

文章编号: 0451-0712(2006)12-0018-05

中图分类号: TU473.16

文献标识码: A

大直径嵌岩灌注桩水平荷载试验研究

江学良^{1,2}, 曹平¹, 付军³

(1. 中南大学资源与安全工程学院 长沙市 410083; 2. 湖南城市学院土木工程学院 益阳市 413000;
3. 西南电力设计院 成都市 610021)

摘要: 桩在水平荷载作用下的受力性状是一个复杂的桩土相互作用过程。本文结合工程实例,通过现场水平静载试验,实测得到了水平荷载作用下大直径嵌岩灌注桩桩土共同作用时的工作性状,分析了桩体水平力、位移与时程关系、水平力与位移梯度关系、临界承载力以及地基土的水平抗力比例系数。试验结果可为今后同类桩的设计与研究提供参考。建议采用位移控制设计桩基础。

关键词: 大直径嵌岩灌注桩; 水平荷载; 共同作用; 试验研究

对某些重要的建筑或构筑物桩基,必须考虑桩基在水平荷载作用下的承载力性能。桩在水平荷载作用下的桩土共同作用性状比竖向承载桩要复杂得多。桩基础在受水平荷载作用下,其承载性能因桩的几何尺寸、桩顶约束条件、桩身材料强度和地基土特性等差异而不同。目前,根据地基反力假定的不同,对水平受荷桩的分析方法大致有3类^[1]:一是用极限平衡法计算刚性短桩,假定承载力极限状态完全由桩侧土的屈服引起;二是弹性地基梁法^[2],将横向受荷桩视为竖向的弹性地基梁,包括单一参数法,如张有龄法、 m 法、 C 法、 K 法和双参数法^[3]等;三是复合地基反力法,包括长尚法、竹下法、斯奈特科法和 $P-y$ 法^[4,5]等。在我国目前的设计规范中,关于水平荷载作用下桩基的计算仍采用 m 法、 C 法、 K 法等单一参数法。然而,由于地质条件的复杂性与计算模型及参数选取等原因,采用这些方法计算的偏差有时难以预计。一般而言,对于安全等级要求较高的工程,设计人员一般采用原位测试方法确定桩基水平承载力^[6,7]。本文结合四川某电厂工程的桩基水平静力试验,分析了水平荷载作用下大直径嵌岩桩桩土共同作用的工作性状,可以为今后同类地区水平受荷桩的设计与理论研究提供参考依据。

1 试验概况与试验方法

1.1 工程地质条件

四川省某电厂扩建工程冷却塔地段,采用大直径灌注桩基础。

根据钻孔揭露,厂区下伏地层为侏罗系砂泥岩,上覆厚度不等的第四系冲洪积、残坡积及人工填土层。厂区地层岩性自上而下如下。

表层填土:主要以素填土为主,部分为杂填土,由砂泥岩碎块、风化岩屑及粘性土组成。

①层粘性土:由粉质粘土、粘土组成,沟谷地带层中夹薄层粉土、软塑状粘性土。

②层粉土、粉细砂:粉土灰白~灰,很湿,松散~稍密,多呈透镜体状零星分布于基岩顶面,层厚较小。

③层基岩:侏罗系中统上沙溪庙组砂岩、泥岩互层。砂岩:岩石较硬、完整,裂隙不发育,强风化厚度约0.5~2 m。泥岩:岩性不均,强风化厚度约0.5~3 m。泥质砂岩:中厚层状,泥质胶结,岩质软,呈随机零星分布,本次钻孔揭露其厚度变化范围为0.5~4.4 m。岩芯呈柱状,手捏可呈粉状,强度较低。

1.2 水平荷载试验

1.2.1 试验装置

该工程单桩水平试验的共4根S9($\phi 0.8$ m)、S10($\phi 0.8$ m)、S14($\phi 1.5$ m)、S15($\phi 1.5$ m),均采用泥浆护壁冲击钻进成孔工艺施工,桩底进入中风化砂泥岩。反力装置均采用试桩一试桩对顶系统,施力点均放在桩顶与地面平行,卧式千斤顶施加水平推力,轮辐式荷载传感器控制加载量,位移传感器测量水平

位移,并通过静力载荷测试仪自动记录。

1.2.2 试验方法

单桩水平载荷试验在试验前先进行低应变桩身完整性测试^[9],在试验完成后再次进行低应变完整性测试,以检测桩身是否破坏。各桩取预估水平极限承载力的1/12作为每级荷载的加载增量。每级荷载施加后,恒载4 min 测读水平位移,然后卸载至零。停2 min测读残余水平位移,至此完成一个循环。如此循

环5次便完成一级荷载的试验与观测。当桩身折断或水平位移超过30 mm 时,终止试验。S9、S10 桩配筋情况为主筋10 ϕ 18,螺旋箍筋 ϕ 8,间距为25 cm,顶部2 m 范围间距为10 cm;S14、S15 桩配筋情况为主筋20 ϕ 22,螺旋箍筋 ϕ 10,间距为25 cm,顶部2 m 范围间距为10 cm。试桩试验基本情况见表1,对于 ϕ 0.8 m 桩采用480 kN 荷载等级加载, ϕ 1.5 m 桩采用1 200 kN荷载等级加载,加载分级情况见表2。

表 1 试桩基本情况

| 桩号 | 桩径/m | 桩长/m | 弹性波速/(m/s) | 试验前桩身完整性类别 | 试验后桩身完整性类别 | 试验后桩身情况 |
|-----|------|-------|------------|------------|------------|----------------|
| S9 | 0.8 | 15.50 | 3 700 | I 类 | Ⅲ 类 | 5 m 左右以上局部轻微开裂 |
| S10 | 0.8 | 15.70 | 3 800 | I 类 | I 类 | 桩身未见明显破坏 |
| S14 | 1.5 | 17.70 | 3 700 | I 类 | Ⅲ 类 | 6 m 左右以上局部轻微开裂 |
| S15 | 1.5 | 17.40 | 3 700 | I 类 | I 类 | 桩身未见明显破坏 |

表 2 水平静载试验加荷等级

| 荷载等级/kN | 加载等级 | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 480(ϕ 0.8 m) | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 | 240 | 280 | 320 | 360 | 400 | 440 | 480 |
| 1 200(ϕ 1.5 m) | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1 000 | 1 100 | 1 200 |

2 试验结果与分析

2.1 单桩水平荷载试验结果与分析

单桩水平荷载试验结果见表3。从表3中的试验结果发现,地基土水平抗力系数的比例系数 m 值变化较大,分析认为是由于回填土成分不一,密实程度变化较大所致。对于直径为0.8 m 桩的6 mm 位移水平荷载与10 mm 位移水平荷载分别取240 kN 和280 kN;直径1.5 m 桩的6 mm 位移水平荷载与10 mm位移水平荷载分别取700 kN 和900 kN。由于回填土水平抗力系数变化较大,对水平承载力要求较高的地段可对上部土体进行密实处理。

表 3 单桩水平荷载试验结果汇总

| 桩号 | 极限荷载 H_u /kN | 临界荷载 H_{cr} /kN | 水平抗力系数 m /(MN/m ⁴) | 6 mm 位移 水平荷载/kN | 10 mm 位移 水平荷载/kN |
|-----|-------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------|
| S9 | 280 | 200 | 36.8 | 240 | 280 |
| S10 | 360 | 240 | 36.5 | 280 | 320 |
| S14 | 1 500 | 800 | 19.5 | 800 | 1 100 |
| S15 | 1 500 | 700 | 17.35 | 700 | 900 |

2.2 水平力、位移与时程关系分析

由现场试验所测的原始数据,经整理,绘出水平力—时间—水平位移(H_0-t-X_0)曲线图,见图1~图4(图中“ \downarrow 、 \uparrow 表示加载、卸载”)。从图1~图4与

表3可知。

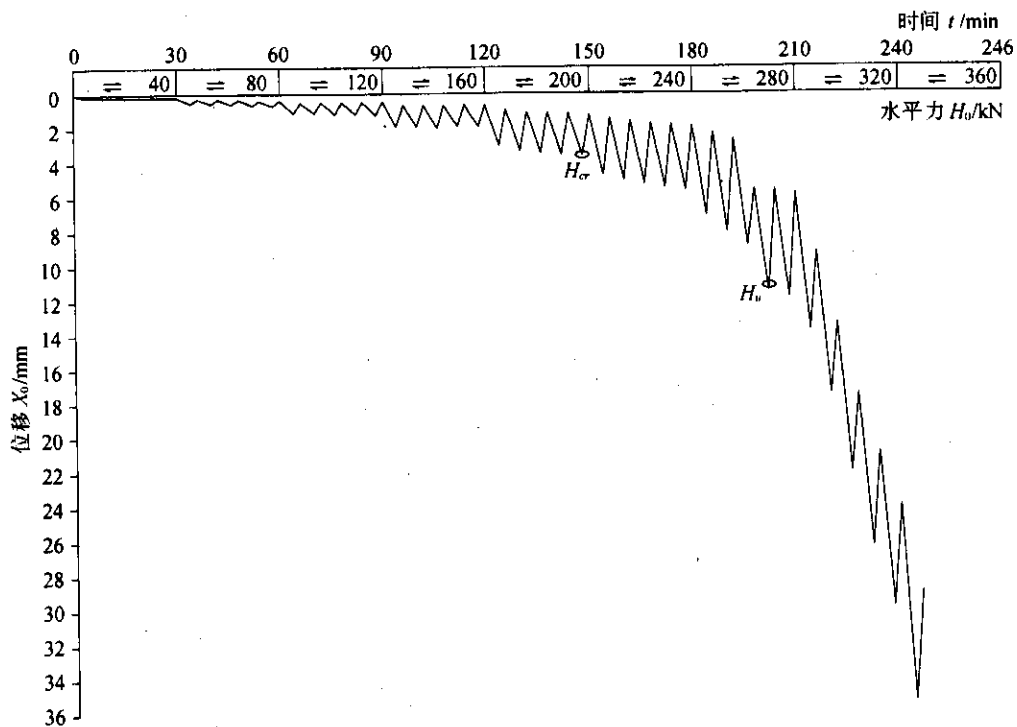
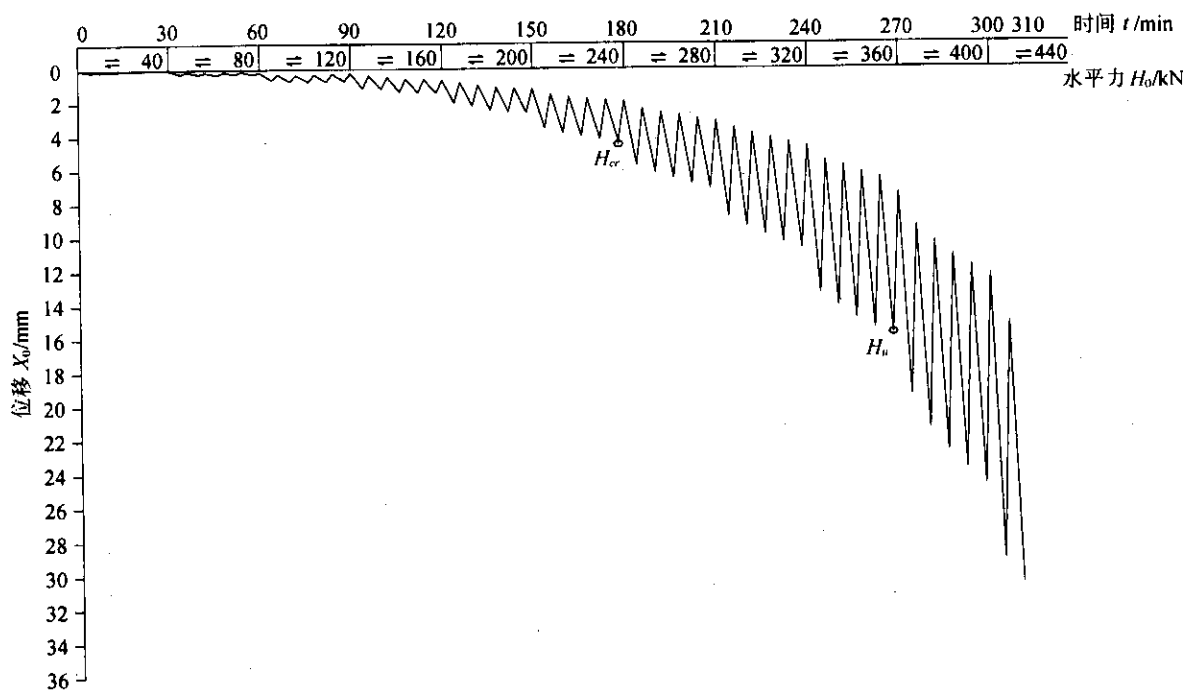
(1)各桩的临界荷载(H_{cr})与极限荷载(H_u)。临界荷载取值点处前段水平力—时间—水平位移(H_0-t-X_0)曲线变化梯度较小而且比较均匀,表明桩身处于弹性状态;极限荷载取值点处前段曲线梯度变化较临界荷载时大,随着时间的推移,其变化梯度越来越大,在极限荷载点后面,曲线出现加速发展,表明桩身达到极限承载状态。各桩的临界与极限荷载见表3。

(2)桩径0.8 m 的S9、S10 号桩6 mm 位移水平荷载都处在临界荷载以内或其附近,此时桩身处于良好的工作状态,推荐桩身的最大允许水平位移可取为6 mm,桩径1.5 m 的S14、S15 号桩的最大水平位移可取为10 mm,这可为桩身结构设计提供依据。

(3)桩径0.8 m 的S9、S10 号桩的水平承载力与极限荷载位移比桩径1.5 m 的S14、S15 要小。S14、S15 桩的水平力—时间—水平位移(H_0-t-X_0)曲线 H_{cr} 、 H_u 点处变化梯度不如S9、S10 明显,这与大直径桩承载能力大以及桩的加、卸载程序等因素有关。

2.3 水平力与位移梯度关系分析

由试验所测的原始数据,经整理,绘出水平力—

图 1 S9 桩 H_0-t-X_0 曲线图 2 S10 桩 H_0-t-X_0 曲线

位移梯度($H_0 - (\Delta X_0 / \Delta H_0)$)曲线图,见图 5~图 8 所示,由图可知。

(1)水平力—位移梯度($H_0 - (\Delta X_0 / \Delta H_0)$)明显可分为 3 段直线,第 1 段从坐标原点到 H_{cr} ,桩身处于

弹性状态,桩身工作状态良好;第 2 段从 H_{cr} 到 H_u ,桩身处于弹塑性状态,出现微小裂隙,塑性不断发展;第 3 段为 H_u 以后段,直线斜率陡升,桩身接近或达到极限状态,桩身出现较明显的宏观破坏。

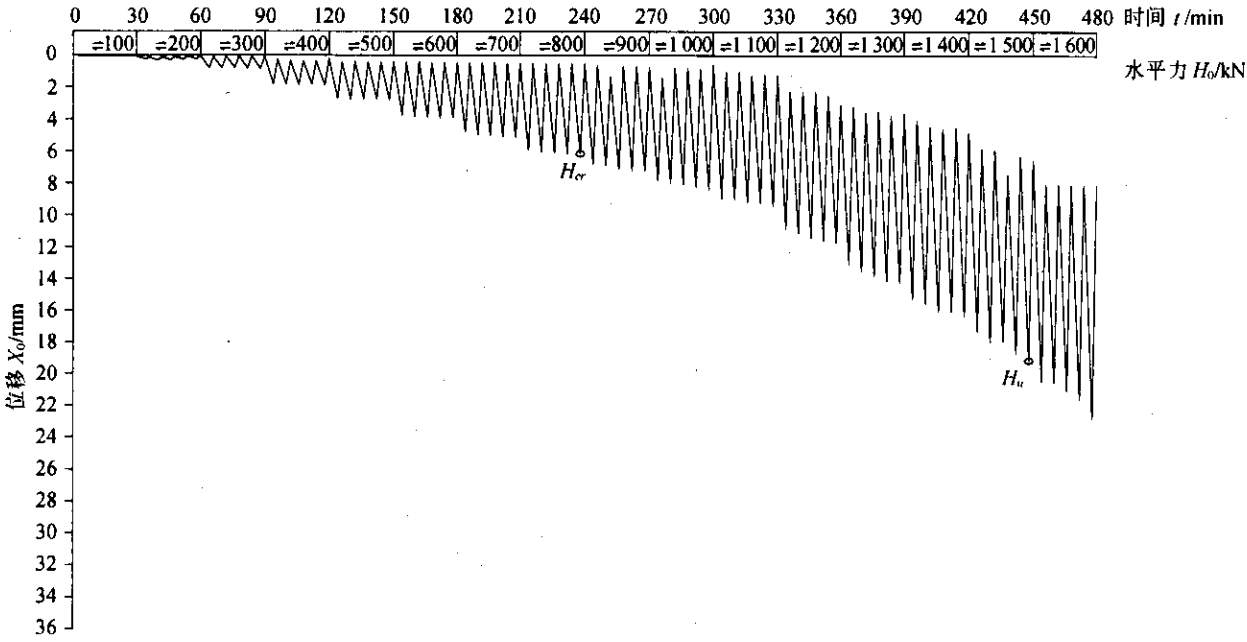


图3 S14 桩 H_0-t-X_0 曲线

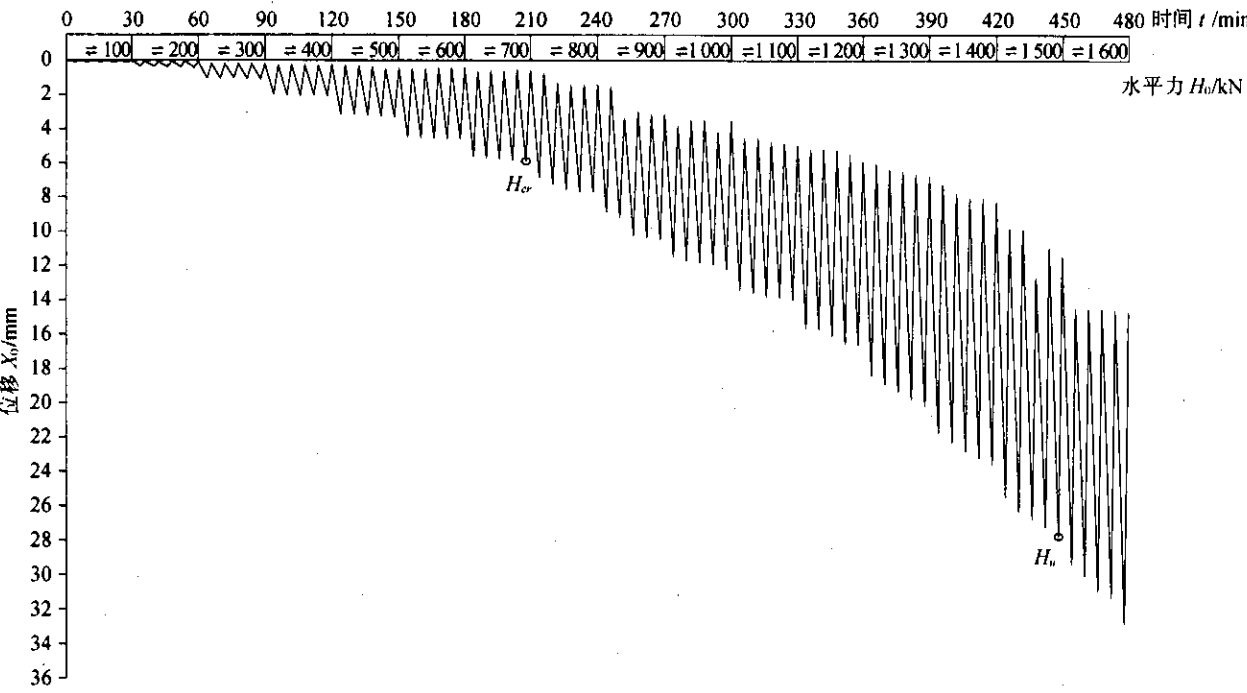
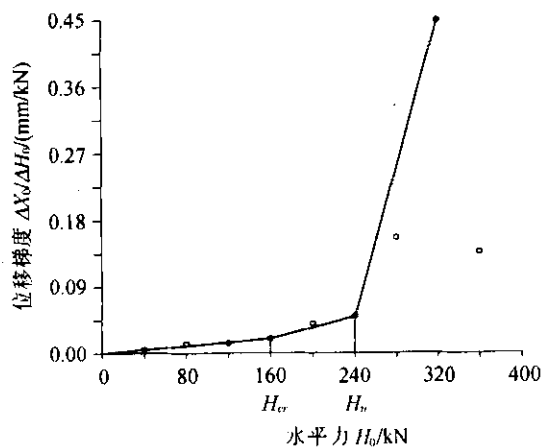
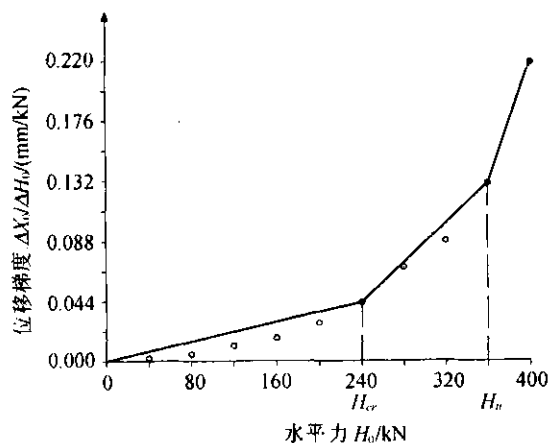
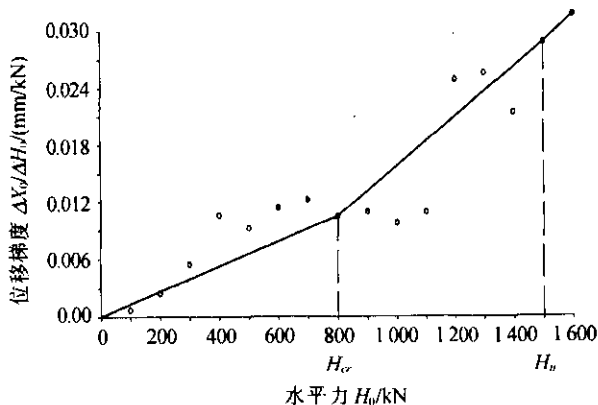


图4 S15 桩 H_0-t-X_0 曲线

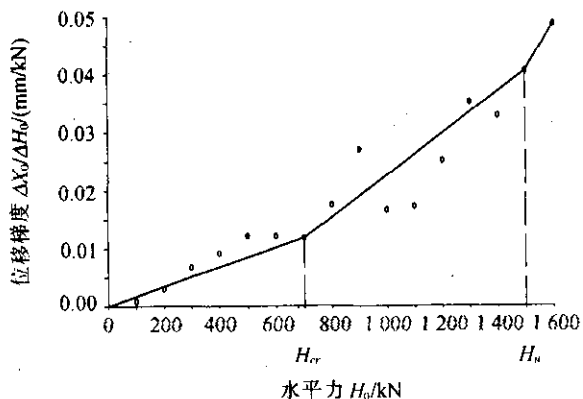
(2)水平荷载试验终止加载的条件为下列情况之一:①桩身已断裂;②桩身地表出现明显裂缝或隆起;③桩顶水平位移超过 20~30 mm。

本次试验中S9 试桩,在加载至 360 kN 后,水平位移为 35.30 mm;S10 试桩,在加载至 440 kN 时,

水平位移为 30.59 mm,达到试验终止条件;S14 试桩,在加载至1 600 kN 后,因对顶的S15 桩单级加载位移大,为保护设备不受损害故终止加载;S15 试桩,在加载至 1 600 kN 后,水平位移超过 30 mm,终止加载。

图 5 S9 桩 $H_0 - (\Delta X_0 / \Delta H_0)$ 曲线图 6 S10 桩 $H_0 - (\Delta X_0 / \Delta H_0)$ 曲线图 7 S14 桩 $H_0 - (\Delta X_0 / \Delta H_0)$ 曲线

水平承载力一般通常做法是取极限荷载的一半,对于本工程来说,这样处理是很保守的,从图1~图8可以看出,S9、S10号桩最大允许水平位移取6 mm, S14、S15号桩最大水平位移取10 mm是安全的,建议采用位移控制法进行桩身结构设计,比用水平承载力控制法要经济。

图 8 S15 桩 $H_0 - (\Delta X_0 / \Delta H_0)$ 曲线

4 结论

(1) S9、S10号桩最大允许水平位移取6 mm, S14、S15号桩最大水平位移取为10 mm是安全的,建议采用位移控制法设计桩基础。

(2) 由于回填土成分不一,密实程度变化较大,导致地基土水平抗力系数的比例系数 m 值变化较大,建议对水平承载力要求较高地段的上部土体进行加固处理。

(3) 水平受荷桩受力后桩土相互作用的性状很复杂,至今没有很好的分析计算方法。通过对四川某电厂单桩的水平静载试验,分析了大直径嵌岩灌注桩在水平荷载作用下的工作性状,试验结果对今后同类地区水平受荷桩的设计与理论研究具有一定参考价值。

参考文献:

- [1] 刘金砺. 桩基础设计与计算[M]. 北京:中国工业出版社,1990.
- [2] 史佩栋,等. 深基础工程特殊技术问题[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [3] 吴恒立. 计算推力桩的综合刚度原理和双参数法[M]. 北京:人民交通出版社,1990.
- [4] Reese L C, Welch R C. Lateral loading of deep foundations in stiff clay [J]. Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, 1975, 101(7).
- [5] Brown D A, Morrison C, Reese L C. Lateral load behavior of pile group in sand [J]. Journal of the Geotechnical Engineering, 1988, 114(11).
- [6] 龚健,陈仁朋,等. 微型桩原型水平荷载试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 23(20).

文章编号: 0451-0712(2006)12-0023-03

中图分类号: U445.469

文献标识码: B

和龙高架桥连续箱梁的施工

蒋军辉

(广东省长大公路工程有限公司第一分公司 广州市 510075)

摘要: 主要介绍和龙高架桥现浇支架的施工方案, 支架拆除时采取了由下向上拆卸的方案, 即先拆除支架下部的钢管, 再整体下放支架并拆除支架的其余部分, 顺利地抢出了工期。

关键词: 连续箱梁桥; 现浇支架; 支架拆除

1 工程概述

和龙高架桥是京珠高速公路粤境汤塘至广州太和段的一座大桥, 该桥位于广州太和镇和龙水库下游 300 m 处, 跨越广州北一环公路及和龙水库溢洪道, 桥梁全长 898.56 m, 标准桥宽 33 m, 最大桥宽 39.2 m, 为双向六车道。该桥跨广州北一环公路段, 采用 30 m+2×40 m+30 m 预应力混凝土等截面连续箱梁, 为单箱三室结构, 箱梁高 1.95 m, 顶

板宽 16.5 m, 底板宽 11.5 m, 两端悬臂长度各 2.5 m。其中左幅桥跨越 7~11 号墩, 右幅桥跨越 5~9 号墩。

桥区地形起伏较大, 地质组成非常复杂, 覆盖层厚度较小, 但新鲜基岩埋深变化很大。据钻探地质资料显示, 该桥段主要揭露土层为: 耕植土、淤泥、亚粘土、亚砂土、粘土、粉细砂以及风化花岗岩、砂岩、泥岩、页岩等。

收稿日期: 2006-06-18

[7] 王钰, 林军, 等. 软土地基中 PHC 管桩水平受荷性状的试验研究[J]. 岩土力学, 2005, 16(增刊).

[8] JGJ 94-94, 建筑桩基础技术规范[S].

[9] JGJT 93-95, 基桩低应变动力检测规程[S].

A Study on Horizontal Load Tests of Large-Diameter and Rock-Socketed Filling Piles

JIANG Xue-liang^{1,2}, CAO Ping¹, FU Jun³

(1. School of Resource and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;
2. School of Civil Engineering, Hunan City University, Yiyang 413000, China;
3. Southwest Electric Power Design Institute, Chengdu 610021, China)

Abstract: The behavior of pile under horizontal load is a very complex process of pile-soil interaction. The behavior of large-diameter rock-socketed filling piles under horizontal load in pile and soil interaction is surveyed by field test. The relationships of horizontal load-time-horizontal displacement (H_0-t-X_0) and horizontal load-displacement gradient ($H_0-(X_0/H_0)$), the critical bearing capacity and horizontal modulus of subgrade reaction(m) are analyzed. These test results are useful for the practical engineering and analysis of the same piles.

Key words: large-diameter and rock-socketed filling piles ; horizontal load; interaction; testing study