

DX 桩承载特性的模型试验研究

李 仲, 张 航, 古 源, 南 勇, 陈立宏

(北京交通大学土木建筑工程学院, 北京 100044)

[摘要] DX 桩是近年兴起的新型变截面桩型,其独有的承力盘很好地改善了沉降问题。通过室内小比尺模型试验,得出 DX 桩承载力及沉降特性的相关规律,为 DX 桩承载机理的研究提供进一步的试验支持。试验主要采用应变片测量桩身受力情况,桩顶设置百分表测量沉降情况,加载装置采用砝码以及杠杆分级加载。试验主要为与直孔桩对比试验以及 DX 桩平行试验。试验结果证明 DX 桩在承载力和沉降方面都优于直孔桩;上盘承载力大于下盘,随桩顶荷载增大,下盘承载所占比重有所提高。

[关键词] DX 桩;模型试验;应变片;沉降

[中图分类号] TU473 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)01-0086-04

1 前言

多节扩孔灌注桩最早出现在 20 世纪 50 年代的印度,随后英国、前苏联等国也进行了相关的试验研究^[1]。随后出现的 AM 桩、支盘桩以及 DX 桩等作为这种多节扩孔桩的改良桩型得到了广泛的应用。其中 DX 桩在施工工艺,机械设备等方面比其他桩型具有明显的优势,试验证明,DX 桩具有的多个承力盘,大大提高了桩身承载力并有效地降低了沉降^[2]。在某桥梁工程的应用中,通过对比直孔桩与 DX 桩,结果表明采用 DX 桩方案以后,每个桥墩的桩数减少了 1/3,桥墩部分节约混凝土 27%,总造价比直孔桩节约 18%,不仅降低了成本、缩短了工期,更取得了良好的经济效益和环保效果^[3]。然而目前,对 DX 桩的理论研究远滞后于工程实践,尤其是在沉降计算方面,工程中仍采用偏于保守的实体基础的沉降设计理论。

目前国内许多学者针对 DX 桩进行了室内模型试验,浙江工业大学李天宝等^[4]在非饱和粉土中的试验表明支盘桩的承载力提高了 2 倍左右;吉林建筑工程学院的钱永梅等^[5]得出盘间距对承载力的影响,结果表明盘间距越大,桩身沉降越小,合理

的盘间距应为:在粘土、粉土中大于 2.5 倍的桩径,在砂土中大于 3 倍的桩径。浙江工业大学的卢成原等研究了在不同土层的模型支盘桩试验,结果均表明 DX 桩在砂土、软土及泥土中都有很好的承载效果^[6-9]。

笔者通过室内小比尺模型试验,对加载过程中桩身的受力情况进行量测,将获得的位移数据与桩身各部应变进行整理,分析其荷载的传递规律,进一步揭示 DX 桩的承载机理。

2 模型试验研究

2.1 试验装置

该试验为室内小比尺模型试验,在自制的模型试验箱中进行。模型箱的规格长×宽×高为 600 mm×600 mm×900 mm,采用钢板和钢化玻璃制作,并且在侧壁采用加劲板加固。具体装置见图 1。

地基土采用砂土模拟,砂土的粒径小于 0.63 mm,试验时控制的孔隙比为 0.68,为中密状态。

为了更好地模拟大直径长桩,采用长径比 25:1 作为模型试验几何比尺的控制条件。模型桩桩径为

[收稿日期] 2011-11-02

[基金项目] 铁道部重点科技项目(2009J010-F)

[作者简介] 陈立宏(1975—),男,浙江桐庐县人,北京交通大学副教授,博士,主要研究方向为桩基工程;E-mail:lhchen@bjtu.edu.cn



图1 模型试验箱示意图

Fig.1 Sketch of model test chamber

22 mm, 桩长为 650 mm, 有效桩长为 500 mm, 盘径为 50 mm。试验桩采用铝棒制作, 为确保承力盘与桩身为一整体, 制作时采用铝棒一次加工成型, 其具体尺寸见表 1, 模型桩示意图见图 2。

表 1 模型桩的具体参数

Table 1 Parameters of model piles

桩型	桩长 /mm	有效桩长 /mm	桩径 /mm	盘径 /mm	盘数 /个
DX 桩	650	500	22	50	2
直孔桩	650	500	22	—	—

加载装置采用杠杆与砝码加载系统逐级加载。试验时采用: a. 百分表测量桩顶的沉降量; b. 应变式压力传感器, 精确测得加载在桩顶的荷载大小, 压力传感器的最大量程为 5 kN, 精度为 1% F.S. (满量程); c. 应变片及应变读数仪, 量测桩身的轴力。应变片分别贴于两个承力盘的上下桩身部位, 以量测桩身轴力在承力盘处的变化情况。

2.2 试验步骤及方案

采用直孔桩与 DX 桩对比试验和 DX 桩平行试验:

1) 先在桩身预设部位贴上应变片, 并用万用表检查应变片是否完好, 之后用 AB 胶封住以保护应变片。

2) 将试验桩用木架固定于模型箱内, 以保证桩身竖直。

3) 向模型箱内分层填土, 每次填土后, 将砂面抚平, 用固定高度的落锤夯实两遍。

4) 将砂土全部填入箱内压实后, 卸下木架, 连

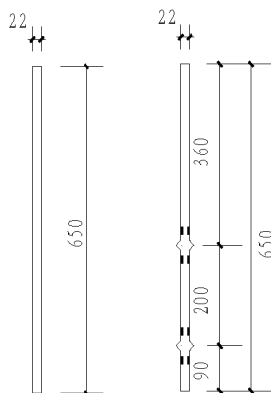


图 2 模型桩示意图 (单位: mm)

Fig.2 Sketch of model piles (unit: mm)

接压力传感器, 设置百分表等。

5) 将应变仪读数清零后按照预估承载力分为 10 级加载, 第一次加载 2 级。每级间隔 10 min 以确保桩身及土体稳定。

3 试验结果分析

3.1 直孔桩与 DX 桩 $Q-s$ 曲线结果分析

将 DX 桩与直孔桩置于同一条件下进行对比试验, 试验的荷载 - 位移曲线见图 3。从图 3 中可以看出, 直孔桩在荷载作用下其沉降趋势明显要比 DX 桩沉降快, 当桩顶施加荷载大小为 1 000 N 时, 等直径桩的桩身沉降为 3 mm 左右, 而 DX 桩的沉降值为 0.8 mm 左右, 其沉降与直孔桩相比明显减少。而在承载力方面, 当桩身沉降均为 1 mm 时, 等直径桩的承载力为 500 N, 而 DX 桩的承载力为 1 500 N。此外, 还可以看出当承载力达到 1 000 N 以上时, 等直径桩的沉降急剧增加, 丧失稳定性, 而 DX 桩的沉降随承载力的增加而平稳缓慢增加。

3.2 DX 桩承力盘的受力分析

通过试验, 得出盘阻与沉降的关系 (见图 4), 在施加荷载的整个过程中, 承力盘所承受的总承载力随着沉降的增加而增大, 而上盘阻与下盘阻相比发挥较大的承载力。此外, 当桩身沉降达到 2.8 mm, 上盘承载力达到 600 N 以后其承载力所占比重有逐渐下降的趋势, 而下盘阻承载力所占比重增大, 开始承担更多的力, 总盘阻保持均匀增长, 从而可以判断, 在施加荷载过程中 DX 桩承力盘的受力先以上盘为主, 而随着施加荷载、沉降的增大, 下盘承载力所占比重逐渐加大。

图 5 为盘阻分布情况曲线, 从图 5 中可以看出

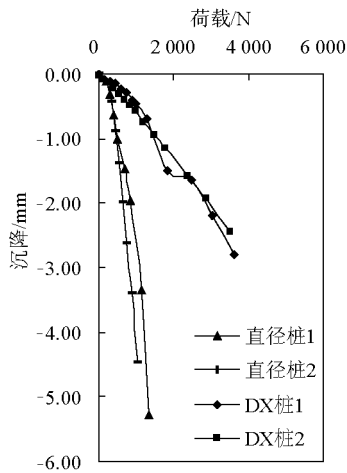


图3 直孔桩与DX桩的Q-s曲线

Fig. 3 Q-s curves of straight piles and DX piles

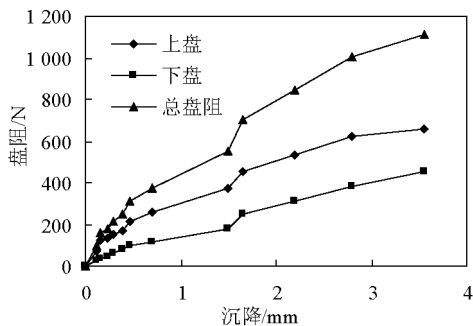


图4 盘阻与沉降的关系曲线

Fig. 4 Curves of bell resistance and settlement

随着桩身所受承载力的增大和沉降的增加,盘阻所受承载力占总荷载的比重有所下降。这是由于随着施加荷载的增大,桩身沉降增加,此时侧摩阻力开始逐渐承担更多的荷载,相应的盘阻所占总荷载的百分比就有所下降。

3.3 盘阻、侧阻、端阻与总荷载的相互关系

图6、图7为DX桩盘阻、侧阻和端阻各占总荷载百分比与沉降关系曲线及其承载力情况。可以看出,在加载初期,承载力盘就开始发挥较大承载力,而随着施加荷载的增大以及桩身沉降的增加,侧摩阻力显著增加,与此同时承载力盘所承受荷载比重有所下降。但从整个加载过程中来说,侧阻所受承载力占总荷载的65%左右,端阻在此沉降范围内发挥作用不明显,只占5%左右,而承载力盘在整个DX桩受力过程中所受力占总荷载的比重保持在30%左右,发挥着相当重要的作用,明显提高其承载能力。

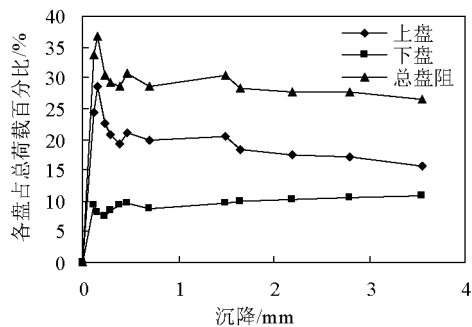


图5 盘阻受力情况

Fig. 5 Results of cell bearing capacity

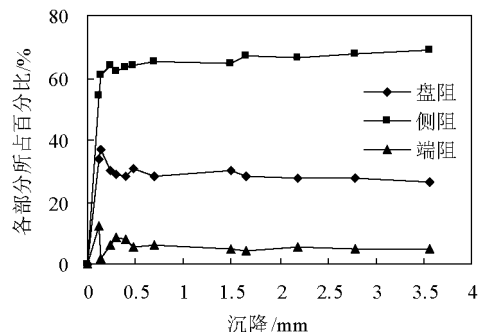


图6 各部分占总荷载百分曲线

Fig. 6 Curves of each part occupy total load

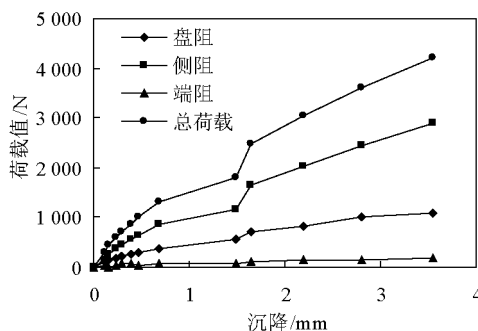


图7 各部分承载力情况

Fig. 7 Bearing capacity of each part

4 结语

通过以上数据分析,可得出以下结论:

1) 在本试验条件下的DX桩与直孔桩相比,发生同等沉降(1 mm)时DX桩的承载力约为直孔桩3倍,而在相同荷载(1 000 N)作用下,DX桩沉降仅为直孔桩的27%。

2) DX桩的承载力盘从加载初期就承担很大的荷

载,其承载比重为总荷载的 30 % 左右。

3)DX 桩不同位置的承力盘的承载力发挥情况不同。在加载初期,上盘承载力的增速较下盘快,并且在整个试验中,上盘承载力都大于下盘。随着荷载的增大,下盘承载力所占比重有增长趋势。

致谢

本试验得到了北京交通大学大学生创新性实验计划项目的支持,同时得到了袁希雨硕士的大力帮助,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 沈保汉,贺德新,刘振亮,等. DX 多节挤扩桩的产生及特点[J]. 工业建筑, 2004, 34(3):1-4.
- [2] 沈保汉,贺德新,陈 轮,等. DX 多节挤扩灌注桩[J]. 地基

工程, 2002, 5(4): 30-34.

- [3] 夏德欣. DX 挤扩桩用于某大桥桩基础[J]. 公路与汽运, 2009, 133(4): 206-208.
- [4] 李天宝,卢成原,王科元. 支盘桩工作性状的模型试验研究[J]. 浙江工业大学学报, 2008, 36(3): 290-294.
- [5] 钱永梅,尹新生,钟春玲,等. 挤扩多盘桩土体破坏机理的试验研究[J]. 岩土工程界, 2003, 6(12): 78-80.
- [6] 卢成原,贾颖栋,周 玲. 重复荷载下模型支盘桩工程性状的试验研究[J]. 岩土力学, 2008, 29(2): 431-436.
- [7] 卢成原,孟凡丽,吴 坚,等. 不同土层对支盘桩荷载传递影响的模型试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(20): 3547-3551.
- [8] 王科元,朱兴海,卢成原. 挤密效应对支盘桩承载性能影响的模型试验研究[J]. 浙江工业大学学报, 2009, 37(1): 53-57.
- [9] 邓友生,龚维明,戴国亮,等. 多级支盘桩与等截面直孔桩承载力对比试验[J]. 重庆建筑大学学报, 2005, 27(5): 52-56.

Model test study on load-bearing mechanism of DX pile

Li Zhong, Zhang Hang, Gu Yuan, Nan Yong, Chen Lihong

(School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

[**Abstract**] DX pile is a new kind of variable cross-section pile invented recent years, its unique load-carrying bells will reduce the settlement. Through small scale model test to study the theory of the DX pile. This experiment uses strain gage for studying of axial force analysis, dial indicator for studying of settlement, lever instrument for grading loading. It bases on the comparative tests with the straight pile and DX parallel experiment. The results show that the DX pile is superior to straight pile both on bearing capacity and settlement; the upper bell bears more than that of the below, but with the total load increasing, the below bell's bearing capacity proportion increase.

[**Key words**] DX pile; model test; strain gage; settlement