

不同品种增强纤维对混凝土力学性能的影响

刘爱华¹, 王飞龙^{2,*}

(1. 西藏民族大学, 陕西 咸阳 712000;

2. 陕西工业职业技术学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:对芳香族聚酰胺纤维、聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维3种纤维混凝土进行龄期28 d时抗拉试验、劈拉试验和抗折试验,对比分析了纤维种类、纤维掺量对混凝土力学性能的影响。结果表明,纤维混凝土综合物理性能最优时的纤维掺入量为0.8~1 kg/m³,过高增强效果并不明显。

关键词:纤维混凝土;力学性能;配合比;增强纤维

中图分类号:TS102.52

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2018)06-0020-03

普通混凝土作为应用最广泛的建筑材料,普遍具有抗拉强度低、韧性差的缺点,而混凝土中加入适当比例的纤维后,基体部分自由水得以聚集,粗集料下沉受阻^[1],水泥基体的收缩减少,使得混凝土的物理性能大幅度改善,传统建筑材料与纺织材料相互结合已然成为发展趋势^[2]。近年来,芳香族聚酰胺纤维、玻璃纤维、聚丙烯腈纤维与聚丙烯纤维等,由于其特殊的性能在建筑结构等方面得到了广泛的应用,复合材料中纤维已突破了简单的增强功能^[3]。前期研究成果表明,纤维对混凝土力学性能的影响,主要体现在纤维的种类、形状、掺量及纤维在基体的分布形态^[4-7]。

通过试验研究不同种类、不同掺量纤维混凝土的抗拉抗折性能的影响,探索其最佳工艺配方。

1 试验部分

1.1 材料和仪器

与其他合成纤维相比,芳香族聚酰胺纤维、聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维拥有抗拉强度、弹性模量高,化学稳定性良好的特点,为此,试验中以此3种纤维备用。选用陕西秦岭硅酸盐水泥,粒径较小的碎石及聚羧酸系减水剂,主要材料技术指标见表1。

表1 试验所用主要材料技术指标

原 料	技术指标				
	密度/g·cm ⁻³	拉伸强度/MPa	弹性模量/GPa	伸长率/%	软化温度/℃
芳香族聚酰胺纤维	1.45	2 900	90.00	2.10	260
聚丙烯腈纤维	1.18	410	4.40	17.00	150
聚丙烯纤维	1.14	600	2.90	18.00	210
水 泥	硅酸盐 42.5 水泥比表面积 482 m ² /kg, 细度 4.9%; 抗压强度 18.9 MPa, 抗折强度 5.3 MPa, 28 d 抗压强度 45.9 MPa, 抗折强度 8.4 MPa				
细骨料	表观密度 2 710 kg/m ³ , 堆积密度 1 612 kg/m ³ , 含水 2.67%, 空隙率 38%				
石 子	粒径 6~17 mm, 堆积密度 1 798 kg/m ³ , 表观密度 2 743 kg/m ³				
减水剂	pH 值 5~7, 不含氯离子, 减水率 25%~35%, 缓凝时间 30~60 min				

主要试验仪器: HJW 混凝土搅拌机, 振动频率 50 Hz 磁吸振动台, ZBSX 92A 型摇筛机, YEW-2000 压力试验机, YA-300 型全自动试验压力机及电子天平

等。

1.2 试验方案

1.2.1 配合比

混凝土的配合比例: 水灰比 0.54、水泥 519 kg/m³、砂 613 kg/m³、石子 1 102 kg/m³、砂率 38%, 聚羧酸系减水剂 1.30%, 3 种不同纤维分别掺入 1.00、1.20、1.50 kg/m³ 3 种不同比例进行对比实验, 具体掺入量见表 2。

收稿日期: 2018-04-17; 修回日期: 2018-04-21

基金项目: 2016 年西藏自治区自然科学基金(2016ZR-MY-08)

作者简介: 刘爱华(1983-), 女, 黑龙江伊春人, 主要从事建筑用纺织品研究。

* 通信作者: 王飞龙(1982-), 男, 黑龙江绥化人, 助理工程师, 主要从事功能性纺织品研究, E-mail: wangfeilong571@163.com。

表2 纤维掺入量

纤维种类	编号	纤维掺量(质量)/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
芳香族聚酰胺纤维	1#	1.00
	2#	1.20
	3#	1.50
聚丙烯腈纤维	4#	1.00
	5#	1.20
	6#	1.50
聚丙烯纤维	7#	1.00
	8#	1.20
	9#	1.50

1.2.2 纤维掺入工艺

纤维混凝土中纤维的掺入一般包括干拌法和湿拌法2种^[8]。干拌法较湿拌法更有利于纤维在基体中的均匀分布,制备的混凝土物理综合性能指标也明显高于湿拌法,为此,试验采用干拌法,其工艺流程如图1所示。

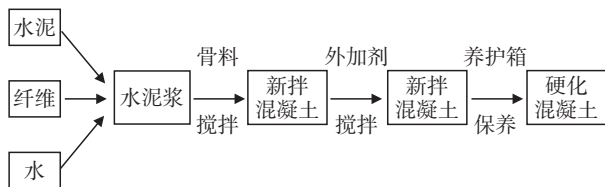


图1 混凝土纤维搅拌工艺流程

1.2.3 测试方法

试验中,1#~9#方案备用试块按照CECS13—2009《纤维混凝土试验方法标准》制作,其中,抗压强度模具试件尺寸为 $100 \times 100 \times 100$ mm,抗折强度模具成型试件尺寸为 $100 \times 100 \times 400$ mm。

2 结果和分析

3种不同类型的混凝土,在养护箱中28 d保养龄后,测试其抗压强度、劈裂抗拉强度及弯拉强度,试验数据如表3所示。

表3 混凝土强度性能指标(28 d)

试验编号	坍落度/mm	抗压强度/MPa	劈裂强度/MPa	弯拉强度/MPa
素混凝土	31.30	41.50	4.47	4.86
1#	23.80	45.20	5.62	5.57
2#	21.20	46.30	5.79	5.62
3#	20.30	46.30	5.86	5.67
4#	25.30	42.80	5.13	5.30
5#	23.10	43.90	5.20	5.40
6#	21.00	44.00	5.23	5.42
7#	24.60	41.70	4.63	5.10
8#	22.60	42.50	4.79	5.21
9#	21.30	42.50	4.81	5.24

2.1 掺入纤维对坍落度的影响

作为混凝土的重要技术指标之一,和易性包含流动性、黏聚性和保水性三层含义。其中,混凝土的流动性是指水泥拌合物能产生流动,并具有均匀密实的特征,一般用坍落度来表征^[9]。由图2数据可知,随着纤维掺入混凝土中,其坍落度较素混凝土(31.30 mm)有所降低,但没有出现离析现象,不影响混凝土的工作性能及正常使用。

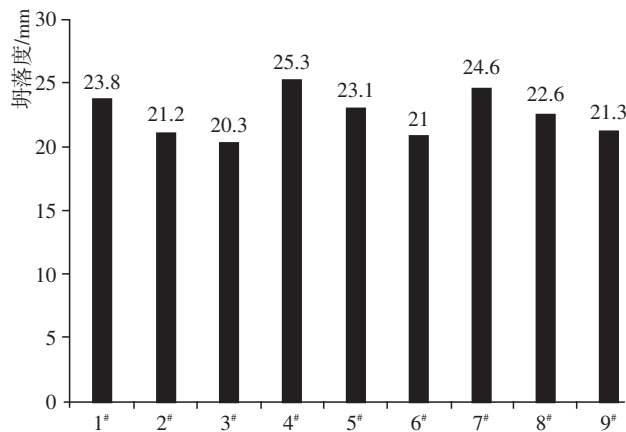


图2 混凝土坍落度变化

2.2 纤维种类对混凝土力学性能的影响

由试验结果(表3)可知,掺入3种不同的纤维混凝土,力学性能有所提高。其中,芳香族聚酰胺纤维混凝土(1#、2#、3#试块)对增强作用明显(图3、图4),尤其是纤维对劈裂强度保期28 d提高更为显著,抗弯强度及弯拉强度也略高于对照组。

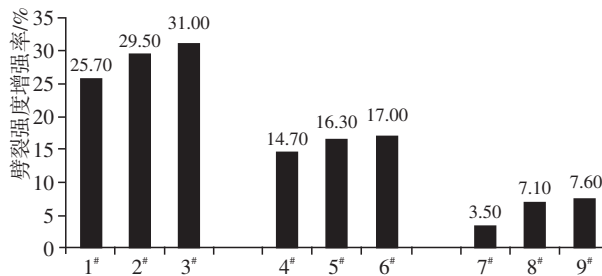


图3 各组试块劈裂强度增强率变化

2.3 纤维掺量对混凝土力学性能的影响

由图4可以看出,掺入 1.00 、 1.20 、 1.50 kg/m^3 3种比例的芳香族聚酰胺纤维、聚丙烯腈纤维、聚丙烯纤维3种纤维混凝土的抗压强度比素混凝土分别提高了8.9%、11.5%、11.5%,0.70%、5.7%、6.0%,0.5%、2.4%、2.4%;3种纤维混凝土的劈裂强度比素混凝土分别提高25.7%、29.5%、31.0%,14.7%、16.3%、

17.0%, 3.5%, 7.1%, 7.6%; 3种纤维混凝土的弯拉强度比素混凝土分别提高 14.6%、15.6%、16.6%, 9.0%、9.2%、11.5%, 4.9%、7.2%、7.8%。

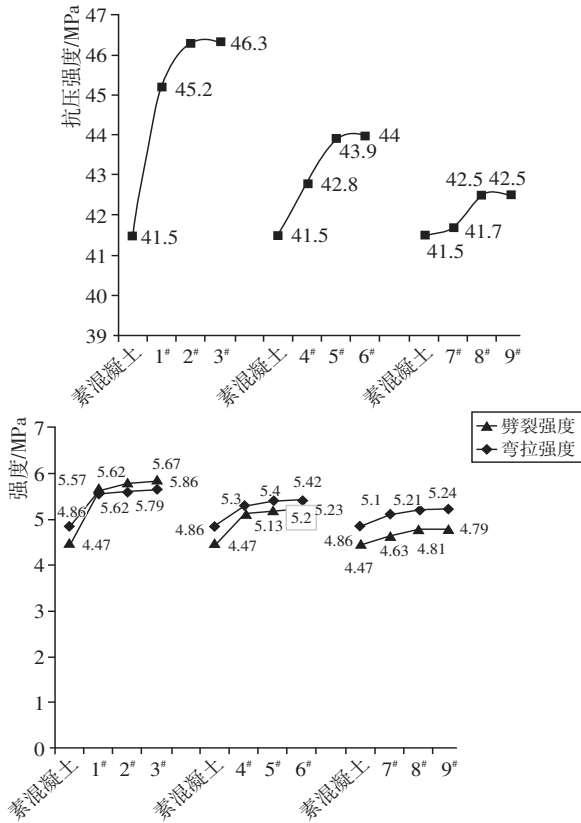


图4 纤维混凝土力学性能的变化

所掺入3种纤维对于混凝土抗压强度、劈裂强度、弯拉强度等力学性能技术指标均有提高,但纤维掺入量不宜过高,否则不仅增加生产成本且增强效果也不明显,掺入量为 1 kg/m³ 时效果较好。混凝土的劈裂强度增强效果最为明显,其原因可能是在混凝土中掺入了增强纤维后,其破坏模式也随之改变,即当试块初

裂后,水泥基体未完全断裂前仍继续承受荷载,而纤维在外力的作用下是逐渐被拉断或者拔出的,继而增加自身的韧性。

3 结语

在素混凝土中加入芳纶聚酰胺等纤维,混凝土的力学性能综合指标得到了提升。尤其是由于水泥基体中加入纤维,混凝土的劈裂强度最高提升接近 30%,从而显著提高了混凝土的抗渗性和耐久性,提高混凝土使用寿命。

参考文献:

- [1] WANG K, SHAH S P, PHUAKSUK P. Plastic shrinkage cracking in concrete materials influence of fly ash and fibers[J]. ACI Materials Journal, 2001, 98(6): 458-464.
- [2] 米永刚. 建筑用纺织材料的应用研究进展[J]. 棉纺织技术, 2015, (2): 78-81.
- [3] 曲旭光, 史保华, 彭洪波. 聚丙烯腈纤维混凝土性能试验研究[J]. 混凝土, 2009, (4): 81-82.
- [4] 过镇海, 时旭东. 钢筋混凝土原理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [5] 韦金峰, 黄真. 混合纤维混凝土力学性能试验研究[J]. 混凝土, 2010, (3): 67-69.
- [6] 安明喆, 马亚峰, 贺奎, 等. 钢纤维掺入方式对混凝土抗折强度影响研究[J]. 青岛理工大学学报, 2007, (3): 48-50.
- [7] 张省侠. 钢纤维混凝土抗折性能试验分析[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2008, (2): 118-119.
- [8] 李光伟, 杨元惠. 聚丙烯纤维混凝土性能的试验研究[J]. 水利水电科技进展, 2001, (5): 15-16.
- [9] 邓初首, 夏勇. 混凝土坍落度影响因素的试验研究[J]. 混凝土, 2006, (1): 65-66.

Effect of Different Kinds of Reinforcing Fibers on Mechanical Properties of Concrete

LIU Ai-hua¹, WANG Fei-long^{2,*}

(1. Xizang Minzu University, Xianyang 712000, China;

2. Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

Abstract: Tensile test, splitting tensile test and bending test of three fiber concrete included aromatic polyamide fiber, polypropylene fiber and polyacrylonitrile fiber at the age of 28 d were carried out. The effect of fiber type and fiber content on the mechanical behavior of concrete was compared and analyzed. The results showed that the fiber content of fiber reinforced concrete with the optimal comprehensive physical performance was 0.8~1 kg/m³, and the high enhancement effect was not obvious.

Key words: fiber reinforced concrete; mechanical property; compounding ratio; reinforcing fiber