

地连墙与自凝灰浆防水墙组合防渗新技术的应用及分析

陈晓飞^{1,2}

(1. 南京大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210093; 2. 有色金属华东地质勘查局, 江苏 南京 210007)

摘要:地连墙与自凝灰浆防水墙配套使用是一种新型的深基坑支护形式,相对传统的基坑支护形式具有经济节约和防渗效果佳等优点。结合南京华新城 AB 地块深基坑工程应用实例,根据其复杂的工程特点,从防渗、力学性能、造价等方面论证了地连墙与自凝灰浆防渗墙配套使用的可行性及优点,并结合工程实际对自凝灰浆防渗墙的施工工艺和技术要点做了详细的介绍。

关键词:地连墙;自凝灰浆;防渗墙;深基坑支护;技术要点

中图分类号:TU473⁺.3 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2012)08-0050-04

Application of a Novel Anti-seepage Technology by Combination of Diaphragm Retaining Walls and Cutoff Wall with Self-setting Grout/CHEN Xiao-fei^{1,2} (1. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing Jiangsu 210093, China; 2. East China Mineral Exploration and Development Bureau, Nanjing Jiangsu 210007, China)

Abstract: The compound use of diaphragm retaining walls and cutoff wall with self-setting grout is a novel supporting technology in deep foundation pit construction, which has good effect in seepage control with low cost. Based on the project example of deep foundation pit of Walsin Lihwa AB site, the application feasibility and the advantages were demonstrated in mechanical behavior, seepage control and the cost. Furthermore, the paper specifically introduces the construction process and technical points.

Key words: diaphragm retaining walls; self-set grout; cutoff wall; deep foundation pit support; technical point

0 引言

随着城市建设规模的不断升级,人们开始把目光转向地下寻求城市发展的空间,不断孕育出超深超大型基坑。在各种复杂的地质条件和水文环境下,致使深大基坑防渗问题凸显。水泥搅拌桩、地下连续墙等常见基坑防渗工法都因自身缺陷和使用条件限制,只能适应部分工程。面对当今工程环境纷繁复杂、安全等级越来越高的基坑,仍需探索新的防渗工法,而自凝灰浆防渗墙具有独特的工程特性,已被成功运用于深大基坑止水防渗^[1],以及水坝或围堰^[2]、电站等防渗工程中,本文将结合典型工程实例论证自凝灰浆防渗墙和地连墙配套使用在防渗要求高的深基坑中应用的可行性,并分析该技术的特点及工艺。

1 工程背景

1.1 工程规模较大

华新城 AB 地块项目位于江苏省南京市建邺区,3层地下室普遍挖深 18 m 左右,开挖面积近 8

万 m²。

1.2 地质条件与水文环境较差

该工程场地属长江漫滩相地貌单元,依据其工程性质地层自上而下可分为:①淤泥质粉质粘土,流塑状态为主,局部软塑,部分地段夹粉砂薄层,层厚 40 m;②粉细砂,饱和,中密状态,层厚 10 m;③中粗砂混卵砾石,一般粒径为 5~10 cm,中粗砂呈中密状,层厚 20 m;④强风化泥岩,层状结构,岩体组织结构大部分破坏,层厚 70 m 以下。

新近沉积的②层淤泥质粉质粘土饱含地下水,中粗砂混卵砾石含水层为主要承压含水层,该类型地下水主要接受侧向径流补给,与长江水有着密切的水力联系,呈互排关系。

1.3 周边环境复杂

华新城 AB 地块基坑工程为南京市政重点工程,市政道路环绕基坑四周,道路面下布设各种管线(强弱电、天然气、雨污水管网、通信、自来水管网等等),南京市地铁 1、2 号线紧邻基坑东南沿线,距离地铁隧道不足 60 m,给基坑防渗提出了更高要求。

收稿日期:2012-05-07

作者简介:陈晓飞(1979-),男(汉族),安徽和县人,南京大学硕士研究生在读,有色金属华东地质勘查局工程师,构造地质专业,从事岩土工程施工方面的研究工作,江苏省南京市御道街 58-1 号华岩大厦 5 楼综合办,handsonchxf@126.com。

2 常见止水帷幕方案比选

目前在深基坑中采用的止水帷幕工法主要有:水泥搅拌桩、地下连续墙和自凝灰浆防渗墙等,这 3 种止水帷幕的性能参数如表 1 所示。

表 1 常用止水帷幕参数对比

工法	工程造价 (元·m ⁻³)	有效防 渗深度 /m	防渗性能	抗变 形能 力	安全 等级
水泥搅拌桩	150~200	<30	接头处易渗漏水	弱	二级
地连墙	2000~2500	<100	接头处易渗漏水 ^[3]	强	一级
自凝灰浆防 渗墙	400~600	<100	无缝连接 (0.5~1)×10 ⁻⁶ cm/s	弱	一级

2.1 水泥土搅拌桩

水泥土搅拌桩(双轴、三轴、旋喷)是利用水泥作为固化剂,通过特制的搅拌机械,在地基深处将软土和固化剂强制搅拌,利用固化剂和软土之间所产生的一系列物理化学反应,使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的优质土体。作为深基坑止水帷幕虽然有较好的经济性,但最大有效防渗深度只能达 30 m 左右,形成的止水帷幕往往是半封闭状态,长期基坑降水势必会对周边环境产生影响。

例如华新城 C1 地块基坑设计采用的就是三轴深搅桩止水帷幕,该基坑地处南京地铁 2 号线奥体东站与圆通站之间,基坑距离地铁隧道为 61 m,根据南京地铁检测部门提供的检测报告显示,在基坑开挖降水期间,地铁 2 号线奥体东站与圆通站之间

轨道日沉降数值增大,隧道网片发生开裂渗水现场。其主要原因就是设计桩长 25 m 的三轴深搅桩没有阻断埋深为 40 m 以下承压含水层,而基坑减压降水井是抽排承压含水层内的水以达到降压防止基坑突涌的目的,随着长期抽排承压水,降水漏斗半径不断扩大波及到了地铁隧道。华新城 AB 地块项目与华新城 C1 地块相距 10 m,基坑地层和周边环境都很相似,AB 地块基坑要吸取 C1 地块基坑支护设计的经验教训,应采用有效防渗深度更大的全封闭嵌岩止水帷幕,尽可能减小对地铁隧道的影响。

2.2 地下连续墙

地下连续墙是利用各种挖槽机械,借助于泥浆的护壁作用,在地下挖出窄而深的沟槽,并在其内浇注适当的混凝土而形成一道具有防渗(水)、挡土和承重功能的连续的地下墙体。由于墙体刚度较大,在基坑支护体系中挡土与防渗功能合二为一。华新城 AB 地块基坑工程为南京市政重点工程,属超大型基坑,选择安全等级较高和刚性较大的嵌岩地下连续墙,符合本工程特点要求。同时,采用“理正深基坑 6.OPB1”软件对华新城 AB 地块基坑支护的嵌固深度和抗隆起进行计算分析,具体过程如下。

2.2.1 设计参数

根据华新城 AB 地块工程的地质条件、水文地质条件,计算参数和基坑参数分别如表 2 和表 3 所示。

2.2.2 抗隆起验算

表 2 土层参数

层号	土类名称	层厚 /m	重度 /(kN·m ⁻³)	浮重度 /(kN·m ⁻³)	粘聚力 /kPa	内摩擦 角/(°)	与锚固体摩 擦阻力/kPa	粘聚力 (水下)/kPa	内摩擦角 (水下)/(°)	水土	计算 方法	m,c,K 值
1	杂填土	2.50	18.6	8.6	10.00	15.00	18.0	10.00	15.00	合算	m 法	4.00
2	素填土	1.10	18.0	8.0	10.00	15.00	53.0	10.00	15.00	合算	m 法	2.40
3	淤泥质土	16.90	17.7	7.7	9.90	6.70	40.0	9.90	6.70	合算	m 法	19.90
4	粘性土	19.00	17.9	7.9			53.0	20.90	9.20	合算	m 法	12.60
5	细砂	1.60	19.2	9.2			120.0	2.90	34.80	分算	m 法	10.00
6	细砂	7.90	19.3	9.3			120.0	3.00	35.00	分算	m 法	10.00

表 3 基坑基本信息

基坑 等级	支撑 道数	连续墙 类型	墙厚 /m	混凝土 强度等级	放坡 级数	超载 (kPa,kN/m)
一级	3	钢筋混凝土墙	1.000	C35	0	20.000

根据理正深基坑 6.OPB1 软件对华新城 AB 地块基坑支护抗隆起验算结果为:

$$K_s = 22.919 \geq 1.15, \text{ 满足规范要求。}$$

2.2.3 嵌固深度计算

嵌固深度计算采用《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-99)圆弧滑动简单条分法,嵌固深度的计

算参数如表 4 所示,计算结果如下:

表 4 嵌固深度计算参数

抗渗嵌固系数	整体稳定分项系数	圆弧滑动简单条分法嵌固系数
1.200	1.300	1.100

$$\text{嵌固深度计算值 } h_0 = 22.000 \text{ m};$$

$$\text{嵌固深度设计值 } h_d = \alpha\gamma_0 h_0 = 1.100 \times 1.100 \times 22.000 = 26.620 \text{ m};$$

$$\text{嵌固深度采用值 } h_d = 23.000 \text{ m}。$$

可见,地连墙 23 m 嵌固深度就能满足基坑支护结构要求,嵌固深度以下至基岩约 30 m 地连墙仅起

嵌岩防渗作用,完全采用地连墙势必造成浪费。

2.3 自凝灰浆防渗墙

自凝灰浆是用水泥、膨润土、水、添加剂等按一定比例制成的浆体,除具有较为特殊的物理学特性外,还具有独特的工程特性:

(1)自凝灰浆以水、膨润土、水泥、添加剂按一定比例充分搅拌均匀制成浆液灌入槽内,凝固后墙身从上而下物质均匀,抗渗无差异性;

(2)自凝灰浆凝固后墙身塑性指数高,可承受很大变形而不开裂,由于采用沉槽机械,墙体可嵌入基岩内形成全封闭止水帷幕,提高了抗渗效果;

(3)无论是水泥搅拌桩还是地连墙,他们的连接方式都是刚性连接,连接处抗渗效果较为薄弱,由自凝灰浆凝固成墙实现无缝连接,大大提高了防渗效果;

(4)自凝灰浆防渗墙与地下连续墙施工机械相同,可以同时施工,不存在施工干扰,大大缩短了工期,部分设备和施工临建设施可以共用,节约投资;

(5)自凝灰浆是一种触变性的胶体,不仅是墙体的主要成分,在成槽过程中也起护壁作用,这样就不会产生大量废弃泥浆污染环境;

(6)自凝灰浆防渗墙墙体强度不大,废除后比较容易拆除;

(7)防渗墙与地连墙配套使用时,防渗墙施工在基坑内侧和基坑外侧防渗效果一样,因为地下连续墙本身有良好的防渗效果,所以地下连续墙嵌固深度以上有无防渗墙不影响防渗,这也是防渗墙与地下连续墙组合方式的独特优点。

(8)自凝灰浆防渗墙的造价较低,地连墙与自凝灰浆防渗墙在 AB 地块中应用中工程造价如表 5 所示,总造价达到 1.5234 亿元,如果为了满足防渗而完全采用地连墙,总造价将达到 2.115 亿元,增加造价 5916 万元。

表 5 地连墙与自凝灰浆防渗墙在 AB 地块中应用工程造价

工法	单位造价 /(元·m ⁻³)	深度 /m	墙厚 /m	基坑周 长/m	工程造价 /万元	总造价 /万元
地连墙	2500	39.5	1.0	1200	11850	15234
防渗墙	500	70.5	0.8	1200	3384	

从自凝灰浆防渗墙的特点分析可知,自凝灰浆防渗墙完全可以代替嵌固深度以下的地连墙,采用地连墙与自凝灰浆防渗墙相配套的新型基坑支护形式,即嵌固深度以上采用地下连续墙(挡土、防渗二合一),嵌固深度以下采用自凝灰浆防渗墙,这样不仅解决基坑结构性问题,也实现了止水帷幕全封闭

问题,且大大降低了施工成本。该技术满足安全性、经济性、可靠性等指标,是符合本工程自身要求的最优方案。该方案如图 1 所示。

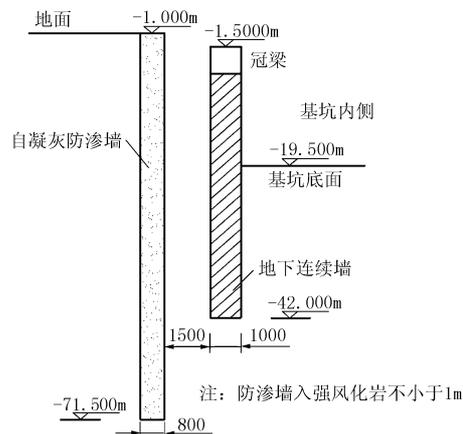


图 1 自凝灰浆防渗墙和地连墙剖面示意图

3 自凝灰浆防渗墙施工工艺及技术要点

3.1 施工工艺

自凝灰浆防渗墙施工流程^[4]如图 2 所示。

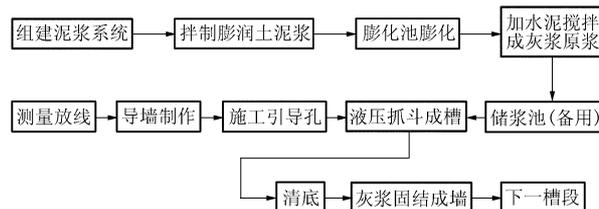


图 2 自凝灰浆防渗墙施工工艺流程图

从自凝灰浆防渗墙施工流程图来看,整个施工过程和地下连续墙施工流程相似,而且相比之下流程更简短,缩短了施工周期,根据华新城 C1 和 AB 地块的施工进度资料,将防渗墙、地连墙和混凝土搅拌桩 3 种工法的施工速度进行了比较,如图 3 所示。

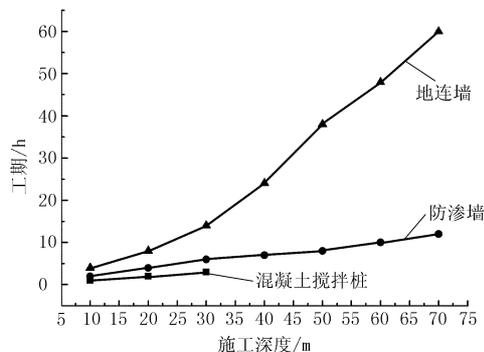


图 3 各工法施工进度

3.2 技术要点

(1)自凝灰浆墙体既要达到抗压强度要求,又

要满足抗渗系数要求,故其配合比至关重要,通过与南京市水利科学研究所合作,实验摸索出最佳经济

性配合比,本工程最佳自凝灰浆配合比及其性能参数如表6所示。

表6 自凝灰浆最佳配合比及性能参数

配合比/(kg·m ⁻³)				性能参数							
水泥	膨润土	水	HLC-NM	马氏漏斗粘度 /s	密度 /(g·cm ⁻³)	pH值	初凝时间 /h	终凝时间 /h	7d强度 /MPa	28d强度 /MPa	28d抗渗系数 (×10 ⁻⁶ cm·s ⁻¹)
212	793	286	2.12	26.5	1.29	12.9	34	43	0.27	1.7	0.93

(2)自凝灰浆初凝时间不小于成槽时间,在确定配合比试验前要准确掌握平均成槽时间,为试验确定初凝时间提供依据。实际工程中,为了防止施工过程中出现不定因素而导致施工短暂停止,往往在平均成槽时间上延长10h后作为自凝灰浆初凝时间,但初凝时间不应超过成槽时间过多,否则将影响施工进度。

(3)自凝灰浆配合比除满足强度和抗渗系数外,还要根据不同工程的地层特点和成槽时间等因素合理调节浆液的粘稠度和初凝时间,需要试验调制符合工程要求的自凝灰浆配合比,防止在施工过程中,因自凝灰浆粘度不够护壁性能下降,发生塌孔掩埋抓斗等质量事故。不同地层所需要护壁液体的粘度不同,因此一套地层中往往选择护壁要求高的地层对应的粘度作为试验参数^[5]。

(4)为了做到万无一失,验证浆液的性能,在大规模施工前,首先要进行生产性试验,以验证自凝灰浆在本工程实施中的可行性,通过实地检测得出参数,对比配合比里的数据验证是否有大的差异,同时为大规模施工积累施工参数,以便对工艺进行进一步优化。

(5)由于工艺的原因,通常槽孔内下部浆液密度大于上部浆液密度,为确保墙体材料特性均匀,在成槽结束后,结合孔内成渣捞取,用抓斗对槽内浆液上下搅动20min,来保证槽内浆液均匀。

(6)优先施工地下连续墙后施工防渗墙。由于防渗墙7天强度较小,如若先施工防渗墙在灌注地

连墙混凝土时,易产生大的侧压力发生“穿孔”和挤压变形从而影响防渗效果。

4 结语

本文通过对华新城AB地块自凝灰浆防渗墙与常用止水帷幕的对比突显其优势,为同类工程的设计与施工提供借鉴和指导作用。主要结论如下:

(1)自凝灰浆防渗墙作为全封闭嵌岩止水帷幕应用在深基坑支护中具有成墙深度大、防渗性能好、施工时间短和经济节约等优点。

(2)自凝灰浆防渗墙应该根据不同工程特点采用合适的自凝灰浆配合比,使得防渗墙更可靠、更经济。

(3)在华新城AB地块深基坑中自凝灰浆防渗墙最大墙体深度达76m,为全封闭嵌岩帷幕,此深度在国内尚属首例,对类似工程有成功的借鉴价值,相信该项技术在深大防渗要求的基坑中会得到广泛应用。

参考文献:

- [1] 阮文军,黄晓平,牛丽满.特大深基坑自凝灰浆挡水帷幕技术[J].长春工程学院学报,2004,5(2).
- [2] 寇晶.自凝灰浆防渗墙在三峡围堰中的应用及成本分析[J].西部探矿工程,2004,(3).
- [3] 孙立宝,方红.地下连续墙施工中几种接头形式的对比分析及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5).
- [4] 刘永杰,左新明,王建华.地下连续墙技术在深基坑围护中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7).
- [5] JGJ 94-2008,建筑桩基技术规范[S].

(上接第38页)

可见,定向长钻孔对于提高瓦斯抽采效率具有显著的作用。

5 结语

(1)定向长钻孔“集束”状布孔工艺可很好地满足了煤矿井下工作面瓦斯抽采钻孔集中施工及瓦斯区域集中抽采的需要。

(2)大佛寺煤矿本煤层定向长钻孔较常规钻孔

对于提高瓦斯抽采效率具有显著优势。

参考文献:

- [1] 石智军,胡少韵,姚宁平,等.煤矿井下瓦斯抽采(放)钻孔施工新技术[M].北京:煤炭工业出版社,2008.
- [2] 石智军,姚宁平,叶根飞.煤矿井下瓦斯抽采钻孔施工技术与装备[J].煤炭科学技术,2009,37(7):1-4.
- [3] 石智军.煤矿坑道近水平钻探机具与定向钻进技术[A].煤科总院50年院庆论文集[C].2007.
- [4] 许超,李泉新,刘建林,等.煤矿瓦斯抽采定向长钻孔高效成孔工艺研究[J].金属矿山,2011,(6):39-54.