

CRETO材料在土建工程混凝土维修加固中的综合应用研究

谷士锐¹ 侯希飞² 董 通³

1. 邹平黄河水务局 山东 滨州 256299

2. 山东创元水务有限公司 山东 济南 250110

3. 山东润鲁工程咨询集团有限公司 山东 济南 250100

摘 要: 本研究旨在探究CRETO系列材料在混凝土工程维修加固中的应用效果。采用对比实验的方法,将使用CRETO系列材料中DPS抗渗防腐剂及RMO柔性修补剂联合使用的加固部分与传统方法加固部分进行对比,并详细分析其在实际工程中的施工工艺及性能表现。研究结果表明,CRETO系列材料能有效提升混凝土结构的防水、抗渗、防腐及力学性能,延长结构使用寿命,维修加固中效果显著,具有广泛应用前景。

关键词: CRETO; 混凝土工程; 维修加固; DPS抗渗防腐剂; RMO柔性修补剂

1 引言

混凝土(以下简称砼)作为土建工程中应用最为广泛的建筑材料之一,其质量和耐久性直接关系到整个工程结构的安全与稳定。然而,在实际使用过程中,砼结构常常受到各种因素的影响,如环境侵蚀、荷载作用、温度变化等,导致出现裂缝、破损、碳化、渗漏等病害,严重影响了砼结构的正常使用和使用寿命;因此,对受损砼结构进行及时有效的维修加固显得尤为重要。传统的砼维修加固材料和方法在一定程度上能够解决部分问题,但也存在着诸多局限性,如粘结强度不足、柔韧性差、抗渗性不理想、耐久性不佳等。随着材料科学的不断发展,新型的修补材料应运而生。美国CRETO环球公司制造生产系列材料,由于其良好的性能,目前已在130多个国家应用到市政、水利、机场、码头等工程中。CRETO产品中的DPS及RMO各自具有独特的性能优势,二者联合使用为砼维修加固提供更优质的解决方案。本文将深入探讨DPS及RMO材料在砼工程维修加固中的综合应用,分析了其作用机理、施工工艺及应用效果,以为实际工程提供有益的参考^[1]。

2 DPS及RMO联合使用的作用机理

2.1 DPS及RMO材料概述

(1) DPS抗渗防腐剂。DPS是一种深层渗透结晶型材料,它能在砼表面形成凝胶体屏障,使酸、碱、硫酸根、氯离子等腐蚀性溶液无法侵入到砼中,强化砼性能,有效防止钢筋锈蚀;抗渗性能上,所形成的硅胶转

化为玻璃状结构,密封所有孔隙,即使在很大压力下水也不会渗漏,具有良好的抗渗性能;还能降低钙硅比,提升砼的密度、硬度、抗压、抗折、抗冲刷等力学性能,增强耐久性;同时,在反应过程中具有膜固化效应,降低砼开裂的可能性^[2]。

(2) RMO柔性修补剂。RMO是一种高性能浓缩型缺陷修补产品,经其改性后的水泥砂浆,与基材之间的粘结强度、韧性得到大幅度提高,其耐水性、抗渗性、抗冻性、抗碳化、抗化学侵蚀、抗干湿循环等耐久性也会显著提高,是修补混凝土裂缝、对受损砼进行修复的理想产品。

2.2 协同增强防水抗渗性能

砼结构的渗漏问题多源于表面裂缝、孔隙与内部毛细通道的协同作用,传统单一材料往往只能解决某一环节的问题。

(1) RMO作为表面修补材料,其独特的柔性特质可适应基层微变形,在施工过程中通过填充宽度0.1mm以上的可见裂缝形成物理屏障,其固化后形成的致密膜层能直接阻断水分在表面的渗透路径。实验数据显示,RMO柔性修补剂修补后的砼表面渗水高度可降低60%以上,对水压小于0.3MPa的工况具有显著阻断效果。

(2) DPS通过化学渗透实现深层防护,其活性成分在接触混凝土表层水分后,会以水为载体向内部渗透,与水泥水化产物中的氢氧化钙发生反应,生成不溶于水的硅酸钙凝胶。这种凝胶能持续填充砼内部直径0.01~0.1mm的毛细孔及微裂缝,形成自修复型结晶结构,当裂缝因应力出现微小扩展时,未反应的活性成分可继续

作者简介: 谷士锐,男,1996年出生,大学学历,助理工程师职称,从事水利工程建设与运行管理工作。

与新暴露的氢氧化钙反应,实现二次结晶封堵。检测表明,DPS渗透深度可达20–30mm,使混凝土渗透系数降低1–2个数量级。二者联合使用时,形成“表面物理封堵+内部化学结晶”的双重防线。

(3) RMO解决宏观缺陷的即时防水需求,DPS则通过深层渗透弥补表面材料难以触及的微观通道,同时其结晶反应产生的体积微膨胀(约0.05%)可进一步强化RMO柔性修补剂与基层的界面结合,使系统抗渗压力提升至1.2MPa以上,较单一材料使用时提升40%–60%。

2.3 提升结构耐久性

砼结构的老化主要源于外部侵蚀介质(氯离子、硫酸盐等)的侵入与内部钢筋锈蚀的恶性循环。

(1) RMO通过三重机制阻断侵蚀路径。其一,其改性后的水泥石结构孔隙率低于15%,远低于传统砂浆的25%–30%,减少了侵蚀介质的传输通道;其二,砂浆中的功能性添加剂可与水泥水化产物形成络合物,降低钙离子溶出速率,延缓碳化进程;其三,其优异的柔韧性(弹性模量约2.5GPa)可缓解温度应力导致的界面开裂,使碳化深度每年减少0.5–1mm。

(2) DPS则从化学稳定性角度提升耐久性。其反应生成的硅酸钙凝胶包裹在水泥颗粒表面,使砼表层pH值长期维持在11.5以上,为钢筋提供持续碱性保护;同时,凝胶体对氯离子具有物理吸附作用,可使氯离子扩散系数降低50%以上,有效延缓钢筋锈蚀的临界值到来。在硫酸盐环境中,DPS形成的硅氧键网络能抑制钙矾石的过度生成,减少膨胀破坏。

(3) 二者协同作用时,RMO的高密实度延长了侵蚀介质到达混凝土内部的时间,DPS则降低了介质在内部的传输效率,形成“时间差+效率差”的防护体系。在海洋环境模拟实验中,联合使用两种材料的混凝土试块,经过500次干湿循环后钢筋锈蚀率仅为传统修补方法的1/5,碳化深度控制在3mm以内。

2.4 增强粘结性能

结构加固的核心在于保证新旧材料的协同工作。

(1) RMO砂浆与基层的粘结强度是关键指标。其独特配方中的聚合物乳液可在界面形成化学吸附与机械咬合双重作用,测试显示其与老混凝土的粘结强度可达2.5MPa以上,远超传统水泥砂浆1.2MPa的标准。这种高粘结性确保了修补层在荷载作用下不会出现剥离现象。

(2) DPS的渗透反应则从微观层面强化界面过渡区。砼基层与修补材料的界面往往因水灰比偏高形成薄弱层,DPS的活性成分可渗透至该区域,与游离石灰反应生成的凝胶体填充界面孔隙,使界面过渡区厚度从传统的

50–100 μm 缩减至20–30 μm ,抗压强度提升15%–20%。同时,其反应产生的微膨胀效应能抵消界面收缩应力,减少微裂缝产生。

2.5 整体力学性能

在力学性能协同方面,RMO的抗压强度可达30–40MPa,与基层砼强度匹配,而DPS处理后的基层表面硬度提高10%–15%,使荷载传递更加均匀。三点弯曲试验表明,联合处理后的梁体抗裂荷载提升25%,极限挠度增加18%,体现出“刚性修补+柔性过渡”的力学优势,有效避免了传统刚性修补导致的应力集中问题。

3 在砼工程维修加固中的施工工艺

3.1 基层处理

(1) 基层处理的质量直接决定粘结强度。对于碳化层处理,采用风镐或电动凿毛机清除表面疏松砼,直至露出坚实基层(回弹值 $\geq 25\text{MPa}$),边缘应凿成 $\geq 1:3$ 的斜坡以避免应力集中。对深度 $> 50\text{mm}$ 的破损区域,需设置钢丝网(直径 $\geq 2\text{mm}$,网格 $20\times 20\text{mm}$)增强过渡,网片距基层表面保持20mm保护层。

(2) 露筋处理要到位。用角磨机配合钢丝轮彻底除锈(达到Sa2.5级),除锈后4h内涂刷环氧防锈漆;对锈蚀截面损失 $> 10\%$ 的钢筋,采用双面搭接焊补强(搭接长度 $\geq 5d$)。处理后的钢筋表面不得有焊渣、油污,实测粘结强度应 $\geq 3.0\text{MPa}$ 。

(3) 基层洁净度控制采用“高压水冲洗+真空吸尘”组合工艺。先用30MPa高压水呈 45° 角冲洗,确保无浮灰、碎屑;对水平表面采用真空吸尘器清除积水,使基层含水率控制在8%–12%。干燥后的基层需进行拉毛处理,增强与底涂的机械咬合力^[3]。

3.2 喷涂RMO底涂

(1) RMO底涂作为界面过渡层,其配比精度直接影响粘结效果。严格按1:6(RMO:水)重量比配制,采用电子秤计量(精度 $\pm 5\text{g}$),用手持搅拌器搅拌3min至无颗粒状态,静置5min后再次搅拌。底涂应随配随用,初凝前(约2h)需用完,超时材料严禁加水二次稀释^[4]。

(2) 喷涂工艺需控制三个参数。喷嘴距基层距离保持30–50cm,移动速度0.5–0.8m/s,确保涂层厚度均匀(干膜厚度30–50 μm);采用十字交叉法喷涂两遍,第一遍横向喷涂,间隔30min后纵向补喷,避免漏喷形成气泡;对阴阳角、钢筋密集区等部位,需用毛刷人工补涂,确保全覆盖^[5]。

(3) 质量检验采用“外观+粘结力”双指标。外观检查无漏喷、流挂,用湿海绵擦拭无掉粉;粘结力测试每50 m^2 取1个测区,用直径50mm的拉拔仪检测,实测值应

$\geq 1.5\text{MPa}$, 若出现界面破坏需重新处理。底涂干燥时间需根据环境调整: 温度 20°C 、湿度 60% 时约 4h , 低于 5°C 时需采取加热措施, 严禁在结霜或潮湿表面施工^[6]。

3.3 刮抹RMO修补层

(1) 材料配制实行“双掺制”控制。水泥选用 42.5 级普通硅酸盐水泥(实测强度 $\geq 48\text{MPa}$), 河砂需过筛(粒径 $\leq 2.36\text{mm}$), 含泥量 $< 3\%$; 按水泥:砂 $= 1:2.5$ (重量比)干拌 2min , 再加入按 $1:6$ 稀释的RMO溶液, 用强制式搅拌机搅拌 5min 至砂浆呈“手握成团、落地散开”状态(稠度控制在 $50\sim 70\text{mm}$)。

(2) 分层施工需严格控制厚度与间隔。第一层(找平层)厚度 $5\sim 10\text{mm}$, 用抹子压实至与基层密贴, 重点填补凹陷部位, 阴阳角抹成 $R = 50\text{mm}$ 圆弧; 间隔 24h 后施工第二层(抗裂层), 采用掺加聚丙烯纤维(长度 6mm , 掺量 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$)的抗裂砂浆, 厚度 $3\sim 5\text{mm}$, 用刮板横向刮平; 第三层(面层)厚度 $2\sim 3\text{mm}$, 待第二层初凝后(约 4h)进行压光, 确保表面平整度 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ 。

(3) 养护措施直接影响强度发展。终凝后(约 8h)覆盖塑料薄膜保湿, 夏季需洒水使表面始终湿润, 养护期不少于 7d ; 冬季采用薄膜+棉被覆盖, 环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。养护结束后检测: 抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ (7d)、 40MPa (28d), 抗折强度 $\geq 4.5\text{MPa}$, 与基层粘结强度 $\geq 2.0\text{MPa}$, 表面吸水率 $< 5\%$ (24h)。

3.4 表面喷涂DPS抗渗防腐剂

(1) DPS施工要把握最佳时机。在RMO修补层养护 7d 后、表面含水率 $< 10\%$ 时进行, 施工前用软布擦去浮灰。喷涂采用“定量+定压”控制: 第一遍按 $300\text{ml}/\text{m}^2$ 用量喷涂, 喷嘴压力 0.3MPa , 呈 90° 角垂直喷射; 间隔 2h 表面微干后喷涂第二遍, 用量减至 $200\text{ml}/\text{m}^2$, 重点对裂缝修补处、边角进行加强^[7]。

(2) 环境适应性控制。风速 $> 5\text{m/s}$ 时需采取防风措施, 避免材料流失; 下雨前 6h 严禁施工, 若施工后 2h 内遇雨需重新喷涂; 高温($> 35^{\circ}\text{C}$)时选择早晚施工, 必

要时先洒水降温(表面无积水)。对垂直面采用“下-上-下”的喷涂顺序, 避免流挂导致的厚度不均。

(3) 质量验证通过“渗透深度+抗渗性”检测。喷涂 7d 后, 在基层钻孔取芯(直径 50mm), 劈开后用酚酞试液检测, 渗透深度应 $\geq 20\text{mm}$; 抗渗性测试每 100m^2 取1组试块, 在 0.6MPa 水压下恒压 8h , 要求无渗漏。对不合格区域, 需查明原因, 重新处理后补喷。

结语

通过上述结果表明, DPS抗渗防腐剂及RMO柔性修补剂两者联合使用在提升砼结构防水、抗渗、防腐及耐久性等方面效果显著。从作用机理上, 它们协同发挥作用, 增强了砼结构的各项性能; 在施工工艺上, 按照规范流程进行基层处理、喷涂RMO底涂、刮抹RMO修补层以及表面喷涂DPS, 能够保证施工质量。未来研究重点在进一步优化材料配方, 提高材料性能, 降低成本。同时, 未来研究在不同环境条件和不同类型砼结构中该材料的应用效果, 拓展其应用范围。

参考文献

- [1]金增报.高性能砂浆在锦绣川水库溢流坝的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(9):37-41.
- [2]王立健,吕鸿翔,刘猛.RMO柔性修补剂在混凝土碳化中的应用[J].山东水利,2019,(08):40+45.
- [3]袁长旭,任高珊.谈RMO柔性修补剂在官家渡槽防渗维修中的应用[J].内蒙古水利,2019,(12):65-66.
- [4]黄九常.CRETO材料在万年闸泵站引水渠衬砌板混凝土冻融破坏修复中的应用[J].海河水利,2020,(04):62-63+68.
- [5]杨式卿.CRETO产品在工程防腐加固中的应用[J].中国新技术新产品,2020,(07):119-120.
- [6]武守猛,侯彩云,任泽俭.DPS抗渗防腐剂在工业水厂工程中的应用[J].工程建设与设计,2020,(23):201-203.
- [7]张永生,翟一鸣.CRETO材料在南水北调济平干渠中的应用[J].山东水利,2020,(12):14-15.