

确保 CSM 工法施工质量的措施

杨文华¹, 李江²

(1. 天津市地质基础工程公司, 天津 300191; 2. 天津市滨海星城投资发展有限公司, 天津 300350)

摘要: CSM 工法即双轮铣削深层搅拌技术, 是一种新型水泥土深层搅拌工艺。要确保 CSM 工法施工质量, 施工前要做好材料质量控制和相关的准备工作; 在施工中, 要控制好成槽的垂直度, 水泥浆的水泥掺入量和水灰比以及注浆量, 铣削钻速和双轮的转数, 槽段的搭接长度, 以及型钢插入的质量。

关键词: CSM 工法; 水泥土搅拌墙; 施工质量控制; 铣削; 垂直度

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)06-0063-03

Measures to Ensure the Construction Quality of CSM Method/YANG Wen-hua¹, LI Jiang² (1. Tianjin Geological Foundation Engineering Company, Tianjin 300191, China; 2. Tianjin Binhai City Investment and Development Co., Ltd., Tianjin 300350, China)

Abstract: CSM Method, that is double wheel milling deep mixing technology, is a new type of technology. A good job of the cement soil quality control and the related preparation work should be done to ensure the construction quality of CSM method before the construction. In construction process, the trenching verticality, cement in cement slurry, water cement ratio and grouting volume, milling drilling speed and double wheel revolution, overlapping length and quality of structural steel inserting must be under control.

Key words: CSM Method; cement soil mixing wall; construction quality control; milling; verticality

CSM 工法 (Cutter Soil Mixing, 双轮铣削深层搅拌技术) 是近几年发展的一种新施工工法。CSM 工法与传统的深搅设备不同, 其搅拌头是由马达驱动两铣轮以水平轴向旋转铣削搅拌土层, 注入水泥浆搅拌混合后, 形成矩形水泥土防水墙; 墙体插入型钢后, 形成挡土和止水作用的连续墙。CSM 成槽机的施工工序主要分为加水加气向下铣削成槽和喷浆向上铣削成墙 2 个部分。CSM 工法施工在向下铣削成槽的过程中, 两组铣轮正转铣削地层, 通过导杆施加向下的推进力, 向下铣削搅拌同时注入泥浆和压缩空气, 可提高水和土搅拌混合的效果。向下铣削到设计深度后, 上提时两组铣轮反转, 通过底部注浆孔向槽内注入水泥浆液与成槽内的拌和土体均匀混合成水泥土搅拌墙。CSM 工法施工工序流程见图 1。

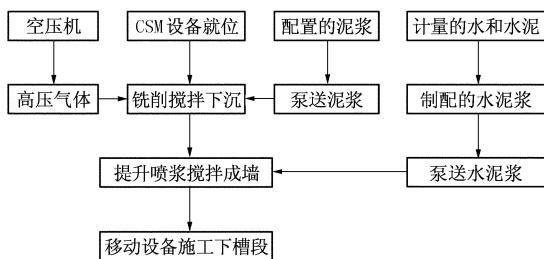


图 1 CSM 工法施工工序流程图

为确保 CSM 工法施工搅拌墙的质量, 应做好以下工作。

1 施工前的准备工作

1.1 进场材料的质量控制

1.1.1 水泥

供货方必须提供与袋装标志相同内容的卡片, 内容包括生产厂家的生产许可证和出厂合格证明文件以及出厂检测报告; 根据进场水泥品种、代号、强度等级、证明文件以及水泥出厂日期等情况, 分批进行检查验收, 且对每一批次散装水泥进场要做好抽样复检工作。超过出厂日期 3 个月的水泥, 经过检测试验强度符合设计要求可使用, 否则不得使用。相同强度等级, 不同厂家, 不同生产日期, 不得混掺使用。通常设计要求使用 42.5 级普通硅酸盐水泥, 当搅拌墙较深、成墙施工时间较长时使用矿渣水泥。为不影响开工使用, 所需水泥应提前进场, 做好取样送检复试工作, 确保开工前要有复试合格的水泥报告。

1.1.2 型钢

设计的水泥土搅拌墙既有挡土又有止水作用时, 多在搅拌墙内插入型钢, 型钢的钢级、长度、规格

收稿日期: 2014-01-10; 修回日期: 2014-03-14

作者简介: 杨文华(1949-), 男(汉族), 天津人, 天津市地质基础工程公司正高级工程师、注册监理工程师, 石油钻井专业, 从事岩土工程施工和工程监理工作, 天津市南开区红旗南路 261 号(通讯地址: 天津市南开区王顶堤迎凤里 24 号楼 3 门 601), yangwenhua1949@163.com。

尺寸要满足设计要求。型钢都是重复使用,其长度经常变化,当型钢的长度不够,需要两根型钢焊接时,应采取坡口焊等强焊接,且两型钢焊接必须同心。焊接的型钢位置应避免设在支撑位置或开挖面附近等型钢受力较大处;相邻型钢的接头竖向位置应错开;型钢接头距基坑底面距离 ≤ 2 m。型钢的截面型号选择应与墙的宽度相匹配。

1.2 沟槽尺寸的控制和清障处理

搅拌墙施工区域要避开地下的水和燃气管线、电缆、地上的高压线等。测量放线定位后,在进行开挖沟槽和清除地下障碍物(包括回填和拆除旧建筑物条石、墙基础、砼块等物,还有树根等)工作时,挖沟槽的宽度比搅拌墙宽出0.2~0.3 m,沟槽挖的过宽,向下铣削成墙的过程中,如搅拌墙中心线控制有误,会影响搅拌墙的止水效果;沟槽所挖的深度应根据设计的墙顶标高确定。搅拌墙中心内障碍物清除后,场地回填土要压实且平整,并进行路基加固处理或使用路基板,防止施工中设备沉陷。

1.3 确定CSM工法施工成墙的顺序

向下铣削可采用顺序施工(见图2),也可采取跳打施工(见图3)。顺序施工的设备移动量小,对较深且成墙时间较长的搅拌墙,可选顺序施工。深度 ≤ 15 m的搅拌墙,可采用跳打施工,但要控制好与两侧搅拌墙的插入时间,即控制在水泥土初凝之前完成搅拌墙的搭接施工。

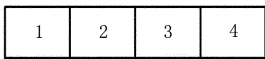


图2 顺序向下铣削施工

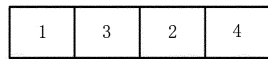


图3 跳打向下铣削施工

如果采取2台设备同时施工,其初始位置可以是反向施工,2台设备最后碰头(见图4);也可能是同向施工,最后分别与另一设备施工的搅拌墙首尾相接(见图5)。采用反向施工最后2台设备碰头,最后只有一处相邻的搅拌墙需搭接,且施工间隔时间短。采用2台设备同向施工,最后有两处相邻的搅拌墙需搭接,且相邻的搅拌墙施工的间隔时间又长,有可能影响搅拌墙的止水效果。

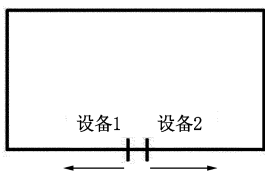


图4 2台设备反向施工

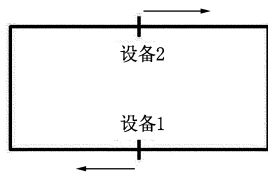


图5 2台设备同向施工

不管是1台还是2台设备施工,其起始的位置应避免转角处;如不是连续24 h施工,已施工完的

素水泥土搅拌墙处,应预留0.5~1 m不插入型钢,防止影响相邻的两墙的搭接;如果搅拌墙内不插入型钢,可按一般施工方法,确保搭接质量;如果场地较小,注浆等设备不便移动时,开始施工位置宜距离注浆设备由远到近。

1.4 搅拌墙试验施工

有条件或设计有要求的应进行CSM工法的试验施工,这样可验证施工技术参数是否合理,根据向下铣削成槽的情况验证地层的土质与勘查报告内容是否相符。对试验的搅拌墙可进行取心检测墙体的完整性、墙的深度和28天的无侧限抗压强度,可验证水泥掺入比和水灰比是否合理,无侧限抗压强度是否满足设计要求。根据试验施工的速度可调整进度计划,即调整每天的施工时间或增加施工设备,确保按期完工。进行CSM工法试验施工出现的问题及时反馈给设计部门,需变更的设计应出具书面文件。

1.5 备用水电设施

为防止供电不正常或突然停电情况发生,现场最好配置备用发电机组,当停电时可及时启用发电机组,恢复正常施工,避免因停电设备无法正常运转,使铣轮被埋等事故发生。应备有储水罐,可防止在施工中突然停水,以避免出现搅拌墙的施工质量问题。

2 CSM工法施工质量的控制

CSM成槽机都配备了先进的LCD监视器,实时显示施工过程中的多项技术参数(垂直度,注浆量,当前成墙深度,铣轮的转数,铣削钻速等)。特别是可以实时显示成槽过程中的垂直精度(包括前后和左右的偏差),能够有效地保障施工质量。也可实时显示向上铣削成墙过程中注入水泥浆液的总量和泵量,可控制成墙过程中注浆的质量。

2.1 做好向下铣削垂直度的控制

双轮铣头定位于墙体中心线划好的槽段上,利用激光经纬仪进行墙的中心线的监控,偏差控制在 ± 5 cm以内;成槽过程中监视器显示偏斜量即垂直度(包括前后和左右的偏差),及时了解成墙垂直度偏差和调整情况,通过控制调整铣头的姿态,从而有效地控制了成槽的垂直度,使其墙体垂直度可控制在3‰以内。防止由于搅拌墙垂直度控制不好,造成相邻两墙前后出现较大偏差,使下部出现“踢脚”;也可能由于相邻两墙左右出现较大偏差,使下部出现“开叉”,从而影响搅拌墙的止水效果。因此控制好搅拌墙的垂直度,保证墙与墙有足够的搭接

长度,才可确保搅拌墙的墙体有好的止水效果。

2.2 水泥浆掺入量和水灰比的控制

混凝土搅拌墙体的强度随水泥掺入量增加而提高,设计的水泥掺入量一般在12%~20%范围内。采取两次注浆,即向下铣削和向上铣削时都注水泥浆,水泥掺入量要符合设计值;如果向上铣削一次完成注浆施工时(即一次注浆),水泥掺入量不应小于设计值。因为一次注浆施工,在向下铣削时已注入泥浆(或水)与土拌合,如果水泥掺入量过少会影响搅拌墙强度。

水灰比的大小会直接影响混凝土搅拌墙成墙体的强度,因此水灰比一般应控制在1.0~1.5范围内。施工现场质检员应定时测量水泥浆的密度,以监控现场水泥浆的水灰比是否符合要求(水灰比为1.0、1.2、1.5时,密度分别为1.50、1.435、1.364 kg/L)。采取一次注浆施工时,应严格控制水灰比不小于设计值,确保搅拌墙成墙体的强度。

2.3 向下铣削成槽和向上铣削喷浆搅拌成墙的施工质量控制

采取一次注浆施工时,双轮铣头对好槽段的位置下放到墙顶的标高后,开动主机双轮铣头正转向下铣削,同时注泥浆(或水)和气。要控制好注泥浆(或水)量,避免过大,影响向上铣削注水泥浆搅拌后成墙体的强度。向下铣削全程供气不得间断,气体压力控制在0.3~0.6 MPa。向下铣削时铣轮的转数为20~27 r/min,根据勘察资料槽段各层中的软硬土层情况,软地层转数可取大值,硬地层取小值。向下铣削钻速控制在0.5~1.0 m/min。向下铣削达到设计深度后,对墙底深度以上2~3 m范围,重复向上铣削和向下铣削1~2次。搅拌均匀后,反转双轮向上铣削进行喷浆施工,控制铣轮转数在27 r/min,钻速控制在1.0~1.5 m/min。在墙底和淤泥层位置控制向上铣削喷浆速度,钻速宜控制在1.0 m/min左右。在墙底位置向上铣削速度过快局部会产生真空,造成搅拌墙的墙体坍塌,影响成墙质量。

2.4 注浆的流量和总量的控制

根据钻速与铣削量情况,注浆的流量在80~320 L/min内调整。注浆压力一般控制在2.0~3.0 MPa。由于CSM成槽机的LCD监视器可显示一次注浆(或二次注浆)过程中注浆液的流量和总量,注浆的质量是可控的。

采取二次注浆施工,向下铣削注水泥浆占总量的70%~80%,向上铣削占总量的30%~20%,要控制好向下铣削和向上铣削注浆的比例和注浆总

量。向上铣削一次完成注水泥浆施工时,要确保注水泥浆均匀,并控制好注水泥浆的总量不少于理论总量。

严格控制浆液存放的有效时间和温度:(1)当气温在10℃以下时,≥5 h;(2)当气温在10℃以上时,≥3 h;(3)浆液温度应控制在5~40℃。水泥浆存放时间超过以上规定的有效时间,或发生离析的,均作废浆处理。

2.5 搭接长度的控制

双轮铣头沿墙体中心线平行移动到新的槽段定位后,要控制好搭接长度,顺铣槽段间的搭接长度≥200 mm;跳铣时与相邻两侧槽段的搭接长度都应≥200 mm。搭接长度太小,会影响搅拌墙的止水效果。

基坑存在多处拐角要与已施工完成的搅拌墙搭接时,转角位置的搅拌墙可采取“T”字搭接的施工方法,搭接的长度应适当的加长,以保证止水效果。

2.6 插入搅拌墙内的型钢的质量控制

为确保型钢插入搅拌墙内垂直且居中,在平行沟槽方向放置型钢定位架,引水准点定位型钢上用于控制型钢顶部标高。定位架应按有关尺寸放置固定好,不得在型钢插入搅拌墙时出现位移。插入型钢施工应在成墙后4 h内完成,否则型钢插入困难,影响成墙质量。

型钢使用前对表面要进行除锈和清污处理,并在其表面均匀涂刷减摩剂,以减少型钢与水泥搅拌墙的摩阻,便于起拔。使用前发现型钢所涂减摩剂脱落、开裂,应重涂。

2.7 施工中应注意的其它问题

(1)为确保搅拌墙成墙的质量,向上铣削喷浆时供浆必须连续。如出现浆罐内水泥浆已没,或水泥浆泵出浆量较少,操作人员根据LCD监视器显示的注浆流量和注浆总量,采取减小钻速或原位铣削,等供浆正常后,下放铣轮到原喷浆面1 m以深,再注水泥浆向上铣削;若向上铣削喷浆时中途出现堵管、断浆等现象,应立即停泵,上提铣轮过喷浆面以上。查找原因进行维修,待故障排除后供浆正常时,下放铣轮到原喷浆面1 m以深,再进行向上铣削喷浆。必须注意供浆故障排除后,不可在原喷浆面位置向上铣削喷浆,避免出现“断墙”问题。因故停机>30 min,应对泵体和输浆管路妥善清洗,防止发生堵管。

(2)供泥浆(水)和空气向下铣削,一旦泥浆(水)或气中断,应将双轮铣削头提至地面,待恢复供泥浆(水)和空气正常后再向下铣削施工。

(下转第71页)

- [32] 刘志伟,张希宏.砂砾石垫层的施工工艺试验研究[J].工程勘察,2011,39(6):28-31.
- [33] 管飞,王艳静,梁锋.级配砂石在地基回填中的应用[J].河南建材,2012,(6):165-166.
- [34] 谢康和.双层地基一维固结理论与应用[J].岩土工程学报,1994,16(5):24-35.
- [35] 赵维炳,雷国辉,陈永辉,等.土工织物加筋与塑料板排水联合加固软基的计算方法研究[J].岩土工程学报,1998,20(3):61-65.
- [36] 袁邦权,赵铁力,马宏兵.复合注浆技术在地下室裂缝渗漏治理中的应用[J].中国建筑防水,2010,(2):22-24.
- [37] 李娟斌.浅谈地基基础加固的复合注浆技术[J].甘肃科技,2007,(7):68.
- [38] 邹光辉,徐勇.复合注浆技术在桩基加固中的应用浅析[J].科技传播,2011,(4):160.
- [39] Glossop R. The Invention and Development of Injection Processes Part 1: 1902 - 1850 [J]. Geotechnique, 1960, 10(3):91-100.
- [40] Kutzner C. Grouting of rock and soil[M]. Rotterdam,1996.
- [41] Boulanger R W, Hayden R F. Aspects of compaction grouting of liquefiable soil [J]. Journal of geotechnical engineering, 1995, 121(12):844-855.
- [42] 吴海涛.大空隙的深厚覆盖层围堰高压旋喷技术研究[D].湖南长沙:中南大学,2007.
- [43] 韩金田,刘洪波.复合注浆法在地基基础加固中的应用研究[J].岩土工程界,2001,(9):42-45.
- [44] 刘红卫.地基加固的复合注浆技术及应用研究[D].重庆:重庆大学,2003.
- [45] 丁选明,刘汉龙,陈育民.《现浇混凝土大直径管桩复合地基技术规程》(JGJ/T213-2010)编制与说明[J].施工技术(下半月),2011,(1):91-94.
- [46] 秦俊生,涂晓方,周自梁,等.北京上庄东路巨型砂石坑回填路基复合处理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):60-63.
- [47] 张建伟,刘汉龙,丁选明.粘性土中PCC桩水平极限承载力的简化计算方法[J].水利与建筑工程学报,2010,8(4):33-36.
- [48] 刘汉龙,谭慧明,彭劫,等.大型桩基模型试验系统的开发[J].岩土工程学报,2009,31(3):452-457.
- [49] 刘汉龙.岩土工程技术创新方法与实践[J].岩土工程学报,2013,35(1):34-58.
- [50] Liu H L, CHARLES W W Ng, Fei K. Performance of a geogrid-reinforced and pile-supported highway embankment over soft clay: case study [J]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 2007, 133(12):1483-1493.
- [51] ASCE 20-96, Standard guidelines for the design and installation of pipe foundations [S].
- [52] 高永民. CFG 桩复合地基处理技术在铁路路基工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):51-54.
- [53] 秦俊生,涂晓方,周自梁,等.北京上庄东路巨型砂石坑回填路基复合处理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):60-63.
- [54] 赵鹏飞,杨书民.投石压浆无砂砼小桩复合地基处理技术在杂填土地层的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(1):32-33.

致谢:在本论文的撰写过程中,刘汉龙教授提供了一些现场施工的图片,在此表示衷心的感谢!

(上接第65页)

(3)为保证成墙的厚度,应注意铣头刀片磨损情况,定期测量刀片外径,当磨损达到1 cm时必须对刀片进行修复,确保成墙厚度。

(4)采用顺铣施工向下铣削时,如果其相邻的搅拌墙(第 n 槽段)成墙的时间较长(水泥土超过终凝时间),一组铣轮铣削原状土的速度快,一组铣轮铣削已终凝水泥土的速度慢,易出现正施工的墙(第 $n+1$ 槽段)向已成墙(第 n 槽段)的方向倾斜,在下一槽段(第 $n+2$ 槽段)施工时即使控制好垂直度情况下,第 $n+1$ 槽段和第 $n+2$ 槽段下部搭接长度不足,止水效果不好。因此,向下铣削成槽时,如相邻的搅拌墙成墙时间较长,可采取减慢铣削钻速,降低转数,即采用“吊打”向下铣削施工。操作人员应及时观察成槽过程监视器显示的偏斜量即垂直度(包括前后和左右的偏差)的情况,并及时进行调整,通过控制向下铣削钻速和转数,确保成墙的垂直度控制在 $1/300 \sim 1/500$ 以内。

(5)雨季应避免大雨天施工。向下铣削遇到大

雨可暂停施工,将双轮铣提到地面;向上铣削喷浆遇到大雨可在完成喷浆作业后,再停止施工。雨天施工应减少下搅用水量,同时控制好水泥的掺入量不能少。冬季施工水泥可采用高强度等级(42.5级以上)或掺入早强剂,确保水泥土连续墙的质量。

3 结语

CSM工法施工中,只要做好施工前的准备工作,重视施工中的质量控制,就可避免水泥土搅拌墙出现施工的质量问题。

参考文献:

- [1] JGJ 120-2012,建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] JGJ/T 109-2010,型钢水泥土搅拌墙技术规程[S].
- [3] 霍镜,朱进,胡正亮,等.双轮铣深层搅拌水泥土地下连续墙(CSM工法)应用探讨[J].岩土工程学报,2012,34(S1):666-670.
- [4] 王占云,等.型钢水泥土搅拌墙(SMW工法)施工与管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.116-127.
- [5] 杨文华.深层搅拌桩在基坑支护施工中应注意的问题[J].探矿工程,2002,(3).