

黄土地区预应力混凝土管桩水平静载试验分析

许蓁蓁 王蕾

中国有色金属工业西安勘察设计研究院有限公司

摘要: 通过某自重湿陷性黄土场地预应力混凝土管桩的水平静载试验,分析了黄土地层中预应力混凝土管桩在水平荷载作用下的受力特征,确定了单桩水平临界荷载、水平极限承载力和地基土水平抗力系数的比例系数 m ,为黄土地区采用管桩进行基坑支护提供依据。

关键词: 预应力混凝土管桩; 水平荷载; 地基土水平抗力系数的比例系数 m ; 基坑支护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2020.11.051

引言

随着城市建设的发展,人类向地下空间发展已成为一种必然,地下空间通常位于密集城市中心,紧邻建筑物、交通干道、地铁隧道及各种管线等,对支护结构体系提出了更高的要求。在黄土地区,目前常用的基坑支护类型主要有放坡开挖、土钉墙、桩锚支护体系等。放坡开挖存在占用场地大、后期回填土方量大;土钉墙土钉超出用地红线、变形量大、在土质较差地区难以实施;桩锚支护体系施工过程复杂、工期长、产生大量泥浆污染环境等问题。预应力混凝土管桩具有施工速度快、环境影响小、成桩质量容易控制等优点,在基础工程中应用广泛,但在基坑支护工程中应用较少,因此研究预应力混凝土管桩在基坑支护工程中的应用具有重要的现实意义。本文通过黄土地区预应力混凝土管桩水平静载试验,研究了两种不同桩型在水平荷载作用下的受力状况、水平承载力、水平抗力系数的比例系数 m 等,为预应力混凝土管桩在基坑工程中的应用提供依据。

一、试验条件及方法

(一) 场地的工程地质条件

试验场地地貌单元为渭河右岸二级阶地,属自重湿陷性黄土场地,地基湿陷等级II级。场地地下水水位埋深介于15.50m~16.10m之间。地层岩性特征见表1。

(二) 预应力混凝土管桩参数

试验桩共5根,有两种规格,试验桩编号及参数见表2。

(三) 试验方法

单桩水平静载试验不施加桩顶竖向荷载,试验采用单向多循环加卸载法。水平静载试验加载分级:单级荷载15kN~25kN,水平静载加载荷级见表3。每级荷载施加后,恒载4min后,测读水平位移,然后卸载至零,停2min测读残余水平位移,完成一个加卸载循环,如此循环5次完成一级荷载的试验。当试桩桩身结构破坏或水平位移超过30mm时终止试验。

二、试验成果分析

(一) 水平极限承载力

桩在水平荷载作用下将发生位移,促使桩周土发生相应的变形进而产生抗力,当桩位移增大到桩身强度所不能容许的程度或桩周土失去稳定时,桩-土体系便趋于破坏,因此,在试验中一般通过水平位移判定桩的水平承载力。根据试验结果绘制的水平力-力作用点位移($H-Y_0$)关系曲线、水平力-位移移

度 $[H-\frac{\Delta Y_0}{\Delta H}]$ 关系曲线,如图1~图3所示。

从图1中 $H-Y_0$ 曲线可以看出,不同试桩在达到临界荷载前有较为明显的线性段,荷载继续增大,非线性趋势明显,结合图2的 $H-\Delta Y_0/\Delta H$ 曲线,在临界荷载与极限荷载处出现明显拐点。对比图1与图3可知,加载未超过临界荷载时,卸载后位移可基本恢复到未加载前的水平,超过临界荷载时,随着加载值的增大卸载后位移随之增大。分析图1~图3的曲线形态,并根据承载力确定原则及计算公式,确定水平静载试验成果见表4。

(二) m 值的确定

按位移10mm时的水平荷载反算的地基土水平抗力系数的比例系数 m 见表4,该值介于18.33MN/m⁴~33.72MN/m⁴之间,平均值为22.9MN/m⁴。在《建筑桩基技术规范》中规定湿陷性黄土取值为10 MN/m⁴~22 MN/m⁴,根据试验结果,当黄土为硬塑~坚硬状态时,可取大值,与规范提供经验值基本一致。

(三) 桩身裂缝分析

试验结束后,开挖观测试验桩桩身裂缝,裂缝分布情况见表5。

表1 地层岩性特征

地层	层底平均深度 (m)	土层描述
①素填土Qm1 4	0.5	黄褐色,主要有黏性土组成,可塑状态
②黄土Qe13	5.4	褐黄色,大孔发育,硬塑~坚硬状态
③古土壤Qp12	9.4	褐红色,含钙质结核,可塑状态
④粉质黏土Qa1 2	15.6	黄褐色,局部夹粉土薄层,可塑状态

表2 试验桩编号及参数

桩号	参数	桩径 (mm)	壁厚 (mm)	桩长 (m)	抗弯性能	主筋	箍筋	备注
S1、S2、S3		500	125	12	AB型	12Φ10.7	Φ5	管桩两端2000mm范围内箍筋间距为45mm,其余间距80mm ^[3] 。
S4、S5		600	130	12	AB型	16Φ10.7	Φ5	

表3 水平静载加载荷级表

试验桩号	每级加载值kN	1	2	3	4	5	6	...
S4	15	15	30	45	60	75	90	...
S5	20	20	40	60	80	100	120	...
S1、S2、S3	25	25	50	75	90	115	130	...

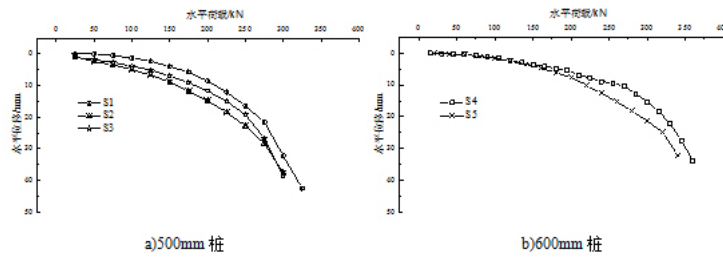


图1 水平力-位移 (H-Y₀) 曲线

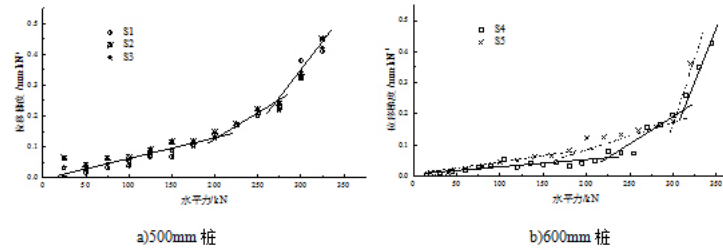


图2 水平力-梯度 (H-dY₀/dH) 曲线

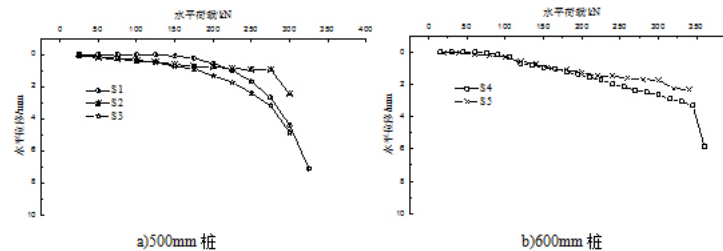


图3 卸载-位移 (H-Y₀) 曲线

表4 水平静载试验结果

编号	S1	S2	S3	S4	S5
桩径 (mm)		500			600
临界荷载 (kN)	175	200	175	225	180
临界荷载平均值 (kN)		183.3			202.5
极限承载力 (kN)	275	275	250	315	300
极限承载力平均值 (kN)		266.7			307.5
水平位移10mm 对应m值 (MN/m ⁴)	32.36	19.33	22.93	23.01	17.09
水平位移10mm 对应m值平均值 (MN/m ⁴)			22.94		

表5 桩身裂缝分布情况

编号	S1	S2	S3	S4	S5
桩径 (mm)	500	500	500	600	600
水平作用点以下桩身裂缝位置	1.35m	1.20m	1.1m、1.5m	1.0m、1.5m、1.7m	1.3m

由表5可知桩径500mm预应力混凝土管桩的裂缝出现在水平作用点以下1.1m~1.5m范围内；桩径600mm预应力混凝土管桩的裂缝出现在水平作用点以下1.0m~1.7m范围内。由此分析认为在水平力作用下，桩体在水平力作用点以下2.2~3.0倍桩径左右桩身易产生裂缝。

三、结论

通过在某黄土地对预应力混凝土管桩进行的单桩水平静载试验得到以下结论：

1. 桩径500mm预应力混凝土管桩临界荷载可取180kN，水平极限承载力可取265kN；桩径600mm预应力混凝土管桩临界荷载可取200kN，水平极限承载力可取300kN。

2. 呈硬塑~坚硬状态黄土地上的地基土水平抗力系数的

比例系数m值可取22.9 MN/m⁴。

3. 桩体在水平力作用点以下2.2~3.0倍桩径左右桩身易产生裂缝。

参考文献

- [1] 刘国彬,王卫东,基坑工程手册[M].北京:中国建筑业出版社,2009.
- [2] 王春茶.水平荷载作用下PHC管桩承载性能分析[J].山西建筑,2010,v.36(27):108-109.
- [3] 高洪波,姚庆钊,熊瑞生,黄学玉,陈哲.钢筋混凝土桩承台设计理论与应用[J].四川建筑科学研究,2002(04)
- [4] 刘腊腊,胡建平.单桩水平静载试验及成果参数取值探讨[J].天津城市建设学院学报,2009(04)