

木 結 構 設 計

中 國 科 學 國 書 儀 器 公 司

出 版

目 錄

第六章 樓屋面構造與設計..... 237

樓面.....	237	(二) 隔牆.....	244
6-1 樓面構造.....	237	(三) 大梁.....	245
6-2 大梁裂縫之預防.....	239	屋面.....	248
6-3 梁端支承.....	239	6-5 屋面荷重.....	248
(一) 托梁.....	240	6-6 屋面構造.....	248
(二) 柱帽.....	242	6-7 屋面設計.....	249
6-4 樓面設計.....	243	(一) 縱向構件之計算.....	250
(一) 樓板.....	244	(二) 橫向構件之計算.....	254

第七章 屋頂桁架..... 260

7-1 桁架之型式.....	260	(一) 上弦之設計.....	269
7-2 桁架型式對於構件應力之影響.....	260	(二) 下弦及斜撐之設計.....	271
7-3 桁架型式之選擇.....	263	(三) 節點之設計.....	271
(一) 用料.....	263	7-9 方料屋架設計.....	278
(二) 屋面坡度.....	263	7-10 圓料屋架設計.....	296
(三) 構件所用材料與接合方法.....	264	7-11 多邊形桁架.....	319
(四) 建築美觀之需要.....	264	7-12 弧形桁架.....	320
(五) 製作方法.....	264	7-13 弧形屋架設計.....	324
7-4 不同類型屋架適用範圍.....	265	(一) 屋架外形及主要尺寸.....	324
7-5 桁架之拱度.....	265	(二) 荷重之計算.....	325
7-6 桁架之防護.....	266	(三) 應力計算.....	326
(一) 抗腐方面.....	266	(四) 上弦設計.....	327
(二) 防火方面.....	266	(五) 上弦之釘合.....	329
7-7 桁架之荷重.....	267	(六) 腹桿設計.....	330
7-8 槽齒結合之桁架.....	268	(七) 下弦設計.....	333
		(八) 盡端節點設計.....	334
		-14 裂縫圈接合桁架.....	337

7-15 鋼木合用桁架.....	338	(二)豎直支撐.....	341
7-16 桁架空間支撐.....	340	7-17 四面落水或房屋轉角處屋架排列.....	343
(一)水平支撐.....	340		
第八章 人字木屋架.....	346		
8-1 人字屋架形式及結構.....	346	8-3 應力分析.....	353
8-2 人字屋架之用料.....	352	8-4 人字屋架設計實例.....	354
第九章 三鉸拱設計.....	366		
9-1 三鉸拱之構造.....	366	9-4 桁架三鉸拱設計.....	377
9-2 三鉸拱之優缺點.....	373	9-5 膠合板三鉸拱設計.....	388
9-3 三鉸拱計算之特點.....	373		
第十章 高塔設計.....	399		
10-1 高塔之型式.....	399	(三)設計欄柵.....	409
10-2 高塔荷重.....	399	(四)設計大梁(丁).....	411
10-3 高塔設計實例——水塔.....	406	(五)設計構架.....	412
(一)設計資料.....	406	10-4 高塔架設.....	423
(二)設計水箱.....	406		
第十一章 木橋設計.....	429		
11-1 概論.....	429	11-9 鐵路排架橋的構造.....	456
11-2 公路橋行車道的構造.....	430	11-10 單軌鐵路排架橋設計實例.....	459
11-3 人行道.....	432	(一)梁的設計.....	460
11-4 欄杆.....	432	(二)排架設計.....	462
11-5 主梁.....	434	11-11 撐架橋.....	470
11-6 橋座.....	434	11-12 撐架橋設計.....	471
11-7 梁橋設計.....	437	(一)鐵路人字撐架橋設計.....	472
(一)橋板設計.....	437	(二)公路托梁撐架橋設計.....	477
(二)主梁設計.....	441	(三)公路八字撐架橋設計.....	480
11-8 公路排架橋的構造.....	449	11-13 桁架橋.....	486
(一)排樁.....	449	11-14 皇式及后式桁架橋.....	487
(二)排柱.....	452	11-15 后式桁架橋設計.....	492

(一)橋面.....	493
(二)桁架.....	494
(三)欄杆和斜撐.....	499
(四)桁架下弦之風構.....	500
(五)詳圖.....	501
11-16 豪式桁架.....	501

(一)下弦.....	501
(二)上弦.....	502
(三)腹桿.....	502
(四)橋面系統.....	504
(五)撐樑.....	505
11-17 釘合腰板梁桁架.....	505

第十二章 模板與鷹架..... 510

12-1 模板與鷹架.....	510
模板構造與設計.....	511
12-2 模板構造.....	511
12-3 施工須知.....	515
12-4 模板拆除.....	516
12-5 鷹架用料.....	518
12-6 模板之荷重.....	519
12-7 模板設計.....	521
(一)彎力設計.....	523
(二)剪力設計.....	523
(三)撓度設計.....	524
鷹架構造與設計.....	530
12-8 鷹架種類.....	530
12-9 撐柱式鷹架.....	530
12-10 梁架式鷹架.....	533
12-11 鷹架升降之設備.....	535
12-12 鷹架之變形及下沉.....	536
(一)由於鷹架之變形.....	536
(二)建築物本身之形變.....	537
12-13 鷹架設計.....	538

12-14 鋼筋混凝土肋形樓蓋鷹架 設計之實例.....	539
(一)樓面底板及欄柵之設 計.....	540
(二)次梁底板支承設計.....	542
(三)欄柵兩端及中央支 承設計.....	543
(四)大梁底板支承設計.....	544
(五)柱模設計.....	546
12-15 石拱橋鷹架設計實例.....	548
(一)底板及欄柵之設計.....	550
(二)樑木設計.....	553
(三)豎桿設計.....	554
(四)木馬設計.....	554
(五)砂箱設計.....	555
(六)樁柱設計.....	557
(七)帽木設計.....	557
(八)鷹架高度之調配.....	557
(九)鷹架降卸量之計算.....	561

第十三章 木結構之加固..... 563

13-1 概說.....	563
13-2 拆卸設備.....	564
13-3 房屋修理與加固.....	565

(一)樓面加固.....	565
(二)屋面及屋架之加固.....	567
(三)基礎加固.....	569

13-4 橋梁修理與加固.....	570	(二)排架及斜撐等之加固	572
(一)橋面系統的加固.....	571		
附錄四 中央人民政府鐵道部鐵路橋涵設計規程(摘錄).....	575		
附錄五 中華人民共和國公路工程設計準則(草案)(摘錄)...	587		
附錄六 桁架應力, 長度及角度係數表	609		
參考書籍.....	616		

第六章

樓屋面構造與設計

樓 面

6-1 樓面結構 房屋樓面之作用在承擔荷重(主要為活荷重)並使荷重經樓面結構傳達於支柱或牆壁而轉達於基礎層。

普通樓面構造,係以企口板直接鋪於攔柵之上,攔柵則置於大梁之上,大梁兩端再由柱子支承如圖 6-1 所示。比較精緻之房屋建築中,常用雙層樓板,而層不負擔荷重只作抵抗磨耗及裝飾之用,厚約 2 公分。下層樓板負擔荷重依載重大小決定其厚度。

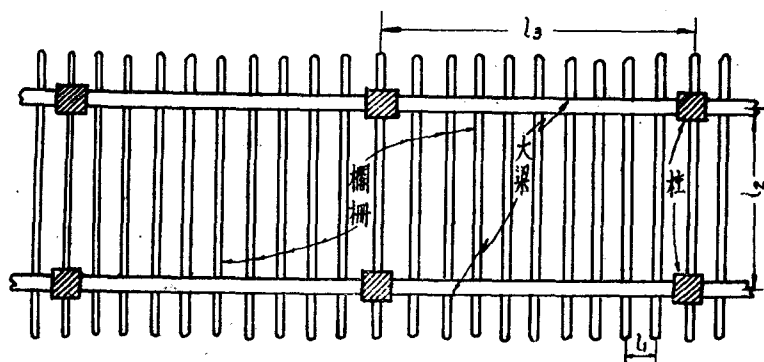


圖 6-1 樓面平面結構

攔柵可用圓料或方料,為節省費用計,方料宜取狹而高之截面,攔柵之間加用剪刀撐或板撐撐緊。板撐通常置於大梁之上,而剪刀

撐則置於大梁之間。剪刀撐通常以 2.5 公分 $\times$ 7.5 公分木條組成，每擋間距約 1~1.5 公尺。剪刀撐（圖 6-2）較板撐為佳，其作用除

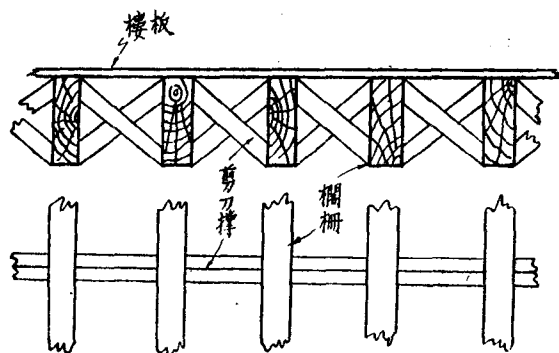


圖 6-2 剪 刀 撐

防止欄柵扭曲外，且可將欄柵荷重傳至左右鄰近欄柵，因而減輕個別負荷。欄柵跨度不宜超過 6 公尺，間距在 40 公分左右，最少斷面寬度為 5 公分。

欄柵與大梁之接合如圖 6-3 所示。為減少樓板與下層平頂間之距離（在房屋內部淨高不變的情況下，可以減低建築物整個高度。）常將欄柵兩端做成缺口，如圖 6-3（乙）所示，缺槽尺寸之規定詳見

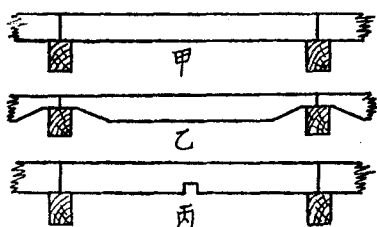


圖 6-3 欄柵與梁之接合

於 4-1 節中，不再贅述。

欄柵中部有時需開缺口（圖 6-3 丙）藉以通過暗藏線管等，但影響於斷面模數極大，應力求避免。欄柵兩端最好也不鑿槽而用掛架與大梁聯繫，掛

架之作用同樣可以降低欄柵，且能與大梁做成齊平。由圖 6-4，當

攔柵置於掛架之上，其壓力分佈於 A 面上，故 A 面之大小應依垂直木紋全部壓應力計算，並由最大彎矩決定鋼板厚度。 B 面與 A 面相似，但承壓力沿轉角處最大，向外逐漸遞減為零。如大梁兩旁均有攔柵，則左右兩掛架可合而為一。

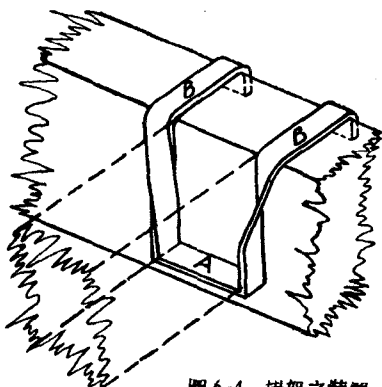


圖 6-4 掛架之裝置

6-2 大梁裂縫之預防 斷面較大之梁，如未經乾透，由於接近外表部份較諸內部容易乾燥，於是內外纖維收縮不一致，木料常發生裂縫，對木料之剪力強度影響極大。尤以梁端半高處產生橫裂縫，最為不利。預防方法，可刻一豎直細槽通至梁身內部，並鑽氣孔通風（圖 6-5），使內外乾燥收縮程度近於相等。或將全梁沿豎直面鋸成兩半，使內部翻至外面，再以螺栓結合。最經濟的辦法是以數根狹木料拼成大料。非但運送裝卸方便，日後加固或更換主梁時，可逐一拆裝，毋需加設臨時支撐。

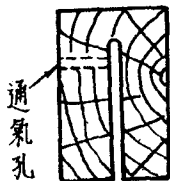


圖 6-5

大梁通氣孔槽

6-3 梁端支承 梁與牆最簡單之連接法，係用一墊鐵板或墊木置於梁端之下方，使壓力均勻分佈於牆上。同時梁之兩端須鋸成斜面（如圖 6-6）並塗以防腐劑，當火警時梁着火而下墜不致牽動

牆壁，因此避免火勢之蔓延。且梁端與牆間留有空隙，使空氣流通，亦可防止梁之腐朽作用。當梁與柱子結合時，可採用下列裝置法：

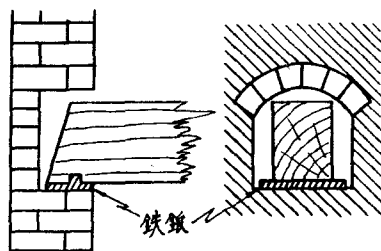
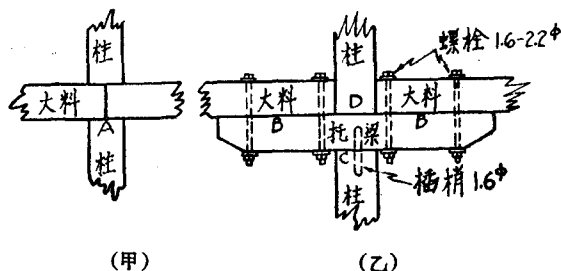


圖 6-6 大梁牆墊

(一)托梁 橫梁大料如直接置於柱頂如圖 6-7(甲)所示，則在支承面 A 上產生極大之垂直木紋壓應力，大料每易損壞。梁之他端一旦因牆身沉陷或其他原因而有縱向移動時，支承面 A 勢必減小，甚至梁與柱近於脫離。在火警時因大料燒斷而產生力矩，更易使支柱傾倒。所以通常應在大料與下層柱頂之間加一高級木料之托梁，如圖 6-7(乙)所示，使承壓面積增加。雖然上層柱脚與下層柱頂對托梁之承壓面 C 和 D 較小，但因托梁係用高級木料做成，單位面積許可應力較大，尚可安全承受。托梁之另一優點為縮短



(甲)

(乙)

圖 6-7(甲,乙) 梁與柱之接合

橫梁大料跨距，亦即減小大料之彎矩及斷面尺寸。由圖 6-7 丙，可以計算托梁及主梁之最大彎矩。

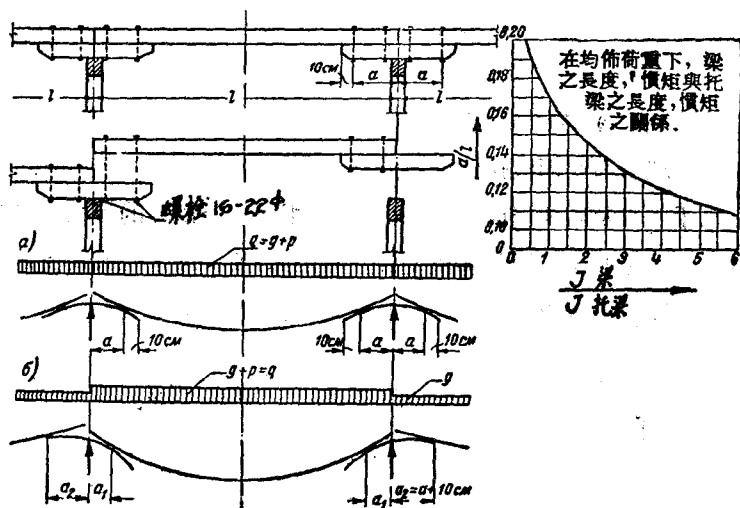


圖 6-7(丙) 托梁裝置及變位

$$\text{托梁最大負彎矩 } M = -\frac{ql}{2} a.$$

當某一主梁滿載均佈活動荷重 p ，而相鄰大梁上無活動載重時，則托梁僅在一側起顯著之彎曲，此時托梁兩端所受之反力，對支柱中心所產生之力矩必須相等，方可保持平衡。因此

$$\frac{(p+g)l}{2} a_1 = \frac{ql}{2} a_1 = \frac{gl}{2} a_2,$$

$$\therefore a_1 = a_2 \frac{g}{q}$$

$$\text{主梁最大正彎矩 } M = \frac{q(l-2a_1)^2}{8}$$

式中： l ——主梁跨度(公分)

g ——靜荷重(公斤/公分)

p ——活動荷重(公斤/公分)

$a_2 = a + 10$ 公分(a 值與梁及托梁之慣矩 J 有關)。

(二)柱帽 柱帽用鋼板鑄成或用生鐵鑄成,其作用為使上層柱之荷重不經過大梁而直接傳至下層柱。圖 6-8 (甲)所示之柱帽包括一水平鐵板及兩塊豎直鐵板,水平鐵板平置於下層柱的頂端,上層柱直接承壓其上。平板伸出支柱左右兩面,使大梁末端有所支承。上層柱嵌入兩豎直鐵板之間,用螺栓取得密切聯繫。圖 6-8 (乙)

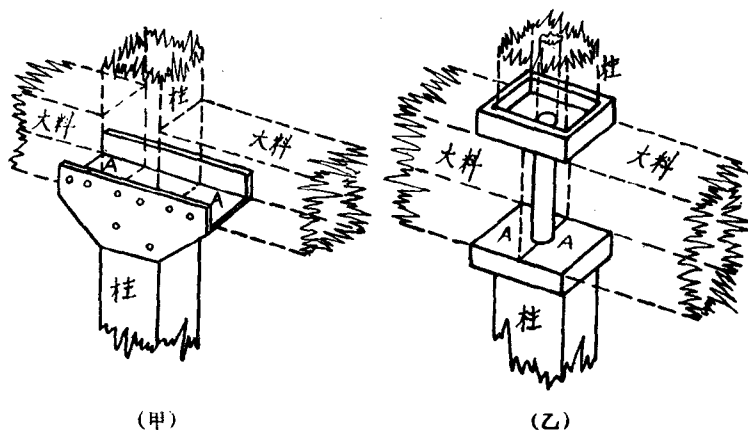


圖 6-8 柱帽形式

顯示一軸墊式柱帽。此式包括一直徑甚小之軸形空心鐵管,上有托盤以承受上層柱之下端,空心軸底面則附有下列柱頂端之柱帽。兩種形式之支承面 A 須能使該處大料之承壓力不超過垂直木紋許可全部壓應力。

6-4 樓面設計 樓面設計包括樓板、欄柵、及主梁三種。設計方法與步驟與普通梁相同。由於樓板寬度與厚度之比值甚大，剪應力不必核算，主要的只需考慮彎曲應力及垂度。房屋建築中活荷重多假定均勻分佈，不但樓板及欄柵按此計算，主梁亦可作如此之假定。主梁事實上負擔欄柵傳來之集中荷重，但依均佈荷重計算，誤差甚小。當大梁分為六檔（即每根大料負荷六根欄柵），最大彎應力相差僅及2%，檔數愈多誤差愈小。計算時兩跨梁之彎矩用 $-\frac{ql^2}{8}$ ，其最大垂度為 $\frac{2.13}{384} \cdot \frac{ql^4}{EJ}$ ，或 $0.00555 \frac{ql^4}{EJ}$ ，多跨連續梁之彎矩用 $-0.105 ql^2$ （約 $\frac{1}{10} ql^2$ ），垂度為 $\frac{2.5ql^4}{384EJ}$ 或 $0.00651 \frac{ql^4}{EJ}$ ，詳見附錄三。樓面通常為長方形或正方形。長方形開間，就房屋之一般勁度而論，主梁之跨度應平行於整個房屋之短邊，而欄柵則與長邊平行。就經濟的佈置而論，則應使大梁跨度常大於欄柵跨度。如欄柵兩端直接支承於牆上，則應依短邊方向排列。

設計樓面時，更須注意樓板上因樓梯等所開之槓子。由於樓面有上下出口，欄柵和主梁上的載重不勻，必須按實際情況計算。槓子的構造一般如圖6-9所示。所以一端不能支持在牆上之欄柵，

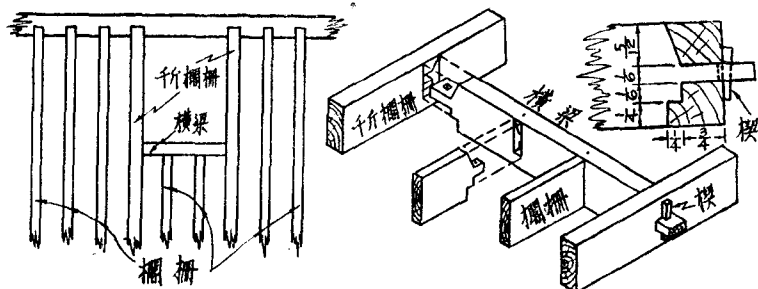


圖 6-9 樓面槓子結構

須由橫梁承擔，外加之橫梁則由最近之兩根支承於牆上之欄柵負載，此支持橫梁之欄柵（俗稱千斤欄柵）受力甚大，其斷面應放寬，但高度須與其他欄柵保持一律。

樓面系統之基本設計公式，擇要敘述如下：

（一）樓板 每塊樓板連續支承於數根欄柵上。

使 $l_1 =$ 欄柵中距(公分)，

$q_1 =$ 樓板動靜荷重(公斤/公分²)，

$t =$ 板厚(公分)，

$$M = 0.105 q_1 l_1^2 \leq [\sigma_u] \cdot \frac{t^2}{6},$$

$$\therefore \text{樓板厚度: } t \geq \sqrt{\frac{6 \times 0.105 q_1 l_1^2}{[\sigma_u]}} = \sqrt{\frac{0.63 q_1 l_1^2}{[\sigma_u]}}$$

$$\text{驗核撓度: } \frac{f}{l_1} = \frac{2.5 q_1 l_1^4}{384 E \times \frac{t^3}{12}} \leq \frac{1}{250}.$$

（二）欄柵多為簡支梁。

設 $l_2 =$ 欄柵跨度，即主梁中距(公分)，

$q_2 = q_1 l_1 +$ 欄柵自重(公斤/公分)，

b_1, h_1 為欄柵寬度與高度(公分)，

$$\therefore M = \frac{q_2 l_2^2}{8} \leq [\sigma_u] \cdot \frac{b_1 h_1^2}{6},$$

$$Q = \frac{q_2 l_2}{2} \leq [\tau] \cdot \frac{2}{3} b_1 h_1,$$

$$\frac{f}{l_2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_2 l_2^4}{E \cdot \frac{b_1 h_1^3}{12}} \leq \frac{1}{250}$$

$$\left(\text{欄柵之下如裝設平頂，則 } \frac{f}{l_2} \leq \frac{1}{350} \right)$$

(三)大梁多為簡支,因欄柵排列較密,可按均佈荷重計算。

設 l_3 = 大梁跨度(公分), (有托梁時按 6-3 節各項公式計算,如加斜撐,可根據撐點位置而定跨度 l_3)。

$$q_3 = q_2 \frac{l_2}{l_1} + \text{大梁自重(公斤/公分)},$$

b_2, h_2 為大料寬度與高度(公分),

$$\therefore M = \frac{q_3 l_3^2}{8} \leq [\sigma_u] \cdot \frac{b_2 h_2^2}{6},$$

$$\dot{Q} = \frac{q_3 l_3}{2} \leq [\tau] \frac{2}{3} b_2 h_2,$$

$$\frac{f}{l_3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_3 l_3^4}{E \cdot \frac{b_2 h_2^3}{12}} \leq \frac{1}{250}.$$

例 6-1 樓面設計 各項構件全用白松木料(重量為 500 公斤/公尺³)。活荷重 200 公斤/公尺²,

許可垂度: 樓板, $\frac{f}{l_1} = \frac{1}{250}$, 欄柵(裝設平頂) $\frac{f}{l_2} \leq \frac{1}{350}$ 。

跨度: 樓板, $l_1 = 0.45$ 公尺, 欄柵, $l_2 = 3.60$ 公尺,

彎矩: 假定樓板多孔連續, $M = \frac{1}{10} q l_1^2$ (近似值),

$$\text{欄柵, } M = \frac{1}{8} q l_2^2.$$

(1) 樓板設計如板厚 2 公分, 自重 = 10 公斤/公尺²

$$q = \text{活重} + \text{自重} = 200 + 10 = 210 \text{ 公斤/公尺}^2$$

$$M = \frac{1}{10} q l_1^2 = \frac{210(0.45)^2}{10} = 4.25 \text{ 公斤公尺} = 425 \text{ 公斤公分}$$

$$W = \frac{M}{[\sigma_u]} = \frac{425}{90} = 4.73 \text{ 公分}^3$$

$$W = \frac{bt^2}{6} = 4.73 \text{ 公分}^3$$

$$b = 100 \text{ 公分}, \therefore t = \sqrt{\frac{6 \times 4.73}{100}} = 0.53, \text{ 可用 } 2 \text{ 公分.}$$

檢查垂度(多孔連續):

$$\begin{aligned} \frac{f}{l_1} &= \frac{2.5}{384} \cdot \frac{0.45(210)(45)^2}{100000 \times \frac{100 \times 2^3}{12}} \\ &= 0.00019 < \left(\frac{1}{250} = 0.004 \right) \text{ (可)} \end{aligned}$$

(2) 攔柵

(甲) 方料 設用 5×20 公分, 自重 = 5 公斤/公尺,

平頂以 50 公斤/公尺² 計.

樓板及活重 = $200 + 10 = 210$ 公斤/公尺²

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{8}ql_1^2 = \frac{1}{8}[5 + (50 + 210) \times 0.45](3.6)^2 \times 100 \\ &= \frac{1}{8}(122)(3.6)^2 \times 100 = 19700 \text{ 公斤-公分} \end{aligned}$$

$$\text{需要斷面模數 } W = \frac{M}{[\sigma_u]} = \frac{19700}{90} = 219 \text{ 公分}^3$$

$$\text{如用 } 5 \times 20 \text{ 公分之斷面, } W = \frac{5 \times (20)^2}{6} = 333 > 219 \text{ (可)}$$

驗核垂度: $h = 20 < \left(\frac{360}{15.2} = 23.7 \right)$, 需要核算(見表 4-1)

$$\frac{f}{l_2} = \frac{5}{384} \times \frac{[0.45(50 + 210) + 5]3.6(360)^2}{100000 \times \frac{5(20)^3}{12}} = 0.0022$$

$$< \frac{1}{350} \text{ (可)}$$

擱置深度：擱置處通常設有墊木，故只需考慮欄柵端部本身之承壓應力：

$$\frac{Q}{b[\sigma_c]} = \frac{[0.45(50 + 210) + 5]3.6}{2 \times 5 \times 14} = 3.14 \text{ 公分}$$

採用 10 公分

(乙)圖料：由附錄二查得

$$J_x = 0.0461d^4$$

$$W_x = 0.0978d^3$$

需要 W 與(甲)方料同 = 219 公分³，

$$219 = 0.0978d^3,$$

$$\therefore d = \sqrt[3]{\frac{219}{0.0978}} = 13.1 \text{ 公分 } \phi$$

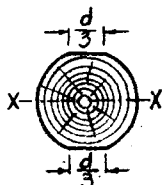


圖 6-10

圓料欄柵斷面

$$\text{垂度} \quad \frac{5}{384} \cdot \frac{ql_2^4}{EI} = \frac{l_2}{350} = \frac{5 \times ql_2^4}{384 \times 100000 \times 0.0461d^4}$$

$$d^4 = \frac{5 \times 350 \times ql_2^4}{l_2 \times 384 \times 100000 \times 0.0461} = 0.00099ql_2^3$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{假定 } 14 \text{ 公分 } \phi, \text{ 欄柵自重 } 7.5 \text{ 公斤/公尺,} \\ \therefore ql_2 = 3.6[0.45(50 + 210) + 7.5] = 448 \text{ 公斤} \end{array} \right]$$

$$\therefore d = 0.177\sqrt[4]{ql_2}\sqrt{l_2} = 0.173\sqrt[4]{448}\sqrt{360} = 15.5 > 13.1 \text{ 公分 } \phi$$

$$\therefore \text{梢徑} = 15.5 - \frac{3.6}{2} \times 0.8 = 15.5 - 1.44 = 14.06$$

可採用 14 公分 ϕ 。

擱置深度：

$$\frac{Q}{b[\sigma_c]} = \frac{224}{\frac{d}{3}[\sigma_c]} = \frac{224}{\frac{14}{3} \times 14} = 3.48 \text{ 公分, 用 10 公分.}$$

*註：剪力在一般正常荷重之下不必驗算。

屋 面

6-5 屋面荷重 屋面荷重分主要荷重，附加荷重，及特殊荷重三種。主要荷重為屋面靜重，活荷重（修造時工人與工具之重量）及雪荷重，附加荷重主要為風壓力，特殊荷重除地震區域外普通不予考慮。

屋面靜重包括遮蓋物自重與屋面板，掛瓦條，椽條，桁條等重量，各種不同遮蓋物之重量大約如下表所示。表中板，椽，桁靜重之平均數僅供參攷。

各種遮蓋物適用坡度及屋面重量表 表 (6-1)

屋 面 材 料	適用坡度	重量以屋面每平方公尺若干公斤計	
		遮 蓋 物	板，椽，桁 等
黏 土 瓦	25°—50°	55	15
石 棉 版	≥22°	15	10
石 棉 瓦	≥22°	20	10
天 然 石 版	≥25°	20	15
水 泥 瓦	≥25°	45	15
鍍 鋅 白 鐵	≥12°	6	10
波 形 白 鐵	≥12°	8	5
玻 璃	≥10°	10	10

屋面活荷重主要為施工時之集中載重，相當於 100 公斤。雪荷重及風荷重與屋面形式，建築位置和環境氣候有關，規範中均有規定，可參閱附錄一。

6-6 屋面構造 屋面構造可分四種：(1)開間較大之房屋，屋架上放縱向桁條，上置椽條（橫向），再鋪縱向屋面板，如圖 6-11 所