

解决因土体卸载导致偏压基坑的方案研究

梁广威

中铁第四勘察设计院集团有限公司

摘要: 随着城市轨道交通的迅速发展, 车站工程与周边工程的协同设计、同步施工的情况越来越多。某地铁基坑工程因一侧地下空间开发利用产生基坑一侧土体超挖, 导致了基坑偏压问题; 以该地铁基坑工程为依托, 利用Plaxis软件对偏压基坑及处理后的基坑进行数值分析, 并参照监测数据, 得出一种此类偏压基坑的解决方案; 经分析该方案切实有效, 对后续类似因土体卸载导致的偏压基坑的工程具有一定的借鉴意义。

关键词: Plaxis有限元软件; 偏压基坑; 土体卸载
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.037

一、引言

城市轨道交通作为一个新型交通方式, 在不影响城市既有交通情况下, 提供了一个全新的立体交通思路, 大大缓解了城市内的交通压力^[1-2]。

随着城市轨道交通的迅速发展, 地下车站大型深基坑工程已普遍存在于城市各个地方。车站工程与周边工程的协同设计、同步施工的情况越来越多, 车站两侧地下空间开发不对称会导致车站基坑出现一定的偏压现象, 严重时影响车站基坑安全。

偏压基坑多为车站基坑两侧的荷载不对称、结构不对称或者边界条件不对称而产生, 目前较为常见的偏压基坑多是因为基坑荷载不对称(一侧有大型建构筑物或者基坑一侧堆载过大), 相关论文研究针对此类偏压基坑研究较多^[3-7]。而由于基坑一侧土体卸载导致基坑两侧土体边界条件不对称而产生基坑偏压的研究较少, 本文将某实际工程为依托, 寻求针对此类偏压基坑的最优解决方案。

二、工程概况与地质条件

(一) 工程概况

某地下两层岛式站台车站, 站台宽度均为11m, 车站总长约464.6m, 标准段宽19.7m, 基坑深度约为18.3m。有效站台中心里程处车站顶板覆土厚度为3.5m, 采用明挖法施工。围护结构采用800mm地下连续墙+一道混凝土支撑+两道钢支撑。

该车站西侧地下商业空间开发考虑与地铁合建, 因两工程工期原因, 地下空间基坑先期施工, 但施工时未

考虑在地铁基坑边预留部分核心土, 出现严重超挖, 地下空间基坑开挖土体已接近车站基坑边, 导致地铁车站基坑存在严重偏压问题。

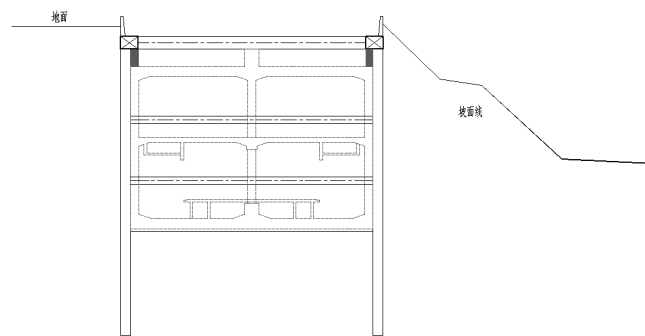


图1 现状偏压基坑示意图

(二) 地质条件概述

见表1

(三) 现状基坑变形计算

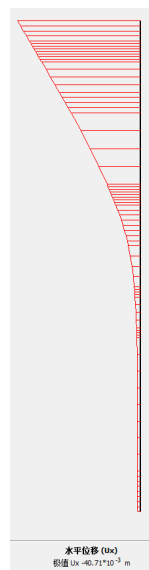


图2 现状基坑西侧地连墙水平位移

表1 车站基坑工程地质土层参数

岩土名称	天然重度 γ (kN/m ³)	压缩模量 E_s (1-2) MPa	抗剪强度指标		静止侧压力系数 K_0	渗透系数K (cm/s)
			黏聚力C (kPa)	摩擦角 ϕ (°)		
①填土	-	-	9	13	0.52*	
②1粉质黏土	-	4.59	10*	10*	0.50	2.08×10^{-7}
②3细砂	19.6*	12*	21.82	13.44	0.30*	5.79×10^{-5}
②4中砂	19.7*	14*	0* (11)	28* (21)	0.28*	4.37×10^{-2}
②6砾砂	20.0*	26*	0* (6)	32* (21)	0.22*	14.9×10^{-2}
⑤1-2强风化泥质粉砂岩	20.0*	40*	0*	38*	-	
⑤1-3中风化泥质粉砂岩	22.9	-	40*	25*	-	

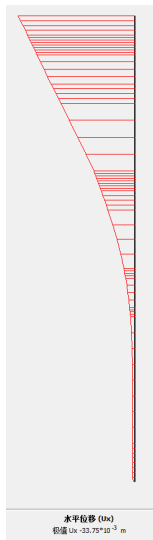


图3 现状基坑东侧地连墙水平位移

从计算结果可以看出：现状基坑因偏压工况情况下，地连墙水平位移达到40.7mm和33.75mm，偏压情况较为严重，且变形值已超出规范要求，需对该偏压基坑进行处理后方可开挖。

(四) 解决偏压基坑方案

针对此偏压情况，考虑在车站地连墙东侧设850@600SWM工法桩（工法桩兼做出入口围护使用），桩底入岩0.5m，工法桩顶设冠梁，工法桩冠梁和地连墙冠梁之间设预应力锚索拉结，锚索设套管，如下所示。

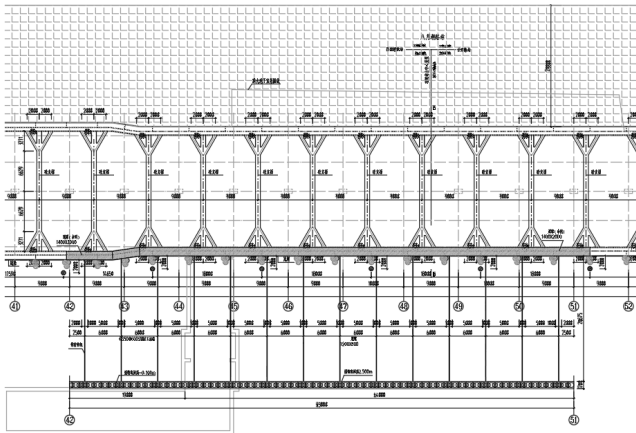


图4 解决偏压基坑方案平面图

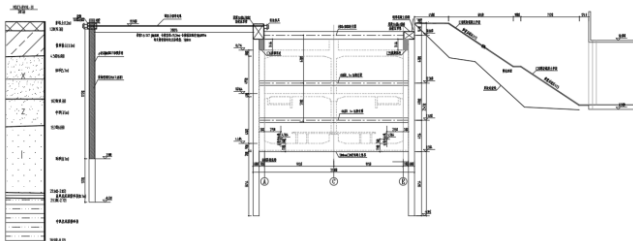


图5 解决偏压基坑方案剖面图

三、参数选取及模型建立

(一) 本构模型

基坑工程开挖模拟分析常用的本构模型有：Duncan-Chang模型，Mohr-Coulomb模型、Druker Prager模型、HS模型和HSS模型等。HS模型可以区分初次加载和卸载再加载之间的刚度差别。在开挖模拟中，

坑槽底部的土主要承受卸载，因而表现的相对较硬。墙边的土主要承受剪切应力，因而表现的刚度较小。尽管这些土体行为可以采用Mohr-Coulomb模型，通过对基坑边和底部的土体应用不同的土体参数来模拟，不过显然HS模型更为方便合理。

HSS模型考虑了土体的小应变刚度特征，在HS模型基础上增加了初始小应变模量和剪切应变水平。国内外已有诸多论文研究，针对基坑工程施工的数值模拟表明，考虑土体小应变情况下的非线性特性能够更好地反映工作荷载状态下土与结构相互作用。HSS模型能很好的反映土体的硬化特性，可以区分加载和卸载的区别，且其刚度随着应力历史和应力路径变化而变化，较其他本构模型而言更适合于模拟基坑开挖问题。

综上分析，本次偏压基坑的数值模拟分析采用HSS小应变模型^[11]。

(二) 模型参数选取

参照相关文献^[8-10]，HSS小应变模型中的计算参数取值如下：

$$E_{oed}^{ref} = E_s$$

$$E_{50}^{ref} = E_{oed}^{ref}$$

$$E_{ur}^{ref} = 5E_{oed}^{ref}$$

$$\gamma_{0.7} = 1 \times 10^{-4}$$

$$\nu_{ur} = 0.2$$

$$G_0 = 5E_{oed}^{ref}$$

(三) 模型建立

依据基坑开挖影响区域，建立大体积土体模型，土体模型长度约4倍基坑开挖深度，土体模型三边边界条件是约束竖向位移和水平位移，地表边无约束。基坑周边地面超载取20kPa。

模型的各个土层参数详见表1，基坑围护结构转化为每延米板单元，板单元的各项参数详见表2。围护结构与土体间的接触面，截面强度折减因子取0.67^[11]。

表2 围护结构等效力学参数

构件名	等效厚度/mm	间距/m	等效抗压刚度 EA (kN/m)	等效抗弯刚度 EI (kN*m ² /m)
φ 850@600工法桩	360	0.6	7.42E+07	8.03E+05
800mm地连墙	800	1	2.50E+07	1.34E+06
钢绞线	1	3	8.19E+04	5.98E-03

四、模拟结果分析

模型对基坑开挖进行全过程模拟，包括围护结构施工、超载施加、预应力张拉、基坑开挖、支撑架设。下图为偏压基坑开挖至基底后的土体变形云图。

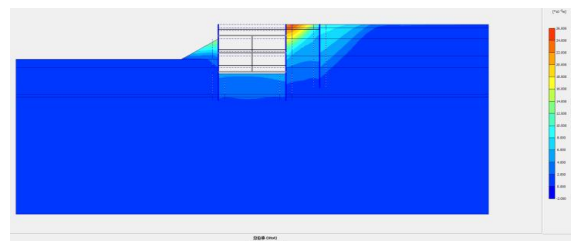


图6 土体变形位移云图

从图中可以看出，由于基坑本身存在偏压问题，基坑开挖过程中，土体存在明显不对称变形。开挖至基底，水平位移较大的土体位于非卸载土体一侧，竖向位移较大土体与正常基坑基本一致，发生在基坑底部。

(一) 支护结构变形

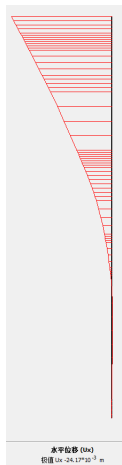


图7 采取措施后基坑西侧地连墙水平位移

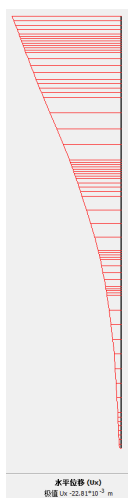


图8 采取措施后现状基坑东侧地连墙水平位移

从图7、图8可以看出，当采用850@600SWM工法桩（型钢长度18m）+锚索连接时，基坑开挖至基坑底部过程中，西侧和东侧地连墙墙顶最大的均为水平变形，分别为24.2mm和22.8mm。

根据模型计算结果，当车站地连墙东侧设850@600SWM工法桩（工法桩兼做出入口围护使用），工法桩与地连墙之间设预应力锚索拉结后，车站基坑偏载问题得到了明显改善，车站基坑变形值，均小于一级基坑最大变形控制值^[12]，满足规范要求。

(二) 监测数据分析

开挖前对偏压基坑段地连墙进行监测点布设，开挖过程中对监测点的监测数据统计汇总如下。

通过监测数据结果可知，偏压基坑经处理后的地连墙水平位移实际发生值满足规范要求。

五、结论

(1) 偏压基坑开挖过程中，由于两侧基坑外的土体约束不同，基坑两侧的围护结构产生了不均匀的水平变形，分别为40.71mm，33.75mm，围护结构变形较大的一侧为超挖土体一侧。

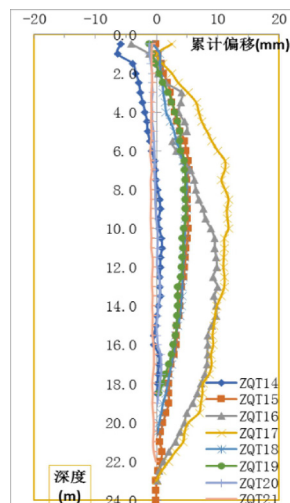


图9 采取措施后基坑西侧地连墙水平位移

(2) 经过本文推荐方案处理后的偏压基坑，基坑两侧的围护结构最大水平位移值达到了24.2mm和22.8mm，均满足规范要求。

(3) 经过本文推荐方案处理后的偏压基坑，较处理前变形值明显减小，且基坑两侧变形值趋于对称，车站基坑偏载问题得到了明显改善。

(4) 实际工程案例中，因堆载产生基坑偏压的工程案例较为普遍，因卸载产生的偏压基坑较少。本文提出了一种解决因卸载产生的偏压基坑的解决方案，通过理论计算和实际监测数据验证，本方案切实有效，且本方案充分结合附属围护结构进行设置，节约成本，安全可靠，对后续类似工程具有一定的借鉴意义。

参考文献

[1]朱大明.城市地下空间开发基本规律初探[J].地下空间, 2004, 03: 365-369+424.
 [2]郑淑芬, 罗周全.提高我国城市地下空间开发综合效益对策研究[J].地下空间与工程学报, 2010, 03: 439-443.
 [3]孙武斌.地铁车站偏压基坑围护结构变形影响因素研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版), 2020, 04: 87-91
 [4]汪东林.偏压深基坑开挖排桩围护结构变形规律分析[J].安徽建筑大学学报, 2015, 06: 29-32
 [5]王鹏考.考虑不同偏压作用的地铁深基坑受力与变形规律研究[J].现代隧道技术, 2019, 06: 424-431
 [6]石钰锋.紧邻铁路偏压基坑围护结构变形与内力测试分析[J].岩石力学与工程学报, 2011, 04: 827-833
 [7]史吏.软土地区偏压基坑抗隆起稳定安全系数的强度折减法研究[J].岩土工程学报, 2019, 07: 13-16
 [8]PLAXIS.Scientific Manual 2011[M].New York: John Wiley&Sons.1943.
 [9]Plaxis岩土工程软件使用指南[M].人民交通出版社, 北京金土木软件技术有限公司, 2010
 [10]邵羽, 江杰, 陈俊羽, 马少坤, 何建兴, 韦朝华.基于HSS模型与MCC模型的深基坑降水开挖变形分析[J].水利学报.2015(S1)
 [11]周晋.基坑开挖对邻近建筑物影响的数值分析[J].水利与建筑工程学报.2014(05)
 [12]JGJ 120-2012.建筑基坑支护技术规程[S].2012