

# DX 桩的施工特点及其效果

唐松涛, 陈立宏, 彭文

(北京交通大学土木建筑工程学院, 北京 100044)

**[摘要]** DX 桩作为一种新型的变截面桩型具有施工简单、方便、快捷等优点。施工时, 只须在钻(冲)成孔后, 增加一道旋挖挤扩成盘的工序, 就能形成由桩身、承力盘、桩端共同受力的形式。DX 桩不但具有较高的承载力, 还能很好地控制桩基的沉降变形。某高速公路桥梁桩基的静载荷试验表明, DX 桩的承载力是同尺寸直孔桩的 2 倍多, 而 DX 桩沉降则不到直孔桩的一半; 同时, 试验中 DX 桩锚桩的上拔量不足 1 mm, 在抗拔性能方面, DX 桩也有很大的优越性。

**[关键词]** DX 桩; 承载力; 沉降; 抗拔

**[中图分类号]** TU473 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)01-0037-04

## 1 前言

DX 桩是在挤扩支盘桩的基础上发展而来的<sup>[1-3]</sup>, 早在 20 世纪 80 年代, 北京市建筑工程研究院及一些学者<sup>[4-5]</sup>就开始对支盘桩的承载力进行研究, 随后北京俊华地基基础工程技术集团研制开发出第一代 YZJ 型液压挤扩支盘成型机(单向液压油缸两只腔挤扩机), 但其后的工程实践表明 YZJ 挤扩机性能不稳定, 经常出现挤扩坍塌严重、重挤质量不可靠、挤扩臂回收时容易夹土等问题。针对挤扩机在工程中出现的各种问题, 1998 年贺德新研制开发出新型的多功能液压挤扩装置, 以此实施 DX 挤扩灌注桩(简称 DX 桩), 并在北京、山东、河北、河南等地成功应用, 取得了显著的社会经济效益<sup>[6]</sup>。2006 年, 北京中阔地基基础技术有限公司又研制了新型的旋挖挤扩钻机, 进一步提高了 DX 桩的适用性。DX 桩施工简单方便, 其施工流程基本与普通的等截面桩一致, 只是在钻(冲)后增加一道挤扩工序, 然后再吊放钢筋笼, 灌注混凝土, 形成由桩身、承力盘、桩端三者共同受力的桩型。

## 2 DX 桩的施工流程

### 2.1 测量定位

使用全站仪, 按图纸坐标放出关键控制桩位, 其他桩位可以通过拉直线的方法, 再配合钢卷尺按设计的桩间距放出, 放完桩位后, 应在所放的桩位中随机地抽取一部分, 用全站仪复测其坐标, 确认是否与图纸设计一致。复合无误后, 报监理验收同意, 即可开始下一步施工。

### 2.2 成孔

#### 2.2.1 钻机就位

必须保证钻机施工作业场地坚固、平整, 避免钻机在作业的过程中发生位移、偏斜, 进而影响成孔的质量; 在施工过程中必须控制钻杆的垂直度, 误差要控制在 0.2% 之内; 在开钻之前, 要在已经放好的桩位中心上定十字线, 具体的方法是拉两条大约以 90° 夹角相交的直线, 使这两条直线各自向两边延伸到桩体之外, 然后固定, 这样做的目的是在埋设护筒后, 可以通过这两条直线来复核护筒的中心是否正对桩中心。

#### 2.2.2 泥浆制备

旋挖钻机通常情况下都是采用静态泥浆护壁, 在整个成孔的过程中, 孔内都是充满泥浆的, 为了防止孔壁坍塌, 对泥浆的质量要求较高, 应根据特殊的

**[收稿日期]** 2011-11-15

**[基金项目]** 铁道部重点科技项目(2009J010-F)

**[作者简介]** 唐松涛(1984—), 男, 四川成都市人, 博士研究生, 主要从事桩基工程方面的研究; E-mail: staotang@bjtu.edu.cn

地层情况而采用特定的配比。泥浆使用火碱、纤维素、膨润土和水按一定的比例配置而成。

### 2.2.3 埋设护筒

护筒以不小于 3 mm 的钢板制成,护筒的直径需根据桩的直径确定,一般情况下护筒的直径略大于桩的设计直径,护筒的长度要视土层的情况而定,一般来说要从地面开始直到穿过非常不良的土层,以避免在提钻和下钻的过程中造成孔口坍塌。护筒埋设好后要按照预先留置的十字线复核,确保设计桩中心和护筒中心一致,误差不能超过 50 mm。

### 2.2.4 钻进成孔

场地土层若多为粉土或者粉质粘土,在开孔的时候动力头的压力不宜过大,旋转速度不宜过快,待到钻进整个钻头的长度时,方可适当加压,增加钻速,平稳钻进,避免发生位移或者偏斜。

### 2.3 旋挖挤扩承载力盘

在成孔后即可进行承载力盘的挤扩,先对 DX 挤扩装置进行调试,检查设备的可靠性,包括法兰连接、螺栓、油管、液压装置、挤扩臂的分合情况等,然后将旋挖挤扩装置下至承载力盘设计位置,自下而上进行扩盘施工,并认真记录挤扩压力值等参数。承载力盘的位置可以根据实际情况在设计位置上下 1.5 m 的范围内进行调整,以便承载力盘位于同一持力层中。在扩盘的过程中要随时检测孔内液面高度,当液面下降时,要及时向孔内补充泥浆。挤扩完毕后测量孔深,记录沉渣的厚度,同时用 DX 盘径检测器对承载力盘的成型效果进行检测,检测器的三对测杆与挤扩设备的挤扩臂张开的角度相同。

### 2.4 清孔

当有沉渣或者沉渣的厚度较大时,必须清除孔

底的沉渣,这样做的目的是要保证桩端的土层密实,使桩端的承载力不受影响。

### 2.5 吊装钢筋笼

一般采用汽车吊放置钢筋笼,对于较长的钢筋笼必须选择多个吊点,避免在起吊的过程中钢筋笼发生严重的弯曲变形而影响正常使用。放入孔中的速度要慢,钢筋笼距离孔底的距离按设计一般是 20 cm,且钢筋笼上必须要设置确保保护层厚度的焊接支架,避免成桩后出现钢筋外露的现象。

### 2.6 灌注混凝土

旋挖钻机成孔一般都采用水下灌注混凝土的方法,首先将连接好的导管下入孔内,导管下面距离孔底的距离不能过大,当孔内的混凝土面上升到一定的高度时,要将导管上提,减少导管的长度,避免混凝土面上升过高而造成导管拔不出的情况,且在灌注的过程中要将从孔内反出的泥浆抽入泥浆池,以便重复利用。此外混凝土必须超灌至少 50 cm,以保证桩头的质量。

## 3 工程实例

### 3.1 工程概况

工程场地位于某高速公路某合同段,为特大桥的桩基础。本次静载试验共检测 3 根桩,其中 2 根为 DX 桩,桩径为 1.5 m,桩长为 50 m,桩身承载力分别为 3 个和 4 个,盘径为 2.5 m。1 根为等截面桩,桩长为 50 m,桩径 1.5 m。为节省试验费用,本次试验利用各试桩周围的工程桩作抗拔锚桩,桩径为 1.3 m,桩长为 57 m,容许抗拔承载力为 4 000 kN。试桩平面布置图如图 1 所示。

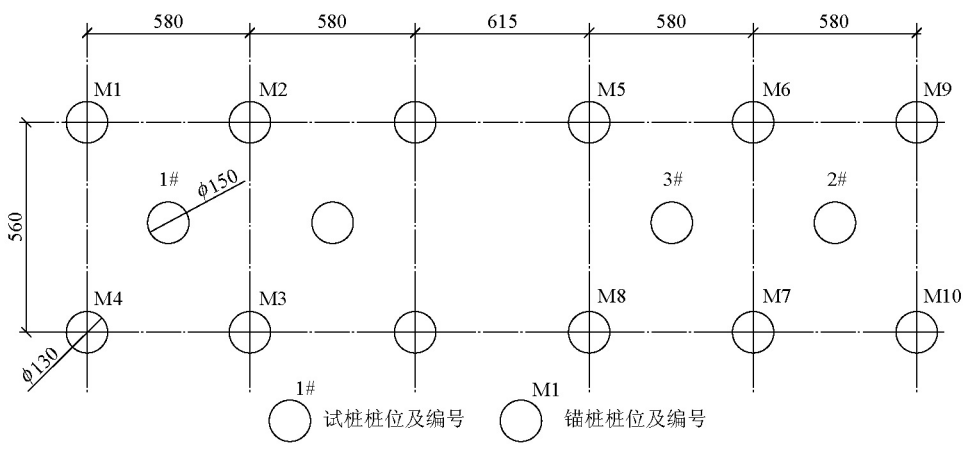


图 1 试桩平面布置图

Fig. 1 Layout of the pile load test

### 3.2 试桩方法及结果

本次每组试桩采用4根工程桩作锚桩,试验方法采用慢速维持荷载法。试验装置为锚桩横梁反力装置,加荷等级分10级加载,本次试验加载至设计极限承载力15 000 kN即停止加载,部分试桩结果见表1~表3和图2、图3。

表1 试桩结果汇总

Table 1 Test results of piles

桩号	1#DX	2#DX	3#直孔桩
桩径/m	1.5	1.5	1.5
桩长/m	50	50	50
盘径/m	2.5	2.5	—
承力盘个数	3	4	—
极限承载力/kN	>15 000	>15 000	>15 000
相应的沉降量/mm	11.72	11.3	26.03

表2 各级荷载下DX桩与直孔桩沉降的比值

Table 2 Ratio of settlement of DX pile to straight pile under each load

荷载/kN	1#DX 桩沉降比	2#DX 桩沉降比
3 000	0.453	0.600
6 000	0.442	0.546
9 000	0.440	0.496
12 000	0.445	0.457
15 000	0.450	0.434

表3 各锚桩的上拔量

Table 3 Ascending displacement of each anchor pile

试桩编号	锚桩号	总荷载为15 000 kN时的上拔量/mm	卸载后上拔量/mm
1#DX 桩	M1	0.62	0.02
	M2	0.58	0.08
	M3	0.70	0.08
	M4	0.72	0.06
2#DX 桩	M6	0.65	0.08
	M7	0.72	0.07
	M9	0.76	0.11
	M10	0.70	0.10
	M5	0.67	0.06
	M8	0.60	0.08

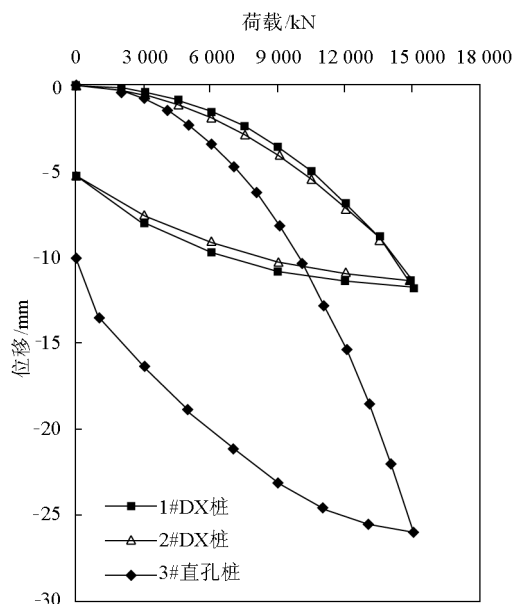


图2 各试桩的Q-s曲线

Fig. 2 Q-s curves of 3 piles

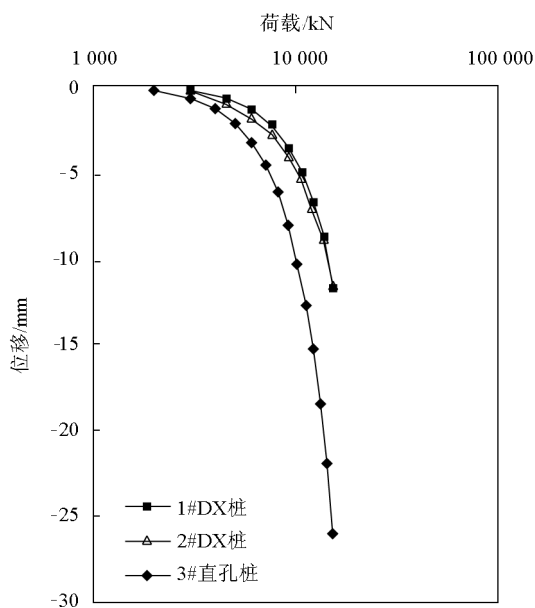


图3 各试桩的s-lgQ曲线

Fig. 3 s-lgQ curves of 3 piles

从图2和图3中可以看到,3根试桩的Q-s曲线均呈缓变型,s-lgQ曲线也未出现陡降段,表明3根试桩的实际极限承载力均高于15 000 kN,且3根试桩卸载后的回弹量分别为6.40 mm、6.20 mm及16.02 mm,其回弹率都达到了50%以上,表明在当前试验的荷载作用下,各试桩的沉降很大一部分是弹性变形所致,其桩端土的塑性变形和

桩的刺入变形很小,这也能从一方面说明了当前的最大荷载 15 000 kN 并未达到试桩的极限承载力。但是在相同荷载下,由于 DX 桩的多层分散承载特性,在桩顶荷载增加的情况下,承力盘的盘承力先于桩端阻力发挥出来,使得 DX 桩端下层土体的附加应力并未大幅度增加,其沉降量明显要小于直孔桩的沉降。在同等桩顶荷载条件下,DX 桩与直孔桩的沉降比值见表 2,可以看到两者的比值大约在 0.45 ~ 0.6 之间,所以相对于直孔桩来说,DX 桩不但能提供较高的承载力,还能减少桩基础的沉降量,其  $Q-s$  曲线要平缓得多。

10 根锚桩 M1 ~ M10 均为 DX 工程桩,桩身设置 4 个承力盘,桩长为 57 m,桩径为 1.3 m。当试验桩被加载至最大抗压承载力 15 000 kN 时,平均每根锚桩所受的上拔力为 3 750 kN,在 3 根试验桩实验过程中,10 根锚桩的上拔量见表 3,其上拔量在 0.58 ~ 0.76 mm 之间,而 1#DX 桩和 2#DX 桩在 3 750 kN 竖向压力下,根据其  $Q-s$  曲线基本呈线性变化的特点求出 3 750 kN 时的沉降量,经线性插值求得,3 750 kN 时 1#DX 桩和 2#DX 桩的沉降量分别为 0.58 mm 和 0.74 mm,与锚桩在同等上拔力情况下的上拔量基本相当,且各锚桩在卸载以后,其残余上拔量为 0.02 ~ 0.11 mm,回弹率基本均在 85 % 以上,基本处在弹性变形阶段。经过上述分析可以推测,DX 桩由于承力盘的存在,使其抗拔能力大幅度提高,这一点同直孔桩有着很大的区别,关于 DX 桩

抗拔能力方面的性能还需更多工程实践及现场试验、理论来证明。

## 4 结语

1) DX 桩的施工简单方便,只须在普通灌注桩的流程中增加一道挤扩工序,是一种值得推广的新技术。

2) DX 桩的  $Q-s$  曲线为缓变型,同一场地地质条件下,DX 桩与普通等截面桩相比,不但能提供很高的承载力,还能有效地控制桩基的沉降变形,在同样的桩顶荷载条件下,与等截面桩相比,其沉降变形可以减少 50 % 左右。

3) DX 桩在抗拔性能方面也有很大的优势,但关于其抗拔能力及抗拔机理还需更多的工程实践和理论来证明。

## 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):1-4,8.
- [2] 周青青,于南燕. DX 桩的试验研究[J]. 岩土力学,2001,22(3):298-302.
- [3] 张晓玲,王理. 挤扩支盘灌注桩的研究与工程应用[J]. 地基基础工程,1991(1):1-17.
- [4] 贺德新,沈保汉. DX 挤扩装置及 DX 多节挤扩桩的应用[J]. 工业建筑,2001(1):27-31.
- [5] 赵书平,刘宝利,樊春义,等. 挤扩支盘桩的研究与应用[J]. 科技情报开发与经济,2001(1):51-52.
- [6] 连峰,李阳,王延祥. DX 桩单桩荷载传递机理有限元分析[J]. 山东建筑工程学院学报,2004,19(4):1-5.

# Construction characteristics and effects of DX pile

Tang Songtao, Chen Lihong, Peng Wen

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

[Abstract] DX pile which is a new-type of variable cross-section pile has the characteristics of easy, convenient and fast construction. When constructing the DX pile, only one extra procedure of extruding and expanding the bell cavities is added, after drilling (impacting) hole. So that the form of pile shaft, bells and pile tip bearing the load together can be achieved. DX pile has not only high bearing capacity, but also effectively controlled settlement of pile deformation. The static load test of a highway bridge foundation shows that the bearing capacity of DX pile is more than twice of the straight pile with the same parameters, while the settlement is only a half. Meanwhile, the ascending displacements of anchor piles are less than 1 mm, which means even in the uplift performance, DX pile also has a great advantage.

[Key words] DX pile; bearing capacity; settlement; uplift