

文章编号: 1000-5013(2007)04-0426-04

PCC 桩在高等级公路拓宽工程中的应用

严东方, 张荣堂

(华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 以南京市绕城公路拓宽工程软基加固为例, 探讨现浇薄壁管(PCC)桩的应用, 并对地基加固效果进行初步分析与评价。选取桩号为 K4+120, K6+920, K6+986 的 3 个典型的观测断面进行沉降、沉降速率、水平位移观测成果分析。结果表明, PCC 桩复合地基可有效地控制加宽路基自身的沉降、与老路基间的差异沉降和路基的稳定性, 可以满足施工控制标准, 具有沉降收敛快, 工后沉降小的特点, 荷载沉降曲线呈缓变形特点, 与文献得到的结论一致。

关键词: 现浇薄壁管桩; 高等级公路; 复合地基; 沉降

中图分类号: TU 473; U 416.105

文献标识码: A

南京绕城公路从 1994 年建成通车至今, 软基路段填土预压已超过 10 a。从理论上分析, 老路软基沉降已基本稳定, 扩建工程大部分路段加铺 40~50 cm 的荷载, 预计会产生沉降, 但从工程实际的角度出发, 不宜对老路地基再加固处理。新建高速公路软土地基主要是沉降和稳定的问题, 而对于老路扩建工程软基路段的路堤拼接有两个主要工程问题。(1) 新、老路基产生较大的差异沉降, 影响路面的平整甚至导致路面纵向开裂。(2) 拼接路基处理不当导致路基失稳。此外, 老路从运营、养护状况来看, 软土地基路段均产生了沉降, 桥头路基沉降较大, 经多次加铺后跳车仍明显, 如秦淮新河桥头现有路面标高与原设计高相差 13 cm 左右。因此, 扩建工程对软基段桩号为 K3+250~K3+395, K4+085~K4+200, K6+865~K6+968, 桥头段桩号为 K3+395~K3+425, K4+055~K4+085, K6+968~K6+998 采用现浇砼薄壁管桩(简称 PCC 桩)^[1-3]加固地基, 并进行长时间的沉降观测。本文以南京绕城公路扩建工程为背景, 介绍 PCC 桩在公路拓宽工程中的应用情况, 对地基加固效果进行了初步评价。

1 工程概况

南京绕城公路刘村至东杨坊段全长 32.4 km, 于 1992 年 6 月 18 日开工兴建, 建设标准为设计行车速度 100 km·h⁻¹ 的 4 车道全封闭一级公路, 路基宽度 24.5 m, 于 1994 年 9 月 18 日建成通车。本工程对绕城公路刘村至马群段进行扩建, 扩建工程全长 29.054 km, 起点为刘村, 经油坊桥、铁心桥、花神庙、双龙街、五百户、万家楼, 终点为马群, 路基宽由 24.5 m 扩建为 35.0 m。平面设计维持老路中心线不变, 采用两侧加宽方式, 两侧各加宽 5.25 m。纵面设计一般路段在老路路面上加铺 40~50 cm 厚路面补强层, 大桥桥头等标高受控制路段开挖老路。

2 地质条件

桩号为 K3+250~K3+425 路段表层为硬壳层厚 2 m 左右, 其下为双层软土夹砂层, 砂层顶板埋深 2~7 m, 砂层地基承载力较高, 一般在 120~150 kPa, 层厚 1.5~3.5 m, 液化指数 4~10, 液化等级为轻微至中等液化。上层软土厚度在 2~6 m, 属淤泥质亚粘土, 流塑至软塑状态, 天然含水量在 37% 左右, 地基承载力 65~90 kPa, 属高压缩性土; 下层软土厚度较大, 稳定厚度在 10 m 以上。桩号为 K4+055~

收稿日期: 2006-09-06

作者简介: 严东方(1980-), 男, 硕士研究生, 主要从事岩土工程的研究; 通信作者: 张荣堂(1964-), 男, 教授, E-mail:

rtzhang@hqu.edu.cn.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

K4+ 200 路段表层为硬壳层厚 2 m 左右, 其下为双层软土, 局部为亚粘土夹层, 上层软土厚度在 2~ 7 m, 属淤泥质亚粘土, 流塑至软塑状态, 天然含水量为 37%~ 44%, 地基承载力 60~ 90 kPa, 属高压缩性土, 下层软土较厚, 稳定厚度在 10 m 以上, 与上路段的下层软土属同一稳定层位, 路基路段最大埋深小于 20 m. 桩号为 K6+ 865~ K6+ 998 路段表层硬壳层较薄, 其下为淤泥, 层位较稳定, 厚度小于 20 m, 一般在 13~ 18 m 之间, 天然含水量为 32%~ 46%, 属高压缩性土, 下伏亚砂土、砂层及砂砾层, 砂层埋深一般大于 20 m.

3 PCC 桩复合地基设计

3.1 承载力计算

PCC 桩复合地基为竖向增强体复合地基, 竖向增强体复合地基承载力计算通常有两种思路: 一种是先分别确定桩体的承载力和桩间土的承载力, 根据一定的原则叠加这两部分承载力得到复合地基的承载力, 称为复合求和法; 另一种是把桩体和桩间土组成的复合土体作为整体来考虑, 确定复合地基的承载力, 如通过复合地基滑弧稳定分析法确定复合地基极限承载力. 目前, 主要采用复合地基求和法.

3.2 沉降计算

在各类实用计算方法中, 通常把复合地基沉降量分为两部分, 复合地基加固区的压缩量记为 s_1 , 下卧层压缩量记为 s_2 . 于是, 在荷载作用下复合地基的总沉降为两者之和. 至今提出的复合地基沉降实用计算方法中, 对下卧层压缩量大多采用分层总和法计算, 而对加固区范围内的土层的压缩量则针对各类复合地基的特点, 采用一种或几种计算方法^[4] 计算.

在计算下卧层土层压缩量时, 作用在下卧层上的荷载比较难以精确计算. 结合目前工程中实际情况, PCC 桩采用压力扩散法和等效实体法两种方法计算.

4 加固效果分析与评价

4.1 沉降计算结果分析

运用附加应力简化计算模型, 可以将新拼接的路段作为单独的新路基计算. 因此在新路基中, 选取 PCC 桩加固的典型断面计算结果作为算例分析, 结果如表 1 所示. 表中, l_1 为处理长度, \bar{l}_2 为桩长, d 为柱间距, S_0 , S_n 为处理前后地基总沉降量, S_w 为工后沉降. 从表 1 中可以看出, 新拼接路段若是不经过处理则沉降都远远大于 5 cm, 不能满足拼接路面的技术要求. 地基经过处理后, 沉降已大大减少. 对减小工后沉降效果显著, 当桩间距为 2.8 m, 桩长为 21 m 时, 基本可以将工后沉降控制在 5 cm 以内.

表 1 PCC 桩沉降计算表

Tab. 1 Calculation results of PCC pile settlement

路基	桩号	l_1 / m	\bar{l}_2 / m	d / m	S_0 / m	S_n / m	S_w / m
左侧路基	K3+ 250~ K3+ 395	145	22	3. 2	0. 274	0. 173	0. 080
	K3+ 395~ K3+ 425	30	20	3. 0	0. 357	0. 169	0. 076
	K4+ 055~ K4+ 085	30	20	3. 0	0. 307	0. 145	0. 063
	K4+ 085~ K4+ 200	115	20	3. 0	0. 320	0. 147	0. 064
	K6+ 865~ K6+ 968	103	19	3. 0	0. 290	0. 139	0. 061
	K6+ 968~ K6+ 998	30	21	2. 8	0. 344	0. 122	0. 049
右侧路基	K3+ 350~ K3+ 400	50	20	3. 0	0. 341	0. 177	0. 084
	K3+ 400~ K3+ 461	61	20	3. 0	0. 351	0. 179	0. 085
	K4+ 092~ K4+ 122	30	18	3. 0	0. 332	0. 135	0. 057
	K4+ 122~ K4+ 200	78	18	3. 0	0. 323	0. 137	0. 058
	K6+ 865~ K6+ 946	81	19	3. 0	0. 274	0. 126	0. 048

4.2 沉降观测成果分析

本文选取以下 3 个典型的观测断面分析. (1) 桩号为 K4+ 120 观测断面处于软基处理路段右端, PCC 桩平均长度为 18 m, 桩间距为 3 m. (2) 桩号为 K6+ 920 观测断面处于软基处理箱涵路段右端, PCC 桩平均长度为 19 m, 桩间距为 3 m. (3) 桩号为 K6+ 986 观测断面处于软基处理桥头路段左端,

PCC 桩平均长度为 21 m, 桩间距为 2.8 m.

4.2.1 沉降分析 图 1 为上述 3 个断面典型的荷载-时间-沉降过程线. 图中, h 为填土高度, ΣS 为累计沉降, v_s 为沉降速度, Σt 为累计填土时间. 从图 1 可看出, 沉降随着填土高度的增加, 沉降量相应增大, 断面 K4+ 120 沉降过程线存在几个较明显的拐点, 断面 K6+ 920, K6+ 986 沉降过程线较平稳. 这表明断面 K4+ 120 填筑速率过快, 断面 K6+ 920, K6+ 986 填筑速率较合理. 路堤填筑初期沉降量均较大, 沉降发生的速率较快, 在 90 d 后沉降量明显减小, K4+ 120 点到 2005 年 7 月沉降量为 150.8 mm, 为 3 个观测断面中沉降量最大的一个.

4.2.2 沉降速率分析 沉降速率控制是高速公路路堤填筑过程中一个十分重要的指标, 是确保路堤不产生失稳破坏的关键所在, 同时沉降速率还是控制相关工序进行的重要条件. 比较图 1 (a), (b), (c) 可

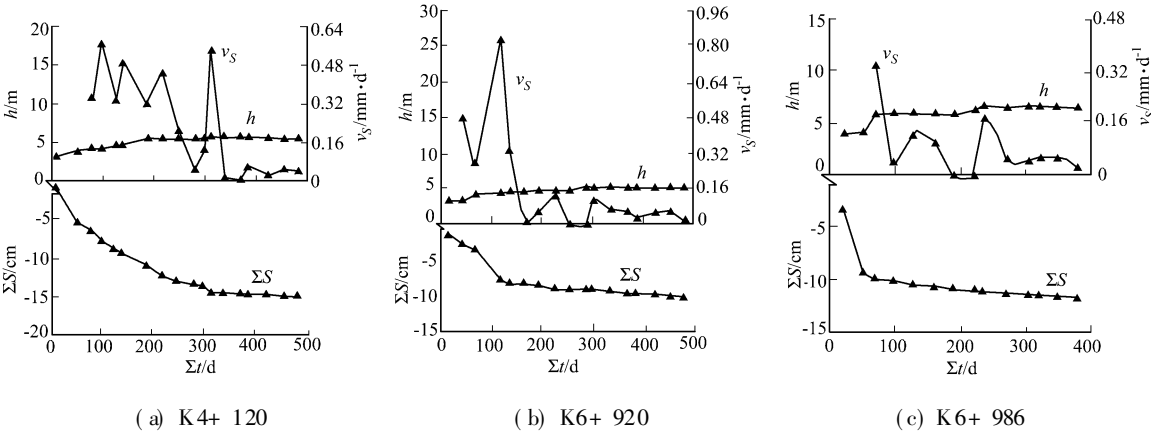


图 1 断面的荷载-时间-沉降过程线

Fig. 1 The curves among load, time and settlement on section

以看出, 置换率越大, 沉降速率越小. 断面 K4+ 120 沉降速率小于 $0.17 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的月份占 47.1%, 而断面 K6+ 920 占 75%, 断面 K6+ 986 占 76.9%. 断面 K4+ 120 的沉降速率较大, 主要原因断面 K4+ 120 的桩长比断面 K6+ 920, K6+ 986 的桩长短, 填土速率过快所致. 如果将 $0.17 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的沉降速率作为路面施工的稳定控制标准, 扩建工程的沉降基本达到要求, 以上 3 个断面都处在与长江引水工程相邻路段, 沉降量比其他路段的都要大. 随着路堤填筑工作的加快, 沉降速率有增大的趋势, 最大沉降速率发生于 2004 年 3 月份, 最大沉降速率为 $0.87 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 填筑工作过快.

4.3 水平位移观测成果分析

路堤填筑阶段路基的稳定性除了通过表面沉降速率进行控制外, 也可通过路基的水平位移值进行控制, 规范对路堤填筑阶段水平位移值的控制标准为不大于 $50 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$; 否则, 应减缓路堤的填筑速率. 图 2 为路基的累计水平位移 ($\Sigma \Delta$) 及水平位移速率 (v_Δ) 变化情况. 从图 2 可以看出, 路堤填筑过程

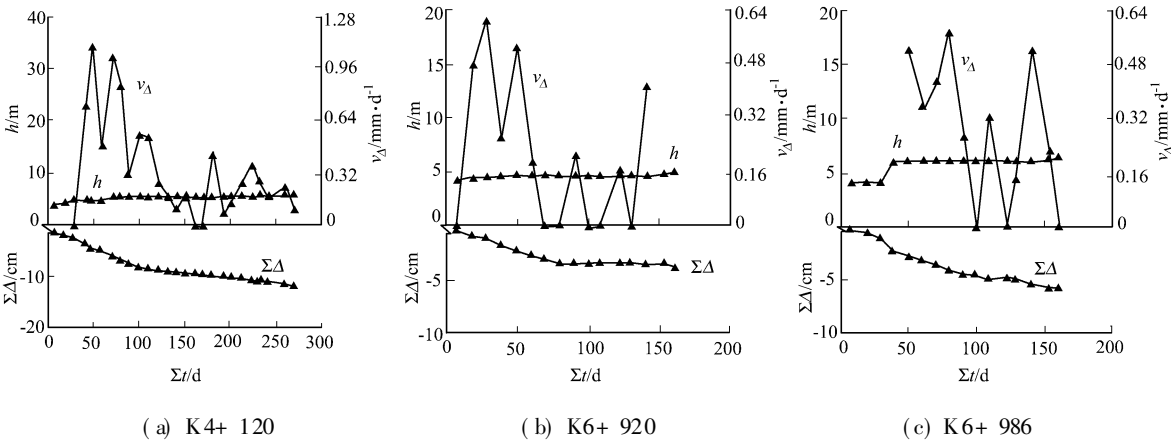


图 2 路基的累计水平位移及速率变化情况

Fig. 2 Horizontal displacement and its rate of road

中, 路基水平位移的变化速率较小, 均满足不大于 $50 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 的要求, 路基的最大水平位移速率 (v_Δ)

为 $1.88\text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 大多数都小于 $1\text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$. 由此可见, 现浇薄壁管桩加固后路基的刚性得到了很大的提高, 抵抗水平位移的能力大大的增强.

从沉降计算结果和沉降观测结果可以看出, 采用 PCC 桩复合地基可以满足施工控制标准, 具有沉降收敛快, 工后沉降小的特点. 其荷载-沉降曲线呈缓变形特点, 与文[5] 得到的结论一致, 沉降计算结果与实测沉降值基本一致.

5 结束语

采用 PCC 桩复合地基处理时, 由于复合地基自身的沉降量是很小的, 易于控制. 因此, 新路基的沉降可得到较准确的控制, 可充分控制加宽路基自身的沉降、与老路基间的差异沉降和路基的稳定性. 同时, 将新路基对老路基的影响控制在尽可能小的范围内, 且复合地基可快速、有效地提高路基稳定性.

参考文献:

[1] 刘汉龙, 费 康, 马晓辉, 等. 振动沉模大直径现浇薄壁管桩技术及其应用(I) ——开发研制与设计[J]. 岩土力学, 2003, 24(2): 164-168.

[2] 刘汉龙, 郝小员, 费 康, 等. 振动沉模大直径现浇薄壁管桩技术及其应用(II) ——工程应用与现场试验[J]. 岩土力学, 2003, 24(3): 372-375.

[3] 刘汉龙, 陈永辉. 高速公路软土地基处理新技术[C]//全国岩土与工程学术大会论文集. 北京: 人民交通出版社, 2003: 910-915.

[4] 龚晓南. 复合地基理论及工程应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002: 156-157.

[5] 杨寿松, 刘汉龙, 周云东, 等. 薄壁管桩在高速公路软基处理中的应用[J]. 岩土工程学报, 2004, 26(6): 750-754.

Application of PCC Pile in Widening Project of High-Grade Highway

YAN Dong-fang, ZHANG Rong-tang

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Taking the ring highway widening project in Nanjing as example, the application of cast in situ thir wall concrete pipe pile (PCC) to strengthen the soft foundation is discussed, the strengthening effect is analyzed and evaluated. The settlement, settlement rate and horizontal displacement of 3 typical sections with piles marked K4+ 120, K6+ 920 and K6+ 986 respectively are recorded and analyzed. It's indicated: PCC pile composite foundation can effectively control the settlement at widening road, reduce the difference of settlements between widening road and origin road, and increase the embankment stability. PCC pile composite foundation meets the construction controlling standard, possesses the advantages: rapid settlement convergence, the small settlement after construction, slow deformation of the curve between load and settlement. These conclusions agree with the ones in references.

Keywords: cast in situ thir wall concrete pipe pile; high grade highway; composite foundation; settlement

(责任编辑: 黄仲一)