

弹性时程分析刚度比变化对含转换结构建筑抗震性能的影响

陈新

阜新市规划设计研究院

DOI:10.18686/bd.v2i8.1574

[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,分析梁式转换结构应用于框支剪力墙结构中的抗震性能。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;弹性时程分析

1 转换层结构

转换层起着承受上部结构传递下来的荷载,并将荷载可靠的传递给下部结构的作用。其中梁式转换因其受力明确、传力清晰、工作可靠、构造简单等优点而受到设计者青睐。

转换梁的结构形式主要有:有单跨、双跨以及多跨转换梁;开洞和不开洞、满跨和不满跨的转换梁;在功能上可分

为托墙、托柱转换梁;根据转换梁材料不同,可分为钢筋混凝土、预应力混凝土、钢管混凝土和钢结构转换梁等。

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的厚度,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

内的地下空间开发中,相邻地块业主具有优先开发权,同时也有提供和预留通道以及防空、防灾等场所的责任和义务。(3)明确一体化的开发程序。一体化开发建设中主要涉及到土地开发体系、城市规划体系、建筑设计体系、地铁规划体系、地铁设计体系等,每个体系都有相对成熟的程序和时间节点要求。一体化建设能否顺利开展,首先应理清开发时序,明确地铁规划、地铁设计、城市规划、建筑设计、土地开发等部门和体系之间的互动关系和时序。笔者认为一体化设计应从轨道交通详细规划和城市控制性详细规划等方面同时介入,由城市规划部门主导,宜重点协同编制《重要站点及其周边一体化规划》和《重要站点周边一体化城市设计》,并将这两项成果要求逐步落实到地铁设计和周边建筑设计中去,这是实现一体化的关键环节。

3.3 技术方面的策略

主要表现为:(1)做好轨道交通站点周边一体化控制性详细规划。一体化详细规划中地面规划的指标基本与城市规划要求一致,而地下空间控规指标体系建议从边界、通道、出入口、连通口、预留口、出地面机电设施、开发规模等方面进行强制性控制,其中一体化建设用地控制线内的用地应进一步做站点周边城市设计。另一方面,还可从开发功能、形态、业态、分期建设、开发层次、节点设计等方面进行引导,给出建议性指标。(2)处理好人防问题。《中华人民共和国人民防空法》第十四条明确规定:“城市的地下交通干线以及其他地下工程的建设,应当兼顾人民防空需要。”因此一体化设计有个突出的矛盾,即人防设计要求空间尽量封

闭和少开口,而一体化要求空间尽量打开和多开口。(3)处理好消防问题。一体化设计中涉及到轨道交通站点防火、综合体的防火、人防工程和地下空间的防火,涉及到的建筑规模和物业形态越来越复杂,消防问题是设计中重点考虑的方面。基本原则是轨道交通和周边物业的防火界面清晰,各自遵守规范要求,保证各自防火系统的独立性和安全性。现有规范中关于地下建筑未明确的防火规定亟需做出补充或拓展、细化。

4 结束语

当前我国城市地下空间开发利用在功能上以地下交通为主流,不仅提高了城市运转效率,同时也带来了土地开发增值收益。随着地铁建设量的增加,轨道交通站点与周边地下空间一体化建设的需求越来越强烈。因此为了充分发挥其作用,必须加强对轨道交通站点与周边地下空间一体化开发存在的主要问题及其策略进行分析。

参考文献:

- [1]孙建宏,王卫真,于林竹.地上地下空间土地利用及确权思考[J].中国土地,2014,(05):30-32.
- [2]王瑞瑞,陈可石,崔翀.新加坡乌节路商业街区城市设计导则应用实践[J].规划师,2012,28(08):107-111.
- [3]曹阳.地铁车站地下商业空间设计研究[D].太原理工大学,2017(01):133.
- [4]赵越.与商业空间结合的地下轨道交通站点一体化设计与实践[D].北京建筑大学,2017(02):75.

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》规定, 计算结构等效侧向刚度比时, 根据选取的转换层上部楼层总高宜接近其下部楼层总高的要求, 选取计算模型——转换层上部取四层, 总高 14.75m; 下部取三层, 总高 16.27m。模型的转换层位置在主体结构的第三层。

由本章节所采用的 6 个计算模型计算得出模型 M1~M6 转换层上、下结构的等效侧向刚度比见表 2.1, 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 γ_{eq} 较小, 模型 M1 是城市广场的原始模型, 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值的要求较为宽松, 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_{eq}

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

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

6 个计算模型的前两阶振型均分别为 x、y 向平动, 第三阶振型为扭转, T_1 与 T_1 的比值分别为: 0.7274、0.7287、0.7290、0.7293、0.7321、0.7312。均满足规范限值 0.85 的要求。

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。

2.2 弹性动力时程分析

选取模型 M1、模型 M3、模型 M5、模型 M6。对四个模型采用弹性时程分析方法进行多遇地震下的结构计算。选取地震波时要考虑地震波的频谱特性、持续时间和幅值三个参数, 通过综合考量本节中选取 Taft 波、El-Centro 波和兰州人工波进行计算分析。

2.2.1 各地震波作用下转换层的楼层位移、层间位移角比较

表 2.2.1 各地震波作用下转换层位置 x 向楼层位移

模型	Taft 波	El-Centro 波	兰州人工波	CQC 法
M1	2.51	2.79	1.94	1.90
M3	2.21	2.66	1.78	1.90
M5	2.36	2.74	1.76	1.87
M6	2.66	3.06	1.91	1.95

表 2.2.2 各地震波作用下转换层位置 x 向层间位移角

模型	Taft 波	El-Centro 波	兰州人工波	CQC 法
M1	1/6016	1/4607	1/6975	1/7135
M3	1/6391	1/4594	1/7659	1/6927
M5	1/6414	1/4678	1/7747	1/7016
M6	1/5477	1/4752	1/7084	1/7248

四个模型刚度比由小到大分别是 $M1 < M6 < M3 < M5$, 比较模型 M1、M3、M5、M6 四个模型在相同地震波作用下结构的楼层位移与层间位移角发现, 楼层位移随着转换层上、下等效侧向刚度比的增加而增大, 层间位移角随着等效侧向刚度比的增大而减小。但模型 M6 在 Taft 波作用下其楼层位移、层间位移角分别为 2.66、1/5477, 均小于 Taft 波作用下模型 M1 楼层位移和层间位移角。分析原因, 模型 M1 与模型 M6 均采用相同截面厚度的竖向抗侧力构件, 但相比于模型 M1, 模型 M6 的剪力墙增设了很多洞口, 造成了结构竖向刚度分布不均, 对结构抗震性能的影响较大。模型 M5 上部剪力墙洞口的布置方式与模型 M6 一致, 但模型 M5 等效侧向刚度比大于模型 M6, 且接近于 1, 固增设洞口对结构的抗震性能影响不大。

兰州人工波计算的转换层处的楼层位移、层间位移角与反应谱法计算的结果相近, 二者计算结果的误差绝对值最大不超过 10%, 实际地震波 Taft 波和 El-Centro 波计算的结果与反应谱法计算的结果偏差较大, 其计算结果的误差绝对值最大不超过 37%、57%。这表明地震波的选取对建筑结构的抗震分析有很大的影响, 这就需要结构设计者在实际工作中积累足够专业知识、经验, 并对计算结果进行仔细推敲, 得出最为科学安全的工程方案。

2.2.2 弹性动力时程分析下的楼层剪力情况

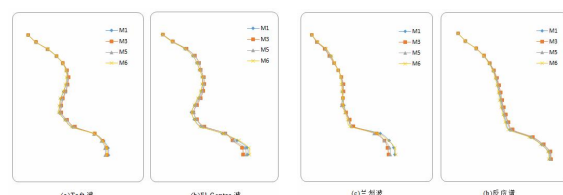


图 2.2.1 不同时间曲线作用下的楼层剪力

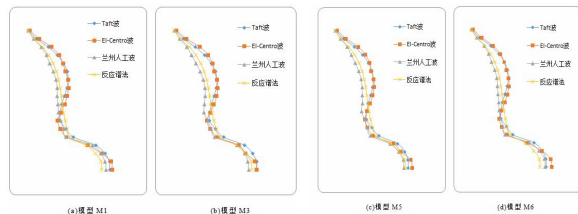


图 2.2.2 时程曲线作用下的楼层剪力

对比分析 1、3、5、6 四个模型在 Taft 波、El-Centro 波、兰州波时程曲线作用下和反应谱法计算的楼层剪力,分析得出:

(1)各地震波计算的底部楼层剪力均大于反应谱法计算的楼层剪力的 90%,且三条时程曲线计算的楼层剪力的平均值也均大于反应谱法计算的楼层剪力,分别满足《抗规》5.1.2 要求的大于 65%、80%的要求。

(2)针对单个模型不同时程曲线作用下层剪力的变化分析,得出层剪力在转换层上层位置的突变最明显,主要因为转换层质量、刚度大,结构刚度在转换层位置产生了突变。

四个模型楼层剪力的变化趋势一致,但不同地震波对结构转换层上部楼层剪力的影响差别不同,兰州波与反应谱法计算的转换层上部结构的楼层剪力相近,Taft 波、El-Centro 波计算的转换层上部结构的楼层剪力与反应谱法计算的差别较大。

(3)针对单一时程曲线作用下四个模型层剪力的变化分析,得出楼层剪力在转换层以及其上部结构相差不大,但转换层下部楼层的层剪力在不同时程曲线的作用下有一定变化,但底部楼层剪力的变化与模型等效侧向刚度比的变化并呈现出一规律。

转换层上部楼层四层范围内层剪力曲线出现了拐点,在转换层上部第五层位置结构楼层剪力呈现反向递增的趋势,即转换层上部楼层层剪力曲线呈弯剪型,符合框架——

剪力墙结构的变形特征。

3 结论

通过上述模拟分析,得出以下结论:

(1)规范给出的侧向刚度比限制相对较容易实现,而转换层上、下等效侧向刚度比的变化对结构地震作用下的变形有较大的影响,因此在实际的工程实践中,有必要对侧向刚度比采取更为严格的控制。

(2)同一时程曲线作用于转换层上、下等效侧向刚度比不同的模型时,对带梁式转换的框支剪力墙结构转换层下部框支部分的楼层剪力影响较大,对转换层及转换层上部的楼层剪力影响较小;单一模型在不同时程曲线作用下的结构楼层剪力变化差别较大,尤其对转换层上部结构楼层剪力的影响很大。

(3)满足规范要求的实际地震波 Taft 波和 El-Centro 波的弹性动力时程分析的计算结果与地震反应谱法计算的结果差值很大,不同的地震波对结构抗震性能的影响是不同的且影响较大。因此,结构设计者在实际工程设计时,需多积累实际经验,合理的选取地震波对结构进行抗震性能分析,才能设计出科学合理的结构方案。

参考文献:

- [1]张小玲,杨磊.高层建筑设计[J].商品与质量·建筑与发展,2013(11):36.
- [2]杨璐.浅析带转换层高层建筑设计建议[J].建筑工程技术与设计,2014(33):28.
- [3]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].太原理工大学,2012.
- [4]高层建筑混凝土结构技术规程 JGJ3-2010[M].中国建筑工业出版社,2011.
- [5]孙正熙.带梁式转换层的高层建筑结构的抗震性能分析[D].青岛理工大学,2010(02):64.