

86.23

JSR

蔣森榮編著

磚石結構入門

初級結構工程自學叢書

磚石結構入門

上海科學技術出版社

內 容 提 要

本书系“初級結構工程自學叢書”之一，讲解磚石結構設計的基本原理和必要知識。全書採用按極限狀態計算方法編寫，對無筋磚石砌體和配筋磚石砌體的計算均有淺顯扼要的敘述，並對磚石房屋牆柱及過梁等構件的構造與計算亦有介紹。書內附有例題及習題，以鞏固讀者學習心得。

本書適合土木建築方面有初中文化水平的工作人員自學進修，及訓練初級土建技術人員之用。

初級結構工程自學叢書

磚 石 結 構 入 門

蔣 森 榮 編 著

上海科學技術出版社出版

(上海瑞金二路550號)

上海市書刊出版業營業許可証出093號

新华書店上海發行所發行 各地新华書店經售

上海市印刷五1印刷

開本 787×1092 1/32 印張 4 4/32 字數 93,000

1960年7月第1版 1960年7月第1次印刷

印數 1—25,000

統一書號: 15119 · 1461

定 價: (十) 0.40 元

前 言

自从党中央提出大搞技术革命和文化革命的号召后，在全国范围内便掀起了学习高潮，从事土木建筑工程的工人同志和技术干部与业务管理干部，特别是青工们，也并不例外，均迫切地要求进一步钻研有关这一方面的基本理论和知识，文化学习更为他们创造了有利条件。在工农业生产大跃进以后，全国农村已普遍成立了人民公社，在农村建设中也需一些具有初级土建工程学识的干部。

我们出版这一套“初级结构工程自学丛书”的主要目的侧重在初学的人自学，同时也可作为有关单位开办技术训练班时作教材，因此取材较一般中等技术学校的教材更为浅显，而以切合实用，便于无师自通为准则，希望具有初中文化程度并略有三角基本知识的读者们都可以理解清楚。当然各人的程度不同，可能在学习过程中发生一些困难，但这不是不可克服的困难，主要应有毅力，坚持学习精神，并不断向人请教，一定可以成功的。

这一套丛书初步拟出版下列八种：

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 静力学入门 | 5. 钢筋混凝土结构入门 |
| 2. 材料力学入门 | 6. 木结构入门 |
| 3. 结构力学入门 | 7. 砖石结构入门 |
| 4. 地基与基础入门 | 8. 钢结构入门 |

读者可循序渐进，但前四种属于基本性质，更应该按照次序先读，后四种的次序可以视需要缓急来酌分先后。

我们出版这一套丛书尚是尝试性质，如果读者面很广，要求出版其他方面的土建工程自学丛书，我们还打算进一步考虑。写作这套丛书的同志们虽对于中等技术学校的教学工作积累了很多经验，但要写成这样浅显便于自学的书，实在也很不容易，因此也免不了是尝试性质。

这一套丛书的内容一定还存在不少问题和缺点，特别是取材问题，很难恰当，希望读者们在学习过程中多提意见，以便今后不断改进。

上海科学技术出版社 1959年1月

目 录

前 言

第一章 緒 論

§1-1 磚石結構的發展簡史	1
§1-2 磚石結構的优缺点及其應用範圍	3
§1-3 磚石結構計算的基本原理	4

第二章 磚石結構的砌築材料及砌體強度

§2-1 磚石結構的砌築材料	9
§2-2 磚石砌體的種類	17
§2-3 磚石砌體的強度指標	20
§2-4 磚石砌體的彈性模量	25

第三章 無筋磚石砌體

§3-1 軸心受壓砌體的計算	28
§3-2 偏心受壓砌體的計算	34
§3-3 局部受壓砌體的計算	46
§3-4 砌體受拉、受彎、受剪的計算	49

第四章 配筋磚石砌體

§4-1 概述	58
§4-2 橫向配筋砌體	60
§4-3 縱向配筋砌體	68

第五章 房屋磚石結構部分的設計

§5-1 磚石房屋的構造方案及一般要求	80
§5-2 剛性支承時牆和柱的計算	85
§5-3 彈性支承時牆和柱的工作和計算原理	87
§5-4 地下室外牆	103
§5-5 磚石基礎	110
§5-6 磚過梁的構造及計算	117
§5-7 砌體在施工期間的強度驗算	126

第一章 緒 論

§ 1-1 磚石結構的發展簡史

根据历史文物的考証，远在紀元前六千年人类就已开始采用天然石块来砌造建筑物。我国在殷代以前建造的房屋，墙壁多数是采用粘土混和干草捣筑而成，以后則逐渐改用日光晒干的粘土磚来砌墙；到周代末年才有燒制的磚瓦，但是当时这些建筑材料是比較珍貴的，只用来建筑帝王将相的宮室或陵墓；自佛教傳入中国后，磚石結構又較广泛的用于寺庙和塔的建造。北魏时代磚瓦制造业比較发达，当时亦有琉璃磚和琉璃瓦的制造，自此以后在一些民用居住房屋中也逐漸的出現了一些簡單的磚石結構。

目前，从古代遺留下来的磚石結構物还很多，例如万里长城在秦代时开始用石块及泥土建造，到明代中期改用磚块砌造，西起临洮，东至辽东，寬 7~10 米，长达 2300 公里，为世界工程上的一个奇迹。再如隋代李春在河北赵县所建的安济桥，淨跨为 37.37 米，拱高 7.2 米，为单孔敞肩式石拱桥，外形十分美观，如图 1-1。据考証該桥建于公元 600 年前后，是世界上最早的敞肩式石拱桥。此外如宋代在福建泉州所建的万安桥（亦名洛阳桥）、明代在南京灵谷寺所建的无梁殿，都是历史上著名的磚石結構。这些例子都足以显示出我国古代劳动人民的智慧和技術，我們应该继承先代的优良傳統，在社会主义建設事业中进一步發揚

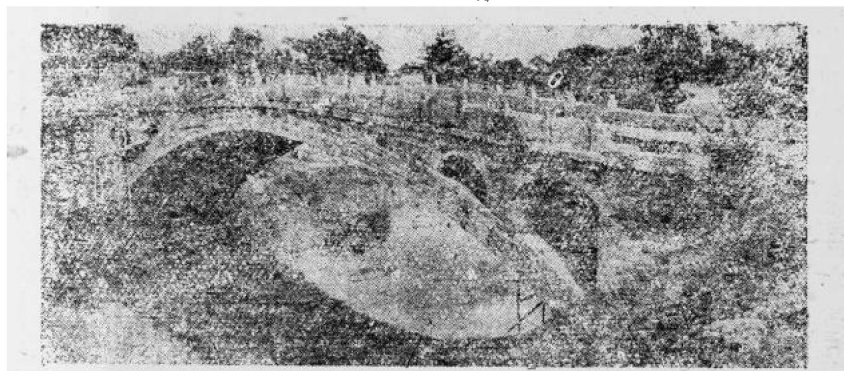


图 1-1 河北赵县安济桥

光大。

虽然，磚石結構在很早时期已被人們应用于各种建筑工程中，但是由于磚石等材料的力学性能不易掌握，因此对于磚石結構的理論設計还是近代的事情。从 1932 年起，苏联中央工业建筑科学研究院磚石研究試驗室在奥尼希克教授领导下开始进行有系統的研究工作，終于在世界上首先确定磚石結構的强度和稳定性的理論，并在 1939 年提出了磚石結構的設計規範，这时結構物的强度尚采用較大的安全系数，并按彈性理論进行計算。至 1943 年，将前一次規範作了总的修正，結構物的計算則改为按破損荷載的實驗公式进行。此后，苏联学者們对于磚石結構物的强度通过多年的統計研究和試驗，进一步創造了按极限状态的計算方法，并且在 1955 年訂定正式的規範(Н и ТУ 120-55)，按照新規範进行計算，就能更合理的来估計磚石构件的承载能力。

解放前，我国对于磚石結構的計算是一向沿用資本主义国家所流行的容許应力法，解放后学习了苏联先进經驗，建筑工程部在 1955 年亦正式頒布了按破損荷載計算的設計規範(規結一

2--55)。由于苏联磚石結構計算理論的不斷发展，促进我們迅速的接受了新的經驗，目前国内磚石結構的設計多数已参照苏联新规范进行。

§ 1-2 磚石結構的优缺点及其应用范围

磚石結構在应用上具有下列各項优点：

1. 剛度大——和鋼筋混凝土結構相似，磚石結構具有很大的剛度，因此在相同荷載的条件下，磚石結構和鋼、木結構相比，所产生的变形較小。

2. 耐火性和耐久性好——磚石材料具有很好的化学稳定性，因此不易在天然环境中受到蝕損，耐久性很好；同时由于磚石本身不是可燃体，故耐火性亦很高。

3. 可以就地取材——磚石結構所用的材料除需要少量的水泥外，其他如磚、石、黃砂、石灰等材料的来源都很广泛，多数可以就地取材；因此在任何地区建造磚石結構物，在材料供应方面是不会有問題的。

4. 施工设备简单——建造磚石結構物除应用简单的工具外，可不必要其他施工设备。

但是，磚石結構也具有下列一些缺点：

1. 自重大——由于磚、石材料的强度較其他材料（如混凝土和鋼）低，因此要求构件具有較大的截面，这样就相对的增加了結構物的自重，如果使用配筋砌体及輕質磚，則在一定程度上可以改善这一缺点。

2. 砌体强度具有較大的异向性——磚石砌体的抗拉、抗弯、抗剪强度均較抗压强度弱得很多，因此在設計和使用上就应该尽可能避免构件承担抗拉、抗弯等工作。

3. 砌筑工作很繁重——目前砌筑磚石砌体多数系手工操作,致工作很繁重;砌体质量亦随技工技术水平而异,很难达到均匀一致。

4. 抗震能力很差——由于砂浆和磚石之間粘着力較弱,因此对于抵抗震动荷载能力很差,在地震区建造磚石結構物必須采取特殊的抗震措施。

5. 抗冻性較差——由于磚是一种多孔性材料,在严寒时吸水冰冻很易开裂。

一般來說,磚石結構的缺点多数是次要的。由于材料的易于取得和施工設備的簡單,因此具有較好的經濟效果,故对七、八层以下的民用房屋均可采用,但在苏联亦曾建造过高达十六层的民用房屋。在工业建筑中磚石結構一般应用于无吊車或輕型吊車的单层厂房及重型厂房和多层厂房的圍护結構。此外,磚石結構还可以应用于倉庫、水池、水塔、烟囱、擋土墙等的建筑。

§ 1-3 磚石結構計算的基本原理

(1) 构件的极限状态

在“鋼筋混凝土結構入門”一书中我們已經理解了按极限状态的計算方法是采用超載系数、材料的匀質系数及构件的工作条件系数来代替过去統一使用的安全系数,限制构件的工作不得超过某一极限,这样去計算就可以根据客观条件的变化确定构件的不同极限,充分掌握构件在安全和經濟原則下的合理使用。因此就目前來說,这种計算方法是最科学的。

对磚石結構來說,同样亦有三种极限状态:

1. 承载能力(强度及稳定性)的极限状态

当结构物或构件到达这种极限状态，就认为失去承受荷载的能力，对于这种状态的计算要求是：

荷载在构件截面上可能引起的最大内力应小于或等于截面所能承载的最小能力。

所谓“可能引起的最大内力”，系由构件在最不利的荷载情况下计算得出；至于“截面所能承载的最小能力”，则由构件截面的大小、材料强度的均匀性、工作条件的优劣等因素来决定。

因为所有承重构件必须要有足够的承载能力，因此对于任何构件都必须符合这种极限状态的计算。

2. 裂缝的极限状态

当构件到达这种极限状态时，构件将形成局部的裂损，阻碍了结构物的正常使用，此时在计算上的要求是：

构件在荷载下产生裂缝的宽度应小于或等于容许的裂缝宽度。

这种极限状态的计算也只有对那些必须限制裂缝开展度的构件才属需要。一般说来，当构件到达此种极限状态时，它的承载能力往往还是足够的。

3. 变形的极限状态

当构件达到这种极限状态时，其承载能力仍可保证，但是由于产生了过大的变形，影响了结构物的使用，因此在计算上的要求是：

构件在标准荷载下产生的变形应小于或等于在正常使用条件下的容许变形。

在计算中采用标准荷载的理由，是因为在超载的情况下构件变形暂时性的增大将无碍于构件的正常使用。

(2) 三项系数

按极限状态計算时系引用下列三項系数来保証构件的安全使用:

1. 超载系数

结构物所承受荷载的标准值(即所謂标准荷载)是根据结构物的类别和使用条件予以規定,但是对于每一种荷载而言,其与規定的标准值間都可能不同幅度的差异,在計算中用超载系数(n)来控制这种差异的影响。

将标准荷载乘以超载系数后所得之积称为計算荷载。由于計算荷载所引起的內力称为計算內力。根据长期的观察和統計,在规范中規定了楼面动荷载的超载系数在1.2~1.4之間^①,雪荷载的超载系数为1.4,构件自重的超载系数为1.1等。但是在个别的情况下亦可能因荷载的减少使构件产生不利的內力(例如:当弯矩为定值时,减少軸向压力会使偏心受压构件产生較大的偏心矩),在这种情况下,对于构件自重就不应采用上項1.1的系数而改用0.9的系数值。

当几种荷载同时作用时,在同一時間中各种荷载都同时产生超载的情况是不可能的,因此在計算构件內力时,如果考虑主要荷载(构件自重、雪荷载、吊車荷载、楼面动荷载等)与附加荷载(风荷载等)組合作用时,則除靜荷载外由其他計算荷载組合作用算出的內力应乘以組合系数0.9;如再考虑特殊荷载(地震、洪水压力等)組合作用时,則組合系数减为0.8。

2. 匀质系数

磚石砌体的标准强度(見表2-5~表2-8)是由試驗得出,但是由于磚石砌体本身存在很大的不均匀性,因此在計算中所采

① 參見拙編“鋼筋混凝土結構入門”。

用的强度值(称为计算强度)系由标准强度乘以匀质系数(K)得出。匀质系数均小于1,其值与选料条件、砌体种类和应力种类有关(见表1-1):

表 1-1 砌体的匀质系数

应 力 种 类 及 砌 体 种 类	选料条件	
	A	B
1. 受压		
1) 薄砌体及有垂直孔洞的陶块砌体	0.60	0.50
2) 混凝土块、土坯和形状整齐的砖砌体、毛石砌体、毛石混凝土砌体	0.55	0.50
2. 各种砌体的轴心受拉、弯曲时受拉、受剪和主拉应力	0.50	0.45

注: A 项选料条件系指对砖石和砂浆的强度进行系统的检查试验而言; B 项选料条件系指砖石标号经厂方证明采用, 砂浆标号按配合成分采用, 不作检查试验。

至于应用于配筋砌体中钢筋的匀质系数, 则应按下列数值采用:

Gr.0 和 Gr.3 号钢 0.9
冷拔钢丝 0.8

3. 工作条件系数

砖石材料和砌体在不同的工作条件下其强度自有一定的差异, 例如石膏混凝土砌体因为受潮后可能引起强度的降低, 因此在计算外墙时采用工作条件系数 $m_k = 0.5$, 在计算内墙时采用 $m_k = 0.8$; 在配筋砌体中, 由于砂浆的粘结力不够, 高标号的钢筋就无法充分利用其强度, 因此如采用冷拔钢丝进行网状配筋时, 其工作条件系数 m_k 只能采用 0.5。一般砖砌体和标号不低于 50 的石块砌体的工作条件系数, 可取 $m_k = 1$ 。

此外, 对于小截面的构件, 由于局部缺点会引起承载能力

的显著降低，因此又规定了当截面大于 0.3 平方米时构件的工作条件系数 $m=1$ ；截面小于或等于 0.3 平方米时，取 $m=0.8$ 。

工作条件系数的确定是比较复杂的问题，在苏联 1955 年所頒訂的规范(Н и ТУ 120-55)中均有详细的規定。

第二章 磚石結構的砌築材料 及砌體強度

§ 2-1 磚石結構的砌築材料

構成磚石砌體的材料主要的是磚石和砂漿。

磚石的種類很多，常見者有下列幾種：

1. 普通粘土磚——有青磚和紅磚兩種，我國標準磚的規格為 $240 \times 115 \times 53$ 毫米。

2. 空心陶塊——分墻用的和填充樓板用的兩類。圖 2-1 示蘇聯規格的墻用空心陶塊，用於承重墻時空心體積不得超過 40%，用於骨架填充墻時空心體積不低於 40%，並可達到 60%，

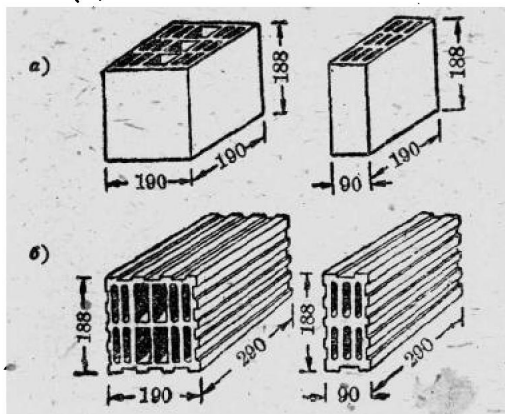


圖 2-1 墻用空心陶塊

a—有垂直孔洞的；b—有水平孔洞的

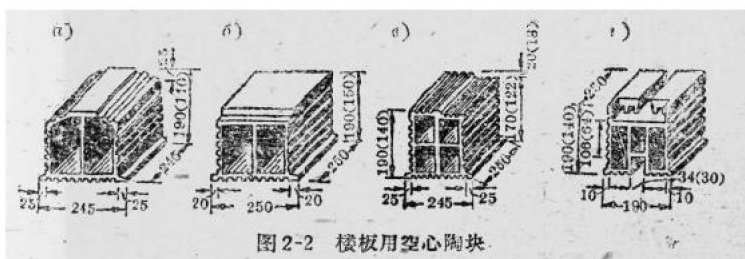


图 2-2 楼板用空心陶块

a、b—对称双孔的；c—不对称四孔的；d—“标准”型的

图 2-2 则示填充楼板用的空心陶块。

3. 混凝土块——混凝土块系采用水泥及骨料制成，按其容量(γ)的不同可分为三种：即重混凝土块($\gamma > 1800$ 公斤/立方米)，轻混凝土块($\gamma \leq 1800$ 公斤/立方米)及泡沫混凝土块($\gamma = 700 \sim 1100$ 公斤/立方米)，混凝土块有实心和空心的两类，如图 2-3；但空心轻混凝土块不宜用于砌筑高于 12 米的承重墙。泡沫混凝土块质轻并具有隔音、隔热等特性，故常用于骨架或隔墙的填充。

4. 天然石料——在建筑上常用的天然石有花岗石、石灰石、凝灰岩等，因为天然石强度高、抗冻性良好，故多数用于基础、墙

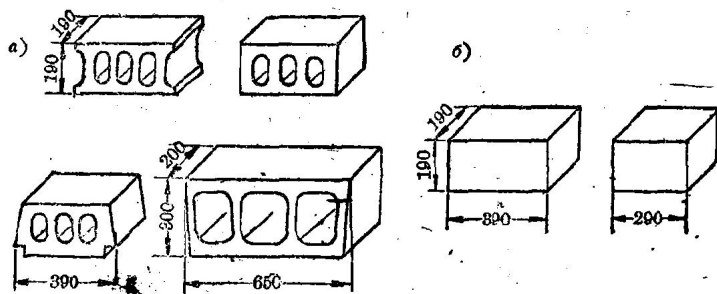


图 2-3 混凝土块

a—空心的；b—实心的

崖、勒脚等；經過磨光或斬平的天然石有时亦可用于重要建築物的飾面工程。天然石料根据外形和加工程度的不同可分如下几种：

- 1) 乱毛石——形状大小极不規則。
- 2) 平毛石——由乱毛石中选出略为平整的毛石。
- 3) 毛板石——具有天然石层規則，每块石料的厚度亦近乎相等。
- 4) 毛凿石——将毛板石上下两面稍加凿平，每块石料的厚度和长度亦近乎相等。
- 5) 粗凿石——經加工后，石面凹凸相差不超过 20 毫米者。
- 6) 半細凿石——經加工后，石面凹凸相差不超过 10 毫米者。
- 7) 細凿石——經加工后，石面平整，凹凸相差不超过 2 毫米者。

磚石的标号，是衡量质量的基本指标，其值为按标准方法試驗所得的抗压极限强度（公斤/平方厘米），规范中規定磚石材料的标号为 4、7、10、15、25、35、50、75、100、150、200、300、400、500、600、800 及 1000 十七級，如按試驗所得的极限抗压强度在两标号之間时，則以較低标号計算之。

各种磚石材料均为单独的块材，必須依靠砂浆粘合并填滿其縫隙而成整个砌体；砂浆按胶結材料的种类分为水泥砂浆、混合砂浆、粘土砂浆及石膏砂浆等；并可按容重的大小分为重砂浆（ $\gamma \geq 1500$ 公斤/立方米）及輕砂浆（ $\gamma < 1500$ 公斤/立方米）两类。

砂浆的标号是以边长为 70.7 毫米的立方体試件，經 28 天养护（放置在温度为 $+15 \sim +25^{\circ}\text{C}$ 的多孔垫座上進行自然硬化）后的抗压极限强度（公斤/平方厘米）表示之。根据規定分为 0、2、4、10、25、50、75、100、150 及 200 十个等級，0 号及 2 号砂

浆系为确定砂浆尚未硬化或初期硬化时砌体的强度及弹性特征值而用。

水泥砂浆和混合砂浆在 90 天以内，温度为 $+15 \sim +25^{\circ}\text{C}$ 时，各硬化期的强度按下式确定：

$$R_z = R_{28} \frac{az}{28(a-1) + z} \quad (2-1)$$

式中： R_z —— z 天龄期的砂浆强度；

R_{28} ——28 天龄期的砂浆强度；

z ——砂浆硬化天数；

a ——系数，对水泥砂浆及混合砂浆均取 1.5。

石灰砂浆的标号按下列规定采用：28 天龄期为 4 号，6 个月龄期为 10 号。

当水泥砂浆的标号业已确定时，每立方米松散状态的砂所需要的水泥数量 Q_u （以公斤计）按下式计算：

$$Q_u = \frac{R_2}{kR_u} \times 1000 \quad (2-2)$$

式中： R_2 ——砂浆标号；

R_u ——水泥标号；

k ——系数，用硬练砂浆强度检验水泥标号时 $k=0.7$ ，

用软练砂浆时 $k=1.4$ 。

为了使砂浆获得较好的可塑性和保水性，因此常须加入无机塑化剂，如粘土浆或石灰浆等，其掺和量按下式计算：

$$D = 0.17(1 - 0.002 Q_u) \quad (2-3)$$

式中： D ——每立方米砂所需要塑化剂体积，以立方米计。

如按体积比决定砂浆材料的级配时可用下式表示之：