

带受力盘塑料套管混凝土桩桥头处理研究

章亦锋¹, 陈永辉^{1,2,3}, 陈常辉¹, 李行¹

(1. 河海大学 岩土工程科学研究所 江苏 南京 210098; 2. 河海大学 岩土力学与堤坝工程教育部重点实验室, 江苏 南京 210098; 3. 河海大学 水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心 江苏 南京 210098)

摘要: 为研究带受力盘塑料套管混凝土桩(带受力盘 TC 桩)在桥头处理中的桩土应力比以及侧向位移情况,以上海市奉浦大道工程为依托,在桥头处理段埋设相关试验仪器。通过持续的数据监测,在积累了较多的实测数据的基础上,对所得数据进行科学分析,得出带受力盘 TC 桩桩土应力比分布,发现在较低的路堤填土下难以形成土拱效应;以及由于施工工艺使得路基下土层存在一个较长的土体回挤过程。最后指出在带受力盘 TC 桩施工完成后应施加足够的荷载并持续足够时间,使得桩周土能充分回挤,从而使得带受力盘 TC 桩能充分发挥其强度,减少桥头段沉降。

关键词: 带受力盘 TC 桩; 现场试验; 桩土应力比; 侧向位移; 土体回挤

中图分类号: TU 473

文献标识码: A

The research on bridgehead segment of plastic tube cast - in - place concrete pile with supporting disc

ZHANG Yi - feng¹, CHEN Yong - hui^{1,2,3}, CHEN Chang - hui¹, LI Hang¹

(1. Geotechnical Research Institute, Hohai University, Jiangsu Nanjing 210098, China; 2. Key Laboratory of Ministry of Education for Geomechanics and Embankment Engineering, Hohai University, Jiangsu Nanjing 210098, China; 3. National Engineering Research Center of Water Resources Efficient Utilization and Engineering Safety, Hohai University, Jiangsu Nanjing 210098, China)

Abstract: The pile - soil stress ratio and the lateral displacement of plastic tube cast - in - place concrete pile with supporting disc (TC pile with disc) in the engineering of bridgehead segment was investigated by relying on road engineering in Shanghai and laying the relevant test equipment in the engineering of bridgehead segment. Based on persisted data monitoring, the TC pile with disc's pile - soil stress ratio distribution was obtained from the measured data with scientific analysis. It was found that it is hard to form soil arching under the lower embankment; and the soil under roadbed has a long soil return extrusion because of the construction process. Then the paper pointed out that after the TC pile with disc completed should apply enough load and continued enough time, make the soil around the pile to fully return extrusion, so that the TC pile with disc can full play its strength, reducing the bridge section settlement.

Key words: TC pile with disc; field test; pile - soil stress ratio; lateral displacement; soil return extrusion

塑料套管混凝土桩(TC 桩)作为一种以国外 Auger 桩技术为基础,结合国内沉管管桩施工工艺而发展起来的一种新桩型,具有承载力高、成桩质量可靠、对周围环境影响小、施工速度快、处理效

果显著等优点,是一种新型地基处理技术^[1-3],有多项专利技术支持^[4-6],在江浙沪地区已有广泛的应用。但为进一步扩大 TC 桩的应用范围,提高其单桩承载力及桩身稳定性。近些年衍伸开发出

了在原有 TC 桩桩身竖向间隔设置圆形受力盘, 形成带受力盘的塑料套管混凝土桩(简称带受力盘 TC 桩), 以达到扩大 TC 桩有效桩径的目的。目前使用广泛的带受力盘 TC 桩桩身直径 16 cm, 受力盘直径一般为 26 cm, 间距 2.0 m。带受力盘 TC 桩作为一种小直径的刚性桩, 桩土应力比是反映其工作状态的重要参数也是其承载力和沉降计算的重要指标^[7-8]。吕伟华^[8]在列举了现有桩土应力比计算方法的基础上, 提出了一种简单的针对有桩帽的刚性桩的桩土应力比计算方法, 左殿军^[7]对不带受力盘的 TC 桩的桩土应力比进行了相关研究, 其实测数据表明当填土高度为 1.26 倍桩净距时, 土拱效应才开始发挥作用。但是由于现阶段 TC 桩采用梅花形布置, 文献[7]中 TC 桩仍采用矩形布置, 且受力盘的增加对 TC 桩的承载力有了较大的提升, 因此有必要对梅花形桩位布置的带受力盘 TC 桩桩土应力比及路基土侧向变形进行相关研究。

本文以上海市奉贤奉浦大道建设工程某桥头处理段为试验场地, 研究分析了带受力盘 TC 桩桩土应力比及路基土侧向变形的相关内容。

1 地质条件

试验场地位于上海市奉贤奉浦大道道路建设工程桥头处理段, 根据工程地质勘查报告可知, 该场地地势较平坦, 地貌类型属滨海平原相。

场地地基土在勘察深度范围主要由饱和粘性土、粉性土、砂土组成, 场地主要位于正常沉积区, 局部受古河道切割, 暗绿色硬土层缺失。拟建场地揭示 9 大土层, 共 19 个亚层, 由上至下发育土层主要为: ①1 填土、②褐黄~灰黄色粉质粘土、③灰色淤泥质粉质粘土、③t 灰色粘质粉土夹粉质粘土、④灰色淤泥质粘土、⑤1 灰色粘土、⑤2 灰色粉砂夹粘性土、⑤3 灰色粉质粘土、⑤4 灰绿色粉质粘土、⑥草黄~灰绿色粉质粘土、⑦1 草黄~灰绿色砂质粉土、⑦2-1 灰黄色粉砂、⑦2-2 灰色粉砂、⑧2 灰色粉质粘土与砂质粉土互层、⑨1 灰色粉砂、⑨2 灰色细砂。其中②、③、④、⑤层土为 Q4 沉积物, ⑥、⑦、⑧层土为 Q3 沉积物。

由于带受力盘 TC 桩打设深度为 22 m, 故只给出 -29.5 m 以上的试验场地各土层物理力学性质详细参数, 具体参数见图 1。

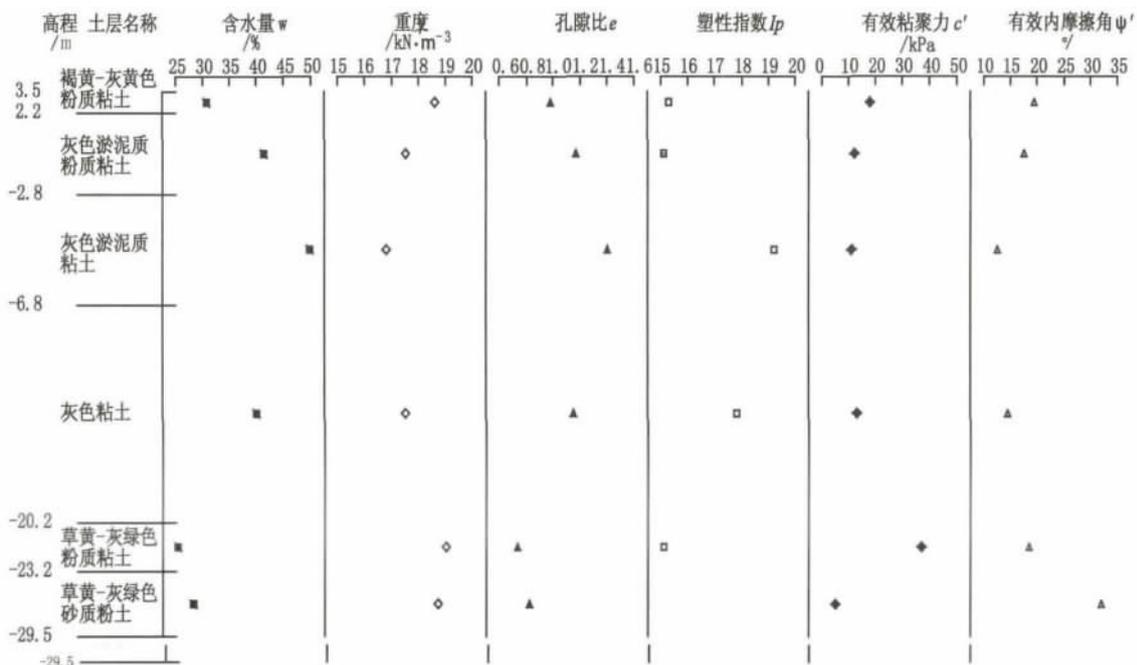


图1 桥头处理段土层物理力学性质

Fig.1 Physical and mechanical properties of soil layers at bridgehead segment

2 试验方案

2.1 桩土应力比试验

试验现场带受力盘 TC 桩桩位为梅花形布置,

分为处理段与过渡段, 其中处理段桩长 22 m, 过渡段桩长 10 m, 桩间距 2 m。

试验选取处理段成正三角形状的 3 根邻桩, 其中两根桩盖板下端沿直径在两侧各埋 1 个土压力盒, 盖板上端沿直径在两侧以及盖板中心处

各布置 1 个土压力盒;另外在桩的连线中点埋土压力盒,埋 2 处,正三角形中心亦埋 1 个土压力盒。具体仪器布置及仪器编号见图 2。图中黑色标注表明该土压力盒埋设于桩帽下部或于桩间土中。

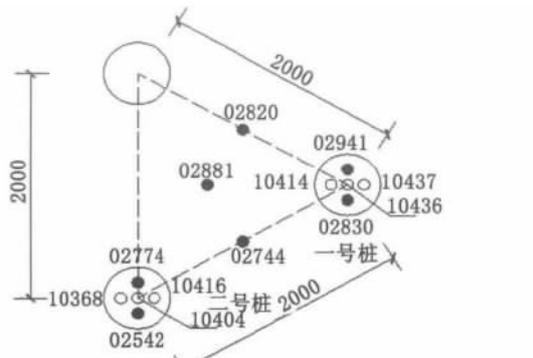


图2 桩土应力比试验方案

Fig.2 Pile-soil stress ratio test scheme

2.2 测斜管

为了监测带受力盘 TC 桩打设深度范围内路基土体的侧向变形情况,分别在桥头处理段与过渡段打设 1 根测斜管,以带受力盘 TC 桩打设工作面为零点高程,测斜管深 26.5 m。

其中以过渡段测斜管为一号测斜管,处理段测斜管为二号测斜管。

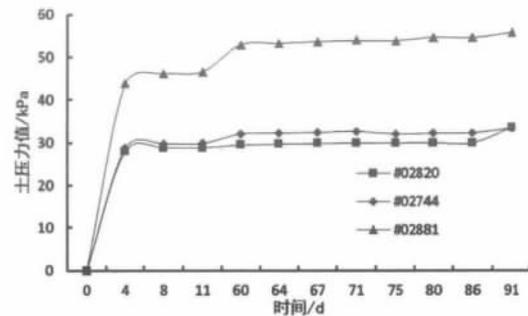
3 试验结果分析

3.1 桩土应力比试验分析

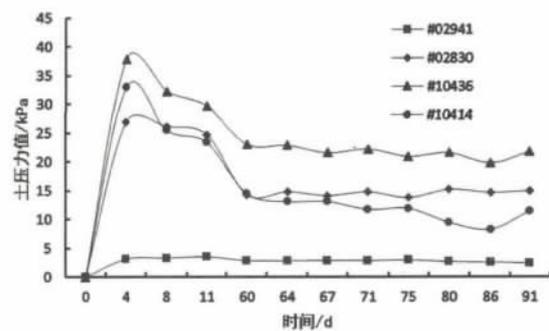
试验仪器于 2014 年 1 月 1 日埋设完成,路堤填土 1 月 7 日填筑完成,填筑高度 1.6 m,已到达设计填筑高度。

数据采集工作从路堤填筑开始,从图 3 中分析可知,60 天之后数据趋于稳定。即在填土荷载作用下两个月之后,带受力盘 TC 桩已开始起主要承载作用。分析图 3(a)可知,在路堤荷载作用下,位于 3 根桩中心处的压力值大于相邻两根桩连线中点处压力值,这主要是由于在带受力盘 TC 桩起主要承载作用后,两桩之间将形成土拱效应;分析图 3(b)、(c)可知,一号桩由于在路堤填筑期间被大型机械直接压过,盖板下部“#10437”土压力盒无读数显示,且与二号桩相比,一号桩盖板应力分布毫无规律性,分析其主要原因,应是被大型机械压过之后,破坏了盖板的完整性,并且使得盖板有一定角度的倾斜;二号桩则没有被破坏,从图中可以看出,二号桩盖板下部土压力接近为零,主

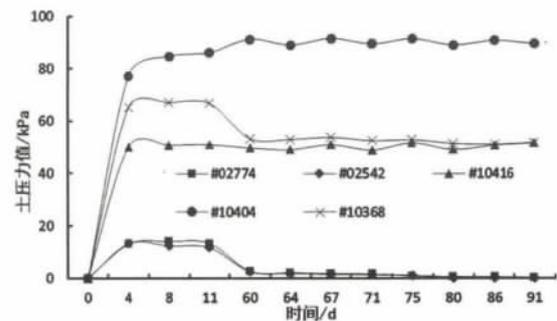
要是由于带受力盘 TC 桩沉管直径较大,成桩后所需回挤土较多,在路堤荷载作用下,盖板下部土体由于回挤而发生较大的沉降。



(a) 桩间土压力变化规律



(b) 一号桩盖板应力变化规律



(c) 二号桩盖板应力变化规律

图3 桩、土应力变化规律

Fig.3 Changes of piles stress & soil stress

综合分析试验所得数据,埋设于桩间土的“#02820”、“#02744”土压力盒所测得数据与 1.6 m 填土荷载相当(杂填土重度一般为 20 kN/m^3),而位于 3 根桩中心处的“#02881”土压力盒测得数据为填土荷载的 1.5 倍左右。桩帽直径 60 cm,积分换算后可得桩帽上平均压力为 64.13 kPa(以二号桩为分析对象),达到了路堤填土荷载的 2 倍左右。这表明在较低的路堤填土荷载作用下,带受力盘 TC 桩的土拱效应不很显著,对于相邻桩连线中点处的作用效果基本为零。

带受力盘 TC 桩单桩承载范围是由相邻 3 根

桩围成的正三角形中心连线而成,即图 4 中以虚线围成的正六边形。图 4 详细的给出了带受力盘 TC 桩在路堤荷载作用下荷载的分担情况。由于

试验段填土路堤高度不是很高,故没有形成明显的土拱效应,这与文献 [7] 中论述一致。

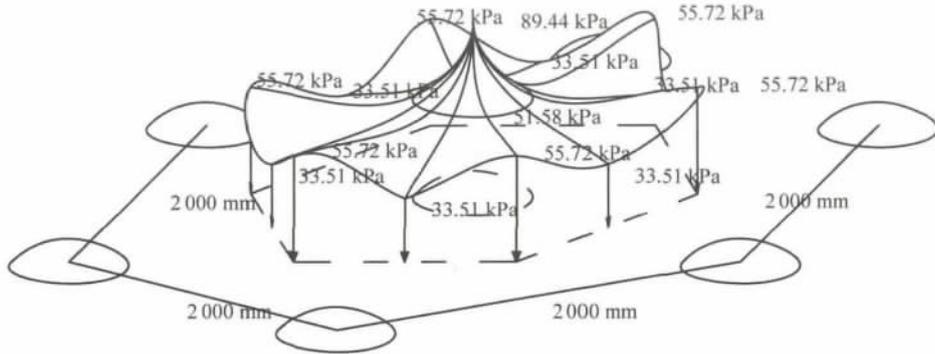


图 4 单桩承载应力分布图

Fig. 4 Distribution pattern of single pile bearing stress

3.2 测斜管数据分析

测斜管数据以路堤填筑日为第零天。

从图 5、6 中可以看出,在路堤荷载作用下,过渡段路基土在前一周内处于回挤状态,而两个月之

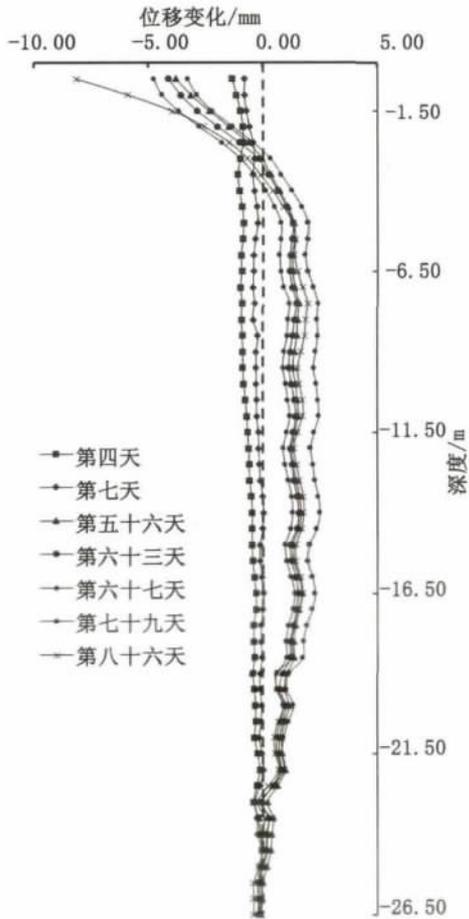


图 5 一号测斜管位移发展图

Fig. 5 The development of 1# inclinometer tube displacement

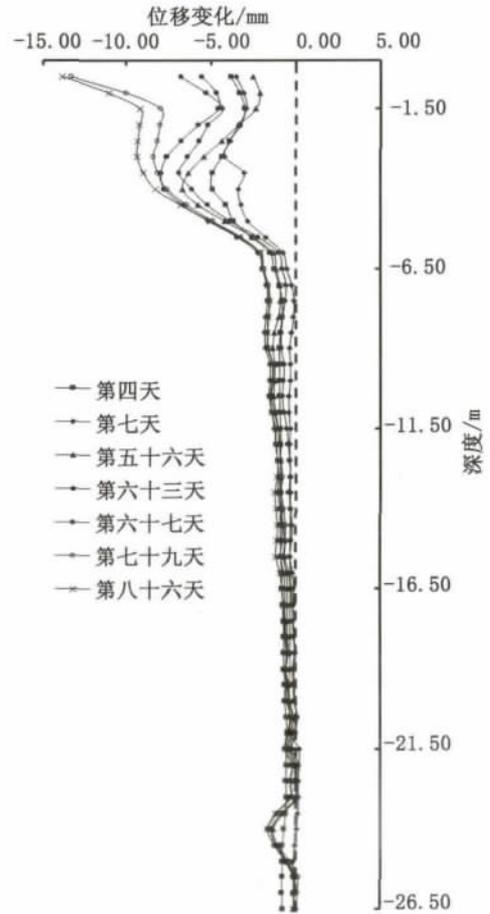


图 6 二号测斜管位移发展图

Fig. 6 The development of 2# inclinometer tube displacement

后路基土已开始正向发展;处理段路基土一直处于回挤状态,由于处理段桩深达 22 m,使得土体回挤量十分可观,由此造成土体一直向内发展,接近地表处位移变化幅度较大,主要是由于路面干扰因素过多,对测斜管数据影响较大。土体回挤对

带受力盘 TC 桩能否发挥最佳承载力效果具有决定性影响,因此在带受力盘 TC 桩施工完成到路面施工之间,应给与足够的荷载以及足够的回挤时间使得桩周土能较好的回挤。

4 结论

1) 带受力盘 TC 桩作为普通 TC 桩的衍生桩,其利用受力盘使桩体承载力得以提高。

2) 带受力盘 TC 桩由于沉管直径较大,土体回挤现象较突出,桩帽下土体易与桩帽脱空,因此路堤填筑应尽量等到混凝土有较大强度后进行。

3) 带受力盘 TC 桩施工完成后应给予足够的土体回挤时间,达到桩周土充分回挤,使得带受力盘 TC 桩承载力得以充分发挥。

参考文献:

- [1]陈永辉,齐昌广,王新泉,等. 塑料套管混凝土桩单桩承载特性研究[J]. 中国公路学报,2012,25(3): 51-59.
- [2]苏杰. 塑料套管现浇混凝土桩新型地基处理方式的试

验研究[D]. 南京:河海大学,2008.

- [3] CHEN YONG HUI, CAO DE HONG, WANG XIN QUAN, et al. Field study of plastic tube cast-in-place concrete pile[J]. Journal of Central South University of Technology, 2008, 15(S2): 195-202.
- [4]陈永辉,王新泉,刘汉龙,等. 塑料套管混凝土桩及其加固处理软土地基的方法: 中国,200910024639. 2 [P]. 2009-09-09.
- [5]陈永辉,徐立新,张正刚,等. 单壁螺纹 PVC 塑料套管现浇混凝土桩及打设机: 中国,200620124834. 4 [P]. 2006-10-31.
- [6]陈永辉,陈龙,王新泉,等. 塑料套管混凝土桩挤土效应现场试验[J]. 西北地震学报,2011,33(S1): 190-194.
- [7]左殿军,齐昌广,张宇亭,等. 塑料套管混凝土桩加固公路软土地基现场试验研究[J]. 岩土工程学报,2013,35(9): 1746-1752.
- [8]吕伟华,缪林昌. 刚性桩复合地基桩土应力比计算方法[J]. 东南大学学报: 自然科学版,2013,43(3): 624-629.

(责任编辑 王利君)

(上接第 16 页)

3 结论

1) 石灰石粉外掺时,混凝土拌合物随着石灰石粉掺量的增加而拌合物的塌落度减小,但其保水性和粘聚性得到一定程度的提高。

2) 混凝土抗压强度随石灰石粉掺量的增加,呈先增加后减小的趋势。石灰石粉掺量为 10% 时,其各龄期抗压强度值最高。

参考文献:

- [1]周金钟,郑广军,刘勇彰. 石灰石粉在普通混凝土中的应用研究[J]. 建筑节能,2009,10(6): 31-34.
- [2]郭育霞,贡金鑫,李晶. 石粉掺量对混凝土力学性能及耐久性的影响[J]. 大连理工大学学报,2009,12

(3): 3-6.

- [3]漆江锋. 浅谈石灰石粉在混凝土的应用研究[J]. 江西建材,2013,10(6): 11-12.
- [4]岳瑜,张兰芳. 磨细粉煤灰与石灰石粉复合配制 C80 高性能混凝土的研究[J]. 粉煤灰综合利用,2011,13(4): 20-21.
- [5]何锦云,王陆陆. C40 特细砂混凝土和易性和抗压强度研究[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版,2012,29(3): 1-4.
- [6]赵东和. 石灰石粉掺量对混凝土性能影响的试验研究[J]. 混凝土,2012,5(6): 83-85.
- [7]李城,陶南先,刘梦伟. 基于 Midas CiVil 的承台大体积混凝土温度控制及数值分析[J]. 四川理工大学学报,2014,27(4): 78-81.

(责任编辑 刘存英)