

99667

磚石及鋼筋磚石結構

徐百川 丁大鈞 編著

科學技術出版社

內 容 提 要

本書係根據高等教育部頒布的教育大綱中“磚石結構”部分所訂內容，并根據建築工程部頒布的磚石及鋼筋磚石結構設計暫行規範（規結2—55）的規定編寫而成，但爲了照顧到磚石結構計算今后發展的方向，特在本書中介紹了按限界狀態的計算方法。本書可用作高等工業學校“工業與民用建築”和“工業與民用建築結構”兩專業的教科書，亦可用作中等專業學校“工業與民用建築”專業的教學參考書及技術人員的參考書。

磚 石 及 鋼 筋 磚 石 結 構

編著者 徐百川 丁大鈞

*

科學技術出版社出版

（上海錢園西路 336 弄 1 號）

上海市書刊出版業營業許可證出○七九號

中科藝文聯合印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·233

850×1168 1/32·印張 10 7/16 ·字數 256,000

一九五六年九月第一版

一九五六年九月第一次印刷·印數 1—10,000

定價：(10)一元八角

序 言

幾年來，祖國的社會主義建設和社會主義改造事業，已獲得了蓬勃的發展；特別是在 1955 年祖國頒布了第一個五年計劃及毛主席作了“關於農業合作化問題”的報告以後，農業合作化運動有了飛躍的發展，資本主義工商業的社會主義改造也進入了新的階段；就大大地推動了社會主義工商業、交通運輸業以及科學、文化、教育、衛生等方面工作的加速發展。從以上情況來看，使我們已經清楚地看到第一個五年計劃將被提前和超額完成，也就是將大大地促進祖國的社會主義建設和社會主義改造事業加速完成，縮短向社會主義社會過渡的時期。

為了加速完成我國社會主義建設，必須厲行節約，並保證基本建設工程又多、又快、又好、又省地完成。基本建設是實現我國社會主義工業化和解決我國長遠經濟任務的最重要的手段，因此必須首先改進基本建設工程的設計和施工兩方面的工作。而設計工作又是基本建設工作中一個重要環節；因為每項工程的質量是否合乎要求，造價是否經濟，能否迅速竣工，設計工作通常是有着決定性的作用的。當然，設計工作必須尽可能地採用一切科學技術的先進成就，但也必須結合我國目前實際情況。因此，我們必須從我國當前實際情況出發，認真地、系統地並加速地學習蘇聯先進的建築科學，從根本上提高設計人員的技術水平，做好基本建設的設計工作。

雖然採用鋼筋混凝土裝配式結構和構件，實現建築工業化和施工機械化，是我國建築工業今後發展的方向，但目前我國技術落

后,資金不足,还不能很快地普遍采用完全机械化的施工方法;特别是在一般非生產性的建築中,在今后相当時期內,主要还必須采用手工的和半机械化的方式。因此,普通的磚石結構,在基本建設工程中尤其是在非生產性的建築中,將仍是最主要的型式之一。

爲了更好地培养年青的技術干部,提高教學質量,編者特根据中華人民共和國高等教育部頒布的高等工業学校“工業与民用建築”和“工業与民用建築結構”兩專業用的磚石結構及鋼筋混凝土結構教學大綱的第一部分(磚石結構)所訂內容参考國內外有關磚石結構一些主要文献編寫这本“磚石及鋼筋磚石結構”。二年來,曾在南京工学院用作講義進行教學;最近又根据中華人民共和國建築工程(規結-2-55)磚石及鋼筋磚石結構設計暫行規定的各項規定,并結合苏联最新建築法規(СН и П)的若干規定,作了很多修改而編成。

本書的編排次序,基本上是与教學大綱符合的,僅有个別部分爲了教學上的便利,作了一些調整。例如輕型牆的構造与計算,分別列入第二章及第三章中;牆壁和立柱的構造及形變縫,則并入第六章中以便于按照剛性或彈性方案,作整个房屋牆壁和立柱的設計。爲了使讀者容易掌握所学的各項理論,特編入若干例題。這些例題均系按照我國磚的尺寸計算的。此外,爲了貫徹中央降低非生產性建築標準的指示,特在第六章中作了4層居住房屋設計的例題,各層皆采用了24公分厚的磚牆,充分說明了过去建造三四層樓房時下兩層采用37公分厚磚牆的保守性。

我們在教學過程中,爲了很好地与其他有關各課程相連系,避免重複脫節的現象,特在第六章中采用了“單層工業房屋鋼筋混凝土柱”書中的剪力分配法,作框架分析之用,以便与鋼筋混凝土結構課程設計相連系。至于在習題課中所做的習題,則主要地解決無筋砌体偏心受压計算、網狀配筋砌体和多層居住房屋的靜力計算等問題,以免与鋼筋混凝土結構課程內容相重覆。此外,關於磚

石結構材料的物理和力學性質、砌體的砌合法，以及磚石結構施工方法（尤其是冬季施工方法）與建築材料和建築施工技術兩課程，頗多重覆，必須很好地相互連系，以增強教學效果。

根據蘇聯最新建築法規（СН и П）的規定，磚石結構應按極限狀態進行計算，雖我國現行規範（規結-2-55）尚未改用按極限狀態計算的方法，我們為了說明磚石結構計算今後發展的方向，特對按極限狀態計算方法，適當地予以加強。此外，在第四章中，我們特別介紹了“用套層加強砌體”，但因教學大綱中未列此項內容，講課時可視實際情況，予以刪去。

本書在排印期中，適值中國科學院編譯出版委員會名詞室編訂的“結構工程名詞”（俄中對照試用本）出版了，我們已根據這本書所訂名詞，分別予以修正。

本書匆促付印，錯漏之處，在所難免，尚望讀者隨時賜教，以便再版時予以修改。最近我們曾接到各方面索取此項講義的信件，但因這本書的內容修改很多，舊講義已不適用，致未能從命，深為抱歉。茲承科學技術出版社對本書提出了許多寶貴意見并予付印出版，謹此志謝。

徐百川 丁大鈞

于南京工學院 1956 年 7 月

目 錄

第一章 緒論	1
1-1 磚石結構的發展簡史	1
1-2 現代磚石結構的应用範圍	7
1-3 磚石結構的優缺點	10
第二章 磚石結構材料的主要物理和力學性質	12
2-1 磚石種類及其標号	12
2-2 小型人造磚石	12
2-3 大型人造磚石	19
2-4 自然石	23
2-5 砂漿的種類和性質	24
2-6 砂漿的成份設計	27
2-7 鋼筋	33
2-8 磚石和砂漿的選擇	34
2-9 砌體種類	38
第三章 無筋磚石砌體的力學性質和截面計算	50
3-1 磚石砌體的抗压極限強度	50
3-2 砌體抗压強度計算公式	52
3-3 砌體抗压極限強度標準	54
3-4 砌體抗拉、抗彎及抗剪極限強度	61
3-5 安全係數	67
3-6 彈性模量	68
3-7 縱向彎曲係數	71

3-8	綫脹系數及摩擦系數·····	74
3-9	磚石結構的計算方法·····	75
3-10	軸心受壓構件計算·····	76
3-11	偏心受壓構件計算·····	78
3-12	受彎構件計算·····	86
3-13	軸心受拉構件計算·····	87
3-14	砌體受剪的計算·····	88
3-15	砌體局部受壓的計算·····	88
3-16	多層組合牆壁(即輕型牆)的計算·····	92

第四章 配筋磚石砌體的力學性質和截面計算 99

4-1	配筋磚石砌體的種類·····	99
	網狀配筋砌體·····	100
4-2	網狀配筋砌體的構造·····	100
4-3	網狀配筋軸心受壓構件計算·····	102
4-4	網狀配筋偏心受壓構件計算·····	105
	縱配筋砌體·····	109
4-5	縱配筋砌體的構造·····	109
4-6	縱配筋砌體的計算抗压極限強度·····	112
4-7	縱配筋軸心受壓構件計算·····	113
4-8	縱配筋偏心受壓構件計算·····	116
4-9	縱配筋砌體的受彎計算·····	125
4-10	配筋磚牆·····	132
	綜合結構·····	134
4-11	概述·····	134
4-12	綜合結構的構件計算·····	136
	用套層加強砌體·····	142
4-13	概述·····	142

4-14	用套層加強的磚石結構構件的計算	146
第五章	磚石結構按極限狀態的計算	152
5-1	按極限狀態計算的原則	152
5-2	無筋磚石砌體按極限狀態的計算	162
5-3	配筋磚石砌體按極限狀態的計算	170
第六章	磚石結構房屋牆柱的構造及靜力計算	182
6-1	房屋按空間剛性的分類	182
6-2	牆壁和立柱的構造	185
6-3	剛性構造方案房屋牆柱中力的計算	194
6-4	彈性構造方案房屋牆柱中力的計算	209
6-5	牆柱的錨固	249
第七章	磚石結構房屋其他構件的構造和計算	253
7-1	過梁	253
	(a)過梁的構造 (b)過梁的受力情況 (c)過梁的計算	
7-2	屋檐和攔牆	262
	(a)屋檐和攔牆的構造 (b)屋檐和攔牆的計算	
7-3	地下室牆,基礎和勒腳	270
	(a)一般構造要求 (b)地下室牆的計算 (c)基礎的計算	
7-4	薄壁磚石拱頂	281
	(a)概 述 (b)雙曲拱頂的構造	
	(c)雙曲拱頂的計算	
第八章	冬季砌築的磚石結構	313
8-1	概述	313
8-2	冬季砌體的性質	314
8-3	冬季砌體的計算	317
8-4	一般構造要求	321

第一章 緒 論

1-1 磚石結構的發展簡史

約在紀元前 6,000 年，人類已經開始採用自然石來造建築物，并開始制造人造磚石。隨着人類文化的進步，對於自然石的加工技術和人造磚石的制造技術，以及建築的藝術，都不斷地得到改進和發展；因此，磚石的加工和制造藝術，就成為古代經濟與文化水平的指標之一。

我國上古時代，約在新石器時代末期（約在 4,500 年前），即已有人工建造的豎穴（在河南澠池仰韶村及山西萬泉等處均有發現）。在殷朝以前的黑陶文化時期（公元前 15~18 世紀），已有版築的城牆，也許當時房屋的牆壁也是用粘土做成的版築牆，到殷朝以後，就逐漸改用日光曬干的粘土磚來砌築牆壁；在周朝末年已有燒制的瓦，而在西漢墓中（公元前 2 世紀）又有燒制的磚；至於何時始應用到建造房屋方面，尚無確實的證明。到六朝時代（公元 5~6 世紀），磚的用途已很普遍，有完全採用磚建成的塔，其中出檐部分亦用磚疊砌而成。例如南北朝時代公元 520 年所建的河南登封縣嵩山嵩岳寺塔，共有十五層，平面是 12 角形，每角用磚砌起一根柱子，高約 40 公尺，是我國最古的佛塔，如圖 1-1 所示。這座塔標志着這個時期在用磚技術上的成就。此外，東魏公元 544 年所建的山東濟南神通寺四門塔，是我國現存的第二古塔，也是最古的石塔；還有公元 652 年所建及至公元 701 到 704 年間重修的西安大雁塔，公元 669 年所建西安光教寺的玄奘塔及公元 960 年所建杭



圖 1-1 河南登封縣嵩岳寺塔

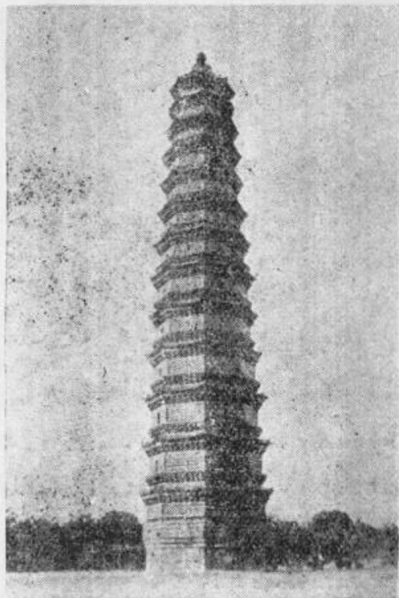


圖 1-2 河南開封佑國寺鐵塔

州靈隱寺的双石塔等等，皆是我國古代磚石建築技術發達的典型例子。在北魏中葉，已能制造琉璃瓦，後來又能制造琉璃磚。在北宋公元 1,044 年所建的開封佑國寺鐵塔，如圖 1-2 所示，計十三層，高三十六丈，表面全部用鉄色琉璃磚作面磚而造成，說明又一种新材料的出現和应用；也表明我國古代勞動人民智慧的創造和發明；不僅材料制造技術有了很大的進步，而在建築藝術上也有了更輝煌的成就。

關於磚拱，雖傳說在洛陽北郊的東周墓中有發現，但非正式記錄。到西漢末年才有造成，則有實物證明。拱和穹窿多用于淺葬的墓中，後來逐漸应用到其他建築方面，例如隋朝（公元 7 世紀）李春所造的河北趙縣安濟橋，為單孔空腹式石拱橋（見圖 1-3），淨跨為 37.45 公尺，高 7 公尺余，高与跨之比為 1:5.23，外形頗為美觀，迄今仍起着联系汲水兩岸的作用，目前該橋兩边橋基下沉的水平差僅為 5 公分。根据考証，該橋實為世界上最早的空腹式拱橋，無

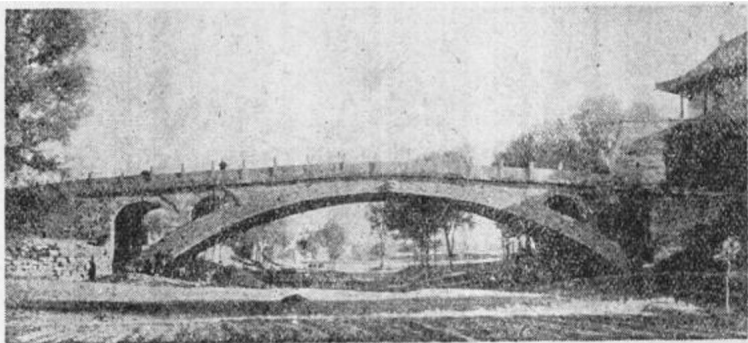


圖 1-3 河北趙縣安濟橋

論在材料的使用上、結構上、藝術造型上和經濟上，都達到了極高的成就。此外在明朝所建的南京靈谷寺無梁殿(圖 1-4)及蘇州開元寺中的無梁殿，皆為磚砌穹窿結構，至今尚完好如故。

我國古代的城牆，多半採用版築牆。到秦代則用亂石和土建造了綿延二千三百公里的長城，現在河北、山西北部的一段是明朝中葉改用大塊精制城磚重修的，為我國古代偉大建築工程之一，如圖 1-5 所示。

我國古代建築是木架式房屋，因材料的關係，在原則上形成了構架制，為東方三大建築系統之一；這種房屋，由梁和柱負擔一切荷載，而磚牆除負擔其本身重量外，不承受其他荷載；能夠自由地開設門窗，以達到采光與通風的要求，極適合於我國廣大土地具有各種不同日照和風向的情況。同時因房間可用板壁等隔開，則樓上的隔間，可隨需要而決定，不為樓下隔間所拘束。三千余年前，我們祖國的建築即具備這種優點，這種構架制房屋是

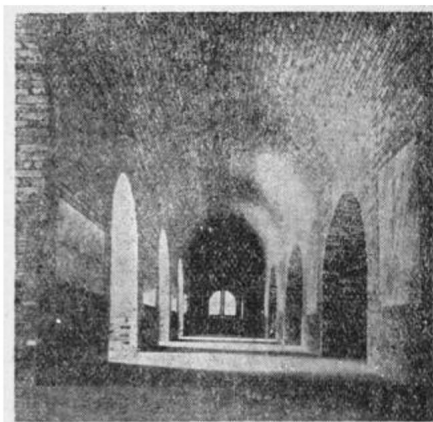


圖 1-4 南京靈谷寺無梁殿



圖 1-5 南口 万里長城

歷史上最先使用構架原則建造的。

在 1,840 年鴉片戰爭以後，我國建築就有了承重牆的建造，屋頂構造採用木桁架支承於磚牆上，由磚牆負擔其全部荷載。這樣不但對磚牆有穩定和耐久的要求，更必須有足夠的強度。因此，也就很自然地有了研究和確定計算方法的要求；然而過去磚石結構的建造是建築在經驗的基礎上的，計算方法是很落後的，既不能保證其安全，更談不上合乎經濟的原則。

在蘇聯，遠在公元 9~10 世紀，在基輔就有了用石材造成的教堂和宮室；第一個用磚造成的建築物是在 1,120 年。雖然有了 1,000 年的磚石結構的建築經驗，但關於磚石結構內部的應力分布情況，及有關其強度和穩定性的科學，發展則是很慢的。幾乎在偉大的十月社會主義革命以前，規模宏大的磚石建築物，均是根據經驗基礎來建造的，沒有計算的根據。關於規定磚石牆厚度對其長度及高度的容許比值，是在 19 世紀作過，但也不能担保不發生崩壞情況。

在偉大的十月社會主義革命以後；蘇聯建築科學的情況，起了根本的改變；由於蘇聯國家經濟的改造，是在先進的科學技術基礎上實現的，因此建築科學技術得到了極大的發展；由於基本建設的範圍不斷地擴大，提出了很多新的問題，需要加以解決；由於國家對磚石的需要不斷增長，促使蘇聯學者們採用較薄的牆壁；因此，就必須對磚石砌體的強度和應力分布情況，作深入的研究，以求盡量節省建築材料。

1932 年後，蘇聯中央工業建築科學研究院開始着手有計劃地研究磚石砌體的結構作用。奧尼希克教授及塞門佐夫工程師，克拉夫撒尼，可托夫，卡邁依科，希希金，德米特里也夫，庇烈底施，坡遼可夫，拉畢諾維奇等，各在研究工作中提出關於磚石砌體結構作用的各方面的成就，開始創立了磚石結構設計及計算的科學，使蘇聯磚石結構的設計與構造以及在冬季砌築砌體的方法上，得到極為迅速的發展，並大大地超過了世界上其他的國家。

這些成就主要的是：

1. 創立了有關磚石結構強度及穩定性方面的科學，得出了各方面的計算公式，保證有足夠的安全係數，又可盡量節省建築材料。

2. 擴大了製造磚石的種類，研究了並實際應用了輕質磚及多孔磚、空心陶土塊、實心和空心混凝土及礦渣混凝土塊、多孔性混凝土以及其他等。

3. 研究了砂漿的性質，並提出了砂漿新的種類，不但節省了膠結料，並且改進了砌築方法，使牆壁很快地乾燥，加速房屋砌築的速度，以便早日投入生產。

4. 提出了輕型牆結構以及新的搭縫方式，可保證在砌體具有足夠強度的條件下，能提高砌磚工人的勞動生產率。

5. 採用了輕的薄壁磚拱——雙曲拱、緊接帆式拱等。

6. 擬定了磚石工組織的合理方法，提高了磚石結構的砌築速

度。砌磚工人的勞動生產率在1928年以前，每8小時工作日沒有超過500塊磚的；斯達哈諾夫砌磚工人的勞動生產率達到8小時工作日15,000~20,000塊磚。

7. 採用了冬季施工法，使磚牆的砌築工作，可在冬季嚴寒氣候中照常進行，增加的費用很有限，主要花費在砂漿的加熱上。

8. 廣泛地研究並應用配筋磚石砌體。

我國解放以後，在黨和毛主席的英明領導之下，工人階級努力學習蘇聯先進經驗，發揮了高度的積極性和創造性。勞動模範蘇長有學習蘇聯什爾戈夫先進砌磚法，創造了分段連續砌磚法，提高勞動生產率一倍多；後來傅鴻賓創造了砌磚用的鋪灰工具，更進一步地改進勞動組織，發展了蘇長有的分段連續砌磚法，使生產率較舊式砌磚法提高了三倍，較分段連續砌磚法提高三分之一以上。蘇長有小組在其原來基礎上，又學習了蘇聯沙夫留金擠漿法，改進工具，運用雙手擠漿法，每人每天平均砌磚6,000塊，生產率較舊法提高了五倍，較分段連續砌磚法提高兩倍，創造了全國新記錄。

此外，楊德重創造的抹灰流水作業法，于東海小組創造的勾縫流水作業法以及齊忠家、張克任等集體創造的立體交錯平行流水作業法，皆能很好地組織勞動力，大大地提高勞動生產率，節省建築材料，且能保證質量做到符合“又快、又好、又省”的原則。

在磚石結構設計方面，我們已經學習了蘇聯的先進磚石及鋼筋磚石結構的理論和計算方法，並已應用到各種建設工程中去；不但保證了工程質量，且能為祖國社會主義建設節約大量資金，進行更多的建設工作。中華人民共和國建築工程部門為了適應祖國社會主義建設的需要，在學習蘇聯最新磚石及鋼筋磚石結構設計規範的基礎上，結合我國的實際情況，曾邀請有關單位參加討論，征集全國各設計機構、學術單位的意見，並在若干問題上取得了蘇聯專家的協助，反覆研究，已擬定出我國第一個磚石及鋼筋磚石結構設計暫行規範，規結-2-55，作為磚石結構設計的準則。

1955 年 6 月 13 日國務院李富春副總理作了“厲行節約，爲完成社會主義建設而奮鬥”的報告，指出了近兩年來在基本建設中普遍存在着浪費現象，並指出了產生浪費的原因和克服的辦法；號召對基本建設中非生產性建築要堅決貫徹降低其標準的政策，這是非常正確的。爲了貫徹中央降低非生產性建築的標準的政策，建築工程設計總局立即進行各種民用建築的標準設計，並在 6 月 20 日該局負責人對新華社記者說，我們完全有科學根據可以說明每平方公尺造價在 60 元以內，除嚴寒地區少數城市外，在全國不同地區是可以建造三四層樓房的。北京過去的樓房下兩層內外牆按 37 公分厚設計，兩層以上的牆則按 24 公分厚設計；但新的設計僅改用 24 公分的磚牆一項，就可以減少造價每平方公尺 6.06 元。因此，我們必須很好地學習蘇聯先進的磚石結構的理論和計算方法，以便爲祖國社會主義建設設計出質量高的磚石結構來，同時還可以爲祖國節約大量的建設投資，加速實現社會主義工業化。

1-2 現代磚石結構的應用範圍

民用及公共房屋的基礎、內外牆及柱等構件，均可採用磚石砌築構成；有時在某種情況下樓板亦可採用磚石砌築構成。從已具有幾百年歷史的磚石建築物來看，証實了磚石砌體的耐久性與耐火性，以及砌築任意形狀的建築物的可能性，均是優越的。

過去，磚石屋頂和磚石樓板的構造方式，主要是採用磚拱或穹窿的形式；現在，由於發展了配筋磚石砌體，已能砌築平的磚石屋頂和樓板了，在這種樓板中，大量地採用了輕質空心混凝土塊和空心陶土塊，以減輕樓板的本身重量，並增強隔熱效能。配筋磚梁的跨度已可達 5~6 公尺。近年來在蘇聯提出了多種新型的薄壁雙曲磚拱，緊接帆式的、圓柱形的及球形的磚拱結構來建造房屋的屋頂和樓板。

在蘇聯，過去蓋 8 層以上的房屋，就要採用鋼筋混凝土結構；

但由于磚的質量提高了,現在通常采用磚來蓋 11~12 層的高大樓房,甚至可用磚來蓋更高的大樓(最近在莫斯科用磚建造了一座 16 層的居住房屋)。

至于單層廠房和多層無吊車設備的工業房屋,亦可采用磚、矽酸鹽磚及輕質磚以及混凝土和礦渣混凝土塊來砌築牆壁、柱和墩,并可采用毛石砌築帶形基礎。如圖 1-6 所示,是一種有雙曲磚拱頂的單層三跨工業房屋。最近我國某些輕工業部門,業已學習蘇聯這一先進經驗,建造了一些有雙曲磚拱頂的房屋。此外工廠的煙囪通常可用普通磚建造,其內部則用耐火磚襯砌,至于基礎可用混凝土建造。

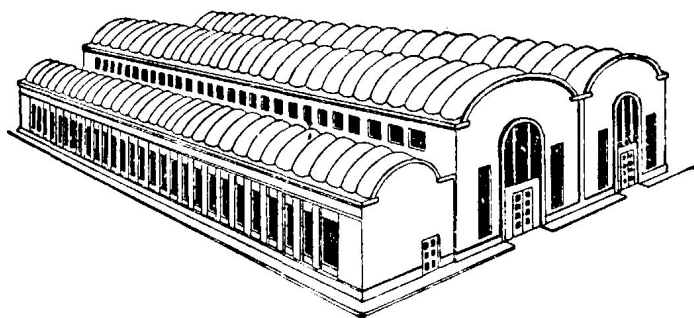


圖 1-6 有雙曲磚拱頂的三跨工業廠房

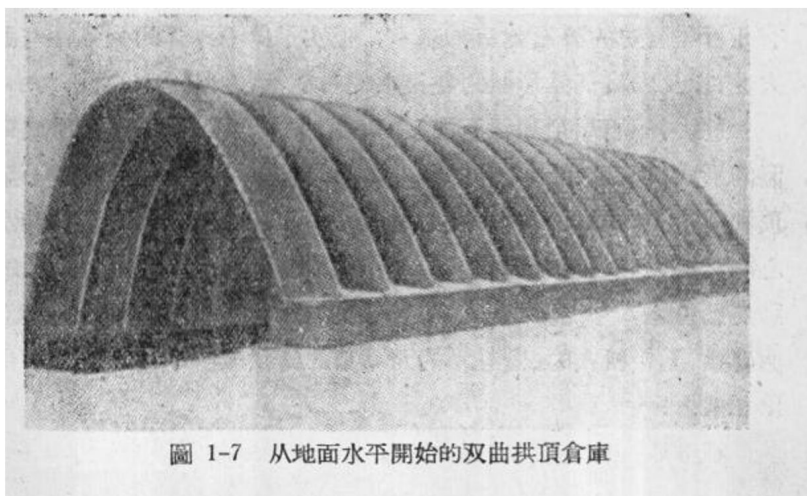


圖 1-7 从地面水平開始的雙曲拱頂倉庫

產磚地區的水塔，亦常採用磚來砌築，蓄水池、谷倉以及倉庫均可採用磚石砌築構成。如圖 1-7 所示，為用雙曲磚拱頂砌成的倉庫，可以儲藏各種物資，拱的跨度為 15 公尺，矢高為 7.5 公尺。如圖 1-8 所示，為濟南市新建交通大樓禮堂雙曲磚拱頂在進行施工的情形。

此外，在橋梁方面，磚石結構也得到廣泛的應用，例如在成渝鐵路和石太鐵路上就採用了很多石拱橋；不但就地取材非常經濟^①且能得到堅固耐久的建築物；如圖 1-9 所示，是石太鐵路在 1952 年改綫時根據蘇聯專家吉赫諾夫的建議修築的石拱橋之一。此外，有很多橋梁採用石砌橋墩橋台，上建鋼或鋼筋混凝土上部結構。至于隧道以及各式地下渠道或涵管，也常用磚石來砌築。配筋或無筋磚石也常用來砌築擋土牆，由于磚石砌體本身重量很大，對擋土牆的穩定是有利的。



圖 1-8 雙曲磚拱頂在進行施工的情形

①（僅石太綫上就地取材修建的 7 座共 34 孔的石拱橋，代替了鋼筋混凝土橋，就節省了費用 121,600 元）