

DOI: 10.11779/CJGE2014S2035

# 绿地中心既有光缆下基坑连通道施工技术

楼 楠<sup>1</sup>, 刘俊岩<sup>2,3</sup>, 曹汉卿<sup>1</sup>, 崔维久<sup>4</sup>

(1. 上海建工集团, 上海 201324; 2. 济南大学土木建筑学院, 山东 济南 250022; 3. 山东省城市地下工程支护及风险监控工程技术研究中心, 山东 济南 250022; 4. 同济大学土木工程学院, 上海 200092)

**摘要:** 本工程在既有光缆下施工基坑连通道, 施工时要避免光缆产生过大的沉降造成不利影响。通过有限元模拟和专家论证, 最终确定采用管幕技术对通道周围土体先行支护, 再施工既有光缆下的连通道。经现场监测土体最大沉降为 12 mm, 符合光缆变形控制标准, 确保了既有光缆的正常使用。该工程运用的管幕连通道施工技术可为类似工程提供良好的借鉴。

**关键词:** 连通道; 光缆; 有限元模拟; 施工工艺

**中图分类号:** TU420      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-4548(2014)S2-0212-04

**作者简介:** 楼 楠(1977-), 男, 学士, 高级工程师, 主要从事土木工程施工工作。E-mail: sinbury0415@126.com。

## Construction technology for connecting passage of foundation pit under existing optical fiber cables of Greeland Center

LOU Nan<sup>1</sup>, LIU Jun-yan<sup>2,3</sup>, CAO Han-qing<sup>1</sup>, CUI Wei-jiu<sup>4</sup>

(1. Shanghai Construction Group, Shanghai 201324, China; 2. School of Civil Engineering and Architecture, University of Jinan, Ji'nan 250022, China; 3. Engineering Technology Research Center on Urban Underground Engineering Support and Risk Monitoring of Shandong Province, Ji'nan 250022, China; 4. School of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The connecting passage of the foundation pit is constructed under the existing optical fiber cables of Greeland Center. The excessive settlement caused by optical fiber cables should be avoided during the construction, which may lead to unfavorable effects. Through finite element modeling and expert discussion, the pipe roofing method is finally adopted for supporting the surrounding soils, and then the connecting passage under optical fiber cables is constructed. Through the field monitoring, the largest settlement of soil is 12 mm, which conforms to the deformation control standards of the optical fiber cable, and the normal use of the existing optical fiber cables is ensured. The pipe roofing construction technology used in the project may provide a good reference for similar projects.

**Key words:** connecting passage; optical fiber cable; finite element modelling; construction technology

## 0 引言

随着城市化进程以及建设用地的日益紧张, 我国城市地下综合体、人防工程、地铁不断涌现, 城市地下空间的开发利用已进入快速发展时期<sup>[1]</sup>。为了构建地下通行网络, 使各地下空间形成便利交通, 连通道的建设就显得尤为重要。

大至地下隧道, 小到管线通道, 连通道适用范围较广。早期的连通道施工技术多源于市政工程, 地下市政管线采用明挖技术进行管沟开挖, 然后铺设管道。但是明挖会影响地上建筑使用和路面交通, 所以, 近年来暗挖技术得到广泛使用, 如顶管作业技术等<sup>[2-3]</sup>。

本文中的地下连通道与市政工程中的常见通道不同, 该通道是顶部有正在使用的通讯光缆通过, 光缆的变形控制标准<sup>[4]</sup>高, 常规施工技术难以保证变形控

制要求, 因此需进行周密的论证和研究。本课题研究一方面可以解决本连通道设计施工难点; 另一方面可以丰富连通道建造技术, 为同类工程提供良好借鉴。

## 1 工程概况

### 1.1 连通道概况

该通道为济南绿地中心东裙楼地下室二层与西主楼地下二层之间的通道。通道上有南北向两束光缆通过, 两束电缆的走向如图 1 所示, 保护电缆区域还设有检查井。场地地面标高 32.35~32.58 m, 光缆标高 31.47~31.52 m, 光缆埋深 0.83~1.09 m, 检查井底标高 29.75~30.36 m。通道截面为矩形, 通道东西长约

23.2 m, 宽 9.1 m, 顶板顶标高 27.20 m, 底板底标高 22.0 m, 场地整平后地面标高 31.7 m, 开挖深度 9.7 m。

## 1.2 地质条件

在勘察深度范围内, 场地地层由第四系人工堆积层填土、第四系全新统~上更新统冲洪积层、第四系残积层和白垩系闪长岩风化带组成。主要土层为: 杂填土、粉土、粉质粘土、粘土、残积土、碎石以及风化闪长岩。

勘察期间, 测得场地地下水埋深为 3.45~5.04 m, 标高为 27.20~28.57 m。西侧顺河对场地地下水位(主要为上部第四系孔隙潜水)变化幅度影响不大。但雨季行洪时, 河水可漫过河面, 对场地西侧, 尤其是主楼部位基坑, 施工有一定影响。场地揭露的地下水为第四系孔隙潜水及基岩风化裂隙水, 均具有微承压性。

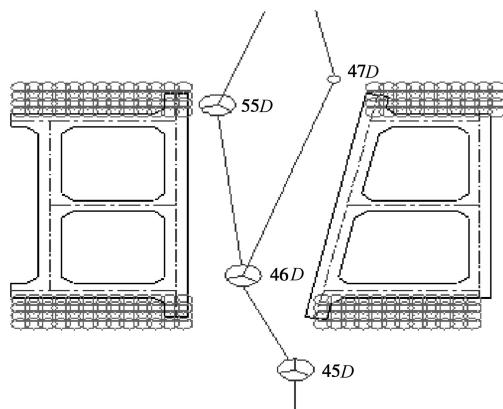


图 1 光缆分布图

Fig. 1 Distribution of optical fiber cables

## 2 通道支护及光缆变形控制措施

### 2.1 通道支护

该工程主楼和裙楼分别开挖, 东基坑采用钻孔灌注桩结合角撑支护, 桩间施做高喷桩, 与支护桩搭接形成截水帷幕; 西基坑采用地下连续墙支护, 并兼作截水帷幕。

通道基坑采用支护桩+内支撑支护, 光缆附近约 3.0 m 厚土体采用管幕支托, 管幕两端搭接在支撑梁上, 管幕以下土体采用混凝土挡墙支护。

### 2.2 影响既有光缆变形的因素

光缆为上世纪中叶铺设, 光缆外侧采用预制混凝土块保护, 接缝处无任何处理, 若产生不均匀沉降, 将会产生较大的剪切力, 宜造成光缆拉断, 带来巨大损失。基坑工程施工过程中引起光缆变形的主要原因如下: ①顶管、围护桩施工过程中产生的土体损失引起的地面沉降; ②大范围的旋喷桩施工, 应力释放不及时造成的地面隆起; ③长时间, 大幅度降低地下水引起周边地面沉降; ④基坑开挖时产生的不平衡力、土体产生较大的变形和坑外水土流失导致围护体变形

及周边地面沉降。

### 2.3 既有光缆变形控制措施

经过专家论证, 结合规范确定光缆沉降允许变形为 20 mm。为减小管线变形, 采取以下措施: ①施工前探明管线走向; ②采取对上部土层扰动小的支护和开挖方案; ③实施现场实时监测, 开展信息化施工。

经反复论证, 决定采用顶管管幕技术先行支护, 然后开挖通道的施工方案。方案预先进行有限元模拟分析, 以进一步论证和完善施工方案。

## 3 有限元模拟

### 3.1 分析方法

采用专业的大型岩土工程有限元分析软件 Plaxis 按平面应变连续介质有限元方法对顶管施工进行模拟分析。本工程采用 Hardening-Soil 模型模拟土的本构关系, 该模型是一种改进了的模拟岩土行为的模型。HS 模型共有 11 个参数, 这些参数一部分为模型本身的参数, 一部分可以从岩土工程勘察报告中获得, 另一部分则是通过大量类似工程的监测数据中反演分析得到。

### 3.2 计算分析

#### (1) 分析对象

本工程取南北向剖面进行分析, 管线取离钢管最近的管线 DX45~DX55, 管线按照柔性管道考虑。由于钢管成孔后即进行钢管回拖, 施工过程中影响管线的成孔直径较小, 离管线较远的孔位对其影响不大, 故本次计算时考虑 5 个钢管分别成孔对中心管线的影响。

#### (2) 分析模型

模型计算区域: 竖向范围取 30 m, 水平范围取 50 m。

结构参数: 钢的弹性模量取  $2.1 \times 10^4$  MPa, 泊松比取 0.31, 重度取 25 kN/m<sup>3</sup>。具体参数如表 1 所示。

表 1 分析单元类型与本构模型表

Table 1 Analytical element types and constitutive models

对象	单元类型	节点数目	本构模型
土体	三角形	15	HS 模型
管线	梁单元	3	线弹性
钢管	梁单元	3	线弹性
桩土接触面	接触面单元	15	库仑准则

通过“单元生死”技术模拟, 共分成 6 个工况, 具体工况如下: ①工况一, 生成初始地应力场; ②工况二, 第一孔施工, 其中泥浆护壁; ③工况三, 第一孔施工完成后进行钢管回拖。第二孔引孔并泥浆护壁; ④工况四, 第二孔施工完成后进行钢管回拖。第三孔引孔并泥浆护壁; ⑤工况五, 第三孔施工完成后进行钢管回拖。第四孔引孔并泥浆护壁; ⑥工况六, 第五孔施工完成后进行钢管回拖。

### (3) 有限元分析计算结果

经过有限元模拟, 得到管幕成孔后整体水平位移云图如图 2 所示, 坚向位移云图如图 3 所示, 既有管线坚向位移云图如图 4 所示, 经分析成孔后最大竖向位移为 9.84 mm, 最大水平位移为 2 mm, 钢管最大竖向变形 5 mm。

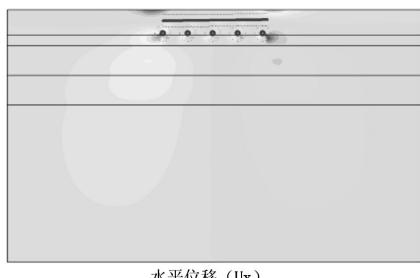


图 2 成孔后整体水平位移云图

Fig. 2 Overall horizontal displacement after hole formation

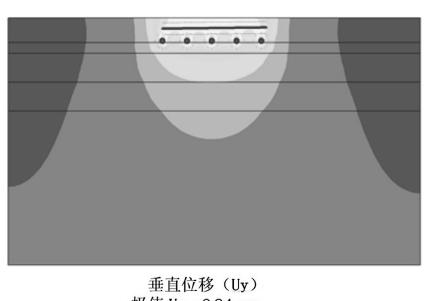


图 3 成孔后整体坚向位移云图

Fig. 3 Overall vertical displacement after hole formation

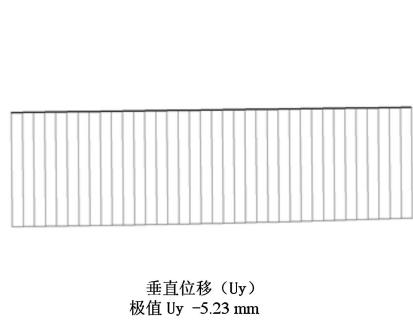


图 4 成孔后管线坚向位移图

Fig. 4 Overall vertical displacement of pipeline after hole formation

钢管的最大轴力 29 kN/m, 钢管的最大剪力 10.6 kN/m, 钢管的最大弯矩 1 kN·m/m, 如图 5 所示。

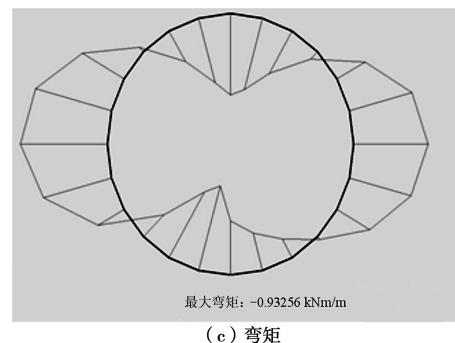
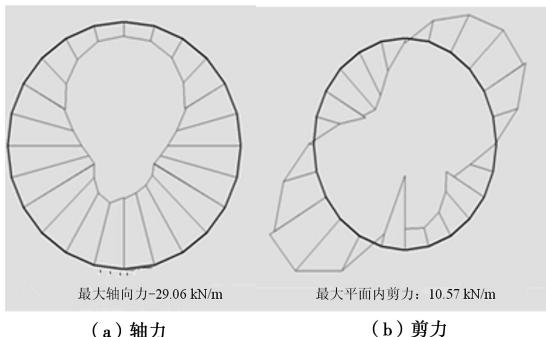


图 5 钢管内力图

Fig. 5 Internal force of steel pipe

通过模拟发现用顶管作业保护光缆能够达到相应要求。

## 4 连通道施工关键技术

### 4.1 连通道施工工艺流程

连通道施工工艺流程如图 6 所示。

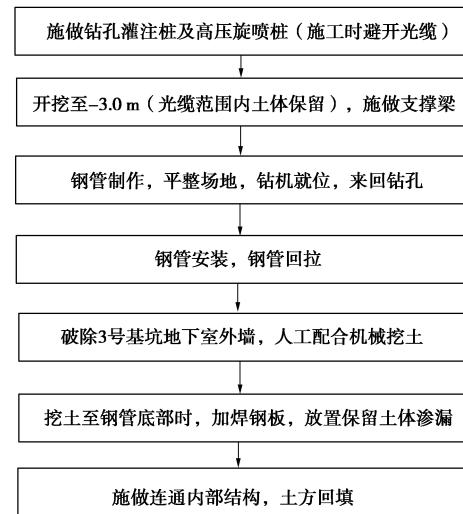


图 6 连通道施工工艺流程图

Fig. 6 Flow chart of construction technology

顶管作业采用  $\Phi 426$  钢管, 长度按图纸计量, 管幕与管线的关系如图 7 所示。

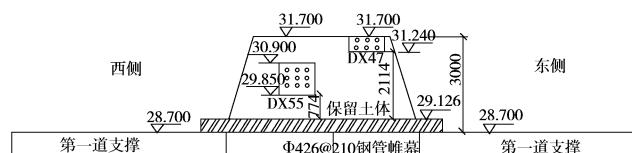


图 7 基坑北侧管线与钢管关系图

Fig. 7 Relational between northern pipeline and steel pipe of foundation pit

### 4.2 连通道施工关键技术

为了克服连通道施工过程中的困难, 工程技术人员集思广益, 采取了诸多技术创新。

(1) 为减少钻孔作业对土体的扰动以及相邻孔道影响, 采用隔三打一的措施, 即成孔施工顺序为“1, 4, 7”, “2, 5, 8”。循环作业直至成孔完毕。

(2) 不同直径钻头多次成孔, 改顶进为回拉。由于通道两侧地下结构施工完成, 所剩空间无法满足钢管一次顶进的要求, 本工程采用引孔后回拖钢管的方式施工。为减少施工对土体的扰动, 在成孔作业过程中先采用直径 100 mm 钻头钻孔, 再用 200 mm 钻头回钻, 再换 300 mm 钻头钻回, 再用 400 mm 钻头将钢管拉回, 完成施工。

(3) 调整钻杆的角度, 保证成孔质量。钻杆长度过长, 施工过程中钻杆的挠度会影响成孔质量。调整钻杆的角度, 通过不断试验, 最终确定钻杆钻入角度, 保证两侧成孔在一条直线上。

(4) 设置泥浆套箱。由于成孔时水平向成孔, 泥浆容易流失。考虑到管幕引孔阶段及回扩阶段泥浆有部分损失, 可能导致孔壁变形, 故设置泥浆套箱, 保证孔内泥浆液面始终位于孔位之上, 保证孔壁稳定。

套箱主要构造为: 设置 1000×600 钢套箱, 套箱壁厚 10 mm, 在钻杆位置设置 U 形槽, 槽宽 100 mm, 并在套箱外侧设置 10 mm 厚橡胶密封板及橡胶压板。套箱如图 8 所示。

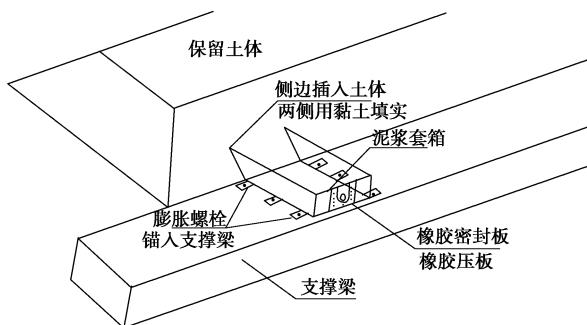


图 8 套箱鸟瞰图

Fig. 8 Aerial view of pouring jacket

套箱对保证泥浆液面作用较大, 保证了成槽的效率和质量。

#### 4.3 施工效果

为了保证施工过程中的安全, 依据规范<sup>[4]</sup>开展基

坑监测。最终监测结果表明: 土体最大竖向位移 12 mm, 与模拟数据相近。实践证明, 该连通道施工技术效果良好。

## 5 结 论

(1) 采用有限元分析, 为连通道施工方案的确定提供了很好的依据。有限元分析软件 PLAXIS 按平面应变连续介质有限元方法对顶管施工进行模拟分析, 是可行的。

(2) 管幕技术用于既有管线下的连通道施工, 如施工措施得力, 可以很好地起到对既有光缆的保护作用。

(3) 套箱对保证泥浆液面具有良好作用, 保证了成孔质量和效率, 且制作安装方便, 可作为水平成孔的泥浆液面辅助设备使用。

## 参考文献:

- [1] 钱七虎. 中国城市地下空间开发利用的现状评价与前景展望[C]// 上海市地下空间综合管理学术论文集. (QIAN Qi-hu. Current situation evaluation and prospect forecast for development and utilization of underground space of Chinese city[C]// Academic papers of Shanghai underground space integrated management. (in Chinese))
- [2] 贺长俊, 蒋中庸, 刘昌用. 潜埋暗挖法隧道施工技术的发展[J]. 市政技术, 2009, 27(3): 274 - 279. (HE Chang-jun, JIANG Zhong-yong, LIU Chang-yong. Development of tunnel construction technology with shallow buried-tunnel method[J]. Municipal Technology, 2009, 27(3): 274 - 279. (in Chinese))
- [3] 冯海宁. 顶管施工环境效应影响及对策[D]. 杭州: 浙江大学, 2003. (FENG Hai-ning. Influence and countermeasure for environmental effect of pipe jacking[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003. (in Chinese))
- [4] GB 50497—2009 建筑基坑工程监测技术规范[S]. 2009. (GB 50497—2009 Technical code for monitoring of building foundation pit engineering[S]. 2009. (in Chinese))

(本文责编 孙振远)