

# 探究软弱土层综合管廊地基处理工艺的选择及应用

王成龙

中铁十四局集团有限公司

**摘要:**综合管廊建设施工过程中,对于结构基础底面处于软土层当中这种情况,必须运用合理的方法提升软土地基的承载力。文章介绍了济南开源路综合管廊地基处理方法,该工程软基处理方案为今后类似工程提供了设计思路与可借鉴的分析方法。

**关键词:**软弱土层;综合管廊;地基处理

## 前言

综合管廊是一种集约度高、科学性强的城市综合管线工程,能够有效节约地下空间,较好的解决市政道路路面反复开挖问题,降低路面维保费用,增强道路空间的有效利用,确保道路交通功能的充分发挥。综合管廊结构位于软弱土层,承载力要求无法满足,必须采取措施处理软土层,提高土层承载力,保证结构的耐久性以及安全性。本文通过对开源路综合管廊工程软弱地基处理技术和后续质量控制的分析,达到了良好效果。

## 一、工程概况和地质条件

### (一)工程概况

开源路综合管廊南起工业北路,北至济南东客站枢纽西进场路段,结构外尺寸为 $8.7\text{m}\times 5.25\text{m}$ ,分为综合舱和电力舱左右两舱,采用明挖法施工,基坑开挖深度为 $8.63\sim 14\text{m}$ 。

### (二)地质条件

根据地质勘察报告,拟建场地原地面高程约为 $23.67\sim 31.9\text{m}$ ,地下水位高程为 $21.93\sim 28.84\text{m}$ ,地下水主要为第四系松散孔隙水,本区第四系水量丰富,具承压性。开源路原地貌为鱼塘,上部地貌为杂填土、淤泥质土层,基底以下土层主要为淤泥质土、粉土层等,地基承载力容许值为 $90\text{kPa}$ ,无法满足设计要求。

## 二、地基处理过程中的重难点

### (一)地质条件差

根据地勘报告显示,地质情况变化大,上部杂填土层较厚,存在大量建筑垃圾,下部存在大量淤泥质土、粉土,地下水位高,承压水丰富,土层含水量大,强度低,地基处理施工难度大。

### (二)承载力要求高,不均匀沉降控制要求高

综合管廊更接近于城市地铁区间隧道结构,综合管廊结构覆土不深,上部荷载不大,相比对地基承载力的要求,对地基的不均匀沉降要求更高。如果地基不均匀沉降过大,结构墙、板容易发生局部弯矩及剪力超限,造成结构破坏。故综合管廊软基处理方案的选取,应着重考虑控制结构不均匀沉降。

## 三、软基处理方法比选

### (一)软弱地基处理

确定软基处理施工工艺必须遵循安全可靠和经济合理的原则,要通过进行地基基础方案选择和技术比较以后才能确定,还需考虑管廊地基、基础与上部结构的共同作用,结合管廊形式、荷载情况、地质条件进行综合分析,从软弱基底土层的工程特性出发,确定合理的地基处理方法<sup>[1]</sup>。常用的处理方法有换填、强夯、预压(堆载、真空)、振冲碎石桩、高压旋喷桩、水泥搅拌桩、CFG桩(水泥粉煤灰碎石桩)等。

### (二)软弱地基处理方法比选

通过比较所有软基处理方法,置换以及拌入软基处理方法、振冲密实软基处理方法、排水固结软基处理方法提升地基承载力是有限的。在实际施工过程中,经常会对比软基处理方法当中的复合地基方法进行运用<sup>[2]</sup>。其中复合地基方法主要元素

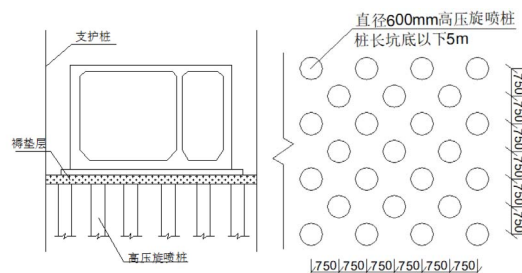
凝土桩法、水泥搅拌桩法、预制混凝土管桩法、高压旋喷桩法等。

开源路综合管廊基底以下持力层为淤泥质土、粉土,地层含水量较高、承压水水头接近地表,结合管廊施工工期要求,开挖至基底后再进行基底处理方法并不适用,因此不宜采用换填、强夯、预压法、振冲碎石桩、沉管砂石桩等措施。由于上部存在 $3\sim 5\text{m}$ 大量建筑垃圾回填,水泥搅拌桩无法有效钻进成桩。通过对周边地区与其相似的工程施工进行分析,确定采用高压旋喷桩复合地基处理方法。

## 四、高压旋喷桩地基加固处理

### (一)旋喷桩施工工艺

开源路软弱地基采用直径为 $600\text{mm}$ 旋喷桩地基加固,桩长穿透淤泥质土层并进入粉土层 $1.0\text{m}$ ,按间距 $1.5\text{m}$ 等边三角型布置,置换率为 $0.15\sim 0.2$ 。采用 $42.5$ 级普通硅酸盐水泥,水泥掺量 $25\%$ ,水灰比为 $0.8\sim 1.2$ 。单桩承载力特征值要求不小于 $160\text{KPa}$ ,复合地基承载力特征值不小于 $140\text{KPa}$ 。



该段淤泥质土层天然含水率高达 $w=41.1\%$ ,孔隙比 $e=1.24$ ,要保证该地层旋喷桩成桩质量,施工时候必须进行试桩。旋喷桩采用双重管法,直接喷射水泥浆液,返浆量小,桩体质量有保证。

水泥掺量确定为 $25\%$ ,水泥浆的水灰比确定为 $1.0$ ,水泥浆泵送压力控制在 $30\text{MPa}$ 左右,且泵送流量必须保持恒定。为保证桩底部的成桩质量,喷嘴下沉到设计深度时,在原位置旋转 $10$ 秒钟左右,待孔口冒浆正常后再旋喷提升。在淤泥质土地层,调整喷浆提升和搅拌下沉速度,从 $0.5\text{m}/\text{min}$ 调整为 $0.2\text{m}/\text{min}$ 。施工工艺参数如下:浆压 $30\text{MPa}$ ;浆量: $120\text{L}/\text{min}$ ;浆液相对密度: $1.52\sim 1.60$ ;气压: $0.7\sim 0.8\text{MPa}$ ,气量 $60\sim 80\text{m}^3/\text{h}$ ;提速: $10\sim 20\text{cm}/\text{min}$ 。

### (二)施工过程中存在问题及处理措施

(1) 钻孔困难。该工程上部 $3\sim 5\text{m}$ 地层由建筑垃圾回填而成,地下水丰富,进尺缓慢,经常出现卡钻现象。采用尽可能清除障碍物或适当移动桩钻孔点,及时更换潜孔钻等措施。

(2) 不冒浆或冒浆量过大。主要原因为有效喷射范围与注浆量不相适应,针对不冒浆的现象可采取在浆液中加入适量的速凝剂,缩短凝固时间,使浆液在一定土层范围内凝固;也可在空隙地段增大注浆量,填满空隙后再继续旋喷。针对冒浆量过大的现象则采取提高喷射压力、适当缩小喷嘴孔径并加快提升和旋转速度。

### (三)效果检查

为保证地基加固处理质量,在施工期间及时对旋喷桩进行了开挖检查。施工完成后对桩体施工质量的检验,在高压喷射注浆结束后 $28$ 天进行加固区域内取芯实验和复合地基承载力试验。

(1) 开挖检查。通过对旋喷桩桩头进行开挖检查,开挖

桩头直径在80cm左右, 桩体水泥含量均匀无夹块现象。

(2) 钻芯及静载试验。在已施工好的固结体中钻取岩芯, 并将其做成标准试件进行室内物理力学性能试验, 强度满

足设计要求。管廊正常段布置静载检测点, 承压板面积1m<sup>2</sup>, 要求加载值320KPa, 具体试验结果见表, 承载力基本值均满足设计要求。

试验点号	压板面积 (m <sup>2</sup> )	施加最大应力 (KPa)	沉降量 (mm)	回弹量 (mm)	回弹率 (%)	承载力特征值 (KPa)	试验终止条件
1#	1	320	14.69	4.66	31.7	160	满足设计要求
2#	1	320	8.69	2.73	31.4	160	满足设计要求

五、结束语

通过结合现场水文地质特性对软基处理加固工艺进行综合比选, 采用高压旋喷注浆加固淤泥质土地层, 能够较好的解决穿越杂填建筑垃圾地层, 对下部渗透性较差的淤泥质土软弱土层进行加固的难题, 软基处理方案可以为今后类似工程提供设计思路与分析方法。

参考文献

[1] 李相然, 赵春富, 张绍河. 地下与基础工程防渗加固技术[M]. 城市道桥与防洪, 2005: 251-253.  
 [2] 朱彦鹏, 杜晓启, 杨校辉等. 挤密桩处理大厚度自重湿陷性黄土地区综合管廊地基及其工后浸水试验研究[J]. 岩土力学, 2019, 40 (8): 2914-2924.

(上接第46页)

表3 各向自振频率结果 (Hz)

墙体类型	(无)	A3.5	A5.0	A7.5
Y向频率 (s)	1.259	1.850	1.996	2.158
X向频率 (s)	1.289	1.915	2.074	2.254
扭转向频率 (s)	1.583	2.509	2.855	3.109
一阶周期比	-	0.68	0.63	0.58

以上数值分析得到, 未考虑填充墙和建筑面层自重时的一阶周期为0.794s, 与PKPM软件中分析获得的0.77s较为接近, 从A3.5、A5.0、A7.5三类墙体的周期比可以得到, 一阶一致均为Y向, 周期折减系数取值应取0.68~0.58。

由于本文项目所在为8度区III类场地, T<sub>g</sub>=0.55s, 当结构T<sub>1</sub>=0.77s经过上述折减后已经进入地震影响系数曲线的平段(0.1s~T<sub>g</sub>), 因此, 当周期折减系数取值小于0.71后, 本项目基底地震力大小不发生变化。因此, 对于上述三种填充墙

体, 本项目周期折减系数取值均应小于0.71。同时, 为提高经济性, 如若采用较大的周期折减系数数值, 则应采取砌体规范第6.3.4条的规定, 设置与框架柱脱开的填充墙。<sup>[3]</sup>

三、结语

本工程为地震敏感结构, 因混凝土框架-钢支撑体系无法对应查询规范中的周期折减系数, 因此若仅凭感觉取值, 可能冒进。本文通过数值模拟分析确定周期折减系数, 为结构设计中地震作用大小的确定提供了依据。

参考文献

[1] 高层建筑混凝土结构技术规程: JGJ3-2010[S], 北京, 中国建筑工业出版社, 2010.  
 [2] 蒸压加气混凝土建筑应用技术规程: JGJ/T 17-2008[S], 北京, 中国建筑工业出版社, 2008.  
 [3] 高层建筑混凝土结构技术规程应用与分析[M], 北京, 中国建筑工业出版社, 2013.

(上接第15页)

我们目前的商业综合体以公共空间为中心, 两侧设置零售店铺, 在未来, 商业发展得趋势有以下几个方面: 1) 加入声音、气味、光感、全息投影等动态技术引导顾客对目标商品信息得获取, 从而更准确地选择自己所需要得物品。2) 打破单一中心公共中庭模式, 塑造多样化得公共空间嵌入各个零售业态, 打破闭环式或直线式的动线设置, 使得购物路线更富有趣味性。不再设置购物地图, 没有任何导向, 而每个公共空间都有通往部分零售的入口, 不是一次性可以逛遍整个商业综合体, 而是需要多次来回体验。

四、结语

我国的TOD模式除了在造型保持一定程度的地域化设计之外, 上盖项目大部分借鉴了国外的典型空间组织策略, 侧盖项目则是延续了中国传统的城市空间格局, 是对两种典型模式的改善型设计。因此, 项目虽然具有一定亮点, 但在创新和实验性设计上还没有突破局限。我国目前的TOD项目基本是政府、轨道交通公司和大型地产商联合开发, 与区域发展紧密结合, 较同类开发产品更多为城市发展服务, 整合周边资源, 契合规划纲要和城市战略, 格局普遍较大。在这些重点设计项目中, 国内方案设计公司参与度明显不足, 希望在未来的TOD发展中, 有更多国内公司的原创设计作品。

参考文献

[1] 陆钟骁, 丁炳均, 马骥骥. 中信泰富/凯达尔枢纽国际广

场[J]. 建筑技艺, 2017 (7).

[2] 陆钟骁, 丁炳均, 马骥骥. 龙湖光年——重庆沙坪坝高铁站[J]. 建筑技艺, 2019 (7): 57-63.

[3] Rayspace. 龙湖光年/重庆沙坪坝TOD中国重庆[J]. 世界建筑导报, 2019 (3).

[4] 颜伶俐. 站城协同零换乘一体化设计探索——基于广州地铁TOD场站综合体的研究[J]. 南方建筑, 2019, 000 (004): 48-52.

[5] 吴春花, 王桢栋, 庞钦. 融入城市空间的综合开发——访贝诺Benoy董事庞钦[J]. 建筑技艺, 2015 (11期): 50-57.

[6] 霍婷. TOD导向下地铁站地上商业空间规划设计研究[J]. 中华建设, 2018, No. 155 (04): 95-96.

[7] 任春洋. 美国公共交通导向发展模式(TOD)的理论发展脉络分析[J]. 国际城市规划, 2010 (04): 92-99.

[8] 黄琳. PPP模式下轨道交通枢纽综合体规划实施要点分析[J]. 项目管理技术, 2019, 017 (009): 128-131.

[9] 刘鹏, 马丽丽, 朱黎明, 等. E-TOD理念下的都市边缘区轨道交通站点周边开发策略[J]. 规划师, 2017, 33 (007): 142-148.

[10] 田宗星, 李贵才. 基于TOD的城市更新策略探析——以深圳龙华新区为例[J]. 国际城市规划, 2018, 33 (05): 93-98.