

某高位转换建筑抗震超限可行性论证分析

赵仁彬

重庆大恒建筑设计有限公司 重庆 400000

【摘要】高位转换建筑抗震设计复杂，结构竖向构件间断，刚度突变，结构高度超过规范限值等不规则情况，结构受力复杂，为保证建筑在罕遇地震作用下的安全，需对建筑进行抗震超限可行性论证，满足建筑抗震规范的设防目标，文章根据抗震理论对建筑的薄弱部位进行分析，并提出见解及分析结论以供参考。

【关键词】超 B 级建筑；高位转换；抗震超限论证

0 引言

某超高层建筑因功能需求，需在底部三层做高位转换，采用部分框支剪力墙结构，建筑结构高度超过规范限值，属于抗震超限建筑，根据结构概念知识对建筑进行抗震计算分析，采取抗震性能化设计方法，对薄弱部位采取加强措施。

1 工程概况

四川某超高层建筑共 47 层，包括三层地下室，地下一层顶板设置为结构嵌固端。建筑使用功能包括超市、商业、影院等。本项目采用部分框支剪力墙结构，结构高度为 150m。抗震设防烈度 6 度，场地类别 II 类。裙房为重点设防类，塔楼为标准设防类，建筑为超 B 级高度建筑。

2 结构布置及不规则分析

建筑结构体系为部分框支剪力墙结构，转换层位于三层，转换层存在较多的次梁转换，对抗震不利，转换层结构平面布置如下图所示：

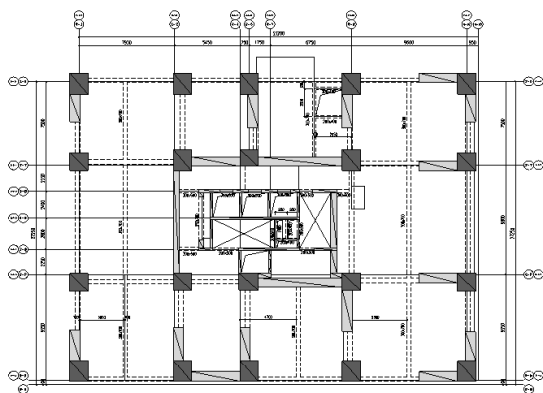


图 1 1# 楼二层和三层结构平面布置图

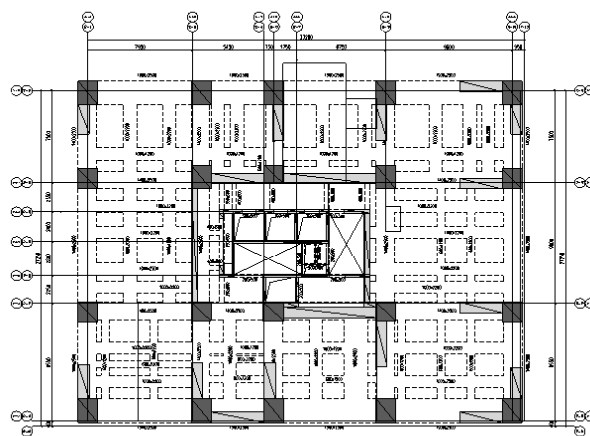


图 2 1# 楼转换层（4F）结构平面布置图

根据《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点 建质 [2015]67 号》和《四川省抗震设防超限高层建筑工程界定标准》DB51/T5058-2014 的规定，本工程结构体系符合现行规范的适用范围，超限情况如下：高度超过 B 级高度限值 140m，具有局部扭转不规则、构件间断等不规则项。

3 针对性分析和设计措施

根据抗震性能目标，采取的针对性分析和设计措施大致如下：

(1) 在分析计算上，通过小震反应谱、小震弹性时程验算结构各项宏观指标，均符合规范要求。通过中震弹性、中震不屈服、大震不屈服按照性能目标来检验各类构件受剪截面、抗弯、抗剪承载力，符合规范要求。并通过大震下的动力弹塑性分析，验证结构层间位移，分析了剪力墙、连梁、框支柱、框支梁和框架梁的损伤情况，满足规范大震不倒的要求。此外对 1# 楼转换层进行了中震和大震楼板应力分析。

(2) 在设计上，通过增加纵筋率、箍筋率、墙身分布筋配筋率来加强剪力墙；通过增加板厚和双层双向配筋来加强楼板，框支梁加钢板，框支柱采用型钢混凝土柱。

(3) 本项目抗震设计在满足国家、地方规范外，将根据性能化抗震设计的概念进行设计。根据《建筑工程

抗震性能设计通则》和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 第 3.11.1 条条文说明进行抗震性能评估，并同时综合考虑抗震设防类别、设防烈度、场地条件、结构的特殊性、建造费用、震后损失和修复难易程度等因素，本工程 1# 楼超限高层的性能目标定为 D 级，关键构件性能目标定为 C 级。

总体上，做到小震不坏、中震可修、大震不倒。

4 小震计算结果分析

本工程采用如下软件分别进行结构整体弹性计算和

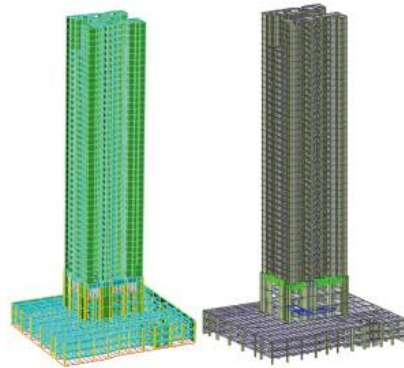


图 3 yjk 和 midas 模型



图 4 质量比

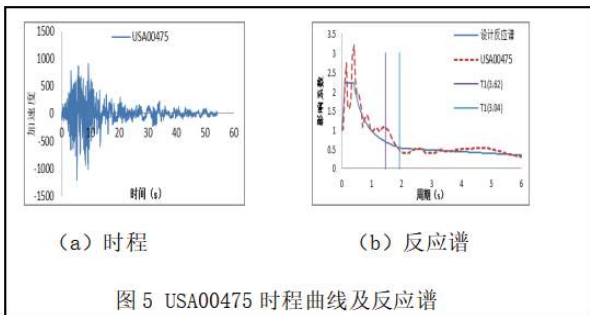


图 5 USA00475 时程曲线及反应谱

为了验证模型的正确性，采用 yjk 和 midas building 对 1# 楼进行了振型分解反应谱法的对比。两种程序计算的结构质量对比如图 4 可知，两种软件计算结果基本一致，相差不到 1%。

根据两种软件关于结构整体稳定的计算结果，结构两个主方向刚重比均大于 1.4，能够通过《高规》5.4.4 条的整体稳定验算要求，且刚重比大于 2.7，结构弹性计算分析时可以不考虑重力二阶效应。

通过对比 yjk、MIDAS 的各项计算指标可知，两个模型周期、层间位移角、楼层侧移刚度比等指标有一定偏差，但变化趋势相同，说明两种模型在小震作用下的分析结果均是可靠的。

本工程将考虑双向地震输入，地震输入点在模型与基础承台面的节点处，地震方向将沿模型第一和第二模态变形方向即 Y、X 向，本项目位于同一场地，采用相同的地震动输入。

采用了工程分析应用较成熟的天然波 USA00475、

时程分析：

yjk (1.9.1) 与 MIDAS-Building (2014 版)

计算模型中定义了竖向荷载和水平荷载工况，其中竖向荷载工况包括结构自重，附加恒荷载以及活荷载，水平荷载工况包括地震作用和风荷载。对于小震的水平地震作用考虑单向地震以及偶然偏心的影响。地震作用的计算采取振型分解反应谱法，并采用了时程分析法进行补充计算。计算模型如下：

USA00523、USA00641、USA00707、USA00721 及两条人工模拟的加速度时程曲线 ACC1 和 ACC2 进行弹性动力时程分析。各条波时程曲线见图 5 中的 (a) 图。通过傅里叶变换将加速度时程曲线及人工地震波时程曲线变换得到反应谱和目标反应谱的比较如图 5 中的 (b) 图。对选用的地震记录加速度峰值进行调幅，使峰值加速度等于与规范的相应多遇地震峰值加速度。

结构弹性时程分析选用了 7 条地震波进行计算，每条地震波计算所得结构底部剪力与振型分解反应谱法计算结果之间的误差均在 35% 以内，7 条波计算的平均底部剪力与振型分解反应谱法计算结果之间的误差均在 20% 以内，满足规范要求，同时结构的变形指标与规律均与振型分解反应谱法计算结果接近，验证了振型分解反应谱法计算的合理性。

5 等效中震及大震性能分析

等效中震及大震性能分析，对关键构件底部加强区剪力墙提出中震抗剪承载力弹性、正截面承载力不屈服的性能目标，对关键构件提出了大部分构件大震承载力不屈服的性能目标。

(1) 中震弹性：考虑荷载作用分项系数、材料分项系数、抗震承载力调整系数，材料强度采用设计值。不考虑地震组合内力调整系数。

最大地震影响系数：0.12；场地特征周期：0.35s；不考虑地震放大系数；周期折减系数为 1.0；结构阻尼比增加到 0.06。

(2) 大震性能设计的主要参数如下:

不考虑荷载作用分项系数、材料分项系数、抗震承载力调整系数, 材料强度采用标准值。不考虑地震组合内力调整系数。

最大地震影响系数: 0.28; 场地特征周期: 0.40s; 不考虑地震放大系数; 周期折减系数为 1.0; 结构阻尼比增加到 0.07。

等效中震和等效大震与小震基底剪力同中震和大震与小震地震影系数之比一致。大震动力弹塑性与小震反应谱基底剪力之比为 5-6 之间, 说明大震下结构塑性有一定的发展, 刚度减弱, 耗能构件消耗了部分地震能量。

本工程采用分析软件采用 MIDAS-Building 对建筑进行罕遇地震作用下的结构弹塑性变形验算及损伤分析, 并对损伤严重的关键部位采取加强措施。

6 结束语

通过对建筑超限类型和程度进行了分析, 有针对性

地提出有效控制安全的措施和性能目标要求。并通过小震、中震和大震作用下计算分析和验算考察了其是否能达到预设的性能目标。

(1) 结构罕遇地震作用下动力弹塑性分析表明, 结构形成了框架梁或连梁、剪力墙陆续破坏的多道防线; 针对楼板不连续的设计措施达到了预期的效果, 结构周边构件损伤不严重; 大震下剪力墙中的小墙肢、底部加强区电梯井剪力墙和个别落地剪力墙有开裂, 但钢筋未屈服。总体上, 结构在大震下关键竖向构件不屈服, 普通竖向构件少数屈服, 耗能构件多数屈服。

(2) 中震计算分析结果表明, 楼板在中震作用下只有局部区域出现开裂, 绝大多数区域满足中震不屈服的性能目标。底部加强区剪力墙、框支柱和框支梁小震配筋能够满足中震弹性的性能目标。

通过多个程序的计算比较, 并对结构补充进行弹性动力时程分析和弹塑性时程分析, 有针对性的采取抗震技术措施, 能满足选取的抗震设防目标。

【参考文章】

- [1] 《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 (2016 版)
- [2] 朱炳寅《建筑抗震设计规范应用与分析》2011 年出版
- [3] 朱炳寅《高层建筑混凝土结构技术规程应用与分析》2013 年出版