

文章编号:1671-6833(2011)01-0005-04

耐碱剂对钢纤维混凝土强度的影响研究

朱海堂¹, 范向前², 李金章¹

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 河海大学 力学与材料学院, 江苏 南京 210004)

摘要: 为研究耐碱剂对钢纤维混凝土基本力学性能的影响, 对不同配合比和钢纤维体积率的钢纤维混凝土耐碱剂添加前后的抗折强度和抗压强度进行了试验研究. 结果表明: 耐碱剂的加入对普通混凝土的抗压强度几乎没有影响, 对钢纤维混凝土抗压强度的影响在10%以内; 与未掺加耐碱剂的钢纤维混凝土相比, 掺有耐碱剂的钢纤维混凝土抗折强度有所提高, 且其提高幅度随基体混凝土抗压强度的提高而降低; 耐碱剂可以有效提高混凝土和钢纤维混凝土的折压强度比, 平均增幅约为8.8%.

关键词: 钢纤维混凝土; 耐碱剂; 抗折强度; 抗压强度

中图分类号: TU528

文献标志码: A

0 引言

混凝土是土木建筑工程结构的主要材料, 实现混凝土工程的高耐久和长寿命是效益巨大的节能减排和可持续发展之举措. 混凝土的耐久性成为影响混凝土技术未来发展的关键问题. 一般情况下, 混凝土水化以后呈碱性, 对碱溶液具有一定的抗腐蚀性能, 但对于一些长期处于强碱环境的工业建筑, 比如氧化铝厂混凝土建(构)筑物^[1]、碱回收站车间混凝土地面^[2-3]、纯碱车间^[4]等, 其结构混凝土长期与强碱性溶液或者强碱性蒸气接触, 破坏相当严重, 严重影响建筑物的安全与耐久性能, 且目前尚无很好的改善措施. 文献[3]针对氧化铝生产车间地坪及建筑物碱腐蚀问题, 以改性耐碱混凝土为结构主体, 外加防腐面层, 以避免高温高浓度碱液直接接触混凝土主体, 从而达到保护混凝土的目的, 并进行了混凝土的耐碱隔离试验和现场工业试验, 取得了一定的效果, 但施工较为复杂; 文献[4]研究了水凝胶和聚合物改性轻质混凝土的碱处理对混凝土物理和力学性能的影响, 但并没有有效解决混凝土的抗碱腐蚀问题. 随着高效混凝土外加剂技术的快速发展, 高性能混凝土技术已成为当今混凝土材料的主要发展方向, 耐碱剂的出现也为混凝土的抗碱腐蚀提供了有利条件, 但耐碱剂对混凝土基本力学性能的影响

以及对混凝土抗碱腐蚀能力改善的研究远远滞后于工程应用. 近年来, 钢纤维混凝土在工程中的应用日趋广泛, 钢纤维混凝土的抗强碱侵蚀性能也日益为工程和学术界所重视. 笔者进行了以耐碱剂改性钢纤维混凝土的抗折和抗压强度试验, 并与普通钢纤维混凝土性能进行了对比分析, 为研究耐碱剂改性钢纤维混凝土的抗强碱侵蚀性能提供基础性研究依据.

1 试验简介

1.1 试验原材料

水泥采用 P.042.5 水泥; 粗骨料采用粒径为 5~10 mm 的碎石, 细骨料采用细度模数为 2.62 的中粗河砂, 级配良好; 钢纤维采用扭曲形 I 型纤维, 其主要指标见表 1; 添加剂为微硅高效水泥砂浆和混凝土耐碱剂, 该耐碱剂由多种有机和无机材料复合而成, 具体成份主要有 $\text{CaO}/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 复合矿粉、活性二氧化硅粉和含沸石粉等.

表 1 钢纤维主要参数指标
Tab. 1 Main parameters of steel fiber

纤维 品种	长度/ mm	直径/ mm	长径 比	密度/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	抗拉 强度/ MPa	弹性 模量/ GPa
冷轧带钢剪 切扭曲形	14	0.28	49.6	78 000	≥ 380	200

收稿日期: 2010-08-07; 修订日期: 2010-10-01

基金项目: 河南省高校科技创新人才支持计划资助项目(2008HASTIT027)、河南省教育厅自然科学基金资助项目(2008A430015)

作者简介: 朱海堂(1964-), 男, 河南虞城人, 郑州大学教授, 博士, 主要从事新型建筑复合材料及其结构性能研究.

1.2 试件设计与制作

为便于后期进行掺加耐碱剂钢纤维混凝土的抗碱腐蚀性能试验,参照文献[6],本试验中试件尺寸采用40 mm×40 mm×160 mm的棱柱体;试件设计了12种混凝土配合比,以水灰比(0.45、0.54、0.65)和钢纤维体积率 ρ_f (0、0.5%、1.0%、1.5%)为基本变量为与钢纤维混凝土保持相对一致的工作性能,对普通混凝土的水灰比做了适当降低;耐碱剂用量为水泥质量的7%。各试件混凝土配合比如表2所示,其中:所有试件均浇筑有掺加耐碱剂和不掺加耐碱剂的混凝土试件,表中试件编号CⅠ、CⅡ、CⅢ分别表示基体混凝土水灰比为0.65、0.54和0.45的试件。下文分析中,以编号CⅠ-A、CⅡ-A、CⅢ-A分别表示相应于基体混凝土水灰比为0.65、0.54和0.45并掺加7%耐碱剂的试件。

混凝土试件采取人工搅拌,振动台振动成型。试件静养24 h后拆模,置于水中养护28 d后进行抗折和折后抗压强度试验。

1.3 主要试验结果

本试验主要测试了混凝土试件的抗折强度和折后抗压强度。抗折强度按照规范^[7]进行测试与计算;折断后,按照水泥强度测试实验规范^[8]测试试件的折后抗压强度。

表2 混凝土配合比设计
Tab.2 Mix proportion of concrete

试件 编号	水 灰 比	钢纤维 体积率 ρ_f /%	水泥/ (kg· m ⁻³)	粗骨料/ (kg· m ⁻³)	细骨料/ (kg· m ⁻³)	拌合水/ (kg· m ⁻³)
CⅠ-0	0.55	0.0	382	1 161	642	210
CⅠ-0.5	0.65	0.5	377	894	895	245
CⅠ-1.0	0.65	1.0	390	842	950	253
CⅠ-1.5	0.65	1.5	402	735	935	261
CⅡ-0	0.51	0.0	408	1 181	601	210
CⅡ-0.5	0.54	0.5	435	905	836	235
CⅡ-1.0	0.54	1.0	450	823	856	243
CⅡ-1.5	0.54	1.5	465	760	857	251
CⅢ-0	0.51	0.0	514	1 172	504	210
CⅢ-0.5	0.45	0.5	490	905	782	220
CⅢ-1.0	0.45	1.0	507	823	802	228
CⅢ-1.5	0.45	1.5	525	760	817	236

2 试验结果分析

2.1 耐碱剂对普通混凝土强度的影响

2.1.1 耐碱剂对普通混凝土抗折强度的影响

图1为耐碱剂对普通混凝土抗折强度的影响。

由图1可见,对于普通混凝土而言,对应于CⅠ、CⅡ和CⅢ组的混凝土抗折强度分别为5.73 MPa、7.58 MPa和7.77 MPa,而对应于掺入耐碱剂的CⅠ-A、CⅡ-A和CⅢ-A组试件,其抗折强度相应达到6.69 MPa、8.68 MPa和8.61 MPa,提高幅度分别为17%、15%和11%,即耐碱剂的加入对混凝土抗折强度有贡献,但其提高幅度随着混凝土强度的增大而有所降低。

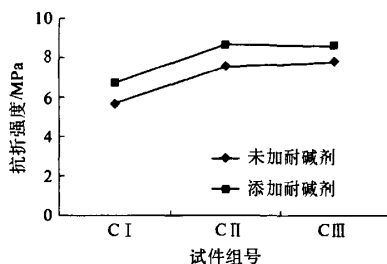


图1 耐碱剂对普通混凝土抗折强度的影响

Fig.1 Influence of anti-alkaline additives on bending strength of ordinary concrete

2.1.2 耐碱剂对普通混凝土抗压强度的影响

图2为耐碱剂对普通混凝土抗压强度的影响。由图2可见,对于普通混凝土而言,对应于CⅠ、CⅡ和CⅢ组的混凝土抗压强度分别为30.54 MPa、40.17 MPa和44.63 MPa,而对应于掺入耐碱剂的CⅠ-A、CⅡ-A和CⅢ-A组试件,其抗压强度相应为31.50 MPa、38.77 MPa和43.26 MPa,与不掺加耐碱剂的混凝土抗压强度基本一致,即耐碱剂的加入对混凝土抗压强度基本没有影响。

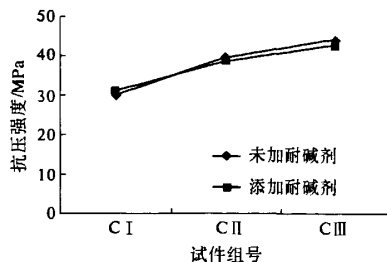


图2 耐碱剂对普通混凝土抗压强度的影响

Fig.2 Influence of anti-alkaline additives on compressive strength of ordinary concrete

2.2 耐碱剂对钢纤维混凝土强度的影响

笔者进行了0.45、0.54和0.65三个水灰比(即3个强度等级)的钢纤维混凝土抗压强度和抗折强度试验,以研究耐碱剂对不同强度等级钢纤维混凝土抗折强度、抗压强度及拆压强度的影响。以下选取水灰比分别为0.45和0.65两组试

件相应于(CⅢ和 C I)进行分析.

2.2.1 耐碱剂对钢纤维混凝土抗折强度的影响

图 3 为添加耐碱剂与否对钢纤维混凝土抗折强度的影响. 由图可见,随着钢纤维体积率的增大,混凝土的抗折强度呈逐渐增加趋势,掺有耐碱剂的钢纤维混凝土的抗折强度较普通钢纤维混凝土有所提高,但不同强度等级钢纤维混凝土抗折强度的提高幅度有所不同,抗压强度越高,耐碱剂对钢纤维混凝土抗折强度的增强作用越低. 对于 C I 组试件,钢纤维混凝土抗压强度在 30 ~ 35 MPa 之间,耐碱剂的加入可以有效提高钢纤维混凝土的抗折强度,在钢纤维体积率为 0 至 1.0% 的范围内,其抗折强度提高 17%,尤其在钢纤维体积率为 1.5% 时,其抗折强度由 7.57 MPa 增大到 9.36 MPa,提高幅度高达 24%;对于 CⅢ组试件,钢纤维混凝土抗压强度约为 45 ~ 48 MPa,耐碱剂的加入对抗折强度的影响不大,钢纤维体积率自 0 增至 1.5% 时,其抗折强度提高幅度约为 10%.

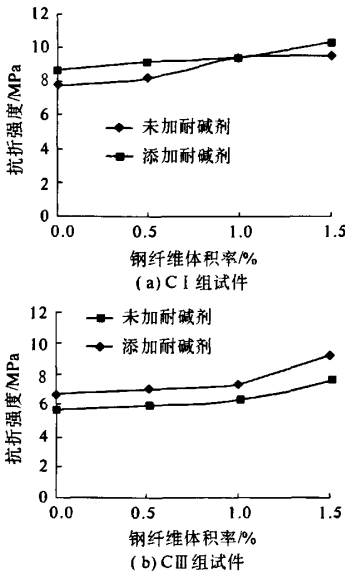


图 3 耐碱剂对钢纤维混凝土抗折性能的影响

Fig.3 Influence of anti-alkaline additives on bending strength of steel fiber reinforced concrete

2.2.2 耐碱剂对钢纤维混凝土抗压强度的影响

图 4 给出了耐碱剂的加入对钢纤维混凝土抗压强度的影响. 由图可见,在本试验混凝土配合比中,钢纤维混凝土抗压强度均高于相应的普通混凝土,其增加幅度基本随钢纤维体积率的增大而提高,且基体混凝土强度越低,钢纤维对混凝土抗压强度的增加幅度越大,最大增幅达到 12% (C I

组)和 21% (C I - A 组). 耐碱剂的加入对钢纤维混凝土抗压强度的影响,约在 10% 以内.

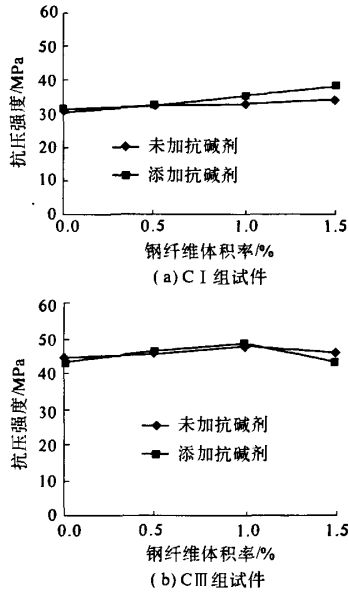


图 4 耐碱剂对钢纤维混凝土抗压强度的影响

Fig.4 Influence of anti-alkaline additives on compressive strength of steel fiber concrete

2.3 耐碱剂对混凝土折压强度比的影响

混凝土折压强度比指混凝土抗折强度与抗压强度的比值,反映了混凝土在一定抗压强度下抗折强度的相对大小,折压强度比越大,混凝土抗弯曲能力越高,对混凝土的开裂及裂缝开展的约束作用越强,从而将具有较强的抗腐蚀能力. 图 5 给出了耐碱剂对普通混凝土和钢纤维混凝土折压强度比的影响. 可以看出,当钢纤维体积率在 1.0% 及其以内时,钢纤维混凝土折压强度比与普通混凝土差别较小;当钢纤维体积率为 1.5% 时,钢纤维混凝土折压强度比较普通混凝土有较大幅度提高,平均增幅约为 18.2%. 耐碱剂的加入可以提高混凝土和钢纤维混凝土的折压强度比,平均增幅约为 8.8%.

3 结论

(1)耐碱剂的加入对普通混凝土的抗压强度几乎没有影响. 对抗折强度有影响,且其提高幅度随着混凝土强度的增大而减小.

(2)随着钢纤维体积率的增大,混凝土的抗折强度呈逐渐增加趋势;掺有耐碱剂的钢纤维混凝土抗折强度较普通钢纤维混凝土有所提高,且其提高幅度随混凝土基体抗压强度的提高而降低.

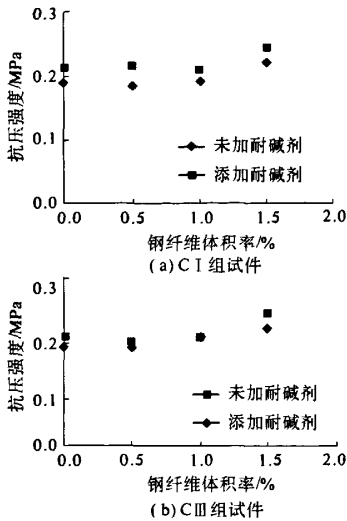


图5 耐碱剂对混凝土抗压强度比的影响

Fig.5 Influence of anti-alkaline additives on the rate of bending strength to compressive strength

(3) 钢纤维混凝土抗压强度均高于相应的普通混凝土,其增加幅度基本随钢纤维体积率的增大而提高;耐碱剂的加入对钢纤维混凝土抗压强度的影响,约在10%以内。

(4) 耐碱剂的加入可以有效提高混凝土和钢纤维混凝土的折压强度比,平均增幅约为8.8%。

参考文献:

- [1] 孙玉喜,田智祥. 氧化铝厂混凝土建(构)筑物的碱腐蚀及防治[J]. 轻金属,1999(12):58-60.
- [2] 张旭东,袁琳,何健,等. 从某碱回收站厂房碱破坏谈抗碱混凝土[J]. 河北煤炭,2002(6):39-40.
- [3] 马茜. 氧化铝车间耐碱混凝土地面的试验研究[J]. 采矿技术,2005,5(4):63-64.
- [4] 方鹏杰. 纯碱厂钢筋混凝土结构腐蚀及LCC分析方法[J]. 纯碱工业,2008(2):25-27.
- [5] Glenn G M, Klamczynski A K, Chiou B S, et al. Lightweight concrete containing an alkaline resistant starch-based aquagel[J]. Journal of Polymers and the Environment, 2004,12(3):189-196.
- [6] 张小伟,张雄. 混凝土微生物腐蚀的作用机制和研究方法[J]. 建筑材料学报,2006,9(1):52-59.
- [7] CECS13:2009. 纤维混凝土试验方法标准[S]. 北京:中国计划出版社,2010.
- [8] DL/T 5126-2001. 聚合物改性水泥砂浆试验规程[S].

Effect of Anti-alkaline Additives on the Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete

ZHU Hai-tang¹, FAN Xiang-qian², LI Jin-zhang¹

(1. School of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. College of Mechanics and Materials, Hohai University, Nanjing 210024, China)

Abstract: For studying the influence of the anti-alkaline additives on the basic mechanical properties of steel fiber reinforced concrete, the bending and compressive tests of steel fiber reinforced concrete mixed with or without anti-alkaline additives are carried out. The specimen varied with the water-cement ratio and steel fiber volume fraction. The test results show that the addition of the anti-alkaline additives to concrete has almost no effect on the compressive strength of ordinary concrete, but has the effect less than 10% on the compressive strength of steel fiber reinforced concrete. Compared with steel fiber reinforced concrete without anti-alkaline additives, the bending strength of steel fiber reinforced concrete mixed with anti-alkaline additives is higher and the increasing extent decrease with the increase of compressive strength. In addition, anti-alkaline additives can improve the ratio of bending strength to compressive strength of ordinary concrete and steel fiber reinforced concrete, the average increasing extent of the ratio is about 8.8%.

Key words: steel fiber reinforced concrete; anti-alkaline additive; bending strength; compressive strength