

基于实际案例探究最佳桥头软基处理方案

董平洋, 郝东旭

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074)

摘要: 随着城乡建设的不断发展,传统桥头软基处理方案的劣势在滨海区域逐渐凸显,而桥头软基处理效果的优劣直接决定着道路竣工后桥头处是否会产生“桥头跳车”现象。基于此,结合工程实例对各种桥头软基处理方案进行实践探究,通过对比得到最佳处理方案。

关键词: 桥头;沉降;软基处理

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0040-04

0 引言

多年来,我国对于滨海地区软土(淤泥质土、淤泥)等不良地质土的处理积累了一定的经验,也有了相当数量的工程实践。但是对于桥梁台后不均匀沉降差、台后填土的加固处理缺乏经验,尚处于探索阶段。目前,滨海软土地区由于地基不均匀沉降所导致的桥头跳车、台后填土滑坡现象愈演愈烈(如图1所示),而该病害的补救措施往往需要较大的人力、物力及财力。桥梁台前、台后软基处理已成为软土地区市政基础设施建设的一项不可绕避的技术难题。寻求合理的桥头软基处理方案,最大限度地减少路堤与桥梁的沉降差,尽可能规避“桥头跳车”现象是工程设计的最终目的。



图1 桥头不均匀沉降导致的危害

收稿日期: 2021-10-29

作者简介: 董平洋(1979—),男,学士,高级工程师,主要从事道路设计工作。

1 传统桥头软基处理方法总结及案例探讨

“桥头跳车”是滨海地区常见的现象,为了避免桥头跳车,需对桥头路段进行软基处理加固^[1]。结合国内设计施工经验,常用的桥头路段软基处理方式有:预应力管桩、堆载预压+塑料排水板、高压旋喷桩等。这些常见的桥头软基处理方式都会有不同程度的缺点^[2],下面所述为近些年采用的桥头软基处理方案的实际案例以及实施之后发生的各种问题。

1.1 预应力管桩

预应力管桩通过刚性桩穿越软土层,将上部荷载直接传递到深层较好的持力层,从而达到减少路基下压缩性大的土层承担的附加应力,使地基沉降减少,地基承载力得到相应提高。

该处理方式施工技术要求不高,技术保障性高,处理效果好。该方法技术成熟、承载力高、进度快。

然而,其缺点在于桩基现场实施对周边影响较大,一般不宜在城镇中使用;桩基成本费用较高,工程造价较高。另外,管桩的挤土效应产生较大的侧向土压力致使桥梁承台向河道内侧偏移,造成桥梁背墙破损。

下面对“预应力管桩”问题案例进行探讨。

(1) 案例基本情况

某工程位于浙东沿海地区,属海积平原区。根据项目地勘报告,按地基土的土性特征、埋藏分布条件及其物理力学性质,需要进行软基处理的土层自上而下分别为:素填土、淤泥质黏土、淤泥等,软土层较深厚。

(2) 采用“预应力管桩”桥头处理方案

桥梁台后软基处理采用预应力混凝土管桩,桩长 25 m,桩间距 2.5 m;桩顶盖板与地坪齐平,桩顶盖板达到强度后铺 50 cm 碎石褥垫层,中间铺土工格栅,从桩顶至路面结构底均匀填筑宕渣。

(3)问题的发现与提出

由于各方面原因,施工方在组织实施现场施工时先进行了桥梁(钻孔灌注桩、桥梁墩台及梁板)的施工,然后实施预应力管桩。现场管桩的施工顺序为平行桥梁背墙,施工时的现场情况如图 2 所示。



(a)现场情况一 (b)现场情况二

图 2 管桩施工现场情况

管桩施工采用静压工艺,由于施工区域为沿海淤泥冲积区,上层宕渣回填区已清除掉,管桩施工非常顺利,打设速度较快。第一排管桩打设完毕,在打设第二排管桩时,发现桥梁背墙与台帽交界处产生裂缝,随即停止管桩打设,但裂缝仍有增大趋势,如图 3 所示。



(a)裂缝一 (b)裂缝二 (c)裂缝三 (d)裂缝四

图 3 现场桥台裂缝情况

(4)问题原因分析

a. 台后软基处理与桥梁桩基施工顺序错误:台后软基处理桩基施工应先于桥梁灌注桩的施工,避免软基处理桩基施工所产生的挤土压力对桥梁灌注桩产生影响。

b. 管桩施工顺序错误:管桩平行桥梁背墙施工

且施工速度较快,造成挤土应力比较集中,导致桥梁背墙破损。

c. 桥梁伸缩缝施工不当:桥梁伸缩缝施工时遗留较多渣石,导致伸缩缝的作用大大减小。

1.2 堆载预压 + 塑料排水板

堆载预压与塑料排水板进行组合,是对原地面进行施加上部荷载预压,同时利用塑料排水板让土中的水顺利排出,从而达到减小土粒间孔隙,减少地基工后沉降、提高地基承载力的目的。

该处理方式施工工艺简单、造价低。

其缺点为在设计、施工环节合理,堆载预压时间段较充足的情况下,可以得到相对满意的效果,但如果用于桥头处理,则工期长、反复开挖回填,从而造成资源浪费。

下面对“堆载预压 + 塑料排水板”问题案例进行探讨。

(1)案例基本情况

某片区半岛南路为新建工程,位于浙江东南沿海滨海区域,于 2012 年 7 月完成施工图设计。道路呈东西走向,道路全长 1 570.999 m。半岛南路所在位置原为虾蟹养殖塘,现状部分路段被建筑弃土回填,道路现状地势较平坦,属海积平原(滩涂)地貌。

拟建场地属滨海淤积平原地貌,沿线地形较平坦,实测地面标高一般为 4.4 m,地质条件从上至下分别为素填土、黏土、淤泥质粉质黏土、含粉砂淤泥、淤泥等。

(2)采用“堆载预压 + 塑料排水板”桥头处理方案

本项目桥梁台后软基处理采用“堆载预压 + 塑料排水板”方案,塑料排水板长 15 m,板间距 1.2 m,成正三角形布置,桩间距 2.5 m,场平后分别填筑 0.4 m 级配碎石和 1.7 m 的宕渣堆载高度。

(3)问题的发现与提出

本项目在满足连续两个月观测的沉降量每月不超过 5 mm 时进行卸载,随后开展管线和路面施工,并于 2014 年竣工通车,距目前已通车 7 年。从施工过程和后续实际效果来看,采用“堆载预压 + 塑料排水板”工艺主要存在以下缺陷:

a. 工期长

设计预压期为 6 个月,实际满足卸载标准的工期达 10~12 个月;卸载后反开挖施工桥梁桩基及墩台,导致整个工期滞后^[3]。

b. 反复开挖回填,资源浪费

桥梁桩基及墩台需卸载后反开挖施工,然后再

回填台背填料,反复开挖回填造成资源浪费。

c. 受排水板板长及排水通道的限制,下卧层沉降无法解决

理论计算工后沉降满足设计要求,但实际工后沉降远大于规范要求,“桥头跳车”十分明显,给出行带来了较大的安全隐患,目前桥头现状如图4所示。



图4 半岛南路桥头竣工通车后现状(“桥头跳车”现象明显)

1.3 高压旋喷桩

高压旋喷桩是使用带有喷嘴的钻机,用高压设备将浆液从喷嘴中喷射出来,而喷射周边的土体遭到破坏,钻杆逐渐提升,将浆液与土颗粒强制搅拌混合,经过凝结固化后,在土中形成一个固结体^[4]。

该处理方式的优点是高压旋喷桩的施工机械拥有相对较小的体积和重量,实施完成的桩有较高剂量的水泥,因此强度相对较高。

其缺点是高压的浆液在冲击土体时产生挤土效应,相邻近的桥台容易产生裂缝错位。

下面对“高压旋喷桩”问题案例进行探讨。

(1) 案例基本情况

某道路位于某滨海区域,区域内主要是围海造地的吹填地基,以淤泥土为主,淤泥深度20~30 m,属于典型的软土地基,具有高含水量、高灵敏度、高压缩性,较低抗剪强度、较易变形的特点。

(2) 采用“高压旋喷桩”桥头处理方案

本项目高压旋喷桩打设范围为桥台与相邻桥墩之间,旋喷桩桩径0.6 m,桩距1.2 m,梅花型布置,共4排,旋喷压力20 MPa,单管法施工。桥梁钻孔灌注桩桩径1 m,桩长66 m,桥台处2排,桥墩处1排,桩间距4.4 m。

由于各方面原因,施工方在组织实施现场施工时先进行桥梁钻孔灌注桩及桥梁墩台的施工,然后实施高压旋喷桩及河道驳坎,最后实施桥梁上部盖板。施工时的现场情况如图5所示。

(3) 问题的发现与提出

现场高压旋喷桩的施工顺序为垂直于桥梁墩台



(a) 情况一

(b) 情况二

图5 高压旋喷桩施工现场情况

轴线,竖向呈“之”字型从右向左依次施打。现场在1#墩上部盖梁设置了8个位移监测点,如图6所示,监测频率为每日两次。

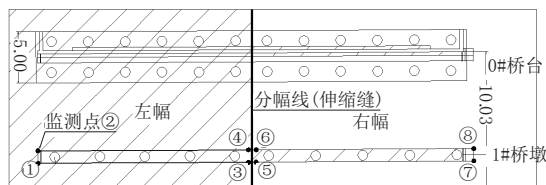


图6 监测点布置图(单位:m)

旋喷桩在桥梁右幅范围内自右向左施工完成约3/4时,监测发现1#桥墩右幅与左幅分缝处出现明显错位,右幅盖梁发生最大21 mm侧向位移,监测点位移变化曲线如图7所示。

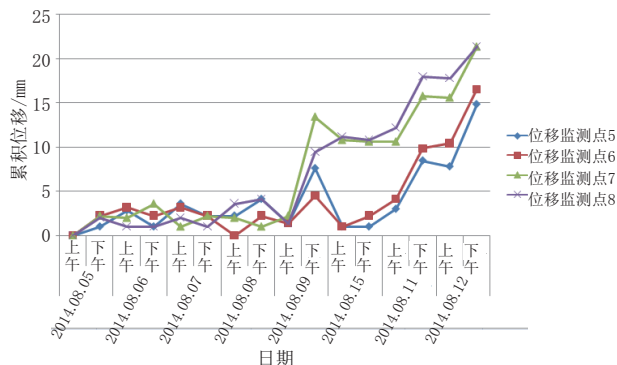


图7 监测点位移变化曲线(单位:mm)

从以上工程中旋喷桩施工时对桥梁墩台的位移监测结果看出,软土地基上旋喷桩的施工对周围已建建筑物会产生影响,具有明显的挤土效应。

(4) 问题分析

高压旋喷桩的施工,桩周土体的径向应力和孔隙水压力显著增大,使高压旋喷桩产生了挤土效应,造成桥梁错位。

2 本次推荐桥头软基处理方案——“水泥搅拌桩+轻质填料”组合运用

结合上述目前常用的软基处理方式工程实例来看,“堆载预压+塑料排水板”应用于桥头时存在工期长、反复开挖回填、下卧层沉降等无法解决的问题;而“预应力管桩”、“高压旋喷桩”即使在条件适合

的情况下应用时也需要注意挤土效应,避免桥台处产生裂缝。

本文根据近年来所做的项目案例、各种常用方法的实际应用情况以及后续效果,结合国内外相关理论研究,分析其实际应用中的适用性、安全性及经济性,剖析其优缺点,提出组合式桥头软基处理工艺——“水泥搅拌桩+轻质填料”的方案并进行实际应用。

2.1 项目概况

本次设计的三江大道位于温州三江商务区的核心区域,整体呈南北走向,道路两侧地块主要以商业、商务及居住用地为主,道路总长 1 697.373 m,红线宽度 32 m,三江大道工程位置如图 8 所示。从道路功能来看,本项目的建设对构建及完善三江商务区范围内的道路系统,促进沿线地块开发,便捷周边区块的交通出行,增强区域南北向交通联系都有着重要的意义。本项目在跨越三江中心河处设置 3 跨 10 m 空心板桥,桥头软基处理经综合比选后应用“水泥搅拌桩+轻质填料”的处理方案。



图 8 三江大道工程位置示意图

三江区块地势较低平、开阔,场地原多为农田,部分为居民用地、沿江滩涂,现状标高在 2.0~4.3 m 左右。根据地勘资料显示,区块范围内揭露的地基土自上而下有黏土、淤泥夹细砂、淤泥质黏土等,软土较为深厚。

2.2 “水泥搅拌桩+轻质填料”组合运用方案

桥梁两侧 30 m 范围内路基采用双向水泥搅拌桩进行处理。水泥搅拌桩成梅花形分布,桩径 0.6 m。靠近桥台 10 m 范围内采用桩长 12 m,间距 1.2 m;后 20 m 范围内采用桩长 10 m,间距 1.5 m,桩顶标高为原地坪下 50 cm。

桩顶设置 40 cm 碎石褥垫层,中间夹铺钢塑格栅一层(双向抗拉强度不小于 80 kN/m,纵横向延伸率不大于 3%,网眼尺寸 20±1 mm)。

碎石垫层上换填 2.0 m 泡沫混凝土,之上再填矿渣,均匀分层夯实,回填至路面结构层下。具体做法如图 9、图 10 所示。

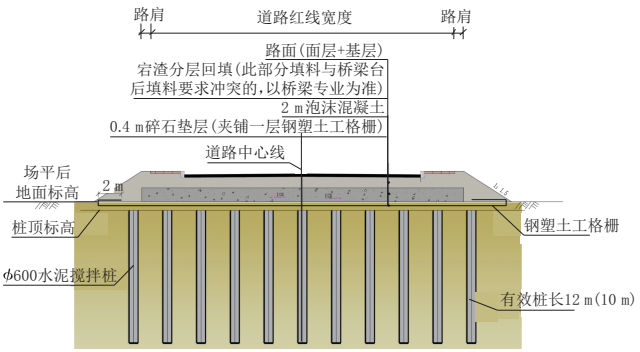


图 9 桥梁台后软基处理横断面图

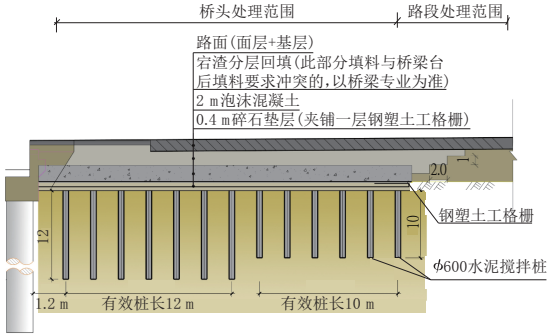


图 10 桥梁台后软基处理桩位平面图

2.3 后续效果

本项目于 2016 年接到设计任务,2017 年展开全面设计并于 2018 年通车。在应用“水泥搅拌桩+轻质填料”后,通车至今,桥台与道路之间的沉降差相对较小,“桥头跳车”并不明显,且运行多年未发生桥台裂缝错台等不良影响,因此本方案的实际应用完全合理可行。

3 结 语

水泥搅拌桩是在机械深层搅拌的作用下,通常利用的固化材料为常规的水泥浆液,使水泥浆液与软土相拌和,如此一来,原有土体性质得到了加强,整体地基土的强度稳定性均得以较大程度地提升,实现了软土地基的有效治理。同时,这种方法工艺较成熟、制备成本相对低廉且拥有较短工期。

泡沫混凝土是近几年逐渐投入使用的新型混凝土,当适用于桥头时,它的基本原理是对比常规回填土利用轻质填料,较轻的自身重量减少自重荷载,从而达到减小工后沉降的目的。

采用“水泥搅拌桩+轻质填料”的组合形式进行桥头软基处理,可以综合利用两种方式的优点,提高地基稳定性,增加地基承载力,减轻桥头高填方路段的回填料自重,减小地基所受荷载,不产生挤土效应,极大地减小工后路基沉降量。因此,从理论和实践综合来看,“水泥搅拌桩+轻质填料”方案效果很好,可以作为桥头软基处理的成熟组合方案进行重点考虑。

(下转第 70 页)

大量钢材,减少非再生资源的消耗,减少资源开采带来的环境破坏。“十四五”发展规划中明确对我国钢铁产品结构进一步优化,碳达峰、碳中和任务更加紧迫。大力推广应用高强度钢材必将成为桥梁用钢的大趋势。本桥上部管翼缘组合梁由混凝土板、钢管混凝土上翼缘、钢腹板、加劲肋及钢下翼缘板组成,其钢结构部分均采用高强钢材组合梁,下翼板采用Q500qENH钢材,其它全部采用Q345qENH钢材。管翼缘组合梁受力时跨中截面拉应力自上而下逐渐增大,压应变逐渐减小。组合梁截面中性轴靠近梁上部,受荷载作用下翼缘受拉区应力增长速度大于上翼缘受压区增长速度。针对以上问题,我们在梁体下缘采用了抗拉强度高的Q500qENH钢材,同时根据连续梁腹板及顶底缘受力特点,在主梁跨径1/8前后设置下翼缘板、腹板厚度变化段,对桥梁截面进一步优化。优化后上部结构不但减少了下翼缘板用钢量,而且提高了组合梁整体承载能力,为本工程取得良好的经济效益。

4.3 免涂装材料的应用

耐候钢是介于普通钢和不锈钢之间的低合金钢。经过一段时间的大气锈蚀在钢材表面会形成致密的非晶态锈层组织层,该致密组织与钢结构母材牢固结合,阻止氧气和水的进一步腐蚀。在使用时,可以裸用或进行稳定化处理。本次设计桥梁使用的耐候钢管翼缘组合梁结构均采用不积水、通风效果

好的开口截面构件,有利于稳定锈层的形成。

项目采用免涂装耐候钢后可取得较好的经济效益和环保效益。采用传统钢材全桥钢结构涂装费用 $1\,124\text{ t} \times 1\,200\text{ 元/t} = 135\text{ 万元}$,全寿命期至少需要5次涂装维护工作,费用合计为675万元,采用免涂装耐候钢在本桥全寿命周期中节约费用可达到建安费的30%左右。工程采用耐候钢自维护方式对环境相对友好,避免了桥梁设计使用周期内反复涂装产生的环境污染。

5 结 语

装配式桥梁、绿色桥梁已成为现代桥梁的发展趋势,文中G109上跨高速桥针对高速路路基宽、上跨高速施工窗口期短的情况,采用了装配式连续管翼缘组合梁结构。其吊装简便、施工窗口短,顺利解决了工程难点。采用管翼缘结构在同类结构中跨径领先,用钢量较同跨径桥梁少,其采用的免涂装耐候钢符合绿色发展理念,有效提升了桥梁的建设品质。

参考文献:

- [1] 魏朋,马国纲.国道109线(忠和傅家窑立交—八里湾)改扩建工程设计研究[C]//2016城市道桥与防洪第十届全国技术论坛论文集,2016.
- [2] 赵波.小半径“V”形深沟桥跨结构方案研究[J].工程技术研究,2021,6(3):219-221.
- [3] 曾在平,王秀丽,李世荣,等.钢管混凝土翼缘组合梁振动特性[J].土木工程与管理学报,2020,37(2):59-63.

(上接第43页)

参考文献:

- [1] 雍金兵,吴跃东,张彦朋,等.某高速公路桥头路段不同软基处理加固效果分析[J].岩土工程学报,2010,32(S2):430-434.
- [2] 徐平原.塑料套管桩在高速公路软基处理中的应用[J].城市道桥与

防洪,2008(10):129-131,21.

- [3] 刘毅学,伍学明.软土地基高速公路项目设计中应注意的几个问题[J].交通科技,2009(1):50-52.
- [4] 陈天愿.高压旋喷桩处理边坡稳定性的有限元分析[D].广西南宁:广西大学,2012.