

某隧道工程中复合土钉支护技术应用与监测

张凡¹ 曹振² 李涛¹

(1. 工程兵指挥学院, 江苏徐州 221004; 2. 南京环利建设工程有限公司, 江苏南京 210000)

【摘要】 南京某隧道工程垂直支护段采用自钻式土钉与SMW机械施工止水帷幕相结合复合土钉支护技术,介绍了该技术的设计、施工方法,并结合现场试验分析了其受力及变形机理。

【关键词】 隧道工程;自钻式土钉;止水帷幕

【中图分类号】 TU 942

Study on Compound Soil-nail Supporting Technology

Zhang Fan¹ Cao Zhen² Li Tao¹

(1. Engineer Corps Command College of PLA, Xuzhou Jiangsu 221004;

2. Huanli Construction Engineering Co. Ltd, Nanjing Jiangsu 210000 China)

【Abstract】 The supporting system of self-drilling soil-nail with sealing wall made by SMW construction machine are discussed through foundation pit of a tunnel project. The mechanism of deformation and axial nail force is deduced with field test.

【Key Words】 tunnel project; self-drilling soil-nail; sealing wall

0 引言

土钉支护是一种经济、可靠和安全的支护形式。但土钉支护对于地层有一定依赖性,在松散砂土、软粘土及地下水丰富的地层中应用时,常因地层不能对土钉提供足够的抗拔力而难于采用。为了将土钉支护技术的适用范围进一步推广,可以采用辅以其它补强措施的复合土钉支护技术^[1]。

水泥土搅拌墙与自钻式土钉组合使用进行支护,是复合土钉支护技术的一种形式。这种形式首先在即将形成开挖面一侧施工水泥土深搅桩帷幕,解决土体自立性、隔水性问题,然后在原位土体中加设自钻

式土钉,以低压注浆解决土体加固及土钉抗拔问题,改善土体受力情况,并在开挖面构筑钢筋网喷射混凝土面层,使土钉、面层、水泥土深搅桩和原位土体构成一个整体共同工作^[2]。而且由于土钉采用自钻式,实现了土钉设置过程的机械化,提高了工作效率。

南京市某隧道工程为双向六车道,全长2.66 km,是南京市“新三年”建设的重点工程。隧道主体为钢筋混凝土箱涵结构,湖底段基坑大部分采用放坡大开挖施工,梁洲段基坑由于大开挖施工会破坏梁洲岛上景观建筑,业主决定采用垂直支护。基坑平面布置见图1。

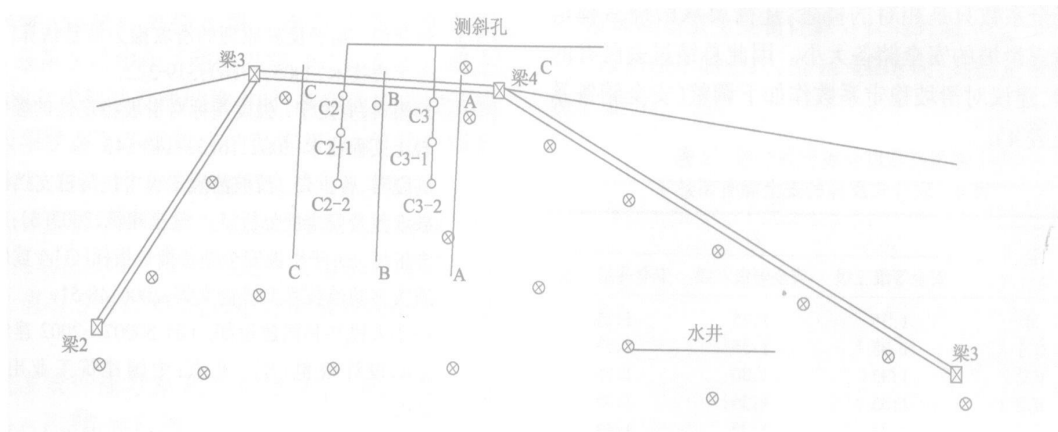


图1 基坑平面布置示意图

梁洲段基坑断面情况见图2。梁洲段支护原设计方案采用直径800 mm灌注桩加三道背拉锚索,设计锚索为1860级钢绞线 $3\phi 15.24$,长26 m。这种设计方案造价较高,而且在砂性土中

成孔26 m施工比较困难。经过专题研究,决定采用自钻式土钉与SMW机械施工止水帷幕相结合的复合土钉支护技术进行支护。基坑支护设计方案见图3。

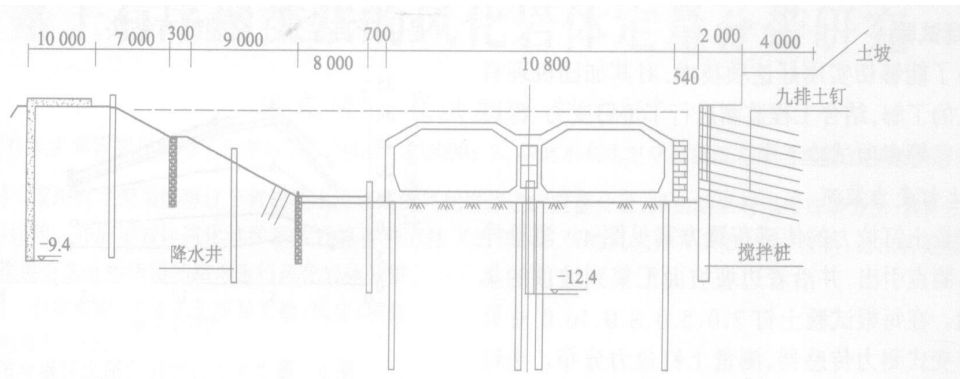


图2 梁洲段基坑断面示意图

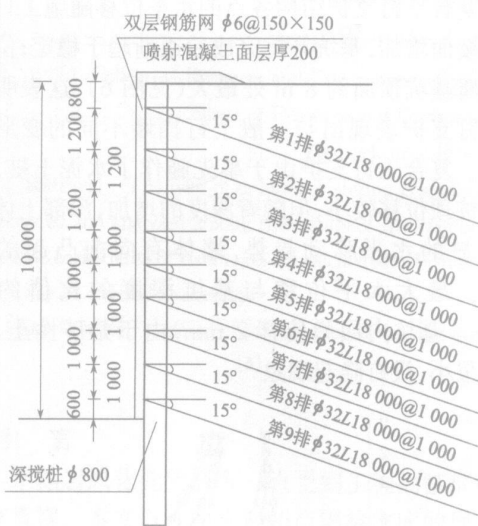


图3 基坑支护设计方案

梁洲段场地土层主要为:①素填土,褐黄色,层厚1.0 m;②₁粉土夹粉砂,灰黄色,饱和,稍密,层厚10.0 m,夹少量薄层粉质粘土,重度 19.0 kN/m^3 ,粘聚力0,内摩擦角 30.7° ;③₃粉细砂,灰色,饱和,稍密,层厚12.0 m,重度 19.1 kN/m^3 ,粘聚力0,内摩擦角 30.6° 。

因为砂性土自立性差,在其中成孔施工比较困难,决定首先施工止水帷幕。经过试验,普通双轴深层搅拌机在本场地较密的砂性土中,施工搅拌深度只能达13.5~14.5 m,不能满足设计要求。于是决定采用SMW工法常用的三轴型钻掘搅拌机施工止水帷幕。然后采用自钻式土钉自行钻进到预定位置后,进行注浆,解决了施工时成孔困难的问题,而且注浆效果可以得到保证。

依据《基坑土钉支护技术规程》(CECS96:97)和

《建筑基坑支护技术》(JGJ 120-99)对自钻式土钉与SMW止水帷幕相结合的复合土钉支护技术分别进行了计算。基坑设计方案见图3。设计挖深10.0 m,附加荷载55 kPa。SMW工法三轴型钻掘搅拌机施工止水帷幕,三轴深层搅拌机叶片直径为850 mm,桩中心距1.2 m,桩体搭接850 mm,在止水帷幕中插入双排毛竹,毛竹的大头直径不小于100 mm。

1 复合土钉支护施工

首先利用SMW工法850三轴型钻掘搅拌机施工止水帷幕,解决土体隔水性和自立性。止水帷幕28天的强度达到1.0 MPa后,进行自钻式土钉施工。每排自钻式土钉的施工顺序主要为:开挖、墙壁修整→引孔→自钻式土钉钻进→注浆→编制钢筋网、放置加强筋→喷射C20混凝土。

下面主要说明自钻式土钉的施工过程。

自钻式土钉的杆体采用 $\phi 32$ 无缝钢管压制螺纹而成,每段3.0 m,用接头套管进行连接。经检测杆体破坏荷载260 kN,接头套管破坏荷载240 kN。采用适合于软土的自制土钉钻头,长150 mm。

采用小型钻机配麻花钻杆在止水帷幕的预定部位引孔1.0 m,主要是钻过止水帷幕。然后采用小型钻机作为动力将自钻式土钉自行钻进,用接头套管进行连接。

第一、二杆体分别预先留有注浆孔,直径为8 mm,间距40 cm,沿杆体径向均匀布置。钻进前把注浆孔用胶纸包好,防止钻进时进土影响注浆效果,但注意不能包两层以上,以免使浆液射出困难。每节土钉之间采用螺纹套管对中连接,逐节安装钻进,直到设计长度。由于自钻式土钉自行钻进过程

中螺纹套管自动拧紧,所以不会有松弛现象。

最后编制钢筋网,压加强筋,喷射 C20 混凝土面层。安装垫板及配套螺母,使土钉、面层、SMW 深搅桩和原位土体构成一个整体而共同工作。

2 现场试验

为了能够切实用好这项技术,对其加固机理有更深入的了解,结合工程监测进行了土钉受力、深层水平位移等多项试验工作。

2.1 土钉受力监测

测量土钉拉力的传感布置方案见图 4。测量导线从各测点引出,并沿着边坡坡面汇集到坡顶的集线箱内。在每根试验土钉 2.0、5.0、8.0、16.0 m 处布置应变式测力传感器,测量土钉拉力分布。土钉的中前部传感器布置得较密,后部布置得较疏,以便能够测到土钉拉力的最大值和土钉端部的受力情况,较真实地反映土钉拉力的实际分布。

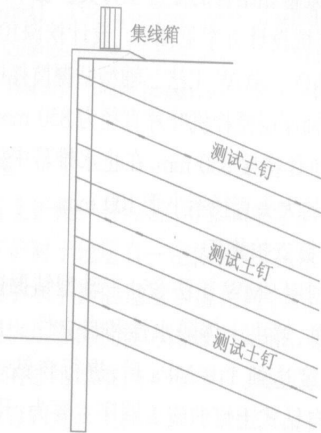


图 4 基坑支护测试方案

土钉支护的受力随施工日期的延续而变化。在施工阶段,土钉从被置入坑壁土中开始,所受的拉力每天都有增加,下层土体开挖对已设置的所有上层土钉的受力均有较大影响,各层土钉的拉力均有突变增量,即土钉的受力具有开挖效应。在使用阶段,受力整体上趋于稳定,但还有一定的增加趋势,尤其是下排土钉拉力增加的趋势较为明显^[3]。

土钉的开挖效应要求一排土钉设置后应停留一段时间,或使用早强剂,使注浆体达到一定强度并与周围土体粘结牢固后,再进行下步开挖,这样不但使土钉的作用得以充分发挥,而且保证土钉支护具有良好的工作性能,并处于稳定状态。因此,如果土钉设置后还没有起到作用,就进行下步开挖,这样是很危险的,应该严格禁止^[4]。

土钉所受的拉力沿其整个长度都是变化的,土钉中拉力沿土钉延长呈中间大、两端小的曲线分布,

其中最上排测试土钉拉力延长的分布情况见图 5。第 8 排土钉已靠近基坑底面,潜在滑动区接近基坑边,所以其受力表现为接近基坑边较大,里端受力相对较小。其他两排测试土钉里端受力较大,这主要是由于自钻式土钉端部有钻头。

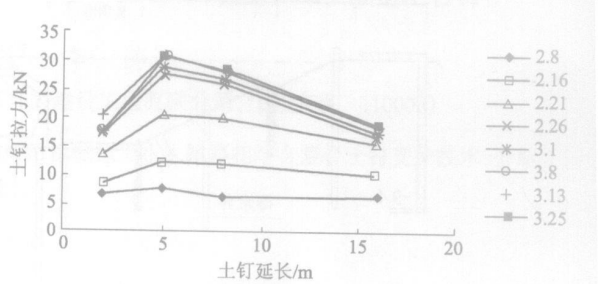


图 5 最上排土钉中拉力沿土钉延长的分布

2.2 水平位移监测

复合土钉支护结构各点的水平位移随施工日期的延续而增加,基坑开挖完成后逐渐趋于稳定;位移在距离基坑顶面约 8 m 处最大(见图 6),这表明复合土钉支护表现出与一般土钉挡墙不同的变形性状^[1]。复合土钉支护由于事先施作了水泥土桩,开挖后桩顶位移较小,但随着深度的增加,深部土体有较明显的水平移动趋势,墙体有向前凸起的趋势^[5]。最大水平位移与基坑深度的比值约为 0.2%。基坑内回弹位移 2 mm,由于是砂性土,回弹量很小,没有隆起现象^[6]。

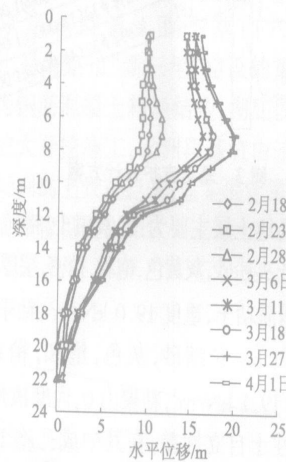


图 6 水平位移随施工日期的变化图

3 结论

通过上述现场测试和分析,对复合土钉支护,尤其是水泥土搅拌墙复合自钻式土钉支护的工作性能有了更全面的认识,分析了其受力及变形机理。与传统支护相比,该技术投资明显降低。而且施工快速可靠。

(下转第 299 页)

新鲜安山岩波速速度的变化为2.8~3.9 km/s,取其均值,为3.361 km/s。按照规范中风化岩纵波速度比上新鲜岩体纵波速度的结果范围算得,9 m 以上为强风化岩体;9 m—30 m 为弱风化岩体;31 m 为微风化岩体。

3 风化差异系数的计算

岩体的风化程度可以用风化差异系数来表示^[4]。岩体风化差异系数物理意义是风化营力对风化岩体作用后,表征风化岩体对于该种未风化的新鲜岩石的单位指标的变化量。其表达式为

$$K_f = \frac{\Delta K}{K} \quad (4)$$

式中: K_f 为岩体风化差异系数; ΔK 为测试指标增量,即为新鲜岩石与风化岩石同一指标之差; K 为新鲜岩石的试验指标^[5]。

根据以上分析,同地质观察法相比较,得出结果见表4。

表4 各种方法分类成果表

方法	强风化/m	弱风化/m	微风化/m
地质观察法	2~9	9~24	24~31
规范法	2~9	9~30	30~31
有序聚类法	2~9	9~27	27~31

本文用波速用来做衡量风化差异系数的指标。由上表所给的各风化带深度查得各个位置的纵波波速,进而可以求得三种方法的风化带风化差异系数的范围。

由式(4)计算可得出风化差异系数,并与观察法和规范法所得数据进行比较,见表5。

表5 各种方法分类风化差异系数范围

方法	强风化	弱风化	微风化
观察法	0.539~0.405	0.405~0.345	0.345~0.197
规范法	0.539~0.405	0.405~0.226	0.226~0.197
聚类法	0.539~0.405	0.405~0.316	0.316~0.197

4 结论

由表4、表5可以看出,对该钻孔分类时,对强风化岩体与弱风化岩体的界限一致。而对弱风化和微风化的界限并不统一。观察法是凭借钻孔岩芯的观察来分的,与个人的经验与当时的感官认识程度有很大关系;规范法又对指标过于硬化,划分结果过于保守。有序聚类法的应用,避免了规范法和观察法的缺陷,所得结果较为合理。

综合比较,按照岩体波速的相近程度,根据波速指标进行分类,所得的结果较为合理。本文推荐按照有序聚类方法对该坝址区岩体进行分类,分类划分界限为2~9 m 为强风化,9~27 m 为弱风化,27~31 m 为微风化。

参 考 文 献

[1] 曹帮华,有序聚类和数学模拟法在刺槐苗年生长规律研究中的应用[J]. 山东农业大学学报,1998(12):1-5.
 [2] GB 50287-99 水利水电工程地质勘察规范[S].
 [3] 潘祖弼. 风化岩体中的波速特征[J]. 工程勘察科学技术,1985(4):15-17.
 [4] GB 50021-2001 岩土工程勘察规范[S].
 [5] 任自民. 三峡工程坝基岩体工程研究[M]. 北京:中国地质大学出版社,1998.

收稿日期:2006-06-04

(上接第296页)

参 考 文 献

[1] 徐水根. 上海地区基坑围护复合土钉墙施工技术要求[J]. 建筑施工,2001(6):378-389.
 [2] 李象范. 上海地区基坑工程中的复合土钉支护技术[J]. 建筑施工,2001(6):363-369.
 [3] 陈肇元,崔京浩. 土钉支护在基坑工程中的应用

[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997:1-78.

[4] 李涛,张凡,王晓乾. 复合土钉支护结构变形控制对策[J]. 建井技术,2005(3-4):71-74.
 [5] 李海深. 复合型土钉支护工作性能的研究[D]. 长沙:湖南大学,2004.
 [6] 秦会来. 水泥土桩复合土钉支护体系受力变形计算分析[D]. 郑州:郑州大学,2005.

收稿日期:2006-06-12