

杭州地铁艮山门车站深基坑施工技术研究

李向荣

(杭州市地铁集团有限责任公司,浙江 杭州 310020)

摘要:针对杭州地铁 1 号线艮山门车站规模较大且具有下穿道路、防汛河流、盾构始发井、周边高层建筑和多
层建筑物等特点,通过对其深基坑施工技术进行研究,对报警原因进行分析,并采取相应对策,总结出可供杭州市
区其他类似的地铁车站施工借鉴和参考的经验。

关键词:杭州地铁;艮山门车站;深基坑;开挖;支护;基坑报警

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)02-0033-07

Technology Research on Deep Excavation Construction in a Subway Station of Hangzhou/Li Xiang-rong (Hangzhou
Metro Group Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310020, China)

Abstract: According to the situation of a large-scale Hangzhou subway Genshanmen station with underpass road, flood con-
trol channel, shield launching shaft and surrounding high-rise buildings, by the study on deep excavation construction, a-
nalysis was made on the cause of excavation warning with corresponding countermeasures and the experience was summed
up as reference for the similar subway station construction in Hangzhou.

Key words: Hangzhou Subway; Genshanmen Subway Station; deep excavation; excavating; supporting; excavation warn-
ing

0 引言

改革开放 30 年来,我国经济迅猛发展,城市建设以前所未有的速度在前进,地铁作为城市发展最重要的绿色环保资源,正越来越被人们青睐和重视。目前北京、上海、广州、天津、深圳、南京、重庆、武汉、大连、长春等 10 个城市开通运营轨交线路总长近 700 km,加上杭州、沈阳、成都、西安、苏州等共 15 个城市,在建和规划建设线路总长已达 1700 km,预计至 2015 年运营线路总长将达 2300 km。再加上宁波、郑州、无锡、厦门、东莞、昆明、长沙、济南、青岛、乌鲁木齐、福州、南宁、哈尔滨等 19 个城市,已建、在建和在规划的遍布全国东西南北中的 34 个城市的轨交线路将达 4000 km,总投资超过人民币 6000 亿元。

杭州地铁目前共规划 8 条线路,其中 1 号线长度为 68 km,共设置 31 个站点。

近年来,地铁安全事故给人们不断敲响了警钟,有上海地铁四号线联络通道发生的重特大事故、北京苏州街暗挖工程发生的重大伤亡事故、南京地铁 2 号线发生的盾构机被埋事故、杭州地铁 1 号线湘湖站基坑塌坍事故等等,由此可见,地铁工程施工是风险较高的。

1 杭州地铁 1 号线工程概况及工程地质

杭州地铁 1 号线工程由北向南贯穿杭州市余杭区、下沙开发区、老城区、滨江区以及萧山区,是杭州市的交通大动脉。1 号线起于萧山湘湖杭州乐园,经过滨江区和主城区,最终止于下沙副城/临平副城。其中,在线路东端,线路以 Y 形分别向东向北分成下沙段和临平段两段线路。

杭州地铁 1 号线线路全长 68 km,全线设 31 座车站(含 3 座高架车站)。设停车场 3 座:七堡综合基地,位于红普路站和彭埠站之间,为综合基地;湘湖停车场,位于萧山湘湖;临平停车场,位于临平城北工业园区内。在七堡车辆基地附近设地铁控制中心一座。

在全国范围内,杭州地区的地质条件和环境条件都是比较差的。从建造地铁的地质条件看,杭州的地质跟上海地质比较相似,但有自己的特色,大部分地质条件比较复杂。从地质上分析,杭州地区处长江三角洲,位于钱塘江下游北岸,杭嘉湖平原的西南部,除了环抱西湖的西南部为低山丘陵外,杭州东、南、北面均为堆积平原,属于比较典型的软粘土地区。目前杭州地铁 1 号线工程涉及主城区(下城区、上城区、江干区、钱江新城)、滨江区、萧山区、下

收稿日期:2009-10-16;修回日期:2010-01-28

作者简介:李向荣(1972-),男(汉族),浙江义乌人,杭州市地铁集团有限责任公司高级工程师,岩土工程、建筑工程专业,硕士,从事地铁车站和盾构施工管理工作,浙江省杭州市凯旋路 445 号浙江物产国际广场 508 室,ywlxylxr@126.com。

沙开发区、余杭区,地质条件东西南北迥然不同,基坑开挖处土层分布钱塘江两岸、滨江区、江干区、下沙开发区以砂质粉土和粉砂为主,含水量极为丰富,其含水率一般在35%~50%,而且渗透系数在 $1.0 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{s}$,透水性强,且透水层承压水多与江河湖连通,如止水或降水不当,易引发流沙、管涌,并导致基坑周边建筑物沉降过大等事故。其它各区以粉质粘土和饱和软粘土层(属湖海相淤泥及淤泥质土层)为主,这种软土,强度低、渗透性差、易扰动,开挖时容易引发基坑侧壁位移过大、坑底隆起失稳等事故。

2 地铁1号线艮山门站工程概况

杭州地铁1号线艮山门站位于杭州市下城区东新路与打铁关新村北侧规划路口。本站中心里程为K17+838.839,总长270.7 m,标准段总宽23.5 m,由主体部分及附属部分组成。艮山门站为地下2层岛式换乘车站,与规划中的5号线T形换乘,站内设有单渡线及国铁联络线,车站共设3个出入口及3组风亭,因车站设有叉线,整个车站平面外形呈手枪柄状,共有2个盾构工作井,另一端与明挖段相连接。

本站平面横跨东新路及备塘河,纵向沿东西向布置。施工过程中,要临时占用东新路,东新路为杭州市交通干道,为双向6车道,车流量较大。备塘河为城市主要排洪和配水河道,不能断流。国铁联络线须穿过绍兴路,绍兴路为杭州市城市主干道,刚经整治,为双向6车道,车流量较大,焦家村公交车站在艮山门车站施工期间需临时改移,整个艮山门车站施工过程中交通组织复杂。

艮山门站标准段为地下2层结构,围护采用800 mm地下连续墙+5道 $\text{O}609(t=16 \text{ mm})$ 钢支撑(局部为二道钢筋砼支撑+3道钢支撑),标准段基坑深约17.3~17.8 m,地下连续墙长36.1 m,入土比为1.09~1.03,墙脚落于 O_2 层粘土层中;5号线换乘段为地下3层结构,基坑深约24.5 m,围护采用1000 mm厚地下连续墙+3道钢筋砼支撑+4道 $\text{O}609(t=16 \text{ mm})$ 钢支撑,地下连续墙长43.8 m,入土比约0.8,墙脚大部分落于 O_{1a} 层粉质粘土夹粘质粉土层中,局部落于 O_3 层砾砂层中。地下连续墙混凝土强度等级为水下C30,抗渗等级S8。

基坑开挖采用明挖法、局部盖挖法施工(东新路上)。基坑加固处理采用二重管高压旋喷桩抽条加固方式,部分更改为格栅式加固,换乘段加固采用

满堂加固。加固范围每条宽3 m、深3 m,条间纵向净间距3 m。

艮山门车站平面示意图如图1所示。

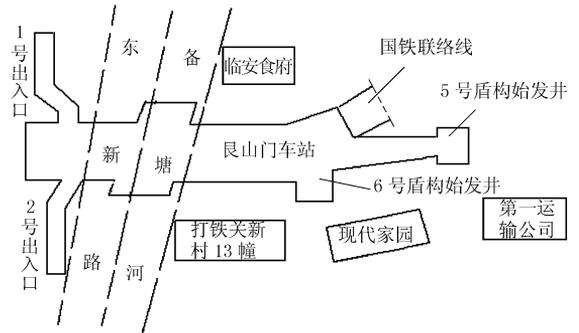


图1 艮山门车站平面示意图

3 艮山门地铁车站施工特点

(1) 1号线艮山门站与5号线换乘,并有河流穿越车站上部,设计时已充分考虑好两线换乘关系,使河流对车站的设置影响尽可能最小,采用该处顶板在河流处落低,使河流穿越站厅层上方,并综合考虑了车站的造价与功能,在尽可能不增加车站造价的情况下,不影响站厅层的辅助换乘功能与过街功能。

(2) 艮山门站周边开发地块众多,在设计时考虑了车站地面出入口、风亭与规划建筑的结合,并预留了地下通道与规划建筑连接的接口。

(3) 杭州市是著名的旅游城市,需要考虑地面景观与车站出入口、风亭的结合问题,在设计时,两线车站出地面活塞风井由原来1站4个变为1站2个,减少了对景观的影响。

(4) 在本设计中采用临时钢筋混凝土便桥和设置围堰分段施工的设计方案,将车站施工筹划与交通疏解、确保河流畅通的要求很好的结合起来,为今后类似解决地铁车站过河道和交通主干道起了一个很好的示范作用。

4 艮山门地铁车站工程地质及水文地质概况

场地浅部深度20 m内为冲海相砂质粉土夹粉砂;中部埋深20~40 m、厚约10.0~20.0 m的高压缩性流塑状淤泥质粉质粘土层和埋深约40~45 m、厚约1.0~6.0 m粉质粘土、含砂粉质粘土层;下部为性质较好的圆砾层,厚度大于3 m。场地等级为二级(中等复杂场地)。

根据钻孔揭露的地层结构、岩性特征、埋藏条件及物理力学性质,结合静力触探曲线和艮山门站详

勘地质资料,本工程第四系地层厚度为 55 m 左右,勘探深度内主要为第四系冲海相、海相及河流相沉积物,根据艮山门站勘探揭露,下伏基岩岩性为侏罗

系安山玢岩。

场地勘探深度以内可分为①、③、④、⑥、⑧、⑫、⑬和⑭等 8 个大层,细划为 18 个亚层,详见表 1。

表 1 地基土层划分表

层号	土层名称	顶板标高/m	顶板埋深/m	层厚/m	分布情况
① ₁	杂填土	7.52 ~ 4.74	0	2.70 ~ 0.25	全线分布
① ₂	素填土	6.02 ~ 2.75	2.70 ~ 0.25	3.50 ~ 0.40	全线分布
② ₁	粉质粘土	4.60 ~ 4.60	1.20 ~ 1.20	0.60 ~ 0.60	零星分布
③ ₂	砂质粉土	1.65 ~ 4.75	1.10 ~ 3.80	5.70 ~ 0.60	全场分布
③ ₃	粉砂夹砂质粉土	3.61 ~ -1.55	6.70 ~ 2.00	7.00 ~ 0.50	全场分布
③ ₅	砂质粉土	1.25 ~ -4.89	10.60 ~ 4.20	5.75 ~ 0.20	全场分布
③ ₆	粉砂	-0.97 ~ -5.67	11.20 ~ 6.70	9.60 ~ 3.00	全场分布
④ ₂	淤泥质粉质粘土夹淤泥质粘土	-2.80 ~ -6.14	12.30 ~ 8.30	5.50 ~ 2.00	全场分布
④ ₃	淤泥质粉质粘土	-5.88 ~ -11.66	18.10 ~ 11.60	8.40 ~ 2.70	全场分布
⑥ ₁	淤泥质粉质粘土	-12.90 ~ -16.40	22.30 ~ 18.30	7.00 ~ 3.30	全场分布
⑥ ₂	淤泥质粉质粘土	-17.50 ~ -21.09	27.40 ~ 23.30	9.10 ~ 3.80	全场分布
⑧ ₁	淤泥质粉质粘土	-23.73 ~ -28.89	34.50 ~ 29.10	8.50 ~ 0.30	全场分布
⑧ ₂	粘土	-27.64 ~ -34.80	41.10 ~ 33.80	8.80 ~ 0.60	全场分布
⑫ ₃	砾砂	-35.17 ~ -36.97	43.00 ~ 40.40	3.20 ~ 1.30	全场分布
⑬ ₁	粉质粘土	-32.09 ~ -37.17	42.70 ~ 37.50	3.50 ~ 0.40	全场分布
⑬ ₂	含砂粉质粘土	-36.95 ~ -36.95	42.10 ~ 42.10	5.20 ~ 5.20	全场分布
⑭ ₂	圆砾	-35.69 ~ -42.15	47.30 ~ 41.40	>5.0	全场分布

场地地下水主要为第四系松散岩类孔隙潜水和孔隙承压水,深部为基岩裂隙水。场地浅层地下水属孔隙性潜水,主要赋存于表层填土及③₂、③₃、③₅层粉土中,由大气降水和地表水径流补给,地下水水位受备塘河涨落变化影响较大。勘探期间测得钻孔静止水位埋深 0.8 ~ 3.8 m,相应高程 2.14 ~ 5.35 m。建议抗浮设防水位取高程 5.0 ~ 5.5 m。根据杭州市类似工程经验及场地环境,地下水流速较小。

工程区承压含水层主要分布于深部⑫₃层砾砂和⑭₂层圆砾中,水量较丰富,隔水层为上部的淤泥质土和粘土层(④、⑥、⑧层)。实测⑫₃砾砂和⑭₂圆砾层承压水头埋深在地表下 9.51 m,相应高程为 -4.25 m。

5 本文研究的创新点

地铁车站施工在国内外虽已有大量的研究,但在杭州施工城市地铁尚属首次,尤其杭州的地质条件较差,存在较多的砂质粉土、粉砂和淤泥质土,地下水位高,施工线路长,因此需认真对待。本文通过对处于主城区内地铁车站遇到河道、交通主干道、复杂地下管线、周边建筑物较近且基础较差等诸多难点,系统进行梳理和总结,尤其针对基坑报警值进行系统分析和总结,为今后类似地铁车站设计和施工提供借鉴作用。

5.1 围护结构方案的选择

地下车站结构方案是由车站主体结构型式、车站围护结构型式及支撑体系 3 部分组成。在工程设计中除了要结合施工方案比选在这 3 方面进行充分的技术经济分析外,更重要的是要综合这些内容,更加充分地、辩证地、全面地进行论证,才能寻求出技术合理、经济实用的方案。

本站推荐方案为一号线地下 2 层车站岛式车站,同时考虑了与 5 号线车站的换乘要求,其主体结构型式基本为地下二层三跨 ~ 二跨现浇钢筋砼箱型结构,中段与 5 号线车站 T 形换乘,为地下 3 层钢筋砼箱型结构。

5.1.1 围护结构方案比较

艮山门车站标准段底板埋深约 17.7 m,换乘段底板埋深约 24 m,确定围护结构方案时,对标准段进行了 800 mm 地下墙、Ø1000 mm 咬合桩和 Ø1000 @ 1200 钻孔灌注桩加止水帷幕进行了技术经济比较。

钻孔咬合桩的工艺原理非常先进,在国内其他城市轨道交通建设中已有运用,其关键是桩的施工精度和咬合质量,要在掌握和积累了相似工程水文地质状况的施工经验后,才能比较有把握地控制施工质量,确保工程安全。与地下墙相比,钻孔咬合桩渗水点较多,整体性相对弱一些。

由于车站位于 1 号线城区段,场地内地下水位较高,加之车站横跨备塘河,根据相关要求施工河中

水不可断流,如果咬合桩工程质量存在问题,对基坑的稳定会产生较大的影响。对于存在一些不利因素的情况下的较深的基坑,宜慎重使用。

Ø1000@1200 钻孔灌注桩加止水帷幕在设计计算中亦是可行的。虽然从经济角度分析,Ø1000@1200 钻孔灌注桩加止水帷幕的围护型式每延米造价低于 800 mm 厚地下连续墙,但是,此种围护型式由于要先施工钻孔灌注桩,再施工搅拌桩和进行注浆,施工时间相对较长,结构整体性较差,其防渗效果和安全性比地下墙要差。根据地铁车站基坑狭长、纵向放坡、分段开挖、逐步架设支撑的施工方式,以及车站侧墙外面设置外包防水层、端头井端墙处需凿除围护墙满足盾构进出洞口等需要,再综合考虑工程工期较紧等因素,采用地下墙作为标准段车站基坑的围护墙,与钻孔灌注桩加止水帷幕方案和咬合桩方案相比,具有安全可靠、施工速度快、便捷施工、适应工期等优势。

5.1.2 支撑体系比选

车站主体结构采用地下连续墙作为基坑的围护结构,采用明挖顺作法施工。结合站位、地形等条件及支撑道数着手,优化方案。

(1) 由于车站基坑深度达 17.7 m,方案一第一道支撑采用砼支撑,其余采用钢支撑。由于东区全部采用钢支撑,施工后基坑变形较大,根据专家巡检认证意见,中区和西区部分钢支撑变更为混凝土支撑,以增加基坑稳定性和控制基坑变形。

(2) 方案二全部采用钢支撑。根据杭州地铁施工经验,车站深基坑由于设置较多道数的钢支撑,使得土体开挖速度受到一定的影响。另外,由于车站采用了全外包防水层,回筑施工时需要多次换撑,也增加了施工难度。

在研究分析 1 号线车站基坑的受力特点,并吸收国内其它城市类似工程的成功经验后,从抗御工程风险和施工速度考虑,将基坑第一道支撑选择钢筋混凝土支撑的形式,既可以利用地下墙上顶圈梁做围檩结构,又可以适当拉开基坑下部钢支撑的间距。这种砼撑与钢支撑相结合的方案与全部使用钢支撑的方案相比,不仅支撑道数少了一道,而且对车站深基坑施工时提高抵御工程风险的能力和施工速度,都有非常好的作用。

5.2 围护结构计算

5.2.1 计算模式与荷载

地下墙围护结构内力分析考虑沿车站纵向取单位长度,按弹性地基梁计算。围护结构开挖阶段计

算时必须计入结构的先期位移值以及支撑的变形,按“先变形,后支撑”的原则进行结构分析计算。

图 2 为围护结构计算简图。

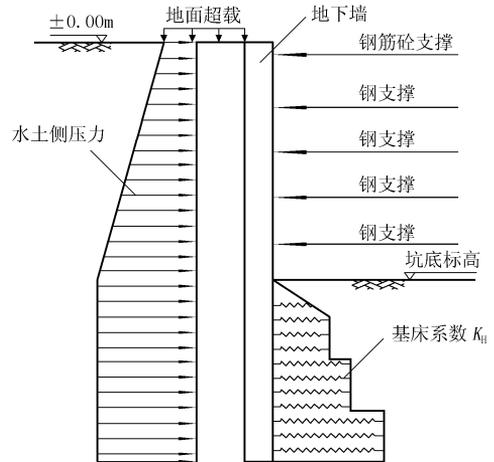


图 2 围护结构计算简图

5.2.2 入土深度的确定

地下墙的入土深度考虑车站所处环境条件、地质条件、围护结构的抗隆起、抗滑移、抗倾覆及稳定性等因素,并结合软土地区深基坑的施工经验确定:墙深为 36 m,墙趾插入⑥₂ 淤泥质粉质粘土中,入土比约 1.0。

5.2.3 基坑稳定性分析

根据坑底土层的力学指标,设计按有关规范进行了墙体的抗滑动、抗倾覆、整体稳定及基底土体的抗隆起和抗管涌等验算,经验算后均满足基坑开挖的稳定要求。

5.2.4 结构抗浮计算

车站施工阶段底板设置泄水孔,使用阶段按最不利荷载组合计算,垂直荷载仅考虑覆土与结构自重,地下水位按地表下 0.5 m 计,并计入地下墙与土体之间摩阻力,经验算,车站结构抗浮安全系数 ≥ 1.15 ,满足抗浮要求。

5.3 施工方法选择

地下车站的施工方法与结构型式是密切相关的,根据周围环境、埋深、造价、工期等因素,一般有明挖顺作法、逆作法、盖挖法等。明挖顺作法是围护结构施工后,沿基坑深度自上而下挖土和支撑,直至坑底,再向上回筑车站内部结构后,覆土并恢复道路。盖挖顺作法是在车站顶板上方设置临时路面系统,保证路面交通可正常运行,而在临时路面下方,按明挖顺作法施工车站内部结构。逆作法是先浇筑车站顶板,恢复地面道路,车站的内部结构施工随同基坑开挖,从上而下进行。三种施工方式都会不同

程度地影响地面交通,从造价上来说,明挖顺作法最低,其次为盖挖法、逆作法。

由于艮山门站主体平面横跨东新路,绝大部分车站结构施工并不影响道路交通,故车站施工方案选择时,综合顺作法与盖挖法的优点,拟采用局部盖挖顺作法,即先在道路西侧设置临时道路,同时在东侧道路施工地下墙,接着完成地下墙上钢筋混凝土便桥的架设,再将临时道路改至钢筋混凝土便桥上。这样就能在不影响道路交通的情况下,进行车站施工,以后施工步骤与明挖顺作法基本相同。此外,因车站从备塘河下方横穿,根据相关要求,施工期间河水不得断流,因此河道区采用分段施工,即将备塘河沿河道中线一分为二,先设置临时围堰围住西半侧河道,东侧河道连通,然后施工河道中心以西部分,待结构完成后再设置临时围堰围住东半侧河道,西半侧河道连通,然后施工河道中心以东部分。

6 周围环境保护

车站主体位于东新路下,周围环境保护有较高的要求。主体基坑北侧打铁关小区附近高层,距基坑 19~25 m 的范围,基坑开挖及降水过程中须密切监测地面沉降。主体基坑施工阶段,需在备塘河埋设导流管,同时尽力避免河水污染,尤其开挖阶段需重点保护。

车站施工区域内有 3 栋建筑物,分别为第一汽车运输公司、现代家园和打铁关新村。其中高层建筑 3 栋,集中分布在基坑南侧距基坑边线 10~35 m 范围内,以上建构筑物均须在基坑施工过程中得到有效保护。

对周边建筑物尤其是打铁关新村的保护应引起

足够重视,一般常规的保护方法有采用水泥搅拌桩、高压旋喷桩、水泥注浆的方法对周边建筑物基础进行地基加固,不致于因基坑开挖而产生变形沉降影响,在杭州深基坑施工有许多成功的案例可以借鉴参考。本工程由于未对周边建筑物采取技术加固措施,导致打铁关新村部分房屋出现裂缝,引起居民纠纷,应该汲取教训。

6.1 施工监测

本工程基坑开挖深度较深,土质条件相对较差,施工中,将对地下围护体的水平位移与沉降、基坑支撑轴力、地下水位、基底回弹、地下管线及周围建构筑物变形等进行全面监测,并对监测信息进行实时分析,及时反馈到施工中,调整施工参数,确保基坑的位移及周边环境始终处于稳定状态。

6.2 警戒值及安全分析

本工程车站主体基坑保护等级为二级。

标准段开挖深度 17.3~17.8 m,测斜累计报警值为 50 mm,变化速率为 ± 5 mm/d;地表沉降累计报警值为 34.6 mm,变化速率为 ± 3 mm/d。在本工程施工过程中曾发生 2 次预警事件,现将第一次测斜 P19 和 P20 预警事件进行详细分析。艮山门站的施工工况如图 3 所示,预警点附近测点布置如图 4 所示。当测斜孔 P09 附近开挖最后一层土时,监测数据显示:测斜测点 P19-22 的日变化速率达到 6.5 mm/14 h,测点 P19-18 的累计量达到 91.5 mm,测点 P20-15 日变化速率达到 4.2 mm/d,测点 P08-18 的日变化率达到 3.7 mm/d,各测点的测斜值及变化率均超过的预警值。出于安全考虑,远程监控中心启动了预警机制。

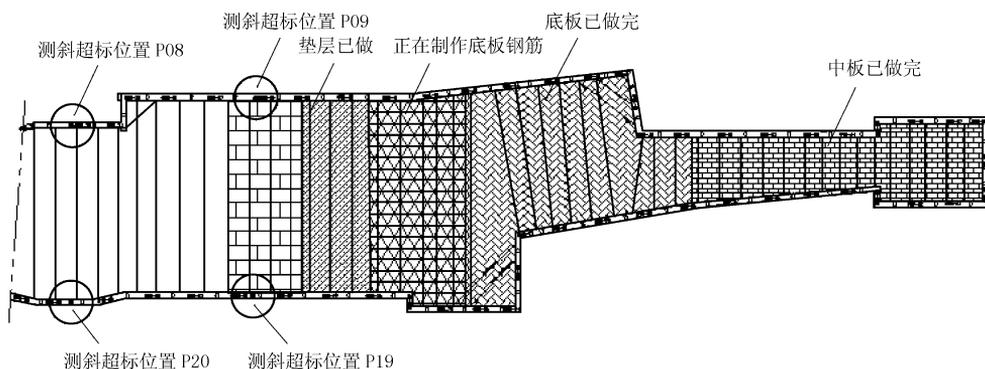


图 3 施工工况图

由图纸及现场踏勘可知,在测点 P19 外侧有 7 层住宅楼,基础采用 $\varnothing 500$ mm 水泥搅拌桩,桩长 15 m,单桩承载力设计值 180 kN,复合基础地基设计承

载力 140 kN/m^2 。P19 的测斜累计值过大和此住宅楼的附加应力应该有直接关系。鉴于测斜孔 P19 的测斜累计最大值已达到 91.5 mm,有可能会导

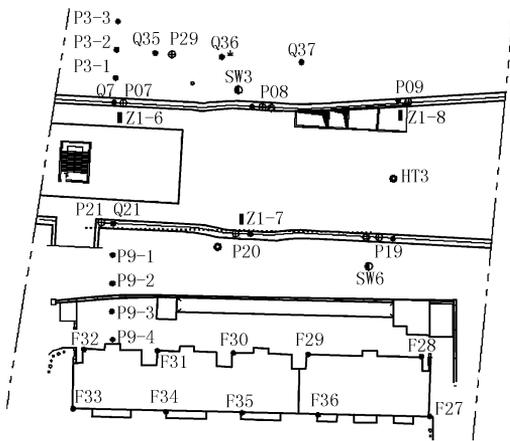


图4 预警点附近测点图

建筑物较大的沉降,威胁到建筑物的安全。远程监控中心通过对 P19 外侧建筑物沉降测点 F27、F28、F29、F36 累计变化的分析,得出虽然建筑物沉降较大,已远超过 30 mm,但各测点的变化趋势一致,而且从数值上看差异沉降很小,并未超过所设置的斜率 $\delta/L < 0.08\%$ 的预警值(其中 L 为测点距离, δ 为差异沉降)。建筑物沉降均匀。

6.3 基坑报警综合原因分析

通过现场调查及上面的数据分析,认为艮山门站基坑报警的主要原因如下:

(1) 基坑宽度较大,钢支撑的线刚度相对较小,简而言之即钢支撑显得较柔,造成基坑变形过大。

(2) 基坑有支撑暴露时间过长。艮山门车站整体基本处于淤泥质粘土中,由于软土的流变特性(见图5),其在应力不变的情况下应变仍会不断发展。由于艮山门车站施工进度过慢,造成围护结构变形持续增大。

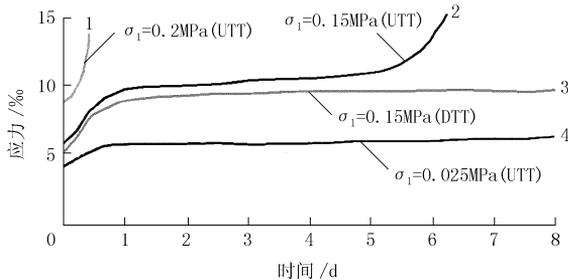


图5 软土流变曲线

(3) 挖土速度慢。艮山门车站由于只能在基坑北侧出土,南侧采用小挖土翻土的方式,所以挖土速度较慢。同样由于软土在高应力水平状态下的流变性,所以围护结构会产生较大速率,如图5中曲线1和2所示。

(5) 出土方式不合理。由于基坑较宽,且挖机

等超载均在北侧。而现场的出土方式为先出清北侧土,再将南侧土倒向北边。由此造成北边墙体的无支撑暴露时间较南侧的长,所以出现北侧墙体变化 10 cm 而南侧墙体仅变化 3 cm。

(6) 围护结构变形过大可能造成的危害有墙体达到极限抗弯强度,折断破坏;墙后土体发生较大变形,造成周边环境的较大影响;被动区土体达到极限破坏,基坑整体失稳。

6.4 合理化建议

针对基坑报警和以上数据分析,对艮山门站后续工程施工提出以下合理化建议:

(1) 根据监测数据指导施工,如发现地下墙变形始终增大,应考虑将部分支撑改为双拼,增加支撑的刚度。同时应严格督促现场按照设计要求施加预应力。建议的警戒值指标见表2。

表2 艮山门站监测建议警戒值

项 目	报警指标	
	日变化量 /mm	累计变化量 /mm
管线变形	±3	±10
建(构)筑物垂直位移	±3	±10
地表沉降	±3	34.6
围护顶部变形	±3	50
围护墙体侧向位移	±5	50 mm, 内力发挥程度 > 80%
支撑轴力	设计值的 80%, 参考值 2500 kN	
坑内土体回弹及坑外分层沉降	±3	回弹: 30 mm; 分层沉降: 20 mm
坑外水位	500	

(2) 加快车站整体施工和挖土进度,缩短有支撑和无支撑暴露时间,严格按照时空效应进行施工。钢支撑及预应力必须在挖土完成后 6 h 内完成。

(3) 合理控制挖土顺序,应使基坑南北侧墙体的无支撑暴露时间都相对较小。

(4) 当围护结构变形持续增大时,应当要求将垫层的混凝土等级由 C10 提升至 C20,厚度不得小于 20 cm,并保证垫层表面浇筑的水平。

(5) 加强现场疏干降水工作,保证开挖面土体干燥。

(6) 加强被动区土体加固质量控制,必要时由抽条加固改成格栅加固。

7 经验总结

杭州地铁艮山门车站基坑深度达 18 m,为杭州地铁主城区第一批开工站点之一,地质条件差,周边环境复杂,尽管围护工程采用了最安全的地下连续墙支护型式,但由于受基坑降水效果不好、坑底被动

土体加固效果差、土方开挖速度慢、施工时受土质限制没有严格按照先撑后挖的方法施工、结构没有严格分层分段进行施工等一系列原因影响,围护结构最大变形达到了103 mm,给周边建筑物造成了一定的影响。但总的来说,本次地铁车站设计和施工还是成功的,它有效解决了地铁车站穿越备塘河、城市主干道东新路、管线复杂和周边浅基础建筑物等复杂地质条件下的诸多难题,对杭州市今后同类工程的设计、施工提供了有价值的参数和借鉴。具体经验总结如下:

(1)采用封堵墙的形式有效解决了地铁车站过河道的设计施工难题。

(2)采用导流管导流的办法可以使施工一气呵成,减少施工转场费用,对今后地铁站在河道不能断流的情况下施工是一个很好的借鉴。

(3)采用混凝土桥的形式进行盖挖对地铁车站过城市交通主干道是一个很好的解决办法,有积极的借鉴作用。

(4)交通组织分解和管线分步迁改是地铁施工的主要内容,对初次接触地铁施工的队伍来说是一个很好的学习样板,值得借鉴学习。

(5)采用真空深井降水对本工程降水效果不是太好,对水平和垂直渗透系数都很小的流塑状淤泥质粘土来说,从设计和施工方面应该寻求一种更好的降水方法,或者结合明排水采取一些技术措施,从而可以加快挖土施工进度和减少围护变形值。

(6)从变形情况看,本工程的地基加固效果不是太好,在今后类似地层施工时,应该加强地基加固的质量控制,或从设计角度把地基加固形式由抽条加固改成格栅加固,对控制变形效果会更好。

(7)在流塑状的淤泥质粘土层中施工地铁车站,必须严格按照时空效应原理进行土方开挖,必须做到先撑后挖和分层分块。鉴于本工程受场地条件限制单边开挖,挖土时间长达3个多月,部分测点围护体系变形较大,应该加强挖土机械力量投入和加强挖土管理,加大车站主体施工力量投入,确保在最短的时间内完成挖土和主体结构的施工,从而有效

控制变形的发生。

(8)在一倍基坑开挖深度范围内的周边建筑物应引起足够重视,尤其是没有桩基础的建筑物,最好借鉴土建深基坑施工的成功经验,在基坑开挖之前对该建筑物进行预加固处理,从而可以有效保护该建筑物,避免不必要的居民纠纷和社会影响。

(9)在特殊部位对地下墙接缝位置进行旋喷补强加固是有必要的,本工程基坑渗漏水很少,将渗漏水对基坑的安全隐患降低到最小,否则会由于渗漏水加大围护体变形和周边建筑物沉降。

(10)本工程围护变形发生较大值的部位往往在围护断面不规则处,该处支撑受力很容易造成不均匀,尽管施工时加了并撑也很难克服解决,如从设计方面对此进行优化,效果会更好些。

尽管本工程前期对地铁车站周边居民建筑物进行详细基础调查,并在容易造成渗漏的地下墙接缝位置采用高压旋喷桩进行技术处理,在围护结构渗漏水方面满足了设计要求;但由于部分测点围护体系变形较大,对没有桩基础的周边6层建筑物(复合地基基础)出现了裂缝,虽然经房屋鉴定所和专家鉴定,此房屋可照常居住使用,但毕竟因地铁车站施工给周边居民产生了一定的影响,难免需要付出不少精力与周边居民进行协调,必要时给予适当经济补偿。这个教训应该引起杭州市区及类似地质条件地区后续工程设计、施工等的高度重视。

参考文献:

- [1] 范益群,钟万颢,刘建航.时空效应理论与软土基坑工程现代设计概念[J].清华大学学报(自然科学版),2000,40(S1):49-53.
- [2] 王梦恕.我国城市交通的发展方向[J].铁道工程学报,2003,(1):43-47.
- [3] 刘建航.上海地铁施工与邻近建筑施工的环境保护技术[A].中国土木工程学会第八届年会论文集[C],1998.
- [4] 林鸣,徐伟.深基坑工程信息化施工技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [5] 刘建航,刘国彬,范益群.软土基坑工程中时空效应理论与实践(上)[J].地下与工程隧道,1999,(3).
- [6] 刘建航,刘国彬,范益群.软土基坑工程中时空效应理论与实践(下)[J].地下与工程隧道,1999,(4).

江西:将新建6条高速公路

中国公路网 2010-01-22 消息 2010年1月21日,全省交通运输工作会议在南昌召开。记者从会上获悉,在新的一年里,江西省在续建20余条高速公路的同时,拟新开工建设南昌南外环、九江绕城、抚州至吉安、花山界(赣闽界)至金溪里木、井冈山(厦坪)至睦村、广昌至船顶隘等6个高速公

路项目。

据了解,2010年全省交通基础设施投资将达到286.7亿元,并续建和新建高速公路27条,确保高速公路通车里程突破3000 km。