

桩锚结构止水帷幕的应用

江福河

(华南理工大学土木与交通学院,广州 510640)

摘要 支护结构选型及止水方案的确定要充分考虑可能发生的破坏形态、地质环境及周边环境的影响。结合东莞某深基坑设计实例,针对二期项目对支护结构选型的影响以及砂层对止水效果的影响,采取分区段选用角撑及桩锚支护,采用水泥土搅拌桩+桩间旋喷作为止水帷幕体系。通过降低锚索预拉力及锚索间距等方式降低了锚索力设计值,满足锚索在软弱土层的锚固要求。结果表明,该支护类型所产生的位移在可控制的位移值以内。为具有类似地质环境及周边环境的基坑设计提供借鉴。

关键词 桩锚支护 深基坑 角撑

中图法分类号 TU753.65; **文献标志码** B

经济的高速发展带来了城市地下空间建设的高峰期,从而引发了对地下空间建设的研究和实践。众多研究实践方向中深基坑的支护方式是较为重要的。目前在深基坑支护中,主要采用钻孔灌注桩和钢筋混凝土支撑进行围护,深层搅拌桩或粉喷桩进行止水,共同进行深基坑的支护。本文结合具体的工程实例,介绍大型深基坑中采用钻孔灌注桩和双层锚索进行围护,深层搅拌桩加旋喷桩作为止水帷幕的深基坑支护工程实践,并对设计过程中的相关问题进行简要地分析和思考。

1 桩锚结构设计时存在的问题

桩锚结构支护体系主要由排桩、锚杆(索)、冠梁和腰梁组成。桩可以是钻孔灌注桩,预制桩等,通过一层或多层锚索的支撑,成为一个超静定的结构体系。这种结构稳定性好,施工速度较快,因而被广泛采用的一种深基坑支护型式。支护体系安全可靠性主要是通过以下三方面获得保证^[1-3]:
(1) 桩有足够的嵌固深度;(2) 桩身有足够的强度和刚度;(3) 锚索能提供足够的锚拉力,并且能够将锚

拉力可靠、有效地传递到桩上。

因此针对这三方面安全性保证,可以相应地得到该体系可能的破坏形式及其破坏原因。

1.1 踢脚破坏

由于桩的嵌固深度不够或支护刚度不够,致使基坑底土体稳定不足而产生踢脚即地基强度失稳;

1.2 桩身断裂破坏

一般有支撑的挡土结构的弯矩多以坑内弯矩为主,当桩体的配筋不足刚度不够,桩体会在弯矩最大处断裂,或由于桩体刚度不足在跨中变形过大和断裂;

1.3 倾覆破坏

锚索因某种原因不能正常发挥作用,使桩体处于悬臂状态,桩的受力状态发生改变,桩产生整体倾覆。

1.4 地基强度不足的破坏

基坑开挖后,底部在支护两侧形成土压力差,当地基强度不足会产生塌陷破坏。

此外,基坑设计时还应注意土质和降水的影响,在软土地基上开挖,开挖时可能形成一定的临空面高差,软土会产生侧移,会造成桩体倾斜等的严重情况;降水的影响使土的有效重度增加,从而使地面产生沉降,在降水漏斗范围内的建筑物会产生一定的沉降变形。尤其是降水漏斗范围内的土质较差,建筑物为天然地基时,更易使建筑物产生沉降,甚至产生不良影响。

2011 年 8 月 10 日收到,8 月 23 日修改

作者简介:江福河(1987—),男,硕士研究生,研究方向:地下结构与软土性质,E-mail:jiangfuhe1987@163.com。

发生这些破坏的可能原因是多方面的,由于设计的失误,考虑不周全,或者实际情况发生了改变都将对其有重要影响。要避免基坑事故的出现,合理和全面的设计和分析是很重要的,合理的设计除了要求有正确的设计理论外,也与基坑支护的方案密切相关。

2 工程概况

2.1 工程简介

某基坑工程位于东莞市长安镇中心区,长青东路与长怡路交汇处;拟建地下室的地面相对标高为 $-0.5 \sim -0.79$ m,地下室底板面及基础顶面标高为 $-10.2 \sim -10.7$ m,结构底板厚 $0.6 \sim 1$ m、承台、集水井深 $1.25 \sim 1.5$ m,垫层 0.1 m,基坑开挖深度约为 $10.82 \sim 11.52$ m。

2.2 周边环境

基坑东侧和南侧有多条市政管道,距离基坑边约为 $6 \sim 8$ m,距离基坑边 23 m处有 13 层的高层建筑。基坑东侧距二期工程边线约 15 m,距图书馆建筑约 $22.4 \sim 23$ m,图书馆建筑基础为PHC管桩桩基础。基坑北侧为城市主干道。因此确定本基坑工程安全等级为二级。

2.3 工程地质条件

见表1。

表1 工程地质条件

层号	土类名称	层厚 /m	重度/ $(kN \cdot m^{-3})$	浮重度/ $(kN \cdot m^{-3})$	黏聚力 /kPa	内摩擦角 /(度)
1	素填土	2.6	17.5	7.5	10	8
2	淤泥	3.5	16.3	6.3	7	4.6
3	黏性土	2.5	19	9	23	18.5
4	粗砂	5.8	18.5	8.5	0	28
5	黏性土	6.8	19.1	9.1	—	—
6	强风化岩	31.6	20	10	—	—

3 本工程设计方案

3.1 工程土压力计算模型:

土压力计算采用规范法,见图1。

主动土压力计算简图: 被动土压力计算简图:

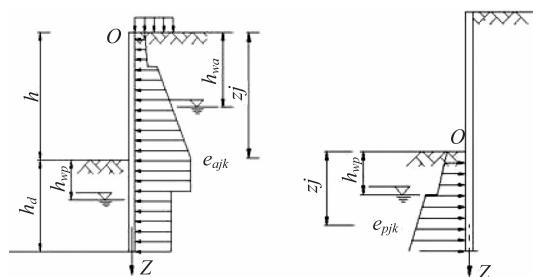


图1 土压力计算方法简图

单位:m

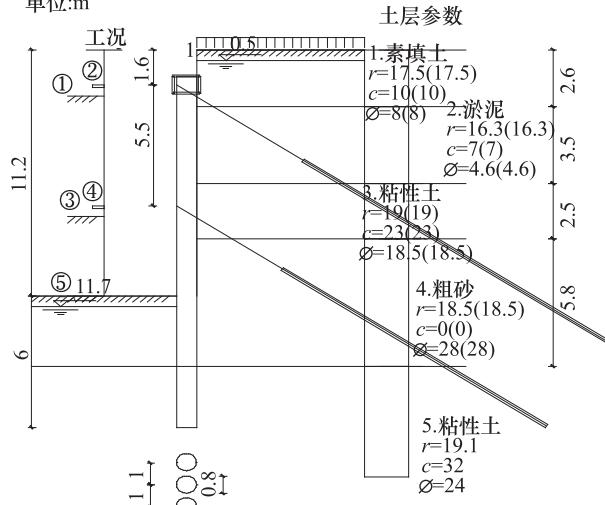


图2 支护结构计算简图

3.2 支护止排水体系

3.2.1 支护体系

根据本项目岩土工程勘察报告等相关资料及其工程经验,采用钻孔灌注桩+砼内支撑、钻(冲)孔灌注桩+预应力锚索的支护型式。见图3。具体布置如下,基坑东北侧、东侧、东南侧采用钻孔灌注桩+砼内支撑,钻孔桩桩径 1000 mm,桩中心距 1200 mm。其余区段均采用钻(冲)孔灌注桩+预应力锚索,钻孔桩桩径 800 mm,桩中心距 1000 mm,锚索水平间距在出土口为 1 m,其余的采用 $1.4 \sim 1.8$ m之间,锚索竖向间距为 4.1 m左右。

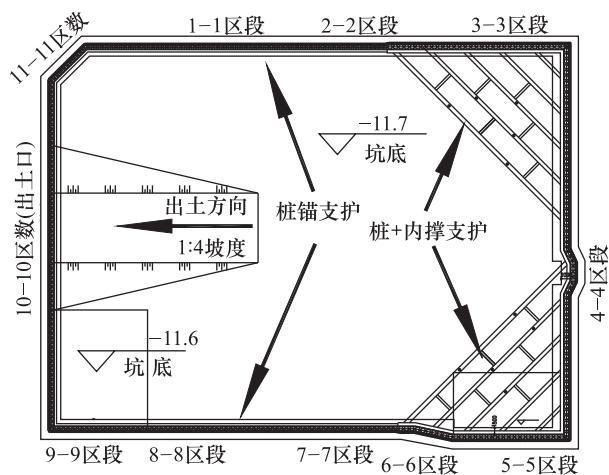


图3 支护结构布置图

3.2.2 止排水体系

采用水泥土搅拌桩+桩间旋喷作为止水体系，基坑底部沿周边设置排水沟与集水井进行明渠排水。开挖前应进行超前降水，疏干坑内积水。

3.2.3 支护结构及止水帷幕的总体施工程序

水泥土搅拌桩→钻孔灌注桩→高压旋喷桩→冠梁。基坑开挖时，每次超挖至腰梁底0.5 m处时施工腰梁及锚索和内支撑，并对锚索进行张拉至锁定值。后续土方开挖必须在腰梁、内支撑施工完毕不小于7日、锚索张拉锁定后进行。

3.2.4 基坑安全监测

监测内容：1)基坑水平位移、竖向位移、锚索拉力、内支撑轴力、立柱竖向位移；2)基坑周边建筑物沉降；3)基坑周边路面沉降、裂缝；4)基坑周边管线沉降。

监测频率：基坑开挖施工期间观测周期为2天，如遇大雨或其它因素造成变形较大时，应加密观测；地下室施工期间，观测周期为1周；变形稳定后2个月停止观测。

基坑监测控制值分别为：水平位移控制值为50 mm，水平位移报警值为40 mm；竖向沉降控制值为40 mm，竖向沉降报警值为32 mm；锚索的预警值取设计值的80%。

3.3 设计时遇到的问题及其解决方法

3.3.1 支护结构选型

该工程初步设计时采用两层锚索控制桩体位

移和内力，此时，锚索总长达到30~35 m左右。与水平线夹角为30°。在基坑的东北侧，由于临近二期的工程且该工程基坑深度未知，在基坑东南侧，临近已有图书馆且桩基础的分布未知。如采用锚索，锚索设计长度的影响范围都将超过这两处的基础。因此，为了不影响临近的图书馆建筑和二期工程，在基坑的东北侧、东侧、东南侧采用角撑方案进行分析计算。其余区段采用两层锚索方案，锚索力的设计值在考虑由于施工队伍素质的影响以及锚固段实际黏结效果的影响后做适当地降低，以保证锚固区具有足够的安全系数。

3.3.2 止水方案

该工程初步设计时的止水方案采用了搅拌桩作为止水帷幕，由于基坑底附近存在较厚的砂土，且由于施工机械的特点，搅拌深度有限，当搅拌桩设计至搅拌的极限深度时未能穿越砂土层，搅拌桩底没能进入相对不透水层，这将导致坑外的水会绕过搅拌桩底，经过砂层渗入坑内。对基坑的安全产生较重影响。因此更改了止水方案，采用了桩间旋喷加搅拌桩联合止水，旋喷桩机械所能进入的深度较深，将旋喷桩嵌入相对不透水层一定的厚度，特别在搅拌桩没能进入不透水层的区段，旋喷桩坐底喷浆一定的时间，从而保证止水的效果。

3.3.3 内力及变形调整

在锚索区段，第一层锚索设置在冠梁处，第二层锚索在第一层锚索以下4.5 m处，以位移和内力作为分析控制指标，运用理正深基坑设计软件进行分析和计算。由于该区段的土层较厚，且存在较厚的砂土层，锚索的长度没能穿越土层而达到岩层，此时的内力设计值却非常大。依据以往的设计经验，考虑施工质量和外界因素改变土体条件等因素，在土层里锚索的实际承载力是有限的，因此在设计中采用了降低预拉力，减小锚索间距等方式进行调整，降低锚索的内力设计值，从而满足锚索在软弱土层的锚固要求。

此外，在控制桩体位移时，通过增大冠梁的截面尺寸，桩径越大，桩间距越小，主要由于桩体的刚度越大，位移就会相应地有所减小，同时刚度大，桩

体承受的内力也就越大。

在内支撑区段,通过调整支撑刚度和支撑间距,支撑刚度越大,支撑间距越小,桩体的内力也就越大,可能的原因是刚度越大,支撑间距越小,该区段的桩整体刚度也就越大,分配的内力就相应地增加。

该工程在设计时并未考虑止水帷幕结构对桩内力的影响,而实际上止水帷幕结构的存在将会减小主动土压力,从而降低桩体的内力,设计时未考虑是偏于安全的。

4 结束语

(1) 桩锚结构结合止水帷幕的设计方案既能有效地加固土体,又能阻挡深基坑外地下水的渗入。该类型支护形式可用于复杂周边环境的深基坑支护中。

(2) 桩锚支护结构在设计中桩的嵌固深度,桩

身的刚度,锚索的锚拉力对工程的安全影响较为重要。要充分考虑各种可能的因素减小工程的风险;

(3) 增大冠梁的截面尺寸,调整支撑的刚度和间距能够达到调整位移的效果;

(4) 在锚索设计时,充分考虑土层的实际锚固力和施工的质量,减小在纯土层中的锚索的内力设计值;

(5) 当搅拌桩不能完全进入相对不透水层时可以考虑增加旋喷桩来达到止水的效果。

参 考 文 献

- 1 杨光华. 深基坑支护结构的实用计算方法及其应用. 地质出版社. 2004
- 2 余志成,施文华. 深基坑支护设计与施工. 北京:中国建筑工业出版社. 1997
- 3 张钦喜,霍 达,尹宜成,等. 桩锚支护破坏形式及实例分析. 工业建筑, 2002;(06),77—79

Applications of Pile-anchor Retaining Structure Plus Water Resisting Curtain

JIANG Fu-he

(College of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, P. R. China)

[Abstract] To determine the scheme of retaining structure and water resisting, it is essential to consider carefully about the damage that may occur, the geological condition which can affect retaining capacity and the environment effect. According to the designing example of retaining structure of deep excavation in Dongguan, considering the effect of phase II project and sand layer, corner bracing and pile-anchor retaining method are used in this excavation. Cement soil mixing pile plus jet pile are used to resist water. The deformation is under controlled from the result. Through reducing the anchor cable prestress and space of cable to reduce the force of anchor cable. It is necessary for anchoring in weak soil. This supporting type which has enlightenment can be used in similar project.

[Key words] pile-anchor retaining deep excavation corner bracing