

环氧树脂砂浆在水工建筑缺陷混凝土修补中的应用

罗成永

(广东源丰水务有限公司, 广东 河源 517000)

摘要 目的: 深入了解环氧树脂砂浆在水工建筑缺陷混凝土修补中的应用方法以及效果。方法: 采用案例分析法, 根据某水工建筑物的经验, 分析环氧树脂砂浆在混凝土缺陷修补中的应用方法, 并根据性能指标评估环氧树脂砂浆材料的先进性。结果: 经过环氧树脂砂浆修补后, 水工建筑物的性能指标明显增强取得了预期目的。结论: 环氧树脂砂浆在水工建筑物混凝土缺陷修补中发挥着积极作用, 对于强化混凝土结构强度的意义重大, 值得关注。

关键词 水工建筑; 环氧树脂砂浆; 混凝土缺陷; 配制流程

中图分类号: TU528

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)09-0124-03

环氧树脂是一种富含环氧基的高分子聚合物, 由二酚基丙烷、环氧氯丙烷等材料加工制成, 与常规材料相比, 环氧树脂具有更强的加热塑性, 但是在固化后, 材料呈现出粘结力大以及强度高的特征, 基本上不会出现严重的结构变形。因此在当前水工建筑物等混凝土材料处理中, 环氧树脂砂浆材料具有广阔的应用前景, 值得关注。

1 工程项目简介

某水工建筑物位于峡谷地区, 是一款以灌溉为主, 兼顾乡村人畜饮水等综合利用功能于一体的水库, 该水库的总容量约为 170 万 m^3 , 坝高 21m, 可解决当地约 5000 人的饮水困难问题。该建筑物的运行时间超过 10 年, 而根据最近的混凝土结构调查结果可知, 受到洪水以及水流冲刷等因素影响, 导致水工建筑物的直线段以及反弧段相交位置出现大面积的冲蚀破坏现象, 累计面积已经超过 70m^2 , 最高冲蚀破坏厚度为 3.2cm。为保证水工建筑物安全, 需要对缺陷混凝土部位进行修补。相关技术人员在综合比较不同材料特性后, 最终决定采用环氧树脂砂浆技术。

2 环氧树脂砂浆材料制备

2.1 稀释剂的选择

在环氧树脂砂浆制备中, 添加稀释剂可以改善材料粘度, 使材料直接浸润在黏结表面, 进而达到延长环氧树脂砂浆材料使用时间的效果。目前非活性稀释剂不会参与固化反应, 而活性稀释剂则会参与固化反应。非活性稀释剂有丙酮、苯甲醇、甲苯、乙酯、丁酯等, 活性稀释剂是糠醛 / 丙酮复合稀释剂, 或含有一个或多个环氧基团的化合物, 如丁基缩水甘油醚 (501) 等

丙酮等材料为例, 该材料为无色液体, 每 100g 树脂的材料用量约为 5-20g, 按照该配比配制环氧树脂砂浆后可以显著提升材料性能。

从技术推广价值来看, 非活性稀释剂的价格低廉, 而活性稀释剂的柔韧性更好、挥发性满意。为解决该问题, 应根据工程项目具体需求选择适宜稀释剂, 例如在水工建筑物薄层表面缺陷修补中, 或者对质量要求不高的小裂缝修补中, 本文建议采用非活性稀释剂^[1]。对于水工建筑物大体积混凝土材料修补要求, 若使用非活性稀释剂则可能造成空鼓等问题, 尤其是在温度偏高时会造成严重的体积膨胀现象, 因此为解决该问题建议采用活性稀释剂。

2.2 硬化剂的选择

硬化剂可以使环氧树脂砂浆材料成为不溶的硬化产物, 目前在水工建筑中常见的硬化剂资料如表 1 所示。

从现有工程项目的成功经验来看, 乙二胺是最为常见的硬化剂, 但是该材料存在一定的缺陷, 例如有刺激性臭味, 易挥发, 若不能严格控制施工工艺问题可能在空气中形成烟雾。为解决上述问题, 本文建议在未来环氧树脂砂浆制备中采用多胺化合物或聚酰胺, 虽然该材料的价格成本偏高, 但是由于材料粘度偏低且稀释度更理想, 因此该材料更有助于控制成本。

2.3 填充料

适当使用填充料不仅可以提升环氧树脂砂浆的性能, 也可以减少环氧树脂的使用量。现阶段可用于环氧树脂砂浆的填料种类很多, 其中有易于获得的水泥、石英粉以及滑石粉等, 也有性能满意的石英砂、金刚砂等。例如在使用水泥后环氧砂浆的颜色变为黑色;

表 1 几种常见的硬化剂

硬化剂名称	性状	每 100g 数值的材料用量	硬化时间与温度	
			温度	时间
二乙烯多胺	无色液体	7-9g	100℃	1 小时
乙二胺	无色液体	6-8g	120℃	3 小时
多乙烯多胺	棕色液体	12-15g	60℃	2 小时

表 2 常见填充料的性能指标

材料名称	加入目的	材料名称	加入目的
石粉或石英粉	强化环氧树脂砂浆材料强度	砂石或砾石	提升环氧树脂砂浆材料强度
铝粉	强化耐蚀性	二硫化铝	改善材料的抗磨性能
三氯化铬	增强材料的耐腐蚀性能	-	-

若想要保持与混凝土颜色相近时,可选择重钙粉或者滑石粉等为主要填充料,技术人员也可以根据工艺要求适当掺加一定数量的粉煤灰以及水泥等。本文统计了几种常见填充料性能,资料见表 2。

除了表 2 所介绍的相关填充材料后,相关新型填充材料的使用有助于进一步提升环氧树脂砂浆性能。例如利用木质素与环氧氯丙烷制备新型环氧树脂材料后,砂浆材料的性能指标更理想;或者利用二甲胺键胺与改性曼尼希胺水性环氧固化剂等材料研发环氧树脂砂浆后,当两种材料的配比达到 2:1 时,材料固化效果更理想^[2]。

2.4 配制方案

该项目中环氧树脂砂浆的材料配比方案为:环氧树脂 / 二丁酯 / 乙二胺 / 水泥 / 砂子 / 砂石 = 1/0.2/0.12/1.5/4.5/ 适量。按照比例准备好环氧树脂、乙二胺、砂石填料等材料后,该项目中的所有砂子过滤后,将粒径控制在 0.3-1.0mm 以内;在环氧树脂砂浆加工过程中的所有砾石应清洗干净,并烘炒干燥。

具体方法为:将二丁酯与环氧树脂放在铁锅中,将锅内温度提升至 60℃ 后彻底搅拌,并在室内温度环境下将材料温度控制在 30℃ 左右;再注入乙二胺并拌和。最后将砂石、水泥等材料混合均匀后材料加入环氧树脂浆液中,整个材料加工配制过程。

3 环氧树脂砂浆材料的修补方案分析

3.1 施工要求

根据施工现场的调查结果可发现,在该水工建筑物中有大面积钢筋裸露区域,再加之该部位冲刷厚度大,所以为解决结构质量缺陷问题,需要先采用混凝土修补裸露部位,当混凝土强度达到预期后再用环氧树脂砂浆作表层修补。整个环氧树脂砂浆的施工流程为:处理混凝土基层结构→拌制底涂料→涂刷底涂料→拌制环氧砂浆→压实抹平。

3.2 基层表面处理

在拌制环氧砂浆面层施工阶段,应确保基层的强度等级标准满足预期,根据该项目现场调查结果可知,最终决定在基层表面处理中使用 C25 等级以上的混凝土。施工前彻底清除破损部位表面状态,包括面层的灰尘以及松动颗粒等,在彻底清除钢筋网铁锈以及混凝土残渣后,可用铣刨机处理混凝土结构表面,并用压力水枪清除表面浮渣,直至露出坚硬的混凝土层,待混凝土表面干燥后即可做下一步施工。

3.3 裸露钢筋的修补方案

在混凝土结构清理干净后,即可在表面用手风钻钻孔,其中钻头的直径应大于等于钢筋直径的 4mm 以上。钻孔孔距为 20cm,深度 10cm,钻孔后用毛刷将碎渣带出并用压缩空气清理浮尘。

该项目中植入了 14mm 螺纹钢,每根钢筋长度为 25cm,在弯折插入混凝土中后,结构上段长度为 15cm,同时刷上植筋胶。将钢筋另一端插入孔中,确定钢筋固定效果良好后,养护 50 小时后浇筑混凝土,该方法可保证新老混凝土之间的咬合效果理想。同时考虑到该水工建筑物对抗气蚀性的要求,在施工中使用硅粉混凝土,所有混凝土的等级应大于等于 C50。为满足材料性能指标要求,则需要使用吸附模数超过 2.6 的中砂以及高性能减水剂等。所使用的粗骨料应保证质地坚硬且强度满意的碎石,当混凝土抗压强度超过 58MPa 时即可做下一阶段施工。

3.4 环氧砂浆面层修补方案

1. 调整标高。在按照上述工艺做好水工建筑物混凝土面层修补后,确定本次环氧树脂砂浆修补的施工范围。结合该水工建筑物的具体情况可知,因为水坝较宽,因此决定每隔 2m 施工段施工。本环节施工目的是确定抗冲磨修复层的平均厚度,并在施工区的边缘打标高点。

表3 环氧树脂砂浆材料施工质量评估

评估项目	现场测试结果	技术标准
环氧树脂砂浆材料的抗压强度 (MPa)	86.5	≥ 60
环氧树脂砂浆抗弯强度 (MPa)	33.1	≥ 30
抗拉强度值 (MPa)	15.9	≥ 10
与钢板正拉粘结强度值 (MPa)	69.8	≥ 64
对混凝土正拉粘结强度值 (MPa)	3.5	≥ 2.5
不挥发物占比 (%)	98.6	≥ 70.0

2. 涂刷环氧砂浆材料。在拌和后按照施工要求添加原材料,加工结束后将材料均匀地涂刷在面层上,并尽量使环氧砂浆材料渗入混凝土基面上,确保可在混凝土界面形成环氧砂浆-混凝土的复合结构。

在上述结构陈化60min后,检查环氧砂浆材料的性能指标,用连续三次手触丝至1cm断开为标准,确定达到上述质量要求后才能涂刷环氧砂浆。整个施工中应坚持随用随拌工艺要求,若环氧砂浆材料已经发生胶凝等问题时则严禁使用。涂刷环氧砂浆材料时,涂抹材料厚度应与标高点相同,同时为消除潜在质量问题,每次涂刷环氧砂浆材料的厚度应小于等于10mm^[3]。施工前可按照“涂刷基层剂再涂抹一层砂浆”的原则进行。

3.5 施工后的养护方法

在环氧树脂砂浆施工结束后即可彻底清除现场的材料,并在砂浆上方用彩色条做避光保护,避免曝光或者面层遭受雨淋等。整个养护周期应大于等于1周,应随时检查环氧树脂砂浆层的物理性能指标变化。

4 施工效果评价

为判断环氧树脂砂浆工艺在本次水工建筑缺陷混凝土修补中的运用价值,本文对材料表面物理性能展开综合评价,具体的施工结果如表3所示。

之后为进一步评估环氧树脂砂浆在本次工程项目中的可行性,该项目采用无损检测技术对修补后的混凝土结构性能展开评价。本次评估结果显示,破碎带灌浆后平均波速比灌前提高16.8%,波速<2500m/s的比例由灌前75%降为0,2500-3000m/s的比例由25%上升到71%,根据上述数据可知,该项目在采用环氧树脂砂浆后可以改善混凝土结构材料的整体性能。

根据案例工程项目的施工经验,在本次水工建筑缺陷混凝土修补中环氧树脂砂浆材料的产品优点主要集中在以下几方面:(1)环氧树脂砂浆的力学性能满意,结合水工建筑物现场检查结果可知,该材料与混凝土结构的粘结效果优秀,材料的补强、加固效果更满意。

(2)环氧树脂砂浆的抗冲击性能满意,且柔韧性更强,

在缺陷混凝土修补过程中通过外材料可抵御外力作用下出现的变形以及结构应力问题^[4]。(3)环氧树脂砂浆具有更满意的热膨胀系数特性,在施工后基本不会出现材料脱开现象,该材料的整体粘结力更强。(4)整个环氧树脂砂浆施工过程操作简单,满足潮湿基层表面施工规范,该工艺的经济性良好,有助于缩短工程项目总周期,并解决传统技术工艺下出现的材料老化等问题。根据现场对比结果可知,与传统的混凝土材料相比,环氧树脂砂浆材料更有助于提升施工效果,即使在恶劣气候条件下均满足施工工艺要求^[5]。(5)环氧树脂砂浆具有更强的化学稳定性,并且该材料具有抗渗、抗冻、耐盐、耐碱、耐弱酸腐蚀的性能,并与多种材料的粘结力很强。

5 结语

针对水工建筑缺陷混凝土修补要求,技术人员采用环氧树脂砂浆技术可显著改善材料的整体力学性能指标,符合混凝土结构性能管理要求,是一种科学的施工技术。根据案例水工建筑物的施工要求,环氧树脂砂浆技术的施工工艺便捷,且材料具有更强的抗冲击性能,对于延长水工建筑物使用年限的意义重大。因此,对于技术人员而言,应深入了解环氧树脂砂浆的工艺质量规范,做到材料性能管理与材料拌和施工要求,才能有效消除潜在质量风险。

参考文献:

- [1] 巩延明,延文涛.环氧树脂砂浆在水泥混凝土路面修补中的应用研究[J].北方建筑,2022,07(05):53-56.
- [2] 龚建清,李发磊,李柯,等.活性掺合料对环氧树脂修补砂浆综合性能的影响[J].硅酸盐通报,2021,40(04):1137-1146.
- [3] 裴须强,尹润平,朱玉雪.可用于潮湿界面修补的环氧树脂砂浆的研制[J].新型建筑材料,2021,48(01):84-88.
- [4] 张敬艺.水工建筑施工中常见的问题及应对措施探讨[J].房地产世界,2022,12(24):137-139.
- [5] 唐传辉,郑远彪,方梁正,等.环氧树脂类混凝土快速修补材料的研究综述[J].四川建材,2020,46(09):7-8,13.