

# 某高速公路桥头过渡段深层软土路基沉降控制方案探讨

郝腾飞, 刘勇

(贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司, 贵阳 550081)

**摘要:** 高速公路因行车速度较高, 对路面的平整度要求较高。桥头过渡段深层软土路基沉降控制效果是软土广泛分布地区影响道路平整度的重要因素。沉降控制不足往往会导致桥头跳车现象的出现, 进而严重制约着道路的通行速度和行车安全。本文以南部海湾地区某高速公路桥路过渡段深层软土路基为对象, 分别开展了水泥土搅拌桩复合地基和素混凝土桩复合地基沉降控制的对比计算分析。结果表明素混凝土桩对深层软土路基工后沉降控制的效果更好, 可以满足公路建设对桥头过渡段深层软土路基沉降量的控制要求。

**关键词:** 软土; 路基; 桥头过渡段; 沉降

**中图分类号:** P642; U416; TU447 **文献标识码:** A

## DISCUSSION ON SETTLEMENT CONTROL SCHEME OF DEEP SOFT SOIL SUBGRADE IN BRIDGEHEAD TRANSITION SECTION OF AN EXPRESSWAY

HAO Teng-fei, LIU Yong

(Guizhou Transportation Planning Survey & Design Academe Co., Ltd. Guiyang 550081, China)

**Abstract:** Due to the high driving speed of expressways, the requirements for smoothness of the road surface are high. The settlement control effect of deep soft soil roadbed in bridgehead transition section is an important factor affecting road smoothness in areas where soft soil is widely distributed. Inadequate settlement control often leads to the occurrence of vehicle bumps at bridge heads, which seriously restricts the speed and safety of road traffic. Taking the deep soft soil subgrade at the bridge road transition section of a highway in the southern Gulf region as an example, this paper conducts a comparative calculation and analysis of settlement control of cement soil mixing pile composite foundation and plain concrete pile composite foundation. The results show that plain concrete piles have a better effect on controlling the post construction settlement of deep soft soil subgrade, and can meet the requirements of highway construction for controlling the settlement of deep soft soil subgrade at the bridge head transition section.

**Key words:** soft soil; subgrade; bridge crossing section; settlement

深厚层软土地基处治一直是我国沿海地区工程建设所需面对的主要问题。软土因其含水率、孔隙

比大, 抗剪强度、渗透性低, 压缩性、灵敏度高<sup>[1]</sup>等诸多不良工程特性, 对地基的稳定性和沉降变形有着

重大不利影响。随着软土厚度的增大不利因素的聚集效应也随之增大, 处治的难度和经济代价也随之迅速增高。公路工程由于路线沿线地形、地貌单元跨度较大, 具有路基与桥梁、路基与隧道等构造物频繁交叉连接的特点。路基与桥隧等刚性造物不同的变形特点, 给公路软土路基的沉降控制提出了更高的要求。公路建设中深层软土路基通车一段时间后因工后不均匀沉降导致的路面凹凸不平、桥头跳车<sup>[2]</sup>等病害时有发生, 治理和维护成本往往较高, 社会影响也较大。因此探讨和尝试不同公路深层软土路基沉降控制的方法, 具有较大的工程意义、经济效益和社会意义。

## 1 工程概况

### 1.1 地形地貌

该工点位于南部海湾地区, 场地范围内属于海陆相冲击平原区, 地势平坦低洼, 平均海拔约为 1.0 m, 鱼塘和溪流纵横交错, 分布有多期河海相沉积淤泥层。高速公路跨海湾特大桥桥台接低填路基, 路基基底为常年积水鱼塘。根据地勘资料, 其下淤泥层最大埋深为 18.4 m。场区工程地质平面图如下图 1 所示。

### 1.2 地质特征

场区内地层主要为第四系杂填土(Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>), 杂色, 稍湿, 松散, 主要由粉质粘土、碎石、砖块组成; 第四系冲洪积(Q<sup>al+pl</sup>)淤泥层, 深灰色, 饱和, 流塑, 以黏

粒为主, 富含有机质及粉粒, 具滑腻感, 有腥臭味, 易污手, 黏性好, 干强度及韧性高; 粉质黏土, 灰白色, 可塑, 以黏粒为主, 夹少量细粒, 黏性较好, 土质均匀, 干强度及韧性中等; 寒武系八村群(Єbc<sup>c</sup>)砂岩; 寒武系(γ5)花岗岩。

桥头过渡段地质剖面如图 2 所示, 岩土体物理力学参数见表 1。

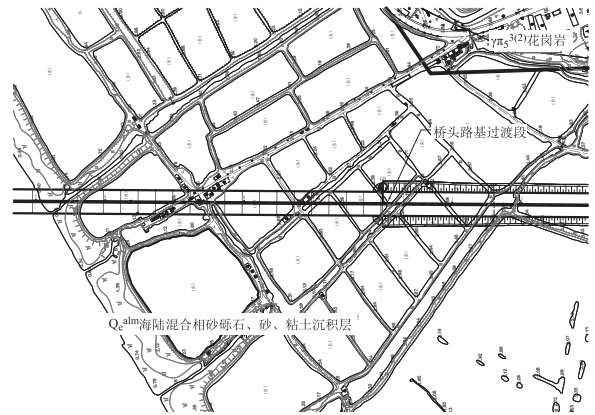


图 1 工程地质平面图

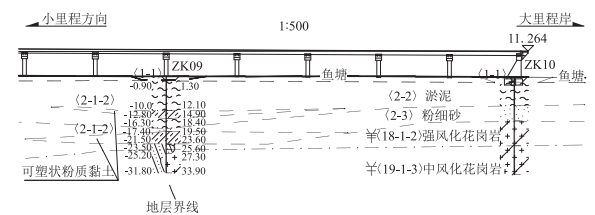


图 2 桥头过渡段地质剖面图

表 1 岩土体物理力学参数表

| 岩土名称及代号                 | 层厚 /m | 状态  | 容重 /kN·m <sup>-3</sup> | 含水率 /% | 孔隙比  | 粘聚力 /kPa | 内摩擦角 /° | 压缩系数 /MPa <sup>-1</sup> | 压缩模量 /MPa | 地基承载力特征值/kPa |
|-------------------------|-------|-----|------------------------|--------|------|----------|---------|-------------------------|-----------|--------------|
| 杂填土① <sub>2</sub> 层     | 1.3   | 松散  | 18.3                   | 32.16  | 0.92 | 21.5     | 15.02   | 0.32                    | 4.04      | 160          |
| 淤泥② <sub>2</sub> 层      | 10.8  | 流塑  | 16.3                   | 58.92  | 1.57 | 5.52     | 2.80    | 1.41                    | 1.68      | 50           |
| 粉质粘土② <sub>1-2</sub> 层  | 2.8   | 可塑  | 18.6                   | 29.64  | 0.86 | 27.76    | 14.81   | 4.9                     | 1.85      | 160          |
| 淤泥② <sub>2</sub> 层      | 3.5   | 流塑  | 16.3                   | 58.92  | 1.57 | 5.52     | 2.80    | 1.41                    | 1.68      | 50           |
| 砂土② <sub>3</sub> 层      | 1.1   | 稍密  | 18.5                   | 30.66  | 0.87 | 6        | 15      | 0.37                    | 4.67      | 120          |
| 粉质粘土② <sub>1-2</sub> 层  | 4.1   | 可塑  | 18.6                   | 29.64  | 0.86 | 21.02    | 18.55   | 4.9                     | 1.85      | 160          |
| 强风化砂岩⑩ <sub>1-2</sub> 层 | 2.0   | 碎块状 | 24.1                   | /      | /    | 45       | 25      | /                       | /         | 400          |
| 中风化砂岩⑩ <sub>1-3</sub> 层 | 1.7   | /   | 26.5                   | /      | /    | 100      | 50      | /                       | /         | 1 500        |
| 中风化花岗岩③ <sub>6</sub> 层  | 6.6   | 碎块状 | 26.9                   | /      | /    | 100      | 50      | /                       | /         | 1 500        |

## 2 桥头过渡段路基沉降控制

该高速公路路基宽度 34.5 m, 路面结构层厚度 0.89 m。《公路路基设计规范(JTG D30-2015)》<sup>[3]</sup>规定的桥台与路堤相邻处的容许工后沉降量为小于等于 0.10 m<sup>[4]</sup>。

### 2.1 处治方案

方案一: 采用浆喷法施工的水泥土搅拌桩复合地基, 桩径 0.5 m, 桩长 20 m, 桩间距 1.3 m, 按等边

三角形布置。

方案二: 采用钻孔灌注法施工的素混凝土桩复合地基, 桩径 0.5 m, 桩长 20 m, 桩间距 1.8 m, 桩帽宽度 1.1 m, 按正方形布置。

处治方案的桩长、桩间距、布置方式设置均为验算后确定的最优值。

### 2.2 沉降计算

根据《公路软土地基路堤设计与施工技术细则》<sup>[5]</sup>规范公路软土地基沉降计算宜按如下方法进

行。

### ① 工后沉降计算:

$$S_p = S_o - S_{cp}$$

式中,  $S_o$  为路面设计使用年限内地基发生的总沉降;  $S_{cp}$  为路面路基施工(预压)期沉降。又根据规范高速公路路面设计使用年限为 15 a<sup>[6]</sup>, 因此本文中工后沉降的计算时间为 15 a, 即 180 个月。

### ② 最终沉降计算:

系数经验法:  $S_{\infty} = m_s S_c$

式中,  $S_c$  为主固结沉降;  $m_s$  为沉降系数, 规范推荐  $m_s$  宜根据现场沉降观测资料确定, 或采用如下经验公式估算, 推荐经验公式如下:

$$m_s = 0.123\gamma^{0.7}(\theta H^{0.2} + VH) + Y$$

式中,  $H$  为路堤中心高度;  $\gamma$  为路堤填料重度;  $\theta$  为地质处理类型系数;  $V$  为加载速率修正系数;  $Y$  为地质因素修正系数。

公式法:  $S_{\infty} = S_d + S_c + S_s$

式中,  $S_d$  为瞬时沉降;  $S_c$  为主固结沉降;  $S_s$  为次固结沉降。

### ③ 主固结沉降计算:

主固结沉降计算可以采用  $e-p$  曲线和压缩模量  $E_s$  计算, 采用压缩模量  $E_s$  计算时主固结沉降  $S_c$  计算公式如下:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta P_i}{E_{si}} \Delta h_i$$

式中,  $E_{si}$  为地基中各分层的压缩模量;  $\Delta P_i$  为地基中各分层中点的附加应力。

本文主固结沉降  $S_c$  计算采用压缩模量法, 最终沉降  $S_{\infty}$  计算采用规范推荐的系数经验法。沉降计算深度至附加应力与自重应力之比不大于 0.15 处。

沉降计算时考虑地基填土沉降引起的增高。计算采用 Excel 结合修正岩土的方法进行。整理计算结果并绘图如图 3、图 4 所示。

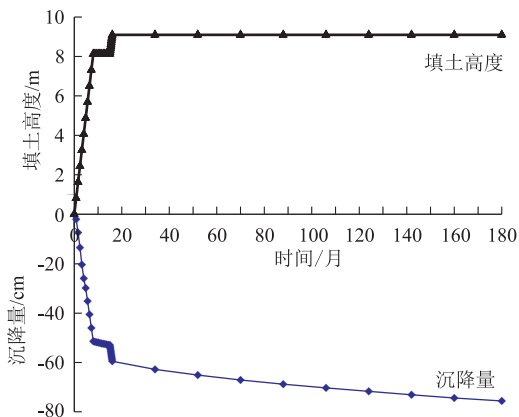


图 3(a) 水泥土搅拌桩地基填土-时间-沉降图

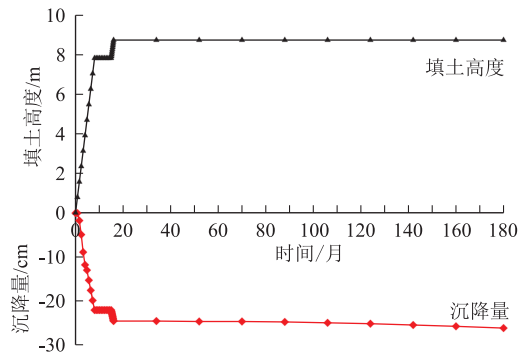


图 3(b) 素混凝土桩地基填土-时间-沉降图

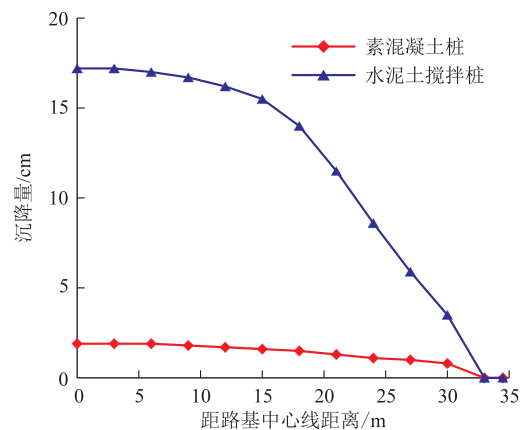


图 4(a) 路基典型横断面各点工后沉降图

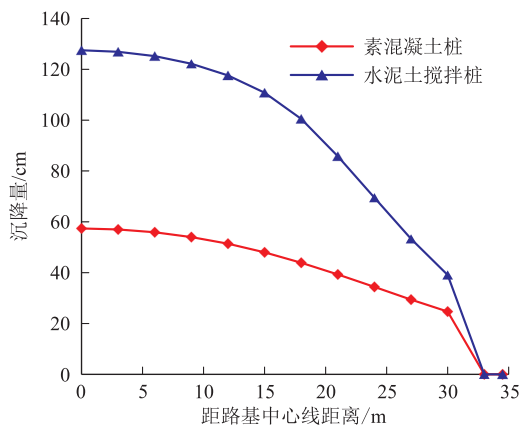


图 4(b) 路基典型横断面各点最终沉降图

如图 3 所示, 水泥土搅拌桩和素混凝土桩加固地基的沉降速度均表现出先快后慢的特点。路基路面施工阶段随着填土高度的增加复合地基快速适应荷载变化发生沉降。之后随着上部荷载的稳定, 地基的沉降速度明显降低仅随时间发生缓慢沉降并逐渐趋于稳定。相较于水泥土搅拌桩复合地基, 采用素混凝土桩加固的地基沉降速度和沉降量均更小。

如图 4 所示, 采用素混凝土桩加固的地基, 路基横断面各点的工后沉降量均远小于(下转第 66 页)