

簡明磚石結構

丁大鈞 編著

科學技術出版社

內 容 提 要

本書系根据中等專業學校教學大綱及教學法建議書并参考苏联最新規範 (H и ТУ-120-55) 全部采用按極限狀態計算方法編寫的。書中詳細介紹無筋及橫配筋砌體的計算, 同时还分別提供一些計算用表以簡化計算; 也介紹了縱配筋砌體的計算和闡述了冬季砌體的計算以及按變形和裂紋展開計算結構的方法。

書中还討論了剛性及彈性構造方案房屋的計算, 過梁和地下室牆的計算, 最后并对拱頂作了扼要的介紹。

本書可用作中等專業學校的教科書及設計人員的參考書, 亦可作為高等學校建築學專業的教學參考書。

簡 明 磚 石 結 構

編 著 者 丁 大 鈞

*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 號

上海士山灣印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119 · 575

開本 787×1092 耗 1/32 · 印張 7 5/32 · 插頁 1 · 字數 146,000

1957 年 10 月第 1 版

1957 年 10 月第 1 次印刷 · 印數 1-2,800

定價: (10) 1.20 元

序

在拙編“磚石結構”于1954年春出版后，由于内容和編寫方式不完全符合中等專業學校教學的要求，因此曾接到若干中等專業學校該課教師對編寫能符合他們需要的教材的詢問和意見。于是決定編寫一本“簡明磚石結構”以應他們的需要。54年冬雖曾一度執筆編寫，終由事冗未竟全功。

1956年9月出版的与徐師百川教授為高等學校工業与民用建築專業合編的“磚石及鋼筋磚石結構”一書，對中等專業學校而言，如取作教本，分量亦覺過重。因此覺得仍有繼續完成該稿的必要。

但自蘇聯最新的“磚石及鋼筋磚石結構設計標準及技術規範”(HиТV-120-55)公布后，在蘇聯已自1955年1月起改用規範中規定的按極限狀態計算方法計算了。可以肯定的我國在經過一个時期學習和熟悉蘇聯新規範后，亦將採用这个規範所規定的最先進的計算方法，因为只有这样才能使設計更為合理。鑒于这种新的發展形勢在學校的教學中以及在教材的編寫上自應得到反映，所以最后決定本稿全部改按新規範重新編寫。

編寫時對材料的取舍和內容的深淺程度完全遵照中等專業學校的教學大綱和教學法建議書進行，并配合適量的數字例題以加深讀者對理論的認識。但由于改按新方法計算，故有的地方不得不与大綱有所不同，這就是指須加按形變計算結構的一節。同時對新的東西在內容上亦尽可能的予以反映，譬如介紹了蘇聯工程師別利亞金最近提出用直接公式計算橫向配筋磚石結構的方法等。又編者對無筋和橫向配筋砌體編制了計算用表，以減輕設計時的工作量。這些部分以及其他次要部分不一定須在課堂上詳細講授而僅需提示一下以留給同學自己閱讀的，皆排印成小字，以便

分清主次并可節省篇幅。

書中有些資料是根據個人意見提出的，可能有不妥當的地方，僅供讀者研討參考。對學習上容易發生誤會的地方，盡量指出，以使讀者注意。

雖然本書系為中等專業學校編寫的，但由於現在高等學校建築學專業“建築結構”一課中亦增授“磚石結構”部分，而該專業目前尚未訂有統一的教學大綱，但顯然他們對計算方面的要求不高，因此亦可能利用工業與民用建築專業的教本來進行教學，所以本書兼可作為高等學校建築學專業的教學參考書甚或作為教本。

本書的編寫曾得到燃料工業部開灤建築工程學校教師黃貴同志很多的鼓勵和幫助，並承黃同志將中等專業學校該課的教學大綱和教學法建議書抄寄，以作為編者在編寫過程中的指南。黃同志的這種熱情幫助，使編者衷心感謝，這裡謹向他致以最大的敬意。

儘管編者在脫稿後一再修改調整，但由於自身條件的限制以及對新規範體會的不夠等，謬誤之處，在所難免，尚希讀者多多指正，以便再版時得以修正，幸甚。

丁大鈞于南京工學院 1956. 12.

目 錄

第一章 緒 論	1
1-1. 磚石結構發展簡史.....	1
1-2. 我國著名的磚石結構建築物的簡介.....	4
1-3. 蘇聯在磚石結構科學研究方面的成就.....	7
1-4. 磚石結構主要優點及其在建築中的經濟價值.....	12
1-5. 磚石結構砌築材料.....	13
1-6. 磚石砌體的種類.....	16
1-7. 對磚石砌體的要求.....	27
1-8. 有關的指示.....	32
第二章 磚石砌體的标准指标	34
2-1. 影响砌體強度的因素.....	34
2-2. 計算砌體強度的經驗公式及强度标准值.....	48
2-3. 勻質系数.....	54
2-4. 砌體的彈性模量.....	54
第三章 磚石結構計算理論	58
3-1. 磚石結構按破損荷載計算的基本原理.....	58
3-2. 磚石結構按極限狀態計算的基本原理.....	60
3-3. 工作条件系数.....	63
3-4. 标准荷載及过载系数.....	66
第四章 按承重能力計算磚石結構	69
4-1. 縱向弯曲系数.....	69
4-2. 軸心受压構件的計算.....	71
4-3. 砌體受拉, 受弯及受剪計算.....	72
4-4. 偏心受压構件的計算.....	79
4-5. 按表計算立柱和窗間牆.....	92
4-6. 局部受压.....	95
4-7. 用早期冻结法砌築的冬季砌體計算特点.....	98
第五章 按承重能力計算鋼筋磚石結構	104
5-1. 橫向配筋砌體軸心受压的工作特点和計算.....	104
5-2. 橫向配筋砌體偏心受压的工作特点和計算.....	109
5-3. 按直接公式計算和按表設計橫向鋼筋.....	111
5-4. 縱向配筋砌體軸心和偏心受压以及受弯的計算.....	116
5-5. 用早期冻结法砌築的冬季砌體計算特点.....	120

第六章 按形变及裂紋展开計算磚石及鋼筋磚石結構 121

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 6-1. 按形变計算磚石及鋼筋磚
石結構 121 | 6-2. 按裂紋展开計算磚石及鋼
筋磚石結構 132 |
|-----------------------------------|-------------------------------------|

第七章 磚石房屋及其个别部分的構造和計算 135

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 7-1. 磚石房屋的剛性和彈性構
造方案 135 | 7-4. 牆柱的構造 163 |
| 7-2. 剛性構造方案房屋牆柱的
計算 141 | 7-5. 基礎和地下室牆 167 |
| 7-3. 彈性構造方案房屋牆柱的
計算 148 | 7-6. 过梁 172 |
| | 7-7. 薄壁拱頂类型及計算概
述 179 |

参考文献 187

第一章 緒論

1-1 磚石結構發展簡史

上古人民穴居野處，曙人時期的北京人（約 50 萬年前）都住在天然岩洞里；距今約 10 萬年前，舊石器時代將開始時的山頂人（房山縣周家店發現的），亦還住在天然岩洞里。到新石器時代末期（約 4,500 年前），據河南澠池仰韶村及山西萬泉等處的發現証實已有人工建造的豎穴。

到殷代以前的黑陶文化時期（約相當夏代），則已發現有版築的城牆，也許當時的牆壁也是用粘土做成的版築牆。

殷代以後，逐漸改用日光曬干的粘土磚（土坯）來砌牆，在周代末年已有燒制的瓦，而在西漢墓中又有燒制的磚，六朝時磚的用途已很普遍，有完全用磚造成的塔。

石料在我國的应用是多方面的。我們的祖先曾用石料刻成各種建築裝飾用的浮雕，用石料砌築台基欄杆，也曾应用石料砌築建築物。

琉璃瓦的製造，始於北魏中葉，後來才做琉璃磚，到明代又在瓦內摻入陶土以增加瓦的強度，同時琉璃磚亦自明代更大大發達起來。

我國拱圈的采用，雖說洛陽北郊東周墓中已有發現，但非正式記載。在西漢末年，才有實物証明，當時拱圈系用于淺葬的墓中。

因為我國原先的建築為木結構的構架制，其中牆壁僅作填充防護之用。清代鴉片戰後，我國建築受到歐洲建築的影響，於是始有承重牆的建造。磚石砌體遂成為結構中不可分割的一環，研究和確定其計算方法，自屬必然的趨勢。

在歐洲，大約在 8 千年前已開始采用曬干的磚；鑿琢的自然石

的采用,大約在 5~6 千年左右;至于在建筑中采用燒制的磚,亦有 3 千年的歷史。

磚石砌体大都用于建筑物中承受垂直荷載的部分,如牆、柱、桥墩及基礎等。洞口上的結構通常用整塊的大石跨過,后来才知道建造拱圈(約在紀元前 3,000 年)。

当时磚石砌体的体積都是很大的,为了便利使用并顧及經濟,要求减小構件的截面尺寸,因此对砌筑材料提出較高的要求,但是改進和發展的过程是很慢的。

19 世紀在欧洲建造了各式各样的磚石建筑物,特别是多層房屋。强砂漿以及水泥的發現,更進一步地提高了磚石砌体的質量及其在建筑中的价值。

最近 30 年的研究(主要是在苏联),提出了許多新型結構,例如配筋磚石結構,薄壁拱頂以及輕型牆砌体等,更擴大了磚石砌体应用的範圍。

綜上所述,磚石結構的發展大致可以分为下列三个階段①:

第一階段 从采用日光晒干的磚至磚石結構理論的創立。

这一階段的特征为結構型式的笨重和構件的設計完全按經驗來進行。

第二階段 这一階段的特征为磚石結構理論的确立和新型結構的不断提出。

在苏联革命后,首先开始有系統地研究磚石結構强度和穩定性的理論,終于提出磚石結構的理論計算方法——最初为按許可应力的計算方法(在計算中引入了修正系数,考慮磚石砌体工作的特性——规范 OCT. 90038-39),后来改進为按破損荷載的計算方法(规范 Y-57-43. Y-57-51)。

在試驗研究的基礎上,先后提出許多新型結構。

縱橫配筋砌体的提出,使应用磚石砌体可砌筑高層房屋。

① 系根据編者个人的意見划分,是否妥当,尚須進一步地研究

薄壁拱頂(厚 $1/4$ 磚和 $1/2$ 磚)的提出則使較大面積(在 50 平方公尺以內)以及較大跨度的樓板和屋頂,在某些情況下可採用磚石砌體以代替其他結構。

輕型牆壁(包括各種空心磚和多孔磚的牆壁)的應用更可提高牆的熱工質量,同時也減輕了牆的自重,因而減輕了基礎砌體的體積。

自有各種塑性攪合料的砂漿提出後,大大地改善了砌築工作和提高了砌體質量。

此外冬季施工方法的研究和改進,保證了磚石工可全年地來進行。

第三階段轉入新的計算方法和工業化的施工方法。

1955 年 1 月,蘇聯已正式改用最先進的按極限狀態方法計算(建築法規 СН и П 及規範 Н и ТУ-120-55),這種方法使能更正確地來估計磚石構件截面的承重能力。

戰後蘇聯在磚石結構的領域內,已逐步廣泛地採用裝配式的施工方法,譬如用大型混凝土砌塊或磚砌塊來建造房屋,使繁重的手工勞動變為現場的機械安裝工作,加速了砌築速度^①,因而減低了造價^②。

我國解放前設計磚石結構系按陳旧的容許應力法大約估算,對靜力計算更無正確的理論作為依據。解放後在大力學習蘇聯先進經驗的基礎上,中華人民共和國建築工程部曾於 1955 年正式頒布按破損荷載計算的“磚石及鋼筋磚石結構設計暫行規範”(規結-2-55)。由於蘇聯對磚石結構的研究不斷地在發展和改進,現在又已轉入學習蘇聯新規範(Н и ТУ-120-55)的階段。

① 譬如 1941 年前,在蘇聯高層居住建築,每立方公尺建築體積的平均勞動量為 2~2.5 工日;1955 年莫斯科學校大型砌塊試點工程僅為 0.87 工日;每一工人安裝一塊相當 800 塊磚的砌塊僅需 15 分鐘,如現場砌磚則須 4 小時

② 根據蘇聯列寧格勒某一大型砌塊工地的資料,降低造價 15~20%,而地下基礎尚未採用預制的

对大型砌塊建筑,在北京已建立有重点工程的工地,以便創造和積累經驗來推廣。其他有条件的地区亦有不同程度地在試做。深信不久的將來,这种進步的設計和施工方法將視各地的具体情况有計劃有步驟地逐漸得到推廣。

1-2 我國著名的磚石結構建築物的簡介

我國歷史上有名的,甚至現在還保存下來的磚石建築物很多,这里僅簡單地舉几个例子來說明一下。从这些例子里已可清楚看出我國文化歷史的悠久和古代劳动人民的智慧,我們應該繼承着祖先優良的傳統,努力學習來發揚光大它。

首先我們知道,秦代的万里長城(圖 1-1)是我國在世界上有名的偉大建筑之一,它西起臨洮,东迄遼东,綿延約 2,300 公里,原是用乱毛石和土建造的,到明代中叶,改用磚砌。牆高約 12 公尺,



圖 1-1 南口万里長城

寬約 7~10 公尺,全部材料約 3 億立方公尺,其中磚石用料約占三分之一,較埃及最大的喬魯斯金字塔約大 120 倍以上。

我國古代磚石砌筑的佛塔和石橋也是世界上有名的。

圖 1-2 示河南登封縣嵩山嵩岳寺塔，為完全用磚砌成，建於公元 520 年（南北朝時代），塔高 15 層，平面為 12 角形（這是國內唯一的 12 角形塔），每角用磚砌起一根柱子，高約 40 公尺，是我國最古的佛塔，這座塔標志着這個時期我國在用磚技術上的偉大成就。



圖 1-2 河南登封縣嵩岳寺塔

圖 1-3 所示亦系南北朝時代所建的山東濟南神通寺四門塔，其平面為方形，是我國最古的石塔。

圖 1-4 所示為公元 1044 年（北宋時代）所建的開封佑國寺鐵塔，計 13 層，高 36 丈，表面全部用鐵色琉璃磚造成。採用這種顏色充分顯示出塔身的堅牢穩固，這說明我國勞動人民的豐富想像。



圖 1-3 山東濟南神通寺四門塔

圖 1-5 示隋代李春所造的河北趙縣安濟橋，淨跨為 37.45 公尺，高 7 公尺余，寬約 9 公尺，為單孔空腹式石拱橋，外形十分

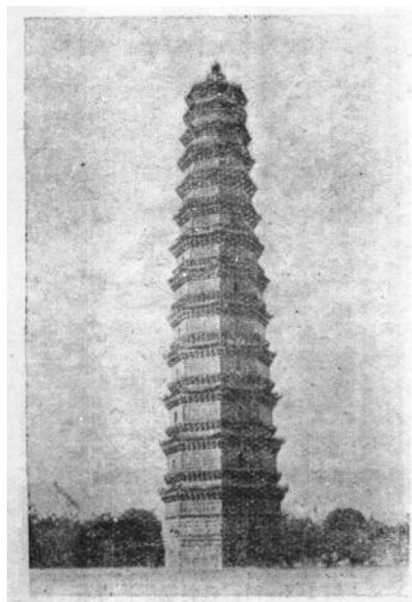


圖 1-4 河南開封佑國寺鐵塔

美觀，距今已 1,300 多年，仍起着联系洺水兩岸的作用。據考証，該橋實為世界上最早的空腹式拱橋。無論在材料的使用上，結構上，藝術造型上和經濟上皆達到了極高的成就。

又如福建泉州宋代所建的洛陽橋，全長 1,200 余公尺，寬 5 公尺，為國內最長的石橋。在距今 900 多年前無起重設備的條件下，而橋中石板竟有達 200 公噸一塊者，其起吊方法雖不傳，但從這一事例可以充分顯示出我國古代勞動人民的勇敢與智慧。



圖 1-5 河北趙縣安濟橋

圖 1-6 示明代周忱修建的蘇州寶帶橋，是國內最長的圓拱橋，共 50 余孔，迄今仍完整如故。

唐代李昭德（武后時）重修洛陽利涉橋時，砌石作橋墩，將墩前做成尖形，以便分開水勢，實為現在所謂“分水金剛牆”的先例。



圖 1-6 江苏苏州宝带桥(照片系南京工学院中國建筑研究室供給)

此外庙宇建筑方面,南京灵谷寺的無梁殿和苏州开元寺的無梁殿均系明代所建,为磚砌穹窿結構,至今仍完好如故。圖 1-7 示南京灵谷寺無梁殿后面走廊的磚砌穹窿。此亦顯示出我國古代已能充分应用磚石結構的实例。

我國古代不但在建筑实践上有着許多輝煌的成就,而在建筑著作上亦有其偉大的貢獻,如周禮“考工記”中的匠人篇,則系远在公元前數百年闡述建筑和都市計劃的文獻;

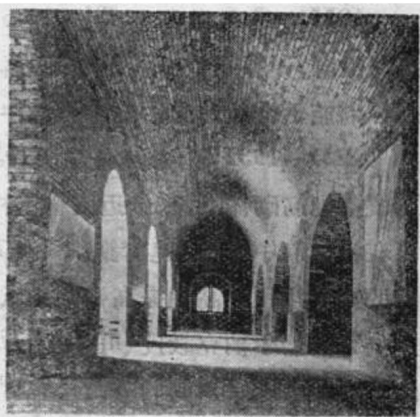


圖 1-7 南京灵谷寺無梁殿后面的磚拱走廊

宋李誠的“營造法式”刊于宋崇寧 2 年(公元 1102 年),为中古时期世界上有名的建筑法典。

1-3 苏联在磚石結構科学研究方面的成就

在一些資本主义國家內磚石結構根本沒有被建立成為一門有

系統的科学。

从 1932 年起,苏联中央工業建筑科学研究院 (ЦНИПС) 磚石結構試驗室在奥尼希克教授 (проф. Л. П. Онищук) 的領導下开始進行有系統的研究工作,終于确定了磚石結構的强度和穩定性的理論,首先在世界上建立了这門有重大实用意义的科学。

在試驗的基礎上,1939 年提出了磚石結構設計規範^① (ОСТ 90038-39),这时磚石結構尚按材料力学的公式計算,但引入了修正系数,在这項規範中对磚砌体的安全系数要求为 5。

1943 年將前一規範徹底修正而改为按破損階段的实验公式計算 (У-57-43)。这是一項非常重大的改革。由于不断的研究,这时对磚砌体的安全系数已降低为 3。在 1949 年 (И-7-49) 及 1951 年 (У-57-51) 頒布的設計規範中又經两次修改,这时安全系数已降低为 2.5。

1955 年的規範 (Н и ТУ-120-55) 則已改按極限状态計算方法进行設計,于是更進一步地將磚石結構的設計推向一个新的階段,这样將能更合理地來估計磚石構件的承重能力。

1924~1932 年,聶克拉索夫教授 (проф. В. П. Некрасов) 提出縱橫配筋砌体,后来卡迈依科工程师 (инж. В. А. Камейко) 又提出在橫配筋中采用“連弯鋼網”,使可能在砌体水平灰縫中配置較粗的鋼筋以便更高地提高構件的承重能力。

巴斯切爾納克教授 (проф. П. Л. Пастернак) 提出用鋼筋混凝土和磚砌体联合構成的“綜合結構”,通过 1945~1947 年以及 1948 年的試驗研究,正式确定了这种結構的計算方法。

配筋砌体的發明,使可能应用磚石結構砌筑高層房屋。圖 1-8 示 1952~1953 年在莫斯科建筑的 16 層居住房屋。在 5 層及 5 層以下,用 125 号普通粘土磚及 100 号的混合砂漿砌筑。以上各層的牆壁,則用 100 号的气泡孔洞磚砌筑;对 6~7 層牆壁,用 100 号

① 苏联在 1930 年已訂有統一的規範

混合砂漿；對 8~14 層的牆壁，用 50 號砂漿，而對 15~16 層牆壁，則用 25 號砂漿。牆厚為：地下室層——4 磚厚；1~3 層——3 磚厚；4~10 層—— $2\frac{1}{2}$ 磚；11~16 層——2 磚厚。屋頂為平屋頂。牆壁用 $\phi 5 \sim 6$ 鋼絲網配筋，網眼尺寸為 3×3 ， 4×4 ， 6×6 及 8×8 公分，鋼絲網每隔 2，3 及 4 皮砌體設置，最上三層則不配筋。

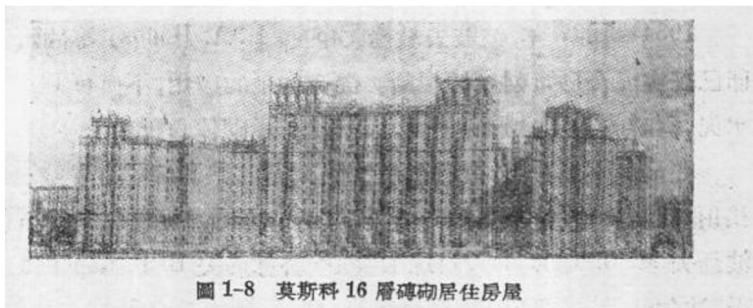


圖 1-8 莫斯科 16 層磚砌居住房屋

配筋磚石平樓板在蘇聯採用得也很廣泛，這種樓板系用空心磚並在縱向灰縫內配置鋼筋構成。這種樓板在蘇聯不但可做成整體的，也可做成裝配的（圖 1-9）。

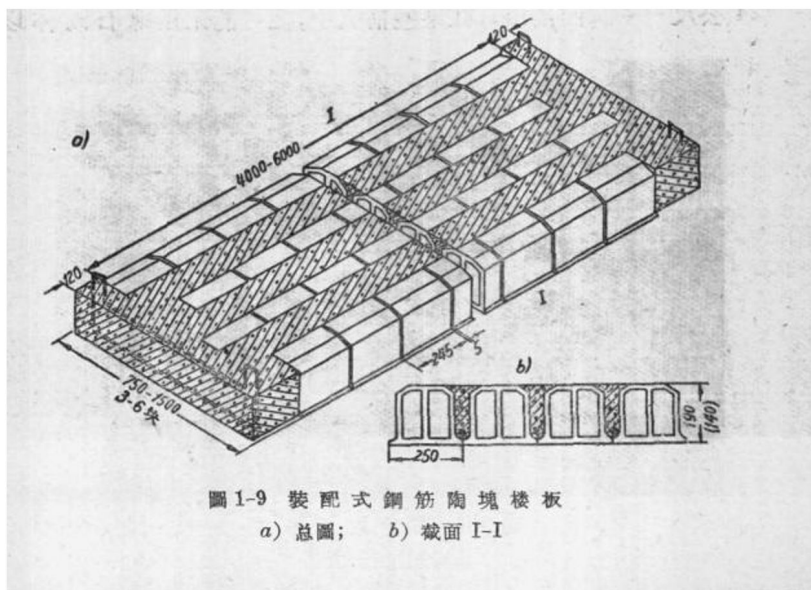


圖 1-9 裝配式鋼筋陶塊樓板

a) 總圖； b) 截面 I-I

远在 1930 年, 葛沃滋捷夫教授 (проф. А. А. Гвоздев) 即已提出并試驗在牆壁中采用半砌無筋磚过梁以代替鋼筋混凝土过梁, 从而節約了水泥和鋼材。

同时亦从那时起, 苏联科学家們 (主要由希希金 А. А. Шихин 在 ЦНИИО) 的研究, 提出了用冻结法砌筑冬季砌体, 使磚石工可全年地來進行, 避免了因停工而造成的损失。

1934~1937 年, 波波夫教授 (проф. Н. А. Попов) 等的研究, 即已証实混合砂漿強度的理論。混合砂漿的应用, 不僅可以節約水泥, 同时改善了砂漿的塑性, 因而提高了砌体的質量。

在最近十多年內, 苏联科学家們又提出許多新型的薄壁磚石拱頂: 双曲拱頂 (拉畢諾維奇 А. И. Рабинович), 緊接帆式拱頂 (屠波品夫 М. С. Туполев), 斜球形拱頂 (科林聶夫 Б. Г. Коренев) 以及“达尔巴柔”式拱頂 (施塔也尔曼 Ю. А. Штаерман, 高高彼里柴 Я. А. Гогоберидзе) 等。这些拱頂厚度都是很薄的 ($1/4$ 磚和 $1/2$ 磚), 能够复盖很大的面積 (36 平方公尺——緊接帆式拱頂和斜球形拱頂及 50 平方公尺——“达尔巴柔”式拱頂) 以及很大的跨度 (24 公尺——双曲拱頂), 在某些情況下, 使可能采用磚石砌体以



圖 1-10 劇院双曲拱頂

代替其他結構來作為樓板或屋頂。

圖 1-10 示用雙曲拱頂做屋頂的劇院，這不但用磚砌體代替了其他結構，同時室內輪廓亦相當美觀。

各種輕型磚石及輕型砌體的採用（波夫夫，奧爾亮金 Н. М. Орлянкин，符拉索夫 С. А. Власов 等的研究），大大地改善了牆壁的热工質量，同時減輕砌體的體積（減少可達 3.5 倍，相應地降低了運輸及其他費用）。

近年來更廣泛地採用了大型砌塊來砌築牆壁。圖 1-11 即示正在吊裝中的大型磚砌塊建築。

在某一 5 層房屋中，普通磚砌體與大塊磚砌體的經濟比較列如表 1-1。

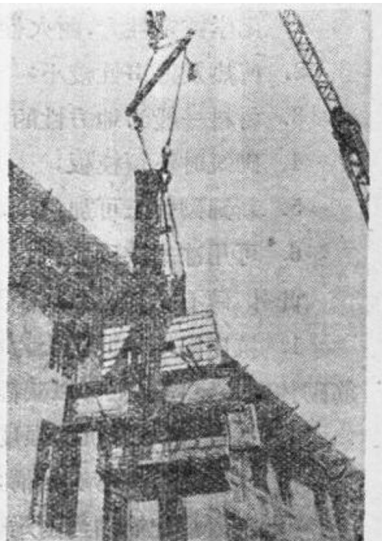


圖 1-11 大型磚砌塊的吊裝

表 1-1. 普通磚與大塊磚砌體在建築某一 5 層房屋中的經濟比較

牆 壁 材 料	工作日數	勞動力, 工日/公尺 ³ 建築體積	造 價 %
磚砌體	153	1.30	100
大塊砌體	113	0.91	90

在一般民用房屋中，牆壁的造價約占總造價 34%，所以改善了這方面的指標對整個建築來說是有很大經濟意義的。

以上僅簡要地介紹了蘇聯在磚石結構方面一些主要的成就，是值得我們深入學習以便很好地結合我國具體情況來有效地推廣。