

牛艳玲,王洁宁.景观建筑挡土墙优化设计后抗震性能的实验测试研究[J].地震工程学报,2019,41(3):596-600.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.03.596

NIU Yanling, WANG Jiening. Experimental Study on the Seismic Performance of the Retaining Wall of Landscaped Buildings with Optimum Design[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2019, 41(3): 596-600. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2019.03.596

景观建筑挡土墙优化设计后抗震性能的实验测试研究

牛艳玲¹, 王洁宁²

(1. 南京铁道职业技术学院艺术设计系, 江苏 南京 210031; 2. 山东建筑大学建筑城规学院, 山东 济南 250101)

摘要:目前的景观建筑设计中往往更注重建筑的景观性,而忽略了建筑的安全稳定性,导致景观建筑的整体抗震效果较差,在景观建筑设计中加入挡土墙设计可以有效提高其抗震性。为此,设计一种具有一定抗震性能的景观建筑挡土墙,利用建筑施工过程中保留的复合纤维材料、建筑垃圾以及纤维绳等作为土墙填充物,并加入具有一定抗拉能力的拉筋材料,以保持土墙内部的稳定性。考虑景观建筑通常注重外观视觉效果,使用“平改坡”设计,在墙体表面种植具有一定视觉冲击的植物,增加土墙自重,促进土墙整体结构的稳定性。分析挡土墙后面无限倾斜填土受力状态,选取菱形微小单元体作为研究对象,计算景观建筑的挡土墙土压力强度。实验证明,优化设计的景观建筑挡土墙结构可以有效增强景观建筑的整体抗震能力。

关键词:景观建筑; 抗震性; 挡土墙; 土压力强度

中图分类号: TU022

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2019)03-0596-05

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.03.596

Experimental Study on the Seismic Performance of the Retaining Wall of Landscaped Buildings with Optimum Design

NIU Yanling¹, WANG Jiening²

(1. Department of Art and Design, Nanjing Institute of Railway Technology, Nanjing 210031, Jiangsu, China;

2. School of Architecture and Urban Planning, Shandong Jianzhu University, Ji'nan 250101, Shandong, China)

Abstract: At present, landscape architecture design often pays more attention to the view of the building while neglecting safety and stability. This leads to poor seismic response of the landscape building as a whole. Therefore, adding a retaining wall can effectively improve its earthquake resistance. For this reason, a type of retaining wall for landscape buildings with some seismic performance was designed in this paper. The composite fiber material, building refuse, and fiber rope retained in the construction process were used as the filling material of the earthen wall. To maintain the stability of the soil wall, tensile material of certain tensile strength was added to the

收稿日期:2018-07-29

基金项目:山东省自然科学基金项目;抗差卡尔曼滤波在山东省典型古建筑变形监测中的应用(ZR2010DQ018)

第一作者简介:牛艳玲(1982—),女,江西九江人,硕士,副教授,高级景观规划师,研究方向:环境艺术设计。E-mail:njnjl@126.com。

通信作者:王洁宁(1979—),女,山东济宁人,博士,讲师,研究方向:风景园林规划与设计。E-mail:beauty7572@163.com。

earth fill. Because the landscape architecture usually pays attention to the visual effect of appearance, the design of “altering flat ground into slope” was used. Plants of a certain visual impact were installed on the wall surface to increase the self-weight of the earthen wall and to promote the stability of the overall structure of the soil wall. The stress state of infinite inclined backfill behind the retaining wall was then analyzed, and the rhombic micro-element was chosen as the research object to calculate the earth pressure strength of the retaining wall. The experimental results showed that the optimized design of the retaining wall structure can effectively enhance the overall seismic capacity of the landscape building.

Keywords: landscape architecture; seismic resistance; retaining wall; earth pressure strength

0 引言

景观建筑是以建筑、园林、规划为研究理论支撑骨架,探索多学科交叉的领域。景观建筑一般是指在风景区、公园、广场等景观场所中出现的抑或本身具有景观标识作用的建筑,其具有景观与观景的双重身份。随着城市发展速度的提高,人们对城市中建筑观景的抗震性分布也越来越重视。当前景观建筑的挡土墙优化设计及抗震性研究较少,文献[1]以长春市城郊地区作为研究对象,设计了低层高密度建筑施工中的绿色挡土墙,对加筋挡土墙进行受力测试,得到具有更优承载力的挡土墙结构。文献[2]提出基于模糊理论的景观建筑空间设计方法,实现总体建筑墙面以及顶棚的覆盖,确保不同景观建筑空间构成同一整体,完成景观建筑空间的模糊化操作。

为提高景观建筑的抗震性能,本文设计一种新的景观建筑挡土墙优化设计,在填土以及填土中间加入具有一定抗拉能力的拉筋材料,保证土墙内部的稳定性。同时在挡土墙表面种植植物,增强自重,提升整体结构的稳定性,计算挡土墙的土压强度,实现在保留景观建筑的视觉效果同时,提高景观建筑抗震性能的目的。

1 景观建筑的抗震性能分析

1.1 景观建筑的挡土墙优化设计

原始景观建筑中采用的挡土墙往往未进行结构设计,导致其抗震性能较差。其挡土墙示意如图 1 所示。

为提高景观建筑挡土墙的抗震性能,需对景观建筑的挡土墙进行优化设计。利用建筑施工过程中保留的复合纤维材料、建筑垃圾以及纤维绳等作为土墙填充物,并加入具有一定抗拉能力的拉筋材料,即加筋技术,使拉杆和柔性材料结合,并且可以集绿

化植物为一体^[3-4]。拉筋可以与土墙中的填充材料之间产生一定的摩擦力,此时若发生外力,则拉筋会产生相应受力,通过拉筋保持景观建筑的土墙内部稳定性^[5]。同时,可以在墙体表面种植具有一定视觉冲击的植物,在提高景观建筑外观视觉效果的同时增加土墙自重,促进土墙整体结构的稳定性^[6-7]。所设计的景观建筑土墙结构的示意如图 2 所示。

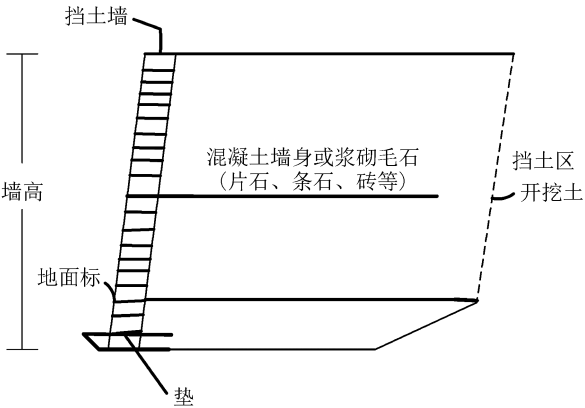


图 1 未优化的原始景观建筑挡土墙结构

Fig.1 Structural drawing of the retaining wall of original landscape building

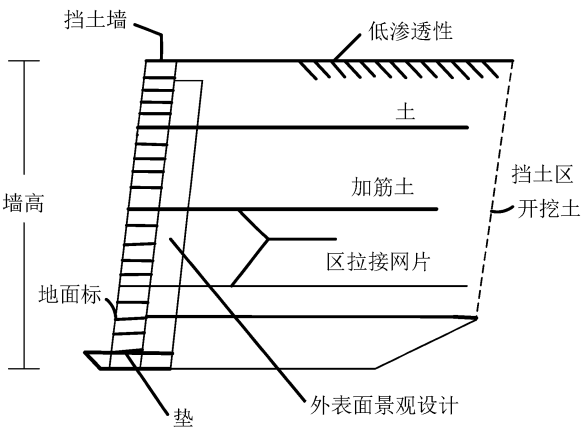


图 2 景观建筑的挡土墙结构示意图

Fig.2 Structural diagram of retaining wall of landscape building

在确定挡土墙的结构之后,考虑到挡土墙后无限填土表面的应力状态变化,选取菱形的微小单元体作为研究对象,而不是选取正方体^[8]。在选取微小单元体中应保证挡土墙后无限填土表面任意位置的微小单元体均具有同样的受力状态。具体微小单元体的选取示意如图 3 所示,其中, ad 和 bc 两条边应该与竖向应力保持平行状态。

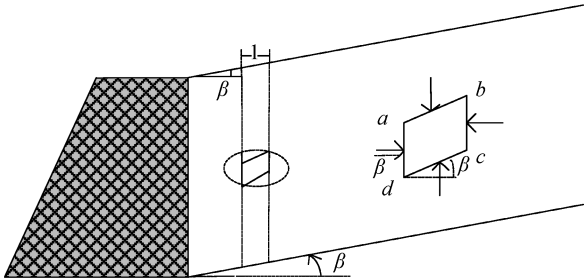


图 3 选取的菱形微小单元体示意图

Fig.3 Schematic diagram of selected diamond micro-unit

所设计的优化景观建筑挡土墙可以降低建筑耗材的使用量,增加建筑垃圾的利用率^[9];在建筑墙体外表面种植植物^[10]可以在保证景观建筑视觉效果的同时增加建筑外墙体的自重,提高建筑墙体的稳定性。选取菱形微小单元体确保墙体所受内力可以均匀分配,以提高景观建筑的挡土墙的稳定性^[11-12]。

1.2 地震作用下景观建筑的挡土墙土压力强度计算

假设景观建筑的极坐标系为 (ω, η) 为建筑极坐标系,其建筑分布密度函数 γ 为:

$$\gamma(\omega, \eta) = [\omega / (2\pi\theta_0^2)] d^{-a} [(\omega, \eta) \in T] \quad (1)$$

坐标系范围 $T = \{(\omega, \eta) | \omega > 0, \eta \in [0, 2\pi)\}$, d^{-a} 为建筑密度指数,则在景观建筑受到水平地震与竖直地震作用下 ω 与 η 的分布模型为:

$$\begin{cases} \gamma_{\omega}(\omega) = \int_0^{2\pi} \gamma(\omega, \eta) \eta = (\omega / \theta_0^2)] d^{-a} j_{(0, +\infty)} \\ \gamma_{\eta}(\eta) = \int_0^{+\infty} \gamma(\omega, \eta) \omega = \frac{1}{2\pi} j_{(0, 2\pi)} \end{cases} \quad (2)$$

式中: j 为单位函数。式(1) 也可表达为 $\gamma(\omega, \eta) = \gamma_{\omega}(\omega) \gamma_{\eta}(\eta)$, $(\omega, \eta) \in T$, ω 与 η 彼此独立,极坐标里 ω 服从瑞利的分布, $[0, 2\pi)$ 区间里设置 η 的均匀分布情况。

景观建筑的挡土墙在地震作用下处于主动极限平衡状态^[13-14],得到在水平地震作用下作用在挡土墙结构菱形单元体的压力水平分力为:

$$C_m = \frac{(h_{\infty} \times \gamma(\omega, \eta) - v_{Th})}{\tau_w(v_{Th})} \quad (3)$$

式中: v_{Th} 为复杂地物荷载因子; h_{∞} 为复杂地物抗震系数; τ_w 为抗震性模量。

在竖直地震作用下作用在挡土墙结构菱形单元体的压力水平分力为:

$$C_n = \frac{(h_{\infty} \times \gamma(\omega, \eta) - w_{Th})}{\tau_w(v_{Th})} \quad (4)$$

式中: w_{Th} 为景观建筑挡土墙荷载因子。

根据式(3)和(4),实现地震作用下景观建筑的挡土墙土压力强度计算,据此考察景观建筑的抗震性能。

2 仿真实验分析

城市内包含多个景观建筑区,本次实验通过 ETABS 软件对景观建筑的抗震性能进行模拟,随机输入三个景观建筑区,在 7 级大地震作用下,对本文设计了挡土墙结构后的景观建筑与未进行挡土墙设计的原始景观建筑抗震稳定性进行对比。设置挡土墙高 5 m,墙后回填土为两层黏性土。具体模拟的实验参数如表 1 所列。

表 1 材料参数

Table 1 Material parameters

材料	重度/(kN · m ⁻³)	弹性模量/GPa	黏聚力/kPa	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa
混凝土	25.0	40	-	15.3	15.3
钢筋	78.5	220	-	350	350
填土	26	0.26	13.5	-	-
地基	28	0.34	24	-	-

2.1 总土压力变化曲线

以上实验环境中,在整个地震过程中三个景观建筑挡土墙上的总土压力变化平均值如图 4 所示。

由以上结果可以看出,采用本文方法对景观建筑的挡土墙结构进行优化设计之后,景观建筑挡土墙随着总主动土动力的增加,本文优化设计后的位移始终小于原始景观建筑,符合实际应用的要求。

2.2 模型抗震能力测试

通过本文优化设计后的结构与原始景观建筑的损毁程度测试其抗震性。图 5 为不同建筑损毁程度评价结果图。分析该图可得高强度地震实验的景观建筑抗震性测试中,原始景观建筑平均震动幅度在 23 mm 左右,本文优化设计后平均震动幅度在 15 mm 左右,比原始景观建筑震动幅度小大约 8 mm,同时本

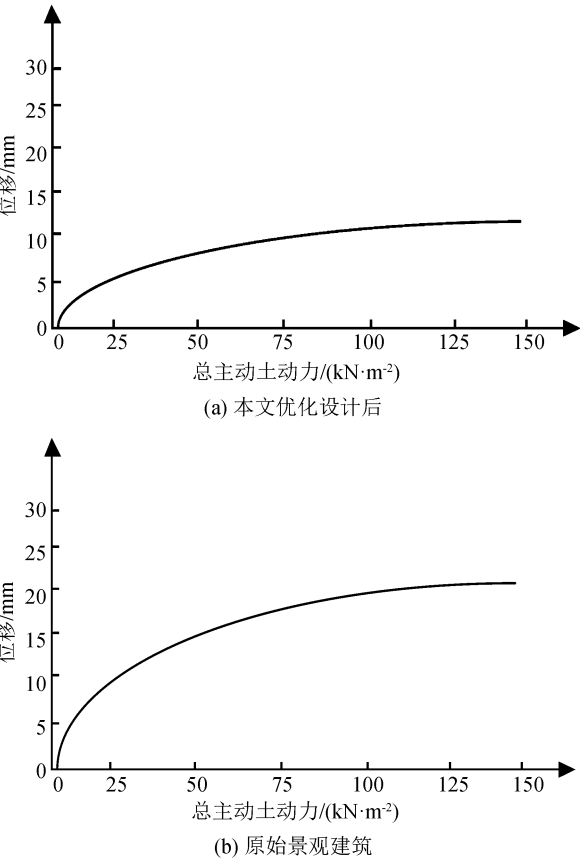


图 4 景观建筑挡土墙总土压力变化曲线

Fig.4 Total earth pressure change curves of retaining wall of landscape building

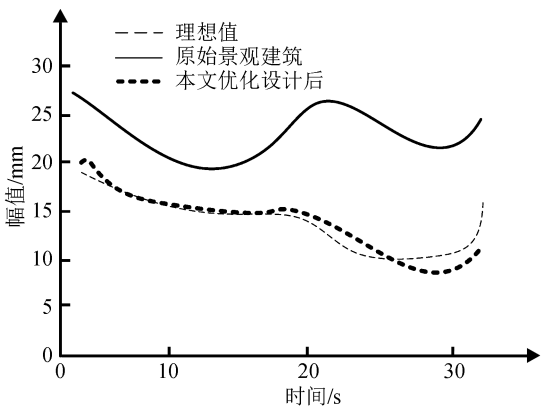


图 5 建筑震动程度结果对比

Fig.5 Evaluation results of building damage degree

文设计后的抗震性更接近理想值,证明本文模型在高强度地震时具有较高抗震能力。

2.3 对不同景观建筑物群进行的抗震能力评估

在以上景观建筑抗震能力的测试分析基础上,以本文优化设计后的景观建筑挡土墙结构作为评价指标,综合其他因素拟定了较为初步的抗震评价指标,以此对某些景观区进行了评价,统计不同景观建筑区的抗震评价结果(表 2)。

表 2 数据证明,本文模型抗震评价等级达到强的建筑观景区所占比例比原始景观建筑所占比例高 48.2%,其达到良好的建筑观景区所占比例比原始

表 2 景观建筑抗震评价结果

Table 2 The results of seismic evaluation of landscape architecture				
模型	景观建筑	评价等级		
		强	良好	不及格
本文优化设计后	景观建筑区 A/个	69	20	4
	景观建筑区 B/个	73	24	3
	景观建筑区 C/个	79	20	3
	各等级景观建筑区所占百分比/%	74.9	21.6	3.3
原始景观建筑	景观建筑区 A/个	20	29	44
	景观建筑区 B/个	24	40	36
	景观建筑区 C/个	35	25	32
	各等级景观建筑区所占百分比/%	26.7	32.9	39.2

景观建筑所占比例低 11.3%,其不及格的建筑观景区所占比例比原始景观建筑所占比例低 35.9%。综上所述,本文模型的景观建筑抗震能力强。

3 结论

为同时保证景观建筑的视觉效果以及抗震稳定性,本文对景观建筑的挡土墙结构进行了优化设计,在土墙结构中加入填充物,运用拉筋技术提高土墙内部结构的稳定性。使用“平改坡”设计,在墙体表

面种植具有一定视觉冲击的植物,增加土墙自重,促进土墙整体结构的稳定性。选取菱形微小单元体作为研究对象,计算景观建筑的挡土墙土压力强度,并利用实验验证所设计的挡土墙结构抗震性能。实验发现,优化设计景观建筑的挡土墙结构后,可以明显提高景观建筑的抗震性能。

鉴于论文篇幅所限,完成时间有限,有关详细的技术环节在此恕不做更多详述,如对不同景观建筑物群进行的抗震能力评估中叙述的较简单,在此不

一一指出,有兴趣的读者可与作者联系讨论。作者水平有限,文中错误难免,恳请读者给予批评指正。在此表示感谢!

参考文献(References)

- [1] 周慧.长春市城郊低层高密度建筑施工中绿色挡土景观墙设计[J].科技通报,2017,33(11):121-124.
ZHOU Hui.Design of Green Retaining Wall for Low Density Construction in Suburbs of Changchun[J].Bulletin of Science and Technology,2017,33(11):121-124.
- [2] 孟晓惠.基于模糊理论的建筑景观空间优化设计[J].现代电子技术,2017,40(23):64-68,72.
MENG Xiaohui.Optimization Design of Architectural Landscape Space Based on Fuzzy Theory[J].Modern Electronics Technique,2017,40(23):64-68,72.
- [3] 饶力.剪力墙转换结构分析下建筑抗震性能研究[J].地震工程学报,2018,40(4):26-27.
RAO Li.Analyzing the Seismic Performance of Buildings by Considering Shear-wall Transfer Structures[J].China Earthquake Engineering Journal,2018,40(4):26-27.
- [4] 薛建阳,马林林,董金爽,等.斗拱对钢结构仿古建筑檐柱抗震性能的影响分析[J].振动与冲击,2018,37(19):245-253.
XUE Jianyang,MA Linlin,DONG Jinshuang,et al.Influences of Brackets on Aseismic Performance of Steel Eave Columns in an Imitated Ancient Building[J].Journal of Vibration and Shock,2018,37(19):245-253.
- [5] 华建兵,吴韬,蒋敏,等.大震下村镇建筑砌体结构的抗震性能数值分析[J].地震工程学报,2017,39(1):52-57.
HUA Jianbing,WU Tao,JIANG Min,et al.Numerical Analysis of Seismic behaviors of Masonry Structures in Village Buildings during Strong Earthquakes[J].China Earthquake Engineering Journal,2017,39(1):52-57.
- [6] 曹彬.某车库挡土墙结构优化设计[J].山西建筑,2017,43(21):32-33.
CAO Bin.Optimal Design of the Garage Retaining Wall Structure[J].Shanxi Architecture,2017,43(21):32-33.
- [7] 郑媛元.城市道路两翼植物景观三维图像优化设计仿真[J].计算机仿真,2016,33(11):250-253.
ZHENG Yuanyuan.City Road Plant Landscape Wing 3D Image Simulation Optimization Design[J].Computer Simulation,2016,33(11):250-253.
- [8] 张立博.婺源复式江南古街设计中建筑景观环境的塑造手法[J].建筑技术,2017,48(3):325-327.
ZHANG Libo.Building Landscape Environment Realization Method in Double Entry Building Ancient Street Design of WuYuan County[J].Architectural Technology,2017,48(3):325-327.
- [9] 张雪东,冯玮,钟顺元,等.两级重力式挡土墙结构体系加固机理及优化设计研究[J].路基工程,2018,20(1):5-9.
ZHANG Xuedong,FENG Wei,ZHONG Shunyu,et al.Study on Reinforcement Mechanism and Optimization Design of Structure System for Two-stage Gravity Retaining Wall[J].Subgrade Engineering,2018,20(1):5-9.
- [10] 章宏生,沈振中,徐力群,等.新型装配扶壁式挡土墙的抗震性能研究[J].中国农村水利水电,2017,40(3):121-125.
ZHANG Hongsheng,SHEN Zhenzhong,XU Liquan,et al.Research on the Seismic Behavior of New Assembly Buttressed Retaining Wall Structures[J].China Rural Water and Hydropower,2017,40(3):121-125.
- [11] 鲍洁敏,成玉宁,丁文韬.城市设计实践中的景观——建筑合作模式创新[J].中国园林,2017,33(2):22-26.
BAO Jiemin,CHENG Yuning,DING Wentao.Landscape-architecture Cooperation Model Innovation in the Practice of Urban Design[J].Chinese Gardens,2017,33(2):22-26.
- [12] 李杨帆,林静玉,孙翔.城市区域生态风险预警方法及其在景观生态安全格局调控中的应用[J].地理研究,2017,36(3):485-494.
LI Yangfan,LIN Jingyu,SUN Xiang.An Early Warning Method on Ecological Risk and its Application to Improve Landscape Ecological Security Pattern Regulation[J].Geographic Research,2017,36(3):485-494.
- [13] 明海燕,李相崧,DAFALIAS Y F.砂土各向异性对挡土墙抗震性能影响数值分析[J].深圳大学学报(理工版),2007,24(3):221-227.
MING Haiyan,LI Xiangsong,DAFALIAS Y F.Numerical Study of Impact of Soil Anisotropy on Seismic Performance of Retaining Structure[J].Journal of Shenzhen University (Science And Engineering),2007,24(3):221-227.
- [14] 曹铭昌,龚溪,孙孝平,等.江苏盐城自然保护区湿地景观格局空间优化模拟[J].生态与农村环境学报,2016,32(5):743-749.
CAO Mingchang,GONG Xi,SUN Xiaoping,et al.Spatial Optimization of Wetland Landscape Pattern in Jiangsu Yancheng Nature Reserve[J].Journal of Ecology and Rural Environment,2016,32(5):743-749.