

# 超长 DX 桩在软土地区某高层建筑中的应用

鲍生谋

(机械工业第三勘察设计研究院, 湖北武汉 430030)

**【摘要】** DX 桩是在钻、冲孔灌注桩基础上发展起来的一种变截面的新桩型。由于其桩身多个扩径体(承力盘或承力岔)能承受较大的荷载, 充分发挥扩径体周边土体的承载力, 从而大幅度提高单桩承载力。介绍了 DX 多节挤扩灌注桩及在浙江软土地区某高层建筑桩基工程中的应用效果。

**【关键词】** DX 桩; 承力盘; 承力岔; 扩径体; DX 挤扩装置

**【中图分类号】** TU 473.11

## Application of Super-long DX Pile in Soft Soil Foundation of a High-rise Building

Bao Shengmou

(Third Institute of Geotechnical Investigation & Design of Machinery Industry, Wuhan Hubei 430030)

**【Abstract】** DX pile is a new kind of variable section pile based on the bored filling pile. The partial enlargement of the pile body, such as carrying plate and carrying branch, greatly improve the bearing capacity of the pile and make full use of the bearing capacity of the surrounding soil. DX multi-nodal enlarging-grouting pile and the result of its application in soft foundation of a high-rise building in Zhejiang province is introduced.

**【Key Words】** DX pile; carrying plate; carrying branch; partial enlargement; DX extruding device

### 1 DX 多节挤扩灌注桩

#### 1.1 DX 桩的基本原理

DX 多节挤扩灌注桩(简称 DX 桩), 是一种变截面桩, 是在钻(冲)孔后, 向孔内下入专用的 DX 挤扩装置, 通过地面液压工作站控制该装置的弓压臂的扩张与收缩, 按承载力要求和地层土质条件, 在桩身不同部位挤扩出 3 岔分布或 3n 岔(n 为挤扩次数)分布的扩大岔腔或近似的圆锥盘状的扩大头腔后, 放入钢筋笼, 灌注砼, 形成由桩身、承力岔、承力盘和桩根共同承载的桩型<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 DX 桩的构成

DX 桩主要由桩身、承力岔、承力盘、桩根四部分构成<sup>[2-3]</sup>(见图 1)。

利用 DX 挤扩装置三个均匀分布的弓压臂, 在桩孔内同一标高位置上, 沿径向外侧放射状地进行三维挤扩, 在桩周土体中形成三个均匀分布的楔型腔体, 腔内灌注砼后形成桩受力结构的一部分, 称承力岔<sup>[1]</sup>。

利用 DX 挤扩装置的弓压臂, 在桩孔内同一标高位置上, 经过 7~9 次挤扩过程(弓压臂扩张和收缩为一个挤扩过程, 前后两个挤扩过程需将 DX 挤

扩装置转动 20° 左右), 挤扩出由 21~27 个单个楔型腔体形成的近似圆锥状的扩大腔体, 腔内灌注砼后形成桩受力结构的一部分, 称为承力盘<sup>[1]</sup>。

承力岔和承力盘统称为扩径体。

DX 桩的应用一般采用设置多个承力盘, 承力岔的设置较少。

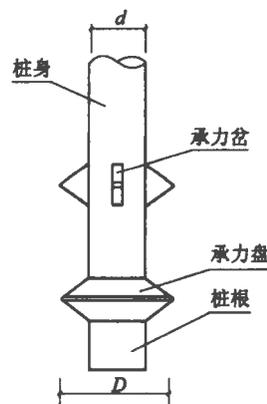


图 1 DX 桩构造示意图<sup>[2]</sup>

#### 1.3 DX 桩单桩承载力特征值计算<sup>[4]</sup>

$$R_a = \mu_p \sum q_{sia} L_i + \sum r_j q_{pia} A_{pD} + q_{pa} A$$

式中:  $R_a$  为单桩竖向承载力特征值, kN;  $q_{sia}$  为第  $i$  层土的桩侧阻力特征值, kPa;  $q_{pja}$  为扩径体所在的第  $j$  层土的端阻力特征值, kPa;  $A_{pD}$  为扣除桩身截面面积的扩径体投影面积,  $m^2$ ;  $l_p$  为桩身周边长度;  $L_i$  为折减后桩周第  $i$  层土的厚度, m;  $r_j$  为第  $j$  个扩径体端阻力修正系数;  $A$  为桩根底端截面面积,  $m^2$ 。

## 2 DX 桩的应用概况

DX 桩自 1998 年应用以来,先后在武汉、天津、山东、河北、河南、江苏等地完成了 40 多项工程,取得了较好的经济效益。但截止目前所实施的工程,DX 桩的应用主要为直径较小和桩长中、短型桩(直径在 400~700 mm;盘径 1 000~1 400 mm;桩长在 40 m 以内),单桩极限承载力均在 6 000 kN 以内,如:武汉劳动力市场大厦(19 层),桩径 620 mm,桩长 31 m,承力盘径 1 400 mm,设置在细砂层;天津巴黎现代广场工程(26 层),桩径 700 mm,桩长 27 m,盘径 1 400 mm,设置在砂土及砂土、粉土与粉质粘土互层中<sup>[5]</sup>。

平湖汉爵大酒店桩基工程采用超长 DX 桩( $\phi 800$  mm DX 桩,孔深 62 m,有效桩长 52 m,盘径 1 800 mm),且该场地工程地质条件为上部 20 m 深度内为流塑—软塑状淤泥质粉质粘土,深度 20~90 m 均为可塑状粉质粘土(局部为硬塑),桩端持力层⑥层粉土中夹薄层软塑状粉质粘土,因此承力盘设置位置较深,在深度 28~59 m,施工难度较大。该工程成功应用超长 DX 桩,是 DX 桩应用的新突破。

## 3 DX 桩在浙江软土地区某高层建筑中的应用

### 3.1 工程概况及地质条件

平湖汉爵大酒店位于浙江省平湖市新华南路与当湖路交叉口东南角,距海边乍浦港 15 km。总用地面积 14 604  $m^2$ ,总建筑面积 70 246  $m^2$ ,地上 28 层,地下 3 层,钢结构,柱网为 8.4 m $\times$ 8.2 m,最大柱荷载 21 000 kN,该建筑场地地貌单元为湖沼滨海相,土层自上而下依次为:

①耕植土:灰黄色,粉土性,结构松散,富含植物根系,厚度 0.4~0.7 m,全场均有分布。

②粉质粘土:灰黄色,可塑,层面埋深 0.4~0.7 m,厚度 1.9~3.4 m,全场均有分布。

③<sub>1</sub>淤泥质粉质粘土:灰色,流塑,含有机质和腐植物,层面埋深 2.4~3.8 m,厚度 5.3~12.5 m,场地均有分布。

③<sub>2</sub>粉土与淤泥质粉质粘土互层:灰色,很湿,

稍密,淤泥质土流塑状,含有机质,粉土与淤泥质土含量不均,埋深 3.1~15.2 m,厚度 4.6~10.9 m,全场均有分布。

③<sub>4</sub>粉质粘土:灰色,流塑—软塑,局部夹粉土薄层,含有机质,埋深 9.3~18.5 m,厚度 1.4~14.9 m,全场均有分布。

④<sub>1</sub>粉质粘土:灰—灰黄色,可塑—硬塑,埋深 19.8~27.5 m,厚度 0.9~8.9 m,全场均有分布。

⑤粉质粘土:灰色,可塑,夹粉土薄层,埋深 26.1~32.5 m,厚度 13.2~20.1 m,全场均有分布。

⑤夹粉土:局部有分布,厚度 1.0 m 左右,埋深 40.0 m 左右,灰色,饱和,中密,含云母。

⑥<sub>1</sub>粉土:灰—青灰色,饱和,中密,含云母片,局部夹少量粘土,埋深 45.0~52.3 m,厚度 2.3~12.0 m,全场均有分布。

⑥<sub>2</sub>粉质粘土:灰—灰绿色,可塑—硬塑,埋深 54.6~58.2 m,厚度 0.6~4.8 m,全场均有分布。

⑥<sub>3</sub>粉土:灰—青灰色,饱和,中密,局部夹少量粘性土或粉砂,埋深 58.0~60.5 m,厚度 15.2~17.9 m,全场均有分布。

⑥<sub>3</sub>夹粉质粘土:灰色,软塑,夹粉土薄层,局部分布。

⑦粘土:灰色,可塑,局部夹粉土薄层,埋深 75.0~76.8 m,厚度 15.6 m。

⑧粉砂:青灰色,中密,埋深 90.6 m,厚度 5.7 m。

⑨粉质粘土:灰色,可塑,局部夹粉土薄层,埋深 96.3 m,该层未揭穿。

### 3.2 基础方案选择

本工程采用筏板下独立承台桩基方案,钻孔灌注桩是本工程的最佳选择。依据拟建建筑物荷重、柱网布置及地层情况,原设计方案采用直径 1 200 mm 钻孔灌注桩,有效桩长 52 m,单桩极限承载力 10 000 kN,共布置 247 根桩。后通过分析比较,采用直径 800 mm DX 桩,有效桩长 52 m,设置 5 个承力盘,盘径设计取 1 600 mm(实际 1 800 mm),单桩极限承载力通过计算可达 10 700 kN,可满足单桩极限承载力 10 000 kN 设计要求。另从单方砼获得的承载力看,本工程钻孔灌注桩为 170 kN/ $m^3$ 。DX 桩为 335 kN/ $m^3$ 。DX 桩是钻孔灌注桩的近 2 倍,因此采用 DX 桩具有较大优势<sup>[6]</sup>。

### 3.3 DX 桩的设计

从本工程场地工程地质条件看,④<sub>1</sub>层可塑—

硬塑粉质粘土、⑤层粉质粘土、⑥层粉土夹粉质粘土层组,均为较理想的承力盘成型土层,DX桩的桩端持力层选择⑥<sub>3</sub>粉土层,桩底标高-62.0 m,桩顶标高-10.0 m。

DX桩的设计参数如下:

桩径  $d=800$  mm;有效桩长 52.0 m;承力盘 5 个(④<sub>1</sub>层 1 盘,⑤层 2 盘,⑥<sub>1</sub>层 1 盘,⑥<sub>3</sub>层 1 盘);承力盘间距 6.8~9.2 m;盘径  $D=1\ 600$  mm;盘高  $h=1\ 100$  mm,见图 2。

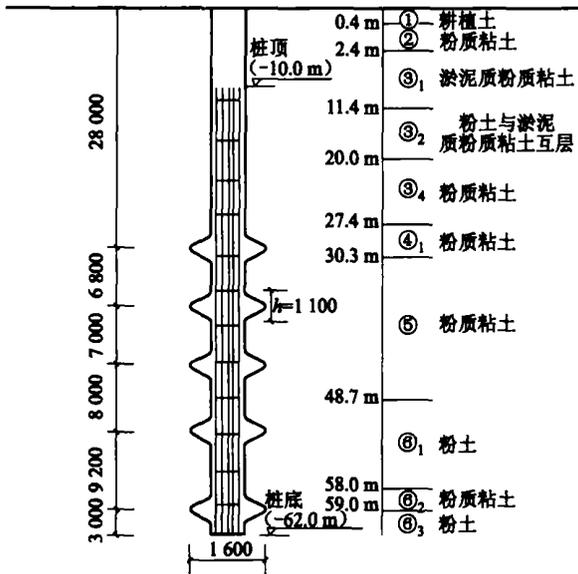


图 2 承力盘设置部位及地质柱状图(单位:mm)

### 3.4 DX桩的施工

平湖汉爵大酒店工程桩施工前,先进行了三

组试桩,试桩作工程桩用。DX桩的施工顺序为:正循环泥浆护壁钻成孔—吊放DX挤扩装置入孔内自下而上依次挤扩成盘—安放钢筋笼及导管—二次清孔—水下灌注砼成桩。DX桩施工中按如下控制进行:钻成孔及DX挤扩装置挤扩成盘时,孔内泥浆相对密度控制在 1.25~1.4 之间(砂土层为 1.35~1.5 之间),在浇注砼之前,需进行二次清孔换浆,冲孔泥浆相对密度控制在 1.15~1.25 之间,并保证孔内沉渣厚度小于 10 cm。挤扩成盘时,先将DX挤扩装置一次下入孔底,自下而上依次挤扩成盘,同时在不同地层成盘时,应观察并控制首次挤扩压力值。本工程首次挤扩压力值控制为:④<sub>1</sub>层可塑—硬塑粉质粘土不低于 17 MPa;⑤层可塑粉质粘土不低于 15 MPa;⑥层组中密粉土不低于 23 MPa;并保证挤扩时,孔内泥浆液面下降体积不低于扩大后承力盘体积。同时,每盘成型后,应及时补充泥浆,以保持孔内水头压力。桩身承力盘成型后,应采用盘径检测仪对成型的承力盘盘径进行检测,检测数量不低于 30%,本工程抽检 40%,盘径均在 1 750~1 800 mm 之间。

### 3.5 DX桩静载试验

为了验证地质条件与理论计算单桩竖向极限承载力的准确性,在工程桩施工前,进行了三组DX桩静载试验工作,结果见表 1。

表 1 DX桩静载试验结果

桩号	最大荷载/kN	对应沉降量/mm	残余沉降量/mm	回弹量/mm	回弹率/%	承力盘数/个	极限摩阻力/kN	极限端阻力/kN	承力盘阻力/kN	单桩极限承载力/kN
试 1	10 000	24.74	11.66	13.08	52.87	5	5 232	420	5 036	$\frac{10\ 688}{>10\ 000}$
试 2	10 000	17.87	8.02	9.85	55.12	5	5 304	420	5 036	$\frac{10\ 760}{>10\ 000}$
试 3	10 000	20.90	9.98	10.92	52.25	5	5 285	420	5 036	$\frac{10\ 741}{>10\ 000}$
钻孔桩 ( $\phi 800$ )						0	6 276	420	0	6 696
钻孔桩 ( $\phi 1\ 200$ )						0	9 472	950	0	10 422

注:①表中数值为依据地质报告计算值,分母值为试验实测值;

②为便于分析、对比,表中列出了直径 800 mm 和 1 200 mm 两种普通钻孔灌注桩的承载力值

上述计算与试验可以看出,DX桩比相同直径和桩长的普通钻孔灌注桩承载力提高十分明显,本工程提高 33%,并且提高的部分承载力由承力盘端阻力提供。对钻孔灌注桩而言,桩身摩阻力和桩端阻力占单桩承载力 93.7%和 6.3%;而对DX桩而

言,桩身摩阻力和桩根端阻力只占 57%;其余 43%是承力盘的端阻力。正是由于DX桩的承力盘的端承作用,才使其单桩承载力显著提高。三组DX桩试桩的  $Q-s$  曲线见图 3。

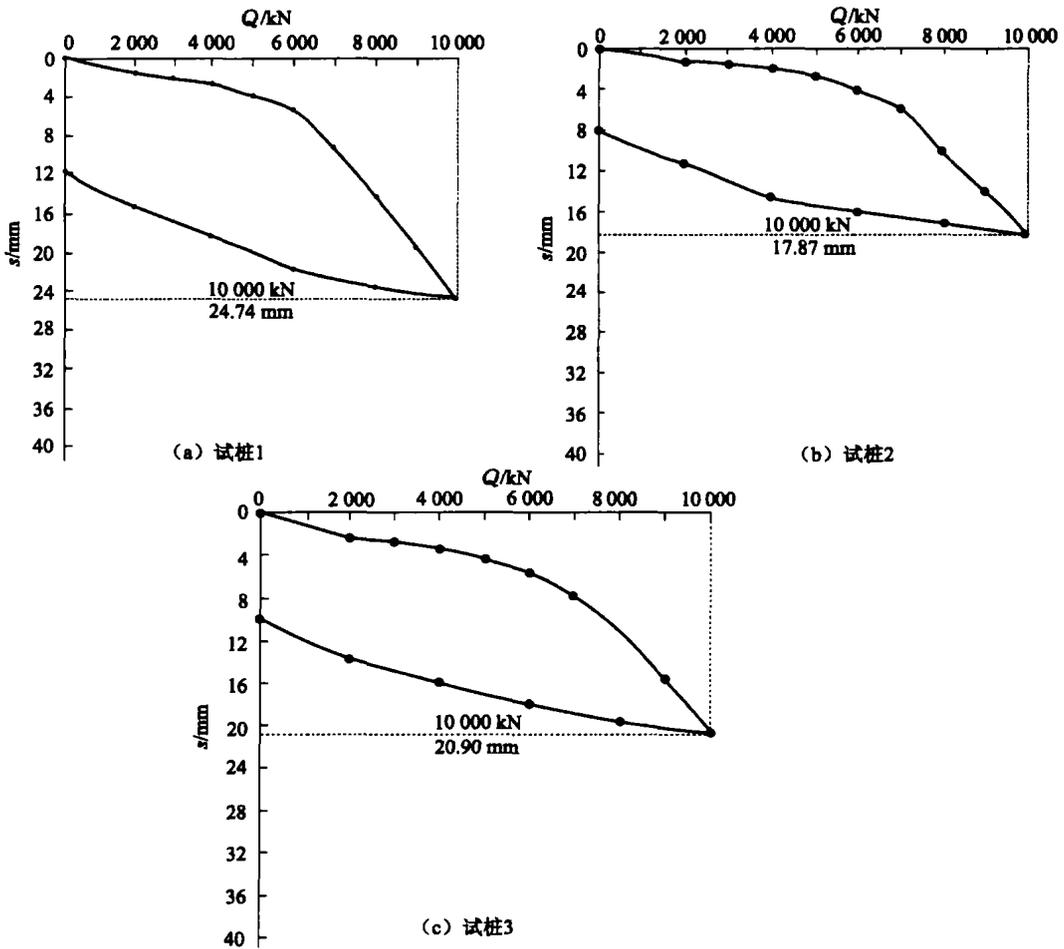


图3 DX 桩试桩 Q-s 曲线

4 经济效果分析

DX 桩与钻孔灌注桩经济效果分析见表 2。

表 2 DX 桩与钻孔灌注桩经济效果分析

桩型	桩径/mm	桩长/m	桩数/根	桩端持力层	砼量/m <sup>3</sup>	费用/万元	工期/d
钻孔灌注桩	1 200	52	247	⑥ <sub>3</sub>	14 526	1 234.7	90
DX 桩	800	52	247	⑥ <sub>3</sub>	7 383	746	90

平湖汉爵大酒店原考虑的设计方案为直径 1 200 mm 的钻孔灌注桩, 桩端持力层为 ⑥<sub>3</sub> 层粉土, 单桩极限承载力为 10 000 kN, 考虑三层地下室, 有效桩长 52 m, 设计需 247 根桩, 砼方量为 14 526 m<sup>3</sup>, 桩基工程造价最低约 1 234.7 万元; 采用直径 800 mm DX 桩, 单桩承载力仍为 10 000 kN, 有效桩长 52 m, 砼方量 7 383 m<sup>3</sup>, 桩基工程造价 746 万元。表 3 列出了两种桩型的技术指标及经济效益。

从表 2 可以看出, 本工程采用 DX 桩节约桩基工程造价 488.7 万元, 节约率 39.5%, 其经济效益是显著的。

5 结 语

平湖汉爵大酒店桩基工程成功应用超长 DX 桩, 是 DX 桩新桩型应用的新突破, 其经济效益显

著, 是值得推广应用的桩型。

参 考 文 献

[1] 沈保汉. 多节挤扩灌注桩[J]. 施工技术, 2001(1): 51-53.  
 [2] 江苏省. 苏 JG/T012-2004 多节挤扩灌注桩技术规程[S].  
 [3] 浙江省. DB33/T1012-2003 挤扩支盘混凝土灌注桩技术规程[S].  
 [4] 天津市. DB29-65-2004 挤扩灌注桩技术规程[S].  
 [5] 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): 37-31.  
 [6] 鲍生谋, 宁锦华. DX 桩在武汉某高层建筑中的就用[J]. 土工基础, 1999(4): 27-39.