

## เอกสารอ้างอิง

1. เนิชาน ลักคณະประสิทธิ์, การวิเคราะห์โครงสร้าง, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร, 2527.
2. เนิชาน ลักคณະประสิทธิ์, "อาคารสูงกับปัญหาแผ่นดินไหว" วิศวกรรมก้าวหน้า, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, มีนาคม-มิถุนายน 2533.
3. Samra, R. M., "Ductility Analysis of Confined Columns," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 116, No.11, pp. 3148-3161, November 1990.
4. Bathe, K. J. , E. L. Wilson, F. E. Peterson, "SAP IV A Structural Analysis Program for Static and Dynamic Response of Linear Systems," Berkeley, University of California, April 1974.
5. Wilson, E. L., J. P. Hollings, H. H. Dovey, "Three Dimensional Analysis of Building Systems (Extend Version)," Earthquake Engineering Research Center, EERC 75-13, April 1975.
6. S. Udomlurgchai, "Development of A General Purpose Finite Element Package on Microcomputer (Apple II)," M. Eng Thesis, AIT, 1983.
7. S. Attasaeranewong, "Development of A Standard Element Library for MICROFEAP on Microcomputer (Apple II)," M. Eng Thesis, AIT, 1984.
8. S. Attasaeranewong and W. Kanok-Nukulchai, User Manual of MICROFEAP-II (P1:Release 2.0)," AIT, 1985.
9. Jayachandran, P., and S.G.B. Leblanc, "Structural Analysis using Microcomputers and Computer Graphics," Computer Application, pp. 140-155, August, 1987.

10. C. G. Salmon, "Concrete Beam Design Using Menus and Macros of Lotus 1-2-3," Computer Application, pp. 424-437, August, 1987.
11. Roufaiel, M. S. L. and F. F. Monasa, "Microcomputer-Aided Analysis and Design of Steel Frames," Journal of Computing in Civil Engineering, vol 3, No.2, April 1989.
12. ทักษิณ เพชชาตรี, คู่มือการใช้โปรแกรม AUTORC," กรุงเทพมหานคร, 2531.
13. ACI Committee 318, "Building Code Requirement for Reinforced Concrete," American Concrete Institute, Detroit, 1983.
14. Park, R. and T. Paulay, Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York, 1975.
15. Kent, D. C. and R. Park, "Flexural Members with Confined Concrete," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 97, ST 7, pp. 1969-1990, July 1971.
16. ACI Committee 318, "Building Code Requirement for Reinforced Concrete and Commentary," American Concrete Institute, Detroit, 1989.
17. Wang, C. K. and C. G. Salmon, Reinforced Concrete Design, Harper & Row, New York, 1979.
18. Nawy, E. G., Reinforced Concrete A Fundamental Approach, Prentice-Hall, New Jersey, 1985.
19. Nilson, A. H. and G. Winter, Design of Concrete Structures, McGraw-Hill, New York, 1986.
20. Harrison, H. B. , Computer Methods in Structural Analysis, Prentice-Hall, New Jersey, 1973.
21. Clarke, D., Computer Aided Structural Design, John Wiley & Sons, New York, 1978.

22. Nameroff, S., Quick Basic The Complete Reference, Osborne McGraw-Hill, California, 1989.
23. Craig, J.C., Microsoft Quick Basic Programmers Toolbox, Microsoft Press, Washington, 1988.



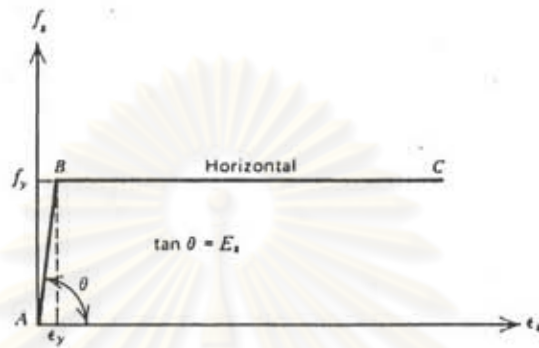
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



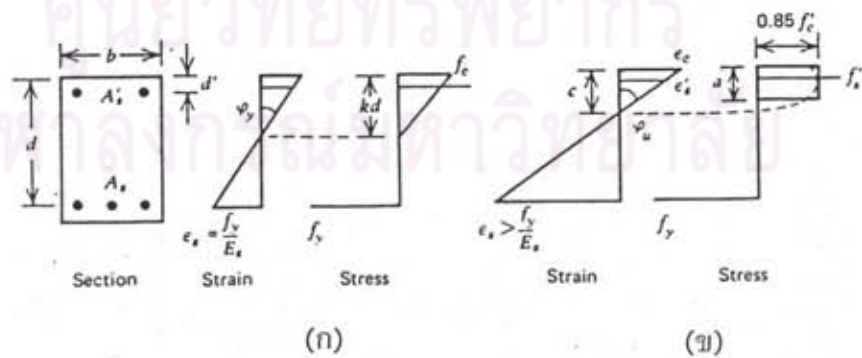
ภาคผนวก ก

รายการรูปประกอบ

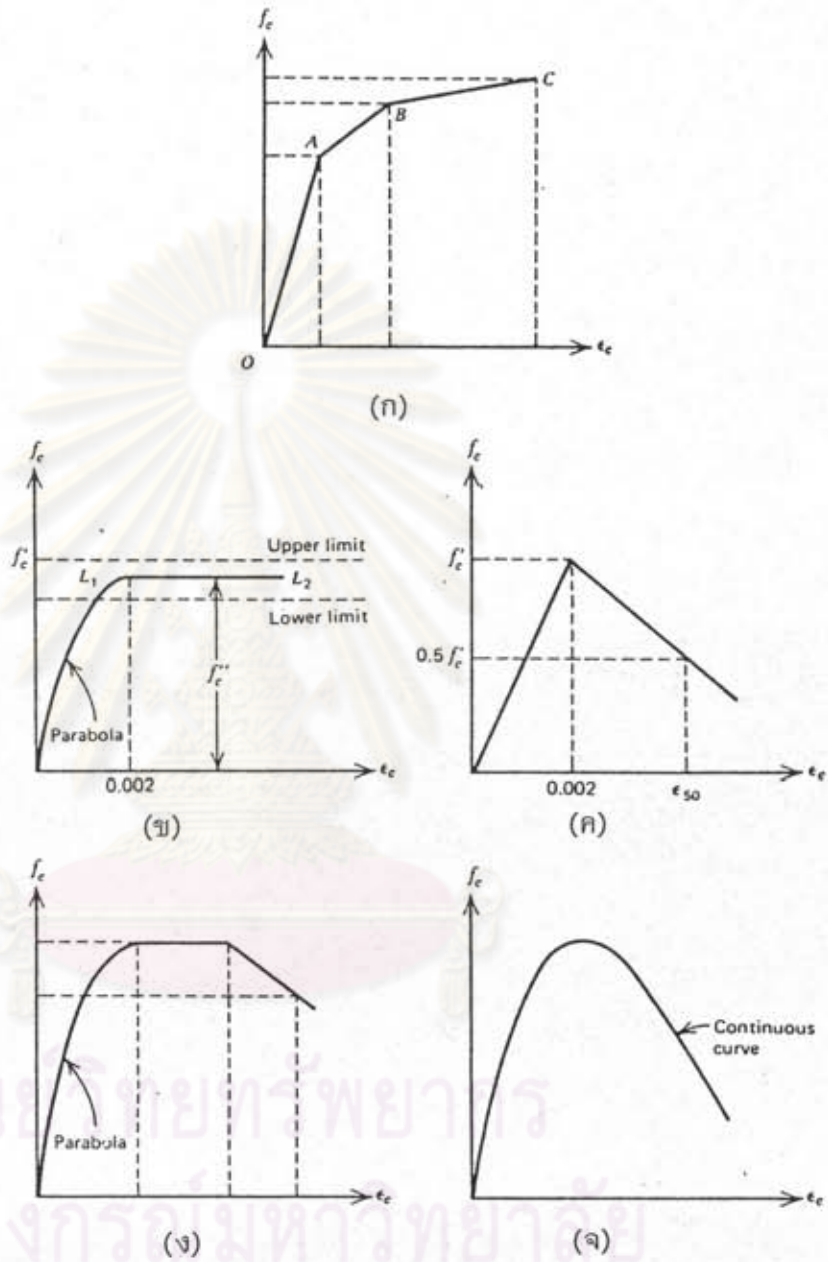
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



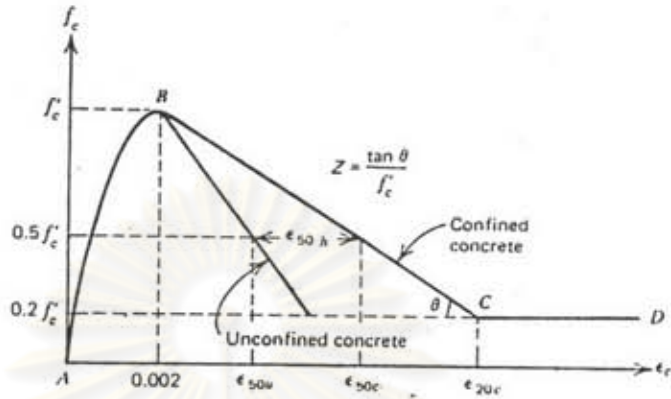
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของเหล็กเสริม



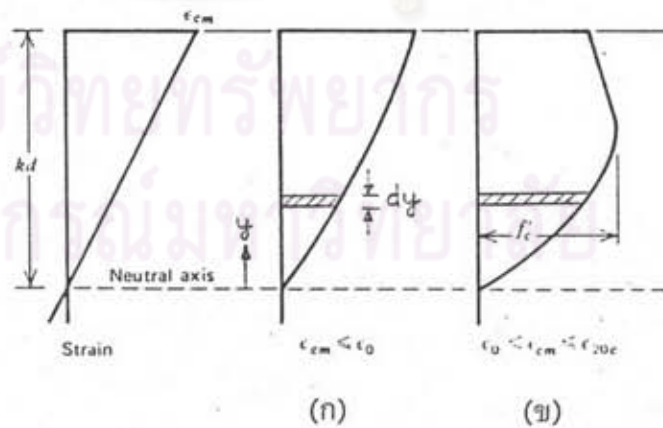
รูปที่ 2.2 การกระจายความเครียดและหน่วยแรงบนหน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (ก) ที่จุดคลาก (ข) ที่จุดประลัย



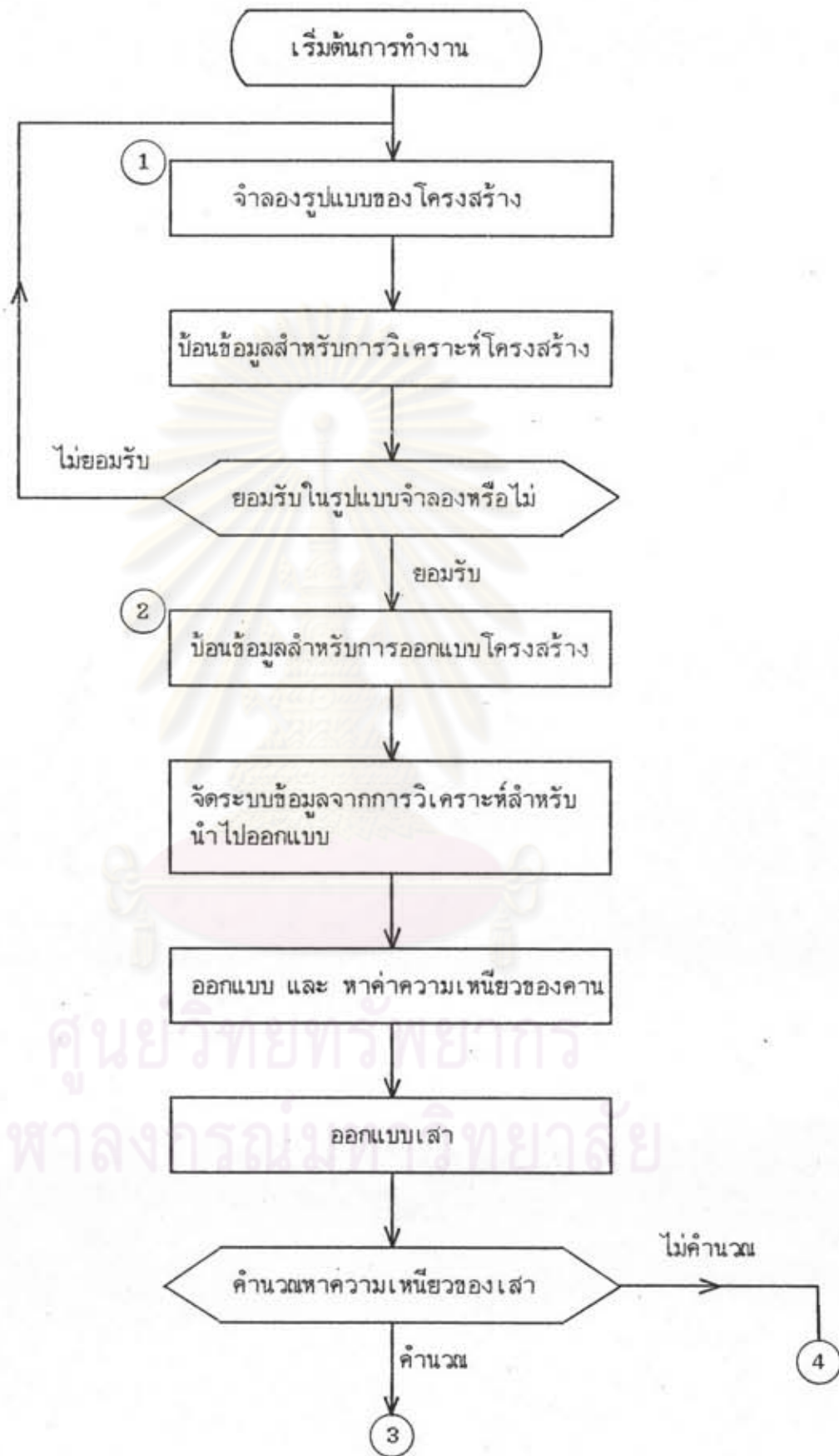
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น กับความเครียดของคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมเหล็กรัดรอบที่อาจเป็นไปได้ [14] (ก) Chan และ Blume et al. (ข) Baker (ค) Roy และ Sozen (ง) Soliman และ Yu (จ) Sargin et al.



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของคอนกรีตที่มีเหล็ก  
 ลึ่เหล็ยมัดรอบเส้นอโดย Kent และ Park [15]

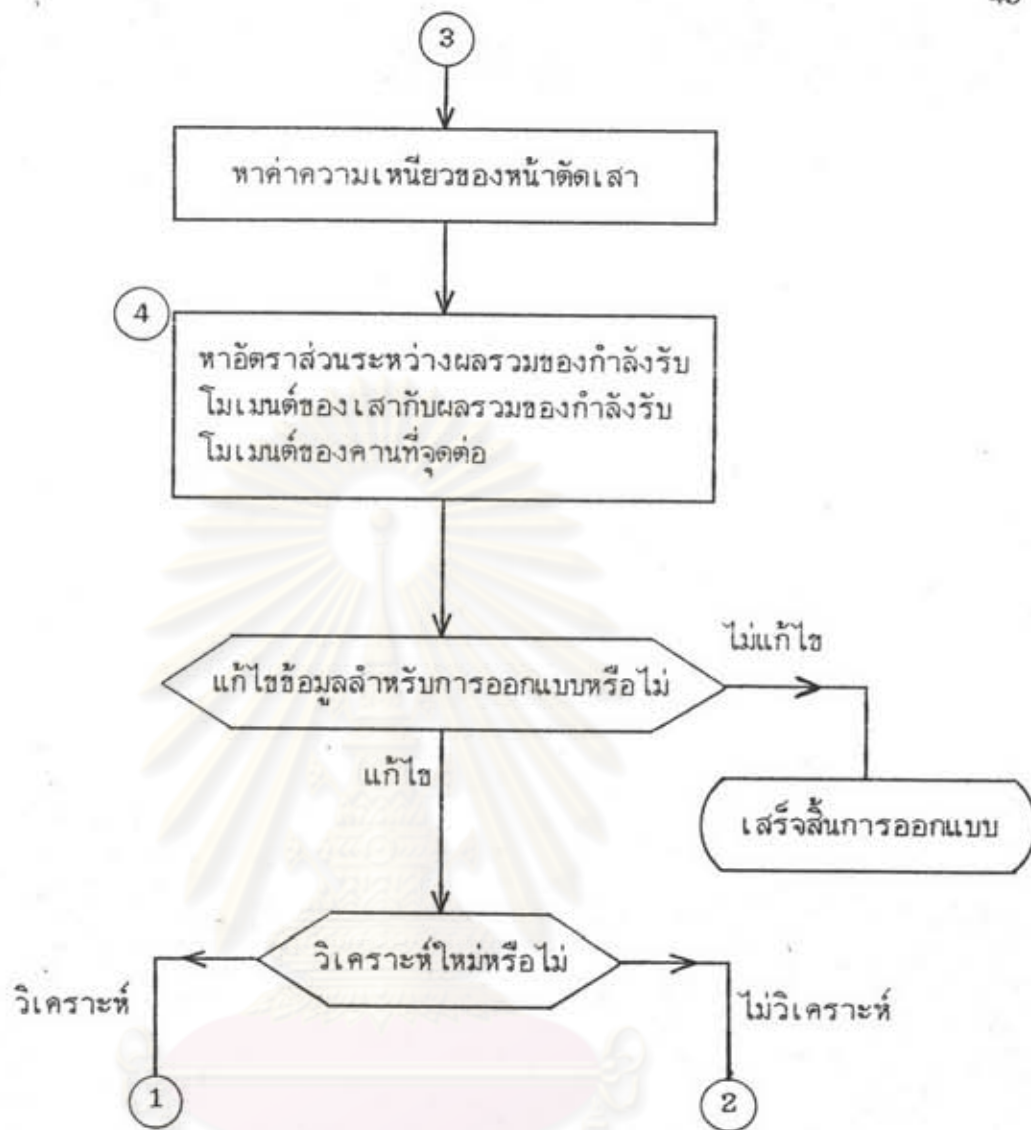


รูปที่ 2.5 ลักษณะการกระจายของหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นได้บนหน้าตัดคอนกรีต  
 ในงานวิจัยนี้

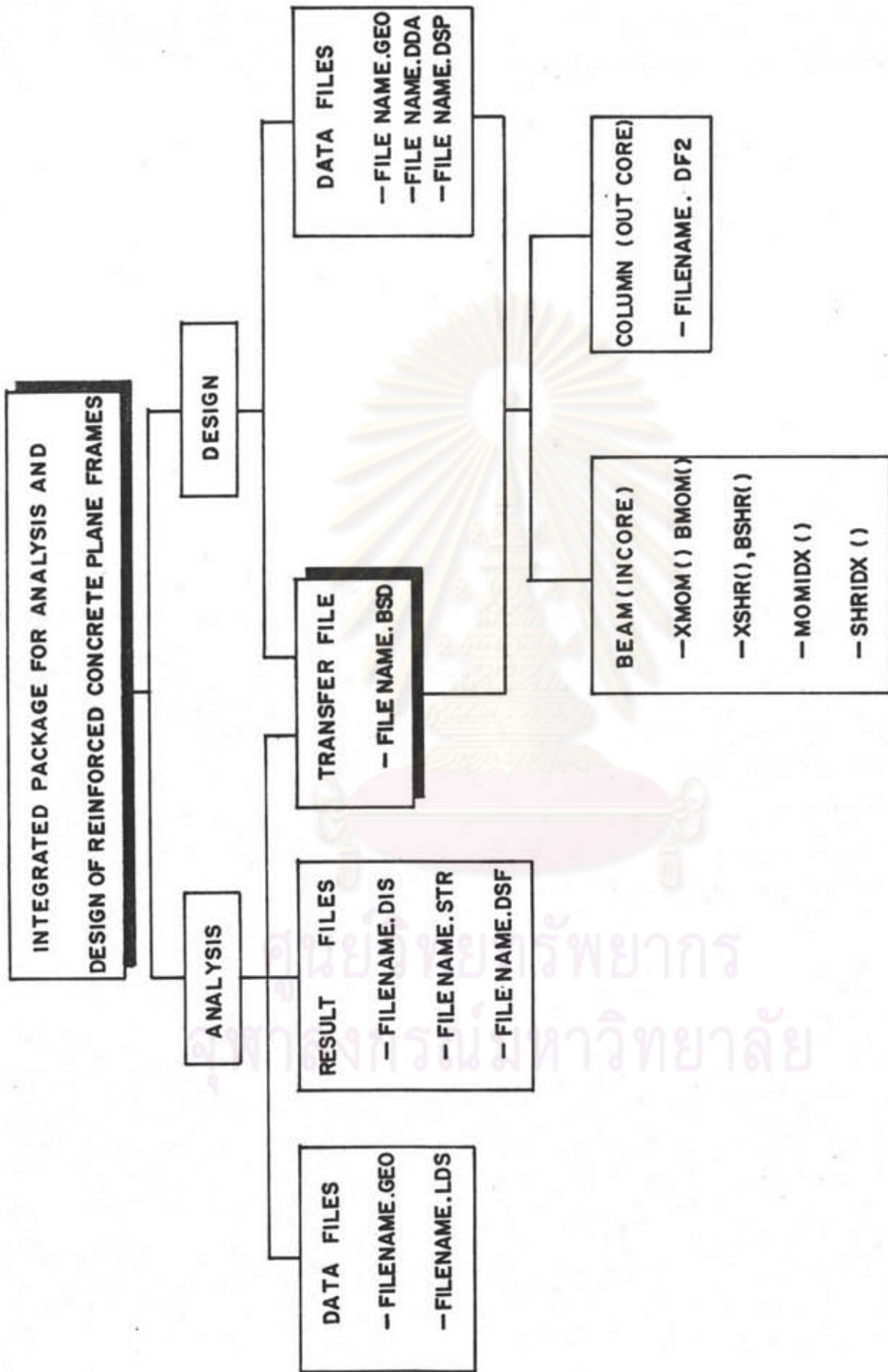


รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม



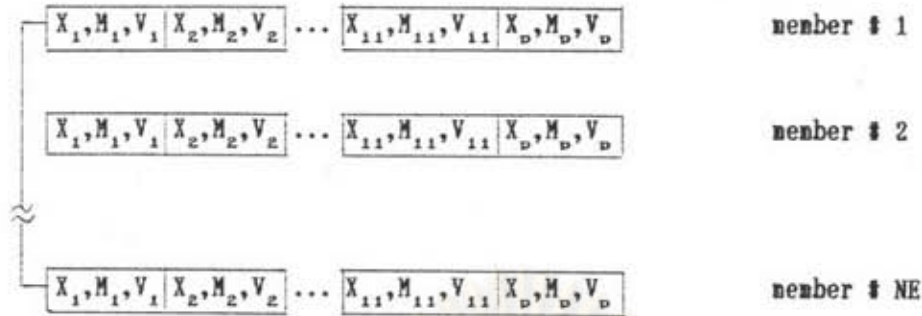


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม(ต่อ)  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



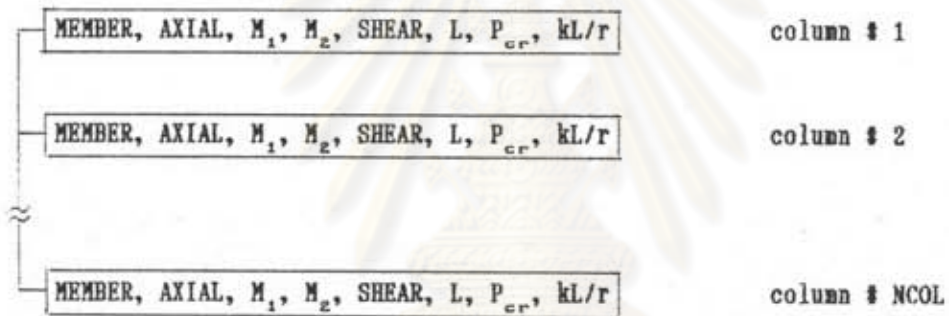
รูปที่ 3.2 ผังของแพคเกจข้อมูลและตัวแปรที่จำเป็นในการจัดโครงสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบ

FILENAME.BSD



(ก)

FILENAME.DF2



(ข)

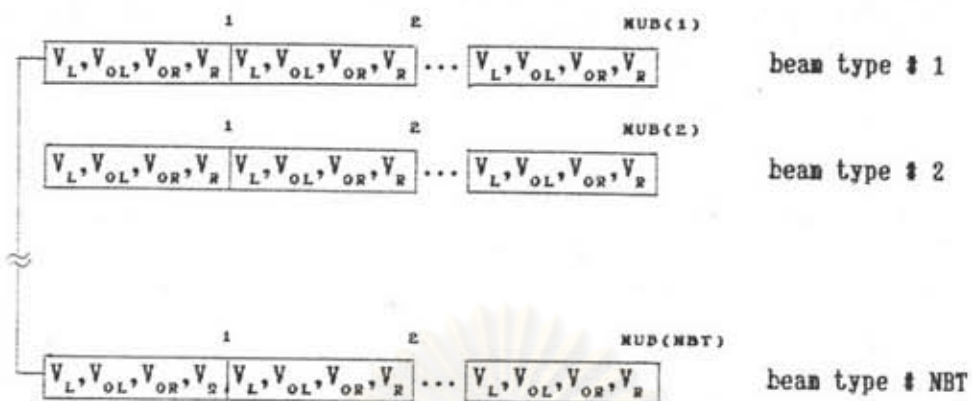
BMOM(), XMOM()



(ค)

รูปที่ 3.3 โครงสร้างภายในของแฟ้มข้อมูลและตัวแปรที่จำเป็นในการจัดโครงสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบ

BSHR(), XSHR()



(จ)

monidx(), shridx()

$I_1, I_2, \dots, I_{MUB(1) \times N}$  beam type # 1

$J_1, J_2, \dots, J_{MUB(1) \times N}$  beam type # 2

$K_1, K_2, \dots, K_{MUB(1) \times N}$  beam type # NBT

(ข)

หมายเหตุ

$BMOM(I_1) < BMOM(I_2) < \dots < BMOM(I_{MUB(1) \times N})$  beam type # 1

$BMOM(J_1) < BMOM(J_2) < \dots < BMOM(J_{MUB(1) \times N})$  beam type # 2

$BSHR(I_1) < BSHR(I_2) < \dots < BSHR(I_{MUB(1) \times N})$  beam type # 1

$BSHR(J_1) < BSHR(J_2) < \dots < BSHR(J_{MUB(1) \times N})$  beam type # 2

N = 3 for monidx(); 4 for shridx()

รูปที่ 3.3 โครงสร้างภายในของแฟ้มข้อมูลและตัวแปรที่จำเป็นในการจัดโครงสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบ (ต่อ)

INDEX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
XMOM()	0.00	2.36	6.00	0.00	3.21	6.00	0.00	2.79	6.00	0.00	3.64	6.00
BMOM()	0.00	21.39	-29.70	-29.70	10.08	-19.80	-19.80	10.08	-29.70	-29.70	21.39	0.00

member # 1

member # 2

member # 3

member # 4

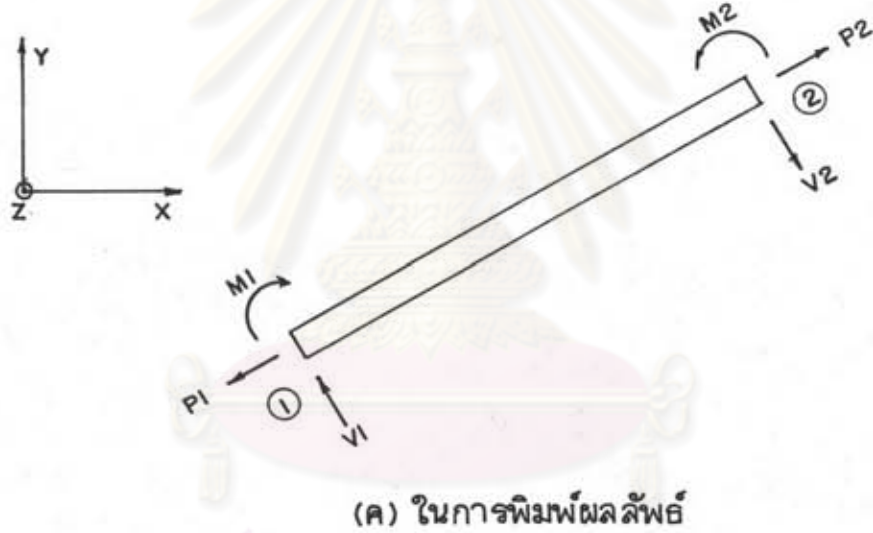
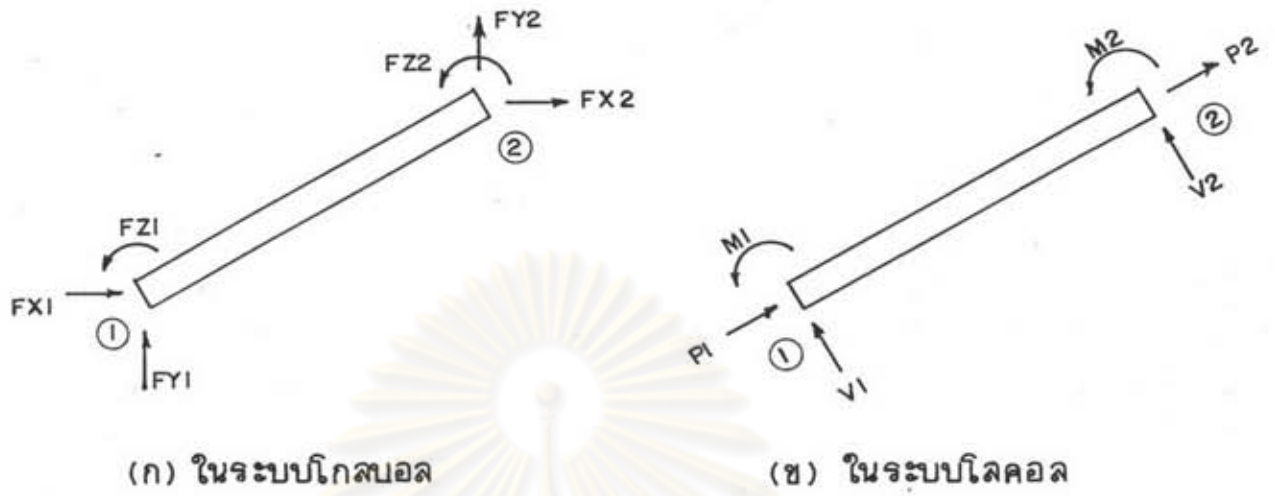
(จ)

INDEX	1	12	5	8	6	7	2	11	3	4	9	10
-------	---	----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	----

(ข)

รูปที่ 3.3 โครงสร้างภายในของแฟ้มข้อมูลและตัวแปรที่จำเป็น  
ในการจัดโครงสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบ (ต่อ)

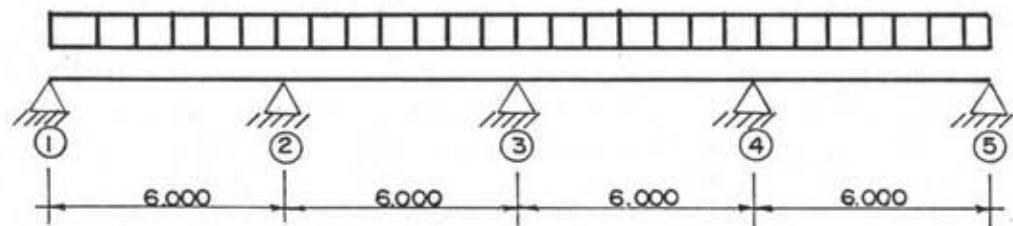
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ทิศทางของแรงที่ใช้ในการศึกษา

ศูนย์วิทยพัชราภรณ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DL= 2.4 ตัน / เมตร  
LL= 1.8 ตัน / เมตร



รูปที่ 4.1 รูปโครงสร้างจำลองสำหรับตัวอย่างที่ 1

**\*\*\* DATA \*\*\***

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง

No. of Nodes	=	5
No. of Members	=	4
No. of Materials	=	1
No. of Load cases	=	2
No. of Boundary Joints	=	5

Coordinate of Nodal Point

Node	X-Coordinate	Y-Coordinate
1	0.000	0.000
2	6.000	0.000
3	12.000	0.000
4	18.000	0.000
5	24.000	0.000

Node & Material of Element

Element	Node-I	Node-J	Mat. No.
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1
4	4	5	1

Property of Materials

No.	E	A	I	G	BETA
1	2.360E+06	1.250E-01	2.604E-03	1.024E+06	1.000D+10

Boundary of Joint (R = RESTRAINT, U = UN-RESTRAINT)

Node No.	X-Displ.	Y-Displ.	Z-Rotation
1	R	R	U
2	R	R	U
3	R	R	U
4	R	R	U
5	R	R	U

UNIFORM LOAD

Load Case	Member No	X-Uniform load	Y-Uniform load
1	1	0.000E+00	-2.412E+00
1	2	0.000E+00	-2.412E+00
1	3	0.000E+00	-2.412E+00
1	4	0.000E+00	-2.412E+00

รูปที่ 4.2 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 1

UNIFORM LOAD

Load Case	Member No	X-Uniform load	Y-Uniform load
2	1	0.000E+00	-1.800E+00
2	2	0.000E+00	-1.800E+00
2	3	0.000E+00	-1.800E+00
2	4	0.000E+00	-1.800E+00

## ข้อมูลสำหรับการออกแบบ

$F_c'$  for BEAM = 210  
 $F_c'$  for COLUMN = 210  
 $F_y$  of REBAR for BEAM = 3000  
 $F_y$  of REBAR for COLUMN = 3000  
 $F_y$  of STIRRUP for BEAM = 2400  
 $F_y$  of STIRRUP for COLUMN = 2400  
 NO. OF BEAM TYPE = 1  
 NO. OF COL. TYPE = 1

## BEAM TYPE DATA

TYPE NO	WIDTH (m)	DEPTH (m)	TOP COVER (m)	BOT COVER (m)
1	0.25	0.50	0.050	0.050

## COLUMN TYPE DATA

TYPE NO	WIDTH (m)	DEPTH (m)	TOP COVER (m)	BOT COVER (m)
1	0.00	0.00	0.000	0.000

## MATERIAL SET DATA

MEMBER NO	TYPE	SET	$I_{eff}/I_g$	$B_d$	$Kl/r$	$P_{cr}$
1	B	1	0.000			
2	B	1	0.000			
3	B	1	0.000			
4	B	1	0.000			

รูปที่ 4.2 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 1 (ต่อ)



-----  
 DEFORMATIONS CAUSED BY LOAD SET NO. 1  
 -----

NODE	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1	0.00000+00	0.00000+00	-2.0185D-03
2	0.00000+00	0.00000+00	5.0463D-04
3	0.00000+00	0.00000+00	-3.3484D-21
4	0.00000+00	0.00000+00	-5.0463D-04
5	0.00000+00	0.00000+00	2.0185D-03

-----  
 DEFORMATIONS CAUSED BY LOAD SET NO. 2  
 -----

NODE	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1	0.00000+00	0.00000+00	-1.5063D-03
2	0.00000+00	0.00000+00	3.7659D-04
3	0.00000+00	0.00000+00	-1.0006D-20
4	0.00000+00	0.00000+00	-3.7659D-04
5	0.00000+00	0.00000+00	1.5063D-03

-----  
 MEMBER FORCES CAUSED BY LOAD SET NO. 1  
 -----

MEMBER	NODE	AXIAL	SHEAR	MOMENT
1	1	0.0000D+00	5.6854D+00	-5.8948D-16
	2	0.0000D+00	-8.7866D+00	-9.3034D+00
2	2	0.0000D+00	7.7529D+00	-9.3034D+00
	3	0.0000D+00	-6.7191D+00	-6.2023D+00
3	3	0.0000D+00	6.7191D+00	-6.2023D+00
	4	0.0000D+00	-7.7529D+00	-9.3034D+00
4	4	0.0000D+00	8.7866D+00	-9.3034D+00
	5	0.0000D+00	-5.6854D+00	-9.3675D-17

-----  
 MEMBER FORCES CAUSED BY LOAD SET NO. 2  
 -----

MEMBER	NODE	AXIAL	SHEAR	MOMENT
1	1	0.0000D+00	4.2429D+00	1.2804D-16
	2	0.0000D+00	-6.5571D+00	-6.9429D+00
2	2	0.0000D+00	5.7857D+00	-6.9429D+00
	3	0.0000D+00	-5.0143D+00	-4.6286D+00
3	3	0.0000D+00	5.0143D+00	-4.6286D+00
	4	0.0000D+00	-5.7857D+00	-6.9429D+00
4	4	0.0000D+00	6.5571D+00	-6.9429D+00
	5	0.0000D+00	-4.2429D+00	6.5919D-17

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างที่ 1

-----  
 DEFORMATIONS CAUSED BY FACTORED LOAD ==> 1.7 : 2  
 -----

NODE	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1	0.0000D+00	0.0000D+00	-6.4441D-03
2	0.0000D+00	0.0000D+00	1.6110D-03
3	0.0000D+00	0.0000D+00	-2.5703D-20
4	0.0000D+00	0.0000D+00	-1.6110D-03
5	0.0000D+00	0.0000D+00	6.4441D-03

-----  
 MEMBER FORCES CAUSED BY FACTORED LOAD ==> 1.7 : 2  
 -----

MEMBER	NODE	AXIAL	SHEAR	MOMENT
1	1	0.0000D+00	1.8151D+01	-7.4603D-16
	2	0.0000D+00	-2.8051D+01	-2.9702D+01
2	2	0.0000D+00	2.4751D+01	-2.9702D+01
	3	0.0000D+00	-2.1451D+01	-1.9801D+01
3	3	0.0000D+00	2.1451D+01	-1.9801D+01
	4	0.0000D+00	-2.4751D+01	-2.9702D+01
4	4	0.0000D+00	2.8051D+01	-2.9702D+01
	5	0.0000D+00	-1.8151D+01	-2.7409D-17

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างที่ 1 (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

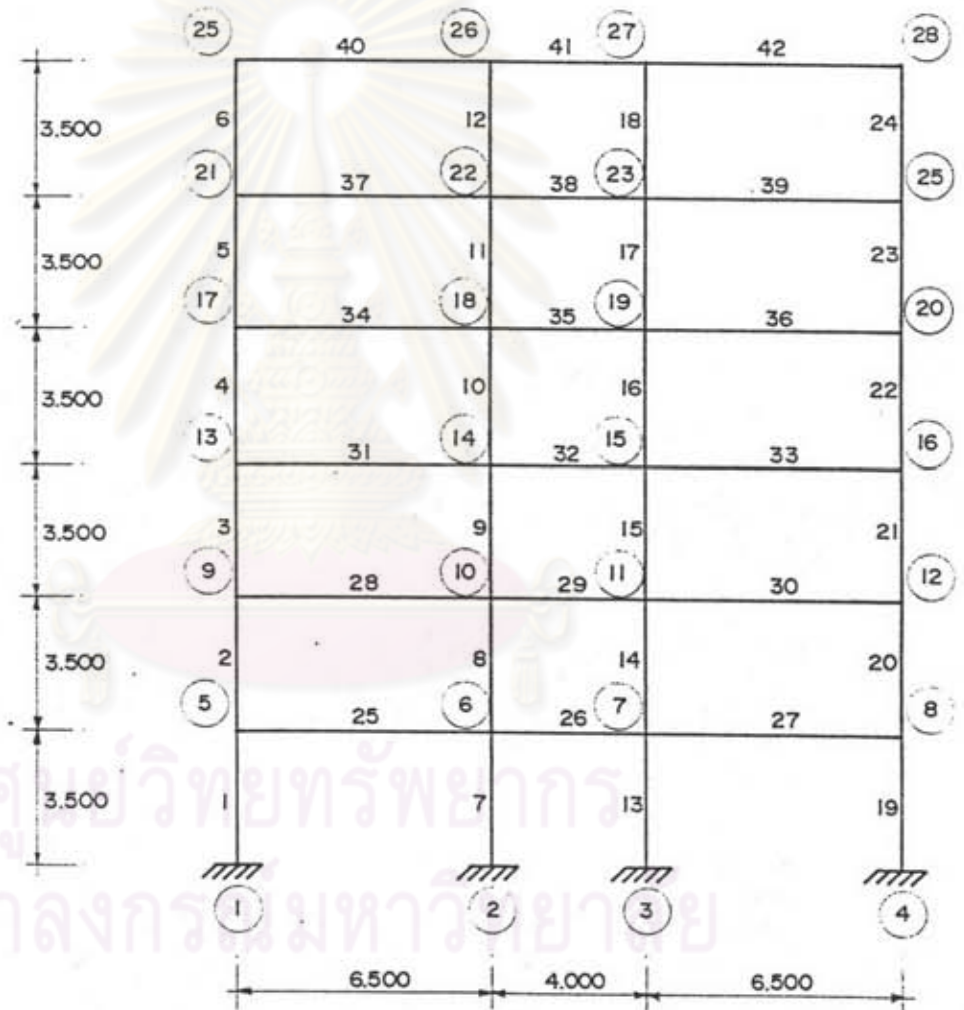
BEAM RESULT

MEMBER NO		MOMENT (t-m)			SHEAR (ton)				
1	M	0.00	21.39	-29.70	V	14.69	6.60	-18.07	-24.59
	X	0.00	2.36	6.00	X	0.45	1.50	4.70	5.55
	Gr	1	4	5	Gr	3	1	4	6
2	M	-29.70	10.08	-19.80	V	21.29	12.28	-12.42	-17.99
	X	0.00	3.21	6.00	X	0.45	1.62	4.83	5.55
	Gr	5	2	3	Gr	5	2	2	4
3	M	-19.80	10.08	-29.70	V	17.99	12.42	-12.28	-21.29
	X	0.00	2.79	6.00	X	0.45	1.17	4.38	5.55
	Gr	3	2	5	Gr	4	2	2	5
4	M	-29.70	21.39	0.00	V	24.59	18.07	-6.60	-14.69
	X	0.00	3.64	6.00	X	0.45	1.30	4.50	5.55
	Gr	5	4	1	Gr	6	4	1	3

MOMENT GROUP NO	B (m)	H (m)	D (m)	D' (m)	As (cm <sup>2</sup> )	As' (cm <sup>2</sup> )	MOMENT CAPACITY (ton-m)	DUCTILITY INDEX
1	0.25	0.50	0.45	0.05	5.25	0.00	6.13	16.50
2	0.25	0.50	0.45	0.05	9.78	0.00	11.02	7.96
3	0.25	0.50	0.45	0.05	20.04	0.00	20.71	3.29
4	0.25	0.50	0.45	0.05	22.91	0.00	23.07	2.77
5	0.25	0.50	0.45	0.05	30.81	2.31	30.09	2.06

SHEAR GROUP NO	B (m)	H (m)	D (m)	D' (m)	Av/s (cm)	SHEAR CAPACITY (ton)	RB6 ●	RB9 ●	RB12 ●
1	0.25	0.50	0.45	0.05	0.0365	10.69	15.36	22.50	22.50
2	0.25	0.50	0.45	0.05	0.0570	13.06	9.82	22.27	22.50
3	0.25	0.50	0.45	0.05	0.0812	15.43	6.90	15.65	22.50
4	0.25	0.50	0.45	0.05	0.1173	18.98	4.77	10.82	19.26
5	0.25	0.50	0.45	0.05	0.1415	21.35	3.96	8.98	15.98
6	0.25	0.50	0.45	0.05	0.1856	25.47	3.02	6.84	11.25

รูปที่ 4.4 ผลการออกแบบของตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.5 แสดงรูปโครงสร้างจำลองสำหรับตัวอย่างที่ 2

## ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง

## \*\*\* DATA \*\*\*

No. of Nodal	=	28
No. of Members	=	42
No. of Materials	=	3
No. of Load cases	=	1
No. of Boundary Joints	=	4

Coordinate of Nodal Point

Node	X-Coordinate	Y-Coordinate
1	0.000	0.000
2	6.500	0.000
3	10.500	0.000
4	17.000	0.000
5	0.000	3.500
6	6.500	3.500
7	10.500	3.500
8	17.000	3.500
9	0.000	7.000
10	6.500	7.000
11	10.500	7.000
12	17.000	7.000
13	0.000	10.500
14	6.500	10.500
15	10.500	10.500
16	17.000	10.500
17	0.000	14.000
18	6.500	14.000
19	10.500	14.000
20	17.000	14.000
21	0.000	17.500
22	6.500	17.500
23	10.500	17.500
24	17.000	17.500
25	0.000	21.000
26	6.500	21.000
27	10.500	21.000
28	17.000	21.000

Node & Material of Element

Element	Node-I	Node-J	Mat. No.
1	1	5	2
2	5	9	2
3	9	13	2
4	13	17	1
5	17	21	1

รูปที่ 4.6 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 2

6	21	25	1
7	2	6	2
8	6	10	2
9	10	14	2
10	14	18	1
11	18	22	1
12	22	26	1
13	3	7	2
14	7	11	2
15	11	15	2
16	15	19	1
17	19	23	1
18	23	27	1
19	4	8	2
20	8	12	2
21	12	16	2
22	16	20	1
23	20	24	1
24	24	28	1
25	5	6	3
26	9	10	3
27	13	14	3
28	17	18	3
29	21	22	3
30	25	26	3
31	6	7	3
32	10	11	3
33	14	15	3
34	18	19	3
35	22	23	3
36	26	27	3
37	7	8	3
38	11	12	3
39	15	16	3
40	19	20	3
41	23	24	3
42	27	28	3

Property of Materials

No.	E	A	I	G	BETA
1	2.360E+06	1.500E-01	3.125E-03	1.030E+06	1.000D+10
2	2.360E+06	1.800E-01	5.400E-03	1.030E+06	1.000D+10
3	2.360E+06	1.250E-01	2.604E-03	1.030E+06	1.000D+10

รูปที่ 4.6 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

Boundary of Joint(R = RESTRAINED, U = UN-RESTRAINED)

Node No.	X-Displ.	Y-Displ.	Z-Rotation
1	R	R	R
2	R	R	R
3	R	R	R
4	R	R	R

UNIFORM LOAD

Load Case	Member No	X-Uniform load	Y-Uniform load
1	25	0.000E+00	-5.000E+00
1	26	0.000E+00	-5.000E+00
1	27	0.000E+00	-5.000E+00
1	28	0.000E+00	-5.000E+00
1	29	0.000E+00	-5.000E+00
1	30	0.000E+00	-5.000E+00
1	31	0.000E+00	-5.000E+00
1	32	0.000E+00	-5.000E+00
1	33	0.000E+00	-5.000E+00
1	34	0.000E+00	-5.000E+00
1	35	0.000E+00	-5.000E+00
1	36	0.000E+00	-5.000E+00
1	37	0.000E+00	-5.000E+00
1	38	0.000E+00	-5.000E+00
1	39	0.000E+00	-5.000E+00
1	40	0.000E+00	-5.000E+00
1	41	0.000E+00	-5.000E+00
1	42	0.000E+00	-5.000E+00

## ข้อมูลสำหรับการออกแบบ

$f_c'$  for BEAM = 240  
 $f_c'$  for COLUMN = 240  
 $f_y$  of REBAR for BEAM = 3000  
 $f_y$  of REBAR for COLUMN = 3000  
 $f_y$  of STIRRUP for BEAM = 2400  
 $f_y$  of STIRRUP for COLUMN = 2400  
 NO. OF BEAM TYPE = 1  
 NO. OF COL. TYPE = 2

## BEAM TYPE DATA

TYPE NO	WIDTH (m)	DEPTH (m)	TOP COVER (m)	BOT COVER (m)
1	0.25	0.50	0.050	0.050

รูปที่ 4.6 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

## COLUMN TYPE DATA

TYPE NO	WIDTH (m)	DEPTH (m)	TOP COVER (m)	BOT COVER (m)	Beff (m)	Z
1	0.30	0.50	0.050	0.050		
2	0.50	0.50	0.050	0.050		

## MATERIAL SET DATA

MEMBER NO	TYPE	SET	Ieff/Ig	Bd	Kl/r	Pcr
1	C	2	-	0.300	0.000	0.000
2	C	2	-	0.300	0.000	0.000
3	C	2	-	0.300	0.000	0.000
4	C	1	-	0.300	0.000	0.000
5	C	1	-	0.300	0.000	0.000
6	C	1	-	0.300	0.000	0.000
7	C	2	-	0.300	0.000	0.000
8	C	2	-	0.300	0.000	0.000
9	C	2	-	0.300	0.000	0.000
10	C	1	-	0.300	0.000	0.000
11	C	1	-	0.300	0.000	0.000
12	C	1	-	0.300	0.000	0.000
13	C	2	-	0.300	0.000	0.000
14	C	2	-	0.300	0.000	0.000
15	C	2	-	0.300	0.000	0.000
16	C	1	-	0.300	0.000	0.000
17	C	1	-	0.300	0.000	0.000
18	C	1	-	0.300	0.000	0.000
19	C	2	-	0.300	0.000	0.000
20	C	2	-	0.300	0.000	0.000
21	C	2	-	0.300	0.000	0.000
22	C	1	-	0.300	0.000	0.000
23	C	1	-	0.300	0.000	0.000
24	C	1	-	0.300	0.000	0.000
25	B	1	0.500			
26	B	1	0.500			
27	B	1	0.500			
28	B	1	0.500			
29	B	1	0.500			
30	B	1	0.500			
31	B	1	0.500			
32	B	1	0.500			
33	B	1	0.500			
34	B	1	0.500			
35	B	1	0.500			
36	B	1	0.500			
37	B	1	0.500			
38	B	1	0.500			
39	B	1	0.500			
40	B	1	0.500			
41	B	1	0.500			
42	B	1	0.500			

รูปที่ 4.6 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)



-----  
 DEFORMATIONS CAUSED BY FACTOR LOAD ==> 1  
 -----

NODE	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1	0.00000+00	0.00000+00	0.00000+00
2	0.00000+00	0.00000+00	0.00000+00
3	0.00000+00	0.00000+00	0.00000+00
4	0.00000+00	0.00000+00	0.00000+00
5	-4.80190-05	-8.05260-04	-4.82170-04
6	-4.98750-06	-1.29570-03	2.79200-04
7	4.98750-06	-1.29570-03	-2.79200-04
8	4.80190-05	-8.05260-04	4.82170-04
9	-6.34840-06	-1.47700-03	-3.64130-04
10	-2.01360-06	-2.37480-03	1.90470-04
11	2.01360-06	-2.37480-03	-1.90470-04
12	6.34840-06	-1.47700-03	3.64130-04
13	1.99500-05	-2.01410-03	-5.04910-04
14	1.88960-06	-3.23830-03	2.62610-04
15	-1.88960-06	-3.23830-03	-2.62610-04
16	-1.99500-05	-2.01410-03	5.04910-04
17	-2.98980-06	-2.49690-03	-7.30810-04
18	-1.21040-06	-4.01620-03	3.76190-04
19	1.21040-06	-4.01620-03	-3.76190-04
20	2.98980-06	-2.49690-03	7.30810-04
21	-6.15030-05	-2.81790-03	-5.06940-04
22	-7.36210-06	-4.53550-03	2.37280-04
23	7.36210-06	-4.53550-03	-2.37280-04
24	6.15030-05	-2.81790-03	5.06940-04
25	1.78870-04	-2.97610-03	-1.58180-03
26	2.35550-05	-4.79750-03	7.34630-04
27	-2.35550-05	-4.79750-03	-7.34630-04
28	-1.78870-04	-2.97610-03	1.58180-03

-----  
 MEMBER FORCES CAUSED BY FACTOR LOAD ==> 1  
 -----

MEMBER	NODE	AXIAL	SHEAR	MOMENT
1	1	-9.77350+01	-3.18100+00	3.81110+00
	5	-9.77350+01	-3.18100+00	-7.32240+00
2	5	-8.15310+01	-5.13400+00	9.41430+00
	9	-8.15310+01	-5.13400+00	-8.55460+00
3	9	-6.51910+01	-5.33070+00	8.81620+00
	13	-6.51910+01	-5.33070+00	-9.84130+00
4	13	-4.88240+01	-4.51110+00	7.41830+00
	17	-4.88240+01	-4.51110+00	-8.37030+00
5	17	-3.24760+01	-4.59180+00	8.50740+00
	21	-3.24760+01	-4.59180+00	-7.56390+00
6	21	-1.60000+01	-7.04900+00	1.00710+01

รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างที่ 2

MEMBER	NODE	AXIAL	SHEAR	MOMENT
	25	-1.6000D+01	-7.0490D+00	-1.4601D+01
7	2	-1.5726D+02	1.7250D+00	-2.0021D+00
	6	-1.5726D+02	1.7250D+00	4.0353D+00
8	6	-1.3097D+02	2.9423D+00	-5.4721D+00
	10	-1.3097D+02	2.9423D+00	4.8260D+00
9	10	-1.0481D+02	2.8420D+00	-4.7109D+00
	14	-1.0481D+02	2.8420D+00	5.2362D+00
10	14	-7.8676D+01	2.3011D+00	-3.7876D+00
	18	-7.8676D+01	2.3011D+00	4.2663D+00
11	18	-5.2524D+01	2.2033D+00	-4.1485D+00
	22	-5.2524D+01	2.2033D+00	3.5631D+00
12	22	-2.6500D+01	3.5746D+00	-5.2075D+00
	26	-2.6500D+01	3.5746D+00	7.3035D+00
13	3	-1.5726D+02	-1.7250D+00	2.0021D+00
	7	-1.5726D+02	-1.7250D+00	-4.0353D+00
14	7	-1.3097D+02	-2.9423D+00	5.4721D+00
	11	-1.3097D+02	-2.9423D+00	-4.8260D+00
15	11	-1.0481D+02	-2.8420D+00	4.7109D+00
	15	-1.0481D+02	-2.8420D+00	-5.2362D+00
16	15	-7.8676D+01	-2.3011D+00	3.7876D+00
	19	-7.8676D+01	-2.3011D+00	-4.2663D+00
17	19	-5.2524D+01	-2.2033D+00	4.1485D+00
	23	-5.2524D+01	-2.2033D+00	-3.5631D+00
18	23	-2.6500D+01	-3.5746D+00	5.2075D+00
	27	-2.6500D+01	-3.5746D+00	-7.3035D+00
19	4	-9.7735D+01	3.1810D+00	-3.8111D+00
	8	-9.7735D+01	3.1810D+00	7.3224D+00
20	8	-8.1531D+01	5.1340D+00	-9.4143D+00
	12	-8.1531D+01	5.1340D+00	8.5546D+00
21	12	-6.5191D+01	5.3307D+00	-8.8162D+00
	16	-6.5191D+01	5.3307D+00	9.8413D+00
22	16	-4.8824D+01	4.5111D+00	-7.4183D+00
	20	-4.8824D+01	4.5111D+00	8.3703D+00
23	20	-3.2476D+01	4.5918D+00	-8.5074D+00
	24	-3.2476D+01	4.5918D+00	7.5639D+00
24	24	-1.6000D+01	7.0490D+00	-1.0071D+01
	28	-1.6000D+01	7.0490D+00	1.4601D+01
25	5	1.9530D+00	1.6205D+01	-1.6737D+01
	6	1.9530D+00	-1.6295D+01	-1.7032D+01
26	9	1.9673D-01	1.6340D+01	-1.7371D+01
	10	1.9673D-01	-1.6160D+01	-1.6789D+01
27	13	-8.1966D-01	1.6367D+01	-1.7260D+01
	14	-8.1966D-01	-1.6133D+01	-1.6497D+01
28	17	8.0755D-02	1.6349D+01	-1.6878D+01
	18	8.0755D-02	-1.6151D+01	-1.6237D+01
29	21	2.4572D+00	1.6476D+01	-1.7635D+01
	22	2.4572D+00	-1.6024D+01	-1.6166D+01
30	25	-7.0490D+00	1.6000D+01	-1.4601D+01
	26	-7.0490D+00	-1.6500D+01	-1.6227D+01
31	6	7.3565D-01	1.0000D+01	-7.5246D+00
	7	7.3565D-01	-1.0000D+01	-7.5246D+00

รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

MEMBER	NODE	AXIAL	SHEAR	MOMENT
32	10	2.97000-01	1.00000+01	-7.25190+00
	11	2.97000-01	-1.00000+01	-7.25190+00
33	14	-2.78720-01	1.00000+01	-7.47360+00
	15	-2.78720-01	-1.00000+01	-7.47360+00
34	18	1.78540-01	1.00000+01	-7.82260+00
	19	1.78540-01	-1.00000+01	-7.82260+00
35	22	1.08590+00	1.00000+01	-7.39580+00
	23	1.08590+00	-1.00000+01	-7.39580+00
36	26	-3.47440+00	1.00000+01	-8.92400+00
	27	-3.47440+00	-1.00000+01	-8.92400+00
37	7	1.95300+00	1.62950+01	-1.70320+01
	8	1.95300+00	-1.62050+01	-1.67370+01
38	11	1.96730-01	1.61600+01	-1.67890+01
	12	1.96730-01	-1.63400+01	-1.73710+01
39	15	-8.19660-01	1.61330+01	-1.64970+01
	16	-8.19660-01	-1.63670+01	-1.72600+01
40	19	8.07550-02	1.61510+01	-1.62370+01
	20	8.07550-02	-1.63490+01	-1.68780+01
41	23	2.45720+00	1.60240+01	-1.61660+01
	24	2.45720+00	-1.64760+01	-1.76350+01
42	27	-7.04900+00	1.65000+01	-1.62270+01
	28	-7.04900+00	-1.60000+01	-1.46010+01

รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BEAM RESULT

MEMBER NO		MOMENT (t-m)				SHEAR (ton)			
25	M	-12.84	9.52	-13.11	V	12.70	9.75	-9.75	-12.80
	X	0.25	3.24	6.25	X	0.70	1.29	5.19	5.80
	Gr	5	3	5	Gr	3	2	2	3
26	M	-13.44	9.33	-12.90	V	12.84	9.62	-9.66	-12.66
	X	0.25	3.27	6.25	X	0.70	1.34	5.20	5.80
	Gr	6	3	5	Gr	3	2	2	3
27	M	-13.32	9.53	-12.62	V	12.87	9.74	-9.74	-12.63
	X	0.25	3.27	6.25	X	0.70	1.33	5.22	5.80
	Gr	5	3	5	Gr	3	2	2	3
28	M	-12.95	9.85	-12.36	V	12.85	9.91	-9.89	-12.65
	X	0.25	3.27	6.25	X	0.70	1.29	5.25	5.80
	Gr	5	4	5	Gr	3	2	2	3
29	M	-13.67	9.51	-12.32	V	12.98	9.71	-9.72	-12.52
	X	0.25	3.30	6.25	X	0.70	1.35	5.24	5.80
	Gr	6	3	5	Gr	3	2	2	3
30	M	-10.76	11.00	-12.26	V	12.50	10.39	-10.43	-13.00
	X	0.25	3.20	6.25	X	0.70	1.12	5.29	5.80
	Gr	4	4	5	Gr	3	2	2	3
31	M	-5.18	2.48	-5.18	V	7.08	4.88	-4.88	-6.31
	X	0.25	2.00	3.75	X	0.70	1.02	2.98	3.30
	Gr	1	1	1	Gr	2	2	2	2
32	M	-4.91	2.75	-4.91	V	7.08	5.15	-5.15	-6.31
	X	0.25	2.00	3.75	X	0.70	0.97	3.03	3.30
	Gr	1	1	1	Gr	2	2	2	2
33	M	-5.13	2.53	-5.13	V	7.08	4.93	-4.93	-6.31
	X	0.25	2.00	3.75	X	0.70	1.01	2.99	3.30
	Gr	1	1	1	Gr	2	2	2	2
34	M	-5.48	2.18	-5.48	V	7.08	4.58	-4.58	-6.31
	X	0.25	2.00	3.75	X	0.70	1.08	2.92	3.30
	Gr	1	1	1	Gr	2	2	2	2
35	M	-5.05	2.60	-5.05	V	7.08	5.00	-5.00	-6.31
	X	0.25	2.00	3.75	X	0.70	1.00	3.00	3.30
	Gr	1	1	1	Gr	2	2	2	2

รูปที่ 4.8 ผลการออกแบบของตัวอย่างที่ 2

36	M	-6.58	1.08	-6.58	V	7.08	3.13	-3.13	-6.31
	X	0.25	2.00	3.75	X	0.70	1.37	2.63	3.30
	Gr	2	1	2	Gr	2	1	1	2
37	M	-13.11	9.52	-12.84	V	12.80	9.75	-9.75	-12.70
	X	0.25	3.26	6.25	X	0.70	1.31	5.21	5.80
	Gr	5	3	5	Gr	3	2	2	3
38	M	-12.90	9.33	-13.44	V	12.66	9.66	-9.62	-12.84
	X	0.25	3.23	6.25	X	0.70	1.30	5.16	5.80
	Gr	5	3	6	Gr	3	2	2	3
39	M	-12.62	9.53	-13.32	V	12.63	9.74	-9.74	-12.87
	X	0.25	3.23	6.25	X	0.70	1.28	5.17	5.80
	Gr	5	3	5	Gr	3	2	2	3
40	M	-12.36	9.85	-12.95	V	12.65	9.89	-9.91	-12.85
	X	0.25	3.23	6.25	X	0.70	1.25	5.21	5.80
	Gr	5	4	5	Gr	3	2	2	3
41	M	-12.32	9.51	-13.67	V	12.52	9.72	-9.71	-12.98
	X	0.25	3.20	6.25	X	0.70	1.26	5.15	5.80
	Gr	5	3	6	Gr	3	2	2	3
42	M	-12.26	11.00	-10.76	V	13.00	10.43	-10.39	-12.50
	X	0.25	3.30	6.25	X	0.70	1.21	5.38	5.80
	Gr	5	4	4	Gr	3	2	2	3

MOMENT GROUP NO	B (m)	H (m)	D (m)	D' (m)	As (cm <sup>2</sup> )	As' (cm <sup>2</sup> )	MOMENT CAPACITY (ton-m)	DUCTILITY INDEX		
1	0.25	0.50	0.45	0.05	5.25	0.00	6.16	19.03		
2	0.25	0.50	0.45	0.05	6.36	0.00	7.41	15.27		
3	0.25	0.50	0.45	0.05	8.58	0.00	9.84	10.77		
4	0.25	0.50	0.45	0.05	9.70	0.00	11.03	9.32		
5	0.25	0.50	0.45	0.05	11.92	0.00	13.35	7.28		
6	0.25	0.50	0.45	0.05	13.03	0.00	14.48	6.53		

SHEAR GROUP NO	B (m)	H (m)	D (m)	D' (m)	Av/s (cm)	SHEAR CAPACITY (ton)	RB6 ●	RB9 ●	RB12 ●
1	0.25	0.50	0.45	0.05	0.0365	3.93	15.36	22.50	22.50
2	0.25	0.50	0.45	0.05	0.0365	11.20	15.36	22.50	22.50
3	0.25	0.50	0.45	0.05	0.0599	13.77	9.34	21.19	22.50

รูปที่ 4.8 ผลการออกแบบของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

## COLUMN RESULT &lt; UNBRACED FRAME &gt;

MEMBER NO	CLEN (m)	AXIAL (ton)	M1 (t-m)	M2 (t-m)	SHEAR (ton)	B (m)	H (m)	Ast (cm <sup>2</sup> )	Av (cm <sup>2</sup> )	Beff (m)	Rs	Sh (m)	DUCTILITY INDEX
1	3.50	97.74	3.81	-7.32	3.18	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	3.99
2	3.50	81.53	-8.55	9.41	5.13	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	4.84
3	3.50	65.19	8.82	-9.84	5.33	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	6.53
4	3.50	48.82	7.42	-8.37	4.51	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	4.78
5	3.50	32.48	-7.56	8.51	4.59	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	7.88
6	3.50	16.00	10.07	-14.60	7.05	0.30	0.50	24.02	0.0438	0.20	1.68E-03	0.25	19.15
7	3.50	157.26	-2.00	4.04	1.72	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	1.91
8	3.50	130.97	4.83	-5.47	2.94	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	2.68
9	3.50	104.81	-4.71	5.24	2.84	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	3.67
10	3.50	78.68	-3.79	4.27	2.30	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	2.64
11	3.50	52.52	3.56	-4.15	2.20	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	4.44
12	3.50	26.50	-5.21	7.30	3.57	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	10.05
13	3.50	157.26	2.00	-4.04	1.72	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	1.91
14	3.50	130.97	-4.83	5.47	2.94	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	2.68
15	3.50	104.81	4.71	-5.24	2.84	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	3.67
16	3.50	78.68	3.79	-4.27	2.30	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	2.64
17	3.50	52.52	-3.56	4.15	2.20	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	4.44
18	3.50	26.50	5.21	-7.30	3.57	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	10.05
19	3.50	97.74	-3.81	7.32	3.18	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	3.99
20	3.50	81.53	8.55	-9.41	5.13	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	4.84
21	3.50	65.19	-8.82	9.84	5.33	0.50	0.50	25.00	0.0000	0.40	2.12E-03	0.30	6.53
22	3.50	48.82	-7.42	8.37	4.51	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	4.78
23	3.50	32.48	7.56	-8.51	4.59	0.30	0.50	15.00	0.0000	0.20	1.68E-03	0.25	7.88
24	3.50	16.00	-10.07	14.60	7.05	0.30	0.50	24.02	0.0438	0.20	1.68E-03	0.25	19.15

## SECTION ULTIMATE MOMENT AT JOINT

NODE	Mbeam(t-m)	Mcol(t-m)	Mcol/Mbeam
1	0.00	16.73	50.000
2	0.00	16.73	50.000
3	0.00	16.73	50.000
4	0.00	16.73	50.000
5	13.35	33.47	2.506
6	7.19	33.47	4.653
7	7.19	33.47	4.653
8	13.35	33.47	2.506
9	14.48	33.47	2.311
10	7.19	33.47	4.653
11	7.19	33.47	4.653
12	14.48	33.47	2.311

รูปที่ 4.8 ผลการออกแบบของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

13	13.35	26.77	2.005
14	7.19	26.77	3.722
15	7.19	26.77	3.722
16	13.35	26.77	2.005
17	13.35	20.08	1.504
18	7.19	20.08	2.792
19	7.19	20.08	2.792
20	13.35	20.08	1.504
21	14.48	25.16	1.737
22	7.19	20.08	2.792
23	7.19	20.08	2.792
24	14.48	25.16	1.737
25	11.03	15.12	1.370
26	5.94	10.04	1.689
27	5.94	10.04	1.689
28	11.03	15.12	1.370

รูปที่ 4.8 ผลการออกแบบของตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

DIRECT METHOD		TIME IN USE (sec)	GROUP METHOD	
Msec .....	.1601553		PREDESIGN .....	0
Vsec .....	.1679688		SORT .....	.4414063
DESIGN MOMENT .....	1.081055		DESIGN MOMENT .....	.328125
DESIGN SHEAR .....	.5758929		DESIGN SHEAR .....	.4375
CPU TIME (*****>)	1.656943		CPU TIME (*****>)	1.307031

REMARK : 16 SECTIONS FOR Msec 21 SECTIONS FOR Vsec  
 Assume 2 loops in design moment for each section

รูปที่ 4.9 เวลาที่แตกต่างกันในการออกแบบคาน โดยตรงเทียบกับ  
 การออกแบบตามแนวทางที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ประวัติผู้เขียน

นาย ชีรพงษ์ โชติวารณพงศ์ เกิดวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2510 ที่ อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2531 และเข้ารับการศึกษาคือในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีเดียวกัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย