

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2016.03.037

高抗硫酸盐水泥混凝土抗硫酸盐、 镁盐双重侵蚀性能初探

李雷,唐新军,朱鹏飞,王航

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 为探讨高抗硫水泥混凝土在硫酸盐、镁盐双重侵蚀环境下的抗侵蚀性能,对不同水灰比的高抗硫水泥胶砂试件,进行不同浓度的硫酸盐、镁盐双重侵蚀试验,试验结果表明:高抗硫水泥混凝土只能抵抗低浓度($\text{SO}_4^{2-} \leq 2\ 500\ \text{mg/L}$, $\text{Mg}^{2+} \leq 600\ \text{mg/L}$)硫酸盐、镁盐的双重侵蚀,难以抵抗较高浓度硫酸盐、镁盐的双重侵蚀;在低浓度双重侵蚀环境中,降低水灰比有利于增强高抗硫酸盐水泥混凝土的抗蚀能力。

关键词: 水灰比;高抗硫水泥;胶砂试件;硫酸盐、镁盐双重侵蚀;抗蚀能力

中图分类号: TU528.33

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2016)03-0197-03

The Performance of Sulfate and Magnesium Resistance of High Sulfate Resistance Concrete

LI Lei, TANG Xinjun, ZHU Pengfei, WANG Hang

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: To explore high sulfate-resistant cement concrete in sulfate, magnesium salt erosion resistance under double erosion environment, with different water/cement ratio of high sulfur cement mortar specimens, for different concentrations of double sulfate, magnesium salt erosion test, test results show that the high sulfur cement concrete can resist low concentration ($\text{SO}_4^{2-} \leq 2\ 500\ \text{mg/L}$, $\text{Mg}^{2+} \leq 600\ \text{mg/L}$) or less the double erosion of sulfate, magnesium salt, it is difficult to resist the high concentration of sulfate, magnesium salt erosion; In the low concentration of double erosion environment, reduce water-binder ratio is beneficial to enhance high sulfate corrosion resistance of the cement concrete.

Keywords: water cement ratio; high sulfur cement concrete; mortar specimen; sulfate and magnesium resistance; the corrosion resistance

新疆地处亚欧大陆内部,年降水量小,地表水蒸发量大,导致土壤盐碱化程度较高。据统计^[1],盐渍土面积高达15.83万 km^2 ,约占全区总面积的9.5%,盐碱地多以硫酸盐、镁盐存在为主,其对混凝土结构产生严重的侵蚀破坏作用,严重缩短工程建筑的使用寿命。在南疆地区,近年来常有水工混凝土结构遭到硫酸盐、镁盐双重侵蚀破坏^[2-3],双重侵蚀问题已经引起工程界的广泛重视^[4-9]。硫酸盐侵蚀研究的人较多^[10-12]而高抗硫水泥在工程界也常被用于抵抗硫酸盐侵蚀^[13-15],但在硫酸盐、镁盐双重侵蚀环境下,高抗硫水泥混凝土的抗侵蚀性能如何却少

有报道。本文通过试验对高抗硫水泥混凝土在硫酸盐、镁盐双重侵蚀环境下的抗侵蚀性能进行初步探讨,以期为工程界提供参考。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

本文试验中所用水泥为新疆和布克赛尔县青松南岗屯南建材有限责任公司生产的高抗硫酸盐水泥42.5水泥,其物理性能指标见表1,化学性能指标见表2;砂:ISO标准砂;FDN萘系高效减水剂:乌鲁木齐市建宝天化新材料科技有限公司生产(标准型);

收稿日期:2016-03-10

修稿日期:2016-03-31

作者简介:李雷(1989—),男,河南安阳人,硕士研究生,研究方向为混凝土结构耐久性研究。E-mail:474916390@qq.com

通讯作者:唐新军(1959—),男,陕西蒲城人,教授,博士生导师,主要从事水工结构工程理论教学与科研工作。E-mail:tangxj59@163.com

拌和材料所用水: 试验室自来水; 配制侵蚀溶液所用 水: 蒸馏水。

表 1 高抗硫酸盐水泥物理性能指标

项目	比表面积 /($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$)	安定性	硬结时间/min		抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
			初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
高抗硫酸盐水泥 42.5	325	合格	189	256	5.9	8.3	25.1	47.6
“GB748-2005”要求 ^[16]	≥ 280	合格	≥ 45	≤ 6000	≥ 3.0	≥ 6.5	≥ 15.0	≥ 42.5

表 2 高抗硫酸盐水泥化学性能指标

单位: %

项目	不同物质含量					
	Loss	MgO	C ₃ S	C ₃ A	SO ₃	不溶物
高抗硫酸盐水泥 42.5	1.47	1.79	46.37	1.78	1.98	0.75
“GB748-2005”要求 ^[16]	≤ 3.00	≤ 5.00	≤ 50.00	≤ 3.00	≤ 2.50	≤ 1.50

1.2 试验方法

《水泥抗硫酸盐侵蚀试验方法》^[17](GB/T749-2008)中规定了浸泡抗蚀性能试验的方法(K法),本试验根据K法中对胶砂组成的规定,用高抗硫酸盐水泥制作了水灰比为0.3、0.4、0.5的胶砂试件(配合比见表3),胶砂试件截面为10 mm×10 mm×60 mm的棱柱体,在水中标准养护28 d后的试件,分别浸泡在淡水(蒸馏水)及不同浓度硫酸盐、镁盐双重侵蚀溶液中(侵蚀溶液浓度及编号见表4,侵蚀溶液温度控制在20℃左右),按公式(1)对胶砂试件每两个月进行一次抗折强度R的测量,侵蚀龄期6个月,各组试件的抗蚀系数K按公式(2)计算得出,结果保留到0.01。利用抗蚀系数K是否小于0.8作为试件是否遭受侵蚀破坏的评定指标。

$$R = 0.075 \times F \quad (1)$$

式中:R为试件抗折强度,MPa;F为棱柱体折断时中部所受荷载,N;0.075为与小型抗折试验机夹具力臂及试件截面积有关的换算常数。

$$K = R_{液} / R_{水} \quad (2)$$

式中:K为抗蚀系数; $R_{液}$ 为试件在侵蚀溶液中浸泡一定龄期时的抗折强度,MPa; $R_{水}$ 为试件在20℃水中养护同龄期抗折强度,MPa。

当 $K \leq 0.8$ 时认为试件遭到侵蚀破坏。

表 3 高抗硫酸盐水泥胶砂试件的配合比

编号	水灰比	胶砂比	水量 /ml	水泥量 /g	标准砂量 /g	减水剂 /%
A1	0.3	1:2.5	90	300	750	1.2
A2	0.4	1:2.5	120	300	750	0.0
A3	0.5	1:2.5	150	300	750	0.0

注:采用标准砂是为了消除天然砂的不均匀性,A1各组试件在拌合时掺入1.2%的高效减水剂。

表 4 侵蚀溶液浓度及编号

侵蚀溶液编号	R ₀	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
SO ₄ ²⁻ 溶液浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0	2500	4000	8000	20250
Mg ²⁺ 溶液浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0	600	1000	3000	6000

2 试验结果与分析

通过试验检测,水灰比为0.3、0.4、0.5的胶砂试件,在R₁、R₂、R₃、R₄四种侵蚀溶液中,经过2个月、4个月、6个月的侵蚀,其抗蚀系数随侵蚀时间的变化情况见图1~图4。

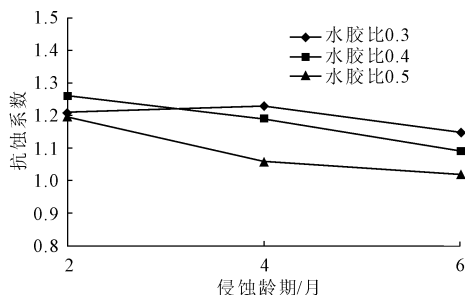


图 1 试件在 R₁(SO₄²⁻ = 2500、Mg²⁺ = 600)中抗蚀系数随侵蚀时间的变化

从图1~图4可以看出:

(1) 高抗硫酸盐水泥胶砂试件经过6个月的侵蚀,在不同浓度双重侵蚀溶液中,其抗蚀系数随侵蚀龄期的变化情况具有较大差异,随侵蚀溶液浓度的增大,试件的抗蚀系数降低明显。

(2) 在较低浓度的R₁(SO₄²⁻为2500 mg/L, Mg²⁺为600 mg/L)双重侵蚀溶液中,试件的抗蚀系数随侵蚀龄期的变化曲线虽然略呈下降趋势(见图1),但经过6个月的侵蚀,其抗蚀系数仍然保持较大数值(K>1.0),说明高抗硫酸水泥胶砂试件能够抵抗低浓度(SO₄²⁻为2500 mg/L, Mg²⁺为600 mg/L)双重

侵蚀破坏作用。

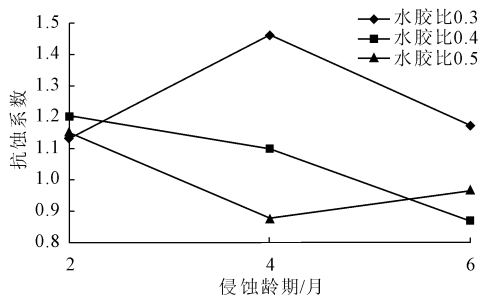


图2 试件在 R₂ (SO₄²⁻ = 4000、Mg²⁺ = 1000) 中抗蚀系数随侵蚀时间的变化

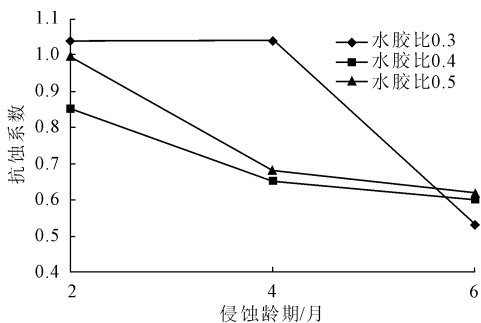


图3 试件在 R₃ (SO₄²⁻ = 8000、Mg²⁺ = 3000) 中抗蚀系数随侵蚀时间的变化

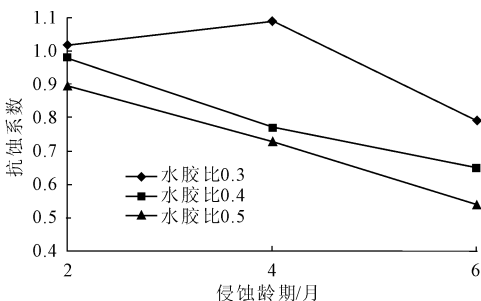


图4 试件在 R₄ (SO₄²⁻ = 20250、Mg²⁺ = 6000) 中抗蚀系数随侵蚀时间的变化

(3) 在 R₂ (SO₄²⁻ 为 4 000 mg/L, Mg²⁺ 为 1 000 mg/L) 双重侵蚀溶液中, 经过 6 个月的侵蚀, 各组试件的抗蚀系数虽然仍大于 0.8, 但抗蚀系数随侵蚀龄期下降明显(见图 2), 若进一步延长侵蚀时间, 水灰比较大的两组试件其抗蚀系数有可能低于 0.8。

(4) 在较低浓度双重侵蚀溶液 R₁、R₂ 中, 试件的抗蚀系数随水灰比降低而增大, 特别当水灰比降低至 0.3 时, 试件的抗蚀系数增大较明显, 说明在较低浓度双重侵蚀情况下, 降低水灰比有利于增强高抗硫酸盐水泥混凝土抵抗硫酸盐、镁盐双重侵蚀的能力。

(5) 在两种高浓度双重侵蚀溶液 R₃ (SO₄²⁻ 为 8 000 mg/L, Mg²⁺ 为 3 000 mg/L)、R₄ (SO₄²⁻ 为 20 250 mg/L, Mg²⁺ 为 6 000 mg/L) 中, 在侵蚀龄期达到 6 个月时, 各组不同水灰比试件的抗蚀系数均小于 0.8 (发生侵蚀破坏), 说明高抗硫酸盐水泥胶砂试件不能抵抗高浓度双重侵蚀破坏作用。

3 结 论

高抗硫水泥混凝土只能抵抗低浓度 (SO₄²⁻ ≤ 2 500 mg/L, Mg²⁺ ≤ 600 mg/L) 硫酸盐、镁盐的双重侵蚀, 难以抵抗较高浓度硫酸盐、镁盐的双重侵蚀; 在低浓度双重侵蚀环境中, 降低水灰比有利于增强高抗硫酸盐水泥混凝土的抗蚀能力, 但在较高浓度 (SO₄²⁻ ≥ 8 000 mg/L, Mg²⁺ ≥ 3 000 mg/L) 的硫酸盐、镁盐的双重侵蚀环境中, 即使降低水灰比, 高抗硫酸盐水泥混凝土也难以抵抗侵蚀破坏。

参考文献:

- [1] 新疆维吾尔自治区农业厅. 新疆土种志[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993: 116-376.
- [2] 孙兆雄, 葛毅雄. 天然硫酸盐环境水对混凝土上的侵蚀例析[J]. 新疆农业大学学报, 2003, 26(2): 65-71.
- [3] 周 阳. 掺Ⅱ级粉煤灰混凝土在新疆盐碱地区抗硫酸盐侵蚀性能研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
- [4] 马继明, 孙兆雄, 葛毅雄. 高性能混凝土的抗硫酸盐、镁盐侵蚀研究[J]. 新疆农业人学学报, 2005, 28(2): 67-71.
- [5] 朱永斌. 双掺普通水泥混凝土抗硫酸盐、镁盐侵蚀破坏微观结构的研究[J]. 新疆农业大学学报, 1999, 22(2): 137-144.
- [6] 高礼雄, 文 奔, 刘金革. 矿物掺合料对混凝土抗硫酸镁侵蚀的有效性研究[J]. 混凝土, 2007(11): 8991, 94.
- [7] 苏建彪, 唐新军, 刘向楠, 等. 水胶比及粉煤灰掺量对混凝土抗硫酸盐、镁盐双重侵蚀性能的影响[J]. 粉煤灰综合利用, 2014(5): 30-32.
- [8] 刘向楠, 唐新军, 苏建彪, 等. 硫铝酸盐水泥混凝土抗高浓度硫酸镁侵蚀性能研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2015, 13(5): 161-167.
- [9] 杨礼明, 余红发, 麻海燕, 等. 高性能混杂纤维增强膨胀混凝土在硫酸镁溶液中的抗腐蚀性性能[J]. 硅酸盐通报, 2011, 39(4): 764-769.
- [10] 翟 超, 唐新军. 水胶比和粉煤灰掺量对高性能混凝土塑性开裂的影响[J]. 水利与建筑工程学报, 2014, 12(6): 141-144, 175.

(下转第 231 页)

(上接第 199 页)

- [11] 费倩男. 复杂环境硫酸盐侵蚀混凝土微观试验研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.
- [12] 巩 鑫. 混凝土抗硫酸盐侵蚀试验研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [13] 阿里木江·苏拉依曼, 唐新军, 李方元, 等. 高抗硫酸盐硅酸盐水泥混凝土抗硫酸盐侵蚀性能探讨 [J]. 新疆农业大学学报, 2012, 35(4): 325-328.
- [14] 胡 全, 唐新军, 翟 超, 等. 水灰比对高抗硫硅酸盐水泥混凝土抗侵蚀性能的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 2013, 36(3): 255-258.
- [15] 李双喜, 朱永斌. 高抗硫硅酸盐水泥的长期抗侵蚀能力初探 [J]. 水泥, 2015(8): 8-10.
- [16] 中国建筑材料工业协会. 抗硫酸盐硅酸盐水泥: GB748-2005 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [17] 中国国家标准管理委员会. 水泥抗硫酸盐侵蚀试验方法: GB/T749-2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.