

桩锚支护结构在郑州黄河冲积平原深基坑中的应用探讨

——以郑州高铁站东广场某深基坑为例

任江涛 谢山立 李世民

河南省地矿建设工程(集团)有限公司 河南郑州 450007

摘要: 文章介绍了桩锚支护结构在郑州黄河冲积平原地区深基坑支护中的成功应用,以郑州市高铁站东广场的深基坑为例,对设计方案和施工工艺进行了详细介绍,对支护结果和存在的问题进行了总结。从文中可以看出,在郑州黄河冲积平原深基坑中采用桩锚支护结构,能保证基坑的安全性和经济性。在基坑内部施工时,开挖土方与桩锚支护体系互不干扰,能有效缩短工期。本文对类似地质条件的深基坑项目支护设计和施工具有一定的借鉴作用。

关键词: 深基坑; 桩锚支护; 旋喷桩; 变形监测

Application of pile - anchor retaining structure in deep foundation pit of Yellow River alluvial plain in Zhengzhou

— Taking a deep foundation pit in East Square of Zhengzhou high-speed Railway Station as an example

Jiangtao Ren, Shanli Xie,, Shimin Li

Henan geology and Mineral Resources Construction Engineering (Group) Co., Ltd. Zhengzhou, Henan 450007

Abstract: This paper introduces the successful application of pile anchor support structure in the deep foundation pit support in the Yellow River alluvial plain of Zhengzhou. Taking the deep foundation pit in the East Square of Zhengzhou high-speed railway station as an example, the design scheme and construction technology are introduced in detail, and the support results and existing problems are summarized. It can be seen from the paper that the safety and economy of the deep foundation pit can be ensured by using the pile anchor support structure in the Yellow River alluvial plain of Zhengzhou. During the construction inside the foundation pit, the excavated earthwork and the pile anchor support system do not interfere with each other, which can effectively shorten the construction period. This paper can be used for reference to the support design and construction of deep foundation pit projects with similar geological conditions.

Keywords: deep foundation pit, pile anchor support, jet grouting pile, deformation monitoring

引言:

近年来,随着我国地下空间开发的规模越来越大,周围环境日益复杂,对深基坑支护技术的要求也越来越高。在郑州东部和北部的黄河冲积平原上,超深基坑多采用内支撑结构。不过,内支撑造价较高,且不利于土方开挖和主体施工,工期较长。桩锚支护结构不仅可以保证基坑的安全,还可以避免内支撑结构的缺点,本文结合工程实例,探讨桩锚支护结构在郑州黄河冲积平原超深基坑中的适用性。

一、工程概况

本项目位于郑州市高铁站东广场,场地近似为矩形,基坑周长约300m。自然地面高程约为84.50m,基坑开挖深度为17.57m。本项目是郑州市高铁站东广场第一个采用桩锚支护结构的深基坑。

基坑周边均为现状市政道路,其中东侧、西侧和南侧红线外有现状地下通道。南侧用地红线距离现状地下通道外边线最近距离11.2m,南侧还有地下通道排风井,距离基坑顶边线1.43m,深度为自然地面下13m,东侧用

地红线距离现状地下通道最近距离13.3m, 西侧现状地下通道紧邻用地红线^[1]。周边的通信、热力、电力、雨水、给水管线埋深都在2.0m以浅, 污水管线埋深2.8m。

二、工程地质与水文地质条件

1. 地形地貌

本基坑场地内地形较平坦, 各勘探点孔口绝对高程最大高差0.5m, 坑顶较平坦。场地地貌单元为黄河冲积平原。

2. 工程地质

该场地勘察报告显示, 在勘察深度范围内共分为9个工程地质单元层:

第1层: 杂填土, 平均厚度1.23m。

第2层: 粉土, 平均厚度2.88m。

第3层: 粉土, 平均厚度4.53m。

第4层: 粉土, 平均厚度3.87m。

第5层: 细砂, 平均厚度12.02m。

第6层: 细砂, 平均厚度8.96m。

第7层: 粉质黏土, 平均厚度10.72m。

第8层: 粉质黏土, 平均厚度9.1m。

第9层: 粉质黏土, 该层未穿透, 最大揭露厚度14.8m。

表1 基坑支护设计参数一览表

层号	名称	重度 γ (KN/m ³)	粘聚力C (KPa)	内摩擦角 Φ (度)	压缩模量 Es1-2 (MPa)
1	杂填土	18.1	5.0	10.0	
2	粉土	18.8	12.0	17.8	11.31
3	粉土	19.0	12.0	18.7	10.68
4	粉土	18.9	12.0	18.4	9.61
5	细砂	20.0	2.0	24.0	20.00
6	细砂	20.0	2.0	24.0	22.00

3. 场地水文地质条件

根据场地内水井实际测量水位埋深约12.0m, 地下水类型为潜水, 潜水主要赋存于细砂中, 勘察报告建议渗透系数为5.0m/d, 其补给来源主要为大气降水^[2]。

三、深基坑支护设计方案选择

郑州市高铁站东广场已有的深基坑项目采用的支护形式有: 复合土钉墙(用于基坑深度不大于12米, 降水的非软土基坑)、支撑式地下连续墙(适用于较深的基坑)、支撑式灌注桩(适用于较深的基坑)。本项目基坑深度为17.57m, 要求工期短, 经济合理, 保证安全。

从安全、经济、工期等角度考虑, 结合场地工程地质条件, 最终, 本项目采用桩锚支护形式, 支护桩选用直径0.8m和1.0m的钢筋混凝土灌注桩, 锚索选用高压旋

喷锚索。桩顶用冠梁连接, 冠梁低于地面1.8米, 冠梁和地面之间采用土钉墙护坡。基坑内布置降水管井, 支护桩之间采用高压旋喷止水帷幕^[3]。

四、桩锚支护设计方案简介

1. 基坑安全等级

根据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)规定, 基坑支护安全等级为一级, 重要性系数为1.1。

2. 基坑设计使用时间

本基坑为临时性支护, 设计使用期限为18个月, 不能作为永久性支护。

3. 支护设计方案

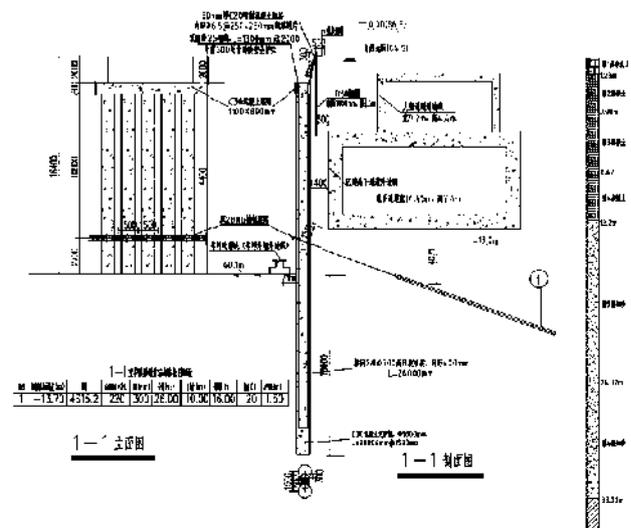
经过设计计算, 认为1-1、2-2、3-3剖面采用上部微型桩、下部桩锚支护, 4-4剖面上部敞开、下部微型桩+锚索支护, 能够保证基坑在开挖和使用期间的安全性。支护桩设计参数为: 混凝土强度等级为C30, 1-1、2-2桩径为 Φ 1000mm, 桩间距为1.5m; 3-3剖面桩径为 Φ 800mm, 桩间距1.5m。

4. 锚索采用高压旋喷锚索

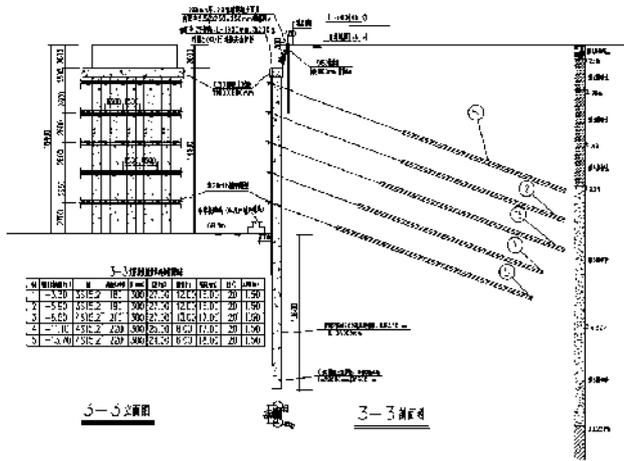
本项目采用高压旋喷锚索, 其特点是钻孔和放置锚索及注浆同时完成, 其优点是能在水位以上或者水位以下的杂填土、粉土、粘土、砂土和软土等多种土层中应用。预应力锚索采用强度级别为1860Mpa, 公称直径为15.2mm的钢绞线。高压旋喷锚索成孔直径300mm, 锚索水平间距为1.50m。

5. 腰梁和高压旋喷桩

腰梁采用2根28b槽钢。支护桩之间用高压旋喷桩形成止水帷幕, 高压旋喷桩采用双管法进行施工, 水泥采用PC42.5级水泥。



1-1 立面图和剖面图



2-2立面图和剖面图

五、支护桩设计计算结果

本文仅将1-1剖面的整体稳定验算和抗倾覆稳定性验算结果说明一下。

[整体稳定验算]

计算方法：瑞典条分法，应力状态：有效应力法，条分法中的土条宽度：0.50m，整体稳定安全系数 $K_s=1.354 > 1.350$ ，满足规范要求。

[抗倾覆稳定性验算]

抗倾覆安全系数：

工况1： $K_s=1.384 > 1.250$ ，满足规范要求。

工况2： $K_s=1.756 > 1.250$ ，满足规范要求。

工况3： $K_s=1.338 > 1.250$ ，满足规范要求。

工况4： $K_s=1.565 > 1.250$ ，满足规范要求。

工况5： $K_s=1.283 > 1.250$ ，满足规范要求。

六、桩锚支护施工方案和工艺

施工顺序：首先平整场地，然后测量放线，再支护桩施工，最后土方开挖和锚索交替施工。采用分层分段开挖，开挖和锚索交替施工，形成流水作业^[4]。

1. 支护桩施工

根据工程地质条件，选用正循环钻机，原土造浆护壁，泥浆循环系统由泥浆池、泥浆沟等组成。钻孔泥浆排入泥浆池沉淀循环使用，沉渣由挖掘机挖出。钢筋笼在现场加工制作，桩体采用商品混凝土C30。

工艺流程：定位放样→护筒埋设→钻机就位→循环钻进→钢筋笼制安→导管安装→二次清孔→混凝土浇筑。

2. 桩间止水帷幕施工

本项目护坡桩桩间止水帷幕采用双管高压旋喷桩机施工，设计旋喷桩直径为700mm，有效桩长24.0m。

工艺流程：挖泥浆沟→定位放样→钻机就位→喷水旋转下沉→喷浆旋转提升。

3. 冠梁施工

灌注桩顶设置截面尺寸为1100×800mm的冠梁，采用现浇C30混凝土。

工艺流程：凿桩头→帮扎钢筋→支模板→浇筑混凝土→养护。

4. 降水井施工

管井布置间距15m，采用Φ300mm水泥滤管，管井深28m，成孔径Ø600。采用正循环钻机成孔，泥浆护壁。

工艺流程：测量定位→安放护筒→钻机就位→成孔→吊放管井→回填砂砾过滤层→洗井→井管内下设水泵、安装抽水控制电路→试抽水（验收合格）→降水井正常抽水。

5. 高压旋喷锚索施工

锚索采用1860级3s15.2、4s15.2钢绞线，采用PO42.5级水泥。

工艺流程：放线定孔位→钻机就位→校正孔位、调整角度→钻进喷浆同时安放锚索→安装腰梁、锚头锚具→张拉锁定。

6. 微型桩施工

微型桩采用内置直径60mm壁厚不小于3mm的焊接钢管，长度为6m，桩径150mm，桩间距1.0m。钢管内外填充碎石，粒径0.5~1.0cm，水灰比采用0.5，采用孔底反压注浆。

工艺流程：放桩位→成孔→置入钢管（底部为花管）→孔底压浆至孔口→填放碎石→封孔→补浆（必要时）→完成施工。

7. 桩间土护面施工

工艺流程：测量放线→土方开挖→修坡→膨胀螺栓安装→钢筋网安装→焊加强筋→喷砼→养护。

七、施工中遇到的问题

1. 降水遇到的问题

基坑施工到设计深度后，发现主楼下面电梯井、集水坑等部位的降水深度不能满足施工需要。经过分析，原因是由于主楼下面电梯井、集水坑等结构（即坑中坑）的底板比设计的基坑底又低了约3米，所以，该部分坑中坑底面以下的管井深度较小。解决办法是，勤洗井，井中下入两台水泵同时抽水。

2. 支护桩施工遇到的问题

本项目周围地下管廊在施工过程中，其基坑支护结构的钢筋网和土钉大量进入本项目基坑开挖范围。支护桩在钻孔过程中遇到地下的土钉和钢筋网就无法继续钻进，还易造成钻机损坏。解决办法包括定做专用的钻头

和人工下钻孔切割。

八、桩锚支护效果

本基坑为临时性支护，设计使用期限为18个月，实际中使用了22个月后才完成基坑回填。从基坑支护完成到回填之前，整个支护结构的变形速率和累计变形量都在设计允许范围之内。保证了项目的正常施工，体现了桩锚支护结构在该项目超深基坑中的适用性。

九、结语

通过工程施工的实际效果可以看出，本工程基坑支护方案是合理的。施工过程中采取的施工措施是得当的，达到了建设单位和设计单位的预期目标。说明在郑州黄河冲积平原超深基坑中采用桩锚支护结构，能保证基坑

的安全性和经济性。而且，在基坑内部施工时，开挖土方与桩锚支护体系互不干扰，能有效缩短工期。

通过工程实践，发现以下问题应在以后的项目中改进，一是电梯井和集水坑部位的降水井应适当增加深度；而是考虑到周边地下空间的规划和利用，应加大可回收锚索的研究和使用。

参考文献：

- [1]JGJ120-2012，建筑基坑支护技术规程[S].
- [2]JGJ94-2008，建筑桩基技术规范[S].
- [3]GB50497-2019，建筑基坑工程监测技术标准[S].
- [4]彭红益，程学明，傅国庆，等.桩锚结构的动力特性研究[J].路基工程.2020，(23).