

PRC管桩在基坑支护工程中的应用

常玉军, 刘毅, 张吉庆, 邵海波
(青岛瑞源工程集团有限公司, 山东 青岛 266555)

摘要:青岛龙湖 D2 地块基坑支护工程中, 支护桩对应土层为素填土、粗砂、粉质粘土。采用 PRC-I 600AB110 单节预应力管桩作为支护桩, 桩径 600 mm, 桩长分别为 7 m 和 8 m, 桩端进入粉质粘土地层约 3 m 深。该桩刚度大, 施工速度快。基坑开挖后, 坡顶地面未出现明显裂缝和沉降。基坑经过监测, 水平、竖向位移等监测项目均在允许位移范围内, 满足设计要求。

关键词:PRC 管桩; 基坑支护; 支护桩; 基坑监测

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2017)06-0078-06

Application of PRC Pipe Pile in Foundation Pit Support Engineering/CHANG Yu-jun, LIU Yi, ZHANG Ji-qing, SHAO Hai-bo (Qingdao Ruiyuan Engineering Group Co., Ltd., Qingdao Shandong 266555, China)

Abstract: In the foundation pit support engineering in Longhu of Qingdao, the retaining piles are set in soil layers of plain fill, coarse sand and silty clay. PRC-I 600AB110 single pre-stressed pipe pile, with high stiffness, was adopted as retaining pile, the pile diameter is 600mm, pile length are 7m and 8m respectively. After the excavation, no obvious cracks and subsidence appear in the ground at the top slope. The monitoring results show that the horizontal and vertical displacements of the foundation pit are within the allowable ranges, the construction has met the design requirements.

Key words: PRC pipe pile; foundation pit support; retaining pile; foundation pit monitoring

0 引言

日本是世界上应用预制管桩最先进的国家。其中 PHC 管桩早在 20 世纪 70 年代初就诞生在日本, 并且在今后的实际工程中被广泛应用。管桩有很多类型, 主要有 PC 管桩(预应力混凝土管桩)、PTC 管桩(预应力混凝土薄壁管桩)、PHC 管桩(高强度预应力混凝土管桩)、SC 管桩(钢管混凝土桩)、AG 管桩(竹节管桩)等。其主要承受竖向作用力, 具有单桩承载力高、造价低、施工速度快、不污染周围环境等优点, 所以被普遍当作工程桩, 应用在桩基工程中。而在基坑支护工程中, 支护桩主要承受周围土体的水平作用力, 这就要求桩身有足够的抗弯、抗剪能力。如何将传统管桩的优点应用在支护工程中, 同时克服自身抗弯性能不足的缺点, 成为一项极具实用价值的研究。

青岛龙湖 D2 地块基坑支护工程中采用了新型管桩——PRC 管桩(混合配筋预应力混凝土管桩)作为支护桩。PRC 管桩的钢筋用高强度、低松弛率的预应力钢筋和非预应力钢筋混合配置, 桩身采用高强度混凝土。从而使其具有了较大的水平抗弯、

抗拉能力, 其延性和抗震性也有所提高。PRC 管桩具有施工速度快、单桩承载力高、穿透力强、施工场地清洁、对周边环境影响较小的优点。PRC 管桩也存在一定的局限性。送桩时, 一般采用锤击或静压的方式, 在对噪声有限制要求的居民区, 不应采用锤击方式送桩; PRC 管桩与钢管桩相比, 价格优势不明显; 另外 PRC 管桩对地质条件要求较高, 不适合应用在含有大块石的杂填土、坚硬土层和风化岩等地质条件下, 其支护深度一般不大(此工程中最深处为 5.3 m)。

1 工程概况

青岛龙湖 D2 地块基坑支护工程场区位于青岛市青银高速东侧的安乐村。北侧为源头河, 西边临近青银高速沿线, 南边靠近云头崮水库北岸。基坑开挖深度 4~5.3 m, 支护长度约 390 m, 基坑安全等级为二级, 使用年限为 12 个月。

2 工程地质条件

工程场地南部为山前冲洪积地貌, 北部为干涸

收稿日期:2016-11-25; 修回日期:2017-03-14

作者简介:常玉军,男,汉族,1968年生,高级工程师,总工程师,探矿工程专业,硕士,山东省青岛市黄岛区珠江路1557号, changyujun_118@126.com。

河流,地形起伏较大。地层分为素填土、粗砂、粉质粘土、砾砂、粉质粘土、花岗岩风化带。

(1)素填土:黄褐色,松散—稍密,稍湿,主要以粘性土为主,顶部含大量植物根系。场区普遍分布,揭露厚度1.50~11.60 m,平均5.26 m。该层成分复杂,工程性质不稳定。

(2)粗砂:黄色,松散,湿—饱和,磨圆度一般,级配较好。局部含有少量粘性土。场区北部分布,揭露厚度0.90~4.10 m,平均1.90 m。

(3)粉质粘土:黄褐色,可塑—硬塑,含有少量粗砂,局部含有30%左右粗砂。场区局部分布,揭露厚度0.50~5.90 m,平均2.60 m。

(4)砾砂:黄褐色,松散—稍密,饱和,土质不均匀,磨圆度一般,级配较好。局部含有少量粘性土。场区普遍分布,揭露厚度0.50~6.00 m,平均2.26 m。

(5)粉质粘土:褐黄色,可塑—硬塑,含有少量粗砂,局部含有30%左右粗砂。场区普遍分布,揭露厚度0.70~7.90 m,平均3.35 m;局部未穿透。

(6)强风化花岗岩:黄褐—肉红色,粗粒结构,块状构造,裂隙极发育,组织结构大部分破坏,但尚可辨识,长石已风化成次生矿物,手搓呈砂土状,干钻不易进尺。场区普遍分布,揭露厚度0.40~5.70 m,平均1.52 m;局部未穿透。岩体完整程度极破碎,岩石强度等级V级。

(7)中风化粗粒花岗岩:肉红色,粗粒结构,块状构造,裂隙较发育,岩心采取率>80%,干钻不进

尺。该层局部揭露,且未穿透,最大揭露厚度6.00 m。岩体完整程度较破碎,岩石强度等级IV级。

拟建场区属较稳定地块,无滑坡、泥石流等不良地质作用,无活动断裂。

3 支护方案设计

基坑北侧现状标高低于基坑标高,故无需支护。第二支护单元(2-2剖面)紧邻拟建15、9、11、20号楼,距离2~5 m,不具备放坡条件。因开挖土层为粉质粘土和砾砂,开挖深度4~5.3 m,土钉墙和微型桩支护方案水平位移控制差,不应采取,可选用桩锚支护方案。第三支护单元(3-3剖面)距离拟建房屋较远,开挖深度4~5 m,采用土钉墙支护。场区内地下水采用坑内集水明排方式处理。

根据基坑开挖深度、工程地质条件及周边环境特点,本工程支护形式采用天然放坡+土钉墙+排桩支护体系,分为3个支护单元(见图1):

(1)第一支护单元(1-1剖面)为AB、CD、GH、FF'段,采用天然放坡支护方案,长度236.70 m;

(2)第二支护单元(2-2剖面)为BC、DE、FG、HI段,采用桩锚支护方案(见图2),支护长度58.20 m;

(3)第三支护单元(3-3剖面)为EF段,采用土钉墙支护方案,支护长度91.60 m。

4 PRC管桩设计

第二支护单元(2-2剖面)采用桩锚支护,开挖

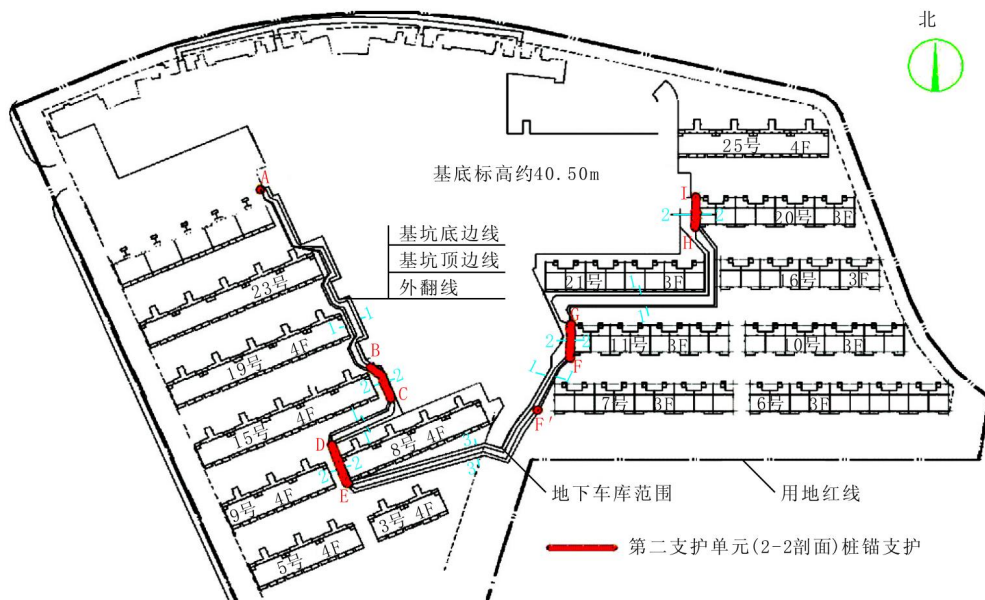


图1 基坑支护单元划分图

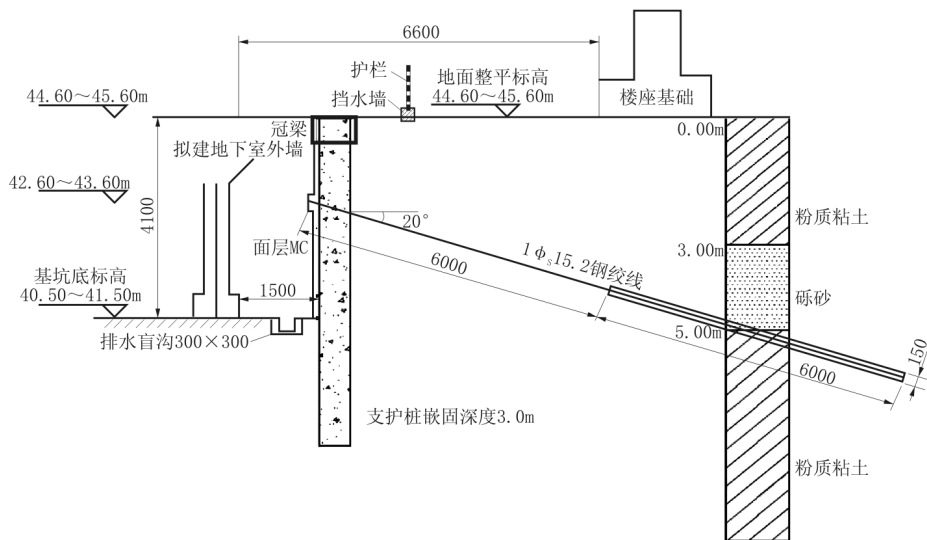


图2 桩锚支护剖面图

深度浅,坡顶位移要求严,施工工期要求紧。设计采用单节 PRC 预制管桩作为支护桩,长度为 7 m 和 8 m。主要考虑此桩长不需接桩,且无养护期,施工速度快;支护桩对应土层为素填土、粗砂、粉质粘土,土层条件适宜;支护单元长度短,仅为 58.20 m;附近住宅楼设计采用 PHC 管桩作为桩基础,考虑节省成本,利用同一台夯锤桩机,先施工 PRC 支护桩,再施工 PHC 桩基础。

青岛地区抗震设防烈度为 6 度,设计地震分组为第三组,设计基本地震加速度值为 0.05g。场地类别为 II 类建筑场地,拟建建筑物抗震设防类别为丙类,设计特征周期为 0.45 s。PRC 管桩弥补了普通管桩的缺点,具有较大的水平抗弯、抗拉能力,其延性和抗震性也有所提高。

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)第 4.3.2 条中的相关规定和野外钻探结果,无可液化土层,无需进行液化判别。

应用理正深基坑软件进行计算,结构计算各工况如图 3 所示,内力位移包络图如图 4 所示,地表沉降图如图 5 所示。内力取值见表 1。

表1 内力取值表

内力类型	基坑内侧最大弯矩/(kN·m)	基坑外侧最大弯矩/(kN·m)	最大剪力/kN
弹性法计算值	30.43	15.57	37.91
经典法计算值	16.49	9.42	24.62
内力设计值	32.33	16.54	47.39
内力实用值	32.33	16.54	47.39

根据计算结果,选用的 PRC 管桩参数为: PRC

-I 600AB110 单节预制管桩,水平间距 1 m。其外径 600 mm,壁厚 110 mm,预应力筋中心所在圆直径 506 mm,预应力钢筋 16 ϕ 10.7,非预应力筋 16 ϕ 12,极限弯矩检验值 532 kN·m,弯矩设计值 434 kN·m,抗剪承载力设计值 314 kN。

锚杆参数为:锚索类型 1 ϕ 15.2,自由段长度 6.0 m,锚固段长度 6.0 m,水平间距 2.0 m,竖向间距 2.0 m,入射角 20°,预应力 90 kN。

5 PRC 管桩施工步骤

施工准备工作→场地整平→测量放线→标记桩位→桩机就位→吊桩→控制垂直度→沉桩→挖桩头→检查验收。

6 主要技术措施

6.1 抵抗侧向压力

基坑内土体开挖后,周围土体会对支护桩产生侧向压力。PRC 管桩中间为空心管,截面呈圆环形。这样的结构设计使它的抗弯刚度要比实心桩小,在桩外侧土压力的作用下易发生挠曲。为防止变形过大,坡顶设置冠梁 600 mm×800 mm,中间设置一层腰梁。锚杆为 1 根钢绞线,长度 12 m,其中锚固段长度 6 m。腰梁两侧采用 18a 型钢固定锚杆。在管内灌满混凝土,增强桩身强度。通过以上措施,减小了桩身弯矩和管桩位移,防止了倾覆破坏。

6.2 密排线状排列布置

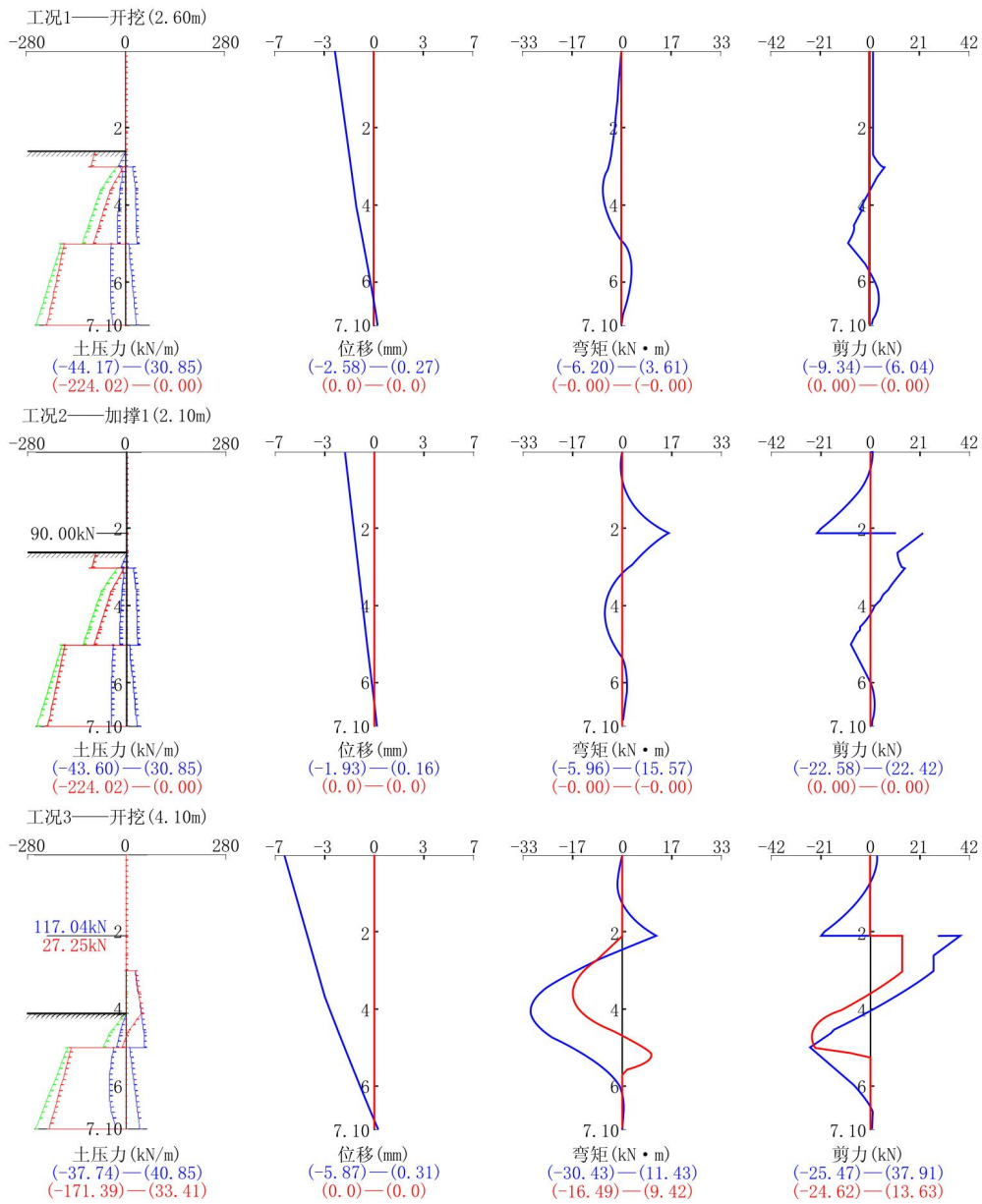


图 3 结构计算工况图

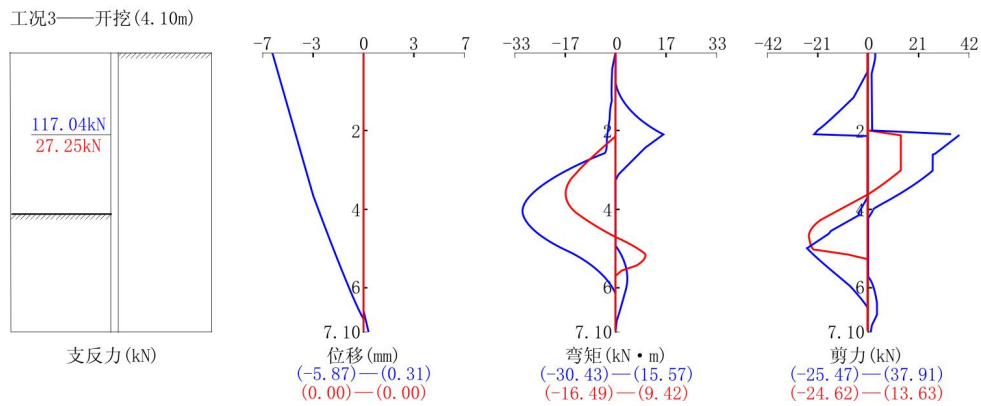


图 4 内力位移包络图

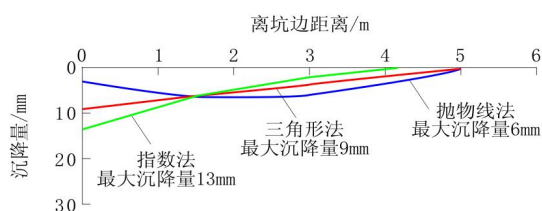


图5 地表沉降图

支护桩采用密排线状排列布置(见图6)。PRC管桩作为管桩的一种,属于部分挤土桩。这与传统的支护桩有所区别,压桩时土体主要向基坑内外两侧偏移。经现场调查,土体在桩轴线内外600 mm(即1倍桩径)范围内扰动大,距离越远,土体扰动影响越小。因场地离周围建筑物较远,本次排桩施工时(单排支护管桩),未设置减压孔,打桩方向为从一端向另一端进行跳打施工。虽桩周围有土体隆起现象,但并没有对周边建筑物造成明显的影响。



图6 管桩线状排列图

6.3 采用单节桩

因基坑垂直支护段开挖4~5.3 m深,所以支护桩采用单节桩,其长度为7 m和8 m,桩端进入粉质粘

土地层约3 m深。桩身过长会造成管桩制作、运输及施工等诸多不便。作为支护桩,一旦接桩,接桩截面需承受较大的剪力,应对接桩处进行严格的结构及构造措施设计,施工时也更加复杂。本工程支护桩全部采用单节桩,没有养护期,加快了施工进度。

6.4 管桩内插入钢筋笼

为增强冠梁与支护桩的整体性,在PRC管桩内插入钢筋笼,使其锚固在冠梁内,一并浇筑混凝土。这样提高了支护桩与冠梁接触面的抗剪力。施工完成后,未发现冠梁与支护桩接触面处的剪切破坏现象,见图7。



图7 施工完成的现场图

7 基坑监测

桩锚支护段施工时间为2016年3月10日至4月12日,桩锚支护BC、DE、FG、HI段对应监测点的点号为H4、H5、H8、H12(见图8)。截止到2016年5月27日(第17次基坑沉降观测)发现基坑监测点的水平累计位移:H4为8.84 mm,H5为9.51 mm,H8为8.23 mm,H12为9.36 mm。各监测点水平位移变化正常。基坑监测点沉降累计位移见图9,最大沉降

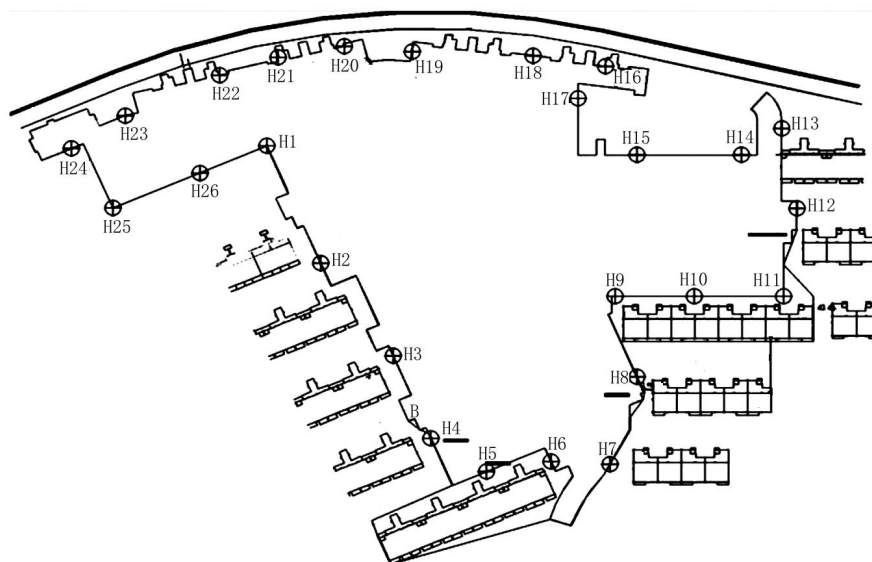


图8 基坑监测布置图

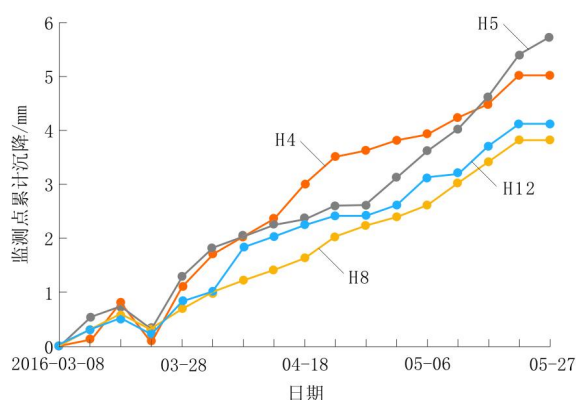


图9 基坑竖向位移图

累计位移 5.7 mm。基坑监测点沉降变化均小于 2 mm/d,变化正常,各控制点均稳定。从基坑周边巡查结果看,基坑周边无裂缝出现,且无流砂、管涌、塌方现象。综合分析,基坑及周边监测点沉降变化不大,变化比较正常,基坑处于安全可控状态。

8 结语

(1)在开挖深度 4 ~ 5.3 m,土层为素填土、粗砂、粉质粘土的条件下,采用型号 PRC - I 600AB110、水平间距 1 m 的 PRC 单节预制桩作为支护桩,支护效果良好。采用锤击沉桩的方式,无需养护期,施工速度快。

(2)PRC 管桩作为支护桩满足青岛龙湖 D2 地块基坑支护工程的设计要求。基坑及周边观测点沉

降变化较正常,基坑处于安全可控状态,扩大了预应力桩的适用范围。从安全可靠性和经济环保性来说,新型管桩适用于一般工业与民用建筑的基坑支护(支护深度较浅),PRC 管桩应在适宜地质的基坑支护工程中得到推广。

参考文献:

- [1] 姚小波. PRC 管桩在基坑支护中的应用[J]. 福建建材, 2015, (4): 44 - 45.
- [2] 王重. 中国预制桩可持续发展之路——新思路、新产品、新技术、新工法[J]. 江苏建材, 2014, (2): 44 - 49.
- [3] 王重, 薛万银. 中国预应力混凝土管桩的发展状况及同日本管桩的差距[J]. 混凝土与水泥制品, 2012, (1): 4 - 10.
- [4] 王银霞. 预应力混凝土管桩在长春地区的适宜性研究[D]. 吉林长春: 吉林大学, 2013.
- [5] 王新玲, 高会宗, 周同和, 等. 新型混合配筋预应力混凝土管桩抗弯性能试验研究[J]. 工业建筑, 2012, (8): 64 - 68.
- [6] 王新玲, 杜琳, 黄伟东. 混合配筋预应力混凝土管桩抗弯刚度模型研究[J]. 郑州大学学报, 2013, (6): 80 - 84.
- [7] 王新玲, 冯香玲. 混合配筋新型预应力混凝土管桩抗弯性能研究[J]. 施工技术, 2012, (8): 118 - 122.
- [8] 王铁成, 杜宙芳, 赵海龙, 等. 混合配筋管桩的抗震性能试验研究[J]. 土木工程与管理学报, 2015, (3): 27 - 32.
- [9] 王铁成, 杨志坚, 赵海龙, 等. 改善预应力高强混凝土管桩抗震性能试验研究及数值分析[C]// 第十六届全国混凝土及预应力混凝土学术会议暨第十二届预应力学术交流会. 北京, 2013: 45 - 53.
- [10] 张忠苗, 刘俊伟, 谢志专, 等. 新型混凝土管桩抗弯剪性能试验研究[J]. 岩土工程学报, 2011, (S2): 271 - 277.