

浅析防治混凝土中的硫酸盐侵蚀措施

高毅, 周继中, 杨震

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 611730)

摘要:通过微观试验确定了混凝土在相应条件下的腐蚀破坏类型。研究了不同粉煤灰掺量及不同混凝土强度等级对混凝土的内部结构和抗硫酸盐侵蚀能力的影响规律。通过干湿循环试验及微观试验验证了所采取的防治措施的有效性。确定了合理的防治措施,以提高混凝土在硫酸盐侵蚀环境下的耐久性性能。

关键词:混凝土;硫酸盐侵蚀;内部结构;防治措施

中图分类号: TU5; TU755; TU74

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2017)02-0060-03

1 概述

硫酸盐侵蚀是水硅酸盐泥浆体和外界侵入的硫酸根离子发生化学反应而引起的混凝土破坏,其主要破坏形式是膨胀和开裂,是导致混凝土性能劣化以致于失效破坏的重要原因之一。从目前研究结果看,硫酸盐侵蚀对混凝土的破坏作用主要有以下4种类型:(1)钙矾石型(AFt)硫酸盐侵蚀;(2)石膏型硫酸盐侵蚀;(3)碳硫硅钙石型硫酸盐侵蚀(TSA);(4)物理结晶型硫酸盐侵蚀。

笔者阐述了采取试验研究与理论研究相结合的方法研究中等浓度硫酸盐作用下混凝土的耐久性。在不同混凝土强度等级、不同掺量粉煤灰条件下进行了混凝土的耐久性试验。通过与南京水科院材料所合作进行混凝土腐蚀试件的微观试验,确定了混凝土在不同条件下的腐蚀破坏类型。

2 试验设备

此次试验所采用的设备为:(1)全自动干湿循环硫酸盐试验箱:该设备可以自动采集实时温度数据;(2)扫描电子显微镜(SEM):日本Hitachi公司生产的S-3400N II型扫描电子显微镜,测试真空度为5 Pa。

3 试验方法

(1)试验试件:尺寸为100 mm × 100 mm × 100 mm 立方体,一共5组、15块。

(2)试验溶液的配制。

①盐酸。由12 mol/L的浓盐酸和蒸馏水按1:1体积比配制而成。

②氯化钡。将100 g 氯化钡($BaCl_2 \cdot 2H_2O$)溶于水中,加水稀释至1 L 制得。

③硝酸银。将0.5 g 硝酸盐($AgNO_3$)溶于水中,加入1 mL 硝酸,加水稀释至100 mL 制得。

④滤纸。中速定量和慢速定量滤纸。

⑤蒸馏水。购自化学药品公司。

混凝土抗硫酸盐侵蚀试验按照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T50082-2009 中的干湿循环加速方法进行。该方法用于测定混凝土试件在干湿交替环境中、以能够经受的最大干湿循环次数来表示的混凝土抗硫酸盐侵蚀性能。采用混凝土的耐蚀系数表征混凝土的抗硫酸盐侵蚀性能。

4 不同强度等级混凝土试验结果

为研究混凝土强度等级对抗硫酸盐侵蚀的影响,此次试验采用了四种不同强度等级的混凝土,分别为C15、C20、C25和C30混凝土试件,将其同时放入溶液浓度为5%的 Na_2SO_4 溶液中,对浸泡试件进行15次、30次、50次、70次干湿循环作用,测试混凝土试件的单轴抗压强度,对比相应基准混凝土试件抗压强度,计算其循环次数后的抗压耐蚀系数,所得混凝土配合比见表1。试验数据结果见图1。

在干湿循环15次时,混凝土的抗压耐蚀系数均在120%以上,说明干湿循环测试较少时,低强度混凝土(C15)也可以满足抗硫酸盐侵蚀等级;但随着混凝土等级强度的提高,抗压耐蚀系数也随之减小。这是因为混凝土强度等级越低,水胶比越大,凝结硬化后内部产生的孔隙率较高的缘故。在较

收稿日期:2017-04-17

少次数的干湿循环后,混凝土等级强度越低,其内部进入的硫酸盐越多。少量的硫酸盐进入其内部, SO_4^{2-} 离子会与水化硅酸钙反应生成钙矾石或石膏

填充其内部孔隙,此时产生的膨胀内应力对混凝土密实性起到了有利作用,提高了其抗侵蚀能力,这是硫酸盐进入侵蚀的第一个阶段。

表1 不同等级混凝土配合比表

编号	水胶比	水 /kg·m ⁻³	水泥 /kg·m ⁻³	粉煤灰 /kg·m ⁻³	砂 /kg·m ⁻³	碎石 /kg·m ⁻³	外加剂 /kg·m ⁻³
C15	0.61	150	172	74	883	1 171	2.46
C20	0.55	150	197	85	877	1 116	2.54
C25	0.5	155	217	93	841	1 114	2.79
C30	0.44	155	247	106	808	1 114	3.53

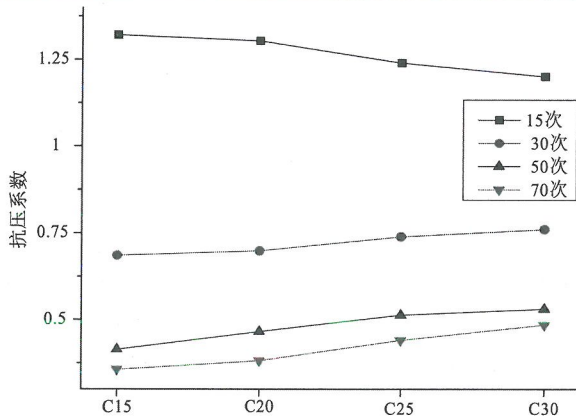


图1 不同强度等级试件干湿循环后的抗压侵蚀系数曲线图

当干湿循环在30次以上时,随着混凝土强度等级的提高,抗压耐蚀系数也随之提高。干湿循

环次数的增加,使得更多的硫酸盐离子进入到混凝土内部,形成了更多的钙矾石。但是,混凝土孔隙率是一定的,其没有更多的空间容纳这些生成物,因此,继续生成的钙矾石或石膏产生了很大的内应力,进而导致混凝土破坏。强度等级高的混凝土内部密实,从而挡住了更多的 SO_4^{2-} 离子进入其内部结构,受到的侵蚀效果较弱,因此表现为混凝土强度等级越高,抗压耐蚀系数越高。

5 掺粉煤灰对混凝土抗硫酸盐侵蚀的结效果

采用全自动干湿循环机进行抗硫酸盐侵蚀试验。此次试验选用的三种粉煤灰分别为大龙Ⅱ级粉煤灰、黔东Ⅰ级粉煤灰和华天能Ⅰ级粉煤灰,掺量分别为15%、20%、30%。掺大龙Ⅱ级粉煤灰以及黔东Ⅰ级和掺华天能Ⅰ级粉煤灰,其混凝土配合比见表2~4(其中JZ为基准混凝土)。

表2 掺大龙Ⅱ级粉煤灰混凝土配合比表

编号	水胶比	水 /kg·m ⁻³	水泥 /kg·m ⁻³	粉煤灰 /kg·m ⁻³	砂 /kg·m ⁻³	碎石 /kg·m ⁻³	外加剂 /kg·m ⁻³
JZ-1	0.4	160	400	-	848	1 036	4
15-1	0.4	160	340	60	828	1 012	4
20-1	0.4	160	320	80	828	1 012	4
30-1	0.4	160	280	120	828	1 012	4
35-1	0.4	160	260	140	828	1 012	4

注:大小碎石比例为5~16 mm:16~31.5 mm=50%:50%。

表3 掺黔东Ⅰ级粉煤灰混凝土配合比表

编号	水胶比	水 /kg·m ⁻³	水泥 /kg·m ⁻³	粉煤灰 /kg·m ⁻³	砂 /kg·m ⁻³	碎石 /kg·m ⁻³	外加剂 /kg·m ⁻³
Q15-1	0.4	160	340	60	828	1 012	4
Q20-1	0.4	160	320	80	828	1 012	4
Q30-1	0.4	160	280	120	828	1 012	4

注:大小碎石比例为5~16 mm:16~31.5 mm=50%:50%。

表4 掺华天能Ⅰ级粉煤灰混凝土配合比表

编号	水胶比	水 /kg·m ⁻³	水泥 /kg·m ⁻³	粉煤灰 /kg·m ⁻³	砂 /kg·m ⁻³	碎石 /kg·m ⁻³	外加剂 /kg·m ⁻³
H15-1	0.4	160	340	60	828	1 012	4
H20-1	0.4	160	320	80	828	1 012	4
H30-1	0.4	160	280	120	828	1 012	4

注:大小碎石比例为5~16 mm:16~31.5 mm=50%:50%。

混凝土试件标准养护至28 d后,将试件放入

全自动干湿循环机,经过120次和150次干湿循

环试验后,分别测试混凝土的抗压强度和同龄期标准养护条件下混凝土的抗压强度。标准养护条件下掺入粉煤灰的混凝土强度见图2。在标准养护120 d时,掺入15%粉煤灰的混凝土抗压强度为基准抗压强度的96.2%~100%;掺入20%粉煤灰的混凝土抗压强度为基准抗压强度的92%

~101.8%;掺入30%粉煤灰的混凝土为基准抗压强度的89.3%~96.2%,其中大龙II级粉煤灰在掺量为35%时强度明显下降。试验结果表明:掺入粉煤灰可以降低水泥用量,同时保证混凝土强度与基准相近,粉煤灰掺量可以控制在30%以下范围。

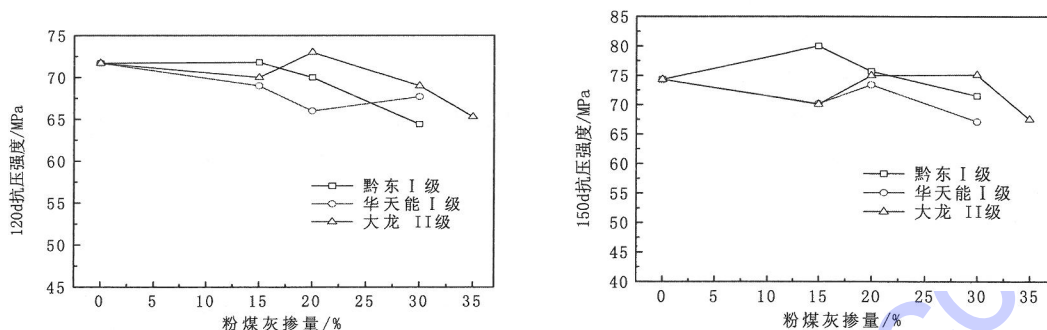


图2 标准养护120 d和150 d粉煤灰混凝土强度示意图

从图3中可以看出120次和150次干湿循环后的混凝土抗压强度数据。当粉煤灰掺量为30%时,120次干湿循环后的混凝土强度为基准混凝土的95.2%以上。黔东I级粉煤灰强度高可能是由于试验误差所造成的。在150次干湿

循环后,掺入粉煤灰的混凝土强度呈现增加趋势。粉煤灰掺量为30%时,混凝土强度为基准混凝土的117%~120%,说明掺入粉煤灰后,在硫酸盐干湿循环作用下混凝土的抗压强度提高。

从图4中可以看出:120次和150次抗压耐

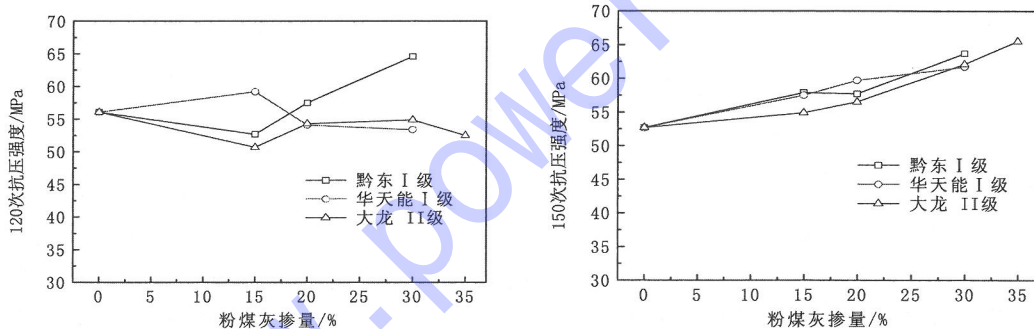


图3 120次和150次干湿循环后粉煤灰混凝土强度示意图

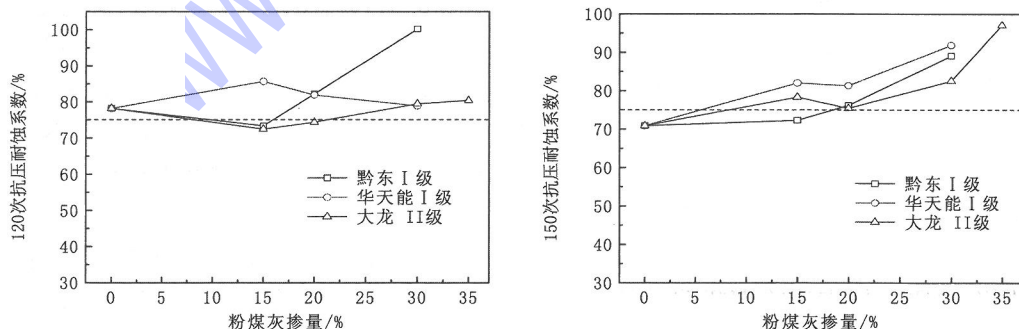


图4 120次和150次干湿循环耐蚀系数示意图

蚀系数呈现增加趋势。当粉煤灰掺量为30%时,120次抗压耐蚀系数约为79%,150次抗压耐蚀

系数约为83%~92%。因此,掺入粉煤灰可以提高混凝土的抗压耐蚀性能。(下转第70页)

(1)及时获取最新、最准确的天气变化及河道水位上涨情况,提前做好应对洪水、暴雨的安全应急预案。

(2)项目实行汛期值班制度,24 h不间断巡视检查挡水围堰,发现渗漏情况时,及时采取措施予以处理,消除安全隐患。

(3)汛前,对河道束窄部位提前做好河道拓宽和围堰加高工作。

4 结语

河道整治作为水利发展中重要的一环,不仅

(上接第62页)

高混凝土的抗压耐蚀系数。

为深入研究粉煤灰对抗混凝土硫酸盐侵蚀效果,在硫酸盐干湿循环后,选取掺粉煤灰混凝土试件和不掺粉煤灰混凝土试件进行扫描电子显微镜(SEM)测试,测试结果显示:掺入粉煤灰的混凝土内部十分密实,大量的水泥水化产物包裹在粉煤灰周围,很难看出有钙矾石(Aft)或石膏的生成,可以提高混凝土的密实性、促进水泥水化并抑制硫酸盐侵蚀产物的生成;而未掺粉煤灰的混凝土内部出现了大量的棒状晶体,这些棒状晶体推断为石膏或钙矾石晶体,其排列杂乱,混凝土内部结构不密实,从而导致更多的SO₄²⁻离子进入混凝土内部,使水泥水化产物分散,破坏混凝土的微观结构,影响混凝土的抗压强度。

6 结语

(1)研究了四种强度等级(C15、C20、C25和C30)的混凝土试件,采用浓度为5%的Na₂SO₄溶液进行干湿循环试验,试验结果表明:高强度等级

成都或四川乃至全国范围内在很长一段时间内都会大范围的开展类似工程。通过对该工程河道护岸施工工艺进行总结,所取得的经验可为今后国内其他类似河道工程施工借鉴。

作者简介:

于飞(1985-),男,四川彭山人,项目技术部主任,工程师,学士,从事水利水电及市政工程施工技术与管理工作;
吕治勇(1991-),男,湖北宜昌人,助理工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作;
曹永芳(1979-),女,陕西凤翔人,工程师,从事水利水电及市政工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)0

的混凝土内部由于孔隙率较小而不易结晶,具有较好的抗硫酸盐侵蚀性能;也就是说:提高混凝土强度等级,降低混凝土孔隙率是改善混凝土抗硫酸盐侵蚀的一种途径。

(2)粉煤灰掺量达30%时,经过干湿循环作用180次,混凝土的抗压耐蚀系数为76.4%,满足标准规定的硫酸盐侵蚀等级。掺入粉煤灰可以提高混凝土抗硫酸盐侵蚀效果,防腐剂和粉煤灰双掺对混凝土抗硫酸盐侵蚀效果最佳。试验结果表明:在180次干湿循环后,混凝土的抗压耐蚀系数可以达到近100%。此项措施可以降低水泥用量,同时提高混凝土抗硫酸盐侵蚀的能力,对实际工程配合比设计具有重要的参考价值。

作者简介:

高毅(1983-),男,四川成都人,深茂五标指挥部测量试验中心副经理,工程师,从事试验检测工作;
周继中(1982-),男,四川成都人,深茂五标指挥部测量试验中心经理,高级工程师,从事试验检测工作;
杨震(1981-),男,湖北十堰人,助理工程师,从事工程测量技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

玉瓦水电站及送出工程通过机组启动验收

4月13日,国网四川省电力公司组织召开玉瓦水电站及送出工程启动验收委员会。与会委员听取了电站及送出工程各方关于机组启动有关情况的汇报。会议同意玉瓦水电站1号、2号机组和送出工程具备启动试运行条件,待黑河塘变电站启动后,即可开展电站并网试验和72小时试运行工作。在玉瓦水电站主体工程建设过程中,九寨沟公司根据工程形象面貌及时开展各项验收的组织和协调工作,各阶段验收未影响和制约后续工程建设和总工期目标。2014年8月完成截流验收,2016年9月至12月组织完成蓄水质量监督、蓄水安全鉴定、征地移民验收及蓄水验收,2016年12月至2017年3月,组织完成输水系统专项安全鉴定、启动阶段质量监督和启动验收专家组现场检查。3月底,总承包项目部完整提交了修改后的启动验收自检资料,4月6日,启委会专家组完成启动验收资料终审。与此同时,九寨沟公司完成并网调度协议、购售电合同、新设备投运等8项启动前涉网手续办理工作。经九寨沟公司与启委会各方协调,确定在4月13日召开玉瓦电站及送出工程启动验收会议。玉瓦水电站及送出工程启委会的顺利召开,是玉瓦水电站及送出工程建设的里程碑事件,标志着历时3年的电站工程建设至此已基本结束,为顺利完成集团和总承包合同约定的建设目标奠定了坚实基础。玉瓦水电站为白水江干流“一库七级”开发的第2级电站、中国电建集团成都院在白水江流域EPC总承包的第5个项目,装机容量为49兆瓦。