

哈爾濱工業大學

土木系

# 畢業設計

題目：六層貨運倉庫基礎及岸壁擋土牆

1956

哈爾濱工業大學

畢業設計說明書

題目：六層貨運倉庫基礎及岸壁擋土牆

設計者： 陈 环

指導者： 苏联專家 П.Н.Чистяков  
科學技術副博士

教研室主任：

# 目 錄

## 第一部分 設 計 資 料

§ 1. 設計的任务和目的.....	1
§ 2. 建築地段描述.....	1
§ 3. 水文地質和氣象資料.....	1
§ 4. 土样校核及初步確定土壤耐压力.....	2

## 第二部分 基礎方案的選擇

§ 5. 荷重組合及上部結構計算.....	5
§ 6. 基礎之埋置深度及受力情况.....	17
§ 7. 基礎方案的選擇和初步設計.....	20
§ 8. 地下室地板的計算.....	56
§ 9. 地下室側牆計算.....	63
§10. 各方案比較.....	65

## 第三部分 地 基 計 算

§11. 地基允許承載量計算.....	70
§12. 沉陷量計算.....	71
§13. 地基加固.....	80

## 第四部分 岸壁擋土牆設計

§14. 確定擋土牆位置.....	81
§15. 方案的選擇.....	82
§16. 計算擋土牆外力.....	83
§17. 確定擋土牆尺寸和穩定性計算.....	86
§18. 擋土牆結構計算及配筋.....	93
§19. 方案的比較.....	97
§20. 沉陷量計算.....	99

## 第五部分 施 工

§21. 圍堰計算.....	101
§22. 抽水設備的設計.....	103
§23. 施工工程量.....	105

目 录

§24. 施工机械选择.....108

§25. 施工过程及施工组织计划.....110

結 束 語.....110

圖紙一覽表 .....111

参考書一覽表 .....111

参考文献

1. 施工组织设计手册.....112

2. 施工组织设计.....113

3. 施工组织设计.....114

4. 施工组织设计.....115

5. 施工组织设计.....116

6. 施工组织设计.....117

7. 施工组织设计.....118

8. 施工组织设计.....119

9. 施工组织设计.....120

10. 施工组织设计.....121

参考文献

1. 施工组织设计手册.....122

2. 施工组织设计.....123

3. 施工组织设计.....124

4. 施工组织设计.....125

5. 施工组织设计.....126

6. 施工组织设计.....127

7. 施工组织设计.....128

8. 施工组织设计.....129

9. 施工组织设计.....130

10. 施工组织设计.....131

参考文献

1. 施工组织设计手册.....132

2. 施工组织设计.....133

3. 施工组织设计.....134

4. 施工组织设计.....135

5. 施工组织设计.....136

6. 施工组织设计.....137

7. 施工组织设计.....138

8. 施工组织设计.....139

9. 施工组织设计.....140

10. 施工组织设计.....141

参考文献

1. 施工组织设计手册.....142

2. 施工组织设计.....143

3. 施工组织设计.....144

4. 施工组织设计.....145

5. 施工组织设计.....146

6. 施工组织设计.....147

7. 施工组织设计.....148

8. 施工组织设计.....149

9. 施工组织设计.....150

10. 施工组织设计.....151

# 第一部分 設計資料

## § 1. 設計的任務和目的:

隨着社会主义經濟建設的發展祖國內地將出現大量的新型的工業城市，黄河上游水电站的興建又進一步促進了祖國內地工農業的發展。黄河沿岸豐富的物產需要大量運往全國各地，隨着人民物質文化水平的提高，要求大量運入各種工業農業及生活日用品。根據實際需要決定在 1961 年度在河南省黄河南岸某新建的工業與商業都市修建大型的水運碼頭。該都市為我國社会主义建設的工業基地之一；全省貨物的集散地。

本設計即為設計該碼頭之擋土牆及六層鋼筋混凝土倉庫的地基及基礎。

## § 2. 建築地段描述

在第二個五年計劃後期，黄河已獲根本治理。由於上游大型水庫的修建及全面的進行水土保持工作，黄河面貌已全部改觀；含砂量已大大減低，變地上河為地下河；河床穩定、流量均勻，由於上游水庫的調節大流量與最小流量之比僅為 4/7，最高水位與最低水位相差僅二米；河床水深經常保持 6 米以上，千噸以上客貨輪可直接駛達該港。

該都市位於河南中部拔海在 100 公尺左右，地勢比較平坦，坡度約為 1/200；碼頭位於市區之東北郊，地勢平坦，周圍沒有較大建築物。

## § 3. 水文地質和氣象資料:

### 1. 溫度:

月平均最高溫度  $+25^{\circ}\text{C}$

月平均最低溫度  $-14^{\circ}\text{C}$

年平均溫度  $+8^{\circ}\text{C}$

2. 降雨量: 500~600 мм/год

3. 雪荷重: 30 кг/м<sup>2</sup>

4. 最大風速:  $V_{\max}=18$  м/сек

5. 流量:  $Q=2000\sim3500$  м<sup>3</sup>/сек

6. 流速:  $V=0.4\sim0.6$  м/сек

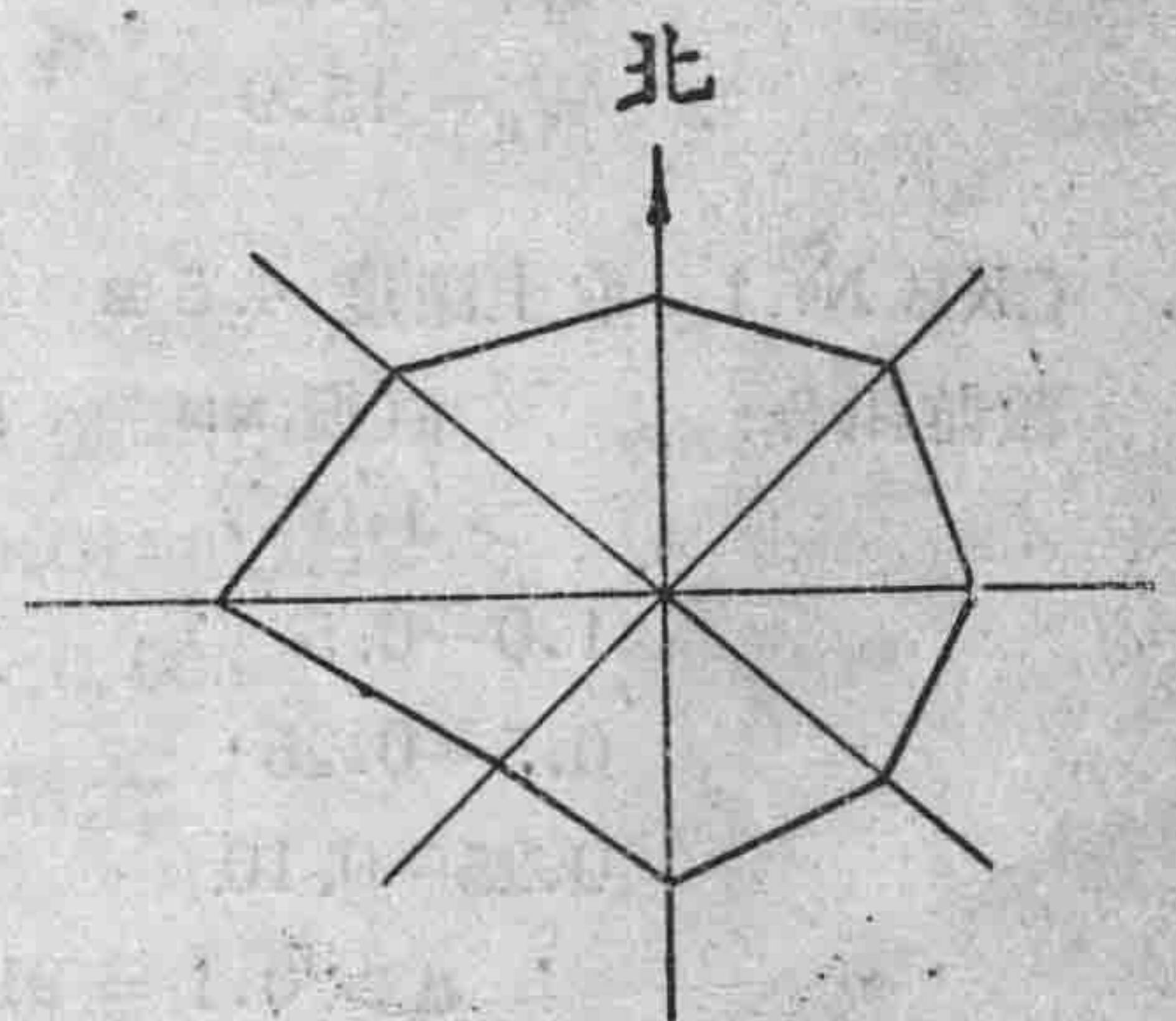
7. 比降:  $i=1:2500$

8. 冰凍期: 2 個半月 (12 月 1 月 2 月)

9. 冰凍深度: 0.6 м

10. 地質資料: (鑽孔圖及土壤原始資料見附圖及附表):

現有河岸為原來之高水河床，故地表下不深處有不厚的一層淤泥，其下即為極松細砂，然後為粗砂，距地面 20 м 處為堅硬粘土，地下水面隨着黄河水位而變動，最高水位距地面為 1 м 左右，最低水位距地面為 3 м，地下水為非侵蝕性。



風向圖

圖 1

土層:	第一層	填土	厚 0.5~1.0 м
	第二層	淤泥	厚 2.0~3.0 м
	第三層	細砂	厚 3.0~4.0 м
	第四層	粗砂	厚 8.0~9.0 м
	第五層	硬粘土	很深

#### § 4. 土樣校核及初步確定土壤耐壓力

(根據 НИТУ—6—48 及 Богсловский: основания и фундаменты)

1. СКВ № II 取土深度 0.5 м 現場名稱: 地面土 标高  
 $\gamma = 1.8 \text{ г/см}^2$   $W = 20.5\%$

2. СКВ № I 取土深度 2.5 м 工地名稱: 淤泥

顆粒組合:	直徑	百分數	直徑	百分數
	> 1.0	0	0.10—0.05	10.01°
	(1.0—0.5)	9.85	0.05—0.01	22.28
	(0.5—0.25)	16.69	0.01—0.005	24.52
	(0.25—0.10)	8.84	< 0.005	8.08
	$d < 0.005 = 8.84 < 10\%$		$3\% < 8.04\% < 10\%$	

故為亞砂土

物理指标

$\gamma_y = 2.65$	$B = \frac{W - W_p}{W_T - W_p} > 1.0$
$\gamma_o = 1.82$	
$W = 25\%$	$\Phi = 18.9 - 15.9 = 3.0$ 亞砂土
$W_T = 1.89$	
$W_p = 15.9$	$\epsilon = \frac{\gamma_y (1 - 0.01 w)}{\gamma_o} - 1 = \frac{2.65(1 - 0.25)}{1.82} = 0.81$

3. СКВ № 1 取土深度 4.5 м 現場名稱: 細砂

顆粒組合:	直徑 мм	百分數	直徑 мм	百分數
	> 1.0	0	0.10—0.05	4.29
	1.0—0.5	18.83	0.05—0.01	2.24
	0.5—0.25	25.22	0.01—0.005	0.40
	0.25—0.10	48.41	< 0.005	1.12
	$d > 0.1 = 91.95\% > 75\%$		細砂	

物理指标:

$\gamma_y = 2.704$	$\epsilon_{\max} = 0.995$
$\gamma_o = 1.82$	$\epsilon_{\min} = 0.54$
$W = 35.0\%$	

$$\epsilon = \frac{\gamma_y (1 + 0.01 w)}{\gamma_o} - 1 = \frac{2.704(1 + 0.35)}{1.82} - 1 = 1.0$$

$$D = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}} = \frac{0.955 - 1.0}{0.955 - 0.54} \approx 0 \quad \text{松的}$$

$$G = \frac{\gamma_y W}{\varepsilon} = \frac{2.701 \times 0.35}{0.995} = 1.0$$

4. CKB № 3 取土深 現場名称: 粗砂

顆粒組合:	直徑 MM	百分比	直徑 MM	百分比
	> 2.0	0	0.10—0.05	3.32
	2.0—1.0	14.96	0.05—0.01	1.57
	1.0—0.5	42.15	0.01—0.005	0.41
	0.5—0.25	25.13	< 0.005	1.43
	0.25—0.10	10.70		

$$d > 0.5 \text{ MM} = 57.11\% > 50\% \quad \text{粗砂}$$

物理指标:

$$\gamma_y = 2.698$$

$$\varepsilon_{\max} = 0.957$$

$$\gamma_o = 1.96$$

$$\varepsilon_{\min} = 0.522$$

$$W = 27.5\%$$

$$\varepsilon = \frac{\gamma_y (1 + 0.01 W)}{\gamma_o} = \frac{2.695(1 + 0.275)}{1.96} = 0.715$$

$$D = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}} = \frac{0.957 - 0.715}{0.957 - 0.522} = 0.58 < 0.66 \quad \text{中实}$$

$$G = \frac{\gamma_y W}{\varepsilon} = \frac{2.695 \times 0.275}{0.715} = 1.00$$

5. CKB № V 深 22 M 現場名称: 硬粘土

顆粒組合:	直徑	百分比	直徑	百分比
	> 0.25	0	0.05—0.01	20.5
	0.25—0.10	8.5	0.01—0.005	16.5
	0.10—0.05	4.5	< 0.005	50.0

$$d < 0.005 = 50\% > 30\% \quad \text{粘土}$$

物理指标:

$$\gamma_y = 2.718$$

$$W_T = 58.2$$

$$\gamma_o = 2.18$$

$$\Phi = 22.1 > 17 \quad \text{粘土}$$

$$W = 10.2\%$$

$$W_p = 36.1$$

$$\varepsilon = \frac{\gamma_y (1 + 0.01 W)}{\gamma_o} - 1 = \frac{2.718(1 + 0.1)}{2.18} = 0.38$$

$$B = \frac{W - W_p}{\Phi} < 0 \quad \text{坚硬的}$$

確定各層在標準狀況下 ( $b=1.0$   $h=2.0$  m) 的允許耐壓力

(1) 第一層 亞砂土

$B > 1$  為流動狀態由表中不能確定  $[\sigma_2] < 1.0$   $\text{kg/cm}^2$

(2) 第二層 細砂

$D=0$

$G=1.0$

為松散的用表不能確定  $(\sigma_2) < 1.0$   $\text{kg/cm}^2$

(3) 第三層 粗砂

$D=0.58$  中實

$G=1.0$  飽和

$[\sigma_2]_I = 3.5$   $\text{kg/cm}^2$   $[\sigma_2]_{II} = 4.0$   $\text{kg/cm}^2$

(4) 第四層 粘土

$B < 0$   $\epsilon = 0.38$

由表當  $B=0$   $\epsilon = 0.6$  時

$[\sigma_2]_I = 5.0$   $\text{kg/cm}^2$   $[\sigma_2]_{II} = 6.0$   $\text{kg/cm}^2$

當  $B < 0$  時 增加 20%

$[\sigma_2]_I = 5.0 \times 1.2 = 6.0$   $\text{kg/cm}^2$

$[\sigma_2]_{II} = 6.0 \times 1.2 = 7.2$   $\text{kg/cm}^2$

許可壓力列表

土層	名稱	指 標	$[\sigma_2]_I$ $\text{kg/cm}^2$	$[\sigma_2]_{II}$
2	亞砂土	$B > 1.0$ 流動的 $\epsilon = 0.88$	$< 1.0$	
3	細 砂	$G = 1.0$ $D = 0$ $\epsilon = 1.0$ 松散的	$< 1.0$	
4	粗 砂	$G = 1.0$ $D = 0.85$ $\epsilon = 0.75$	3.5	4.0
5	粘 土	$\epsilon = 0.38$ $B < 0$ 堅硬的	6.0	7.2

## 第二部分 基礎方案的選擇

### §5. 荷重組合及上部結構計算

#### 1. 荷重:

(1) 屋蓋	大型區格板及保護層	200 $\text{kg}/\text{m}^2$
	雪荷重	30 $\text{kg}/\text{m}^2$
(2) 第五層	樓板	500 $\text{kg}/\text{m}^2$
	活荷重	2000 $\text{kg}/\text{m}^2$
(3) 第四層	樓板	500 $\text{kg}/\text{m}^2$
	活荷重	2000 $\text{kg}/\text{m}^2$
(4) 第三層	樓板	500 $\text{kg}/\text{m}^2$
	活荷重	2000 $\text{kg}/\text{m}^2$
(5) 第二層	樓板	500 $\text{kg}/\text{m}^2$
	活荷重	2000 $\text{kg}/\text{m}^2$
(6) 第一層	樓板	640 $\text{kg}/\text{m}^2$
	活荷重	3000 $\text{kg}/\text{m}^2$
(7) 地下室	活荷重	2000 $\text{kg}/\text{m}^2$
	地板	600 $\text{kg}/\text{m}^2$

(8) 外牆 厚 38 cm 採用空心磚牆

山 牆 每米重 =  $0.38 \times 21 \times 1300 = 10400 \text{ kg/m}$

面 牆 每米重 =  $0.38 \times 21 \times 1300 (1 - 0.3) = 7300 \text{ kg/m}$

隔火牆 每米重 =  $0.07 \times 21 \times 1300 = 1900 \text{ kg/m}$

柱自重 採取平均断面  $50 \times 50$

=  $0.5 \times 0.5 \times 21 \times 2400 = 12600 \text{ kg}$

(9) 吊車荷重: 選用

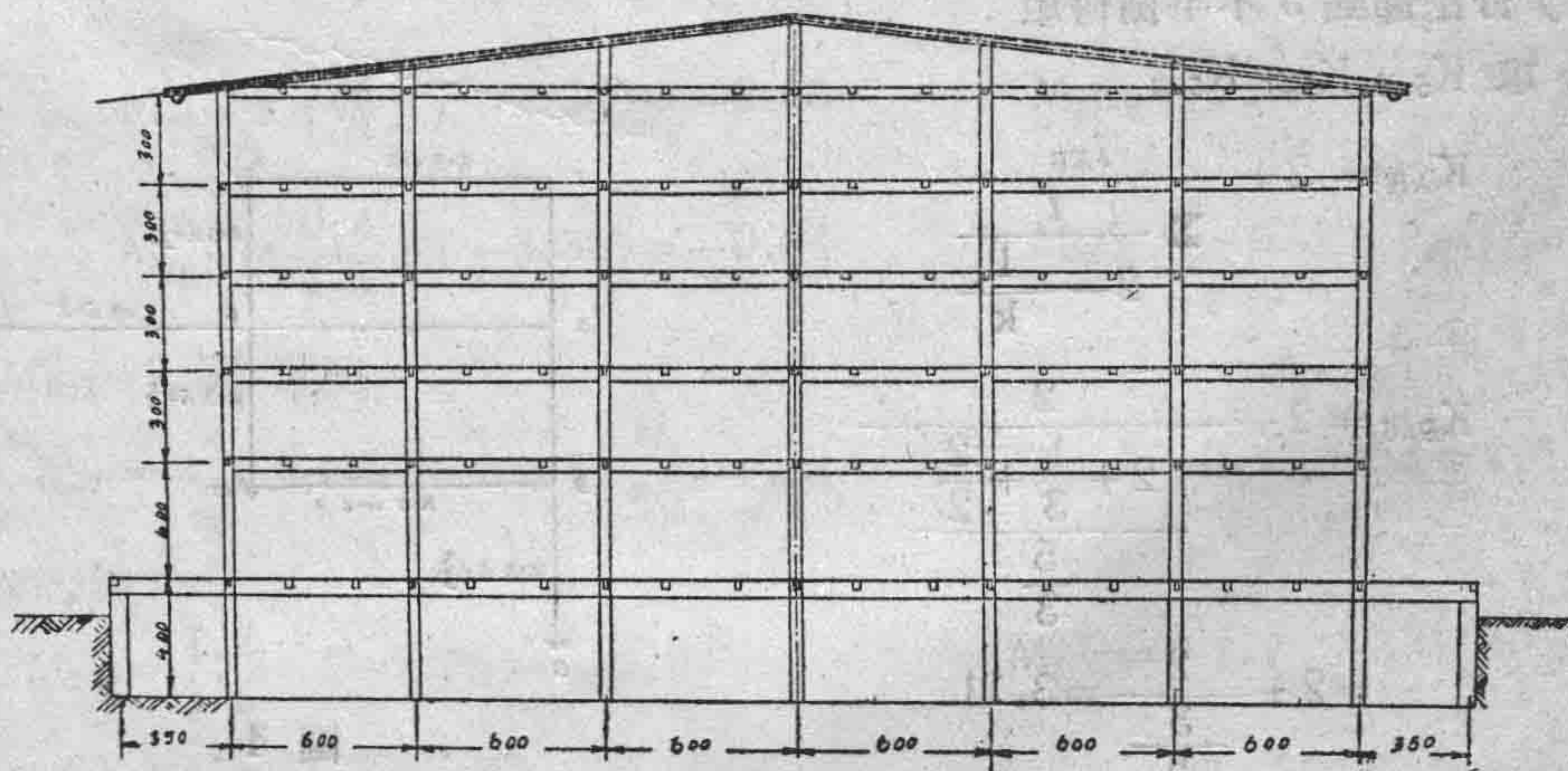


圖 2 a) 倉庫断面圖

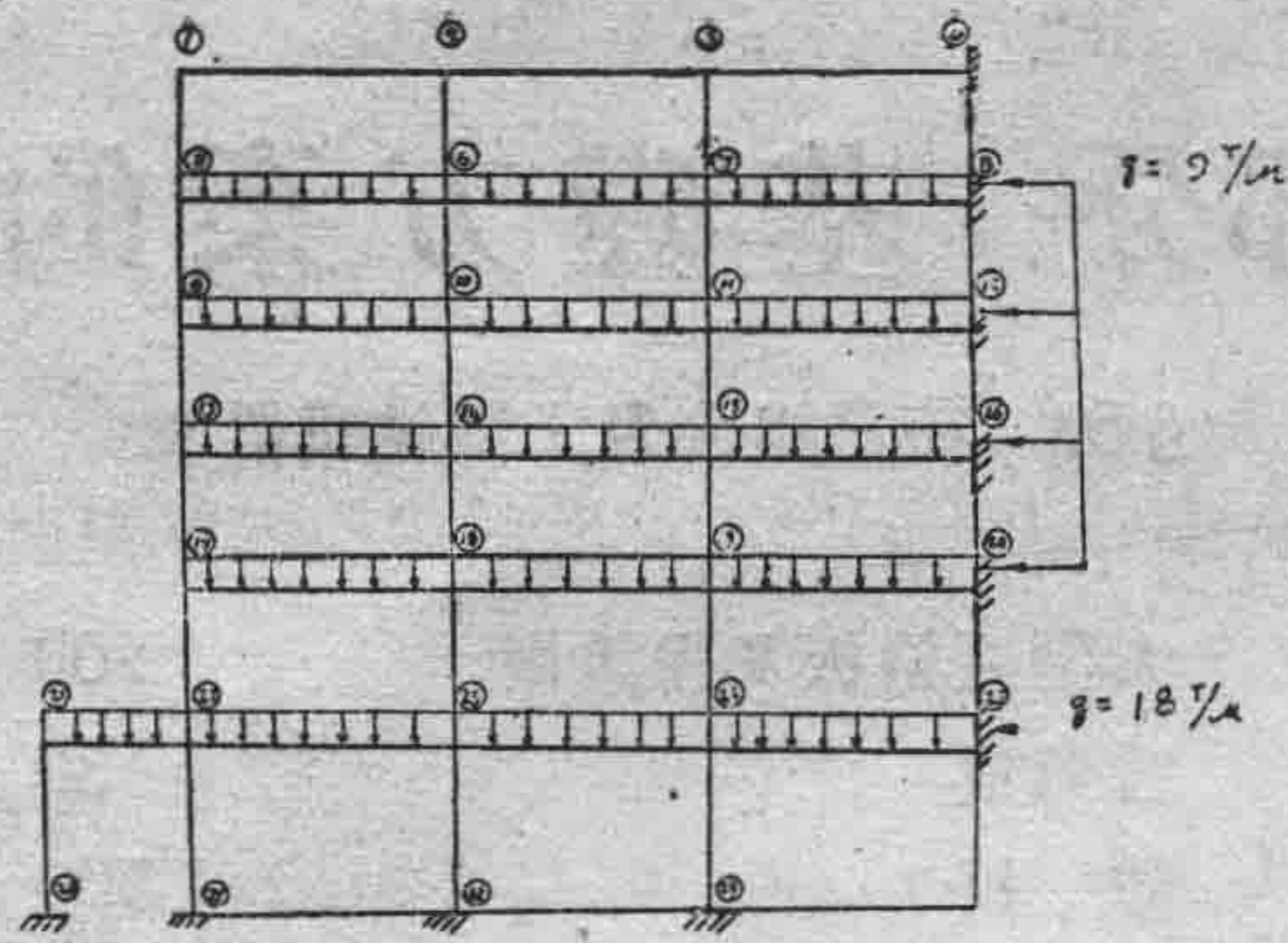


圖 2.6) 計算草圖

(10) 風荷重:

$$V = 18 \text{ м/сек}$$

$$q = \frac{(V)^2}{16} = \frac{900}{16} = 56 \text{ кг/м}^2$$

$$+P_B = K q = 0.8 \times 56 = 45 \text{ кг/м}^2$$

$$-P_B = 0.4 \times 56 = 22.5 \text{ кг/м}^2$$

(11) 月台上之荷重 採用 3000 кг/м<sup>2</sup>

2. 荷重組合及計算, 由於本設計之主要內容為地基及基礎, 同時為時間所限, 故上部結構及荷重計算應盡量簡化, 根據專家意見不考慮荷重分佈的最不利情況認全部活荷重滿載, 如圖。

由圖知當全部荷重作用時, 因結構為等跨對稱, 故僅邊跨產生不平衡力矩, 故解剛架用近似解法, 僅將該不平衡彎矩分配即可。

現用遼塞爾 (Лцер) 方法分配邊節點不平衡彎矩, 設該彎矩只傳給相隣兩個節點, 且假設除與節點本身相隣之跨度外其他跨度之焦點一律取等於 „3”

(1) 分配節點 5 不平衡彎矩

a) 求  $K_{5-6}$   $K_{5-1}$   $K_{5-9}$

$$K_{AB} = 2 + \frac{i_{AB}}{\sum \frac{l}{2 - \frac{1}{k}}}$$

$$K_{5-6} = 2 + \frac{2}{2 + \frac{1}{3} + \frac{2}{2}}$$

$$= 2 + \frac{2}{\frac{5}{3}} = 3.11$$

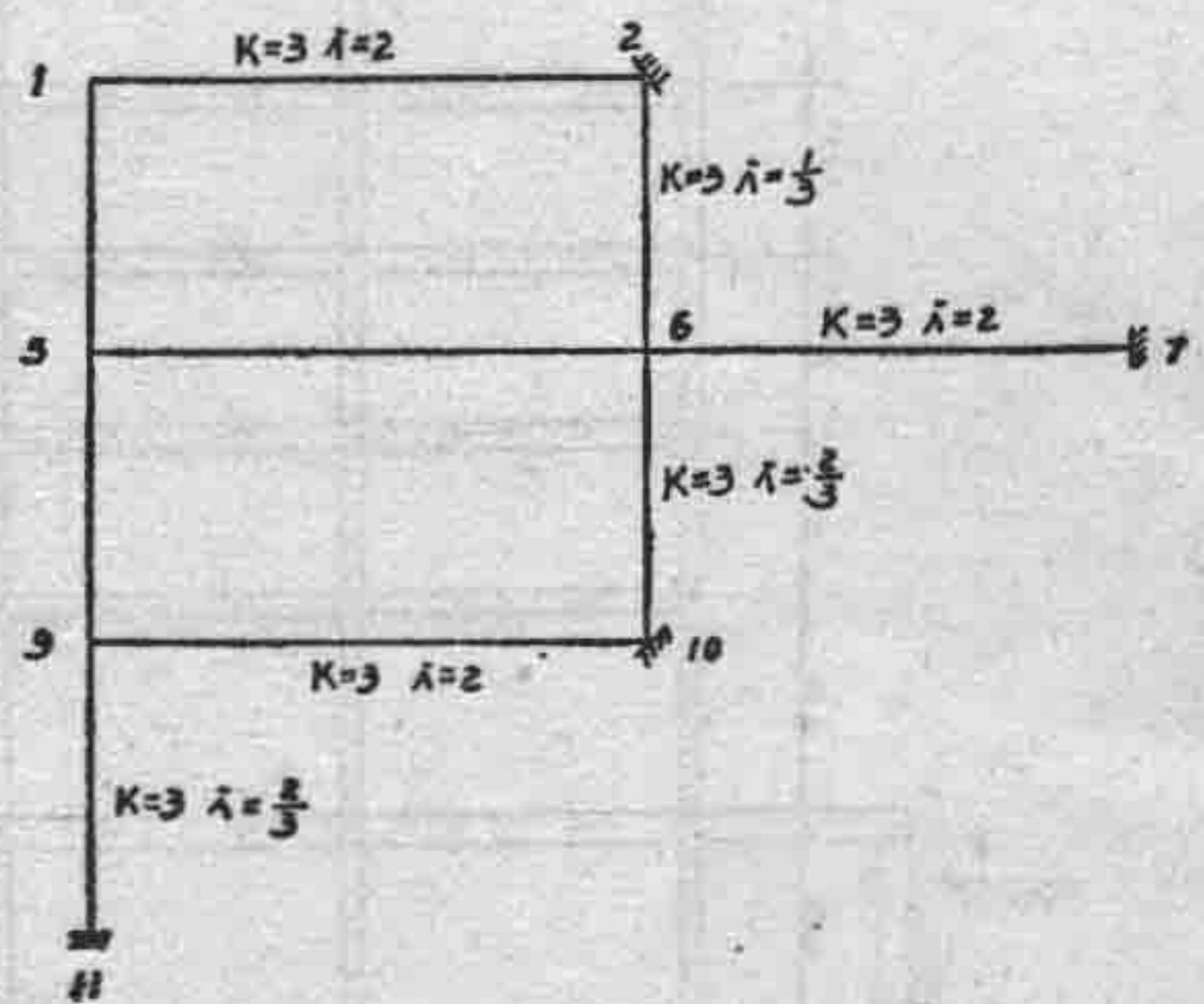


圖 4

$$K_{5-1} = 2 + \frac{\frac{1/3}{2}}{\frac{5/3}}{2} = 2.28$$

$$K_{5-9} = 2 + \frac{\frac{2/3}{2 + 2/3}}{\frac{5}{3}} = 2.416$$

6) 各桿之相對剛度

$$\bar{i} = \frac{i}{2 - \frac{1}{k}}$$

$$\bar{i}_{5-6} = \frac{2}{2 - \frac{1}{3.11}} = 1.19$$

$$\bar{i}_{5-1} = \frac{1/3}{2 - \frac{1}{2.28}} = 0.213$$

$$\bar{i}_{5-9} = \frac{2/3}{2 - \frac{1}{2.416}} = 0.42$$

$$M_{1-5} = \frac{M_{5-1}}{K_{5-1}} = \frac{4.2}{2.28} = 1.84$$

$$M_{9-5} = \frac{M_{5-9}}{K_{5-9}} = \frac{8.3}{2.416} = 3.36$$

彎矩分配

$$M_{AB} = \frac{-M \bar{i}_{AB}}{\sum \bar{i}}$$

$$M_{5-6} = \frac{+36 \times 1.19}{1.19 + 0.231 + 0.42} = +23.5$$

$$M_{5-1} = \frac{36 \times 0.213}{1.82} = 4.2$$

$$M_{5-9} = \frac{36 \times 0.42}{1.82} = 8.3$$

$$M_{6-5} = \frac{M_{5-6}}{K_{5-6}} = \frac{23.5}{3.11} = 7.55$$

將  $M_{9-5}$  分配

$$\bar{i}_{9-10} = \frac{2}{\frac{5}{3}} = 1.2$$

$$\sum \bar{i} = 1.6$$

$$\bar{i}_{9-13} = \frac{2/3}{5/3} = 0.4$$

$$M_{9-10} = \frac{1.2}{1.6} \times (-3.36) = -2.63$$

$$M_{10-9} \approx 0.87$$

$$M_{9-13} = \frac{0.4}{1.6} \times (-3.36) = -0.84$$

$$M_{13-9} = -0.3$$

將  $M_{6-5} = 7.55$  分配

$$\bar{i}_{6-7} = \frac{2}{\frac{5}{3}} = 1.2 \quad \bar{i}_{6-2} = \frac{1/3}{5/3} = 0.2 \quad \bar{i}_{6-10} = \frac{2/3}{3/5} = 0.4 \quad \sum \bar{i} = 1.8$$

$$M_{6-7} = \frac{1.2}{1.8} \times (-7.55) = -5.0$$

$$M_{7-6} = -1.7$$

$$M_{6-2} = \frac{0.2}{1.8} \times (-7.55) = -0.84$$

$$M_{2-6} = -0.3$$

$$M_{6-10} = \frac{0.4}{1.8} \times (-7.55) = -1.68$$

$$M_{10-6} = -0.55$$

(2) 分配節點 9 之不平衡彎矩  $M = -36 \text{ T-M}$

求  $K_{9-10}$   $K_{9-5}$   $K_{9-13}$

$$K_{9-10} = \frac{2}{2 + \frac{4}{3}} \times \frac{5}{3} + 2 = 3$$

$$K_{9-5} = \frac{1/3}{4/3} \times \frac{5}{3} + 2 = 2.416$$

$$K_{9-13} = \frac{2/3}{2 + 4/3} \times \frac{5}{3} + 2 = 2.33$$

$$\bar{i}_{9-10} = \frac{2}{\frac{5}{3}} = 1.2$$

$$\bar{i}_{9-5} = \frac{2/3}{1 - 1/2.416} = 0.417 \quad \Sigma \bar{i} = 2.041$$

$$\bar{i}_{9-13} = \frac{2/3}{1 - 1/2.33} = 0.424$$

$$M_{9-10} = \frac{1.2}{2.041} \times 36 = 21$$

$$M_{10-9} = \frac{21}{3} = 7$$

$$M_{9-13} = \frac{0.414}{2.014} \times 36 = 7.5$$

$$M_{13-9} = \frac{7.5}{2.33} = 3.2$$

$$M_{9-5} = \frac{0.424}{2.041} \times 36 = 7.5$$

$$M_{5-9} = \frac{7.5}{2.416} = 3.1$$

分配  $M_{10-9}$

$$\bar{i}_{10-11} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \bar{i}_{10-6} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{5} = 0.4 \quad \bar{i}_{10-14} = 0.4 \quad \Sigma \bar{i} = 2.0$$

$$\therefore M_{10-6} = \frac{0.4}{2.0} \times (-7.5) = -1.5$$

$$M_{6-10} = -0.5 = M_{14-10}$$

$$M_{10-11} = \frac{1.2}{2.0} \times (-7.5) = -4.5$$

$$M_{11-10} = -1.5$$

分配  $M_{5-9}$

$$\bar{i}_{5-1} = \frac{1}{3} \times \frac{3}{5} = 0.2 \quad \bar{i}_{5-6} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \Sigma \bar{i}_{5-} = 1.4$$

$$\therefore M_{5-1} = \frac{0.2}{1.4} \times (-3.1) = -0.44$$

$$M_{1-5} = \frac{-0.44}{3} = -0.14$$

$$M_{5-6} = \frac{1.2}{1.4} \times (-3.1) = -2.7$$

$$M_{6-5} = \frac{-2.7}{3} = -0.9$$

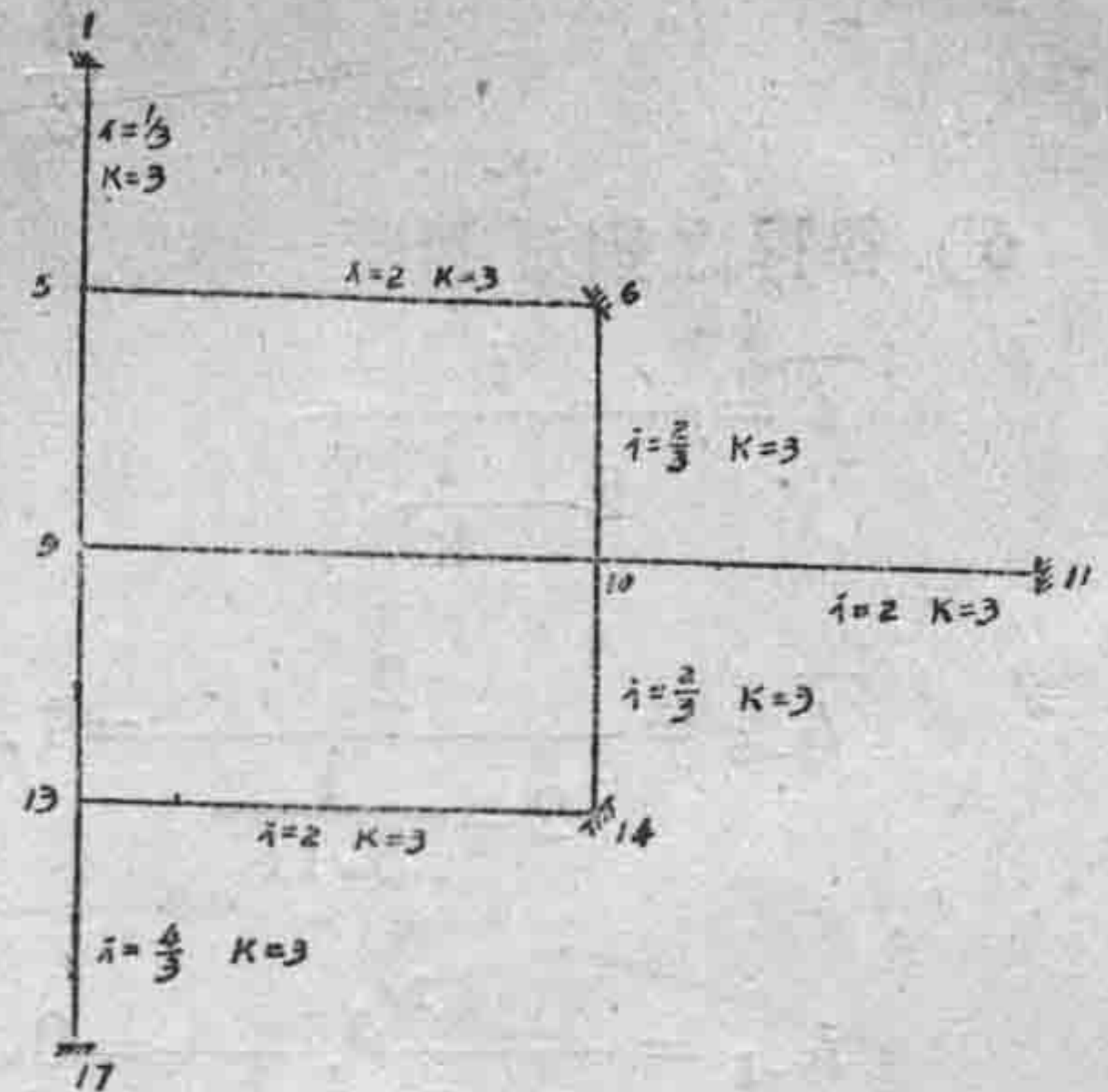


圖 5

分配  $M_{13-9} = 3.2$

$$\bar{i}_{13-14} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \bar{i}_{13-17} = \frac{4}{3} \times \frac{3}{5} = 0.8 \quad \Sigma \bar{i} = 2.0$$

$$M_{13-14} = \frac{1.2}{2.0} (-3.2) = -1.92 \quad M_{14-13} = -0.64$$

$$M_{13-17} = \frac{0.8}{2.0} (-3.2) = -1.28 \quad M_{17-13} = -0.42$$

(3) 節點 13 的不平衡弯矩

$$K_{13-9} = 2 + \frac{2/3}{2+2/3} \times \frac{5}{3} = 2.417$$

$$K_{13-14} = 2 + \frac{2}{2 + \frac{2}{3} + \frac{4}{3}} \times \frac{5}{3} = 2.83$$

$$K_{13-17} = 2 + \frac{4/3}{2+2} \times \frac{5}{3} = 2.55$$

$$\bar{i}_{13-9} = \frac{2/3}{2 - \frac{1}{2.417}} = 0.42$$

$$\bar{i}_{13-14} = \frac{2}{2 - \frac{1}{2.83}} = 1.20 \quad \Sigma \bar{i} = 2.44$$

$$\bar{i}_{13-17} = \frac{4/3}{2 - \frac{1}{2.55}} = 0.82$$

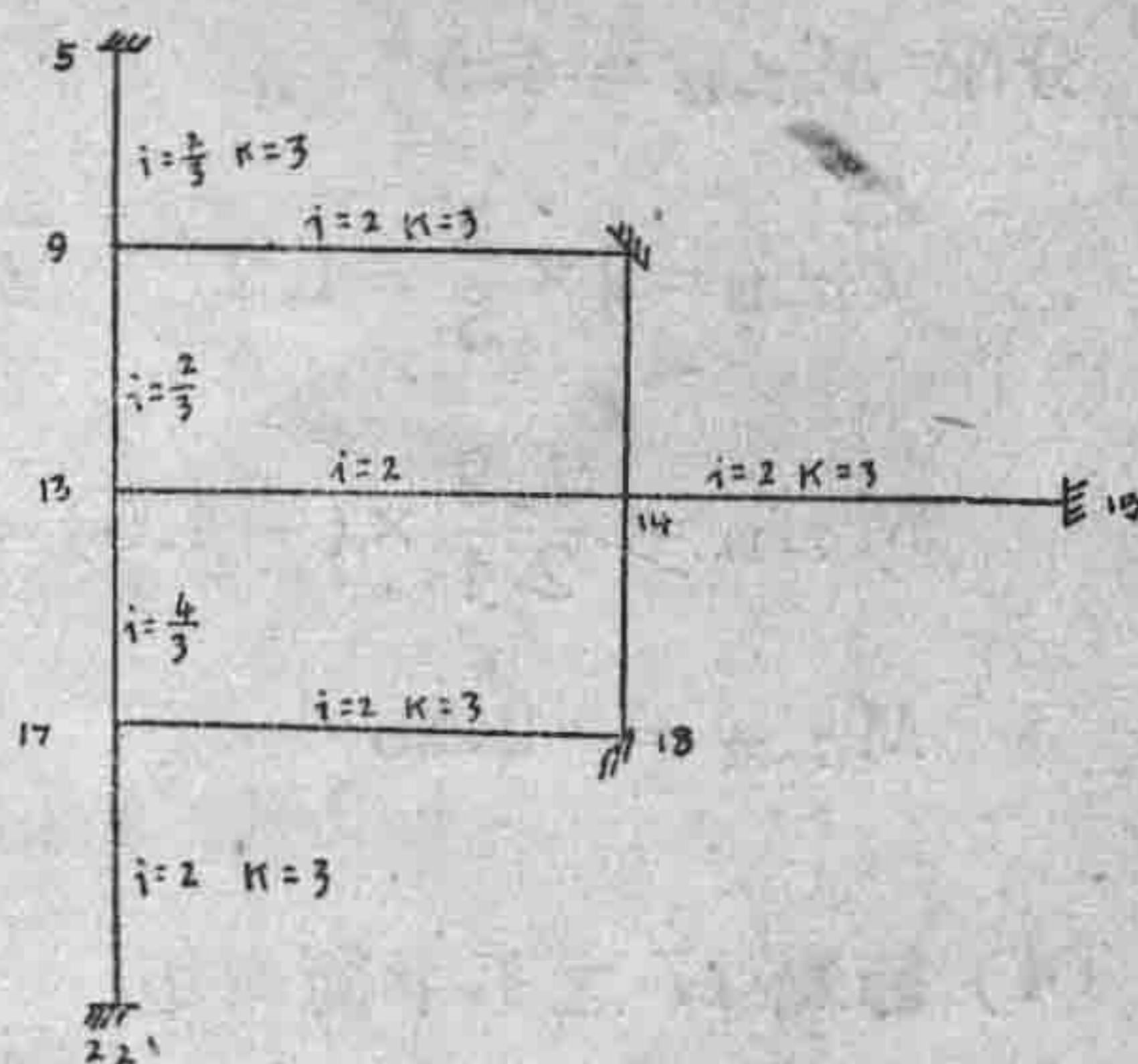


圖 6

將  $M_{9-} = -36$  分配

$$M_{13-9} = \frac{0.42}{2.44} \times 36 = 6.2$$

$$M_{9-13} = \frac{6.2}{2.417} = 2.56$$

$$M_{13-14} = \frac{0.12}{2.44} \times 36 = 17.7$$

$$M_{14-13} = \frac{17.7}{2.83} = 6.26$$

$$M_{13-17} = \frac{0.82}{2.44} \times 36 = 12$$

$$M_{17-13} = \frac{12}{2.55} = 4.5$$

分配  $M_{9-13} = 2.56$

$$\bar{i}_{9-5} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{5} = 0.4 \quad \bar{i}_{9-10} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \Sigma \bar{i} = 1.6$$

$$M_{9-5} = -2.56 \times \frac{0.4}{1.6} = -0.6$$

$$M_{5-9} = \frac{-0.6}{3} = -0.2$$

$$M_{9-10} = -2.56 \times \frac{1.2}{1.6} = -2.0$$

$$M_{10-9} = \frac{-2.0}{3} = -0.7$$

分配  $M_{14-13} = +6$

$$\bar{i}_{14-15} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \bar{i}_{14-10} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{5} = 0.4 \quad \bar{i}_{14-18} = 0.8 \quad \Sigma \bar{i} = 2.4$$

$$M_{14-15} = \frac{1.2}{2.4} \times (-6) = -3.0 \quad M_{15-14} = \frac{-3.0}{3} = -1.0$$

$$M_{14-10} = \frac{0.4}{2.4} \times (-6) = -1.0 \quad M_{10-14} = -0.3$$

$$M_{14-18} = \frac{0.8}{2.4} \times (-6) = -2.0 \quad M_{18-14} = -0.7$$

分配  $M_{17-13} = 4.5$

$$\bar{i}_{17-18} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \bar{i}_{17-22} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \Sigma \bar{i} = 2.4$$

$$M_{17-18} = \frac{1.2}{2.4} \times (-4.5) = -2.25 \quad M_{18-17} = -0.7$$

$$M_{17-22} = -2.25 \quad M_{22-17} = -0.7$$

(4) 節點 17 之不平衡弯矩

$$K_{17-18} = 2 + \frac{2}{\frac{2+2+4/3}{5/3}} = 2.62$$

$$K_{17-22} = 2 + \frac{2}{\frac{5}{2-\frac{1}{3}} + \frac{3}{2-\frac{1}{2}} + \frac{5}{2-\frac{1}{3}}} = 2.25$$

$$K_{17-13} = 2 + \frac{4/3}{\frac{2+\frac{2}{3}}{5/3}} = 2.83$$

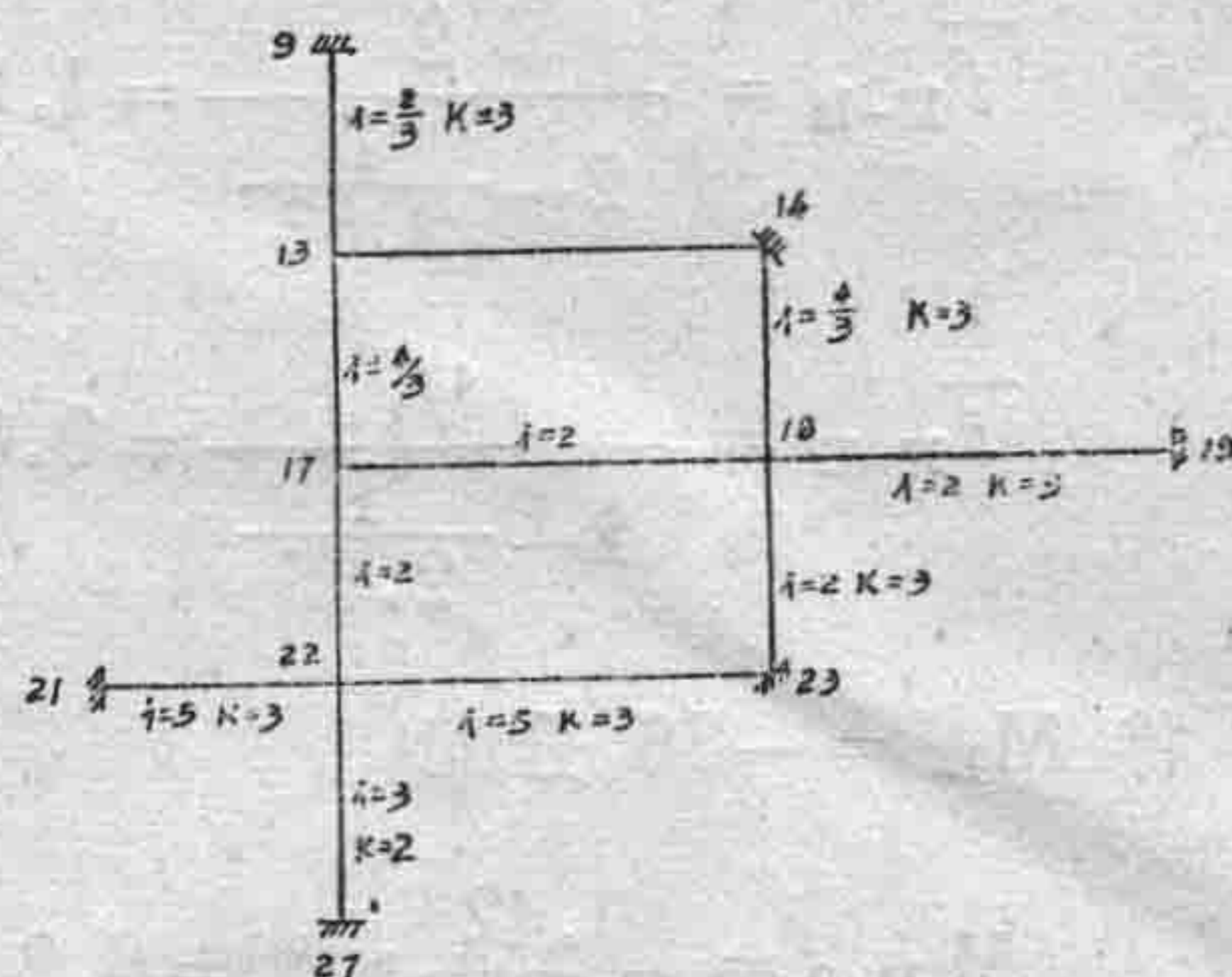


圖 7

$$\text{求 } \bar{i}_{17-18} = \frac{2}{2-\frac{1}{2.62}} = 1.23 \quad \bar{i}_{17-13} = \frac{4/3}{2-\frac{1}{2.83}} = 0.80 \quad \bar{i}_{17-22} = \frac{2}{2-\frac{1}{2.24}} = 1.27$$

$$\Sigma \bar{i} = 3.3$$

$$M_{17-22} = \frac{1.27}{3.3} \times (+36) = 13.9 \quad M_{22-17} = \frac{13.9}{2.24} = 6.2$$

$$M_{17-18} = \frac{1.27}{3.3} \times 26 = 10.0 \quad M_{18-17} = \frac{10.0}{2.62} = +3.8$$

$$M_{17-13} = \frac{0.80}{3.3} \times 36 = 8.7 \quad M_{13-17} = \frac{8.7}{2.83} = 3.1$$

分配  $M_{22-17} = 6.2 \text{ T-M}$

$$\bar{i}_{22-23} = \frac{5}{2 - \frac{1}{3}} = 3.0 \quad \bar{i}_{22-21} = \frac{5}{2 - \frac{1}{2}} = 3.3 \quad \bar{i}_{22-27} = \frac{3}{2 - \frac{1}{2}} = 2.0$$

$$\Sigma \bar{i} = 8.3$$

$$M_{22-27} = \frac{-2.0}{8.3} \times 6.2 = -1.5$$

$$M_{27-22} = -1.5 \times \frac{1}{2} = -0.75$$

$$M_{22-23} = \frac{3.0}{8.3} (-6.2) = -2.24$$

$$M_{23-22} = \frac{-2.24}{3} = -0.7$$

$$M_{22-21} = \frac{3.3}{8.3} (-6.2) = -2.46$$

$$M_{21-22} = \frac{-2.46}{3} = -0.8$$

分配  $M_{18-17} = 5.2$

$$\bar{i}_{18-19} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \bar{i}_{18-14} = \frac{4}{3} \times \frac{3}{5} = 0.8 \quad \bar{i}_{18-23} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \Sigma \bar{i} = 3.2$$

$$M_{18-19} = \frac{1.2}{3.2} (-5.2) = -2.0$$

$$M_{19-18} = -0.7$$

$$M_{18-14} = \frac{0.8}{3.2} (-5.2) = -1.3$$

$$M_{14-18} = -0.4$$

$$M_{18-23} = -2.0$$

$$M_{23-18} = -0.7$$

分配  $M_{13-17} = 3.1$

$$\bar{i}_{13-9} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{5} = 0.4 \quad \bar{i}_{13-14} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \Sigma \bar{i} = 1.6$$

$$M_{13-9} = \frac{0.4}{1.6} (-3.1) = -0.8$$

$$M_{9-13} = -0.3$$

$$M_{13-14} = \frac{1.2}{1.6} (-3.1) = -2.4$$

$$M_{14-13} = -0.8$$

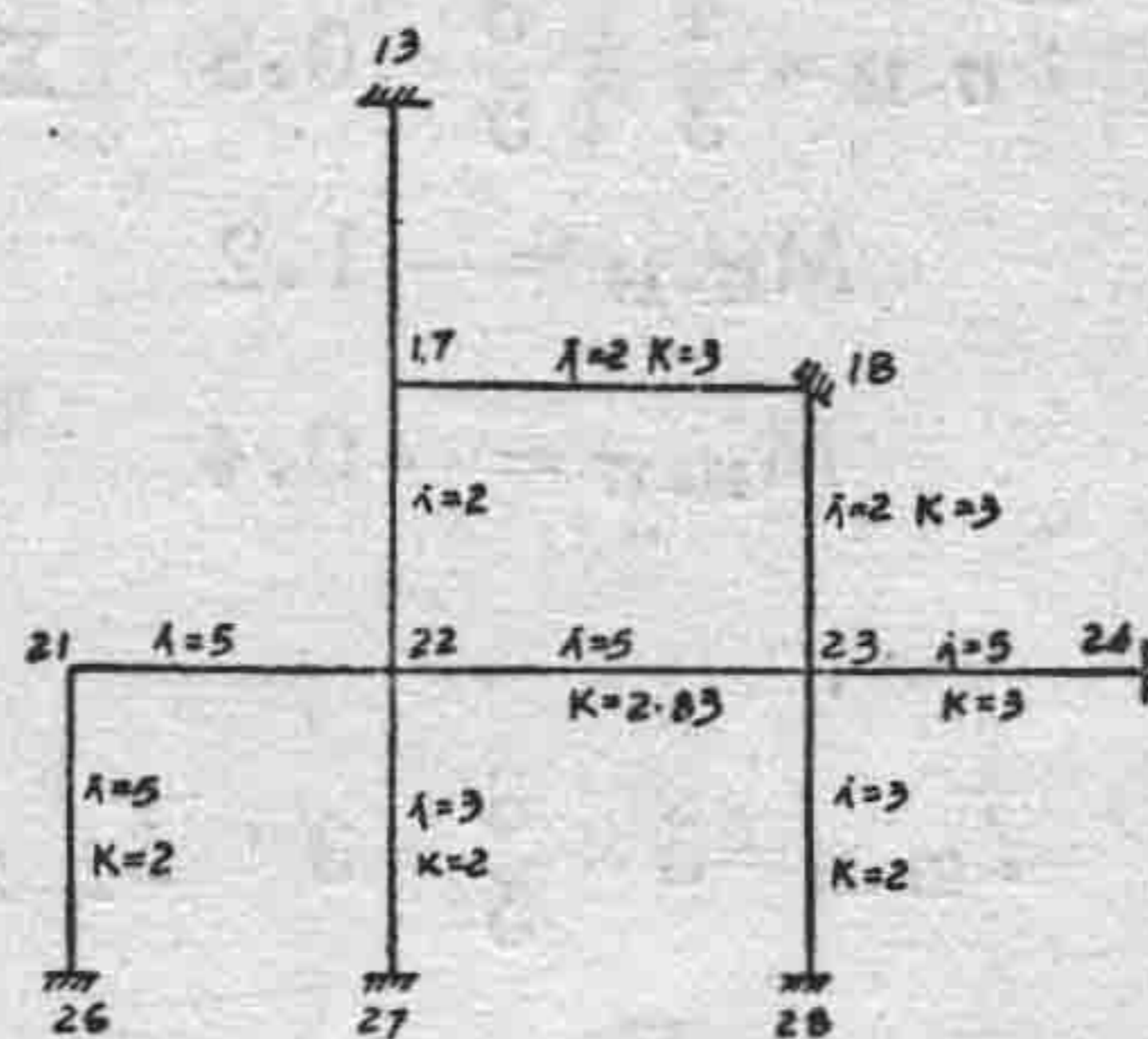


圖 8

(5) 節點 22 不平衡弯矩分配

$$K_{22-23} = \frac{5}{\frac{5}{2 - \frac{1}{3}} + \frac{3}{2 - \frac{1}{2}} + \frac{2}{2 - \frac{1}{3}}} + 2 = \frac{5}{3 + 2 + 1.2} + 2 = 2.81$$

$$K_{22-17} = 2 + \frac{2}{\frac{3 + \frac{4}{3}}{\frac{5}{3}}} = 3.0$$

$$K_{22-21} = 1 + \frac{5}{\frac{2}{\frac{3}{2}}} = 2 + 3.75 = 5.75$$

$$\bar{i}_{22-23} = \frac{5}{2 - \frac{1}{2.81}} = 3.0 \quad \bar{i}_{22-17} = \frac{2}{2 - \frac{1}{3}} = \frac{2 \times 3}{5} = 1.2 \quad \bar{i}_{22-21} = \frac{5}{1 - \frac{1}{5.75}} = 2.7$$

$$\Sigma \bar{i} = 3.0 + 1.2 + 2.7 + 2.0 = 8.9 \quad \bar{i}_{22-27} = \frac{3}{1 - \frac{1}{2}} = 2.00$$

$$M_{22-27} = 43 \times \frac{2.00}{8.9} = 9.6$$

$$M_{27-22} = \frac{9.6}{2} = 4.8$$

$$M_{22-21} = 43 \times \frac{2.70}{8.9} = 13$$

$$M_{21-22} = \frac{13}{5.75} = 2.26$$

$$M_{22-23} = 43 \times \frac{3.0}{8.9} = 14.5$$

$$M_{23-22} = \frac{1.45}{2.81} = 5.16$$

$$M_{22-17} = 43 \times \frac{1.2}{8.9} = 5.8$$

$$M_{17-22} = \frac{5.8}{3.0} = 2.0$$

分配  $M_{27-22} = 4.8$

分配  $M_{21-22} = 2.2$

$$\bar{i}_{21-22} = \frac{5}{2 - \frac{1}{5.75}} = 2.7$$

$$\bar{i}_{21-26} = \frac{5}{2 - \frac{1}{2}} = 3.3$$

$$M_{21-26} = -2.2$$

$$M_{26-21} = \frac{-2.2}{2} = -1.1$$

分配  $M_{17-22} = 2.0$

$$\bar{i}_{17-18} = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2 \quad \bar{i}_{17-13} = \frac{4}{3} \times \frac{3}{5} = 0.8 \quad \Sigma \bar{i} = 2.0$$

$$M_{17-13} = -0.8$$

$$M_{17-18} = -1.2$$

$$M_{13-17} = -0.3$$

$$M_{18-17} = -0.4$$

分配  $M_{23-22} = 5.16$

$$\bar{i}_{23-18} = \frac{2}{\frac{5}{3}} = 1.2 \quad \bar{i}_{23-24} = 5 \times \frac{3}{5} = 3 \quad \bar{i}_{23-28} = 3 \times \frac{2}{3} = 2.0 \quad \Sigma \bar{i} = 6.2$$

$$M_{23-18} = \frac{1.2}{6.2} \times -5.16 = -1.0$$

$$M_{18-23} = -0.2$$

$$M_{23-24} = \frac{3}{6.2} \times 5.16 = -2.5$$

$$M_{24-23} = -0.8$$

$$M_{23-28} = \frac{2}{6.2} \times 5.16 = -1.5$$

$$M_{28-23} = -0.5$$

(6) 分配節點 21 之不平衡彎矩

$$K_{21-22} = 2 + \frac{5}{\frac{5+2+3}{5/3}} = 2.38$$

$$K_{21-26} = 2$$

$$\bar{i}_{21-22} = \frac{5}{2 - \frac{1}{2.83}} = 3.0 \quad \bar{i}_{21-26} = \frac{5}{2 - \frac{1}{2}} = \frac{10}{3} \quad \Sigma \bar{i} = \frac{19}{3}$$

$$M_{21-26} = 22 \times \frac{10/3}{19/3} = 11.6$$

$$M_{26-21} = \frac{11.6}{2} = 5.8$$

$$M_{21-22} = 22 \times \frac{3}{13/3} = 10.4$$

$$M_{22-21} = \frac{10.4}{2.83} = 3.6$$

將  $M_{22-21}$  分配

$$\bar{i}_{22-23} = \frac{5}{2 - \frac{1}{3}} = 3 \quad \bar{i}_{22-17} = \frac{2}{2 - \frac{1}{3}} = 1.2 \quad \bar{i}_{22-27} = \frac{3}{2 - \frac{1}{2}} = 2.0 \quad \Sigma \bar{i} = 6.2$$

$$M_{22-27} = \frac{2.0}{6.2} \times (-3.6) = -1.14$$

$$M_{27-22} = \frac{-1.14}{2} = -0.6$$

$$M_{22-23} = (-3.6) \frac{3}{6.2} = -1.74$$

$$M_{23-22} = -0.6$$

$$M_{22-17} = (-3.6) \frac{1.2}{6.2} = -0.70$$

$$M_{17-22} = -0.4$$

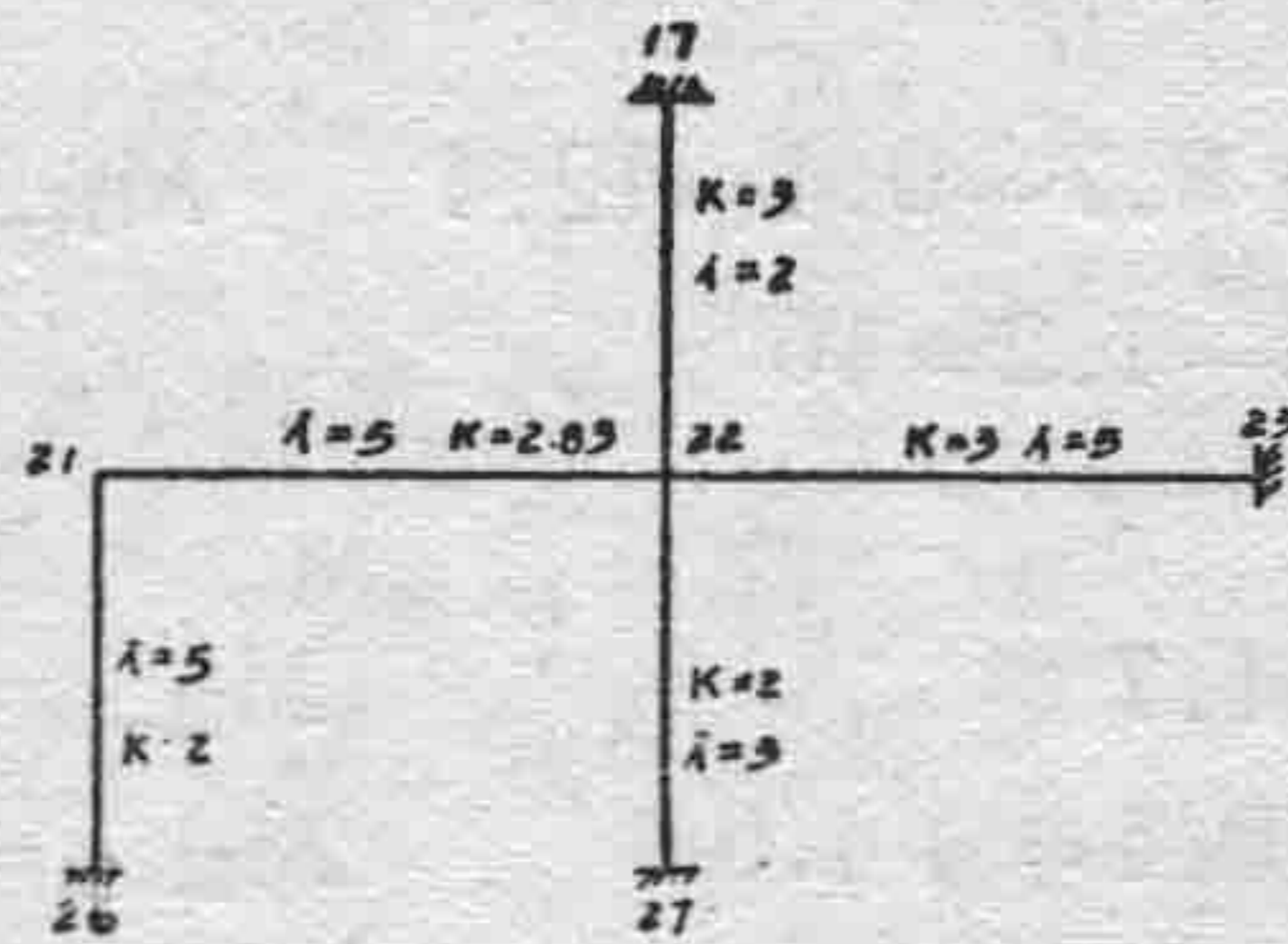


圖 9

(7) 各節點最后彎矩疊加

a) 節點 1:

$$M_{1-2} = -1.84$$

$$M_{1-5} = +1.84 + 0.14 = 1.7$$

b) 節點 2:

$$M_{2-1} = -0.6$$

$$M_{2-6} = -0.3$$

c) 節點 5:

$$M_{5-6} = 23.5 - 2.7 = 20.8$$

$$M_{5-9} = 8.3 + 3.1 - 0.2 = 11.6$$

$$M_{5-1} = 4.2 - 0.44 = 3.7$$