

水工混凝土表面不同防护材料 抗渗性能对比试验研究

宋 峰

(江苏省淮沐新河管理处, 江苏 淮安 223005)

摘要:为提高水工钢筋混凝土结构抗渗性能。根据水工混凝土服役环境的特殊性,设计开展室内混凝土防护材料性能检测试验方法,对比分析水工建设中应用较为广泛的 HS943 环氧厚浆、施而固、优止水以及永凝液 4 种防护材料的混凝土抗渗性能。试验表明:(1)HS943 环氧厚浆与施而固防护材料涂层防渗效果明显。环氧厚浆材料内部微观结构密实无孔隙,能够阻止水分的渗入,而施而固材料内部微观结构及涂层阻水性则相反;(2)优止水材料成分与施而固相似,但涂层防渗效果较施而固差;(3)永凝液能填充结构内部孔隙但不能阻止水从结构表面进行浸入,涂层抗渗效果一般。

关键词:水工混凝土;室内试验;表面防护材料;抗渗性能

中图分类号:TV441

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)03-0043-04

Comparative experimental study on the impermeability of different protective materials on the hydraulic surface of concrete

SONG Feng

(The New Huaishu River Management Division of Jiangsu Province, Huai'an 223005, Jiangsu)

Abstract: In order to improve the impermeability of hydraulic reinforced concrete structures, according to the particularity of the service environment of hydraulic concrete, an experimental test method for the performance of indoor concrete protective materials was designed. The impermeability of concrete with HS943 high build epoxy, solidification, excellent water-stop and permanent condensate, which were widely used in hydraulic construction, was compared and analyzed. The test results showed that: (1) The anti-seepage effect of two protective materials coating as HS943 high build epoxy and solidification was obvious. The internal microstructure of high build epoxy material was compact and porous, which could prevent water infiltration, while the internal microstructure and the water resistance of the coating of solidification material were opposite. (2) The composition of the excellent water-stop material was similar to that of solidification, but the coating anti-seepage effect of the excellent water-stop was worse than that of the solidification. (3) Permanent condensate could fill the internal pore of the structure, but could not prevent water from immersing from the structure surface, so that the coating anti-seepage effect was general.

Key words: hydraulic concrete; laboratory test; surface protective materials; impermeability

渗透性的基本原理为气体、液体或离子等介质,在一定的压力梯度、电势等作用下浸入或渗透

水工混凝土多孔材料的难易程度^[1]。抗渗特性可以直接影响水工混凝土结构抗冻性、耐腐蚀性以及

收稿日期:2019-09-21

作者简介:宋峰(1989—),男,工程师,主要从事水利工程安全运行的维护与管理工作。

抗碳化能力等^[2]。一般而言,抗渗性能好的水工混凝土结构,其结构较密实,混凝土的功效亦能被充分发挥。因此,水工混凝土的抗渗性能是影响混凝土结构耐久性的关键因素。

水工混凝土结构物处在干湿交替、生物、气候等复杂的多因素耦合环境中,而海水中的混凝土结构还要遭受较强氯盐等侵蚀介质作用,所处服役环境十分恶劣^[3]。随着科技的进步,混凝土表面防护技术在水利工程、桥梁工程等中均已得到广泛应用^[4]。如水闸工程中闸墩、翼墙、排架,大铲湾码头,青马大桥等均使用了渗透型防护材料;青岛海湾大桥使用了成膜型防护材料^[5]。为提高防护材料的应用性能,专家们不断改进各类材料,涌现出了越来越多的新型防护材料^[6-7]。这些新型防护材料防护效果却参差不齐,在水工建设中需依据混凝土建筑物所处的服役环境有针对性的进行选择使用,而关于此方面的研究却鲜有报道。

基于上述背景,根据水工混凝土复杂的服役环境,设计了开展室内混凝土防渗性能检测试验方法,选取了在水工混凝土中广泛使用的 4 种表面防护材料,分别为环氧厚浆(HS943)、施而固、优止水和永凝液,以期检验不同材料对提高混凝土抗渗效能,为此类材料在水利工程实际中的应用提供参考。

1 室内渗透试验原理及方法

1.1 试验原理

水工混凝土抗渗性能试验基本原理为视混凝土为多孔材料结构,运用流体力学知识中的达西定律,进一步测算混凝土结构的渗透系数值,开展对混凝土的抗渗性综合评价。根据试验介质的不同,混凝土结构渗透性室内检测方法亦不同,主要包括水渗透试验检测法与气体渗透试验检测法。根据达西定律,则其流量和压力差间的关系为

$$Q = KA\Delta P/\mu L \quad (1)$$

$$K = \mu QL/A\Delta P \quad (2)$$

式中: Q 为流体介质体积流量, m^3/s ; K 为水工混凝土的渗透系数, m/d ; A 为流体介质渗过水工混凝土的总截面面积, m^2 ; ΔP 为施加的压力差, N ; μ 为流体介质的黏度, m^2/s ; L 为水工混凝土的厚度, m 。

1.2 检测方法

水工混凝土结构渗透性室内检测方法主要有水渗透试验检测法(水渗法)与气体渗透试验检测

法(气渗法)。检测时可根据不同需求选择试验方法,水渗法主要思路为:在结构一侧借助加载机施加一定的压力,利用计算的渗透系数表征试水渗入混凝土的难易程度。气渗法种类较多,分为常规检测方法与非常规检测方法。常规检测法有抗渗标号试验方法、稳定流动试验方法及渗透深度试验方法等。

抗渗标号试验方法^[8]为规范推荐的标准试验方法,其基本思想为:设置 1 组 6 个混凝土圆台形试件,试块几何上口直径、下口直径、圆台高度对应的尺寸分别为:175 mm、185 mm、150 mm,试块去模后需在标准养护室内养护 28d,达到龄期后开展检测,采用逐级加压方式对同组的所有试件持续施加压力,直至 2 个试件出现渗水现象。但此试验方法仅适用于渗透性较大的混凝土结构。

稳定流动试验方法的基本思想为:在多孔混凝土结构材料内注入压力液体,通过检测其内压力液体流量、速度,再运用式(2)计算确定渗透系数 K 。但此试验方法仅适用于高渗透性的混凝土,要求混凝土试件需在足够缓慢的单向稳定流中开展且数据误差较大。

渗透深度试验方法^[9]的基本思想为:一定压力作用下,流体介质一定时间内渗入混凝土的深度,但此试验方法仅适用于低渗透性的混凝土。

2 室内检测试验

2.1 检测设备

本次混凝土表面不同防护材料抗渗性能对比试验仪器为 HP-4.0 自动调压混凝土抗渗仪。试验技术指标严格按照规范^[10-11]中混凝土抗渗性试验的操作要求开展,检测方法采用规范推荐的抗渗标号试验方法。

2.2 检测材料

选用的水泥为 C32.5 普通硅酸盐水泥,水泥的物理特性指标见表 1。选用的砂为中砂,其细度模数为 2.5、泥含量为 0.9%,所选中砂符合 II 区颗粒级配区以及配制规范规定 C25 强度以上的混凝土。碎石选用含泥量为 0.2% 的碎石,压碎值符合配制 C25 强度以上混凝土规范的要求,碎石级配分布情况见表 2。

试验所采用水工混凝土试块的水泥、砂、石子、水配比为 1:1.30:2.64:0.50,水工混凝土试块中水泥、砂、石子、水用量分别为 430 kg/m^3 、 560 kg/m^3 、 1137 kg/m^3 、 215 kg/m^3 。

表1 选用水泥物理特性指标

细度/%	烧失量/%	MgO/%	SO ₃ /%	初凝时间/min	终凝时间/min
3.80	3.85	1.72	2.09	185	290

表2 选用碎石级配分布

筛孔直径/mm	80.0	63.0	50.0	40.0	31.5	25.0	20.0	16.0	10.0	5.0	2.5
累计筛余/%	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	51.0	82.0	95.0	100	100	100

水工混凝土表面防护材料优止水与施而固均为水泥基渗透非结晶型材料,涂刷前需进行调制,其调制的步骤为:①将容器清洗干净,待容器干燥后将亚克力增强剂与清水按1:6的配比搅拌成均匀混合液;②将优止水高效防护剂粉料倒入拌合均匀混合的液容器中,继续搅拌使之成为糊状混合物;值得注意的是:为使优止水与混合液能够充分融合,中途需暂停搅拌5 min;③继续搅拌10 min形成均匀的混合物待用。

2.3 试件制作

按照抗渗标号试验方法的要求,将水工混凝土抗渗检测试件制作作为圆台形试块,试块的几何上口直径、下口直径、圆台高度分别对应的尺寸为:175 mm、185 mm、150 mm,共制作了5组30个试件。将制作成型后的试件放置室外保湿养护28 d,自然养护环境为20~24℃,并保持相对湿度为65%~70%。

2.4 检测方法

对养护时间达到28 d的试块进行涂刷,涂刷方法见表3。涂刷过环氧厚浆(HS943)、优止水(施而固)和永凝液材料的3组试块需要继续养护2 d,待试块表面完全干燥后用于试验。将侧面涂刷了硅

橡胶的试块压入试模内,待硅橡胶固结后把试块连同试模放在抗渗仪上并放水灌满试块坑开展检测。

2.5 检测结果判定标准

试块的检测步骤为:①将试块从试模中取出;②用压力机将试件劈开;③在试块上均分成10等分以测定渗水高度。水工混凝土的抗渗等级可以通过下面的公式计算得到:

$$W = 10H - 1 \tag{3}$$

式中:W为水工混凝土抗渗等级;H为6个水工混凝土试块中含有3个渗水时的水压力,MPa。

试验时若压力机加载到设计最大抗渗压力且保持稳压8 h后,表面渗水的水工混凝土试块少于3个,则视为水工混凝土试块的抗渗等级≥规定值;反之则认为其抗渗等级<规定值。

试验时试块受到的初始压力为0.1 MPa,然后按照每隔8 h增加0.1 MPa的梯度逐级加压,并实时观察水工混凝土试块表面的状况。若发现这组6个水工混凝土试块中有3个试块表面出现渗水;或加载机加载至设计最大抗渗压力1.2 MPa时,并且在8 h内水工混凝土试块表面出现渗水的试块少于3个,即可根据判定标准停止试验并记录此时的试验压力。

表3 不同防护材料涂刷方法

防护材料	涂刷方法
优止水与施而固	涂刷前用清水浇透湿润试块,在其表面涂刷优止水。待第一层晾干后方可进行下一次涂刷,涂层厚度控制在1 mm,两次间隔时间不小于12 h。待试件表面干燥后,覆盖透水土工布保湿养护不小于2 d
永凝液	倒进喷雾器前,先摇晃5 min减少沉淀物,用力摇匀喷雾器里溶液直至产生泡沫,将溶液均匀喷涂在试件表面,喷涂1遍后养护2 d再使用
环氧厚浆材料(HS943)	此系列材料分甲乙两组,按7:1比例配制,待混合拌制均匀后使用,涂刷3次,待上一次涂刷干燥后进行下一次,涂层厚度需达到0.25 mm

3 检测结果分析与讨论

试验结果表明,当加载机将压力加至 1.2MPa 并保持稳压 8h 后,水工混凝土试块的表面均未出现渗水现象,量测并统计劈开试块的渗水高度。计算出每组 6 块试件的平均值并绘图,喷涂防护材料后试块渗透试验渗水高度见图 1。

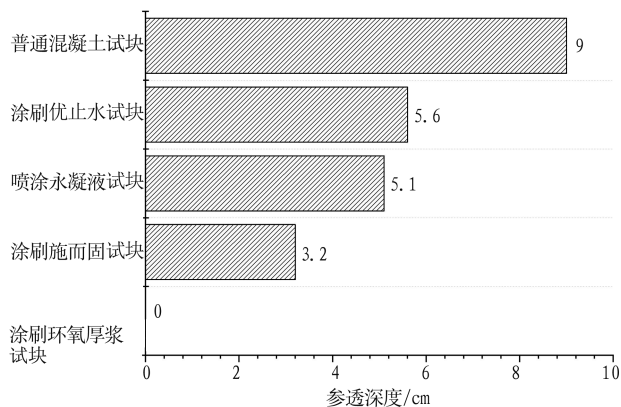


图 1 喷涂防护材料后试块渗透试验渗水高度

由图 1 可以看出:普通混凝土试块、涂刷优止水材料试块、喷涂永凝液试块、涂刷施而固材料试块以及涂刷 HS943 环氧厚浆涂层试块的渗水高度分别为 9.0 cm、5.6 cm、5.1 cm、3.2 cm、0.0 cm。涂刷防护材料后混凝土试块的抗渗性能均有不同程度的提高。涂刷 HS943 环氧厚浆的试块渗水高度约为 0,表征所选 4 种防护材料中 HS943 环氧厚浆材料的防渗性能最好,涂刷优止水的试块、喷涂永凝液试块、涂刷施而固试块渗水高度均远小于普通混凝土试块渗水高度,其值分别为普通混凝土试块渗水高度的 62.22%、56.67%、35.56%,表征涂刷施而固后混凝土试块的抗渗效果明显,喷涂优止水与永凝液涂层混凝土试块的防渗效果均较弱且渗水高度相差较小,差值仅为 5.55%。

虽然涂刷 HS943 环氧厚浆材料的混凝土试块防渗性能最好,但材料不透气的性能会影响混凝土内部的水化作用;且在实际工程中施工较困难,难以完全收面磨光,涂刷时亦会散发刺鼻的气味;此外,环氧厚浆材料与混凝土多孔材料的收缩率不一致,后期易出现成片脱落现象。

施而固和优止水组成成分均为水泥基渗透非结晶型防护材料,它们的活性物质经过化学反应在混凝土结构表面生成非晶态水化硅酸钙物质,能逐渐渗入水工混凝土结构的毛细孔中,填充结构的孔隙和裂缝,以达到提高结构的密实度来降低透水性的目的。施而固中含有的活性物质和亚克力增强

剂,能保证防护材料与水工混凝土基底可靠粘结,还具有较好的自愈合能力。优止水防护材料含较粗颗粒细度,其凝硬反应比施而固较差,生成的表面防护层亦没有施而固密实。

永凝液是一种碱激活性的水基渗透结晶型防水材料,材料本身具有较好的亲水性及渗透性,永凝液能在水环境作用下与水工混凝土中碱性物质发生化学反应,生成的硅酸钙凝胶能覆盖毛细孔隙以达到提高混凝土密实度的目的。但此化学反应主要发生在水工混凝土结构内部,无法阻止水从结构表面进行浸入。

4 结 论

(1)涂刷防护材料后混凝土试块的抗渗性能均有不同程度的提高。涂刷 HS943 环氧厚浆材料混凝土试块的防渗性能最好,涂刷优止水的试块、喷涂永凝液试块、涂刷施而固试块渗水高度均远小于普通混凝土试块渗水高度,其值分别为普通混凝土试块渗水高度的 62.22%、56.67%、35.56%,表征涂刷施而固后混凝土试块的抗渗效果明显,喷涂优止水与永凝液涂层混凝土试块的防渗效果均较弱且渗水高度相差较小,差值仅为 5.55%。

(2)HS943 环氧厚浆与施而固防护材料均在混凝土试块表面形成了密实度较高的涂层,该试块表面坚硬涂层防渗效果显著。但此两种涂层材料的构成成分差异较大,施而固防护材料是一种微观结构内部呈多细小毛细孔隙的无机材料;而环氧厚浆是一种内部微观结构密实无孔隙的有机材料,能够封闭住混凝土表面孔隙从而阻止水分的渗入。优止水成分与施而固相似,但防渗效果较施而固差。永凝液涂层的抗渗效果一般,其能填充结构内部孔隙但阻止水从结构表面进行浸入。

参考文献:

- [1] 吴明. 对两类渗透性防水材料的思考[J]. 中国建筑防水, 2013(16):7-11.
- [2] 程永锋, 张琰, 刘华清, 等. 基于外涂防腐材料的混凝土抗压强度和抗渗性能研究[J]. 混凝土, 2016(6):20-23.
- [3] 王子迪. 孔填充材料对混凝土抗渗性能影响研究[J]. 混凝土, 2013(4):37-39.
- [4] 廖文兵, 刘清, 塞尔江·哈力克. 渗透结晶材料对乌鲁木齐地区混凝土抗渗性能的试验研究[J]. 混凝土, 2015(1):155-157.

(下转第 50 页)

(上接第 46 页)

- [5] 牛荻涛. 混凝土结构耐久性与寿命预测[M]. 北京: 科学出版社, 2003:13-15.
- [6] 李新宇, 方坤河, 等. 软水溶蚀作用下水工碾压混凝土渗透特性研究[J]. 长江科学院院报, 2008, 25(4):81-84.
- [7] 郭远臣, 谢波, 王鸿东, 等. 渗透结晶型高抗渗生态水工混凝土性能研究[J]. 混凝土, 2013(6):120-123.
- [8] GB/T 50082-2009 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准[S].
- [9] BASHEER P A M, BASHEER L, CLELAND D J, et al. Surface treatments for concrete: assessment methods and reported performance[J]. Construction & Building Materials, 1997, 11(7/8):413-429.
- [10] DL/T 5150—2017 水工混凝土试验规程[S].
- [11] SL/352—2006 水工混凝土试验规程[S].