

明挖隧道基坑对邻近高铁桥梁位移影响分析

王佳辰

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710075)

摘要: 针对U型槽基坑开挖施工对邻近铁路桥梁位移的影响进行了三维数值计算分析,并对已完成的数值计算分析进行复盘,重点提出三维计算过程中的要点及注意事项,以为类似工程项目提供参考。

关键词: 数值分析;明挖隧道;岩土工程;安全评估

中图分类号: U441

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)12-0256-03

0 引言

《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》(TB 10182—2017)(以下简称《规程》)已由国家铁路局于2017年12月22日发布,并于2018年4月1日起正式实施。《规程》对公路或市政道路以桥梁、桩板结构、U型槽和框架结构、路基及隧道等型式下穿高速铁路的具体要求进行了明晰且严格的规定。如:《规程》第3.0.3条明确要求受下穿工程影响的无砟轨道高速铁路桥梁墩台顶横向、纵向、竖向位移限值均不得大于2 mm,否则应采取铁路限速措施或进行专项论证。

《规程》的实行,为相关下穿高铁的建设项目提供了明确的设计方向,也成为了铁路部门对相关项目进行设计和施工方案审查的切实依据。因此不少类似项目在设计或安全评估阶段即需要针对项目建设对高铁构筑物位移的影响进行充分分析计算。

本文针对中山市省道S268线岐江公路古镇同兴路口改造工程中的U型槽基坑对广珠城际铁路高架桥梁位移影响进行三维数值分析,并对计算结果进行复盘,提出分析过程中的重点和注意事项,以为国内其他类似工程设计、施工项目提供参考。

1 工程概况

中山市省道S268线岐江公路古镇同兴路口改造工程位于中山市古镇,计划将一现状平交路口改造为东西向主线下穿南北向道路、东西向辅道设置地面道路与南北向道路平交的菱形立交,拟建主线

下穿隧道位于珠江三角洲冲积平原,软弱土深厚。地层从上至下依次为2.2~5.5 m人工填土、2.5~8.6 m含砂淤泥质土、3.3~11.2 m淤泥、1.9~8.0 m粉砂、3.8~9.5 m淤泥质土、2.2~18.7 m粉质黏土、4.0~20.0 m全风化角砾岩、4.8~31.7 m强风化角砾岩。

隧道小桩号U型槽段平面呈36°交角下穿广珠城际铁路高架桥梁,U型槽基坑距铁路承台最近平面距离约4 m,影响段落最大开挖深度为5.1 m。承台与基坑平面位置关系及基坑支护方案见图1。

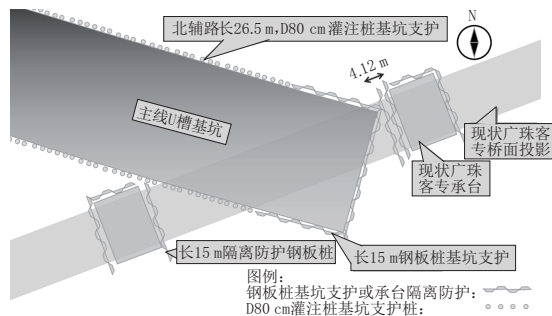


图1 拟建U型槽基坑与现状承台平面位置关系图

2 数值分析模型的建立

2.1 模型参数的选择

岩土工程有限元数值分析最为关键的是地层及构件物理力学参数、本构模型的选择。同一个三维实体模型,当单元选取不同的物理力学参数及本构模型时,分析结果往往存在较大差异,甚至与模型计算是否能收敛紧密相关。

地层参数的选择应根据现场试验、地勘报告及工程经验综合选取;结构材料按弹性本构取相关参数。本项目模型参数选择见表1、表2。

2.2 模型边界尺寸的确定

土体具有弹塑性特性^[1],随着距离工点位置越来越远,工程对周边环境的影响程度将越来越小。当距

收稿日期: 2022-02-14

作者简介: 王佳辰(1996—),男,本科,助理工程师,主要从事隧道及岩土工程设计工作。

表 1 模型各涉及单元物理力学参数表(1)

材料	本构模型	单元类型	泊松比 μ	容重 / $(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$
填土	修正摩尔库伦	实体	0.35	18.60
淤泥、淤泥质土	修正摩尔库伦	实体	0.40	16.40
粉质黏土	修正摩尔库伦	实体	0.32	19.40
全、强风化角砾岩	修正摩尔库伦	实体	0.30	21.80
坑底及地基加固	弹性	实体	0.30	20.00
支护钢板桩	弹性	板	0.30	76.98
防护钢板桩	弹性	实体	0.30	76.98
U 型槽主体结构	弹性	实体	0.20	24.00
抗拔桩	弹性	1D	0.20	24.00
支护灌注桩	弹性	板	0.20	24.00
桥梁结构	弹性	实体	0.20	24.00

表 2 模型各涉及单元物理力学参数表(2)

材料	割线模量 /MPa	切线模量 /MPa	卸载弹模 /MPa	黏聚力 C/MPa	内摩擦角 $\phi/(^{\circ})$
填土	10	10	30	16	8.5
淤泥、淤泥质土	15	15	45	6	2.6
粉质黏土	24	24	72	25	10.6
全、强风化角砾岩	300	300	900	340	60
坑底及地基加固	30				
钢板桩	206 000				
U 型槽主体结构	31 500				
支护灌注桩、抗拔桩	30 000				
桥梁结构	30 000				

离基坑工点位置大于 3~5 倍基坑开挖深度时,开挖对周边环境已基本没有影响^[2]。故在岩土工程有限元计算中,为了兼顾模型计算的准确性和模型运行分析的快速流畅性,通常选取模型的平面范围为基坑周边约 5 倍开挖深度。

模型竖向尺寸的选择按照上至自然地面,下至稳定的持力层且应包络住基坑潜在滑动面并留有富余的原则执行。

2.3 几何、网格及单元划分

三维数值分析的几何、网格及单元划分需要注意以下几点:

(1)绘制几何模型时,务必及时进行两两几何元素之间的交叉分割,且在材料分界处务必建立相应的分界几何元素,避免后续网格划分时产生交叉节点不耦合的情况。

(2)几何模型建立时,桩体几何宜与地层实体几何进行印刻处理,保证地层单元与桩的梁单元节点耦合。

(3)网格及单元的划分应按照从低维至高维单元

的顺序进行划分(采用析取方式建立的 1D 单元和 2D 单元除外),避免 1D 单元与实体单元无法进行节点耦合。

(4)需重点分析的部位,应尽量将网格或单元划得细些,以提高计算结果的准确性。

(5)考虑到桥梁纵向受上部结构(箱梁)的约束,桥梁下部结构顺桥纵向刚度很大,故桥梁实体单元划分完成后,宜在各墩顶部添加刚性连接单元加以模拟箱梁作用,以限制墩顶纵向变形。墩顶刚性连接单元见图 2。

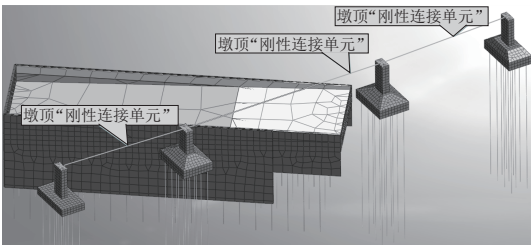


图 2 墩顶刚性连接单元

(6)基坑支护桩采用板单元模拟,其中板单元厚度按照等效刚度的原则选取,即按板单元厚度计算的竖向抗弯刚度应等于实际支护桩竖向抗弯刚度。基坑支护桩单元的建立步骤为:几何模型建立时,在地层实体几何中将拟划分的支护桩板单元上下左右四边印刻上几何线条;在划分完地层单元后,采用析取功能析取板单元作为支护桩单元。

(7)对于基坑地基加固范围内的地层应单独划分网格组,在初始阶段,其属性为原始地层属性;在施作地基加固阶段,采用修改单元属性的边界条件,将这部分网格组属性变化为复合地基属性,从而实现对抗底加固的模拟。

(8)在现状地基加固、支护桩施工前,需在现状承台周边打设一圈长 15 m 的钢板桩作为隔离防护桩。本项目影响分析计算中对防护桩采用实体单元模拟,单独建立网格组,其厚度按上述等效刚度原则确定。在初始阶段,其属性为原始地层属性;在施作隔离防护桩阶段,采用修改单元属性的边界条件,将这部分网格组属性变化为钢板桩属性,从而实现隔离防护桩的模拟。

(9)基坑开挖后需要浇筑 U 型槽结构。应事先将基坑内 U 型槽结构厚度范围的土体单独建立网格组。基坑开挖工况下,将这部分网格组单元钝化;浇筑 U 型槽结构时再重新激活,并赋予其“修改为混凝土结构属性”的边界条件。

(10)模型未模拟基坑内支撑,以保证现状桥梁

墩顶位移计算结果具有一定冗余量。

3 模型施工工况模拟及运行分析

本项目模拟的是 U 型槽基坑施工开挖对现状桥梁位移的影响,现场施工顺序为:施作现状承台隔离防护桩—施作基坑坑底加固及抗拔桩—施作基坑围护桩及首层内支撑、冠梁—开挖基坑—施作 U 型槽主体结构。结合现场施工顺序,需对各工况影响做分析计算。本次数值分析定义的施工工况分为初始地应力计算,施作隔离桩、地基加固、抗拔桩及支护桩,开挖工况和浇筑 U 型槽主体结构。

3.1 初始地应力计算

首先激活所有原始地层单元、现状桥梁结构单元及墩顶刚性连接单元,激活模型约束、重力、桥梁墩顶荷载等。将分析计算所得位移清零,得到场地初始状态,计算得到模型底部初始地应力为 2 900.735 kPa,符合理论值(见图 3)。



图 3 初始状态计算结果(单位:kPa)

3.2 施作隔离桩、地基加固、抗拔桩及支护桩

在初始地应力工况的基础上激活“修改为隔离钢板桩单元属性”、“修改为坑底加固单元属性”的边界条件,并在隔离钢板桩实体单元朝向承台方向施加一定的钢板桩打入时的挤压力。激活抗拔桩、支护桩单元。进行分析计算。

3.3 开挖工况

可采用钝化单元功能实现对基坑内土体的开挖,在 3.2 节工况基础上将事先已单独建立网格组的基坑内土体单元(U 型槽结构厚度范围土体和其余基坑内土体应分开建立网格组)钝化,并进行计算分析。

3.4 浇筑 U 槽主体结构

在 3.3 节工况基础上将已钝化的 U 型槽结构厚度范围的土体单元重新激活,并赋予其“修改为混凝土结构属性”的边界条件。进行计算分析。

4 计算成果

将上述已建立的施工阶段组添加到软件运行分

析中进行计算,得到各阶段施工对现状桥梁墩顶位移影响值。

根据计算结果,墩顶最大沉降、横桥向最大水平位移、纵桥向最大水平位移均发生在浇筑 U 型槽结构阶段。其中最大沉降值为 0.93 mm,横桥向最大水平位移值为 1.95 mm,纵桥向最大水平位移值为 0.52 mm(见图 4 至图 6),均小于《规程》的要求。

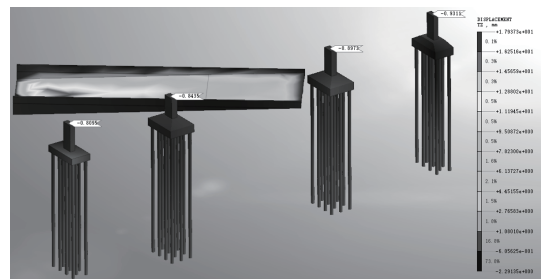


图 4 墩顶最大沉降计算结果(单位:mm)

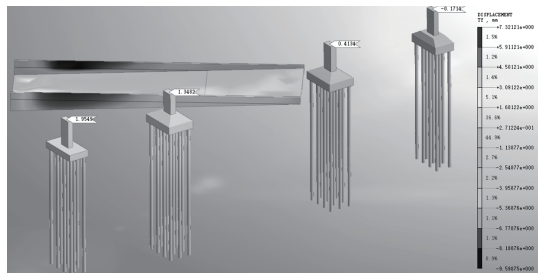


图 5 横桥向最大水平位移计算结果(单位:mm)

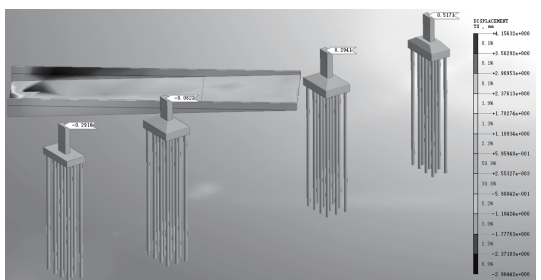


图 6 纵桥向最大水平位移计算结果(单位:mm)

上述计算成果已成功获得铁路审批部门认可及审批,项目正顺利进行现场施工。

5 结 语

(1)地层参数的选择应根据现场试验、地勘报告及工程经验综合选取,确保模型计算能够收敛且计算准确。

(2)模型构建过程中要有清晰的建模思路,熟练运用印刻、析取和修改单元属性等工具。

(3)支护桩等单元可按等效刚度原则简化为板单元或实体单元。

(4)施工各工况的模拟应结合现场实际施工顺序进行,善用软件的激活、钝化单元功能。注意务必进行模型的初始地应力分析计算并将位移清零,作为

(下转第 267 页)

管理的策划、实施、检查、改进四个环节

6.2 知识产权管理的过程方法模型

过程方法在知识产权管理中有一个简单的模型,一个过程他有输入,有输出,一个过程的输出也是下一个过程的输入。这个对于企业来讲,最核心的过程,最大的过程就是企业的管理,不同的职能部门,生产部门,其实就是在承担一个个子过程。在这些子过程中有哪些知识产权活动,把这些抽象出来,对应标准,用过程方法去识别企业日常的活动。

6.3 PDCA 循环

PDCA 是英语单词 Plan(计划), Do(执行), Check(检查), Act(改进)的首字母。PDCA 循环又叫质量环,是管理学中的一个通用模型,最早由休哈特于 1930 年构想,后来被美国质量管理专家戴明博士在 1950 年再度挖掘出来,并加以广泛宣传,运用于持续改善产品质量的过程。

针对每个过程,都可以用这四个词表现出来。每个过程都有计划、执行、检查和改进的这么一个基本的思路。然后把这些过程抽象出来,对应到企业日常

的活动中,再一步一步的去完善。

7 认证审核工作的原则

战略导向(求真务实):统一部署经营发展、科技创新和知识产权战略,使三者互相支撑、互相促进。

领导重视(首要工作):最高管理者的支持和参与是知识产权管理的关键,最高管理层应全面负责知识产权管理。

全员参与(各司其职):知识产权涉及企业各业务领域和各业务环节,应充分发挥全体员工的创造性和积极性。

8 结 论

标准的着眼点,也就是审核的出发点。在于降低企业经营中的知识产权风险,提高企业的核心竞争力,获得竞争优势,创造价值。企业实施本标准应考虑以下因素:经济和社会发展状况,法律和政策要求;企业的发展需求、竞争策略、所属行业特点;企业的经营规模、组织结构、产品及核心技术。

~~~~~  
(上接第 258 页)

模型的初始条件。

(5)本项目设计方案采取的基坑支护及现状承台周边隔离防护措施,能够满足现状高速铁路桥梁墩顶位移要求。

(6)本项目问题的解决方案已成功应用在设计施工中,取得了技术及施工方案批复。设计内容及设计

过程中的分析计算可为类似工程问题的解决提供有力参考。

参考文献:

[1] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].2 版.北京:中国建筑工业出版社,2009:68.  
[2] 沈明荣,陈建峰.岩体力学[M].2 版.上海:同济大学出版社,2015:233.