

· 研发应用 ·



一种新型防水剂的性能研究

沈尔卜^{1,2}, 李遵云^{1,2}, 李顺凯^{1,2}, 屠柳青^{1,2}

(1. 中交武汉港湾工程设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430040;

2. 海工结构新材料及维护加固技术湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430040)

摘要: 该新型防水剂产品能从根本上解决混凝土中毛细孔吸水问题, 防止混凝土结构被氯离子渗透, 从而防止钢筋锈蚀。对该防水剂的性能进行测试研究, 综合测试其对砂浆和混凝土相关性能的影响; 率先采用英国标准评价混凝土吸水率; 并比对该新型防水剂与某国外同类成熟产品的相关性能。该防水剂对混凝土和砂浆的7 d和28 d抗压强度均有良好的增益效果, 在不改变工作性能的情况下, 能有效改善混凝土和砂浆的抗渗能力。

关键词: 防水剂; 毛细孔; 抗氯离子渗透性能; 吸水率

中图分类号: TU 502.22

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2015)08-0038-05

Performance of new-kind water-proofing additive

SHEN Er-bu^{1,2}, LI Zun-yun^{1,2}, LI Shun-kai^{1,2}, TU Liu-qing^{1,2}

(1. CCCC Wuhan Harbor Engineering Design & Research Institute, Wuhan 430040, China,

2. Hubei Key Laboratory of Advanced Materials & Reinforcement Technology Research for Marine Environment Structures, Wuhan 430040, China)

Abstract: A new kind water-proofing additive can fundamentally prevent water absorption through the capillary pore and keep chlorine ion out of the concrete structure, so as to prevent reinforcement corrosion. This paper studies the performance of the new-kind water-proofing additive, including the influence on both mortar and concrete; Takes the lead to use the British Standard to evaluate the water absorption rate of concrete; Furthermore, it compares it with the same-kind similar foreign products. The new-kind water-proofing additive can improve 7 d and 28 d compressive strength and the anti-permeability of both mortar and concrete in case of no changing the working performance.

Keywords: water-proofing additive; capillary pore; resistance to chloride ion permeability; water absorption rate

地处海洋氯盐侵蚀中的钢筋混凝土结构, 由于钢筋的腐蚀而导致结构破坏, 从而导致巨大的经济损失的情况非常多^[1-3]。混凝土结构的腐蚀破坏主要是由于侵蚀性介质, 尤其是氯离子渗入混凝土结构内部, 引起混凝土的碳化和钢筋的腐蚀破坏造成的。

氯离子可以通过多种途径进入混凝土: 1) 作为混凝土的组分如将氯化钙作为早强剂加入混凝土的拌和物中; 2) 通过扩散作用; 3) 在水压力

作用下渗透; 4) 干湿条件下通过毛细孔吸入。氯离子在混凝土中的侵入过程通常是几种作用共存的: 第1种方式属于人为因素的加入氯离子, 是可以控制的; 后3种氯离子进入途径, 又以毛细管吸附的速度最快, 与其相比, 渗透和电化学迁移产生的迁移可以忽略。英国政府交通研究工作实验室经长期研究, 将毛细孔吸收确定为高质量、低渗透率的桥梁结构混凝土中水和盐的主要传送机制^[4]。

收稿日期: 2015-05-20

作者简介: 沈尔卜 (1983—), 男, 硕士, 工程师, 从事建筑材料研究。

本文所研究的新型防水剂 (简称 SS) 为一种羧酸盐为主要成分的乳浊液体系, 合成配方主要包括 2 种以上的羧酸、若干种无机盐、氢氧化钾和乳化剂, 在适宜的反应条件下充分反应, 并在乳化剂的帮助下形成 O/W 型乳状液。与其他防水剂不同, 这种新型的防水剂主要针对混凝土的毛细孔吸水问题, 能够从根源上大幅降低甚至阻止混凝土的毛细孔吸水, 以阻止侵蚀性介质进入混凝土内部, 从而实现对混凝土的保护。

1 防水剂性能测试试验

1.1 砂浆性能测试试验

1.1.1 SS 对砂浆强度的影响

水泥砂浆按照 GB 2419—2005《水泥胶砂流动度测试方法》确定基准砂浆和掺 SS 砂浆的用水量, 当水泥与砂的比例为 1:3 时, 将基准砂浆和掺 SS 砂浆的流动度均控制在 (140 ± 5) mm。测定其 7 d 和 28 d 抗压强度。结果见表 1。

表 1 砂浆抗压强度测试结果

试样	抗压强度/MPa	
	7 d	28 d
基准砂浆	3.8	5.6
掺 SS 砂浆	4.0	6.0

1.1.2 SS 对砂浆吸水量的影响

本文测定了基准砂浆和掺 SS 防水剂砂浆的吸水量, 并进行了对比。试验结果表明, 试件养护

28 d 后, 掺 SS 防水剂砂浆的 48 h 吸水量为 30 g, 远远低于基准砂浆的 48 h 吸水量, 吸水量比仅为 64%。

1.1.3 SS 对砂浆抗渗性能的影响

参照 GB 2419—2005《水泥胶砂流动度测试方法》确定基准砂浆和掺 SS 砂浆的用水量, 两者保持相同的流动度, 并以基准砂浆在 0.2~0.3 MPa 压力下透水为准, 确定水灰比。本文确定基准砂浆和掺 SS 砂浆的流动度为 155 mm, 基准砂浆的水灰比为 0.61, 掺 SS 砂浆的水灰比为 0.51。

从图 1 可知, 掺 SS 的砂浆具有很高的抗渗性能, 渗透压力比高达 500%。

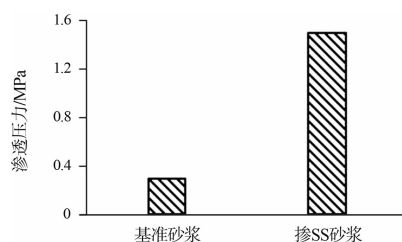


图 1 砂浆透水压力比测试结果

1.2 混凝土性能测试实验

以普通混凝土和海工混凝土为例, 研究了不同 SS 掺量 (0、20、30 L/m³) 对混凝土性能的影响, 探究其影响规律, 并与某国外同类成熟产品 (以下简称 H) 进行对比。混凝土试验配合比如表 2 所示, KT-1 到 KT-6 掺入防水剂为 SS, KT-7 掺入防水剂为 H。

表 2 SS 掺量对混凝土性能影响实验配合比

编号	防水剂掺量/ (L·m ⁻³)	胶材用量/ (kg·m ⁻³)	砂率/%	原材料用量/(kg·m ⁻³)						
				水泥	粉煤灰	矿粉	砂	石	水	外加剂
KT-1	0	410	40	410	0	0	732	1 098	156	3.28
KT-2	20	410	40	410	0	0	732	1 098	140	3.57
KT-3	30	410	40	410	0	0	732	1 098	132	3.57
KT-4	0	410	40	164	164	82	732	1 098	156	3.98
KT-5	20	410	40	164	164	82	732	1 098	140	3.69
KT-6	30	410	40	164	164	82	732	1 098	132	3.69
KT-7	20	410	40	410	0	0	732	1 098	140	3.57

1.2.1 SS 对混凝土工作性能的影响

混凝土的工作性能测试按 GB/T 50080—2002《普通混凝土拌和物性能试验方法》进行。对于普

通混凝土和海工混凝土, 与基准混凝土相比, 掺入 SS 和 H 后混凝土的坍落度和扩展度基本不变, 混凝土的工作性能未受到不利影响; SS 掺量增加

时,工作性能也基本不受影响(表3)。

表3 疏水化合物对混凝土工作性能的影响

编号	坍落度/mm	扩展度/(mm×mm)
KT-1	190	400×420
KT-2	195	390×400
KT-3	190	410×390
KT-4	210	550×540
KT-5	210	600×550
KT-6	200	500×540
KT-7	192	410×400

1.2.2 SS对混凝土力学性能的影响

混凝土的抗压强度按 GB/T 50081—2002《普通混凝土力学性能试验方法》进行。选用 50-C822 型电液伺服压力试验机测试混凝土标准试件各龄期的抗压强度。对混凝土力学性能的影响试验结果如图 2 所示。

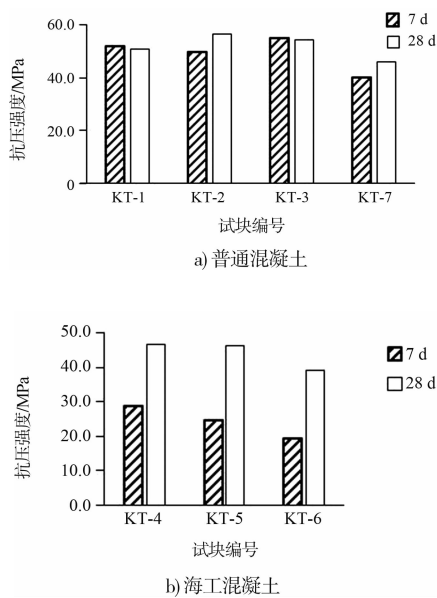


图2 混凝土力学试验结果

对于普通混凝土,其7d强度随着SS掺量的增加而增加。普通混凝土中SS掺量为20 L/m³时,以KT-1为基准,其7d强度提高了35.8%;掺量为30 L/m³时,其7d强度提高达到49.1%。对于普通混凝土的28d抗压强度,在SS掺量为20 L/m³时最大;掺量进一步增加时,其抗压强度基本无变化。掺H的KT-7的7d抗压强度增幅仅为8.9%左右,28d抗压强度增幅仅为14.5%,很明

显,在对混凝土抗压强度性能的增益上,SS是优于H的。

对于海工混凝土,其7d强度随SS掺量的增大而减小,28d强度在SS掺量为20 L/m³时基本不受影响,掺量进一步增加时,其抗压强度反而降低。

1.2.3 SS对混凝土抗氯离子渗透性的影响

氯离子是造成混凝土中钢筋锈蚀的主要原因之一。高质量的混凝土保护层抗氯离子渗透能力较强,具有长期防止环境侵蚀介质渗透的功能,从而预防钢筋锈蚀。因此,抗氯离子渗透性能是反映混凝土抵抗氯离子侵入和钢筋腐蚀能力的一个重要参数。本文参照RCM试验方法对混凝土的抗氯离子渗透性能进行评定,测试具体方法按GB/T 50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法》)相关规定进行,通过计算龄期为28d的混凝土试件的氯离子扩散系数,研究SS对混凝土抗氯离子渗透性能的影响。具体试验结果见图3。

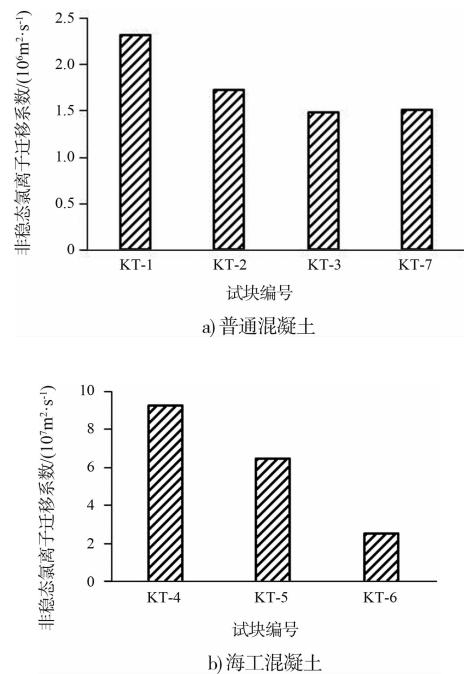


图3 混凝土28d抗氯离子渗透性

从图3可以看出,掺入SS试块和掺入H的试块都有效地降低了混凝土内部的氯离子迁移系数,提高了混凝土的抗氯离子渗透性能。SS掺量为20 L/m³时,抗氯离子渗透性增强24%;掺量30 L/m³

时, 抗氯离子渗透性增强 42%。掺量为 20 L/m^3 时, 掺 H 的抗氯离子渗透能力明显强于掺 SS 的普通混凝土。但是, 掺 30 L/m^3 的 SS 与掺 20 L/m^3 的 H 的抗氯离子渗透能力相近。考虑到 H 中的有效物质含量不明, 所以并不能单纯凭此认为掺入 H 的抗氯离子渗透性能要强于掺入 SS 的混凝土, 而且, 在实际工程应用中还要考虑成本问题, 即达到相同的抗氯离子渗透性能所需投入的成本, 而单位质量 SS 的价格是要低于 H 的。

对于海工混凝土, SS 掺量为 20 L/m^3 时, 抗氯离子渗透性增强 29%, 掺量进一步增加到 30 L/m^3 时, 混凝土的抗氯离子渗透性增强达 74%。

1.2.4 SS 对混凝土吸水率的影响

氯离子、硫酸根离子等有害介质在混凝土中的渗透主要是通过混凝土孔隙中的水传输。降低混凝土的渗水性, 可以防止环境侵蚀介质的渗透, 从而预防钢筋锈蚀, 增强混凝土的耐久性。混凝土的吸水率试验参照英国标准 BS1881: Part 122: 1983 (AMD 6180) 进行。

混凝土吸水率测试试验步骤:

1) 取芯。在龄期前 2 天用取芯采样机从试块的正常裸露面取 6 个直径 50 mm、长约 50 mm 的混凝土芯, 编号。

2) 烘干。将混凝土芯放入 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱, 烘烤 $(72 \pm 2) \text{ h}$ 。

3) 冷却。取出烘干的混凝土芯放入干燥器密封冷却 $(24 \pm 0.5) \text{ h}$ 。

4) 称干重及浸水。称量每个混凝土芯的干重后立即将其完全浸没于水中, 离水面距离 $(25 \pm 5) \text{ mm}$, 且其纵轴为水平 (图 4)。

5) 称湿重。浸水 $(30 \pm 0.5) \text{ min}$ 后, 取出样品, 摇晃去除大部分水后用布擦干, 直至表面无自由水。对各样品称重。

$$\text{校正因素} = \frac{V}{12.5S} \quad (1)$$

式中: V 为混凝土芯体积 (mm^3); S 为混凝土芯表面积 (mm^2)。

SS 对混凝土 30 min 吸水率的影响试验结果见图 4、5。

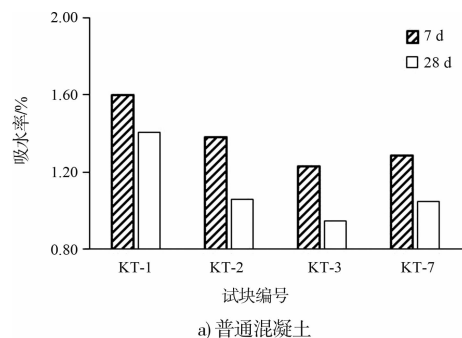


图 4 干燥冷却后的混凝土芯



图 5 将混凝土芯浸水 30 min

从图 6a) 可明显看出, H 和 SS 都有效降低了 7 d 和 28 d 混凝土的 30 min 吸水率。普通混凝土的吸水率随 SS 掺量的增大而减小, 且龄期越长, 混凝土的吸水率减小越明显。龄期为 7 d 的普通混凝土, SS 掺量为 20 L/m^3 时, 吸水率减小 14%; SS 掺量为 30 L/m^3 时, 吸水率减小 23%。龄期为 28 d 的普通混凝土, SS 掺量为 20 L/m^3 时, 吸水率减小 25%; 掺量为 30 L/m^3 时, 吸水率减小 33%。H 在降低 7 d 混凝土 30 min 吸水率的效果上是强于 SS 的。值得注意的是, 在降低 28 d 混凝土的 30 min 吸水率的效果上, H 和 SS 是相近的。这说明, 随着时间的推移, SS 在混凝土内部充分反应, 是可以达到和 H 相近的吸水率降低效果的。



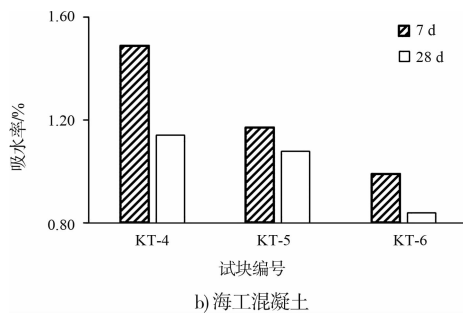


图6 混凝土吸水率的影响

从图6b)可以看出,SS对减小海工混凝土的7d吸水率有明显效果,对28d吸水率的影响效果低于其对7d吸水率的影响效果。龄期为7d的海工混凝土,相对于基准混凝土,掺量为 20 L/m^3 时,吸水率降低21%;SS掺量为 30 L/m^3 时,吸水率降低34%。龄期为28d的海工混凝土,相对于基准混凝土,SS掺量为 20 L/m^3 时混凝土吸水率降低5.3%;掺量为 30 L/m^3 时吸水率降低26%。

由于海工混凝土的配合比设计比较科学,使混凝土自身拥有了较好的防水抗渗功能,疏水化合物对海工混凝土的防水抗渗效果的影响比普通混凝土小。

2 机理

SS防水剂主要成分为羧酸盐,而羧酸盐是一种典型的表面活性物质。表面活性物质分子具有“两亲结构”。这种分子结构使得其分子具有一部分可溶于水而另一部分易自水中逃离的双重性质,此种分子溶于水后,亲水基受到水分子的吸引,而憎水基受到水分子的排斥,使体系处于不稳定状态。为克服这种不稳定状态,分子必须采取独特的定向排列,使憎水基伸向空气或油相中,亲水基深入水中,并形成一定的组织结构。这种情况发生于表面活性剂溶液体系,即表现出该体系的2个重要性质:1)表面活性剂分子在溶液表面的定向吸附;2)在溶液内部形成胶束。这种性质是因为“疏水作用”产生的,因而表面活性剂能大大降低水的表面张力,改变体系的表面状态而产生润湿和反润湿、乳化和破乳、分散和凝聚等一系列作用^[5]。

水泥与水接触之后,立即发生水化反应,其分散体系是极不稳定的体系,特别是小粒径的粒子易成絮凝状态,一部分游离水未参与化学反应,而被包裹在絮凝的粒子团中间。加入SS防水剂后,表面活性物质的憎水基团定向吸附在水泥颗粒表面,亲水基团则指向水溶液构成单分子或多分子吸附膜。由于表面活性剂的定向吸附,水泥胶粒表面上带有相同符号的电荷,于是在电性斥力作用下,能使水泥-水体系处于相对稳定的悬浮状态,使水泥水化初期形成的絮凝结构解体,释放出其中的游离水,增大了流动性,进而起到减水的作用。同时,可有效分散水泥颗粒,增加润湿面积,从而加快水化速度。此外,亲水基团吸附于水泥颗粒表面,与水分子以氢键缔合,在水泥颗粒表面形成溶剂化水膜,起润滑作用,也达到增大流动性或减水作用。基于此点,SS防水剂掺入混凝土内部,降低了水的用量,对于混凝土的抗压强度起到了增益的效果。

SS防水剂与水泥水化产物作用,形成不溶性的薄的络合吸附层,从而产生了反毛细孔效应,憎水基团在水泥表面形成憎水层,其表面与水的接触角达到 160° ,具有很高的憎水性。同时多余的聚合物颗粒会在毛细孔内富集,并最终达到阻塞毛细管,减少甚至阻止水的侵入,达到保护钢筋混凝土结构的目的。

SS防水剂可以降低水的表面张力,砂浆或者混凝土搅拌时,在其中产生憎水的、独立的、均匀分散的微泡。掺SS防水剂后,水泥的孔结构得到改善,总孔隙率增加,但最大孔径降低,这也是砂浆或者混凝土具有很好的抗渗性能的原因^[6]。

3 结论

1)在砂浆中掺入一定量的SS防水剂,能增大砂浆的7d和28d抗压强度,并能大幅度改善砂浆的抗渗能力。

2)掺入一定量的SS对混凝土工作性能基本没有影响。

(下转第70页)