

梁式转换结构刚度比变化抗震性能分析

陈新

阜新市规划设计研究院

DOI:10.18686/bd.v2i8.1576

[摘要] 作者选用 PKPM 结构设计与分析软件 SATWE 模块,对带梁式转换结构的高层建筑结构工程实例进行模拟分析。文章遵循转换层结构的设计原则,选取带梁式转换的框支剪力墙结构对比分析结构动力特性与水平地震作用下的抗震性能,得出梁式转换结构应用于框支剪力墙结构中的抗震性能更好。为实际的结构设计提供借鉴。

[关键词] 梁式转换;刚度比;抗震性能

1 转换层结构

转换层结构设计概念的是东欧、苏联的学者^[1]在 20 世纪 50-60 年代提出的。转换层结构中较为常见的结构形式为梁式转换,转换梁承受上部结构传来的各种荷载,并将它们可靠的传递给下部结构,在结构中起到承上启下的作用^[2]。其受力明确、传力清晰、工作可靠、构造简单、且施工较为便利。

转换梁的结构形式多样:单跨转换梁、双跨转换梁、以及多跨转换梁;还有开洞和不开洞、满跨和不满跨的转换梁^[3];功能区分托墙转换梁和托柱转换梁;材料区分钢筋混凝土转换梁、预应力混凝土转换梁、钢管混凝土转换梁和钢结构转换梁等^[4]。

2 刚度变化对有转换层结构抗震性能的影响

选用某框剪建筑为原始模型,调整转换层上部楼层剪力墙厚度,改变转换层上、下结构等效侧向刚度比,得到六种计算模型:M1--转换梁上部不落地剪力墙墙厚 250mm;M2--转换梁上部不落地剪力墙墙厚 350mm;M3--转换梁上部不落地剪力墙墙厚 400mm;M4--转换梁上部不落地剪力墙墙厚 450mm;M5--转换梁上部不落地剪力墙墙厚 400mm,且上部框支剪力墙增设洞口;M6--转换梁上部不落地剪力墙墙厚 250mm,且上部框支剪力墙增设洞口。

根据《高规》得出模型 M1~M6 转换层上、下结构的等效侧向刚度比见表 2.1.1,从表中可以看出,6 个模型的结构等效侧向刚度比均满足规范要求的限制条件,模型 M1 和 M6 的刚度比较小,模型 M1 是原始模型,与模型 M4 相比,转换层上部墙体的厚度几乎增大了一倍,但刚度比的增加不到 1/3,且刚度比值应在规范要求的范围内。可见规范规定的关于转换层上下等效侧向刚度比的要求较为宽松,在实际工程应用中,结构设计者可以适当提高刚度比值的限制条件。

表 2.1 转换层上、下结构的等效侧向刚度比 γ_{ex}

计算模型	M1	M2	M3	M4	M5	M6
γ_{ex}	0.6205	0.7338	0.7917	0.8494	0.8404	0.6515
γ_{ey}	0.7033	0.8314	0.8906	0.9470	0.8469	0.6706

2.1 结构模态分析和水平地震作用效应的分析

2.1.1 结构自振周期

六个模型的质量参与系数均满足规范规定的不小于 90% 的条件,本节选取结构前 12 阶振型的自振周期数据,分析结构的动力特性,如表 2.1.1 所示。

表 2.1.1 结构各阶振型的自振周期 (s)

振型	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1	1.4446	1.4186	1.4098	1.4022	1.4264	1.4618
2	1.3640	1.3468	1.3411	1.3358	1.3427	1.3667
3	1.0508	1.0338	1.0278	1.0226	1.0442	1.0687

从表中看出,对于未开洞的剪力墙结构,随着墙体厚度的增加,结构的基本周期整体趋势在减小,与 M1 相比,M2 减小了 1.80%,M3 减小了 2.41%,M4 减小了 2.94%。对于墙厚均为 400mm 的模型 M3 和 M5,与 M3 相比 M5 增加了 1.18%,墙厚为 250mm 的模型 M1 和 M6,与 M1 相比 M6 增加了 1.19%。对比分析模型 M1、M2、M3、M4 得出带梁式转换的高层建筑结构的自振周期随着转换层上下等效侧向刚度比的增加而减小;分别对比分析模型 M1、M6 和模型 M3、M5,每组中的两个模型的区别均是转换层上部楼层竖向抗侧力构件洞口数量不同,随着上部墙体洞口的增多,结构的自振周期增大。

2.1.2 水平地震作用效应下位移的分析

由图表可知模型 M1、M2、M3、M4、M6 在 Y 向地震作用下上层间位移角在转换层位置与 X 向地震作用下下层间位移角的变化规律不一致,结构在 X、Y 两个方向上表现出了不同的变化规律。而模型 M5 在 X、Y 方向上的变化规律则基本保持一致。其原因是由于模型 M1~M4、M6 转换层下部结构两个方向上剪力墙侧向刚度,以及两个方向上落地剪力墙的数量不同,并且模型 M1~M4、M6 的转换层上、下结构等效侧向刚度比 $\gamma_{ex} < \gamma_{ey}$,而模型 M5 的 γ_{ex} 与 γ_{ey} 值基本相等。

通过转换层上部楼层图表分析,转换层上部的结构变形有一定的独立性,转换层上部结构侧向刚度的改变对转换层上 4-5 层楼层间位移角有一定影响的,其影响是随着等效侧向刚度比的增大层间位移角增量逐渐减小。转换层上 6 层及其以上楼层间位移角的变化则不受转换层上部结构侧向刚度的改变而变化。但是当转换层上部剪力墙开洞的时候,层间位移角的变化规律出现了变化。模型 M1

与模型 M6、模型 M3 与模型 M5 两组模型的区别在于转换层上部结构墙体洞口的布置数量不同,分析模型结构层间位移角的变化发现,每组模型前者的层间位移角的增量要比后者的层间位移角的增量值大。说明上部剪力墙墙体开洞的结构即使侧向刚度满足要求,其对地震作用下的结构变形也是有一定影响的,因此在设计剪力墙墙体时要特别注意剪力墙洞口的合理设置。

同时,对比模型 M1~M6 在转换层的下部,也有一定的变化,对比分析后得出为了实现转换层上、下结构等效侧向刚度比的变化,人为改变转换层上部结构的侧向刚度。当转换层上部剪力墙布置与原始模型的剪力墙布置相同时在 X、Y 方向上模型的结构响应曲线随着等效刚度比的递增而增大。而上部剪力墙开洞较多时,结构响应曲线的变化会增大。

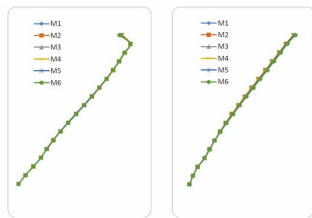


图 4.24 X 向地震作用层位移 (mm)

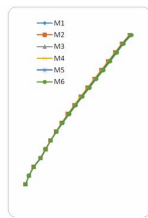


图 4.25 Y 向地震作用层位移 (mm)

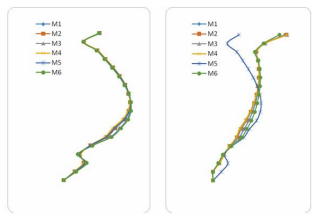


图 4.28 X 向地震作用层间位移角

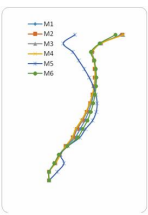


图 4.29 Y 向地震作用层间位移角

3 结论

3.1 仅通过调节构件截面尺寸,结构侧向刚度比变化明显;当结构的剪力墙设有洞口时,结构的侧向刚度变化很小。然而结构转换层以上墙体洞口的设置对结构周期的影响也要比单纯改变墙体的厚度对结构周期的影响要明显的多。

3.2 刚度比改变对转换层相邻楼层影响较大。带梁式转换层的高层建筑结构转换层的楼层位移随刚度比的增大而增大、层间位移角随刚度比的增大而减小。但当结构竖向构件开洞导致结构竖向刚度分布不均且结构转换层上、下等效侧向刚度突变过大时,整体结构楼层位移和层间位移角的变化规律也可能改变,影响抗震性能。

3.3 考虑双向地震作用,结构在 X、Y 向的变形没有呈现一致的变化规律,若在强震作用下,很有可能因为结构在 X、Y 两个方向的变形不一致而产生扭转变形,导致结构整体破坏。合理调整转换层上、下 X、Y 向的等效侧向刚度比 γ_{ex} 、 γ_{ey} 也是在进行实际工程设计时结构设计者进行合理调整的重要指标。

参考文献:

- [1]庄海生.高层建筑中转换层结构的应用和发展[J].建材与装饰,2016(37):69-70.
- [2]张小玲,杨磊.高层建筑设计[J].商品与质量·建筑与发展,2013(11):35.
- [3]鲁俊芳.对高层建筑转换层结构设计型式的特点及其问题的探讨[J].建筑工程技术与设计,2015(17):312.
- [4]王利华.框支剪力墙结构梁式转换层及构件受力性能分析[D].山西:太原理工大学,2012.