

临近地铁隧道的地下连续墙施工及影响分析

多冉伟

(中铁一局集团第三工程分公司 陕西宝鸡 721006)

DOI:10.12238/jpm.v3i2.4672

[摘要] 本文通过工程实例，阐述地下连续墙施工对隧道结构的影响，先使用数值模拟软件分析地连墙施工期间隧道结构、周边土体的变化，通过实际施工的监控量测数据，归纳总结出不同型式的地下连续墙施工引起临近地铁隧道结构变形的基本规律。

[关键词] 地下连续墙；临近隧道；数值模拟；变形控制

Construction and Impact Analysis of Diaphragm Walls Near Operating Metro Line

Duo Ran-Wei

(China Railway First Group Third Engineering Co., Ltd. 721006 Baoji, Shaanxi)

Abstract: This paper expounds the influence of diaphragm wall construction on tunnel structure through engineering examples. Firstly, the numerical simulation software is used to analyze the changes of tunnel structure and surrounding soil during diaphragm wall construction. Through the monitoring and measurement data of actual construction, the basic laws of structural deformation of adjacent subway tunnel caused by different types of diaphragm wall construction are summarized.

Key words: diaphragm wall; Adjacent to the tunnel; Numerical simulation; Deformation control

0 引言

在隧道侧向的地连墙成槽时，地铁隧道一侧的应力释放，靠近地连墙的一侧向成槽的方向产生位移；同理，在地铁隧道上部进行地连墙施工时，除去需要控制成槽深度，防止成槽机破坏隧道外，隧道的拱顶也会产生隆起变形。如果造成地铁隧道变形过大可能导致渗漏水，甚至轨道变形，影响正常运营。

本文以新加坡南北走廊（地下高速）项目为例，通过优化成槽机械选择等施工工艺，确保成槽稳定性和减小对地铁隧道的影响。

表 1 有限元模型中采用的硬化土参数

岩土类型	标贯锤击数	有效粘聚力 (kPa)	有效内摩擦角	割线刚度 E_{50}^{ref} (MPa)	卸载刚度 (MPa) $E_{ur}^{ref} = 3 * E_{50}^{ref}$	破坏比
残积土及强风化岩	$0 < N \leq 15$	2	33	25	75	0.7
	$15 < N \leq 30$	4	33	50	150	0.7
	$30 < N \leq 50$	6	33	75	225	0.7
	$50 < N \leq 100$	10	35	125	375	0.7
花岗岩	-	60	35	400	1200	0.5

2 施工技术方案

2.1 墙幅划分

1 工程概况和地质条件

1.1 工程概况

本工程基坑跨既有的环线地铁隧道，基坑采用地下连续墙+内支撑体系，地连墙为单层墙，厚度 1.2m。受地铁隧道和其他边界条件限制，地连墙沿地铁隧道 3m 外设置，地铁隧道上部的地连墙墙趾止于隧道拱顶上 3m 处。地铁隧道为盾构，隧道轮廓外 3m 范围禁止桩基作业。

1.2 工程地质

地铁隧道位于花岗岩地层及部分残积土内，地质的工程性能良好。施工范围内土层物理力学性质指标如表 1。

首先合理进行地连墙的分幅有利于施工组织和安全控制，根据标准要求，为减小成槽时间而控制地铁变形，在地铁保护

区护区内地连墙幅宽度不大于 3m。常见的成槽机刀头宽度为 2.8m, 结合地层情况将地连墙幅宽设置于 2.8m~3.0m 之间, 因工艺和环境限制, 在基坑阴阳角、转角处部分异形墙幅及调整墙幅需大于 3m, 不可避免的存在“L”型和“T”型墙幅, 在成槽中应加强异形墙幅监测, 注意隧道的变形。

2.2 数值模拟

为计算临近地铁隧道的地下连续墙在成槽、浇筑过程中对周边地层和隧道的影响, 建立有限元模拟并进行分析, 取施工中最不利的情形, 即建立隧道上部的 L 型墙幅的模型, L 型墙幅总长 6m, 距离地铁隧道拱顶 3m。依次分析施工产生的周边地层和隧道变形数值。

首先分析地连墙成槽过程中周边地层的变化, 由位移云图图 1 可见, 产生位移最大的点位于地连墙上部的内阳角处的节点 114, 最大位移 7.809mm, 最大位移远离 CCL 隧道, 影响向 CCL 隧道 (远离桩孔) 自然递减。

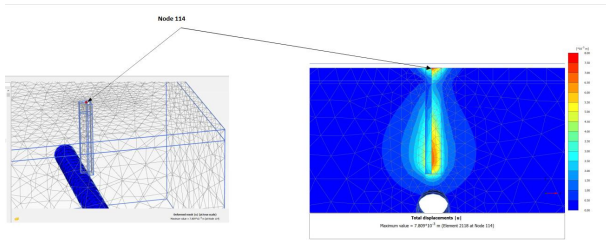


图 1 L 型地连墙成槽期间地层位移云图

根据数据模型分析, 地铁隧道的最大变形出现在地连墙成槽阶段, 随地连墙开挖引起隧道拱顶上抬, 最大上抬 0.6mm, 随地连墙灌注和恢复, 隧道变形至 0.2mm, 评定为处于安全状态, 隧道变形示意图如图 2。

计算结果 (既有地铁位移)

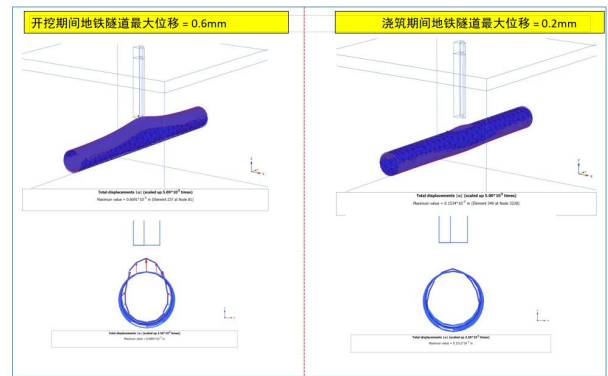


图 2 L 型地连墙施工期间地铁隧道变形示意图

同理, 模拟地铁隧道侧向的矩形地连墙施工对其的影响, 通过数据模拟分析, 距离隧道 3m 外的矩形墙成槽时引起隧道最大位移为 1.28mm, 但随着矩形墙幅灌注和恢复, 隧道位移也变至 0.13mm, 评定也处于安全状态, 侧方地连墙模型及施工期间地铁隧道变形示意图如图 3。

模型 #2 - 结果

隧道位移:
• 开挖期间 = 1.28mm
• 灌注阶段 = 0.13mm

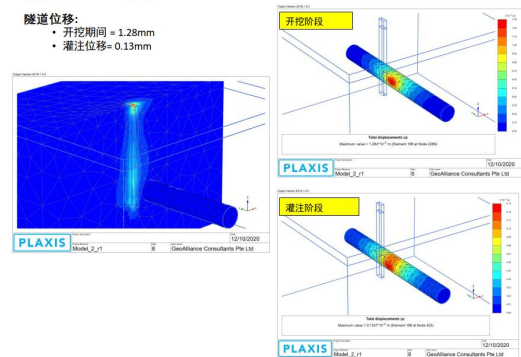
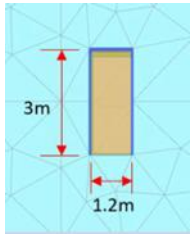


图 3 侧方地连墙模型及施工期间地铁隧道变形示意图

综上, 两种不同墙幅引起隧道、周边土体及地表沉降的数据总结如表 2。

表 2 地连墙施工过程中引起的隧道和周边土体位移

模型	墙幅开挖型式	地铁隧道位移 (mm)		地连墙 1m 外土体位移 (mm)		地表沉降 (mm)
		成槽期间	浇筑后	成槽期间	浇筑后	
模型 1		0.6	0.2	2.7	0.5	2

模型 2		1.3	约等于 0	5.4	1.3	2
------	---	-----	-------	-----	-----	---

2.3 地连墙成槽施工

对于隧道顶部的地连墙施工控制要点为成槽深度控制,防止因成槽机超挖造成隧道损坏,或者铣刀距离隧道过近造成震动过大。为防止超挖,除了常规措施,在双轮铣的液压管上标识出刻度尺,在成槽开挖过程中可以清晰显示深度。根据距离隧道顶设置黄色、红色警戒施工区,距离保护区 3m 时进入黄色警戒施工区,每成槽进尺 0.5m 进行深度测量,确保不超挖。距离保护区 1m 时进入红色警戒施工区,则需每成槽进尺 0.25m 进行深度测量。

隧道侧方地连墙因为深度大,成槽时间长,对隧道影响大。按照常规工艺,如圆桩成孔时往往会采用全护筒的工艺,防止或减小缩孔对周边建筑物的影响。由于地连墙成槽的限制无法使用全护壁的型式。本工程选择了带有板齿的双轮铣,板齿呈平面状,相对于锥形齿和球形齿刮削岩石接触面更大,铣齿与岩石碰撞产生的震动小,产生的岩屑也相对更小,形成的槽壁更光滑。成槽过程中采用低压低速钻进,减小成槽过程产生的震动。

3 施工效果与监测数据

3.1 施工效果

本工程位于隧道上部的 L 型地连墙因深度较小,且未嵌入岩层,施工时间为 3 月 17 日至 3 月 19 日,共用时 3 天。隧道侧向的矩形地连墙深度大,嵌入岩层 8m 左右,成槽时间较长,施工时间为 12 月 22 日至次年 1 月 4 日,共用时 14 天。根据地质雷达测壁仪探明两幅典型地连墙的成槽质量,由 L 型墙幅两个边墙和转点处成槽质量,矩形直墙成槽质量也良好,结论采用板齿的双轮铣成槽质量良好,垂直度控制在 1% 以内,无超挖和塌孔,成槽过程对自身和周边环境均安全可控。

3.2 施工监测数据

根据临近地铁隧道的 2 种典型地连墙的施工,选取了施工期间具有代表性的监测点的数据与模型分析的数据进行对比。其中 L 型墙幅选取靠近的隧道的拱顶变形监测点 OTBR164,侧向的矩形墙幅选取靠近隧道的右侧侧墙的 OTR154 监测点,每天 1 点、7 点、13 点、19 点测量并取平均值。实际数据与模拟数据相符,但是因 L 型墙成槽时间较短,引起隧道拱顶变形较小,说明成槽时间较短时对隧道的影响有限,但隧道拱顶上抬数值仍与上部的卸载量呈正相关。

4 结论

近邻地铁隧道的深基坑工程每一个工序都是重要的环节,地连墙成槽的过程对地铁隧道的影响不容忽视。尤其是成槽深度较深时,施工过程需加强对地铁隧道侧向变形的监测,检查隧道管片的螺栓紧固情况。主要结论如下:

- 1) 双轮铣槽机使用板齿在保证成槽效率的同时,能保证成槽的质量,减少切削岩石对临近隧道的影响。
- 2) 在地铁隧道上部开挖地连墙需采取措施控制成槽深度,成槽过程中会引起隧道拱顶上抬,需加快工序间衔接。
- 3) 在隧道侧向施工桩基时,若没有条件使用全护筒,需加强对地铁隧道的监测,动态调整施工工艺,保证地铁安全运营。
- 4) 在临近重要建筑物施工桩基时,有必要使用数值模拟软件进行工况模拟,达到在实施前加强措施的目的。

[参考文献]

[1]许有俊,李文博,王枫.新建地铁车站上穿既有地铁隧道结构上浮变形预测[J].铁道建筑,2011(03):70-73.
 [2]丁勇春,戴斌,王建华,徐中华.某临近地铁隧道深基坑施工监测分析[J/OL].北京工业大学学报: 2008,34(05):492-497.