

高强致密混凝土在万家寨护坦修复中的应用

焦昊 苗兴中 吴凌丞

(黄河万家寨水利枢纽有限公司, 山西太原 030002)

【摘要】 因黄河泥沙具有硬矿物含量高、硬度大、泥沙颗粒多呈棱形的特点, 万家寨水利枢纽泄水建筑物经过十多年运行后, 均出现不同程度的各种破损。鉴于原先使用的抗冲磨材料环氧砂浆存在韧性较差、受基层混凝土裂缝和阳光照射影响后易开裂的缺点, 本次泄水建筑物维修过程中, 在5号底孔坝段护坦处选取新型试验性材料USC120高强致密混凝土作为抗冲磨涂层。经过3个凌汛期和夏汛期的泄洪运行, 检查结果表明该种材料的应用取得了预期效果。

【关键词】 万家寨; 护坦; 修复; 高强致密混凝土; 施工工艺

中图分类号: TV431+.9

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2019)07-077-04

Application of high strength dense concrete in the repair of Wanjiashai protection apron

JIAO Hao, MIAO Xingzhong, WU Lingcheng

(Yellow River Wanjiashai Water Multi-Purpose Dam Project Co., Ltd., Taiyuan 030002, Shanxi)

Abstract: The drainage buildings of Wanjiashai water conservancy project have been damaged to different degrees after operation for more than ten years due to the characteristics of high content of hard minerals, high hardness and prism sediment particles of sands in the Yellow River. The new experimental material of USC120 high strength dense concrete is selected as the anti-impact abrasive coating at No. 5 bottom hole dam section protection apron during the drainage building maintenance in view of the disadvantages of originally used epoxy mortar as an anti-impact abrasive material, such as poor toughness and easy cracking under the influence of base course concrete cracks and sunlight exposure. The inspection results show that the expected effect is achieved from application of the material after flood discharge operation for three ice flood seasons and summer flood seasons.

Keywords: Wanjiashai; protection apron; repair; high strength dense concrete; construction technology

万家寨水库采用“蓄清排浑”的运用方式, 每年需排走80%以上的泥沙。因黄河泥沙具有硬矿物含量高、硬度大、泥沙颗粒多呈棱形的特点。泄水建筑物经过10多年运行后, 溢流面、护坦均存在不同程度的混

凝土剥落、空蚀及护坦翘曲等现象。

为保证泄水建筑物后期安全运行, 满足坝体抗滑稳定安全储备, 2014—2015年, 万家寨水利枢纽分两期对5~8号底孔坝段及9~10号中孔坝段过流部位

收稿日期: 2019-03-12

作者简介: 焦昊(1985—), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利建设与管理方面的工作。

进行了修复。因为前期用作流道抗冲磨层的环氧砂浆材料存在韧性较差、受基层混凝土裂缝和阳光照射影响后容易脱落的缺点,所以在本次对泄水建筑物修复施工中,选用新型材料 USC120 混凝土在 5 号底孔坝段护坦作为抗冲磨涂层。经历 3 个凌汛期和夏汛期的泄洪运行,特别是 2018 年黄河上游来水较大,底孔闸门运行时间和泄洪排沙量均为万家寨水利枢纽投运以来的历史最高水平,汛后检查结果表明该种材料的应用在抗冲耐磨,避免开裂、脱落等方面取得了预期的效果。

1 工程概况

万家寨水利枢纽工程位于黄河北干流托克托至龙口河段峡谷内,水库总库容 8.96 亿 m^3 ,调节库容 4.45 亿 m^3 ,属 I 等大(1)型工程。枢纽工程的主要任务是

供水结合发电调峰,同时兼有防洪、防凌作用,为引黄入晋的龙头工程。

万家寨水利枢纽泄水建筑物布置在左岸,分布在 4~10 号坝段,由 8 个 $4\text{m}\times 6\text{m}$ 的底孔、4 个 $4\text{m}\times 8\text{m}$ 的中孔、1 个 $14\text{m}\times 10\text{m}$ 的表孔组成,均采用长护坦挑流消能。

底孔坝段为 5~8 号坝段(平面布置见图 1)。5 号坝段底孔护坦(坝 0+129.00~坝 0+148.00、下 0+088.00~下 0+128.00)上接溢流面反弧段,下延底孔挑坎,5 号坝段底孔护坦在施工期为整体一次浇筑,混凝土设计标号 $R_{90}350\text{D}200$ 。

2012—2015 年,三次对 5 号底孔护坦部位进行了检查,混凝土整体完好,无抬动变形,与基岩胶结紧密,但表层混凝土存在局部蜂窝气泡、振捣不密实和不同程度的混凝土冲蚀现象。

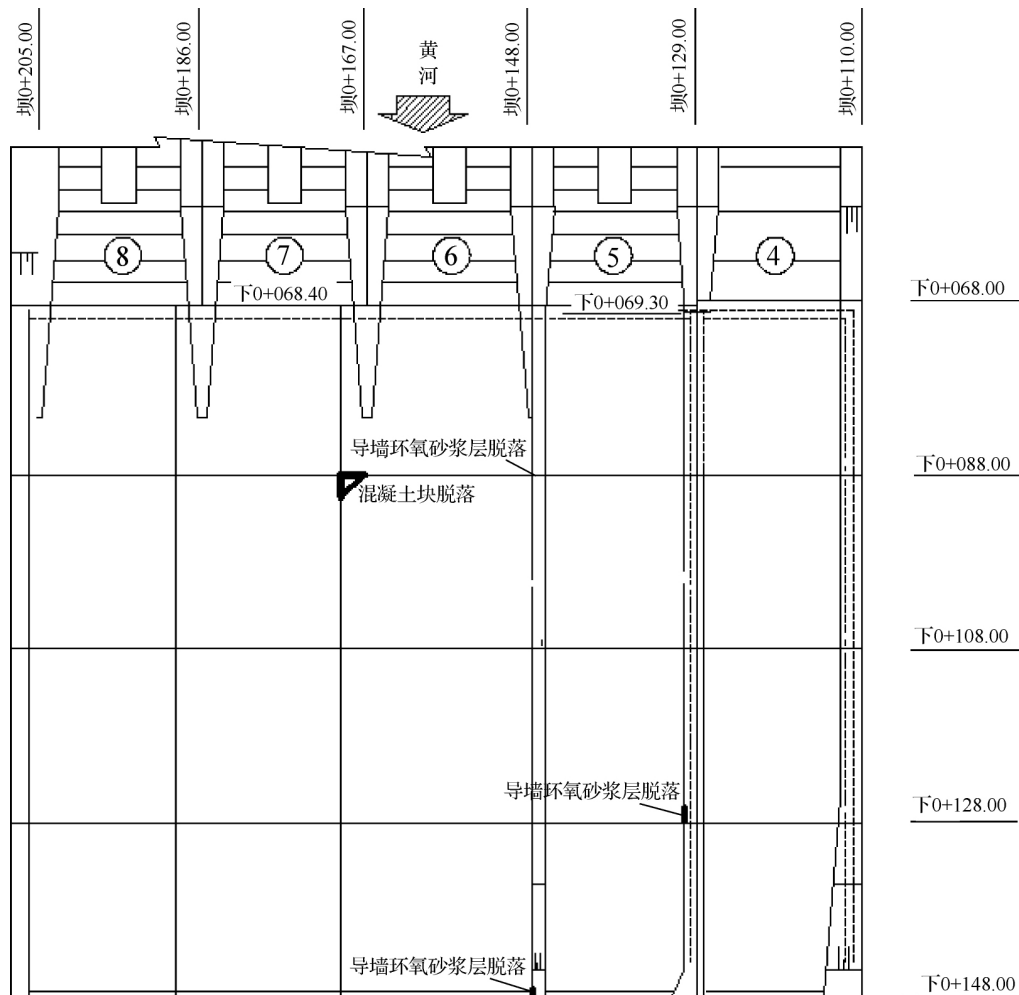


图 1 万家寨底孔护坦平面图

2 底孔护坦维修设计方案

施工期5号底孔护坦混凝土为整体一次浇筑,结合检查情况,设计单位认为对5号底孔坝段护坦主要进行表层混凝土处理,增加USC120高强致密混凝土涂层,以改善该部位混凝土抗冲磨性能。具体设计方案如下。

2.1 护坦分缝部位

对底孔护坦分缝部位凿止水槽,深0.50m,宽1m,凿槽部位垂直缝的钢筋保留,与缝平行的钢筋拆除;修复时,清理表层凿除物及松动的老混凝土,分缝部位植入 $\phi 20@0.5\text{m}$ 的水泥砂浆锚杆,增设止水,增设顺缝方向的锚筋,新老混凝土结合面涂刷界面胶,浇筑C50F300W6高强混凝土至设计表面以下3cm处,最后在高强混凝土表面浇筑一层3cm厚的USC120高强致密混凝土。

2.2 护坦非分缝部位

护坦非分缝部位表层凿除3cm深混凝土,碳化表层全部凿除,局部损坏严重部位深凿,且均凿至新鲜混

凝土内。局部凿除深度大于10cm部位植入 $\phi 16@0.5\text{m}$ 环氧砂浆锚杆。清除表层凿除物及松动的老混凝土,新老混凝土结合面涂刷界面胶的性能应符合《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2006),浇筑USC120高强致密混凝土。

3 USC120 高强致密混凝土性能

USC120高强致密混凝土是一种超高性能水泥基复合材料,基于最紧密堆积原理设计,并运用先进的分子活化技术,使胶凝体系发挥出最大功效,加水硬化后具有高强、高延性等类金属特性,其高度致密性及无机质基体,使其抗渗、抗冻融、耐腐蚀、耐高温、抗冲磨等特性极好,被称之为“液态金属”或“超级结构材料”。

罗致[®] USC突破了RPC材料需要高温蒸养的瓶颈,大大拓宽了应用范围。可在5℃以上常温下施工,只需7天普通养护。而且新拌和物具有自流平(也可调整为抹或喷涂)和早强特点,可广泛应用于道桥、国防、装配式建筑、水利水电等重要结构的新建或修复工程(见表1)。

表1 材料性能指标

抗压强度(40mm×40mm)/MPa			抗弯折强度(40mm×40mm×160mm)/MPa			轴拉强度/MPa
3天	7天	28天	3天	7天	28天	
≥80	≥100	≥120	≥20	≥22	25~35	6~9
碳化深度/mm	抗渗等级	弹性模量/GPa	变形能力/%	28d总收缩/ 10^{-6}	徐变系数	28d裂缝宽度
≈0	≥P40	40~45	≥0.5	300~500	1	无
抗冲磨性能(28d)				抗冻融性/快冻法		硬化密度/(kg/m^3)
钢球法		圆环法		≥F700(700次循环后 动弹损失几乎为0)		
为C50的3.5~4.5倍		为C50的2~3倍				

4 USC120 高强致密混凝土施工工艺

4.1 基面凿毛处理

基面应打磨平顺、光滑,按照设计要求凿除表面疏松层,露出新鲜粗骨料,用高压风将凿好的基面清理干净,做到无灰尘、无明水、无碎块。若旧混凝土有裂缝,需用环氧胶进行填充、封闭,然后在旧混凝土上涂刷界面胶,必要时可适当植筋加强界面性能。

4.2 涂刷界面胶

将TG01A组分和TG01B组分按照5:2的比例混合均匀,涂刷在清理干净旧混凝土界面,要求涂刷均匀、覆盖完整。

4.3 高强致密混凝土搅拌

采用卧式或立式强制式搅拌机搅拌;单批搅拌量根据搅拌机的容积来定,一般为搅拌机容积的40%~60%;搅拌时间为3~5min,具体搅拌时间可根据试拌

情况来确定。

骨料配合比为粉料:液料:水=25000g:395g:1960g。

4.4 运输

采用罐式运输车长距离运输,高温天气应注意降温,防止水分过快蒸发;若等待时间过长,卸料前应让罐车快速转动30s左右,必要时可适当添加外加剂来重新获得工作性能,严禁随意加水。

4.5 浇筑

大面积浇筑时,应做好施工组织,协调好生产和施工,避免等待时间过长或者供料不及时,同时合理安排好浇筑顺序。应避免在高温(30℃以上)、低温(5℃以下)或大风天气浇筑。

入仓采用人工涂刷方式;应做到边摊铺边收面,并保持浇筑的连续性;斜坡或垂直面抹面施工时,厚度若

超过1.50cm应分层抹面,每层厚度宜为1~1.50cm,每层施工之间的时间间隔以抹面时不垂挂为宜。

4.6 养护措施

浇筑或抹面施工时(尤其在夏季),应边施工边铺设养护膜或者喷洒养护剂养护,不可让浇筑面长时间暴露在外环境中,防止失水过多产生早期裂缝;硬化后至少洒水养护7天;日夜温差较大的季节或地区,应采取适当保温措施,防止收缩裂缝的产生。

5 修复后检查情况及对比分析

5.1 完工后枢纽运行情况

2015年底孔护坦维修二期工程竣工后,至今经历了3个凌汛期和夏汛期的泄洪运,各底孔运行时间情况详见表2。

表2 2015—2018年万家寨水利枢纽底孔弧门运行时间

单位:天

底孔弧门	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号
2015年	1.22	0.21	0.07	0.53	1.37	0.92	0.07	1.09
2016年	0.00	0.00	0.64	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00
2017年	0.23	0.03	0.12	0.10	0.16	0.96	0.65	0.18
2018年	38.34	37.24	43.45	43.31	48.67	39.54	34.34	34.28

2018年主汛期黄河上游来水较以往偏大,7月1日—10月30日,万家寨底孔弧门共计启闭466次,是2017年主汛期期间底孔弧门启闭次数的25.9倍。其中5号底孔2018年运行时间为48.67天,为万家寨水利枢纽投运以来的年度运行最长时间。

5.2 修复后检查情况

5号坝段底孔护坦于2015年修复完成后,每年汛后均进行了检查。检查结果表明表层3cm厚USC120高强致密混凝土与基础混凝土黏结良好,无脱空、翘曲等,混凝土整体完好,未见混凝土开裂、磨蚀、脱落等。只是护坦底板分缝内嵌填聚氨酯密封膏局部脱落。

5.3 对比分析

5.3.1 与同期施工的常态混凝土对比

6~8号坝段护坦底板(与5号坝段底孔护坦底板修复同期施工)将二期混凝土整体凿除后,分两层回

填混凝土,表层混凝土等级为C50F200W6。经过3个汛期的运行后检查发现底板局部出现不同程度凹痕、裂缝等磨蚀情况。

与之相比,5号坝段护坦底板采用的高强致密混凝土仅在清除碳化表层后浇筑3cm厚,未见混凝土开裂、磨蚀、脱落等,抗冲磨效果较好。

5.3.2 与同期施工的环氧砂浆对比

5号坝段溢流面(与5号坝段底孔护坦底板修复同期施工),采取少凿多浇的方式,凿除表层10cm厚(局部30cm)混凝土后,增设 $\phi 16@0.5m$ 环氧树脂锚杆,重新浇筑结构混凝土,混凝土表面涂抹一层2cm厚环氧砂浆保护层。新浇混凝土等级为C50F300W6,厚度为25~59cm。经过3个汛期的运行后检查发现局部环氧砂浆层存在脱空、脱落,特别是2018年汛后检查发现,溢流面存在1处长条状凹坑,深度约3~5cm,流道底板下弧段表面环氧砂浆层沿定(下转第62页)

情节后,相似案件各地法院判罚差异就大大减少。

c. 《合同法》第四十一条执行艰难。《合同法》第四十一条规定“对格式条款的理解发生争议的,应当按照通常理解予以解释。对格式条款有两种以上解释的,应当做出不利于提供格式条款一方的解释。”按照这一法律规定,水利水电施工合同为业主单位提供的格式条款,当对某一条款出现两种以上解释时,应以施工单位的解释为准。虽《合同法》中“公平”的立法原则在该条款中得以彰显,但施工单位对采取仲裁甚至司法途径解决这一争议所隐含的风险有所顾虑。

4 减少或避免分歧的措施

a. 施工单位在申报变更项目单价时,根据招标文件、设计图纸、设计通知单、施工方案、来往相关文函、统计资料、影像资料等逐一分析前面所述的15个特征条件,与合同工程量清单的特征条件相对比,将这些特征整理出对比分析图表,真实反映对比结果,客观判定“有适用”“无适用但有类似”或“无类似”三种变

(上接第80)位钢筋走向裂缝发育较明显。

与之相比,5号坝段护坦底板浇筑的高强致密混凝土虽较环氧砂浆涂层厚1cm,但未见混凝土开裂、磨蚀、脱落等,在避免开裂、脱落和抗冲磨方面的效果较好。

6 结语

万家寨5号坝段底孔护坦混凝土在施工期为一体浇筑,原基面虽有磨蚀破损,但整体质量完好,无大面积裂缝发育等,与基岩胶结较好,此次修复的高强致密混凝土浇筑厚度为3cm,在混凝土护坦底板起到表层防护作用。

USC120高强致密混凝土,具有超高强度、高韧性、低渗透性和高体积稳定性等优异性能,作为新材料在底孔护坦底板的试验应用中初步取得理想效果。建议今后选取底孔或中孔坝段溢流面环氧砂浆层开裂、脱落部位作为试验区域,采用高强致密混凝土,检查验证在溢流面等圆弧段位置高强致密混凝土材料的高韧性

更项目,按照相应变更估价原则编报单价,在协商过程中有理有节维护自身权益。

b. 监理单位恪守职业准则,公正、客观看待和处理变更项目的分类及其单价审核;利用自身有利的协调优势、丰富的施工实践经验和对法律法规、施工合同意图的准确理解,妥善处理施工单位和业主单位的变更项目争议。

c. 业主单位更加详细分析各施工特征条件对变更项目施工的成本影响,在合理控制工程投资的同时,兼顾施工单位合理诉求,为本行业健康和可持续发展提供优良市场环境。

d. 行业主管部门和行业协会广泛了解基层水利水电工程建设中的矛盾焦点,分析矛盾产生的原因,结合国家法律法规,制定操作性更强的合同条款或其解释文件,为更加规范执行和全面贯彻《合同法》和《标准施工招标文件》等法律法规,切实维护合同双方权益做出努力,减少“有法难依”的尴尬局面。◇

及抗冲磨性能,为今后扩大使用范围,解决溢流面防护层开裂、脱落情况提供更多的修复思路及方案支持。◇

参考文献

- [1] 张雷,张健峰,赵振杰,等. 三门峡水库泄水建筑物磨蚀修复试验研究[J]. 人民黄河, 2017, 39(1): 110-112, 120.
- [2] 孙志恒,孙祥,吴娱,等. 泄水建筑物推移质冲磨破坏修复技术[J]. 水力发电, 2017, 43(7): 58-61.
- [3] 孙志恒,朱德康,王健平,等. 富春江水电站溢流面混凝土抗冲磨防护试验[J]. 水利水电技术, 2013, 44(9): 90-92, 99.
- [4] 张涛,郭双,黄俊玮. 紫坪铺工程泄洪排沙洞抗高速水流冲磨蚀修补及震后修复[J]. 水利科技与经济, 2011, 17(10): 85-88.
- [5] 王金国. 水工建筑物的破坏及防治措施研究[D]. 成都: 四川大学, 2002.
- [6] 中水北方勘测设计研究有限责任公司. 万家寨水利枢纽泄水建筑物二期维修工程方案设计报告[R]. 天津: 2015.