

# 检测端承桩持力层与设计不符的处理方法

## The Treatment Method of Testing the Bearing Layer of End-bearing Pile is Inconsistent with the Design

杜毅力

Yili Du

广东省地质实验测试中心 中国·广东广州 510000

Guangdong Geological Experiment and Test Center, Guangzhou, Guangdong, 510000, China

**摘要:** 结合某国道一级公路桥梁桩基工程实例, 论文分析钻孔灌注桩持力层与设计不符的原因, 总结针对该种情况的不同处理方法, 基于安全、质量及成本原则提出最优解决方案, 提出将原端承桩改为摩擦桩的方法, 验算结果证明该方法可行, 为实际工程应用提供参考意见。

**Abstract:** Combined with a national level of highway bridge pile foundation engineering example, this paper analyzes the reasons of bored piles of subsoil in conformity with the design, summarizes the different processing method for this kind of condition, based on the principle of safety, quality and cost, the optimal solution, puts forward the original instead of end bearing pile friction pile, the method of calculating results prove that the method is feasible and provide a reference for practical engineering application.

**关键词:** 一级公路; 钻孔灌注桩; 端承桩

**Keywords:** first-class highway; bored pile; end bearing pile

**DOI:** 10.12346/etr.v3i9.4189

## 1 引言

近年来,随着中国基础建设的发展,桥梁工程项目的增加,所遇到的工程地质环境种类也越来越多,对钻孔灌注桩承载力要求也越来越高。桥梁桩基础类型分为端承桩和摩擦桩两种,对于中风化岩层埋置深度不深的区域,桩基大多采用端承桩。端承桩对桩底中风化岩层的承载力要求较高,并且需要保证桩底以下一定厚度范围内不存在软弱夹层。由于桥梁工程施工地区地质条件多变且复杂,在勘察阶段钻孔勘探的密度难以完全探明所有桩基持力层情况。因此,出现了端承桩施工时持力层与设计不符的现象。对于桩基础,需严格按照相关质量验收标准执行检测工作。特别是复杂地质结构地区的桩基础,更需对承载力进行严谨检测及复核算。

## 2 工程背景

某国道一级公路桥梁位于丘陵地区,地质情况为泥质粉砂岩。桩基础采用端承桩,持力层为中风化泥质粉砂岩,设计强度为 C30,桥墩基桩桩径为 1600mm。桩基施工采用冲击钻,终孔条件为进入完整基岩,设计要求桩底持力层厚度不小于 5m 且不小于 3 倍的桩径<sup>[1]</sup>。

## 3 桩基检测

本工程采用钻孔抽芯法对桥梁桩基进行检测,其中 Y20-2 号桩检测结果如下:

- ①桩身连续完整,桩身完整性分类为 I 类桩。
- ②抽检桩身混凝土芯样抗压强度满足 C30 的设计要求。
- ③桩底无沉渣。

【作者简介】杜毅力(1989-),男,中国广东龙川人,本科,工程师,从事公路桥梁桩基础检测、岩土工程勘察、监测等研究。

④桩端支承于强风化砂岩层上。

如图1所示，Y20-2号桩不符合设计要求。



图1 Y20-2号桩砼芯样

### 4 端承桩持力层缺陷处理技术

在工程实践中针对端承桩持力层与设计不符的问题，目前的解决方法有桩端后注浆、高压水切割冲洗注浆加固、原位替换三种，其技术原理及优缺点如下。

#### 4.1 桩端后注浆方法

如图2所示，成桩时在桩底或桩侧预置注浆管路和注浆装置，待桩身达到一定强度后，通过注浆管路，利用高压注浆泵压注以水泥为主剂的浆液，对孔底沉渣和桩侧泥皮进行固化，从而消除传统灌注桩施工工艺所固有的缺陷，以达到提高桩的承载力的一种科学先进的技术方法<sup>[2]</sup>。根据注浆位置，后注浆可分为桩端后注浆、桩侧后注浆和桩端+桩侧联合后注浆三种方式。

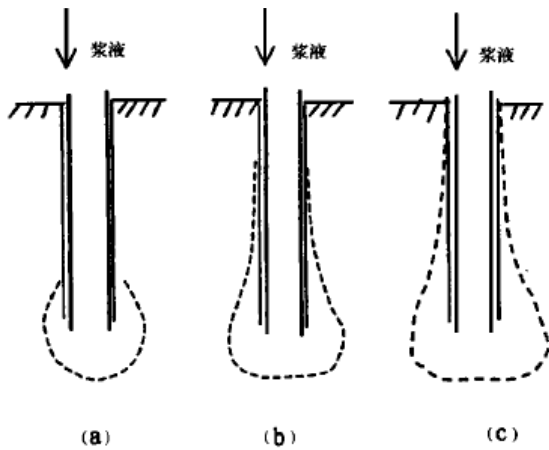


图2 桩端后注浆技术

桩端后注浆的浆液对土体的作用主要表现为渗透、劈裂和压密三种作用，但是不管哪种作用它们都对稳固起到重要作用，桩端后注浆技术在节约造价方面具有很好的经济效益相对于传统的相对于传统灌注桩成孔工艺，后注浆技术具有对各种地质环境适应性强；在施工作业方面操作简便方便易行；可减少作业难度，简化工艺流程，加快桩基施工进度和节约工程造价等的优点，因而具有良好的社会效益和经济效益。虽然桩端后注浆技术有诸多优点，但其有地层限制，

对于浆液难以注入的土层难以达到工程所需要的承载力提升的效果。

#### 4.2 高压喷射注浆加固

该技术原理为根据桩径的大小均衡布置若干地质孔，孔深至缺陷部位，利用高压水流切割并冲洗孔底沉渣或破碎带，然后注入水泥浆液或化学浆液。一般来讲，水泥浆液强度小，收缩率较大，效果不很理想；现有一种无收缩自流平化学灌浆料，强度可高达70MPa，灌注后固结快，几乎无收缩，可有效填筑高压水流切割后桩底的空隙，处理效果良好。

#### 4.3 原桩位重新成孔法

原桩位重新成孔法是在原桩位使用机械破除已浇筑桩体，加深桩长，保证桩底穿越原持力层坐落于连续基岩面上。此方法成本非常高。

#### 4.4 将端承桩改为摩擦桩

端承桩其承载原理是上部荷载通过承台传递到桩体，桩体再传递到持力层，持力层作为主要的最终承载体。根据端承桩的设计理念，其主要靠桩端处底层的竖向抗力提供桩的垂直承载力，虽然桩周围土体能够提供一定的摩阻力，其通常可以忽略不计，而作为安全储备。然而，当端承桩的持力层与设计不符，并不能够提供足够的承载力的时候，换一种思路，将端承桩改为摩擦桩，因为摩擦桩桩顶荷载由桩侧阻力承受，桩尖部分承受的荷载很小，一般不超过10%。端承桩改为摩擦桩，通过承载力验算证明其能够提供设计所需承载力，这种方法能够在不需要进行任何施工的情况下满足工程需求，具有安全可靠及节约经济成本和时间成本等优点<sup>[3]</sup>。

### 5 改变桩基类型

结合前文对处理实际工程中遇到端承桩持力层与设计不符问题的各方法优缺点，针对本文工程案例，选择将端承桩改为摩擦桩的处理方案。钻孔灌注桩土层分布如表1所示，采用规范中的钻（挖）孔灌注桩轴向受压承载力特征值计算公式对其竖向承载力进行验算。

表1 土层分布及参数

土层编号	土层、岩石名称	本层厚/m	钻孔桩侧摩阻力标准值/kPa	地基承载力特征值/kPa
1	素填土	1.28	30	60
2	粉质粘土	6.9	40	140
3	卵石	2.4	100	300
4	强风化含砾砂岩	5.3	80	420
5	强风化含砾砂岩	11.7	120	500
6	中风化含砾砂岩	3.5	360	1000
7	中风化泥质粉砂岩	2	288	800
8	中风化夹强风化含砾砂岩	2.37	150	800

根据规范《公路桥涵地基与基础设计规范》对支撑在土层中的钻（挖）孔灌注桩，其单桩轴向受压承载力特征值

$R_a$  可按下列公式计算:

$$R_a = \frac{1}{2}u \sum_{i=1}^n q_{ik}l_i + A_p q_r$$

$$q_r = m_0 \lambda [f_{ao} + k_2 \gamma_2 (h - 3)]$$

式中:  $R_a$  为单桩轴向受压承载力特征值 (kN), 桩身自重与置换土重 (当自重计入浮力时, 置换土重也计入浮力) 的差值计入作用效应;  $u$  为桩身周长 (m), 5.027m;  $A_p$  为桩端截面面积 ( $m^2$ ), 对扩底桩, 可取扩底截面面积;  $n$  为土的层数;  $l_i$  为承台地面或局部冲刷线以下个土层的厚度 (m);  $q_{ik}$  与  $l_i$  对应的各土层与桩侧的摩阻力标准值 (kPa);  $q_r$  为修正后的桩端土承载力特征值 (kPa), 当持力层为砂土、碎石土时, 若计算值超过下列值, 宜按下列值采用: 粉砂 1000kPa, 细砂 1150kPa, 中砂、粗砂、砾砂 1450kPa, 碎石土 2750kPa;  $f_{ao}$  为桩端土的承载力特征值 (kPa);  $h$  为桩端的埋置深度 (m), 对有冲刷的桩基, 埋深由局部冲刷线起算, 对无冲刷的桩基, 埋深由天然地面线或实际开挖后的地面线起算,  $h$  的计算值不应大于 40m, 大于 40m 时, 取 40m;  $k_2$  为承载力特征值的深度修正系数;  $\gamma_2$  为桩端以上各土层的加权平均重度 ( $kN/m^3$ );  $\lambda$  为修正系数;  $m_0$  为清底系数;

将表 1 中各土层参数代入到式 1 中, 得桩侧摩阻力所提供的单桩轴向受压承载力特征值:

$$R_a = 0.5 \times \pi \times 1.6 \times (30 \times 1.28 + 40 \times 6.9 + 100 \times 2.4 + 80 \times 5.3 + 120 \times 11.7 + 360 \times 3.5 + 288 \times 2 + 150 \times 2.37) = 11495.464kN$$

单桩设计承载力:

$$P = P_0 + 0.5 \times A \times H \times \gamma = 7300 +$$

$$0.5 \times \pi \times 0.8^2 \times 35.45 \times 25 = 8190.956kN$$

由此得:  $\frac{R_a}{P} = 1.4$ 。

根据摩擦桩的竖向承载力计算结果, 其竖向承载力大于设计值, 满足要求。

## 6 结语

针对钻孔灌注端承桩桩持力层与设计不符的处理方法主要有桩端后注、高压喷射注浆加固、原桩位重新成孔、将端承桩改为摩擦桩等方法, 而对于某些工程将端承桩改为摩擦桩具有安全可靠、低成本等优点, 结合某国道一级公路桥梁桩基工程验证了其可行性, 为解决问题提供一个思路, 为实际工程应用提供参考意见。

## 参考文献

- [1] 于志华, 刘炎炎, 宋建, 等. 钻孔灌注桩桩端后压浆技术及工程应用[J]. 水利与建筑工程学报, 2011, 9(3): 40-43.
- [2] 王秀哲, 龚维明, 薛国亚, 等. 桩端后注浆技术的研究现状及发展[J]. 施工技术, 2004(5): 28-31.
- [3] 朱必锋. 桩端持力层高压注浆补强处理技术[J]. 中国城市经济, 2011, 141(6): 150-151.

(上接第 81 页)

## 6 应用效果

2020 年在南梁施工油水平井 10 口, 其中长 8 目的层水平井 8 口, 长 6 目的层水平井 2 口。长 8 水平井钻机月速度 4866m/台月, 比 2019 年提高 31.44%, 钻井周期 13.52 天, 比 2019 年缩短 23.27%, 机械钻速 21.73m/h, 比 2019 年提高 21.60%。

## 7 结论与认识

①根据水平井设计偏移距、靶前距情况确定二开到入窗几趟钻施工模式, 能够达到快速钻进的目的。

②斜井段使用水力振荡器能够改善滑动效果, 但是水利振荡器的质量还有待于提高。

③改进螺杆钻具的造斜率和提高级数, 能够适应激进钻进的需求, 提高钻井速度。

④增强水平段下部钻具的刚性可以降低复合增斜率。

## 参考文献

- [1] 倪华锋, 杨光, 张延兵. 长庆油田页岩油大井丛水平井钻井提速技术[J/OL]. 石油钻探技术: 1-8[2021-08-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1763.TE.20210802.1722.004.html>.
- [2] 李细鸿. 致密油水平井井眼轨迹控制技术研究与应[J]. 西部探矿工程, 2021, 33(6): 101-102.
- [3] 光新军, 叶海超, 蒋海军. 北美页岩油气长水平段水平井钻井实践与启示[J]. 石油钻采工艺, 2021, 43(1): 1-6.