

临近高速门架墩及互通匝道桥柱式墩段 路基设计方案研究

王伟明, 徐少华

(余姚市交通规划设计研究院, 浙江 余姚 315400)

摘要: 随着经济和社会的发展,交通项目占用的土地资源越来越珍贵,为了充分利用高速公路用地,大多数地方要求高速公路按高架桥的模式建设,地方利用桥下空间配套建设地面道路,结合G92杭甬高速复线宁波段二期地面道路项目对高速桥梁下路基施工给既有高速公路桥梁的安全影响进行充分研究,特别是对于高速互通设置路侧辅墩路段,地面道路路基填筑时在辅墩两侧形成不均衡加载,对辅墩产生水平推挤,对辅墩桩基存在一定安全隐患。通过路基填筑对桥梁桩基影响的充分分析提出了三个处理方案,分别从投资、用地、承台及墩柱位移等方面进行了对比分析,并结合项目实际情况提出了推荐采用的方案,同时对施工期监测提出了具体要求。可为类似的高架结合地面道路的路基填筑施工方案提供参考。

关键词: 高架桥;辅墩;桥下路基;填筑方案

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)05-0065-04

0 引言

随着经济和社会的发展,不断减少趋势的耕地和土地资源对迫切的公路基础设施建设需求提出了严峻的挑战,在一些经济发达地区,为了充分利用高速公路的用地,地方政府要求高速公路按高架桥的模式建设,当地利用桥下空间配套建设地面道路。

但高速公路桥梁下路基施工给既有高速公路桥梁的安全会带来一定的隐患,特别是对于高速互通设置路侧辅墩路段,地面道路路基填筑时在辅墩两侧形成不均衡加载,对辅墩产生水平推挤,对辅墩桩基存在一定安全隐患。桥下道路路基填筑产生的水平土压力,包括施工期间的施工荷载以及运营期间的运营荷载,增大了墩身承受的弯矩,施工期间水平土压力的大小与路基填筑方式关系很大,如果桥墩两侧路基填筑施工不对称,将额外的增加了桩基的水平力,甚至使得桩基弯矩超过设计值而引起桩基的开裂。本文以G92杭甬高速复线宁波段二期地面道路路基填筑方案为例,对道路的路基填筑结构以及施工方法对高速公路桥梁桩基的影响进行了充分的研究。

收稿日期: 2021-08-24

作者简介: 王伟明(1979—),男,学士,高级工程师,从事公路工程设计工作。

1 工程概况

G92杭甬高速复线二期地面道路项目全线位于高速桥梁投影之下,路线全长13.45 km,上层高速公路为双向六车道设计标准,路基宽度34 m,地面道路为双向四车道一级公路,路基与高速同宽,12 m中央分隔带内设置高架桥墩。地面道路需在高架桥梁施工完成后开工建设。

项目位于萧(山)绍(兴)姚(余姚)平原软土分布区,为杭州湾南岸沿海地带,原为海涂,经多年围垦逐步演变而成。项目区软基主要为淤泥质粉质黏土和软塑状的粉质黏土,厚度4~16 m,上面覆盖14~20 m厚粉土层和亚砂土。全线属于深埋软土路段(软土埋深大于10 m)。

全线在互通区和服务区前后受地面道路路基填筑影响的门架辅墩109个,匝道桥墩25个,路段长度3.78 km(单幅)。其中填土高度大于2 m路段,受地面道路路基填筑影响的辅墩53个,匝道桥墩18个,路段长度1.844 km(单幅)。

2 路基填筑影响分析

2.1 路基填筑风险

经分析认为,地面道路路基填筑风险主要有以下两方面:

(1)桥下道路路基填筑产生竖向的负摩阻力,包括

施工期间的施工荷载以及运营期间的运营荷载,增大了桥墩桩基承受的竖向力。该负摩阻力随着桥下道路路基的填筑而产生,并随着填土高度的增加而增大,一直到施工结束进入运营状态后,达到最大。(负摩阻力高速桥梁设计时已进行考虑,采取了加强桩基设计、路基先期填筑等不同措施进行了处理。地面道路施工时附加荷载影响建议按2 m宕渣控制。

(2)桥下道路路基填筑产生的水平土压力,包括施工期间的施工荷载以及运营期间的运营荷载,增大了桩基承受的弯矩。额外水平力将增加桩基弯矩,超过弯矩设计值将引起桩基裂缝不满足规范要求。

2.2 高架桥梁桥墩对路基影响的容许要求

2.2.1 中分带内桥墩

对于中分带桥墩而言,地面道路路基填筑均衡加载,水平推挤现象基本可以忽略。因此重点是要求对称填筑,小型设备碾压。

2.2.2 路侧桥墩

对于高速高架桥设置路侧辅墩段和临近匝道桥段,地面道路路基填筑时在辅墩两侧形成不均衡加载,对辅墩产生水平推挤。采用等代土弹簧的刚度“M-法”计算模型考虑桩土共同作用。桩径1.5 m,配置30根直径为25 mm的主筋和直径10 mm的螺旋箍筋,箍筋净保护层厚度65 mm。辅墩可能承受的墩顶最大水平力为支座摩阻力标准值 $F=0.03 \times 6\,500=195\text{ kN}$,桩身最大弯矩值为 $1\,759\text{ kN}\cdot\text{m}$,承台顶横桥向位移约5 mm。以裂缝宽度0.15 mm为控制指标,允许路基填筑产生的桩身最大弯矩值对应的承台顶横桥向位移为3.9 mm。

在“M-法”的假定条件下,未考虑土体塑性变形效应、变形时间蠕变效应引起的土体内力重分布、位移变形重新分布,计算结果偏安全。本项目的侧墩承台水平总位移为8.9 mm,路基填筑容许的承台顶水平位移为3.9 mm(或桩基变形量)。

根据《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》(JTG F80-1—2017)及本项目高架桥情况($5\text{ m}<\text{墩高 } H<40\text{ m}$),桥墩应满足小于 $H/1\,000$ 且小于20 mm的竖直度要求,此条款适用新建桥墩的质量检验标准,现作为参考。

3 地面道路路基设计方案比选

针对桥梁桥墩变形容许结果要求,细分地面道路路基设计方案。

3.1 高架桥中分带内桥墩处路基方案

地面路基施工期间坚持对称填筑、同时施工、均匀加载的原则,路基两侧填筑高差不大于1 m;当填高大于2 m路段,中分带填土需同步填筑,确保与路基填土高差不大于1 m。严禁选用大于20 t重型振动压路机。同时施工过程中加强路基、高架桥墩的沉降、稳定观测,严格控制路基填筑速率,减少施工期间对高架的影响。

3.2 路侧桥墩处路基方案

(1)填土高度不大于2 m情况

对各填土高度情况下辅墩位移进行计算结果表明,填土高度低于2 m时辅墩位移基本可满足侧墩承台顶位移、墩柱竖直度要求(承台位移 $\Delta_{\text{墩}}=2.31\text{ mm}<3.9\text{ mm}$,墩柱相对位移 $\Delta_{\text{墩}}=8.38\text{ mm}<H/1000=10\text{ mm}$),不需要采取额外措施。施工时注意分层填筑和软土地区填筑稳定即可。

(2)填土高度大于2 m情况

对于地面道路填土高度大于2 m情况,不均衡加载对桩基的抗弯承载能力及墩柱的倾斜度影响随着填高增加逐渐增加。根据计算结果,填高4.1 m时,计算墩柱相对位移 $\Delta_{\text{墩}}=15.3\text{ mm}$,不满足 $H/1000=10\text{ mm}$ 要求,承台水平位移 $\Delta_{\text{墩}}=3.31<3.9\text{ mm}$ 满足控制标准,需进行特殊处理。

3.3 路侧桥墩处路基方案比选

根据常规减轻路基填筑水平推挤影响的处理方式,提出3个解决方案:

方案一(增加临时用地):地面道路增加临时用地,见图1,施工时在辅助墩周边范围(辅墩外3 m)进行平衡加载,减小地面道路填筑可能对门架墩侧墩产生的不利影响。

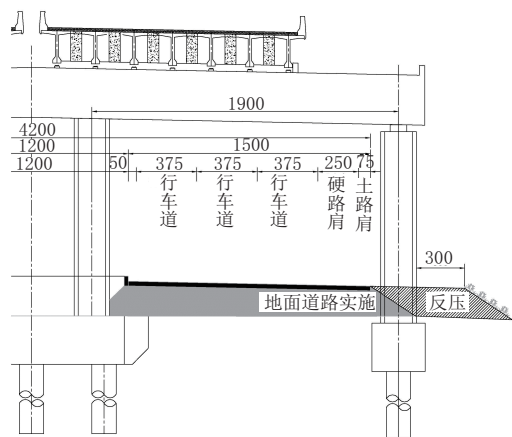


图1 增加临时用地方案(单位:cm)

此方案优点是实施方便、造价经济,缺点是在临时征地方面可能有一定的政策难度。仅处理填高大

于2 m路段辅墩,采用块状反压,需增加临时用地10.44亩,增加费用360.5万元,见表1。

表1 处理填高大于2 m路段,块状填筑

项目	临时堆载 /m ³	卸载方 /m ³	临时用地 /m ²
工程量	20 274	18 894	6 963
单价 /元	129	16	100
总价 /万元	260.9	30.2	69.5
合计 /万元	360.5		

仅处理填高大于2 m路段辅墩,采用带状反压,需增加临时用地17.22亩,增加费用726.9万元,见表2。

表2 处理填高大于2 m路段,带状填筑

项目	临时堆载 /m ³	卸载方 /m ³	临时用地 /m ²
工程量	42 634	39 705	11 480
单价 /元	129	16	100
总价 /万元	548.8	63.5	114.5
合计 /万元	726.9		

方案二(泡沫混凝土):地面道路实施时,对于填土高度较高(大于2 m)的区域采用泡沫混凝土填筑,见图2,以降低堆土荷载,减小土体沉降。辅墩承台周边填土或地基处理可采用素混凝土填筑,以免使用其他材料有压实困难。

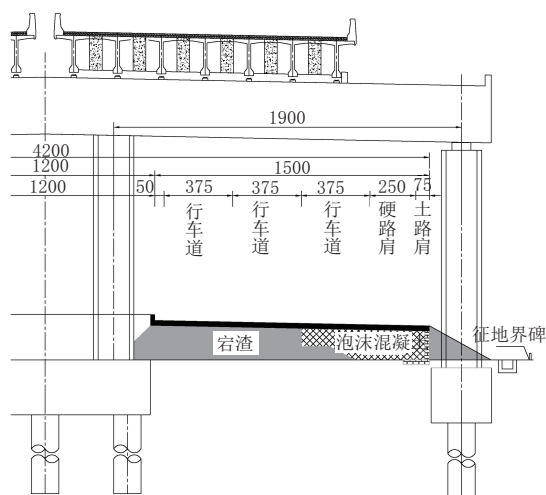


图2 泡沫混凝土方案(单位:cm)

本方案优点是可有效降低填土荷载,土体变形小,缺点是造价略高,但仅在局部路段采用(经查地面填土大于2 m的辅墩共约53处,匝道桥墩18个,单侧长约1.844 km)。需增加费用696.0万元,见表3。

泡沫混凝土横向实施范围为最外侧行车道和硬路肩,纵向处理至受影响桥墩前后5 m处。

泡沫混凝土与宕渣路基之间设置台阶式搭接,台阶高度不小于1 m。泡沫混凝土顶面设置一层15 cm

表3 泡沫混凝土

项目	泡沫混凝土 /m ³	C30混凝土 /m ³	减少宕渣 /m ³
工程量	25 568	2 172	25 568
单价 /元	420	850	220
总价 /万元	1 073.9	184.6	562.5
合计 /万元	696		

钢筋混凝土保护板,为缓解不同路基填料之间裂缝反射问题,钢筋混凝土保护板与泡沫混凝土接缝错缝设置,钢筋混凝土保护板上下两侧各设置一层双绞合钢丝网。

方案三(宕渣回填+桩基挡土墙):地面道路实施时,对于填土高度较高的区域(大于2 m),在高架侧墩一定范围设置挡墙+隔离桩方案,见图3,桩基采用钻孔灌注桩,直径建议为0.6 m,深度15 m,纵向间距1.5 m,按5根布置。该方案路基填土荷载作用由挡土墙及其桩基优先承受,然后均匀作用于高架辅墩桩基周边土体上。

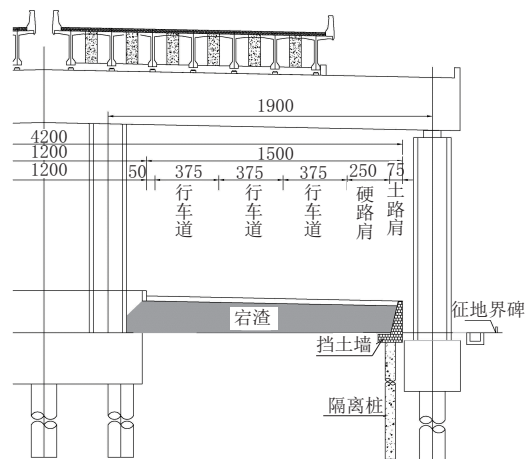


图3 宕渣回填+桩基挡土墙方案(单位:cm)

本方案优点是可有效降低填土荷载对高架辅墩的影响,土体变形小,缺点是造价略高,需增加费用746.9万元。见表4。

表4 宕渣回填+桩基挡土墙

项目	直径600 mm 钻孔灌注桩		C25片石混凝土挡墙 /m ³
	根数	总长 /m	
工程量	355	5 325	3 678
单价 /元	850		800
总价 /万元	452.6		294.2
合计 /万元	746.9		

路侧桥墩处路基方案比选:根据处理费用、政策处理难度、处理效果等角度,对三个方案进行比选,见表5。

根据高架桥梁桥墩对路基影响的容许要求,地面道路路基施工期间需满足承台位移 $\Delta_{\text{桩顶}} < 3.9 \text{ mm}$,

表5 方案比选表

方案	优点	缺点	承台位移 $\Delta_{\text{桩顶}}/\text{mm}$	墩柱相对位移 $\Delta_{\text{墩}}/\text{mm}$
一	处理效果好、 施工简单	征地困难	2.39	-1.73
二	实施难度小、 减少预压工程量	泡沫混凝土 与宕渣搭接处 裂缝反射	1.62	-7.61
三	效果一般	造价较高	3.87	-8.65

墩柱相对位移 $\Delta_{\text{墩}} < H/1000 = 10 \text{ mm}$ 的要求,三种方案计算结论均可满足要求。

综合三种方案优缺点,在临时征地难度大的前提下,方案二具有实施难度小、处理效果好的特点,通过技术措施也可以减轻泡沫混凝土与宕渣路基搭接处的裂缝反射问题,推荐采用方案二。

4 施工期监测

除常规的路基沉降和稳定观测外,同时需对路侧辅墩水平位移和墩柱垂直度进行监测。

(1) 辅墩水平位移

辅墩墩顶水平位移通过辅墩顶部设置的观测点进行观测,同时在辅墩承台前后 1m 断面分别设置为位移边桩和测斜管。辅墩路段增加观测断面,每 2 个辅墩需设置 1 个观测断面。

(2) 墩柱垂直度监测

路基施工期间,同步对辅墩垂直度进行观测,观测断面布置间距同辅墩位移观测,在各测量墩墩顶标示固定点,按照测量周期测量坐标、高程及垂度。测点布设时可采用十字花标记。

(3) 道路监测指标

路基填筑期间,沉降速率应不大于 $10 \text{ mm}/24 \text{ h}$,

路基水平位移应不大于 $5 \text{ mm}/24 \text{ h}$;当路侧存在辅助桥墩路段,路基水平位移应不大于 $3.9 \text{ mm}/48 \text{ h}$,墩柱垂直度满足 $H/1000$ 要求(H 为墩柱高度),当观测数据超出以上范围时,应停止路基填筑,待稳定后再进行填筑。

5 结 语

该文采用 Midas Civil 对辅墩承台顶横桥向的控制位移进行分析,以桩基裂缝宽度 0.15 mm 为控制指标,并考虑结构设计使用年限内结构正常运营可能产生的结构效应,对道路填筑工况辅墩承台顶横桥向的控制位移进行分析,得出以下结论:

(1) 本项目土层对辅墩基础约束较大,结构对承台顶的侧移较敏感。

(2) 当观测到承台顶横桥向位移大到 3.9 mm 时应停止路基施工并采取有效措施。

针对地面道路施工特点及高架结构自身情况,建立三维有限元数值模型,分析不同施工阶段、方案对高架桩基、桥墩变形的影响,并提出计算结果结论,为类似利用高架桥建设地面道路工程的路基填筑施工方案选择提供了参考。

参考文献:

- [1] 聂如松,冷伍明,杨奇.不同软土厚度下路基填土对单桩的影响研究[C]//第二届全国环境岩土工程与土工合成材料学术大会,2008.
- [2] 李仁平,陈云敏,陈仁朋.软基中桥头路基对邻近桩基的影响分析[J].中国公路学报,2001(3):73-77.
- [3] 聂如松,冷伍明,律文田.软基台后路基填土对桥台桩基侧向影响的试验研究[J].岩土工程学报,2005(12):1487-1490.
- [4] 陈福金,杨敏.地面堆载作用下邻近桩基性状的数值分析[J].岩土工程学报,2005,27(11):1286-1290.
- [5] JTG F80-1—2017,公路工程质量检验评定标准[S].

(上接第 64 页)

先,提升公共交通服务水平,加强宣传,提倡公共交通出行,减少小汽车出行,降低道路拥堵。

b. 与百度、高德等导航单位建立沟通协调机制,通过导航平台、交通广播等手段,提前宣传交通疏解的方案及引导方案,引导车辆躲避拥堵路段。

c. 建议在适当位置增设绕行提示牌,引导过境车辆提前绕行。

d. 结合交通评估结果,根据疏解方案优化调整路口配时;细化道路渠化、优化路口流线引导;对围

挡的转角、转弯车道等进行细部调整,充分考虑大型车辆转弯半径,提高车辆通行能力。

e. 加强既有运营线路的地铁接驳,提升地铁吸引力,减少小汽车出行,特别是本次评价范围内的地铁接驳设施。

参考文献:

- [1] 徐云清,苟广源.大型地铁枢纽施工期间交通疏解问题研究[J].都市快轨交通,2013,26(5):21.
- [2] 易强.城市交叉口占道施工区交通流特性及通行能力研究[D].长沙:长沙理工大学,2016.