

文章编号:1007-6492(1999)04-0082-04

带构造柱墙的高厚比验算探讨

张达勇, 刘立新, 谢丽丽

(郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 由于抗震设计的要求,许多砌体墙设有构造柱,其允许高厚比限值发生变化,验算法需进行修正.根据压杆稳定理论,分析了带构造柱墙和不带构造柱墙允许高厚比限值的差异,并对现行砌体结构设计规范中各类墙体考虑构造柱影响后的允许高厚比限值进行了计算比较,指出当构造柱间距在一定范围内时,墙体的允许高厚比限值可提高10%~20%,可供砌体结构规范修订参考.

关键词: 砌体; 高厚比; 构造柱

中图分类号: TU 365 **文献标识码:** A

0 引言

墙、柱的高厚比验算是保证砌体结构在施工阶段和使用阶段稳定性的一项重要构造措施.影响墙、柱高厚比的因素众多,难以用理论推导的公式确定,现行砌体结构设计规范规定的验算方法是在理论分析的基础上,结合我国的工程经验综合考虑众多因素后确定的^[1].

近年来由于抗震设计的要求,相当多的砌体结构房屋设有钢筋混凝土构造柱,并采取了可靠措施(锚筋等),与墙体拉结形成整体,墙内设置构造柱后,其整体稳定性有所提高,其允许高厚比限值也可相应增大,但现行砌体结构设计规范尚未列入带构造柱墙的高厚比验算方法.本文试图比较带构造柱墙和不带构造柱墙允许高厚比限值的差异,对现行规范的允许高厚比进行一定修正后,仍采用现行规范的高厚比验算方法进行带构造柱墙的高厚比验算.

1 墙体允许高厚比分析

图1所示为砌块和砂浆强度等级相同,墙厚均为 h ,窗间墙间距均为 s 的一片不设构造柱的墙和一片设构造柱的墙.不设构造柱墙的计算高度为 H_0 ;墙截面的惯性矩和弹性模量分别为 I_1 , E_1 ;设构造柱墙的计算高度为 H_{0c} ;墙截面的惯性矩和弹性模量分别为 I_2 , E_2 ;构造柱截面高度与

墙厚相同,宽度为 b_c .取 s 范围的墙体为计算单元,不考虑门窗洞口的影响时(在进行高厚比验算时,统一用门窗洞口修正系数 μ_2 考虑),假定在临界荷载作用下可能的失稳曲线分别为 y_1 , y_2 (见图2)^[2].

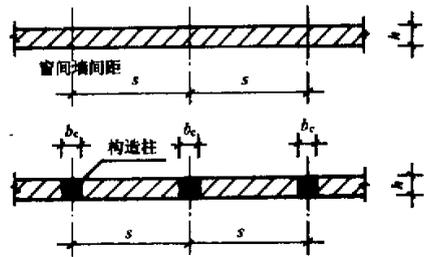


图1 不设构造柱墙与设构造柱墙示意图

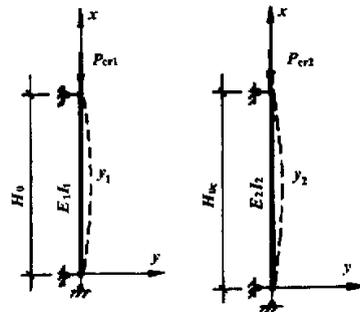


图2 两类墙的失稳曲线模型

由图2,有

收稿日期:1999-03-10;修订日期:1999-06-30

基金项目:河南省科技攻关项目(971190110)

作者简介:张达勇(1974-),男,江苏省江阴市人,郑州工业大学硕士生.

$$y_1 = H_0 \sin \frac{\pi x}{H_0}; \quad (1)$$

$$y_2 = H_{0c} \sin \frac{\pi x}{H_{0c}}. \quad (2)$$

根据采用能量法分析压杆稳定的理论^[3,4], 可求得在 s 范围内不设构造柱墙和设构造柱墙 的临界轴向压力分别为

$$P_{cr1} = \frac{1}{2} \int_0^{H_0} E_1 I_1 (y_1')^2 dx / \left(\frac{1}{2} \int_0^{H_0} (y_1')^2 dx \right) = \frac{E_1 I_1 \pi^2}{H_0^2}; \quad (3)$$

$$P_{cr2} = \frac{1}{2} \int_0^{H_0} E_2 I_2 (y_2')^2 dx / \left(\frac{1}{2} \int_0^{H_0} (y_2')^2 dx \right) = \frac{E_2 I_2 \pi^2}{H_{0c}^2}; \quad (4)$$

式中: E_1 为砌体的弹性模量; 砌体的截面惯性矩 $I_1 = sh^3/12$;

$$E_2 I_2 = E_1 I_1 + E_1 (\alpha - 1) b_c h^3 / 12 = E_1 I_1 \left[1 + \frac{b_c}{s} (\alpha - 1) \right], \quad (5)$$

式中: $\alpha = E_c/E_1$, E_c 为构造柱混凝土的弹性模量.

令 $P_{cr2} = P_{cr1}$, 由式(3), (4), (5)可求得

$$H_{0c}^2/H_0^2 = E_2 I_2 / (E_1 I_1) = 1 + \frac{b_c}{s} (\alpha - 1). \quad (6)$$

令 $\beta = H_0/h$, $\beta_c = H_{0c}/h$ 分别为不设构造柱墙和设构造柱墙的高厚比, 可求出设构造柱墙在相同 临界荷载下允许高厚比的提高系数为

$$\mu_c = \beta_c/\beta = \sqrt{1 + \frac{b_c}{s} (\alpha - 1)}. \quad (7)$$

在大多数情况下, 构造柱混凝土强度等级为 C 20, 由混凝土结构设计规范 GBJ 10-89, 可查得 $E_c = 2.55 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ^[5], 并根据砌体结构设计 规范求得各类砌体的弹性模量 E_1 , 从而计算出各类 砌体墙设构造柱后允许高厚比的提高系数, 其中 粘土砖、空心砖、混凝土小型砌块墙如表 1, 2 所 示. 从表中可以看出, 随着块材强度和砌筑砂浆强 度的提高, 允许高厚比提高系数 μ_c 的值越减小.

2 带构造柱墙的高厚比验算建议

从表 1, 表 2 的计算结果可以看出, 构造柱对 墙体允许高厚比的影响大小是随块材强度等级、 砌筑砂浆强度等级, 以及构造柱宽度 b_c 与窗间墙 的间距(即构造柱间距) s 的比值而变化的. 图 3、

图 4 分别为粘土砖、空心砖的 μ_c 值随砌筑砂浆强 度等级 M、构造柱宽度与间距的比值 b_c/s 的变化 状况(混凝土小型砌块类似). 从图中可以看出, 除 了砌筑砂浆强度较低(M 0.4)的情况外, 在总体上 μ_c 随砂浆强度等级 M 的提高大致呈线性关系下 降; 但随 b_c/s 的提高而提高, 并呈一定的线性关 系.

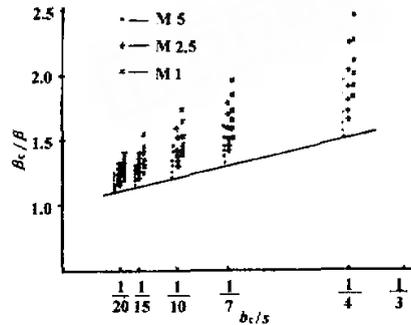


图 3 粘土砖、空心砖砌体 β_c/β 与 b_c/s 关系

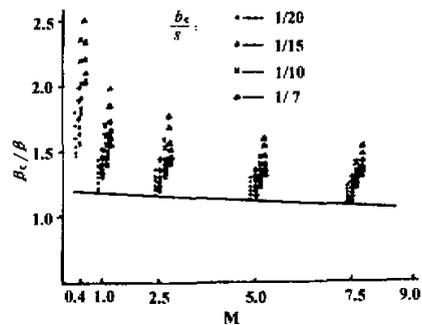


图 4 粘土砖、空心砖砌体 β_c/β 与 M 关系

为适合不同强度等级的砌块材料并与现行砌 体结构设计规范相协调, 建议构造柱对墙体允许 高厚比的影响系数 μ_c 按下式计算:

$$\mu_c = 1 + 2 \frac{b_c}{s}, \quad (8)$$

公式适用于 $\frac{1}{20} \leq b_c/s \leq \frac{1}{4}$ 的情况, 若 $b_c/s > \frac{1}{4}$, 则取 $b_c/s = \frac{1}{4}$; 若 $b_c/s < \frac{1}{20}$, 则表示构造柱间距 过大, 构造柱对墙体允许高厚比的影响可以忽略, 此时取 $\mu_c = 1$, 从图 3, 4 中可以看出, 式(8)可 适用于各类砌体并偏于安全.

综合以上分析, 建议带构造柱墙体的高厚比 验算方法如下:

(1) 整片墙的高厚比验算

$$\beta = H_0/h \leq \mu_1 \mu_2 \mu_c [\beta], \quad (9)$$

式中, H_0 , μ_1 , μ_2 及 $[\beta]$ 均与现行砌体结构设计规

范的规定^[1]相同,当构造柱的混凝土强度等级 \geq C 20时, μ_c 按式(8)计算.为了与现行规范高厚比验算公式在形式上一致,也可将 μ_c 合并到 $[\beta]$ 中进行考虑,即在规范 $[\beta]$ 的表下加注;当设有构造

柱并符合规定条件时, $[\beta]$ 可乘以影响系数 μ_c .这样,整片墙的高厚比验算仍可采用现行规范的公式.

表1 粘土砖、空心砖砌体的 μ_c (构造柱混凝土C 20)

砖强度等级	b_c/s	砂浆强度等级					砖强度等级	b_c/s	砂浆强度等级				
		\geq M 7.5	M 5	M 2.5	M 1	M 0.4			\geq M 7.5	M 5	M 2.5	M 1	M 0.4
MU 30		1.106	1.23	1.166	1.218	1.450	MU 30		1.279	1.321	1.423	1.543	2.037
MU 20	1/20	1.134	1.153	1.205	1.267	1.537	MU 20	1/7	1.347	1.393	1.513	1.652	2.211
MU 10		1.194	1.220	1.289	1.367	1.718	MU 10		1.488	1.547	1.700	1.866	2.564
MU 30		1.140	1.161	1.217	1.283	1.572	MU 30		1.454	1.518	1.672	1.848	2.551
MU 20	1/15	1.175	1.200	1.266	1.344	1.678	MU 20	1/4	1.558	1.626	1.805	2.006	2.794
MU 10		1.252	1.285	1.371	1.470	1.898	MU 10		1.768	1.855	2.075	2.311	3.279
MU 30		1.202	1.233	1.311	1.402	1.790	MU 30		1.797	1.900	2.143	2.415	3.467
MU 20	1/10	1.253	1.287	1.379	1.486	1.929	MU 20	1/2	1.964	2.072	2.349	2.655	3.824
MU 10		1.360	1.405	1.524	1.654	2.214	MU 10		2.292	2.425	2.759	3.112	4.529

表2 混凝土小型空心砌块体的 μ_c (构造柱混凝土C 20)

砖强度等级	b_c/s	砂浆强度等级			砖强度等级	b_c/s	砂浆强度等级		
		\geq M 7.5	M 5	M 2.5			\geq M 7.5	M 5	M 2.5
MU 15		1.082	1.103	1.144	MU 15		1.158	1.197	1.271
MU 10	1/20	1.126	1.155	1.211	MU 10	1/10	1.239	1.291	1.390
MU 5		1.243	1.291	1.384	MU 5		1.445	1.527	1.682
MU 15		1.219	1.272	1.371	MU 15		1.361	1.443	1.594
MU 10	1/17	1.328	1.397	1.527	MU 10	1/4	1.529	1.634	1.825
MU 5		1.599	1.704	1.901	MU 5		1.930	2.081	2.361
MU 15		1.107	1.135	1.188	MU 15		1.645	1.779	2.021
MU 10	1/15	1.164	1.202	1.273	MU 10	1/2	1.918	2.083	2.380
MU 5		1.314	1.374	1.490	MU 5		2.539	2.768	3.186

(2) 根据计算,构造柱的抗弯刚度为相同截面砌体柱的5倍以上并与墙体向有可靠的拉结措施,因此可认为构造柱相当于砌体壁柱,因此构造柱间墙的高厚比验算仍可采用现行规范的公式,但 $[\beta]$ 值不乘以 μ_c .

3 算例

带构造柱和不带构造柱的两片承重墙如图5所示,计算高度为3.9 m,窗间墙距离为3.6 m,窗宽1.8 m,墙厚为190 mm,采用MU 3.5的混凝土小砌块砌筑,砂浆为M 5,构造柱宽度为240 mm,采用C 20混凝土浇筑.试验算两种墙的高厚比.解:采用强度等级为M 5的砂浆,可查得墙体允许高厚比 $[\beta] = 24$.

(1) 不带构造柱承重墙高厚比验算

由计算高度 $H_0 = 3.9$ m, $h = 190$ mm,可得

$$\beta = \frac{H_0}{h} = \frac{3.9 \text{ m}}{190 \text{ mm}} = 20.5 ;$$

由窗宽 $b_1 = 1.8$ m,窗间墙距离 $s = 3.6$ m,可得

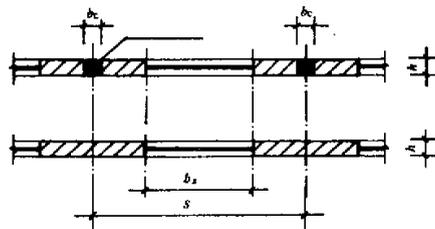


图5 两类承重墙示意图

$$\mu_2 = 1 - 0.4 \frac{b_1}{s} = 0.8 ,$$

则 $\mu_2[\beta] = 0.8 \times 24 = 19.2$.

因此 $\mu > \mu_2[\beta]$,故验算不满足要求.

(2) 带构造柱承重墙高厚比验算

由构造柱宽度 $b_c = 240$ mm,间距 $s = 3.6$ m,砂浆M 5可得

$$b_c/s = \frac{1}{15} > \frac{1}{20},$$

所以 $\mu_c = 1 + 2 \frac{b_c}{s} = 1.133$.

则 $\mu_2 \mu_c [\beta] = 0.8 \times 1.133 \times 24 = 21.8$,

故 $\beta = 20.5 < \mu_2 \mu_c [\beta] = 21.8$, 验算满足要求.

参考文献:

[1] 丁大钧. 砌体结构学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

- [2] 龙驭球, 包世华. 结构力学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1981.
- [3] 施楚贤. 砌体结构理论与设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.
- [4] 刘立新, 向忠, 王菁, 等. GRC 加固砖砌墙体受剪性能的研究[J]. 郑州工业大学学报, 1999, 20(1): 7-11.
- [5] GB 10-89, 混凝土结构设计规范[S].

Research on Depth - thickness Ratio Check of walls With Constructional Columns

ZHANG Da-yong, LIU Li-xin, XIE Li-li

(College of Civil & Building Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Because of requirements of antiseismic design, constructional columns are set up in most masonry walls, whose permissible depth - thickness ratio also changes, so the checking method has to be modified. Based on stable theory of compression bar, this paper analyzes the difference of the limit value of permissible depth - thickness ratio between walls with constructional columns and without them. It calculates and compares the limit values of allowable depth - thickness ratio of various kinds of walls with constructional columns in current masonry code for structural design and points out that the limit values can be increased from 10% to 20% when the space between the constructional columns is limited to a certain scope. It can serve as reference for the amendment and revision of the masonry code for structural design.

Key words: masonry; constructional column; depth - thickness ratio

《郑州工业大学学报》简介

《郑州工业大学学报》是郑州工业大学(原郑州工学院)主办的国内外公开发行的综合性学术性期刊, 季刊. 郑州工业大学是原化工部所属的重点院校, 是一所以工为主, 理、经、管、外国语兼备的理工高校. 有 19 个本科专业, 16 个硕士点, 2 个博士点, 9 个省部级重点学科, 化工工艺及材料加工工程学科在全国具有较强优势. 在校师生 1.1 万人, 其中有教授、副教授等高级职称 382 人. 近年来学校承担国家“八五”滚动、“九五”科技攻关、国家自然科学基金、国家“863”高科技和重大成果推广等国家级项目 30 多项, 还承担了一大批省部级攻关课题和重大横向课题, 已有 80 余项研究成果获国家和省、部级奖励, 其中 13 项获国家发明奖和国家科技进步奖, 年均发表论文 500 余篇.

《郑州工业大学学报》创刊于 1980 年, 1986 年取得全国刊号, 并进入国际连续出版物. 稿件来源以高质量的校内稿为主, 并吸收少部分高质量的外稿以促进学术交流, 主要刊登化工、电气信息、材料工程、土木建筑、水工、机械、电子、环境工程、计算机、力学、光学以及物理、数学等方面的新成果、新理论、新技术、新经验. 主要栏目有基础理论研究、专题研究、实验研究、技术报告、研究综述等等. 学报篇幅为国际标准 A4 开本, 每期正文 112 页, 文字容量约 20 万字, 平均刊载论文约 34 篇. 其中属国家、省自然科学基金项目、攻关项目等文章约占总数的 40% ~ 50%, 论文所介绍的研究成果已广泛应用于厂矿企业, 取得了较大的经济效益和社会效益, 推动了工业发展.

《郑州工业大学学报》始终坚持较高的学术质量和编辑质量, 在全国及河南省优秀科技期刊评比中多次获奖, 被中国科技信息研究所等 10 余家重要的数据库和权威文摘所固定收录, 为繁荣科技文化, 培养科技人才, 促进科学技术向生产力转化, 推动社会主义经济建设而服务.