

盐渍土地区冻融环境下渗透型防水剂对混凝土的防护性能研究

杨敬礼¹, 王 晖¹, 苏 凯¹, 陈 鹏¹, 李晓民^{1,2}, 魏定邦¹, 杨万鹏¹

(1.甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司,兰州 730030;

2.甘肃省公路交通建设集团有限公司,兰州 730030)

摘要: 制备若干组渗透型防水剂,对其在混凝土抗氯离子吸收、干燥系数和吸水率比进行了验证。结果表明:渗透型防水剂对混凝土抗氯盐侵蚀和抗冻融破坏效果显著;渗透组的抗氯离子吸收降低率高达 97.6%,抗氯盐侵蚀优异;渗透组干燥系数达 51.9%,有利于更多水分子从混凝土内部挥发出来;渗透型防水剂处理的混凝土吸水率比平均值为 5.64%,防水效果显著,在盐渍土区域的户外试验段对混凝土防水性能的提升明显。

关键词: 混凝土防护; 渗透型; 盐渍土; 冻融环境

中图分类号:TQ637 文献标志码:A 文章编号:1007-9548(2024)09-0012-03

Study on Concrete Protective Performance of Permeable Waterproofing Agent in Saline Soil Area under Freeze-thaw Environment

YANG Jing-li¹, WANG Hui¹, SU Kai¹, CHEN Peng¹, LI Xiao-min^{1,2}, WEI Ding-bang¹, YANG Wan-peng¹

(1.Gansu Province Transportation Planning Survey & Design Institute Co., Ltd., Lanzhou 730030, China;

2.Gansu Highway Traffic Construction Group Co., Ltd., Lanzhou 730030, China)

Abstract: Several groups of permeable waterproofing agents were prepared in this paper, the resistance to chloride ion absorption, drying factor and water absorption ratio of concrete are verified. The results show that permeable waterproofing agent has significant effect on chloride corrosion resistance and freeze-thaw resistance of concrete; The anti-chloride ion absorption reduction rate of the penetration group is as high as 97.6%, and the chloride corrosion resistance is excellent; The dryness coefficient of the penetration group is 51.9%, which is conducive to the volatilization of more water from the concrete; The water absorption of concrete treated with permeable waterproofing agent is only 5.64%, and the waterproof effect is remarkable, which can improve the waterproof performance of concrete in the outdoor test section of saline soil area.

Key words: concrete protection against; permeable; saline soil; freeze-thaw environment

0 引言

混凝土结构的病害类型很多,主要有混凝土物质溶出破坏,SO₄²⁻、Cl⁻侵蚀,内部钢筋生锈、膨胀、松散,

碳化腐蚀酸化,碱骨料反应以及冻融破坏等^[1-2],尤其是在盐渍土地区耦合冻融环境,混凝土结构的腐蚀破坏十分严重。比如像甘肃省河西地区常年强紫外、大温差,这一环境给混凝土结构的耐久性带来了巨大的挑战^[3-5]。又比如东北地区的寒冷环境,结合除雪保畅过程中使用融雪剂,同样给混凝土结构的桥梁、路面等的耐久性带来了挑战,也给交通安全埋下了隐患^[6-9]。因此,开发适用于盐渍土地区冻融环境下的混凝土保护材料十分重要。这一通过表面简单处理大大提高混凝土结构耐久性的方法引起了科学界和工业界工作者

收稿日期:2024-04-03

基金项目:甘肃省重点研发计划(工业类)21YF11GA010;甘肃省交通运输厅科研项目 No.2022-43。

作者简介:杨敬礼(1988—),男,本科,工程师,主要从事公路工程建设及检测,绿色环保材料的工程应用研究等工作。E-mail:511726335@qq.com。

的研究热情。郑敏升^[10]总结了混凝土结构的腐蚀问题以及提出了采用化学防护的手段提高混凝土使用寿命的方法,认为低聚合度硅氧烷防尘处理剂是一种在国外早已广泛应用的混凝土保护产品。目前国内最主要的防护方法是涂装较厚的封闭型防护涂层,而通过较高渗透性的疏水物质增强已成型的混凝土耐久性的研究屈指可数,针对国内西部较落后、欠发达地区环境下的渗透防护效果研究更是处于空白状态。

1 试验部分

1.1 试验原材料

聚乙二醇(M_n 为4 000、6 000、8 000),化学纯;烷基酚聚氧乙烯醚(OP-10):亲水亲油平衡值(HLB)为14.5;化学纯辛基酚聚氧乙烯醚(OP-10):HLB值为13.3;化学纯蓖麻油聚氧乙烯醚;工业级烷氧基硅。

1.2 试件制作方法

参考JT/T 991—2015所述方法:水泥应是GB 175规定42.5级的硅酸盐水泥;砂、石应满足JGJ 52—2006的规定;水应满足JGJ 63—2019的规定;配合比(W/C)为0.6,水泥用量为360 kg/m²,Ⅱ区河砂,5~25 mm连续级配碎石,砂率为36%~38%。

试件涂覆量为(300±10) g/m²,涂覆面为试件侧面。涂覆后试件放在温度(23±2)℃、相对湿度(60±5)%的环境下14 d。

1.3 试验方法

1.3.1 吸水率比测定

1)取试件3块,选一个涂覆面进行涂覆处理,同时取没涂的试件3块,选择一个空白面。

2)试件在50℃下烘烤48 h取出,于温度(23±2)℃、相对湿度(60±5)%的条件下冷却至室温。

3)称取试件初始质量,将试件涂覆面向下放于适当容器中,注入(23±2)℃水,其液面需高于涂覆面10 mm以上,24 h后取出浸泡试件,擦拭至面干,计算涂覆之后试件的吸水量。

4)取未涂覆的试件,空白面朝下按照上述3)的方法处理,算得未涂覆试件的吸水量。

5)吸水率 $W=W_1/W_2 \times 100\%$,式中: W_1 为涂覆的试件的24 h吸水量,g; W_2 为未涂覆的试件的24 h吸水量,g。

1.3.2 氯离子吸收降低率测定

1)除试件涂覆面外,各面均涂环氧涂料来密封。

2)将试件涂覆面朝下放于适当容器中,倒入23℃的5 mol/L氯化钠溶液,液面需高于涂覆面10 mm。

3)24 h后取出浸泡的试件,在40℃下烘干24 h,之后从该试件深2 mm处切开并弃去2 mm以上部分,将试件上的新切面打磨至深10 mm处,根据JTJ 270—

1998《水运程混凝土试验规程》中混凝土氯化物含量测定法来准确检测上述打磨出的粉末样品中氯化物的实际含量。

4)在待测试件表面以下深度为11~20 mm、21~30 mm处,重复上述操作。

5)氯化物吸收量降低率: $\Delta CU=(CU-CU_1)/CU \times 100\%$,式中: CU 为空白组的氯化物平均含量; CU_1 为渗透组的氯化物平均含量。

1.3.3 干燥系数测试

1)将制备好未经渗透防水剂处理的试件放在温度(23±2)℃、相对湿度(60±5)%的条件下7 d。

2)取出其中3个试件进行全表面涂覆处理,然后室温放置48 h。

3)将3个涂覆处理后的试块称取质量 m_1 g,在温度(30±2)℃、相对湿度(40±5)%的恒温恒湿箱中放置24 h后称取质量 m_2 g,计算出干燥速率 $D_1=(m_1-m_2)/tS$,式中: t 为时间,h; S 为试件表面积,m²。

4)将3个空白试件进行3)步骤处理,称得质量 m_3 、 m_4 ,同法换算出干燥速率 D_2 。

5)计算出干燥系数 $DRC=D_1/D_2 \times 100\%$ 。

2 结果与讨论

分别采用自主研发的渗透型防水剂和普通封闭型产品对混凝土试件进行处理后,测试了混凝土的吸水率比、抗氯离子吸收、干燥系数。通过各项防护性能测试来评估渗透型防水剂在混凝土防护中的性能。

2.1 吸水率比测试

将空白组、渗透组和封闭组同时浸入水中,保持液面在涂覆面10 mm以上,经过计算,渗透组的吸水率比平均值为5.64%,封闭组的吸水率比平均值为7.92%(如图1所示),说明渗透组的防水效果比封闭组防水效果优异,这是因为本材料不但具备表面疏水功能,渗透组的接触角明显大于封闭组的接触角(如图2所示),水更容易浸润普通封闭组混凝土,从而腐蚀混凝土内部的几率更大,而且该材料还具有较强的渗透效果,可以通过混凝土孔隙渗入内部2~8 mm,具体渗透深度根据混凝土密实程度决定。

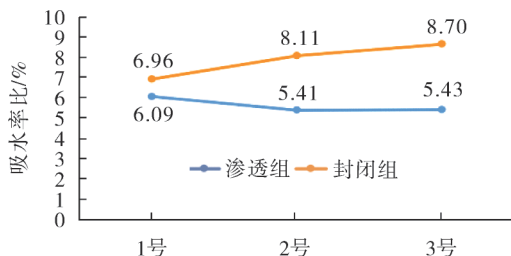


图1 吸水率比测试

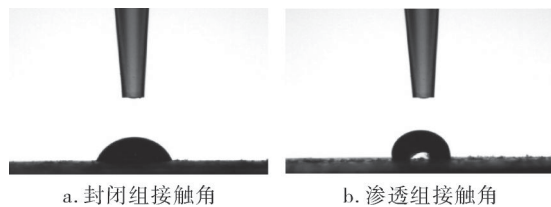


图2 接触角对比

2.2 抗氯离子吸收测试

抗氯离子吸收降低率反映涂层抵抗氯离子侵蚀的能力,以空白组混凝土为氯离子完全侵蚀的参比,渗透组混凝土和封闭组混凝土为对比样本,经计算,渗透组的抗氯离子吸收降低率平均值为 97.6%,高于标准要求的 80%,封闭组的吸收降低率平均值为 50.2%,如表 1 所列。

表 1 抗氯离子吸收降低率

项目	1	2	3	平均值
渗透组	97.1	97.7	97.9	97.6
封闭组	45.9	54.6	50.2	50.2

由表 1 可见,渗透型防水剂对混凝土防止氯离子等盐水侵蚀具有优异的效果,这是因为渗透型防水剂可以渗入混凝土内部一定深度,其中的硅烷分子中的端头硅烷结构和硅氧烷低聚物在适合的碱性环境下水解脱醇,与混凝土内部的一OH 键形成均匀、致密的三维交联有机硅结构,与混凝土发生高键能的化学反应,主链—Si—O—Si—中硅氧键的键能高达 443.5 kJ/mol,高于普通紫外线的辐照强度,因而具备了优良的耐久性能,而表面由于含有长链基团,因此提高了疏水程度,从而阻碍绝大多数水流渗入混凝土内部,阻隔盐离子对混凝土的侵蚀。

2.3 干燥系数测试

干燥系数反映水分子从混凝土内部挥发出来的能力,通过图 3 可知,渗透组干燥系数平均值为 51.9%,远高于标准 30%的要求;而封闭组干燥系数平均值只有 15.9%左右,挥发能力较低,也是造成混凝土腐蚀破坏的因素之一。相较而言,渗透组混凝土内部的水汽容易从混凝土内部挥发出来,因而冬季其内部被冻结膨胀的固态水相对减少,减轻冻融循环对混凝土强度的劣化作用,从而提高混凝土的耐久性,而封闭组混凝土的水汽相对会被封锁在混凝土内部无法挥发,因而冬季多次冻融循环就会加速混凝土的劣化程度,进而导致混凝土开裂损坏。

对渗透组和封闭组在相同条件下进行室内盐冻试验,如图 4 所示,封闭组试件已被盐冻明显破坏,而渗

透组试件还保留几乎完整的状态,说明在冻融环境下渗透型防水剂对混凝土的防护作用明显,这可能与渗透型防水剂赋予混凝土优异的“立体防水性”有关,渗透组混凝土表面疏水效果显著,并且混凝土向内一定深度也同样具有这种防水效果。

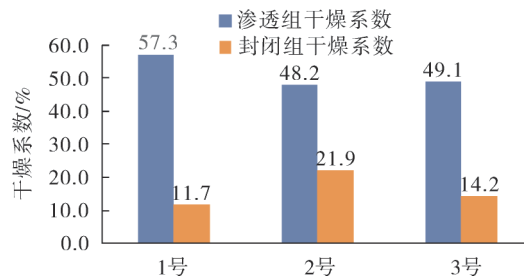


图3 干燥系数对比

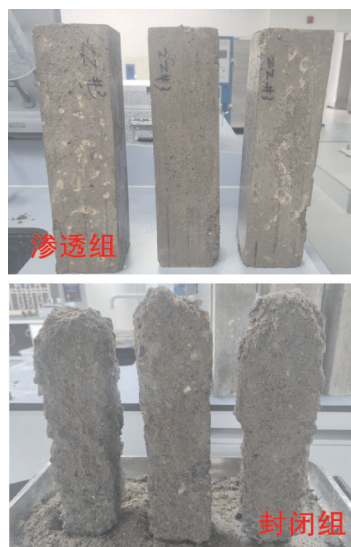


图4 盐冻效果

2.4 应用效果

该材料已应用在甘肃盐渍土代表区域,渗透型防水剂主要针对桥梁、桥台混凝土进行防护处理,施工完成后桥梁混凝土疏水效果明显,水流不会浸润混凝土表面,大部分水流经混凝土表面不在其上留下痕迹,而后落下的少量水珠流挂在混凝土表面,随着水珠的聚集一起最终一起流至地面下方。

渗透型防水剂的“立体防水性”降低了水流渗入混凝土后对混凝土的盐胀破坏和对钢筋的腐蚀破坏,使得混凝土的强度得以在相对更长的时间内保持稳定,从而提高了混凝土耐久性和桥梁等混凝土工程结构的使用年限。

3 结语

通过本文研究结果证实,渗透型(下转第 22 页)