

浅析明挖隧道实施对紧邻基坑的影响

巩生龙, 谢明

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 明挖隧道作为城市开发的重要组成部分,与周边地块共同开发的情况日益增多。因此,明挖隧道实施对紧邻基坑影响的分析越来越重要。现结合深圳振海路明挖隧道基坑工程,并采用有限元软件 PLAXIS 模拟基坑开挖对紧邻基坑的影响分析,对与紧邻基坑的实施距离和已有基坑变形之间的关系开展规律性研究,分析不同基坑间距下基坑实施对紧邻已有基坑的影响,进一步提出了合理且安全的设计与施工建议。其成果对类似工程施工设计具有一定的借鉴意义。

关键词: 明挖隧道;紧邻基坑;数值模拟;基坑间距

中图分类号: U455.45

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0238-04

0 引言

随着城市建设的蓬勃发展,有限的土地资源不断被最大限度地开发利用,写字楼、居民楼、地下商场、地下人行隧道和地下车行环路等等如雨后春笋一般涌现,地块开发密度越来越大。然而,由于区域建设情况及开发功能定位等特殊原因,经常会造成地块与明挖隧道建设时序不尽相同;同时,明挖隧道往往又要与周边地下车库或地下商场相连,这就必然带来不同地块、隧道紧邻施工互相影响的问题。

目前国内大型地块快速开发已不在少数,在建或待建的有杭州未来科技城核心区块、义乌金融商务区、济南汉峪金融商务中心、南宁五象新区总部基地地下空间等等。这些区域地块内都涵盖了商业区、办公楼、地下环路等多个项目,不同项目的同时开发导致工期受限,实际工程中往往要求相邻各基坑能够同时施工或缩短两相邻基坑施工的间隔时间。为保护这些已有基坑、建构筑物等的正常使用,需严格控制基坑工程施工的位移,以及位移传递在周边环境安全或正常使用的范围之内,变形控制和环境保护往往成为基坑工程成败的关键^[1]。

近年来,常常由于基坑施工而引起建筑物或地下管线损坏的现象发生,而基坑支护结构并无破坏现象,因此基坑支护结构除满足强度要求外,还要满足基坑周边环境的变形控制要求,在软土地区后者

往往占主导地位^[2]。而关于基坑周边环境的影响的相关研究更是丰富,范益群等^[3]将隧道新奥法施工的时空效应法引进软土基坑工程;Finno 等^[4]对有无支护体系两种情况下的基坑开挖对建筑物的影响作了研究;刘忠昌^[5]运用 FLAC 软件模拟了深基坑开挖过程中的地下管线变形;郑刚等^[6]采用 PLAXIS 软件研究了邻近任意角度建筑物受基坑开挖的影响情况;陈小雨等^[7]以两相邻深基坑为工程背景,分析了不同基坑间距下土压力的数值解与理论解沿挖深的分布规律;王洪亮等^[8]研究了紧邻既有建筑基坑土压力理论,并提出了求解有限土体主动土压力的简化公式;林海^[9]以福州君临盛世茶亭基坑和世茂国际中心基坑作为研究对象,详细分析了相邻基坑同步开挖情况下的土体位移、支护结构位移和内力;应宏伟等^[10]以杭州某深大基坑为背景,利用有限元分析软件 ABAQUS,对隔断墙的效果进行了深入研究。

综上,当前国内外学者就基坑开挖对周边建构筑物影响进行了大量研究,但是对紧邻已有基坑的同步实施影响研究还相对较少。现基于深圳振海路明挖隧道的实际工程案例,利用有限元 PLAXIS 模拟基坑开挖,展开明挖隧道实施对紧邻已有基坑的影响进行分析与研究,对明挖隧道建设提出合理安全的实施方案。其成果可为类似复杂地块开发工程施工设计提供借鉴与参考。

1 工程概况

1.1 工程简介

深圳前海振海路明挖隧道工程位于前海深港现

收稿日期: 2020-07-20

作者简介: 巩生龙(1988—),男,工学硕士,工程师,从事地下结构及岩土工程设计工作。

代服务业合作区的桂湾片区梦海大道下方,近桃园路路口。西连华润开发地块,东接地铁开发地块,为市政公共明挖隧道工程。如图 1 所示。

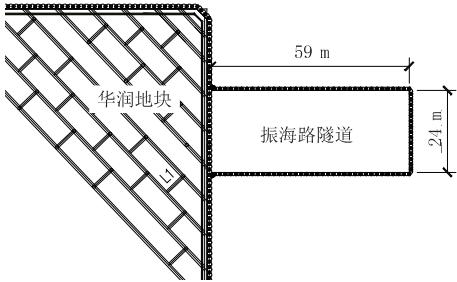


图 1 明挖隧道与紧邻地块平面位置示意图

该隧道基坑开挖深度约 11.5 m,围护形式采用放坡+咬合桩,支撑采用一道混凝土支撑和一道钢支撑的形式,基坑西侧与紧邻的华润地块基坑共用围护桩。华润地块基坑开挖深度约 23 m,围护形式采用放坡+咬合桩,支撑采用三道混凝土支撑的形式。目前华润地块已开挖至坑底并完成垫层施工,振海路隧道准备实施。

1.2 工程水文地质

该工程场地原始地貌为滨海滩涂,分布有较厚的淤泥层,后经人工填海改造,回填至现状标高。目前地层由上至下为第四系杂填土层,第四系全新统海积层淤泥,全新统冲洪积层粘土,中更新统残积砂质粉质粘性土,基岩为加里东期混合花岗岩。具体土体力学参数见表 1 所列。其中,人工填土层为填海改造,密实程度不均,堆填时间较短,自重固结程度小,结构总体呈松散状。其分布在水平向及竖向不均匀性均很明显,尤其是粘性土与硬杂质(碎、块石等)不均匀混杂,同时由于堆载对淤泥层不同程度的挤压使得人工填土中常夹有大量淤泥质土,使得该层软硬不均明显;第四系全新统淤泥层含水量高,高压缩性,强度低的特点;混合花岗岩残积土具混合土的特征,既具有砂土的特征,亦具粘性土特征,同时也为小颗粒从大颗粒的孔隙中随地下水涌出及地下水潜蚀等提供可能。其结构性强,遇水扰动后强度很低。非饱和性残积土在浸水后易崩解,水稳性差;全、强风化岩具有遇水软化、崩解,强度急剧降低的特点。

拟建场地地下水赋存于土层孔隙和基岩裂隙中,第四系全更新统、中更新统地层为相对隔水层,其上主要为潜水类型,主要赋存于填土、砂层中;其下为基岩裂隙水,主要赋存于基岩的强、中风化岩中,由于该场地节理、裂隙较发育,地下水渗透性较好,具承压性,水量较大。勘察期间,地下水混合稳定

表 1 地勘土体参数表

土层	重度 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$	模量 E_{50}/MPa
杂填土	16.2	16	15.3	4
淤泥	16.5	20	4.5	2
砂质粉质黏土	18.3	20	22	6
全风化岩	19.5	30	25	16
强风化岩	20	35	30	20
中风化岩	20	20	35	36

水位埋深为 1.20 ~ 1.70 m,混合稳定水位高程为 3.14 ~ 3.81 m。

2 概念分析及模型建立

2.1 概念分析

依据工程概况可知,华润基坑已开挖至坑底,变形趋于稳定。明挖隧道开挖将在华润基坑外侧卸土,削弱了围护桩外侧被动土抗力,隧道第一道支撑尚能平衡华润地块第一道支撑水平力,但无法平衡第二、三道支撑所传递水平力。故该隧道工程直接全部开挖必然会造成华润地块围护结构变形及整体围护体系受力的变化。

根据一般工程经验,基坑开挖影响范围主要为平面 3 倍基坑深度范围以内,将通过有限元软件模拟分析与基坑距离不同的明挖隧道实施对华润基坑的影响,

2.2 基坑模型的建立及分析方法

2.2.1 有限元模型建立及网格划分

根据该基坑的基本情况建立数值模型,根据现场勘测结果,将部分性质相近的土体合并,将基坑所在地区的土层大致分为 6 层。此分析首先模拟土体初始地应力场和紧邻华润基坑开挖,然后模拟振海路隧道基坑分步开挖施工和支撑结构施工。水平方向按照实际的基坑尺寸建模,模型总长 200 m,土层深度 60 m,如图 2 所示,模型两侧为水平向约束,底部为竖向约束。

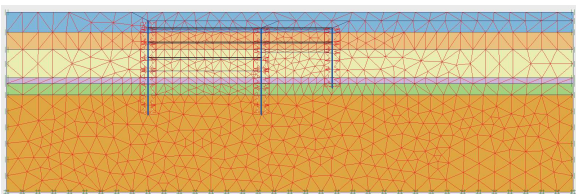


图 2 计算模型简图

2.2.2 计算参数选取

依据地勘提供钻孔柱状图,确定了该基坑周围土体的初始参数,设定的各层土的基本物理力学参

数见表1。因为在基坑开挖之前已经进行了基坑降水处理,因此不考虑地下水对基坑变形的影响。

土体采用 Hardening-Soil 模型,围护桩采用弹性板单元模拟,支撑采用锚杆单元模拟。考虑结构单元与土体共同作用,结构与土体间设置接触面单元,不考虑渗流作用。其中支撑及围护刚度通过实际支撑围护尺寸进行等效刚度计算,详见表2和表3所列。

表2 模型支撑参数表

围护结构	尺寸 /cm	支撑间距 /m	EA/(kN·m ⁻¹)
华润地块 第一道混凝土支撑	1 000 × 1 200	10	3.6 × 10 ⁶
华润地块第二道 / 第三道混凝土支撑	1 200 × 1 200	10	4.32 × 10 ⁶
本隧道基坑 第一道混凝土支撑	800 × 800	7	2.74 × 10 ⁶
本隧道基坑 第二道混凝土支撑	900 × 900	7	3.47 × 10 ⁶

表3 模型围护桩参数表

围护结构	直径 /mm	EA/(kN·m ⁻¹)	EI/(kN·m ⁻¹)
华润地块钻孔桩	800	9.42 × 10 ⁶	3.77 × 10 ⁵
本隧道基坑钻孔桩	800	9.42 × 10 ⁶	3.77 × 10 ⁵

2.2.3 施工工况

依据实际工程,先开挖华润地块,待开挖到坑底后开挖本隧道基坑的原则。设置数值模拟工况顺序,步骤如下:

- (1)模拟计算土体初始地应力场并位移清零,施工围护桩及开挖华润地块第一道支撑以上的土体;
- (2)施工华润第一道支撑并开挖第一道与第二道之间的土体;
- (3)施工华润地块基坑第二道支撑并开挖第二道与第三道之间的土体;
- (4)施工华润地块第三道支撑并开挖到坑底;
- (5)位移清零,开挖本隧道基坑第一道支撑以上的土体;
- (6)施工本隧道基坑第一道支撑并开挖第一道与第二道之间的土体;
- (7)施工本隧道基坑第二道支撑并开挖至坑底。

3 数值模拟计算

首先考虑本隧道基坑按常规一次开挖到底实施和分段分坑开挖实施两种方案,分别建模分析两种方案对紧邻已实施基坑的总体影响。

一次开挖及分坑开挖两种方案中本隧道工程基坑开挖到坑底时两个基坑的水平位移如图3、图4所示。

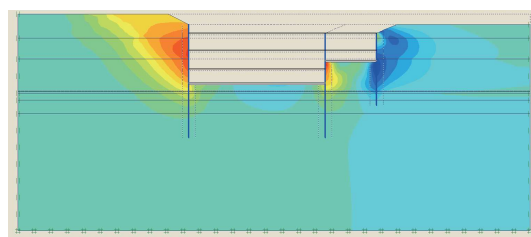


图3 一次开挖水平位移云图

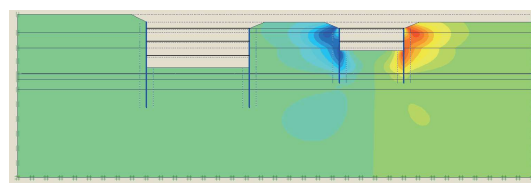


图4 分坑开挖水平位移云图

模拟结果显示,分坑开挖方案对紧邻地块基坑影响明显比一次开挖方案小。具体数值如图5所示,隧道基坑一次开挖方案计算得到华润地块基坑中靠近本隧道工程围护桩水平位移最大值达到21mm,分坑开挖方案计算得到的华润地块基坑中靠近本隧道工程的围护桩水平位移最大值为1.8mm。

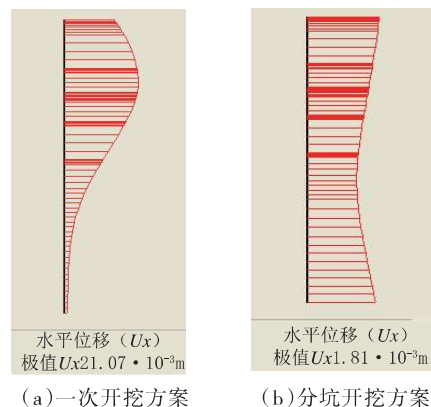


图5 华润地块靠近本隧道工程基坑围护桩水平位移图

根据以上分析结果,可知紧邻华润地块基坑开挖本隧道基坑时会引起华润地块底坑围护较大变形,华润地块围护桩的水平位移达到21 mm,而且整体的水平位移也较大,可能对基坑安全造成隐患。若分坑先实施本隧道东侧基坑(远离华润基坑侧),对华润地块基坑影响较小,基坑安全能够得到保证。

为了更合理地确定分坑开挖的封堵墙位置,利用有限元软件对距离华润地块基坑边5 m、10 m、15 m、20 m、30 m的隧道开挖对华润地块基坑影响进行了模拟分析,把模拟结果绘制曲线如图6、图7所示。

以上分析结果表明,明挖隧道施工距离地块基坑越远,施工对地块基坑影响越小。结合以往大量实践经验,距离相邻地块10~15 m(约一倍隧道基坑开挖深度)开挖,其对地块基坑影响是可控的。

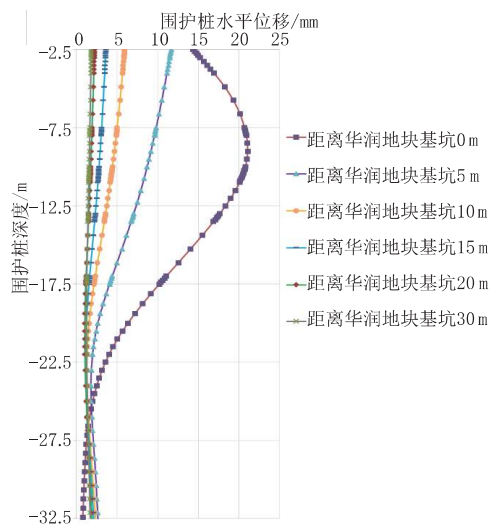


图6 不同距离隧道开挖时相邻地块基坑围护桩水平位移曲线图

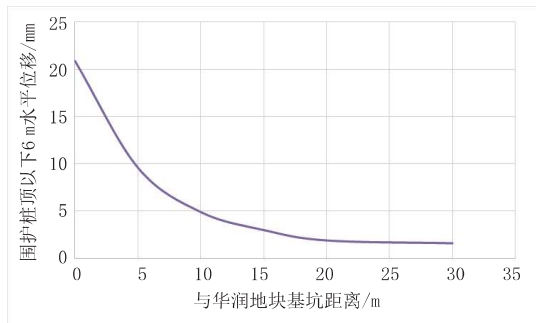


图7 明挖隧道和地块基坑距离与地块基坑围护桩水平位移曲线图

4 结 语

本文通过建立二维有限元数值模型,对与相邻基坑距离不同的明挖隧道实施对紧邻已实施基坑的影响进行了详细分析,研究结果表明:

- (1)当地块与隧道等同时开发时,一定要确定合理的建设时序。
- (2)相邻基坑共用围护结构,当前期结构未完成

时,后期基坑直接开挖会对前期基坑引起较大的变形,造成安全隐患。

(3)明挖隧道施工距离相邻基坑越远,施工对相邻基坑影响越小,当距离大于三倍隧道基坑开挖深度范围,可认为明挖隧道施工对相邻基坑基本没有影响。

(4)相邻基坑共用围护结构,当前期结构未完成之前欲实施后期基坑,后期基坑应采用分坑开挖方案,且封堵墙距离前期基坑应大于一倍后期基坑开挖深度范围。

参考文献:

[1] 刘国彬,王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

[2] 侯学渊,杨敏. 软土地基变形控制设计理论和工程实践[M].上海:同济大学出版社,1996.

[3] 范益群,孙巍,刘国彬,刘建航. 软土深基坑考虑时空效应的空间计算分析[J]. 地下工程与隧道,1999(2):2-8.

[4] Finno Richard J, Voss JR. Frank T, Rossow Edwin, et al. Evaluating damage potential in buildings affected by excavations [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2005,131 (10): 1119-1210.

[5] 刘忠昌. 深基坑开挖对近邻地下管线位移影响的数值模拟分析[D]. 北京:北京工业大学,2005.

[6] 郑刚,李志伟. 基坑开挖对邻近任意角度建筑物影响的有限元分析[J]. 岩土工程学报,2012,34(4):615-624.

[7] 陈小雨,袁静,胡敏云,张勇. 相邻深大基坑安全距离理论分析与数值模[J]. 地下空间与工程学报,2019,15(5):1557-1572.

[8] 王洪亮,宋二祥,宋福渊. 紧邻既有建筑基坑有限土体主动土压力计算方法[J]. 工程力学,2014,31(4):76-81.

[9] 林海. 相邻双基坑开挖相互影响性状分析[D]. 福州:福州大学,2013.

[10] 应宏伟,李涛,杨永文,谢新宇. 深基坑隔断墙保护邻近建筑物的效果与工程应用分析[J]. 岩土工程学报,2011,33(7):1123-1128.

《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