

## BIM 技术在桥隧相接部位方案设计中的应用

黄成岑<sup>1</sup>, 李洋溢<sup>2</sup>, 袁通<sup>2</sup>

(1. 广西交通投资集团有限公司, 广西南宁 530029; 2. 广西交通设计集团有限公司)

**摘要:** 依托某高速公路在偏压地形条件下桥隧相接部位局部基础落空案例, 通过对比介绍初始拟定方案和采用 BIM 技术确定的最终方案, 说明了采用 BIM 技术在该方案确定过程中的优越性。

**关键词:** 桥隧相接; 基础落空; BIM 技术

BIM 技术 (Building Information Modeling) 是对工程项目的物理特征、功能特性和管理要素的共享数字化表达。近年来, BIM 技术以其可视化、信息化等特点在建筑行业得到了快速的发展。其在项目建设过程中具有显著的优势: ① 在建设过程中, 运用 BIM 多维度模拟功能可对施工方案提前预演, 并有助于精细化管理, 实现对项目的高效控制; ② BIM 模型中构件所包含的信息可以表达构件的属性和行为, 支持数字化的分析工作。当前 BIM 技术在中国公路建设领域还处于逆向设计阶段, 即采用传统的设计手段完成后,

通过 BIM 技术对设计成果进行演示。该文依托某高速公路建设过程中遇到的在偏压地形情况下桥隧相接部位局部基础落空的案例, 结合三维倾斜摄影技术和 BIM 技术实现三维实景建模, 通过提取特殊部位的横断面等信息, 进而确定较为精准的设计方案。

## 1 项目概况

某高速公路设计时速为 80 km/h, 桥隧占比约 50%, 其中桥隧相接部位较多。图1为某隧道进口与

受扰动影响越显著。两隧道施工净距减小至 1 倍洞径以内时, 既有隧道附加内力变化规律相似, 但峰值增加明显, 将在一定程度上影响结构稳定性。

## 参考文献:

- [1] 孙均, 刘洪洲. 交叠隧道盾构法施工土体变形的三维数值模拟[J]. 同济大学学报, 2002(4).
- [2] Yamaguchi I, Yamazaki I, Kiritani Y. Study of Ground-Tunnel Interactions of Four Shield Tunnels Driven in Close Proximity in Relation to Design and Construction of Parallel Shield Tunnels[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 1998, 13(3): 289-304.
- [3] 蒋华春, 傅鹤林, 梁新权, 等. 盾构隧道下穿地道桥施工扰动效应及控制对策研究[J]. 中外公路, 2017(2).
- [4] 陈发东. 盾构隧道施工对临近桥梁桩基及周围土体影响的模拟研究[J]. 中外公路, 2018(6).
- [5] 张海波, 殷宗泽, 朱俊高. 近距离叠交隧道盾构施工对老隧道影响的数值模拟[J]. 岩土力学, 2005(2).
- [6] 陈先国, 王显军. 近距离重叠隧道的二维和三维有限元分

析[J]. 西南交通大学学报, 2003(6).

- [7] 刘秋常, 马百顺, 陈守开. 盾构施工不同加固措施对临近高架桥桩基影响研究[J]. 中外公路, 2018(1).
- [8] 曾学艺, 李垚, 彭斌. 大直径盾构隧道穿越粉细砂地层注浆加固预处理研究[J]. 中外公路, 2017(2).
- [9] 胥明, 张细宝, 刘卫, 等. 南昌地铁盾构下穿建筑物注浆加固技术研究[J]. 中外公路, 2016(1).
- [10] Obert. Parametric Studies on the Interaction between Existing and New Bored Tunnels[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 2004(4).
- [11] 李学峰, 杜守继, 张得焯. 砂土中隧道施工引起近接隧道位移的试验研究[J]. 地下空间与工程学报, 2014(2).
- [12] 朱合华, 徐前卫, 郑七振, 等. 软土地层土压平衡盾构施工参数的模型试验研究[J]. 土木工程学报, 2007(9).
- [13] 汪洋, 何川, 曾东洋, 等. 盾构隧道正交下穿施工对既有隧道影响的模型试验与数值模拟[J]. 铁道学报, 2010(2).
- [14] 何川, 曾东洋. 盾构隧道结构设计及施工对环境的影响[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2015.

收稿日期: 2020-03-12

作者简介: 黄成岑, 男, 大学本科, 高级工程师, E-mail: 534114395@qq.com

桥相接,隧道长约 177 m,为短隧道与路基同宽,桥隧相接部位为 30 m 高悬崖。隧道进口左、右洞洞口桩号分别为 KD124+015、KC123+975,为端墙式洞门;桥梁左、右幅终点桩号分别为 KD124+013.5、KC123+973.5,桥台均采用柱式台,桩基础。

## 2 初始拟定方案

该处地质为近水平中一强风化砂岩,设计标高距陡崖底部高约 28 m,岩面倾角为  $65^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ,陡崖底部下埋深约 12 m 为强风化砂岩,其下为中风化砂岩。原设计左、右洞偏压明洞长度分别为 5、8 m,经清表后,右洞明洞和洞门墙的左侧基础落空,最大落空宽度约为 5 m。



图1 桥隧相接部位

初步确定方案如下:

(1) 取消右洞明洞,洞门桩号设置为 KC123+983,将最后一块梁(① 采用预制方案;② 采用现浇方案)相应加长。

(2) 隧道洞口桩号不变,明洞和洞门墙左下角采用 C30 混凝土挡墙基础形式(① 挡墙基础下采用桩基础进入中风化砂岩;② 开挖基坑,将挡墙基础落至能满足承载力要求的持力层)。

若采用方案(1),预制梁加长存在预制模板和架梁机难以操作问题,若采用现浇梁方案,受地形条件限制,施工支架难以搭设,施工存在一定的安全风险。

若采用方案(2),由于左幅 9# 桩基距 C30 混凝土挡墙基础距离较近,开挖基坑对桩基稳定性影响较大,需采用基坑强支护措施,总体费用较高。若采用挡墙+桩基础形式,由于挡墙自重较大,在倾角约  $65^{\circ}$  情况下产生的水平推力较大,经验算桩基础难以满足抗水平推力要求。

经综合分析,方案(1)和方案(2)施工均较难实施,方案(2)费用较高,且圬工体量太大,影响美观,故不宜推荐。

## 3 最终确定方案

大致方案为:隧道明洞取消,采用 1 m 厚 C30 钢筋混凝土贴壁式端墙洞门,洞门墙设置桩号为 KC123+982,左侧设置一偏压挡墙,纵长 3 m,洞门墙下设置一截面为  $1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  (宽 $\times$ 高)基础梁,洞门墙、挡墙、基础梁均采用药卷锚杆与岩体连接牢固,如图 2 所示。加长帽梁,使左侧桩基偏移出峭壁位置,如图 3 所示。桥台与隧道洞门间设置加强型搭板。为保证右侧边坡稳定,搭板右侧边坡坡率设置为  $1:0.3$ ,采用锚喷防护形式。

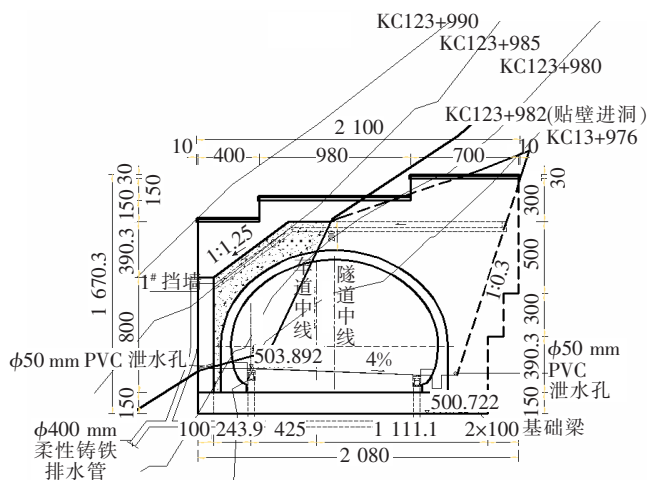


图2 隧道最终变更方案(单位:cm)

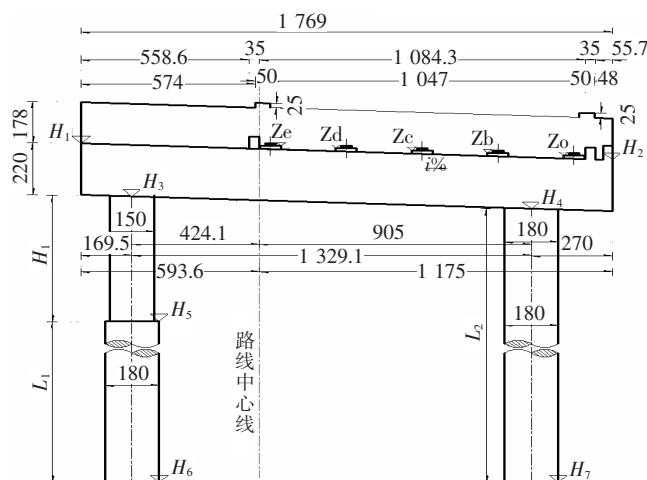


图3 桥梁最终变更方案(单位:cm)

最终变更方案是基于 BIM 技术进行方案设计,具体实施如下。

### 3.1 三维倾斜摄影技术采集现场数据

三维倾斜摄影技术是最近几年发展的一项测量技

术,以往航测技术只能从垂直方向进行拍摄,三维倾斜摄影技术通过在同一无人机上安装可旋转式传感器,从不同角度采集影像,同时自动记录航高、坐标等数据,最后通过专业技术对影像资料进行分析,获得真实三维影像。

此次航拍共选定 3 处较为空旷位置布设影像控制点,如图 4 所示,标记位置需醒目。采用无人机搭载 1 台高清相机,通过地面操作界面控制,摄像头可 360° 旋转,分别获取不同角度的影像资料,无人机控制飞行高度为 150 m,航拍倾斜角度 30°,每次拍摄影像控制点须清晰可辨,以便后期处理时能保证成果的精确,同时采用全站仪人工测量影像控制点三维坐标和隧道、桥梁控制坐标网。



图 4 摄影控制点

三维倾斜摄影技术测绘精度达厘米级,构建的三维场景能真实地反映桥隧结构物的外观、位置和高度等属性。利用 Bentley 公司的 Smart 3D 软件,可将外业影像成果生成 GIS 模型。

3.2 桥隧 BIM 模型

基于达索 3D EXPERIENCE R2015x 平台开发的道路交通设计系统 SMEDI—RDBIM,通过导入二维 CAD 设计图纸中的设计线、桥型布置图、隧道横断面等信息,能快速进行桥隧三维模型创建(图 5)。

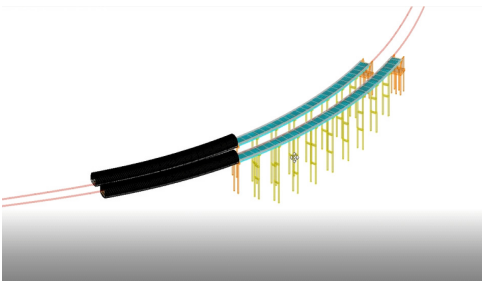


图 5 桥隧三维模型创建

3.3 倾斜摄影与 BIM 模型融合

将三维倾斜摄影 GIS 模型重新生成成为 .Obj 文件,然后将 BIM 桥隧模型导出 .fbx 格式,最后通过 3ds

max 平台进行融合,生成桥隧工点地形三维曲面模型(图 6),最终可进行现场三维实景还原(图 7)。

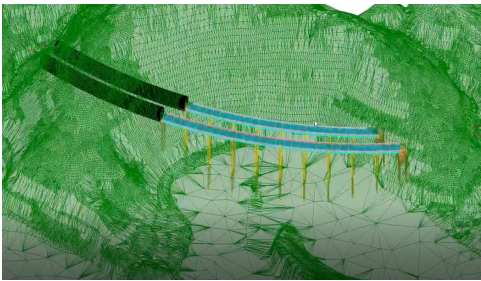


图 6 桥隧工点地形三维曲面



图 7 BIM 三维实景模型

三维曲面从本质上看是 mesh 模型,即网格面模型,通过三维曲面模型,可随意切取各桩号横断面线进行精确分析,通过提取 KC123+982 隧道洞门桩号位置处的垂直切片(图 8),分析基础梁的悬臂长度再具体确定基础梁的截面、位置和配筋。从图 8 可看出:基础梁左侧端头未落空。对于右幅 8# 桥台原设计左侧桩基,通过提取 KC123+973 桩号桥台帽梁位置处的垂直切片(图 9),由图 9 可看出桩基中部外露于岩体,不具备施工条件,而帽梁基底处约有 2 m 左右悬空,还有 10 m 位于基岩之上,故最终采用加大帽梁的方案,使左侧桩基偏移出峭壁位置。

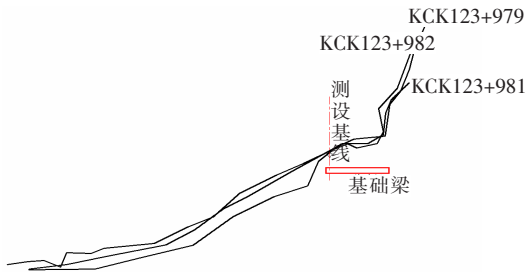


图 8 隧道洞门桩号位置 BIM 垂直切片

4 方案现场实施

目前,隧道和桥梁均已施工完毕,从图 10 可看出:





图9 BIM桥台处桩基切片



图10 桥隧相接部位现场施工

隧道右洞基础梁左侧端头部位和左侧挡墙均未落空,通过加长帽梁,桩基置于稳定基岩上,与BIM建模切片分析结论一致。洞口外右侧边坡采用喷锚+挂网植草防护,由于岩层呈水平产状,整体稳定性较好。

## 5 技术应用总结

在复杂地形桥隧相接部位运用BIM三维建模技术,总结其技术要点如下:

(1) 复杂地形中一般地形陡峭,测量困难,难以提供准确的测量基础资料,运用BIM三维建模可以提供较为精准的地形地貌条件,为方案确定打下坚实的基础。该桥隧相接处岩面高且陡峭,测量人员难以测量精准,运用BIM切片技术,能获取不同桩号、不同高程岩面吊空情况。例如:洞门墙下的基础梁,其设置截面、位置、配筋均需根据左侧岩面落空情况具体确定,由于左侧岩面陡峭测量不准确,难以根据测量资料确定该方案是否可行。传统方法是挖开基础后再具体确定,但由于右侧边坡陡峭且存在一定偏压,若开挖太深或较长时间再确定方案对右侧边坡稳定性不利。而采用BIM切片技术,提取此处的垂直切片,可较为清晰地看出结构物处地形地貌,为方案确定提供准确的基

础资料。

(2) 运用BIM三维建模技术,能准确全面预先了解拟定方案的实体情况,能提前检查该桥隧相接部位是否有互相冲突或考虑不周的情况,该案例中桥尾与隧洞洞门中有一段路基相连,但在桥梁直接与隧道相连处,BIM三维建模能发挥更大的作用,更能直观体现出各结构物之间的位置关系和联结情况。

(3) 运用BIM三维建模技术,融合了实际地形和拟建结构物,能直观精准地表现结构物之间及与地形地貌的相互关系,对方案汇报、设计思路有较大的帮助。以往传统方法是采用航拍图片和CAD图纸解释方案情况及设计思路,但航拍图片中无法准确表现结构物的位置,而CAD图纸所含信息量较小,无法完整地展现地形地貌及邻近其他结构物的情况。BIM三维建模技术融合了实际地形与拟建结构物,更具说服力,较好地解决了上述传统方法的不足。

## 6 结语

BIM三维建模技术在桥隧相连的复杂地形处能较好地解决测量基础资料失真的情况,提供完善的地形地貌及拟建结构物信息,对设计方案的确定有较大的帮助。在今后的勘察设计中,建议在桥隧相接复杂地形处,多利用BIM三维建模技术手段,提高勘察精度,提高设计精细化水平。

### 参考文献:

- [1] 王广斌,张洋,谭丹.基于BIM的工程项目成本核算理论及实现方法研究[J].科技进步与对策,2009(21).
- [2] 刘祖雄,申祖武,王军武.基于BIM技术的桥梁工程施工材料精细化管理[J].中外公路,2018(1).
- [3] 蔡邦国.目标控制在甬台温高速公路复线建设项目中的应用研究[J].中外公路,2017(4).
- [4] 王学峰,赵永锋.BIM技术在霍永高速公路芝河大桥施工管理中的应用[J].中外公路,2018(3).
- [5] 秦涛,龚晓晖,于洪武,等.基于BIM的道路信息模型参数化构建技术研究[J].中外公路,2017(1).
- [6] 尹恒,裴尼松,余梨.无人机技术在复杂公路中的应用研究[J].中外公路,2018(2).