

深基坑开挖对临近高架桥变形影响分析

王庭博^{1, 2}

(1. 上海勘察设计院(集团)有限公司, 上海 200438; 2. 上海岩土与地下空间综合测试工程技术研究中心, 上海 200093)

摘要: 在桥梁安全保护区域内从事如基坑开挖等限制性施工活动, 须进行施工影响评估。采用有限元数值模拟方法, 通过建立三维有限元计算模型, 分析深基坑开挖对临近高架桥结构的变形影响。计算中土体采用修正摩尔-库仑模型, 高架结构等混凝土构件采用线弹性模型, 依据开挖次序设置计算工况, 得出在车站基坑开挖阶段, 临近 Y 路立交承台最大累计沉降为 -7.5mm, 临近 P 高架承台最大上抬约 +3.5mm。计算结果与实测数据较吻合, 可为类似工程提供参考。

关键词: 深基坑; 高架桥; 安全保护区域; 变形影响

中图分类号: TU92 **文献标识码:** A

文章编号: 1006—7973 (2022) 09—0149—03

根据上海市市政行业《城市桥梁、隧道安全保护区域技术标准》, 建筑打桩、地下管道顶进^[1]、建筑物爆破、基坑开挖^[2, 3]等作业属于安全保护区域内限制作业行为。在安全保护区域内从事限制性施工作业行为时, 应根据保护对象的性质以及施工影响程度, 进行专项设计, 经评审通过, 获得行政许可后方可实施^[4]。

对于堆载(或卸载)作业, 安全保护区域为桥梁垂直投影面周边 50m 范围^[4]。

1 项目概况

某地铁站与另一条地铁线车站通道换乘, 主体规模 343.8430.0m (内径), 站台中心处顶板覆土约 3.85m, 坑底深约 17.09m。车站西端头井(D1 区)位于 P 高架匝道下方, 底板埋深 18.92m。该高架跨度约 30m, 高架主线采用 $\Phi 800$ 钻孔灌注桩, 桩底标高 -47.300m, 距离西端头井围护结构最近处约 6.2m; Y 路立交(y1-2)采用 $\Phi 550$ PHC 管桩, 桩底标高 -43.200m, 距离西端头井围护结构最近处约 2.1m, 车站(D2 区)距离 Y 路立交最近约 5.8m。

车站基坑位于高架桥梁安全保护区域内, 需进行影响评估分析。

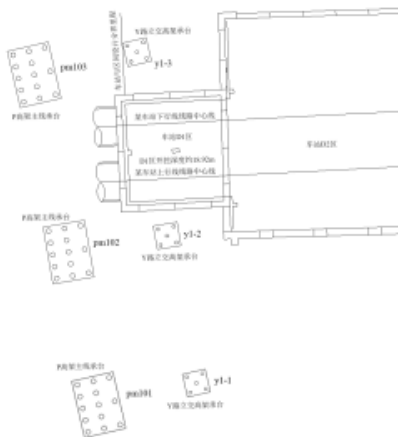


图 1 P 高架与车站基坑相对位置关系

2 基坑工程施工影响数值分析

2.1 模型建立

建模考虑邻近基坑的影响, 建立大型三维有限元模型, 模型域尺寸为 500m × 260m × 100m, 包括地铁车站基坑(D1~D4 区)和另外临近基坑 B 区和 C 区。P 高架桥考虑 P98~P105 七跨以及两侧各外延约半跨的范围, 桥梁结构以及承台加固参照竣工图纸资料。

模型中地层、桥梁上部结构、承台采用 3D 单元, 地墙、底板、地下结构版采用 2D 单元, 桥桩、基坑立柱、立柱桩、工程桩、支撑、围檩、梁柱等采用 1D 单元, 模型单元共计 85338 个。模型底部施加固定约束, 侧向边界施加水平约束。三维有限元模型及网格剖分见图 2 所示, P 高架与各基坑支护结构的模型见图 3 所示。

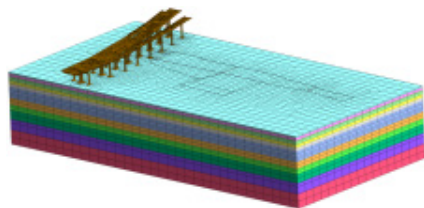


图 2 有限元计算模型

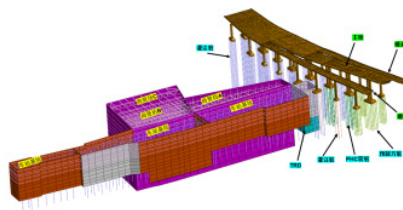


图 3 基坑范围与 P 高架桥模型

2.2 计算模型参数

土体本构模型选用修正摩尔-库伦模型, 模型参数根据勘察报告和规范建议综合确定。部分土层模型计算参数见表 1。基坑围护结构和高架等构件为混凝土结构, 选用线弹性模型。弹性模量取值按混凝土强度等级选取。

表1 有限元计算模型参数

土层	c' (kPa)	ϕ' ($^{\circ}$)	$E_{\text{ced}}^{\text{ref}}$ (MPa)	E_{50}^{ref} (MPa)	$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ (MPa)	m
②1	8	27	4.0	4.0	20.0	0.8
③	3	26	2.0	2.0	12.0	0.8
④	2	23	2.5	2.5	18.0	0.8
⑤1-1	4	28	5.0	5.0	25.0	0.8
⑤2	3	34	18.0	18.0	72.0	0.5

2.3 计算工况

评估基坑开挖对P高架的影响,此区域属于群体基坑开挖,故计算分析中需考虑群体基坑开挖的影响。计算工况按照基坑开挖顺序设置。考虑基坑开挖全过程,模拟分析中采用多施工步连续计算的方法。在分施工步连续计算中,位移和应力是累加的,上一施工步的位移和应力作为下一施工步的初始状态。基坑每层土开挖前水位降至开挖面以下1.0m。

3 结果与讨论

3.1 计算结果

图4和图5分别为车站围护结构施工和基坑开挖阶段高架结构沉降变形云图。从图中可以看出,在车站基坑围护结构施工阶段,邻近y1-2和y1-3承台最大沉降约-10.9mm;在车站基坑开挖阶段,y1-2和y1-3承台最大累计沉降为-7.5mm,基坑开挖造成的邻近P高架承台上抬最大约+3.5mm。

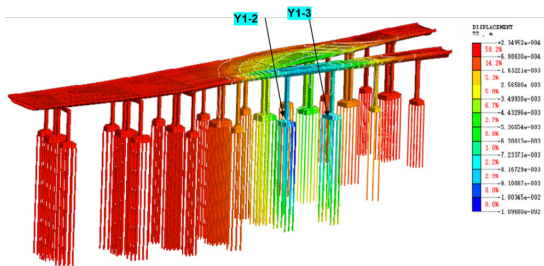


图4 P高架结构累计竖向变形(车站围护结构、桩基施工阶段)

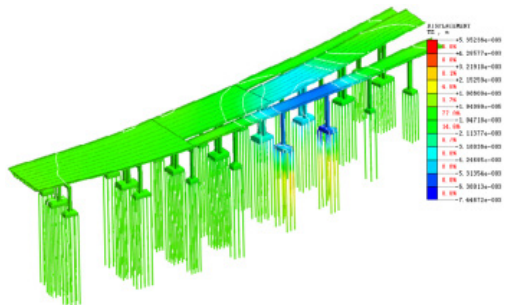


图5 P高架结构累计竖向变形(车站基坑开挖阶段)

3.2 变形监测

项目基坑工程施工期间,对P高架实施监测测量,监测测量从2017年9月14日开始,于2021年1月1日跟踪期结束。施工期间Y路立交高架y1-2、y1-3墩柱,P高架主线pm102、pm103墩柱(编号见图1)监测变形统计于表2。表中沉降变形为正,表示上抬,反之下沉;水平位移为正,表示向基坑侧位移。

表2 施工期间高架监测变形统计

高架桥	墩柱号	累计沉降变形/mm	累计水平位移/mm
Y路立交	y1-3	-12.5	+3.1
	y1-2	-7.6	+4.6
	y1-1	+0.5	+3.1
P高架主线	pm103	+2.1	+1.0
	pm102	+1.4	+2.2
	pm101	+2.6	+2.8

图6为地铁车站施工期间沉降变形历时曲线,分析历时监测数据可知,①西端头井D1区基坑开挖期间,承台沉降变形不明显,变化量在-1.53mm~+0.86mm,有轻微上抬趋势;②车站D2区基坑桩基施工期间,承台变形不明显,沉降变化量在-0.81mm~+1.85mm,水平位移变化量在-1.1mm~+1.3mm;③车站D2区基坑开挖期间,承台沉降变形呈上抬趋势,变化量在-0.33mm~+3.88mm;水平向朝基坑侧位移,变化量在-2.2mm~+4.5mm。

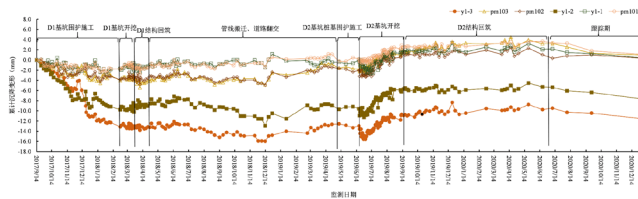


图6 车站基坑施工期间沉降变形监测历时曲线

对车站基坑工程施工P高架变形监测数据的分析可知,数值计算结果沉降变形趋势与实测数据较吻合;围护结构施工引起高架承台下沉;基坑开挖阶段沉降不明显;D2区开挖期间,承台变形呈上抬趋势(上抬约+3.9mm)。

4 结论

通过对临近高架桥基坑工程施工数值模拟分析,对其变形影响评估得出以下结论:①在车站基坑围护结构施工阶段,邻近y1-2和y1-3承台最大沉降约-10.9mm;②在车站基坑开挖阶段,y1-2和y1-3承台最大累计沉降为-7.5mm;③基坑开挖造成的邻近P高架

基于实测位移的深埋工程隧洞地应力反演

王保东, 付晓耕, 唐志坚

(中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222)

摘要: 某工程隧洞埋深大, 地应力高, 岩爆发生频繁, 为更好指导施工, 本文根据实测断面位移监测结果, 使用有限元软件对实测断面的地应力进行反演。根据地应力实测资料, 对隧洞整体和计算断面处岩爆风险做了评估, 结果表明计算断面处岩爆发生风险更高、等级更大, 表明了计算断面选择的合理性, 计算断面处岩石参数在反演分析中被使用; 以计算断面为例, 设计不同的地应力释放水平, 使用有限元计算软件对该断面围岩位移进行反演, 并与实测位移进行比较, 结果表明实际监测位移比计算位移小, 但从位移的顶、底、侧位移分布比例来分析, 计算位移值和实测位移基本符合, 也符合现有的地应力侧压力系数给定的规律。

关键词: 隧洞; 岩石参数; 地应力; 反演; 数值模拟

中图分类号: TU45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 09—0151—03

随着地下工程向地球深部进军, 隧道建设朝着超长深埋方向发展, 工程建设中主要面临高地应力这一特殊的工程地质问题, 而高地应力常常诱发岩爆、巷道片帮、塌方等灾害, 给工程的施工、运行带来严重影响。地应力是评价围岩和支护结构稳定性的重要参数之一, 关于地应力反演方面前人做了大量研究, 研究思路可概括为利用实测地应力资料和采用数值模拟方法求解两种。任洋等^[1]利用地应力实测值, 采用线性回归法获得了地应力随埋深的分布规律并评估了岩爆发生风险; 汪波等^[2]基于苍岭隧道实测地应力值, 构建了地应力场多元线性回归计算公式; 吕庆等^[3]针对深埋特长公路隧道初始地应力场进行了三维有限元反演分析, 并在此基础上开展了综合多种岩爆判别准则的岩爆等级预测。

然而, 不同地质条件下地应力受到诸如褶皱、断层、河谷岸坡等因素的影响, 较小区域内地应力特征也可能呈现出一定的差异性, 很难使用某一地应力回归模型对工程区域的地应力分布规律准确概括。故本文以某工程隧洞实测断面为例, 使用有限元计算软件 (Phase2) 对

实测断面的岩石参数和地应力做反演计算, 验算隧洞设计参数取值是否合理, 以期计算结果能够为指导施工提供依据。

1 工程概况

某水电站工程是一座低闸坝、长隧洞、高水头引水式电站, 工程主要任务是发电。引水隧洞总长 15639.86m, 最大埋深 1720m, 埋深大于 1000m 的隧洞长度为 3.32km, 占隧洞全长的 21.2%。隧洞洞口段地层岩性主要为变质闪长岩、片麻状花岗岩, 隧洞出口段为斜长角闪板岩、片岩夹大理岩薄层, 洞身段围岩为似斑状片麻状花岗岩或花岗片麻岩。隧洞轴线穿越侵入岩地层, 隧洞埋深大, 在高地应力作用下, 坚硬的花岗岩及闪长岩具备发生岩爆的条件, 因此进行隧洞地应力场反演分析十分必要。

2 计算断面及相关参数确定

2.1 计算断面确定及实测位移

承台上抬最大约 +3.5mm; ④数值模拟分析结果与实测数据较吻合, 可为类似工程提供变形影响参考。

参考文献:

- [1] 嵇中. 超大矩形顶管近距离侧穿软土地区高架桥桩的影响研究 [J]. 隧道与轨道交通, 2019(02): 12-15+59.
- [2] 许冠, 安然, 成怡冲, 等. 软土地区基坑施工对邻近

地铁高架结构的影响分析 [J]. 城市住宅, 2021, 28(12): 249-250+252.

[3] 黄文彬, 王源, 孙国峰. 基坑开挖对邻近地铁高架影响的变形计算与监测分析 [J]. 广东土木与建筑, 2021, 28(12): 46-50.

[4] 上海市城乡建设和交通委员会, 城市桥梁、隧道安全保护区技术标准 [S].