

中华人民共和国行业标准
多孔砖砌体结构技术规范

Technical code for perforated
brick masonry structures

JGJ 137-2001
条文说明

前 言

《多孔砖砌体结构技术规范》(JGJ 137-2001)，经建设部 2001 年 10 月 10 日以建标[2001]号文批准，业已发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《多孔砖砌体结构技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，供使用者参考。在使用中，如发现本条文说明有欠妥之处，请将意见函寄中国建筑科学研究院工程抗震研究所(地址:北京市北三环东路 30 号 邮编:100013)。

目 次

1 总 则 4

2 术语、符号 5

3 材料和砌体的计算指标 6

4 静力设计 8

5 抗震设计 10

6 施工和质量检验 16

1 总 则

1.0.1 烧结多孔砖,比普通实心粘土砖节省烧砖用土,节省土地资源,节省烧砖能耗。多孔砖墙体保温隔热性能较好。目前,国家正在开展墙体材料改革,限制使用实心粘土砖,因此开发烧结多孔砖及其在墙体中的应用,将是势在必行。《多孔砖(KP1型)建筑抗震设计与施工规程》(JGJ 68-90)自1990年实施以来,对墙体材料改革,对多孔砖建筑的发展,起到了很大的推动作用。P型多孔砖(即KP1型多孔砖)在震区也有了广泛的应用。这为M型多孔砖的建筑应用及抗震性能的试验研究,为多孔砖砌体结构技术规范的编制,提供了前提条件。

M型多孔砖的特点是:由主砖及少量配砖构成,砌墙不砍砖,基本墙厚为190mm。墙厚可根据结构,抗震和热工要求,按半模级差变化。这无疑在节省墙体材料上比实心砖和P型多孔砖更加合理。其缺点是给施工带来不便。目前是两种砖并存。

为了使P型砖和M型砖均得到应用。本规范列入了这两种型号的砖。

1.0.2 这一条是指出本规范的适用范围。就地区而言,适用于非抗震设防区和抗震设防烈度为6度至9度的地区,以P型和M型模数烧结多孔砖为墙体材料的多层砌体结构的设计和施工。

本规范一般略去“设防烈度”字样,如“设防烈度为6度、7度、8度、9度”简称为“6度、7度、8度、9度”。

2 术语、符号

2.1.1 本条文烧结多孔砖的定义，是根据《砖和砌块名词术语》(GB 5348-85)而提出。

目前，在一些设计文件和施工文件中，时而称空心砖，时而称承重空心砖。且易与不承重的大孔空心粘土砖造成混乱，都是不严密的。

2.1.2～2.1.4

P 型多孔砖(亦称 KP1 型多孔砖)和 M 型多孔砖均已列入国家定型产品，它们的区别是砖的外形尺寸。其孔形设置和孔洞率控制没有区别。配砖由于用量少未列入正式产品，生产厂家可根据设计施工要求，配合生产供应。

2.1.5 硬架支模是近年来多层砖房现浇圈梁的一种较为成熟的施工方法。其优点是施工方便，不影响工期，使楼板与圈梁整体连接好，最适用于墙厚为 190mm 的 M 型多孔砖墙体。因为 190mm 厚砖墙的楼板的搁置长度不够。硬架支模通过现浇和钢筋整体连接可克服这一不足。

3 材料和砌体的计算指标

3.0.1 多孔砖的强度等级和外观质量按现行国家标准《烧结多孔砖》(GB 13544)检验。多孔砖砌体抗压试验表明，砌体在破坏过程中，具有较普通砖砌体更为显著的脆性破坏特征；同一批砖材，由于抽样方法欠标准等因素的影响，多次抽检的强度等级检验结果，往往相差一个等级；在相同条件下，M型砖墙的承载力(以1m宽墙段计算)比普通砖墙约低30%；砌体工程施工系手工操作，砌体强度的离散性较大，是工程事故较多的原因之一。基于以上四条原因，对砖和砂浆的强度等级最低值做出有别于普通砖墙体的规定，即砖的强度等级不应低于MU10，砌筑砂浆的强度等级不应低于M5。对低层建筑和平房，表中也列入了有关M2.5的设计计算参数。

3.0.2、3.0.3 多孔砖砌体的抗压强度设计值和抗剪强度设计值，根据全国众多单位的试验研究结果，综合统计分析，均可采用普通砖砌体的相应指标。

编制行业标准《多孔砖(KP₁型)建筑抗震设计与施工规程》(JGJ 68-90)时，编制组曾组织四个单位进行了P型砖的砌体抗压、抗剪试验，各单位相同条件下的对比试验结果，两项指标均相当或略高于普通砖砌体(详见该规程的条文说明)。

模数多孔砖与建筑应用试验研究课题组(中国建筑科学研究院工程抗震研究所为负责单位)进行的对比试验分别见表1和表2。对表1两列比值数据进行显著性区别的t检验，结果表明，在给定危险率为0.05时，不拒绝两列数据平均值(即1.17和1.25)相等的假设。对表2中16组成对测试值进行t检验，有7组存在显著性差别，均是M型砖砌体的抗剪强度显著高于普通砖砌体；其余9组则没有显著差别。

近年来，四川省建筑科学研究院和哈尔滨建筑大学进行的M型多孔砖砌体和普通砖砌体抗压及抗剪对比试验，其结果均无显著性差别。

3.0.4 本条系参照现行国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003)编写的。但考虑到多孔砖砌体具有较普通砖砌体更为显著的脆性破坏特征，对承受较大集中荷载的墙体(以梁的跨度不小于7.2m为控制指标)，规定其抗压强度设计值乘以0.9的调整系数。

3.0.6 根据理论分析和实测结果，多孔砖砌体的自重，可按式(3.0.6)计算。

表 1 多孔砖 (M 型) 砌体与普通砖砌体的强度比较之一

序号	M 型砖砌体						普通砖砌体						试验单位
	N	f ₁	f ₂	F' _m	δ	f _m /f ₈₈	N	f ₁	f ₂	f' _m	δ	f _m /f ₈₈	
1	3	10	4.12	4.77	0.210	1.50	3	10	4.12	5.80	0.030	1.83	武汉工大
2	6	15	5.5	3.85		0.91	3	15	5.5	2.69		0.64	陕西建科院
3	3	15	6.0	4.84	0.038	1.30	3	10	6.0	4.64	0.038	1.33	北京设计院
4	3	15	6.84	5.55	0.123	1.24	3	10	6.84	6.22	0.118	1.70	武汉工大
5	3	15	9.0	5.68	0.161	1.15	3	10	9.0	4.03	0.128	1.01	北京设计院
6	3	15	10.4	5.27		1.00	3	10	10.4	3.69		0.71	陕西建科院
7	3	15	11.75	5.94	0.192	1.08	3	10	11.75	6.81	0.230	1.51	武汉工大
合计	24					1.17	21					1.25	

表 2 M 型砖与普通砖砌体 f_v 值 t 检验

序号	M 型多孔砖砌体			烧结普通砖砌体			t 检验(显著性区别)
	N	f _{VM} (MPa)	s	N	f _{VP} (MPa)	s	
1	6	0.303	0.0670	3	0.273	0.0254	无
2	9	0.302	0.0549	9	0.251	0.0620	f _M 大
3	9	0.220	0.0783	9	0.230	0.0819	无
4	15	0.190	0.0304	9	0.160	0.0320	f _M 大
5	3	0.588	0.1223	3	0.470	0.1217	无
6	9	0.130	0.0474	9	0.120	0.0352	无
7	9	0.310	0.0487	9	0.290	0.0896	无
8	6	0.563	0.1689	6	0.270	0.0834	f _M 大
9	9	0.320	0.0576	9	0.280	0.0554	无
10	18	0.350	0.0480	9	0.220	0.0480	f _M 大
11	9	0.414	0.0762	9	0.222	0.0664	f _M 大
12	18	0.370	0.0400	9	0.320	0.0650	无
13	6	0.903	0.0786	3	0.490	0.0551	f _M 大
14	9	0.216	0.0730	9	0.159	0.0580	无
15	9	0.360	0.0731	9	0.290	0.0960	无
16	18	0.400	0.1040	9	0.320	0.0541	f _M 大
合计	162			123			

注：1 在总计 16 个对比组中，无显著区别者有 9 组，有显著区别者为 7 组；
2 资料来源：《模数多孔砖建筑抗震性能的试验研究》(综合报告，执笔人：董竟成)。

4 静力设计

4.1 基本设计规定

4.1.1~4.1.6 按照现行国家标准《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68)、《砌体结构设计规范》(GB 50003)的规定编写这 6 条。

目前，多孔砖砌体结构多用在住宅、办公楼、学校等建筑，个别也有用于小跨度的无吊车厂房、仓库等建筑中，这类建筑结构按二级安全等级设计。表 4.1.2 注中的特殊建筑是指重要的纪念建筑和重要文物建筑。

4.1.7 P 型多孔砖砌体结构房屋以控制在 8 层及其以下为宜，M 型模数多孔砖砌体结构房屋以控制在 7 层及其以下为宜。这主要是从当前多孔砖强度等级及外观质量等方面考虑，使墙体所占面积及基础造价等较为合理。当底层采用钢筋混凝土框架或框架-剪力墙结构底层形成空旷房屋时，总层数更不宜超过上述限值。

4.1.8 底层为砖柱或组合砖柱的多层砌体房屋，底层空间刚度较差，故规定在底层应布设适当数量的纵横墙，以增强房屋的整体性和稳定性，并隐含了尽量采用刚性方案或刚弹性方案的要求。

4.1.9~4.1.12 设计人员进行砌体工程设计时，往往忽略了这几条所述部位的静力结构计算，故重点指出应特别关注这几条所指定部位的结构计算。

4.2 受压构件承载力计算

4.2.1~4.2.4 本规范编制组在编制工作期间，进行了 M 型砖的砌体偏心影响系数 α 试验和长柱轴向稳定系数 ψ_0 试验。试验结果表明，这两项指标均与普通砖砌体相当，故本规范的受压构件承载力计算公式与现行国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003)完全一致。

4.2.5 多孔砖砌体偏心受压试验表明，当相对偏心距 e/y 为 0.4 时，砌体受力较小的一边首先出现水平裂缝，即出现拉应力，继之受压较大的一边出现竖向裂缝进而破坏。砖墙、砖柱的受力特点是抗压承载力较高而抗拉能力很低，设计砖房时应充分利用其优点回避缺点。本规范将 e/y 的限值从以往的 0.7 降为不宜大于 0.4，且不应大于 0.6。

4.2.6 多孔砖砌体局部受压的承载力，国内尚无系统的试验资料，现暂套用普通砖砌体的有关规定。考虑到多孔砖劈裂破坏特点，当砌体孔洞不能填实时，局压强度不提高。

4.3 墙、柱的允许高厚比

多孔砖墙柱的允许高厚比 $[\beta]$ 值，较普通砖墙柱的 $[\beta]$ 值略为降低，主要是考虑 M 型砖墙较薄，且工程应用实例尚少，从严控制，作此规定。以 M 型砖 190mm 厚墙为例，允许高厚比 $[\beta]$ 值为 24，考虑门窗洞口因素，取降低系数 μ_2 为 0.7，则墙的计算高度 H_0 可达 3.19m，能够满足一般多层房屋层高的要求。

4.4 一般构造要求

4.4.1、4.4.2 这两条的规定均严于普通砖砌体。针对多孔砖砌体承受局部集中荷载的能力略低于普通砖砌体，即更容易出现局部受压裂缝，需要采取必要的加强措施。

4.4.3、4.4.4 对于设板底圈梁的 190mm 砖墙，预制板的支承长度尚能满足要求；当无板底圈梁时，则应采取其他加强构造措施。

参照现行行业标准《设置钢筋混凝土构造柱多层砖房抗震技术规程》(JGJ/T 13)，需采用锚固件与墙、柱上垫块锚固的梁，其跨度由普通砖墙、柱要求的 9m 改为 6.6m。

4.4.5、4.4.6 以往俗称的“骨架房屋”，提法欠严谨，现改为专业用词“框架房屋”。

4.4.7 此条为加强 M 型砖房屋整体性的构造措施。

4.4.8 做水泥砂浆抹面以防止碰坏砖墙。

4.4.9 随着居住生活水平的提高和办公条件的改善，一般宿舍楼、办公楼的暗埋管线越趋增多，随意打凿墙体或预留沟槽的现象比比皆是，严重削弱了墙体的整体性能和受力性能，本规定力图对这一不良现象予以限制。

4.4.10 此条为加强房屋整体性的措施，也限制了住户随意打掉洞口两侧墙体有损主体结构的做法。

4.4.11 在房屋±0 以下，较潮湿或易受地下水浸泡，使多孔砖的强度下降并降低砖的耐久性。故不宜用于±0 以下。

4.5 圈梁、过梁

参照普通砖房屋的设计规定并考虑多孔砖的厚度为 90mm 的特点，做出本节关于圈梁高度不宜小于 200mm 的规定。

4.6 预防和减轻墙体裂缝措施

工程调查表明，多孔砖房屋易出现裂缝的部位和裂缝特点，与普通砖房并无区别，其防裂措施可采用普通砖房的相应规定。

5 抗震设计

5.1 一般规定

5.1.1 处在 6~9 度地震区的多孔砖多层房屋,除了满足静力设计要求外,还应满足抗震设计中的基本要求。进行抗震验算和采取构造措施。

5.1.2 抗震设计的基本要求,从整体上减轻地震灾害。不利的场地和地段,会造成建筑的破坏,例如,地表错动与地裂,地基土的不均匀沉陷、滑坡和粉砂土液化等。简单、对称的平、立面布置,容易估计其地震时的反应,容易采取构造措施和局部处理。“规则”包含了对建筑的平、立面外形尺寸、墙体布置、质量分布直至强度分布等诸多因素的综合要求。例如,沿高度方面突出屋面建筑和局部缩进的尺寸不宜过大,墙体上、下连续,不错位,且横截面面积变化缓慢,相邻层质量、刚度和强度的变化不超过某个限值;沿平面局部突出的尺寸不宜过大。墙体在本层平面内基本对称,纵横墙呈基本正交。同一轴线的窗间墙宽变化过大,会引起较宽的墙体先破坏。

楼梯间墙体缺少各层楼板的侧向支承,其顶层墙体有一层半楼层的高度震害加重。因此在建筑布置时楼梯间应尽量不设在尽端和转角处。

错层房屋在错层部位传递地震力处于复杂情况,而多孔砖砌体是一种脆性材料,抗剪能力低,较易破坏,所以本条规定房屋不宜有错层。

据历次地震震害经验表明,纵墙承重的结构布置,因横向支承较少,纵墙较易受弯曲破坏而导致倒塌,所以要优先选用横墙承重方案。

多孔砖建筑抗震主要构造措施,是设置构造柱和布置圈梁,能有效的约束墙体,改善砖砌体的脆性性能。

5.1.3 构造柱、圈梁作用是约束砖砌体,其强度不宜过低,使墙体开裂后裂缝不易发展到构造柱、圈梁部位,使其工作在弹性阶段更好发挥约束开裂后墙体的作用。

5.1.4 多层多孔砖房屋限制其总高度与层数,是一条重要的抗震设计基本要求。参照了多层砌体房屋的高度限制规定,考虑到 P 型砖已经过多年的工程实践,其设计与施工技术较成熟,其高度与层数与普通粘土砖房屋持平。本条文中 M 型砖是新型墙体材料,对其房屋的总高度和层数,根据有限的墙体和基本材性试验资料进行工程判断做出了规定。因此应组织进一步整体模型动力试验,以利于更科学地判断 M 型砖房屋的抗震性能。

条文中说的横墙较少,是指同一层内,开间大于 4.20m 的房间占该层总面积的

40%以上。

5.1.5 抗震横墙是多层多孔砖房屋中负担横向地震力的构件。在多层多孔砖房屋抗震设计中,抗震横墙的承载力和延性必须得到保证。作用在横墙上的地震力是由楼层的水平构件楼(屋)盖来传送,这样楼(屋)盖必须具有一定的水平刚度。本条规定是为了满足楼盖对传递水平地震力所需的刚度要求。本规范区别 3 种不同楼、屋盖的类别,分别规定了相应的最大间距。厚度为 190mm 抗震横墙的间距,考虑到较薄的墙体厚度对楼盖水平刚度的不利因素,比 240mm 厚度横墙的最大间距减少 3m。

5.1.6 多层多孔砖房屋中的墙体局部尺寸限值,主要是参照《建筑抗震设计规范》(GB 50011)中多层砌体房屋中的有关规定。

局部尺寸的限制,以保证这些部位具有足够的抗剪能力,防止因局部尺寸不足而导致局部破坏,有时也会引起连续破坏的后果。在多层多孔砖房屋中更应引起注意和重视。

多层多孔砖房屋的局部尺寸,主要指下列部位的最小宽度尺寸:承重窗间墙的最小宽度;尽端的承重外墙至门窗洞边的最小距离;非承重的外纵墙尽端至门窗洞边的最小距离以及内墙的阳角至门窗洞边最小距离等。根据抗震设防烈度,提出了不同的最小尺寸。

当然,局部尺寸的要求还应当经过竖向荷载的截面验算以及抗震验算,此处仅是从抗震构造措施上提出了最低要求。

对于无锚固的女儿墙的最大高度限值,也是参考了多层砌体房屋确定,一般应尽量降低无锚固女儿墙的设置高度或采取设置构造柱、压顶梁等锚固措施。

如从房屋的使用要求出发,使得局部尺寸偏小,而满足不了抗震要求时,可采取局部加强措施来弥补。

5.1.7 砌体结构的抗震验算按各层墙体受剪考虑,不作整体弯曲验算,但对房屋总高与宽度比值有一个限制。本规范所列数据基本与地震区多层砌体房屋保持一致。

5.1.8 设置防震缝的目的,在于避免或减少地震时房屋相邻各部分因振动不协调而引起的破坏现象。通过防震缝的设置,把复杂的建筑分割成独立、规则的抗震单元。考虑到抗震规范对设置防震缝的原则和作法,都有明确的规定,故本规范的作法与抗震规范取得一致。

5.1.9 烟道、风道、垃圾道等洞口减薄了墙体的厚度,特别在 190mm 厚度的墙体情况,形成薄弱处,在地震中易破坏。应采取在砌体中加配筋、预制管道构件等加强措施。

5.2 地震作用和抗震承载力验算

5.2.1 本条明确多孔砖房屋考虑地震作用方向和抗震承载力验算。在建筑结构的两个主轴方向分别考虑水平地震作用, 并进行抗震承载力验算的原则, 其前提是建筑平面对称, 质量和刚度中心对称, 质量沿建筑高度分布均匀。对于地震区的多孔砖房屋应尽可能满足这种要求。否则应考虑水平地震作用的扭转影响。

5.2.2 对于多层砌体房屋基础的抗震设计, 在一般地基状况下, 经过大量的试算和砌体建筑的实际宏观震害调查, 证明可不必进行抗震承载力验算, 一般均能满足抗震要求。多孔砖砌体房屋基础的抗震设计, 参照了《建筑抗震设计规范》(GB 50011) 的有关规定不作抗震承载力验算。

5.2.3 6 度区的大多数建筑, 地震作用在结构设计中基本不起控制作用, 而且震害经验证明了这一点, 故可不作截面的抗震验算, 但应满足有关的抗震构造措施规定。

5.2.4 是《建筑抗震设计规范》(GB 50011)第 4.1.3 条的引用。按《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68)的原则规定, 将地震发生时恒荷载与其他重力荷载可能的遇合结果, 总称为“计算地震作用时的重力荷载代表值”。相当于恒荷载标准值和其他活荷载准永久值的组合, 但考虑地震作用的特点做了局部调整, 使之基本同规范的组合值一致。考虑到藏书库等活荷载在地震时遇合的概率较大, 规定按等效楼面均布荷载计算活荷载时, 其组合值系数为 0.8。

5.2.5 结构总水平地震作用, 是水平地震动作用下按结构弹性分析得到的总水平地震作用(标准值), 其数值相当于作用于结构底部的总水平剪力。

多孔砖房屋和实心砖房屋一样, 高度不超过 40m, 以剪切变形为主, 其质量和刚度沿高度分布比较均匀。按照建筑抗震设计规范的规定, 采用底部剪力法计算, 其地震作用沿高度的分布可按第一振型的倒三角形分布。

关于地震影响系数 α , 在建筑抗震设计规范中规定, 多层砖房的地震影响系数取地震影响系数(α -T)曲线的最大值。这是因对不同层数的各种多层砖房曾进行过动力特性的实测, 结果发现, 其自振周期一般均小于 0.3s, 故在采用反应谱理论计算其地震作用时, 均取谱曲线的平台值, 即最大值。实测 P 型多孔砖房屋的振型曲线也表明, 这类房屋的振型基本上是剪切型。

多质点体系采用底部剪力法进行简化分析时, 视结构为等效单质点系, 存在一个等效质量问题, 为简化计, 取总重力荷载代表值的 85%。

5.2.6 本条直接引用了建筑抗震设计规范的条文, 主要是考虑突出屋面部分所受地震力的放大问题。震害经验表明, 突出屋顶面的附属小构筑物(如屋顶间、女儿墙、烟囱等)都遭到严重破坏, 而且它们的破坏往往带来次生灾害。理论分析也证明在这类小构筑物的根部高振型影响很大, 即有明显的应力集中现象。故本条规定, 这类

小构筑物的水平地震作用为第 5.2.5 条规定计算结果的 3 倍。

5.2.7 结构楼层水平地震在剪力抗侧力构件之间的分配是由楼盖刚度决定的。

1 现浇和装配整体钢筋混凝土楼屋盖的房屋, 可视为不变形的刚性体, 按变形协调条件, 地震力按抗侧力构件的刚度分配;

2 对于木楼盖等柔性楼盖, 视作简支于每道横墙上的板。分配给各抗侧力构件的地震力, 按抗侧力构件两边相邻的抗侧力构件之间一半面积重力代表值的比例分配;

3 普通预制板的装配式钢筋混凝土楼屋盖, 既不是不变形的刚体, 又不是简支于每道横墙上的柔性木楼板, 可视作介于二者之间, 取上述两种分配结果的平均值。

多孔砖建筑的横向和纵向地震剪力, 分别由横墙和纵墙各自承担。

5.2.8 在对纵、横墙截面进行抗震验算时, 根据一般的经验, 不利墙段为:

- 1 承担地震作用较大的墙段;
- 2 竖向压应力较小的墙段;
- 3 局部截面较小的墙垛。

根据建筑抗震设计规范的原则和宏观震害经验, 多层砌体房屋一般不须作墙体的整体弯曲验算。

5.2.9 本条直接引用建筑抗震设计规范相关条文内容。在墙段间进行地震剪力的分配和截面验算时, 根据房间墙段的不同高宽比(h/b), 分别按剪切或弯剪变形同时考虑。

5.2.10 地震作用下砌体材料的强度指标, 因不同于静力, 宜单独给出。其中砖砌体强度是按震害综合反算并参照部分试验给出的。为了方便, 当前仍继续沿用静力的指标。但是, 强度设计值和标准值的关系则是针对抗震设计的特点, 按《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68)可靠度分析得到的, 并采用调整静力设计强度的形式。

当前, 砌体结构抗剪强度的计算, 有两种半理论半经验的方法——主拉和剪摩。

在砂浆强度等级 $M > 2.5 \text{MPa}$ 且在 $1 < \frac{\sigma_0}{f_v} \leq 4$ 时, 两种方法结果相似。

P 型砖曾做过 150 多个试件试验, 其抗剪强度指标与普通砖相当或略高。M 型砖做过 300 多个试件试验, 由于砌筑砂浆进入砖的孔洞内, 其砌体通缝抗剪强度比按砌体规定计算值平均高出 14%。

P 型砖, 一共收集 136 片墙体抗震试验资料。M 型砖, 进行了 46 片墙体抗震抗剪承载力试验。试验表明与普通砖墙体具有相同的破坏机制和相近的承载能力。

建筑抗震设计规范统一采用正应力影响系数表达式, 所以本规范也采用了同样

形式，其正应力影响系数可表达为下式：

$$\zeta_N = \frac{1}{1.2} \sqrt{1 + 0.45 \frac{\sigma}{f_v}}$$
，并根据不同的 $\frac{\sigma}{f_v}$ 列入本规范表 5.2.10 中。表中数据与建

筑抗震规范中实心砖数据是一致的。必须说明，表中数据对孔洞率为 25% 的多孔砖墙体进行过验证适用。

5.2.11 墙体截面抗震承载力验算，是按照《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011)的要求，采用基于概率可靠度的极限状态设计表达式 $S \leq R / \gamma_{RE}$ 。

对于多孔砖建筑，即为验算墙体的抗剪强度是否大于设计地震作用下，墙体遭受的地震剪力，即《建筑抗震设计规范》(GB 50011)中的墙体剪力设计值 V ，其作用效应表达式为：

$V = \gamma_{Eh} G_{Eh} F_{Ek}$ ，即《建筑抗震设计规范》(GB 50011)中的(5.2.11-2)式。

墙体抗震抗剪强度表达式为

$$\frac{f_{VE} A}{\gamma_{RE}} \eta_k$$
 即《建筑抗震设计规范》(GB 50011)中的(5.2.11-1)式右项。

以上二式的符号，在本规范中都有说明，这里仅就地震作用效应系数和承载力抗震调整系数作一些补充说明：

地震作用效应系数：

根据抗震规范的要求，作用效应组合是建立在弹性分析迭加原理基础上的。水平地震作用效应，是墙体的水平地震作用下所受到的剪力，与产生该剪力的水平地震作用值的比值。由物理量之间的关系确定。考虑到抗震计算模型的简化和塑性内力分布与弹性内力分布的差异等因素，对于突出屋面建筑，地震作用效应还应乘以增大系数或调整系数。

承载力抗震调整系数：

承载力抗震调整系数，反映了多孔砖墙体在众值烈度地震作用“不坏”的承载力极限状态的可靠指标。素墙和带构造柱墙的试验结果，较好地反映了这一情况。

自承重墙体(如横墙承重方案中的纵墙等)，如按常规抗侧力验算，往往比承重墙还要厚，但抗震安全性要求可以考虑降低，为此，利用 γ_{RE} 作适当调整。

多孔砖砌体孔洞效应折减系数：

当多孔砖孔洞率在 20%~30% 之间时，考虑到其抗压、抗剪强度下降，应乘以折减系数。

5.3 抗震构造措施

5.3.1、5.3.2 抗震设计的重要组成部分是抗震构造措施。通过构造措施,改善多孔砖房屋墙体的变形能力和加强连接是提高房屋大震下抗倒塌能力的重要步骤。

根据唐山地震时多层砌体房屋的震害经验总结,对砌体结构,采用在墙体中设置钢筋混凝土构造柱的做法,可以防止房屋在大地震下突然倒塌。试验研究也表明,在多孔砖墙体中设置构造柱能增强墙体的变形能力,增加延性,与每层的抗震圈梁结合,可以约束开裂破坏后的墙体,而免于丧失竖向承载能力。

本条所列对于不同烈度,不同层数时设置构造柱要求是参照建筑抗震设计规范中多层砌体房屋相应规定制订的。考虑到墙厚 190mm 的墙体,承受的竖向荷载与水平地震力较大,应适当提高其设置要求。对设置部位依然遵照抗震设计规范的规定,但在较低的层数上采取相应的设置。

5.3.2 条文中的“教学楼、医院等横墙较少的房屋”其定义与本规范条文说明的 5.1.4 条说明相同。

5.3.3 构造柱主要是对墙体起约束作用,其断面不必很大,但要保证构造柱与墙体的连接。构造柱不需按受力构件计算,其配筋满足本条规定即可,也无需单独设置基础。为了提高构造柱与圈梁相交节点附近的抗剪能力,对柱内箍筋应加密,以延缓墙体裂缝发展到柱内。

5.3.4 加强后砌的非承重砌体隔墙与承重墙或柱的拉接。

5.3.5、5.3.6 圈梁能增强房屋的整体性,提高房屋的抗震能力,是抗震的有效措施。给出了具体设置圈梁的部位,以及对圈梁要求闭合,无横墙处用板缝中现浇板带替代圈梁。

5.3.7、5.3.8 楼板搁置长度,楼板与圈梁、墙体的拉接,屋架(梁)与墙、柱的锚固、拉接等,沿用了《建筑抗震设计规范》(GB50011)相应规定。

当采用 190mm 厚墙体时,楼板搁置长度,不能满足要求时,应采用硬架支模做法,加强楼板拉接。

5.3.10 楼梯间由于比较空旷,常常破坏严重,必须采取一系列有效措施。包括在墙体内配置水平筋,设置钢筋混凝土水平带。不采用墙中悬挑式踏步;突出屋顶的楼,电梯间构造柱、圈梁设置等措施,都是根据大量震害经验作出的。

6 施工和质量检验

6.1 施工准备

6.1.1 在砌体工程中,只有应用合格的材料才可能砌筑出符合质量要求的工程。因此,作为多孔砖砌体主要材料的多孔砖应按现行国家标准进行检验和验收。

6.1.2 用于清水墙、柱的多孔砖,根据砌体外观质量的需要,应边角整齐、色泽均匀。

6.1.3 多孔砖在运输装卸中,如倾倒或抛掷,容易破损,破损的多孔砖难以使用,并造成浪费损失。据有关单位测定,人工二次倒运的多孔砖破损率是实心砖的 2~3 倍。堆置高度过高,则取砖不方便,也易造成倾倒损失。

6.1.4 多孔砖在砌筑前进行浇水湿润是一道很重要的工序,因为它对砌体质量和砌筑效率都会产生直接的影响。试验结果表明,砌筑时含水率越大越有利于砖与砂浆的粘结,但是,如果砖浇得过湿,或在砌筑前临时浇水,砖表面容易形成水膜,而影响砌体质量。

6.1.5 为了避免水泥变质、混杂而引起质量事故或材料浪费,本条对水泥保管及使用方面提出了要求。

6.1.6 采用中砂拌制砂浆,既能满足和易性要求,又能节约水泥,因此建议优先采用。砂过筛,可筛去泥团、石子、杂草等,以确保砂浆质量。砂中含泥量过大,不但会增加砂浆的水泥用量,还可能使砂浆的收缩加大,耐久性降低,影响砌体质量。对水泥砂浆,当砂子含泥量过大时,又对砂浆强度不利。

6.1.7 为使石灰能充分熟化,根据各地施工经验规定,块状生石灰制备石灰膏的熟化时间不得少于 7d;对于磨细生石灰粉,其熟化时间不得少于 2d。另外,为了保证石灰膏的质量,要求石灰膏应防止干燥、冻结和污染,脱水硬化的石灰膏及消石灰粉因不能起塑化作用又影响砂浆强度,故不应使用。

为了使粘土或亚粘土制备的粘土膏达到所需细度,从而起到塑化作用,因此规定要用搅拌机搅拌,且宜过筛。粘土中有机物含量过高会降低砂浆质量,因此用比色法鉴定合格后方可使用。

粉煤灰、建筑生石灰、建筑生石灰粉在砌筑砂浆中的作用,为了保证砌筑砂浆的质量,均应符合国家现行标准的质量要求。

6.1.8 试验结果表明,在水泥砂浆中当掺入有机塑化剂时,与同强度的水泥混合砂浆相比,应考虑砌体抗压强度降低 10%的不利影响,并依此重新考虑砂浆的配合比。

6.1.9 考虑到目前水污染比较普遍,当水中含有有害物质时,不但会影响水泥的正常凝结,还可能对钢筋产生锈蚀作用,故对拌制砂浆和混凝土的水质作了规定。

6.1.10 构造柱断面尺寸不大,且混凝土浇捣高度也比较大,为保证构造柱混凝土的施工质量,故对石子粒径做了相应规定。

6.1.11 砂浆材料配合比不准确,将影响砂浆的强度和造成砂浆强度的离散性过大。按体积计量,水泥因操作方法不同,其密度变化幅度约为 $900\sim 1200\text{kg/m}^3$;砂因含水量不同,其密度变化达 20%以上。这样必然大大大影响砂浆配料的精确度。因此,为了保证砌筑砂浆的质量,必须采用重量比。为统一砌筑砂浆的技术条件和配合比的设计,做到经济合理,确保砌筑砂浆质量,其配制应按行业标准《砌筑砂浆配合比设计规程》(JGJ98)确定。

6.1.12 混凝土配合比设计,常采用计算与试验相结合的方法,并进行调整,得出施工所需要的混凝土配合比。混凝土配合比计量时,应以重量计,以确保混凝土配合比的准确和混凝土的质量。

6.1.13 目前,我国用于砂浆和混凝土的外加剂种类较多,使用广泛,同时也已显示出很好的效果,并制订了有关技术标准。应用时,应遵守有关技术标准的规定,还应通过试验确定其掺量,以确保使用效果。

6.2 施工技术要求

6.2.1 一顺一丁、梅花丁等砌筑形式在砌体施工中采用较多,且整体性较好,而砌体上下错缝、内外搭砌也是为了保证砌体的整体性。砖柱采用包心砌法,质量难以保证,且不便检查,故规定不得采用。

6.2.2 灰缝横平竖直关系到砌体的质量和美观。水平灰缝厚度过薄和过厚,都会降低砌体强度,灰缝厚度过薄还会影响灰缝内配置钢筋,故对水平灰缝厚度做出本条文的规定。竖向灰缝宽度也根据多年的施工经验做出相同规定。

6.2.3 水平灰缝砂浆饱满度不得低于 80%的规定,沿用已久。根据四川省建筑科学研究院试验结果,当水平灰缝的砂浆饱满度达到 73.6%时,砌体的实际抗压强度可满足设计规范所规定的值,故仍保留这一规定。竖向灰缝砂浆饱满度的优劣对砌体的抗剪强度、弹性模量都产生直接影响,据四川省建筑科学研究院试验得到,竖缝无砂浆砌体的抗剪强度要比竖缝有砂浆砌体的抗剪强度低 23%,故本条文规定了竖向灰缝宜采用加浆填实的方法,严禁用水冲浆灌缝,以保证竖缝的饱满。

“三一”砌砖法即一铲灰、一块砖、一揉压的砌筑方法。这种方法不论对水平灰缝还是竖向灰缝的砂浆饱满度都是有利的,从而对砌体的整体性和强度也是有利的,故对抗震设防地区砌体施工应采用此砌筑法。当采用铺浆法砌筑砌体时,铺浆

长度过长则不易保证砖块与砂浆间的粘结和水平灰缝砂浆的饱满度,故在铺浆长度上作了限制。

6.2.4 多孔砖的孔洞垂直于受压面是为了确保块体具有最大的有效受压面积,有利于块体受力,同时孔洞垂直水平灰缝,部分砂浆深入孔洞壁内,可提高砌体的抗剪强度。砌筑前试摆是为了确定合适的组砌方式,并通过调整灰缝大小的办法使砌体平面尺寸和块体尺寸相协调。

6.2.5 由于人工拌合砂浆不易搅拌均匀,而目前一般施工企业基本上均备有砂浆搅拌机,故规定砂浆应采用机械拌合。保证砂浆拌合质量,对不同砂浆品种分别规定了最少拌合时间。

6.2.6 根据湖南、山东、广东、四川、陕西等地的试验结果。在一般气温情况下,水泥砂浆和水泥混合砂浆在 3h 和 4h 内使用完及在施工温度超过 30℃时,在 2h 和 3h 内使用完,砂浆强度降低一般不超过 20%。经计算,在 MU10 砖和 M5 砂浆情况下,按全部砂浆强度均降低 20%计,砌体抗压强度降低 7.7%。因大部分砂浆是在规定时间之内陆续使用完毕的,故对整个砌体强度来讲,其影响很小。

6.2.7 当砂浆存放时间较长,会产生分层泌水现象,这样将使操作不便,且不容易保证灰缝砂浆的饱满度,影响砂浆的粘结力,故要求在砌筑前进行二次拌合。二次拌合可人工拌合,拌合时应使砂浆稠度符合施工要求。

6.2.8 砌体的转角处和交接处同时砌筑,对保证砌体整体性能有益。陕西省建筑科学研究设计院曾专门进行过砖砌体临时间断处留槎形式的试验研究,其结论是:斜槎、直槎加连结筋、直槎不加连接筋的留槎形式的砌体抗拉强度分别为同时砌筑砌体的抗拉强度的 93%、85%和 72%。由于直槎连接效果不好,因此,本规定不允许采用留直槎的连接形式。

临时间断处高度差的限定,主要是考虑施工的方便和控制刚砌好的砌体的变形和倒塌。

6.2.9 是为了确保接槎处砌体的整体性和美观。

6.2.10~6.2.13 构造柱是建筑物抗震设防的重要构造措施。为保证构造柱与墙体可靠的连接,使构造柱能充分发挥其作用而提出了这几条施工要求。

6.2.14 由于砖砌体水平灰缝厚度过薄和过厚,会降低砌体强度,因此,砌体的标高偏差宜通过调整上部灰缝厚度逐步校正。

6.2.15 采取本措施除了保证预制板和墙砌体均匀受力外,还可使板面较平整、减少抹灰用工用料。

6.2.16 板平圈梁的硬架支模工艺自 80 年代初出现以来,目前,已广泛采用,已为

一种成熟的施工技术。它有如下优点:

- 1 简化施工工序,可缩短楼层工期 50%;
- 2 楼板安装平整、牢固,增强了结构的整体性,提高了稳定墙、板节点的施工质量;
- 3 减少浇注混凝土损失 20%~30%,文明施工。

6.2.17 勾缝深度过大,会降低砌体的强度。

6.2.18 砌体及混凝土的冬期施工应符合行业标准《建筑工程冬期施工规程》(JGJ104)的质量。

6.2.19 该条规定,是为了保证砌体的整体性和受力可靠性。

6.3 安全措施

6.3.1 砌完基础后及时填,一是对基础的保护,二是为了场地平整,方便施工。鉴于基础工程的重要性,在回填土的施工时,应遵守现行国家标准《土方和爆破工程及施工验收规范》(GBJ201)的有关规定。

6.3.2 为了替留置斜槎创造有利条件,并有利于保证墙体的稳定性和组织流水施工,故规定砌体相邻工作段的高度差不得超过一个楼层的高度,且不宜大于 4m。

6.3.3 表 6.3.3 的数值系根据我国 1956 年《建筑安装工程施工及验收暂行技术规范》第二篇中表一规定推算而得。验算时,为偏安全,略去了墙或柱底部砂浆与楼板(或下部墙体)间的粘结作用,只考虑砌体的自重,进行抗倾覆验算。经验算,原表的安全系数在 1.1 至 1.5 之间。应当指出,鉴于一般砖混结构层数有限,故表注(1)的最小影响系数只取到 0.75。但对于超过施工处标高超过 20m 以上的情形,应再参照现行国家标准《建筑结构荷载规范》(GB50009)的风载随高度变化的修正情况作进一步验算。

6.3.4 基槽灌水会造成基础沉降,并引起砌体开裂,故应避免。雨水冲刷砂浆,除会影响灰缝砂浆的饱满度外,还会冲去水泥浆,从而降低砂浆强度。砂浆稠度的适应减少及每日砌筑高度的限制是为了保证砌体的垂直度、平整度和灰缝的尺寸等。

6.3.5 在墙体上留置临时洞口,施工中常会遇到,但留洞不当,必须削弱墙体的整体性,或造成洞口砌体变形。因此,本条文对留洞位置和洞口顶部处理都做出了相应规定。

6.3.6 砖浇水湿润程度对砌体强度影响较大,特别对抗剪强度的影响十分明显。对于抗震设防烈度为 9 度的建筑物,所应承受的地震作用很大,其砌体的强度在冬期施工中当砖不能浇水湿润时,是很难保证的。

6.4 工程质量检验

6.4.1 在施工中,有时采用多台搅拌机拌制砂浆,而每台搅拌机的配料和搅拌情况都不完全相同,故规定每台搅拌机都要取样。为使砂浆试块具有代表性,还规定了每一楼层或 250m^3 砌体中的各种强度等级的砂浆至少取一组试块。基础可按一个楼层计。

6.4.2 现行国家标准《砌体结构设计规范》(GB50003)对砂浆的强度等级是按砂浆试块抗压强度平均值确定的,并考虑砂浆强度降低 25%的条件确定砌体的强度值。并且《建筑工程质量检验评定标准》(GBJ301)将此评定条件已应用多年,实践证明,可满足结构可靠性的要求。

6.4.3 砌体中水平灰缝砂浆饱满度对砌体强度影响十分明显,故应在施工过程中随时抽查。此条规定,取自于现行国家标准《建筑工程质量检验评定标准》(GBJ301)。

6.4.6、6.4.7 允许偏差分别取自于国家现行标准《砌体工程施工及验收规范》(GB50203)和《设置钢筋混凝土构造柱多层砖房抗震技术规程》(JGJ/T13),这些规定是为了保证其施工质量。

6.5 工程验收

6.5.1 为多孔砖砌体应验收的隐蔽项目。其他隐蔽项目包括防潮层、支承垫块等。

6.5.2 为工程必要的验收资料 and 文件。

6.5.3 工程验收时,除要进行资料检查外,还要进行外观抽查,才具有代表性和真实性。