

文章编号:1671-6833(2006)03-0006-03

先张法预应力混凝土管桩受弯承载力试验研究

管品武,唐国斌,孟会英

(郑州大学土木工程学院,河南 郑州 450002)

摘要:通过对预应力管桩 PHC500AB(100)抗弯试验,研究管桩受弯作用下桩身裂缝出现、开展情况及变形特征,分析其承载能力及破坏特征。试验研究表明:预应力管桩 PHC500AB(100)满足规范要求检验标准,具有较高的安全储备,但当桩身出现裂缝后截面刚度损失较大,对抗弯性能较为不利。

关键词:预应力混凝土管桩;承载能力;破坏特征;试验研究

中图分类号: TU 528.54

文献标识码: A

0 引言

先张法预应力混凝土管桩是采用先张法预应力工艺和离心成型法,经过一定的养护条件而制成的一种空心筒体细长混凝土预制构件^[1,2]。在工程应用中,预应力管桩一般都承受竖向荷载和水平荷载的共同作用,特别在高层建筑中,当风力、地震作用等水平荷载成为建筑设计中的控制作用时,桩基的水平承载力和位移计算成为设计的重要内容^[3]。然而,以往研究侧重轴向荷载作用下预应力管桩的受力性能,对其承受水平荷载能力研究尚少^[4]。为此,笔者对先张法预应力混凝土管桩 PHC500AB(100)进行抗弯试验研究,研究各级荷载下桩身的裂缝出现、发展情况和变形特点,分析预应力管桩承载能力及破坏特征。

1 试验概况

试验采用预应力管桩 PHC500AB(100),长 13 m,主要技术参数如表 1。其中纵向预应力筋为 10Φ10.7 的钢绞线,沿截面均匀布置,横向采用 Φ5@50 螺旋带肋钢丝。

试验参考《先张法预应力混凝土管桩》GB13476-1999^[1],采用简支梁对称加载装置如图 1 所示,计算跨度 7.8 m,纯弯段长度 1.0 m。主要测试内容包括跨中截面混凝土应变、桩身变形、裂缝分布情况及极限荷载。

荷载施加参考跨中截面设计弯矩,考虑加载设备和管桩自重的影响,施行分级加载制度,在设计开裂弯矩和极限弯矩附近,荷载级别加密。实测

弯矩按照《先张法预应力混凝土管桩》

(GB13476-1999)计算, $M = \frac{P}{4}(\frac{3}{5}L - 1) + \frac{1}{40}WL$,

其中 L 为管桩长度, W 为管桩重量。

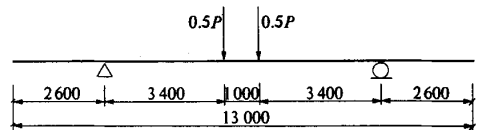


图 1 加载示意图

Fig.1 The loading fixture

表 1 预应力管桩的技术参数

Tab.1 The parameter of the prestressed concrete pipe pile

外径 /mm	壁厚 /mm	砼强度 等级	设计预 压应力 /MPa	检验开 裂弯矩 /(kN·m)	检验极 限弯矩 /(kN·m)
500	100	C80	6	121	200

2 试验结果及分析

2.1 裂缝及破坏形态

预应力管桩抗弯试验实测开裂弯矩 134.0 kN·m,大于检验开裂弯矩 121 kN·m,对应抗裂安全系数(初裂弯矩与标准检验弯矩之比)为 1.10,表明预应力管桩有较好的抗裂性能。加载过程中,跨中两侧裂缝出现和开展情况类似,图 2 为预应力管桩裂缝展开图,横坐标表示裂缝位置,其中 $x = 0$ 处为跨中位置 $-50 \leq x \leq 50$,为纯弯段,纵坐标表示裂缝最终发展高度。

加载过程中跨中出现首条裂缝 1,随着荷载增大到检验开裂弯矩 140%,在加载点附近出现

收稿日期:2006-04-03;修订日期:2006-05-23

作者简介:管品武(1971-),男,湖南祁东人,郑州大学教授,博士,主要从事混凝土及砌体结构基本理论研究。

第2条裂缝而首条裂缝发展缓慢.当荷载达到检验极限弯矩 $200 \text{ kN}\cdot\text{m}$ 时,出现3,4号裂缝,此时1号裂缝宽度达到 0.5 mm .当荷载增加到检验开裂弯矩 180% 时,出现新裂缝5,达到 205% 时出现

6号裂缝.此后,荷载继续增大,横向没有出现新的裂缝,已有裂缝发展迅速.接近极限荷载后,沿纵向出现粘结滑移裂缝,横向裂缝末端出现多条微裂缝.

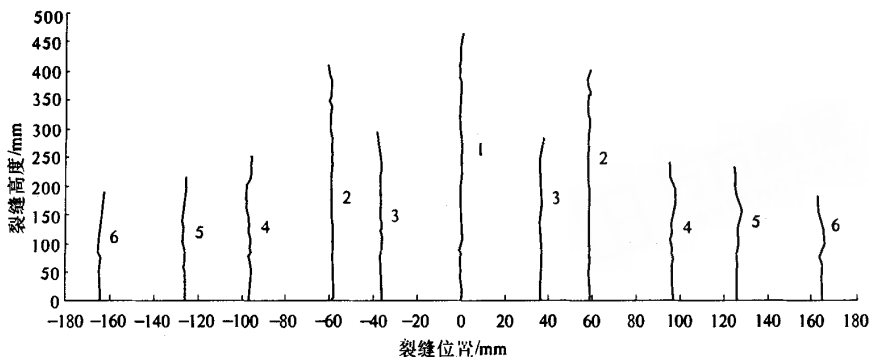


图2 预应力管桩裂缝简图

Fig.2 Cracks on the prestressed concrete pipe pile

此后,荷载仍能继续增加,达到检验开裂弯矩 281% 时,1号裂缝宽度增至 2 mm ,此时跨中挠度达到 62.2 mm ,混凝土最大压应变 $-2284 \mu\epsilon$,千斤顶不断卸荷,表明预应力管桩内部塑性变形严重,已接近破坏.随后荷载稍一增大,跨中裂缝宽度迅速增大至 3 mm ,有4根钢绞线同时被拉断,预应力管桩破坏.

2.2 混凝土应变

图3为各级荷载下,混凝土跨中截面土受拉、受压区边缘混凝土应变变化.加载初期,拉、压区混凝土应变均线性增长,接近开裂荷载后,首先在受拉区混凝土呈现一定的塑性变形,达到开裂荷载后,跨中出现裂缝,截面内力重分布,受拉区混凝土应变减小,同时压区混凝土应变突增大.随着荷载进一步增大,受拉区混凝土由于不断有新裂缝出现,应变增长缓慢,甚至有迂回发展趋势,而受压区混凝土由于中和轴不断上移应变增长加快.达到极限荷载时,受压区混凝土应变 $2284 \mu\epsilon$,小于混凝土的极限压应变.

沿截面高度的应变分布能反映试件整体受力性能和材料间的变形协调情况,图4为不同加载阶段管桩沿截面高度处应变分布规律,其中截面中心处高度为零.由图可知,在整个加载过程中预应力管桩混凝土平均应变基本符合平截面假定.只是当荷载超过开裂荷载后,受拉边缘混凝土的应变由于裂缝的影响而有所减小,但在受拉边缘以外的部分,混凝土平均应变仍旧符合平截面假定.因此在受力分析和计算过程中平截面假定可

以作为一个基本假定.

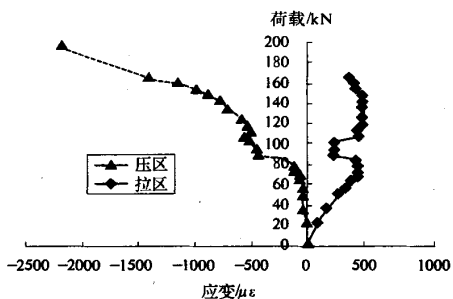


图3 跨中截面混凝土应变情况

Fig.3 The concrete strain in the mid-span section

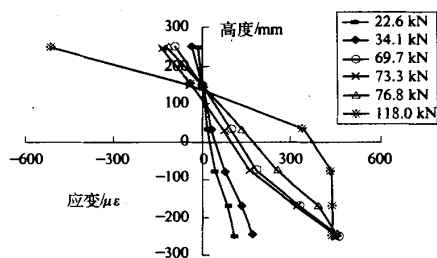


图4 跨中截面混凝土应变随高度分布情况

Fig.4 Changes of concrete strain in the mid-span section

2.3 变形特征

图5为预应力管桩简支段在加载过程中的挠度增长图.从图中可以看出,加载初期,桩身的挠度较小,当荷载达到 112 kN 后,跨中挠度突然增大,主要是由于桩身裂缝增大,主裂缝发展加快.此后荷载继续增大,桩身变形加快,达到极限荷载后,跨中最大挠度达到 62.2 mm .

预应力混凝土管桩的荷载-挠度关系,与截面应变发展具有一致性.图6为管桩的荷载-挠度曲线,初始阶段,荷载-挠度为明显的线性关系,达到开裂荷载后,曲线出现明显的转折.分析原因主要是和裂缝形态及离心成型管桩混凝土径向成层性有关^[7].预应力管桩开裂后,裂缝长度较大,因而对截面刚度的削弱也较大.同时,由于离心成型混凝土沿环形截面厚度方向的成层性分布造成混凝土骨料按粗、中、细由外层向内层分布,各层弹性模量也由外层向内层逐渐降低,截面开裂后,外层部分退出工作,造成截面刚度突变.

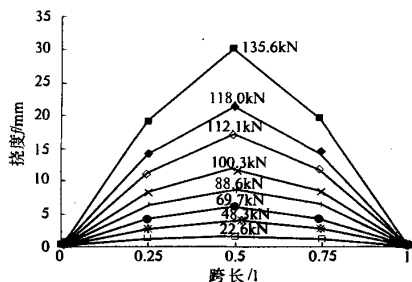


图5 整跨挠度图

Fig.5 The deflection of the full span

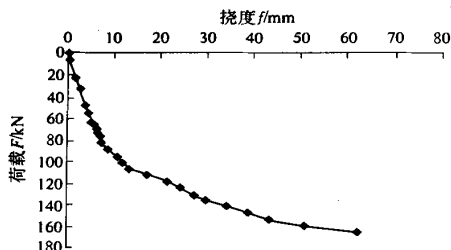


图6 荷载-挠度曲线

Fig.6 The load-deflection curve

3 结束语

预应力管桩 PHC500AB(100)的开裂弯矩和极限弯矩均大于检验值,符合国家标准规定和设计要求.预应力管桩破坏时,受拉区钢筋线被拉断,而压区混凝土没有压碎,压应变相对较小,对弯曲承载力而言,混凝土的受压性能没有得到充分的发挥.桩身的抗弯刚度对桩基在水平荷载下的变位有着重要的影响,而预应力管桩在裂缝出现后,桩身截面抗弯刚度损失较大,对其承受水平荷载能力有不利影响.

参考文献:

- [1] GB13476-1999,先张法预应力混凝土管桩[S].
- [2] 蔡晶,张季超,王遇国.预应力混凝土管桩的工程应用研究[J].建筑技术开发,2004,31(11):71~72.
- [3] 许国平.预应力管桩的水平承载力性状分析[J].福建建筑科技,2005,(3):6~23.
- [4] 何筱进.现浇混凝土薄壁管桩水平承载性状试验研究[D].南京:河海大学,2004.
- [5] 管品武,李黎,刘立新,等.高强预应力电杆电杆受力性能分析[J].郑州大学学报(工学版),2000,21(3):64~67.
- [6] 管品武,邹银生,刘立新.高强预应力混凝土电杆电杆受力性能分析[J].特种结构,2000,17(4):37~39.
- [7] 高润东,赵顺波.离心成型钢筋钢纤维混凝土电杆电杆受力性能试验研究[J].土木工程学报,2005,38(8):43~48.

Experimental Studies on the Flexural Bearing Capacity of Prestressed Concrete Pipe Pile

GUAN Pin-wu, TANG Guo-bin, MENG Hui-ying

(School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Over these years, the prestressed concrete pipe pile has been used in the project widely, and the performance of pipe pile in axial load has been studied for many years, but the performance in horizontal load has been ignored. In this study, the cracks and deformation of prestressed concrete pipe pile has been studied by the experiment on the PHC500AB, then the bearing capacity and the failure mode are analyzed. Through the experimental study, it is testified that the flexure bearing behavior of PHC500AB satisfies for the requirement of the code GB13476-1999 with a high safety factor. But after cracking, because of the bending stiffness decreasing rapidly, it is disadvantageous to the flexure bearing behavior of the PHC pipe pile. This experimental study may be used as a reference of the study on the mechanical behavior of PHC pipe pile in horizontal load.

Key words: prestressed concrete pipe; bearing capacity; failure mode; experimental study