

宋文新, 潘洪垚, 金仁云, 等. 变电站地面景观建筑防震设计[J]. 华南地震, 2019, 39(1):66-70. [Song Wenxin, Pan HongYao, Jin Renyun, et al. Seismic Design of Substation Ground Landscape Architecture[J]. South China journal of seismology, 2019, 39(1):66-70]

变电站地面景观建筑防震设计

宋文新¹, 潘洪垚², 金仁云¹, 任娇蓉¹

(1. 国网宁波供电公司, 浙江 宁波 315016; 2. 上海电力设计院有限公司, 上海 200025)

摘要: 伴随着我国城市建设的快速发展, 变电站地面景观建筑防震设计有着举足轻重的作用, 为了满足不同建筑功能的抗震要求, 提出基于变电站地面建筑防震设计方法。将剪力墙与框架结构有效的结合起来, 通过分析框架剪力墙建筑结构的优缺点, 给出变电站地面建筑防震设计原理和防震控制指标, 根据各项指标分析框架剪力墙在防震设计中的要点, 以达到变电站地面景观建筑的刚度要求, 实现防震设计。实验结果表明, 所提出基于变电站地面建筑防震设计方法可有效提高整个结构的抗震能力, 并且能够有效降低成本开销。

关键词: 变电站; 地面景观; 建筑防震

中图分类号: TU352.11

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2019)01-0066-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.01.011

Seismic Design of Substation Ground Landscape Architecture

SONG Wenxin¹, PAN HongYao², JIN Renyun¹, REN Jiaorong¹

(1. State Grid Ningbo Electric Power Supply Company, Ningbo 315016, China; 2. ShangHai Electric Power Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200025, China)

Abstract: Along with the rapid development of urban construction in China, the seismic design of substation ground landscape architecture plays an important role. In order to meet the seismic requirements of different building functions, the paper proposes a seismic design method based on substation ground building. The shear wall and the frame structure are effectively combined. By analyzing the advantages and disadvantages of the frame shear wall building structure, the seismic design principle and earthquake control index of the substation ground building are given. According to various indicators, the frame shear wall is analyzed in the earthquake-proof design. The main point is to achieve the stiffness requirements of substation ground landscape buildings and achieve earthquake-proof design. The experimental results show that the proposed seismic design method based on substation ground building can effectively improve the seismic capacity of the whole structure, and can effectively reduce the cost. It is hoped to provide a reference for the future application of earthquake-proof

收稿日期: 2018-05-15

作者简介: 宋文新(1964-), 男, 高级工程师, 研究方向: 电力工程土建设计, 项目管理。

E-mail: Mr.SWX@163.com.

technology for urban building structures.

Keywords: Substation; Ground landscape; Building earthquake-proof

0 引言

我国城市化进程的不断加快,变电站地面建筑在城市建设中出现越来越多,同时建筑外形也越来越高端化,增加了地面建筑外围景观结构设计难度^[1]。框架剪力墙建筑结构是由框架和剪力墙相结合而成,二者都需要以钢筋和混凝土为材料,与梁柱进行连接^[2-3]。实际使用上具有较高灵活性,能够容易满足复杂建筑结构要求,为了可以有效的应用于变电站地面景观建筑中,必须考虑结构防震设计^[4-5]。

黄小宁、杜永峰等人^[6]提出了基于多模态推覆分析法的防震设计方法,通过小波变换系数法得到最坏地震角度,然后结合多模态推覆分析法,选择最佳阻尼位置,通过分析与对比原结构与减震结构的抗震能力。实验结果表明,所提方法可有效提高建筑抗震性能,但是该方法的成本开销较大。杜永峰、张文丽等人^[7]提出了基于传力路径优化配置的防震设计方法,分别计算机构中所有构件的重要性系数,在每个构件的最大重要性系数所在的位置进行布置支撑,并根据位置支撑确定最终支撑参数以及数量,并对结构进行实时分析。实验结果表明,该方法在发生较大级数的地震时,抗震能力较差。

针对上述建筑防震设计方法中存在的一系列问题,提出基于变电站地面建筑防震设计方法。实验结果表明,所提出方法可有效提高整个结构的抗震能力,并且能够有效降低成本开销。

1 变电站地面景观建筑防震设计

1.1 建筑框架剪力墙特点分析

1.1.1 框架剪力墙建筑结构的优缺点

框架剪力墙建筑是需要一定数量的剪力墙来完成,具有不容易被拆迁和安放,灵活性较差的缺点,该建筑结构将以前的剪力墙与框架结构相结合,具备其各自优点,并且通过实践证明可有效的运用到建筑行业中。

1.1.2 框架剪力墙建筑受力特点

从主观上看,框架剪力墙是与地面互相垂直存在的结构,并且结构中心都为空心状态,当受

力较大时,承受不住导致建筑结构出现弯曲现象。

1.1.3 抗震性能

我国地面景观建筑规定中对剪力墙建筑抗震等级都有所规定,所以要对框架剪力墙建筑刚度比例进行规范合理的设计,这为变电站地面建筑结构建设中最重要的一部分。

1.1.4 地面建筑刚度特征

在一般的情况下,当变电站地面建筑物底部长度占总长度的四分之一时,框架剪力墙建筑与普通墙面具有一样的抗压力时,会影响建筑的整体刚度,为此必须标注该建筑的抗震等级,当地面建筑物底部长度占总长度的四分之三时,此建筑物结构刚性较小,这时应该采取一定的措施进行减震测试。

1.2 变电站框架剪力墙建筑抗震设计原理

当发生地震时,地面建筑物受到破坏的程度取决于地震波横波和纵波的影响,地震来临时,地壳运动产生的能量将以波的形势传递到周围,促使建筑物发生震动,造成损坏,根据不同种类建筑物自身的振动频率不同,当建筑物一起发生振动时,会产生巨大的破坏,根据这些问题,在发生地震时,建筑物受地震波的影响发生振动时要受到自身携带的阻尼影响,建筑物自身携带的阻尼较小时,则地震波能量吸收的也较小,当建筑物自身阻尼设计较大时,建筑物对地震波能量吸收也较大,建筑物较小的振动幅度会一定程度上减小对自身的破坏程度,使建筑物达到抗震目的。

变电站地面景观建筑在进行抗震实际时要以小地震不会造成建筑损坏、中地震可以对建筑物进行检修,大地震使建筑物不会倒塌为原则。

框架剪力墙建筑结构在刚柔的程度上分析,可以通过建筑剪重比和自身振动周期进行体现,框架剪力墙建筑结构具有较大的刚度,当建筑结构的剪重比重较大,自振频率周期较短。

(1)根据相关规则及实践,框架剪力墙建筑结构可以利用下式进行自身振动频率周期计算:

$$T_1=(0.06\sim 0.08)N(s) \quad (1)$$

式中, T_1 为建筑物结构自振频率周期, N 为建筑物结构层数。

(2)剪重比作为衡量建筑物结构刚度的重要指

标,能够有效体现出建筑物结构刚度与地震能量波之间的联系,当建筑物结构刚度较大时,剪重比谱曲线的作用力很大,能够将剪重比控制在合理的范围内。

1.3 防震设计要点

1.3.1 提升框架的整体防震性能

增加变电站地面建筑外围框架的防震性必须对框架结构各个角柱进行加强。角柱在框架与框架之间的连接中,起到至关重要的作用。为了提升框架结构性能,需要合理设计剪刀墙数量问题,要增强整体性能,增强抗压能力。同时,应该查明该举措导致结构不稳定的原因。如果在墙板上加入十字开口,构建延性耗能墙板,效果则较为显著。在框架结构中加入赘余构件,通过轴变耗能代替轴变耗能。在较大的地震中,赘余杆件既能达到先行屈服,实现形变以此来吸引地震能力,根据自身外形产生变化后,进而调整建筑自振周期,避免建筑物一起发生自振的出现。

1.3.2 增强剪力墙的抗震能力

在防震设计环节,主要分为两点:第一点,在剪力墙周边增加梁柱结构,这样既能够阻止裂缝的扩展,还能够替遭到破坏后的剪力墙承受一些重力;第二点,科学技术所设计的肢墙面积,根据结构形式组建多个肢墙,可有效防止裂缝,避免地震时出现剪切破坏现象的出现。

1.3.3 优化整体框架抗震性能

根据框架结构,选择适宜的位置,安装塑性铰,通过控制建筑结构的空位置,构建最优耗能结构。建筑结构在受到水平向力后,在水平结构中先是出现屈服现象。

1.3.4 协调刚度和延性

通过分析对比框架与剪力墙可知,框架与剪力墙在刚度参数以及延性系数方面存在差异,两者之间的差异问题在一定程度上降低整个建筑结构的抗震性能。在另一个角度而言,由于框架结构无法统一导致整个框架无法发挥作用,并降低了整个框架的抗震能力。针对上述问题,应结合各个墙体构件,协调刚度和延性,以保证整个结构发到防震要求。并且全面考虑轴压比,从而增加结构延性,增加整个结构的抗震能力。

综上所述,随着剪力墙运用数量的不断加大,整个框架的体积以及刚度也在不断增加,可有效降低自身周期,提升整个结构的抗震能力。因此,

在防震设计方面,首先考虑整个建筑物地面结构的具体情况,从而确定整个结构的家里强数量,以保证整个结构安全可靠性能。

2 实验结果与分析

为了验证所提出基于变电站地面景观建筑防震设计方法的抗震性能,需要进行一次实验,本次实验的操作系统为 Windows10,内存容量为 48 G。

将所提出方法与基于多模态推覆分析法的防震设计方法和基于传力路径优化配置消能支撑的防震设计方法进行建筑防震设计框架剪力墙成本消耗对比实验,实验结果如表 1 所示,表 1 中, A 为所提出方法, B 为基于多模态推覆分析法的防震设计方法, C 为基于传力路径优化配置的防震设计方法。

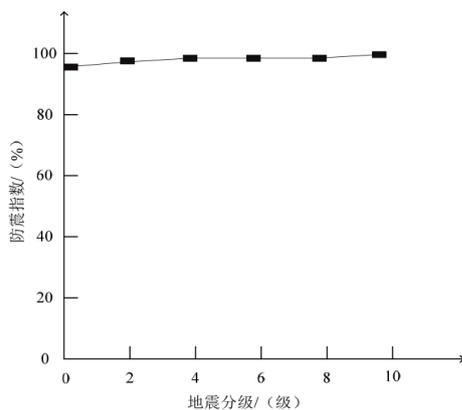
表 1 不同方法建筑防震成本消耗结果对比
Table 1 Comparison of earthquake-proof cost consumption of different methods

框架剪力墙/个	成本消耗/d		
	A	B	C
20	780	1231	1462
40	987	1689	2014
60	1200	2354	3102
80	1925	3425	4512
100	3102	5123	7523

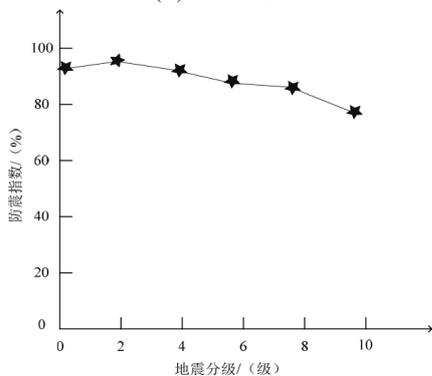
分析表 1 可知,3 种方法都随着框架剪力墙数量的增加,成本消耗也随之增加。当框架剪力墙数量为 20 个时,基于多模态推覆分析法的防震设计方法成本消耗与所提出方法之间成本消耗相差 451 d,基于传力路径优化配置的防震设计方法的成本消耗与所提出方法之间成本消耗相差 682 d,当框架剪力墙数量增加到 60 个时,基于多模态推覆分析法的防震设计方法成本消耗与所提出方法之间成本消耗相差 1154 d,基于传力路径优化配置的防震设计方法成本消耗与所提出方法之间成本消耗相差 1902 d,当框架剪力墙数量上升到 100 个时,基于多模态推覆分析法的防震设计方法成本消耗与所提出方法之间成本消耗相差 2021 d,基于传力路径优化配置的防震设计方法成本消耗与所提出方法之间成本消耗相差 4421 d,实验结

果表明,基于传力路径优化配置的防震设计方法的成本消耗最高,其次为基于多模态推覆分析法的防震设计方法,所提方法成本消耗远低于其它两种方法,在防震建筑中所需成本消耗最低。

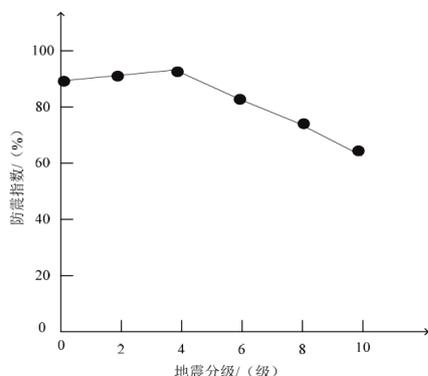
不同的建筑材料抗震能力是不同的,为了验证所提基于变电站建筑物防震设计方法的有效性,模拟不同等级的地震,对比不同的建筑物进行防震指数,对比结果图 1 所示,图 1 中,(a)为所提方法,(b)为基于多模态推覆分析的防震设计方法,(c)为基于传力路径优化配置防震设计方法。



(a) 所提方法



(b) 基于多模态推覆分析的防震设计方法



(c) 基于传力路径优化配置防震设计方法

图 1 不同防震设计方法的防震指数对比

Fig.1 Comparison of seismic index of different seismic design methods

分析图 1 可知,随着地震等级的不断增加,不同防震设计方法的防震指数也在发生变化。由图 1(a)可知,所提基于变电站建筑物防震设计方法的防震指数一直处于相对稳定的状态。当地震等级为 10 级时,所提防震设计方法的防震指数为 95%,并没有因为地震等级的增加导致防震指数下降。由图 1(b)可知,当地震等级达到 4 级以后,基于多模态推覆分析的防震设计方法的防震指数开始呈下降趋势,当地震等级为 10 级时,基于多模态推覆分析的防震设计方法的防震设计方法的幅值指数已经下降到 80%,分析可知,该防震设计方法在地震级数较低的时候,具有很好的抗震能力,但随着地震等级的不断增加,其抗震能力开始下降。由图 1(c)可知,当地震等级达到 4 级以后,基于传力路径优化配置防震设计方法的防震指数呈直线下降趋势,当地震等级达到 10 级时,基于传力路径优化配置防震设计方法的防震指数仅为 60%。通过上述分析可知,所提基于变电站建筑物防震设计方法的防震能力在 3 种方法中为最好,通过有效控制剪力墙的数量以及形式,使其抗震能力达到最佳状态。

3 结语

针对传统防震设计方法存在抗震能力较差、成本消耗较高,设计了一种基于变电站建筑物防震设计方法。所提方法通过调节剪力墙数量以及形式,可有效提高整个结构的抗震能力,并且能够有效降低成本开销,由此可见,所提基于变电站建筑物防震设计方法的重要性。未来阶段,将针对高层建筑的防震设计展开研究。

参考文献:

- [1] 孟庆利. 分段 SFC 预制壳壁抗震加固 RC 墩柱设计方法与效验[J]. 中国公路学报,2017,30(12):178-186.
- [2] 李靖. 城市轨道交通桥梁抗震设计与研究[J]. 铁道标准设计,2017,61(5):82-86.
- [3] 杜永峰, 张文丽, 黄小宁. 基于传力路径的平面不规则 RC 框架结构减震设计[J]. 地震工程学报,2017,39(3):404-410.
- [4] 唐宏伟, 孙炜, 张文洋, 等. 电力线除冰机器人基于粒子群优化的小波神经网络障碍物识别方法[J]. 机械工程学报,2017,53(13):55-63.
- [5] 石中明. 道路上盖结构基于性能的结构抗震设计研究[J]. 建筑技术,2016,47(4):365-367.
- [6] 黄小宁, 杜永峰, 李慧. 平面不规则 RC 框剪结构基于性

- 能的减震设计方法[J]. 工程力学, 2017, 34(3): 68-75.
- [7] 杜永峰, 张文丽, 黄小宁. 基于传力路径的减震设计方法研究[J]. 工程抗震与加固改造, 2017, 39(1): 64-70.
- [8] 张永亮, 宁贵霞, 陈兴冲, 等. 考虑桩-土相互作用效应的高速铁路桥梁桩基础抗震设计方法研究[J]. 冰川冻土, 2016, 38(4): 1003-1011.
- [9] 刘大海, 曾凡生, 王敏, 等. 《建筑抗震设计规范》若干问题的探讨[J]. 地震工程与工程振动, 2016, 01(1): 11-17.
- [10] 刘科元, 李海滨. 地震引起建筑结构损伤可靠性预测仿真[J]. 计算机仿真, 2017, 34(1): 423-426.