

膨胀土地基桥台桩基负摩阻力现场试验研究

王 波 ,王保田 ,张福海 ,张文慧

(河海大学岩土工程研究所 ,江苏 南京 210098)

摘要 通过在宁淮高速公路某桥台桩埋设的钢筋计 ,测得了桩身不同深度处各断面 2 根主筋的轴力 ,并通过计算得到了桩身轴力、弯矩及桩侧摩阻力的分布曲线 .试验与分析结果表明 :在上部不对称堆载作用下 ,桩身一定深度范围内产生负摩阻力 ;中性点深度比约为 0.26 ;试验区地基土表层黏土压缩性中等偏低 ,根据 JGJ 94—94《建筑桩基技术规范》估算的中性点深度偏大 ;上部不对称填土堆载会对桩身产生挠曲作用 .

关键词 膨胀土 ;桥台桩 ;不对称堆载 ;负摩阻力

中图分类号 :TU473.1 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2006)04-0447-04

对桥台桩而言 ,桥台后填土为不对称堆载 ,大面积不对称填土堆载对邻近桩基的影响主要表现在 2 个方面 (a)填土引起的地基土侧向变形会挤压桩基 ,使桩基挠曲甚至断裂^[1] ; (b)填土荷载会对桩产生负摩阻力作用^[2-5] ,而负摩阻力形成的下拉荷载会使桩承受的竖向荷载增大、竖向承载力减小 ,从而造成桩的不均匀沉降 ,对桥台和上部结构产生很不利的影响 .国内外虽然对桩基负摩阻力问题进行了一些大规模的现场试验研究^[6-7] ,并积累了大量的实测数据和资料 ,但是对桥台桩负摩阻力问题的试验研究还较少 ,尤其是对桥台后填土高度较大时的桩侧负摩阻力的影响大小 ,还只是凭经验估算 .为此 ,笔者对位于江苏省洪泽县东高涧乡的宁淮高速公路某桥台桩基进行了负摩阻力现场试验研究 .由于该桥台桩基地表分布有约 1.5 m 深的中等膨胀土 ,膨胀土对钻孔灌注桩的影响因素主要是上举力^[8-9] ,因此现场试验研究还考虑了膨胀土胀缩变形对桩身轴力的影响 .

1 现场试验概况

a. 地质状况 .根据《南京至淮安高速公路施工图设计工程地质勘察报告》^① ,试验场址区属洪泽湖东缘冲湖积波状平原区 ,桥基工程涉及土层为第四系覆盖层 ,各土层物理力学性质指标如表 1 所示 .

表 1 各土层物理力学性质指标

Table 1 Physical and mechanical parameters of each soil layer

土层名称	厚度/m	岩性描述	压缩模量 <i>E_s</i> /MPa	湿密度 <i>ρ</i> ₀ / (g · cm ⁻³)	快剪抗剪强度参数		修正标贯 击数 <i>N</i> _{63.5} /击	地基容许 承载力 [<i>σ</i> ₀]/kPa	桩周土极 限摩阻力 <i>τ_i</i> /kPa
					黏聚力 <i>c</i> /kPa	内摩擦角 <i>φ</i> /(°)			
黏土	1.0	硬塑 ,中等压缩性	7.63	1.99	58	15.8		140	40
黏土	3.5	硬塑 ,中偏低压缩性	9.44	2.02				265	65
亚黏土	3.6	软塑 ,中偏低压缩性	9.11	1.94	32	18.6	8	130	35
亚黏土	3.4	可塑 ,中等压缩性	7.63	2.03	63	16.8		270	70
黏土	2.3	可塑 ,中等压缩性	4.75	1.88	47	10.3		160	45
亚砂土	5.6	中密 ,湿		1.92	17	24.4	21	160	40
亚黏土混粉砂	1.9	软塑 ,具层理		1.90			24	150	40
细砂	6.1	密实、饱和		1.96			28	280	50
粉砂	4.1	密实、饱和		2.04			32	200	55
粉砂	5.5	密实、饱和		2.00			48	300	55
亚黏土	4.8	可塑 ,中等压缩性	7.95	1.99	42	17.4		220	50

收稿日期 2005-09-21

基金项目 江苏省交通科技研究基金资助项目(04Y040)

作者简介 王波(1977—)男 ,湖北黄陂人 ,硕士研究生 ,主要从事地基加固及基础工程方面的研究 .

① 鲍增德 ,曹圣华 ,徐春明 ,等 .南京至淮安高速公路施工图设计工程地质勘察报告 .南京 :江苏省交通规划设计院 ,2002 .

力增量。

由上式计算得到的桩侧摩阻力(向下为负,向上为正)分布如图 4 所示。

a. 从图 3 可以看出,桩身轴力随着填土高度的增加而逐步增大,填土高度的变化会直接影响基桩轴力的变化。因为桩周土在上部堆载产生的附加荷载作用下,孔隙水压力逐渐消散,有效应力逐渐增加,土体固结沉降加快,桩周土对桩的摩阻力增大,所以轴力会增大。据实测,2005 年 1 月 27 日桩身轴力达到最大,最大值为 2.602 MN,最大轴力断面出现在约 9 m 深度处。从图 3 还可以看出,桩轴力沿深度先增大后减小,说明桥台后填土使桥台桩产生了负摩阻力。据计算,负摩阻力最大值约为 174.5 Pa,中性点以下正摩阻力值远小于中性点以上负摩阻力的绝对值,如图 5 所示。由于存在负摩阻力的桩,中性点位于上部负摩阻力段与下部正摩阻力段的交界处,该处桩土相对位移为零,桩身轴力达到最大值,因此实测中性点约在 9 m 深度处,中性点深度比为 $l_n/l_0 = 9/35 \approx 0.26$ 。根据 JGJ 94—94《建筑桩基技术规范》^[1],桩基持力层为粉砂时,取中性点深度比 l_n/l_0 为 0.65,则中性点深度 $l_n = 35 \times 0.65 = 22.75$ m。显然,此中性点深度偏大,其主要原因是 (a) 桥台后填土为不对称堆载,相对于同样高度的大面积堆载来说,对桩周土产生的沉降影响深度要小些 (b) 地基土上层厚度约为 13.8 m 的黏土及亚黏土层压缩性中偏低,其下的砂土层密实,只有在地基土层较浅处的土体沉降量才会相对较大,而桩-土间发生一定量的相对位移是产生负摩阻力的必要条件,因此,试验桩的中性点深度也会相对较小 (c) 试验时钢筋计埋设间距偏大、试验本身存在的测读误差等因素会对计算结果产生一定的影响。

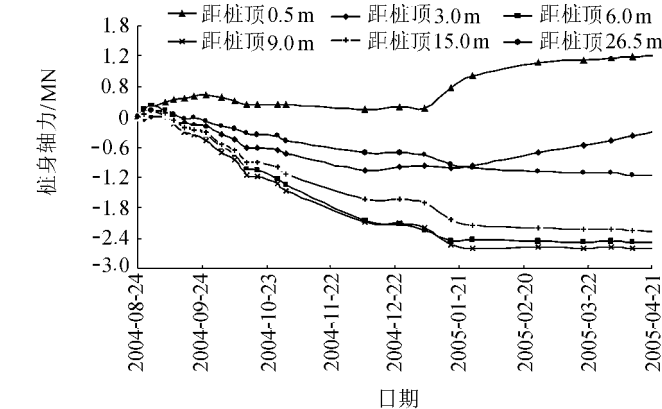


图 4 桩轴力随时间变化曲线

Fig.4 Variation of axial force of pile with time

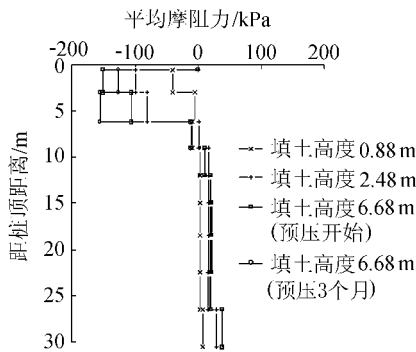


图 5 桩侧摩阻力分布

Fig.5 Distribution of lateral friction along pile

b. 从图 5 可以看出,在地基表层 6 m 深度范围内,由实测桩轴力反算出的桩侧摩阻力明显大于设计值(表 1),且填土荷载的这种影响仅在地表 6 m 深度范围内较明显。因为在高填土荷载作用下,地表土层固结程度会有较大提高,土体变得密实且会发生较大沉降,所以桩-土之间的相互作用增强,桩侧摩阻力得到提高。

c. 从图 4 可以看出,2005 年 1 月 27 日以后,也即填土至 6.68 m 后,距桩顶 6.0 m 以下轴力变化很小,这与施工过程、桩身受力状况及土层性质有关。根据试验进程,从 2004 年 8 月 24 日开始的路堤土方施工,填土为掺 5% 石灰的改良膨胀土,按施工要求进行了碾压,达到 90% 压实度,11 月 24 日结束时填土高度为 2.48 m。2005 年 1 月 17 日预压土施工前,地基土已经过 143 d 的固结时间,而地表黏土层和亚黏土层下的砂土层透水性强,地基达到固结稳定的时间较短,在预压素土填筑前,地基土已经达到了相当大的固结度,因此预压土施工后地基沉降较小,地基土对桩身轴力的影响也较小。从桩身受力状况来看,填土加高使桩轴力呈增大趋势,但 4 根桩所组成的桩群在水平土压力产生的弯矩作用下,其中的试验桩受到拉力作用,填土加高又使桩轴力呈减小趋势,所以预压土施工后桩轴力变化不大。

d. 如图 3、图 4 所示,桩身上部约 2 m 长的部分受到拉力作用,并且随填土高度的增大而增大,预压土堆载完成 3 个月后距桩顶 0.5 m 处总计最大拉力达 1.222 MN,并且还呈缓慢增大趋势。其原因是 (a) 水平土压力对试验桩的拉力作用随着填土高度的增加而增大 (b) 地基膨胀土的膨胀力会对桩产生上拔作用,当桩长不足时,桩会被隆起。

2.2 桩截面弯矩分析

根据钢筋计测得的轴力推算出的断面弯矩(桩身靠填土一侧受拉为正,受压为负)如图 6 所示。

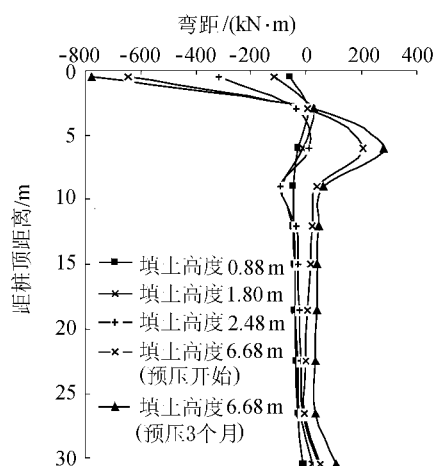


图6 桩身弯矩分布曲线

Fig.6 Diagram of bending momentum of pile

分析图6可知(a)填土荷载对桩身所产生的弯矩随填土高度的增加而加大。(b)在不对称堆载产生的弯矩作用下,桩身上部距桩顶0.5 m处远离堆载区中心的一侧受拉,弯矩值最大约780 kN·m。因为包括试验桩在内的4根桩主筋都锚固在承台内,所以试验桩距桩顶0.5 m处非填土一侧受拉的趋势与承台及其他桩的锚固影响有关。(c)距桩顶6 m处的桩身则是在靠近填土区的一侧呈受拉趋势,填土高度不大时影响较小,而填土达到一定高度时影响会较大。这与高为6.68 m的填土使地基土产生侧向变形,对承台和桩基造成一种挤压作用,从而对承台及桩身上半部产生水平推力有很大的关系。

3 结 论

a. 本地区工程地质条件较好,地表土层压缩性中等偏低,由于施工期堆载,桩侧存在明显的负摩阻力作用。在填土荷载作用下,约9 m深度范围内的土层的竖向变形量大于桩的竖向变形量。试验

得出的中性点深度比 l_n/l_0 约为0.26,小于按JGJ 94—94《建筑桩基技术规范》估算的中性点深度。

b. 实测的6 m深度范围内的桩侧负摩阻力值大于地质勘察所提供的6 m深度范围内的桩侧摩阻力值。

c. 桥台桩身轴力、弯矩及桩侧所受的负摩阻力随着桥台后填土高度的增加而增大。对位于10 m深度以下的桩体来说,填土高度的变化对桩身轴力、弯矩和桩侧负摩阻力的影响很小。

d. 桩群及承台结构复杂,上部不对称填土堆载对桩身上部不同深度处的挠曲影响是不同的。

参考文献:

- [1] 魏汝龙. 大面积填土对邻近桩基的影响[J]. 岩土工程学报, 1982, 4(2): 132-137.
- [2] 袁灯平. 软土地区桩基负摩阻力确定方法研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2002.
- [3] 鹿群, 张岳文, 郑述海, 等. 桩基负摩擦力的成因、机理与危害分析[J]. 河北建筑科技学院学报, 2003, 20(4): 46-49.
- [4] 高大钊. 桩基础的设计方法与施工技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 33-35.
- [5] 屠毓敏. 承受超载作用的桩基性状研究[J]. 土木工程学报, 2002, 35(1): 79-82.
- [6] 李光煜, 汪彬. 钢管桩负摩阻力及水平位移的测定[J]. 岩土力学, 1988, 9(2): 89-98.
- [7] 马时冬. 桩身负摩阻力的现场测试与研究[J]. 岩土力学, 1997, 18(1): 8-15.
- [8] 陈孚华. 膨胀土上的基础[M]. 石油化学工业部化工设计院, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1979: 76-83.
- [9] 胡钧, 刘利民, 张建新, 等. 膨胀土作为桩基持力层的实验研究[J]. 上海地质, 1996(3): 33-37.
- [10] 朱百里, 沈珠江. 计算土力学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990: 223-231.
- [11] 中华人民共和国建设部. JGJ 94—94 建筑桩基技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.

Field experimental study on negative friction along abutment pile in expansive soil ground

WANG Bo, WANG Bao-tian, ZHANG Fu-hai, ZHANG Wen-hui

(Geotechnical Research Institute of Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: With the stress meter embedded in an abutment pile of the Ninghuai Expressway, the axial forces of two main steel bars in each cross section at different depths of the test pile were measured, and the distribution curve of axial force, bending moment, and lateral friction along the pile were calculated. Analysis shows that, under the asymmetrical earth fill load at the upper pile body, negative friction exists in a certain range of depth along the pile, and it also leads to the bending strain at different depths of the pile. It is also concluded that the neutral point depth ratio is 0.26, and that the neutral point depth, estimated according to the Technical Code for Building Pile Foundation (JGJ 94—94), is a little large due to the low compressibility of surface clay of pile foundation in the tested area.

Key words: expansive soil; abutment pile; asymmetrical earth fill load; negative friction