

旋挖钻孔低粘降失水泥浆配制应用技术

杨明星, 王丽仙

(山西省第三地质工程勘察院, 山西 晋中 030620)

摘要:在厚粘土、粉土、砂层进行旋挖钻孔灌注桩施工,通常由于泥浆孔口补给、泥浆不循环的工艺缺陷,导致塌孔、埋钻、卡钻、缩径、断桩事故频繁发生。在分析低粘、降失水、加速钻渣沉淀的解决机理的前提下,提出了配制低粘度、高降失水、防絮凝的铁铬盐-LV-CMC泥浆并同步孔底补浆工艺,可不需循环泥浆清孔,保证成孔质量,提高工作效率。

关键词:旋挖钻孔灌注桩;铁铬盐-LV-CMC泥浆;低粘降失水泥浆;防絮凝;孔底补浆

中图分类号:TU473.1⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)02-0064-03

Application Technology of Preparation of Low Viscosity and Fluid Loss Control Mud for Rotary Drilling Borehole/
YANG Ming-xing, WANG Li-xian (Shanxi Province No. 3 Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Investigation, Jinzhong Shanxi 030620, China)

Abstract: For rotary drilling bored grouting pile construction in thick clay, silt and sand layer, borehole collapsing, drill rod burying, drill rod sticking, diameter shrinking and pile breaking often occur because of technical defects such as mud surplplying at borehole orifice and non-recirculation. On the premise of analysis on the mechanism in which low viscosity, fluid loss reduction and speed-up cuttings precipitation were solved, the formula of FCLS LV-CMC mud with low viscosity, high-level fluid loss reduction and anti-precipitation was put forward with simultaneous mud surplplying at hole bottom; hole cleaning by circulating mud was unnecessary to improve working efficiency.

Key words: rotary drilling bored grouting pile; FCLS LV-CMC mud; mud with low viscosity and fluid loss reduction; anti-precipitation; mud surplplying at hole bottom

1 问题的提出

旋挖钻孔灌注桩技术由于其工作效率高、尘土泥浆污染少,被誉为“绿色施工工艺”,已经被广泛应用在粘土、粉土、砂土、填土、碎石土及风化岩层等施工。在厚粘土、粉土、砂土、填土层,非干作业旋挖钻孔需要泥浆护壁工艺,泥浆使用存在以下问题。

(1)由于进尺快,短期可遇水敏性地层和松散性地层。

(2)泥浆孔口补给,泥浆不循环,随深度增加,孔顶段是优质泥浆而底段是失水量不断提高、含砂率不断增多的报废泥浆,新挖孔壁不能及时形成低渗透率优质泥皮,必然出现水敏性地层缩径、松散性地层孔壁剥落或坍塌或废浆大量渗透堆积孔壁致缩径、砂率太高,清孔难度大。

施工过程中,如果配浆、调浆、补浆工艺不当,造成孔壁不稳定,可引起如下后果:过长时间反复扫缩径孔段,过长时间处理埋钻、卡钻、填孔再钻挖,长时间清孔,清孔后再缩径,灌注中砂沉积造成断桩。其

工作效率甚至远低于泥浆循环回转钻进工艺。

为此,笔者针对地质情况,配制不需循环清孔的稳定泥浆,同步孔底补浆,充分发挥旋挖机械的优势,仅利用钻斗或提桶机械排出终孔后的孔底少量废浆,满足成孔要求,大大提高工作效率。

2 泥浆设计和使用重点

混凝土灌注桩钻孔用泥浆都是水基泥浆。对厚粘土层、粉土层和砂层,泥浆设计和使用中要注意以下重点。

(1)降失水护壁,抑制粘土层水化膨胀,防止缩径;抑制粉土、砂砾层孔壁剥落;

(2)较低粘度,防絮凝,加速泥浆中漂浮的土颗粒、细砂沉淀;

(3)选择合适泥浆密度,平衡孔隙水压力和构造压力,巩固孔壁,防止软弱层、松散层坍塌;

(4)随进尺同步孔底补充泥浆,保持新挖孔壁及时形成低渗透率优质泥皮,及时净化改善孔底段

收稿日期:2011-08-06; 修回日期:2011-11-14

作者简介:杨明星(1969-),男(汉族),山西平陆人,山西省第三地质工程勘察院工程师,探矿工程专业,从事地基与基础工程、地质灾害治理设计、施工与研究,山西省晋中市, yangmingxing8881@163.com;王丽仙(1970-),女(汉族),山西晋中人,山西省第三地质工程勘察院工程师,地质专业,从事地质工程技术工作。

泥浆;

(5) 灌注混凝土后,孔内排出泥浆调配再利用。

3 低粘、降失水、加速钻渣沉淀的解决机理

3.1 低粘羧甲基纤维素钠盐(LV-CMC)降低滤失量^[1]

CMC在泥浆中电离生成成长链的多价阴离子,其分子链上的羟基和醚氧基为吸附集团,而羧钠基为水化集团。羟基和醚氧基通过与粘土颗粒表面上的氧形成氢键或与粘土颗粒断键边缘上的 Al^{3+} 之间形成配位键(加入铁铬盐会削弱配位键形成)使CMC能吸附在粘土上;而多个羧钠基通过水化使粘土颗粒表面水化膜变厚,粘土颗粒表面 ξ 电位的绝对值升高,负电量增加,从而阻止粘土颗粒之间因碰撞而聚结成颗粒(护胶作用)。

多个粘土颗粒会同时吸附在CMC的一条分子链上,形成布满整个体系的混合网状结构,从而提高了粘土颗粒的聚结稳定性,有利于保持泥浆中细颗粒的含量,形成致密的泥饼,阻止了泥浆中的水向地层的漏失,降低滤失量。

具有高粘度和弹性的吸附水化层对泥饼的堵孔作用和CMC溶液的粘度在一定程度上起降滤失的作用。

加入LV-CMC提高了原浆稳定性和降滤失的作用,同时也少许加大泥浆粘度。

3.2 纯碱(碳酸钠)增粘,提高泥浆的胶体率和稳定性,减小失水量^[1]

$Ca_{(\pm)} + Na_2CO_3 = Na_{(\pm)} + CaCO_3 \downarrow$ 。碳酸钠除去膨润土和水中的部分钙离子,使钙质膨润土转化为钠质膨润土,从而提高土的水化分散能力,使粘土颗粒分散得更细,提高造浆率。可增加水化膜厚度,提高泥浆的胶体率和稳定性,降低失水量。有的粘土只加纯碱还不行,需要加少量烧碱。灌注混凝土后,孔内排出泥浆再调配,可能因钙离子的增多,必须钠化处理。

3.3 加碱调整泥浆pH值^[2]

泥浆中pH值过小时,粘土颗粒难于分解,粘度降低,失水量增加,流动性降低,pH值 <7 时,还会使钻具受到腐蚀;若pH值过大,则泥浆将渗透到孔壁的粘土中,使孔壁表面软化,粘土颗粒之间凝聚力减弱,造成裂解而使孔壁坍塌。如果随着纯碱加入失水量反而增大,就说明纯碱加过量了。

3.4 铁铬木质素磺酸盐(FCLS)稀释降粘加速钻渣沉淀^[1]

FCLS作稀释剂,在粘土颗粒的断键边缘上形成吸附水化层,从而削弱粘土颗粒之间的端-面和端-端连接,从而削弱或拆散空间网架结构,致使泥浆的粘度和切力显著降低。可改善因混杂有土、砂粒、碎卵石及盐分等而变质的泥浆性能,可使上述钻渣等颗粒聚集而加速沉淀,改善护壁泥浆的性能指标,既达到重复使用目的,又具有高质量性能。铁铬盐分子在孔壁粘土上吸附,有抑制其水化分散作用,有利于孔壁稳定。FCLS必须在pH值为9~11时使用才会发挥优势。

4 泥浆的配制

4.1 膨润土

膨润土分为钠基土、钙基土和锂基土3种。钠基土具有优良的分散性和膨胀性,高造浆率,低失水量及胶体性能和剪切稀释能力;而钙基土则需要通过加入纯碱使之转化为钠基土方可使用;锂基土不用作造浆土。膨润土由其产地不同而性能不同,应以经济适用为主。易受阳离子感染时,宜选用钙土,但造浆率低。

一般用量为水的3%~5%(粘土层)、4%~6%(粉土层)、7%~9%(细砂~粗砂层)。较差的膨润土用量大。优质膨润土造浆率在 $10 \sim 15 m^3/t$ 。

虽然膨润土泥浆具有相对密度低、粘度低、含砂量少、失水量小、泥皮薄、稳定性强、固壁能力高、钻具回转阻力小、钻进效率高、造浆能力大等优点,但仍不能完全适应地层,要适量掺加外加剂。

4.2 泥浆性能指标

4.2.1 浇注混凝土前的指标要求

孔底500mm以内的泥浆密度 $<1.25 g/cm^3$;含砂率 $\geq 8\%$;粘度 $\geq 28 s$ 。^[3]

对大直径桩或有特定要求的桩,要求浇注混凝土前,从桩孔的顶、中、底部分别取样计算平均值,泥浆密度 $1.03 \sim 1.10 g/cm^3$;含砂率 $<2\%$;粘度 $17 \sim 20 s$ 。^[2]

4.2.2 初配泥浆或重复利用再调制泥浆性能指标

pH值8~10;密度 $1.02 \sim 1.06 g/cm^3$ (粘土层取小值,粉土层取中值,砂层取大值,并保证地下水位处有大于1.5个水头压力的泥浆柱);粘度 $18 \sim 22 s$ (粘土层取小值,粉土层取中值,砂层取大值);失水量 $10 \sim 20 mL/30 min$ 。原浆最好使用前24h时配制,使膨润土充分钠化、水化溶胀,泥浆充分陈化。

4.2.3 勤检测孔底、中、顶部泥浆性能

勤检测孔底、中、顶部泥浆的pH值、密度、粘

度、含砂率、漏失量,对比浇注混凝土前的指标要求,掌握泥浆降失水和净化作用程度,以决定增减外加剂用量,优化泥浆配方,或针对地质情况局部调整达到降失水和净化作用。

4.3 外加剂的用量

纯碱的加量依粘土中钙的含量而异,钠土少加,钙土多加,并要调整泥浆 pH 值到 9~11。可通过小型实验求得。

LV-CMC 掺入量为膨润土的 0.1%~0.3%。

FCLS 掺入量为膨润土的 0.1%~0.3%。

4.4 泥浆配制方法

(1)泥浆池的容量宜不小于桩体积的 3 倍。泥浆池一般分原浆池、调浆池、沉淀池 3 种。

(2)将工业纯碱粉加水溶解,拌入原浆池造浆水中。

(3)膨润土造浆最好选用水力搅拌器。土粉加入漏斗中,并利用水泵排出管的液流与土粉在混合器中混合,混合液在混合器中沿螺旋线上升至容器上部,输出泥浆,反复循环。静置 24 h 后再反复循环。所得泥浆称原浆或基浆,原浆泵入调浆池,原浆池可继续配制原浆。

(4)LV-CMC 提前制成稀溶液。调浆池泥浆反复循环,将 LV-CMC 稀溶液从漏斗徐徐加入,充分混合均匀。

(5)FCLS 提前制成稀溶液,待 LV-CMC 液加完并循环几次后,仍从漏斗徐徐加入,反复循环。

(6)灌注时,从钻孔中排出的泥浆首先经过沉淀池沉淀,再进入调浆池。检测调浆池泥浆指标,补充各种原材料调配,使其满足泥浆性能指标要求。

5 泥浆应用

5.1 泥浆应用改进情况

京沪高铁淮海特大桥桩基工程,设计孔深 55 m,孔径 1000 mm。水位 -1 m,汛期和稻田灌溉时,水位等于地表。开孔为厚粉土层,其下为粘土、粉土、粉砂、细砂、中砂互层,粉土、粉砂、细砂层居多。

填筑钻孔平台,埋 4 m 长护桶。试验孔用高粘 Na-CMC 泥浆,孔口补浆工艺。下部粘土层不断出现缩径—扫孔—再缩径—再扫孔。挖至设计孔深,1 h 后孔底沉砂 4 m。孔径验收后正循环泥浆清孔,先增粘后稀释。清孔验收后再验收孔径,砂层和粘土层多处缩径,砂层最小孔径不足 800 mm。统计挖孔用 4 h,扫孔用 3 h,清孔用 4 h。

改用孔底补浆工艺,未出现缩径,挖至设计孔深后,1 h 孔底沉砂 20 cm,但泥浆稠度大,砂率达到 12%,清孔前后孔径验收合格。统计挖孔用 5 h,扫孔用 0 h,清孔用 6 h。

用铁铬盐-LV-CMC 泥浆^[4],孔底补浆工艺,孔壁稳定,未出现缩径、坍塌事故。挖至设计孔深,提桶捞出孔底约 2 m³废浆。1 h 后孔底沉砂 4 cm。孔径验收合格。检测孔底、中、顶部泥浆指标平均值,密度 < 1.07 g/cm³、粘度 < 18 s、含砂率 < 1.5%。满足灌注要求。统计挖孔用 5 h,扫孔用 0 h,清孔用 15 min。

本工程 230 个钻孔全部使用铁铬盐-LV-CMC 泥浆,孔壁稳定,混凝土灌注顺利,经检测,全部达到一类桩要求。实践证明,铁铬盐-LV-CMC 泥浆完全适合厚粘土、粉土、砂层旋挖成孔,施工效率高,质量有保证。

5.2 铁铬盐-LV-CMC 泥浆配方及配制

5.2.1 泥浆配方及性能要求

不同地层、不同目的的泥浆配方及性能要求见表 1。

表 1 不同地层的泥浆配方及性能

地层	泥浆作用	泥浆配方					泥浆性能			
		水 /L	膨润土 /kg	工业纯碱粉/kg	LV-CMC/% (与膨润土的质量比)	FCLS 溶液(浓度 20%)/%(与膨润土的质量比)	密度 /($\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$)	粘度 /s	失水量/($\text{mL} \cdot (\text{30min})^{-1}$)	pH 值
粉土、粘土	提高净化沉淀,适度降滤失	1000	70	18	0.1	0.5	1.040	17	16	10
粉砂、细砂	提高降滤失,提高净化沉淀	1000	80	20	0.2	1.0	1.045	17	14	11
中砂	提高降滤失,适度净化沉淀	1000	95	24	0.3	0.5	1.050	19	12	10

5.2.2 泥浆配制

首先配制原浆,配方为:水 1000 L,膨润土 95 kg,工业纯碱粉约 24 kg, LV-CMC 0.095 kg, FCLS 溶液(浓度 20%)加量 0.475 kg。

然后进行调浆,每立方米原浆加 0.35 m³水稀释,控制 pH 值到 10,得到适合粉土、粘土层的泥浆;每立方米原浆加 0.18 m³水稀释,加 LV-CMC 90 g,
(下转第 69 页)

(2)水泥搅拌桩止水帷幕搭接不好出现裂隙引起管涌。本基坑水泥搅拌桩设计搭接长度为150 mm,但由于施工时桩机摆放垂直度不高,最终造成水泥搅拌桩底部搭接长度逐渐降低(在现场基坑发生决堤附近水泥搅拌桩底部实际测量的搭接长度为60 mm左右)。这样很容易导致河水从局部搅拌桩搭接长度较小的部位渗入基坑内部,增加了基坑的管涌不安全因素。

(3)不良地质变化引起管涌。根据最短渗流长度计算结果可知本基坑距河岸边线最近水平安全距离为9 m,基坑发生管涌的位置位于基坑距河岸边线最近10.5 m处,根据业主提供资料,该部位原始现场为河埠头(其底部有部分土已空洞),这样造成河岸边线距基坑安全距离大大的降低,增加了基坑发生管涌的不安全因素。

(4)现场施工未及时处理导致管涌。基坑管涌虽然是瞬间发生,但也是可预见的。基坑出现管涌之前,坑内会隆土、涌土及涌水现象,可以采用降低水头、堵漏、反压等有效措施进行处理。根据本工程现场工人描述,基坑开挖至坑底设计标高时,在浇筑垫层时出现隆土、涌土现象,清理完后不久又再次涌土,使该部位垫层无法正常施工直至出现管涌现象发生。并且该部位基坑边刚好搭设施工临时用房,使得该部位坑内涌土,造成坑外地表沉降没有及时被现场施工管理人员发现和引起足够重视,从而未及时采取有效措施进行处理,最后导致事故的发生。

4 结语

通过对本基坑发生管涌事故的原因分析,在软土地区有较厚粉土层分布的情况下,必须采用有效

措施防止基坑管涌事故的发生。为此,笔者认为,在今后类似工程基坑围护中必须注意以下几点。

(1)在有粉土、粉砂分布的地质土层区域进行基坑围护必须进行基坑抗管涌验算,并应考虑基坑出现超挖现象,基坑挖深应尽量考虑到坑边承台底或集水井底标高。

(2)止水帷幕必须采用多排单轴水泥搅拌桩(考虑的实际施工效果,单排单轴水泥搅拌不可靠)或三轴水泥搅拌桩等较可靠帷幕方式进行,且止水帷幕尽可能的穿透粉土、粉砂层(如不能穿透粉土、粉砂层,应增设深井以降低水头差),以防止施工单位超挖导致基坑管涌事故发生。

(3)基坑周边2倍基坑开挖深度范围内应详细踏勘,地质钻孔布置适当加密(尤其在基坑开挖靠近河边,应探明是否有暗河、土洞分布)。

(4)基坑开挖时应尽可能的减少基底暴露时间,出现异常情况要及时联系设计单位,采取有效措施进行处理,并做好现场的应急预案工作。

参考文献:

- [1] J 10036 - 2000, 建筑基坑工程技术规范[S].
- [2] JGJ 120 - 99, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] 马赞. 鞍山国际明珠大厦深基坑支护设计与施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(7).
- [4] 王绍亮. 杭州中冠现代印象广场深基坑支护设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8).
- [5] 潘德来, 陈跃. 陡倾斜基岩面条件下的基坑工程[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(3).
- [6] 张聚斌. 基坑降水的地下水水位控制与工程降水综合利用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(3).
- [7] 刘建航, 候学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [8] 陈忠汉. 深基坑工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

(上接第66页)

FCLS 溶液(浓度20%)470 g, 控制 pH 值到11, 得到适合粉砂、细砂层的泥浆; 每立方米原浆加 LV - CMC 180 g, 控制 pH 值到10, 得到适合中砂层的泥浆。

5.2.3 重复使用的泥浆性能调整方法

如不需补充膨润土, 工业纯碱粉的补充量以满足 pH 值10 来确定, LV - CMC、FCLS 的补充量以上述不同地层对应加量的 1/4 ~ 1/3 来确定; 如还需再补充膨润土, 各外加剂再补充量以上述不同地层对应加量按比例加入。

6 结语

本文针对旋挖钻孔厚土砂层, 阐述所需泥浆的

设计重点、解决机理、配、调应用技术。实践证明, 铁铬盐 - LV - CMC 泥浆配调技术, 结合孔底补浆工艺, 使旋挖钻孔在节约成本的前提下, 有效保证成孔、成桩质量, 大大提高经济效益, 深受好评。笔者认为该工艺技术有推广应用价值。

参考文献:

- [1] 郑秀华. 钻井液配浆材料与处理剂(岩心钻探关键技术进展与应用培训班材料)[Z]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
- [2] JTGF 50 - 2011, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] JGJ 94 - 2008, 建筑工程桩基施工规范[S].
- [4] 乌效鸣. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2002.