

地铁隧道施工关于周边环境变形监测策略研究

徐明杰 罗键

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

DOI:10.12238/bd.v8i4.4230

[摘要] 为了探讨地铁隧道开挖对周围地面建筑物可能造成的变形影响及有效监测策略,文章采用结构物理监测、地面沉降监测和数值模拟预测等方法,分析了隧道施工中可能引起的地面建筑物变形情况。因此,隧道开挖过程中可能导致的建筑物沉降、结构变形和墙体裂缝等现象需及时监测和评估。通过收集并分析监测数据,可以有效预测变形趋势,并采取相应的施工调整和补偿措施,以确保周围建筑物的安全性和完整性。这些策略不仅有助于减少潜在的安全风险,还能优化地铁工程的执行效率和成本控制,提升城市地下空间建设的可持续发展能力。

[关键词] 地铁隧道; 地面建筑物; 监测

中图分类号: U455 **文献标识码:** A

Study on the deformation monitoring strategy of the surrounding environment in the subway tunnel construction

Mingjie Xu Jian Luo

PowerChina Northwest Engineering Corporation Limited

[Abstract] In order to explore the possible deformation influence of subway tunnel excavation on the surrounding ground buildings and the effective monitoring strategy, the paper analyzes the possible deformation of ground buildings by using the methods of structure physical monitoring, ground settlement monitoring and numerical simulation prediction. Therefore, the building settlement, structural deformation and wall cracks caused during the tunnel excavation should be monitored and evaluated in time. By collecting and analyzing the monitoring data, the deformation trend can be effectively predicted, and the corresponding construction adjustment and compensation measures can be taken to ensure the safety and integrity of the surrounding buildings. These strategies can not only help to reduce the potential safety risks, but also optimize the execution efficiency and cost control of subway projects, and improve the sustainable development capacity of urban underground space construction.

[Key words] subway tunnel; ground buildings; monitoring

引言

地铁隧道的建设不仅涉及到地下空间的开挖与施工,还必须考虑其对周围地面建筑物可能产生的影响。随着城市化进程的加快,地铁建设往往需要在高密度建筑群密集的地区进行,这就使得地下工程施工与周围环境保护成为了一项重要的工程技术问题。特别是在地铁隧道开挖过程中,地面建筑物的变形监测显得尤为重要,因为不良的监测策略可能导致严重的安全事故,同时也会增加工程成本和延长工期。

1 地铁隧道开挖对地面建筑物的潜在影响

1.1 地基沉降

在城市轨道交通施工中,存在着不可忽视的基础沉降问题,其主要是开挖过程中,土体将发生一定程度的位移,并与周边环

境交互作用,若不能及时有效地加以控制,将会危及地表结构的安全。特别是,地基的沉降将引起地基局部的沉陷,这种沉陷通常是不均匀的,而且在一些地区会存在很长一段时间。如果沉降超出建材的承载能力,墙体就会产生裂纹,裂纹会逐渐扩展,最后引起整栋建筑的倾斜和坍塌^[1]。尤其针对那些比较古老的或结构不太稳固的建筑物,这个过程会变得更为危险。所以,在地铁隧道建设中,如何有效地防止或减轻由于基础沉降引起的建筑物安全隐患,是建设单位亟待解决的问题。

1.2 地表变形

施工过程中,除基础沉降外,地面变形也是一个值得注意的问题。在隧道开挖过程中,既要改变地下空间的形状,又要使地面产生横向与纵向两个方向的变形。从水平变形角度看,隧洞施

工将引起地面拉、压两种形变,且因场地、情况而异。比如,在某些地方,地面上会产生水平裂纹,并逐渐扩大,最终形成更大的裂纹,甚至破坏建筑的保护层,使建筑的稳定问题变得更加严重。而竖向变形以地面沉陷、隆起为主,这是因为在开挖过程中,地面有可能发生沉陷、抬升等现象。这些改变不但会影响到地面的美观,而且会给诸如管道之类的设备带来很大的压力,尤其是对于一些特殊的工程,如有特殊要求,竖向变形就会给设计与建造带来很大的困难^[2]。

实际地铁隧道施工中,基坑工程所产生的基础沉降与地面变形,是工程建设中必须密切关注并加以解决的问题。为保证建筑物的安全性及长效性,应采取适当的技术与管理对策,以减少或消除对建筑物的负面影响。准确的地质调查,合理的施工计划,严密的监控体系,是降低地面沉降及地面变形的重要手段,是保证地铁建设安全的重要手段^[3]。

1.3 地震影响

在地铁隧道开挖、支护施工过程中,必然会产生震动。一般来说,地震波强度不大,其能量相对较弱,不会对周边环境产生重大影响。但如果是一些年代久远,或者是结构有问题的建筑,在地震中还是会受到影响的。随着地下工程的不断开展,结构体系的稳定性越来越差,结构出现开裂、倾斜等问题,这些问题不仅会影响建筑物的结构稳定性,而且会危及人身安全^[4]。

1.4 地下水水位变化

在地铁隧道建设中,开挖引起的土体扰动,必然会对地下水水位产生一定的影响。首先,该变化可以以临时的水位升高或降低的形式出现,即在特殊的施工地点,随着地铁隧道建设的推进,周围的地下水水位也会随之发生变化,从而对地表建筑结构产生不利影响。特别是对于一些基础较差,土层厚度较小的建筑物,在地下水水位升高时,其安全性将面临极大的风险。雨水进入房屋后,不但会影响房屋的正常使用,还会对房屋的长期稳定产生影响。而地下土体一般较表层土体较硬,在不断的水浸泡下,土体将逐步被腐蚀、软化,通过长期的腐蚀破坏来提高结构的力学性能,从而降低其承载力^[5]。

另外一方面,地下水埋深的变化不仅直接影响地下水的空间分布,同时也是引起地面物理状态改变的重要因素。由于水位的改变,地面水平形变可分为两类:一类是拉伸,另外一类是压缩,其中在地面受到压应力的作用下,产生了压缩变形,而在施加拉力的情况下,将产生拉伸变形。其中特别要关注地震动引起的地层水平位移。地面拉张变形会对周边建筑的安全产生很大影响。建筑在承受外力作用时,往往具有足够的承载能力,但在连续变形作用下,仍有可能产生开裂乃至破坏,从而影响到建筑物的整体美观,进而危及到结构的工作性能与服役寿命^[6]。比如,裂纹的出现会引起材料的应力集中,从而引起更大的结构损伤。反之,虽然受压变形影响不大,但如果变形太大,也会给建筑物带来不可挽回的破坏。特别是在某些重点地区和重点工程周围,由于受压变形的影响,会产生地基沉降和结构失稳等安全隐患。因此,实时监测地下水位的动态变化,并提出针对性的防治措施,

对保障建筑物的安全运行和市政工程的稳定具有重要意义^[7]。

除此,地下水位的变动并不只是水位的改变,其对周边环境也有深刻的影响。当地下水位降低时,土壤中的水分会不断流失,从而使土壤变得干脆,进而土体结构发生损伤,产生裂缝、开裂甚至坍塌,从而影响土体保水保肥能力,最终导致土体的综合质量与承载能力下降。同时,由于地下水缺乏,地下水的存在,使得地下水中的污染物进入地下水,造成地下水污染。反之,若地下水水位升高,则会使土壤中的盐分积聚及渗入较深的土层,造成土壤盐碱化,并且地下水不断增多,地表会发生湿陷,使房屋等基础设施发生失稳。这种改变不但会影响到土地利用的可持续发展,而且会危及到人类生存与发展的稳定。据此明确,相关人员研究并掌握地下水动态变化规律,对保护自然资源,维持生态平衡,保障社会可持续发展具有重要意义^[8]。

2 地面建筑物变形监测的重要性

地面建筑物变形监测在地铁隧道开挖等大型土木工程中显得尤为重要。首先,监测能够帮助及早发现和评估隧道开挖对周围建筑物可能造成的影响。隧道施工过程中引起的地面沉降、建筑物结构变形或墙体裂缝等问题,如果能够及时监测到,就可以采取相应的补救措施,避免事态进一步恶化,保证建筑物的结构安全性和使用稳定性。其次,监测数据为工程管理和决策提供了重要依据。通过连续监测和数据分析,工程管理者可以实时了解隧道施工对周围建筑物的实际影响情况,及时调整施工方案和控制施工质量,确保施工过程中的安全性和稳定性。这不仅能够减少可能的工程风险,还能有效降低事故发生的可能性,节约维护和修复成本^[9]。

3 地面建筑物变形监测策略

3.1 结构物理监测

结构物理监测是一种直接有效的地面建筑物变形监测策略,通常通过安装传感器和仪器在建筑物结构关键部位进行实时监测。这些传感器可以测量建筑物的变形、位移、倾斜和振动等参数,提供实时数据以评估建筑物在地铁隧道开挖过程中的变化情况。首先,结构物理监测可以帮助捕捉建筑物局部区域的微小变形。在地铁隧道开挖引起地面沉降时,建筑物可能会出现局部的微小变形,如墙体或地基的轻微位移或微小裂缝。传感器能够精确测量这些变化,提供及时的警报和数据,帮助工程管理者在问题发展到严重阶段之前采取必要的修复措施。其次,监测到的实时数据可以用于验证数值模拟的准确性和预测的可靠性。通过将实测数据与预测模型进行比较,可以及时发现和纠正模型偏差,提高预测的精度和实用性。这种反馈机制对于优化施工计划和减少建筑物损坏风险至关重要。

3.2 地面沉降监测

地面沉降监测是评估地铁隧道开挖对周围地面沉降影响的重要手段。通过布设测点和使用精密测量设备,可以实时监测地面沉降的发生及其变化趋势,为工程管理和风险控制提供必要的的数据支持。首先,地面沉降监测能够精确测量和记录地铁隧道开挖过程中地面的沉降情况。隧道施工会导致地下土体的压实

和位移,从而引发上方地面的不同程度下沉。监测这些沉降数据可以帮助工程团队及早识别和量化潜在的地面沉降问题,及时采取补救措施,减少对周围建筑物和基础设施的不利影响。其次,地面沉降监测数据对于验证和校准数值模拟预测具有重要意义。数值模拟虽然可以预测地铁隧道开挖对地面沉降的影响,但实际施工情况往往复杂多变。通过实测数据与数值模拟结果进行对比分析,可以评估模型的准确性和可靠性,为工程管理提供科学依据和决策支持。

3.3 数值模拟与预测

数值模拟与预测在地面建筑物变形监测中扮演着关键角色,通过建立复杂的数学模型和计算方法,预测地铁隧道开挖对周围建筑物可能造成的影响,从而指导工程实施和风险管理。首先,数值模拟可以模拟和预测地铁隧道开挖引起的地面沉降、建筑物结构变形及其它相关问题。通过分析隧道开挖过程中的土体力学行为、应力传递路径和变形机制,数值模拟可以定量预测不同施工阶段和条件下地面沉降的程度和范围,为工程管理者提供科学依据和预警机制。其次,数值模拟还可以优化施工方案和减少风险。通过在模型中引入不同的施工参数和条件,工程团队可以评估和比较不同的施工策略对地面建筑物影响的潜在差异,从而选择最优方案以降低潜在风险和成本。

4 监测数据分析与应对措施

在深圳某在建地铁工程项目中,监测数据分析与应对措施显得尤为关键。随着地铁隧道开挖的进行,周围建筑物的安全性和稳定性成为首要考虑的问题之一。首先,监测数据的综合分析涵盖了多方面的数据源和监测手段。结构物理监测系统实时记录并分析了建筑物内部的结构变形数据,包括位移、倾斜以及可能出现的振动情况。地面沉降监测则通过精确的测量,评估地铁施工对周围地表的影响,确保地面稳定性不受严重影响^[10]。同时,数值模拟技术与实测数据相结合,有效预测并验证隧道开挖可能带来的影响,为后续应对措施提供科学依据。其次,监测数据分析不仅关注数据的绝对值,更重要的是对变化趋势的把握。在项目推进过程中,监测系统持续采集数据,分析变形和沉降的发展趋势,及时识别出潜在的风险点和可能影响建筑物安全的区域。这种实时性和精准性为工程管理团队提供了宝贵的预警和应对时间窗口。针对监测数据分析的结果,工程团队制定了一系列的应对措施。例如,当监测到地面沉降率超过预警值时,立即

采取加固地基或调整施工进度措施,以减少对周边建筑物的潜在影响。对于建筑物结构变形和裂缝,工程团队实施了精准的修复和加固方案,确保问题得到及时解决,不会演变成更严重的安全隐患。

5 结论

综上所述,文章通过结构物理监测、地面沉降监测和数值模拟预测,系统分析了地铁隧道开挖对周围地面建筑物可能造成的变形影响及有效监测策略。结果显示,隧道施工可能引起的沉降、结构变形和墙体裂缝等现象需及时监测和评估,以确保建筑物的安全性和完整性。通过监测数据的及时分析和应对措施的实施,可有效预测变形趋势,优化施工管理,减少安全风险,降低工程成本,推动城市地下空间建设的可持续发展。

[参考文献]

- [1]柴新朝,侯智超,王春洋,等.地铁隧道探地雷达检测车的研发与应用[J].工程地球物理学报,2024,21(04):713-721.
- [2]魏晓龙,陈波.基于多源数据的运营地铁综合检测技术研究与应用[J].铁道勘察,2024,50(03):45-50.
- [3]曹志,高洪清,王威,等.车载探地雷达技术在地铁隧道检测中的应用[J].计算机测量与控制,2024,32(04):61-66.
- [4]余跃进.基于MIDAS的地铁隧道开挖对邻近建筑物的变形影响分析[J].甘肃科学学报,2023,35(03):140-145.
- [5]刘善伟.盾构隧道施工影响下邻近在役桩基变形特性研究[D].山东大学,2023.
- [6]刘健.CRD法地铁隧道施工地表沉降规律及控制研究[D].安徽建筑大学,2023.
- [7]李旭.近距离双洞单线地铁隧道开挖变形规律分析[J].商丘职业技术学院学报,2023,22(02):86-91.
- [8]吴义明.地铁隧道开挖过程中软岩变形规律分析及应对措施[J].四川水泥,2023,(04):236-238.
- [9]祖华.城市地铁隧道开挖及变形控制的数值模拟研究[J].山西建筑,2022,48(21):135-137.
- [10]雷刚.岩石地层矿山法地铁隧道施工围岩力学响应及支护设计方法研究[D].浙江大学,2022.

作者简介:

徐明杰(2000--),男,汉族,贵州省大方县人,本科,职称:助理工程师,研究方向:地铁隧道对建筑物的监测。