

有关砌体结构安全度的讨论

谷 慧, 李凯凯, 柳振民, 闫 飞

(西安建筑科技大学土木工程学院, 西安 710055)

[摘要] 砌体结构是应用广泛的传统结构形式,但其具有脆性、连接薄弱和整体性差的缺点,因此提高设计的安全度,降低结构的失效风险,延长使用寿命成为砌体结构设计中所要考虑的重要问题。针对新规范较原规范中在砌体结构设计安全度上所做的修订加以说明,为设计人员对新规范的应用提供参考。并参照国外相关文献,在新规范所反映的当前我国砌体结构的研究水平上,对砌体结构在安全度上仍有待完善的方面加以探讨,为其未来的发展方向提出建议。

[关键词] 砌体结构; 设计; 规范; 安全度

中图分类号: TU36 文献标识码: A 文章编号: 1002-848X(2015)S2-0496-04

Discussed about the safety of masonry structures

Gu Hui, Li Kaikai, Liu Zhenmin, Yan Fei

(School of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Masonry structure is widely used in our country's traditional structure, but for its brittle, weak connection, and poor integrity, improving the safety of its design, reducing the risk of its failure, and extending the service life are very important. The paper described the new revision of the code about improving the masonry structure design degree of security, for architect understanding and applying it. In addition, based on our current research level of masonry structure about the code, with reference to foreign code, the paper discussed some perfectibility aspects on the degree of design safety, for providing some reference about the direction for future development.

Keywords: masonry structure; design; code; safety

0 引言

随着我国经济的发展和生活水平的提高,人们越来越关注房屋的安全性和其抵御意外风险的能力,这种能力对于砌体结构来讲较为缺乏,故在设计的第一阶段就需要提高其安全度水准。传统的砌体结构设计是通过承载能力极限状态方程并通过采取一定的构造措施来保证结构或构件的安全性的。针对结构安全性的研究是结构的安全度问题,适用性和耐久性为结构的安全性提供了一定的保障作用,在一定程度上提高了结构的安全裕度,从某种意义上讲也可以归结为结构的安全度问题。砌体结构在最近几次地震中的破坏都相当严重,给国家带来的人员伤亡和经济损失提醒我们必须更加重视提高拟建砌体结构设计时的安全度与既有砌体结构加固时的安全度。

现行《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)^[1](简称新规范)是由建设部和国家质量监督局联合发布的,于2012年8月1日正式施行,新规范实施3年以来,充分应用了砌体结构的新材料、新方法和新经验,协调了设计、科研、教学、施工、企业及相关管理部门的意见和建议,较《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)^[2](简称原规范)增加、更新的一系列

重要内容都得到了较好的工程应用。新规范将抗震设计作为重点,使新建砌体结构在安全度上有了很大提高。但是,针对地震作用下的砌体结构破坏严重的特点,以及当前砌体结构在我国仍然广泛应用的国情,我们仍然要加大力度,针对更新更好的砌体材料及工艺,进一步提高其安全度。

1 当前提高砌体结构安全度的重要意义

结构设计安全度的高低,是国家经济和资源状况、社会财富积累程度以及设计施工技术水平与材料质量水准的综合反映^[3]。因此,在物质供应条件不断改善的市场经济条件下,结构的安全设置水准也应不断提高。为保障目前我国建筑结构中大量使用的砌体结构能更好地为将来的社会化服务,进一步以较高的安全质量标准在国际市场竞争中居于有利地位,需对其设计安全度提出更高的要求。

(1)农村城镇化的迅速发展,使多层砌体结构住宅楼成为基于广大农民消费水平的主流建筑,只有充分认识到提高其安全度的重要性,才能保证结构在规定的的设计使用年限内抵御可能出现的各种不利作用,

* 国家自然科学基金项目(50678143, 51278401)。

作者简介:谷慧,博士研究生,助教,Email:guhuiyatu@163.com。

并在偶然事件发生时及发生后仍能继续保持其必需的整体性,为广大城乡人民提供一个安全可靠的居住环境,使经济发展成果更好地为大家共享。

(2)市场经济条件下,建筑物显然已经变成了一种特殊商品,安全性的高低即是衡量建筑商品质量的重要标志,会直接影响其未来几十年的发展方向。一方面讲,提高砌体结构的安全度就是提高商品的质量,符合建筑业主的消费利益要求,且有利于市场经济的协调发展,有利于人民生活、生活水准的进一步提高。另一方面,作为特殊商品,建筑物的造价不仅包含房屋的整体造价和室内装修等首次建设费用,还应该考虑建筑物将来维修、损失及修复的费用,即从结构整体寿命上来考虑商品的成本价格。随着设计规范的完善和业主对住房更高的要求,提高结构的安全度,在包括维修费用在内的结构全寿命造价分析与结构风险分析之间权衡得失,虽然稍微增加了建造费用,但却大大降低了后期的维修费用,实质是降低了全寿命周期内的投资成本。

(3)近十多年来,我国研发的很多新型砌体结构材料能够适应节能减排、墙材革新的要求。这些强度高、质量好的新型材料需要在更高的安全度水准上才能得以更全面的推广和应用。

总之,适当提高砌体结构的安全度,不仅可以增强结构抵御设计、施工等偶然事故的能力,降低结构使用周期内的失效概率,而且有利于一些新材料、新成果、新技术的推广和应用,从根本上适应业主日益关注主体结构质量的客观事实。

2 新规范在提高安全度上所做的修订

2.1 材料及其强度方面

(1)引入新材料:首先,新规范纳入了一些理论成熟的新型砌体材料(如混凝土普通砖、混凝土多孔砖的无筋和配筋砌体,组合砖墙、配筋砌块砌体剪力墙结构),这些材料不仅具有节土、生产能耗低、自重轻、施工快、节省砂浆、节约钢材的优点,而且还可以满足节能保温、抗震、防裂的要求。其次,引入了工作性能好、粘结力高、耐候性强且方便施工的专用砌筑砂浆(其强度等级为 Mb5 ~ Mb15),保证了蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰普通砖砌筑时砌块和砂浆的整体性能,墙体的抗剪强度相比于原规范提高了约 1.43 倍。

(2)提高材料最低强度等级:蒸压灰砂普通砖和蒸压粉煤灰普通砖作为承重结构的块体时,其最低强度等级由原来的 MU10 提高到 MU15。单排孔混凝土砌块砌体的抗压强度等级中增加了高于原来砂浆强度的 Mb20 级砂浆的抗压强度设计值,统一上调了砌筑砌体轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和

抗剪强度设计值,砌筑时不再使用强度等级较低的砂浆,提高了整体设计的安全性。顶层及女儿墙砂浆强度等级由不低于 M5 改为不低于 M7.5,提高了结构顶层的设计安全度。

(3)对抗震设计所用的各种结构材料的性能指标的最低要求进行了汇总和补充,普遍对砌体材料的强度等级做了上调,利于砌体建筑向轻质高强发展。对抗震设计时材料强度的最低要求做了上调,如对混凝土砌块砌筑砂浆的强度等级由不低于 Mb5.0 提高到 Mb7.5。

2.2 构件承载力计算方面

计算中增加了构件的抗力模型不定性系数 γ_L ,考虑了结构设计使用年限对抗力的影响,增加了设计计算中的荷载效应,提高了结构安全度水平。整体稳定计算公式中增加了恒荷载起控制作用组合的计算公式,考虑采取最不利组合来验算结构的稳定性,全面考虑了可能发生的荷载组合,增加了所设计结构的安全系数。

在考虑抗震设计中,对于原规范中砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层的组合砖墙、砖砌体和钢筋混凝土构造柱的组合墙,偏压、大偏拉和受剪状态时承载力抗震调整系数 γ_{RE} 由 0.85 调整为 0.9,使计算结果更安全。

2.3 结构耐久性的考虑

结构的耐久性是在设计规定的环境作用和维修、使用条件下,结构构件在设计使用年限内保持其适用性和安全性的能力^[4]。虽然耐久性问题不等同于安全性问题,但其与安全性、适用性属同一范畴,对结构的安全性以及正常使用有着重要的作用。

新规范参照国内外工程经验以及国际标准《无筋砌体设计》(ISO/FDIS 9652-1)^[5]和《配筋砌体设计规范》(ISO/FDIS 9652-3)^[6]、《英国砌体结构使用守则》(BS5628)^[7]、美国规范《砌体结构建筑规范要求》(ACI 530-02/ASCE 5-02/TMS 402-02)^[8],较原规范增补并完善了结构耐久性的相关规定并将其单独作为一节,考虑了环境类别和相应分类条件下配筋砌体中钢筋的保护措施,分别对多层砌体结构、水平钢筋网配筋砌体、约束配筋砌体、配筋混凝土砌块砌体的耐久性做了相应规定。

2.4 构造要求的规定

(1)构造中增加了配筋砌体高厚比限值的规定,为推广整体性较好的配筋砌体结构提供了可靠的保证。规定在墙体转角处和纵横墙交接处沿竖向每隔 400 ~ 500mm 设拉结钢筋,对防止墙体的温度或干缩变形引起的开裂有一定的作用,可以确保墙体的

稳定。

(2) 对托梁的高跨比较原规范做了更加详细的规定,作为墙梁关键构件的托梁,对墙梁的稳定性有很大的影响,增加高跨比有利于改善墙体抗剪性能和托梁支座上部砌体局部受压性能。但为避免竖向荷载偏向跨中分布,高跨比应有一定的限值要求。托梁上部通长纵向钢筋面积不应小于下部纵向钢筋面积的 0.4 倍,托梁增加腰筋的梁高由 500mm 改为 450mm,从构造上保证了托梁的构件安全性。

(3) 配筋砌体剪力墙的构造中两平行的水平钢筋间的净距由不应小于 25mm 改为不应小于 50mm,增强了砂浆对钢筋的保护作用,配筋砌块砌体水平钢筋伸入墙内的长度以及配筋砌块砌体剪力墙中连梁纵筋在灌孔砌块内的锚固长度由 $35d$ (d 为钢筋直径) 和 400mm 增改为 $40d$ 和 600mm,提高了钢筋与砌筑砂浆的协同工作能力,增大了墙体的整体刚度。

2.5 抗震性能设计的要求

2015 年 4 月 25 日尼泊尔地震中,未经过抗震设计、未采取有效抗震构造措施的砌体结构倒塌严重,调查显示某些砌体结构住宅完全坍塌。在我国 2008 年的汶川震害调查中也反映了这一现象,而设置构造柱和圈梁或经抗震设计的砌体结构(如通济镇中学教学楼)实现了大震不倒,震后基本完好^[9]。新规范较原规范针对砌体结构震害较严重的特点,更加注重对砌体结构抗震性能的设计要求。

(1) 增加了对多层砌体结构的总层数和总高度限值的規定,并重点考虑了横墙较少和采用蒸压灰砂普通砖和蒸压粉煤灰普通砖的砌体抗剪强度比较低时对房屋高度的限值规定,作为房屋抗震设计的重要依据。

(2) 根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的相关规定,对砌体结构抗震设计时的构造措施进行了补充。墙段中部基本均匀的设置截面不小于 $240\text{mm} \times 240\text{mm}$ 构造柱时,考虑构造柱对墙体受剪承载力的提高作用,以及砌体受混凝土柱的约束、构造柱混凝土和纵向钢筋参与受力等因素的影响,提出了较为全面的验算公式,体现了对构造柱设计的重视。

(3) 根据抗震规范,增补了混凝土砌块砌体构件和底部框架-抗震墙砌体房屋抗震构件的承载力计算和构造措施。特别地加强和提高了抗震墙水平和竖向分布钢筋的配筋构造(包括最小配筋率和钢筋的最小直径),保证其裂缝出现后不会立即发生剪坏倒塌。

3 未来提高砌体结构安全性的探讨

(1) 新材料、新技术的继续研发是砌体结构形式

在建筑形式中保持新鲜活力的源泉,特别是高强低耗、节能保温的新型砌体材料的受力性能和破坏机理的理论实验研究及配套技术施工的开发应予以加强。

(2) 由于环境作用造成的结构损伤和材料性能的劣化问题最终均归结为耐久性问题,而砌体结构耐久性主要涉及碱侵蚀和冻融损伤问题。调查发现对于北方冻融地区,有些砌体结构在使用后不到 20 年就必须进行加固处理^[10]。而配筋砌体的耐久性规定在国内设计中的使用还不广泛,有些规定的合理性还需要时间的检验。同时,新型防腐材料和技术的不断涌现使配筋砌体耐久性课题仍有广泛的研究空间。

(3) 针对砌体结构抗震性能较差的特点,一方面需将现有的减震隔震技术(隐形构造柱、耗能器等装置)推广应用到砌体结构的抗震设计中;另一方面,应深入研发更适用于砌体结构这种特殊脆性结构形式的耗能减震新型结构控制装置以及隔震性能好、生产成本低、施工方便快捷、适用于村镇房屋的抗震减震隔震的新技术新方法,并尝试开发出适合我国国情的高性能耗能减震砂浆,也可以尝试引入性能良好的纤维砂浆来提高墙体的延性,达到提高抗震性能的目的。

(4) 我国近年来城镇化基本方针正逐步落实,大量陈旧的农村房屋被拆除,考虑重新利用这些废旧的建筑材料,不仅实现了现有资源的可持续利用,也考虑了节能环保的绿色循环建材理念。然而对这些循环利用的砌体材料是否具有一定的安全度需要予以考虑。

(5) 预应力砌体结构相对于传统的砌体结构来讲,通过在墙体使用前预先施加压应力,可以改善砌体结构的受力性能、抗裂能力和抗震性能,是砌体结构发展的一个重要方向。近年来,国内许多专家学者进行了相应的预应力砌体研究,证实了预应力砌体的优越性^[11]:能显著提高悬臂构件(女儿墙、挡土墙等)的抗弯能力,提高砌体墙片的延性、变形能力和抗倒塌能力,以及砌体结构的抗裂能力等。美国砌体规范 2002 年版^[8]新增加的预应力砌体的基本设计原则套用了预应力混凝土构件的理论,但我国对预应力砌体结构的研究尚未成熟,未形成相应的设计施工标准,在今后的研究中需予以重视。

4 结论

(1) 新规范在提高结构设计安全性方面做出的调整特别是对抗震设计的全面考虑和补充,对我国砌体结构的进一步发展有着突破性的意义。相关工作人员在以后的砌体结构设计中,应深刻理解并严格执行新规范中的相关规定。

(2)坚持墙材革新、因地制宜、就地取材的原则,合理选用结构方案和砌体材料,大力推广新材料新技术新工艺的使用,鼓励制定地方性规范和企业标准,鼓励科技创新和技术进步,限制低强度墙体材料的应用,提高砌体结构设计安全度。

(3)与国际标准对砌体结构的规定相对比,当前我国砌体结构研究在新材料新技术的研发、耐久性措施的检验、砌体结构减震隔震技术的应用以及预应力砌体结构的进一步研发方面尚有待完善。

参 考 文 献

- [1] GB 50003—2011 砌体结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] GB 50003—2001 砌体结构设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 陈肇元. 要大幅度提高建筑结构设计的安全度[J]. 建筑结构,1999,29(1):3-6.
- [4] 苑振芳,刘斌,苑磊. 砌体结构的耐久性[J]. 建筑结构,2011,41(4):117-121, 108.
- [5] ISO/DIS 9652-1 Masonry part 1: unreinforced masonry design by calculation[S]. London:BSI,2001.
- [6] ISO/FDIS 9652-3 Masonry part 3: code of practice for design of reinforced masonry[S]. London:BSI,2002.
- [7] BS 5628 Code of practice for the use of masonry[S]. London:British Standards Institution,2006.
- [8] ACI 530-02/ASCE 5-02/TMS 402-02 Building code requirements for masonry structures[S]. American Society of Civil Engineers,2002.
- [9] 周云,邹征敏,张超,等. 汶川地震砌体结构的震害与改进砌体结构抗震性能的途径和方法[J]. 防灾减灾工程学报,2009,39(1):109-113.
- [10] 林文修. 砌体结构设计规范及其耐久性规定[J]. 建筑科学,2011(S1):71-73.
- [11] 苑振芳,杨晶. 我国砌体结构的发展和展望[J]. 建筑结构,2014,44(15):77-82.