

土岩结合地层中地下车站基坑工程设计实践

刘彪

上海工程勘察设计有限公司 上海 200042

[摘要]土岩结合地层基坑是指开挖范围内,上部为较深的第四纪覆盖土层,下部为强风化、中风化或微风化岩基岩的基坑。本文以杭州至富阳城际铁路受降站为例,介绍了上软下硬土岩结合地层中基坑工程设计实践的全过程。

[关键词]土岩结合;上软下硬;基坑工程

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.09.659

土岩结合地层基坑一般位于有一定的第四纪地层覆盖的基岩地区,其基础持力层通常为强风化、中风化或微风化岩体。此类基坑的特点主要有以下几方面:(1)地层分布形式为上软下硬,基坑的稳定性主要受岩面高低控制,岩面越高基坑越稳定;(2)地下水主要以上部土层潜水和基岩裂隙水为主,第四纪地层和基岩接触面位置是地下水控制的关键部位;(3)基岩面起伏变化较大,支护结构需结合地层实际分布进行分区设计。

1 基坑工程概况

杭州至富阳城际铁路受降站位于G320国道正下方,沿G320国道南北向布置,设3个出入口、1个预留出入口及2组风亭,为地下三层双柱三跨箱型框架结构。车站总长为176.5m,主体宽度31.5m。标准段基坑开挖深度约26.805m,盾构井段基坑开挖深度28.649m。

车站主体结构覆土2.802~3.990m,中心里程处覆土3.669m。出入口设于路旁东西两侧绿化带内;风亭设于东侧绿化带内。车站东侧为杭州万达钢结构有限公司,钢结构厂房外边距离主体围护地墙外边最小净距约23.55m,西侧为富阳农村合作银行受降支行、中国石化富阳银湖加油站及民房,受降支行建筑外墙边距离主体围护地墙外边最小净距约13.86m,加油站建筑外墙边距离主体围护地墙外边最小净距约20.88m。沿线路方向紧邻基坑主要控制管线有DN250中压燃气管、DN600高压燃气管、DN800雨水管、DN500雨水管、D1400雨水管等。

车站施工期间,对车站施工影响范围内的管线进行迁改,车站西侧的高压燃气改为次高压燃气管,并要求在主体围护施工前完成迁改,迁改至基坑影响范围之外。G320国道沿线的高压燃气管改为次高压燃气管,并在主体围护施工前迁改至基坑影响范围之外。对110kV电缆等其他重要管线亦迁改至基坑影响范围之外。

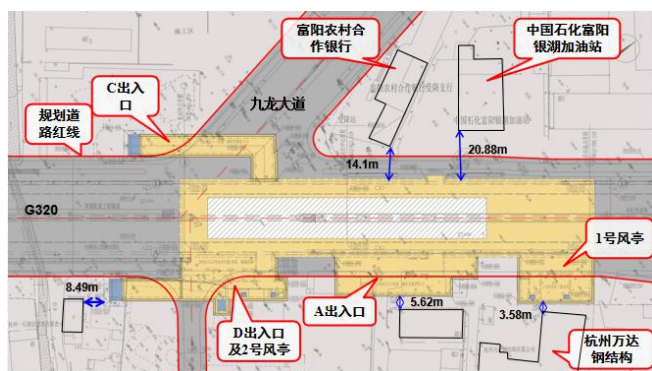


图1 车站周边环境图

2 工程地质条件

2.1 工程地质

拟建工程地面高程为27.63~30.25m,地势较为平坦。场地位于浙西中山丘陵区,地貌单元属山前坡洪积斜地。

各岩土层性质描述如下:

①人工填土层, (mlQ₁)

①₀填筑土:灰黄色、灰褐色,为公路路基人工堆填土,经人工压实,主要为黏性土混碎石组成,粗颗粒含量40~60%,

粒径一般5~50mm,顶部0.6m常为沥青、混凝土层。

①₁杂填土:灰杂色、灰黄色,稍湿,松散~稍密,以黏性土为主混碎石块石为主,局部夹有建筑垃圾,物理性质不均,土质成份差异大。

①₂上更新统上段坡洪相沉积层 (pl-dlQ₃²)

①₁含砾粉质黏土:灰黄色,硬塑,厚层状,黏塑性偏差,干强度和韧性中等,砾石含量约占20%,粒径一般1~3cm,个别大于5cm。

①₃含黏性土卵石:灰黄色,中密~密实,饱和,含量约占50~60%,粒径3~8cm为主,个别大于20cm,砾石含量约占20~40%,粒径0.2~2cm,自上而下粒径渐大,局部为含黏性土(漂)块石,母岩成分以砂岩为主,多以次棱角状、次圆状为主,胶结一般,钻进时偶有漏浆现象,土质不均,局部黏性土含量较高。

①_{3a}粉质黏土:灰色、灰黑色,软塑~流塑,厚层状,黏塑性一般,有机质含量较高,多见有半炭化物。

①_{3b}粉质黏土:灰黄色、褐黄色,可塑~硬塑,厚层状,黏塑性一般,稍有光泽,韧性中性,干强度中等。

③_{1a}上奥陶系文昌组泥质粉砂岩 (O₃w)

③₁3_{1a-1}全风化粉砂岩:灰色、灰黄色,全风化,原岩结构完全被破坏,岩土风化为土状。

③₁3_{1a-2}强风化粉砂岩:灰黄色、青灰色,原岩结构大部分破坏,岩芯呈砂砾状,碎石状,节理裂隙极发育,岩芯用手可折断,局部夹有中风化岩块,岩体完整性差,质软,岩体完整程度为较破碎~破碎,岩体基本质量等级分类为V级。

③₁3_{1a-3}中等风化粉砂岩:灰色、青灰色,粉砂状结构,块状构造,矿物成分主要为长石、岩屑等,节理较发育,岩体完整性指数为0.29~0.42,平均值为0.34,完整程度为破碎~较破碎;其岩石单轴饱和抗压强度9.8~46.6 MPa,平均值为20.9MPa,属软岩~较硬岩;岩芯多呈碎块状、柱状,节长约5~60cm不等,RQD一般为50~70,锤击声响,岩体基本质量等级分类属IV级,钻探过程中未见洞穴、临空面及软弱夹层分布。

2.2 水文地质

场地附近无地表水体分布。根据钻探揭露:勘探深度范围内地下水类型主要可分为松散岩类孔隙潜水和基岩裂隙水。

勘察期间实测地下潜水水位埋深为1.20~5.70m,平均埋深3.10m左右;相应标高为22.39~26.93m,平均标高为25.73m左右。

3 基坑围护设计

3.1 基坑支护难点分析

1、土岩结合地层,上软下硬。

车站范围地基土从上到下分布为:①₀填筑土、①₁杂填土、①₁含砾粉质黏土、①₃含黏性土卵石、①_{3a}粉质黏土、①_{3b}粉质黏土、③₁3_{1a-1}全风化粉砂岩、③₁3_{1a-2}强风化粉砂岩、③₁3_{1a-3}中等风化粉砂岩。呈现典型的上软下硬分布形式,且岩面起伏大,不均匀性明显。

本站底板大部分位于③₁3_{1a-2}强风化粉砂岩层,局部位于③₁3_{1a-3}中风化粉砂岩层。

2、基坑深度大。

标准段基坑开挖深度约26.805m,盾构井段基坑开挖深度

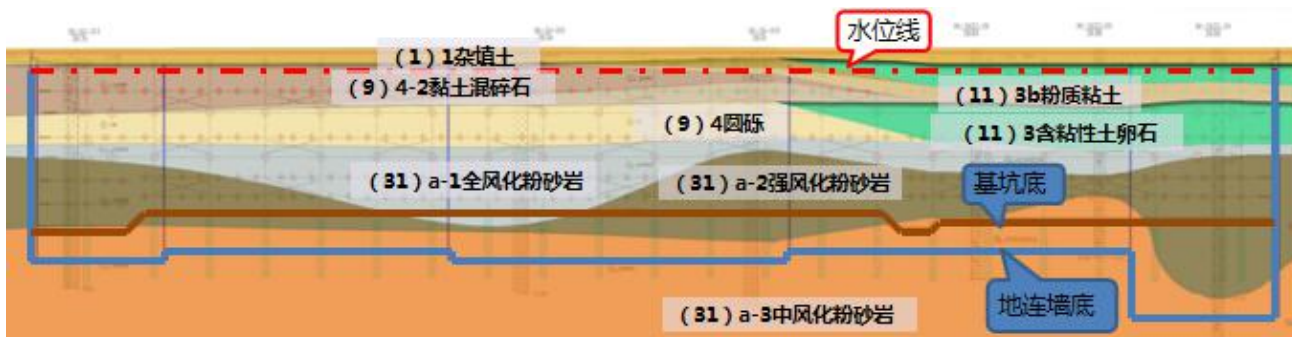


图2 车站地质纵断面示意图

28.649m。

3、周边环境条件复杂。

G320国道为富阳连接杭州主城区的主要通道，大车、重车多，且无绕行条件，故施工过程中对基坑的变形控制要求较高。

3.2 围护结构方案选择

考虑到G320国道为富阳连接杭州主城区的主要通道，道路交通繁忙，且车站地质条件复杂，地下管线密集，周边环境复杂。综合考虑，车站主体采用1000mm厚地下连续墙+内支撑的围护结构体系。

根据本站岩面起伏较大的实际情况，地下连续墙设计长度依据计算和现场地勘综合确定，地下连续墙插入坑底中风化粉砂岩不少于4m，故地下连续墙设计深度为29.8m~40.8m不等。

3.3 成槽方式

由于主体车站开挖范围内中风化岩层岩面较高，岩石单轴饱和抗压强度9.8~46.6MPa，平均值为20.9MPa。经过综合比选，决定地下连续墙施工采用液压抓斗+铣槽机“抓铣结合”工法。采用跳槽逐幅施工，先对上部软弱土层采用抓斗成槽机成槽，下挖至岩层面后，采用铣槽机铣削成槽至设计标高。

地下连续墙接头采用接头箱+橡胶止水带接头连接形式。



图3 现场开挖出来的岩块和铣槽机铣后的颗粒

3.4 内支撑选择

初步设计阶段。标准段和端头井坑内均设置7道内支撑的围护方案，第一、三、五道采用钢筋混凝土支撑，其余均采用钢管支撑。

结合基坑评审专家意见“岩质基坑的最下一道支撑宜采用钢筋混凝土支撑，并应充分考虑岩石开挖的施工空间和振动的影响”，施工图阶段，经过详细核算比较后，基坑调整为4道全钢筋混凝土支撑方案，其中标准段第二、三、四道设置八字撑。

3.5 立柱

本工程临时立柱系统采用角钢格构柱结合钻孔灌注桩的组合立柱形式，由于基坑宽达31.5米，宽度较大（常规车站宽21.5米），故横向采用两道立柱。立柱采用600x600格构柱，角钢为4L200x20。立柱桩采用直径1200钻孔灌注桩。

基坑典型横断面如下图所示。

3.6 降水

地表埋深6~7米的①₀碎石填土，含水饱和，坑外地墙的侧

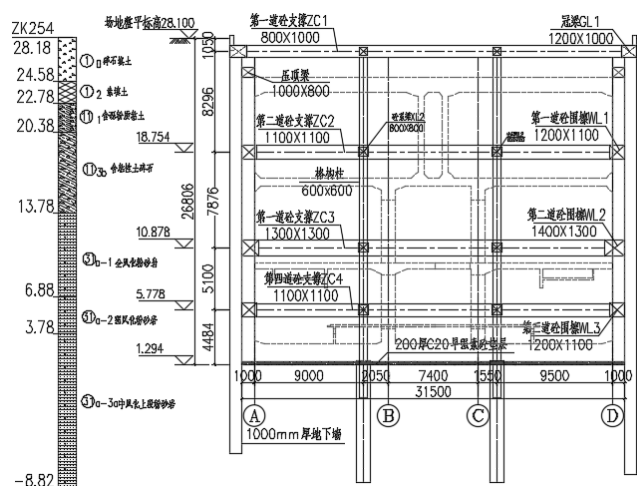


图4 车站典型横断面示意图

向水压力较大，容易出现地墙渗漏水现象。故在坑位设置一定数量的降水井。

坑内设置降水井，对上部土层采用大口径管径疏干降水；对强风化、中风化基岩层的裂隙水，开挖过程中结合明沟，采用集水明排措施。

4 基坑监测情况简述

本站基坑开挖2019年4月开挖，2020年4月回填。2019年8月第一作业段开挖到底。整个施工过程中对基坑进行了全面的监测。监测结果显示，地表沉降累计值为23.87mm（设计值为30mm），地下连续墙深层水平位移累计值为27.68mm（设计值为35mm），均在设计范围内，和设计基本吻合。

5 结语

本文以杭州至富阳城际铁路受降战基坑工程为例，介绍了上软下硬土岩结合地层条件下基坑工程设计的全过程。

(1) 土岩结合地层中，采用铣槽机等先进设备和工艺能大幅度提高成槽掘进效率，并在铣槽机下槽的过程中对上部已完成的槽壁进行修整，可有效确保施工进度和地下连续墙成槽质量。

(2) 本工程比常规车站基坑较宽，且为减少中风化岩层开挖产生的施工振动对钢支撑的不利影响，设计经过比选后改为全混凝土支撑方案。

(3) 本项目施工阶段实际监测变形比设计值偏小，结合现场实际揭露情况分析，可能是勘察参数取值较岩层实际参数略低的缘故。

参考文献

[1] GB50157-2013地铁设计规范. 中国建筑工业出版社. 2014
 [2] 《基坑工程手册》（第二版）. 中国建筑工业出版社. 2009