

CSM技术在水库大坝防渗处理中的应用

徐龙祥 王晓鑫 秦天 孙刚

江苏科弘岩土工程有限公司 江苏 扬州 225600

摘要: CSM (Cutter Soil Mixing) 铣削深层搅拌技术是新型CSM桩机运用两组铣轮以水平轴向旋转搅拌土体, 当铣轮旋转深入地层切削并强制搅拌土体时, 注入固化剂(一般为水泥), 该混合体经物理和化学反应, 形成具有一定强度的矩形槽段改良土体的新型防渗施工方法。该工法已在东海县前贤水库大坝防渗处理中成功应用, 经检测, 墙体深度、抗压强度、渗透系数等质量指标均满足设计要求。

关键词: CSM; 防渗; 强风化岩

1 工程概况及地质条件

1.1 工程概况:

前贤水库位于东海县山左口镇前贤村, 该水库于1971年开工, 当年建成并蓄水。水库汇水区域为丘陵区, 水库集水面积1.0km², 干流长度1.35km, 总库容41.85万m³, 兴利库容14.40万m³, 最大坝高8.0m(桩号0+100处)。水库20年一遇设计洪水位61.23m(废黄河高程, 下同), 200年一遇校核洪水位61.73m, 兴利水位60.00m。水库以防洪、灌溉为主, 结合水产养殖等综合利用, 设计灌溉面积1200亩, 实际灌溉面积400亩。保护下游山左口镇前贤村, 保护人口2854人, 防洪任务重要。由于水库建成年久, 大坝出现渗漏现象, 现进行防渗处理。

1.2 地质条件:

本区位于中朝地台的苏鲁地块上, 地层岩性属太古带~元古代深变质岩。为华北古陆构造隆起带的南缘, 震旦纪以来地层缺失。本建设场地的地表覆盖陆相第四纪形成的松散沉积层, 基底岩性为深变质的片岩, 片麻岩。

据钻探及土工试验成果将勘探深度内的地层划分为4个主要工程地质单元, 现将各层的主要特征综述如下:

(1) 填土(坝身土): 褐红色~灰褐色, 上部5cm为红色砖块面层, 下部15cm为沥青混凝土。坝身以黏性土为主, 含粉砂, 含量约10~30%, 局部富集, 呈层状~薄层状分布, 密实度欠均匀~不均匀, 以松散-稍密为主。地层分布均匀, 坝身普遍分布。

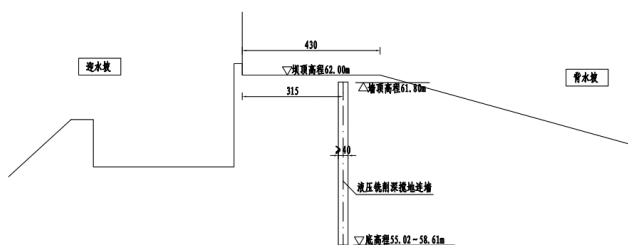
(2) 全风化砂岩: 砖红色~红褐色, 密实, 风化较均匀, 原岩组织结构已基本破坏, 尚可辨认, 矿物成分主要为长石、石英, 依稀可见原岩构造, 岩芯手捻即碎, 主要呈砂性土状, 干钻可钻进。岩石坚硬程度为极软岩, 岩体完整程度为极破碎, 岩体基本质量等级为V级, RQD=0。地层分布不均, 仅局部分布。

(3) 强风化砂岩: 砖红色~红褐色, 风化不均匀, 岩芯呈短柱状~柱状, 主要矿物成份为长石、石英, 岩芯钻不易钻进。完整程度为破碎~较破碎, 属极软岩~软岩, 岩体基本质量等级为V级, RQD < 25。地层分布较均匀, 仅局部缺失。

(4) 中风化砂岩: 砖红色, 岩芯呈柱状, 主要矿物成份为石英, 岩芯钻不易钻进。完整程度为较破碎~较完整, 属较软岩, 岩体基本质量等级为IV级, RQD = 30~60。地层分布较均匀, 仅局部缺失^[1]。

2 防渗处理设计

液压双轮铣削深搅水泥土薄壁地连墙, 厚度 ≥ 40cm, 布置范围为0+000~0+300, 总长度300m, 墙顶高程61.80m, 墙底高程55.02~58.61m。采用顺槽式单注浆软铣式, 即: 顺墙体轴线在已完成的一幅墙体后接着套铣新一幅墙体, 轴向搭接0.50m。防渗墙水泥采用PO42.5级普通硅酸盐水泥, 水泥掺量为20%, 施工前现场取土做实验确定水泥掺入量及水灰比, 水泥土试块抗压强度R28 > 0.8MPa, 防渗墙渗透系数K ≤ 1X 10⁻⁶cm/s。液压双轮铣削深搅水泥土薄壁地连墙剖面图如下:

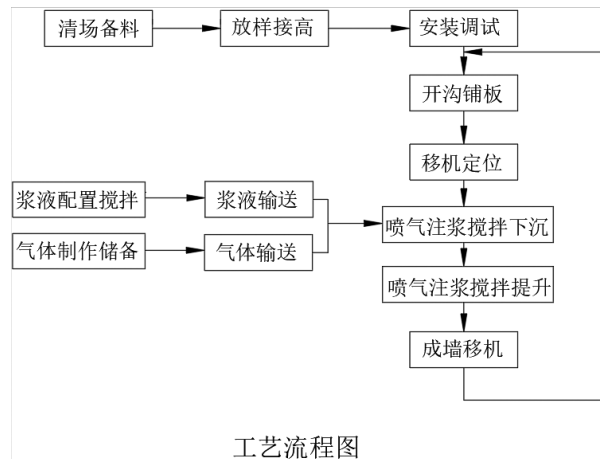


液压双轮铣削深搅水泥土薄壁地连墙剖面图 1:100

3 CSM 防渗墙施工

3.1 施工前用挖掘机现场取土做水泥土配比试验, 根据试验结果确定CSM防渗墙施工水泥掺入量为20%。

3.2 工艺流程如下图:



工艺流程图

3.3 为保证墙体间的有效搭接，采用GPS定位结合CSM桩机移动固定间距对应防渗墙

控制线标志的办法就位施工每一幅墙体，确保本工程防渗墙轴向搭接0.50m。

3.4 钻进过程中，跟踪纠偏，采用导杆倾斜仪监控装置使墙体垂直度可控制在1/300以内，确保墙体垂直精度。

3.5 施工中根据设计要求结合CSM机上铣轮压力控制每幅防渗墙墙底施工标高，确保

防渗墙底部进入强风化岩（不透水层）0.50M。

3.6 铣头掘进至墙底标高时，原位喷浆搅拌延续 \geq 10s，并对墙底深度以上2~3M范围重

复提升1~2次，从而保证墙体底部的水泥浆用量^[2]。

4 效果评价

4.1 质量检测：

(1) 经现场取芯抽检，芯样连续、完整，桩长与施工记录一致。

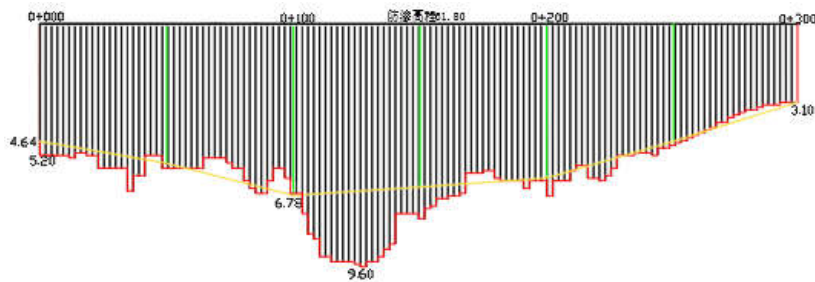
(2) 水泥土试块抗压强度满足设计要求。

(3) 现场渗透试验检测防渗墙渗透系数满足设计要求。

(4) 超声波无损检测反映墙体连续，墙体间搭接良好。

(5) 现场开挖检查，墙体厚度 \geq 40cm，墙身平整、连续、均匀。

4.2 CSM在施工中根据铣轮压力结合地质情况和设计深度，能有效进入强风化岩0.5m，消除设计墙底标高与实际不透水层之间的盲区，阻断了墙底渗漏的风险。防渗墙成墙剖面图如下：



东海县前贤水库双轮搅防渗墙成墙剖面图

说明：

1、前贤水库双轮搅防渗墙厚度400mm，深度进入强风化岩0.5m，搭接500mm，水平防渗长度300m，水泥采用P042.5级普通硅酸盐水泥，掺入量20%。

2、图中黄线为设计单位根据地质报告划分的墙底高程线，图中红线为实际操作中根据铣轮压力进入强风化岩施工的墙底标高线，双轮搅施工能根据地层分布有效进入不透水层，达到防渗效果。

3、图中墙深9.6m区域经勘探单位补勘及查阅历史资料发现此处为古冲沟，双轮搅根据铣轮压力控制，避免了吊脚墙的出现，阻断了墙底渗漏的隐患。

4.3 东海县前贤水库双轮搅防渗墙施工于2024年6月结束,在经过2024年汛期和2025年汛期考验,均未再发现渗漏现象,取得了圆满的效果^[3]。

结束语

根据检测结果和历经汛期考验,CSM技术在本水库大坝防渗墙项目处理应用是成功的。尤其是,水利工程地质勘察具有勘探点间距较大的特点,勘探点间地质情况不能完全揭示,CSM工法通过设计深度要求结合底部铣轮压力进入不透水层,有效的覆盖了这一盲区,阻断了墙底渗漏的隐患。而且,CSM工法进入强风化岩的能力也突破了其他柔性地连墙机械不能施工硬土层的界

限。由此,CSM工法在水利工程防渗处理上具有广泛的适用性,是解决复杂地质防渗处理的良好选择。

参考文献

[1] 杨志民,袁明明,何宝根.数字孪生水利工程地质勘察平台研发与应用[J].南水北调与水利科技(中英文),2024,22(S1):56-62.

[2] 《水电水利工程深搅铣水泥土防渗墙施工规范》(DL/T 5888—2024)。

[3] 《等厚度水泥土搅拌墙技术规程》(DG/TJ 08—2248—2017)。