

中國科學院土木建築研究所研究報告

第 2 號

磚 石 結 構 研 究

江近仁 謝君斐 顧 興 著
王 前 信 何 度 心

科 學 出 版 社

內 容 提 要

本書係中國科學院土木建築研究所在 1954 年所進行的關於磚石結構試驗工作的報告，包括水泥粘土砂漿試驗和磚砌體中心受壓強度試驗兩個部分。

在水泥粘土砂漿試驗報告中，敘述了砌築砂漿的一般性質和水泥粘土砂漿的主要性能，以及其試驗結果。

在磚砌體中心受壓強度試驗報告中，敘述了磚砌體的強度和變形的性質以及磚砌體的標準強度試驗結果，并簡述了不同砌法和截面尺寸對砌體強度的影響，以及不灌豎縫的磚砌體強度。

磚 石 結 構 研 究

著 者	江 近 仁	王前信等
編 輯 者	中國科學院土木建築研究所	
出 版 者	科 學 出 版 社	
	北京朝陽門大街117號	
	北京市書刊出版業營業許可證出字第061號	
印 刷 者	上海中科藝文聯合印刷廠	
總 經 售	新 華 書 店	

1956年10月第 一 版
1956年10月第一次印刷
(滬)0001—6,845

書號：0546 印張：4 1/2
開本：787×1092 1/16
字數：73,000

定價：(10) 0.65元

目 錄

磚砌體中心受壓強度之試驗研究

一、緒言	(1)
二、工作概況	(2)
(一)試驗計劃	(2)
(二)材料物理力學性質試驗	(2)
(三)主要設備	(3)
(四)試件砌築與試驗操作	(4)
三、砌體強度試驗	(5)
四、砌體變形及工作特性	(8)
五、磚的厚度對砌體強度的影響	(12)
六、垂直灰縫對砌體強度的影響	(13)
七、斷面尺寸對砌體強度的影響	(15)
八、砌築形式對砌體強度的影響	(17)
九、結語	(19)
參考文獻	(19)

* * * * *

砂漿試驗研究報告

一、緒言	(21)
二、試驗步驟和方法	(24)
(一)試驗計劃	(24)
(二)試驗材料的分析	(26)
(三)試驗方法	(29)
三、試驗結果	(30)
(一)砂漿試驗強度與蘇聯規範 (M-160-51) 的比較	(30)
(二)水泥粘土砂漿中粘土用量對強度的影響	(32)
(三)砂與稠度對砂漿強度的影響及砂漿與磚的粘結強度試驗	(41)

四、 結論	(47)
附錄 I	(49)
附錄 II.....	(53)
參考文獻.....	(64)

一、緒 言

我國人民很早就已廣泛採用砌築結構，在歷史上亦有過許多輝煌的成就，如長城等。

解放前，舊中國的生產力長期沒有得到發展，磚石結構的建築技術也一直停滯於舊有水平。

在資本主義國家，建築結構的發展很不平衡，對工程量巨大、應用廣泛的磚石結構很少有人進行深入研究。

蘇聯自 1935 年以來就開始進行關於磚石結構的系統的研究工作。由於深入的系統的研究及在建築中大規模採用磚石結構的結果，蘇聯在磚石結構方面已取得輝煌的成績，並且遠遠超過了資本主義國家；這些成就首先是確定了磚石結構工作特性，使理論計算接近於實際情況，從而能充分利用砌體強度，並進一步採用新的結構形式，採用大塊的輕質或空心磚石材料以提高隔熱性能和減輕結構自重。

這裏值得特別指出的是蘇聯中央工業建築研究所（ЦИИИЦ）磚石結構實驗室在 Л. И. 奧尼西克教授領導下所建立的磚石結構強度理論，這些理論為磚石結構的設計和研究奠定了基礎。

根據蘇聯試驗研究的結果：磚砌體強度主要決定於磚和砂漿的強度；此外，砂漿的彈性性質、磚的尺寸、灰縫性質、斷面尺寸、砌築形式等都在不同程度上影響砌體強度；同時，這些因素對不同的結構形式、不同的受力情況也有不同的影響。當磚石結構承受中心壓力時，它的強度主要決定於磚的強度和砂漿的強度，並符合於奧尼西克教授推薦的公式。

當偏心受壓時，按材料力學理論，砌體破損應發生在最大纖維應力達到強度極限的時候，因此，在破損時，荷重對於斷面核界的力矩為一不變常數。但是，混凝土和磚石砌體的受壓試驗說明在破損時核界力矩和纖維應力高於理論值，並且證明當偏心距較小時，荷重對受拉面的力矩為一常數，而當偏心距較大時，則此力矩為一常數的特性被破壞。奧尼西克指出，按照局部受壓理論來分析砌體偏心受壓，則不論偏心距的大小如何，理論與試驗均能符合。從試驗知道，磚砌體的彈性模數是隨應力的增大而減小，在接近破損階段時，幾近於零。試驗證明，應力和應變的關係可用一對數函數來表示，因此，彈性模數是變化的，用這樣的彈性模數來計算砌體屈折強度，就可以應用材料力學

的計算原理并同時適合中心受壓和偏心受壓兩種情況。此外，鋼筋磚石結構和磚-混凝土混合結構共同工作的特性，也都經試驗確定并在實際中廣泛應用。

上述蘇聯所建立的、并不斷發展着的磚石結構強度理論和設計原則是在大量試驗的基礎上，利用理論分析的數據，并概括試驗時所顯示出的物理特性，採用一系列修正係數和經驗公式，以使理論接近實際。這樣，就使修建複雜的重載的磚石結構成為可能，使斷面大大地減小，并使輕質磚石材料的應用範圍得到擴大。

目前，我國已根據蘇聯的先進經驗訂出了磚石結構的設計規範。為了驗證規範中關於砌體強度的數據，并確定影響砌體中心受壓強度的若干重要因素，我們進行了一系列的試驗研究工作。

我們所進行的工作計有下列各項：

- (1) 砌體強度試驗；
- (2) 砌體變形及工作特性；
- (3) 磚的厚度對砌體強度的影響；
- (4) 垂直灰縫對砌體強度的影響；
- (5) 不同斷面尺寸砌體強度比較試驗；
- (6) 不同砌築形式砌體強度比較試驗。

二、工 作 概 況

(一)試驗計劃

各試驗項目、試件尺寸、材料和數目列於表 1。

(二)材料物理力學性質試驗

共採用三種磚，檢驗結果列於表 2。

不同厚度手工磚的實際強度列於表 3。

所有各種磚的抗壓試驗試件都是將磚鋸成兩半以水泥漿疊砌成一小立方體，其中薄磚(如 4.4 厘米)試件具有較小的長細比，因而試驗強度較高。表 3 所列五種磚為同一窯產品，其製作和焙燒條件相同，故可以認為磚號都是 90。

手工磚的抗彎強度是支於 22 厘米跨度進行試驗(普通磚規定為 20 厘米)，這是因為磚的厚度較大，如跨度太小，則彎曲應力狀態與材料力學理論相差太大。試驗結果見第五節。

砂漿共選擇五種配合，均用 200 號水泥(高爐水泥)配製，試驗結果列於表 4。

砂漿以機器攪拌，稠度為 7—9 厘米。試驗所得強度與按“蘇聯磚石砌體砂漿的指示”

表 1. 試 件 計 劃

項 目	磚號	試 件 尺 寸 厘米	試 件 數					說 明
			砂 漿 號					
			56	25.5	9.4	7.8	5.1	
標 準 砌 體	164 122	36.5×49×102 (2 磚×1½ 磚×16)	5 5	5 5	5 5	5 5	砂漿號 按實際 試驗強 度計算	
不同厚度 磚砌體， 磚的規格 為:(毫米)	90	36.5×49×102		5 5 5 5 5				
無 垂 直 灰 縫 砌 體	164	35.5×48×102	5	5				
各 種 斷 面 砌 體	122	36.5×49×102 36.5×36.5×102 36.5×24×70 24×24×70		5 5 5 5				
各 種 砌 築 形 式 砌 體	122	三順一頂 五順一頂 七順一頂 36.5×49×102		5 5 5				

表 2. 磚 檢 驗 結 果

廠 名	哈 爾 濱 第 一 磚 廠	哈 爾 濱 第 七 磚 廠	哈 爾 濱 第 一 磚 廠
製 法 及 出 廠 等 級	機 製 一 等	機 製 一 等	手 工 磚
尺 寸, 毫 米	240×115×53	245×117×53	240×115×不同厚度
抗 壓 強 度 千 克 重/厘 米 ²	164	122	90
抗 彎 強 度 千 克 重/厘 米 ²	25.2	19.8	
最 大 吸 水 率, %	13.6	11.3	
一 般 說 明	產品質量均勻,呈紅褐色, 敲擊時聲音清脆	產品質量均勻,呈深黃 色,敲擊時聲音較清脆	產品質量均勻,稜角完整無 缺,色黃,敲擊時聲音略啞

表 3. 不 同 厚 度 磚 抗 壓 試 驗 結 果

厚 度, 厘 米	7.8	6.8	5.7	5.2	4.4
抗 壓 強 度 千 克 重/厘 米 ²	91	89	91.7	90.5	112

(H-160-51) 計算所得數量很接近,在分析砌體強度時砂漿強度均按實際試驗強度計算。

(三) 主要設備

全部砌體試驗都在 200 噸油壓機上進行。試件在試驗室近旁工棚內砌築,工棚至

表 4. 砂漿抗壓強度試驗結果

種 類	配 合 比				按 H-160-51 千 克 重 厘 米 ²	試 驗 結 果 千 克 重 厘 米 ²	說 明
	水 泥	石 灰	粘 土	砂			
水泥粘土砂漿	1		0.2	3.5	50	56	期 齡 28 天
水泥粘土砂漿	1		0.7	6.5	25	25.5	期 齡 28 天
水泥粘土砂漿	1		1	12	10	9.4	期 齡 28 天
石灰粘土砂漿		1	0.3	5	5	5.1	期 齡 90 天
石 灰 砂 漿		1		5	5	7.8	期 齡 90 天

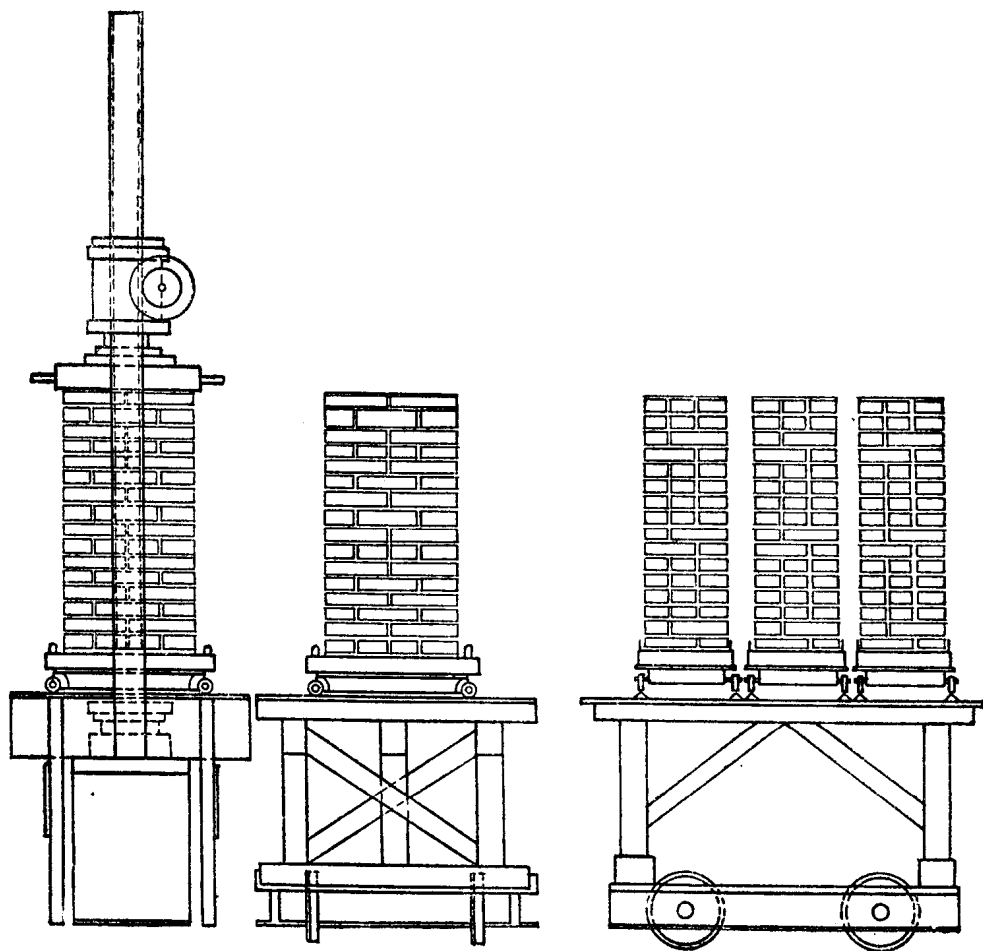


圖 1. 試件搬運裝置示意圖

試驗機旁有輕便鐵道，試件搬運詳見圖 1。

(四) 試件砌築與試驗操作

試件前後由兩個瓦工砌築，但任一項目都是由同一瓦工砌築的。瓦工的技術都是

中等。

試件砌築形式除不同斷面尺寸和不同砌築形式砌體外，都採用奧尼西克砌法，如圖 2。

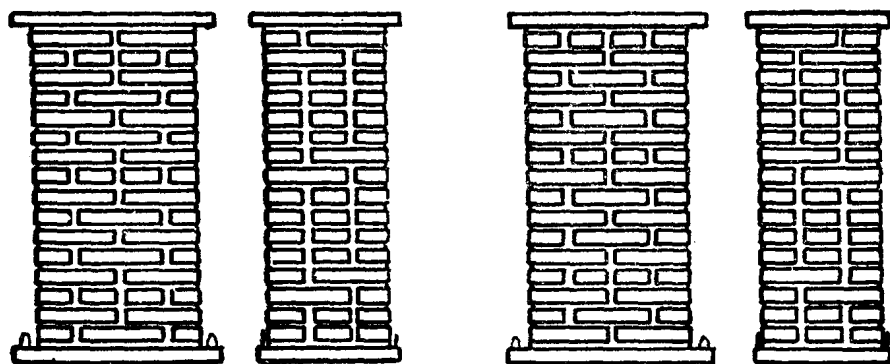


圖 2. 試件砌築形式

試件砌築於一預製混凝土板上，板的下底平坦。試件上抹一層 1:3 水泥砂漿并刮平，使加壓時上下承墊密實。加壓試驗時上下各加墊一鐵板。

加載時，每級載荷採取預計破損荷重的 10% 左右，每加一次後保持恆壓數分鐘，至變形漸穩定後再加第二次。

25.5 號以上砂漿的砌體每分鐘加 6 噸，保持恆壓三分鐘，平均每分鐘 1.2 噸；9.4 號砂漿以下的砌體每分鐘加 5 噸，保持恆壓三分鐘，平均每分鐘 1 噸；小斷面砌體每分鐘加 3 噸，保持恆壓二分鐘，平均每分鐘 1 噸。每一試件試驗需時 40—70 分鐘。

每級加荷前後各測量其壓縮變形。由於砌體受壓後發生橫向變形，荷重達到破損荷重的 80% 左右時，即不能準確地測讀變形值，故破損階段的變形未能測得。

試件在半戶外狀態下養護，溫度濕度沒有很好控制。大部分試件的養護溫度為 17°C — 23°C 。不同斷面尺寸砌體試件砌築較遲（八月下旬至九月上旬），剛砌築的半月內為 10°C — 17°C ，隨即降到 4°C — 10°C ，後來曾一度降雪，溫度降到 0°C 達二晝夜。

砌築時磚的含水量沒有嚴格的控制，因為它決定於自身的吸水性、浸水的深度和時間、砌築前堆放的時間和空氣的溫度濕度。這些因素有的在砌築時很難控制。

三、砌體強度試驗

與其他材料立方體和稜柱體抗壓試件一樣，磚砌體抗壓強度與試件尺寸密切相關。根據蘇聯文獻，通常採用 $1\frac{1}{2}$ 磚 $\times$ 2 磚或 $1\frac{1}{2}$ 磚 $\times$ $1\frac{1}{2}$ 磚作為標準試件的斷面，其長細比不小於 2.5，一般採用 3。

蘇聯奧尼西克教授分析了多年的試驗數據，考慮到影響砌體强度的主次要因素，曾提出一個具有廣泛應用範圍的砌體强度的經驗公式：

$$R = AR_1 \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_2}{2R_1}} \right), \quad (1)$$

$$A = \frac{100 + R_1}{100 + nR_1} \cdot k. \quad (2)$$

式中 R ——砌體强度極限；

R_1 ——磚的强度極限(即標號)；

R_2 ——砂漿强度極限(即標號)；

a, b ——經驗常數, $a < b$ ；

A ——結構係數；

n, k ——經驗常數。

上述公式適用於中等技術瓦工。

$$\text{當 } R_2 = 0 \text{ 時, } R = AR_1 \left(1 - \frac{a}{b} \right);$$

$$\text{當 } R_2 = \infty \text{ 時, } R = AR_1;$$

普通磚砌體採用： $a = 0.2$, $b = 0.3$, $n = 3.3$, $k = 1.0$ 。

磚的抗彎强度在很大程度上影響砌體强度。全蘇國定標準規定：150 號磚的抗彎强度應不小於 28 千克重/厘米²；125 號磚應不小於 25 千克重/厘米²。如果磚的抗彎强度沒有達到規定值，則將降低砌體强度。在這種情況下，奧尼西克建議降低結構係數 A ，如下式所示：

$$A = \frac{1.2}{1 + \frac{R_1}{3R_{\text{нзг}}}} \quad (3)$$

式中 $R_{\text{нзг}}$ 為磚的抗彎强度。

為了便利實際應用起見，蘇聯“磚石及鋼筋磚石結構設計暫行指示”（У-57-51）（МСПТИ）規定砌體强度如表 5。

表 5. 砌體强度表, 千克重/厘米²

磚 號	砂 漿 號					
	100	50	25	10	4	0
150	45	35	30	25	22	20
100	35	30	25	20	17	15
75	30	25	20	17	14	12

我們進行了 164 號磚（抗彎強度 25.2 千克重/厘米²）和 122 號磚（抗彎強度 19.8 千克重/厘米²）以五種不同號砂漿砌成的九種砌體試驗（試件尺寸為 36.5 × 49 × 102 厘米），試驗結果列於表 6 和圖 3。

表 6. 砌體強度表

磚 號		砂 漿 號				
		56	25.5	9.4	7.8	5.1
164	試 驗 結 果	40.4	32.3	25.0	23.7	25.4
	按公式 (1), (2)	38.9	31.8	26.4	25.8	24.7
	按公式 (1), (3)	35.8	29.3	24.3	23.8	22.8
122	試 驗 結 果	31.8	27.8	22.8	—	23.2
	按公式 (1), (2)	33.5	27.2	22.1	—	20.3
	按公式 (1), (3)	29.8	24.2	19.7	—	18.1

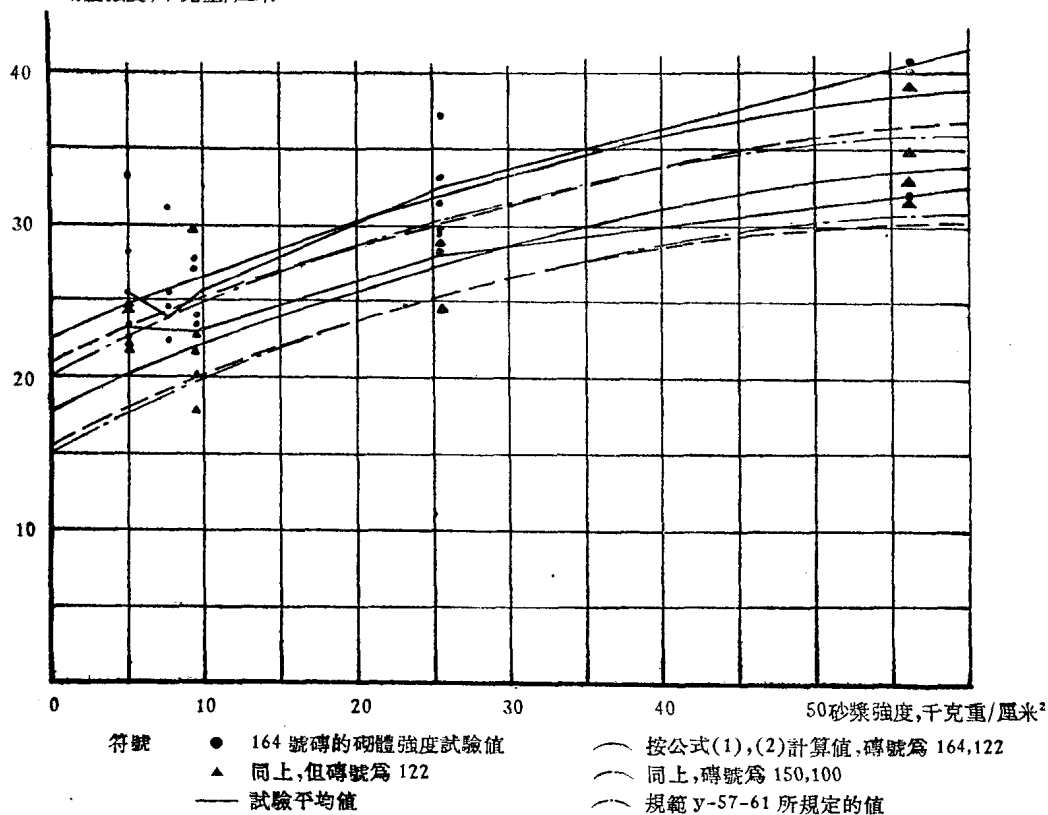
砌體強度, 千克重/厘米²

圖 3. 砌體強度圖

從圖表中可以看出, 砌體強度試驗基本上能符合按奧尼西克提出的砌體強度公式 (1), (2) 的計算值, 但個別試驗值較計算值低 8% 左右。如果考慮到磚的抗彎強度不

够,砌體强度按(1),(3)計算,則試驗值一般都高於計算值。

同時,也可看出,規範 Y-57-51 中砌體强度表所規定的數值當高標號和低標號砂漿時,一般均略低於按(1),(2)的計算值。

由此可以作出結論,我國目前的材料生產和砌築技術條件能够滿足現行規範對於砌體强度的規定。試驗數值和規範的規定值相差很小,這種差異可以解釋為磚材和砌築質量的不均勻性;由於砌體上下面的不平整,安放不正直所引起的集中應力和偏心距(觀察結果指出,偏心距一般達 0.3—0.6 厘米,個別情況超過此值);以及其他偶然原因。

所以在基建工程中進行磚石結構設計時,可以採用規範所規定的數值而不必降低。

四、砌體變形及工作特性

承受壓力(中心受壓和偏心受壓)是磚石結構的主要受力形式。由於組成砌體的兩種材料(磚和砂漿)具有不同的物理力學性質,因此,在最簡單的受力形式——中心受壓時砌體的工作情況也相當複雜。

測量砌體的變形,特別是測量接近破損階段時的變形及確定砌體的工作特性是一件較困難的工作(如儀器裝置等)。我們在這方面亦曾進行了一些試驗。爲了能對砌體變形及工作特性有全面的了解,在這裏,我們先介紹蘇聯關於磚砌體變形及工作特性方面的研究成果,再討論我們的試驗結果。

根據 C. A. 謝明佐夫的研究,當砌體剛砌好時,磚就強烈地吸收砂漿內的水分,在砌築後二、三小時內,砂漿含水量降低 50—70%。砂漿含水量迅速降低,使砂漿收縮,此時由於砌體自重的影響,水平灰縫中砂漿仍能保持與磚面的接觸。但灰縫中砂漿的收縮不可能是均勻的,因砂漿成分的比例在各處不一樣,有些地方砂子大量集中,而有些地方水泥漿較多。砂子集中的地方收縮較小;因而形成許多小突起;這些小突起(支持點)承托着上面磚層。砌築時也不可能把砂漿鋪得很密實平整,水平灰縫中常因鋪築不均勻而形成孔洞或灰縫厚度不一致。由此可見,砂漿層與磚層并非全面接觸,實際接觸面積僅僅是一部分。

由於砂漿不均勻收縮、砌築時的缺陷及其他偶然原因所形成的層間空隙,在砌體邊部甚至可用肉眼看出。

很明顯,在磚層和砂漿接觸的部分面積上,壓應力將局部集中,形成全斷面上壓應力的非均勻分佈。同時,磚只被一些小突起支持着,勢必產生很大的彎曲應力。從觀察砌體在强度試驗時裂縫發展的情況得知,當荷重達到破損荷重的 50—70% 時,個別磚開始在其中部靠近垂直灰縫處被折斷。這種磚裂紋與垂直灰縫聯通起來構成砌體裂

縫。隨着荷重繼續增加，裂縫繼續擴展，整個砌體漸次形成個別的半磚小柱，砌體全斷面的共同工作受到了損害。荷重繼續加大，則砌體向橫向脹出，裂縫劇烈擴展，達 2—5 毫米，砌體內部結構開始疏鬆，漸喪失其載荷能力，達到破損階段。

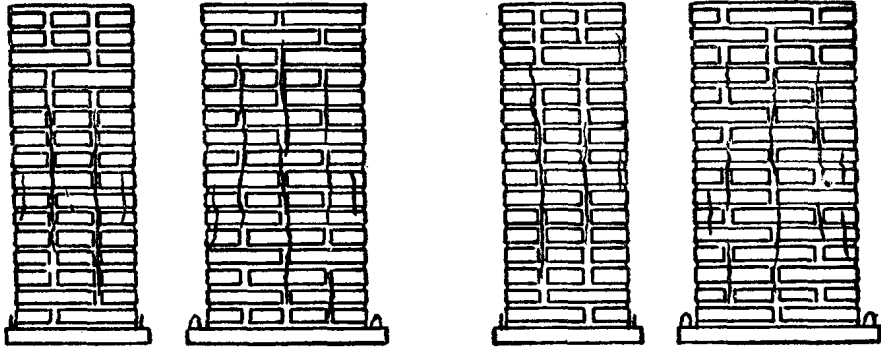


圖 4. 砌體裂縫情況

蘇聯中央工業建築研究所在作砌體抗壓試驗時還測量了在加載過程中個別磚的變形，由此確定了上述壓應力傳遞的不均勻性和磚因彎曲而產生的應力。試驗結果指出：個別磚壓應力不均勻性（即實際最大壓應力超過平均壓應力的百分數）可達到 90%；磚的彎曲應力可達平均壓應力的 100% 以上，切應力可達 50%。

壓應力傳遞的不均勻性和磚承受彎曲力降低了砌體強度。磚因受彎曲折斷是砌體裂縫的主要原因。

由於灰縫中存在着層間空隙，因此當灰縫在受壓變形時，除了砂漿層的壓縮變形外，還有由於層間空隙閉合所生的變形。後者視砂漿的種類、工作性、磚在砌築時的含水量和瓦工技術而定，可能達到很大的值。

這種由於層間空隙所產生的變形與槽齒結合木結構在不大的荷重下由於槽齒空隙閉合而生的殘餘變形相類似。

任何物體受壓發生縱向變形時，也發生橫向變形。根據蘇聯中央工業建築研究所試驗結果：磚的橫向膨脹非常小，荷重小時為縱向壓縮的 3—5%，破損時為 10—15%；而砂漿的橫向膨脹係數為 0.16。同時，磚的彈性模數較砂漿為大，砂漿的彈性模數又隨應力的增大而迅速減小，當接近破損時彈性模數幾近於零。因而，砌體中砂漿的單位壓縮變形顯著的大於磚的單位壓縮變形（低強度砂漿這種差值更大）。

在砌體水平灰縫中，砂漿的這種橫向變形受到砂漿與磚層間摩擦力的阻礙，其結果使砂漿在橫向受壓，而磚在橫向受拉。

磚的這種橫向拉應力將和前述彎曲應力共同作用，使磚在壓應力還不大時就被折斷；而且在砌體裂縫後，拉應力使裂縫繼續擴展，加速砌體的破壞。此外，在垂直灰縫附

近,切應力、壓應力的局部集中和有效承壓面積的減小、磚尺寸不準、磚面不平以及其他偶然原因都在不同程度上降低砌體強度。所有這些因素在各個砌體中不同地組合起來,相互影響,構成複雜的砌體應力狀態。

綜上所述,由於組成砌體的兩種材料——磚和砂漿具有不同的力學強度、彈性性質、橫向膨脹係數,磚在砌體中實際上處於複雜的多軸受力,而絕非均勻地承受單軸壓應力。砌體的破壞不是單純地由於磚承受壓應力產生的,而是由於壓力、彎曲、拉力和切力的共同作用。磚石結構在荷重作用下的實際工作情況較材料力學、彈性力學的理論分析複雜得多。

砌體強度試驗結果指出,122號磚9.4號砂漿作成的砌體強度為22.8千克重/厘米²,相當於磚號的18.7%。當採用高强度砂漿時,砌體強度也大大低於砂漿號。實際上,水平灰縫中砂漿僅為一薄層,上下都是剛度很大的磚層,砂漿受壓後的橫向膨脹受到磚面與砂漿面間摩擦力的阻礙;可想而知,這種砂漿薄層的強度應較 $7 \times 7 \times 7$ 厘米立方體試件大許多倍。上述砌體受力工作的複雜性,有力地說明了砌體強度顯著地低於所採用的磚號這一現象。

深入研究磚、砂漿和砌體的物理力學性質,能使我們更了解磚石結構的工作特性,並啓示在磚石結構方面進行科學研究和技術改進的方法和途徑。

為了實地觀察磚砌體變形性質和工作特性,並對上述理論有較深刻的了解,我們除了測量磚砌體的變形外,還參考了C.A.謝明佐夫的試驗方法,分別測量了磚柱和砂漿柱的變形,以便進行比較,茲分別敘述如下:

(一)磚柱的變形

紅磚是一種脆性材料,有較高的抗壓強度(常用者為75—150千克重/厘米²);其抗彎強度低,一般僅為其抗壓強度的0.1—0.2。

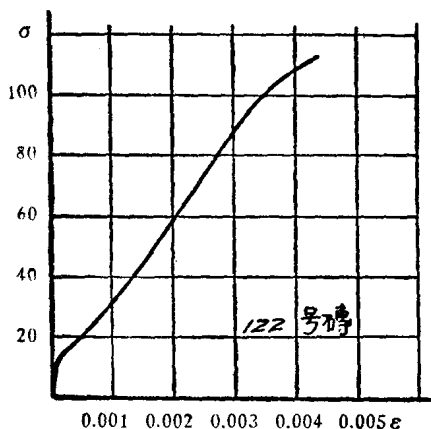


圖5. 磚變形圖

將磨光的七塊磚(哈爾濱第七磚廠122號磚)疊成一小柱($24.5 \times 11.7 \times 35.7$ 厘米),長細比為3。變形圖如圖5。可以看出,由於接縫不密實,在小應力時彈性模數變化較大。但圖形漸次變為一直線,此時彈性模數約20000—30000千克重/厘米²,最大壓縮度達5毫米/米。當應力為20—35千克重/厘米²時(相當於這種磚用低、中強度砂漿砌成的砌體強度)壓縮變形約1—1.4毫米/米。

(二)砂漿柱的變形

砂漿的力學強度及彈性性質取決於組成砂漿的膠結材、摻料的性質及各成分的配合比。

測量 1:0.2:3.5 (水泥:粘土:砂) 砂漿作成的 $10 \times 10 \times 30$ 厘米 (長細比 3) 小砂漿柱在荷重下的變形示如圖 6。標準試件試驗確定這種砂漿的實際標號為 56。

在作標準砌體強度試驗時,測量了砌體中部五層磚的變形。圖 7 繪出 122 號磚 56 號砂漿的砌體變形圖。

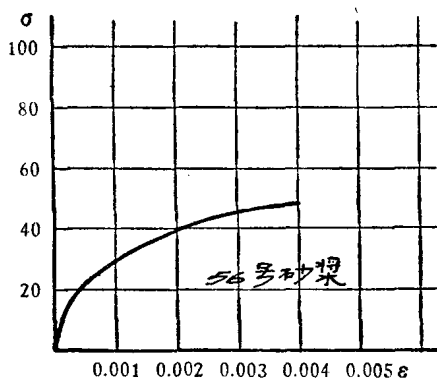


圖 6. 砂漿變形圖

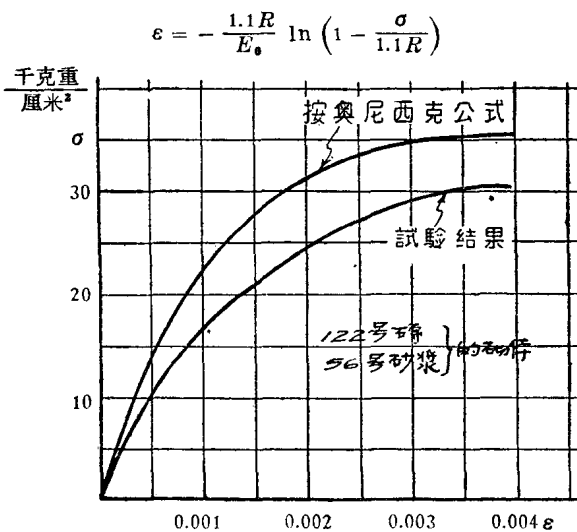


圖 7. 砌體變形圖

砌體水平灰縫約佔砌體全高 16%，理論上,砌體、砂漿和磚的變形關係應符合下公式:

$$[\epsilon_{\sigma}]_{KA} = 0.84 [\epsilon_{\sigma}]_K + 0.16 [\epsilon_{\sigma}]_P,$$

其中 $[\epsilon_{\sigma}]_{KA}$ ——應力為 σ 時砌體單位壓縮變形;

$[\epsilon_{\sigma}]_K$ ——應力為 σ 時磨光磚柱單位壓縮變形;

$[\epsilon_{\sigma}]_P$ ——應力為 σ 時砂漿柱單位壓縮變形。

砌體變形的試驗值和理論值的比較見表 7。

表 7. 砌體變形理論值和試驗值比較

應力, 千克重/厘米 ²	$[\epsilon_{\sigma}]_K$	$[\epsilon_{\sigma}]_P$	$0.84[\epsilon_{\sigma}]_K + 0.16[\epsilon_{\sigma}]_P$	$[\epsilon_{\sigma}]_{KA}$ 試驗值	試驗值與理論值之比
$\sigma = 10$	0.0001	0.00012	0.000103	0.0005	4.85
$\sigma = 20$	0.00045	0.0005	0.000458	0.0015	3.28
$\sigma = 30$ (接近破損)	0.0009	0.0011	0.000931	0.0032	3.9

根據比較結果可以看出：砌體的實際壓縮變形大大超過按相同的砂漿柱、磨光磚柱（且具有同一長細比）變形曲綫計算出的砌體變形。這種砌體實際的變形的增加顯然是由上述層間空隙閉合所致，而不是由於磚和砂漿在砌體中的變形大於個別磚和砂漿柱所產生的變形。

五、 磚的厚度對砌體強度的影響

在討論砌體的工作特性時，敘述了砌體受力工作的複雜性。磚在中心受壓磚砌體中除受壓力外，還承受很大的彎曲力、橫向拉力、切力。造成砌體裂縫的原因主要由於彎曲力的作用，磚被折斷；此後，裂縫繼續擴展，砌體就達到破損階段。

從材料力學知道，矩形斷面的斷面係數與其高度的平方成正比：

$$W = \frac{1}{6}bh^2,$$

其中 W ——斷面係數；

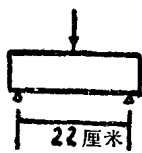
b ——斷面寬；

h ——斷面高。

同時，斷面增高，抗拉和抗切的能力也增加。顯然，加大磚的厚度，能提高砌體的承載力。

根據這一理論，我們進行了不同厚度磚（ $24 \times 11.5 \times 4.4$ ），（ $24 \times 11.5 \times 5.2$ ），（ $24 \times 11.5 \times 5.7$ ），（ $24 \times 11.5 \times 6.8$ ），（ $24 \times 11.5 \times 7.8$ 厘米共五種）的砌體強度比較試驗。砌體尺寸同標準砌體（ $36.5 \times 49 \times 102$ 厘米）。這些厚度不同的磚是在同一條件下製坯和焙燒的。經試驗確定都接近 90 號。破損彎曲力列於表 8。

表 8. 不同厚度磚抗彎試驗結果

磚 厚 厘米	理論的抵抗力矩相對值 (以 5.2 厘米磚為一單位)	破損彎曲 荷 載 P 千克重	破損彎曲荷載相對值 (以 5.2 厘米磚為一單位)	試 驗 圖 形
4.4	0.716	104	0.595	
5.2	1.000	175	1.000	
5.7	1.200	183	1.046	
6.8	1.710	244	1.394	
7.8	2.250	294	1.680	

從表 8 可看出：磚的破損彎曲荷載隨着厚度的增大而增大。厚度 6.8 厘米的磚的破損彎曲荷載較厚 5.2 厘米的磚增大 40%。也必須指出，這種增大的規律，並不符合於材料力學中梁的理論，而是比理論值較低。這一現象的原因可解釋為由於厚磚焙燒不

透以及梁的理論在短跨度時所產生的誤差，用厚度不同的磚砌成的砌體的強度試驗結果列於表 9 和圖 8。

表 9. 不同厚度磚砌體強度 (5 個數據平均值)

磚 厚 厘米	砌 體 破 損 荷 重 噸	砌 體 斷 面 積 厘米 ²	抗 壓 強 度 千克重/厘米 ²
4.4	30.5	1790	17.3
5.2	43.7	1790	24.4
5.7	40.9	1790	22.8
6.8	52.1	1790	29.1
7.8	52.7	1790	29.4

註：所有砌體均用標號為 25.5 的水泥粘土砂漿砌築

從試驗結果可以看出，雖然其結果不很規律，但平均曲綫(圖 8)的傾向仍足以證實增加磚厚可以提高砌體的強度。磚的厚度增加，則砌體水平灰縫減少，因此，增加磚厚

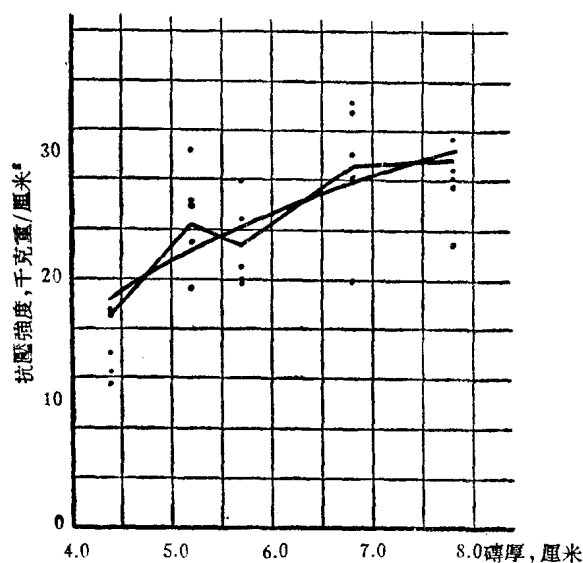


圖 8. 不同厚度磚砌體強度圖

可以減少砂漿用量和砌築勞動力。但增加磚的厚度時，必須考慮瓦工的操作條件，因為厚度過大，則砌築時操作不便。

由此可以作出結論，適當增加現行磚的厚度規格可以提高砌體強度，節約砂漿和砌築勞動力。

六、垂直灰縫對砌體強度的影響

通常，除了水平灰縫外，砌體還留有垂直灰縫，并用砂漿填滿。

實際上，在砌築時很難將豎縫填好，即使灌漿也難作到完全密實；而且，稀漿容易流