

大口径污水总管顶管工程穿越高速公路的自动化监测

董军兆 彭 中

(江苏新亚勘测设计有限公司,江苏苏州 215021)

【摘要】 在交通繁忙、车流量大的高速公路上进行沉降监测,如采用传统的人工方法进行,会给布点与测量工作带来了许多不便。通过对顶管穿越高速公路的过程进行自动化监测,并对相关监测数据进行整理、分析和研究,为后续相关工程的设计及施工提供依据,推动了监测行业信息化的发展。对以后类似工程的监测具有很好的借鉴意义。

【关键词】 顶管;自动化监测;沉降;静力水准

【中图分类号】 TU 19

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2015.04.005

Automatic Monitoring of Large Caliber Sewage Duct Pipe Jacking Engineering Crossing Expressway

Dong Junzhao Peng Zhong

(Jiangsu Xinya Investigation & Survey Design Co., Ltd, Suzhou 215021, Jiangsu, China)

【Abstract】 In the heavy traffic, highway traffic big car settlement monitoring, such as carried out by the traditional manual method, will bring a lot of inconvenience to the layout and measurement work. This paper automatic monitoring through the process of pipe jacking crossing expressway, and collection, analysis and research on the related monitoring data, provide the basis for the design and construction of the relevant follow-up project, promoted the development of monitoring information technology industry. For the future monitoring of similar engineering has a very good reference.

【Key words】 pipe jacking; automatic monitoring; settlement; hydrostatic leveling

0 引言

近年来随着上海城市建设步伐的加快,污水收集率的提高,生活和工业污水量逐年上升,片区污水量已超过已建干线的输送能力,现有污水干管已无法满足实际污水输送量需要,造成污水干管输送瓶颈,影响污水的收集和输送,甚至在雨季还会发生“污水应急放江的现象”,给上海环境带来严重威胁。为了保证上海城市基础设施的安全运行,上海市城市排水有限公司在某片区建设南线输送干线完善工程。工程分为黄浦江过江段和东段输送干管两部分,管道总长约 35 km,工程服务面积 1255 km²,服务人口约 712 万人,日设计输送量达 220 万吨,工程总投资近 37 亿元人民币。而位于浦东地区东段输送干管工程具有“三超三多”的工程特点:即国内最大超大管径、超长

顶距、超深顶管,管线搬迁多、绿化搬迁多、穿越敏感区域多。其中在顶管穿越 G1501 高速敏感地段时,进行了自动化监测,有效弥补了人工监测的不足。

1 概述

上海市污水治理某片区南线输送干线东段输送干管工程,采用 2×DN4000 mm 顶管, DN4000 mm 顶管长约 7960 m,部分为长距离曲线顶管。顶管在 G1501 高速上海绕城高速公路合庆收费站南侧斜交 38°穿越 G1501,高速公路在穿越处宽约 56 m,穿越长度约 90 m。G1501 距远东 12[#] 工作井约 320 m,距远东 11[#] 接收井约 80 m,该段为曲线顶管。其平面位置见图 1。

1[#] 线(南线)顶进至 318.2 m 开始穿越,407.8 m 处结束穿越;

2#线(北线)顶进至 327.8 m 开始穿越,417.4 m 处结束穿越;

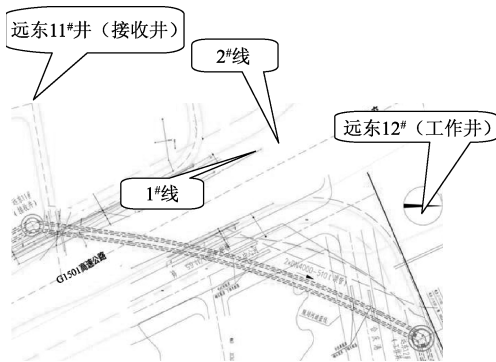


图1 顶管穿越 G1501 平面位置图

表1 工程地质条件一览表

层位	土层名称	重度 /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	抗剪强度		静力触探试验 P_s/MPa	承载力设计值 F_d/kPa	承载力特征值 F_{ak}/kPa
			c_k/kPa	$\varphi_k/(\text{^\circ})$			
③	灰色淤泥质粉质粘土	17.3	12	13.4	0.69	75	60
④	灰色淤泥质粘土	16.9	11	11.6	0.76	75	60

2.2 水文地质条件

地下水由浅部土层中的潜水和深部粉(砂)性土层中的承压(微承压)水组成,地下潜水位埋深为 0.6~3.1 m(高程 1.45~4.18 m),受潮汐、降水量、季节、气候等因素影响而变化。微承压水主要为 ⑤₃₂层微承压水,微承压水位一般低于潜水位,年呈周期性变化。

3 本工程的特点和难点

由以上概述及地质条件可以看出,本工程施工范围广,为双线大口径顶管施工,施工范围的地层多为淤泥质粘土层,该层土具有流变性大的特点,施工时对周边 G1501 公路存在不利影响。部分 G1501 距离施工轴线非常近,局部位于顶管管位上方。顶管施工前均需对该部分 G1501 进行专项监测方案评定,要求监测单位一定提前做好监测协调工作,确保施工按计划进行。施工前需做好原始数据及阶段性监测数据的采集记录,必要时能提供客观的第三方监测数据。G1501 高速公路的保护是本次监测的重中之重。

本工程部分路段交通繁忙,车流量大,给布点及测量也带来了诸多不便,根据施工进度提前做好动态布点及精确测量是本次监测的难点。

4 总体监测方案

4.1 总体方案

以顶管穿越 G1501 高速工程为依托,整个系统由东侧和西侧两大部分静力水准系统组成,主要目

2 场地工程地质与水文地质条件

2.1 工程地质条件

穿越段管道主要位于上海第③层淤泥质粉质粘土和第④层淤泥质粘土层。第③层灰色淤泥质粉质粘土层,流塑状,压缩性高,土质不均,切面稍光滑,摇震反应无,干强度中高,韧性中等;第④层淤泥质粘土层,流塑状,压缩性高,含有机质,夹薄层粉性土,切面光滑,摇震反应无,干强度高,韧性高。

③层、④层为软粘性土层,顶进阻力较小,但其强度低、渗透性差、含水量高、压缩性高、灵敏度高,具触变形和流变性,施工易受扰动,容易导致开挖面失稳。(见表 1)

标是利用静力水准自动化监测系统,研究高速公路在顶管穿越过程中的整体变形及断面变化趋势,为后续类似工程提供相关经验。本方案的监测点平面布置图见图 2。

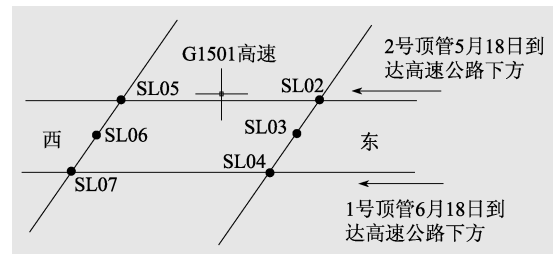


图2 静力水准点平面位置图

4.2 基础原理(见图 3)

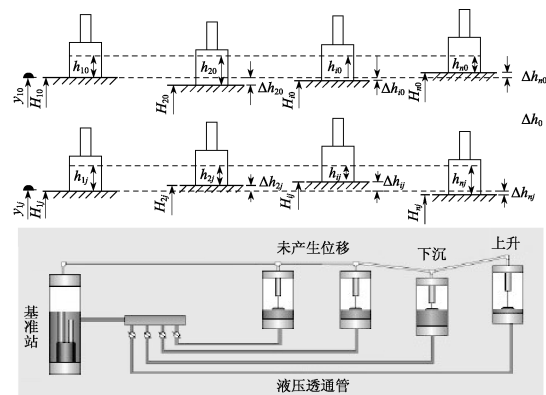


图3 静力水准系统测量原理图

设静力水准系统测点的初始读数为 h_{i0} ($i=1, 2, \dots, n$), 设于基准点处(设为第 1 点)的双金属

管标同时测得“绝对”高程为 y_{10} , 则第 i 测点的初始绝对高程 H_{i0} 为: $H_{i0} = y_{10} + \Delta h_{i0}$

式中: $\Delta h_{i0} = h_{i0} - h_{10}$ 。

相应地, 第 j 次监测第 i 测点的绝对高程 H_{ij} 则为: $H_{ij} = y_{1j} + \Delta h_{ij}$

式中: $\Delta h_{ij} = h_{ij} - h_{1j}$ 。

4.3 设备安装

路基沉降观测以路基面沉降和地基沉降观测为主。在 11#—12# 井顶管段穿越 G1501 公路时, 在高速公路东西边坡绿化带内两侧分别布设静力水准自动化监测测点。根据设计的施工图纸及监测方案, 在沉降变形观测处进行测点布置, 利用高精度全站仪、水准仪测量标高以确定好变形观测点位置。(见图 4、图 5)

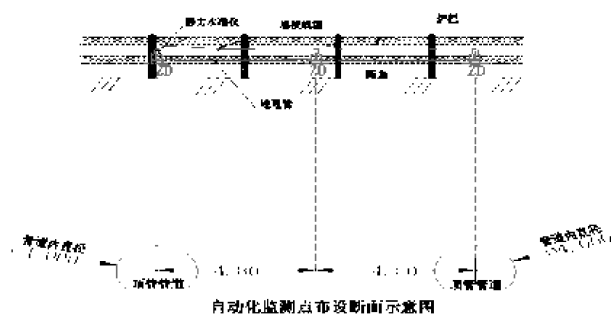


图 4 自动化监测布设断面示意图



图 5 自动化监测现场点位图

4.4 设备调试

1) 用读数仪读出各液位沉降计的读数, 来判断各液位沉降计是否处于要求的合适位置(基准点和各沉降观测点的液位沉降计液位浮至全量程的中间值即可, 若基准点是略低于各沉降观测点全量程 30% 左右, 就只使各沉降观测点的液位沉降计液位浮至全量程中间值偏下 15% 左右, 基准点高于中间值偏上 15% 左右), 若不够, 则填加至要求液位为至。

2) 加液完备后, 用气管和接头将各液位沉降计气口连接通(接头带内丝端接气口, 另一端接气管)。将首端液位沉降计的气口、输液口及尾端液位沉降计的气口用堵头封闭, 检查液、气管各连接头密封情

况是否完好, 必须保证其完全密封。

3) 连接好各液位沉降计数据线。并用 PVC 钢丝软管护套好, 布于布管沟槽内。

4) 装好液位沉降计的保护罩, 做好防护标签。记录好各液位沉降计埋设位置、编号, 设置好编号、埋设人员。

5) 制作标示牌, 插在液位沉降计安装位置及连通管布管位置, 以作标示。在液位沉降计上方填筑层较薄的情况下, 仪器附近 1 m 范围内并派专人巡查负责看管。以防液位沉降计及总线因施工或自然因素而破坏。

6) 校零, 取初值, 并存档。做好静力水准仪安装台帐。

7) 根据测试要求进行测试, 校零后, 将电源、数据总线对接于总线接口数据采集模块接线端子, 设定自动采集。

4.5 数据采集与计算

自动采集系统将数据采集后存储在系统中, 通过无线网络将数据传输到电脑。电脑中的采集软件将传输来的数据进行存储计算并导出到报表。(见图 6)



图 6 数据采集箱图

4.6 自动化监测的问题和难点

1) 沉降仪及传输电缆的保护是安装后其成活率的关键所在, 因此装好沉降仪后, 将传输电缆套上 $\phi 20$ PVC 钢丝波纹管进行保护, 钢丝波纹管首端应插入法兰沉降盘底部的布线槽, 接入自动采集箱内, 并注意使钢丝波纹管及导线适当松弛, 保证传感器成活率。外露部位应采用隔热材料进行保温, 避免温度变化对观测值的影响。

2) 应定期检查接头处等是否存在漏情况, 同时防止泥水进入以及免遭破坏。

3) 基准点: 基准点采用国家测量二级规范实施, 要求基准点远离测点 50 m, 以保证基准点准确性。

4) 电源: 由于现场没有电源, 现场采用发电机供电, 电源的稳定性对监测系统的正常运行影响很大。

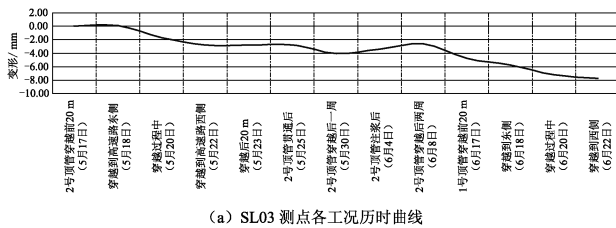
5) 气泡排出: 连通水管连接完毕后, 即可对系统

进行灌注液体。液体灌注过程中,应防止连通水管内出现气泡,由于水的压强和空气的压强之间不同,且气泡具有流动等特征,如果连通水管内没有灌注满液体,而是存在气泡的话,则系统实际测得的值将不能反映真实变形。

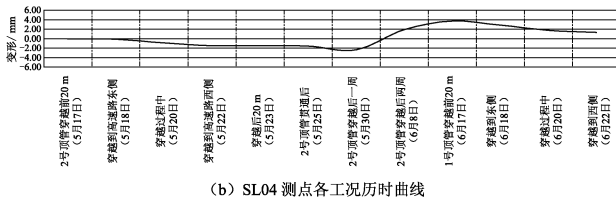
5 监测成果及分析

5.1 监测成果

本系统于2014年5月15日开始安装,2014年5月17日开始运行。2#顶管4月17日开始顶进,5月18日左右从东侧进入高速公路下方,5月22日左右从高速公路西侧离开,5月25日贯通;1#顶管6月4日开始顶进,6月18日左右到达高速公路下方,6月22日穿出,6月26日贯通。除SL02从安装时就已经损坏外,其余监测数据正常。具体成果见图7、图8。

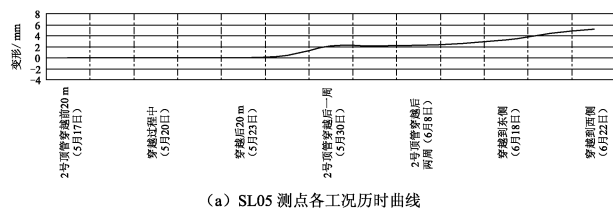


(a) SL03 测点各工况历时曲线

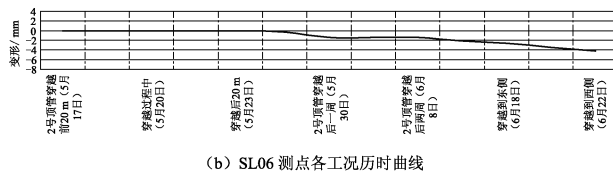


(b) SL04 测点各工况历时曲线

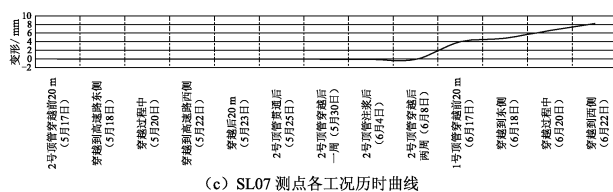
图7 东侧静力水准测点成果



(a) SL05 测点各工况历时曲线



(b) SL06 测点各工况历时曲线



(c) SL07 测点各工况历时曲线

图8 西侧静力水准测点成果

从上图可以看出 L03 在各工况下的历时曲线,该测点位于高速公路东侧,在两条顶管的中间位置。从历时曲线可以看到,在2#顶管顶进期间,该测点前期有少量上抬,后逐渐下沉,后期有部分上抬,其中5月28日、6月3日对2#顶管进行了注浆,5月28日的注浆对该测点影响较小,上抬不明显,但6月4日左右的数据则有明显上抬趋势;1#顶管顶进期间SL03主要变形趋势都是下沉,变形速率相对于2#顶管顶进期间要略大,这主要是由于前期1#顶管顶进已经对土体有扰动,1#顶管再次顶进时的影响会更大,导致高速公路下降趋势更明显。

SL04 在各工况下的历时曲线,该点位于高速公路东侧,在1#顶管的轴线位置,距离2#顶管约10m距离,可以看到,2#顶管顶进前后,该测点一直处于下沉的趋势,但变化速率明显要比SL03小,而6月3日注浆后,该测点上抬很明显,主要是由于2#顶管顶进时对该测点处土体扰动相对较小,因此注浆后对该测点影响较大;1#顶管顶进期间该测点变形呈现出先上抬,后逐渐下沉的典型趋势。

SL05 在各工况下的历时曲线,该测点位于高速公路西侧,2#顶管的轴线位置,从图上看,该测点在2号顶管穿越期间几乎没有变形,在5月28日注浆后开始有一段上抬的趋势,随后继续稳定,直到6月12日注浆后该测点逐渐上抬,1#顶管顶进期间该测点仍处在在上抬状态。

SL06 测点的历时曲线,该测点位于高速公路西侧,1#、2#顶管中间处,该测点前期变化速率很小,在2#顶管穿过高速公路后逐渐开始下沉,期间在6月3日注浆完后,有少量上抬,但随后继续下沉,在1#顶管顶进前后,该测点变形趋势也是下沉,但变形速率比前期要略大,主要是两次顶进均对该处土体有扰动,导致第二次顶进时变化较大。

SL07 在各工况下的历时曲线,该测点位于高速公路西侧,1#顶管的轴线位置,从图上可以看到由于该测点距离2#顶管约有10m左右,在2#顶管顶进期间该测点基本无变形,且后期沉降也不明显,主要是该测点距离2#顶管位置较远,土体受到扰动较小,6月12日后期注浆后,该点开始不断上抬,1#顶管顶进期间该测点上抬趋势速率变缓,但趋势仍在在上抬。

1#、2#顶管顶进期间东西两侧沉降曲线对比见图9、图10。

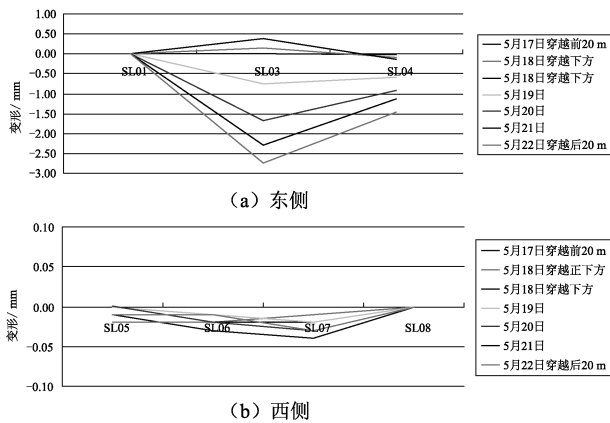


图9 2#顶管顶进期间东西两侧沉降曲线对比图

5.2 东西两侧沉降断面形状对比

2#顶管顶进期间,西侧变形很小,东侧变形则比较典型,断面曲线有明显的先上抬后下沉的趋势

1#顶管顶进期间,东西两侧断面的形状比较相似,都是两个顶管的中间下沉最多,呈V型分布,区别是东侧是整体下沉,而西侧是中间下沉,两侧上抬,但总体形状及趋势保持一致。

综合各阶段静力水准自动化系统的监测数据,可以发现,在顶管穿越高速公路时,顶管先到达的路基一侧(东侧),其变形趋势比较典型,都是先略有上抬,后逐渐下沉,但在顶管离开高速公路时,由于顶管先到达的位置已经在下沉,加上注浆等外界因素的影响,影响到顶管离开位置处(西侧)的变形,西侧在2#顶管顶进期间变形不明显,在1#顶管顶进期间两个顶管轴线的位置甚至在上抬,两侧轴线位置变形出现了明显的差异沉降。因此,我们建议顶管在穿越高速公路时可以适当参考相关监测数据,在顶力跟姿态上适当微调,以平衡高速公路两侧的变形。

6 结论

1)本次顶管穿越G1501高速的监测中采用了静

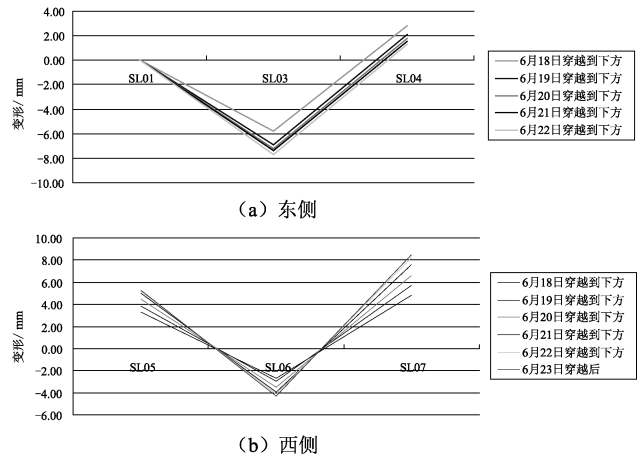


图10 1#顶管顶进期间东西两侧沉降曲线对比图

力水准自动化监测系统,取得了较好的效果,从长远来看,自动化监测系统在顶管穿越中的顺利应用,推动了监测行业走向信息化又迈出了重要的一步,对以后类似工程具有极大的参考价值。

2)通过对顶管穿越高速公路的过程进行自动化监测,并对相关监测数据进行整理、分析和研究,为后续相关工程的设计及施工提供依据。

3)推动了监测行业信息化的发展,利用自动化监测技术,为顶管推进提供及时、准确的监测数据,为施工单位调整施工参数提供依据,确保顶管推进工程中高速公路的运营安全。

参考文献

- [1] 刘国彬,王卫东. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] 常士骝,张苏民. 工程地质手册(第四版)[M]. 北京,中国建筑工业出版社,2007.
- [3] 上海市勘察设计协会. DBJ08—61—2010 基坑工程设计规程[S],2010.
- [4] 上海岩土工程勘察设计研究院有限公司. DG/TJ08—2001—2006 基坑工程施工监测规程[S],2006.

收稿日期:2015-01-04