

论岩土工程勘察中的技术实践

陆志诚

西部建筑抗震勘察设计研究院有限公司 陕西 西安 710001

摘要: 本文主要阐述同心县城市主干路(长征路)道路罩面工程雨水管道下穿红军路岩土工程勘察的工程实践,同时,为能够给设计及施工提供准确的地质资料,需要选取合适的工作方法,并就场地地质条件可能造成的工程风险做出分析,从而为项目的安全性、经济性和耐久性提供有利的保障。

关键词: 工程勘察; 岩土层; 暗挖工程; 基坑

1 前言

1.1 工程概况及勘察等级的确定

拟建的同心县城市主干路(长征路)道路罩面工程位于豫海镇长征西路和红军路路口北侧,勘察内容为雨水管道,长度约63.5m,管径(D)为1600mm,材质为预应力钢筋混凝土Ⅱ级管,水流方向自东向西,其中下穿红军路的49.8m为顶管法施工,其余13.7m为明挖法施工。

根据《市政工程勘察规范》(CJJ56-2012)的规定,拟建雨水管道在明挖法施工地段基坑埋深 $Z < 5\text{m}$ 、排水工程管道管径 $> 1500\text{mm}$,其市政工程重要性等级为一级;拟建雨水管道在顶管法施工地段,其市政工程重要性等级为一级。场地复杂程度等级二级(中等复杂),岩土条件复杂等级二级(中等复杂),确定勘察等级为甲级。

1.2 勘察手段的选择

根据工程建设内容、场地地质条件、国家和地区相关要求,本次勘察采用DPP-100型车载式钻机钻探、挖掘探井、现场原位测试(包括标准贯入试验、重型圆锥动力触探试验)、室内土工试验等多种工作方法,以取得工程建设所需要的岩土工程参数。

2 场地工程地质条件

2.1 场地地形与地貌

勘察场地地势起伏,呈北高南低走势,各勘探点最大相对高差为5.72m,场区所处地貌单元属清水河河谷平原Ⅱ级阶地。

2.2 地层描述

根据钻探揭露,在勘探深度20.50m范围内,根据土层的地质成因、工程性能将场地内的地层分为六层,将各地层的野外特征及赋存条件分别描述如下:

2.2.1 素填土:黄褐色,稍湿,稍密-中密,主要成分为黄土状粉土,可见少量灰渣及植物腐朽斑点等,属堆积年代大于10年的老填土,该层分布连续,层底埋深为

0.70~1.00m,因层厚较小未进行现场原位测试。

2.2.2 黄土状粉质黏土:红褐色,稍湿,可塑,刀切面稍有光泽,干强度中等,韧性中等,具有虫孔,含少量小的钙质结核,土质较均匀,为非新近堆积(Q_4^1)黄土。该层分布不连续,层底埋深为2.50~4.90m。该层做标准贯入试验,经修正后锤击数标准值 $N = 7.9$ 击。压缩系数 $a_{1.2}$ 平均值为 0.36MPa^{-1} ,具中等偏高压缩性,含水率 ω 平均值为15.3%,孔隙比 e 平均值为0.856,液限比 ω_l/e 平均值为35.3,饱和度 S_r 平均值为48.7%,湿陷系数平均值0.022,具湿陷性。

2.2.3 黄土状粉土:黄褐色,稍湿-湿,稍密-中密,无光泽反应,干强度低,韧性低,具虫孔,含少量小的钙质结核,为非新近堆积(Q_4^1)黄土。该层分布连续,层底埋深为1.80~7.60m。该层做标准贯入试验,经修正后锤击数标准值 $N = 6.0$ 击。压缩系数 $a_{1.2}$ 平均值为 0.28MPa^{-1} ,具中等压缩性,含水率 ω 平均值为16.3%,孔隙比 e 平均值为0.806,液限比 ω_l/e 平均值为32.3,饱和度 S_r 平均值为55.0%,湿陷系数平均值0.013,局部具湿陷性。

2.2.4 黄土状粉土:黄褐色,湿-饱和,中密-密实,无光泽反应,干强度低,韧性低,具虫孔,含少量小的钙质结核,为非新近堆积(Q_4^1)黄土。该层分布连续,层底埋深为4.70~10.80m。该层做标准贯入试验,经修正后锤击数标准值 $N = 6.2$ 击。压缩系数 $a_{1.2}$ 平均值为 0.27MPa^{-1} ,具中等压缩性,含水率 ω 平均值为24.1%,孔隙比 e 平均值为0.739,液限 W_l 平均值为26.0%,饱和度 S_r 平均值为88.2%。

2.2.5 黄土状粉土:黄褐色,饱和,密实,无光泽反应,干强度低,韧性低,具虫孔,含少量小的钙质结核,局部夹薄层黄土状粉质黏土,为非新近堆积(Q_4^1)黄土。该层分布连续,层底埋深为13.90~18.60m。该层做标准贯入试验,经修正后锤击数标准值 $N = 10.3$ 击。压缩系数 $a_{1.2}$ 平均值为 0.26MPa^{-1} ,具中等压缩性,含水率 ω 平

均值为24.6%，孔隙比 e 平均值为0.730，液限 W_L 平均值为26.0%，饱和度 S_r 平均值为91.0%。

2.2.6 角砾：灰褐色-杂色，饱和，中密-密实，角砾含量45%-60%，粗中砂含量20%-35%，余为碎石和粉细砂，分选性一般，磨圆度较差，颗粒多呈棱角状，充填物以粗中砂为主，粉细砂次之，颗粒之间无胶结，钻进较困难，钻进过程中钻杆跳动较剧烈，孔壁偶有坍塌现象。该层分布不连续，仅在部分勘探点揭露，最大揭露厚度为6.60m，最大揭露深度为20.50m。该层作重型圆锥动力触探试验，经修正后锤击数标准值 $N_{63.5} = 16.9$ 击。

2.3 场地地下水条件

场区地下水为潜水类型，勘察期间实测地下水静水位埋深在2.02~7.74m，赋存于粉土层和角砾层，潜水水位为平水期。地下水水位动态年变化幅度在0.50~1.00m之间。地下水补给来源主要为豫海湖景观水系、清水河侧向径流、大气降水等。

3 场地地基土工程性能分析与评价

3.1 场地湿陷性评价

根据《湿陷性黄土地区建筑标准》（GB50025-2018）和《岩土工程勘察标准》（DB64/T1646-2019），本场地应属Ⅱ区（陇东-陕北-晋西地区）。经计算场地土自重湿陷量 Δ_{zs} 为0.000mm，总湿陷量 $\Delta_s = 0.000$ mm。综合判定该场地的湿陷等级为无湿陷性场地，湿陷土层最大深度4.90m。湿陷量计算时，自重湿陷量从现自然地表算起，总湿陷量计算时自管底设计标高算起。

3.2 场地地震效应评价

本场区地震设防烈度为8度，设计基本地震加速度值0.20g、设计特征周期值0.45s，设计地震分组为第三组。场地覆盖层厚度18m左右，估算场地内土层等效剪切波速在 $150\text{m/s} < v_{sc} \leq 250\text{m/s}$ ，场地土类型为中软场地土，场地类别为Ⅱ类。通过采用标准贯入试验法及土的黏粒含量分析法，对20.00m深度内饱和粉土进行判定，结果场地内的饱和土层标贯击数均大于其临界液化击数 N_{cr} ，属不液化土层。综上判定：拟建场地抗震地段划分为一般地段。

3.3 场地稳定性和适宜性评价

场区内无岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、地面沉降、地裂缝等其它不良地质作用；场区内无浅埋的全新活动断裂和发震断裂，无需避让；场地内无埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石、溶洞等问题；根据周边环境，地基条件无发生显著变化的可能，适宜本项目建设。

4 地基处理及施工注意措施

根据其拟建建筑物的特点及地基土的工程特性，并

结合当地的建筑经验，就拟建雨水管道工程基础方案提出以下建议：

明挖地段：该段管道管底持力层为③层黄土状粉土，为调节管底持力层均匀性，建议在拟建管道管底部整体做厚度为0.30~0.50m厚级配砂夹石褥垫层处理。

顶管地段：该段管道顶管施工段管底持力层为③层黄土状粉土，顶进过程中易发生坍塌、地表变形等事故，在施工时应采取平衡性能较好的顶管工具管。顶进管道与③层黄土状粉土其土层摩擦系数 f 取值0.30~0.40。对拟建管径1600mm的混凝土管道，管道断面垂直度的允许误差为4mm，管道水平方向的偏差的最大值为0.5%的管道直径（m）。

根据本工程所处地质条件以及顶管施工工艺的特点，本工程在施工过程中有如下工程难点问题：①因混凝土管道的外表比较粗糙，顶进阻力相对较大；②在顶管施工中，加压面的中心应与管壁中心重合，否则容易造成管壁的破坏；③鉴于顶管施工时宜出现孔道塌方，从而造成路面沉降或塌陷。

顶管施工时易产生地表沉降，施工时可采取以下措施：①初始推进阶段，方向主要由主顶千斤顶控制，一方面要减慢主顶推进速度，另一方面要不断调整油缸编组和机头纠偏；②施工时应精心操作，控制挖土与顶进的量与速度，以控制沉降；③施工期间应对已建道路的路基、路面的下沉进行随时动态监控，当路面沉量超过10mm时，应停止作业，钻孔取样检查土体孔隙比变化。

5 基坑工程

5.1 基坑坑壁稳定性分析

拟建管道明挖段其基槽最大开挖深度在自然地表下约-1.75m，顶进工作井其基坑最大开挖深度在自然地表下约-6.30m（管道起点附近）。拟建管道需下穿红军路，在拟建管道起点附近，北侧和南侧均存在已建1F框架结构建筑物，最小距离分别为7.5m和20.9m，因此该地段不具备放坡条件，且基坑稳定性相对较差。在工作井开挖时，其与红军路距离仅为10~15m之间，红军路现状车流量较大且无限行措施，在设计及施工时应酌情考虑动荷载对工作井开挖的影响。

5.2 基坑（槽）开挖、支护及其降水措施

考虑到基坑（槽）开挖深度、周围环境条件结合场地地质条件，对拟建管道在起点处顶进工作井其基坑开挖前应进行支护处理，支护形式可采用内支撑（钢支撑），支护范围应采用全部支护；其余地段管道基槽开挖及顶进工作井均可采用放坡开挖，坡率可按1:0.75-1:1.00考虑，并应遵循“开槽支撑，先撑后挖，分层开

挖, 严禁超挖”的原则。

勘察期间为平水期, 实测地下水静水位埋深在2.02~7.74m(标高1285.00m左右), 拟建管道工程明挖地段施工时可采取井点降水或集水井结合围堰的方式来控制地下水对施工的影响。

6 场地地质条件可能造成的工程风险分析

根据勘察结果, 结合本工程拟建物的特点分析, 本工程因场地地质条件可能造成的工程风险主要为基坑及土方施工、顶管法暗挖工程、基坑支护工程、降水工程, 将其概述如下:

6.1 基坑及土方施工: 拟建管道明挖段其基槽最大开挖深度在自然地表下约-1.75m, 不属于危大工程; 拟建管道在管道起点处顶进工作井预计其基坑最大开挖深度在自然地表下约-6.30m, 属超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。因各土层的粘聚力差异较大, 受上部土体压力和外部荷载的综合作用下, 基坑开挖时存在较大的基坑坑壁失稳风险;

6.2 顶管法暗挖工程: 拟建管道在下穿红军路地段采用顶管法施工, 属超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。施工过程中采用的机械设备及工艺较多易发生坍塌、地表变形等事故。

6.3 基坑支护工程: 土体开挖会造成土体的侧向位移, 致使支护结构产生较大的土应力, 对支护结构的稳定性产生较大影响。

6.4 降水工程: 拟建管道明挖地段在施工期间需要降水, 场地周边地下水补给较丰富, 鉴于拟建管道工程施工周期较短, 应采取经济、可行的降水措施进行场地降水作业, 以减少作业时间, 降低工程费用。

结语

1) 场地内没有发现影响场地及建筑物稳定的地质构造和不良地质作用, 场地稳定, 适宜建筑。

2) 根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010, 2016年版), 场区地震设防烈度为8度, 建筑场地类别Ⅱ类, 场地为不液化场地, 抗震地段划分为一般地段。拟建雨水管道的工程抗震设防类别属标准设防类(丙类)。

3) 拟建管道顶进工作井处其基坑开挖前应进行支护处理, 支护形式建议采用内支撑(钢支撑), 支护范围应采用全部支护。

4) 拟建管道工程明挖地段可采用井点降水或集水井结合围堰的方式来控制地下水对施工的影响。

5) 本项目勘察通过采取多种工作方式, 为本工程的建设提供了准确的地质资料, 为工程建设提供了合理的方案, 为本工程的建设提供了有效的保障措施。

参考文献

[1] 国家标准《工程勘察通用规范》(GB55017-2021)。

[2] 国家标准《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001, 2009年版)。

[3] 国家标准《市政工程勘察规范》(CJJ56-2012)。

[4] 国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016年版)。

[5] 国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》(GB50025-2018)。

[6] 宁夏回族自治区地方标准《岩土工程勘察标准》(DB64/T1646-2019)。