

DX 挤扩灌注桩技术在铁路桥梁工程中的应用

张德华¹, 王梦恕^{1,2}

(1. 北京交通大学, 北京 100044 2. 中铁隧道集团, 河南洛阳 471001)

[摘要] DX 桩是近年来新兴的一种变截面新桩型。是在钻孔灌注桩的基础上,使用专用挤扩设备在桩底和桩身挤扩成为支盘状,然后浇灌混凝土后形成的桩身、分承力盘和桩根共同承载的桩型。DX 桩可较大幅度提高单桩承载力。试验表明单桩承载力比同等条件下的直孔灌注桩提高 80% 以上。DX 桩可在粘性土、粉土、砂土层、强风化岩、残积土中挤扩承力盘,也可在卵砾石层的上层面积扩成盘,更适宜在粘性土、粉土或砂土交互分层的地基中使用。DX 桩的桩身直径可为 400~2 000 mm,桩长可达 60 多米。是一种值得推广应用的新桩型,已在高层建筑、公路桥梁、一般工业与民用建筑及高耸构筑物桩基工程中得到广泛应用。在铁路桥梁的桩基础建设中若推广使用 DX 桩,可充分发挥其承载力高和沉降小的优点,能减小桩身截面和长度,这将有效缩短工期,降低工程造价,带来不可估量的经济效益和社会效益。

[关键词] DX 桩;旋挖挤扩灌注桩;承载力

[中图分类号] TU473 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2009)07-0092-05

1 前言

改革开放以来,我国的基本建设得到了飞速的发展,桩基础在建筑的各个领域得到大量应用,尤其是在当今高层建筑,高速公路,高架铁路的建设中都离不开桩基础,桩基础的安全可靠与节能节材就显得尤为重要。尤其是在我国政府为缩小金融危机对我国经济的影响,启动巨额资金投入基础建设的时刻,如何节能减排,打造坚实的桩基础就成为当前面临的重要任务。

目前,我国在桩基础施工中大量使用直孔灌注桩,为了提高承载力,通常的做法就是施工中加大桩径与桩长。从广义说直线是曲线的特例。平面是曲面的特例。应用中由于受设备和技术条件的限制,我们习惯只单纯为增加侧摩阻而加长直孔桩的桩长桩径,使得土和桩的承载力没有得到充分应用,这就使特例成为广泛使用的技术。而变节面桩充分调动了桩基的土壤承载能力,使桩长与桩径大大减小,DX 桩就是这样一种较好的变截面桩^[1]。

DX 多节挤扩灌注桩是近年来新兴的一种变截面新桩型。它是在钻孔灌注桩的基础上,使用专用的挤扩设备在桩底和桩身挤扩成为多节支盘状,然后浇灌混凝土后形成的桩身、分岔、分承力盘和桩根共同承载的桩型。由于分岔和承力盘增大了桩身的有效承载面积,同时挤扩设备对周围土体有一定的挤密作用,可以充分发挥端阻力的作用,而土体的端阻力往往是侧阻力的几十倍,因此 DX 桩可较大幅度地提高单桩承载力,降低沉降^[2-4]。在铁路桥梁的桩基础建设中如果推广使用 DX 桩,可充分发挥其承载力高和沉降小的优点,能减小桩身截面和长度,这将有效缩短工期,降低工程造价,带来不可估量的经济效益和社会效益。

2 DX 挤扩灌注桩技术的基本原理

2.1 基本原理

DX 挤扩灌注桩是在预钻(冲)孔内,放入专用的双缸双向液压挤扩装置,按承载力要求和地层土质条件在桩身适当部位,通过挤扩装置内外活塞杆

[收稿日期] 2009-02-05

[作者简介] 王梦恕(1938-),男,河南温县人,中国工程院院士,北京交通大学教授,博士生导师,研究方向为隧道及地下工程设计、施工新技术;E-mail:wms3273@263.net

的相对运动带动三对等长挤扩臂对土体进行水平向旋转切削滚压。一次形成3盆型夹角120°上下对称的扩大楔形腔,或经n次(n为同一水平面上的转位切削滚压次数)形成上下对称近似双圆锥盘状的扩大头腔,成腔后提出旋挖挤扩装置,放入钢筋笼,灌注混凝土,制成由桩身、扩径体共同承载的混凝土灌注桩,如图1所示。

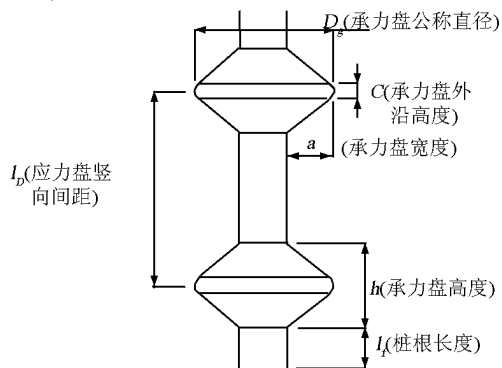


图1 DX挤扩灌注桩构造示意图

Fig. 1 Structure diagram of DX squeezed pile

DX挤扩灌注桩的扩径体不仅增大了桩身端面积,同时对周围土体产生挤密作用,充分发挥了桩身、扩径体与土体的共同承载作用,因此,DX挤扩灌注桩可较大幅度地提高单桩承载力。

DX挤扩灌注桩的扩径体有多种形式,根据承载力的需要和地层的土质情况,可以组合形成多节承载力盘桩。

2.2 DX挤扩灌注桩的液压挤扩装置

DX挤扩灌注桩的液压挤扩装置如图2所示,由接长管、双向液压油缸、主机、液压胶管和液压站5个主要部分组成,由液压站提供动力,驱动内、外活塞杆运动,实现钻孔中承载力盘腔的挤扩成型。

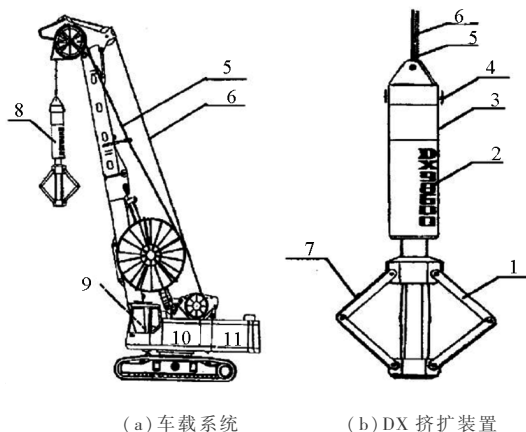
图3为DX挤扩装置在盘、盆腔挤扩过程中上下挤扩臂及挤扩臂铰点的运动轨迹示意图。由图可知,上臂AB和下臂BC的A、B、C三点的运动轨迹如图2所示。

$$A \text{ 点: } \{ x=0, y=\downarrow \}$$

$$B \text{ 点: } \{ x=\rightarrow, y=0 \}$$

$$C \text{ 点: } \{ x=0, y=\uparrow \}$$

A点 $|y\downarrow| = C$ 点 $|y\uparrow|$,所以B点只有水平方向运动,挤扩臂铰点轨迹即为原位水平线,且AB'和CB'所形成的包络线均匀连续,上下对称,受力总是平衡的,使挤扩过程中,挤扩腔顶壁不掉土或少掉土,容易获得高质量的空腔,从而提高扩径腔体挤



注:1-三岔挤扩弓压臂;2-双向液压油缸;3-旋转装置;4-定位装置;5-油管;6-钢丝绳;7-液压传感器;8-挤扩装置;9-控制系统;10-泵站;11-履带吊

图2 DX挤扩灌注桩的液压挤扩装置

Fig. 2 Hydraulic squeezing equipment of DX squeezed pile

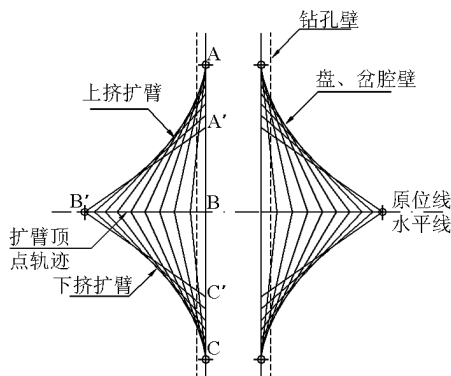


图3 挤扩臂运动轨迹

Fig. 3 Tracks of squeezed arms

扩的稳定性和可靠性。

3 DX挤扩灌注桩的施工工艺

DX挤扩灌注桩根据土层分布特性,将多个承载力盘设置在不同深度的承载力较高的土层中,多级挤扩形成承载力盘多层承载,多层端阻及多段侧阻的共同作用,以获得较高的盘端阻力。

荷载通过承载力盘传递到土层,通过荷载沿深度的扩散,不仅减少了桩端荷载,而且还扩大了承载力面积,从而达到大幅度提高承载力的目的。由于多层端阻承受荷载,在工作荷载作用下,传至桩端的荷载很小,保证了桩端土体的稳定性。其次,通过对土体挤扩,承载力盘周围土体得到了压密,提高了土体内摩擦角和压缩模量,其物理力学性质必然优于原状土。在承载力时,由于承载力盘周边土体预先受到压密,类似

于“预应力”作用,减少了土体承载后的压缩量,使土体的竖向承载力及抗拔力大幅度提高。

另外,DX 挤扩装置的首次挤扩压力值可以反应出所挤扩土层的软硬程度,通过掌握原设置承力盘土层的软硬变化情况,可以适当调整承力盘的深度位置,使承力盘设置于较好的物理性土层中,充分发挥土层的承载能力,保证单桩承载力满足设计要求。在施工中,通过首次挤扩压力值反映的土层软硬变化情况及时调整盘位置从而保证工程质量。

DX 挤扩灌注桩的施工工艺只是较常规的混凝土灌注桩增加了一道挤扩工序。

- 1) 钻机钻孔,钻孔后钻机移位;
- 2) 将 DX 桩设备工作机头吊入孔中设计位置挤扩型腔,盘挤扩成型后,将设备吊出;
- 3) 放置钢筋笼,放入导管后二次清孔;
- 4) 灌注混凝土;
- 5) 成桩。

DX 桩施工工艺流程见图 4。

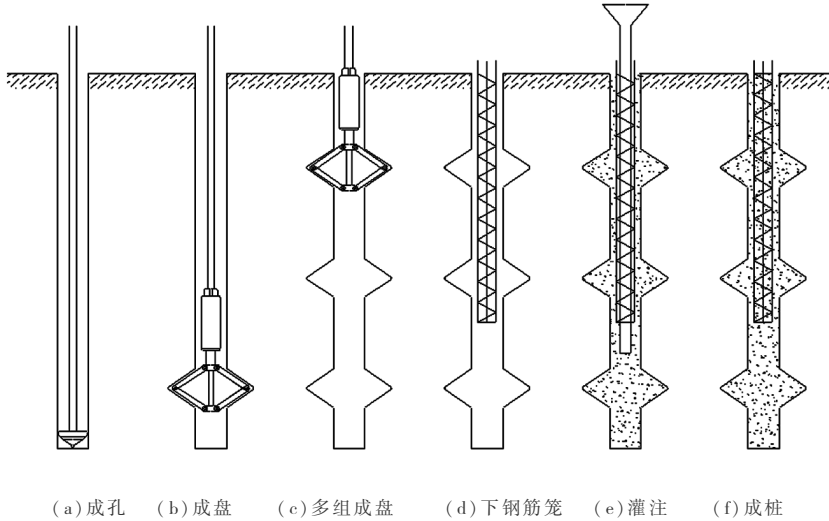


图 4 DX 挤扩灌注桩施工工艺示意图

Fig. 4 Sketch map of construction technology of DX squeezed pile

4 DX 桩的适用范围

DX 桩可作为高层建筑、桥梁、一般工业与民用建筑及高耸构筑物的桩基;可在粘性土、粉土、砂土层、强风化岩、残积土中挤扩承力盘,也可在卵砾石层的上层面挤扩成盘,更适宜在粘性土、粉土或砂土交互分层的地基中使用。DX 桩的桩身直径可为 400 ~ 2 000 mm,桩长一般不大于 60 m。

5 DX 桩的特点

DX 桩根据土层分布特性,可将多个承力盘设置在不同深度的承载力较高的土层中,多级挤扩形成承力盘多层承载,多层端阻及多段侧阻的共同作用,以获得较高的盘端阻力。

荷载通过承力盘(盆)传递到土层,通过荷载沿深度的扩散,不仅减少了桩端荷载,而且还扩大了承力面积,从而达到大幅度提高承载力的目的。由于多层端阻承受荷载,在工作荷载作用下,传至桩端的荷载很小,保证了桩端土的稳定。其次,通过对土

体挤扩,承力盘周围土体得到了压密,提高了土体内摩擦角和压缩模量,其物理力学性质必然优于原状土。在承力时,由于承力盘周边土体预先受到压密,类似于“预应力”作用,减少了土体承载后的压缩量,使土体的竖向承载力及抗拔力大幅度提高。

另外,DX 挤扩装置的首次挤扩压力值可以反应出所挤扩土层的软硬程度,通过掌握原设置承力盘(盆)土层的软硬变化情况,可以适当调整承力盘(盆)的深度位置,使承力盘(盆)设置于较好的物理性土层中,充分发挥土层的承载能力,保证单桩承载力满足设计要求。在施工中,通过首次挤扩压力值反映的土层软硬变化情况及时调整盘(盆)位置从而保证工程质量的操控能力是 DX 桩施工工艺的特点之一。

6 工程实例

6.1 河北唐曹高速公路南堡盐场特大桥

唐曹高速公路 K70 + 992.0 南堡盐场特大桥跨越虾池,桥全长 3.5 km,是唐山至曹妃甸高速公路

的重要桥梁。

该工区地形、地貌以沼泽、洼地为主,地势较为平坦,开阔。地层主要为软土、软弱土、淤泥质土、亚粘土和粉细砂组成,地下水埋深较浅。

本次检测完成的两根 DX 挤扩灌注桩单桩竖向抗压静载试验在最大荷载时的累计沉降量远小于直孔灌注桩,卸载后的回弹率高达 50% 以上,检测数据表明 DX 挤扩灌注桩与普通直孔灌注桩相比具有较大优势,完全满足用 1 根 DX 桩替代 2 根直孔桩的设计要求。

根据静载试验成果,经专家组论证后决定在南堡一场特大桥 55 号~59 号桥墩的桩基施工中使用 DX 挤扩灌注桩,仅此就比原设计节约工程造价 130 多万元,减少混凝土用量 2 800 m³,施工时间缩短 12 天,取得了良好的社会效益和经济效益。

6.2 江苏如东 LNG 接收站

此工程使用 DX 挤扩灌注桩技术,3 个储罐共设计 1 080 棵桩,比原设计减少混凝土工程量 32 000 m³,节能减排效果显著,得到各方一致好评。

6.3 滹沱河分洪特大桥

滹沱河分洪特大桥位于大广高速京衡段的河北省饶阳县境内。大广高速从东北黑龙江的大庆到南方广东省的广州市,是我国《国家高速公路规划网》纵向的第五条线。滹沱河与线路交角为 90°,该桥采用 88~30 m T 梁,设计桥长为 2 647.0 m,上部结构采用 30 m 孔径先简支后连续预应力连续 T 梁,下部结构采用柱式墩、肋板台、桩基础。为了比选桥墩基础的直孔桩方案(3 桩)和 DX 桩(2 桩)方案,2008 年 12 月 10 日至 12 月 31 日进行了 4 根桥梁桩基础试验桩的混凝土浇筑施工。4 根试桩包括 2 根 DX 桩,2 根直孔桩。2009 年 2 月对这 4 根试桩进行了静载荷试验。根据《建筑桩基检测技术规范》JGJ106-2003,4 根试桩的极限承载力 DX 桩的沉降要远小于直孔桩,极限承载力则要大许多。在位移为 10 mm 时,DX 桩的承载力是同样 1.5 m 桩径直孔桩的 2 倍,大于 1.6 m 桩径的 1.5 倍。

7 DX 挤扩灌注桩技术发展前景

DX 挤扩专用设备主要用于各种桩基础、地基

改良加固及其他特殊地基基础等工程的施工。由于历史的原因,我国桩工机械和桩基础施工技术发展较为缓慢,已不能适应目前快速发展的大型基础设计、施工的需要。针对目前桩工技术普遍存在的不足,尤其是灌注桩施工中存在的大量泥浆排放,造成环境污染以及孔底沉渣清理困难等问题,新型的 DX 旋挖挤扩钻机设备扬长避短,有效解决了现有桩工机械施工难以解决的问题。

其集钻、扩、清孔功能为一体,成盘、成孔质量好且效率高;解决了灌注桩孔底沉渣清孔困难的问题;有效解决硬土中扩孔的难题,扩大了适用范围;克服了以往施工泥浆大量排放造成的环境污染;实现了成孔、成盘的实时监测,变隐蔽工程作业为可控作业;克服了挤扩成孔造成的局部缩径问题;实现了安全施工,并能大量节约人力和建筑材料。这些设备的研发,完全符合当前桩工机械的发展方向,即工厂的构件化、现场的模具化。

综上所述,DX 桩技术十几年来来的理论研究和在全国各地的广泛应用,得到业界一致赞许,并相继制定出天津、河北、山东、陕西、江苏 5 省市的地方标准。建设部行业标准 JGJ171-2009《三岔双向挤扩灌注桩设计规程》将于 2009 年 10 月 1 日开始执行,该标准为强制性标准。审定会专家认为:“DX 桩技术可靠、承载力高、质量可控、节能环保、技术成熟,具有较高的科学性和突出的创新性,达到国际领先水平”。该标准的颁布,将为今后更好地普及应用该项技术奠定更坚实的基础。在当前基础设施建设高速发展的今天,DX 桩的广泛应用,定会带来巨大的社会效益和经济效益,为国家建设作出重大贡献!

参考文献

- [1] 陈 轮,王海燕,沈保汉,等. DX 桩承载力及荷载传递特点的现场试验研究[J]. 工业建筑,2004,34(3):5-8
- [2] 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,2001,31(1):27-31
- [3] 沈保汉,贺德新,陈 轮,等. DX 多节挤扩灌注桩[J]. 岩土工程界,2002,5(4):30-35
- [4] 王海燕. 大比例尺现场模型 DX 桩的试验研究[D]. 北京:清华大学,2003.6

The application of DX rotary and squeezed pile on railway bridge engineering

Zhang Dehua¹, Wang Mengshu^{1,2}

(1. Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. China Railway Tunnel Group, Luoyang, Henan 471001, China)

[**Abstract**] Squeezed pile with plates (being DX pile) is a new type pile that has been developed in recent years. Based on common cast-in-place pile, it adequately avails itself of the bearing capacity of each soil hard layer. According to the difference of design bearing capacity and engineering geological condition, it consists of plates by the squeezing equipment of hydraulic pressure in the different parts of DX pile. DX pile is a sort of change-section pile and is priority to shaft resistance between friction pile and shaft pile. Making use of the tip resistance of breaches and plates and shaft resistance around the branches is in order to add the shaft resistance and tip resistance. In situ test has shown that it can sharply improve the bearing capacity of pile. DX squeezed pile cannot only be applied in clay, silt, sand, weathering rock mass and residual deposits of soil, but also can be used in interactive layers of gravel, clay, and sand. The diameter of DX squeezed pile can be 400 ~ 2 000 mm, and the length of it can be more than 60 m. It is a new type of pile which has a bright future for application. Now it has got the extensive application in high building, bridge, civil engineering and high structure. Due to its good bearing capacity and low settlements, it can be applied and promoted to different foundation engineering of railway bridge engineering, and would get a good prospect of application and extension.

[**Key words**] DX pile; DX rotary and squeezed pile; bearing capacity

(上接 91 页)

Analysis and research for risk assessment criteria of underground engineering

Yao Xuande^{1,2}, Wang Mengshu¹

(1. Research Institute of Tunnelling & Underground Works, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China; 2. Beijing Municipal Institute of Hydraulic Engineering Planning, Design & Research, Beijing 100032, China)

[**Abstract**] In this paper, the characteristics of underground works and constructive guidelines for risk assessment of underground works were intro. The results of the research were successfully applied to the study of the Beijing Municipal City Planning and Design of the underground road system.

[**Key words**] underground engineering; risk assessment; criteria