

營建操作實習講義(part-1)

細部設計階段重點說明

第一章 結構設計內容

一、基本結構設計考量(回顧)

二、載重參考資料

(一) 設計應力 (kg/cm²)

鋼筋： $f_y=2810$ (kg/cm²) $f_s=1410$ (kg/cm²)

混凝土：(a) 抗壓強度： $f'_c=210$ (kg/cm²) $f_c=0.45 f'_c=94.5$ (kg/cm²)

(b) 抗檢強度： $f_u=0.29\sqrt{f'_c}=4.2$ (kg/cm²) (梁)

$f_u=0.53\sqrt{f'_c}=7.68$ (kg/cm²) (版、基腳)

短期容許應力為長期容許應力之 1.33 倍

(二) 載重 (T/m²)

RF : D.L.	五腳磚		0.05
	1 cm 水泥砂漿	0.01*2	0.02
	五皮防水層連柏油	5*0.0035	0.0175
	1/100 洩水坡面	0.025*2.4	0.060
	12 cm RC 版	0.12*2.4	0.288
	1.5 cm 水泥砂漿粉光	0.015*2	<u>0.03</u>
			$\Sigma=0.466 \doteq 0.47$
<hr/>			L.L. 0.15
2,1F D.L.	磨石子		0.056
	12 cm RC 版 (15 cm for 1F)		0.288 (0.36)
	1.5 cm 水泥砂漿粉光		<u>0.030</u>
			$\Sigma=0.374$ (0.446)
			$\doteq 0.38$ (0.45)
<hr/>			L.L. (住宅) 0.25

版載重表 (T/m²)

	RF			2 (1) (住宅)			BF (實驗室)		
	D.L	L.L	T.L	D.L	L.L	T.L	D.L	L.L	T.L
樓版計算用	0.47	0.15	0.62	0.38 (0.45)	0.25	0.63 (0.70)	0.38	0.50	0.68
地震計算用	0.47	0.04	0.51	0.38 (0.45)	0.06	0.44 (0.51)	0.38	0.13	0.51

梁自重 (已扣 12 cm 版厚；另加兩側粉光各 1 cm)

$$30*40 : W = 2.4 (0.3 + 0.01*2) (0.4 - 0.12) = 0.215 \text{ (T/m)}$$

$$30*45 : W = 2.4 (0.32) (0.45 - 0.12) = 0.253 \text{ (T/m)}$$

$$30*50 : W = 2.4 (0.32) (0.50 - 0.12) = 0.292 \text{ (T/m)}$$

$$40*80 : W = 2.4 (0.42) (0.80 - 0.12) = 0.685 \text{ (T/m)}$$

柱自重：

$$30*40 : W = 2.4 (0.32) (0.42) = 0.323 \text{ (T/m)}$$

$$\text{地下室用 10 cm RC 牆} : W = 2.4 (0.1) (3.5) = 0.840 \text{ (T/m)}$$

$$\text{窗台} : 1\text{B 磚高 80 cm (外牆)} \quad W = 0.46*0.8 = 0.368 \text{ (T/m)}$$

$$\text{頂樓} : 10 \text{ cm RC 牆高 90 cm} \quad W = 2.4 (0.1) (0.9) = 0.216 \text{ (T/m)}$$

屋內隔間牆重不計

(三) 梁柱之相對勁度及垂直之應力分析

3.1 T形梁之相對勁度



(1) $b \leq 1/4$ 梁之跨度 (L)

(2) $b \leq$ 該梁與兩側鄰梁間淨距和之一半 + B

(3) $b \leq 16t + B$

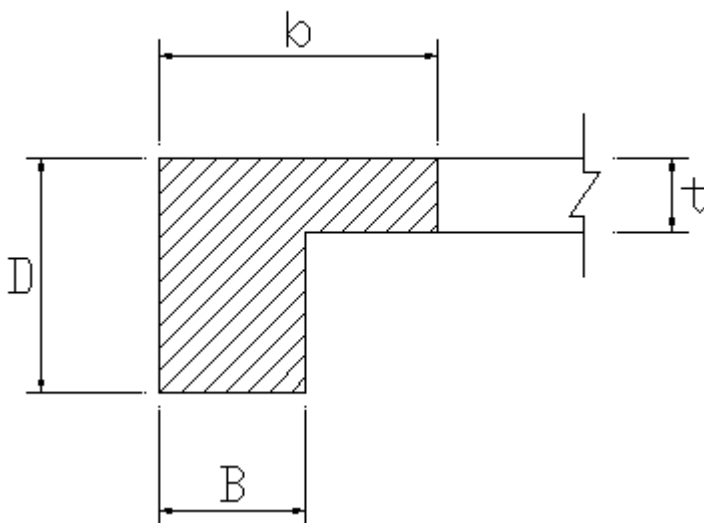
b 在以上三者之中，取最小者

$$C_1 = b/B \quad C_2 = t/D$$

$$\Phi = 1 + (C_1 - 1) * C_2^3 + [3(1 - C_2)^2 * C_2 * (C_1 - 1)] \div [1 + C_2(C_1 - 1)]$$

$$I = \Phi * (BD^2/12) \quad K \text{ (相對勁度)} = I/L$$

3.2 L形梁之相對勁度



(1) $b \leq 1/2$ 梁之跨度 (L) + B

(2) $b \leq 1/2$ 梁之淨間距 + B

(3) $b \leq 6t + B$

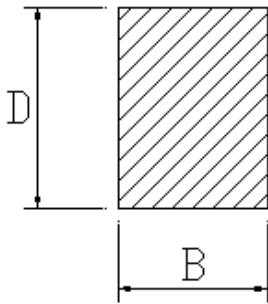
b 在以上三者之中，取最小者

$$C_1 = b/B \quad C_2 = t/D$$

$$\Phi = 1 + (C_1 - 1) * C_2^3 + [3(1 - C_2)^2 * C_2 * (C_1 - 1)] \div [1 + C_2(C_1 - 1)]$$

$$I = \Phi * (BD^2/12) \quad K \text{ (相對勁度)} = I/L$$

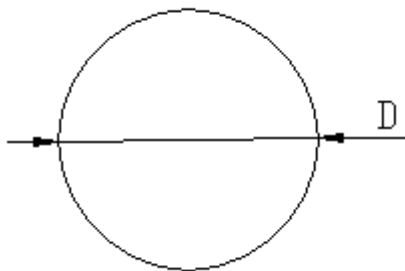
3.3 正方形或矩形梁及柱之相對勁度



$$I = \Phi * (BD^2/12) \quad K \text{ (相對勁度)} = I/L$$

L 為梁之跨度或柱之高度

3.4 圓形柱之相對勁度



$$I = BD^2/64 \quad K \text{ (相對勁度)} = I/L$$

L 為柱之高度

(四) 梁受垂直載重之應力分析

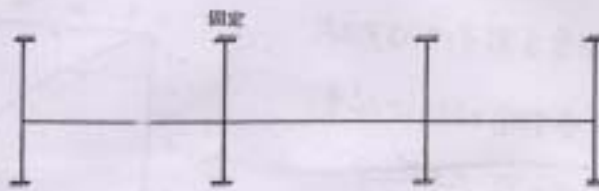
4.1 載重表

載重情況	M_A^f, M_B^f	$M_C = M_0 - M^f$	V_A, V_B
50 	$\frac{3}{192} WL^2$ (0.026)	$\frac{3}{192} WL^2$ (0.0154)	$\frac{1}{8} WL$ (0.125)
51 	$\frac{17}{1536} WL^2$ (0.0111)	$\frac{7}{1536} WL^2$ (0.00456)	$\frac{1}{18} WL$ (0.0556)
52 	$\frac{37}{5184} WL^2$ (0.00714)	$\frac{19}{5184} WL^2$ (0.00366)	$\frac{1}{24} WL$ (0.0417)
53 	$\frac{89}{12288} WL^2$ (0.00729)	$\frac{30.6}{12288} WL^2$ (0.00243)	$\frac{1}{32} WL$ (0.0313)
54 	$\frac{wL^2 + 2(Lh - h^2) \times 2 \times (2L - 2)}{192 \times L} \times w$	$\frac{3(Lh - h^2)}{192 \times L} \times w$	$\frac{(Lh - h^2)}{8} \times w$
55 	$\frac{(48h + 5L)L^2}{96 \times 16} \times w$	$\frac{(48h - 5L)L^2}{96 \times 16} \times w$	$\frac{(48 + L)L}{32} \times w$
56 	$\frac{(192h + 6L)L^2}{144 \times 36} \times w$	$\frac{(192h + L)L^2}{48 \times 36} \times w$	$\frac{(12h + L)L}{72} \times w$
57 	$\frac{(480h + 6L)L^2}{192 \times 64} \times w$	$\frac{(288h - 6L)L^2}{192 \times 64} \times w$	$\frac{(24h + L)L}{128} \times w$

4.2 梁受垂直載重之應力分析

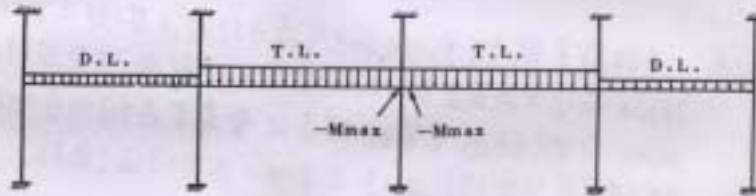
本書採用 "Continuity in concrete Building frames" - P.C.A. 書中所述之二次力矩分配法 (Two-cycle method), 此法依下列之假定:

(1) 欲求某層之梁端及與該梁接合之柱端彎矩時, 得視該柱之另一端為固定。

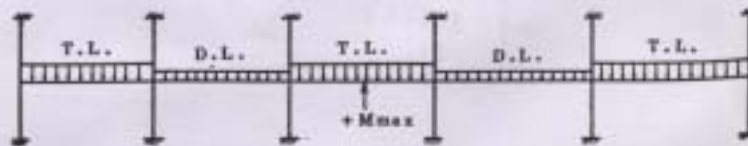


(2) 此法之力矩分配取 2 遍轉 2-cycles 即可。

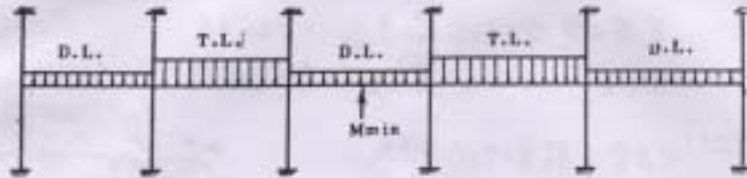
(3) 欲求梁端之最大彎矩時, 應在該節點之兩側梁, 令其皆承受全載重 (T.L.), 其他梁承受靜載重 (D.L.)。 $D \cdot L = 1.4D$, $T \cdot L = 1.4D + 1.7L$



(4) 欲求梁中央之最大 (正) 彎矩時, 在該梁及與該梁間隔一梁 (alternate span) 同時承受 T.L. $D \cdot L = 1.4D$, $T \cdot L = 1.4D + 1.7L$



(5) 欲求梁中央之最小彎矩(跨度小時可能發生負彎矩)，在該梁承受 D.L.，而其兩側梁承受 T.L. $D \cdot L = 1.4D$, $T \cdot L = 1.4D + 1.7L$



根據以上之假定，其計算步驟可以下表簡單明瞭地表示之：

(a) 求梁之最大彎矩

Mcol	M_1		M_2		M_3		M_4		M_5	
Deol	D_1		D_2		D_3		D_4		D_5	
Dbeam	D_1	D_2					D_3	D_4	D_5	D_6
M'DL	$+MD_1$	$-MD_2$					$+MD_3$	$-MD_4$		
M'TL	$+MT_1$	$-MT_2$	$+MM$	$+MM$	$+MM$	$+MM$	$+MT_3$	$-MT_4$		
Carry-over	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
Distribution	DIS_1	DIS_2	DIS_3	DIS_4	DIS_5	DIS_6	DIS_7	DIS_8	DIS_9	DIS_{10}
Mmax	M_1	M_2	$+MM_{max}$	$+MM_{max}$	$+MM_{max}$	$+MM_{max}$	M_7	M_8	M_9	M_{10}
Deol	D_1		D_2		D_3		D_4		D_5	
Mcol	M_1		M_2		M_3		M_4		M_5	

由 T.L. 所算出者

乘號 $\times \frac{1}{2} D_1$, $\times \frac{1}{2} D_2$, $\times \frac{1}{2} (1+D_1)$, $\times \frac{1}{2} (1+D_2)$

不要號

① 先計算分配係數 $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, D_9, D_{10}, \dots$

② 計算 M'_{DL}, M'_{TL} 及 $+MM$ (由 TL 所算出者)。

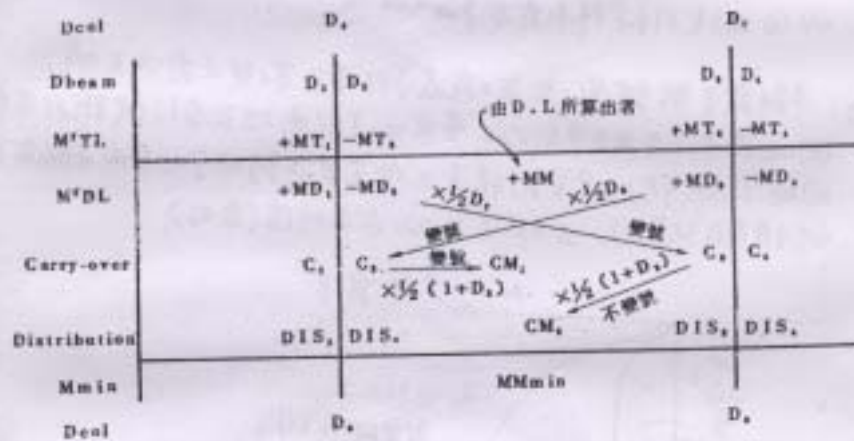
$$\textcircled{3} C_1 = -(+MD_1 - MT_1) \times \frac{1}{2} D_2, \quad C_2 = -(-MD_2 + MT_2) \times \frac{D_1}{2}$$

$$\textcircled{4} CM_1 = -C_1 \times \frac{1+D_1}{2}, \quad CM_2 = C_2 \times \frac{1+D_2}{2}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{5} \text{DIS}_1 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_1 \\
 \text{DIS}_2 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_2 \\
 \text{DIS}_3 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_3 \\
 \text{DIS}_4 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_4 \\
 M_1 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_1 \\
 M_2 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_2 \\
 M_3 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_3 \\
 M_4 &= -(MT_1 - MT_2 + C_1 + C_2) \times D_4 \\
 \textcircled{6} M_1 &= +MT_1 + C_1 + \text{DIS}_1 & M_2 &= -MT_2 + C_2 + \text{DIS}_2 \\
 M_3 &= MT_3 + C_3 + \text{DIS}_3 & M_4 &= -MT_4 + C_4 + \text{DIS}_4 \\
 +MM_{\min} &= +MM + CM_1 + CM_2
 \end{aligned}$$

(b) 求梁之最小彎矩

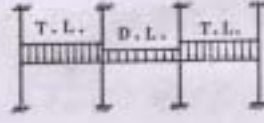
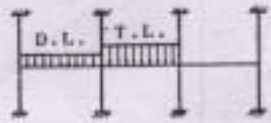
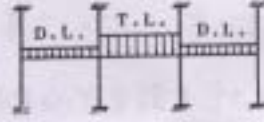
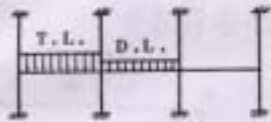
在梁之跨度大小相差很多時，跨度較小之梁中央可能發生負彎矩，在此情況下才須求梁之最小彎矩。 $D \cdot L = 1.4 D$ 、 $T \cdot L = 1.4 D + 1.7 L$



- ① 先計算分配係數 $D_1, D_2, D_3, D_4, \dots$
- ② 計算 M'_{DL}, M'_{DL} 及 $+MM$ (由D.L所算出者)。
- ③ $C_1 = -(+MT_1 - MD_1) \times \frac{1}{2} D_1$ 、 $C_2 = -(-MT_2 + MD_2) \times \frac{1}{2} D_2$
- ④ $CM_1 = -C_1 \times \frac{1 + D_1}{2}$ 、 $CM_2 = C_2 \times \frac{1 + D_2}{2}$

⑤ $MM_{max} = +MM + CM_1 + CM_2$

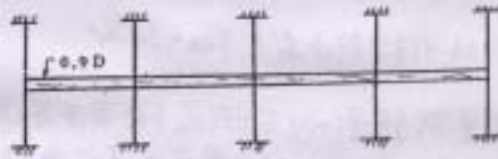
(c) 求柱端之彎矩時，該柱之一側之梁承受 T.L.，他側之梁承受 D.L.，然後兩者互換之，而取其較不利者。 $D \cdot L = 1.4D$ ， $T \cdot L = 1.4D + 1.7l_f$



求外柱柱端之彎矩時之載重情況

求內柱柱端之彎矩時之載重情況

(d) 求 0.9D 作用時之彎矩



(五) 柱軸重計算

5.1 柱軸重計算時，活載重之折減

計算柱之軸重時，其載重如未超過 500kg/m，亦非公眾使用場所，柱所支撐樓地板之面積超過 14m² 時，活載重得依下式折減：

$$R=0.85*\text{載重面積}\% \leq 23 (1+D.L./L.L.) \% \leq 60\%$$

活載重超過 500kg/m 時，活載重得以減少 20%。

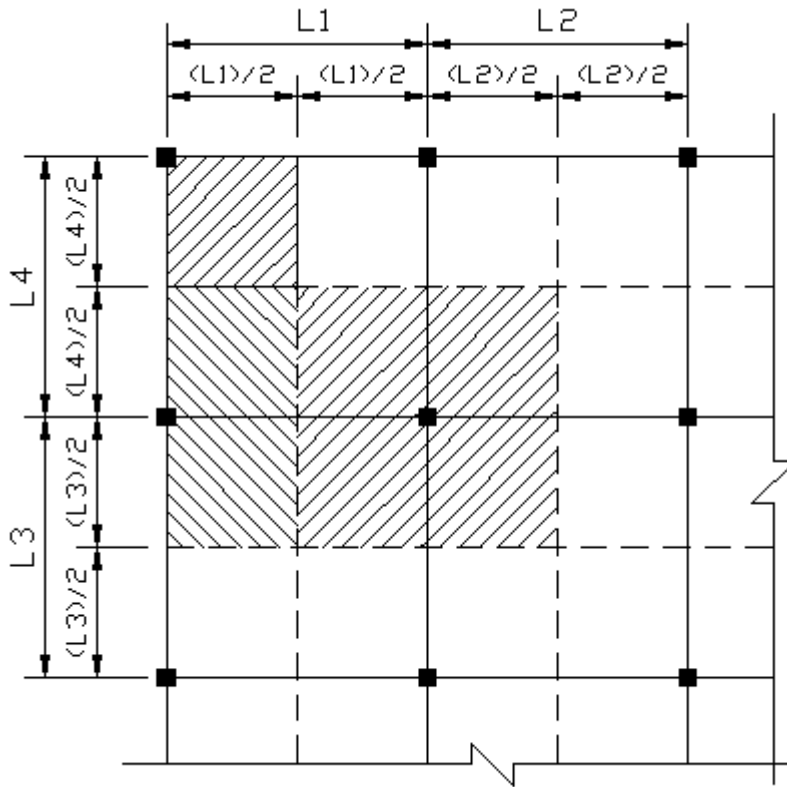
活載重折減率 R=0.85 載重面積%							
載重面積 m ²	L.L.折減率 %	採用之 L.L. %	L.L.	L.L.	L.L.	L.L.	L.L.
			60kg/m ²	150kg/m ²	200kg/m ²	250kg/m ²	300kg/m ²
折減後之 L.L. kg/m ²							
≤14	0	100	60	150	200	250	300
15	12.75	87.25	52	131	175	218	262
16	13.60	86.40	52	130	173	216	259
17	14.45	85.55	51	128	171	214	257
18	15.30	84.70	51	127	169	212	254
19	16.15	83.85	50	126	168	210	252
20	17.00	83.00	50	125	166	208	249
21	17.85	82.15	49	123	164	205	246
22	18.70	81.30	49	122	163	203	244
23	19.55	80.45	48	121	161	201	241
24	20.40	79.60	48	120	159	199	239
25	21.25	78.75	47	118	158	197	236
26	22.10	77.90	47	117	156	195	234
27	22.95	77.05	46	116	154	193	231
28	23.80	76.20	46	114	152	191	229
29	24.65	75.35	45	113	151	188	226
30	25.50	74.50	45	112	149	186	224
31	36.35	73.65	44	111	147	184	221
32	27.20	72.80	44	109	146	182	218
33	28.05	71.95	43	108	144	180	216
34	28.90	71.10	43	107	142	178	213

活載重最大折減率及折減後之活載重

$$R_{MAX}=23(1+D.L./L.L.)\% \leq 60\%$$

D.L Kg/c m	L.L.=60kg/m ²			L.L.=150kg/m ²			L.L.=200kg/m ²			L.L.=250kg/m ²			L.L.=300kg/m ²		
	R _M AX	採 用 之 L.L. %	採 用 之 L.L. Kg/m ²	R _M AX	採 用 之 L.L. %	採 用 之 L.L. Kg/m ²	R _M AX	採 用 之 L.L. %	採 用 之 L.L. Kg/m ²	R _{MA} X	採 用 之 L.L. %	採 用 之 L.L. Kg/m ²	R _{MX}	採 用 之 L.L. %	採 用 之 L.L. Kg/m ²
480	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	59.80	40.20	121
470	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	59.03	40.97	123
460	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	58.27	41.73	125
450	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	57.50	42.50	128
440	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	56.73	43.27	130
430	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	55.97	44.03	132
420	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	55.20	44.80	134
410	60	40	24	60	40	60	60	40	80	60	40	100	54.43	45.57	137
400	60	40	24	60	40	60	60	40	80	59.80	40.20	101	53.67	46.33	139
390	60	40	24	60	40	60	60	40	80	58.88	41.12	103	52.9	47.10	140
380	60	40	24	60	40	60	60	40	80	57.96	42.04	105	52.13	47.87	144
370	60	40	24	60	40	60	60	40	80	57.04	42.96	107	51.37	48.63	146
360	60	40	24	60	40	60	60	40	80	57.12	43.88	110	50.60	49.40	148
350	60	40	24	60	40	60	60	40	80	55.20	44.80	112	49.83	50.17	151

5.2 柱軸重計算



1. 每根柱所負擔樓地板面積之計算

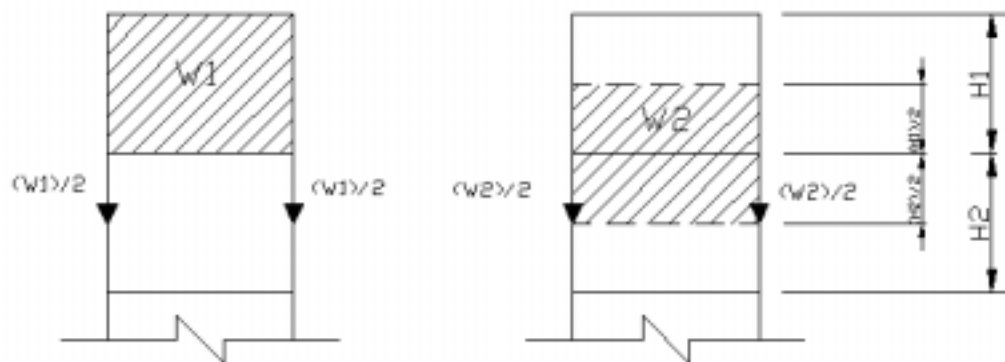
以柱與柱間之跨度之一半繪出區域線求得每根柱所負擔之面積。

2. 以此面積乘以 8-1 節之載重即為此柱所負擔樓版之重量。

3. 以梁之單位長度重乘以此負擔面積內所有梁之總長度即為此柱所負擔之梁之重量。

4. 以柱之單位長度重乘以此柱之樓高度即為此柱之重量。

5. 以牆壁之單位面積重乘以此負擔面積內所有牆壁之總長度與高度即為此柱負擔之牆壁之重量。



若為磚牆，則該層柱所負擔之牆壁重量為上一層樓之牆壁之重量如上圖 A，若為鋼筋混凝土牆，則該層柱所負擔之牆壁重量為各該層高度至中央至上層高度中央之牆壁重量，如上圖 B。

5.3 柱軸重計算格式

柱軸重計算											
柱別	柱載重面積 m ²	累積載重面積 m ²	L.L.折減率 %	採用之L.L. %	採用之L.L. t/m ²	D.L. t/m ²	重量計算		1.4D+1.7L	0.75(1.4D+1.7L)	0.9D
							活載重 L(噸)	靜載重 D(噸)			
C								版梁柱牆			
C								版梁柱牆			

(六) 材料設計強度

6.1 材料設計強度

混凝土容許應力表 (A.C.I.318-71) -kg/cm²

說 明	公 式	混凝土設計強度 kg/cm ²			
		f' _c =210	f' _c =245	f' _c =280	f' _c =350
β_1		0.85	0.85	0.85	0.80
剪應力：					
梁無腹筋者：	$v_c = 0.53\sqrt{f'_c}$	7.68	8.30	8.87	9.92
鋼槽無腹筋者：	$v_c = 0.583\sqrt{f'_c}$	8.45	9.13	9.76	10.91
構材有腹筋之最大剪應力 (此時垂直肋筋 $S_{max} = \frac{d}{4}$)	$v_c = 2.65\sqrt{f'_c}$	38.40	41.48	44.34	49.58
垂直肋筋 $S_{max} = \frac{d}{2}$ 時最大剪應力	$v_c = 1.59\sqrt{f'_c}$	23.04	24.89	26.61	29.75
版與基脚(周邊剪力)：					
無剪力鋼筋者	$v_c = 1.06\sqrt{f'_c}$	15.36	16.59	17.74	19.83
用剪力鋼筋時最大剪應力	$v_c = 1.59\sqrt{f'_c}$	23.04	24.89	26.61	29.75
用剪力型鋼時最大剪應力	$v_c = 1.855\sqrt{f'_c}$	26.88	29.04	31.04	34.70
支承壓應力 *	$0.85 f'_c$	178.5	208.25	238.00	297.50

*若支承面四周均大於承載面，則承載面上之承載應力可增 $\sqrt{A_2/A_1}$ 倍，但不得大於2倍， A_1 為承載面積， A_2 為支承面積。

*一般混凝土之 E_c 可假定為 $15000\sqrt{f'_c}$ kg/cm²。

6.2 鋼筋

1. 鋼筋混凝土構造所用之鋼筋，除螺筋及鋼線網外，均須為竹節鋼筋，並符合中國國家標準 CNS-560-A21 或 CNS-3300-A102。
2. 螺筋及鋼線網所用鋼線須符合中國國家標準 CNS-1468-G35。
3. 鋼筋之降伏應力如超過 4200 kg/cm² 時，應以應變 0.35% 之應力為其降伏應力。
4. 彈性模數 $E_s = 2.04 \times 10^6$ kg/cm²。

6.3 規範

1. 建築技術規則 (民國 63 年 2 月 15 日內政部公佈實施)
2. A.C.I. code 318-71

6.4 載重表

1. 靜載重

靜載重為建築物本身各部分之重量及固定於建築物構造上之重量，如牆壁、隔牆、梁、柱、樓版及屋頂等，可移動隔牆不作為靜載重。

(1) 材料重量

建築物構造之靜載重應予按時核計。建築物應用各種材料隻單位體積重量，應不小於下表所列，不在表列之材料應按實計算重量。

材料名稱	重量kg/m ³	材料名稱	重量kg/m ³
鋼筋混凝土	2400	普通黏土	1600
水泥混凝土	2300	飽和黏土	1800
煤層混凝土	1450	乾 沙	1700
泡沫混凝土	1000	飽和濕沙	2000
石灰三合土	1750	乾 碎石	1700
水泥砂漿	2000	飽和濕碎石	2100
紅 磚	1900	濕沙及碎石	2300
針葉樹木材	500	飛灰、火山灰	650
闊葉樹木材	650	礦物溶滓	1400
硬 木	800	浮 石	900
鋁	2700	砂 石	2000
銅	8900	花 崗 石	2500
黃銅、紫銅	8600	大 理 石	2700
生鐵	7200	鉛	11400
熟鐵	7650	鋅	8900
鋼	7850	玻 璃	2500

(2) 屋面重量

屋面重量應按實計，並不得小於下表所列，不在表列之屋面應按實計算重量。

屋面名稱	重量kg/m ²
文化瓦（包括椽子、屋面板、油毛紙在內）	60
水泥瓦（包括椽子、屋面板、油毛紙在內）	45
石綿、平瓦（包括椽子、屋面板、油毛紙在內）	25
台灣瓦（包括椽子、板在內）	120
石綿浪版（包括屋面板、油毛紙在內）	27
石綿浪版（不包括屋面板、油毛紙）	15
白鐵皮平版（包括椽子、屋面板、油毛紙，以#28為準）	18
白鐵皮浪版（包括椽子、屋面板、油毛紙，以#28為準）	12

白鐵皮浪版（不包括椽子、屋面板、油毛紙）	7.5
單層瀝青防水	3.5
單層紅方磚（尺二磚）	26
五腳磚	50
鋁皮浪版	2.5
6 mm玻璃	16

(3) 天花板重量

天花板名稱	重量kg/m ²
甘蔗板、吸音板、三夾板	15
耐火版、石綿平板（包括承吊梁、平頂鋼筋）	20
石灰版條	40
方格版（包括承吊梁、平頂鋼筋）	22

(4) 地板面重量

地板面分實鋪地板及空鋪地板兩種，其重量應按實計算，並不得小於下表所列，不在表列之地板面應按實計算重量。

地板名稱		重量kg/m ²
實鋪 （以一公分厚 為準）	水泥砂漿粉光	20
	磨石子、洗石子	24
	大理石、片石、鋪塊石	30
	鋪馬賽克	20
	鋪瀝青地磚、PVC地磚	25
	鋪拼花地板	15
空鋪	木地板（包括柵欄）	15
	疊蓆（包括木板、柵欄）	35

(5) 牆壁重量

牆壁重量，按牆壁本身及牆面粉刷與貼面，分別按實計算，並不得小於下表所列，不在表列之牆壁，應按實計算重量。

牆壁名稱		重量kg/m ²	牆壁名稱	重量kg/m ²	
1B紅磚		440	以 一 公 分 厚	水泥砂將粉刷	20
混凝土空心磚	20 cm	250		貼面磚馬賽克	20
	15 cm	190		貼搗擺磨石子	20
	10 cm	130		洗石子或斬石子	20
	20 cm	165		貼大理石片	30

煤屑空心磚	15 cm	135	為準	貼塊石片	25
	10 cm	100	魚鱗版牆		25
空心紅磚（一磚厚）		192	灰版條牆		50
白石磚牆（一磚厚）		440	甘蔗版牆		8
竹 筴 牆		84	夾板牆		6

2.活載重

- (1) 垂直載重中，不屬於靜載重者，均為活載重，活載重包括建築物室內人員、家具、設備、貯藏物、活動空間等，工廠建築應包括機器設備及堆置材料等，倉庫建築應包括貯藏物品、搬運車輛及吊裝設備等，積雪地區應包括雪載重。
- (2) 建築物構造之活載重，因樓地板之用途不同，不得小於下表所列，不在表列之樓地板用途或使用情形與表列不同者應按實計算，並需詳列於結構計算書中。

樓地板用途類別		載重kg/m ²	
1	住宅、旅館、客房、病房	200	
2	教室	250	
3	辦公室、商店、餐廳、圖書閱覽室、醫院手術室。 固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳及演藝場等。	300	
4	博物館、健身房、保齡球館、太平間、市場。 無固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳及演藝場等。	400	
5	百貨商場、拍賣商場、舞廳、夜總會、運動場及看台、操 練場、工作場、車庫、臨接看台、太平梯與公共走廊。	500	
6	倉庫、書庫	600	
7	走廊、樓梯之活載重與室載重相同。但供公眾使用，人數眾多如教堂、集會堂等之公共走廊、樓梯不得少於 400 kg/m ²		
8	屋頂陽台之活載重得較室載重每平方公尺少 50 kg，但供公眾使用人數眾多者，不得少於 300 kg/m ²		
9	不作用途之平屋頂	載重面積 20m ² 以下	100
		載重面積 20~60m ²	80
		載重面積 60m ² 以上	60

3.載重表格式

	層別				
地震計算用	W_D				
	W_L				
	$W_{TL} = W_D + W_L$				
樓版計算用	$1.4 W_D$				
	$1.7 W_L$				
	$W_U = 1.4 W_D + 1.7$				
	W_L				

1.地震計算用之 W_L 為上一節之 25%

2.樓版計算用之 W_L 為上一節之 100%

3.構架計算用及柱，基礎設計用之活載重應按下述方法計算

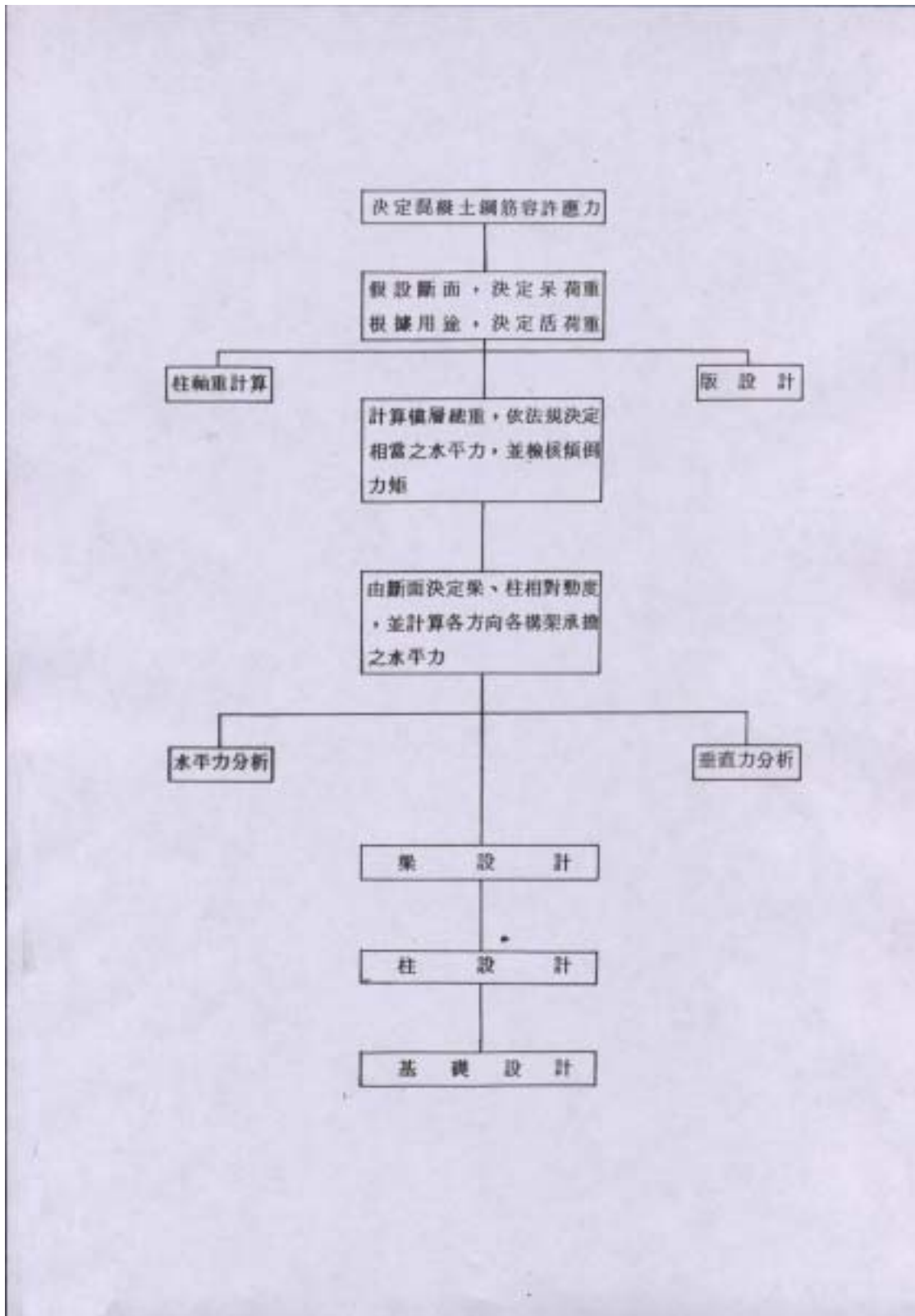
(1) 活載重如未超過 500 kg/m^2 ，亦非公眾使用之場所，構材承受載重面積超過 14 m^2 時，活載重得依下式折減：

$$R = 0.85 * \text{載重面積} \% \leq 23 (1 + D.L./L.L.) \% \leq 60\%$$

R 為活載重折減百分比

(2) 活載重超過 500 kg/m^2 時，僅柱及基礎之活載重得以減少 20%

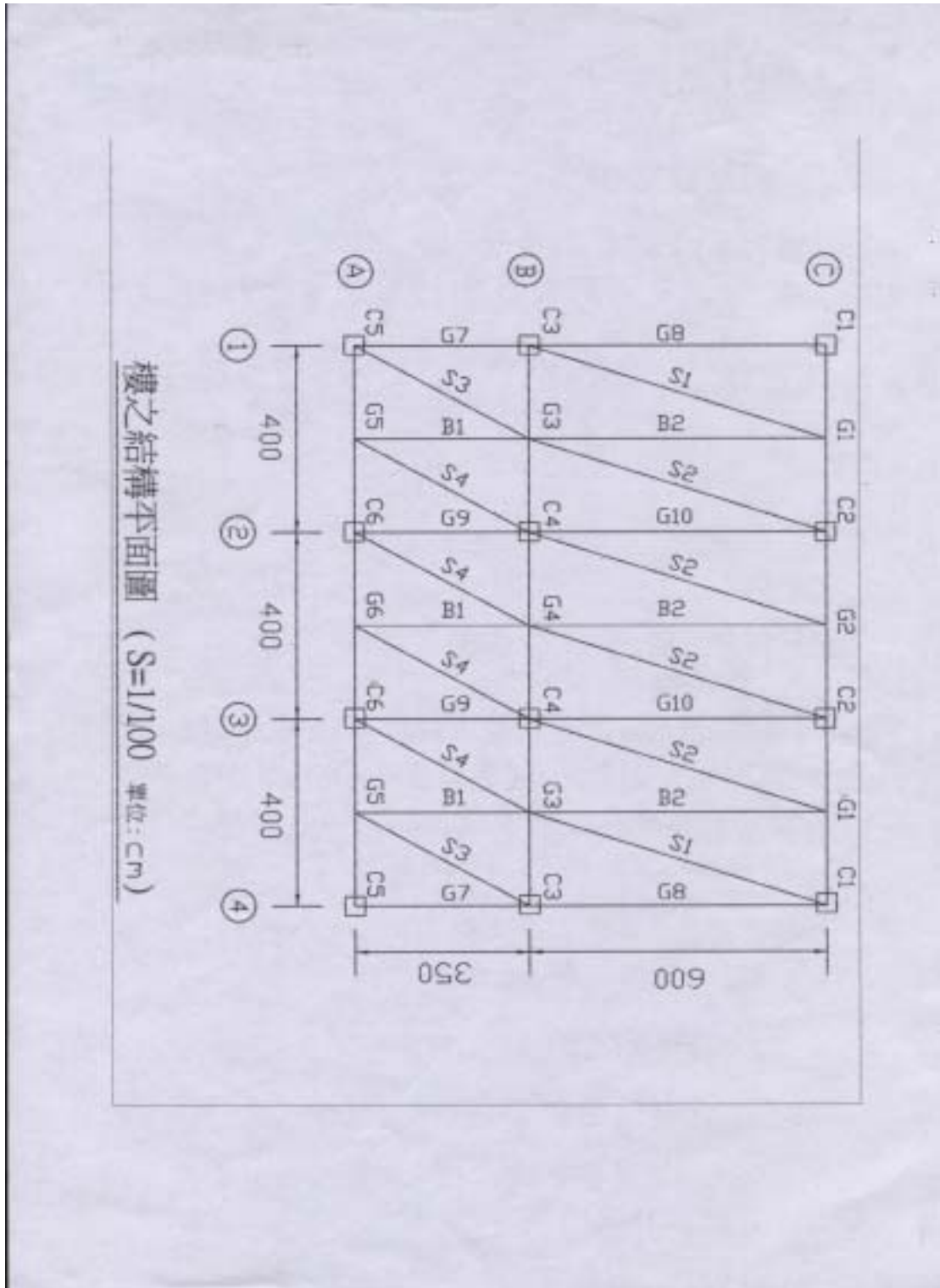
第二章 計算流程圖



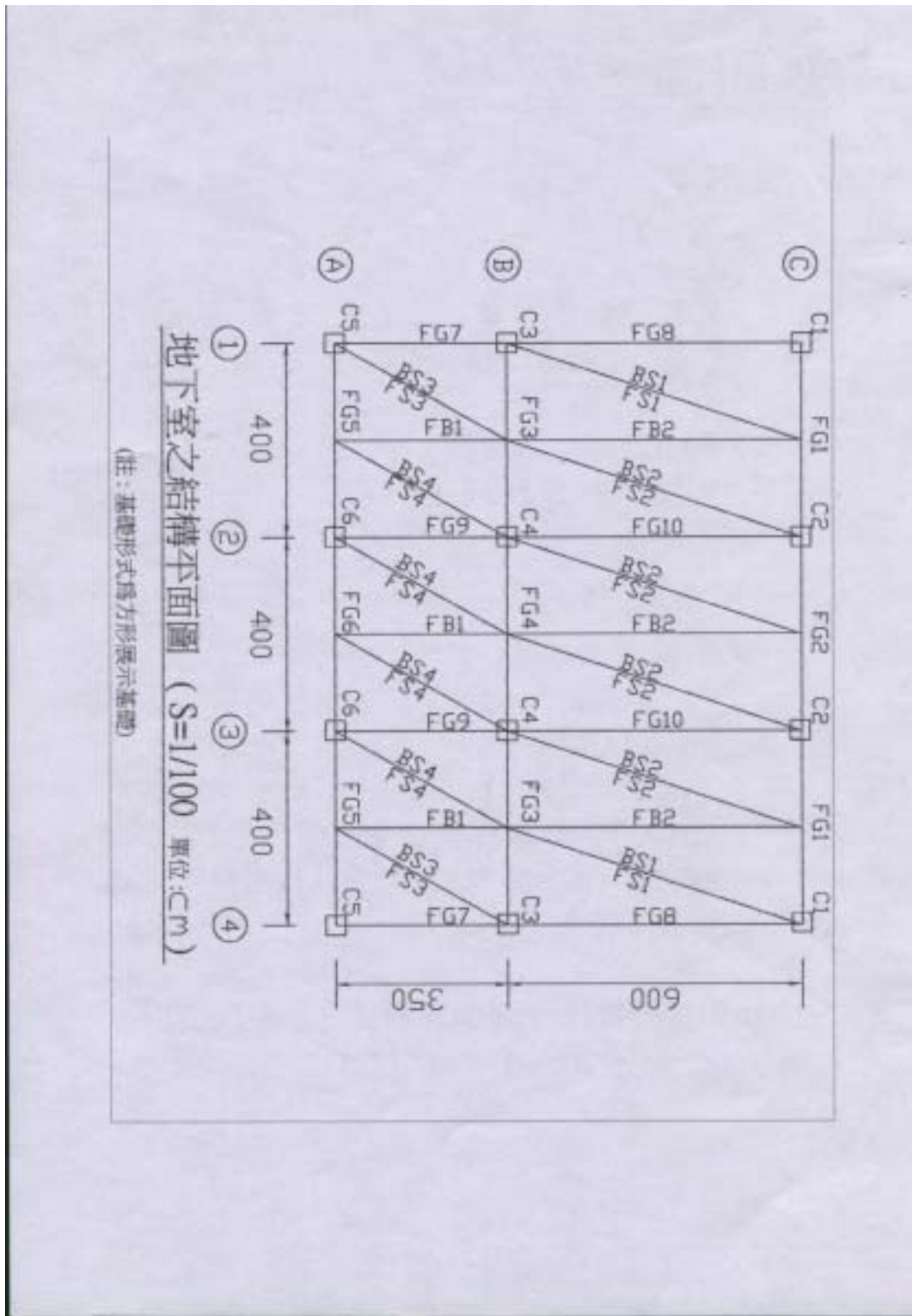
第三章 設計工作項目

一、結構設計圖

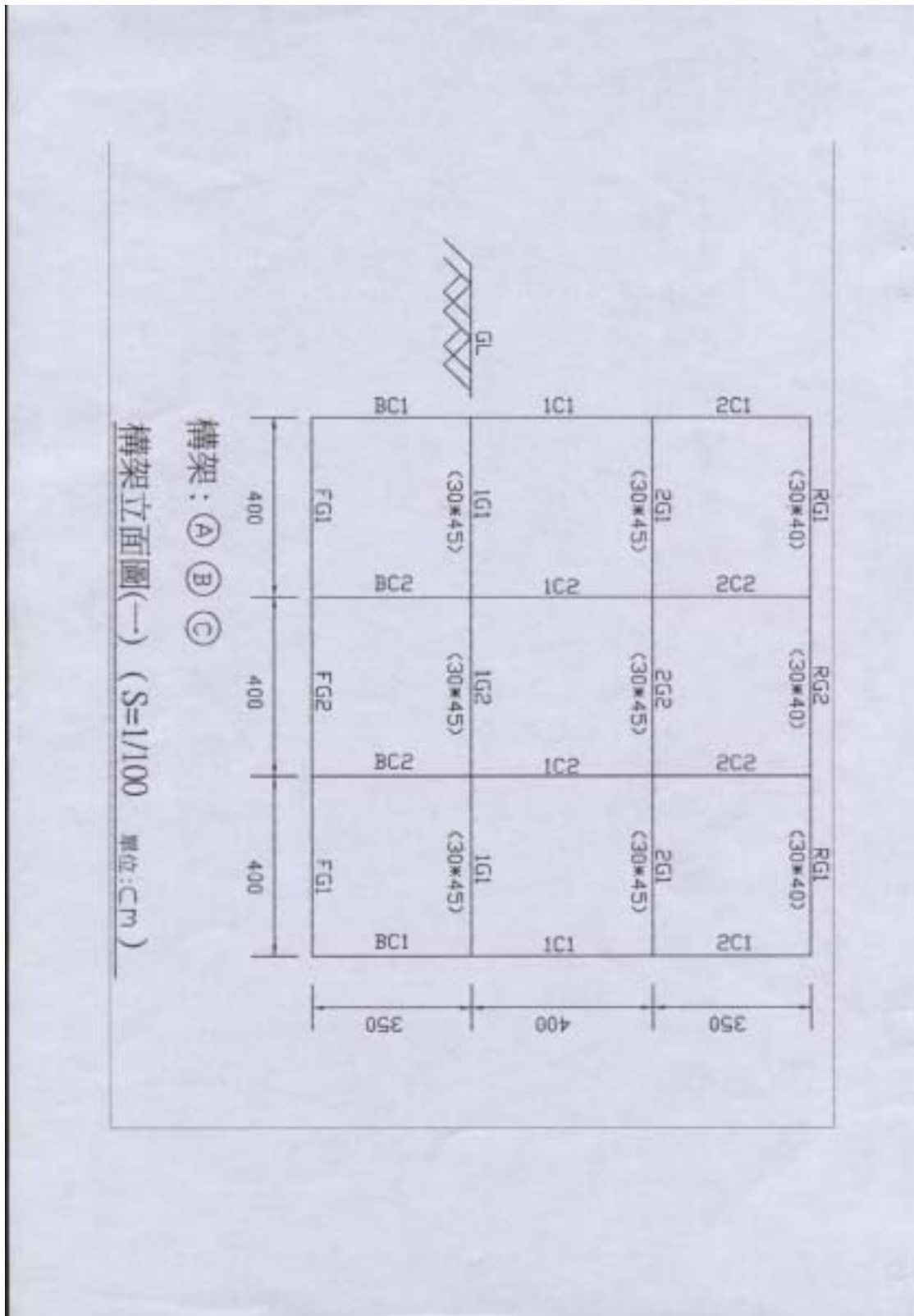
1. 結構平面圖



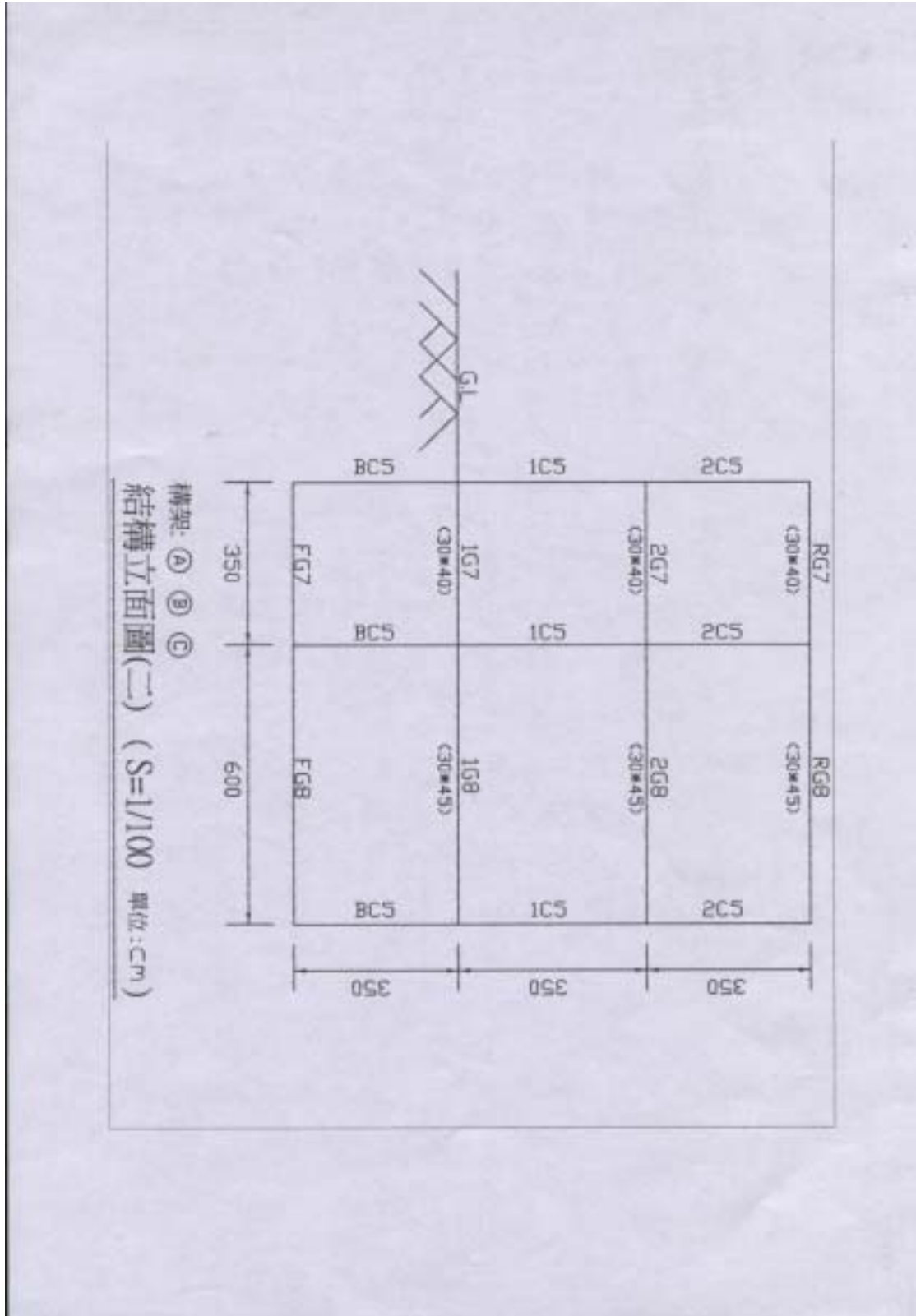
2.地下室之結構平面圖



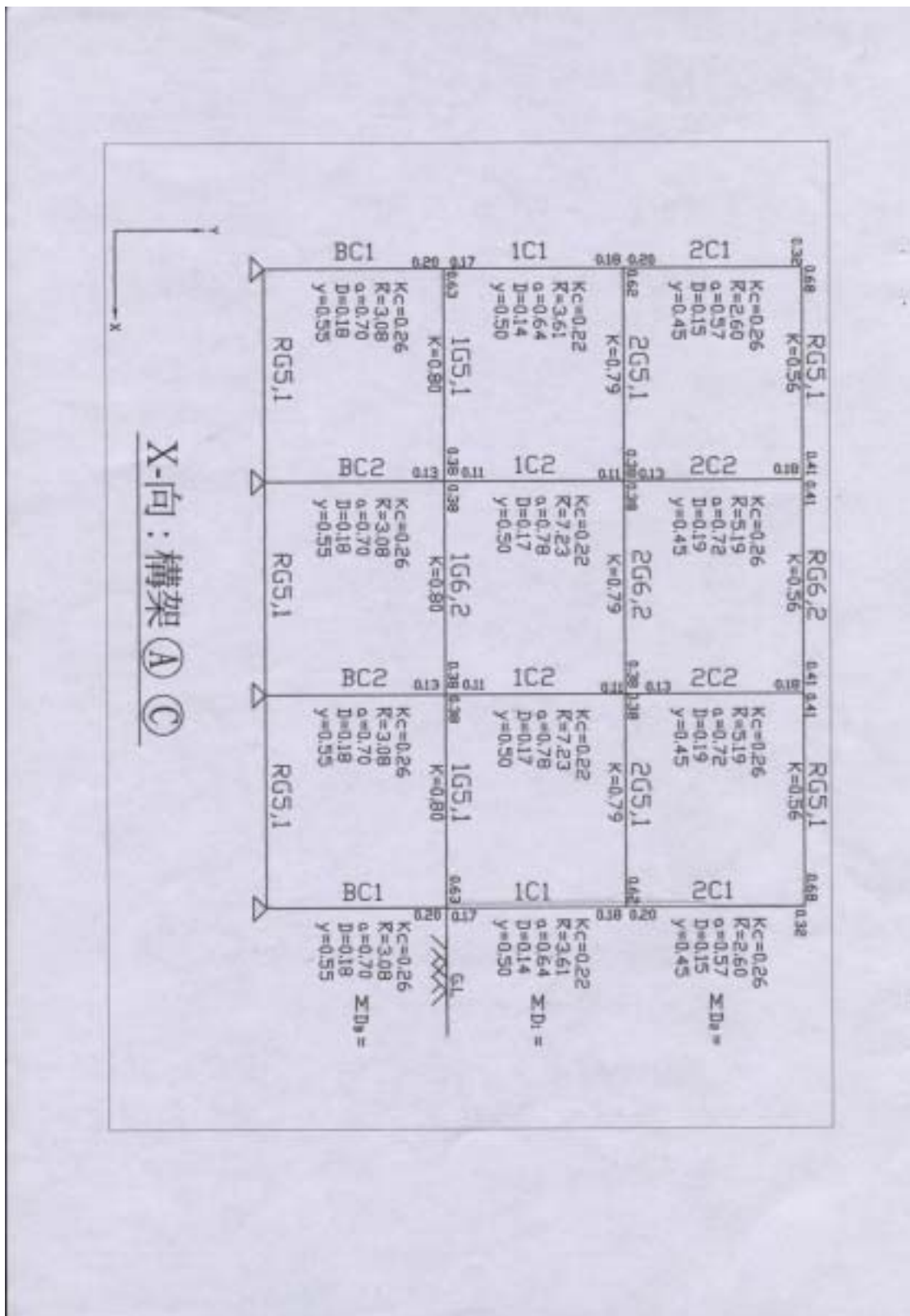
3. 構架立面圖 (一)



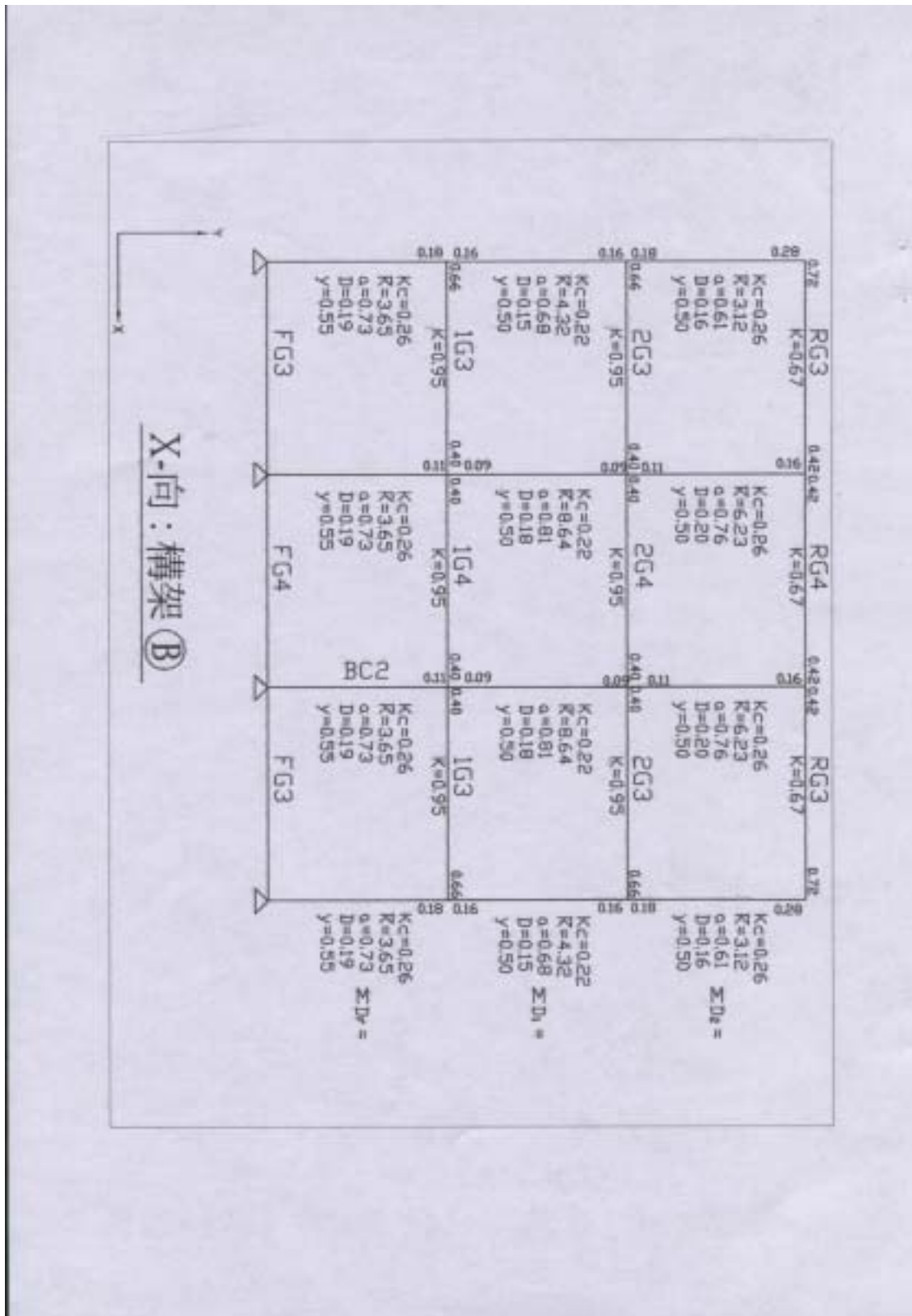
4. 構架立面圖 (二)



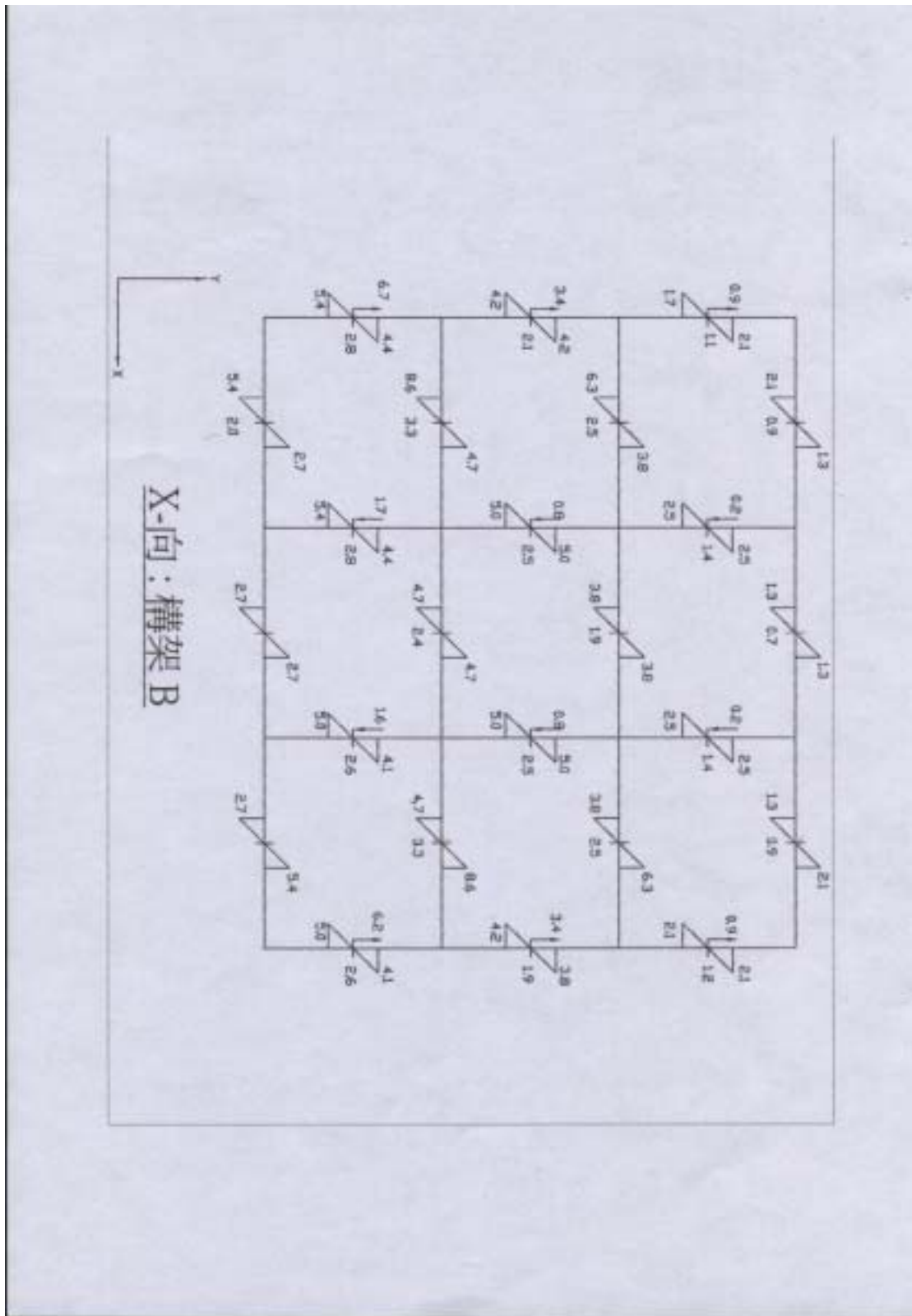
5.X向構架 (A)(C)



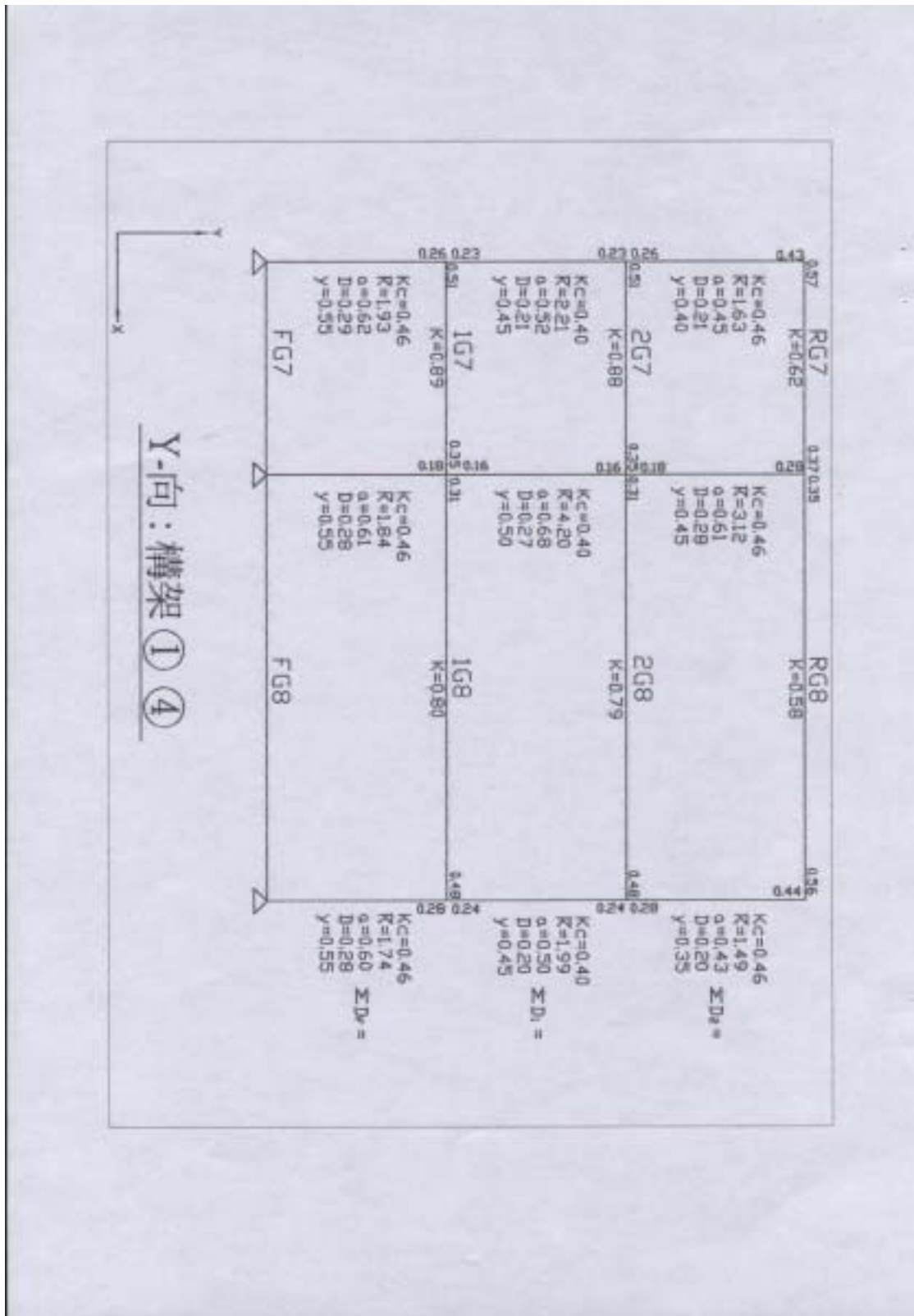
7. X向構架 (B)



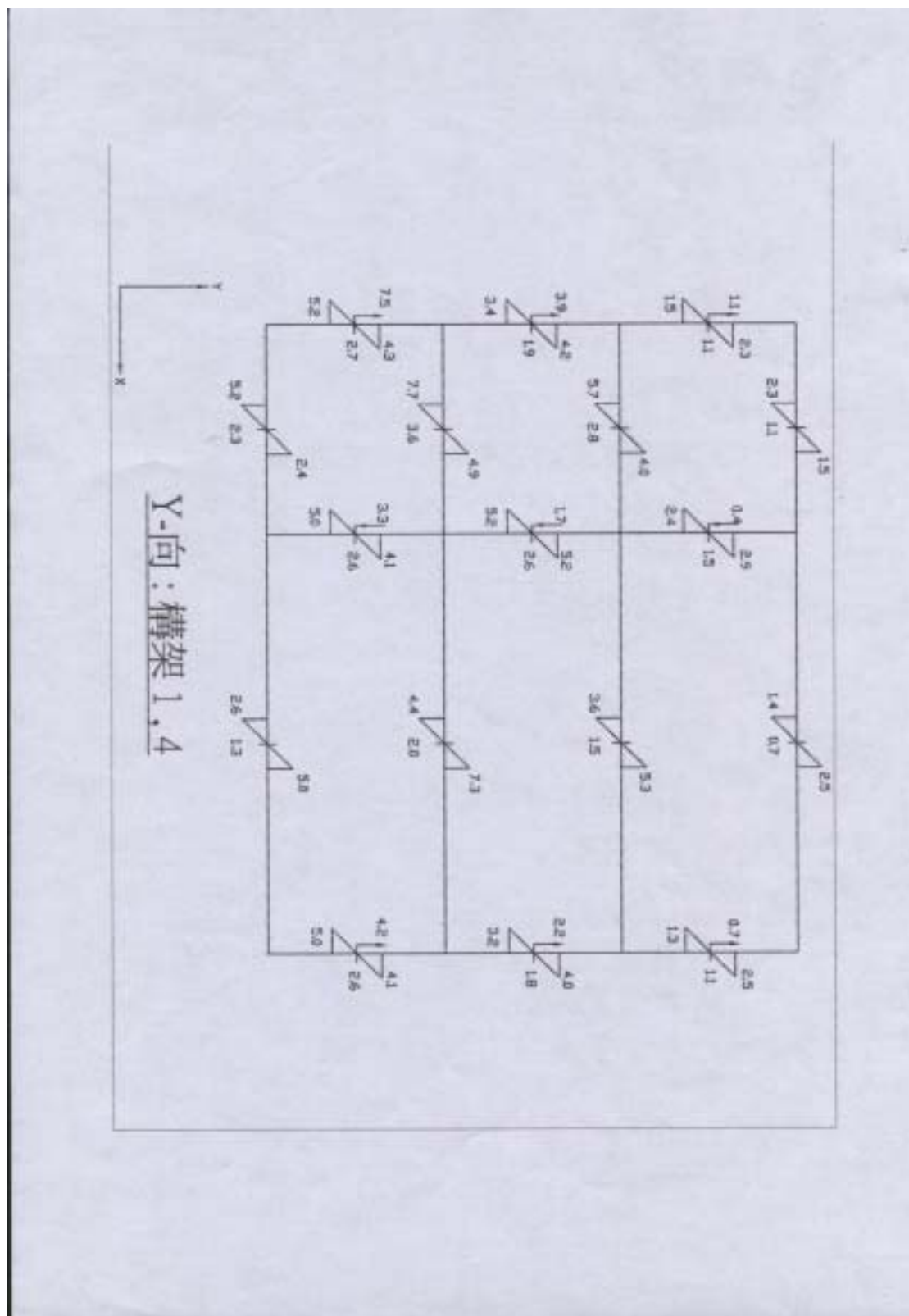
8. X 向構架 (B)



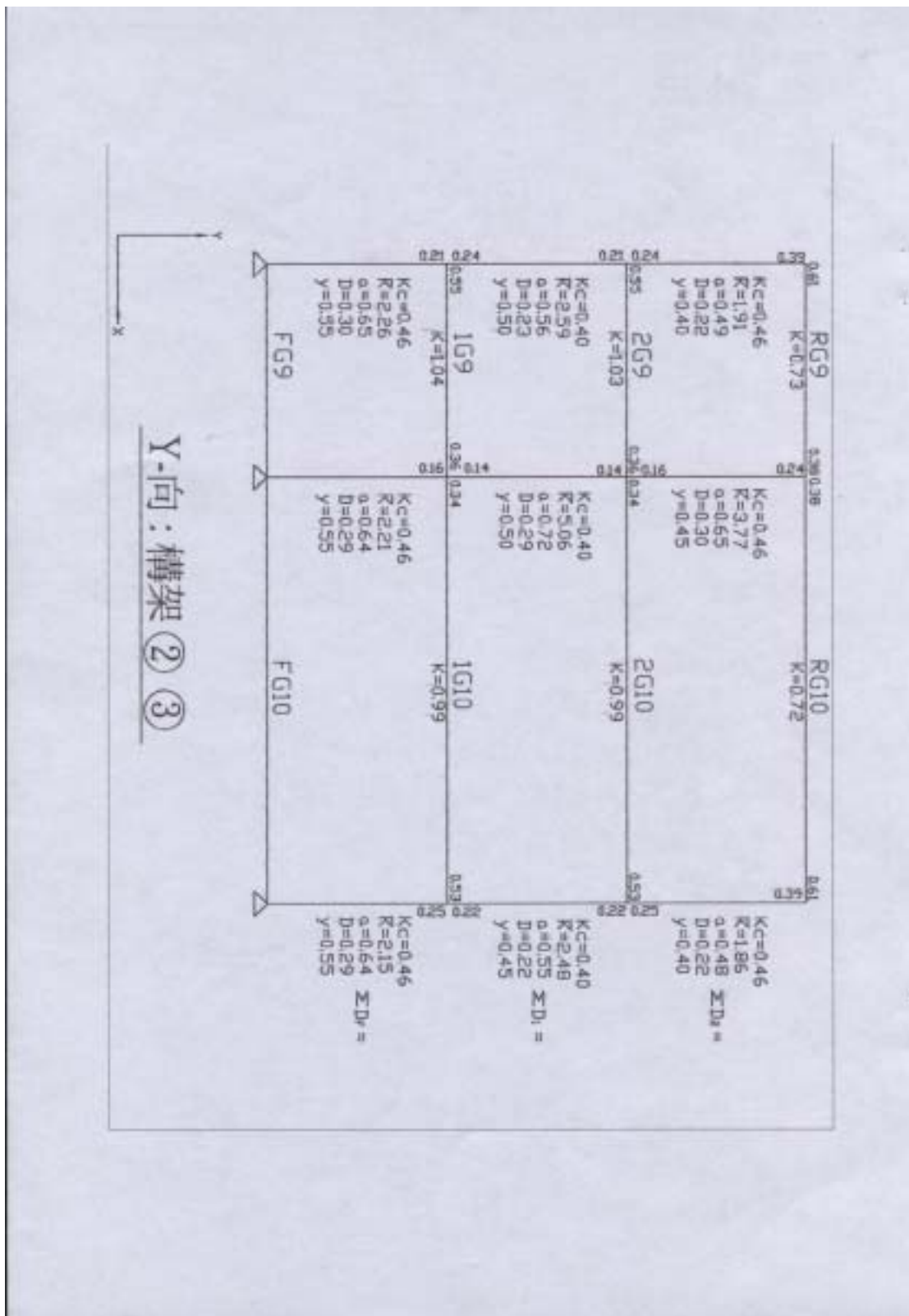
9. Y向構架 (1) (4)



10.Y向構架 (1) (4)



11. Y 向構架 (2) (3)



營建操作實習講義(part-2)

初步設計階段之考量因素

- 一、樓版構架系統簡介
- 二、假設工程支撐結構分析(暫略)

一、樓版構架系統簡介

設計目標：需能提供安全性且具功能性之工作平台

影響選擇樓板系統之因素

- 1.成本
- 2.支撐樓板之牆柱間距限制
- 3.服務工作度(指勁度及振動控制)
- 4.未來更改使用用途之難易度
- 5.當然最重要仍是”安全”

樓板系統之類型

樓板系統之種類可依下列方式區分；

1. 以材料分類

樓板 – concrete

樑 – concrete or steel

2. 以板受力特性分類

單向板

雙向板

平板(flat slab)

3. 以建造方式分類

鋼樑支撐現場鑄板

鋼樑支撐預鑄板

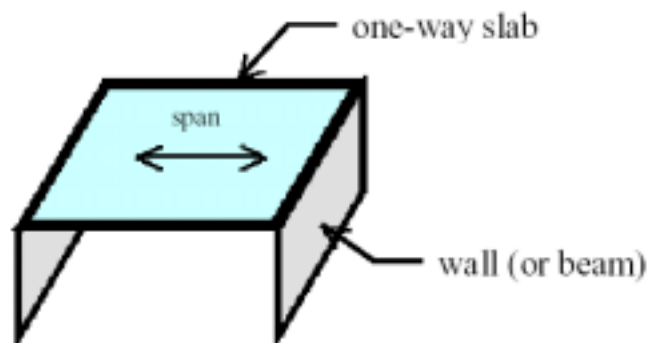
現場鑄樑級板

預鑄樑支撐預鑄板

以下摘要柱及版尺寸初步設計時之經驗原則。其中版厚或樑深以 l/d 即所謂”跨深比”表示且 d 為有效深度非總深度

單向版

定義：版僅在單方向橫跨於樑或牆之間

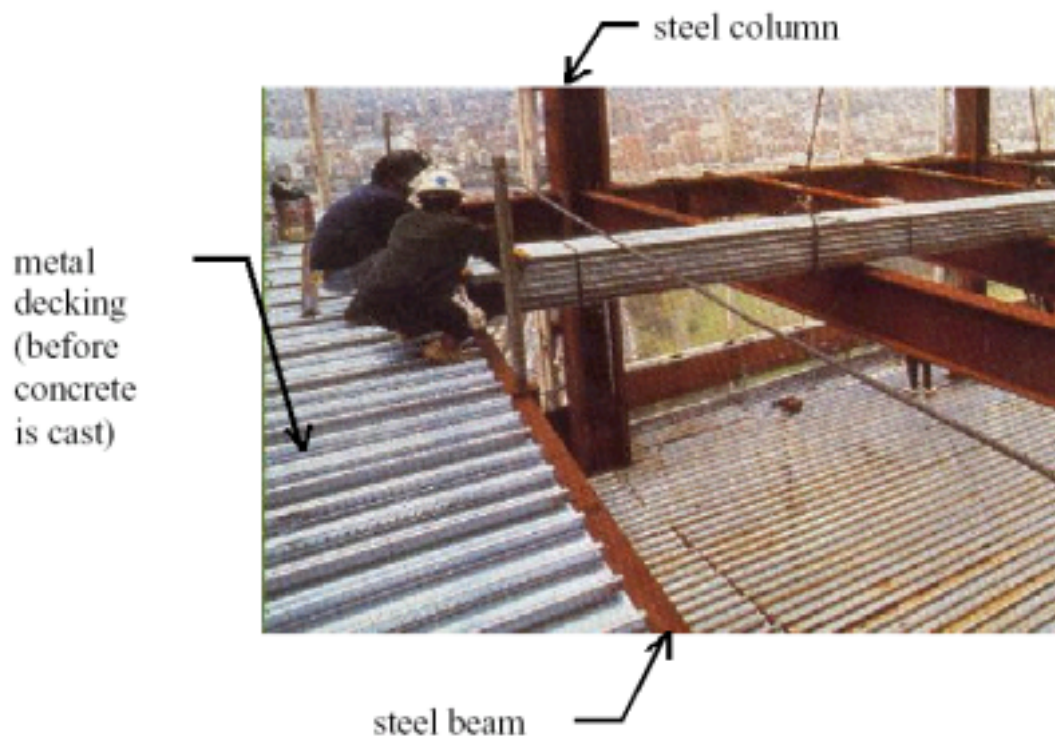


若版為簡支承(即單跨而已) $l/d=24$

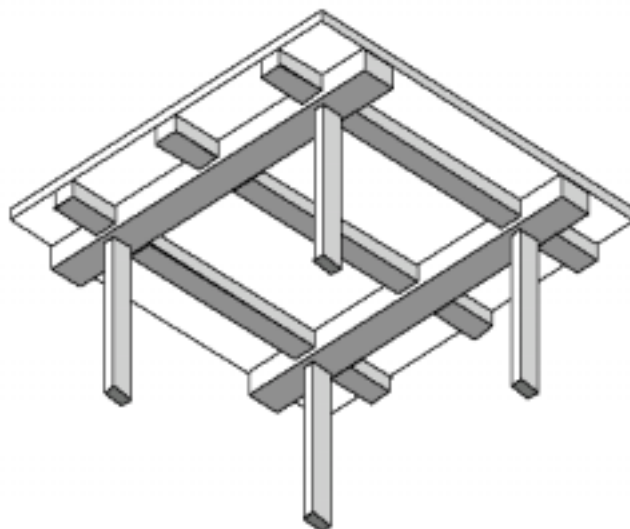
若版為連續版(及兩跨以上) $l/d=28$

若為懸臂版 $l/d=10$

版亦可現場澆置於型鋼平板上，如下圖

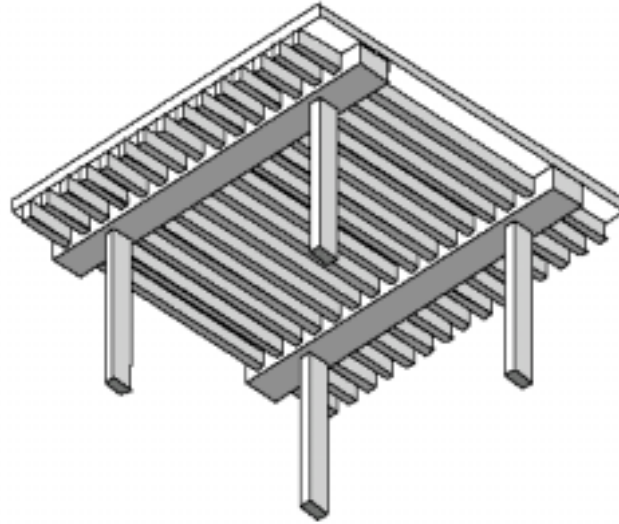


版可跨於小樑上，而小樑由大樑支撐



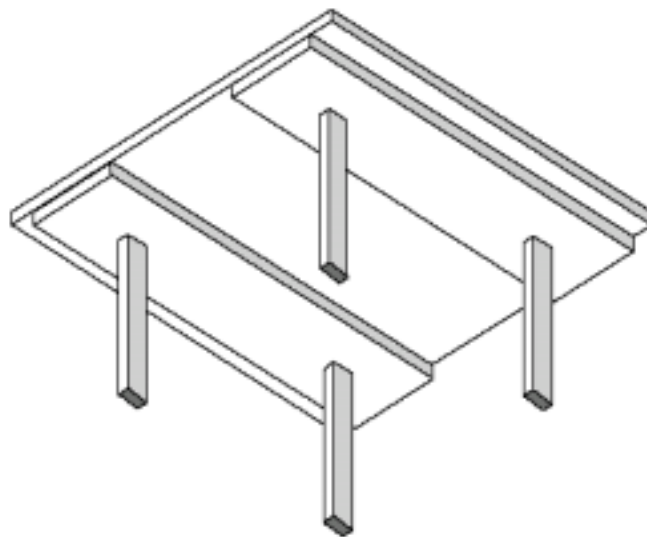
版若為四面皆由柱支撐，但其長短邊比例大於 2(意即係長方形)仍視為單向版(跨於短向)

若樑排列相當緊密，此樓板系統可視為肋形版(ribbed slab)



肋形版需耗費大量模板材料與工資

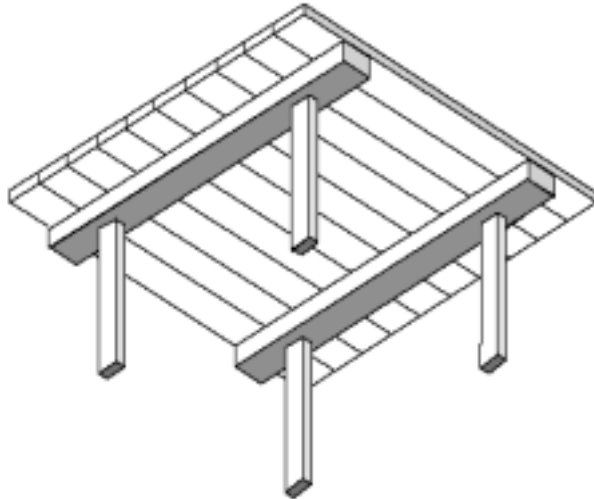
若版是由淺且寬之混凝土樑所支撐，稱為”帶樑”樓板系統(band bam)



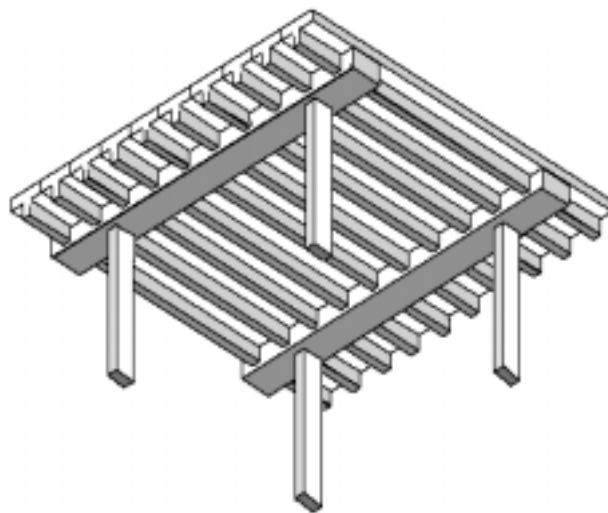
帶樑版系統之模板間單，較為經濟

預鑄樓板系統可搭配單向版系統施作

預鑄長條面板通常為矩形混凝土長版置放在預鑄混凝土樑上

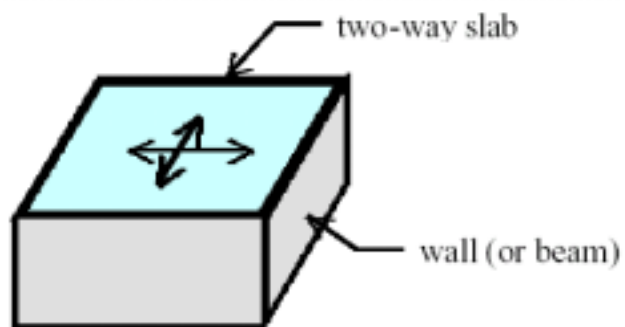


預鑄 T 型樑亦為常見之系統(特別在停車場結構中)



雙向版

版之四面皆由樑或牆支撐

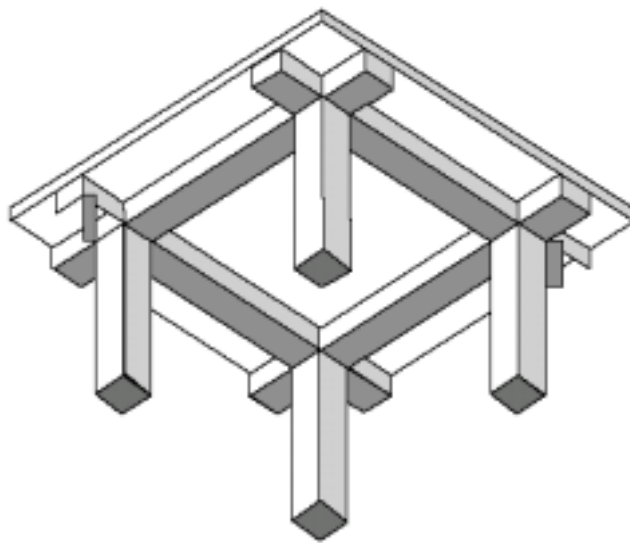


若為簡支承(即為單跨版) $l/d=28$

若為連續版 $l/d=39$

上述參考值假設版為正方形

若長短向尺寸比在 1:1 至 2:1 之間時可以雙向版及單向版之 l/d 值內插估計之其中 l 為短向尺寸



若樑相當緊密，稱為鬆餅版(因鬆餅 waffle 之紋路關係)

鬆餅紋路之版需大量模板成本

版之支撐樑

上數為版之經驗值，至於版下方之樑其尺寸經驗如下所述

若為簡支樑(即為單跨或樑端點彎矩) $l/d=12$

連續樑則為 $l/d=15$

懸臂版樑 $l/d=6$

上述經驗值為鋼樑或混凝土版樑皆適用

平板系統

當版下方沒有樑或牆支撐，而是直接由柱支撐時稱之

因為沒有柱所以模板成本相對減低

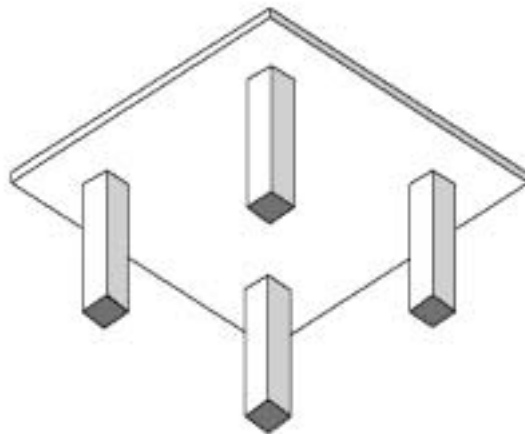
此系統最大重點是必須確保柱板接頭之強度足夠不致使版被柱”穿破”

因為沒有樑支撐，平板通常有較大之變形，也因此它們僅適用於較小之

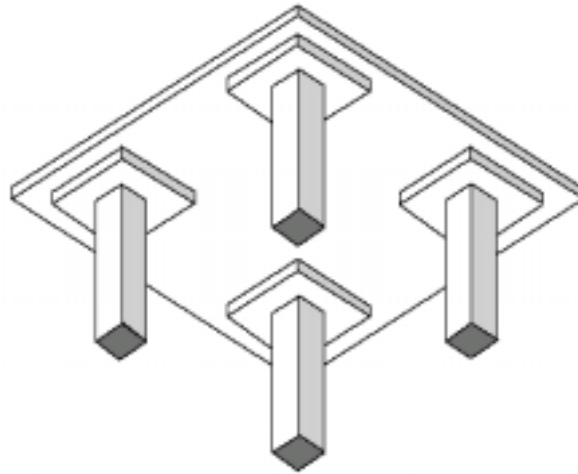
樓板系統

平板系統可分為兩大類

1. 均勻板 (flat plate)：均勻板之底部為完整之腹面，它的厚度各處均勻，並由板柱接頭之貫穿深度決定之，此系統之模板工資便宜但材料較貴。



2. 平厚板 (flat slab)：平厚版係在柱版結合處有加厚之版材。若加厚板材屬於板之一部份稱為墜版，若為柱之一部份稱為柱頭。



經驗尺寸為 $l/d=33$ (長向尺寸)

預力混凝土

預力泛指在混凝土中置放張力鋼索，並於混凝土硬化時加以伸展鋼索施加壓力於混凝土介面

預力混凝土之應用廣泛，由於它的力學特性，通常可加大細長桿件之跨長，故為樓板系統中不可或缺之一種實作方式

如何選擇一種適當的樓板系統

成本取決於工資之多寡，一般而言高工資區域使用簡易樓板型式較划算
使用較少材料不代表成本較低

平板系統可能因變形過大造成服務性功能不足，必須謹慎設計

下列為各種系統之適當跨具範圍

單向板 — up to 6 metres

預力單向板 — up to 9 metres

型鋼鈹鑄之單向板— up to 3 metres

雙向板— up to 7.5 metres

肋樑板— up to 8 metres

預力帶樑— up to 10 metres

均勻板— up to 6 metres

平厚板— up to 8 metres

預鑄長條板— up to 12 metres

預鑄 T 型樑板— up to 15 metres

最後我們必須留意在業界常以 2 尺(60 公分)為一尺度模組,改我們應儘可能使得樓板之尺寸為 2 尺之係數,如

3.6m — 常用之短跨長

4.8 m — 常用之跨長

5.4 m — 常用之跨長

7.2 m — 常用之長跨長

但欲保持 2 尺係數,常會因其他設計或施工考量而無法達成,所以這是視情形而定的一個設計考量。

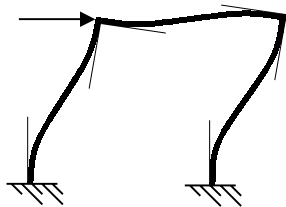
營建操作實習講義(part-3)

初步設計階段之分析工具

- 一、矩陣結構分析回顧
- 二、簡易近似結構分析方法回顧(暫略)

構架分析-1

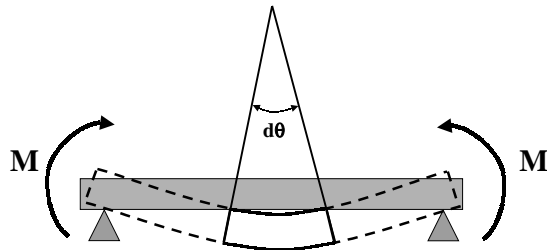
傾角撓度



結構分析-位移法

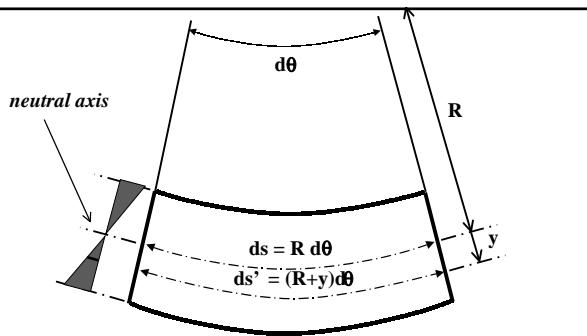
1

樑之撓曲變形



結構分析-位移法

2



$$\epsilon = \frac{\text{new length} - \text{original length}}{\text{original length}} = \frac{ds' - ds}{ds} = \frac{(R+y)d\theta - R d\theta}{R d\theta}$$

結構分析-位移法

3

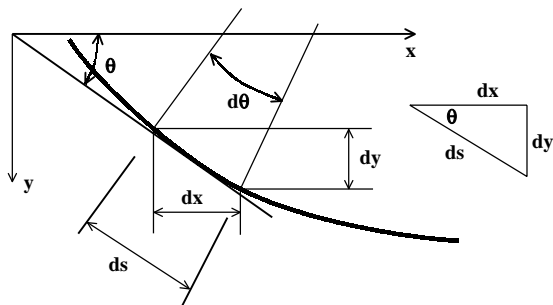
$$\epsilon = \frac{(R+y)d\theta - R d\theta}{R d\theta} = \frac{R d\theta + y d\theta - R d\theta}{R d\theta} = \frac{y}{R}$$

$$ds = R d\theta \rightarrow \frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{R}$$

結構分析-位移法

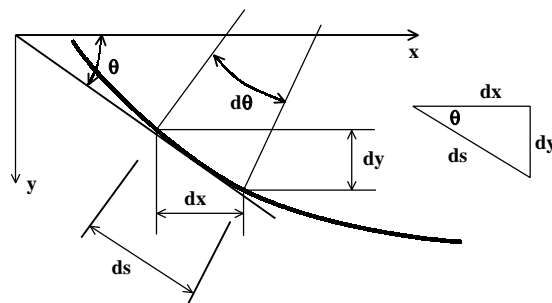
4

$$ds = R d\theta \rightarrow \frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{R}$$



結構分析-位移法

5

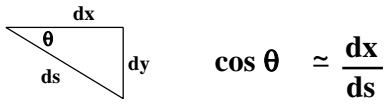


$$\frac{d}{ds} \left(\tan \theta \approx \frac{dy}{dx} \right) \rightarrow \sec^2 \theta \frac{d\theta}{ds} = \frac{d^2 y}{dx^2} \frac{dx}{ds}$$

結構分析-位移法

6

$$\sec^2 \theta \frac{d\theta}{ds} = \frac{d^2 y}{dx^2} \frac{dx}{ds}$$



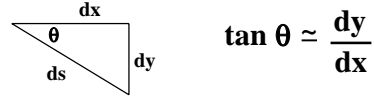
$$\cos \theta \approx \frac{dx}{ds}$$

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{d^2 y}{dx^2} \times \frac{1}{\sec^3 \theta} = \frac{d^2 y}{dx^2} \times \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta)^{3/2}}$$

結構分析-位移法

7

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{d^2 y}{dx^2} \times \frac{1}{(1 + \tan^2 \theta)^{3/2}}$$



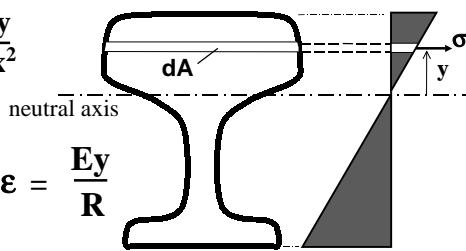
$$\tan \theta \approx \frac{dy}{dx}$$

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{R} = \frac{d^2 y}{dx^2} \times \frac{1}{[1 + (\frac{dy}{dx})^2]^{3/2}} \approx \frac{d^2 y}{dx^2}$$

結構分析-位移法

8

$$\frac{1}{R} \approx \frac{d^2 y}{dx^2}$$



$$\sigma = E\varepsilon = \frac{Ey}{R}$$

$$M = \int_A \sigma y dA = \int_A \frac{Ey^2}{R} dA = \frac{E}{R} \int_A y^2 dA$$

結構分析-位移法

9

$$M = \frac{E}{R} \int_A y^2 dA = \frac{EI}{R} = EI \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{E\sigma I}{Ey}$$

$$\frac{1}{R} \approx \frac{d^2 y}{dx^2} \approx \frac{\varepsilon}{y} = \frac{\sigma}{Ey}$$

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

結構分析-位移法

10

樑之撓曲變形關係

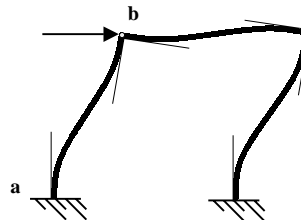
$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2}$$

正應力

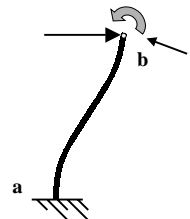
$$\sigma = \frac{My}{I}$$

結構分析-位移法

11

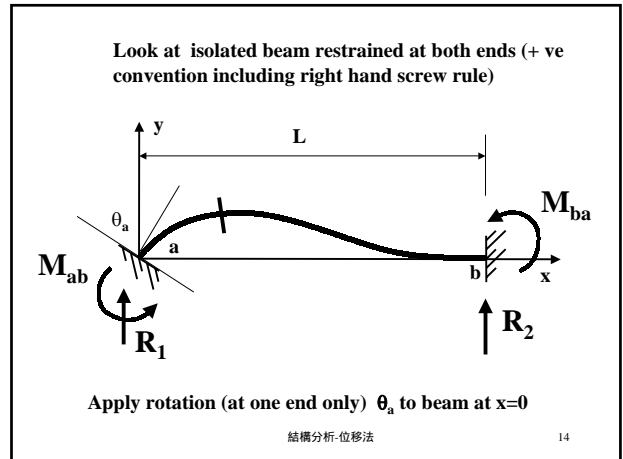
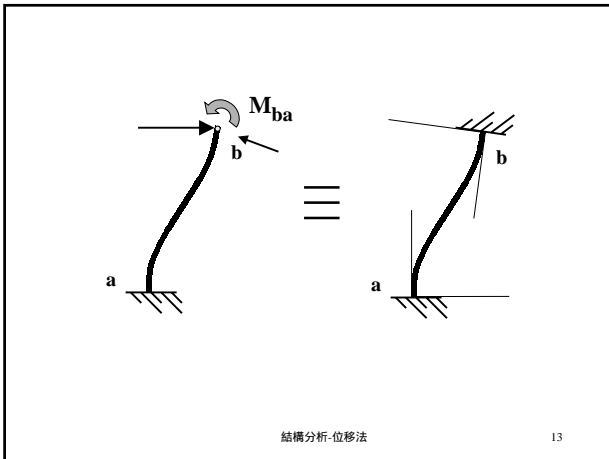


look at isolated member ab



結構分析-位移法

12



Free body diagram

Moment equilibrium

$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} = -M_{ab} + R_1x$$

Integrate w.r.t. x

$$EI \frac{dy}{dx} = -M_{ab}x + \frac{R_1x^2}{2} + C_1$$

$$EI y = -\frac{M_{ab}x^2}{2} + \frac{R_1x^3}{6} + C_1x + C_2$$

結構分析-位移法

15

Look at boundary conditions $\rightarrow @ x = 0 \quad \frac{dy}{dx} = \theta_a$

$$EI \frac{dy}{dx} = -M_{ab}x + \frac{R_1x^2}{2} + C_1 \rightarrow C_1 = EI\theta_a$$

結構分析-位移法

16

Also at same point $\rightarrow @ x = 0 \quad y = 0$

$$EI y = -\frac{M_{ab}x^2}{2} + \frac{R_1x^3}{6} + C_1x + C_2$$

$\rightarrow C_2 = 0$

結構分析-位移法

17

2 equations

$$EI y = -\frac{M_{ab}x^2}{2} + \frac{R_1x^3}{6} + EI\theta_a x$$

$$EI \frac{dy}{dx} = -M_{ab}x + \frac{R_1x^2}{2} + EI\theta_a$$

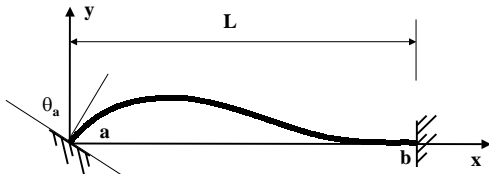
\rightarrow Still need to solve for M_{ab} and R_1

\rightarrow Need to look at other boundaries

結構分析-位移法

18

Look at other end point b → @ x = L y = 0



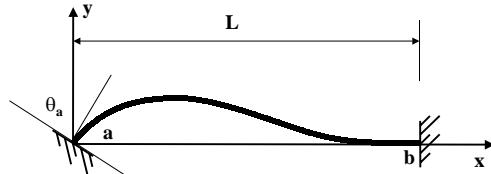
$$EI y = -\frac{M_{ab}x^2}{2} + \frac{R_1x^3}{6} + EI\theta_a x$$

$$0 = -\frac{M_{ab}L^2}{2} + \frac{R_1L^3}{6} + EI\theta_a L$$

結構分析-位移法

19

Also at point b → @ x = L $\frac{dy}{dx} = 0$



$$EI \frac{dy}{dx} = -M_{ab}x + \frac{R_1x^2}{2} + EI\theta_a$$

$$0 = -M_{ab}L + \frac{R_1L^2}{2} + EI\theta_a$$

結構分析-位移法

20

2 more equations

→ can now solve for M_{ab} and R_1

$$0 = -M_{ab}L + \frac{R_1L^2}{2} + EI\theta_a \quad (1)$$

$$0 = -\frac{M_{ab}L^2}{2} + \frac{R_1L^3}{6} + EI\theta_a L \quad (2)$$

(1) x L x - $\frac{1}{2}$ and add to (2)

結構分析-位移法

21

$$\rightarrow 0 = +\frac{M_{ab}L^2}{2} - \frac{R_1L^3}{4} - \frac{EI\theta_a L}{2} \quad (1b)$$

$$+ 0 = -\frac{M_{ab}L^2}{2} + \frac{R_1L^3}{6} + EI\theta_a L \quad (2)$$

$$0 = 0 - \frac{R_1L^3}{12} + \frac{EI\theta_a L}{2}$$

$$\rightarrow R_1 = \frac{6EI\theta_a}{L^2}$$

結構分析-位移法

22

Back substitute into (2)

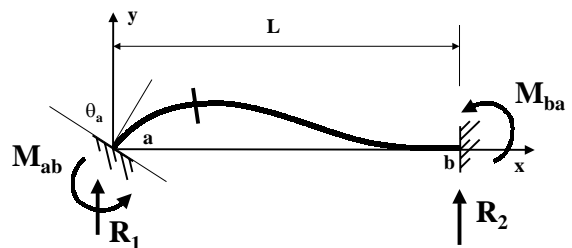
$$0 = -\frac{M_{ab}L^2}{2} + \frac{6EI\theta_a}{L^2} \times \frac{L^3}{6} + EI\theta_a L \quad (2)$$

$$\rightarrow M_{ab} = \frac{4EI\theta_a}{L}$$

結構分析-位移法

23

Look at moment equilibrium at point B



$$M_{ba} = -M_{ab} + R_1L = -\frac{4EI\theta_a}{L} + \frac{6EI\theta_a L}{L^2}$$

結構分析-位移法

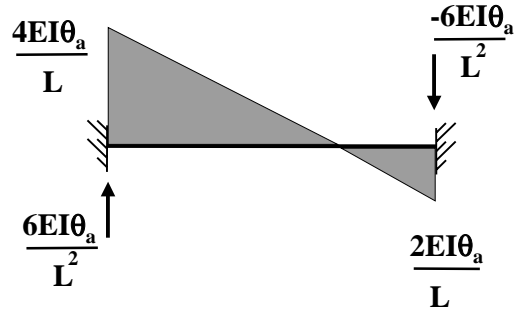
24

Thus

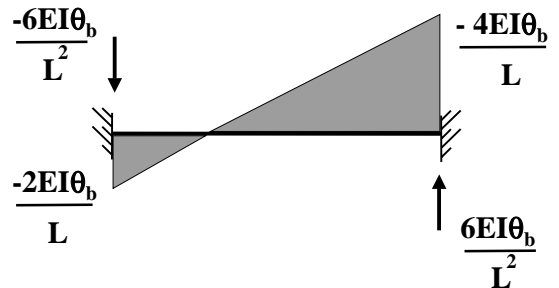
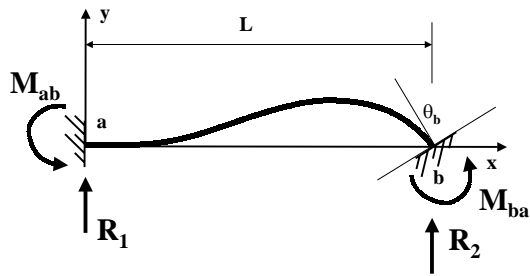
$$M_{ba} = -\frac{4EI\theta_a}{L} + \frac{6EI\theta_a}{L} = \frac{2EI\theta_a}{L}$$

Also from equilibrium

$$R_2 = -R_1 = -\frac{6EI\theta_a}{L^2}$$

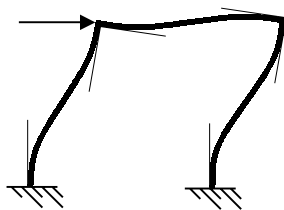


Now apply rotation at other end θ_b to beam at $x=L$

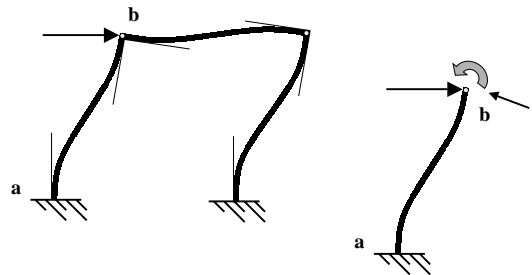


構架分析-2

側移

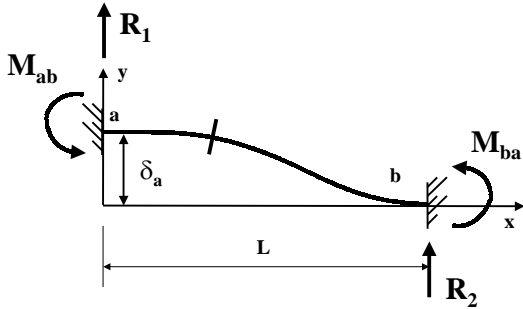


將傾角撓度關係加上側移因素後



looking at an isolated member ab

Let's now apply sway instead of rotation at point b

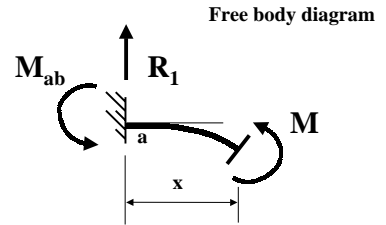


結構分析-位移法

31

Moment equilibrium

$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -M_{ab} + R_1 x$$



結構分析-位移法

32

$$M = EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -M_{ab} + R_1 x$$

Integrate w.r.t. x

$$EI \frac{dy}{dx} = -M_{ab} x + \frac{R_1 x^2}{2} + C_1$$

$$EI y = -\frac{M_{ab} x^2}{2} + \frac{R_1 x^3}{6} + C_1 x + C_2$$

結構分析-位移法

33

Look at boundary conditions \rightarrow @ $x = 0$ $\frac{dx}{dy} = 0$

$$EI \frac{dy}{dx} = -M_{ab} x + \frac{R_1 x^2}{2} + C_1$$

$$\rightarrow C_1 = 0$$

@ $x = 0$ $y = \delta_a$

$$EI \delta_a = -\frac{M_{ab} x^2}{2} + \frac{R_1 x^3}{6} + C_1 x + C_2$$

$$\rightarrow C_2 = EI \delta_a$$

結構分析-位移法

34

2 equations

$$EI \frac{dy}{dx} = -M_{ab} x + \frac{R_1 x^2}{2}$$

$$EI y = -\frac{M_{ab} x^2}{2} + \frac{R_1 x^3}{6} + EI \delta_a$$

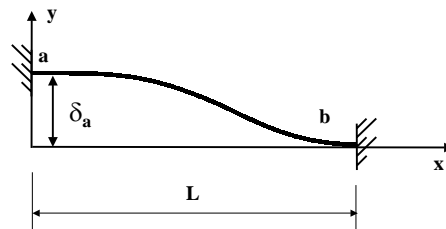
\rightarrow Still need to solve for M_{ab} and R_1

\rightarrow Need to look at other boundaries

結構分析-位移法

35

Look at other end point b \rightarrow @ $x = L$ $y = 0$

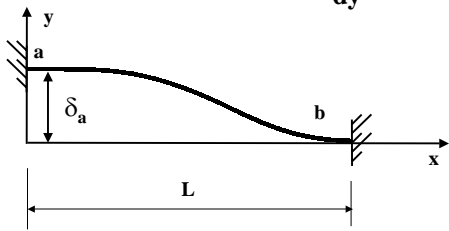


$$EI y = 0 = -\frac{M_{ab} L^2}{2} + \frac{R_1 L^3}{6} + EI \delta_a$$

結構分析-位移法

36

Also at point b $\rightarrow @ x = L \quad \frac{dx}{dy} = 0$



$$EI \frac{dy}{dx} = 0 = -M_{ab}L + \frac{R_1 L^2}{2}$$

結構分析-位移法

37

2 more equations

\rightarrow can now solve for M_{ab} and R_1

$$0 = -M_{ab}L + \frac{R_1 L^2}{2} \quad (1)$$

$$0 = -\frac{M_{ab} L^2}{2} + \frac{R_1 L^3}{6} + EI\delta_a \quad (2)$$

(1) $\times L \times \frac{1}{2}$ and add to (2)

結構分析-位移法

38

$$\rightarrow 0 = +\frac{M_{ab} L^2}{2} - \frac{R_1 L^3}{4} \quad (1b)$$

$$+ 0 = -\frac{M_{ab} L^2}{2} + \frac{R_1 L^3}{6} + EI\delta_a \quad (2)$$

$$0 = 0 - \frac{R_1 L^3}{12} + EI\delta_a$$

$$\rightarrow R_1 = \frac{12EI\delta_a}{L^3}$$

結構分析-位移法

39

Back substitute into (1b)

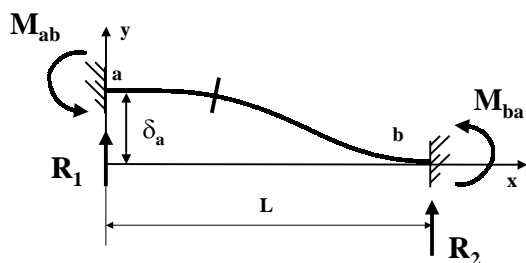
$$0 = -\frac{M_{ab} L^2}{2} + \frac{12EI\delta_a}{L^3} \times \frac{L^3}{4} \quad (1b)$$

$$\rightarrow M_{ab} = \frac{6EI\delta_a}{L^2}$$

結構分析-位移法

40

Look at moment equilibrium at point B



$$M_{ba} = -M_{ab} + R_1 L = -\frac{6EI\delta_a}{L^2} + \frac{12EI\delta_a L}{L^3}$$

結構分析-位移法

41

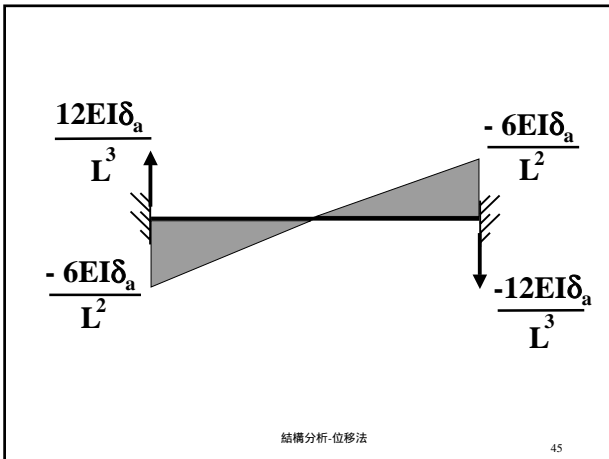
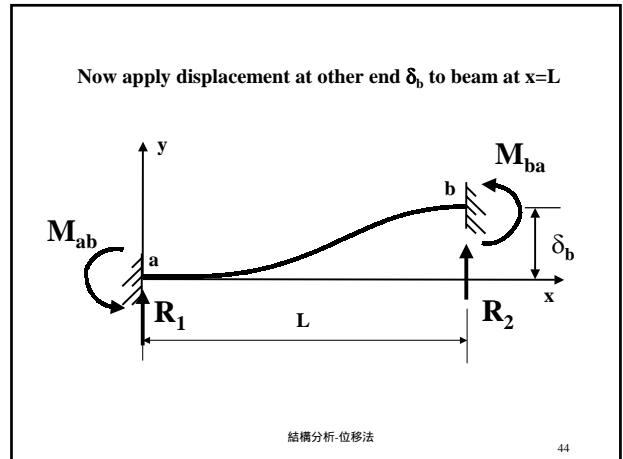
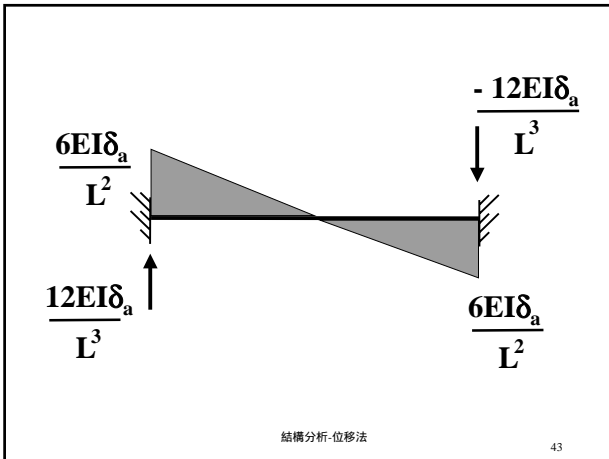
$$\rightarrow M_{ba} = \frac{6EI\delta_a}{L^2}$$

Also from equilibrium

$$R_2 = -R_1 = -\frac{12EI\delta_a}{L^3}$$

結構分析-位移法

42



Now apply both displacements and rotations at both ends $\theta_a, \delta_a, \theta_b, \delta_b$.

What do we have? Stiffness Matrix for 2D beam element.

$$\begin{bmatrix} M_a \\ R_1 \\ M_b \\ R_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4EI/L & 6EI/L^2 & 2EI/L & -6EI/L^2 \\ 6EI/L^2 & 12EI/L^3 & 6EI/L^2 & -12EI/L^3 \\ 2EI/L & 6EI/L^2 & 4EI/L & -6EI/L^2 \\ -6EI/L^2 & -12EI/L^3 & -6EI/L^2 & 12EI/L^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_a \\ \delta_a \\ \theta_b \\ \delta_b \end{bmatrix}$$

結構分析-位移法

46

Stiffness Matrix for 2D beam element with terms rearranged so that we start with reactions and then moments in force vector and sway and then rotations in displacements vector.

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ M_a \\ R_2 \\ M_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12EI/L^3 & 6EI/L^2 & -12EI/L^3 & 6EI/L^2 \\ 6EI/L^2 & 4EI/L & -6EI/L^2 & 2EI/L \\ -12EI/L^3 & -6EI/L^2 & 12EI/L^3 & -6EI/L^2 \\ 6EI/L^2 & 2EI/L & -6EI/L^2 & 4EI/L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_a \\ \theta_a \\ \delta_b \\ \theta_b \end{bmatrix}$$

結構分析-位移法

47

Another way of displaying matrix is as follows:

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ M_a \\ R_2 \\ M_b \end{bmatrix} = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_a \\ \theta_a \\ \delta_b \\ \theta_b \end{bmatrix}$$

Matrix symmetric about pivot line

Pivot line elements +ve and > 0

結構分析-位移法

48