

高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书

砌体

结构学习辅导 与习题精解

施楚贤 梁建国 编著

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书

砌体结构学习辅导与习题精解

施楚贤 梁建国 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构学习辅导与习题精解/施楚贤,梁建国编著. —北京:
中国建筑工业出版社,2005

(高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书)

ISBN 7-112-07596-3

I. 砌... II. ①施...②梁 III. 砌体结构—高等学校—教学
参考资料 IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 118872 号

高校土木工程专业学习辅导与习题精解丛书

砌体结构学习辅导与习题精解

施楚贤 梁建国 编著

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京千辰公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:9½ 字数:227 千字

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月第一次印刷

印数:1—3000 册 定价:14.00 元

ISBN 7-112-07596-3

(13550)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址:<http://www.cabp.com.cn>

网上书店:<http://www.china-building.com.cn>

本书是配合砌体结构教学而编著的一本学习辅导用书。全书针对砌体结构中的重点和难点问题进行深入浅出的讲解,并列举典型习题和实例进行较详尽的解答。主要内容有砌体的受力性能、砌体结构的可靠度设计方法、无筋及配筋砌体结构的承载力、房屋墙体设计计算、墙梁及挑梁的设计计算、砌体结构房屋的抗震设计。

本书可作大专院校土木工程专业师生的教学辅助用书,并可供土木工程技术人员参考。

* * *

责任编辑:吉万旺 王 跃

责任设计:赵 力

责任校对:刘 梅 关 健

前 言

砌体结构在工程应用中量大面广,但教学中课时很少。学习砌体结构是否很简单,工程上为何较易产生质量甚至安全事故?为有利于解决这些矛盾,我们试图从一个新的视角编著本书。即根据教学大纲要求,针对砌体结构中的重点和难点问题作深入浅出的讲解,对学习方法进行指导,并从基本理论、重要概念和设计上在工程实例中提炼典型例题进行较详尽的释疑与准确而合理的解答。

全书内容有:砌体的受力性能、砌体结构的可靠度设计方法、无筋砌体结构构件的承载力、房屋墙体设计计算、墙梁及挑梁的设计计算、配筋砌体结构设计计算,以及砌体结构房屋抗震设计。

本书第一章至第四章由施楚贤编著,第五章至第七章由梁建国编著。曾小军、汤峰参与了本书第五章至第七章部分例题与绘图工作。全书由施楚贤修改定稿。

书中错误之处在所难免,敬请各位批评与指正。

目 录

第一章 砌体的受力性能	1
第一节 砌体材料及选择	1
第二节 砌体抗压强度受哪些因素的影响	2
第三节 砌体抗剪强度受哪些因素的影响	3
第四节 灌孔混凝土砌块砌体的强度	5
【例题 1-1】	6
【例题 1-2】	7
思考题和习题	7
习题参考答案	7
第二章 砌体结构的可靠度设计方法	8
第一节 极限状态设计原则	8
第二节 砌体强度设计值	10
【例题 2-1】	13
【例题 2-2】	13
思考题和习题	15
习题参考答案	15
第三章 无筋砌体结构构件的承载力	16
第一节 墙、柱受压承载力	16
【例题 3-1】	19
【例题 3-2】	20
第二节 砌体局部受压承载力	22
【例题 3-3】	26
第三节 墙体受剪承载力	29
【例题 3-4】	29
思考题和习题	30
习题参考答案	31
第四章 房屋墙体设计计算	33
第一节 墙体内力分析方法	33
第二节 墙、柱高厚比验算	35
【例题 4-1】	37
第三节 刚性方案房屋墙、柱计算	39
【例题 4-2】	41
第四节 刚弹性方案房屋墙、柱计算	53

第五节 圈梁的设计	55
第六节 墙体裂缝的防治	57
思考题和习题	61
习题参考答案	61
第五章 墙梁及挑梁的设计计算	63
第一节 墙梁的设计计算	63
【例题 5-1】	71
第二节 挑梁的设计计算	80
【例题 5-2】	83
思考题和习题	86
习题参考答案	87
第六章 配筋砌体结构设计	89
第一节 网状配筋砖砌体构件	89
【例题 6-1】	90
【例题 6-2】	92
第二节 组合砖砌体构件	92
【例题 6-3】	97
【例题 6-4】	99
【例题 6-5】	100
第三节 配筋混凝土砌块砌体剪力墙	101
【例题 6-6】	105
【例题 6-7】	107
【例题 6-8】	108
【例题 6-9】	109
思考题和习题	110
习题参考答案	111
第七章 砌体结构房屋抗震设计	112
第一节 概念设计	112
第二节 地震作用及作用效应	114
第三节 无筋砌体构件	119
第四节 配筋砖砌体构件	120
第五节 配筋砌块砌体剪力墙	121
【例题 7-1】	123
【例题 7-2】	130
思考题和习题	142
习题参考答案	142
参考文献	143

第一章 砌体的受力性能

【重点与难点】 砌体是一种地方性材料,应用广泛。由于砌体的脆性性质,它在工程上主要用作受压和受剪。学习时重点应熟悉砌体材料选择的原则;掌握影响砌体抗压强度和抗剪强度的主要因素。在我国,砌体的各类强度分别采用统一的计算模式,但针对不同种类的砌体,引入不同的计算系数,显得有些烦杂,不易掌握。

【学习方法】 砌体具有各向异性,对其受力性能虽作有一定的理论分析,但在强度取值上主要依据试验研究的结果而得,学习时应充分注意到这一特点,并应从影响砌体强度的因素上去加深对砌体强度确定方法的理解。

第一节 砌体材料及选择

一、砌体材料

砌体是由块体和砂浆砌筑而成的整体材料。对于灌孔混凝土砌块砌体,由混凝土小型空心砌块、专用砌筑砂浆和灌孔混凝土砌筑而成。在配筋砌体结构中,还需采用钢筋或钢筋混凝土。

1. 砖

砖主要有烧结普通砖、烧结多孔砖和非烧结硅酸盐砖。它们应符合国家相应的材料标准的要求,如烧结普通砖应符合《烧结普通砖》(GB 5101—2003)的要求,烧结多孔砖应符合《烧结多孔砖》(GB 13544—2000)的要求。

无孔洞或孔洞率小于 25% 的砖,称为实心砖。孔洞率等于或大于 25%,孔的尺寸小而数量多的砖,称为多孔砖(对于混凝土多孔砖,要求孔洞率等于或大于 30%)。其孔洞垂直于砖的大面,主要用于建筑物的承重部位。孔洞率等于或大于 40%,孔的尺寸大而数量少的砖,称为空心砖,主要用于建筑物的自承重部位。

国家发展和改革委员会等四部委要求直辖市、沿海地区大中城市和人均占有耕地面积不足 0.8 亩省份的城市(共计 170 个),在 2004 年年底前禁止使用实心黏土砖(烧结普通黏土砖),并由“禁实”向限制和禁用黏土多孔砖、空心砖等其他黏土制品拓展。耕地面积稀缺地区和经济发达地区的城镇,要全面启动“禁实”工作。国务院要求到 2010 年底,所有城市禁止使用实心黏土砖,全国实心黏土砖年产量控制在 4000 亿块以下。应当认识到淘汰实心黏土砖、发展新型墙体材料,目的在于保护耕地、节约能源、综合利废、保护环境、改善建筑功能、提高建筑的质量和居住条件、促进经济与社会的协调和可持续发展,亦正是贯彻落实科学发展观、推动循环经济发展、建立资源节约型社会的重要举措。

2. 砌块

砌块系列中主规格的高度大于 115mm,而又小于 380mm,且孔洞率等于或大于 25% 的

砌块,称为小型空心砌块。承重用的砌块主要有普通混凝土小型空心砌块和轻集料混凝土小型空心砌块,应符合《普通混凝土小型空心砌块》(GB 8239—1997)和《轻集料混凝土小型空心砌块》(GB/T 15229—2002)的要求。

3. 石材

石材是一种天然材料,应选用无明显风化的石材。它按加工后的外形规则程度,分为毛石和料石。后者又细分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石。

4. 砌筑砂浆

常用的砌筑砂浆有水泥混合砂浆和水泥砂浆。采用掺入有机塑化剂的砂浆,除砂浆强度等级符合要求外,还必须进行其砌体的抗压强度和抗剪强度检验,合格后方可使用。对于混凝土小型空心砌块,因壁厚小、孔洞率大,为确保灰缝砂浆密实、粘结好,应采用混凝土小型空心砌块砌筑砂浆砌筑。该专用砂浆应符合《混凝土小型空心砌块砌筑砂浆》(JC 860—2000)的要求。

另外,值得注意的一点是:用以测定砂浆强度等级的试块(边长为 70.7mm 的立方体),应采用同类块体作底模。这是由于块体的种类较多,如烧结普通砖、蒸压灰砂砖及混凝土砌块等,这些材料在吸水、泌水等物理性能上有差异,将影响到试块砂浆的硬化和强度,势必造成对砂浆强度等级的误判或不可靠。例如,某房屋承重墙体采用蒸压灰砂砖砌体,在制作砂浆试块时,应采用蒸压灰砂砖作底模,采用烧结黏土砖作底模则是违反规定的。

5. 混凝土与钢筋

砌体结构中采用的混凝土和钢筋,应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)的要求。对于灌孔混凝土砌块砌体,为确保灌孔的混凝土(如芯柱)与混凝土小型空心砌块砌体有良好的粘结,共同受力,应采用混凝土小型空心砌块灌孔混凝土。该专用混凝土应符合《混凝土小型空心砌块灌孔混凝土》(JC 861—2000)的要求。

二、材料的选择

砌体材料的选择,应坚持因地制宜、就地取材的原则,做到经济合理、安全适用、有足够的耐久性。具体选用时,首先应符合对砌体材料最低强度等级的规定,最后通过比较和优化而确定。

工程上砌体材料有的用作承重,有的用作非承重(自承重)。在有关材料的标准中,对于块体的强度等级有的比《砌体结构设计规范》规定的最低强度等级还低,尤其随着墙体材料革新的不断深入,出现了许多轻质材料的块体,这一现象更为突出。这里存在着今后国家材料标准与砌体结构设计规范如何相互协调的问题。在目前的情况下,作为砌体结构设计规范,它所采用的砌体材料是强调以承重为主的,其最低强度等级必须得到满足;对于轻质自承重砌体材料,可依据有关标准和当地经验(如是否满足耐久性要求)选择材料的强度等级。

第二节 砌体抗压强度受哪些因素的影响

一、影响因素

砌体轴心受压时,其中的块体不是想像中的均匀受压,而是处于复杂应力状态,并由于块体的抗拉、弯、剪强度很低而导致砌体破坏。因而,从本质上来说,影响砌体抗压强度的因

素,就是加剧或减轻砌体内复杂应力的因素。概括起来,主要受到砌体材料的强度、砂浆的变形与和易性、块体的规整程度和尺寸、砌体施工质量以及试验方法等因素的影响。

二、考虑主要影响因素建立强度公式

影响砌体抗压强度的因素相当多,但在确定砌体强度时,只能考虑其主要影响因素。砌体抗压强度平均值,按下式计算:

$$f_m = k_1 f_1^\alpha (1 + 0.07 f_2) k_2 \quad (1-1)$$

式中 f_m ——砌体轴心抗压强度平均值(MPa);

f_1 ——块体强度等级或抗压强度平均值(MPa);

f_2 ——砂浆抗压强度平均值(MPa);

k_1, α, k_2 ——计算参数。

由式(1-1)可知, f_1 和 f_2 反映了块体和砂浆强度大小的影响,引入计算参数 k_1 和 α , 系为了考虑不同种类块体对砌体抗压强度的影响。还引入计算参数 k_2 , 以进一步反映砂浆强度对不同种类砌体抗压强度的影响。

砌体主要采用手工砌筑,对于实际工程中的砌体受砌筑质量的影响也较大,主要反映在水平灰缝砂浆饱满度、灰缝厚度、块体砌筑时的含水率、砌体组砌方法,以及施工质量控制等级的影响。此外,还与砌体所处受力状态(如受吊车荷载作用,梁跨度较大或验算施工中的砌体构件承载力)、截面面积很小的砌体构件,以及采用水泥砂浆砌筑的砌体等因素的影响有关。按照基本的强度公式,如何考虑这些因素的影响,详见第二章第二节所述。

第三节 砌体抗剪强度受哪些因素的影响

影响砌体抗剪强度的因素与影响砌体抗压强度的因素是类同的,但由于砌体受剪与受压的机理不同,应加以注意砂浆的粘结性能和垂直压应力的影响。

一、砂浆强度的影响

砌体在剪应力作用下,其抗剪强度主要受水平灰缝砂浆的粘结强度控制。砂浆粘结强度的高低可直接近似的由砂浆抗压强度的大小来衡量。因而砌体抗剪强度与砂浆强度密切相关。砌体抗剪强度平均值,按下式计算:

$$f_{vo,m} = k_5 \sqrt{f_2} \quad (1-2)$$

式中 $f_{vo,m}$ ——砌体抗剪强度平均值(MPa);

k_5 ——不同种类砌体的计算参数。

二、压应力的影响

砌体在剪应力(τ)和垂直压应力(σ_y)作用下,垂直压应力直接影响到砌体剪-压破坏形态(图 1-1),其抗剪强度的大小不等。

(1)当 σ_y/τ 较小时,砌体沿通缝截面受剪,一旦受剪截面上的摩阻力小于剪应力,砌体将产生滑移而破坏,称为剪摩破坏(图 1-1a)。这种受力状态下,随垂直压应力的增大,它在

受剪截面上产生的摩擦力增大,将阻止或减小剪切面的水平滑移,因而砌体抗剪强度提高。

(2)当 σ_y/τ 较大时,砌体因截面上的主拉应力大于砌体的抗拉强度,将产生阶梯形裂缝(齿缝)破坏,称为剪压破坏(图 1-1b)。当轴压比约在 0.6 左右时,垂直压应力的增大对砌体抗剪强度的变化影响不大。

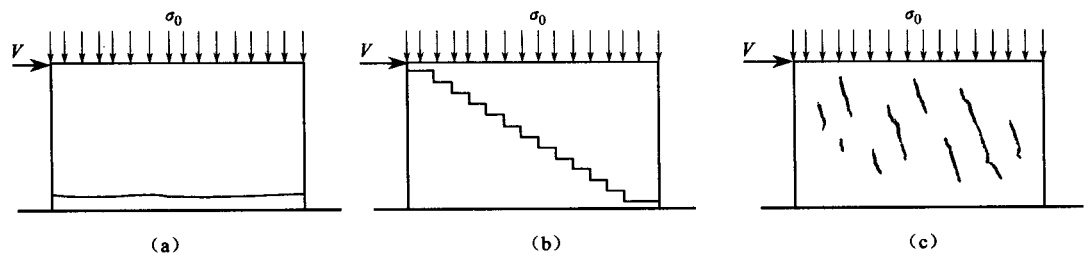


图 1-1 砌体的剪-压破坏形态

(3)当 σ_y/τ 更大时,砌体将基本沿压应力的作用方向产生裂缝而破坏,称为斜压破坏(图 1-1c)。这种受力状态下,随垂直压应力的增大,砌体抗剪强度迅速减小直至为零。

根据以上分析,受剪-压作用的砌体抗剪强度平均值,按下式计算:

$$f_{v,m} = f_{v0,m} + \alpha \mu \sigma_{ok} \tag{1-3}$$

式中 $f_{v,m}$ ——剪压作用下砌体抗剪强度平均值;
 α ——不同种类砌体的修正系数;
 μ ——剪压复合受力影响系数;
 σ_{ok} ——竖向压应力标准值。

按式(1-3)的相关曲线如图 1-2 所示。

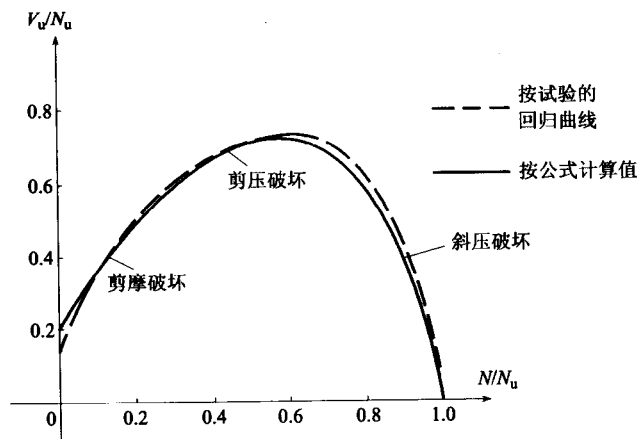


图 1-2 砌体剪-压相关曲线

长期以来,国内外主要基于剪摩破坏理论和主拉应力破坏理论建立砌体在剪-压作用下的抗剪强度,而上述式(1-3)采用的是剪-压复合受力模式,反映了不同破坏形态下的抗剪强度,有较大的改进,为《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)采纳,用来确定剪-压作用下砌体的静力抗剪强度。

在《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)中,引入砌体强度的正应力影响系数 ζ_N 来确定砌体的抗震抗剪强度。对于砖砌体

$$\zeta_N = \frac{1}{1.2} \sqrt{1 + 0.45 \frac{\sigma_0}{f_{vo}}} \quad (1-4)$$

对于混凝土小型砌块砌体

$$\left. \begin{aligned} \zeta_N &= 1 + 0.25 \frac{\sigma_0}{f_{vo}} & (\sigma_0/f_{vo} \leq 5) \\ \zeta_N &= 2.25 + 0.17(\frac{\sigma_0}{f_{vo}} - 5) & (\sigma_0/f_{vo} > 5) \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

式中 ζ_N ——砌体抗震抗剪强度的正应力影响系数;

σ_0 ——对应于重力荷载代表值的砌体截面平均压应力;

f_{vo} ——非抗震设计的砌体抗剪强度。

可见在确定砌体的抗震抗剪强度 $f_{VE} = \zeta_N f_{vo}$ 时,对于砖砌体系按主拉应力破坏模式计算,而对于混凝土砌块砌体,则按剪摩破坏模式计算。式(1-4)与式(1-5)所基于的抗剪强度理论不一致,又与式(1-3)不同。这反映了确定砌体在剪-压作用下的抗剪强度,无论在理论上还是方法上都有必要作进一步的深入研究,使之更加完善,更为合理。

第四节 灌孔混凝土砌块砌体的强度

将混凝土小型空心砌块砌体中的竖向孔洞采用专用混凝土(其强度等级以符号 Cb 表示)灌筑,形成灌孔混凝土砌块砌体(图 1-3)。由于它们具有良好的共同受力性能,使砌体的抗压强度和抗剪强度有较大幅度的提高。

一、抗压强度

灌孔混凝土砌块砌体受压时,空心砌块砌体与芯柱混凝土共同受力。芯柱混凝土的受压应力-应变(σ - ϵ)关系可取为:

$$\sigma = [2(\frac{\epsilon}{\epsilon_0}) - (\frac{\epsilon}{\epsilon_0})^2] f_{c,m} \quad (1-6)$$

式中 ϵ_0 ——芯柱混凝土峰值应变;

$f_{c,m}$ ——灌孔混凝土轴心抗压强度平均值。

由于空心砌块砌体与芯柱混凝土在受压时,其峰值应力对应的应变值不同,空心砌块砌体的峰值应变可取为 0.0015,芯柱混凝土的峰值应变可取为 0.002。现以 $\epsilon = 0.0015$ 和 $\epsilon_0 = 0.002$ 代入式(1-6),得 $\sigma = 0.94 f_{c,m}$ 。按应力叠加方法并考虑灌孔率的影响,灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度平均值,按下式计算:

$$f_{g,m} = f_m + 0.94 \frac{A_c}{A} f_{c,m} \quad (1-7)$$

式中 $f_{g,m}$ ——灌孔砌块砌体抗压强度平均值;

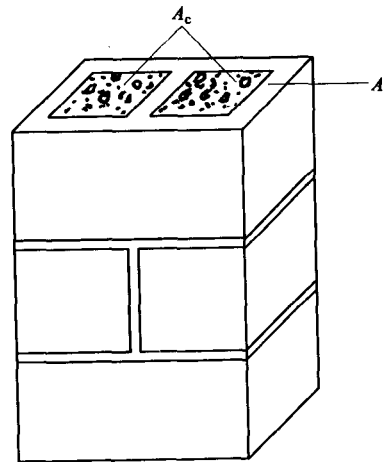


图 1-3 灌孔混凝土砌块砌体

f_m ——空心砌块砌体抗压强度平均值;

A_c ——灌孔混凝土截面面积;

A ——砌体截面面积。

对于灌孔砌块砌体,其影响因素如上所述之外,还受到灌孔混凝土的强度和灌孔率的影响。

二、抗剪强度

灌孔混凝土砌块砌体受剪时,由于灌孔混凝土参与抗剪,其抗剪强度不能只取决于砂浆强度,还与混凝土的强度有关。对于灌孔混凝土的抗剪强度,按理应如同混凝土构件抗剪那样,以混凝土的轴心抗拉强度 f_t 来表达。但对于砌体,其轴心抗拉强度难以通过试验来测定,因而以灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度来表达更为合适。根据试验研究,灌孔混凝土砌块砌体的抗剪强度平均值,按下式计算:

$$f_{vg,m} = 0.32 f_{g,m}^{0.55} \quad (1-8)$$

【例题 1-1】 试计算下列情况下的砖砌体抗压强度平均值:

A. 墙体采用 MU15 烧结页岩砖、M5 水泥混合砂浆。

B. 经检测墙体中烧结粉煤灰砖的抗压强度平均值为 10.97MPa,砂浆的抗压强度平均值为 2.86MPa。

C. 墙体采用 MU10 蒸压灰砂砖,其砂浆当采用烧结普通黏土砖做底模时测得的强度等级为 M7.5,而采用蒸压灰砂砖做底模时测得的强度等级为 M5。

【解】 1. 情况 A

应以 $f_1 = 15\text{MPa}$ 和 $f_2 = 5\text{MPa}$ 代入式(1-1),且对于砖砌体取 $k_1 = 0.78$, $\alpha = 0.5$, $k_2 = 1.0$,得

$$\begin{aligned} f_m &= 0.78 \times 15^{0.5} (1 + 0.07 \times 5) \\ &= 0.78 \times 15^{0.5} \times 1.35 = 4.078\text{MPa} \end{aligned}$$

2. 情况 B

在式(1-1)中, f_1 既指块体的强度等级亦指块体的抗压强度平均值,上述情况 A 中代入的是强度等级。而现在的强度为检测值,故应取 $f_1 = 10.97\text{MPa}$, $f_2 = 2.86\text{MPa}$ 进行计算。其他参数取值同情况 A,代入式(1-1)得

$$\begin{aligned} f_m &= 0.78 \times 10.97^{0.5} (1 + 0.07 \times 2.86) \\ &= 0.78 \times 10.97^{0.5} \times 1.20 = 3.10\text{MPa} \end{aligned}$$

3. 情况 C

对于相同的砂浆,当其试块以不同材料块体做底模时,测得的砂浆抗压强度有一定的差异,尤其对蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖砌体的抗压强度有较大的影响。因此应采用与实际工程上相同的块体作砂浆强度试块的底模,取用其相应的砂浆强度。本例情况应以 $f_2 = 5.0\text{MPa}$ 代入式(1-1)进行计算。其他参数取值同情况 A,得

$$\begin{aligned} f_m &= 0.78 \times 10^{0.5} (1 + 0.07 \times 5) \\ &= 0.78 \times 10^{0.5} \times 1.35 = 3.33\text{MPa} \end{aligned}$$

如按 $f_2 = 7.5\text{MPa}$ 计算,其砌体抗压强度平均值较上述结果高出 10%,将导致该墙体

不安全。

【例题 1-2】 试计算下列情况下的混凝土砌块砌体抗压强度平均值:

A. 墙体采用混凝土小型空心砌块 MU10、水泥混合砂浆 Mb5。

B. 墙体采用混凝土小型空心砌块 MU15、水泥混合砂浆 Mb15。

C. 墙体采用混凝土小型空心砌块 MU20、水泥混合砂浆 Mb15。

【解】 1. 情况 A

对混凝土小型空心砌块砌体,其抗压强度平均值仍按式(1-1)计算,但式中计算参数取值与砖砌体的计算参数取值不同,本例情况下取 $k_1=0.46$, $\alpha=0.9$, $k_2=1.0$,得

$$\begin{aligned} f_m &= 0.46 \times 10^{0.9} (1 + 0.07 \times 5) \\ &= 0.46 \times 10^{0.9} \times 1.35 = 4.93 \text{MPa} \end{aligned}$$

2. 情况 B

因 $f_2 = 15.0 \text{MPa} > 10 \text{MPa}$,取 $k_2 = 1.1 - 0.01 f_2$,其他参数同情况 A。代入式(1-1),得

$$\begin{aligned} f_m &= 0.46 \times 15^{0.9} (1 + 0.07 \times 15) (1.1 - 0.01 \times 15) \\ &= 0.46 \times 15^{0.9} \times 2.05 \times 0.95 = 10.25 \text{MPa} \end{aligned}$$

3. 情况 C

因采用 MU20 砌块,取 $k_1 = 0.95 \times 0.46 = 0.437$,且同情况 B,取 $k_2 = 1.1 - 0.01 f_2$,代入式(1-1)得

$$\begin{aligned} f_m &= 0.437 \times 20^{0.9} (1 + 0.07 \times 15) (1.1 - 0.01 \times 15) \\ &= 0.437 \times 20^{0.9} \times 2.05 \times 0.95 = 12.615 \text{MPa} \end{aligned}$$

从本例计算可看出,砌体抗压强度虽采用统一的计算式(1-1),但由于块体种类及块体强度和砂浆强度等因素的不同影响,还必须对其中的计算参数加以修正,显得计算中确有些烦杂。对式(1-1)作进一步的改进,使应用上既合理,又简便是有必要的。

思考题和习题

思考题 1-1 您对我国墙体材料革新政策有何了解?

思考题 1-2 砌体结构中对块体和砂浆的最低强度等级有哪些规定?

思考题 1-3 式(1-1)中是怎样反映影响砌体抗压强度的主要因素的?该式有何不足之处?

思考题 1-4 式(1-3)表示的相关曲线是如何反映砌体在剪-压作用下的破坏形态的?

习题 1-1 经检测某墙体中烧结页岩砖的强度为 13.6MPa ,砂浆强度为 0.92MPa 。试计算其砌体的抗压强度平均值。

习题 1-2 某墙体采用 MU20 混凝土小型空心砌块, Mb20 水泥混合砂浆。试计算砌体抗压强度平均值。

习题 1-3 试计算砂浆强度为 10MPa 的普通砖砌体和混凝土小型空心砌块砌体的抗剪强度平均值,并说明后者低于前者的原因。

习题参考答案

习题 1-1 因 $f_2 = 0.92 \text{MPa}$,应取 $k_2 = 0.6 + 0.4 f_2$ 。 $f_m = 2.96 \text{MPa}$ 。

习题 1-2 本题中 $f_2 = 20 \text{MPa} > 10 \text{MPa}$,且 $f_1 = 20 \text{MPa}$, $f_1 = f_2$ 。 $f_m = 13.99 \text{MPa}$ 。

习题 1-3 对于普通砖砌体 $f_{v,m} = 0.395 \text{MPa}$,对于混凝土小型空心砌块砌体 $f_{v,m} = 0.218 \text{MPa}$ 。

第二章 砌体结构的可靠度设计方法

【重点与难点】 为了处理工程结构的安全性、适用性与经济性而采用的理论和方法,称为工程结构的可靠度设计方法。在我国,对于各类材料的建筑结构、组成结构的构件及地基基础的设计,均应遵照《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)所规定的基本原则和方法。应在熟悉以概率理论为基础的极限状态设计方法的基本概念的基础上,重点了解砌体结构构件按承载能力极限状态设计的荷载效应和砌体强度设计值的确定方法。由于结构可靠度的分析涉及较深的数学和结构分析的知识,初学者一时要建立清晰的概念较为困难。

【学习方法】 按教学计划,通常先讲授混凝土结构设计原理,因而在学习砌体结构的设计方法时,可采用与混凝土结构可靠度设计方法相比较的方式,并通过构件承载力的计算,使之逐步掌握砌体结构的可靠度设计方法。此外,应注意保证砌体结构正常使用极限状态的方法与混凝土结构等的方法有较大不同。

第一节 极限状态设计原则

工程结构的各种极限状态可以分为两类,即承载能力极限状态和正常使用极限状态。前者指结构或构件发挥允许的最大承载能力的状态,后者指结构或构件达到使用功能上允许的某个限值的状态。

在我国,各类材料结构采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,即考虑基本变量概率分布类型的一次二阶矩极限状态设计法。具体计算中则是采用多个分项系数的极限状态设计表达式。

结构按极限状态设计,应符合下列要求:

$$g(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0 \quad (2-1)$$

式中 $g(\cdot)$ ——结构的功能函数;

X_i ——结构上的各种作用 and 材料性能、几何参数等基本变量。

当仅有作用效应和结构抗力两个基本变量时,结构按极限状态设计,应符合下列要求:

$$R - S \geq 0 \quad (2-2)$$

式中 R ——结构的抗力;

S ——结构的作用效应。

一、承载能力极限状态设计表达式

砌体结构按承载能力极限状态设计的表达式为:

$$\gamma_0 S \leq R(\cdot) \quad (2-3)$$

$$R(\cdot) = R(\gamma_a f, a_k \dots) \quad (2-4)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数；
 S ——荷载效应组合设计值(如轴向压力、剪力等)；
 $R(\cdot)$ ——结构构件的设计抗力函数；
 γ_a ——砌体强度设计值的调整系数；
 f ——砌体强度设计值；
 a_k ——几何参数标准值。

式(2-3)中的 S 为由可变荷载或由永久荷载效应控制的组合值,它们均应得到满足。为此,计算上应从下列两种组合值中取最不利值。

1. 由可变荷载效应控制的组合值

$$S = \gamma_G S_{G_k} + \gamma_{Q_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q_i} \psi_{ci} S_{Q_{ik}} \quad (2-5)$$

式中 S_{G_k} ——永久荷载标准值的效应；
 $S_{Q_{1k}}$ ——在基本组合中起控制作用的一个可变荷载标准值的效应；
 $S_{Q_{ik}}$ ——第 i 个可变荷载标准值的效应；
 γ_G ——永久荷载分项系数,应取 1.2；
 $\gamma_{Q_1}, \gamma_{Q_i}$ ——第 1 个和第 i 个可变荷载分项系数,一般情况下应取 1.4；
 ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数,一般情况下应取 0.7。
其简化公式为:

$$S = \gamma_G S_{G_k} + \psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} S_{Q_{ik}} \quad (2-6)$$

式中 ψ ——简化设计表达式中采用的荷载组合系数,一般情况下可取 $\psi = 0.90$,当只有一个可变荷载时,取 $\psi = 1.0$ 。

2. 由永久荷载效应控制的组合值

$$S = \gamma_G S_{G_k} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \psi_{ci} S_{Q_{ik}} \quad (2-7)$$

式中 γ_G ——永久荷载分项系数,应取 1.35。

当砌体结构作为一个刚体,需验算整体稳定,例如验算倾覆、滑移、漂浮等,此时式(2-5)和式(2-7)的区别在于要区分起有利作用和起不利作用的永久荷载标准值的效应,且为了确保其可靠度,起有利作用的永久荷载的分项系数取得较小。因而砌体结构的整体稳定性统一按下式计算:

$$\gamma_0 (1.2 S_{G_{2k}} + 1.4 S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n S_{Q_{ik}}) \leq 0.8 S_{G_{1k}} \quad (2-8)$$

式中 $S_{G_{1k}}$ ——起有利作用的永久荷载标准值的效应,式内 0.8 为其分项系数；
 $S_{G_{2k}}$ ——起不利作用的永久荷载标准值的效应。

二、正常使用极限状态

对于钢筋混凝土结构构件,有一系列满足正常使用极限状态要求的计算或验算方法,如裂缝控制验算和受弯构件挠度验算。但对于砌体结构构件,尤其无筋砌体是一种脆性材料,

且主要用于受压,其正常使用极限状态基本上以相应的构造要求或规定来代替上述验算。如墙、柱的高厚比不应大于允许高厚比,作为刚性和刚弹性方案房屋的横墙的最大水平位移不应超过 $H/4000$ (H 为横墙总高度),受压物件轴向压力的偏心距不应超过限定值,以及为保证砌体结构的耐久性和正常使用采取的诸多措施等。可见砌体结构同样应满足正常使用极限状态的要求,只是由于砌体结构自身的特点,采取的具体方法与钢筋混凝土等材料结构的方法有所不同。

第二节 砌体强度设计值

砌体强度设计值是考虑影响结构构件可靠性因素后的材料强度指标。不同材料的强度设计值的确定原则是相同的,但对于砌体,它的强度受到多种因素的影响,设计计算上还需对砌体强度设计值作进一步的调整,较之确定混凝土或钢材等材料的强度设计值显得规定较多。

一、砌体抗压强度设计值与平均值的关系

1. 一般砌体

砌体抗压强度设计值(f)由其标准值(f_k)除以砌体材料性能分项系数(γ_f)而得,即

$$f = \frac{f_k}{\gamma_f} \quad (2-9)$$

砌体抗压强度标准值是其抗压强度的基本代表值,由概率分布的 0.05 分位数确定,即

$$f_k = f_m - 1.645\sigma_f = (1 - 1.645\delta_f)f_m \quad (2-10)$$

式中 f_k ——砌体抗压强度标准值;

σ_f ——砌体抗压强度标准差;

δ_f ——砌体抗压强度变异系数。

由式(2-10)

$$f_k = (1 - 1.645 \times 0.17)f_m = 0.72f_m$$

由式(2-9)

$$f = \frac{f_k}{1.6} = 0.62f_k$$

因而砌体抗压强度设计值与平均值之间的关系为(毛石砌体除外):

$$f = 0.45f_m \quad (2-11)$$

对于毛石砌体,只需代入 $\delta_f = 0.24$,得

$$f = 0.37f_m \quad (2-12)$$

2. 混凝土砌块灌孔砌体

同理,按可靠度要求,将式(1-7)转换为设计值,得

$$f_g = f + 0.82\alpha f_c$$

考虑灌孔混凝土砌块墙体中清扫孔的不利影响,设计计算时取

$$f_g = f + 0.6\alpha f_c \quad (2-13)$$