

文章编号: 1674—8247(2023)05—0013—05

DOI: 10. 12098/j. issn. 1674 - 8247. 2023. 05. 003

地基加固成桩对邻近高速铁路变形影响研究

梁金平

(鲁南高速铁路有限公司, 济南 250101)

摘要:为评估新建线路地基加固成桩过程对邻近既有线路基的扰动影响,通过开展现场试验,研究了预应力管桩成桩过程对邻近区域土体的变形分布与发展规律的影响,以及不同成桩距离对邻近区域土体位移的扰动影响规律。结果表明:(1)试验预应力管桩成桩区(VI区)距离试验区边界1 m、5 m、8 m处测点地表最大横向水平位移依次为14.2 mm、12.3 mm、10.1 mm,最大纵向水平位移依次为10.1 mm、2.8 mm、2.6 mm,表明随着距离的增加,地表水平位移量减小;(2)预应力管桩成桩区(VI区)距离试验区边界1 m、5 m、8 m处地表隆起依次为1.7 mm、1.6 mm、0.7 mm,表明距离试验区边界越远,隆起位移越低;(3)试验预应力管桩成桩区(VI区)地表横向水平位移最大值约为14.8 mm,在地表以下5 m、15 m、25 m处横向水平位移约为12.0 mm、9.7 mm、3.9 mm,表明深层水平位移随深度递减。

关键词:高速铁路;预应力管桩;水平位移;地表隆起;深层位移

中图分类号: U213.1 文献标志码: A

A Study on Impact of Foundation Reinforcement Piles on Deformation of Adjacent High-speed Railways

LIANG Jinping

(Lunan High Speed Railway Co., Ltd., Jinan 250101, China)

13

Abstract: In order to evaluate the disturbance effects of the foundation reinforcement pile construction process for a new railway line on the adjacent existing railway subgrade, field tests were conducted to study the deformation distribution and development characteristics of the nearby soil caused by the prestressed pipe pile construction. The study focused on the impact of different pile distances on the disturbance of soil displacement in the adjacent area. The results show that: (1) The maximum lateral horizontal displacement of the ground surface at the measurement points located 1 m, 5 m, and 8 m from the boundary of the test area in the prestressed pipe pile construction zone (VI zone) is 14.2 mm, 12.3 mm, and 10.1 mm, respectively. The maximum longitudinal horizontal displacement is 10.1 mm, 2.8 mm, and 2.6 mm, respectively, and the increase in distance leads to a decrease in horizontal displacement. (2) The ground surface uplift at distances of 1 m, 5 m, and 8 m from the boundary of the test area in the prestressed pipe pile construction zone (VI zone) is 1.7 mm, 1.6 mm, and 0.7 mm, respectively, and the uplift displacement decreases with increasing distance. (3) The maximum lateral horizontal displacement of the ground surface in the prestressed pipe pile construction zone (VI zone) is about 14.8 mm, and the lateral horizontal displacement at depths of 5 m, 15 m, and 25 m below the ground surface is approximately 12.0 mm, 9.7 mm, and 3.9 mm, respectively. The deep horizontal displacement decreases with depth.

Key words: high-speed railway; prestressed pipe pile; horizontal displacement; ground surface uplift; deep displacement

收稿日期: 2023-07-06

作者简介: 梁金平(1986-),男,高级工程师。

引文格式: 梁金平. 地基加固成桩对邻近高速铁路变形影响研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(5): 13-17.

LIANG Jinping. A Study on Impact of Foundation Reinforcement Piles on Deformation of Adjacent High-speed Railways [J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(5): 13-17.

中国高速铁路从无到有,从落后到领先,从引进国外技术到指定中国标准,实现了跨越式发展。截至2019年底,全国铁路里程已占世界高速铁路总量的2/3,以“八纵八横”主干通道为骨架的高速铁路网已基本建成^[1-6]。由于铁路建设工程的广泛性,目前部分引入工程形式一般与既有运营高速铁路邻近并行,或以帮宽形式填筑。邻近既有高速铁路路基工程的建造过程对既有高速铁路将产生种种不利影响。在以往建设工程对邻近铁路工程建造影响研究中,高显平^[7]利用数值模拟探究了基坑施工影响下铁路所产生的变形规律,并制定了相应的控制措施。顾津申^[8]探究了地面堆积荷载对邻近高速铁路桥墩沉降的影响规律,并根据现场工况进行了安全评估分析。孙宗磊^[9]探究了邻近铁路桥梁建筑工程对铁路沉降变形的影响规律,对现场的监测测量确定合理施工方案。曹全^[10]对下穿高速铁路工程的防护及沉降进行了评估。

邻近铁路建设工程对既有铁路同样会产生影响。为减小新建线路对既有线路的施工影响,一方面可以减小地基处理过程的施工扰动,评价新建线路地基加固成桩过程对邻近既有线路基的扰动影响,研究不同桩型、不同成桩工艺对邻近区域土体的扰动影响,开展不同成桩过程对邻近区域土体的变形分布与发展规律影响的现场试验,为新建线路路基地基加固的方案设计与施工组织提供指导。另一方面可以研发新

的路基填筑材料和新路基结构,通过使用轻质填筑材料控制附加应力,减小附加沉降,减轻对既有路基的侧向和竖向荷载,从而有效控制既有路基的变形。

为评价新建线地基加固成桩过程对邻近既有线路基的扰动影响,本文通过开展预应力管桩成桩过程对邻近区域土体的变形分布与发展规律影响的现场试验,研究不同成桩距离对邻近区域土体位移的扰动影响。研究成果可为新建线路路基地基加固的方案设计与施工组织提供指导。

1 试验监测方案与工程

1.1 监测方案

试桩试验区选取在新建鲁南场正线东侧的拟建综合维修车间整体式道床复合地基加固范围内,场地位置如图1所示。试验共规划了6个试桩区,分别为I区、II区、III区、IV区、V区及VI区,其中IV区、VI区均为预应力管桩区,IV区试验完成引孔15 m管桩14排,VI区试验先完成管桩引孔20 m管桩5排,之后完成管桩无引孔成桩9排各试验这桩位布置如图1所示。针对地表水平及竖向位移、深层土体水平位移两项测试内容,建立自动化监测数据采集系统进行实时监测,获得IV区及VI区预应力管桩地基加固措施施工工艺及施工过程对临近土体的地表水平及竖向位移、深层土体水平位移的影响规律,各区详细桩位布置如图2所示。

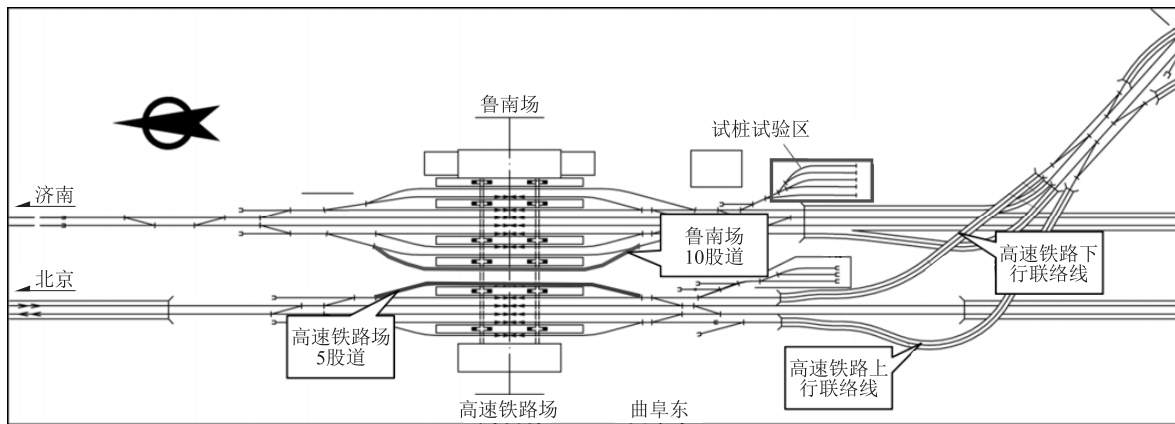


图1 曲阜东站试桩试验区平面位置示意图

1.2 试验监测方案

地表水平及竖向位移监测:采用超高精度全自动测量机器人配合地表固定棱镜,测量地表的水平及竖向位移,获取成桩过程中邻近区域地表水平及竖向位移发展规律。土体深层水平位移监测:采用全向水平位移传感器和阵列式柔性测斜仪,测量地表和深层土

体水平位移,获取成桩过程中邻近土体水平位移沿土体深度的分布及变化规律。地表水平及竖向位移监测基准点选取:依照相关测量规程,每个测站需要设置不少于3个基准点。基准点应设置在变形影响范围之外、便于长期保存的稳定位置,且基准点的间距不大于1 km。依照现场实际情况,实际布设6个基准点,

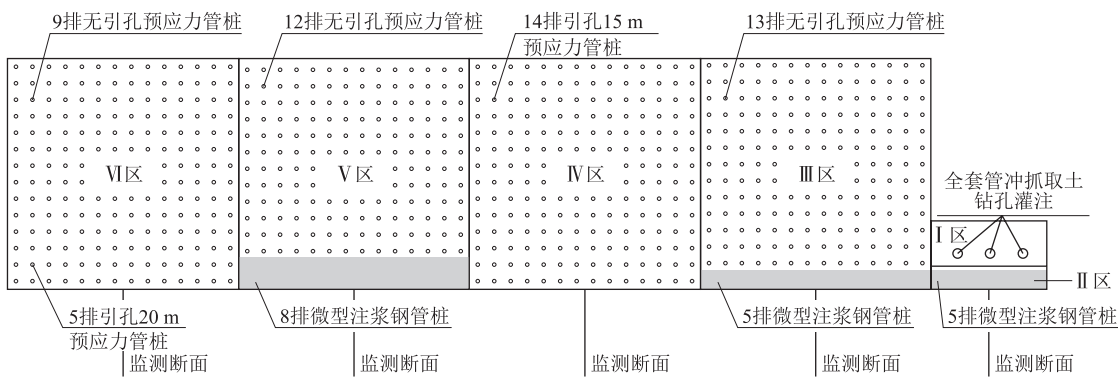


图 2 各试验区桩位布置图

基准点标石埋深 1.5 m。观测频率：各测试项目均采用自动化监测系统,元件布设完成后地表水平及竖向位移、深层土体水平位移、孔隙水压力及地下水位均可通过自动采集、传输设备进行实时量测。本次试验设定仪器监测频率为：地表位移监测频率 15 min/次、深层土体水平位移 30 min/次。

试验区监测断面与测点平面布置示意图如图 3 所

示。地表水平及竖向变形监测的每个断面设置 8 个地表位移测点,各断面测点距离试验区边界距离依次为 1.0 m、5.0 m、8.0 m、11.3 m、16.3 m、20.0 m、35.5 m 和 60.0 m,地表位移测点编号为“S + 断面号 + 顺序号”。土体深层水平位移监测的每个断面设置 2 个深层水平位移测点,深层水平位移观测点布设于距试验区边界 1.0 m、5.0 m,孔深 30 m。

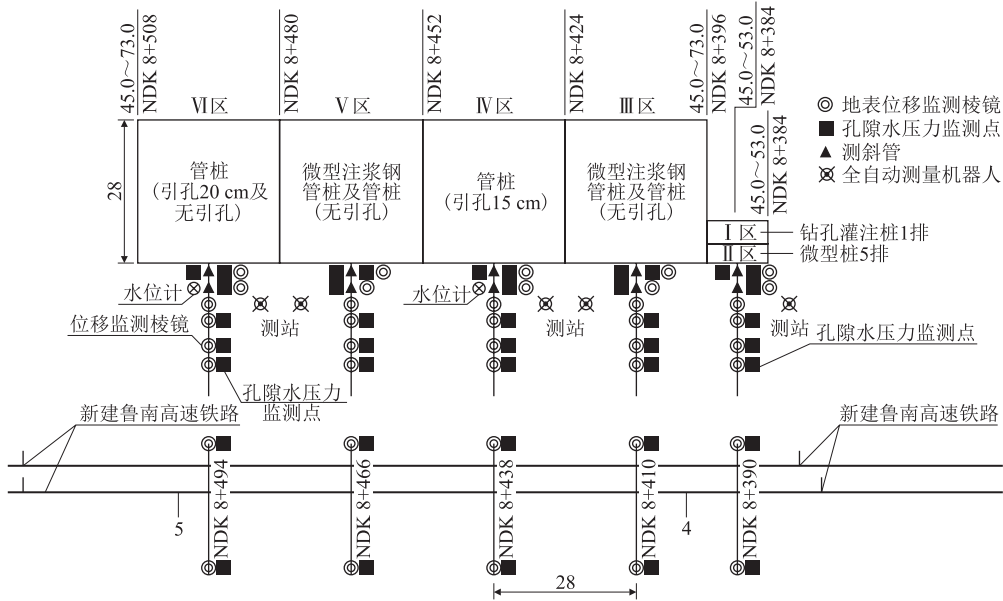


图 3 监测断面与测点平面布置示意图(m)

2 监测结果与分析

2.1 地表水平及竖向位移分析

试验Ⅵ区、Ⅳ区地表横向水平位移随成桩进度的变化如图 4、图 5 所示。

由图 4、图 5 可知：

(1) 试验Ⅵ区(引孔 20 m 管桩 5 排)：共成桩 196 根，在距离试验区边界 1 m、5 m、8 m 处测点 S-5-

1~S-5-3 引起的地表最大横向水平位移依次为 14.2 mm、12.3 mm、10.1 mm,地表最大纵向水平位移依次为 10.1 mm、2.8 mm、2.6 mm(线路大里程方向,下同),地表隆起依次为 1.7 mm、1.6 mm、0.7 mm;在距试验区边界 11.3 m(模拟高速铁路场帮填京沪Ⅱ股道)、16.3 m(模拟高速铁路场帮填京沪Ⅱ股道)、20.0 m(模拟鲁南场填筑京沪 5 股道)、35.5 m(模拟鲁南场填筑京沪Ⅱ股道)测点 S-5-4~S-5-7 处引

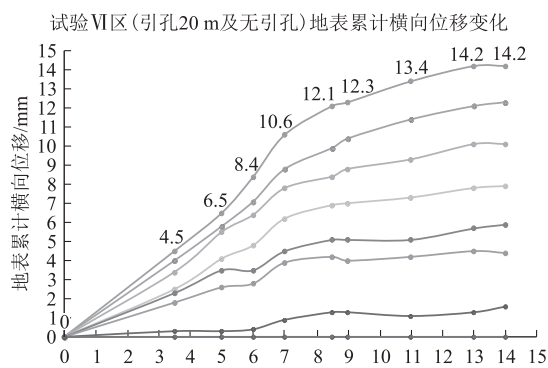


图4 VI区地表横向水平位移随成桩进度的变化图

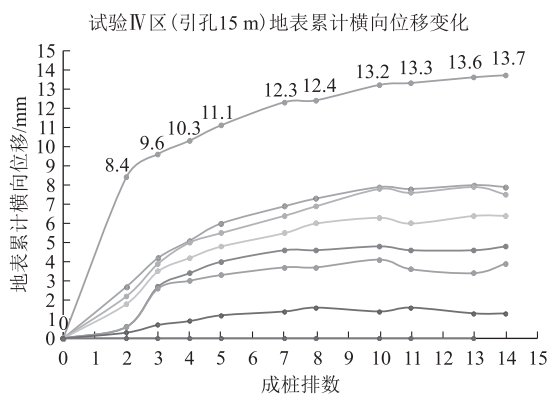


图5 IV区地表横向水平位移随成桩进度的变化图

起的地表横向水平位移依次约为7.9 mm、5.9 mm、4.4 mm、1.6 mm,地表纵向水平位移依次约为2.3 mm、1.8 mm、1.5 mm、1.2 mm,未引起明显地表隆起变化。压桩对60 m测点S-5-8未造成明显影响。

(2) 试验IV区(引孔15 m管桩14排):共成桩196根,在距离试验区边界1 m、5 m、8 m处测点S-3-1~S-3-3引起的地表最大横向水平位移依次为13.7 mm、7.9 mm、7.5 mm,地表最大纵向水平位移依次为4.5 mm、4.1 mm、3.6 mm,地表隆起位移依次为2.4 mm、1.6 mm、1.4 mm;在距试验区边界11.3 m、16.3 m、20.0 m、35.5 m测点S-3-4~S-3-7处引起的地表横向水平位移依次约为6.4 mm、4.8 mm、3.9 mm、1.3 mm,地表纵向水平位移依次约为3.3 mm、2.7 mm、2.7 mm、1.6 mm,测点S-3-4地表有约1.4 mm的隆起,测点S-3-5~S-3-7无明显的地表竖向位移。压桩对60 m测点S-3-8未造成明显影响。

(3) 结合2个试验区地表最大横向水平位移、纵向水平位移及地表隆起位移可知,随着测点距离的增大测点水平位移、地表隆起位移均随之减小,试验VI区地表水平位移大于试验IV区,但地表隆起位移小于IV区,且当距离达到60 m时地表位移将不受影响。

2.2 深层土体水平位移分析

试验VI区、IV区1 m、5 m处深层水平位移发展变化如图6、图7所示。

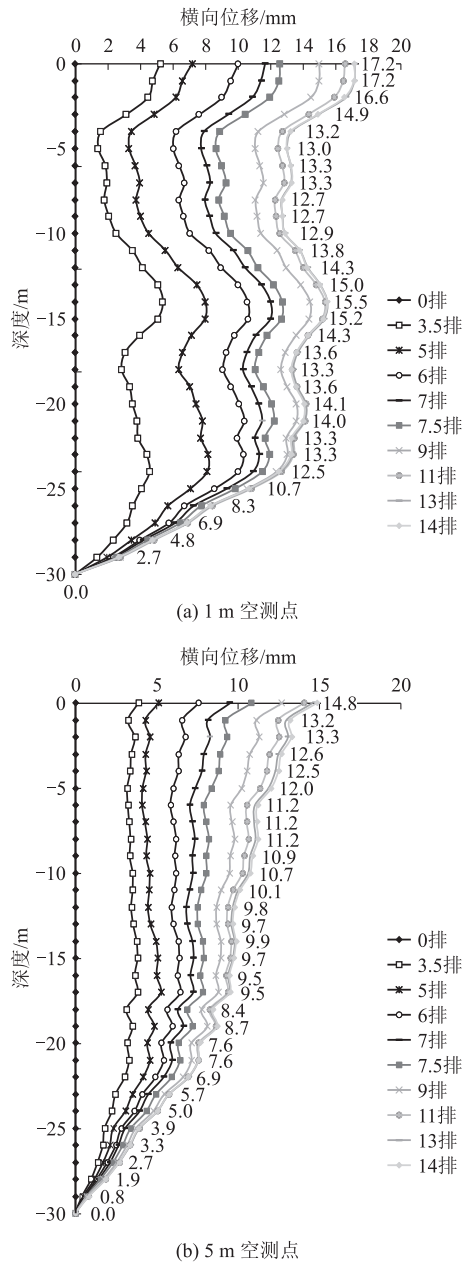


图6 VI区1 m、5 m处深层水平位移发展图

由图6、图7可知:

(1) 试验VI区压桩产生的位移主要为横向位移。距试验VI区边界1 m处测点D-5-1的深层横向水平位移随成桩排数的增多而增大,地表横向水平位移最大值约为17.2 mm,深层最大值约为15.5 mm,出现在地表以下13~15 m处,在深度23~30 m段迅速减少。深层纵向水平位移在成桩过程中最大值为3.0 mm,至全部成桩时,地表纵向水平位移基本恢复至0 mm,

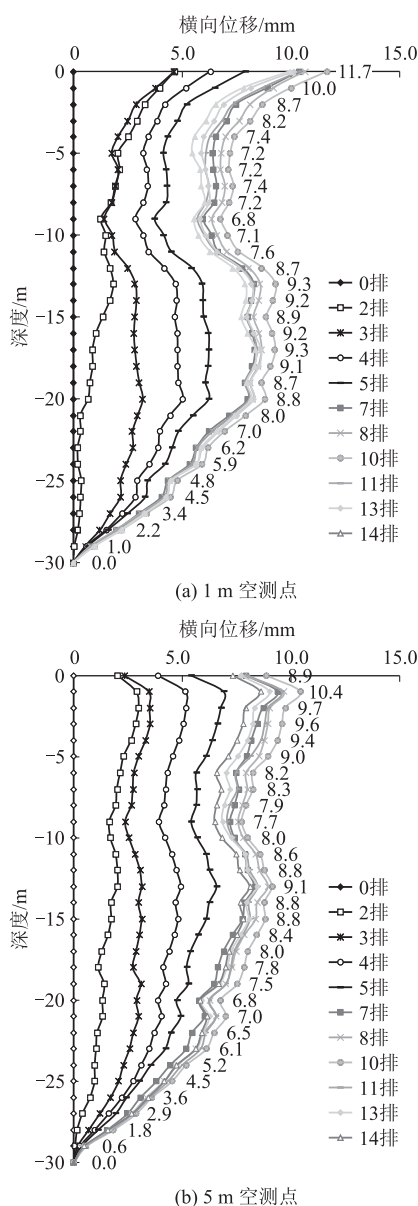


图7 VI区1 m、5 m处深层水平位移发展图

深层纵向水平位移最大值为 -1.8 mm ,出现在深度 13 m 处。因深层水平位移的测量精度为 1.5 mm ,故可以认为纵向位移变化很小。距试验VI区边界 5 m 处测点D-5-2的深层横向水平位移随成桩排数的增多而增大,地表横向水平位移最大值约为 14.8 mm ,深层水平位移随深度递减,在地表以下 5 m 、 15 m 、 25 m 处横向位移约为 12.0 mm 、 9.7 mm 、 3.9 mm 。深层纵向水平位移在成桩过程中最大值为 1.4 mm ,至全部成桩时,地表纵向水平位移恢复至 0.4 mm ,深层纵向水平位移最大值为 -1.8 mm ,出现在深度 19 m 处。

(2) 试验IV区压桩产生的位移主要为横向位移。距试验IV区边界 1 m 处测点D-3-1的深层横

向水平位移随成桩排数的增多而增大,地表横向水平位移最大值约为 11.7 mm ,深层最大值约为 $9\sim 10\text{ mm}$,出现在地表以下 $12\sim 20\text{ m}$ 处,在深度 $20\sim 30\text{ m}$ 段逐渐减少。深层纵向水平位移在成桩过程中最大值为 5.0 mm ,至全部成桩时,地表纵向水平位移约为 2.6 mm ,深层纵向水平位移最大值为 3.0 mm ,出现在地表以下 20 m 处。距试验IV区边界 5 m 处测点D-3-2的深层横向水平位移随成桩排数的增多而增大,地表横向水平位移最大值约为 8.9 mm ,深层水平位移整体上随深度递减,在地表以下 5 m 、 15 m 、 25 m 处横向位移约为 7.1 mm 、 7.8 mm 、 4.2 mm 。深层纵向水平位移在成桩过程中最大值为 1.6 mm ,至全部成桩时,地表纵向水平位移基本恢复至 0 mm ,深层纵向水平位移最大值为 2.8 mm ,出现在深度 19 m 处。

(3) 两个试验区内深层水平位移随着地表深度的增大及测点距离的增加而不断减小,深层横向水平位移最大值在地表以下 $13\sim 15\text{ m}$ 处,在深度 $23\sim 30\text{ m}$ 段迅速减少。试验VI区横向水平位移大于试验IV区,而深层纵向水平位移小于试验IV区。

3 结论

本文研究了预应力管桩成桩过程对临近区域土体的变形分布与发展规律的影响,得到主要结论如下:

(1) 试验VI区距离试验区边界 1 m 、 5 m 、 8 m 处测点引起的地表最大横向水平位移依次为 14.2 mm 、 12.3 mm 、 10.1 mm ,最大纵向水平位移依次为 10.1 mm 、 2.8 mm 、 2.6 mm ;试验IV区处测点引起的地表最大横向水平位移依次为 13.7 mm 、 7.9 mm 、 7.5 mm ,最大纵向水平位移依次为 4.5 mm 、 4.1 mm 、 3.6 mm ,可见距离试验边界处越远,测点水平位移越小,试验VI区地表水平位移大于试验IV区。

(2) 试验VI区距离试验区边界 1 m 、 5 m 、 8 m 处地表隆起依次为 1.7 mm 、 1.6 mm 、 0.7 mm ,IV区距离试验区边界 1 m 、 5 m 、 8 m 处测点地表隆起位移依次为 2.4 mm 、 1.6 mm 、 1.4 mm ,表明测点距离越远,隆起位移越低,且IV区位移大于VI区。

(3) 距试验VI区边界 5 m 处地表横向水平位移最大值约为 14.8 mm ,在地表以下 5 m 、 15 m 、 25 m 处横向位移约为 12.0 mm 、 9.7 mm 、 3.9 mm ;试验IV区地表横向水平位移最大值约为 8.9 mm ,地表以下 5 m 、 15 m 、 25 m 处横向位移约为 7.1 mm 、 7.8 mm 、 4.2 mm 。可见横向水平位移随着地表深度的增大而不断减小,且试验VI区横向水平位移大于试验IV区。

(下转第87页)

- National Railway's Tokyo Five-Prong Strategy for Commuting Service [J]. Railway Transport and Economy, 2020, 42(3): 1-6, 23.
- [4] 李连成. 现代化都市圈与市域(郊)铁路[M]. 北京: 中国市场出版社, 2020: 12-30.
- LI Liancheng. Modernized Metropolitan Area and Suburban Rail[M]. Beijing: China Market Press, 2020: 12-30.
- [5] 徐行方,戴凤,鲁海涛. 上海金山市郊铁路客流特征调查分析[J]. 城市轨道交通研究, 2013, 16(10): 99-102.
- XU Xingfang, DAI Feng, LU Haitao. Investigation of Passenger Flow Characteristics on Shanghai Jinshan Suburban Railway [J]. Urban Mass Transit, 2013, 16(10): 99-102.
- [6] 李星,谭月,向蕾,等. 基于实证研究的市域铁路发展思考: 以成灌铁路为例[J]. 城市交通, 2020, 18(1): 24-30.
- LI Xing, TAN Yue, XIANG Lei, et al. Metropolitan Rail Service Development: a Case Study of Chengdu-Dujiangyan Rail Transit [J]. Urban Transport of China, 2020, 18(1): 24-30.
- [7] 叶海昌. 京津城际延伸线开行市郊列车方案研究[J]. 高速铁路技术, 2019, 10(6): 58-62.
- YE Haichang. Study on the Suburban Railway Scheme of Extension Line in Beijing-Tianjin Inter-city Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(6): 58-62.
- [8] 张宁. 基于安检互认下的京张高铁清河站设计[J]. 铁道勘察, 2022, 48(1): 105-110.
- ZHANG Ning. Design of Qinghe Station of Beijing-Zhangjiakou High-speed Railway Based on Mutual Recognition of Security Inspection [J]. Railway Investigation and Surveying, 2022, 48(1): 105-110.

(上接第17页)

参考文献:

- [1] 王继军,韩自力,江成,等. 中国高速铁路线路工程技术发展现状与展望[J]. 铁道建筑, 2023, 63(5): 1-6.
- WANG Jijun, HAN Zili, JIANG Cheng, et al. Current Development and Prospect of High Speed Railway Line Engineering Technologies in China [J]. Railway Engineering, 2023, 63(5): 1-6.
- [2] 陈良江,阎武通. 我国铁路桥梁建造技术的成就与展望[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(4): 1-7.
- CHEN Liangjiang, YAN Wutong. Achievements and Prospects of Railway Bridge Construction Technology in China [J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(4): 1-7.
- [3] 县勇,吴亮,杜文举. 中国高速铁路网络拓扑特性分析[J]. 兰州交通大学学报, 2021, 40(4): 37-42.
- XIAN Yong, WU Liang, DU Wenju. Topological Characteristics Analysis of China Railway High-speed Network [J]. Journal of Lanzhou Jiaotong University, 2021, 40(4): 37-42.
- [4] 王继军,姚力,王梦. 中国高速铁路无砟轨道的发展及应用[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(4): 33-35.
- WANG Jijun, YAO Li, WANG Meng. Development and Application of Ballastless Track of High-speed Railway in China [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 33-35.
- [5] 韩安平,阚佳钰,姜锡义,等. 中国高速铁路电务安全指数指标体系构建[J]. 中国铁路, 2020(5): 33-38.
- HAN Anping, KAN Jiayu, JIANG Xiyi, et al. Building of Indicator System for Communication & Signaling Safety Indexes of HSR in China [J]. China Railway, 2020(5): 33-38.
- [6] 赵勇,田四明,孙毅. 中国高速铁路隧道的发展及规划[J]. 隧道建设, 2017, 37(1): 11-17.
- ZHAO Yong, TIAN Siming, SUN Yi. Development and Planning of High-speed Railway Tunnels in China [J]. Tunnel Construction, 2017, 37(1): 11-17.
- [7] 高显平. 某深基坑施工对临近高速铁路路基影响的研究[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(3): 31-35.
- GAO Xianping. Study on the Influence of Deep Foundation Pit Construction on nearby High-speed Railway Subgrade [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(3): 31-35.
- [8] 顾津申. 地面堆载对临近高速铁路桥墩沉降影响分析[J]. 铁道勘察, 2017, 43(1): 41-44.
- GU Jinshen. Analysis of Influence of Adjacent Surcharge on Settlement of High-speed Railway Bridge Pier [J]. Railway Investigation and Surveying, 2017, 43(1): 41-44.
- [9] 孙宗磊. 石济客专临近既有高速铁路桥梁设计[J]. 铁道工程学报, 2016, 33(2): 37-42.
- SUN Zonglei. Bridge Design near Existing High-speed Railway in Shijiazhuang-Jinan Passenger Dedicated Line [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(2): 37-42.
- [10] 曹全. 下穿高速铁路工程防护设计及沉降评估技术研究[J]. 高速铁路技术, 2015, 6(2): 19-23.
- CAO Quan. Research on Engineering Protection Design and Subsidence Evaluation Technology for Underpassing High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2015, 6(2): 19-23.