

# 明挖隧道深基坑变形影响因素研究

胡英辉

中铁六局集团北京铁路建设有限公司 北京 102600

**摘要:**现阶段,随着我国城市化的发展,高层建筑与轨道交通工程不断涌现,而深基坑工程的安全对地下工程的顺利施工至关重要。由于基坑周边常常分布有密集的建筑物和管线,这对基坑变形的要求也越发严格,加之地质条件的复杂和工程经济性的要求,使得基坑支护具有风险高、难度大的特点。因此,基坑变形规律及控制的研究受到广泛重视,其成果有重要的工程应用价值。本文主要对明挖隧道深基坑变形规律及其影响因素展开研究,希望为有关工作者提供参考。

**关键词:**明挖隧道;深基坑变形;数值模拟;开挖宽度

**引言:**随着不断推进的城市化进程,地下空间深基坑项目也在不断增加。但当前深基坑项目周围常有密集的建筑等分布,则存在较大的施工难度和施工风险,因此应重视深基坑项目施工时的变形规律,以最大限度确保施工安全。并且,虽然当前已经有较多关于基坑变形的研究,但随着城市空间的不断缩小,人们对于基坑变形的要求逐渐提高,对其变形影响因素做出进一步的分析,有助于为施工设计提供更为全面的借鉴与参考。

## 1 深基坑变形机理的相关理论分析

### 1.1 深基坑底部隆起的变形机理分析

在开挖的最初阶段,开挖面的中心处要比两侧的隆起量大,而在基坑底部中基坑隆起量的增长率比较小,隆起的规律是由基坑中心向着四周发展,基坑开挖的深度不大的话,周围的隆起量会比较小,一旦开挖的深度达到一定值之后,基坑就会产生塑形隆起的现象,外观呈现出中间小两边大的现象<sup>[1]</sup>。

### 1.2 深基坑围护结构的变形分析

深基坑在开挖的过程中会导致围护结构受到内外土不同的压力,在压力差的作用下会发生一定的形变作用,在土体卸荷之后,墙外部的土压力占据了主要地位,如果这时围护结构的刚度比较小的话,且混凝土的强度不够,就非常容易产生向内的水平位移,对围护结构造成非常大的损害。

### 1.3 深基坑周围地表沉降变形机理

钻孔前,如果出现断桩、混凝土浇筑水灰比不达标、浇筑过程中出现夹层等问题,影响到围护桩墙的刚度和强度,造成基坑稳定性大大降低。深基坑开挖后,原有的土体压力卸载,在内外土压力差作用下,基坑内土体出现一系列回弹,如果施工速度较慢,底板不能及时浇筑,则基底的回弹量会越来越大,当回弹量超过

一定值后,基底出现松动,围护桩在水平方向力的作用下,出现更大的倾斜变形,墙后地表土体出现塌陷、地面开裂现象<sup>[2]</sup>。若附近建筑物较多,桩后土体的沉降导致建筑物地基的不均匀沉降,墙面出现裂缝或建筑物的整体倾斜。

## 1.4 变形破坏的主要概况分析

明挖隧道的过程是基坑内土体卸荷,上土压力整体性释放的一个过程,在这个过程中深基坑的应力场和位移都会发生相应的变化,基底的土体会发生一定的隆起现象,而且由于开挖会造成围护结构内外土压力差的存在导致位移现象的发生,致使周围的建筑物产生较大的沉降现象,如果处理不当会引发重大事故。

## 2 明挖隧道深基坑变形影响因素分析

### 2.1 桩径对深基坑变形的影响

如果桩体在不同桩径下的水平位移曲线,那么桩体在桩径不同时的变形均为弓形,且均在同一位置出现位移最大值。桩顶的水平位移仅在0.6m桩径时超出基坑,且在-0.9m位置,即支撑位置出现拐点。分析原因在于,较小的桩径下桩体有较大的柔性。此时基坑支撑发挥主要作用,在支撑轴力的影响下围护桩出现一定形变。围护桩的刚度随着不断增加的桩径而有所提高。此时基坑围护桩是支护结构中的主要受力结构,顶部出现不断增大的位移,而位移的最大值则不断降低。桩体的最大位移在桩径从0.6上升到1.1m时,约有41.5%的降低幅度,但水平位移最大值随着不断增大的桩径,呈现越来越小的降低幅度。基底的隆起值在0.6m桩径上升到0.9m时约降低了0.9mm<sup>[3]</sup>,且基底隆起值随着不断增加的桩径基本不发生变化。桩径变化对桩体基底以下位移的影响较小,支护桩不会因为不断降低的桩径而出现更大的土体挤推作用。综上所述可知,桩径的改变对基坑隆起影

响较小。进一步分析桩径对地表沉降的影响,可得地表沉降曲线在不同的桩径下变化情况趋于一致,且约在与坑边 6m 位置出现地表沉降最大值。地表最大沉降在 0.6m 桩径上升到 1.1m 时约有 41% 的降幅<sup>[4]</sup>。分析原因在于,随着不断增加的桩径,围护结构刚度也在不断增加,有效抑制了土体朝坑内的水平位移,从而对抗外土体沉降起到约束作用。且在地表沉降中,随着桩径的不断增大其所能产生的作用在不断减小。对围护桩在不同桩径下的弯矩变化进行分析可知,围护桩的正弯矩最大值在 0.6m 的桩径上升到 1.1m 时,约减小了 178kN/m,最大负弯矩约增加了 471kN/m<sup>[5]</sup>。综上可知,围护桩的正负弯矩随着不断增加的桩径,表现出不同的变化情况,而围护桩的最大弯矩受配筋影响最大。因此只有在围护桩和支撑结构的刚度比例适当,围护桩有较为接近的正负弯矩时,才能形成更为合理的受力。

### 2.2 桩间距对深基坑变形的影响

为研究桩间距对基坑变形的影响,分别取 1.2m、1.35m、1.6m、1.8m、2.0m、2.2m 进行模拟计算。当围护桩桩间距从 1.2m 增大至 2.2m 时,围护桩最大水平位移从 10.5mm 增加至 11.9mm,增幅为 13.3%;地表沉降最大值从 7.6mm 增加至 8.5mm,增幅为 11.8%,这与减小围护桩桩径所引起的结果类似,桩间距的增大使得围护桩的刚度减小,从而使基坑变形增大,相比之下,基坑的变形对桩径的变化更加敏感,这源于两者对围护桩整体刚度的影响程度不同,由此可见,围护桩刚度与桩径 d 的四次幂成正比,而仅与桩间距 D 成反比。并且,桩体弯矩随桩间距的增大而增加,这是由于桩间距变大使得单根桩承受的土压力增加,桩体内力随之增大。当桩间距从 1.2m 变化至 2.2m,桩体最大正弯矩由 319kN.m 增加至 695kN.m,增幅为 118%,最大负弯矩由 581kN.m 增加至 829kN.m,增幅为 42.7%<sup>[6]</sup>。可见,围护桩的内力受桩间距的影响明显,在基坑支护设计时应引起重视。综上所述,增大桩径及减小桩间距均使得围护桩刚度增大,从而对桩体水平位移与地表沉降起到控制作用,但当桩体的刚度增大到一定程度后,再继续增大会使得这种作用逐渐减弱,即存在边际效应。同时,在施工过程中,过大的桩径会导致成桩的缺陷增大,过小的桩间距容易出现断桩,且桩间土的自承能力的发挥也受到限制,同时也提高了工程造价。因此,在基坑支护设计时,应以保证围护桩强度和桩间土稳定性的原则来确定合理的桩径和桩间距,不宜盲目地通过增大桩径、减小桩间距的方式来控制基坑的变形。

### 2.3 嵌固深度对深基坑变形的影响

围护桩水平位移与嵌固深度的关系如图 1 所示。由图 1 可知,桩体基底以下的水平位移,随着不断增加的嵌固深度逐渐降低。桩顶水平位移在 4m 嵌固深度上升到 14m 时,约降低了 0.7mm,桩体的水平位移最大值约降低了 1.4mm,桩底水平位移约降低了 2.7mm<sup>[7]</sup>。由此可见,桩底位移在较小的嵌固深度下较大。桩底水平位移可通过适当增加嵌固深度进行有效抑制,原因在于基底以下土体在增加嵌固深度时,可以为围护桩提供足够的被动土压力。部分基坑项目产生事故的原因,在于支护结构因缺乏足够的嵌固深度而出现倾斜。针对于基坑项目处于软土地区,在设计基坑项目的支护结构时,必须确保嵌固深度充足,以保障围护桩足够的稳定。进一步分析地表沉降与基坑隆起和嵌固深度间的关系可知,地表沉降和基底隆起在嵌固深度不同时变化趋势类似,嵌固深度增加时两者的变形有较大降低,但在 12m 以上的嵌固深度下抑制变形的幅度较小。桩体基底以下部分在 6m 以上嵌固深度时有正弯矩出现,且随着不断增加的嵌固深度,弯矩值在不断增加,但均在 250kN/m 以下。且正负弯矩的最大值有所降低。正负弯矩的最大值,在 4m 嵌固深度上升到 14m 时均有所减小。由此可知,围护桩的受力随着不断增加的嵌固深度而有所改善。在 10m 以上的嵌固深度下,改善效果较小。由此可知,该项目围护桩应采用 10m 以下的嵌固深度。综上分析可知,基坑变形可通过提高围护桩嵌固深度的方式进行抑制,尤其是抑制桩底位移的效果最佳,并可使围护桩受力更为合理,使支护结构稳定性得到有效提高。但嵌固深度大于某数值时,抑制基坑变形的效果逐渐减弱,且会使成本增加,即同样存在“边际效应”。

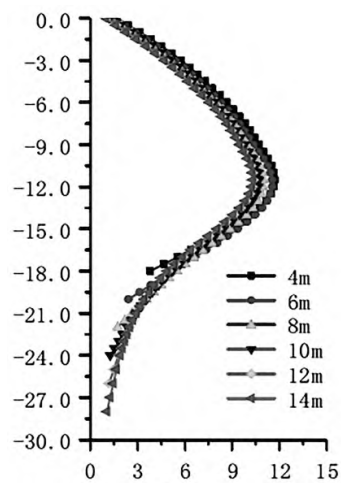


图1 围护桩水平位移与嵌固深度的关系

结束语:目前,进入 21 世纪以来,中国的建筑工程领域不断地更新与发展,随着城市地下交通、高层建筑

的普及,地下施工技术已经越来越受到人们的关注,本文重点对深基坑变形的影响因素的相关内容进行了重点的阐述,通过相关的实验数据进一步验证了控制措施的合理性与准确性,在以后的地下建筑施工过程中,一定要结合施工环境以及施工技艺的特点,综合展开施工,严格按照行业内的规定进行施工,从而保证安全性。

#### 参考文献:

- [1]李博.基于时空效应的深基坑开挖与支护变形特性研究[J].北京:中国地质大学,2021.(8):102-103.
- [2]李淑,张顶立,房倩.北京地区深基坑墙体变形特性研究[J].岩石力学与工程学报,2020,31(11):2344-2353.
- [3]吴云雷.海口某深基坑支护监测及数值模拟[J].北京:中国地质大学,2020.(8):521-522.
- [4]张显飞.深基坑内支撑支护体系及其数值研究[J].西安:西安建筑科技大学,2020.(4):206-207.
- [5]李海龙,吴家岚,王志详.明挖隧道深基坑变形监测技术及分析[J].路基工程,2021(5):137-139.
- [6]李肖.明挖隧道深基坑变形监测及数值计算分析[J].产业科技创新,2020(32):34-36.
- [7]吕高乐,易领兵,杜明芳,等.软土地区双侧深基坑施工对邻近地铁车站及盾构隧道变形影响的分析[J].地质力学学报,2021,24(5):682-691.