

框架-屈曲约束支撑体系在某办公建筑中的应用研究

涂帅

民航机场规划设计研究总院有限公司

摘要: 简要介绍了本次工程应用中使用的力学模型及性能检验要求, 主要介绍了工程应用中的结构抗震减震的思路与设计方

关键词: 减震; 框架-屈曲约束支撑体系

一、前言

在建筑行业飞速发展的今天, 业主在制定设计任务书时不仅要求建筑平面、立面形式的个性化, 也更看重建筑内部使用空间的提升以及建筑造价的控制。然而在高烈度抗震设防地区, 建筑平面布置复杂的多、高层建筑, 采用一般的框架结构体系设计, 往往不能满足规范层间位移角、扭转位移比、周期比等限值要求。

一种新兴的结构体系, 框架-屈曲约束支撑体系越来越多应用到了建筑设计中。

二、屈曲约束支撑 (BRB) 的原理

屈曲约束支撑作为一种耗能支撑, 主要由三部分构成: 芯材、无粘结材料和外围约束机制, 通过芯材在轴向力作用下产生的塑性变形来耗散地震能量^[1]。

屈曲约束支撑改善了普通支撑受压屈曲的特点, 在轴向力作用下, 拉压时均能实现全截面屈服。

三、工程应用中的抗震分析

(一) 工程概况

本工程位于内蒙古呼和浩特市, 抗震设防烈度为8度, 设计基本地震加速度峰值为0.2g, 设计地震分组第二组, III类场地, 场地特征周期0.55s。采用钢筋混凝土结构形式, 楼层数为4层, 建筑结构高度16.50m, 建筑面积2784.6m², 钢筋混凝土抗震等级为二级, 结构周期折减系数为0.70。属于重点设防类, 乙类建筑。经综合考虑, 最终选用屈曲约束支撑 (BRB) 减震技术。

(二) 结构抗震设计

1. 设计思路

构造方面, 本工程以强柱弱梁、强剪弱弯为原则, 提高结构抗震性能, 且本工程为重点设防类, 钢筋混凝土框架结构采用消能减震设计, 框架抗震等级为一级, 其抗震构造措施均按规范要求执行。

消能减震结构是将消能部件 (本工程采用屈曲约束支撑) 布置在填充墙的位置, 所以只需要加强与之相连的框架梁、柱, 不会影响和改变任何建筑功能。本工程减震设计采用屈曲约束支撑 (BRB) 作为消能减震部件, 根据消能器的参数核算, 结构总阻尼比和刚度提高至预定值。

2. 设计方案

消能减震结构主要是通过设置消能减震装置以控制结构在不同烈度地震作用下的预期变形, 从而达到不同等级的抗震设防目标, 之所以能提高建筑抗震性能, 消能减震器起了关键作用。如何比较准确的评估消能减震器的减震作用, 是减震结构设计的首要问题。

针对本工程, 具体设计内容主要包括:

(1) 确定PKPM软件中结构的等效支撑刚度, 确定消能减震器参数和数量, 以及消能减震器的安装位置及型式;

(2) 计算附设减震器的减震结构在多遇地震作用下的结构响应;

(3) 进行弹性时程分析, 复核小震下位移角;

(4) 罕遇地震作用下, 进行弹塑性位移验算, 承载力不足的构件进行相应调整, 最后完成与阻尼器相连的连接构件和

结构构件的设计。

(三) 弹性时程分析

本工程是钢筋混凝土框架结构, 使用大型有限元分析软件SAP2000建立结构模型, 并进行计算与分析。

1. 地震波的选取

《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 5.1.2条规定: 采用时程分析法时, 应按建筑场地类别和设计地震分组选用实际强震记录和人工模拟的加速度时程曲线, 其中实际强震记录的数量不应少于总数的2/3, 多组时程曲线的平均地震影响系数曲线应与振型分解反应谱法所采用的地震影响系数曲线在统计意义上相符。弹性时程分析时, 每条时程曲线计算所得结构底部剪力不应小于振型分解反应谱法计算结果的65%, 多条时程曲线计算所得结构底部剪力的平均值不应小于振型分解反应谱法计算结果的80%。从工程角度考虑, 这样可以保证时程分析结果满足最低安全要求。但计算结果也不能太大, 每条地震波输入计算不大于135%, 平均不大于120%。本文选取了实际5条强震记录和2条人工模拟加速度时程曲线。

2. 弹性时程分析结果

本工程采用了弹性时程分析法进行了计算, 采用如前所述的五条天然波和两条人工波, 在SAP2000分析中, 弹性时程分析采用软件所提供的快速非线性分析 (FNA) 方法, 即只考虑消能器的非线性、结构本身假设为线性。

(四) 弹塑性时程分析

弹塑性时程分析过程考虑材料非线性; 采用小变形假定; 不考虑结构的几何非线性。对于运动微分方程的求解, 选择程序提供的Hilber-Hughes-Taylor逐步积分法, γ 取0.5, β 值取0.25, α 系数为0。弹塑性时程分析过程中, 在弹性时程分析的基础上选择三条地震波进行计算分析, 最终结果取三条地震波作用下的包络值。根据规范对所选地震波进行调幅, 调幅后的峰值加速度为400cm/s²。本节列举了结构在各个地震波作用下的结构响应结果。

为了分析结构在不同地震波、不同地震输入方向作用下结构的弹塑性性能, 对结构进行单向地震输入作用下的弹塑性动力性能进行分析, 得出结构地震作用响应结果, 如位移、塑性铰分布等。

四、结论

本文对结构整体模型进行了弹塑性时程分析, 采用七条地震波分析了结构在X向单向和Y向单向地震输入时结构的弹塑性性能:

1. 多遇地震作用下, 结构主体弹性, 屈曲约束支撑为结构提供刚度, 提高抗震能力。

2. 罕遇地震作用下, 三条地震波的包络结果为: X向1/100、Y向1/100, 满足规范要求。

3. 罕遇地震作用下, 各屈曲约束支撑均滞回耗能, 发挥了良好的耗能能力, 为结构主体提供了良好的安全保障。

4. 框架-屈曲约束支撑的延性更为优良, 屈曲约束支撑拥有屈服点可控的优势, 小震下屈曲约束支撑可提供稳定侧向刚度, 中震、大震下可通过塑性变形吸收振动能量。

参考文献

[1] 王永贵. 《端部加强型屈曲约束支撑抗震性能与设计方法》[M]. 中国建筑工业出版社, 2015

[2] 李国强, 孙飞飞, 陈素文等. 大吨位国产TJ II型屈曲约束支撑的研制与试验研究[J]. 建筑钢结构进展, 2009, 11(4): 22-26.