

# 地铁盾构施工地表沉降及其控制措施研究

曹麦林\*

中铁七局集团西安铁路工程有限公司, 陕西 710000

**摘要:**随着我国城市建设的不断发展,城市所面临的交通问题在逐渐增加,堵车等问题严重阻碍了出现需求,因此人们的日常出行要求越来越高,为了满足城市内的出行便利,地铁施工建设也在不断地增加。但是,在进行地铁施工时,由于城市地铁施工的工程量巨大,容易导致地面沉降等问题的发生,不仅影响人们的正常生活还会对城市环境和交通造成破坏。如何解决地铁盾构结构施工时引发的地表沉降问题,是目前地铁施工中的重点关心问题。本文针对跌帖盾构施工时引发的地表沉降问题展开分析讨论,并提出相应的控制措施。

**关键词:**地铁;盾构施工;地表沉降;控制措施

## 一、前言

地铁是我国目前主要的交通,为人们的日常出现提供了方面可靠的交通方式,对经济发展和生活水平的提高具有重要意义。地铁的相关设施主要是位于地下,在进行地铁施工时主要就是在地下进行施工,进行地铁地下施工时,经常会遭遇地表沉降,塌陷等问题,不仅造成了城市交通和环境的破坏,还对施工和人们的生命安全带来巨大的安全隐患。在地铁施工中,造成地表沉降的原因主要是因为盾构结构的施工,如果解决盾构施工造成的地表沉降问题是目前地铁施工中主要的问题。

## 二、地铁盾构结构施工造成地表沉降的主要原因

地铁盾构结构施工的过程中经常会引起地表沉降现象的发生,根据相关的研究分析发现,在进行地铁盾构结构施工时引起地表沉降的原因主要是因为盾构隧道的施工造成地层结构出现破坏或损失,因此导致地层结构稳定性遭到破坏,从而当场出现地表沉降现象或者日后再出现地表沉降现象。

在进行地铁盾构结构施工时,因为施工区域的地层被盾构不断的推进,导致地层遭受挤压,同时盾构尾部也受到经验,从而出现沉降情况的发生。地铁盾构施工造成的地表沉根据形成机理的不同可以分为主固结沉降和次固结沉降<sup>[1]</sup>。

在施工的过程中,盾构的刀头和管片会对土体造成干扰,开挖面上的不平衡压力也会导致塌方,盾构的挖掘了和排土量没有得到控制时,会造成开挖面上受力不平衡导致地表沉陷。管片之间的连接螺栓没有得到紧固,会导致管片发生变形,从而增加间隙,会导致变型和移位,这也会导致地表沉降的发生。另外盾构结构对地层的摩擦,也会导致土体出现压缩松弛情况的发生,导致地表沉降。在盾构结构尾部发生脱落时,没有进行及时的注浆对间隙进行填充,会导致地表沉降现象的发生,如图1所示。



图1 地铁盾构施工现场

\*通讯作者:曹麦林,1983年5月,男,汉族,甘肃灵台人,现任中铁七局集团西安铁路工程有限公司项目经理,本科。研究方向:工程管理。

### 三、不同阶段施工造成的地表沉降特点

#### (一) 地表沉降的初始阶段

在进行地铁盾构施工挖掘的过程中,会出现地下水的平衡状态被破坏情况的发生,这会导致地下水的水位下降,从而出现区域沉降的发生,这被称为地表沉降的初始阶段。

#### (二) 地表沉降的开挖前变形阶段

当地铁盾构结构施工挖掘时,随着施工挖掘面不断的接近路线中的某个位置时,会导致周围的土地发生变形,从而出现地表隆起或沉降现场的发生,这是因为盾构机推力不稳定造成的土层压力不断变化,从而出现地表沉降,这个阶段被称为变形阶段。

#### (三) 地表沉降的盾构通过阶段

盾构机在运行的过程中,对地面造成剧烈的扰动,从而在前进时到达某个地区时会出现地面沉降现象,这个阶段被称为盾构通过时的沉降阶段。

#### (四) 地表沉降的盾尾空隙阶段

盾尾沉降的阶段是指的施工队伍在进行施工时,因为盾构机在运行的过程中,被干扰的土地出现了固结情况,从而出现沉降现象,在施工的过程中盾构机的盾尾没有按照规定进行管片处理,导致土壤的压力突然消失,从而出现地表沉降现象,这个阶段被称为地表沉降的盾尾空隙阶段<sup>[2]</sup>。

### 四、影响盾构施工地表沉降的主要因素

在进行地铁盾构结构施工中,造成地表沉降现象发生的因素主要包括注浆作业因素,地表硬壳因素和盾尾空隙因素三个因素。另外出土量,盾构机的推进速度等因素也或多或少的造成地表沉降的发生,但是这些因素并不常见,最常见的还是注浆作业因素,地表硬壳因素和盾尾空隙因素。

#### (一) 注浆作业因素影响地表沉降现象

在进行地铁盾构结构施工时,注浆作业属于其中的最重要环节,注浆作业会直接影响地表结构的稳定,在地铁盾构施工的过程中经常会因为注浆作业质量不够导致地表结构出现问题,从而引发地表沉降的现象。为了减少因为注浆作业质量导致的地表沉降现象,很多的施工团队都通过控制注浆作业的质量来控制地表沉降问题<sup>[3]</sup>。在注浆作业中,注浆的范围、注浆量和注浆压力等都会引发地表沉降现场的出现。

#### (二) 地表硬壳因素影响地表沉降现象

地铁盾构施工的过程中,相关的施工人员应该加强对地下深层和地表面层特征的重视程度,因为在进行地铁盾构施工时,地下深层和地面表层是最容易出现沉降现象的,另外地下深层比地面表层更容易受到盾构设施工的影响。在城市建设中,地面表层也就是地表主要是柏油路路面和混凝土路面,这些材料的路面比较坚固,在出现地表沉降现象时,沉降程度较低,但是仍然会给城市地表造成安全隐患<sup>[4]</sup>。

#### (三) 盾尾空隙因素影响地表沉降现象

盾尾空隙填满步骤是造成地表沉降的核心因素,在进行盾构机的工作时,由于盾构机处于挖掘状态,导致地表土壤层和盾尾钢壳出现分离现象,导致周围的紧密度出现分离,另外由于盾尾和土壤出现分裂现象,导致地表土壤的压力消失,这种时候极易引发地表坍塌问题,另外由于土壤受到盾构机的影响会处于运动状态,在盾尾和土壤出现空隙时,会被地表土壤逐渐填满,从而引发地表沉降现象的发生。

#### (四) 其他因素导致的地表沉降现象

除了以上三种主要的因素之外,在地铁盾构施工中因为技术方面的问题也会导致地表沉降现象的发生,比如说盾构发生偏差时的修正,盾构机的停止和后退,盾构机的推进速度和出土量等问题,都会对地表沉降现象造成影响。

### 五、降低地铁盾构施工地表沉降的有效措施

#### (一) 加强注浆速度的控制

为了保证注浆工作的质量效果,地铁盾构施工队伍在进行地铁盾构施工时,要控制好注浆的填充速度,首先要保证盾构机的挖掘速度和注浆的填充速度保持一致,在最大程度上减少盾尾和地表土壤间隙的出现,从而降低盾尾间隙导致的地表沉降现象。要充分的保证注浆步骤的治疗,在进行注浆作业时,如果注浆的速度过快,会导致盾尾出现漏浆问题,会为地铁盾构施工造成一定的安全隐患,使地铁盾构施工无法正常进行<sup>[5]</sup>。注浆作业的速度并没有统一的标

准,要在地铁盾构施工过程中根据施工现场的具体情况,作出最合适的选择。

#### (二)控制好注浆作业的时间

注浆作业的时间也是地铁盾构施工中的重要环节,合适的注浆作业时间选择可以有效的控制地表沉降现象的发生,同时这也是地铁盾构施工中的重要步骤,如果注浆作业的时间过早会影响地铁盾构结构的正常施工,但是如果注浆作业的时间过晚,那就会导致地表沉降现象的发生,因此必须掌握好最合适的注浆作业时间,根据相关的资料和施工经验来看,最合适的注浆作业时间就是在光谱脱离盾尾的时候,这种时候进行注浆作业工作可以有效的控制地表沉降现象的发生,并且不会对地铁盾构结构施工造成影响。

#### (三)科学合理的制设置挖掘工作参数

在进行地铁盾构结构施工的过程中,施工人员必须加强对各种相关参数的重视,任何参数的设置出现问题,都会导致地表沉降现象的发生,为地铁盾构结构的时候造成安全隐患。尤其是地下水压力、预备压力和地层土压力的参数,这些必须要进行严格合理的参数设置,在进行参数的设置时并没有统一的标准,根据地铁盾构结构施工的情况不同,会出现不同的参数设置要求。另外在进行地铁盾构结构施工的过程中,由于施工过程较为复杂,存在很多未知并且无法确定的因素,因此在进行参数设计时,经常会出现技术人员计算出现误差的问题。

为了减少参数误差的出现,在进行参数设计时要按照规范标准进行设计,并且对施工过程中获得的参数进行计算,从而制定出合理的参数。此外技术人员在进行参数设置时,往往会需要设置很多的土压力参数,这种时候就需要根据现场施工的具体情况,选择合适的计算方式,从而提高参数计算的准确度,保证地铁盾构结构的正常施工,控制地表沉降现象的发生<sup>[6]</sup>。

#### (四)减少地铁盾构施工过程中对地层的扰动

在进行地铁盾构施工之前,要做好充分的施工准备,以此来保证地铁盾构结构施工过程中的安全,另外还需要提前做好预警措施,提前对施工现场可能出现的情况制定好措施和方案来面对可能出现的问题,尤其是提前对地表变形和塌方的应急处理和预防工作,不仅可以保证地铁盾构结构施工的质量,减少地铁盾构施工现场安全事故的发生,还能有效的保证盾构机的掘进速度。

如果在地铁盾构施工过程中出现意外情况,要立马停止掘进工作,由于受到土壤压力的影响,会出现盾构机后退的发生,这种时候极易导致安全施工的发生,因此为了提高工作过程的安全性,在地铁盾构施工开始之前,必须要制定好预防盾构机出现后退情况的相关措施,减少地表沉降现象的发生。

#### (五)加强对围岩扰动的防治

在地铁盾构施工的过程中,盾构机的推进会造造成盾构和围岩间的摩擦,从而产生扰动造成地表沉降现象的发生。因此要通过科学合理的方法来降低盾构和围岩间的摩擦,尽可能地减少对围岩造成扰动,并且要保证盾构施工的过程合理控制,避免出现盾构出现偏移现象,要适当的降低挖土量,如果在地铁盾构施工过程中盾构出现偏差,要缓慢的进行调整。

#### (六)加强对盾尾空隙下沉的控制

在地铁盾构施工过程中,由于盾尾间隙的出现,会导致盾壳支撑的围岩发生变形而导致地表沉降现象发生,尤其是在黏性土层中,由于注浆作业对土层作出的压力过大,很容易出现地基隆起现象,因此要进行合理的控制。在进行注浆作业时,要根据地铁盾构施工现场的具体情况选择最合理的注浆材料,另外要注意在地铁盾构施工时,要尽可能的在盾构机推进的过程中进行注浆工作,并且要保证注浆充足,确保注浆的数量和质量不好出现问题,从而对地表沉降现象进行有效的控制。另外要根据地铁盾构施工现场的情况,适当的进行二次注浆来加强对地表沉降的控制,把地表沉降的范围控制在合理的范围内。

#### (七)加强对隧道埋深的控制

在地铁盾构施工的过程中,在确定了隧道的大小和形状后,还需要确定隧道的埋深,通常来说隧道的深度越大,地铁盾构施工对地表造成的影响也就越小,但是隧道深度过深会导致地铁其他的施工产生严重的负面影响,因此也不适合选择过深的深度,如果隧道的深度过浅,会导致挖掘的土壤中充满杂填土、粉质黏土等不稳定的土壤层,容易出现流砂现象,无法保证隧道挖掘的稳定,容易引发隧道坍塌事故。因此需要选择合理的隧道深度才能有效的保证地铁施工正常进行,对地铁盾构施工造成的地表沉降现象造成有效的控制。

#### (八) 加强对地下水水位的监测工作

当地铁盾构施工经过地下水区域时, 由于隧道所在的地区地下水位较深, 造成的地表沉降相对较小, 但并不能因此产生轻视心理, 在实际的施工过程中, 要适当的进行降水工作, 并对地下水位进行定期的监测工作, 保证地下水因为渗透导致的问题降低, 从而控制地表沉降现象的发生。

#### (九) 减少地铁盾构施工对地表的荷载

在进行地铁盾构施工的过程中, 隧道上浮的荷载也是必须引起地铁盾构施工队伍重视的环境, 因为地铁盾构施工的特殊性, 起重机等重型机械设备是不可或缺的, 但是不能为了减少路面荷载就减少行驶的车辆, 这样会增加交通负担, 因此重型机械设备, 钢材等材料的堆放要放在不会对隧道造成影响的地方, 从而减少地表的荷载, 控制地表沉降现象。

### 六、结语

综上所述, 在进行地铁盾构结构的施工过程中经常发生地表沉降现象。为了提高人们出行的交通质量, 地铁工程的建设必不可少, 尽管地铁盾构施工的过程无法彻底消除地表沉降问题, 但是可以通过科学有效的措施, 对地铁盾构施工过程中造成的地表沉降现象进行控制, 在最大的程度上减少地铁盾构施工过程中的地表沉降现象。地铁盾构施工团队, 要对造成地表沉降现象的原因和因素进行透彻的分析, 提前做好预防和解决措施, 以此来提高地铁盾构施工中对地表沉降现象的控制, 促进城市的发展建设, 保证人们的正常交通安全。

#### 参考文献:

- [1]刘文.地铁盾构施工全过程安全风险变化规律及事故演化机理研究[D].华中科技大学, 2018.
- [2]秦学波.郑州地铁盾构下穿建筑物风险控制措施研究[D].郑州大学, 2018.
- [3]罗国帅.红层岩层地铁盾构施工诱发的地表沉降规律研究[D].广州大学, 2016.
- [4]徐楨.天津市地铁五号线盾构施工地表沉降安全性分析与对策研究[D].中国民航大学, 2015.
- [5]曹振.西安地铁盾构施工安全风险评估及施工灾害防控技术[D].西安科技大学, 2013.
- [6]黄俐.北京地铁盾构施工沉降风险机理研究及评价模型构建[D].中国矿业大学(北京), 2012.