

管幕预筑法顶管施工顺序对地表沉降的影响

刘红蓉

微山县东方建设工程有限公司

摘要:以管幕预筑法(PPM)大直径顶管群施工为背景,采用有限差分软件FLAC3D对优选的8种有代表性的顶管群施工顺序进行数值模拟,研究不同大直径顶管群施工顺序下的地表变形特征。该组合土拱效应不仅可以承担一部分管幕上覆荷载,而且可以减小管幕下排顶管施工对地表的扰动,有效减小了管幕预筑法密排顶管群施工所引起的地表沉降。

关键词:管幕预筑法;顶管施工;组合土拱效应

引言

管幕预筑法最早被应用于比利时的安特卫普地铁站。2008年,我国首次引进新管幕法对沈阳新乐遗址地铁车站进行施工,并对该工法进行改进。该工法最突出的特点是在整个施工过程中,所有的开挖都在预先建造了可靠结构后完成,保证了施工安全。

一、工程概况

(一)管幕预筑法施工简介

管幕预筑法是以大直径($\geq 1.8\text{m}$)钢管顶管作为地下通道的围护结构,利用大直径顶管机挖除顶管前方土体,然后逐步顶进钢管顶管。在顶管结束后,对相邻顶管进行支撑、切割与焊接,使所有大直径顶管形成一个封闭的钢管帷幕,同时在钢管帷幕内部铺设钢筋网并浇筑混凝土;在钢管帷幕结构强度和刚度达到要求后,挖除钢管帷幕内部土体,形成隧道空间,该工法的主要施工工艺有四步:

(1)顶管施工

按照预先设计的顶管位置,通过始发井按照顶管设计顺序依次顶进大直径钢管顶管;

(2)管幕联通

按照设计的顶管切割位置对相邻顶管进行切割与焊接,同时在切割位置设置支撑柱,防止因顶管切割部位边缘出现应力集中现象而导致钢管顶管出现较大的变形;

(3)管幕内钢筋混凝土浇筑

在相邻顶管切割与焊接完成后,所有顶管形成一个封闭的刚性止水管幕,在该刚性止水管幕内浇筑钢筋混凝土。

(4)管幕围护结构内部土体开挖

在管幕内部浇筑的钢筋混凝土达到设计强度后,开始挖除围护结构内部核心土体,然后对通道路面以及通道照明设施进行施工。

(二)顶管工程概况

北通道管幕段的施工顶管长度为105m,施工钢顶管数量为20根,每根顶管的直径为2m,顶管壁厚为20mm,相邻顶管间距为165~265mm,每节顶管长度为9m。2009年沈阳地铁新乐遗址地铁车站风道1、2号顶管最初采用先顶后挖的顶管施工工艺,导致钢顶管出现很大的变形和轴线偏移情况。

管幕预筑法顶管施工工艺可分为始发、顶进、接收。始发时应保证轨道、孔口管、设计轴线均处于同一轴线上。始发完成后依靠推进油缸的顶力将顶管机及管节在地层中沿着设计轴线推进,每节顶管通过焊接拼接在一起,逐节顶进。顶管机在前方切割下来的土体由渣土运输车运至始发井排出。在顶管管壁四周设置触变泥浆,一方面,泥浆在顶管周围形成泥饼,具有良好的封闭性,同时可以防水,减少顶管施工过程中的顶力;另一方面,触变泥浆可充填管壁与土体的空隙,有效减小顶管顶进时对顶管周围土体的影响。在顶管工序完成后,向钢管幕四周注入水泥水玻璃浆液,以加固钢管幕四周土体。

(三)沉降监测

使用莱卡TS15全站仪监测密排顶管群施工引起的轨道和站台的沉降变化,其中北通道火车轨道和车站站台的沉降监测点以北通道管幕中轴线为中心,沿着轨道和站台向两侧对称布置,监测频率为3次/h。

二、数值模拟

(一)模型尺寸

数值模拟模型宽为30m,高为15m,开挖纵深为20m。本研究通过模拟不同顶管施工顺序下密排顶管群的地表变形情况,寻找一种既有利于施工又对地表影响较小的施工顺序。首先采用CAD建立二维平面模型,确定顶管分布位置;然后在ANSYS中对二维平面模型进行网格划分;最后将划分好的三维模型导入FLAC3D进行顶管施工顺序模拟研究。

(二)力学参数与边界条件计算

模拟计算参数的选取与实际施工地质条件保持一致,模拟过程中顶管壁后注浆率为96%,注浆层摩擦力为2.6kN,正面附加推力为50kN。根据规范要求[16],模型边界采用位移边界,即将地表设置为自由面,XY、XZ、YZ平面上分别只允许发生X、Y、Z方向的位移。由于实际施工中各节顶管被焊接成一个整体,在模拟计算中,相邻顶管之间可以传递弯矩,直接将顶入的顶管作为整体逐步顶进;在模拟注浆层的切应力时,对管壁四周相邻的土层施加均布的切向力,其方向为顶管推进方向,切向力大小则取为单位面积的摩擦阻力。

三、组合土拱效应研究

为了验证密排顶管间存在组合土拱效应的猜想,分析方案二与方案五的土体竖向位移云图,如图1所示,图中,S为土体竖向位移量。可以看出,2种顶管施工方案下的土体竖向位移云图差异较大,方案二的土体最大沉降发生在管幕下排顶管上方区域而非地表,而方案五中土体的最大竖向位移发生在管幕下排顶管上方同时延伸到地表。方案二中土体竖向位移最大区域仅出现在管幕下排顶管上方,原因如下:在方案二中,在上排顶管施工完成以后,在施工管幕下排顶管时,上排顶管与周围土体产生的组合土拱开始发生作用,对下排顶管施工形成保护从而减小下排顶管施工对地表变形的影响,这说明密排顶管群施工过程中出现的管间土拱效应可以减少顶管施工过程引起的地表沉降。

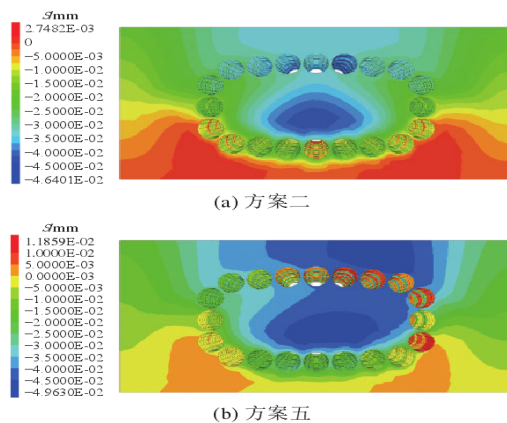


图1 两种方案的竖向位移云图

四、结论

在采用管幕预筑法对密排顶管群进行施工时应考虑管幕上部顶管管间组合土拱效应对下排顶管施工的保护作用,管间土拱不仅能承担一部分荷载而且还可以减小管幕下排顶管施工对地表的扰动。根据模拟结果可知,在管幕预筑法密排顶管群施工过程中,顶管施工所引起的地表沉降与顶管埋深有很大关系,施工埋深较浅的顶管时地表沉降相对较小,地表略有隆起,施工埋深较大的顶管时所引起地表沉降相对较大。

参考文献

[1] 杨仙. 管幕预筑法中密排大直径钢管群顶进研究[D]. 中南大学, 2012.