

基于 Plaxis 的相邻基坑开挖相互影响数值分析

高明尚, 颜志丰, 贾银虎

(河北工程大学 资源学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 以上海外滩公共绿地及地下空间项目为背景, 采用 HS small 土体本构模型, 运用有限元软件 Plaxis, 建立相邻基坑开挖模型, 模拟分析了不同施工顺序对基坑水平变形的影响。结果表明: 基坑最大水平位移受施工顺序的影响较小; 在开挖较浅时受到先施工基坑的影响比开挖较深时受的影响要大。

关键词: 相邻基坑; 水平变形; 数值分析; 施工顺序; HS small

中图分类号: TU473

文献标识码: A

Numerical analysis of adjacent foundation pit excavation based on plaxis

GAO Ming-shang, YAN Zhi-feng, JIA Yin-hu

(College of Resources, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: This paper relies on the foundation pit of the project of public green space and underground space in the bund in Shanghai, and uses Plaxis analytical system of finite fracture with Hardening soil small-strain model, and builds adjacent foundation pit model. The horizontal deformation of the foundation pit caused by the different construction sequence was studied. And the results showed that the effect of maximum horizontal displacement of foundation caused by the construction sequence is small. The effect caused by the first construction of foundation while excavation is shallow is bigger.

Key words: adjacent foundation pit; horizontal displacement; numerical analysis; construction sequence; HS small

近年来,随着城市的不断发展,地下工程越来越多,一些复杂大型工程常常会出现两个甚至是多个相邻基坑同期施工的情况。相关方面的分析研究也不断增加。徐伟等^[1]结合软土地基临江两相邻深基坑施工监测数据,分析了两基坑同期开挖工程中临近位置维护墙变形、支撑轴力和立柱沉降受到的影响。郭力群等^[2]采用 HS small(小应变硬化土)土体本构模型,分析了不同基坑间距对坑间土堤沉降、支护桩弯矩和位移的影响。戴佳立等^[3]建立了深基坑开挖对周围环境影响的综合评价模型。本文对软土地区采用地下连续墙支护的相邻基坑,运用 Plaxis 软件模拟分析了不同施工顺序对基坑水平变形的影响。

1 有限元分析

上海外滩 33 号公共绿地及地下空间项目^[4],

位于上海市黄浦区。项目中地下车库分为南、北两块,基坑面积约为 4 283 m²,基坑开挖深度为 16.635-18.135 m,两地下室间距为 21.4 m,土层情况见表 1。

1.1 有限元模型概况

为了便于计算对模型进行了简化。首先建立基坑模型 A(左侧),然后建立紧邻的基坑 B(右侧)的模型。两基坑开挖深度均为 17.5 m,基坑 A 宽度为 78 m,基坑 B 宽度为 28 m,两基坑间距为 21 m。基坑开挖边线距离模型边界为 52 m,约为基坑开挖深度的 3 倍;土层厚度为 52 m,约为基坑开挖深度的 3 倍,此时边界的影响可以基本消除。模型两边垂直边界处限制模型的水平位移为 0,模型底部设置水平位移和竖向位移均为 0。不考虑地下水的影响。采用地下连续墙进行维护,混凝

收稿日期: 2014-11-25

作者简介: 高明尚(1986-),男,山东商河人,硕士,从事地质工程方面的研究。

土强度标号为 C30,地连墙深 38 m,厚 1 m,在地面以下 0、2.5、7.9 和 12.1 m 处设置 4 道支撑。地连墙采用板单元模拟,支撑采用点对点锚杆模拟。划分过网格的二维模型如图 1 所示。

1.2 本构模型及土层参数

本文采用了软件内置的 HS small 模型进行模拟。Benz 以 HS 模型为基础,考虑了小应变范围内土体剪切刚度和应变的非线性关系,提出了 HS small (Hardening soil small-strain model) 模型^[5]。HS small 模型的剪切模量计算公式定义如下:

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + 0.385(\gamma/\gamma_{0.7})} \quad (1)$$

$$G_{ur} = \frac{E_{ur}}{2(1 + \nu_{ur})} \quad (2)$$

式中 G —剪切模量; G_0 —土体的初始剪切模量; γ —剪切应变; $\gamma_{0.7}$ — G_0 衰减为 70% 时的剪切应变; G_{ur} —卸载和再加载的剪切模量; E_{ur} —卸载和再加载的杨氏模量; ν_{ur} —卸载和再加载的泊松比。

HS small 模型适用于预测基坑开挖的墙体变形、地表沉降和墙背土体的侧向变形^[5]。

在文献^[4]所提供参数的基础上,结合文献^[6-8],确定出基坑模型计算所需要的土体的材料力学参数,如表 1 所示。

表 1 土层参数表

Tab. 1 The table of soil parameter

序号	土层	h/m	$\gamma/\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	c/kPa	$\varphi/^\circ$	$E_{50}^{\text{ref}}/\text{MPa}$	$E_{ur}^{\text{ref}}/\text{MPa}$	$\gamma_{0.7}$	R_{inter}
①	填土	3.1	18.0						
② ₂	粘质粉土	5.9	18.3	6	31.0	6.39	31.95		
④	淤泥质粘土	8.9	16.9	13	11.0	3.59	17.94		
⑤ _{1a}	粘土	5.1	17.7	17	14.5	5.19	25.95		
⑤ _{1b}	粉质粘土	9.0	18.0	19	16.0	6.47	32.33	9×10^{-5}	0.67
⑤ _{1c}	粉质粘土夹粘质粉土	10.0	17.9	15	24.0	7.47	37.35		
⑤ ₄	粉质粘土	1.5	19.6	46	18.0	9.71	48.53		
⑦	砂质粉土	4.2	18.9	5	34.5	18.65	93.23		

其中: h —土层厚度; γ —土的重度; c —土的粘聚力; φ —土的内摩擦角; E_{50}^{ref} —对应于参考围压 p^{ref} 的参考刚度模量; E_{ur}^{ref} —对应于参考围压 p^{ref} 卸载和再加载的参考杨氏模量; R_{inter} —界面强度折减因子。

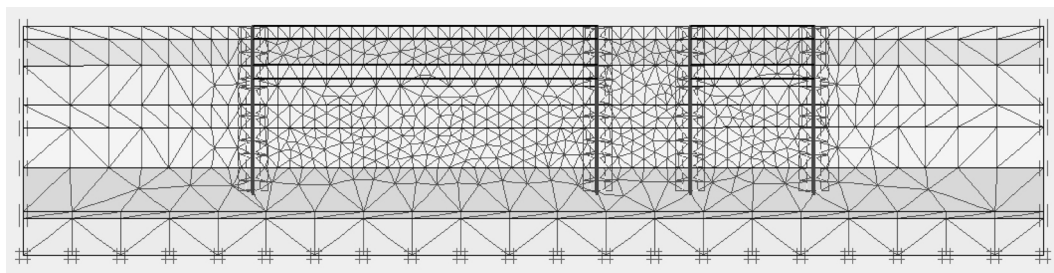


图1 相邻基坑数值模型剖面图

Fig.1 The profile Numerical model of adjacent foundation pit

1.3 计算工况

在进行工况计算时,考虑到基坑 A 和 B 的宽度不同,分别按以下四种情况考虑,(1) 单独开挖基坑 A;(2) 基坑 A 和 B 同时开挖;(3) 基坑 A 比基坑 B 超前 1 个工况开挖;(4) 基坑 B 比基坑 A 超前 1 个工序开挖。每个基坑开挖时,均分为 5 个工况:工况 0,地下连续墙施工;工况 1,第一步开挖到 3.1 m,同时加第一道支撑;工况 2,第二步开挖到 9.0 m,同时加第二道支撑;工况 3,第三步开挖到 14.5 m,同时加第三、四道支撑;工况 4,开挖到 17.9 m。

2 结果及分析

2.1 单个基坑开挖情况

当单独开挖基坑 A 时,由工况 1—工况 4 地下连续墙的水平位移由 13.1 mm 增大到 51.4 mm (如图 2 中 1—4 所示),在工况 2 时水平位移增加较大,主要原因是由支撑结构提供的支撑力比较小引起的。工况 1、2 中水平位移在地下连续墙的中部最大,工况 4 中则是下部水平位移最大。

2.2 两个基坑同时开挖情况

当两个基坑同时开挖时,如图2中5-8所示,最大水平位移以及外侧的两个边与单个基坑开挖相差不大,但基坑B的位移要小。两基坑中间土体由于同时受到两侧基坑开挖的影响,与单个基坑有所不同,中上部的地下连续墙位移向土体偏移,并且基坑B地下连续墙0水平位移点要比基坑A更向下,引起上述不同的主要原因是两基坑开挖宽度不同。

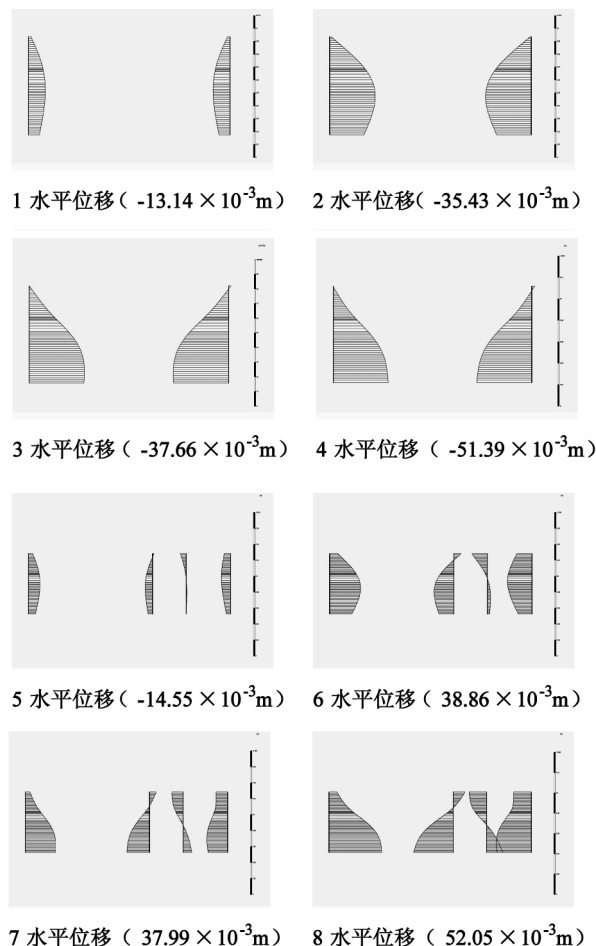


图2 最大水平位移图

Fig.2 The graph of the maximal horizon displacement

2.3 基坑A超前1个工况的情况

基坑A超前开挖的情况如图3中1-5所示,最大水平位移与单个基坑开挖的情况相差不大。由于基坑A超前1个工况开挖,基坑B在地下连续墙施工和第一步开挖时,基坑B位于两基坑中间的地下连续墙整体向基坑A方向偏移,与两基坑同时开挖的情况有所差别。当基坑A开挖完成后,基坑B位于两基坑中间部位的地下连续墙随

着基坑B的开挖位移为0的点会向下移动。

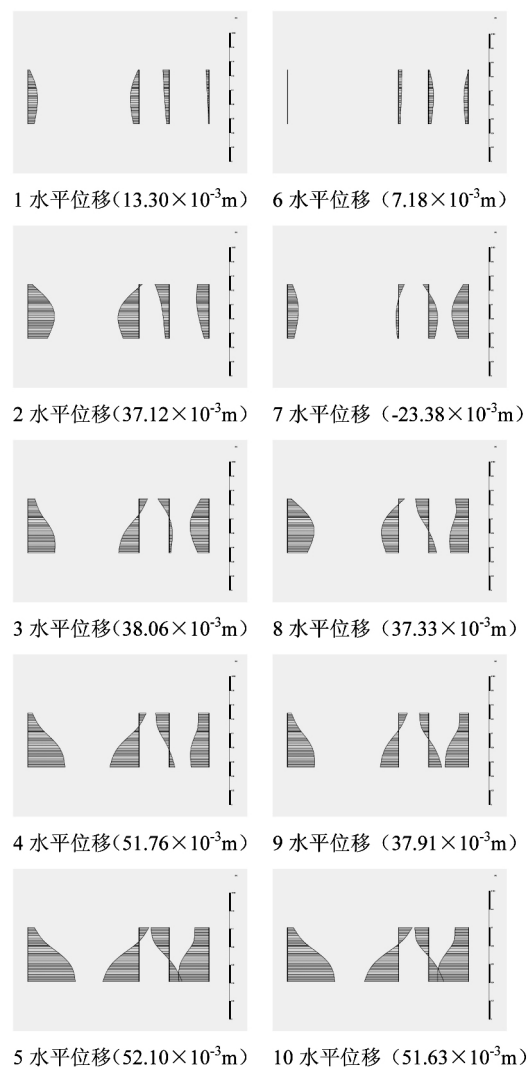


图3 最大水平位移图

Fig.3 The graph of the maximal horizon

2.4 基坑B超前1个工况的情况

当基坑B第一、二步开挖时,基坑A位于中间土体的地下连续墙受影响较大,向基坑A方向的偏移很小,而基坑B中间土体的地下连续墙则向基坑B方向偏移量与两个基坑同时开挖的情况相比较。基坑B开挖结束后,基坑A位于中间的地下连续墙0位移点随着基坑A的继续开挖会向下移动。

3 结论

1) 最大水平位移受施工顺序的影响较小,但两基坑中间部位的围护结构受到施工顺序的影响向先施工的基坑方向偏移,而且0水平位移点,在先施工的基坑完成后会随着后施工基坑的施工向下移动。

2) 在基坑开挖较浅时受先施工基坑的影响比开挖较深时受的影响要大。

参考文献:

- [1] 徐伟, 夏乔网, 徐鹏飞, 等. 软土地基临江特大型相邻深基坑同期施工监测分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2013, 32(Z1): 2676 - 2693.
- [2] 郭力群, 程玉果, 陈亚军. 不同间距下相邻基坑相互影响数值分析 [J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2014, 35(1): 92 - 96.
- [3] 戴佳立, 张建新, 杜文奇, 等. 深基坑工程对周围环境安全评价 [J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2011, 28(3): 21 - 25.
- [4] 龚晓南. 基坑工程实例 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

(上接第7页)

参考文献:

- [1] MIDAS GEN 工程应用指南 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] JGJ7 - 2010, 空间网格结构技术规程 [S].
- [3] 郭彦林, 邓科, 王宏, 等. 广州新白云国际机场维修机库钢屋盖整体提升技术 [J]. 工业建筑, 2004, 34(12): 6 - 11.
- [4] 刘彪, 刘航. 首都机场 A380 机库屋盖整体提升施工

(上接第13页) 况大致符合理论规律。因此用单台相机测量大型结构在平面内动态位移的方法是可行的, 测量的前提是必须保证位移在平面内。测量前的准备工作应做好, 考虑必须周全。测点标志点大小应合适。标志点的大小应根据试验外部环境条件、相机像素及相机拍摄距离确定。在进行试验之前应做小测量试验来确定相机位置及标志点大小, 以确保在试验中所有标志点都在相片内, 并且都能被精确识别。测量时测点应在迎光面, 这样可以保证光线充足, 对后期数据处理时点的定位很重要, 可以有较高的精确度。尽量使标志点在光心附近, 因为相机成像时相片边缘处会产生畸变, 对标志点的定位会产生影响。

3 结语

本次试验结果趋势与理论趋势符合, 因此此试验方法与数据分析处理是可行的。当研究大型建筑动态监测时, 无法用常规监测研究方法进行

出版社, 2012.

- [5] T BENZ. Small - strain Stiffness of Soils and Its Numerical Consequence [J]. Stuttgart: University of Stuttgart, 2006.
- [6] 龚东庆, 郑渊仁. 硬化土体模型分析基坑挡土壁与地盘变形的评估 [J]. 岩土工程学报, 2010, 32(Z2): 175 - 178.
- [7] 尹骥, 小应变硬化土模型在上海地区深基坑工程中的应用 [J]. 岩土工程学报, 2010, 32(Z1): 166 - 172.
- [8] 王卫东, 王浩然, 徐中华. 基坑开挖数值分析中土体硬化模型参数的试验研究 [J]. 岩土力学, 2012, 33(8): 2383 - 2390.

(责任编辑 刘存英)

过程分析 [J]. 施工技术, 2008, 37(4): 50 - 52.

- [5] 陈冬冬, 姚刚. 上海浦东波音机库屋盖整体提升施工技术 [J]. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2010, 29(4): 650 - 653.
- [6] 李张苗, 寇新建, 蒋萌, 等. 钢结构施工过程中人因失误因素 AHP 分析 [J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2014, 31(1): 17 - 19.
- [7] 丁芸孙, 刘罗静, 朱洪符, 等. 网架网壳设计与施工 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.

(责任编辑 刘存英)

时, 本文所述方法是可靠的, 值得借鉴, 但必须保证变形是在平面内的前提下。

参考文献:

- [1] 丁窘轲, 刘友光. 工程摄影测量现状及其发展趋势 [J]. 勘察科学技术, 1983(3): 71 - 73.
- [2] 刘昌华. 监测矿山井筒变形的摄影测量及其数据处理方法 [J]. 焦作工学院学报, 1997(16): 6 - 10.
- [3] 丁窘轲, 刘友光. 工程摄影测量应用实例(I) [J]. 勘察科学技术, 1984(3): 60 - 61.
- [4] 王汉章. 近景摄影测量方法在桥梁动静载检测上的应用研究 [J]. 吉林: 吉林大学, 2013.
- [5] 周拥军. 基于未检校 CCD 相机的三维测量方法及其在结构变形监测中的应用 [D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [6] 胡亚江, 沙月进. 求解普通相机径向畸变系数的一种简便方法 [J]. 测绘与空间地理信息, 2009, 32(5): 182 - 183.

(责任编辑 王利君)