

软土地区顶管基坑开挖对高速路堤的影响分析

马志明

(上海能源建设集团有限公司, 上海市 200122)

摘要: 借助上海某顶管工程下穿高速公路项目,通过建立有限元模型分析基坑开挖对高速路堤的影响。通过数值模型与实测数据对比,变形规律基本相似,最大数值偏差在13%以内,模型具有一定的参考价值。工作坑距离路堤坡脚大于3倍开挖深度,路堤的变形非常微弱,可忽略。接收坑距离路堤坡脚2.6倍开挖深度,路堤有了明显的变形。建设条件允许时,基坑与高速坡脚的距离宜控制在3倍开挖深度以上。当基坑距离路堤小于3倍开挖深度时,建议硬路肩做适当坡面防护等加强措施。

关键词: 软土地区;顶管基坑;高速路堤;影响分析

中图分类号: TU473

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)06-0242-03

0 引言

伴随城市建设进程,区域的组团发展对能源的需求越发强烈,尤其需要实现区域间的连通,这不仅保障能源安全,更为主干能源网的集中管理提供便捷。在推进能源建设过程中,高速公路路堤往往阻碍了管网的顺利敷设,此时常采用顶管技术实现能源连接。近年来顶管技术发展也较为成熟^[1],然而施工前需开挖工作坑和接收坑,深基坑的开挖难免对高速公路路堤产生扰动。尤其,在我国东部沿海地区大量分布着沉积相的软土,软土具有含水量高、抗剪强度低、压缩性大、敏感度高等工程特性^[1]。在软土地区开挖基坑,如果时空效应控制不利,往往围护变形较大,进而危及高速公路的安全运营。另外,高速公路的超载和路面动荷载也影响着基坑本体的安全,基坑开挖卸载与周边动静超载相互作用,使得基坑的受力和变形特性更加复杂。因此,较准确的预测基坑开挖对高速路堤的影响对保证运营安全有着显著的意义。

国内学者^[2-4]针对高速铁路受临近深基坑开挖的影响进行过一定的研究,但针对高速公路的影响分析鲜有提及。

本文以上海某顶管工程穿越高速公路为背景,通过建立有限元模型与基坑变形实测数据对比验证模型合理性,进一步预测开挖卸载与路堤超载共同

作用下路堤的变形情况,供相似工程设计与施工借鉴和参考。

1 工程概况

上海某顶管工程穿越S4高速及南桥收费站匝道等共3处(如图1所示),顶管管道采用 $\phi 1\ 016 \times 15.9$ mm钢管。本次选择3#顶管对应的工作坑和接收坑作为研究对象,工作坑开挖6.62 m,平面尺寸 11.5×4.5 m,接收坑开挖深度8.13 m,平面尺寸 6×4.5 m,基坑沿高速公路两侧近似对称布置,距离高速公路约20 m。



图1 某顶管工程下穿高速公路示意图

根据基坑工程规范^[5],顶管工作坑安全等级为三级,接收坑安全等级为二级,环境保护等级均为三级。两处基坑均采用D650型钢水泥土搅拌墙围护型式(如图2接收坑断面所示),型钢尺寸 $H500 \times 300 \times 13 \times 11$,插一跳一,桩长14/17 m。基坑竖向设置两道支撑(接收坑首道仅采用混凝土围檩),坑内和进出洞均采用三轴搅拌桩加固,坑内加固深度为3 m。

收稿日期: 2021-09-09

作者简介: 马志明(1984—),男,本科,工程师,从事燃气管道工程施工管理工作。

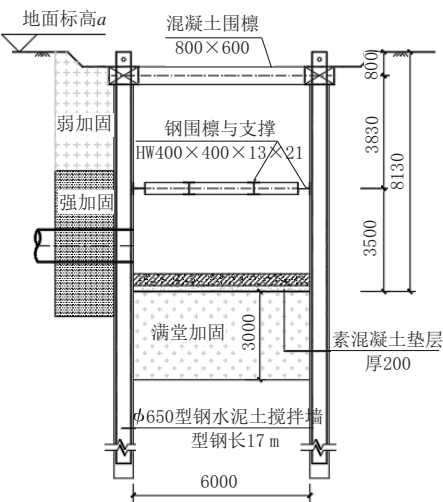


图2 接收坑围护横断面示意图(单位:mm)

基坑周边场地标高约4.0 m,路堤标高约5.2 m,属正常的软土海相沉积区。自上而下地基土主要由饱和黏性土、粉性土和砂土组成,即:填土、1 褐黄~灰黄色粉质黏土、灰色淤泥质粉质黏土、灰色淤泥质黏土、1 灰色黏土。土层物理力学性质详见表1。

表1 场地土层物理力学性质

土层	天然容重 ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	黏聚力 /kPa	摩擦角 /($^{\circ}$)	压缩 模量/MPa
填土	18	12	18	5.2
1 粉质黏土	18.4	18	14	5.5
灰色淤泥质粉质黏土	17.2	13	14	3.4
灰色淤泥质黏土	16.7	13	12	2.6
1 黏土	18.3	12	13	6

场地浅部分布地下水为潜水类型,水位变化主要受控于大气降水、地面蒸发及地表水的补给与调节,主要补给来源为大气降水和周边河道。潜水位埋深一般为地表下0.5~1.3 m,年平均地下水位为地表下0.5~0.7 m,平均水位标高3.30 m。设计高水位0.5 m、低水位1.5 m。本次基坑工程不涉及承压水突涌问题。

2 数值模型

2.1 模型建立

采用大型有限元计算软件 PLAXIS2D 建立顶管工作坑、接收坑、高速公路路堤及周边土体的数值模型,网格划分见图3。为减小有限元模型的边界效应,模型取宽160 m,高70 m。整个模型底部约束竖向位移,两侧约束水平位移。

PLAXIS 2D 程序是由荷兰 PLAXIS B.V. 公司推出的一款功能强大的通用岩土有限元计算软件,已广泛应用于基坑与周边环境相互影响、盾构隧道与

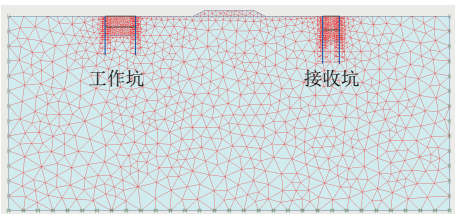


图3 有限元模型

周边既有构建筑相互作用、软土渗流固结分析、地下建筑抗震性能分析等各种复杂岩土工程项目的有限元分析。PLAXIS 系列程序具有专业、高效、强大、稳定等特点,逐渐成为岩土工程界不可或缺的数值分析工具。

本模型中土体简化为水平向均质,单元采用多节点($n=15$)的平面应变单元来模拟,其力学模型采用 Hardening-Soil 模型,土层物理力学参数取值按照表1选取,其他参数按照表2选取。基坑工程最典型的力学行为即为卸载,Hardening-Soil 模型能够较好的模拟这一力学行为^[6]。型钢水泥土搅拌墙围护根据刚度等效原则进行折减,采用板单元模拟。板单元与土体设置接触单元模拟结构与土的共同作用。支撑采用弹性杆来模拟,刚度根据间距进行折减计算。高速公路超载按照基坑周边设计静载的1.3倍,即26 kPa 考虑。地下水位为-0.5 m,但不考虑渗流作用。

表2 各土层参数选取值

土层	土层厚度/m	割线模 E_{50} /MPa	接触面 系数
①填土	1.5	8	0.5
② ₁ 粉质黏土	3	12	0.65
③灰色淤泥质粉质黏土	5	6	0.7
④灰色淤泥质黏土	7	7	0.7
⑤ ₁ 黏土	53.5	15	0.7

2.2 施工模拟

模拟基坑开挖施工过程需采用分步计算,主要计算步骤如下:

- (1)计算土体在自重作用下产生得初始地层应力;
- (2)开挖工作坑,激活工作坑围护结构单元,分步杀死坑内的土体单元和激活对应支撑,并考虑地下水位的变化;
- (3)开挖接收坑,激活接收坑围护结构单元,分步杀死坑内的土体单元和激活对应支撑,并考虑地下水位的变化。

3 影响分析

工作坑开挖后,基坑周边地表最大沉降约-10.63 mm,发生在基坑边4 m,为基坑开挖深度0.6

倍,此时高速路堤最大沉降几乎为 0.5 mm(如图 4 所示)。图 5 为工作坑周边侧向变形云图,围护最大变形 19.8 mm 发生在深度约 5.1 m,高速路向基坑方向发生侧移 0.5 mm。工作坑距离高速路堤堤脚约 21 m (3.2 倍开挖深度),此时接收坑开挖对高速公路造成的影响非常微弱。

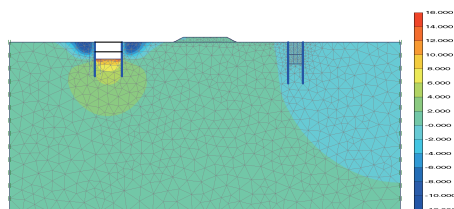


图 4 工作坑开挖后土体沉降云图(单位:mm)

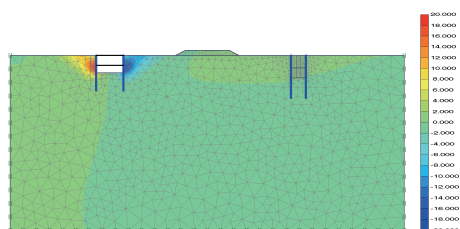


图 5 工作坑开挖后土体侧移云图(单位:mm)

接收坑开挖后,基坑周边地表最大沉降约 -20.5 mm,发生在基坑边 5 m,为基坑开挖深度 0.62 倍,高速路堤最大沉降 -2 mm,发生在近接收坑的路肩(如图 6 所示)。图 7 为周边侧向变形云图,围护最大变形 34.4 mm,发生在深度约 7 m,高速路向接收坑方向发生最大侧移 4.5 mm,位于坡脚。接收坑距离高速路堤堤脚约 21 m(2.6 倍开挖深度),此时工作坑开挖对高速公路造成了 5 mm 以内的影响。

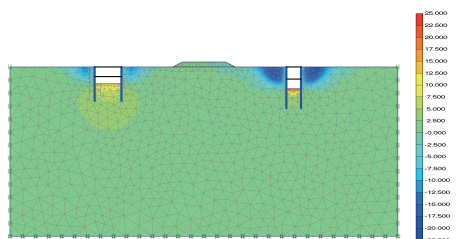


图 6 接收坑开挖后土体沉降云图(mm)

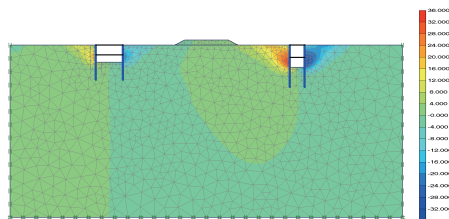


图 7 接收坑开挖后土体侧移云图(mm)

把工作坑和接收坑的围护变形数据与实际观测数据进行对比可见(如图 8 所示),围护变形规律较为相似,最大变形数据差值约 13%,表明数值模型具有一定的可信度。

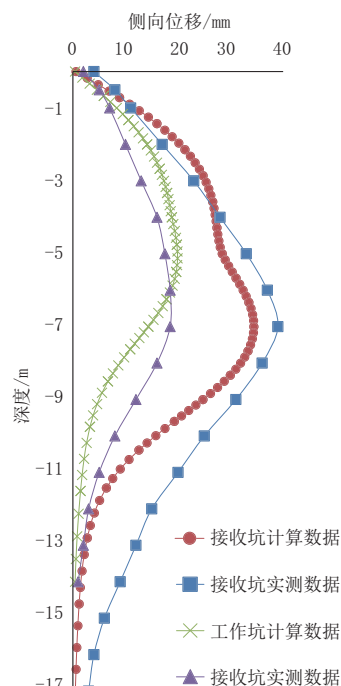


图 8 基坑围护变形计算值与实测数据对比

4 整体分析

基坑围护变形较大值发生在坑底附近,其变形规律与类似经验较一致。通过数值模型与实测数据的对比,规律相似度较高,模型具有一定的参考价值。

当接收坑开挖后,路堤侧向变形最大值均发生在临近基坑侧的坡脚处,沉降最大值发生在硬路肩位置。

基坑开挖卸载与高速公路超载共同作用时,其变形形态主要受控于开挖工况。工作坑距离路堤坡脚大于 3 倍开挖深度,路堤的变形非常微弱,可忽略。接收坑距离路堤坡脚 2.6 倍开挖深度,路堤有了明显的变形。因此,基坑与路堤坡脚的间距是影响路堤变形的关键因素。建设条件允许时,基坑距离高速路堤坡脚的距离宜控制在 3 倍开挖深度以上。

5 结论

借助上海某顶管工程下穿高速公路项目,通过建立有限元模型分析基坑开挖对高速路堤的影响,主要结论如下:

(1)数值模型与实测数据对比,变形规律基本相似,最大数值偏差在 13%以内,模型具有一定的参考价值。

(2)工作坑距离路堤坡脚大于 3 倍开挖深度,基坑与路堤荷载相互作用下,路堤的变形非常微弱,可

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.06.062

山东农业工程学院市政工程设计实践与探索

李 昶

(淄博市规划设计研究院有限公司, 山东 淄博 255037)

摘 要: 随着当前经济、社会日益发展,人们对大学校园的安全性、舒适性、智慧性提出了越来越高的要求,新型的人文校园、智慧校园已经成了校园建设的风向标,而市政设计作为校园设计的重要组成部分,如何将其功能性、创新性和智慧性与校园自身特点结合成为设计中至关重要的一环。山东农业工程学院市政设计深入分析此类大学校园实际运行特点,科学优化道路交通体系、给排水分区和各专业管线布控方式,整个设计过程全专业实现 BIM 正向协同设计,一张图实现 BIM 施工交底,实现了市政配套工程安全、低碳、智慧运营,为同类型的大学校园设计提供了指引。

关键词: 步行优先;动静分离;分区排水;管网优化布控;BIM 正向协同设计

中图分类号: TU99 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2022)06-0245-03

0 引 言

近年来,在淄博市政府大力推进淄博大学城建设、全面推进校城融合发展的大背景下,一大批大学校园应运而生。人们对新时代的大学校园市政设计提出了新的要求,在以往市政配套完善的基础上,对安全性、舒适性、智慧性等都有了更高标准的要求。将市政设计与校园自身特点相结合,针对性地进行科学优化设计,打造新时代的智慧校园是本次设计的重点。

1 工程概况

该项目位于淄博大学城,总占地面积约 1 016 hm²,总建筑面积约 43.7 万 m²,容纳四年制本科师生约 1.6 万人。项目建设总投资约 29.3 亿元,其中市政配

套设计内容包含道路、桥梁、雨水、污水、给水、电力、照明、弱电智能化、管线综合九大专业,项目总投资约 1.7 亿元。

2 工程设计原则

本校区市政配套工程设计以打造“绿色、先进、智慧、品质”大学校园为目标,各专业设计深入理解大学校园自身实际运行特点,针对性地科学优化、协同设计。同时着眼未来,设计力求富有协调性、前瞻性和弹性,满足新时代新建高校未来发展的多样性、可持续性要求,最终实现市委、市政府把该大学校区建成“省内领先、国内一流”的指示要求。

3 工程设计要点

3.1 着力打造“安全、便捷、舒适、活力、品质”的 10 分钟步行交通圈

该校区空间尺度适宜,学科布置文理兼容,各建筑单体功能配套完善,从本校区公共空间——公共生

收稿日期: 2021-08-30

作者简介: 李昶(1983—),男,本科,高级工程师,从事市政道桥设计工作。

忽略。接收坑距离路堤坡脚 2.6 倍开挖深度,基坑与路堤荷载相互作用下,路堤有了明显的变形。

(3)路堤侧向变形最大值均发生在临近基坑侧的坡脚处,沉降最大值发生在硬路肩位置。建设条件允许时,基坑距离高速坡脚的距离宜控制在 3 倍开挖深度以上,当基坑距离路堤小于 3 倍开挖深度时,建议硬路肩做适当坡面防护等加强措施。

参考文献:

[1] 王新,陈豹.浅析软土地区放坡基坑的设计与施工[J].测绘通报,

2015,37(5):126-127.

[2] 王超.软土地区大口径顶管施工对周边环境的影响分析[J].测绘通报,2017(S2):97-101.

[3] 马宁.软土地区临近运营高速铁路建筑基坑防护方案研究[J].铁道标准设计,2017,61(4):50-53+63.

[4] 嵇一,张军,宋顺忱.软土地区基坑开挖对临近高铁影响数值仿真分析[J].铁道工程学报,2014(2):41-47.

[5] DG/T J08-61—2018.基坑工程技术标准[S].

[6] 张飞,李镜培,唐耀.考虑土体硬化的基坑开挖性状及隆起稳定性分析[J].水文地质工程地质,2012,39(2):79-84.