาร์บอนเนชั่นในเสาดตามอายุ



รูปที่ 2.11 การสูญเสียมวลของเหล็กตามเวลาจากผลของความชื้น

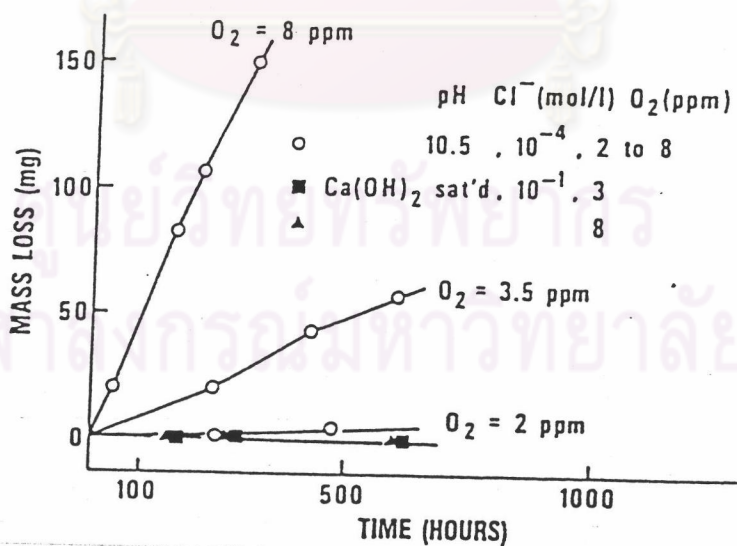


รูปที่ 2.12 การเปลี่ยนประจุจากการเกิดสนิม



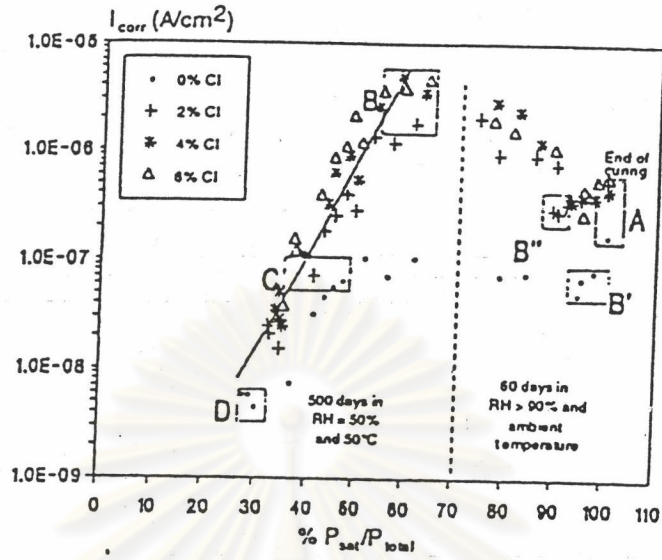
รูปที่ 2.13 การสูญเสียมวลเหล็กในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

(ผลกระทบของค่า pH และประจุของคลอไรด์)[15]

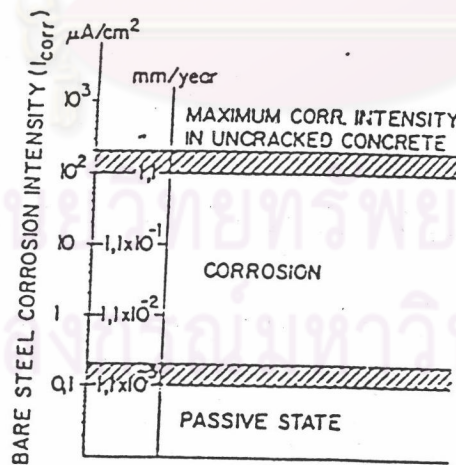


รูปที่ 2.14 การสูญเสียมวลเหล็กในสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์

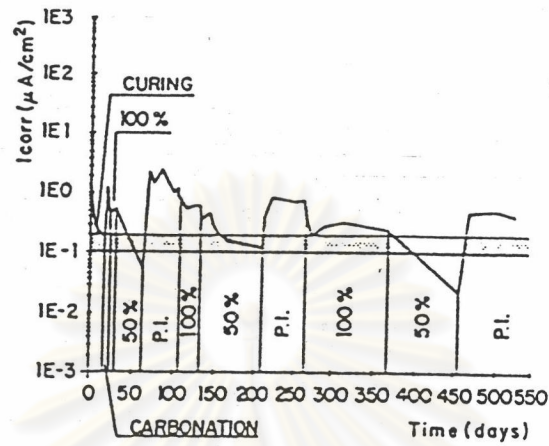
(ผลกระทบของความเข้มข้นของออกซิเจน)[15]



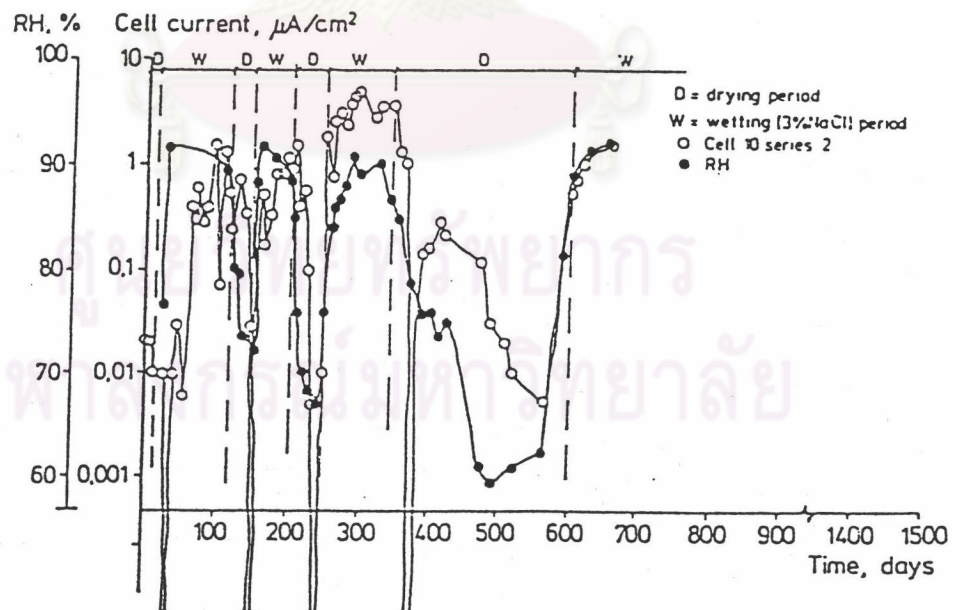
รูปที่ 2.15 อิทธิพลของระดับความอิ่มตัวของรูพรุนต่อการกัดกร่อนของเหล็กเสริม



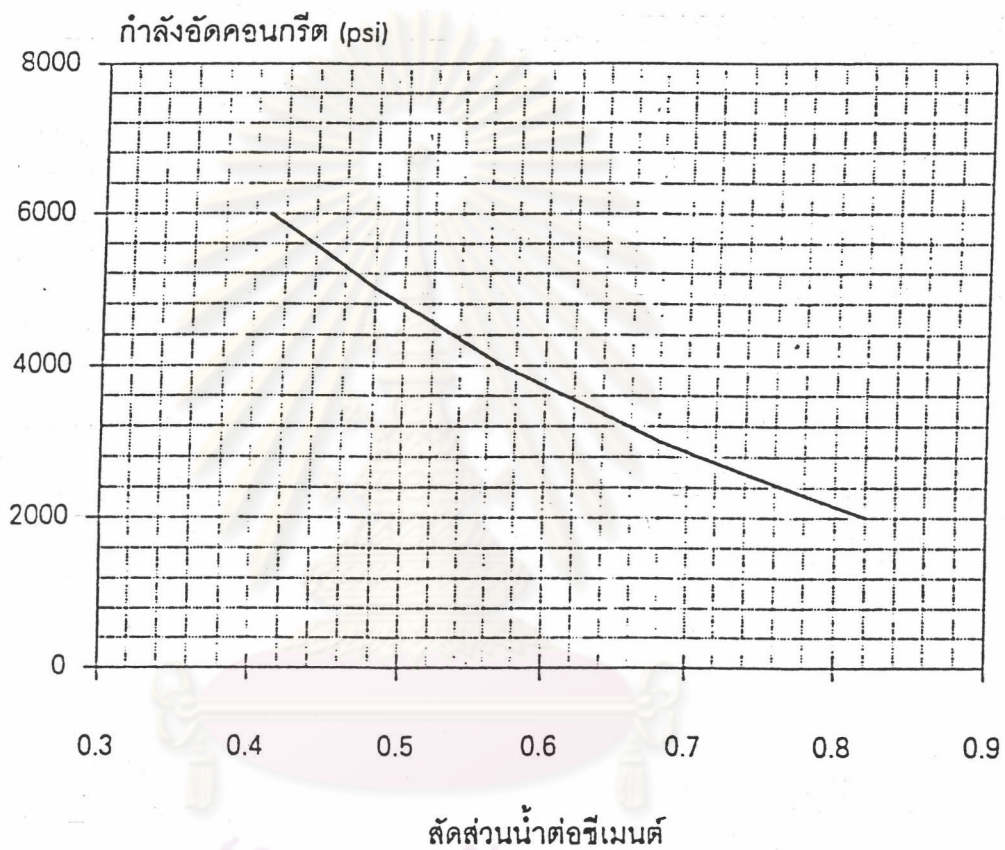
รูปที่ 2.16 ความรุนแรงของการกัดกร่อนในคอนกรีต (ไมโครแอมป์/ตร.ซม. และ มม./ปี)



รูปที่ 2.17 การเปลี่ยนแปลงค่าของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (i_{corr}) กับเวลา

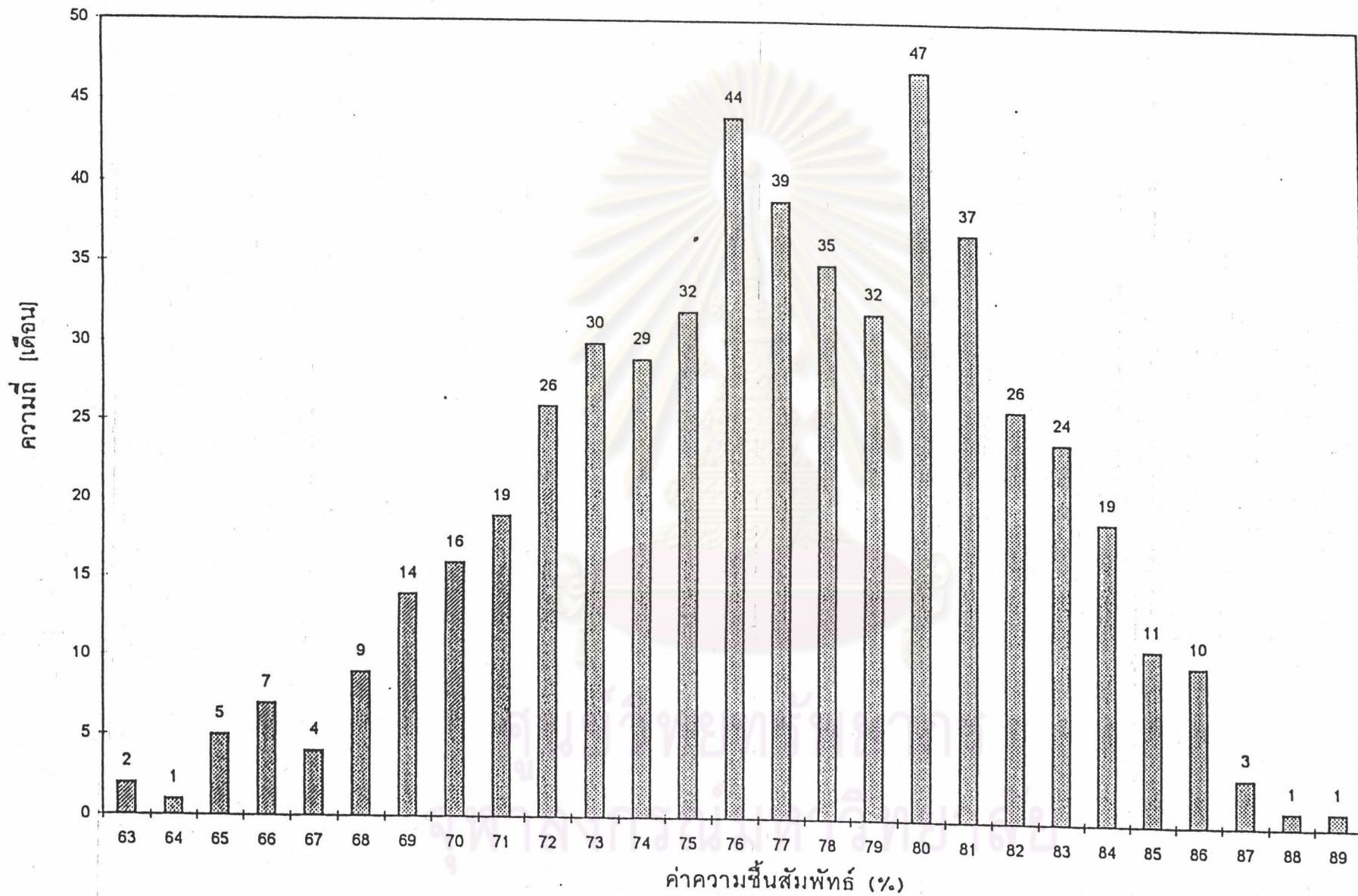


รูปที่ 2.18 การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า กับความชื้นสัมพัทธ์ตามเวลา

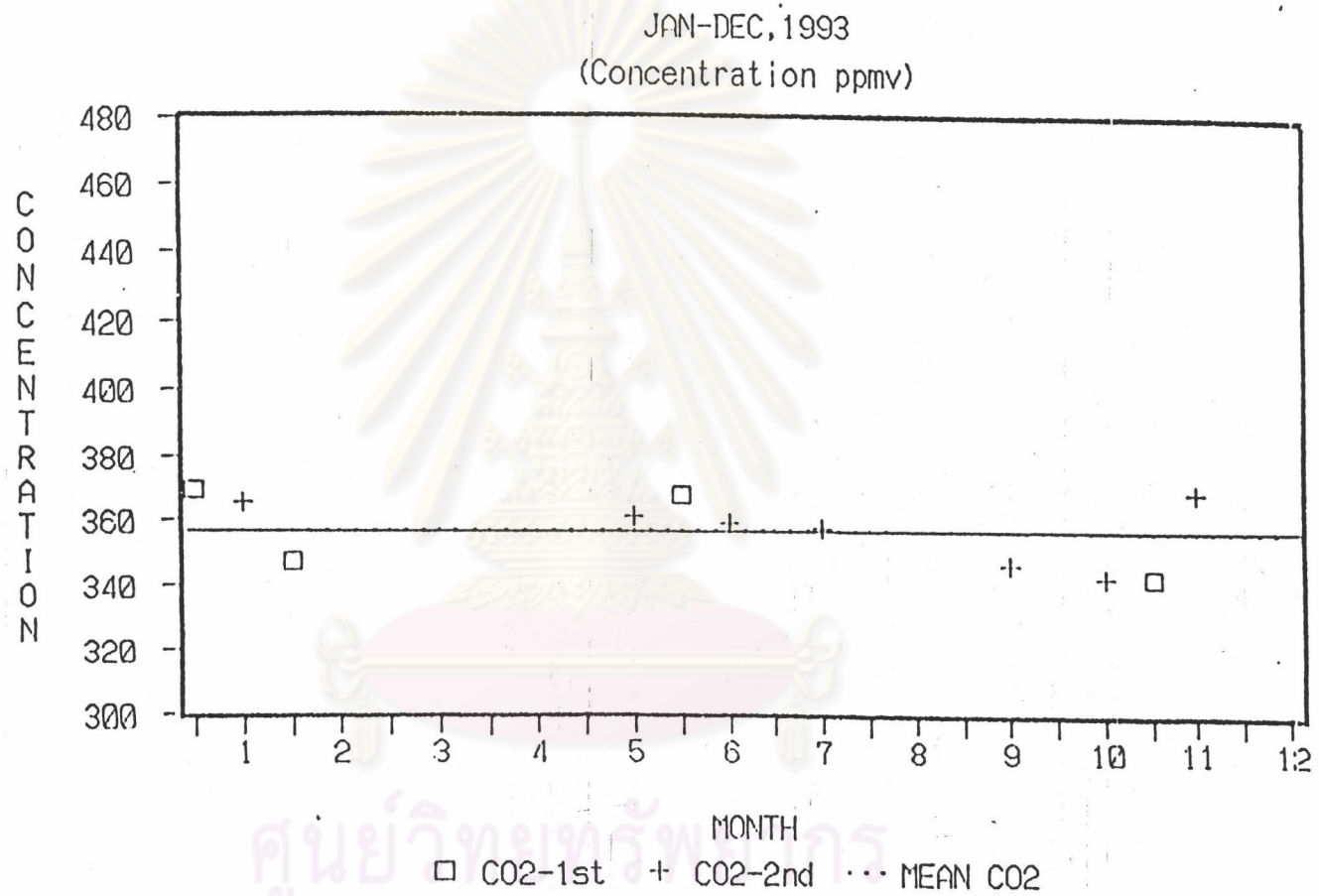


รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน และสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์

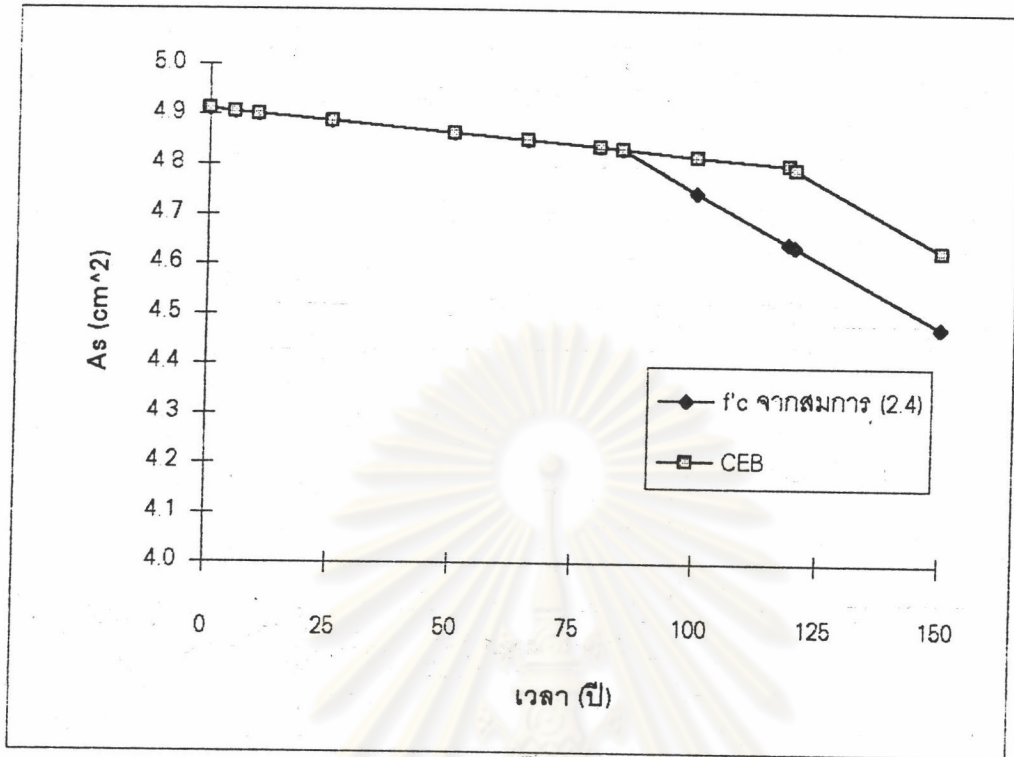
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



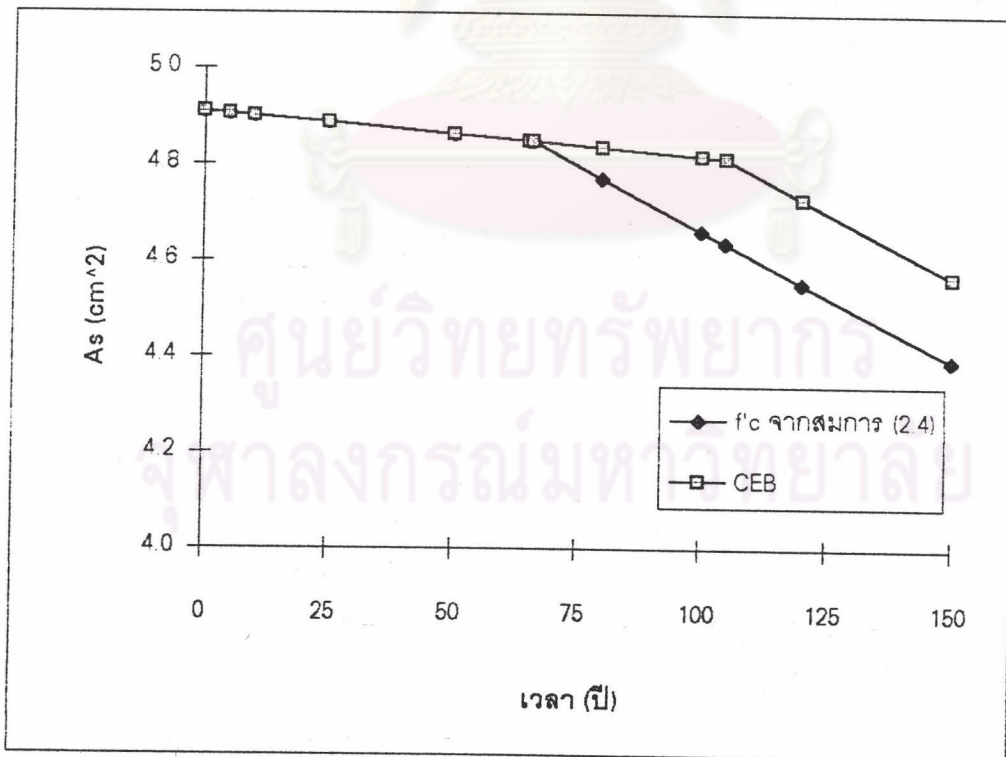
รูปที่ 3.2 ความขึ้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนในเขตกรุงเทพมหานคร [29]



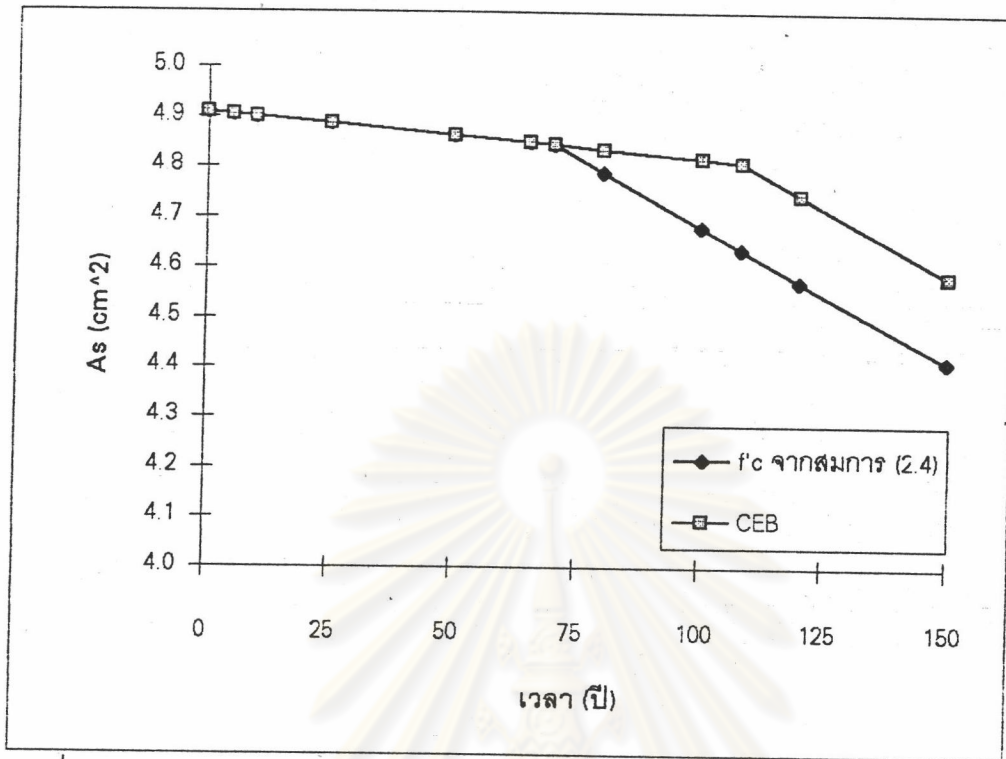
รูปที่ 3.3 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ในปี พ.ศ.2536



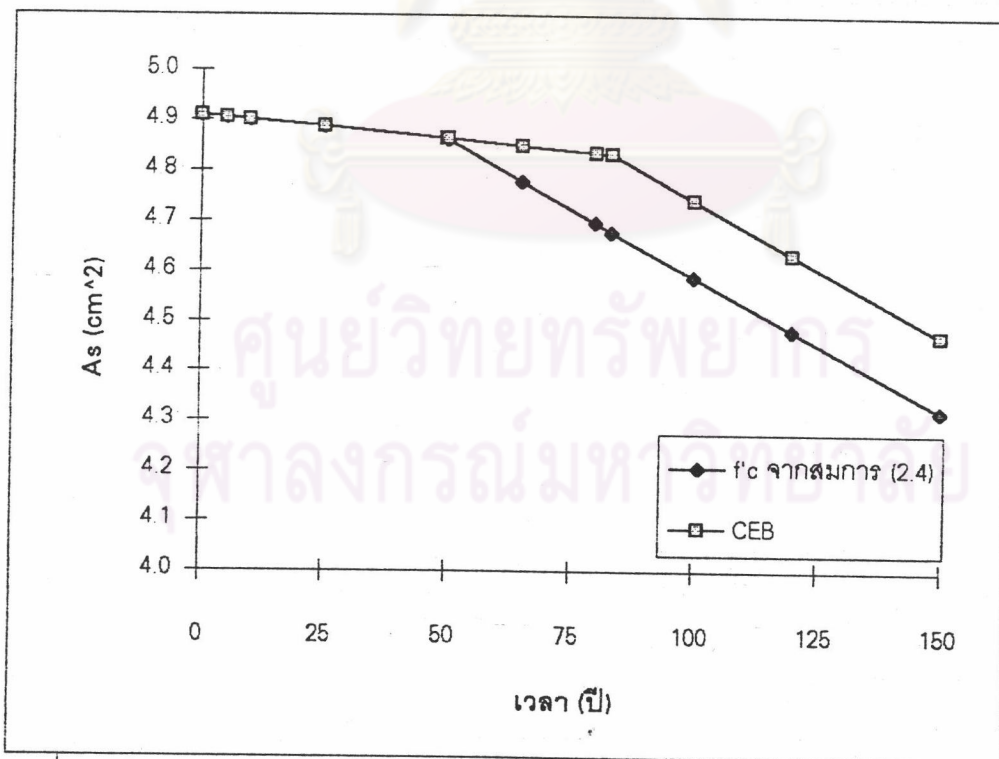
รูปที่ 3.4 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคานเก่าสับเนื่องจากคาร์บอนเนต



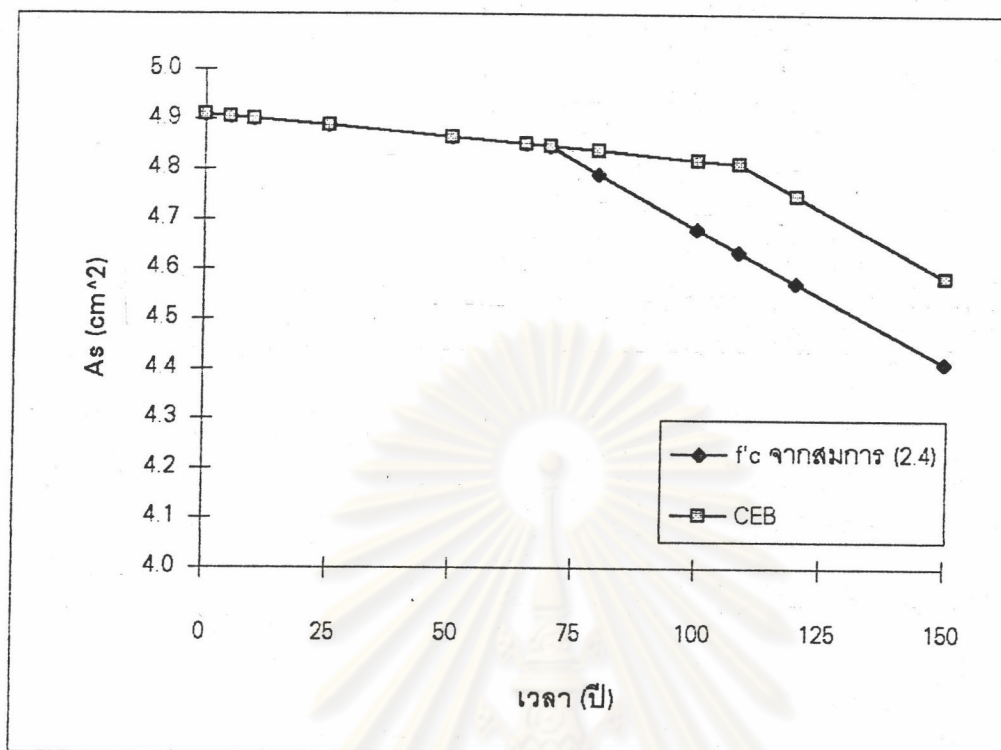
รูปที่ 3.5 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคานใหม่สับเนื่องจากคาร์บอนเนต



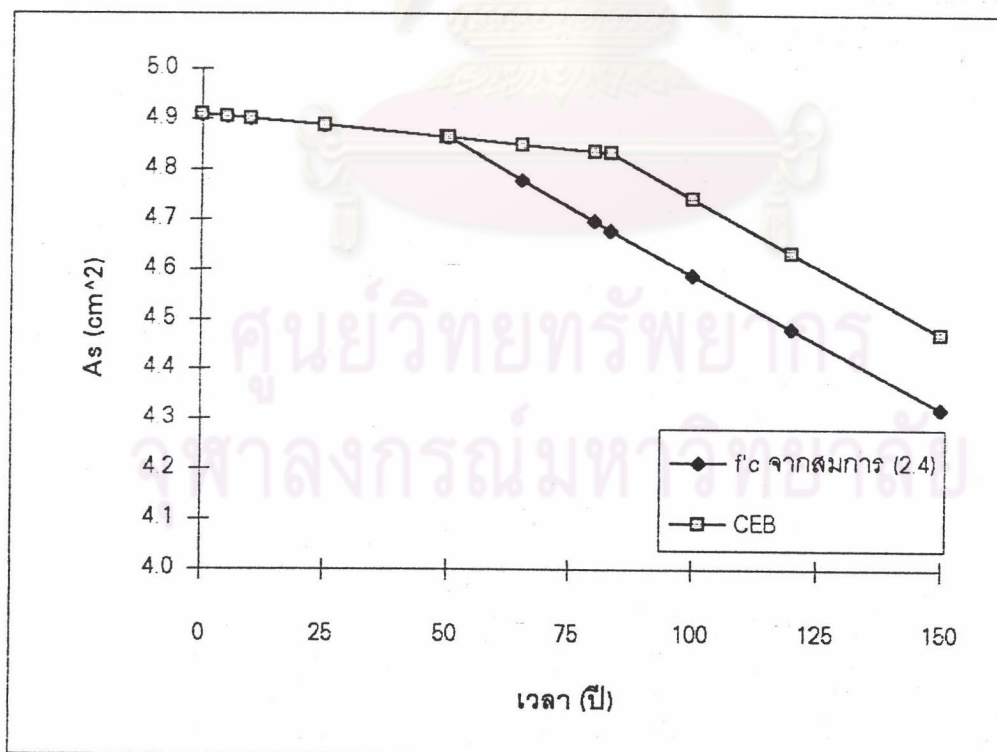
รูปที่ 3.6 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในตอม่อเก่าสับเนื่องจากคาร์บอนเนต



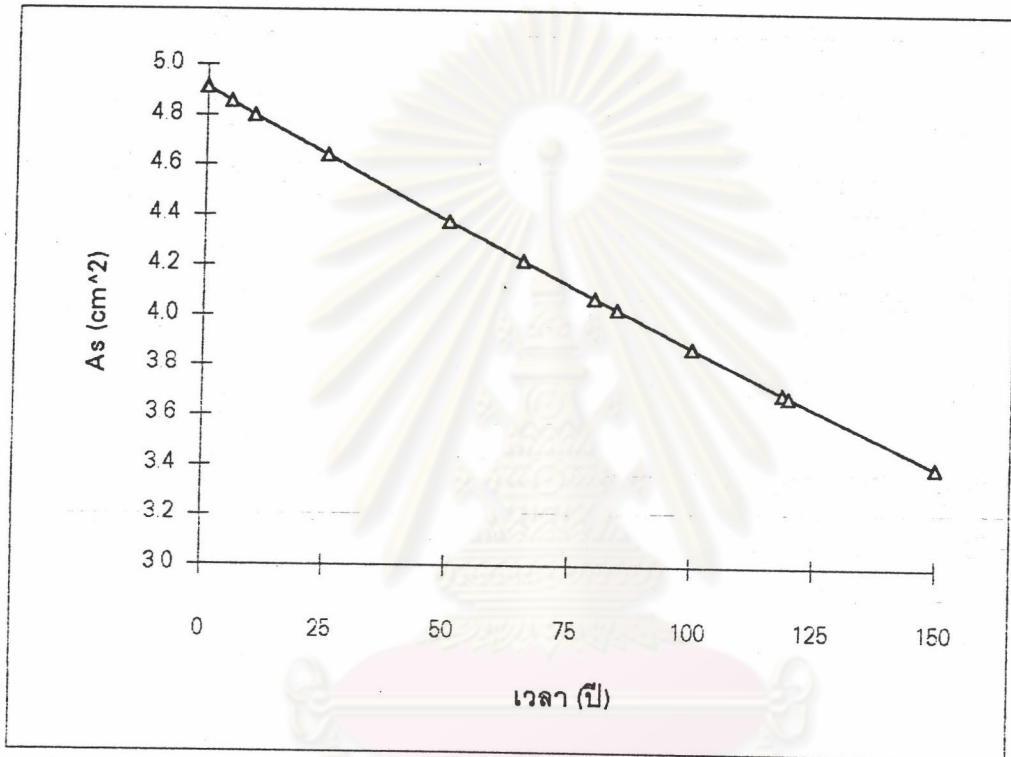
รูปที่ 3.7 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในตอม่อใหม่สับเนื่องจากคาร์บอนเนต



รูปที่ 3.8 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในเสาเก่าสืบเนื่องจากคาร์บอนเนต

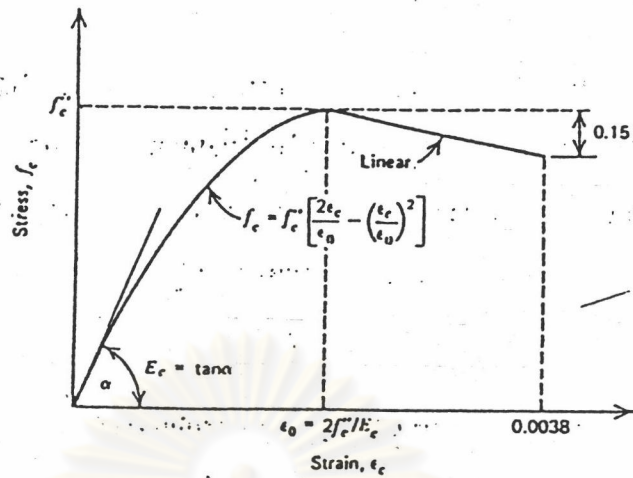


รูปที่ 3.9 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในเสาใหม่สืบเนื่องจากคาร์บอนเนต

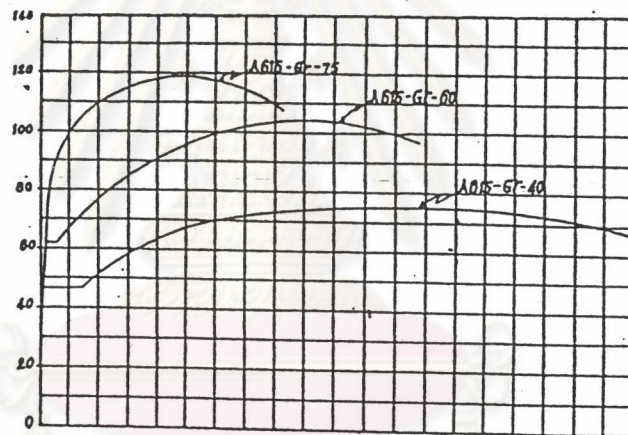


รูปที่ 3.10 อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคาน
และตอม่อสี่บเนื่องจากหน้าตัดแตกร้าว

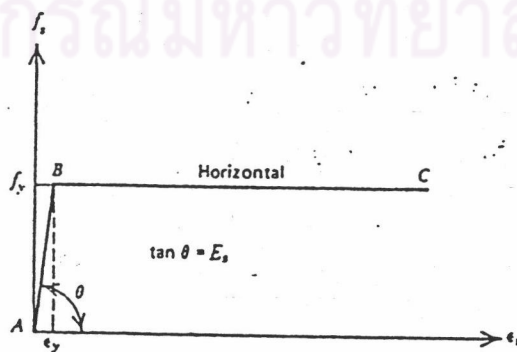
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด กับความเค้นของคอนกรีต

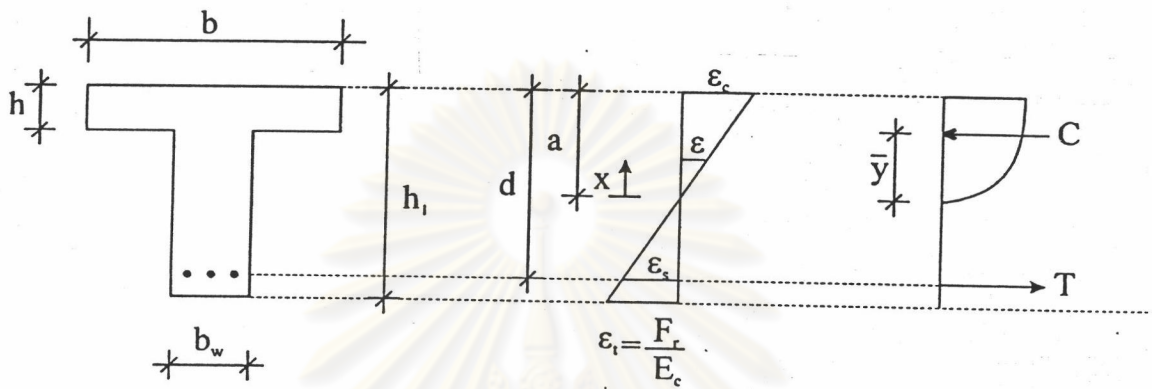


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด กับความเค้นของเหล็ก

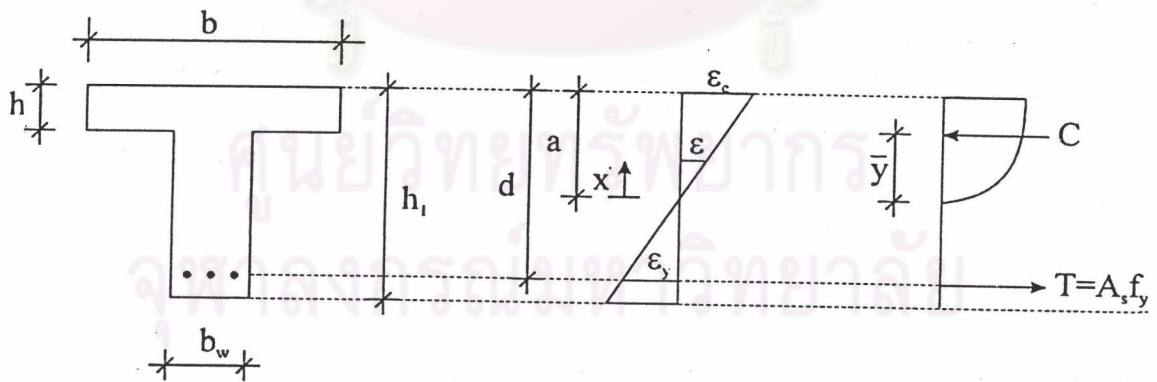


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด

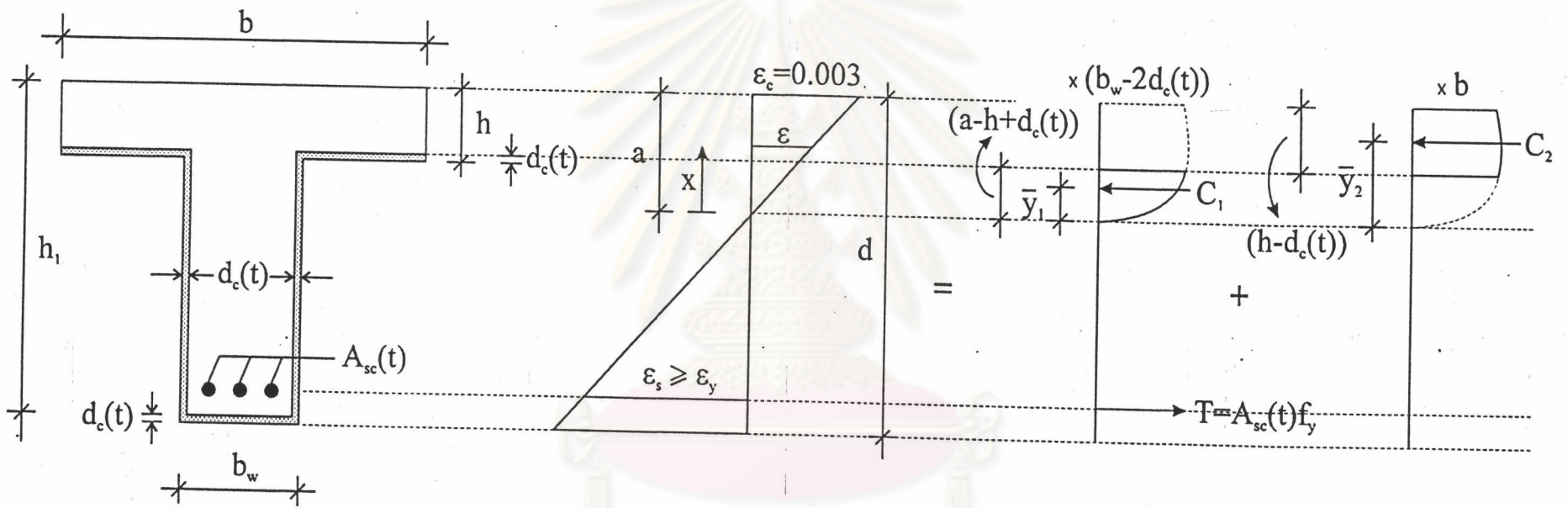
กับความเค้นของเหล็กตาม ACI-318-89



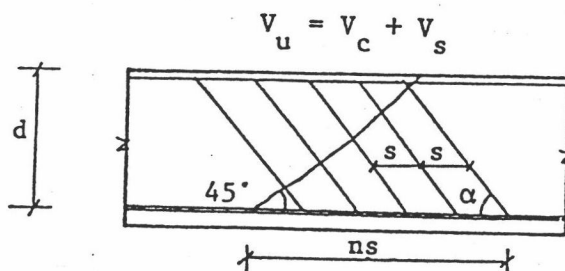
รูปที่ 4.4 หน้าตัดคานที่เกิดรอยแตกร้าว



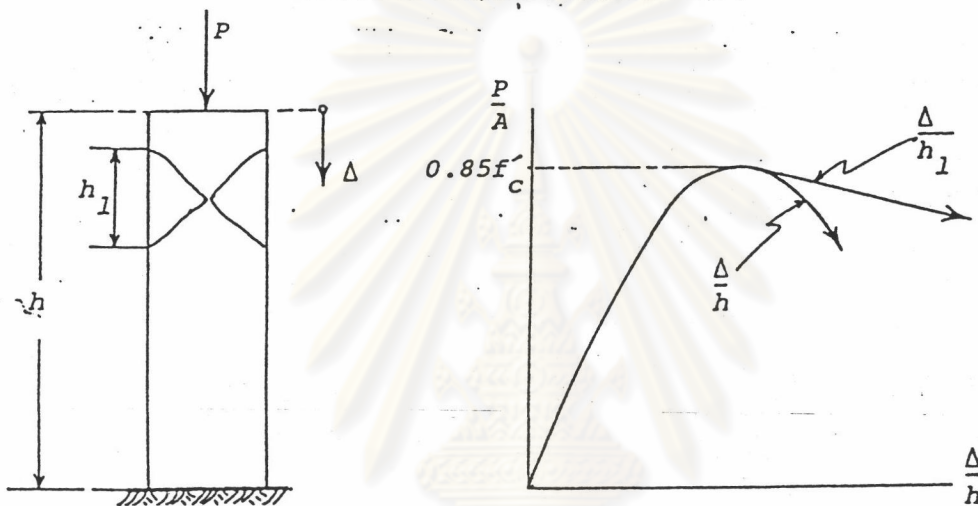
รูปที่ 4.5 หน้าตัดคานเมื่อเหล็กถึงจุดคดง



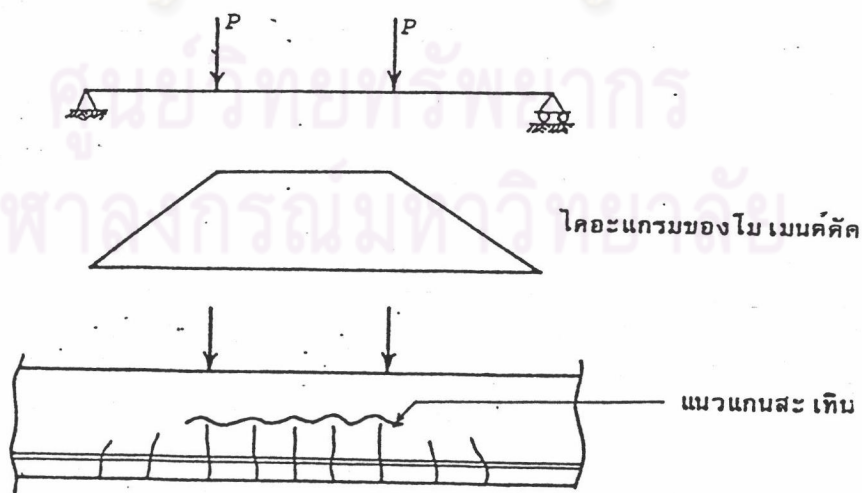
ศูนย์วิทยทรัพยากร
 รูปที่ 4.6 หน้าตัดคานที่กำลังตัดปลายพิจารณาความลึกคาร์บอนชั้น
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 การรับแรงเฉือนคานคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยม
เหล็กปลอกทำมุม α กับแกนคาน



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความเครียดของเสา



รูปที่ 4.9 การแ่่นตัวของคานตามน้ำหนักบรรทุก P

วิไล แก้ว

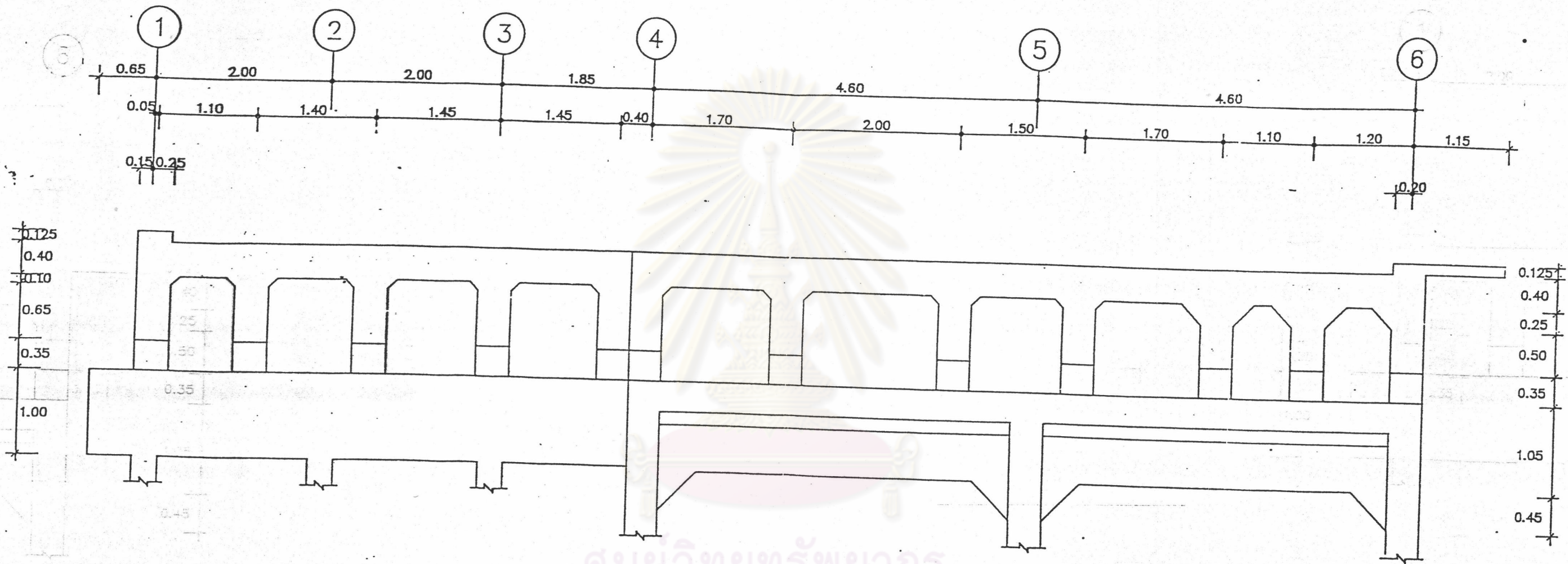


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิศศึกษา

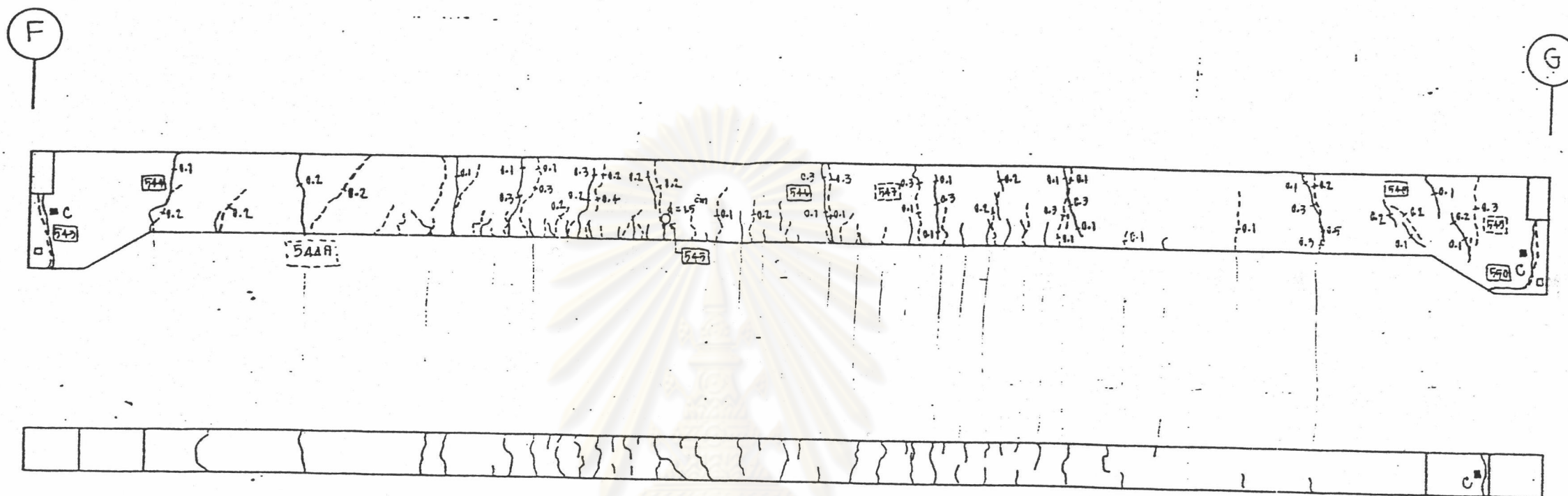


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

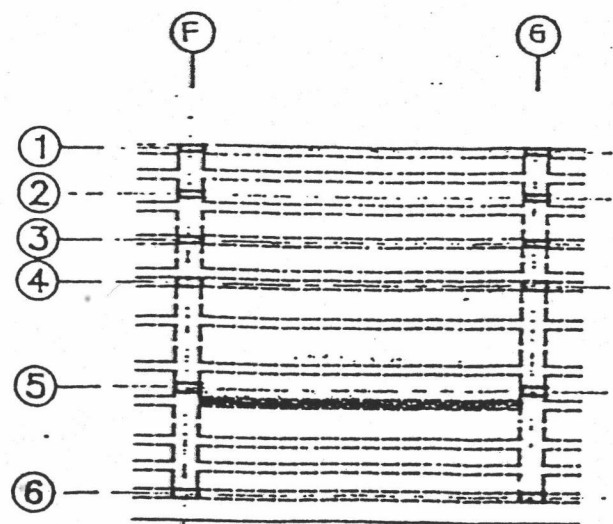


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 รูปตัดขวางของโครงสร้างสะพานกะตริยศึก

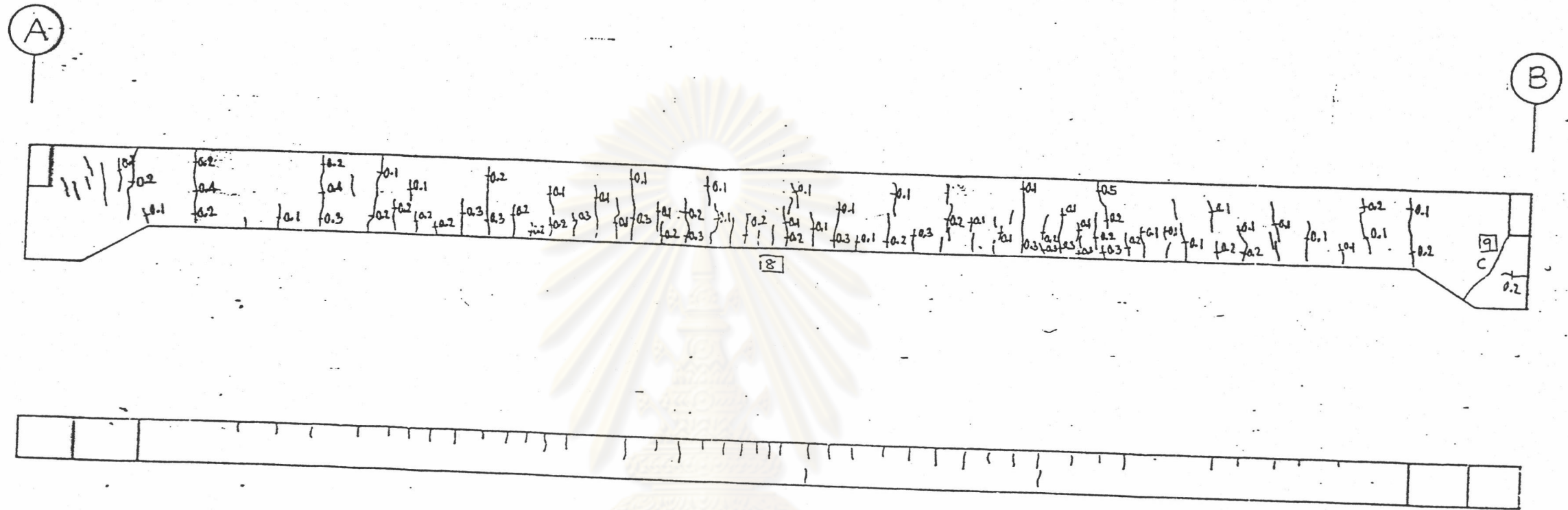


B 64	1:50
------	------

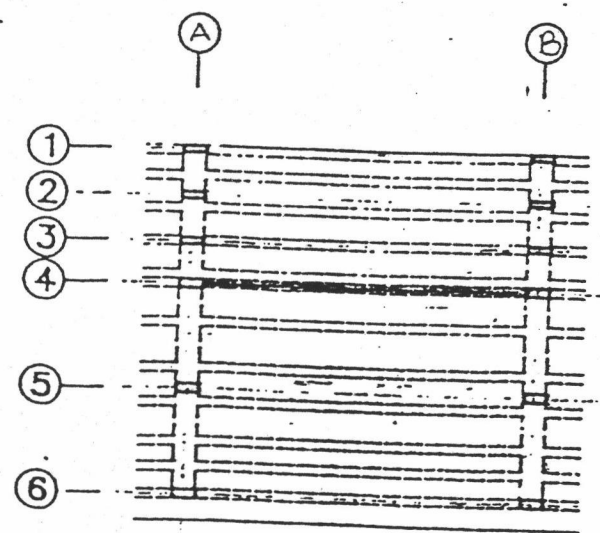


ศูนย์วิทยุทัชชหะวาร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

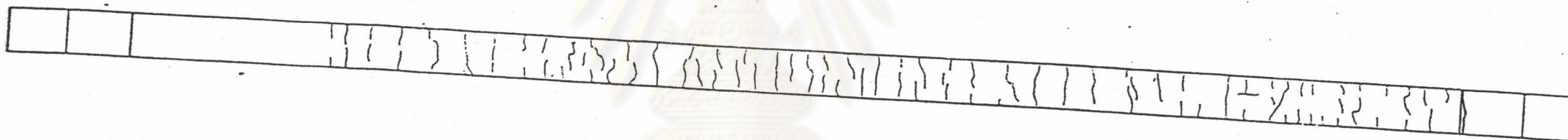
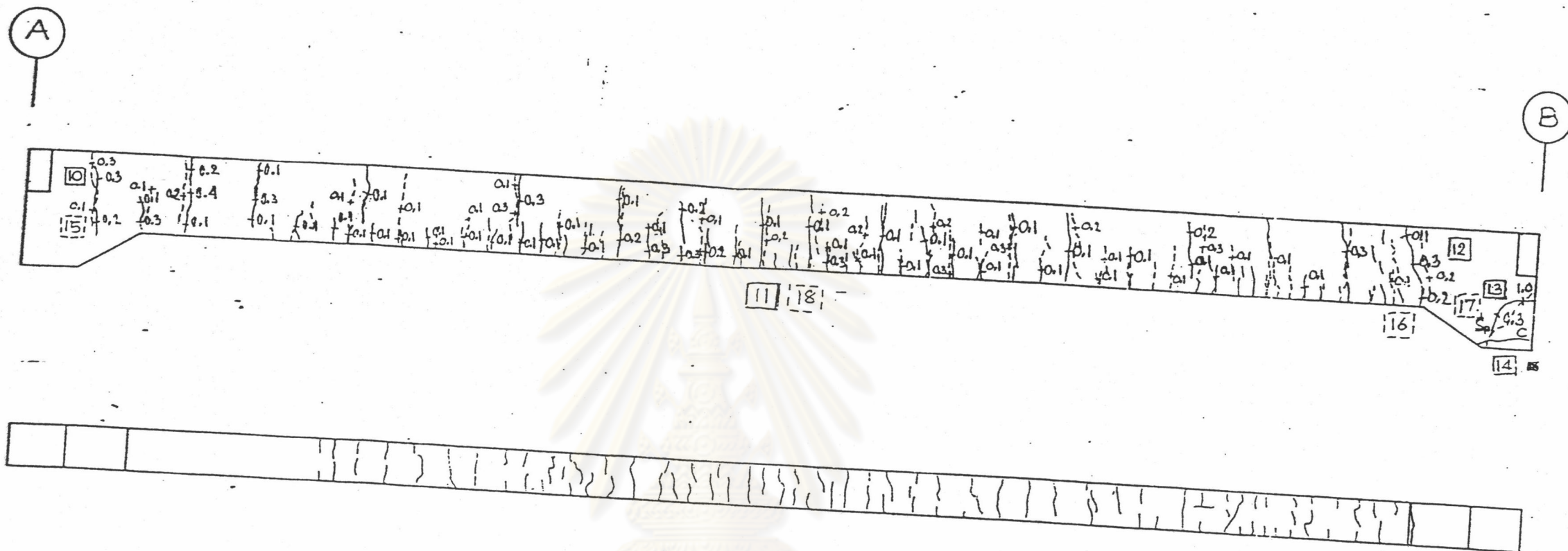
รูปที่ 5.4 รูปรอยแตกร้าวของคาน B64 จากการสำรวจ



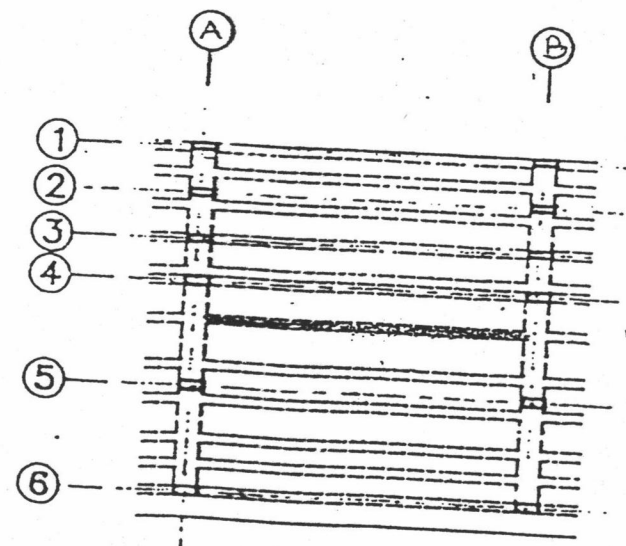
B6	1:50
----	------



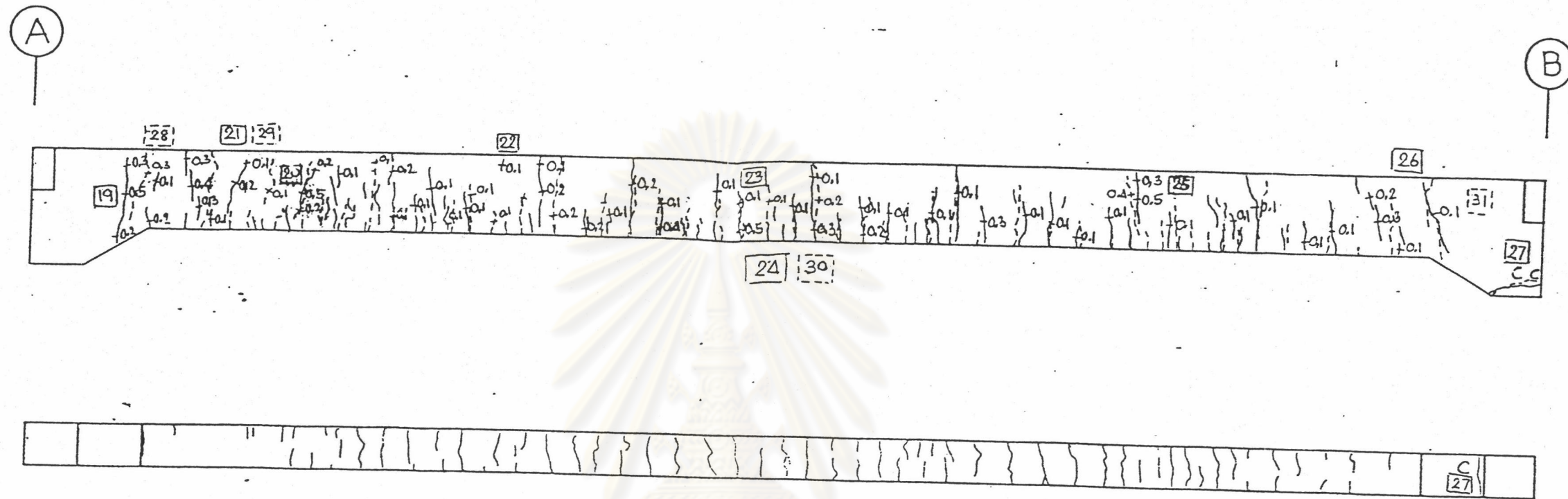
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.5 ปรอยแตกร้าวของคาน B6 จากการสำรวจ



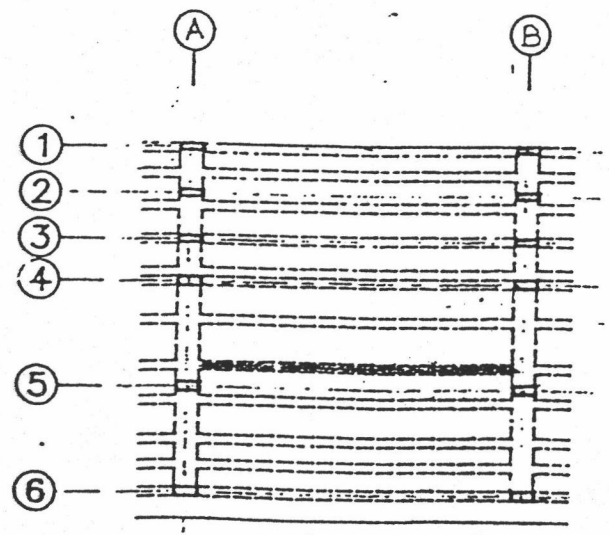
B7 1:50



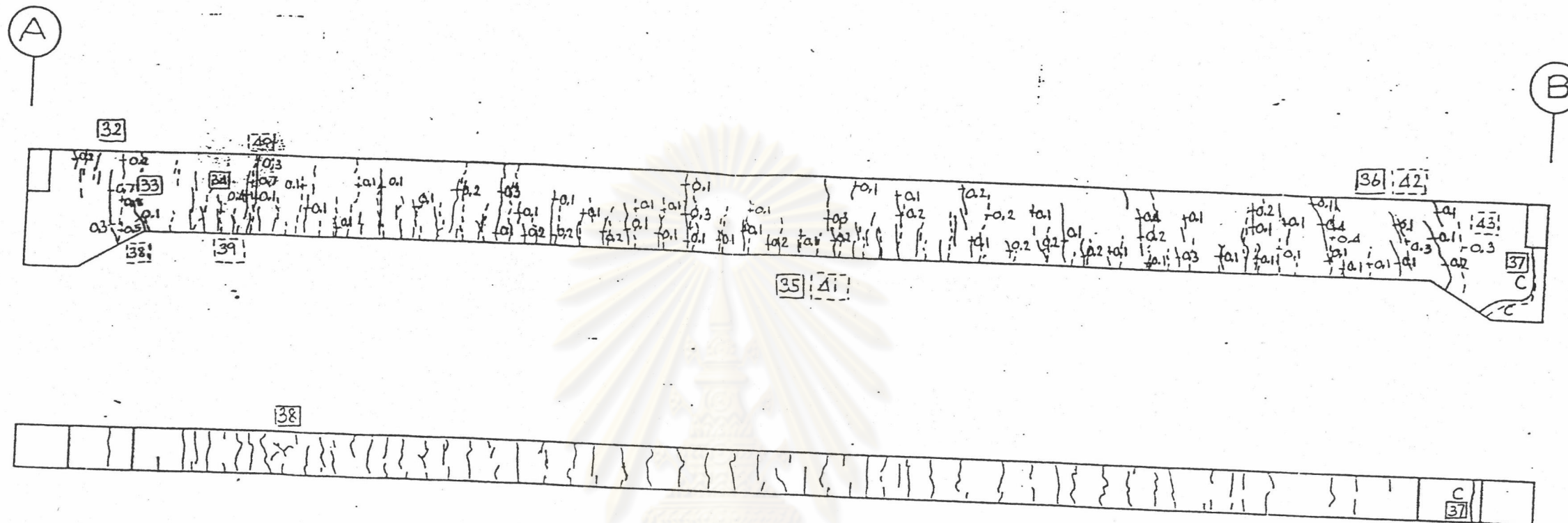
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 5.6 รูปรอยแตกร้าวของคาน B7 จากการสำรวจ



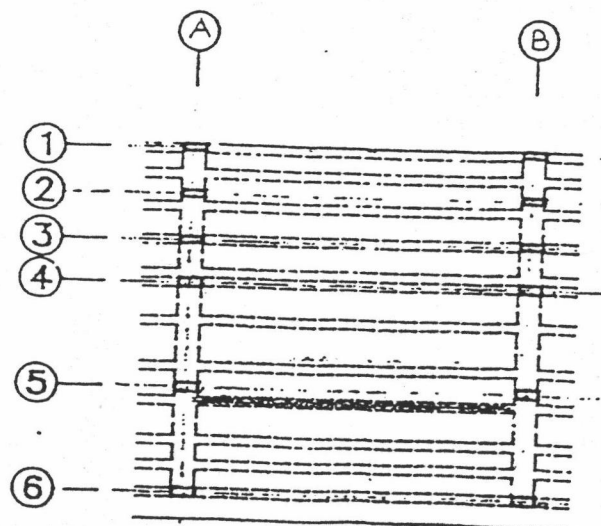
B8	1:50
----	------



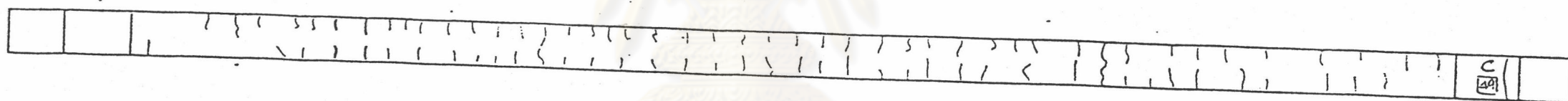
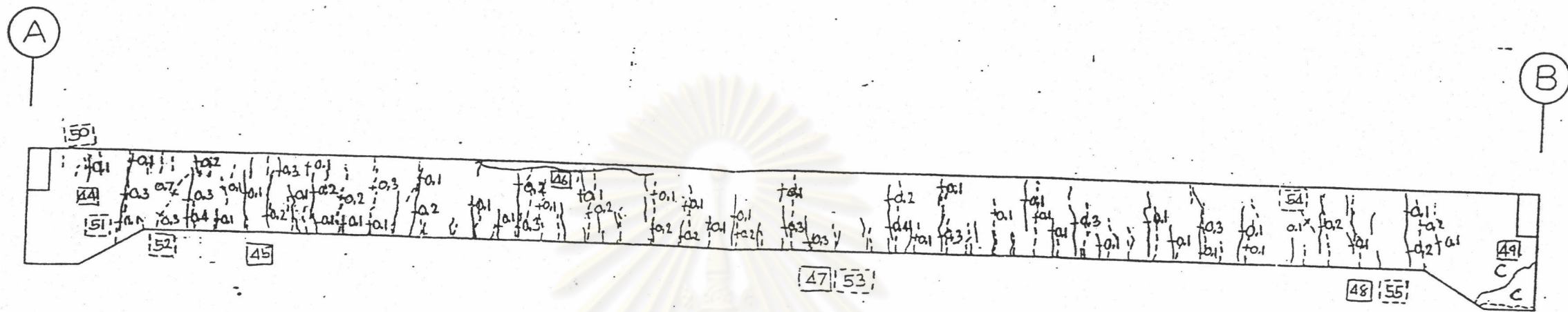
ศูนย์วิทยพัสดุ
ที่ 5.7 รูปรอยแตกหัวของคาน B8 จากการสำรวจ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



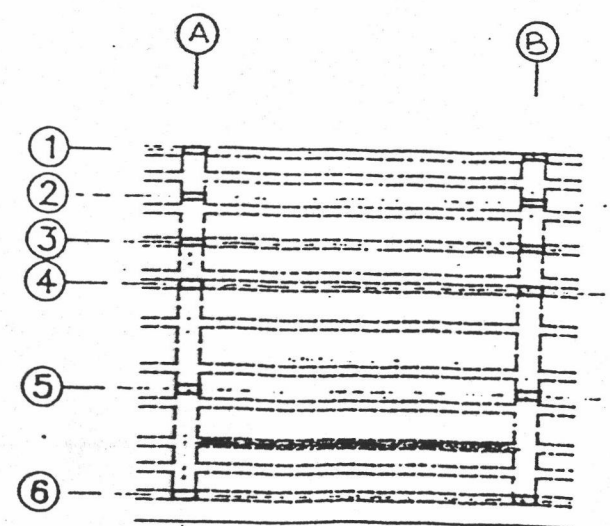
B9 1:50



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 รูปที่ 5.8 รูปรอยแตกร้าวของคาน B9 จากการสำรวจ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

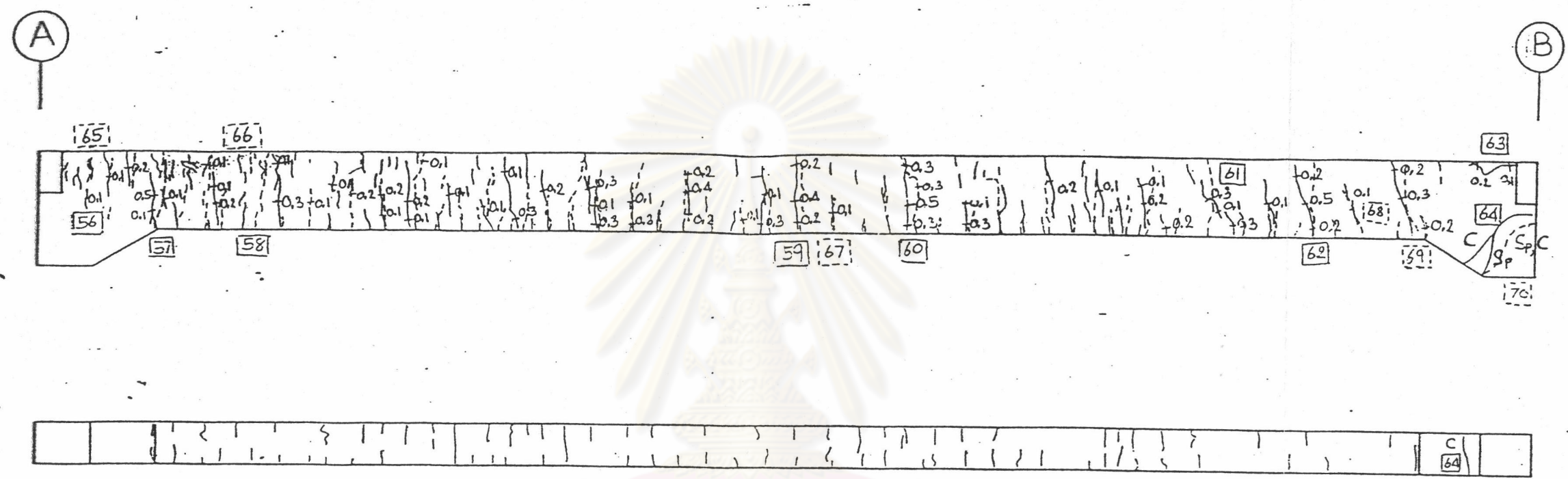


B10 1:50

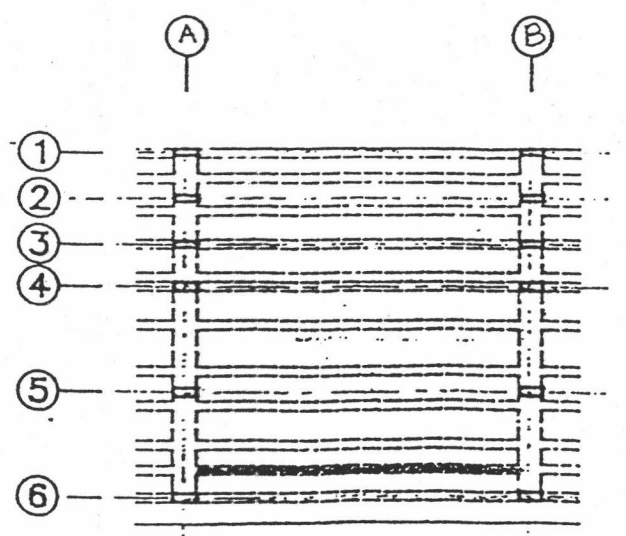


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

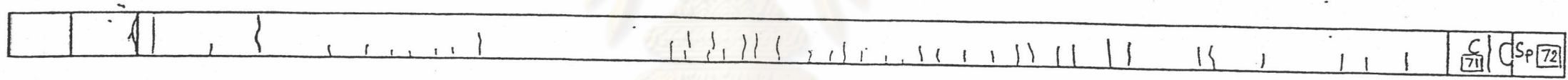
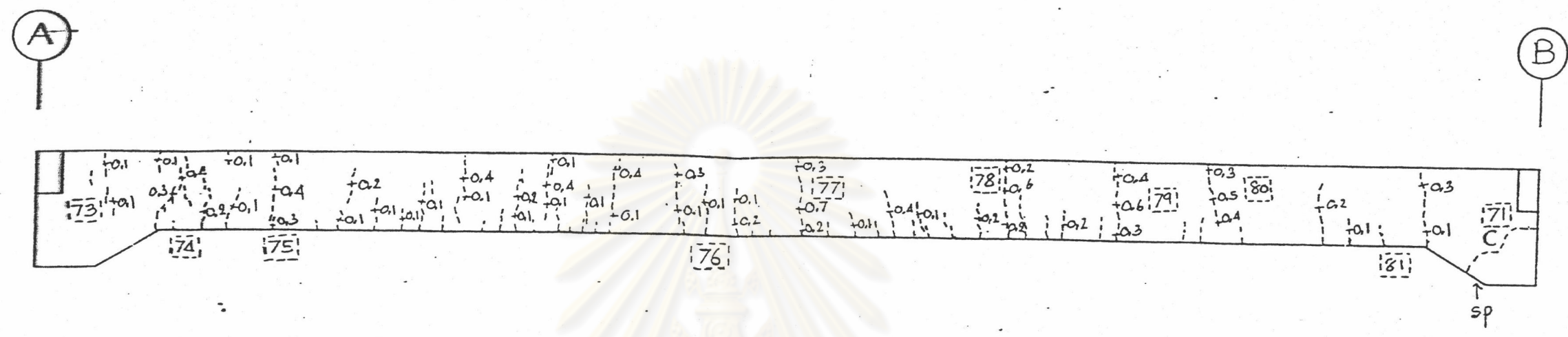
รูปที่ 5.9 รูปรอยแตกร้าวของคาน B10 จากการสำรวจ



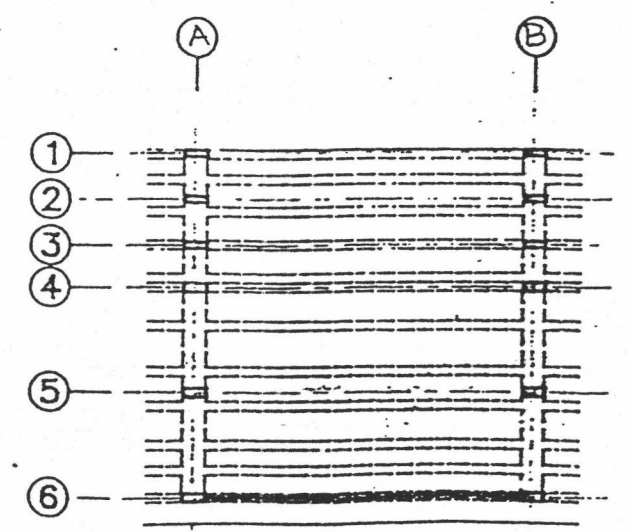
B11 1:50



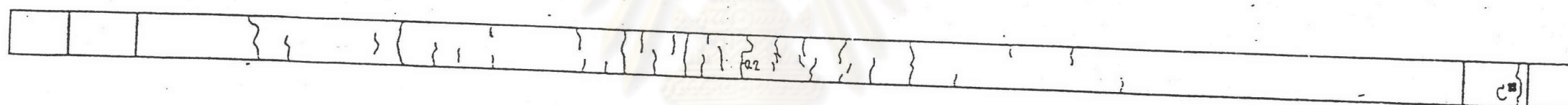
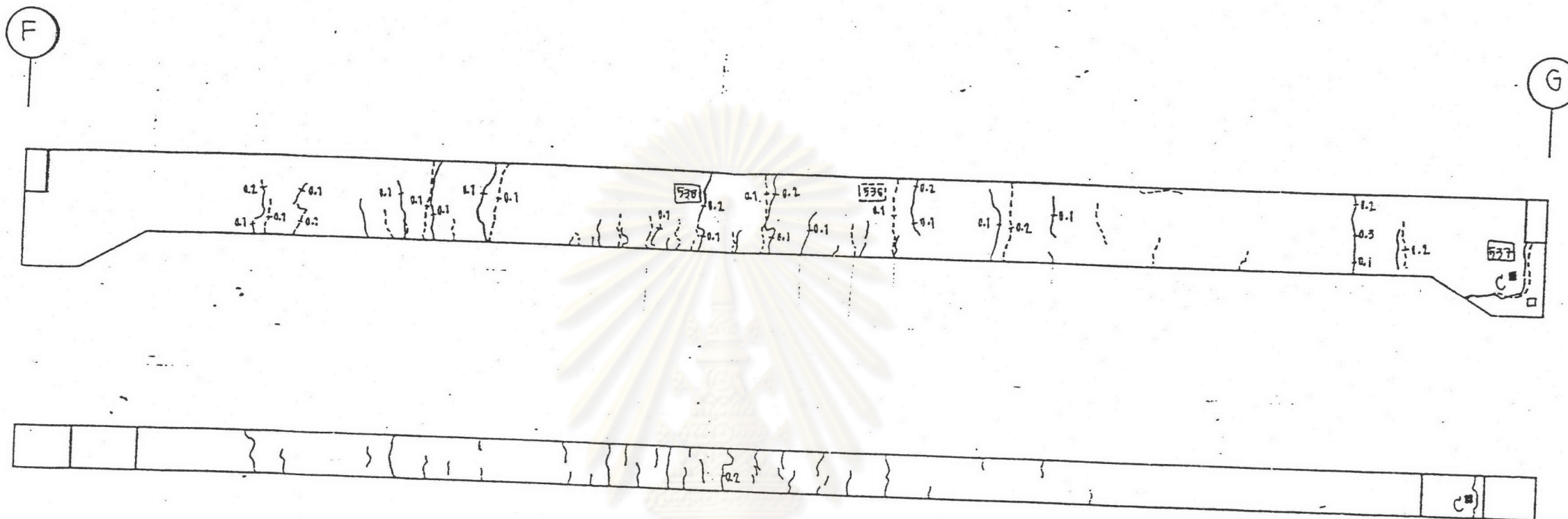
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 5.10 รูปรอยแตกกว้างของคาน B11 จากการสำรวจ



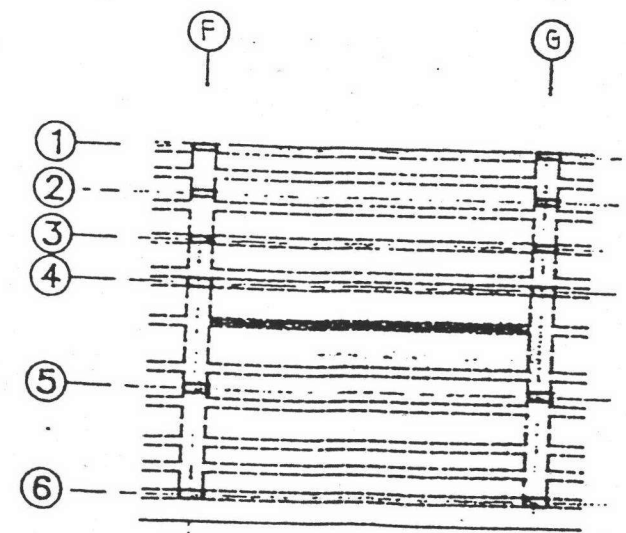
B 12 1:50



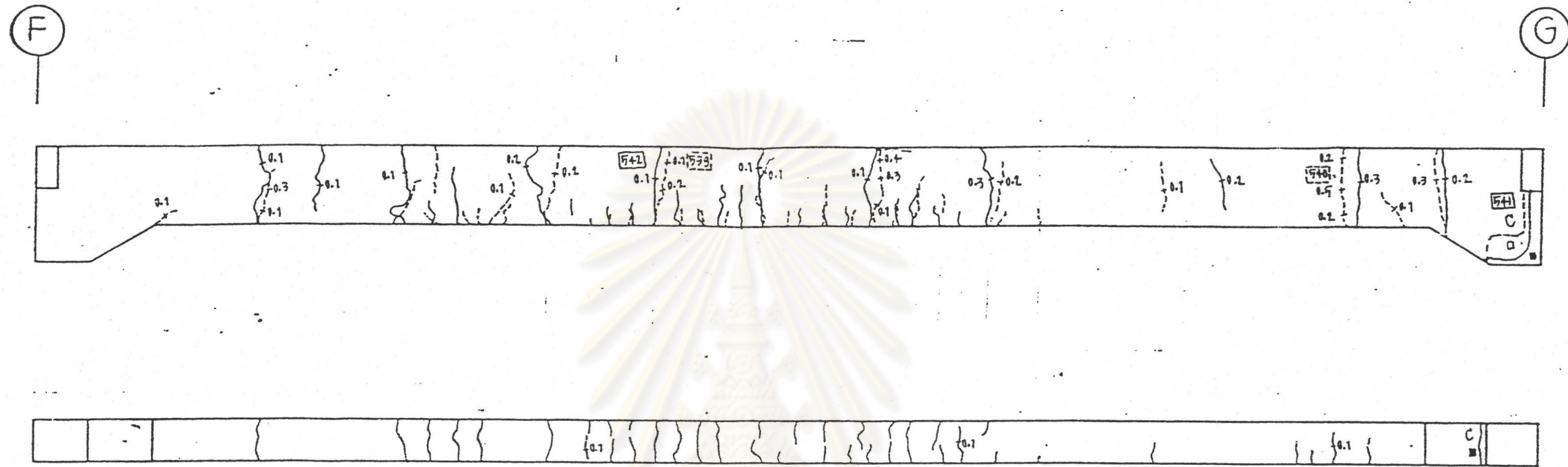
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 5.11 รูปรอยตัดกว้างของคาน B12 จากการสำรวจ



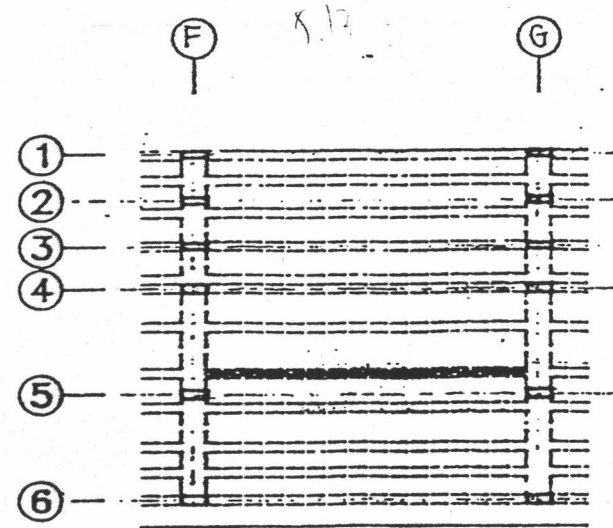
B 62 | 1:50



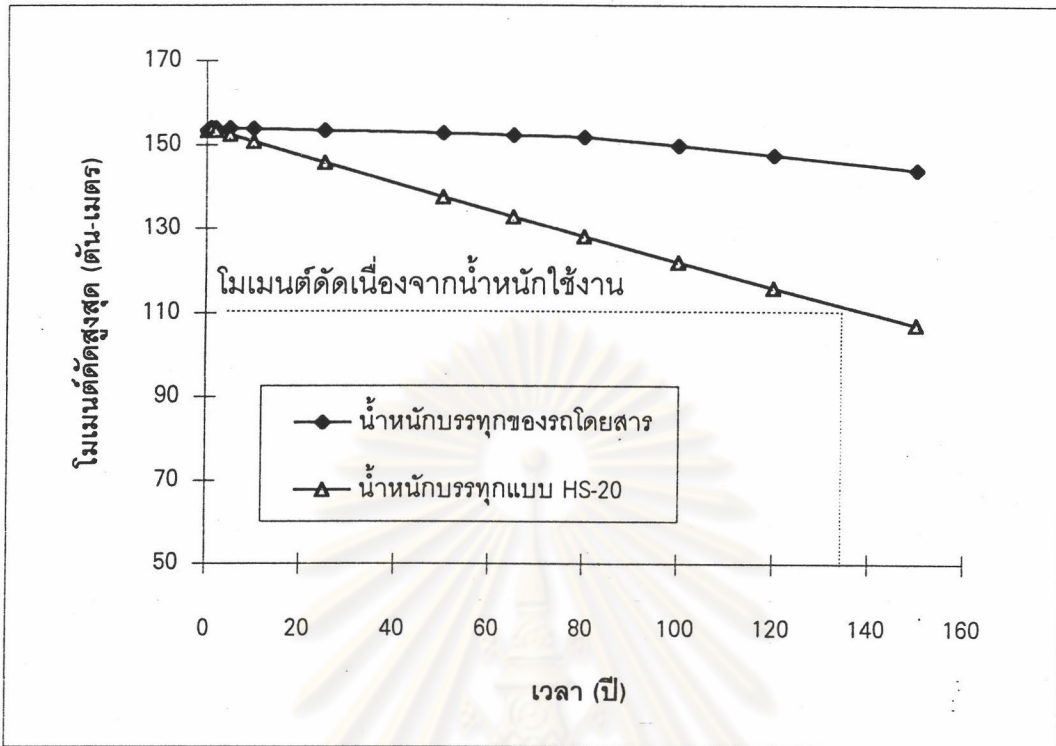
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 5.12 รูปรอยแตกกว้างของคาน B62 จากการสำรวจ



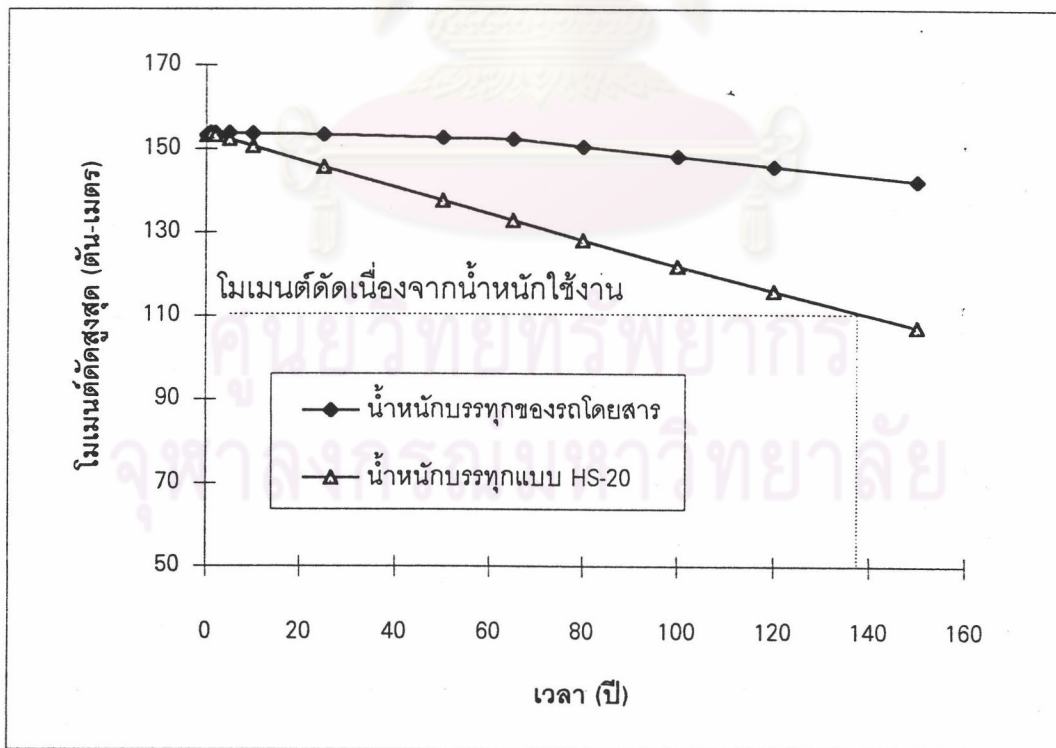
B 63 | 1:50



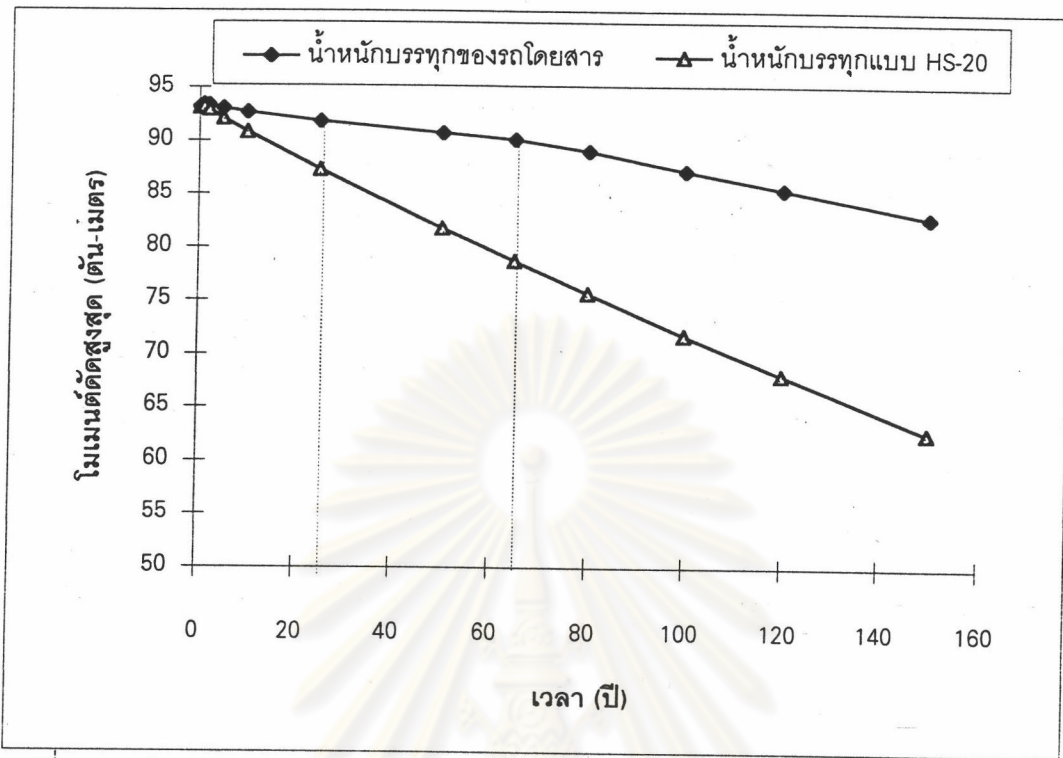
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 5.13 รูปรอยตัดกร้าวของคาน B63 จากการสำรวจ



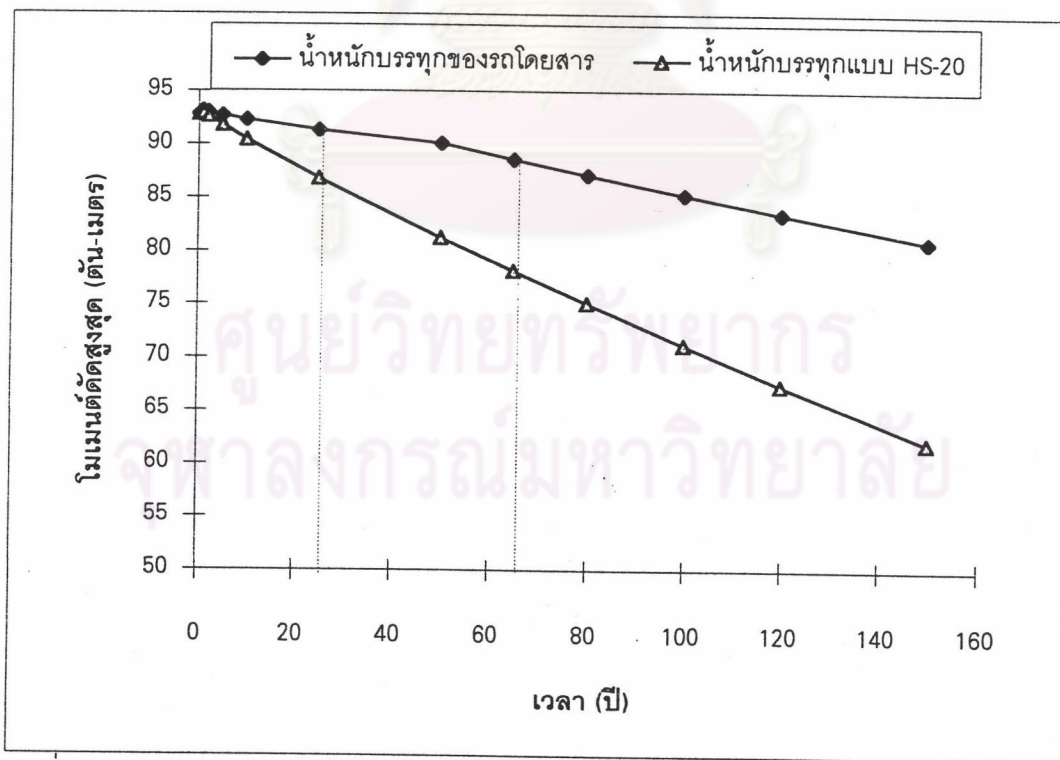
รูปที่ 5.14 กำลังตัดสูงสุดในคานเก่ากับเวลา



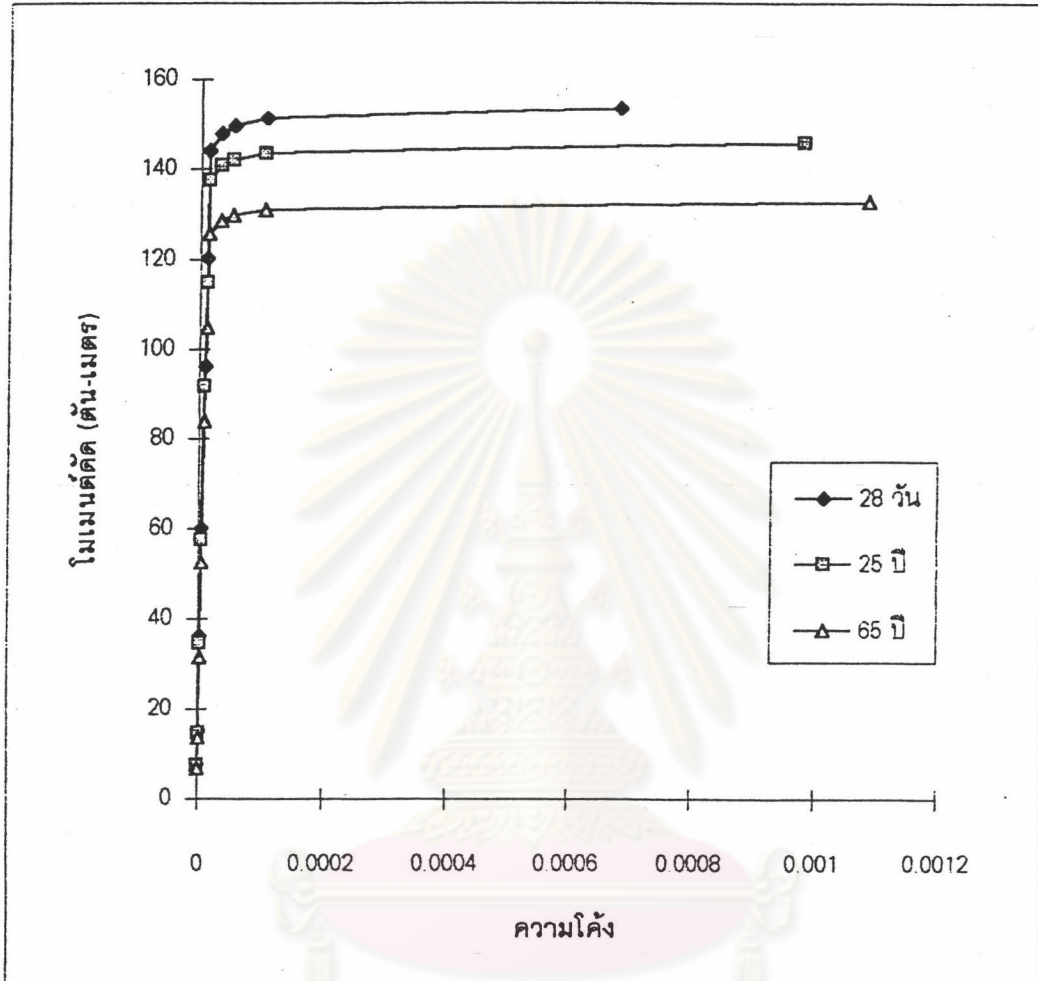
รูปที่ 5.15 กำลังตัดสูงสุดในคานใหม่กับเวลา



รูปที่ 5.16 กำลังดัดสูงสุดในตอม่อเก่ากับเวลา

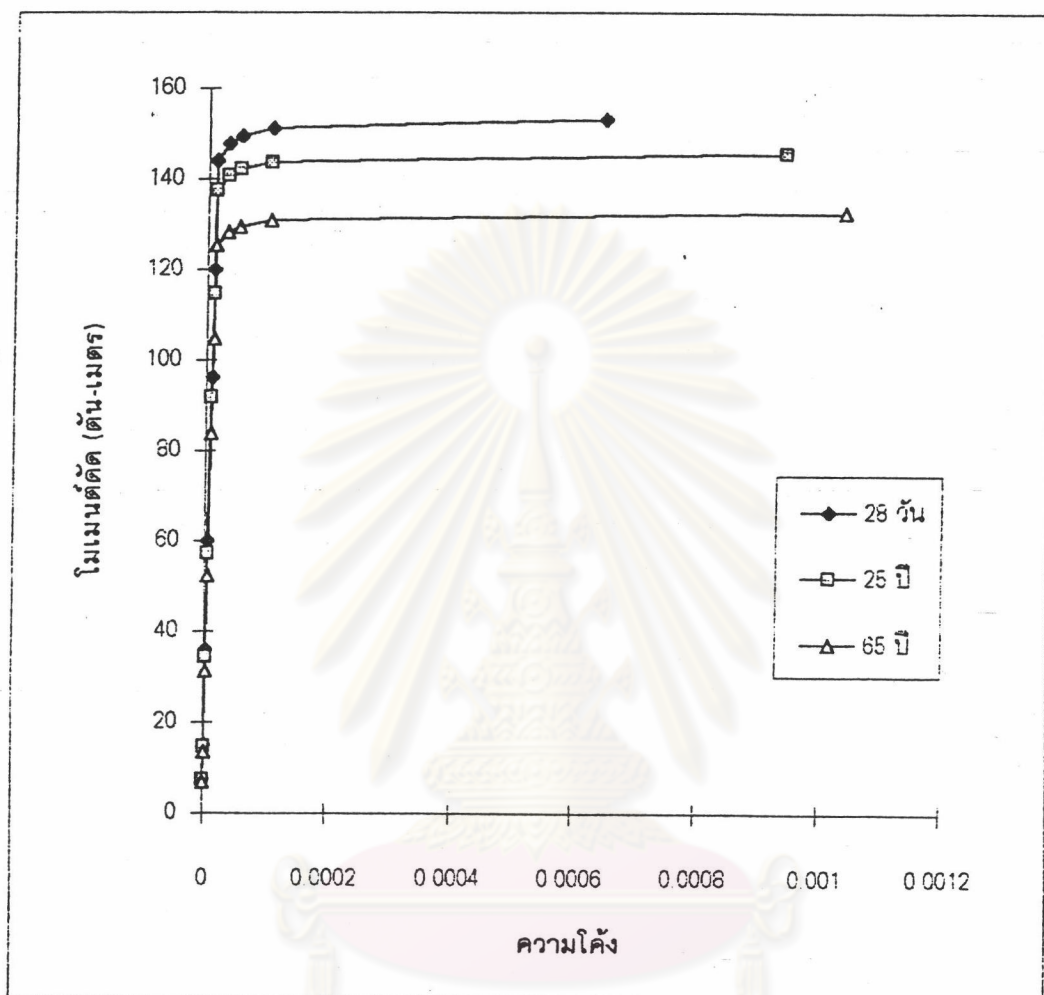


รูปที่ 5.17 กำลังดัดสูงสุดในตอม่อใหม่กับเวลา



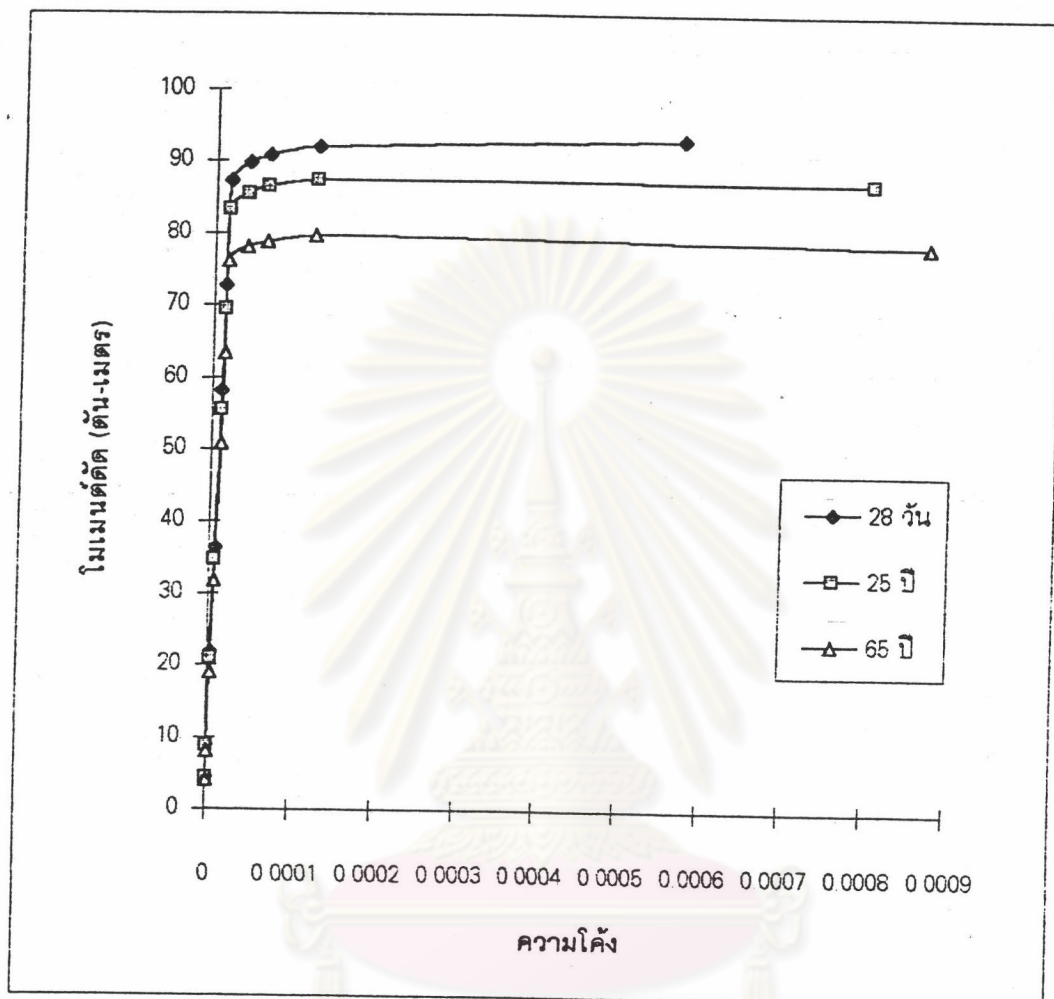
รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังตัดของคานเก่า กับความชื้นจากหน้าตัดแตกร้าง

ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าไม้
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



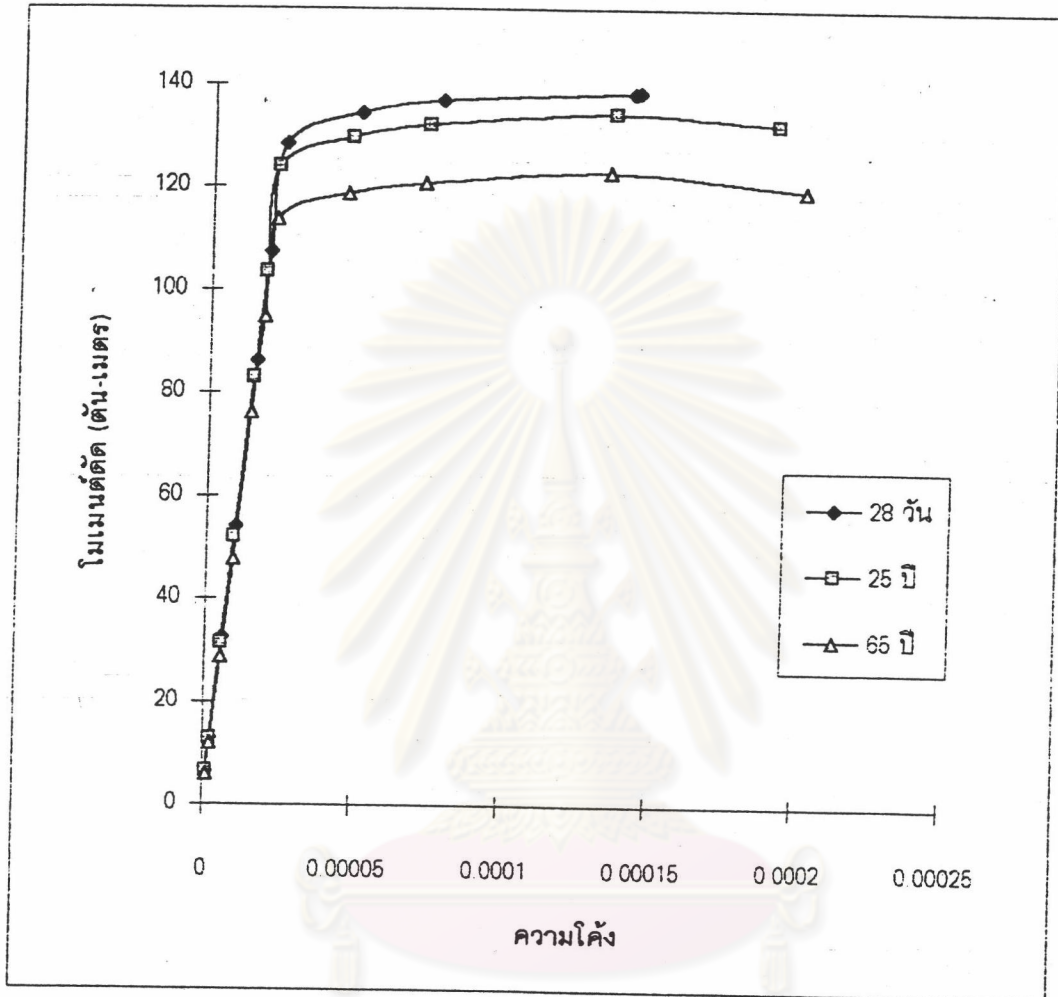
รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดัดของคานใหม่
กับความโค้งจากหน้าตัดแตกร้าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



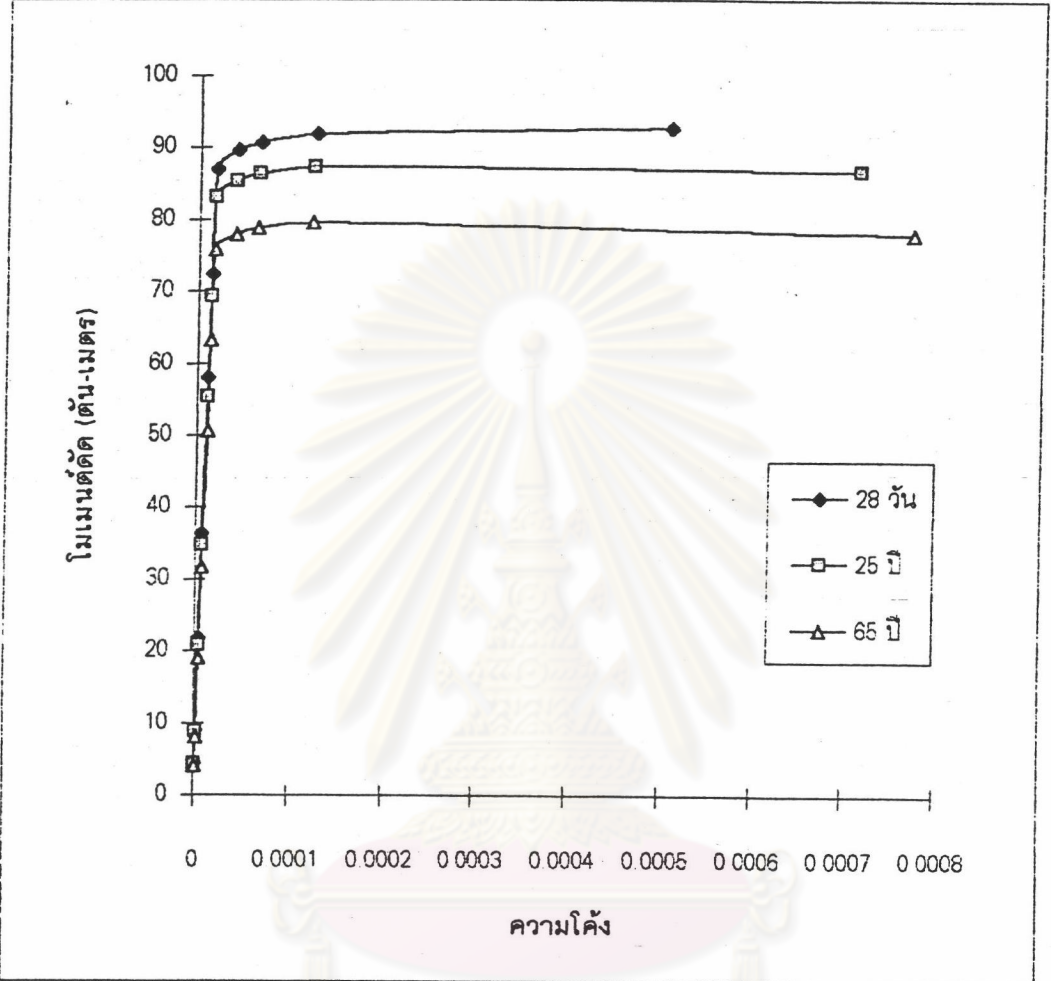
รูปที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังตัดบวกของตอม่อเก่า
กับความโค้งจากหน้าตัดแตกร้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



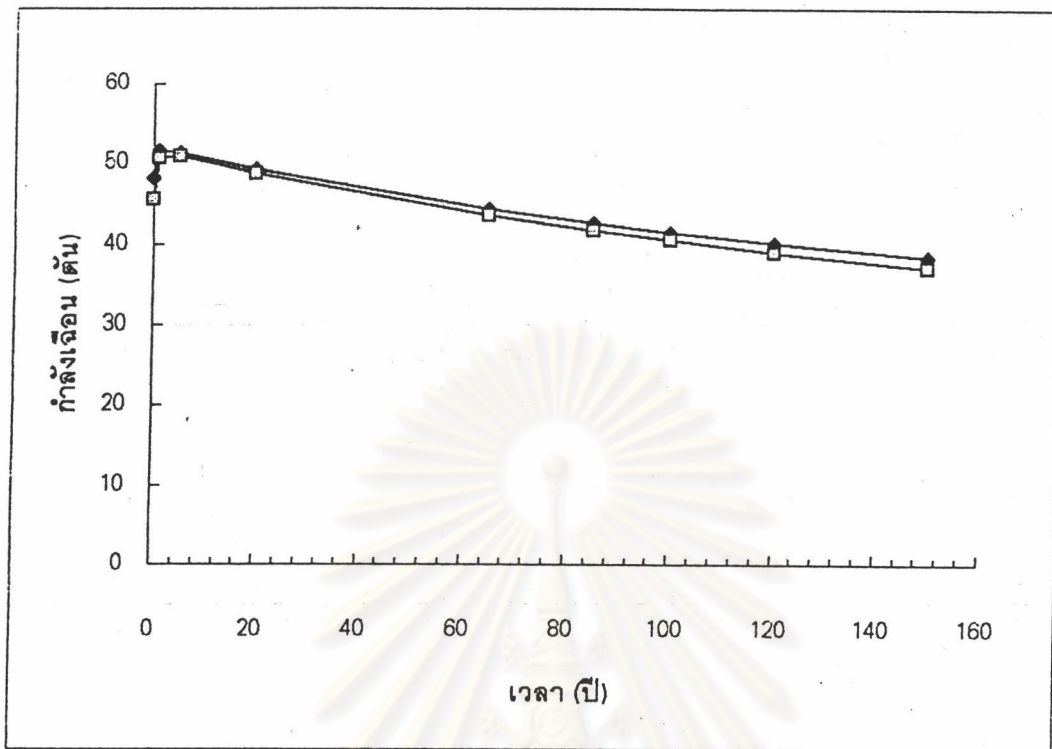
รูปที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดัดของตอม่อเก่า
กับความชื้นจากหน้าตัดแตกร้าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

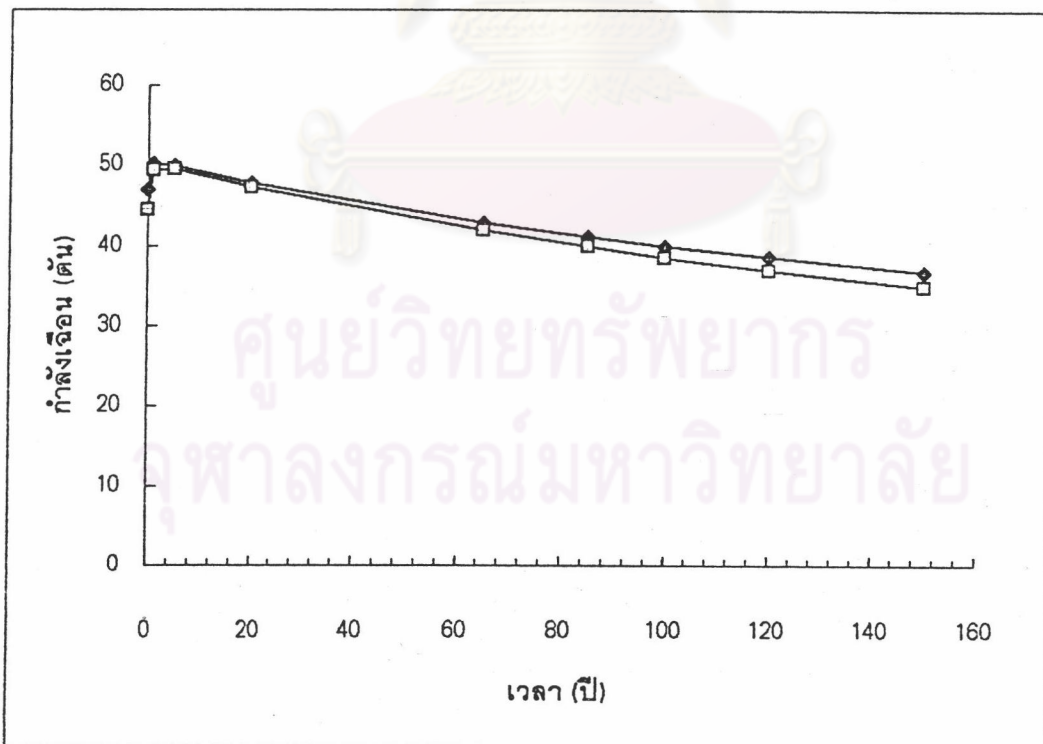


รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังตัดของตอม่อใหม่ กับความชื้นจากหน้าตัดแตกช้า

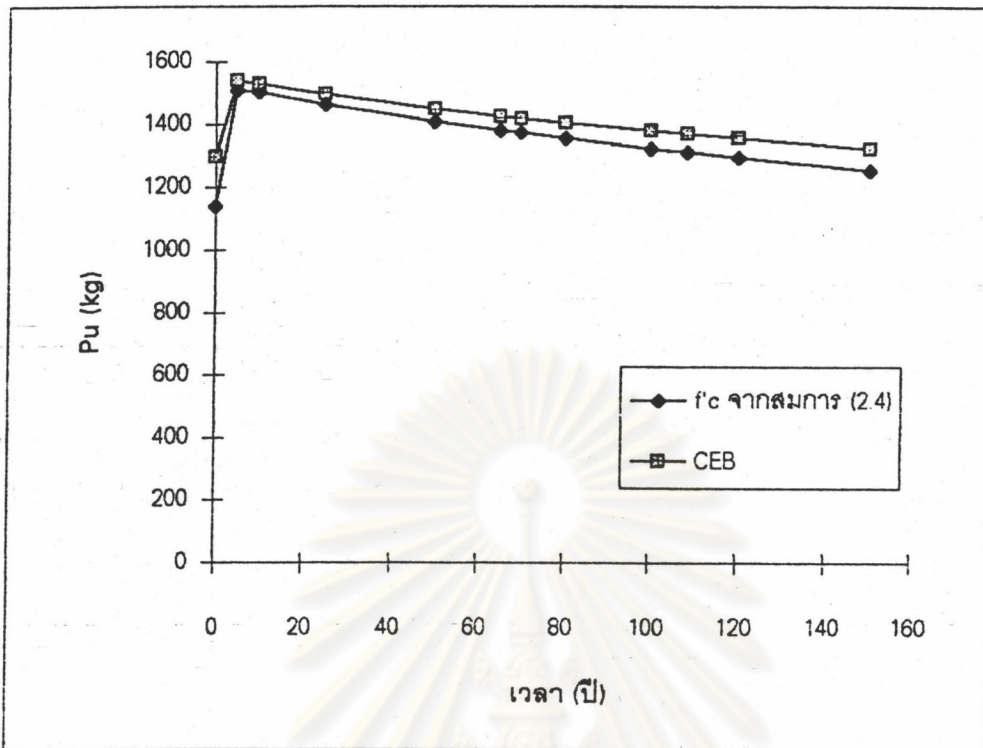
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



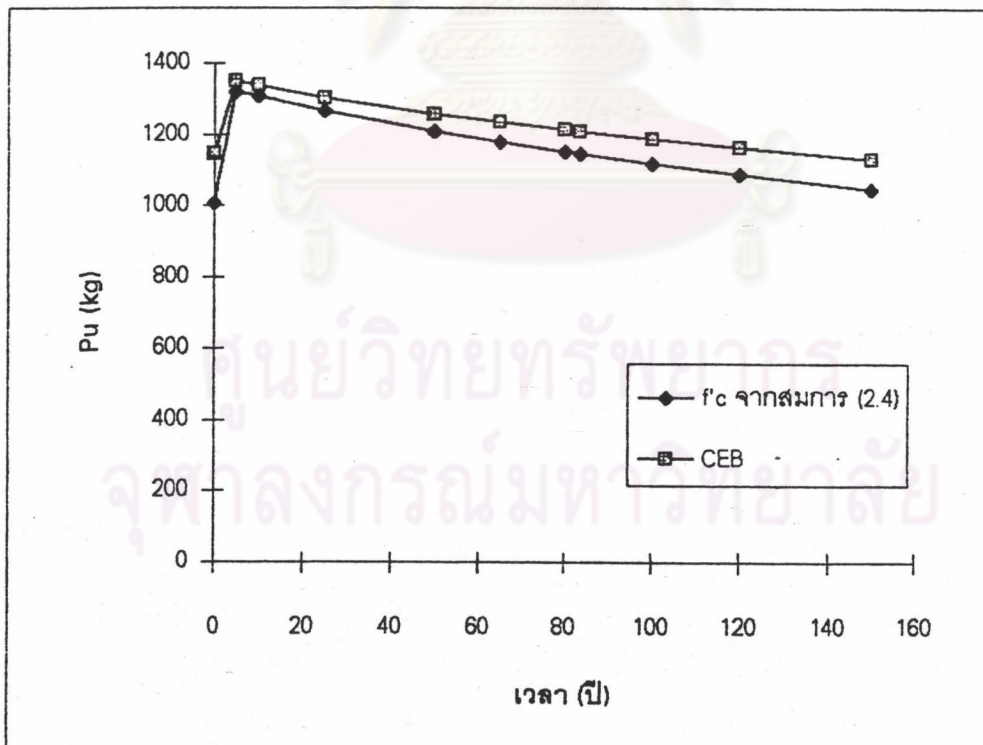
รูปที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเงื่อนกับเวลาในคานเก่า



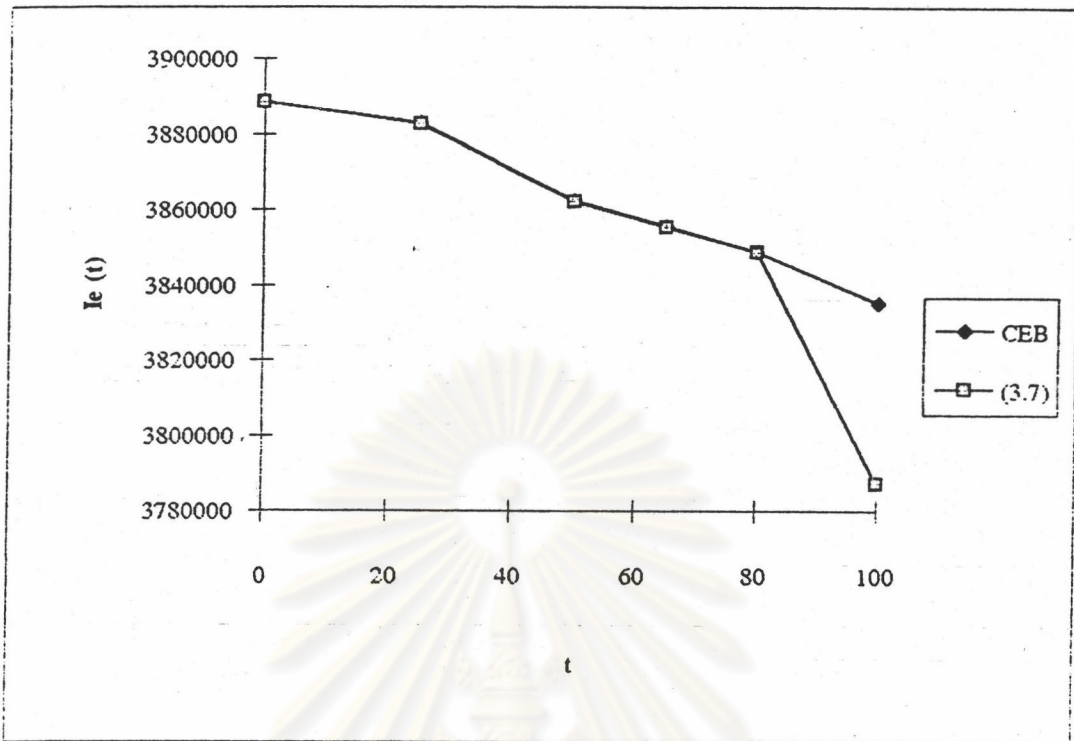
รูปที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเงื่อนกับเวลาในคานใหม่



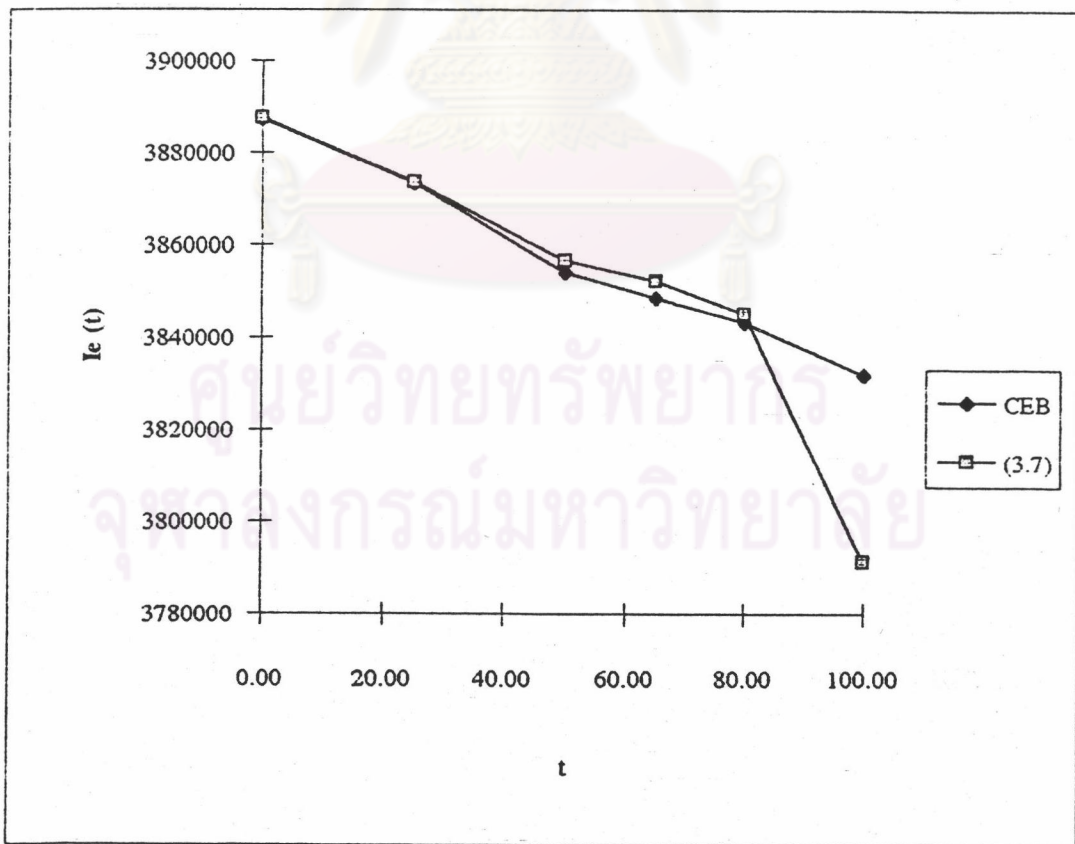
รูปที่ 5.25 กำลังรับแรงอัดในหน้าตัดเสาเก่าคอนกรีตเสริมเหล็กเทียบกับเวลา



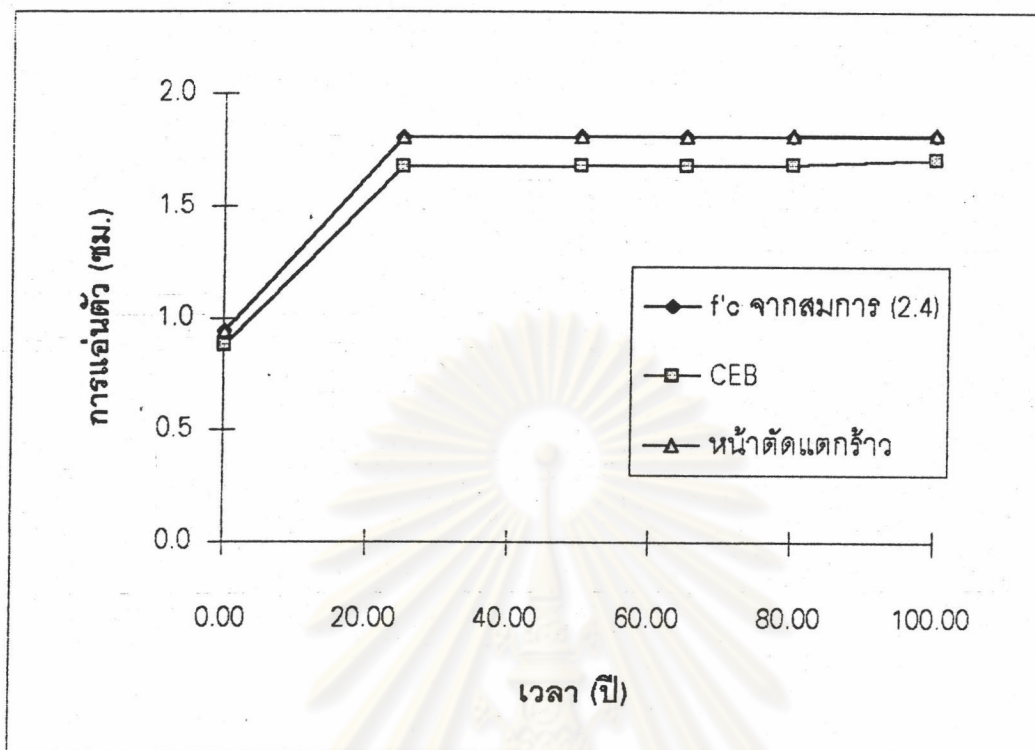
รูปที่ 5.26 กำลังรับแรงอัดในหน้าตัดเสาใหม่คอนกรีตเสริมเหล็กเทียบกับเวลา



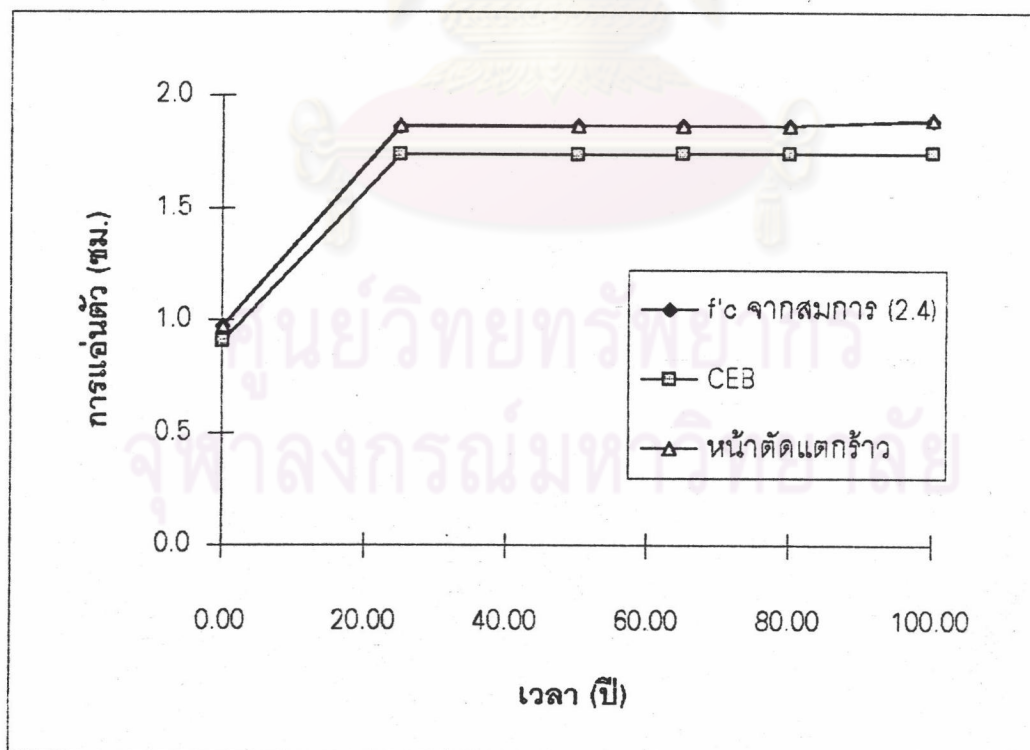
รูปที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ความเฉื่อยกับเวลาในคานเก่า



รูปที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ความเฉื่อยกับเวลาในคานใหม่



รูปที่ 5.29 ความสัมพันธ์ระหว่างการแตกร้าวของคอนกรีตเก่ากับเวลา



รูปที่ 5.30 ความสัมพันธ์ระหว่างการแตกร้าวของคอนกรีตใหม่กับเวลา



ประวัติผู้เขียน

นาย เมธา บรรจบโชคชัย เกิดเมื่อ 12 มกราคม พ.ศ.2513 ที่เขตป้อมปราบ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมโยธา จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธาโครงสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2535



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย