



帶升高中跨磚石廠房框構
及
懸空磚牆計算

丁大鈞編譯



54
48

大東書局出版

554
1048

554
1048

帶升高中跨磚石廠房框構
反
懸空磚牆計算

丁大鈞 編譯

大東書局出版

554 1048

本書專論三跨而帶升高跨的磚石工業房屋橫牆及懸空磚牆的計算，也涉及分佈梁板的計算。對於各項計算，書中列有足夠的計算公式，並附有計算例題。

本書可供教學及學生作畢業設計與技術人員的參考。

丁大鈞 編譯

1954年2月發排(兆記排)·1955年4月上海第一版

1955年4月上海第一版第一次印刷(0001—3000冊)

書號: 5195·31"×43"· $\frac{1}{32}$ ·53千字· $3\frac{7}{32}$ 印張·定價四角

大東書局(上海山東中路201號)出版

上海市書刊出版業營業許可證出○四三號

上海圖書發行公司(上海山東中路128號)總經理

華文印刷所印刷

序

在本人與張范兩同志編譯的“磚石結構”一書中，有些問題因當時無法覓得適當的參考文獻，故未能詳細討論，最近看到了蘇聯 Т. С. Каранфилов：“Облегченные Каменные Стены”及 М. Я. Пильдин и С. В. Поляков：“Каменные Конструкции Промышленных и Гражданских Зданий”二書，覺得其中“帶升高中跨的工業房屋”及“懸空牆”（Висячие Стены）的計算頗可供讀者的參考，故趁茲寒假中爲之譯出付梓。但原文書中對前一問題僅列有例題及計算原則，本書中的算式則係編者演列的，例題亦重行做過（原書外牆爲輕型牆）；對後一問題原文書中所舉的算例係按極限狀態計算的，亦經編者按蘇聯現行磚石結構規範改用破壞階段計算。

此外拙編“磚石結構”中未及詳論的問題如“具有彈性構造方案的等高（柱頂高相等）工業房屋的計算”及“雙曲拱圈的計算”等問題係屬於“工業民用建築專業”及“工業民用建築結構專業”磚石結構教學大綱所列範疇，當於正在與徐百川先生合編的該課教材中論及之。

凡拙編“磚石結構”中已有的砌體強度計算公式皆未予特別列出，僅在用到時直接予以引用，讀者可與該書參閱。

由於業務水平及俄文水平的限制，故書中錯誤之處，在所難免，尙希讀者多提意見，俾今後修正，幸甚。

丁大鈞於南京工學院

1954 年度寒假

参 考 文 献

Т. С. Каранфялов: Облегченные Каменные Стены, Москва, 1954.

М. Я. Пильдин и С. В. Поляков: Каменные Конструкции Промышленных и Гражданских Зданий, Стройиздат, 1950.

中央重工業部設計司翻譯科: 蘇聯重工業企業建設部, 磚石及鋼筋磚石結構設計暫行指示, 重工業出版社, 1953.

丁大鈞、張行健、范祖堯編譯: 磚石結構, 大東書局出版, 1954.

目 錄

第一章 帶升高中跨磚石工業房屋的計算	1
(1.1) 基本假定	1
(1.2) 計算公式	3
(1.3) 計算例題	10
(1) 主要計算資料	10
(2) 荷重計算	12
(3) 計算斷面特徵	16
(4) 確定危險斷面中的力	18
(5) 驗算危險斷面的負荷能力	26
第二章 分佈設備	33
(2.1) 確定靠近集中力作用點的應力	33
(2.2) 分佈梁和板的計算	37
(2.3) 計算例題	40
第三章 懸空牆	45
(3.1) 概論	45
(3.2) 確定中間支承範圍內的力和應力	48
(3.3) 確定邊支承範圍內的力和應力	54
(3.4) 洞口的影響	56
(3.5) 計算例題	58

第 一 章

帶升高中跨磚石工業房屋的計算

(1.1)基本假定

在工業房屋中常有如圖 1.7 所示三跨而帶升高中跨的廠房建築。

計算時可用兩個橫斷面將房屋截出一帶，其寬度等於兩相鄰屋架的中心距離(圖 1.1)。

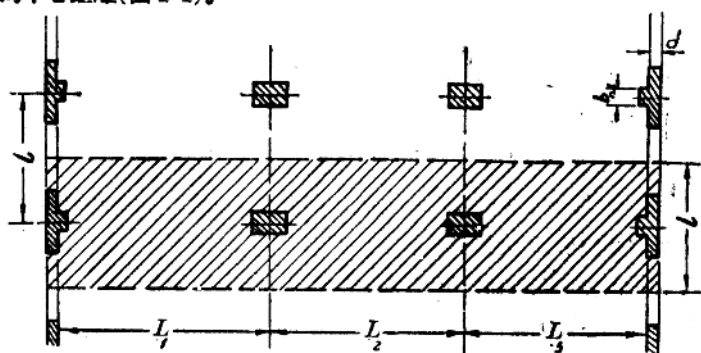


圖 1.1

外牆及內柱與屋架互相連接起，可以當作一個框構，外牆及內柱為柱而屋架則為橫梁。

外牆在屋架或吊車梁支承處，常用壁柱加強，於是框構的柱成為 T 形斷面，其中牆壁成為斷面的翼緣而壁柱則成為斷面的肋。T 形斷面翼緣的計算寬度可取等於窗間牆的寬度，但不得大於

$$b_p = b_{n1} + 8d \quad (1.1)$$

式中 b_{n1} ——壁柱寬度；

d ——牆厚。

計算時引用下列的假定：

(1) 支柱的下端認為是剛性砌固於基礎內而上端則與框構橫梁相鉸結；

(2) 框構橫梁認為是絕對不變形的；

(3) 容許平斷面的假定以及砌體有常數的彈性係數 $E = 0.8 E_0$ ，此處 E_0 ——原始彈性係數；

(4) 橫向框構條件地認為與其餘相隣框構毫無聯系。

所有這些假定或多或少是條件的。例如理論研究指出，在許多情況下，不能認為支柱的支座是完全固定的^①。

第四項假定顯然對這樣的荷重，如風荷重、頂蓋重量以及其他沿房屋長度均勻分佈的荷重等，是正確的。至於吊車荷重，則僅作用在 2~3 個框構上，且荷重最大的只有一個。但荷重最大的框構，因有屋頂結構及吊車梁等，使它與相鄰的、荷重較小的框構互相連結，由於後者阻止前者的自由變形，因而後者亦承受了部份的力。在這種情況下，房屋結構的空間工作將對牆和立柱間的力的分佈引起重大影響。

根據以上四項假定，得出框構的計算草圖如圖 1.2 所示。

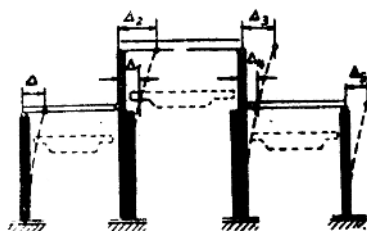


圖 1.2

在荷重作用下，橫梁中的贅

① Полдюков С. В., Определение усилий в несущих стенах и столбах кирпичных зданий, сборник статей под редакцией проф. Овчиник. Л. И., Стройиздат, 1949.

餘未知力 X_1, X_2 及 X_3 可根據下列條件求出：

$$\Delta = \Delta_1; \Delta_2 = \Delta_3 \text{ 及 } \Delta_4 = \Delta_5 \quad (1.2)$$

(1.2) 計算公式

茲以圖 1.3 所示對稱情況的廠房為例，說明利用 (1.2) 式的條件以求贅餘力未知 X_1, X_2 及 X_3 的具體步驟。

在圖 1.3 中，假定三跨皆有一吊車，因而此時柱的斷面在位於吊車梁以上與位於吊車梁以下者不同，亦即柱的剛度沿高度有變化（圖 1.4），在計算中應予以考慮。

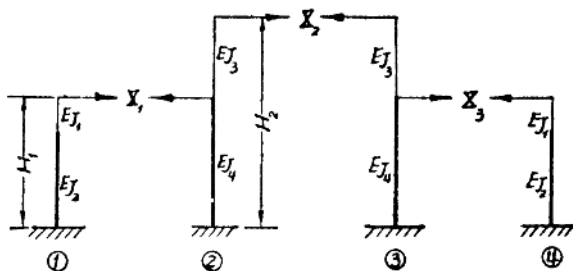


圖 1.3

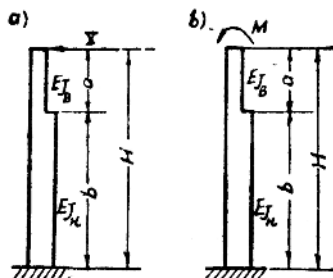


圖 1.4

在圖 1.4(a) 中，當於柱頂端作用有水平力 X 時，按材料力學原則求出其撓度為：

$$\begin{aligned}\Delta_X &= \frac{Xa}{EJ_s} \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{2a}{3} + \frac{Xa}{EJ_n} \cdot b \left(\frac{b}{2} + a \right) + \frac{Xb}{EJ_n} \cdot \frac{b}{2} \cdot \left(\frac{2}{3}b + a \right) \\ &= \frac{XH^3}{3} \frac{\left(\frac{a^3}{EJ_s} + \frac{H^3 - a^3}{EJ_n} \right)}{H^3} = \frac{XH^3}{3EJ_{\text{сн}}} \quad (1.3)\end{aligned}$$

式中 H ——柱高；

a ——柱的上部高度；

b ——柱的下部高度；

EJ_s ——柱的上部剛度；

EJ_n ——柱的下部剛度；

$EJ_{\text{сн}}$ ——水平力作用於柱頂端時柱的折算剛度，等於：

$$\frac{H^3}{\frac{a^3}{EJ_s} + \frac{H^3 - a^3}{EJ_n}} \quad (1.4)$$

當柱端作用有彎曲力矩 M 時（圖 1.4b），其撓度為：

$$\begin{aligned}\Delta_M &= \frac{M}{EJ_s} \cdot a \cdot \frac{a}{2} + \frac{M}{EJ_n} \cdot b \left(\frac{b}{2} + a \right) \\ &= \frac{MH^3}{2} \frac{\left(\frac{a^2}{EJ_s} + \frac{H^2 - a^2}{EJ_n} \right)}{H^2} = \frac{MH^3}{2EJ_{\text{сн}}} \quad (1.5)\end{aligned}$$

式中 $EJ_{\text{сн}}$ ——彎曲力矩作用於柱頂端時柱的折算剛度，等於：

$$\frac{H^2}{\frac{a^2}{EJ_s} + \frac{H^2 - a^2}{EJ_n}} \quad (1.6)$$

(1.4) 及 (1.6) 式中所列折算剛度僅能在各相應的荷重情況下用來計算柱頂端撓度，如屬其他荷重情況或求其他點的撓度時即不能應用，譬如在柱 2 中當求 X_1 作用下的柱端撓度 Δ_{2x_1} 時，即不能應用 (1.4) 式

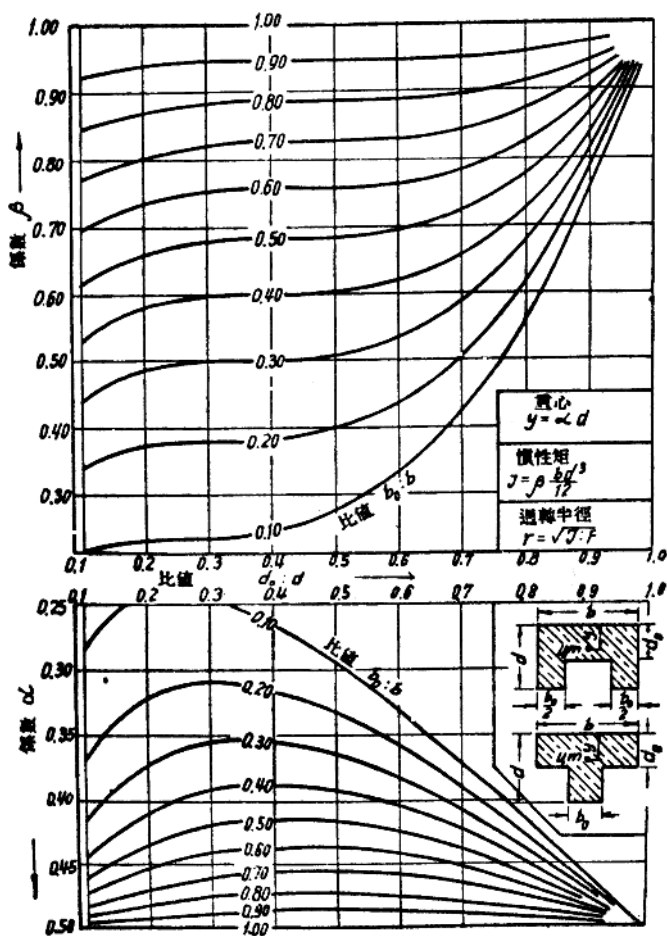


圖 1.5

的折算剛度。

T形斷面的重心位置、 J 值及迴轉半徑可按圖1.5求得。

茲先求各項 X 作用下的 Δ_x 如下。

在柱1中(圖1.3):

$$(\Delta)_x = \frac{X_1 H_1^3}{3 E J_{\text{ск0,1}}} = \alpha X_1 \quad (1.7)$$

式中

$$\alpha = \frac{H_1^3}{3 E J_{\text{ск0,1}}} \quad (1.8)$$

在柱2中(圖1.3):

$$\begin{aligned} (\Delta_1)_x &= \frac{-X_1 H_1^3}{3 E J_4} + \frac{X_2 (H_2 - H_1)}{E J_4} \cdot H_1 \cdot \frac{H_1}{2} + \frac{X_2 H_1}{2 E J_4} \cdot H_1 \cdot \frac{2 H_1}{3} \\ &= \frac{H_1^3}{6 E J_4} (3 H_2 - H_1) X_2 - \frac{H_1^3}{3 E J_4} X_1 = \beta X_2 - \gamma X_1 \end{aligned} \quad (1.9)$$

式中

$$\beta = \frac{H_1^3}{6 E J_4} (3 H_2 - H_1) \quad (1.10)$$

$$\gamma = \frac{H_1^3}{3 E J_4} \quad (1.11)$$

$$\begin{aligned} (\Delta_2)_x &= \frac{X_2 H_2^3}{3 E J_{\text{ск0,2}}} - \frac{X_1 H_1}{E J_4} \cdot \frac{H_1}{2} \left(H_2 - \frac{H_1}{3} \right) \\ &= \delta X_2 - \epsilon X_1 = \delta X_2 - \beta X_1 \end{aligned} \quad (1.12)$$

式中

$$\delta = \frac{H_2^3}{3 E J_{\text{ск0,2}}} \quad (1.13)$$

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{H_1^3}{2 E J_4} \left(H_2 - \frac{H_1}{3} \right) = \frac{H_1^3}{6 E J_4} (3 H_2 - H_1) \\ &= \beta \text{ (馬氏倒數定理)} \end{aligned} \quad (1.14)$$

由於結構的幾何對稱,故得:

$$(\Delta_3)_x = -\delta X_2 + \beta X_1 \quad (1.15)$$

$$(\Delta_4)_x = -\beta X_2 + \gamma X_1 \quad (1.16)$$

$$(\Delta_1)_X = -\alpha X_3 \quad (1.17)$$

因為外加荷重可能是不對稱的，故雖結構本身對稱而 X_1 與 X_3 不一定相等。

今假定在外加荷重下各柱各相應點的撓度為 $\Delta_n, \Delta_{1n}, \Delta_{2n}, \Delta_{3n}, \Delta_{4n}$ 及 Δ_{5n} ，並假定各撓度的方向均為正——自左向右為正（即符合圖 1.2 中所示 $\Delta, \Delta_1, \dots$ 等的方向），則根據(1.2)式的條件，求得

$$\Delta = \Delta_1: \quad \alpha X_1 + \Delta_n = \beta X_2 - \gamma X_1 + \Delta_{1n} \quad (1.18)$$

$$\Delta_2 = \Delta_3: \quad \delta X_2 - \beta X_1 + \Delta_{2n} = -\delta X_2 + \beta X_3 + \Delta_{3n} \quad (1.19)$$

$$\Delta_4 = \Delta_5: \quad -\beta X_2 + \gamma X_3 + \Delta_{4n} = -\alpha X_3 + \Delta_{5n} \quad (1.20)$$

以上三式可化為：

$$(\alpha + \gamma)X_1 - \beta X_2 = \Delta_{1n} - \Delta_n = A_1 \quad (1.21)$$

$$-\beta X_1 + 2\delta X_2 - \beta X_3 = \Delta_{3n} - \Delta_{2n} = A_2 \quad (1.22)$$

$$-\beta X_2 + (\alpha + \gamma)X_3 = \Delta_{5n} - \Delta_{4n} = A_3 \quad (1.23)$$

在任何外加荷重下，(1.21)~(1.23)三個方程式中左邊的係數保持不變，僅右邊的常數項 A 變更，故當採用行列式進行解答時，於任何荷重情況下，分母保持不變。

分母行列式為：

$$\begin{vmatrix} \alpha + \gamma & -\beta & 0 \\ -\beta & 2\delta & -\beta \\ 0 & -\beta & \alpha + \gamma \end{vmatrix} = 2\delta(\alpha + \gamma)^2 - \beta^2(\alpha + \gamma) - \beta^2(\alpha + \gamma)$$

$$= 2(\alpha + \gamma)[\delta(\alpha + \gamma) - \beta^2] = C \quad (1.24)$$

$$\text{式中} \quad C = 2(\alpha + \gamma)[\delta(\alpha + \gamma) - \beta^2] \quad (1.25)$$

於是求得各未知數為：

$$X_1 = \frac{\begin{vmatrix} A_1 & -\beta & 0 \\ A_2 & 2\delta & -\beta \\ A_3 & -\beta & \alpha + \gamma \end{vmatrix}}{C} \quad (1.26)$$

$$X_2 = \frac{\begin{vmatrix} \alpha + \gamma & A_1 & 0 \\ -\beta & A_2 & -\beta \\ 0 & A_3 & \alpha + \gamma \end{vmatrix}}{C} \quad (1.27)$$

$$X_3 = \frac{\begin{vmatrix} \alpha + \gamma & -\beta & A_1 \\ -\beta & 2\delta & A_2 \\ 0 & -\beta & A_3 \end{vmatrix}}{C} \quad (1.28)$$

由於(1.21)~(1.23)三式形式特殊，故如不用行列式解答而利用解方程式的基本方法——加減消去法——來解答，亦甚方便，此時可先將該三式各除以適當的係數使其簡化，得：

$$X_1 - \frac{\beta}{\alpha + \gamma} X_2 = \frac{A_1}{\alpha + \gamma} \quad (1.29)$$

$$-X_1 + \frac{2\delta}{\beta} X_2 - X_3 = \frac{A_2}{\beta} \quad (1.30)$$

$$-\frac{\beta}{\alpha + \gamma} X_2 + X_3 = \frac{A_3}{\alpha + \gamma} \quad (1.31)$$

(1.29)+(1.30)+(1.31)，得：

$$\begin{aligned} \left(\frac{2\delta}{\beta} - \frac{2\beta}{\alpha + \gamma} \right) X_2 &= \frac{A_1 + A_3}{\alpha + \gamma} + \frac{A_2}{\beta} \\ \therefore X_2 &= \frac{\beta(A_1 + A_3) + (\alpha + \gamma)A_2}{2[\delta(\alpha + \gamma) - \beta^2]} \end{aligned} \quad (1.32)$$

代入(1.29)式及(1.31)式，得：

$$X_1 = \frac{A_1}{\alpha + \gamma} + \frac{\beta}{\alpha + \gamma} X_2 \quad (1.33)$$

$$X_2 = \frac{A_2}{\alpha + \gamma} + \frac{\beta}{\alpha + \gamma} X_1 \quad (1.34)$$

當贅餘未知力 X 求出後，即不難求出支柱斷面中的力（彎曲力矩）。

外牆和內柱的砌體強度按偏心受壓公式驗算之。

當偏心距較大時尚應驗算砌體受拉區域的抗裂性。

具有彈性構造方案的工業房屋，其承重磚石結構除應按使用期間荷重進行驗算外，尚應驗算施工期間的砌體強度及穩固性。

在施工階段，當牆及立柱已築成而頂蓋尚未架設時，作用的荷重為牆壁和立柱的本身重、風荷重、吊車梁的支承反力等。這時在桁架支承以上的一段牆壁最好是在桁架架設和裝固後始行建造，以減小在施工期間的牆壁高度並提高其穩固性，在桁架架設和裝固之前，牆壁和立柱須視為自由豎立並砌固於土壤中者。圖 1.6 示具有吊車梁承托的支柱

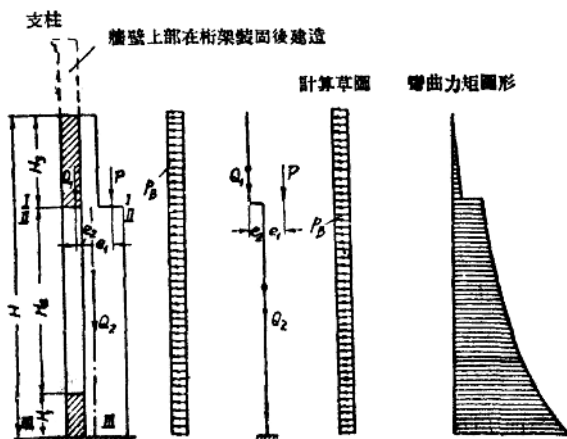


圖 1.6

(在窗口中心之間帶有壁柱的牆壁部分),此處用 Q_1 表示帶壁柱的牆壁在斷面 $I-I$ 以上的本身重, Q_2 表示其在斷面 $I-I$ 以下的本身重。吊車梁的壓力用 P 表示之。1 平方公尺牆壁上的風荷重(考慮正壓力和吸力時的)用 p_0 表示之。當壁柱間距離、亦即當壁柱的間隔為 l 並當窗間牆的寬度為 l_1 時,求得在支柱斷面中的力的表達式如下:

在斷面 $I-I$:

$$N_I = Q_1 \quad (4.35)$$

$$M_I = \frac{p_0 l H_3^2}{2} \quad (1.36)$$

在斷面 $II-II$:

$$N_{II} = Q_1 + P \quad (1.37)$$

$$M_{II} = -P e_1 + Q_1 e_2 + \frac{p_0 l H_3^2}{2} \quad (1.38)$$

在斷面 $III-III$:

$$N_{III} = Q_1 + P + Q_2 \quad (1.39)$$

$$M_{III} = -P e_1 + Q_1 e_2 + p_0 \left[H_3 l \left(\frac{H_3}{2} + H_2 + H_1 \right) + H_2 l_1 \left(\frac{H_2}{2} + H_1 \right) + l \frac{H_1^2}{2} \right] \quad (1.40)$$

(1.3) 計算例題

試作圖 1.7 中所示帶升高中跨的工業房屋外牆及立柱的靜力計算,並驗算其強度。

(1) 主要計算資料

房屋為三跨的。邊跨沒有吊車,從地板至桁架支承節點的高度為 $H=6$ 公尺,而中間跨 $H=9$ 公尺。沿房屋長度,立柱和壁柱的間距等於 6 公尺。

