

超高填方桥台设计方案及关键技术问题

梁庆学,王 辉,熊 诚,郭洪阳

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司,湖北 武汉 430010)

摘 要:以某建成运营通车的城市桥梁为案例,阐述了城市桥梁超高填方桥台结构、锥坡防护、台后回填处理等设计方案和技术要点,并结合施工及运营期监测情况,总结分析了超高填方桥台设计及施工的关键技术问题。实践证明:在地形地势及地质等外部条件可行的情况下,通过合理设置桥台结构、加强锥坡设计、严控施工质量,超高填方桥台的强度、稳定性和沉降量均可控制在合理范围,能够节省建设用地和工程投资。这为类似工程提供参考经验。

关键词:城市桥梁;超高填方;肋板桥台;锥坡;回填

中图分类号: U443.21

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)11-0148-03

0 引言

随着城市的发展壮大和部分产业迁移,城镇边界线不断外拓,新城区的开发建设项目日益增多,城市道路和桥梁作为新城的“血脉”框架,对促进区域的社会进步、经济发展具有战略意义。以往,公路选线受地形限制,高填深挖往往难以避免,而近些年在一些山地城市,伴随着城市外围的建设,部分城市道路项目同样兼有典型的公路特点,高填深挖亦时有发生。

城市桥梁不仅需要满足基本的交通功能,还需要兼顾城市管线、行人及非机动车、照明监控设施、景观绿化等因素。考虑城市用地和景观效果,城市道路较少采用高路堤方案,桥台高度通常控制在 5 m 以下。对高填方路堤与桥跨方案的经济比选及合理桥台高度控制研究已有不少成果^[1-2],山区高填方路堤的设计和施工也在不断的尝试和突破^[3-5],但由高填方路堤引起的诸如桩基变形、路面沉降、锥坡垮塌等工程事故仍然是设计和施工的重点、难点^[6-8],需要引起足够的重视。本文以某建成运营通车项目为例,介绍了填方高度达 24.7 m 的桥台结构、锥坡防护、台后回填等设计方案,总结了设计及施工需关注的重点问题,可为类型项目的设计、施工提供参考。

1 工程概况及地质条件

1.1 工程概况

本项目位于某中部丘陵城市,道路等级为城市主干路,主线设计车速 50 km/h,双向 4~6 车道,道路规划红线宽度 36 m,标准路基宽度 19~26 m。项目沿线地势起伏较大,现状地面高程 138.1~185.8 m。在本项目建设阶段,与之连接的某快速路的建设需开挖现状山体,产生大量弃方需消纳,弃方主要成分为中风化砂岩,承载能力高,经处理后是路基回填的优质材料。为了节省工程投资,避免土方消纳带来城市征地拆迁问题和社会稳定性影响^[3],在项目前期论证阶段经综合比选,拟借用周边开挖产生的优质弃方作为路基回填材料,采用高路堤替代部分桥跨方案。

其中主线跨越某高速公路采用跨径(48+80+48)m 的变截面连续梁桥,挂篮悬臂浇筑法施工,桥型方案见图 1。N00 号桥台周边地形呈典型的 V 字形分布,三面高一面低。根据总体设计条件,桥台处桥面设计高程为 168.2 m,垭口最低点高程约为 143.5 m,最大高差约 24.7 m,桥位处地形地貌见图 2。

1.2 工程地质条件

N00 号桥台处所分布的地层自上向下依次为:①素填土(Q^m),层厚 0.4~3.0 m,以黏性土为主,部分地段表层为耕表土,夹杂少量卵石及植物根系,较松散;②卵石(Q_2^{al+pl}),层厚 0.4~40 m,最大揭露厚度 43.2 m,卵石粒径一般 40~60 mm,卵石含量 70%~90%,颗粒间充填细粒土及细砂。各层土岩土物理力学参数

收稿日期:2023-12-07

作者简介:梁庆学(1986—),男,硕士,高级工程师,从事城市道路桥梁设计工作。

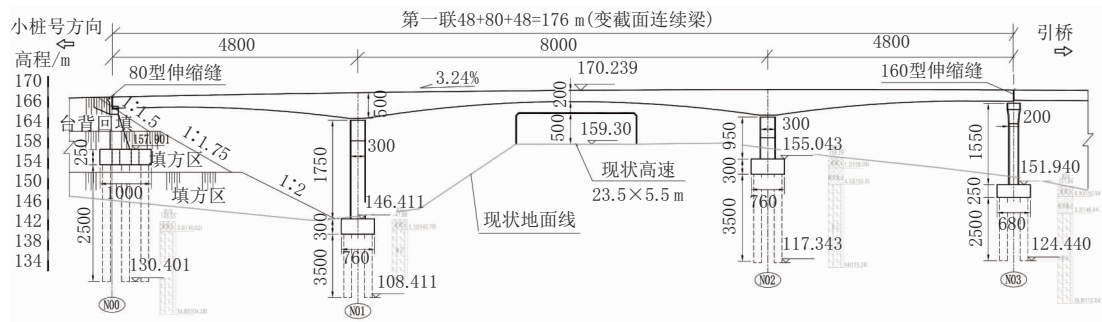


图 1 桥型立面布置图(单位:cm)

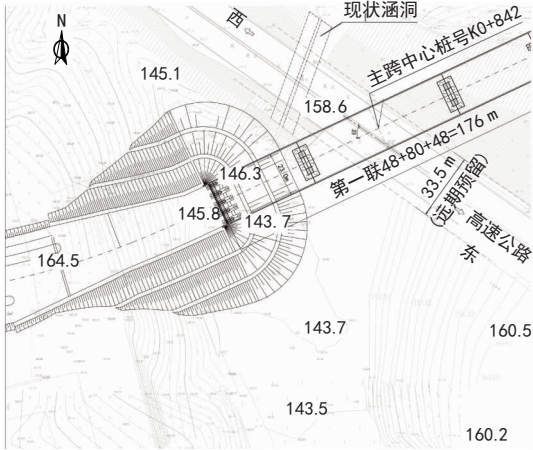


图 2 桥位处地形地貌(单位:m)

见表 1。

表 1 地基土层物理力学参数

土层名称	天然重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	承载力 特征值 f_{ak}/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\text{^\circ})$	黏聚力 C/kPa	压缩模量 E_s/MPa
①素填土	18.0	100	8.0	12.0	—
②卵石	20.0	800	36.0	0.0	53.0

场地除表层分布有少量的素填土或杂填土外,下卧层为卵石层,地基承载力特征值 $f_{ak}=800\text{ kPa}$,压缩模量 $E_s=53.0\text{ MPa}$,具有高承载能力和低压缩性,可作为持力层。

2 超高填方桥台设计方案

2.1 桥台结构设计方案

N00 号桥台采用肋板式桥台,整幅布置,台帽全宽 23.0 m,高度 1.6 m,宽度 2.0 m,横向共设置 5 道肋板,肋板宽 1.2 m,肋板中心间距 4.9 m,基础采用承台接桩基础,横桥向布置 5 排桩基,桩间距 4.9 m。为提高桥台抗推刚度,顺桥向布置 3 排桩基,桩间距 3.75 m,桩径均为 1.5 m,桩长 25 m,采用摩擦桩设计,桥台结构见图 3。

2.2 锥坡设计方案

N00 号桥台填方高度 24.7 m,分三级放坡,第一级边坡高度 8.0 m,坡度 1:1.5,第二级边坡高度

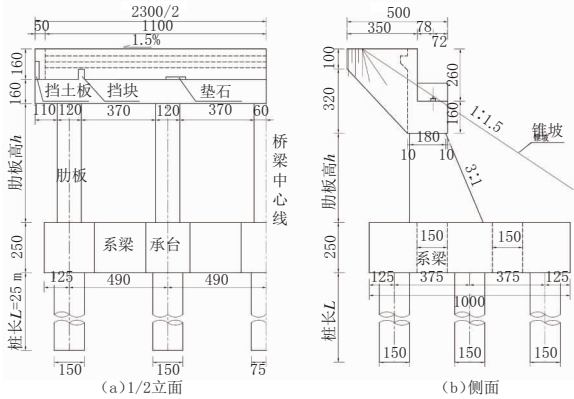


图 3 桥台结构设计图(单位:cm)

8.0 m,坡度 1:1.75,第一级边坡高度 8.7 m,坡度 1:2.0。为提高锥坡稳定性,在每一级边坡坡脚设置高度 1 m 的浆砌片石护脚墙和 2 m 宽的马道,坡面采用拱形骨架进行防护,骨架间喷播植草。在每一级锥坡坡脚均设置截水沟,雨水由截水沟汇入路堤段跌水槽后最终排入周边水库。桥台锥坡方案见图 4。

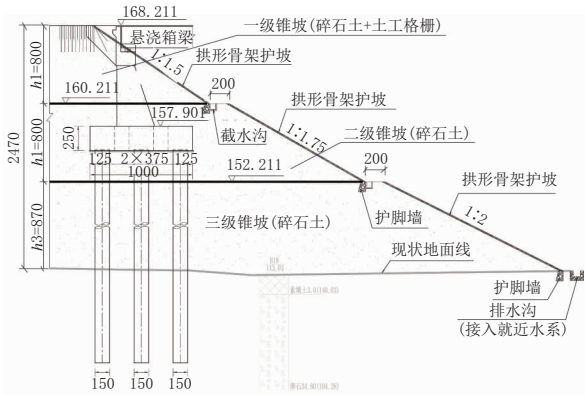


图 4 桥台结构及锥坡示意图(单位:cm)

2.3 台后回填设计方案及施工技术要求

(1)设计方案

项目周边山体开挖产生的大量闲置的强、中风化砂岩需进行消纳处理,加工处理后可作为桥台锥坡回填材料。设计要求桥台回填材料为碎石土,其中碎石比例不小于 40%,最大粒径应小于 10 cm,集配应连续。锥坡应分层进行回填及压实,分层厚度为 30 cm,最终分层厚度根据施工试验段确定,压实度

从填方基底至路床顶面为96%。为减小工后不均匀沉降,提高土体抗剪强度,承台顶面以上回填范围设置土工格栅,间距为60 cm,台背回填方案见图5。

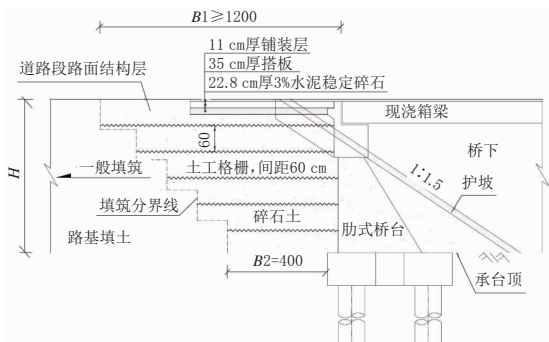


图5 桥台台背回填示意图(单位:cm)

(2) 施工技术要求

为提高整体稳定性,桥台采用高桩承台,承台顶面高于现状地面约14.9 m,因此施工顺序调整为先回填部分锥坡后施工桩基,具体流程为:疏通周边排水系统,清除原状杂填土、软土,对原状土进行压实或者换填处理→分层回填至承台顶标高(157.9 m)→钻孔灌注桩基施工、养护→承台、肋板、台帽及耳背墙施工→上部梁体浇筑至合拢→承台以上部分台背分层回填至设计高程→现浇拱形骨架护坡→坡面绿化施工及养护→桥梁附属工程施工→验收合格后开放交通。

另外,为保证施工质量,要求锥坡缓填慢压,尽量延长施工间歇,建议整个桥台回填预留1~2个雨季(每个雨季周期约4个月)的沉降过渡期以降低填筑期和工后的沉降量。

3 关键技术问题

3.1 充分利用地形地势,合理选择桥台方案

N00号桥台位于高速路基与现状山体形成的V形垭口间,桥台位置地势独特,有利于节省土方量和提高填方路堤的整体稳定性。另外场地地质条件较好,软弱土层较薄,地基下卧层承载力较高,且周边存在大量优质弃方,综合利用场地地形、地质条件和外部环境因素,本项目采用超高填方桥台相比桥跨方案在经济上和技术上具有可行性。在桥台结构上选择肋板式桥台,通过抬高承台顶高程,降低肋板高度,顺桥向设置3排桩基础等技术措施,优化结构方案。

3.2 桥台结构整体稳定性

桥台结构不仅仅需要承受上部结构传递的竖向荷载,还需要抵抗台背填土压力。而土压力随填土高

度呈二次递增变化,因此对于高填方桥台土压力往往成为桥台结构设计的关键因素,也是项目成败关键之一,不少项目因桥台结构设置不合理出现桥台移位甚至开裂垮塌。可见,对于高填方桥台结构的整体稳定性应具有足够的安全储备。

肋板式桥台可以释放一部分的台后填土压力,顺桥向刚度大,适合用于高填方桥台。本项目桥台选用肋板式桥台,顺桥向设置3排群桩基础。设计承台底面位于原状地面以上约12.4 m,在满足桩基抗弯强度和桥台放坡空间条件下通过提升承台设计标高降低肋板高度。另外,通过优化锥坡填土顺序、合理选择回填材料等措施也大大降低了桥台结构承受的土压力,提高了整体抗滑稳定性、倾覆稳定性。

3.3 工后沉降控制

严格控制高填方路堤工后沉降能够提高行车舒适性和安全性。高填方桥台因台前与台后不均匀沉降还会导致桥台跳车、搭板破损、路面开裂及伸缩缝结构破坏等病害。本项目在工序上采用先回填后施工桩基,降低负摩阻力以及回填土对桩基的水平力。在材料上桥台采用集配碎石砂回填,施工前先做试验段,合理控制集配、含水率等参数。同时,通过合理的施工组织,延长回填工期,采用慢填缓压的方式以降低施工期间自重沉降,以减小工后总沉降量。

该项目于2021年9月竣工通车至今,经持续监测,桥台累计最大工后沉降为4.3 cm(通车27个月),小于规范允许值10 cm,无明显跳车现象,桥面及附属工程未出现病害,锥坡结构稳定,植被生长良好,说明本项目超高填方桥台设计方案及施工工艺是合理可靠的。

4 结 语

该项目采用24.7 m的超高填方桥台结构,缩短了桥长,消纳了城市弃方,节省了工程投资。研究分析认为在项目的地形、地质、土方等外部条件允许下,做好桥台的结构设计和锥坡防护,同时严格控制土方填筑的顺序、速度和施工质量,超高填方桥台工后沉降在允许范围以内,结构强度和整体稳定性能够满足工程使用要求,取得了一定的经济效益。

参考文献:

- [1] 彭铁军.高填方路堤与高架桥方案之间选择的技术经济分析[J].中南公路工程,2001(9):75-77.
- [2] 谢伟强.山区高速公路高路堤与高架桥的选择[J].华东公路,2010(8):54-55.
- [3] 许有飞,刘军.山区高速公路高填方路堤设置合理性探讨[J].重庆交

(下转第156页)

全装配式设计、基础采用承台 +PHC 管桩、桥墩采用“树芽墩”(无盖梁设计)、主梁采用钢 - 混组合脊骨梁(跨环镇南路的主桥)和预应力混凝土脊骨梁(引桥、匝道桥)。桥梁方案的对比结果如表 6、表 7 所列,推荐方案的最终成桥效果如图 24、图 25 所示。

表 6 主桥方案对比表

比选因素	推荐方案	比选方案
结构形式	钢 - 混组合脊骨梁 + 预制墩 +PHC 管桩	分离式钢箱梁 + 预制墩 + 灌注桩
结构性能	☆☆☆	☆☆☆
施工速度	☆☆☆	☆☆
环境评分	☆☆☆	☆☆☆
通透性	☆☆☆	☆☆
景观效果	☆☆☆	☆☆
工程造价	低	中
比选结论	推荐	备选

表 7 引桥、匝道桥方案对比表

比选因素	推荐方案	比选方案
结构形式	预应力混凝土脊骨梁 + 预制墩 +PHC 管桩	预应力混凝土小箱梁 + 预制墩 + 灌注桩
结构性能	☆☆☆	☆☆☆
施工速度	☆☆☆	☆☆
环境评分	☆☆☆	☆☆
通透性	☆☆☆	☆
景观效果	☆☆☆	☆
工程造价	低	中
比选结论	推荐	备选



图 24 推荐方案的主桥效果图

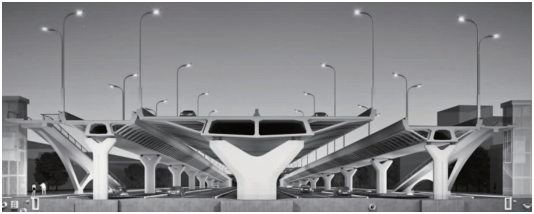


图 25 推荐方案引桥、匝道桥效果图

8 结 语

本文结合项目所在地的交通、地质、抗震设防烈度与地域文化等特点,从方案设计角度出发,对桥梁的跨径、宽度、主梁、桥墩、桩基的形式进行了详细的分析比选,最终选用富有创意的脊骨梁 +“树芽墩”的设计方案,针对关键性技术问题进行剖析并给出了对策措施,有效解决了景观和造价之间的矛盾;采用全装配化施工,最大程度减小对环境的影响;展示了城市景观梁式桥的设计思路,体现出了城市桥梁的功能、环保、艺术和文化价值。

城市景观梁式桥的设计应综合考虑场地的建设条件,因地制宜,将梁式桥打造为富有创新、环保、经济、安全、美观和地域文化特色的精品工程。

参考文献:

[1] 张立兴,何文杰,等.宽幅矮塔斜拉桥箱梁剪力滞分析[J].河南城建学院学报,2017,26(1):65-70.
[2] 刘威.脊骨梁力学性能研究[D].天津:河北工业大学,2010.

(上接第 150 页)

通大学学报(自然科学版),2011(6):652-654.
[4] 雷云,李闯.山区高速公路高填方路堤设计分析探讨[J].公路,2021(8):95-98.
[5] 胡丰玲.超高填土桥台的特殊设计[J].工程建设,2018(2):26-29.
[6] 刘萌成,黄晓明,陶向华.桥台后高填方路堤工后沉降影响因素分析

[J].交通运输工程学报,2005(9):36-40,59.
[7] 陈雪华,律文田,王永和.台后填土对桥台桩基的影响分析[J].岩土工程学报,2006(7):910-913.
[8] 郑明新,胡国平,褚东升,等.路堤填筑荷载作用下深厚软基桥台桩变形及处理措施分析[J].施工技术,2016(7):45-49.