

抗拔桩布置型式对基础内力影响的对比实例分析

罗晓东¹ 张怀静¹ 孙宏伟^{1,2}

(1. 北京建筑大学,北京 100044;2. 北京市建筑设计研究院有限公司,北京 100045)

【摘要】 针对有抗浮需求的某工程,在确定抗拔桩根数后,借鉴工程常用布桩方法,分别对集中布桩、均匀布桩和板中布桩三种布桩型式进行研究。用岩土工程有限元数值软件 MIDAS/GTS^[1]对三种布桩型式进行分析,并改变水位高度,将不同布桩型式在不同水位下底板和地基梁弯矩值进行比较,得出底板及地基梁弯矩值在低水位工况下集中布桩最小、在高水位工况下板中布桩最小的结论。

【关键词】 抗拔桩;布桩型式;数值分析;弯矩

【中图分类号】 TU 473.1

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2015.04.006

Case Study for the Influence of Uplift Pile Arrangement Type on the Internal Forces of the Foundation

Luo Xiaodong¹ Zhang Huaijing¹ Sun Hongwei^{1,2}

(1. Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

2. Beijing Institute of Architecture Design Co., Ltd, Beijing 100045, China)

【Abstract】 In order to ensure the safety and normal use of buildings, the uplift pile should be used when the underground water level is high. By using MIDAS/GTS to calculate the foundation slab and beam bending moment of three normal uplift pile-arrangement type in actual projects at different underground water level, the best type for certain working condition could be found.

【Key words】 uplift pile; arrangement type; numerical analysis; bending moment

0 引言

随着城市建设的高速发展,建筑空间已从广度向深度不断拓展,随之而来产生大量地下水问题,尤其是当地下水位较高时,由它产生的浮力对地下结构的影响尤为突出^[2]。抗拔桩作为当今主流的抗浮措施,因为其经济、高效、便捷等优势得到广泛使用。目前,关于抗拔桩的研究更多地集中于单桩受力机理^[3]、抗拔桩(抗浮锚杆)布置型式对抗浮构件作用发挥^[4]以及对地基梁内力的影响,较少有人将研究重点放在通过改变抗拔桩布置型式来改良基础底板的受力情况。

在总桩数一定的情况下,合理的布桩型式能有效减小底板内力,从而达到安全经济的效果。笔者通过总结大量实际工程的桩布置型式,找出三种常用型式进行研究,即柱下集中布桩、均匀布桩和板中布桩,以岩土数值模拟软件 MIDAS/GTS 为工具进行计算,并改变水位高度,对比不同布桩型式在不同

水位下底板和地基梁弯矩值的大小,得出底板及地基梁弯矩值在低水位工况下集中布桩最小、在高水位工况下板中布桩最小的结论,希望相关结论能对今后的抗拔桩设计提供参考。

1 工程介绍

1.1 工程概况

某工程位于北京市朝阳区东北三环燕莎商圈,西靠天泽路,南依七彩南路和亮马河东街,裙房地上 3 层,建筑物高度 20.0 m,地下均为 4 层,基础埋深约 18.0 m;裙房及地下室采用框架剪力墙结构型式,基础型式均为现浇梁板式筏形基础。拟建工程场地地面标高为 37.32~41.17 m,±0.00 标高为 38.5 m,抗浮设计水位标高可按 34.00 m 考虑。由于主楼层数较多,荷载较大,不存在抗浮问题,故抗拔桩的问题主要集中在裙房部分。基础平面及抗拔桩布置范围见图 1。

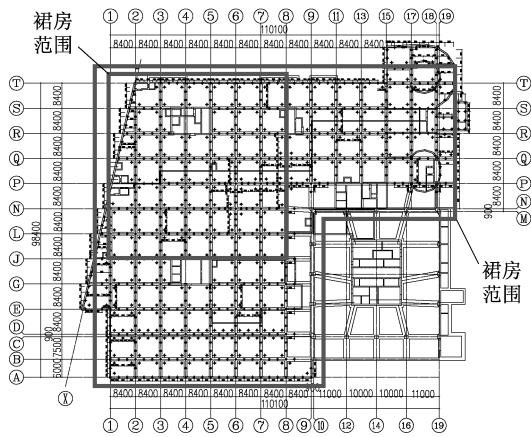


图1 抗拔桩布置图

1.2 地层条件

根据工程地质勘察报告可知,基础底板以下,桩基础影响范围为⑥₁—⑧₁层,主要是以粉质粘土、细砂间隔为主。土层相关参数见表1。

表1 场地土层物理力学性质表

层号	土层名称	极限侧阻力 标准值 q_{sik}/kPa	回弹再压 缩模量 E_s/MPa	粘聚力 c/kPa	内摩 擦角 $\varphi/(\circ)$
⑥ ₁	砂质粉土	60	35	22	24
⑥ ₂	粉细砂	60	(102)	(0)	(30)
⑦	细砂	65	(100)	(0)	(30)
⑧	粉质粘土	60	(26)	31	17
⑧ ₁	粉细砂	70	(110)	(0)	(30)
⑧ ₂	砂质粉土	65	(40)	22	24
⑨	粉质粘土	65		31	17
⑩	粉质粘土	70		31	17
⑩ ₁	细砂	70		(0)	(30)
⑪	细砂	80		(0)	(30)

注:表中带括号的值表示勘察报告中根据《工程地质手册》给出的经验值

2 抗拔桩设计

由于是讨论每个板格(或柱下)的抗拔桩布置情

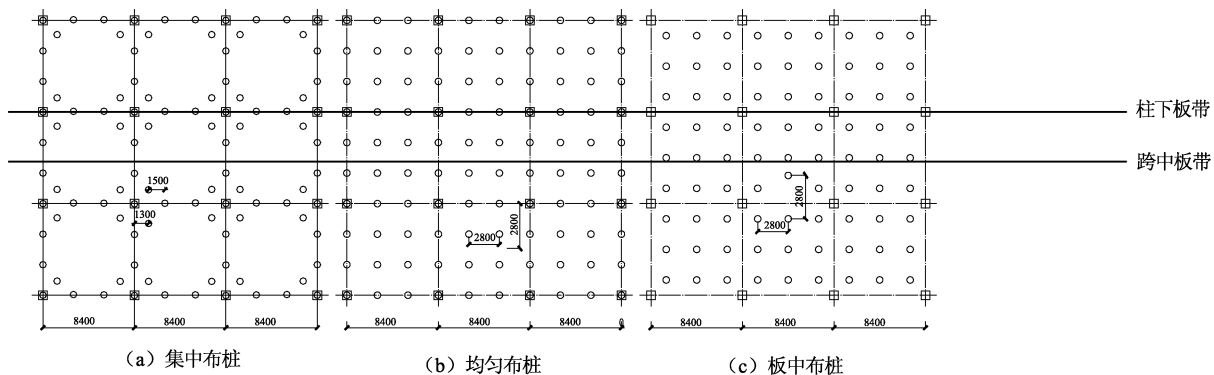


图2 桩布置示意图(单位:mm)

3 数值计算分析

在不影响分析目的的前提下,为方便模型建立,

况,故确定抗拔桩数量过程中均以—个板格(或柱下)作为讨论对象。抗拔桩桩身及底板、地基梁均采用C30混凝土,桩径600mm,桩长13m,底板厚600mm,地基梁截面尺寸为1000mm×1500mm。

2.1 设计工况分类

从该建筑开始施工到整个使用周期内,以柱荷载和水浮力为变量进行组合,可能遇到的工况^[5]包括:

- a. 使用阶段水浮力最大,柱压力最大;
 - b. 使用阶段水浮力最大,柱压力最小;
 - c. 使用阶段水浮力最小,柱压力最大;
 - d. 使用阶段水浮力最小,柱压力最小;
 - e. 施工阶段无水浮力,柱压力最大。
- 可以预见的是,工况a、e可能是基础底板及地基梁内力的控制工况,而工况b是抗拔桩根数确定的控制工况。由于抗浮工况下柱荷载对于底板受力是有利因素,为保守起见,抗浮工况荷载取值参照工况b,抗压工况荷载取值参照工况e。根据pkpm导荷结果可知,工况b所对应柱荷载为3500kN,水浮力为130kPa,工况e对应的柱荷载为8000kN。

根据勘察报告给出的极限侧阻力标准值,考虑桩自重对于抗拔力的有利贡献,每根桩抗拔力确定为530kN,由于最高水位高出底板13m,水浮力分项系数取1.0^[6],扣除底板和地基梁自重后,每板格所需抗拔桩提供抗浮力4374.3kN,故每板格(或柱下)所需抗拔桩根数为4374.3/530=8.25根,取9根。

2.2 抗拔桩布置方案

集中布桩:以柱为中心,在桩距满足 $3d^{[7]}$ 的前提下使抗拔桩集中在柱周围;均匀布桩:在桩距一致的前提下,在整个底板范围内均匀布置抗拔桩;板中布桩:在桩距一致的前提下,只在板格中心布置抗拔桩,柱下及地基梁下无抗拔桩,图2为截取研究区域中心3×3跨的桩布置示意图。

将分析区域确定为图1所示的矩形部分,并将其转化为7×7跨的正方形区域,单跨跨距8.4m。为真

实反映所研究区域与周围土体相互作用的情况,尽可能地消除边界效应,模型尺寸在长宽方向各取底板尺寸的3倍,即 $58.8 \times 3 = 176.4$ m,深度方向取桩长度的2~3倍,取30 m。

3.1 参数和本构模型的选取

在对于实际工程的模拟中,本构模型的选取很重要,MIDAS/GTS中提供了多种本构模型,由

于本文着重讨论底板及地基梁的内力,故土体选取经典的摩尔-库伦(Mohr-Coulomb)本构模型便能得到比较理想的结果,具体参数参见表2。由混凝土构成的抗拔桩、底板和地基梁在本工程中不必分析裂缝及复杂的应力状态等,故混凝土本构采用线弹性模型;底板选择板单元、桩选择梁单元进行模拟。

表2 土层参数一览表

本构模型	土名	重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	泊松比 ν	弹性模量 E/kPa
摩尔-库伦	砂质粉土	20.2	22	24	0.35	35 000
	细砂	21.4	0	30	0.30	100 000
	粉质粘土	20.2	31	17	0.32	26 000
弹性	混凝土	24			0.18	30 000 000

3.2 模型输入

为合理控制单元数量,在不影响计算精度的前提下减少计算时间,在划分实体单元前先播种尺寸信息,增大模型边缘网格尺寸,减少网格数量。为考虑基坑周围土体的影响,将周边土等效为相应面荷载加到底板范围以外的土体上,并设置初始地应力分析来模拟土体应力场^[8]。模型情况见图3。工况e下集中布桩型式共有节点13366个,单元58891个;均匀布桩型式共有节点13011个,单元55913个;板中布桩型式共有节点13030个,单元56161个;工况b下集中布桩型式共有节点22538个,单元68099个;均匀布桩型式共有节点22248个,单元65109个;板中布桩型式共有节点22284个,单元64540个。

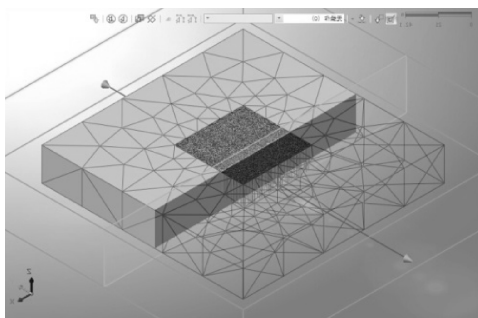


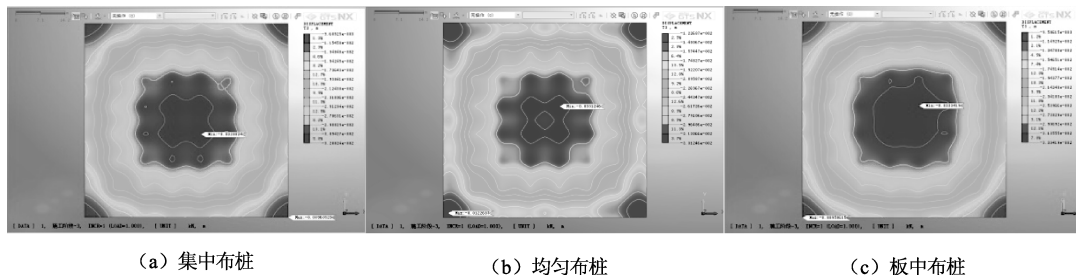
图3 模型示意图

3.3 输出分析

计算出结果后,分工况e和工况b提取图2所示柱下板带和跨中板带上底板及地基梁弯矩值,详细结果见图4—图17,其中底板竖向位移向上为正,底板及地基梁弯矩底部受拉为正,图表中横坐标主网格线表示柱所在位置。

1) 工况e(抗压工况)

在工况e下,从图4可以看出,三种布桩型式的底板竖向位移大致相同,均呈“锅底状”,从图6、图7可以看出,三种布桩型式底板竖向位移值差异不大,最大沉降量为32.7 mm,最大沉降差为14.7 mm,根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)^[9]表5.3.4可知,本工程沉降值及沉降差在规范允许范围内;从图5可以看出,三种布桩型式底板弯矩分布情况也大致相同,即最大正弯矩出现在柱下,最大负弯矩或最小正弯矩出现在板格中心。从图8、图9可以看出,弯矩值从大到小的布桩型式依次是板中布桩、均匀布桩、集中布桩;从图10可以看出,三种布桩型式对应的地基梁弯矩值大小关系及变化趋势与柱下板带底板弯矩情况一致,说明地基梁和底板达到了比较好的共同工作的效果。以上情况说明,桩越是集中在柱下,越能直接承担柱荷载,底板和地基梁内力越小。

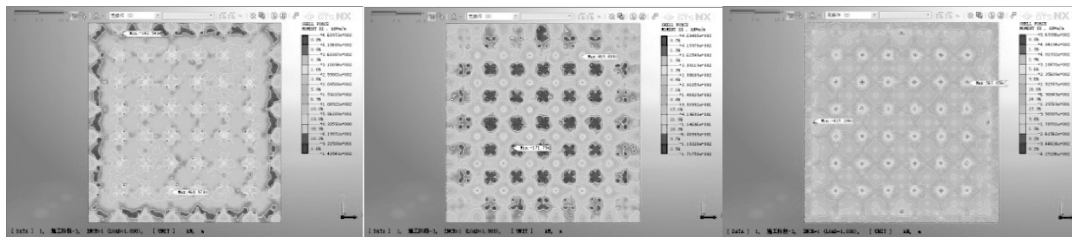


(a) 集中布桩

(b) 均匀布桩

(c) 板中布桩

图4 工况e底板变形值云图



(a) 集中布桩 (b) 均匀布桩 (c) 板中布桩

图5 工况e底板弯矩值云图

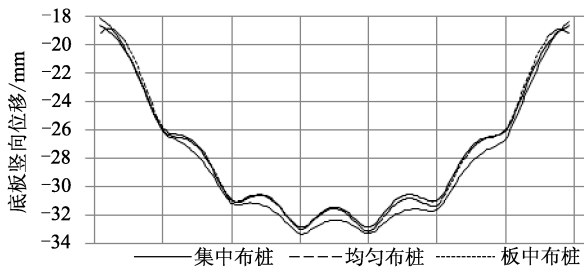


图6 工况e柱下板带底板竖向位移

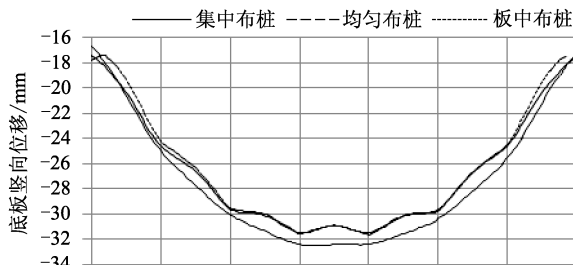


图7 工况e跨中板带底板竖向位移

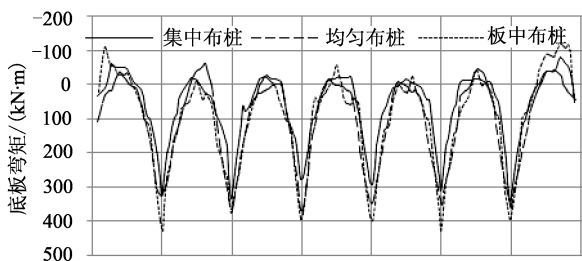


图8 工况e柱下板带底板弯矩

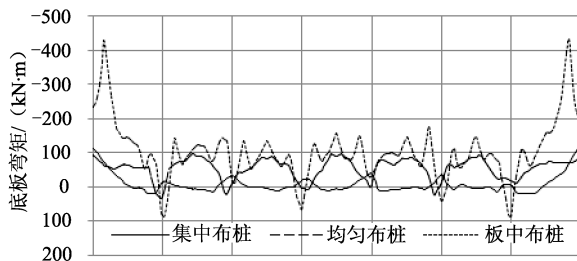


图9 工况e跨中板带底板弯矩

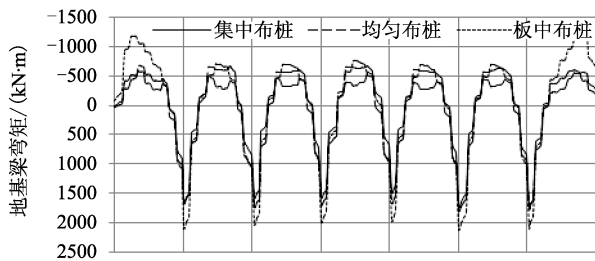
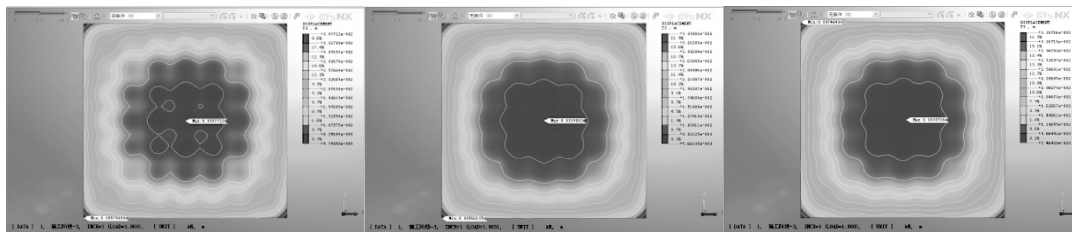


图10 工况e地基梁弯矩

2) 工况 b (抗浮工况)

在工况 b 下,从图 11 可以看出,三种布桩型式下的底板竖向位移仍然相似,呈“反锅底状”,从图 12

可以看出三种布桩型式下,底板最大正弯矩仍然出现在柱下,而最大负弯矩或最小正弯矩亦出现在板格中心。从图 15、图 16 可以看出,弯矩值从大到小的布桩型式依次是集中布桩、均匀布桩、板中布桩,从图 17 可以看出,三种布桩型式对应的地基梁弯矩值大小关系及变化趋势与柱下板带底板弯矩情况一致。说明在工况 b 下,底板受到较大的向上的均布力作用,向下的柱荷载和抗拔桩提供的抗拔力均能抵抗水浮力作用,在板格内桩数较多的板中布桩型式能更均匀地分担水浮力,为底板提供更多的有效支座,故能使底板及地基梁弯矩更小。



(a) 集中布桩 (b) 均匀布桩 (c) 板中布桩

图11 工况b底板变形值云图

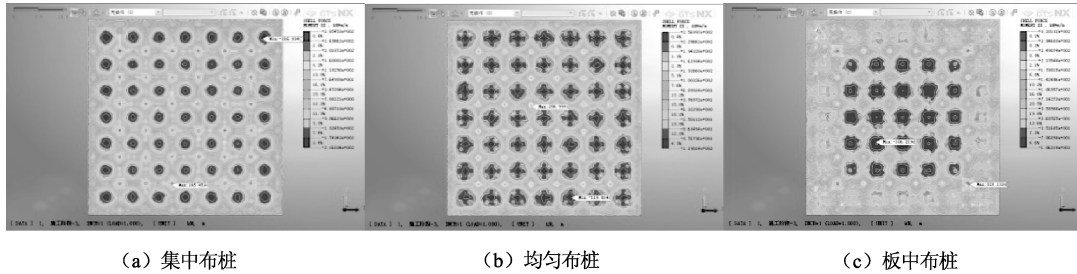


图 12 工况 b 底板弯矩值云图

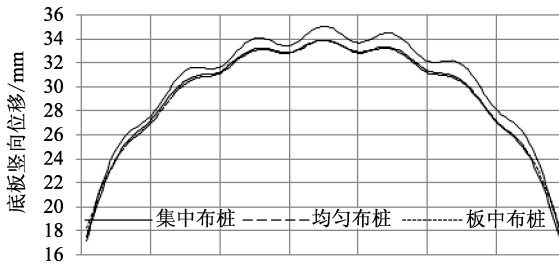


图 13 工况 b 柱下板带底板竖向位移

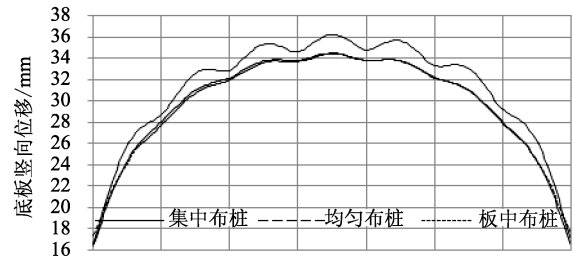


图 14 工况 b 跨中板带底板竖向位移

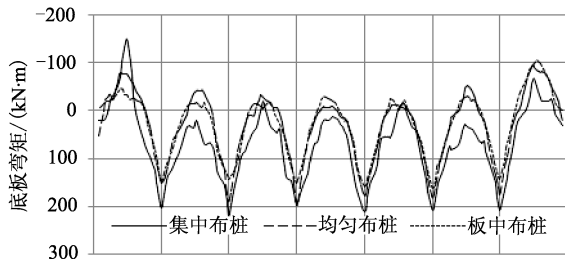


图 15 工况 b 柱下板带底板弯矩

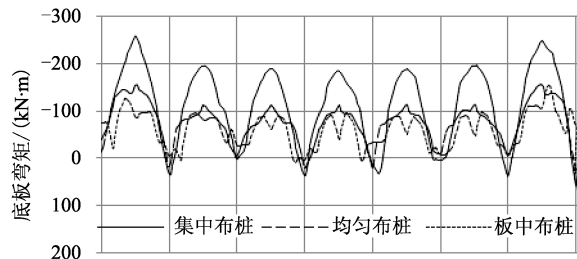


图 16 工况 b 跨中板带底板弯矩

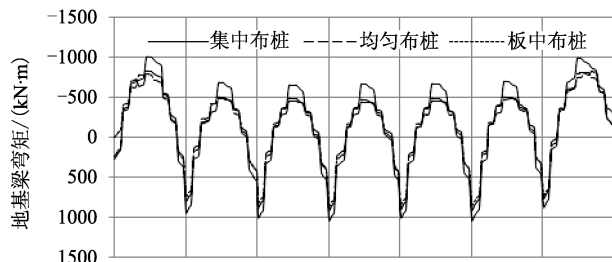


图 17 工况 b 地基梁弯矩

4 结论

1) 三种布桩型式在相同工况下底板竖向位移没有明显的差别。

2) 在工况 e 下,集中布桩型式的底板和地基梁弯矩最小。

3) 在工况 b 下,板中布桩型式的底板和地基梁弯矩最小。

4) 应根据实际工程长期水位的高低来适当调整抗拔桩的布置型式。

5) 将各种布桩型式下底板和地基梁弯矩值进行工况 e 和工况 b 的横向对比可以发现,在本工程可能出现的工况中,底板、地基梁弯矩主要是由工况 e 控制的。

参考文献

- [1] 王海涛. MIDAS/GTS 岩土工程数值分析与设计——快速入门与使用技巧[M]. 大连:大连理工大学出版社,2013.
- [2] 刘高俭,万琳辉,万桂芬. 地下结构上浮及抗拔桩设计[J]. 山西建筑,2008,34(16): 99-100.
- [3] 连兴华. 抗拔桩基承载性能分析[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [4] 孙绍东,胡海涛,井彦青,等. 抗浮锚杆合理设计探讨[J]. 建筑结构,2013,43(22):64;80-85.
- [5] 王经雨. 抗拔桩布桩优化分析[J]. 建筑科学,2010,26(5):98-101.
- [6] JTG D60—2004 公路桥涵设计通用规范[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [7] 王浩,陈道政,汪宾. 抗拔桩的群桩效应有限元分析[J]. 安徽建筑,2013(3): 113-114;160.
- [8] 殷辰鹏. 多桩型复合地基变形数值计算对比实例分析[J]. 岩土工程技术,2014,28(2):64-69.
- [9] GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.