

盾构隧道下穿既有铁路桥梁桩基的加固措施

王振国

中铁十七局集团第四工程有限公司, 重庆 400030

[摘要] 依托某地铁 3 号线盾构隧道下穿既有铁路桥梁桩基工程, 分别对不加固、桩基周围土体注浆加固、采取隔离桩防护 3 种工况隧道下穿过程进行有限元数值模拟。结果表明:2 种加固措施均能减少地表沉降和桩基位移, 能够更好的达到现有结构形变控制的需要。与注浆加固的形式进行对比我们发现, 隔离桩防护工作对于地层的沉降问题以及桩基结构的位置移动的情况实施控制的效果更好。在这个基础上, 我们需要对工程施工作业量, 工程成本等诸多因素实施综合分析, 结合工程的现实状况来对加固的方法加以选择。

[关键词] 铁路隧道; 加固措施; 数值计算; 桥梁桩基; 下穿工程

DOI: 10.33142/sca.v2i3.612

中图分类号: U455.43

文献标识码: A

Reinforcement Measures of Pile Foundation of Existing Railway Bridge under Shield Tunnel

WANG Zhenguo

China Railway Seventeenth Bureau Group Fourth Engineering Co., Ltd., Chongqing, 400030

Abstract: Based on the pile foundation engineering of existing railway bridge under the shield tunnel of a subway line 3, the finite element numerical simulation of the underpass process of the tunnel under three kinds of working conditions is carried out, which is not strengthened, the soil around the pile foundation is strengthened by grouting, and the isolated pile is adopted to protect the tunnel. The results show that the two reinforcement measures can reduce the surface settlement and pile foundation displacement, and can better meet the needs of the existing structural deformation control. Compared with the form of grouting reinforcement, we find that the protective work of isolated pile has a better effect on the settlement of strata and the position movement of pile foundation structure. On this basis, we need to deal with the amount of construction, the cost of the project, and so on.

Keywords: Railway tunnel; Reinforcement measures; Numerical calculation; Bridge pile foundation; Underpass engineering

引言

在最近的今年时间里, 盾构法被人们大范围的运用到了城市地铁项目的建造之中, 为了从根本上对已经建造完成的周边保护结构的安全性, 特别是铁路桥梁结构的质量和稳定性, 需要结合实际情况对结构可能出现的形变问题加以预测, 并且选择适当的方法来加以管控。工程中通常都会对施工的各项参数加以完善, 增强结构的稳定性, 对底层的表型问题加以控制来实施盾构施工安全控制。现如今对于各种类型的工程适合使用的加固方法已经有了大量的研究成果。这篇文章借助参数模拟来对盾构下穿桥梁结构对管片结构所造成的影响实施分析研究。文章中借助专业的方法对各类不同性质的地质环境下桩基结构以及桩隧道净距离对桩体结构的形变造成的影响实施分析研究。文章中将参数模拟的结论与实际测量的信息实施比较, 之后了解到了富水砂层盾构下穿表层桥梁结构的时候, 地表层实施注浆加固能够对形变情况加以缓解。文章利用专业的模式针对没有实施加固, 完成加固桩基结构以及加固隧道穿越地表层的三种情况实施比较, 最终了解到加固隧道穿越地表层能够对结构位置下移情况实施良好的控制。文章借助参数模拟以及联系实际的检测, 对使用隔离桩的方法的盾构施工实施综合研究发现, 借助隔离桩的方法可以明显的环节盾构对现有的桩基造成的不良影响, 但是对桥梁结构的形变控制作用表现非常弱, 文章充分的对工程以及水文地质的情况, 整体结构载荷情况, 施工各项标准等多方面的因素的影响, 切实的构建参数模型, 针对两种加固方案中地表结构位置下移以及桩基结构形变的情况, 从切实性, 施工的难度, 施工持续时间以及成本等多个层面实施综合分析, 对砂卵石低层盾构隧道下穿铁路桥梁的稳固措施来加以比较, 最终判断出借助桩基托换加固的形式更加的适合。就之前的很多的研究结论我们发现, 桩基土体注浆加固以及防护隔离桩加固往往是日常利用最为频繁的加固形式, 鉴于此这篇文章从地铁三号线盾构隧道下穿原有的铁路桥梁桩基工程, 借助三维参数模拟方式, 对整个结构的形变以及地表的下移情况实施综合分析, 希望能够为同类型的工程建造提供参考。

1 工程概况

该地铁 3 号线新建二七路站—兴业路站区间盾构隧道与原有的铁路桥梁结构之间的联系如图 1 所示。在工程的建

造初期从右边线路入手，等到右边的线路全线建造完成之后，再开始左边线路的挖掘。在盾构施工的影响下，原有的铁路桥梁结构往往都会出现不均衡的下沉的情况，这样对于整个线路的正常运行就形成了一定的损坏，进而需要我们充分的联系实际情况采用适当的方法来加以解决。

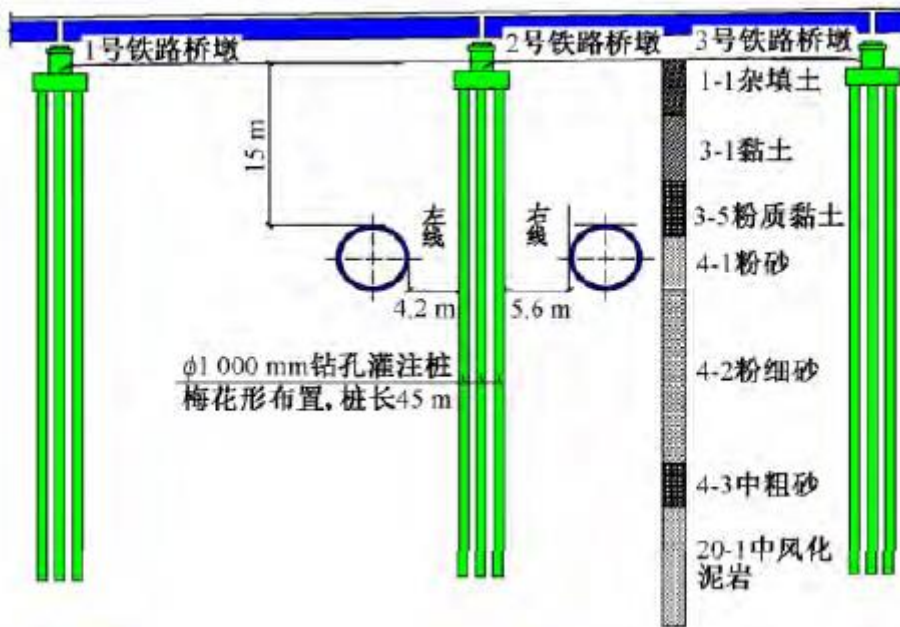


图 1 隧道与既有铁路桥梁位置关系示意

2 数值模拟

2.1 模型的建立及参数的选取

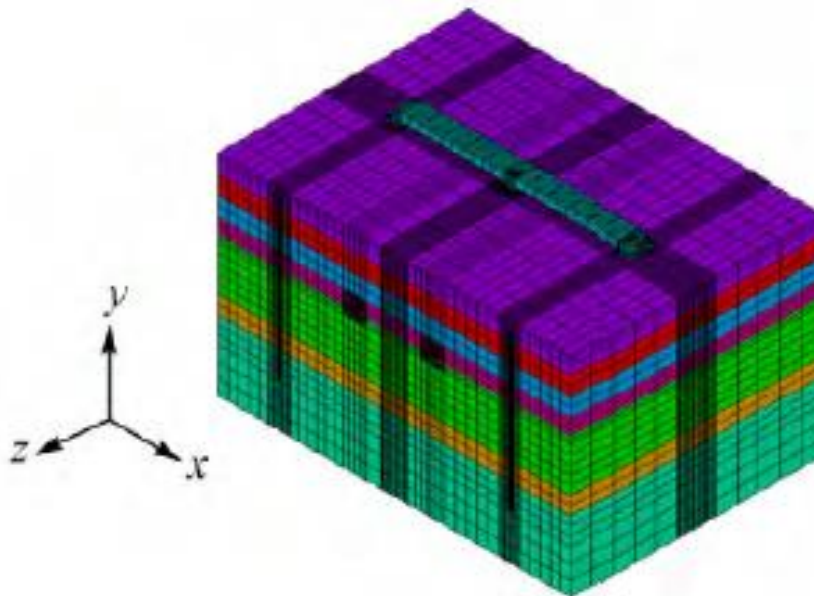


图 2 三维数值模型

我们可以对各项工作以及参数进行前期的预测：首先是地层呈现水平状分布。其次，盾构挖掘施工通常影响波及的范围超过隧道直径的两倍。再有管片壁在完成注浆施工之后，将浆液与土层混合物形成一个均匀地质的注浆层。在参数模拟中，土体过渡到塑性状态的衡量标准为 Druker-Prager 屈服准则。桥梁，桩基等诸多的重要结构以及管片产期，注浆层等都可以被当做是弹性结构，地层以及整个结构都会借助实体单元模拟。管片制作物料会选择使用专门的钢筋混凝土物料，其弹性参数会保持在既定的标准，地层以及结构参数结合地质勘测结论来加确定，见表 1。

表1 地层及结构物参数

地层及结构物	天然重度/ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	内摩擦 角/($^{\circ}$)	黏聚力/ kPa	泊松比	弹性模量/ MPa
杂填土	18.7	6	13	0.40	10
黏土	18.6	10	23	0.30	22
粉质黏土	19.3	16	10	0.35	30
粉砂	19.2	30	0	0.25	52
粉细砂	19.1	32	0	0.20	65
中粗砂	20.0	35	0	0.20	75
中风化泥岩	26.6			0.20	984
桩基	21.0			0.20	34 500
桥梁	21.0			0.20	34 500
管片	26.0			0.20	29 325
注浆层	21.0			0.20	400

2.2 工况的设置

对位置处在两个隧道中间的二号桥墩的承重结构以及桩基建造利用的加固方法实施研究。隧道纵向高度达到十五米的时候，两个隧道与二号桥墩的桩基结构之间的距离保持在四至六米之间，选择三个工况实施模拟计算对文号桥墩的载荷主要结构以及桩基四周近距离范围内的土体实施注浆加固，加固的纵向深度需要超出低层一米以下。如图 3(a) 所示，对二号桥墩的承重结构以及桩基结构两边利用单排隔离桩来实施防护，如图 3(b) 所示。

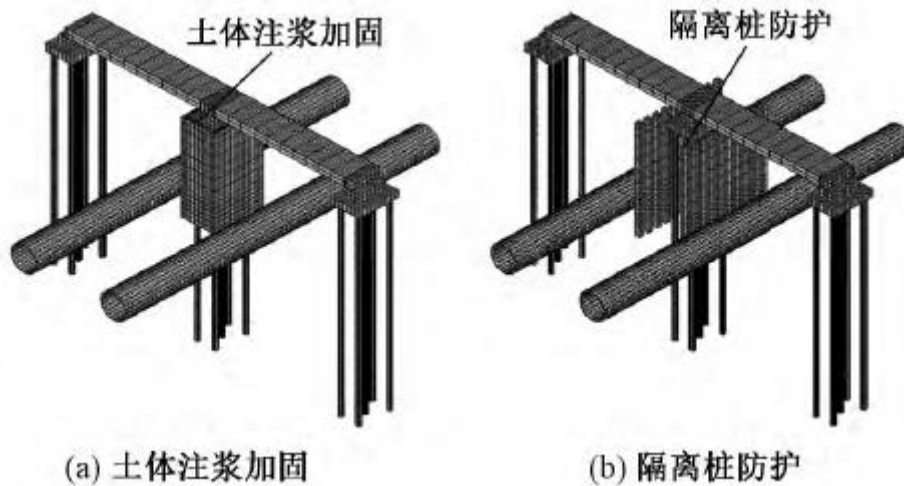


图3 桥基加固防护措施

2.3 计算结果分析

2.3.1 地表沉降

在实施盾构挖掘工序的时候，土体往往会遭到专业工具的切削影响，从结构表层脱离下来进入到舱体内部，通过专业的工具运送到外部。进而就会造成低层的损失情况，借助地表的形变传递到地表之上，造成地表结构位置下移。选择桥梁和核心线位置来实施观察。地表沉降变化可以绘制成曲线图，见图 4。

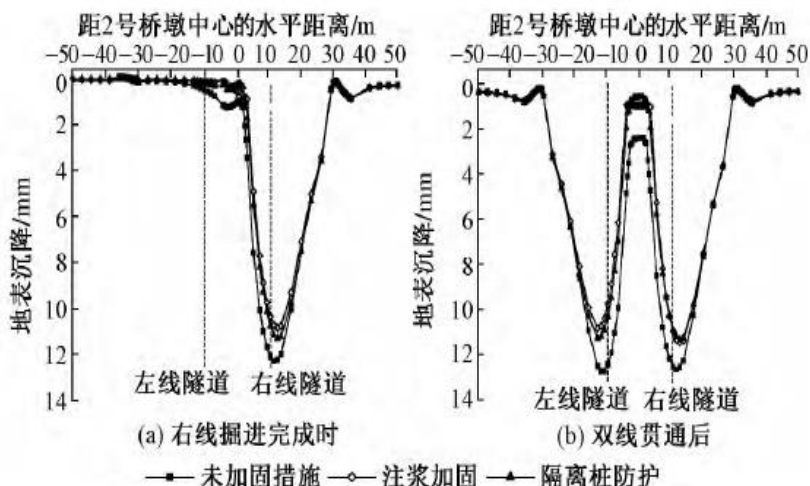


图 4 地表沉降变化曲线

2.3.2 轨道竖向位移

在盾构挖掘的工序中，上层桥梁，轨道灯重要结构的不同程度的位置下移借助下部桩基等结构来完成传递。对桥梁结构的形变以及轨道形变之间的联系实施分析，选择桥梁上层的轨道位置来实施观察。两条钢轨在桥梁中的实际位置在图 5 中进行了详细的标注，因为钢轨 1 与钢轨 2 所发生的位置下移情况十分相似，进而我们只针对钢轨 1 纵向位置下沉实施分析，见图 6。从中我们发现，右边线路的挖掘结束之后，轨道纵向最大位移处在二号桥墩的核心线的左侧大约五米的距离处。再有双曲线都完成建造之后，没有进行加固的轨道最大的纵向位置移动为两毫米。经过各项参数的比对，最终我们发现，与没有加固进行对比，选择使用加固措施之后的轨道纵向位移有效的得到了控制。

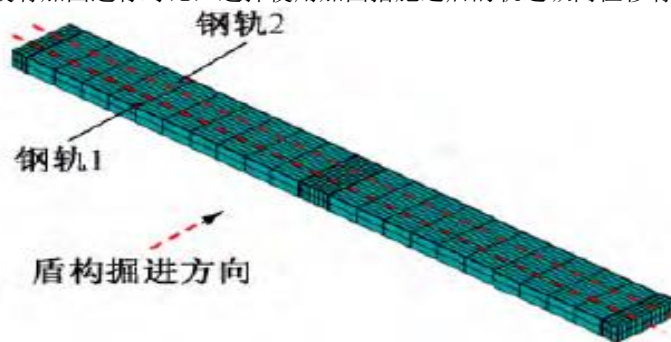


图 5 2 条钢轨在桥梁上的位置

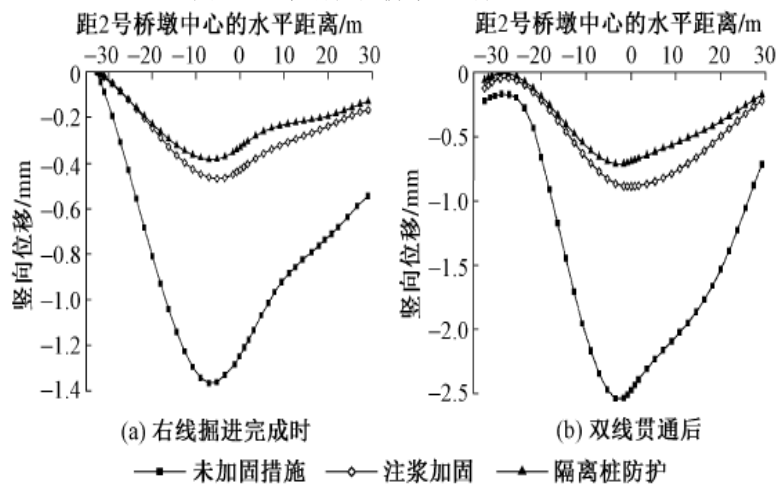


图 6 钢轨 1 的竖向位移曲线

2.3.3 桩身位移

在盾构隧道近距离下穿桩基结构的时候，桩基对隧道施工做导致的低层的损坏较为严重。桩基不但会超上层而机构施加应力，并且会蔓延形变，自身结构也会受到低层的影响而出现形变的情况。二号桥墩下部各个桩基结构的位置如图7。

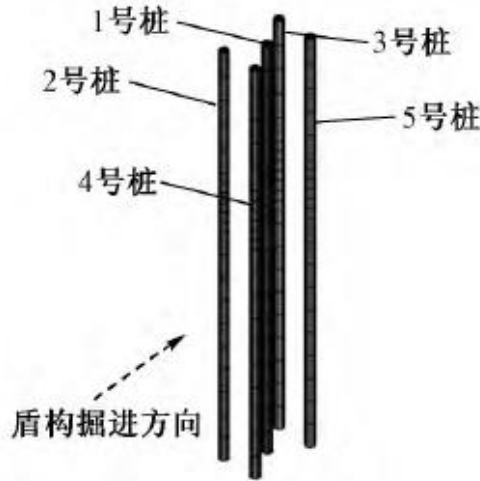


图7 各桩位置示意

1) 桩身横向位移。2号桩横向(垂直于盾构掘进方向)位移曲线见图8。这就充分的说明了，在右边线路实施挖掘的时候，因为在盾尾注浆施加的作用的影响，二号桩处在隧道的核心位置上，会导致远距离右边线路隧道的横向位置移动，其次，隧道在挖掘的过程中所导致的底层的损失会导致隧道顶层以及底层土体出现位置移动，借助底层的形变而造成隧道结构上层或者是下层结构桩体朝着右边隧道水平移动。左边线路的挖掘中，隧道核心先处在二号桩水平位移最终与右边线路隧道的距离不断的拉近。

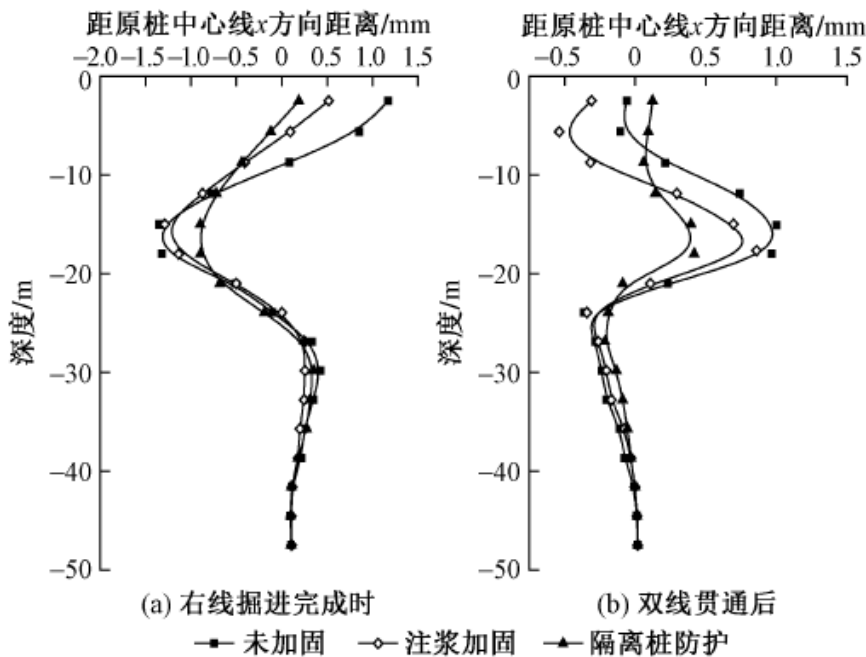


图8 2号桩横向位移曲线

2) 桩身纵向位移。二号桩基纵向位置移动的线路图见图9，这就说明了，在右边线路挖掘过程中，二号桩基会形成纵向位置移动，左边挖掘过程中纵向位置移动十分的明显。两条线路建造完成之后，桩基结构纵向位置移动与右边线路的挖掘进度会出现一定的统一性。

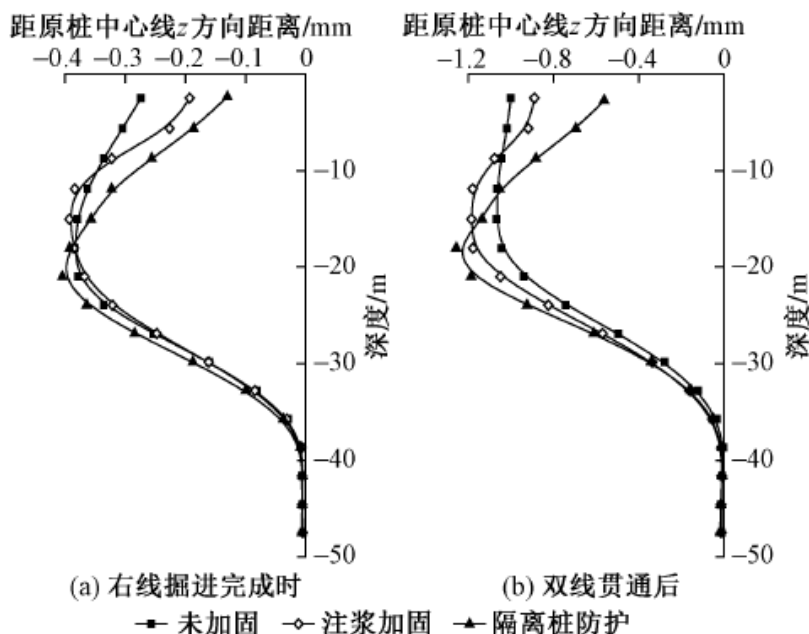


图 9 2 号桩纵向位移曲线

3) 桩身竖向位移。两条线路在挖掘完成之后，在三种工况中最大的纵向位置移动往往会落在桩基顶部的位置，三种工况最大极限位置移动对比详见表 2。从表 2 中我们可以发现，两条线路完全挖掘完成之后，在实施加固处理的时候，二号桩桩基结构最大的纵向位置移动会达到两毫米，实施注浆加固，隔离桩结构防护二号桩，醉倒纵向位置移动会逐渐的减缓。借助加固操作，桩基结构纵向位置移动会有所控制，并且隔离桩防护效果与注浆加固对纵向位置移动的控制作用更加的优秀。

表 2 3 种工况最大竖向位移对比 mm

工 况	右线掘进完成时	双线贯通后
未加固	1.347	2.649
注浆加固	0.814	0.927
隔离桩防护	0.494	0.739

3 结论

为保证盾构掘进过程中既有铁路桥梁的安全运营，采用有限元软件 ANSYS 对不同加固措施进行模拟分析，得出以下结论：

1) 在盾构掘进之前，对桩基采取合理加固措施可有效减缓隧道施工过程中地层扰动对既有结构的影响，对缓解结构物变形、保证既有线路的运营安全具有重要意义。

2) 2 种加固措施均能满足既有结构物沉降控制要求。与注浆加固相比，隔离桩防护对地层变形的控制效果更明显。在此前提下，可综合考虑工程量、工程造价等因素，根据实际情况合理选用。

[参考文献]

- [1] 韩秋石. 盾构隧道下穿施工对既有桥梁桩基础的影响及其控制技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2015.
- [2] 郇泽. 盾构隧道下穿既有铁路路基及桥梁桩基施工过程影响分析[J]. 铁路技术创新, 2013(5): 67-71.
- [3] 韩金容. 卵石地层盾构隧道近接铁路桥桩基施工安全控制技术研究[D]. 四川: 西南交通大学, 2014.
- [4] 佚名. 地铁盾构隧道下穿既有铁路变形控制研究[J]. 现代隧道技术, 2018, 55(5): 146-151.
- [5] 张思远, 刘惠康, 隋耀华. 基于 MIDAS-GTS 的某盾构隧道下穿高速公路路基段及桩基影响研究[J]. 建筑技术开发, 2018(11).

作者简介: 王振国, 男, (1979-), 工程师, 大学本科。