

剪力墙结构设计中稳定性问题探讨

岳秀勇 杨志勇

贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司, 贵州 贵阳 550088

[摘要]在建筑结构的设计中, 剪力墙结构占据着重要的地位, 其稳定性直接影响着结构的安全。因此, 必须重视剪力墙结构设计中的稳定性问题。文章结合具体的工程案例, 对剪力墙结构设计中提高稳定性方法进行总结, 以期结构设计人员提供参考, 优化剪力墙结构设计, 提升建筑结构的安全。

[关键词]剪力墙; 结构设计; 稳定性

DOI: 10.33142/ec.v2i8.606

中图分类号: TU398.2

文献标识码: A

Discussion on Stability of Shear Wall Structure Design

YUE Xiuyong, YANG Zhiyong

Guizhou Transportation Planning, Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Guizhou, Guiyang, 550088 China

Abstract: Shear wall structure plays an important role in the design of building structure, and its stability directly affects the safety of the structure. Therefore, we must pay attention to the stability of shear wall structure design. Combined with concrete engineering cases, this paper summarizes the methods to improve the stability in the design of shear wall structure, in order to provide reference for structural designers, optimize the design of shear wall structure and improve the safety of building structure.

Keywords: Shear wall; Structural design; Stability

引言

剪力墙结构因其结构构件能较好隐藏在建筑隔墙中, 对使用影响小, 在房屋建筑中得到广泛应用。稳定性是剪力墙有效承担竖向荷载和抵抗水平力的前提, 在结构设计中必须高度重视剪力墙的稳定性问题。本文结合具体的工程案例, 对剪力墙结构设计中提高稳定性方法进行总结, 以期结构设计人员提供参考, 优化剪力墙结构设计, 提升建筑结构的安全。

1 规范对剪力墙稳定性的要求^{[1][2]}

现行《建筑抗震设计规范》(简称抗规)以限制墙厚与层高(或无支长度)的比值来保证剪力墙的稳定性。抗规 6.4.1: “抗震墙的厚度, 一、二级不应小于 160mm 且不宜小于层高或无支长度的 1/20, 三、四级不应小于 140mm 且不宜小于层高或无支长度的 1/25; 无端柱或翼墙时, 一、二级不宜小于层高或无支长度的 1/16, 三、四级不宜小于层高或无支长度的 1/20。底部加强部位的墙厚, 一、二级不应小于 200mm 且不宜小于层高或无支长度的 1/16, 三、四级不应小于 160mm 且不宜小于层高或无支长度的 1/20; 无端柱或翼墙时, 一、二级不宜小于层高或无支长度的 1/12, 三、四级不宜小于层高或无支长度的 1/16。”

现行《高层建筑混凝土结构技术规程》(简称高规)中, 剪力墙的稳定性按附录 D 来验算:

高规第 D.0.1 条规定:

$$q \leq \frac{E_c t^3}{10 l_0^2} \quad (1)$$

式中: q 为作用于墙顶组合的等效竖向均布荷载设计值; E_c 为剪力墙混凝土的弹性模量; t 为剪力墙墙肢截面厚度; l_0 为剪力墙墙肢计算长度。

高规第 D.0.2 条规定:

$$l_0 = \beta h \quad (2)$$

式中: h 为墙肢所在楼层的层高; l_0 为墙肢计算长度系数。

高规第 D.0.3 条规定: 单片剪力墙按两边支承板计算时, 取 β 等于 1.0; T 形、L 形、槽形和工字形剪力墙的翼缘、

T形剪力墙的腹板采用三边支承板,按式(D.0.3-1)计算,槽形和工字形剪力墙的腹板采用四边支承板,按式(D.0.3-2)计算。

高规第D.0.4条规定:T形、L形、槽形和工字形剪力墙的翼缘截面高度或T形、L形剪力墙的腹板截面高度与翼缘截面厚度之和小于截面厚度的2倍和800mm时,尚宜按

$$N \leq \frac{1.2E_c I}{h^2} \quad (3)$$

验算剪力墙的整体稳定,其中I为剪力墙整体截面的惯性矩,取两个方向的较小值;N为作用于墙顶组合的竖向荷载设计值。

2 剪力墙稳定性的补充验算方法^[3]

根据高规条文说明,D.0.1是由杆件稳定验算的欧拉公式推导而得,而实际工程中剪力墙,除一字形外,多为三边支承或四边支承板,下面,尝试采用平板屈曲理论验算其稳定性。

三边支承板(T形或者L形的剪力墙墙肢、工字形和槽形剪力墙的翼缘),在均匀压力作用下,弹性屈曲应力为:

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E_c}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (4)$$

$$k = 0.425 + \frac{b^2}{a^2} \quad (5)$$

式中, σ_{cr} 为平板的弹性屈曲应力;a表示平板的长度;b表示平板的宽度; ν 表示混凝土泊松比;t表示平板的实际厚度; E_c 表示混凝土所对应的弹性模量。当a远远大于b时,则k等于0.425。若安全系数取2,

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E_c}{24(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 0.18 \frac{E_c t^2}{b^2} \quad (6)$$

四边支承板(工字形、槽形剪力墙的腹板),在均匀压力作用下,弹性屈曲应力为:

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E_c}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (4)$$

$$k = \left(\frac{mb}{a} + \frac{a}{mb}\right)^2 \quad (7)$$

式中,m表示屈曲板的纵向半波数,最小值为4。若安全系数取2,

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E_c}{24(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 = 1.69 \frac{E_c t^2}{b^2} \quad (8)$$

3 实际工程中剪力墙稳定性计算常见疑难类型及设计建议

类型一,如图1所示,电梯井间墙,其两侧在建筑高度范围内没有楼板,稳定验算时层高h取建筑结构的总高度H。

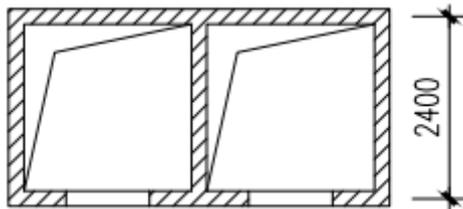


图1 电梯井间墙

假定墙厚 $t=200\text{mm}$, $H=100\text{m}$,混凝土等级C50,则 $E_c=3.45 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ 。根据高规D.0.3-2, $\beta \approx 0.0167 < 0.2$,取 $\beta=0.2$ 。若按(1)式计算其稳定性,允许的墙顶等效竖向均布荷载设计值

$$q \leq \frac{3.45 \times 10^4 \times 200^3}{10 \times (0.2 \times 100000)^2} = 69 \text{N/mm} = 69 \text{kN/m}$$

明显与实际工程经验不符。

按(6)式计算墙体弹性屈曲应力, $b=2400\text{mm}$

$$\sigma_{cr} = 0.18 \times \frac{3.45 \times 10^4 \times 200^2}{2400^2} = 43.125 \text{N/mm}^2$$

远大于 C50 的抗压强度 $f_c = 25.3 \text{N/mm}^2$ ，符合实际工程经验。

根据相关专家建议^[4]，实际工程中当墙厚不满足抗规 6.4.1 条要求时，按高规附录 D 验算稳定性时，可只按墙肢顶端受楼板约束的计算模型验算墙肢的稳定性，两侧无现浇楼板的楼、电梯间墙，应按无支长度验算。 $l_0 = 2400 \text{mm}$

$$q \leq \frac{3.45 \times 10^4 \times 200^3}{10 \times (2400)^2} = 4791.6 \text{N/mm} = 4791.6 \text{kN/m}$$

符合实际工程经验。

类型二，如图 2 所示，布置在平面边角部的楼梯间墙，其计算长度不能按上、下楼梯高度取值，应按无支长度验算。为减小其无支长度，提高其稳定性，可加强墙与楼层及休息平台的连接，加大梯板厚度，增强梯板短向配筋并按受拉锚固锚入墙内，梯板长向板边设置暗梁，加大梯板平面内刚度以给墙较大的平面外约束。

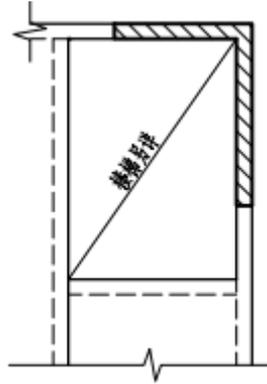


图 2 布置在平面边角部的楼梯间墙

类型三，如图 3 所示，层高较高的一字形剪力墙，其墙厚往往由稳定性控制。当有条件设置墙肢平面外约束（有效翼墙、端柱）时，其稳定性显著提高。

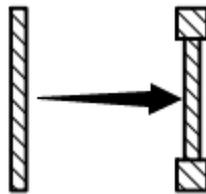


图 3 层高较高的一字形剪力墙

4 结语

实际工程中为保证剪力墙的安全，应加强剪力墙的稳定性的验算。两侧无现浇楼板的剪力墙，应按无支长度验算。通过增强剪力墙平面外约束，例如设置端柱、有效翼墙，加大楼梯梯板厚度、在梯板与墙交接处设置暗梁，可以明显改善剪力墙的稳定性的。

[参考文献]

- [1] 建筑抗震设计规范:GB50011 2010[S]. 北京:中国工业出版社, 2016.
 - [2] 高层建筑混凝土结构技术规程:JGJ3 2010[S]. 北京:中国工业出版社, 2011.
 - [3] 邓建强, 魏城. 关于 T 形、L 形、槽形、工字形等截面剪力墙稳定验算方法的探讨分析[J]. 建筑结构, 2018, 48(18):71-73.
 - [4] 朱炳寅. 建筑抗震设计规范应用与分析(第二版)[J]. 中国工业出版社, 2017, 7(09):90-90.
- 作者简介: 岳秀勇 (1986-), 男, 贵州遵义人, 大学本科生, 主要从事多高层钢筋混凝土结构及钢结构设计。