

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2022.04.015

基于有限元分析的某高速公路涵洞回填适宜性评价

陈小丽

(重庆市勘测院, 重庆市 400020)

摘要: 使用有限元分析方法评估某高速公路涵洞回填后基地应力与沉降、高速公路路基与路面沉降及行车安全性, 评估结果表明采取 C20 混凝土回填封闭涵洞的方案基本可行, 对高速公路工程影响有限, 并给出了具体的涵洞回填施工建议。

关键词: 有限元分析; 涵洞回填; 适宜性评价

中图分类号: U446.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)04-0056-03

0 引言

随着我国经济的发展, 基础设施建设越来越多, 高速公路网密度不断加大, 在既有高速公路工程进行改扩建活动也愈发常见^[1]。由于新建工程跨越现状构筑物, 有可能存在对其造成一定的安全隐患, 因此对改扩建工程对既有构造物的影响进行安全性评估是有必要的^[2]。但目前, 我国相关法律法规及国标中并未对此项涉路工程周边既有构筑物如何评估进行相关规定, 缺乏涉路安全评估研究的标准, 对于项目的涉路行为可行与否并无明确规定, 无法判断其可行性, 对决策者不能提供明确的参考意见。本文以某高速公路改扩建工程跨越现状废弃涵洞工程为依托, 提出对应的加固措施, 并采用有限元分析方法对该工程的相互影响及安全性进行评估。

1 工程概况

某高速公路为双向四车道高速公路, 设计车速 80 km/h, 已建成通车多年。本次改扩建工程是新增快速路与该高速公路的相交节点, 该节点为部分互通立交, 新设置两条接线匝道。匝道 A 线道路全长 1 051 m, 单向两车道, 标准路幅宽度 10.5 m, 车行道宽 9 m, 两侧各 0.75 m 设施带, 最小圆曲线半径 100 m, 最小缓和曲线长 50 m。主线设置单车道减速车道, 长 200 m, 渐变段长 60 m。匝道 B 线道路全长 723.865 m 单向两车道, 标准路幅宽度 10.5 m, 车行道宽 9 m, 两侧各 0.75 m 设施带, 最小圆曲线半径

110 m, 最小缓和曲线长 50 m。主线设置单车道加速车道, 长 200 m, 渐变段长 60 m。

防止匝道 B 线建成后形成的凹沟积水对边坡及路基的影响, 本次考虑在该范围内凹沟进行填平。在匝道 B 线 K0+340(A 线 K0+675)处存在既有高速一废弃的过水涵洞, 涵洞顶距离高速路面高度约 10.0 m, 为防止匝道建成后凹沟积水对边坡及路基的影响, 考虑在该范围内将涵洞进行回填处理。总体平面布置见图 1, 涵洞立面见图 2。

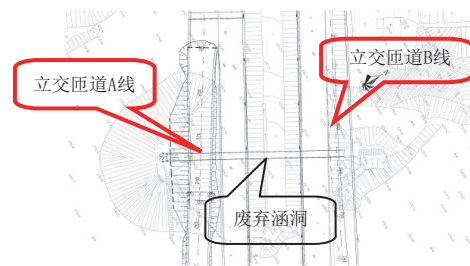


图 1 总体平面布置图

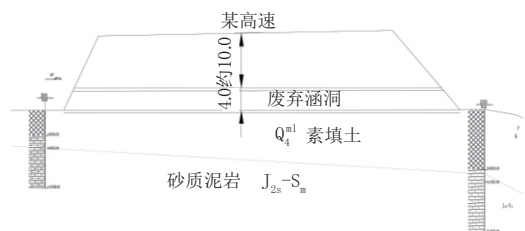


图 2 涵洞立面布置图(单位:m)

2 加固措施

对高速公路下现状已废弃涵洞进行回填加强处理, 设计拟采用 C20 素混凝土对其内部进行填充, 将其封闭^[3], 见图 3。由于涵洞满填混凝土, 附加荷载较大, 回填后对涵洞基底会产生一定的影响; 同时, 回填后可能引起涵洞整体沉降, 进而导致运营中的高速公

收稿日期: 2021-08-10

作者简介: 陈小丽(1987—), 女, 本科, 助理工程师, 从事土木建设与测绘工作。

路路面产生沉降。本文采用有限元计算分析涵洞回填混凝土后对涵洞基地稳定性以及既有高速公路行车安全的影响,评估涵洞回填后地基承载力是否满足要求及高速公路路面沉降是否会影响高速公路的行车。

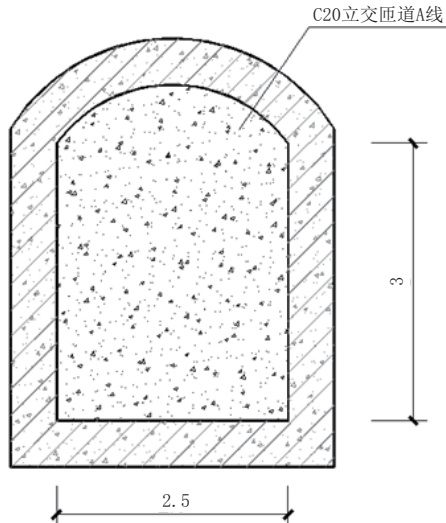


图3 涵洞加固示意图(单位:m)

3 数值计算

FLAC 3D 程序在数学上采用的是快速拉格朗日方法,基于显式差分来获得模型全部运动方程和本构方程的步长解,其本构方程由基本应力应变定义及虎克定律导出,运动平衡方程则直接应用了柯西运动方程。本涵洞呈狭长的拱形,长宽比不小于5,因此可采用平面应变进行数值模拟,模型宽度取为1.0 m;模型长度以涵洞轴线为基准,左右各取20 m;结合本工程地质情况,模型高度取至岩土分界线以下20 m,总高度为48 m。模型长宽高为40 m×1.0 m×48 m,有限元计算模型见图4。模型共有8 096个单元,10 415个节点。边界条件为下部固定约束,y向固定,左右两侧法向约束,上部为自由边界,本构模型采用工程中常用的摩尔-库伦(Mohr-Coulomb)模型,模型图中“chenqi”代表拱涵衬砌;“weiyant1”代表回填土层;“weiyant2”代表中风化砂质泥岩。

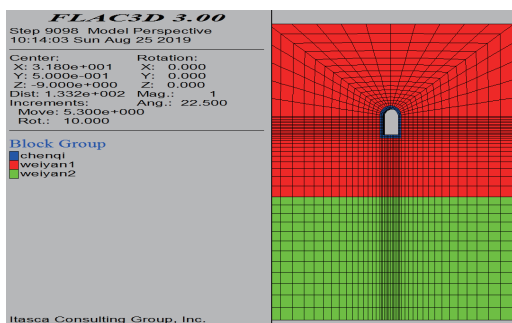


图4 有限元计算模型

本次有限元计算材料相关参数取值主要来源于工程勘察报告,见表1。

表1 计算材料相关参数

模型	材料	天然密度 / (kg·m ⁻³)	弹模 / GPa	泊松比	粘聚力 / MPa	摩擦角 / (°)
weiyant1	土层	2 020	0.01	0.43	—	综合 28
weiyant2	中风化泥岩	2 450	2.05	0.35	0.55	20.7
chenqi	C30 钢筋混凝土	2 600	31.00	0.20	—	—

根据本工程涵洞从修建顶部回填后开始,至混凝土回填封闭结束,主要分三个工况进行计算,见表2。

表2 计算工况表

序号	工况
工况1	计算涵洞修筑完成,顶部路基土体回填完成
工况2	计算涵洞中充满水(按外荷载考虑)的应力、地表变形,然后将位移、位移速率归零、应力平衡,模拟多年使用后目前状况
工况3	回填混凝土(加大外荷载),计算地表变形。每步执行计算循环达到最终状态

工况1下竖向位移计算结果表明:由于拱涵修筑完成,拱涵顶部土体回填,在一段时间内,土体在自重作用下发生自然沉降,地表路面最大沉降值约18.97 cm。根据《城市道路检测技术规程》(DB50/T 395—2011),路基沉降城市主干路沉降累计值不大于20 mm,拱涵修建后满足相关规范要求。

将工况1计算结果的位移、位移速率清零,在初始应力平衡下进一步计算,计算涵洞在正常使用状态(充满水)下的应力及位移。计算结果表明:由于水体的作用,涵洞进一步发生沉降,但是沉降值远小于工况1,最大沉降约9 mm,地表路面最大沉降约5 mm。

考虑涵洞使用年代较为久远,沉降趋于稳定,因此将工况2计算结果的位移、位移速率再次清零,在增加内部荷载(混凝土回填封闭)下进一步计算。计算结果见图5。计算结果表明:地表最大竖向位移7.65 mm;涵洞底部竖向位移为16.45 mm,表明地表路面的最大沉降值比涵洞底部沉降值小8.8 mm,与理论分析的地表最大沉降会远小于涵洞底部沉降结论一致。

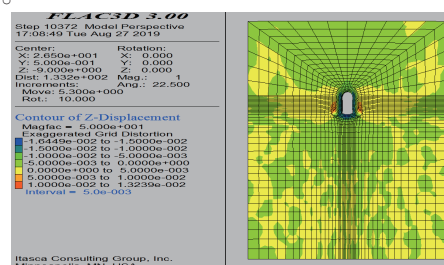


图5 工况3 竖向位移云图

4 涵洞基底压力标准值计算

涵洞衬砌和回填混凝土衬砌重度均按 25 kN/m^3 计算,且不考虑原涵洞充填水的荷载(偏于保守),涵洞外轮廓断面面积约 12.5 m^2 ,取涵洞延米计算,则涵洞基底压力为: $200+1.69+(25 \times 12.5 \times 1.0)/3.5/1.0=290.98 \text{ kPa}$,小于基底地基承载力容许值 400 kPa (来源于地勘报告),满足要求。

5 结论与建议

经过数值计算与分析,可以得出如下结论:

(1)涵洞采取 C20 混凝土(或容重更小的轻质混凝土)回填封闭是可行的^[4],对高速公路工程影响有限:封闭回填后涵洞基底压力为 298.98 kPa ,小于基底地基承载力容许值 400 kPa ,满足要求;回填后,涵洞底部沉降约 16.45 mm ,地表路面沉降约 7.65 mm ,满足相关要求。且路面沉降不是突变的,在一定范围内是渐变的,因此在可接受范围之内,对行车安全影

响较小。此外,回填施工风险较小,均在可控范围之内。

(2)为防止匝道 B 线建成后凹沟积水对边坡及路基的影响,需将凹沟进行填平,建议先采用 C20 素混凝土封闭回填,回填高度 0.5 m ,防止积水浸泡基底,混凝土以上再采用土石回填并压实,压实系数不低于 93% ,表面采用 30 cm 厚 C20 素混凝土封闭,回填施工时,应分层进行。此外,施工需满足相关规范规程,防止安全事故的发生。

参考文献:

- [1] 熊桂开,钟恒,祝小龙,等.拟建建筑对周边既有轨道交通双线隧道安全影响分析[J].北方交通,2014(12):97-100.
- [2] 熊桂开.某堆场工程建设对既有隧道安全影响分析[J].城市道桥与防洪,2014(2):131-133.
- [3] 湛润水,胡钊芳,帅长斌.公路旧桥加固技术与实例[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [4] JTG/T J22—2008,公路桥梁加固设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com