

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2017.04.043

板柱与梁板结构受力性能对比研究

雷 华¹, 向伟明², 黄 鑫²

(1. 广州城市职业学院, 广东 广州 510006; 2. 广州大学 土木工程学院, 广东 广州 510006)

摘 要: 以某工程为算例, 分别选取合理板柱与梁板结构计算模型, 按照相关规范进行大型广场在平时工况与战时工况顶板各构件承载力计算, 并对其两种结构型式的受力性能分析对比, 以总结出地下人防结构顶板的适用原则, 为实际工程设计提供参考依据。

关键词: 板柱结构; 梁板结构; 受力性能; 分析对比

中图分类号: TU398

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2017)04—0217—06

Mechanical Behavior Comparison Between Slab Column Structure and Beam Slab Structure

LEI Hua¹, XIANG Weiming², HUANG Xin²

(1. Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510006, China;

2. Faculty of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong 510006, China)

Abstract: This paper takes a project as an example, and selects reasonable plate column and beam slab structure calculation model of a large square in accordance with the relevant regulations to calculate the bearing capacity of normal condition and the components of wartime conditions roof, and the structure of two types of stress performance was analyzed and compared, and finally we summarized the application of the principle of human anti roof structure.

Keywords: slab column structure; beam slab structure; mechanical behavior; analysis and comparison

地下空间结构设计荷载较大, 还需要兼顾防水抗裂等要求, 建成后一旦出现问题将难以修复, 且费用较大收效甚微, 因此地下空间结构设计应谨慎选择合理的结构体系^[1-2]。地下空间常用的楼盖各有其优缺点: 梁板结构技术成熟, 传力途径明确, 但在层高一定的情况下, 净空利用率较低, 且不利于铺设各类设备管线。板柱结构板底平整, 净空利用率高, 能有效减少填挖土方所带来的工程量^[3-6]。本文根据计算模型及计算所得的荷载分别对大型广场的平时与战时工况下的地下人防结构的板柱结构梁板结构的受力性能进行对比分析。

1 计算模型选取

本文所选取的计算模型是根据某大型工程建立的, 本工程为地下两层大型现浇混凝土框架结构, 层高为 5.5 m。楼板采用板柱结构加柱帽和梁板结构的结构形式, 柱距为 8.0 m。顶板、墙柱及底板采用 C35 等级混凝土。为了简化分析过程, 横纵向均取 7 跨作为平面框架的计算模型。其中板柱结构与梁板结构的计算模型如图 1 所示。

板柱结构与梁板结构尺寸见表 1。

表 1 板柱结构与梁板结构构件尺寸

单位: mm

结构型式	底板	顶板	外墙	框架柱尺寸	中板柱帽厚度 (含板厚)	顶板柱帽高 (含板厚)	托板尺寸	次梁尺寸	框架梁尺寸
梁板结构	700	500	500	1000 × 1000				300 × 700	500 × 1000
板柱结构	700	600	500	1000 × 1000	1200	1200	3000 × 3000		

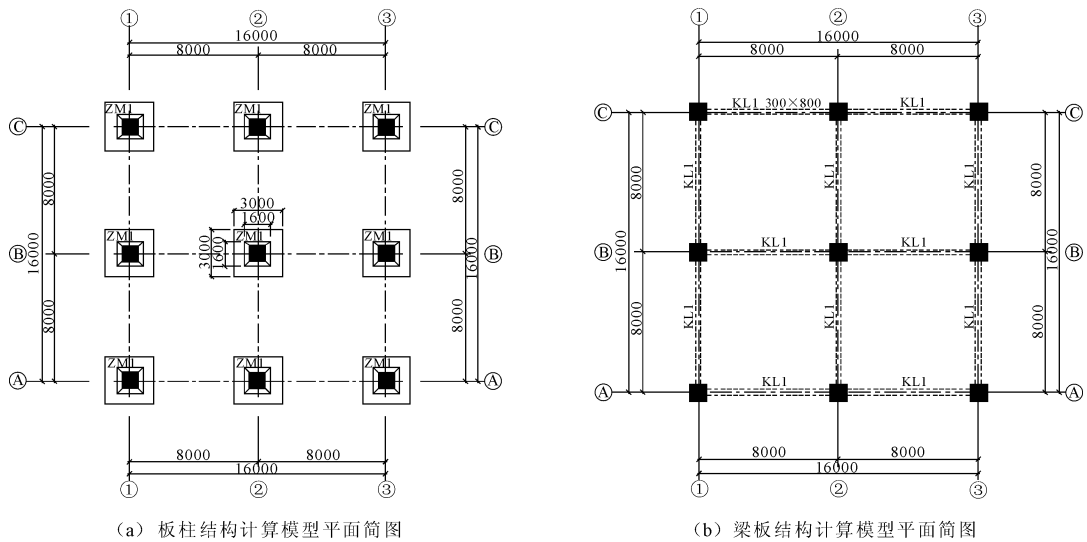


图 1 板柱结构与梁板结构计算模型

2 内力对比分析

2.1 大型广场工况内力对比分析

按照《人民防空工程设计规范》^[7](GB50225-2005)的规定,通过以上选取的计算模型分别计算平时工况板柱结构与梁板结构各位置弯矩值,如表 2、表 3 所示。

从表 2 和表 3 可以看出:

(1) 地下空间人防结构顶板采用板柱结构的中间跨跨中正弯矩值比梁板结构的正弯矩值小,其余

位置均比梁板结构的弯矩值大。产生这样的结果是由于在中间跨的跨中位置,板柱结构两跨端的柱帽尺寸较大,能有效地缩短板跨,从而起到了降低跨中正弯矩值的效果。

在平时工况下,边跨跨中板带的差值范围在 19.18%~26.89%;边跨柱上板带相差 -3.35%~27.73%;中间跨跨中板带相差 -5.74%~18.99%;中间跨柱上板带相差 -0.15%~24.56%;集中荷载作用的跨中板带相差 -7.92%~20.35%;集中荷载作用的柱上板带相差 -1.64%~28.44%。

表 2 广场平时工况板柱结构与梁板结构各位置弯矩值

楼盖类型	位置	不同部位弯矩/(kN·m)				2种结构弯矩差值平均值/%
		墙边	边跨跨中	边跨支座	中间跨支座	
板柱结构	墙上板带	-83.29	-222.05	-218.68	-218.25	33.98
梁板结构		-81.37	-169.30	-83.50	-82.33	
板柱结构	边跨跨中板带	-377.90	211.79	275.14	279.15	21.92
梁板结构		-323.03	171.17	203.55	204.09	
板柱结构	边跨柱上板带	-393.58	289.55	-3737.30	-3597.41	47.77
梁板结构		-163.23	209.27	-810.21	-804.51	
板柱结构	中间跨跨中板带	-405.27	271.13	188.03	184.99	9.45
梁板结构		-234.08	219.63	195.99	192.44	
板柱结构	中间跨柱上板带	-390.81	277.71	-3355.90	-3111.33	47.20
梁板结构		-153.11	209.51	-806.22	-784.23	
板柱结构	集中荷载作用的跨	-406.59	275.18	179.60	306.11	14.78
梁板结构		-232.86	219.17	193.83	277.84	
板柱结构	集中荷载作用的柱	-391.24	293.14	-3615.80	-4201.72	48.50
梁板结构		-152.96	209.76	-800.50	-968.76	

表3 广场战时工况板柱结构与梁板结构各位置弯矩值

楼盖类型	位置	不同部位弯矩/(kN·m)					2种结构变矩 差值平均 值/%
		墙边	边跨跨中	边跨支座	中间跨跨中	中间跨支座	
板柱结构	墙板上板带	-112.35	-166.04	-196.27	-111.56	-194.88	-47.24
梁板结构		-109.64	-268.40	-131.05	-228.14	-129.34	
板柱结构	边跨跨中板带	-539.29	353.18	460.63	430.40	467.65	20.38
梁板结构		-520.40	283.39	335.54	329.74	336.33	
板柱结构	边跨柱上板带	-620.88	453.45	-6128.89	306.06	-5885.58	47.21
梁板结构		-256.78	342.99	-1325.62	315.41	-1311.07	
板柱结构	中间跨跨中板带	-639.71	449.78	306.40	251.09	296.44	11.27
梁板结构		-372.10	360.93	317.15	243.83	310.17	
板柱结构	中间跨柱上板带	-616.95	460.37	-5885.98	286.27	-5450.59	46.72
梁板结构		-240.62	343.07	-1313.43	306.67	-1276.51	
板柱结构	集中荷载作用的跨	-642.53	453.24	319.35	354.70	426.24	15.84
梁板结构		-370.22	359.89	314.78	327.37	396.07	
板柱结构	集中荷载作用的柱	-617.12	461.61	-5923.48	338.31	-6254.97	48.18
梁板结构		-240.35	343.24	-1306.71	339.95	-1454.20	

在战时工况下,边跨跨中板带相差范围19.76%~28.08%;边跨柱上板带相差-3.05%~24.36%;中间跨跨中板带相差-4.63%~19.75%;中间跨柱上板带相差-7.13%~25.48%;集中荷载作用的跨中板带相差1.43%~20.60%;集中荷载作用的柱上板带相差-0.48%~25.64%。

(2) 顶板采用板柱结构的负弯矩的绝对值比用梁板结构的负弯矩值大。

在平时工况下,对于墙边支座,板柱结构较梁板结构柱上板带的负弯矩值增长范围在2.31%~60.90%;对于边跨支座和中间跨支座,板柱结构较梁板结构边跨柱上板带增加77.64%~78.32%;中间跨柱上板带增加74.79%~75.98%;集中荷载作用的柱上板带增加76.94%~77.86%。

战时工况下,对于墙边支座,板柱结构较梁板结构柱上板带的负弯矩值增加2.41%~61.05%;对于边跨支座和中间跨支座,板柱结构较梁板结构边跨柱上板带增加72.37%~78.37%;中间跨柱上板带增加76.38%~77.69%;集中荷载作用的柱上板带增加76.75%~77.94%。

以上结果表明,除战时工况下的跨中板带负弯矩外。板柱结构在平时、战时工况下的负弯矩值均比梁板结构的负弯矩值大,负弯矩峰值出现在柱顶位置,且柱上负弯矩值差值约在75%左右。

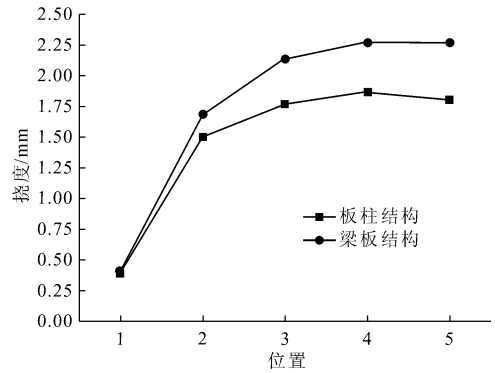
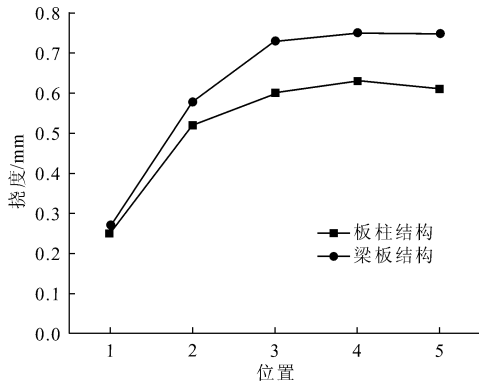
(3) 根据对比结果可知,采用板柱结构的大型

广场下的地下空间人防结构顶板,在平时工况和战时工况下,各跨中板带除中间跨跨中位置外,其余位置正弯矩值均比采用梁板结构增加,增加值范围在18.99%~28.08%内,随位置不同及荷载大小变化而变化。采用板柱结构的弯矩较梁板楼盖的大,且在集中荷载作用的位置板柱结构的弯矩增加值较其他位置大。因此从受力性能角度考虑在无集中荷载作用的位置采用板柱结构能起到降低跨中正弯矩降低板底正筋的用量;在上部有集中荷载作用的位置采用梁板结构能有效的降低板底正弯矩值,从而降低钢筋用量。在实际工程设计中可以考虑根据荷载大小及使用要求组合采用两种顶板结构以达到受力性能最佳的效果。

2.2 大型广场工况内挠度力对比分析

为便于下文叙述方便,对隔板带的墙边、边跨跨中、边跨支座、中间跨跨中、中间跨支座分别以1、2、3、4、5号位置表示。通过计算模型得到板柱结构与梁板结构的各位置位移值绘制曲线图,见图2~图8。

由图2可知,板柱结构挠度由位置1~4逐渐增加,由位置4~5则减少,平时工况在位置4达到峰值为0.63 mm,战时峰值为1.87 mm;双向板楼盖挠度由位置1~5逐渐增加在位置5平时工况达到峰值为0.75 mm,战时为2.27 mm。两种楼盖的差值由位置1~5逐渐增加。



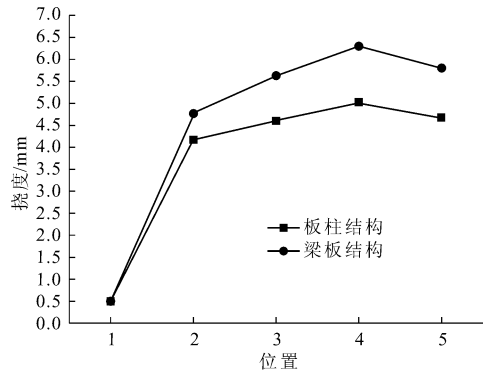
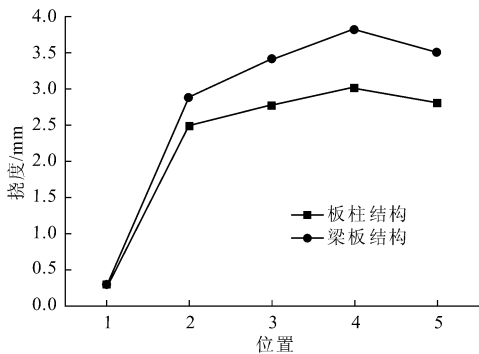
(a) 平时工况墙边板带各位置挠度值

(b) 战时工况墙边板带各位置挠度值

图 2 平时工况与战时工况墙边板带各位置挠度值

由图 3 可知,板柱结构挠度由位置 1~4 逐渐增加,由位置 4~5 则减少,平时工况下峰值出现在位置 4 为 3.01 mm,战时峰值为 5.02 mm;梁板结构挠

度由位置 1~4 逐渐增加,由位置 4~5 则减少,平时工况下峰值出现在位置 5 为 3.82 mm,战时为 6.32 mm。两种楼盖的差值由位置 1~5 逐渐增加。



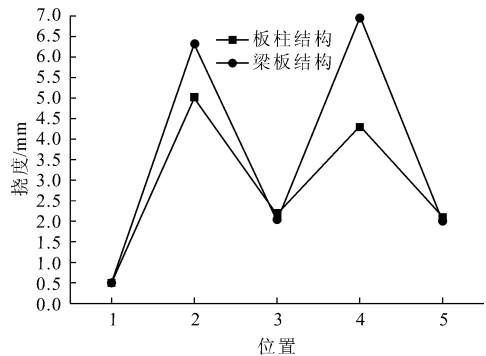
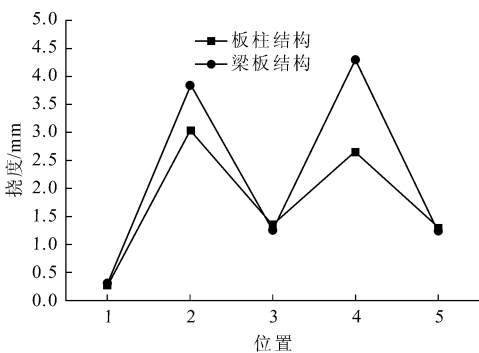
(a) 平时工况边跨跨中板带各位置挠度值

(b) 战时工况边跨跨中板带各位置挠度值

图 3 平时工况与战时工况边跨跨中板带各位置挠度值

由图 4 可知,板柱结构和梁板结构的挠度值均呈类 M 字型分布在位置 2、4 拐点。平时工况板柱结构在位置 2 出现挠度峰值为 3.04 mm,战时为 5.04 mm;平时工况下梁板结构挠度峰值出现在位置 4 为

3.82 mm,战时为 6.99 mm。两种楼盖的差值呈现波动,在位置 4 达到最大值平时工况为 1.63 mm,战时为 2.67 mm。



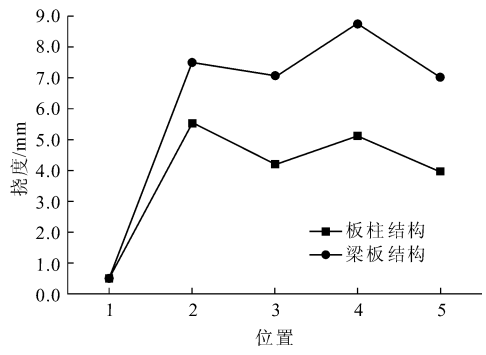
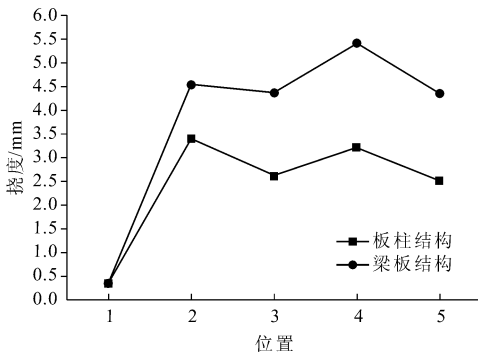
(a) 平时工况边跨柱上板带各位置挠度值

(b) 战时工况边跨柱上板带各位置挠度值

图 4 平时工况与战时工况边跨柱上板带各位置挠度值

由图 5 可知,板柱结构中间跨的挠度变化趋势较梁板结构平缓。平时工况板柱结构在位置 2 出现挠度峰值为 3.42 mm,战时为 5.65 mm;平时工况下

梁板结构挠度峰值出现在位置 4 为 5.40 mm,战时为 8.76 mm。两种楼盖的差值最大值出现在位置 4 平时工况为 1.90 mm,战时为 3.63 mm。



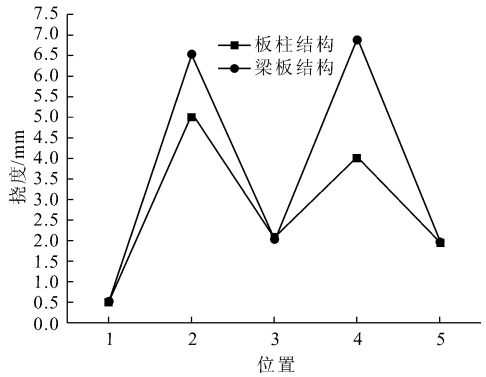
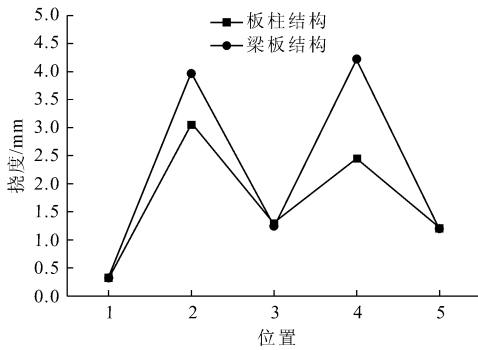
(a) 平时工况中间跨跨中板带各位置挠度值

(b) 战时工况中间跨跨中板带各位置挠度值

图 5 平时工况与战时工况中间跨跨中板带各位置挠度值

由图 6 可知,板柱结构和梁板结构的挠度值均呈类 M 字型分布。平时工况板柱结构在位置 2 出现挠度峰值为 3.42 mm,战时为 5.65 mm;平时工况

下梁板结构挠度峰值出现在位置 4 为 5.40 mm,战时为 8.76 mm。两种楼盖的差值呈现波动,在位置 4 达到最大值平时工况为 2.20 mm,战时为 3.63 mm。



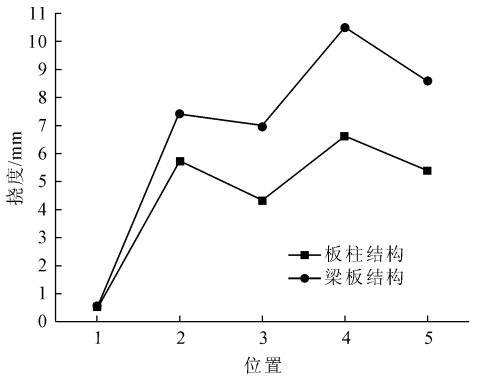
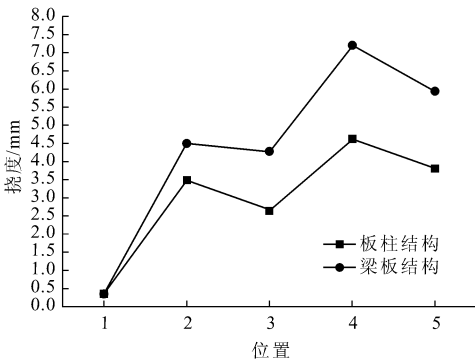
(a) 平时工况中间跨跨上板带各位置挠度值

(b) 战时工况中间跨跨上板带各位置挠度值

图 6 平时工况与战时工况中间跨跨上板带各位置挠度值

由图 7 可知,板柱结构的挠度变化趋势较梁板结构平缓。平时工况板柱结构在位置 4 出现挠度峰值为 4.64 mm,战时为 6.65 mm;平时工况下梁板结

构挠度峰值出现在位置 4 为 7.22 mm,战时为 10.55 mm。两种楼盖的差值最大值出现在位置 4 平时工况为 2.58 mm,战时为 3.90 mm。



(a) 平时工况集中荷载作用的跨中板带各位置挠度值

(b) 战时工况集中荷载作用的跨中板带各位置挠度值

图 7 平时工况与战时工况集中荷载作用的跨中板带各位置挠度值

由图 8 可知,板柱结构和梁板结构的挠度值均呈类 M 字型分布。平时工况板柱结构在位置 2 出现挠度峰值为 3.1 mm,战时为 5.12 mm;平时工况下

梁板结构挠度峰值出现在位置 4 为 4.98 mm,战时为 7.64 mm。两种楼盖的差值呈现波动,在位置 4 达到最大值平时工况为 2.05 mm,战时为 3.13 mm。

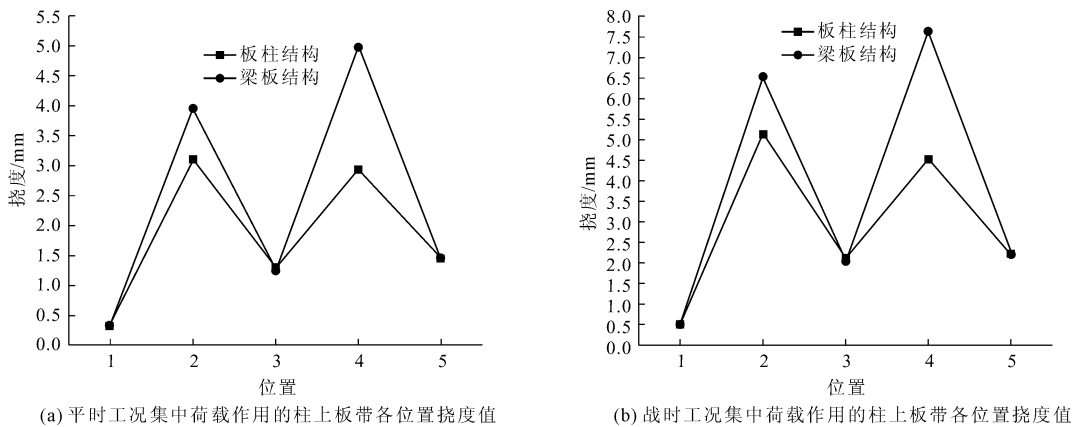


图 8 平时工况与战时工况集中荷载作用的柱上板带各位置挠度值

3 结 论

本文对上部功能为大型广场地下人防结构顶板的受力和变形性能进行了详细的分析对比并得出了一下结论:

(1) 板柱结构在荷载变化时其弯矩值变化幅度较梁板结构的明显;

(2) 在上部有集中荷载作用的区域内受力性能不及梁板结构,但在挠度方面板柱结构比梁板结构变形更小;

(3) 板柱结构作为地下人防结构的顶板从受力性能方面考虑,其适用范围较梁板结构的更广。

参考文献:

- [1] Szilard R. 板的理论和分析 经典法和数值法 [M]. 陈太平译. 北京:中国铁道出版社,1984.
- [2] 赵宇. 人防工程建设与城市地下空间开发利用相结合战略及对策研究 [D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [3] 赵明. 地下人防工程顶板的优化设计实例 [J]. 浙江建筑,2008,25(8):19-21.
- [4] 吕志涛,郑文忠. 后张 PC 平板-柱结构抗震性能研究 [J]. 哈尔滨建筑大学学报,1996(6):70-79.
- [5] 徐珂,田立强. 地下单层无梁楼盖结构设计与计算分析 [J]. 建筑结构,2009,39(2):54-57,97.
- [6] 王必刚. 板柱结构静力弹塑性分析与试验研究 [D]. 杭州:浙江大学,2007.
- [7] 人民防空工程设计规范:GB 50225—2005 [J]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.

(上接第 161 页)

- [9] 张富有,李刘操,徐松. 基于液化判别的尾矿坝动力稳定性分析 [J]. 河海大学学报:自然科学版,2012,40(6):648-652.
- [10] 汪闻韶. 土的液化机理 [J]. 水利学报,1981(5):22-34.
- [11] 徐志英,沈珠江. 尾矿高堆坝地震反应的综合分析与液化计算 [J]. 水利学报,1983(5):30-39.
- [12] 郝冰,张彦,曲淑英,等. 场地卓越周期的计算及其工程应用 [J]. 水利与建筑工程学报,2016,14(5):144-150.
- [13] 张家荣. 基于 SLOPE/W 的某小型水库初设坝坡稳定

- 复核 [J]. 水利与建筑工程学报,2016,14(1):178-183.
- [14] 康志强,韩强,王森,等. 某拟建尾矿库坝体动力稳定性数值模拟研究 [J]. 矿业研究与开发,2015,35(10):59-62.
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 构筑物抗震设计规范:GB 50192—2012 [S]. 北京:中国计划出版社,
- [16] 中华人民共和国水利部. 小型水利水电工程碾压式土石坝设计导则:SL 189—96 [S]. 北京:中国水利水电出版社,1996.