

公路桥梁过渡段软路基施工技术分析

王俊

长江勘测规划设计研究有限责任公司

摘要:近年来,政府部门愈发重视道路工程建设领域,给道路基础工程建设带来巨大的发展空间,让我国道路基础工程建设取得不错成绩,但由于部分地基土质存在的问题,导致路桥过渡段桥头经常出现跳车现象。桥头跳车不仅会给行车舒适性带来严重影响,还会缩短公路使用寿命,降低公路通行安全性。因此,建筑企业要加强软土地基段路基施工技术的重视程度,结合现场实际情况制定科学的路基施工技术方案,从而有效提升公路桥梁的整体质量,给人们日常出现安全打下坚实基础。基于此,本文将兰永一级公路软弱路基段施工项目为主要研究对象,从不同方面来分析桥头跳车的真正原因,再通过合理利用CFG桩复合地基处理方式加固软土地基以提升路基质量,具体阐述技术应用要求和计算方式,确保软弱路基段施工质量能符合行业要求。

关键词:软土路基; CFG桩复合路基; 施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.037

一、前言

CFG桩复合地基技术最早被我国建筑科学研究院研究出来,属于一种新型天然地基加固方式,CFG桩复合地基技术凭借自身造价低、应用范围广、可提升地基承载力等优势,受到建筑行业很多方面的应用,在1994被作为建筑部的全国重点发展项目,在后续几年时间内,被作为国家级工法,并制定中国建筑科学研究企业标准,为让CFG桩复合地基技术能顺利实施,我国政府投入大量资金,将其纳入全国重点项目中,给路基工程建设实现可持续发展打下坚实基础^[1]。

二、软土地基及桥头跳车概述

(一) 软土地基概述

在正常情况下,建筑企业在进行路桥施工过程中要进行专业的软土地基处理,如冲填土、软黏土等。这种土体特征基本出现在天然地基上,但在实际施工过程中无法满足路桥工程对变形幅度、地基承载能力等方面的要求,需要结合实际情况对其进行加固处理。一旦施工现场土质过于松软和坚硬都无法满足建筑日常需求,且根本不能确保支撑力能满足日常建设要求,同时,并不是所有软土层都需要进行加固处理,要根据施工要求来进行区分,通常需要处理的软土层有两种:第一,相对软弱土,这种类型的土体中有大量淤泥质土和淤泥,土质内含有大量水和有机质,天然孔隙比超过1.0,整体渗透性能较差,根本无法满足路桥工程建设标准,由

于其具有大量的空气和水分,一旦在土质上施加较大压力,很容易造成地面下陷的问题,从而给地面建筑安全性带来严重威胁,甚至会导致建筑企业出现大量的财产损失和人员损失;第二,动力失稳土,这种类型土质是由于受到车辆荷载、振动等外在因素影响下,从而产生沉陷、液化等不良现象。如果需要在这种土质上面建设大量建筑物,很容易产生坍塌安全事故。但由于多样化因素,在个别区域内必须要进行路桥工程建设,所以为确保路桥工程建设顺利进行,要利用加固技术来提高该区域的土质强度,消除不稳定因素,降低土质问题给路桥工程建设带来的安全隐患。

(二) 桥头跳车现象概述

桥头跳车现象是目前公路日常运行工作最常见的问题,很容易给地基质量带来严重影响,由于受到地基土质影响,在公路桥梁正式竣工后,刚性桥台和柔性道路间出现沉降问题,当沉降幅度超过标准界限后,桥路间的连接板会呈现纵向斜坡,从而出现跳车问题。再加上建筑材料、路面刚度等外在因素影响,导致跳车现象集中出现在桥台连接位置,在桥梁自重、车辆荷载因素影响下,导致桥梁和道路两个环节都出现不同程度的沉降现象,且由于两者间的沉降存在明显差异性,导致其出现错台问题,从而产生跳车现象。一旦出现跳车现象,不仅会给车辆行驶舒适性带来严重影响,还会降低公路通过能力,从而限制道路工程应用价值。目前,因填土上修路堤所造成的沉降问题基本无法解决,只能通过加固地基的方式来缓解沉降现象。

三、工程概述

永兰一级公路工程坐落在黄河沿岸,但由于当地土质特征和其他地方有一定差异。本文是将K28+512路段地基为主要研究对象,通过举例的方式来分析CFG桩复合地基技术的应用方法。本路段工程是沿着黄河实施建设工作,地层岩性属于冲洪积淤泥,整体厚度在8m左右,淤泥层下部分是细砂层,砂层厚度为10m,一旦遇到自然灾害很容易出现液化反应。同时,在施工区域内具有大量沼泽、鱼塘等,表层软土存在严重的盐渍化现象,经过调查发现,该路段属于软土地基,整体施工条件较差,考虑到本路段地质条件无法满足施工要求,遂利用CFG桩复合地基处理方式加固软土地基^[3]。

四、路桥过渡段软路基不均匀沉降原因分析

(一) 桥头引道

关于桥头引道软土地基处理不规范问题,经过专业人员进行实地调查发现,很多软基路段出现地基下沉是

由于施工图设计时地质钻探布孔量不足，深度不够，未在第一时间发现软基问题，甚至没有准确探测到软基所在深度和范围等，导致桥头软土地基处理出现严重的遗漏现象，或者出现处理不规范现象。

(二) 地基土质

软土特征主要包括灵敏度高、含水量高、压缩性好等特征，这些因素都会给土地承载能力带来不同程度的影响，当土地的承受能力受到载荷方面的影响，很容易给土地结构带来严重变化，降低土地承载强度。同时，在修建公路施工过程中，由于受到地理因素限制，导致很多常用施工方式都无法顺利实施，为确保公路桥梁长度能满足要求，工作人员会经常在公路桥梁过度阶段填筑较高路基，无形中增加底部承载力，当车辆行驶在桥上时，上方传来较强的重力作用，很容易产生不均匀沉降，从而导致桥路质量出现问题。

(三) 刚度差异

在正常情况下，工作人员会将桥梁桥台和公路地基连接环节统称公路桥梁过渡阶段，统称两者间的刚性存在一定差异性，为确保两者承重性能相同，工作人员会在建设桥梁过程中利用坚固支撑物放在桥梁下放，来提高桥梁基础的坚固程度。通过利用该种方式，能有效缓解桥台所在地基下沉概率，甚至能解决下沉问题。但由于道路路基土质比较松散，桥梁刚度相比，其远低于桥梁。导致两者承载能力出现差异，从而其变形也不同，很容易引起公路桥梁过渡段之间形成的差距，造成沉降差^[4]。

五、CFG桩复合地基技术应用方法

(一) 施工方案设计

CFG桩复合地基处理技术在日常施工过程中，施工单位要提前调查施工现场的实际情况，再利用沉管法来安装CFG桩，CFG桩作为一种高粘结性的刚性桩，其桩体本身强度一般在C15-C30之间。通过桩等、砂石褥垫层等作用，形成复合地基，用置换作用来作为加固理论。在实施复合地基方案设计过程当中，要提前预测地基沉降、验算承载力、桩身强度等方面的数据。在设定CFG桩时，可利用满堂铺设的方式，将桩之间的距离确定为1.35m，入土深度在28.0m，直径可在40cm。单桩承载力、桩端端阻力、桩间土承载力分别为0.85、1.0、0.9。在CFG桩进入到12层粉质黏土深度要超过0.5m。在调整桩身强度过程中，施工单位要进行填筑褥垫层工序，在施工阶段上部分安装单层双向栅格，从而确保其能进行台背回填作业。通过安装CFG桩不仅能将工程刚度差异向刚柔性进行转变，还能让其从错层台阶型跳跃沉降形式向线性进行过度，从而降低软土地基沉降进程，有效提升地基稳定性。单桩竖向承载力特征值可通过公式1获得。

$$R_a = u_p \sum q_{si} l_{si} + \alpha_p q_p A_p = 742KN \quad (1)$$

公式中： A_p 和 u_p 分别是桩的横截面积和周长，单位表示是平方米和米； α_p 是桩端阻力发挥系数； Q_p 表示桩端阻力特征值；面积置换率 m 可通过公式2解出。

$$m = \frac{d^2}{d_e^2} = 7.39\% \quad (2)$$

公式中： d_e 和 d 分别代表单根桩和桩径的处理地基面积直径，其单位为m。

(二) CFG桩复合地基处理技术应用要点

1. 施工建材要求

CFG桩复合地基处理技术在日常应用过程中对材料质量提出明确标准，桩体制作材料主要包括水泥、碎石、粉煤灰等材料，将这些材料按照标准比例进行搅拌；集料材料在选择时要严格遵循行业标准：粗集料利用碎石作为主要原材料，针对不同制作方式，需要采用对应的原料粒径；在利用泵送混合料方式时要将原料粒径控制在19mm；而采用振动沉管法要将原料粒径控制在63mm。为加强原料质量，可将石屑用来填充粗集料间的间隙，而水泥材料则是利用42.5级普通硅酸盐水泥。同时，在制作土木格栅和碎石褥垫层时，也要严格遵循行业标准实施，在设置褥垫层要注重控制CFG桩间的距离，尽量将其控制在500mm，在正式施工时要利用静力压实法进行施工，将整体务实度降低到0.9以内；而在设置土木格栅过程中，要将其最高抗拉强度提高到50kn/m^[5]。

2. 成桩实验要求

在检测CFG桩成桩质量时，要选择几段极具代表性的路段，再通过桩体不同长度来检验质量。但值得注意的是，工作人员检测工作应针对成型28d的桩体，检测内容主要包括桩体低应变动力试验、桩体抗压强度等，从而检测CFG成桩完整性。同时，施工单位要针对不同桩长类型单桩进行复合地基荷载试验，来确保桩体承载能力能满足工程设计要求，并将该数据为基础来调整设计参数。

3. CFG桩复合地基施工工艺

和其他类型的桩基相比，CFG桩是利用工业废料粉煤灰暂时替代混凝土，来提升混合料技术性能。由于CFG桩水泥和混合料可相互融合，所以粉煤灰可应用与混凝土内，作为减水剂、密实剂、抑胀剂等符合功能材料。在进行CFG桩配合比设计过程当中，可按照不同工程类型选择不同等级粉煤灰，作为常用的粉煤灰技术指标（如表1所示）。按照本工程特点可利用II型和I型粉煤灰。本项目CFG桩配合比材料细化下：将CFG桩混凝土塌落度为200以内mm，水泥选用p*042.5普通硅盐水泥，细集料选用27.0以内mm连续级配碎石，粉煤灰为某火电厂提供的II级粉煤灰，水为饮用水^[6]。

表1 不同等级的粉煤灰技术指标表

粉煤灰等级	SO ₃ 含量	需水量比	烧失量	细度45 μm方孔筛筛余
I	≥3	≥95.0	≥5.0	≥12.0
II		≥105.0	≥8.0	≥20.0
III		≥115.0	≥115.0	≥45.0

(三) 过渡段长度计算方式

根据国家桥梁工程建设标准，施工单位要结合现场实际情况，在桥台位置建立一定长度的过渡段，而具体过渡段长度要超过公式(3)所计算的结果。

$$L_t = \Delta s l_{i sa} \quad (3)$$

公式中：Li表示工程过度段最低长度；ΔS表示在工程竣工后，沉降最高差异性；ias表示施工竣工后所允许的差异沉降率，具体标准如表2所示。

表1 工程竣工后允许差异沉降率标准

设计行车速度	110	80	60
Isa/%	5	6	8

将本工程所有数据全部用公式(3)计算出来，由于本工程规定车速在60km/h，从而计算出ias数据值为8%，竣工后沉降差异值为0.1m，能准确计算Li数值为12.5m，再结合现场施工情况，将过渡段距离设置为46m。

(四) 单桩竖向承载力特征计算

在计算CFG桩单桩承载力计算时，要严格遵循行业标准来进行，将单桩极限承载力除以安全系数，从而准确计算出CFG单桩竖向承载特征值。同时，在整个计算过程中根据《建筑地基处理技术规范》中的计算公式来计算。

$$R_a = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + q_p A_p \quad (4)$$

公式(4)中：Ra表示单桩竖向承载力特征值；u_p表示桩的基本长度；n表示在桩长范围内所覆盖的土层数；li表示桩所涉及的第i层土层厚度；q_{si}表示桩第i层土岩层助力值；q_p表示桩端端助力值；A_p表示桩单桩截面积。将本工程中所有数据全部应用到公式中，能得到截面积和单桩周长是0.1256m²和1.256m；qs2和qs1的数值为50kpa、50kpa；qp数值为350kpa。通过结合上述数值，能准确计算出A、B、C三个地区单桩竖向承载力特征是498.63KN、435.83KN、370.50KN。而公式(5)一公式(7)是三个区域桩体抗压强度的平均值计算公式和计算结果。

$$f_{cu} \geq 3 \frac{Ra}{A_p} = 3 \times \frac{498.63}{0.1256} = 11910kpa \quad (5)$$

$$f_{cu} \geq 3 \frac{Ra}{A_p} = 3 \times \frac{435.83}{0.1256} = 10409kpa \quad (6)$$

$$f_{cu} \geq 3 \frac{Ra}{A_p} = 3 \times \frac{370.52}{0.1256} = 8850kpa \quad (7)$$

通过计算公式(5)一公式(7)可知，三个区域内的单桩试块立方体抗压强度平均值都能满足日常要求。因此，在日常施工过程中，工作人员可利用C15水泥粉煤灰碎石桩来加固路段中的软土地基。

六、总结

综上所述，随着社会经济不断发展，软土地基沉降作为影响路桥工程质量的重要因素，很容易造成桥梁出现桥头跳车现象，从而给行车安全性和舒适性带来严重影响，甚至会破坏路桥工程整体质量。因此，建筑企业要加强了对地基的重视程度，结合现场实际情况来选择合理的地基加固措施，确保地基质量能满足路桥施工要求。基于此，本文将兰永一级公路软弱路基段施工项目为主要研究对象，从不同方面来分析桥头跳车的真正原因，再通过合理利用CFG桩复合地基处理方式来加固软土地基，具体阐述技术应用要求和计算方式，确保软弱地基段路基施工质量能符合行业要求。

参考文献

- [1]姚洪锡, 杨晨, 黄俊杰, 等. 公路下穿铁路新建泡沫轻质土过渡段框架涵动力特性分析[J]. 铁道建筑, 2021, 61(8): 43-47.
 - [2]赵腾远, 宋超, 何欢. 小样本条件下江苏软土路基回弹模量的贝叶斯估计——基于静力触探数据与高斯过程回归的建模分析[J]. 岩土工程学报, 2021, 43(z2): 137-141.
 - [3]左娜, 黄昊. 公路软土路基加固及沉降研究——以某高速公路K45+678断面软土地基为例[J]. 工程技术研究, 2021, 6(15): 84-85.
 - [4]李雪飞, 张冲冲. 基于Abaqus有限元模拟的反h抗滑桩对陡坡路基沉降的影响研究[J]. 河北建筑工程学院学报, 2021, 39(2): 38-41.
 - [5]陆正和. 特殊路基设计中综合处理软土方法的应用——以湖南省醴陵市岭前路设计为例[J]. 智能城市, 2020, 6(2): 178-179.
 - [6]赵国堂, 赵如锋, 刘俊飞. 高速铁路路基工后沉降变形源、变形传递与轨道不平顺控制方法[J]. 铁道学报, 2020, 42(12): 127-134.
- 作者简介: 王俊(1986-11), 男, 湖北武汉, 汉族, 大学本科, 助工, 研究方向: 桥梁设计。