

官河桥拼宽改造对既有地铁5号线盾构隧道影响

胡敏翔 张朋娇

中铁第六勘察设计院集团有限公司

摘要: 对官河桥拼宽改造工程对杭州地铁5号线影响进行力学分析,对隧道影响区段内隧道现状调查并评级,结合隧道现状及工程特点,从减小隧道影响上对设计、施工方案进行优化,并通过palxis、FLAC3D有限元计算进行验证。

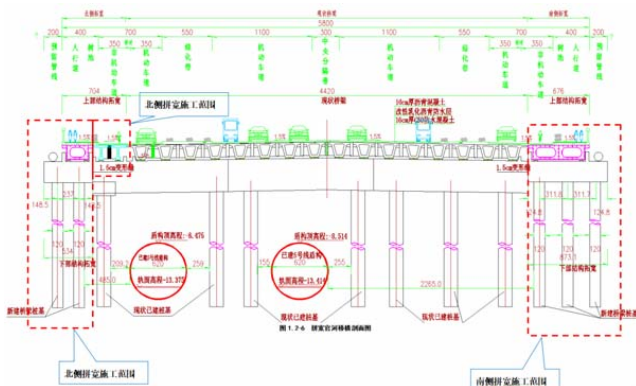
关键词: 桩基施工;盾构隧道;有限元

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2020.12.136

工程概况: 官河桥位于萧山区规划道路金城路道路桩号K0+825.5上,已存在一座新建桥梁官河桥,跨越规划河道官河。现状桥梁全宽44.2m,为地铁施工期间拆复建新桥,需加宽至58m。

桥梁上部结构采用1x30m后张法预应力小箱梁,梁高160cm。下部结构采用承台接盖梁式桥台,保留原桥台作为挡土墙作用。为避开地铁盾构区间盖梁分三幅布置,桥台盖梁截面尺寸为200x350cm(宽x高)。基础为摩擦桩,采用直径 Φ 150cm钻孔灌注桩基础,桩长约53m,进入14-4圆砾层。桩基距离左线最小距离约2.1m,距离右线最小距离约1.6m。

桥梁北侧拼宽方案分为已建桥墩台段与新建桥墩台段,已建桥墩台部分上部拼宽结构采用1x30m预制矮T梁结构,下部结构沿用原承台接盖梁式桥台;由于河道范围属于文保范围,不可布设新建桥墩台结构,因此未见桥墩台范围上部结构采用1x35m钢箱梁桥,拼宽段桥面全宽7.04m。桥梁南侧拼宽方案上部拼宽结构采用1x35m钢箱梁桥,拼宽段桥面全宽7.04m。基础 Φ 1200 钻孔灌注桩,桩长约48m,桩底进去14-4圆砾层。北侧拼宽桥梁桩基距离左线隧道最小距离约4.85m(特别保护区内),南侧拼宽桥梁桩基距离右线隧道最小距离约22.65m(保护区内)。



机理分析: 1) 桩基施工引起地铁隧道变形特性分析

根据相关研究,钻孔过程会造成钻进位置附近土体水平应力降低最大7%左右,但影响范围较小,仅影响到距离钻进位置水平2m范围。钻孔过程对桩孔附近土体的竖向应力影响非常微弱。钻孔过程会造成桩孔位置附近土体孔隙水压力降低,距离桩孔1m位置的土体孔隙水压力降幅约为静水压力的9%。

在混凝土浇筑的过程中,当混凝土浇筑面高于所观测土体位置时,桩孔附近的土体水平应力极具增长,增幅幅度可达54%,但同样其影响范围很小,距离桩孔2m处土体水平应力变化率仅为距离桩孔1m处的土体水平应力变化率的13%。土体竖向应力有1%~3%的降幅。同时紧邻桩孔1m位置的土体孔隙水压力急剧上升直至混凝土浇筑完成,升幅约为26%。

在混凝土浇筑完成后的硬化阶段,桩孔附近土体水平应力

及竖向应力均无变化。

整个过程对隧道衬砌的横截面弯矩以及纵向弯矩影响的绝对量值均较小。但从过程变化来看,泥浆护壁过程以及混凝土浇筑面未达到隧道位置前,弯矩变化率明显小于混凝土浇筑面高于隧道位置后以及混凝土硬化和后期固结阶段。整体来看,整个钻孔灌注桩施工过程对隧道影响较大的阶段为混凝土浇筑面高于隧道位置后以及混凝土硬化阶段。

钻孔灌注桩在正常施工情况下(保证施工质量),对临近隧道的影响较小。但在施工质量有问题时(塌孔、缩颈等),钻孔灌注桩施工对周围影响较大。

2) 桩基瞬时荷载施加对隧道的影响

桩基施工完毕,在上部墩台、土方回填和桥梁施工过程中,桩基础逐步承担上部荷载。在垂直荷载下,桩基础会产生竖向沉降,并且带动周围土体的竖向及水平向变形。对于距离桩基础较近的运营隧道,会产生附加变形及应力。

承载桩基会引发临近地铁隧道结构变形,且以沉降变形为主,隧道截面影响区域横向变小,纵向变大;相对于隧道双侧存在承载桩基础,单侧桩基础荷载造成隧道所受弯矩分布向桩基础方向发生明显偏转,隧道结构向桩基础方向产生一定扭曲;桩基础承载所致附加应力会在隧道结构体产生应力集中效应,隧道拱腰部分是桩基受荷所引发土体附加荷载主要承受区;隧道结构会在承载桩周所产生的附加应力场中产生加筋阻挠效应,明显缓释桩周摩阻力在相同位置处传递,桩顶荷载越大,缓释的程度越明显;桩基承载过程会引发临近地铁隧道结构的下沉和水平变位,随着桩与隧道净距比的增加,隧道拱顶下沉量以及弯矩变化最大值相应减少。

隧道现状评价: 本段区间为新建隧道并已通过验收,截至2019年8月29日~12月20日,本段区间隧道上行线隧道收敛最大值为55.6mm(226环),速率为-0.01~-0.03mm/d,其中0~30mm共46环占比27.2%,30~40mm共82环占比48.5%,40~50mm共32环占比18.9%,50~60mm共9环占比5.3%,最大裂缝宽度0.27mm(274环),其中0~0.2mm71条占比79.8%,0.2~0.3mm18条占比20.2%;截至2019年8月29日~12月20日,本段区间隧道下行线隧道收敛最大值为47mm(291环),速率为-0.02~0.02mm/d,其中其中0~30mm共97环占比57.4%,30~40mm共65环占比38.5%,40~50mm共7环占比4.1%,最大裂缝宽度0.28mm(237环),其中0~0.2mm²44条占比79.7%,0.2~0.3mm60条占比20.3%;可认定本段区间隧道变形已基本稳定,隧道表观质量良好。

数值分析: 由palxis有限元软件模拟分析结果可知,官河桥拼宽改造施工对地铁5号线滨康路站~博奥路站(原青年路站)区间隧道产生了一定的影响,区间隧道出现了一定量的水平位移、竖向位移及收敛。

南侧拼宽桥梁距离5号线区间隧道较远,桩基距5号线隧道净距约22.65m,改造施工对区间隧道影响相对较小,主要影响为:桩基施工,尤其是成孔期间,产生隧道向南的水平位移及向下的竖向位移;桥台基坑开挖阶段,由于侧上方基坑开挖卸载、坑底土体隆起、坑外土体向坑内滑移,产生隧道向南的水平位移及向上的竖向位移,整个过程左右线隧道水平位移及竖向位移均小于1mm,水平收敛也在1mm内。

北侧拼宽桥梁距离5号线区间隧道较近,桩基距5号线隧道净距约4.85m,改造施工对区间隧道影响相对南侧较大,主要影响为:桩基施工,尤其是成孔期间,产生隧道向北的水平位

(下转第151页)

表3 城市道路半径超高值对应表

速度 \ 超高值	100	80	60	50	40	30	20
1.5	1600~960	1000~615	600~345	400~240	300~153	150~86	70~38
2	960~905	615~579	345~326	240~226	153~70	86~40	38~20
2.5	905~855	579~548	326~308	226~214			
3	855~810	548~520	308~292	214~203			
3.5	810~770	520~494	292~278	203~193			
4	770~735	494~471	278~150	193~100			
4.5	735~703	471~450					
5	703~673	450~431					
5.5	673~645	431~413					
6	645~400	413~250					

四、结论

本文在充分理解《规范》的基础上，对城市道路超高值的计算进行了分析归纳。根据城市道路设计习惯，将超高值坡度按照0.5%一个梯度的模式，划分为2~10个。不同的速度对应不同的半径区间，绘制成表。使设计者在超高设计时可直接查表取值，极大程度上简化了超高设计，统一了设计模式，为设计者提供了便利。

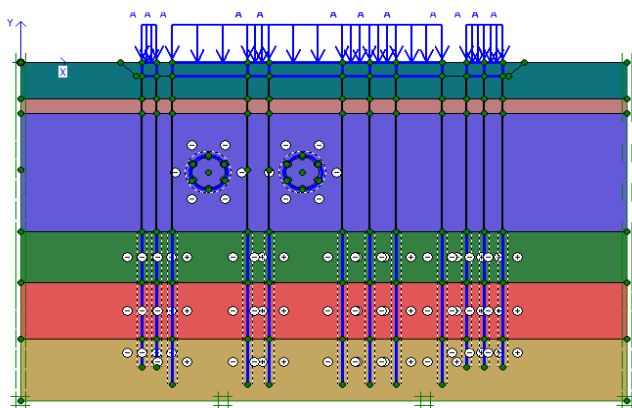
设计者提供了便利。

参考文献

- [1] 于波, 朱俊峰. 关于超高过渡设置问题的探讨[J]. 林业科技情报, 1999年03期.
- [2] 卢艳坤. 公路设计中圆曲线超高值的计算方法分析[J]. 北方交通, 2014年10期.

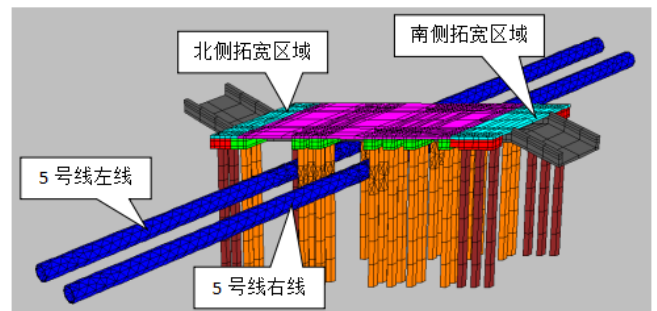
(上接第146页)

移及向下的竖向位移；桥台基坑开挖阶段，由于侧上方基坑开挖卸载、坑底土体隆起、坑外土体向坑内滑移，产生隧道向北的水平位移及向上的竖向位移，整个过程左右线隧道水平位移及竖向位移均小于1mm，水平收敛也在1mm内。



通过对官河桥拼宽改造施工各工况进行FLAC3D三维数值模拟可知，南北两侧桩基及承台施工均对地铁隧道造成变形影响，其中南侧施工桩基6根，北侧施工桩基4根，但南侧桩基及承台基坑距离隧道较远，北侧施工桩基数量较少但距离隧道较近。南侧施工造成右线隧道产生明显变形，北侧施工造成左线隧道产生明显变形。最终工况下，地铁隧道竖向位移-1.113mm，水平位移1.016mm。整个施工过程隧道收敛均在1mm以内。

结论



因官河桥拼宽改造项目桩基施工、承台基坑开挖、上部结构施工及承台基坑回填等施工过程，存在土体扰动、重复卸荷加载效应，导致下部土体产生隆起及水平移动的趋势，在土体变形传递效应的影响下地铁隧道产生一定的竖向和水平位移。

有限元计算结果分析表明，隧道在本工程施工过程中产生了一定的沉降和水平位移，但各项变形指标数值均处在变形控制标准之内，符合相应的评估标准，结构安全，工程可行。考虑到地铁的社会影响大，不容有任何意外发生，须进一步通过有效措施减小地铁结构变形。通过各工况分析结果显示，地铁结构变形主要受桩基施工及桥台基坑卸土量影响，其中桩基施工影响相对较大。故如何确保桩基成孔质量，减小基坑卸载量，尽可能的维持地铁结构原有受力平衡是本项目的控制重点。

参考文献

- [1] 市政桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用[J]. 柴令. 工程技术, 2017(06)