

DX 桩在桥梁基础中的应用

张德华¹, 齐万鹏¹, 贺德新²,
贺建东², 孙君平², 郭桂霞²

(1. 北京交通大学土木建筑工程学院, 北京 100044; 2. 北京中阔地基基础技术有限公司, 北京 100097)

[摘要] DX 桩以其单桩承载力高沉降量小的优点, 在一般工业与民用建筑中得到了比较广泛的应用。最近一些桥梁工程也采用了这种新型桩技术。以北京市某桥梁工程为实例, 通过试桩抗压静荷载试验, 得出单桩竖向抗压承载力试验值, 并且从单桩竖向抗压承载力、桩沉降量方面与直孔桩作了比较, 还简单地分析了 DX 桩在受到竖向荷载作用时轴力沿桩身的分布情况以及在加载过程中 DX 桩上下盘盘阻的变化情况。

[关键词] DX 桩; 承载力; 桥梁; 静载荷实验

[中图分类号] TU473 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)01-0065-04

1 前言

DX 桩是一种新型的桩基技术, 它是在普通直孔灌注桩的技术基础上, 利用专门挤扩设备按照承载力要求和地层土质条件, 在桩身不同部位三岔分布或三岔分布的扩大腔或上下对称近似双圆锥盘状的扩大头腔并且清孔, 然后放入钢筋笼, 浇筑混凝土, 形成桩身、分岔、承力盘共同承载的混凝土灌注桩。DX 桩与直孔桩相比具有承载力高, 沉降小的优点^[1,2], 如果在桥梁工程中推广使用并充分利用 DX 桩的这些优点, 在设计过程中就能够减小桩身截面和长度, 可以有效的降低工程造价, 节约材料, 带来可观的经济效益^[3-5]。

2 工程概述

2.1 工程概况

该桥梁工程位于北京市朝阳区, 该桥梁下部结构拟采用钻孔灌注桩, 桩径分 1.5 m 和 1.2 m 两种, 预估单桩竖向承载力特征值 $Q_{uk} = 8\ 500\ \text{kN}$ 。根据区域地质资料及现场钻探、原位测试及室内土工试

验成果, 工区各层土主要特征如表 1 所示。

2.2 试桩方法、试桩区布置及试桩参数

试桩布置图如图 1 所示。由于现场有合适的锚桩供选择, 因此本次试桩采用锚桩反力架组装成压重平台; 该方法不仅可以节约成本, 还可以节约时间, 同时比采用压重平台反力装置要安全得多^[6]。加荷方式为液压千斤顶(高压油泵); 加载值由静荷载测试分析仪测读; 用 4 个位移传感器测读试点的沉降量; 试验加载分为十级。竖向抗压试验采用慢速维持荷载法, 按照《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2003)^[7,8]; 每级荷载加载后, 第一小时内按第 5、15、30、45、60 min 各测读一次, 以后每隔 30 min 读一次, 当沉降速率达到相对稳定标准时, 进行下一级加载。《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2003) 规定, 每一小时沉降量不超过 0.1 mm, 且连续出现两次(由 1.5 h 三次 30 min 测读值计算) 则在该级荷载下试桩的沉降速率达到相对稳定标准。本次试验共设 11 根桩, 其中 3 根试桩, 8 根锚桩。其中有一根试桩为直孔桩, 其余均为 DX 桩, 试桩的参数如表 2 所示。

[收稿日期] 2011-10-20

[基金项目] 铁道部重点科技项目(2009G010-F)

[作者简介] 张德华(1972—), 女, 山西朔州市人, 北京交通大学副教授, 博士, 主要从事隧道工程研究工作; E-mail: dehuazh@163.com

表1 土层主要参数

Table 1 Parameters of soils

层号	层底深度/m	分层厚度/m	土层名称	液性指数	压缩模量/MPa	$N_{63.5}$	侧阻力/kPa	地基容许承载力/kPa
1	1.5	1.5	素填土	-0.28	5.8	10	—	—
2-2	4.4	2.9	粉砂	—	—	21	50	200
2	8.5	4.1	粉土	0.06	9.8	15	50	180
3	15.1	6.6	细砂	—	—	35	55	210
3-4	18.4	3.3	圆砾	—	—	44	150	400
4-2	19.6	1.2	粘土	0.35	11.9	—	65	200
4	20.4	0.8	粉质粘土	0.40	13.1	—	55	210
4-2	24.4	4	粘土	0.35	11.9	—	65	200
4	27.2	2.8	粉质粘土	0.40	13.1	—	55	210
5	31.7	4.5	中粗砂	—	—	53	70	270
5-3	33.5	1.8	圆砾	—	—	49	150	450
5	36.2	2.7	中粗砂	—	—	53	70	270

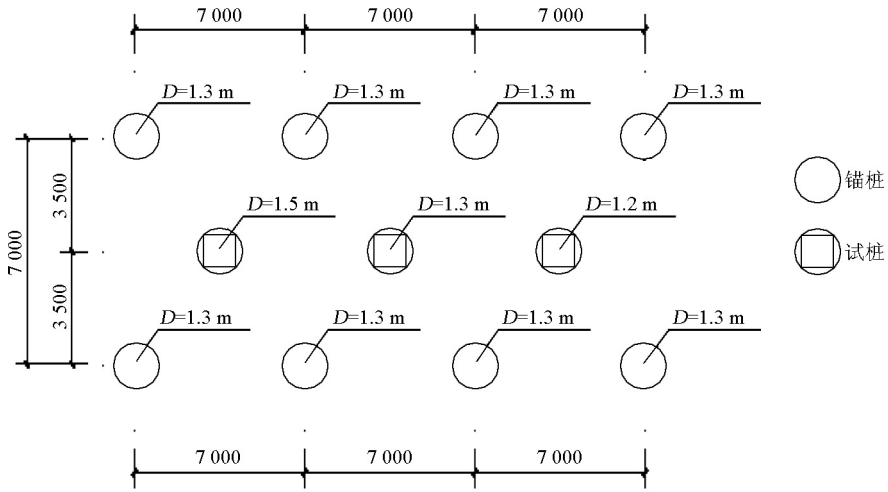


图1 试桩布置图

Fig. 1 Layout of test piles

表2 试桩参数

Table 2 Parameters of test piles

试桩编号	桩型	桩长/m	桩径/cm	承力盘径/cm	混凝土用量/m ³	桩身混凝土强度等级
ZK	直孔灌注桩	35	150	—	61.9	
DX-1	DX 桩	35	130	240	52.3	C25
DX-2	DX 桩	35	120	240	44.3	
锚桩	DX 桩	35	130	240	52.3	

表3 单桩抗压承载力及所对应的沉降

Table 3 The ultimate bearing capacity and the corresponded settlement of each pile

桩号	竖向承载力/kN	沉降量/mm
ZK	19 200	29.91
DX-1	21 600	18.06
DX-2	24 000	26.16

由表3可看出,DX 桩的单桩竖向承载力明显

3 试验数据分析

3.1 单桩承载力

试验结果表明,ZK 桩的单桩竖向抗压承载力试验值为 19 200 kN,DX-1、DX-2 单桩竖向抗压承载力试验值分别为 21 600、24 000 kN。试桩的 $Q-s$ 曲线和单桩竖向抗压承载力及其对应的沉降量分别如图 2 和表 3 所示。

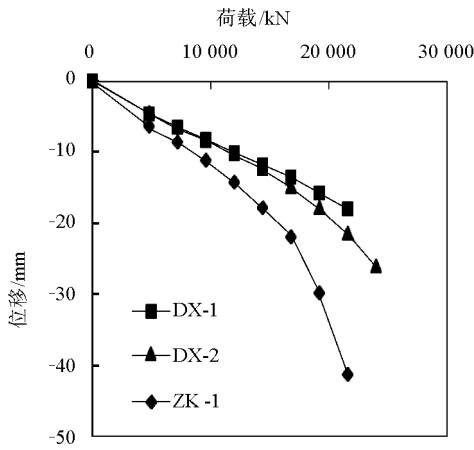


图2 三根试桩的 $Q-s$ 曲线
Fig.2 $Q-s$ curves of three piles

高于直孔桩。在试验中,直孔桩的单桩竖向承载力为 19 200 kN,而两根 DX 桩的单桩承载力分别为 216 00、24 000 kN。分别比直孔桩高 11 % 和 25 %,但是,DX - 1 桩和 DX - 2 桩的桩径分别为 1.3 m 和 1.2 m,比直孔桩小 13.3 % 和 20 %。这是由于 DX 桩在荷载传递上与直孔桩有较大的差异,直孔桩的承载力由桩端的端阻力和桩身的摩阻力组成,而 DX 桩的承载力除了上述两项外还包括承力盘的盘阻。DX 挤扩灌注桩根据土层分布特性,在承载力较高的土层中设置承力盘,通过设置多个承力盘可以获得较高的盘端阻力。同时,挤扩设备在对土体进行挤扩时,对承力盘周围的土体会产生挤密作用,从而改善土的物理力学性质,提高土的强度,进一步提高桩的承载力。通过分析在承力盘上下位置轴力的差值,可以大致估算每个承力盘在本级荷载时提供的端承载力,如表 4 所示。

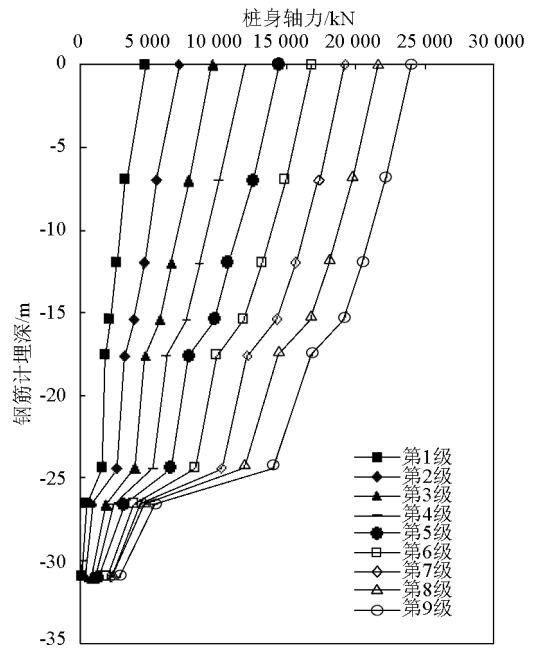


图3 DX-2 轴力沿桩身分布图
Fig.3 Axial forces of DX - 2

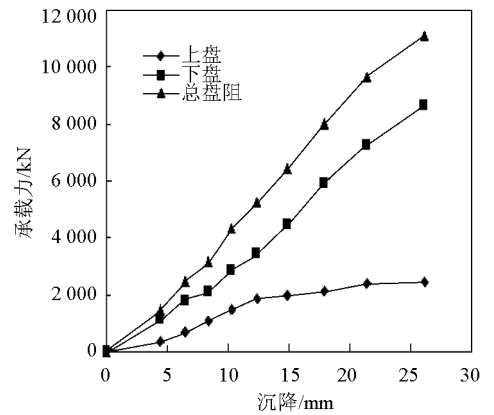


图4 DX-2 上下盘盘阻
Fig.4 Bell resistances of DX - 2

表 4 各级荷载下个盘阻及盘阻占荷载比例

Table 4 Bell resistances and the ratio of bell resistance to total load under each load level

荷载级别	第一级	第二级	第三级	第四级	第五级	第六级	第七级	第八级	地九级	
沉降/mm	4.46	6.5	8.4	10.3	12.39	14.9	17.93	21.42	26.16	
上盘阻/kN	359	691	1 075	1 476	1 851	1 982	2 125	2 389	2 452	
下盘阻/kN	1 108	1 795	2 086	2 850	3 409	4 462	5 899	7 264	8 654	
总盘阻/kN	1 467	2 486	3 161	4 326	5 260	6 444	8 024	9 653	11 106	
所占比	上盘	7.48	9.60	11.20	12.30	12.85	11.80	11.07	11.06	10.22
例/%	下盘	23.08	24.93	21.73	23.75	23.67	26.56	30.72	33.63	36.06

3.2 盘阻发展情况及最终沉降

在试验中 DX - 2 桩的承力盘上盘位于细砂层,下盘位于粉质黏土层,由图 4 可以看出在荷载逐级加载的过程中,DX - 2 桩的上下两个承力盘的盘阻

都开始增加,其中下盘的盘阻上升较快,当加到第五级荷载以后,上盘盘阻变化不大,但是下盘盘阻上升迅速,一直到第九级荷载,上盘盘阻都保持迅速上升的趋势。总盘阻占总荷载的比例也呈现上升趋势,

从第一级荷载时的 30.56 % 增加到第九级荷载时的 46.28 %。这是由于 DX 桩承力盘是挤扩设备通过对土体挤压形成的,桩身混凝土浇筑完成后,被挤压后的土体在回弹的过程中会使桩身和周围土体紧密结合,在上部受荷载作用时,二者能够共同作用。DX 桩在受到荷载作用后,承力盘可以分担很大一部分荷载,承力盘提供的端阻力大小及占总荷载比例与荷载大小、盘径、承力盘所在土层的压缩模量、强度等物理力学性质指标有关。ZK 桩在荷载为 19 200 kN 时累计沉降量为 29.91 mm,DX-2 桩在同样的荷载下累计沉降量为 17.93 mm,在 24 000 kN 的荷载作用下累计沉降为 26.16 mm。DX 桩受到荷载作用后,承力盘会将很大一部分荷载传递到承力盘所在的土层上,增大了桩的有效截面面积,同时减小了传递到桩端的荷载,从而降低了桩的沉降量。

4 结语

DX 挤扩灌注桩是在钻孔灌注桩的基础上发展起来的一种新型桩。DX 桩在施工时,只是比直孔灌注桩多了一道挤扩工序,但是利用多层端阻可以显著提高桩的承载力,降低沉降量,在桩径分别比直孔桩小 13.3 % 和 20 % 的情况下,DX 桩的单桩竖向承载力分别比直孔桩高 11.1 % 和 20 %,在荷载为 19 200 kN 时,DX-1 和 DX-2 桩的沉降量比直孔

桩小 47 % 和 40 %。在均达到承载力要求的条件下,直孔桩和 DX 桩的混凝土用量分别是 61.9 m³ 和 44.3 m³,DX 桩比直孔桩节约混凝土 39.7 %。用 DX 桩单桩竖向承载力大、沉降量小的特点在设计时可以减小桩径,缩短桩长。在公路桥梁工程中推广使用 DX 桩,可以提高施工效率,减少混凝土、钢筋等材料用量,降低工程造价,具有显著的技术、经济、环境效益。

参考文献

- [1] 沈保汉,兰 岚,王 衍,等. 河南 HMQ 电厂两节 DX 挤扩灌注桩的试验研究[J]. 工业建筑,2009,39(2):43-44.
- [2] 沈保汉,王 衍,刘振亮,等. 某 DX 挤扩灌注桩工程荷载传递机理实验研究[J]. 2011,41(2):106-112.
- [3] 张德华,王梦恕. DX 挤扩灌注桩技术在铁路桥梁中的应用[J]. 中国工程科学,2009,11(7):92-95.
- [4] 金凤温. 高速公路某特大桥梁 DX 挤扩桩应用研究[J]. 交通世界,2010,9(5月上):196-198.
- [5] 金凤温. 多节三岔(DX)挤扩灌注桩桥梁的应用技术[J]. 黑龙江交通科技,2010(11):81-83.
- [6] 刘金波. 建筑桩基技术规范理解与应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [7] 周东泉. 桩基检测技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [8] 中国建筑科学研究院,中国建筑工业出版社. JGJ106-2003 建筑桩基检测技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.

Application of DX pile in bridge foundation

Zhang Dehua¹, Qi Wanpeng¹, He Dexin²,
He Jiandong², Sun Junping², Guo Guixia²

- (1. School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;
2. Beijing Zhongkuo Foundation Technology Co., Ltd, Beijing 100097, China)

[Abstract] DX pile is a new type of variable cross-section pile developed from last decades. This pile has been applied in many foundations of buildings for its great advantage of high bearing capacity and low settlement. Nowadays some foundations of bridges of highway road have adopted DX pile. A case of DX pile in Beijing was analyzed in this paper. Two DX piles and one straight pile were tested by static loading method. The vertical bearing capacity and Q-s curves were obtained. The settlements of different piles were also compared. The axial force along the shaft of DX pile was listed and the effects of bearing capacity of bells were analyzed.

[Key words] DX pile; bearing capacity; bridge; static load test