

钻孔灌注桩体内注浆补缺探讨

冯文凯¹, 王明华², 刘汉超¹, 石豫川¹

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 中国科学院武汉岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071)

摘 要: 本文针对桩体由于裹砂、夹泥等引起的缺陷, 甚至造成的断桩, 通过具体实践, 探讨应用了一种新兴工艺, 即桩体内注浆的方法进行处治, 以增加其强度和完整性, 效果良好。

关键词: 桩体; 缺陷; 体内注浆; 增强

中图分类号: TU47

文献标识码: A

钻孔灌注桩体内注浆补缺是一新兴工艺, 其主要目的是对桩体缺陷部位进行补强^[1, 2]。某国道封闭改造工程, 因受施工工艺影响, 造成钻孔灌注桩局部产生缺陷(主要是夹砂、裹砂, 局部为离析、蜂窝桩孔洞、甚至还有断桩等), 因此, 采用该方法对桩体进行了处理。本文就是结合该工程, 以 K5 桩为实例来完成的。

1 工程概况

K5 桩桩径 1.5 m, 桩砼强度 C_{20} , 验桩后发现桩体裹砂。

场地位于黄河下游冲积平原上, 地势平坦, 地面标高 75.00 m。

地表下 41.5 m 以内的地层为全新世黄河冲积物, 由上至下分别为: 0~2.0 m 为硬塑状态的路基土; 2.0~5.1 m 为灰黄色粉土, 稍密, 饱水; 5.1~41.5 m 为黄色、灰黄色中细砂, 中密~密实, 饱水, 局部含粘土块, 其中 30.8~31.8 m 为灰色粉质粘土, 湿, 可塑~软塑。地下水位埋深 2.7 m 左右。

2 工程设计

根据超声波正测验桩结果, 分析缺陷位置在桩身 5.25~5.75 m、7.75~10.25 m 及 12.25~13.75 m 处三段, 超声波声速在 2 296~3 589 m/s

间, 推测为局部夹砂。其余段超声波声速均大于 3 600 m/s, 完整性较好(见图 1)。据此, 设计桩身钻孔 4 眼, 孔径 $\Phi 110$, 孔深 9.5~16.0 m, 垂向、侧向反复清水洗孔, 用 0.6~0.5 水灰比 425[#]水泥浆补缺增强, 每孔插入 $\Phi 20$ (螺纹)钢筋 1 根, 并投入必要的 $\Phi 1\sim 2$ cm 石子(见图 2)。同时, 考虑到桩身夹砂层较厚, 可能与地层连通, 因此, 亦进行了帷幕设计, 帷幕钻孔孔径 $\Phi 110$, 深度应达到缺陷区下 1.0 m, 一次注浆达孔口, 用 425[#]水泥浆注浆, 水:水泥:膨润土(泥浆粉)之比为 1.45:1:0.25; 梅花型布孔, 双排, 帷幕钻孔孔壁以及桩壁之间相互间距均为 20 cm; 帷幕孔应用泥浆护壁, 泥浆稠度 18 s^{1.3}。该桩工程位置、补强钻孔及帷幕钻孔设计位置见图 2, 总体工程设计流程图见图 3。

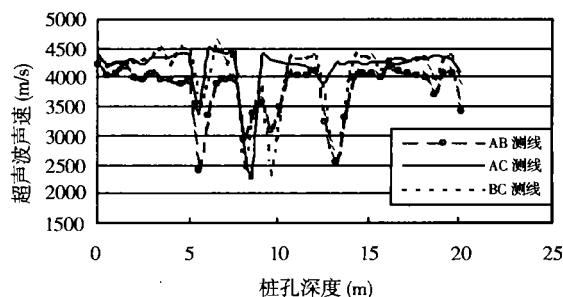


图 1 注浆补缺前桩体砼超声波声速
随桩孔深度变化曲线

Fig. 1 The curve of ultrasonic speed of pile body
along with drilling depth before injection

收稿日期(Received date): 2003—03—10; 改回日期(Accepted): 2003—05—10.

作者简介(Biography): 冯文凯(1974—), 男(汉族), 河南原阳县人。成都理工大学环境与土木工程学院博士研究生, 地质工程专业。E-mail: fwk@geohp.com. [FENG Wen-kai was born in 1974 and come from Yuanyang County, Henan Province. Now he is a doctor candidate in Chengdu University of Technology and his specialty is geotechnolgy. E-mail: fwk@geohp.com.]

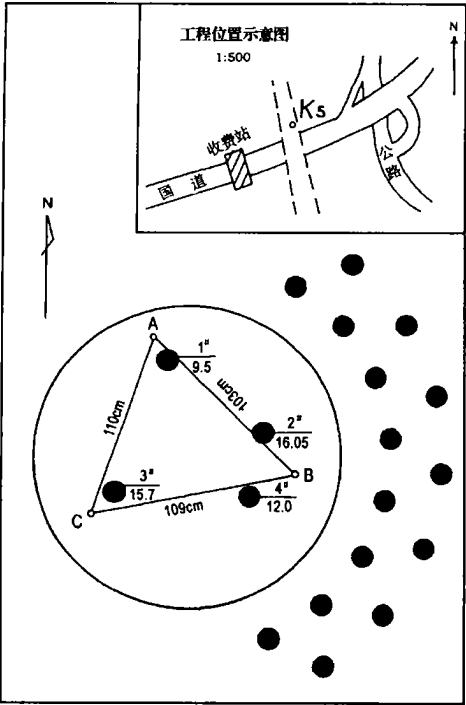


图 2 K5 桩补强钻孔、帷幕钻孔科
及该桩工程位置示意图

Fig. 2 The position of drill and K5 pile

3 施工过程

场地整平后，将桩身设计孔位放样至实地，把 DPP—100 型汽车钻就位，支稳调平，使孔口、转盘、天车三点一线。用 $\Phi 108$ 岩芯管附带 $\Phi 110$ 岩芯钻头钻进，清水作冲洗液，全面取芯，现场排芯并编号，作好岩芯编录，绘制岩芯图，判定缺陷位置、程度及性质。

在成孔过程中，2[#]孔在钻至 13 m 左右开始大量涌砂，砂为灰黄色中砂(略具青灰色)，含淤泥及砂姜石，且钻具提升时，孔深迅速减小，经综合判定，该孔与地层相连通。因此，在桩体外侧靠近 2[#]孔处，成扇形布置了双排帷幕孔，孔深均为 15 m，共 15 眼，间距严格按照设计要求，呈梅花型布置。压注 425[#]水泥浆，水：水泥：膨润土(泥浆粉)：早强剂之比为 1.45 : 1 : 0.25 : 0.03，一孔一注。共用水泥 1 500 kg，膨润土(泥浆粉)375 kg。停待 2~3 d，等帷幕具有初期强度后，再继续钻进 2[#]桩身孔，实践证明帷幕取得了良好挡砂效果。

成孔后，统一洗孔。用清水作冲洗液，先垂向洗净孔内岩粉，浸泡 24 s 后，再用定向喷嘴对准缺陷区，上、下、左、右(主要朝桩身方向)冲洗，最后再进

行垂向洗孔，做到水清砂净，洗孔压力 1.2~1.5 MPa。在成孔及洗孔过程中观察各孔的连通情况。

调制水泥浆，水灰比为 0.6~0.5，按比例加入 0.4% 早强剂，拌匀。因 2[#]、4[#]孔连通，且 2[#]孔与地层也连通，1[#]、3[#]与其它孔互不连通，因此，1[#]、3[#]孔进行单孔注浆，注浆前汲干孔内洗孔后的水体，2[#]、4[#]孔同时注浆。注浆压力 0.6~1.1 MPa，稳压 20 min，再插入 $\Phi 20$ (螺纹)钢筋各 1 根，并投入 60~100 kg $\Phi 1\sim 2$ cm 的石子，然后封孔，并清洗设备(参见图 3)。

现场跟踪检测水泥浆的流动率、泌水率、膨胀率，并做三组试块，按标准养护。

7 日后进行超声波检测注浆效果。

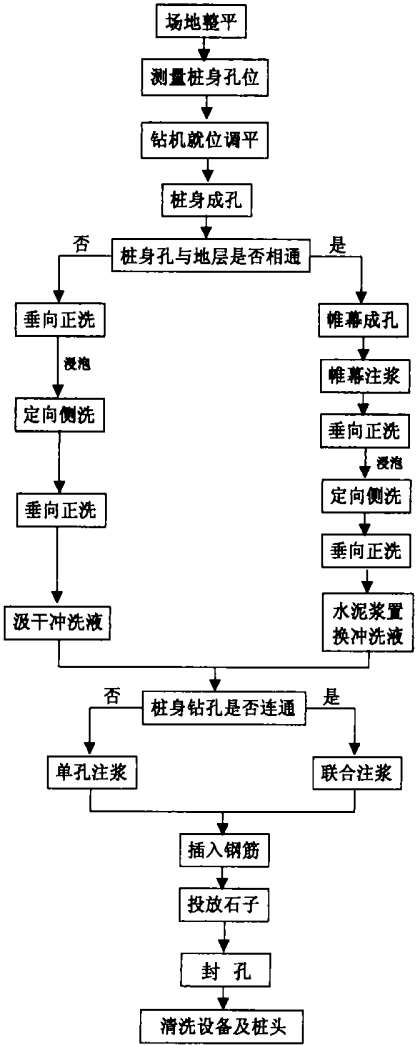


图 3 注浆补强施工工艺流程图

Fig. 3 Flow process diagram of injection

4 缺陷对比分析

根据超声波声速分析, 缺陷区位于 5.25~5.75 m、7.75~10.25 m 及 12.25~13.75 m 处三段, 三个侧面缺陷程度不同, 缺陷厚度 0.5~2.5 m, 超声波声速 2 296~3 589 m/s, 按声速判断, 估计缺陷性质为夹砂, 局部夹泥。而从钻孔岩芯反映情况看, 1[#]孔: 5.0~5.1 m、5.5~6.0 m、8.35~8.4 m 及 8.55~8.75 m 夹砂; 2[#]孔: 5.6~6.1 m、8.4~8.5 m 及 12.75~13.9 m 夹砂; 3[#]孔: 5.35~5.65 m 及 8.35~8.96 m 夹砂; 4[#]孔: 5.7~6.2 m、8.0~8.6 m、9.5~9.7 m 及 9.9~10.4 m 夹砂; 成孔时, 2[#]孔夹砂层与地层相通; 洗孔时 2[#]孔与 4[#]孔连通。由于缺陷区厚度较大, 推测成桩过程中, 泥浆可能调制较稀, 加之桩孔地层砂层较厚, 孔深 13 m 左右又有流砂层。因此, 有可能造成孔壁坍塌, 致使桩体缩径、夹砂, 甚至断桩(超声波测试结果与钻孔取芯验证结果对比剖面图见图 4)。

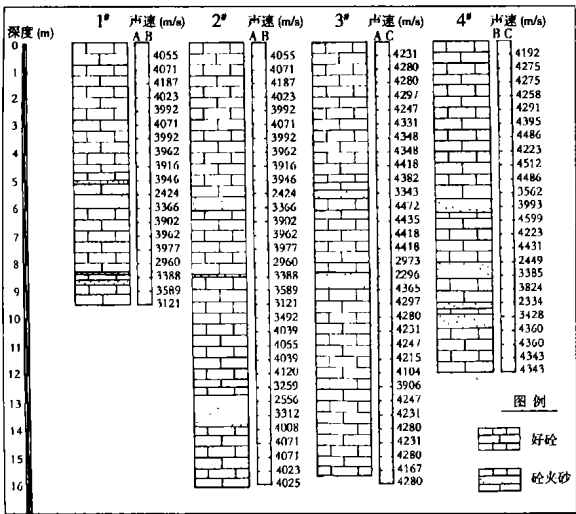


图 4 超声波波速与钻孔取芯验证结果对比剖面图

Fig. 4 The contrast of ultrasonic wave speed and drilling core result

综上所述, 该桩在 5.0~6.2 m 及 8.0~8.96 m 段出现夹砂、断桩, 2[#]孔孔深 12.75~13.9 m 及 4[#]孔孔深 9.5~10.4 m 为严重缺陷(夹砂); 其它部位见少量小气孔, 超声波声速大于 3 600 m/s。

5 补强效果及其价值

首先由试块强度看, 水:水泥配比为 1:0.5 的试块, 其 7 天龄期强度为 24.7 MPa, 28d 龄期强度为 34.5 MPa, 均达到桩体砼 C20 强度要求(具体见表 1)。

表 1 混凝土试件抗压强度试验结果

Table 1 The outcome of Concrete Compression Test

设计配合比	龄期	试件尺寸	受压面积	破坏荷载	试件强度(MPa)	
					个别	平均
水:水泥:早强剂 =1:0.5:0.04	4	7.07	50	100.5	20.1	
	4	7.07	50	113.5	22.7	20.7
	4	7.07	50	96.0	19.2	
	7	7.07	50	138.0	27.6	
	7	7.07	50	122.0	24.4	24.7
	7	7.07	50	110.0	22.0	
	28	7.07	50	182.0	36.4	
	28	7.07	50	159.0	31.8	34.5
	28	7.07	50	176.0	35.2	

从工艺上分析, 找准缺陷位置, 针对性合理布置桩身钻孔, 清水钻进, 用清水浸泡, 垂向、侧向反复洗孔, 压力注浆, 单孔插入 $\Phi 20$ (螺纹)钢筋 1 根, 投入 $\Phi 1\sim 2$ cm 石子 60~120 kg, 注入水灰比为 0.6~0.5 的 42.5[#]水泥浆, 水泥浆用量 0.1~0.18 m³, 为补强加固提供了充足的物质技术基础; 加之帷幕有效合理的设置, 为 2[#]桩身孔成孔、洗孔, 乃至注浆补强加固提供了有力保障, 据 7 日后进行的超声波检测, 桩体完整, 缺陷区强度明显增大, 但新旧砼相接收缩, 故仍存在低速区, 与前期基本对应(见图 5)。

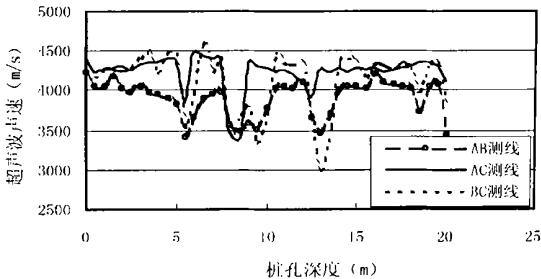


图 5 注浆补缺后桩体砼超声波声速随桩孔深度变化曲线

Fig. 5 The curve of ultrasonic speed of pile body along with drilling depth after injection

据此推定, 钻孔灌注桩体内注浆补强加固方法是可行的, 效果是显著的, 它不但基本上解决了桩内砼由于断桩、桩体裹砂等造成的缺陷问题, 而且大大节约了由此而引起的复成桩或补桩、甚至更改工程设计的时间和经费开支。因此, 其研究具有重大的实际意义。

6 结语

桩体缺陷注浆补强是一门新兴的工艺, 通过对 K5 桩, 乃至其它类似缺陷桩(如同区段的 K4 桩、J1 桩)的实际处治情况来看, 认为此法是切实可行的, 不仅可大大缩短工期、节约资金, 而且施工方便, 效果明显, 但今后还应深入研究、探讨并完善其工艺。

根据超声波正测, 以及其它缺陷桩检测时使用的超声波细测和斜测、弹性波 CT 检测及低应变检测的实践表明, 这些方法的联合使用, 对准确判定缺陷区的位置及性质、选准桩身孔位具有十分重要的作用。而清水钻进、清水侧向及垂向洗孔又能最大限度地排除缺陷部位的泥砂。因此, 压力注浆是可行的, 有效的。

由于新注入水泥浆, 新旧砼相接收缩, 故而声速曲线依然存在低速区, 但桩体完整无断裂。七日后进行超声波检测无明显变化。

另外, 在后期的其它缺陷桩处治过程中, 我们改用水灰比为 0.4 的 525[#]水泥浆注浆, 并加入 0.5% 减水剂、0.016% 膨胀剂, 虽然存在高标号水泥浆强度与原缺陷桩砼强度不一致、以及新旧砼相接收缩而依然存在声波低速区等问题, 但总效果更好。

参考文献(References):

- [1] Liu Dong-mei, Cui Feng. Using an Injection Technique after a Caisson Pile Completed. *Zhongzhou Construction*, 2000, (3): 62~63. [刘冬梅, 崔峰. 灌注桩后注浆技术的应用[J]. 中州建设, 2000, (3): 62~63.]
- [2] Wang Liushan. Using Chemical High Pressure Spray Method in Dealing with Settled Material in the Bottom of a Pile. *Zhihuai*, 2002, (8): 35~35. [王留山. 化学高压喷射法处理桩底沉渣问题[J]. 治淮, 2002, (8): 35~35]
- [3] Wu Biao. Adopted a Technique of High Pressure Injection in Treating with the Leakage of Construction. *Architecture Technology*, 2002, 33(9): 693~694. [吴彪. 采用高压注浆技术处理结构渗漏[J]. 建筑技术, 2002, 33(9): 693~694.]

Application of Body Injection in a Drilling Compresol Pile for Supplying a Deficiency

FENG Wen-kai¹, WANG Ming-hua², LIU Han-chao¹, and SHI Yu-chuan¹

(1. *Engineering Geology Institute of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059 China;*

2. *Institute of Rock and Soil Mechanics, the Chinese Academy of Science, Wuhan 430071 China*)

Abstract: Through the study of applied a kind of newly arisen craft, namely a method of internal injection, this paper aims at treating a blemish for sand or mud inclusion in pile body, even for the fault pile, and increasing its strength and completeness. The result is well-known.

Key words: pile body; blemish; internal injection; increasing its strength