

## 聚丙烯纤维对混凝土性能的改善研究

王瑞兴<sup>1</sup>, 钱春香<sup>1</sup>, 丁庆领<sup>2</sup>, 刘平<sup>2</sup>, 何波法<sup>2</sup>

(1. 东南大学材料科学与工程系, 南京 210096; 2. 安庆长江公路大桥建设指挥部)

**摘要:**对聚丙烯纤维混凝土的常规力学性能、长期性能以及耐久性能进行了综合试验研究。研究表明,聚丙烯纤维对于混凝土常规力学性能影响不大,但可以显著抑制混凝土的收缩与徐变,并可增强混凝土的抗渗性能,有效抵御外界氯离子的侵蚀、保护钢筋、防止锈蚀。在0~0.9kg/m<sup>3</sup>的掺量范围内,0.9kg/m<sup>3</sup>的聚丙烯纤维掺量具有优越的长期性能及耐久性能。

**关键词:**聚丙烯纤维;收缩;徐变;抗渗性;抗冻性;钢筋锈蚀;氯离子渗透

**中图分类号:**TU528.572 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-4637(2004)01-41-03

## 0 前言

近年来,聚丙烯纤维在抗裂要求较高的混凝土工程中得以迅速推广应用。聚丙烯纤维出色的阻裂效果已得到试验及工程上的证实,但对混凝土其他性能的影响,特别是长期性能和耐久性能,成了研究者和使用者的关心的问题。本研究对聚丙烯纤维混凝土的常规力学性能、长期性能和耐久性能进行了综合分析。

## 1 试验设计

## 1.1 原材料

水泥 42.5P.O(非低碱)水泥

外加剂 JM-Ⅷ非引气型萘系高效减水剂

粉煤灰 马鞍山I级灰

砂、石 安庆地产原材料

聚丙烯纤维 单丝型聚丙烯纤维,长15mm。

## 1.2 试验方案

采用510kg/m<sup>3</sup>的胶凝材料总量,以12%的粉煤灰等量替代水泥,分别掺入0、0.3、0.6、0.9kg/m<sup>3</sup>的聚丙烯纤维,综合研究其对混凝土常规力学性能、长期性能及耐久性能的影响,配合见表1。

表1 试验配合比

组号	B/(kg/m <sup>3</sup> )	W/B	FA/%	C/(kg/m <sup>3</sup> )	FA/(kg/m <sup>3</sup> )	S/(kg/m <sup>3</sup> )	G/(kg/m <sup>3</sup> )	W/(kg/m <sup>3</sup> )	外加剂/%	S <sub>p</sub> /%	PP/(kg/m <sup>3</sup> )
B1	510	0.314	12	449	61	694	1086	160	1.35	39	0
B2	510	0.314	12	449	61	694	1086	160	1.35	39	0.3
B3	510	0.314	12	449	61	694	1086	160	1.35	39	0.6
B4	510	0.314	12	449	61	694	1086	160	1.35	39	0.9

## 2 聚丙烯纤维混凝土的常规力学性能

根据JTJ 053-94《公路工程水泥混凝土试验规程》测试28d龄期硬化混凝土抗压强度、抗折强度、立方体劈拉强度、轴心抗压强度、抗压弹性模量,结果见表2。

表2 28d聚丙烯纤维混凝土常规力学性能

组号	抗压强度/MPa	抗折强度/MPa	劈拉强度/MPa	轴心抗压强度/MPa	弹性模量×10 <sup>4</sup> /MPa
B1	65.1	8.36	4.14	46.2	4.19
B2	52.4	7.40	3.83	39.0	4.15
B3	62.9	8.37	4.00	45.6	4.16
B4	66.2	8.58	4.74	54.9	4.52

由表2可见,聚丙烯纤维的掺入对于混凝土的抗压强度没有显著提高,抗折强度也只是略有增长,劈拉、轴心抗压强度及弹性模量只有在聚丙烯纤维掺量

达到0.9kg/m<sup>3</sup>时有一明显增幅。

## 3 聚丙烯纤维混凝土的长期性能

## 3.1 收缩变形

按JTJ 053-94《公路工程水泥混凝土试验规程》,成型100mm×100mm×515mm试件,每组三块,共四组,编号见表1。分别测其3d、7d、14d、21d、28d、45d、60d和90d的收缩变形,测试结果见图1。

由图1可见,聚丙烯纤维的掺入可有效抑制混凝土的收缩。以90d为例,掺入0.3kg/m<sup>3</sup>~0.9kg/m<sup>3</sup>的聚丙烯纤维,混凝土的干缩率比基准混凝土减少8%~15%,这主要是由于混凝土表层材料中存在聚丙烯纤维,使混凝土表面失水及水分迁移都较为困难,使毛细管收缩形成的毛细张力有所降低,从而有效抑制了收缩。

## 3.2 徐变

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2001CB61070503)。

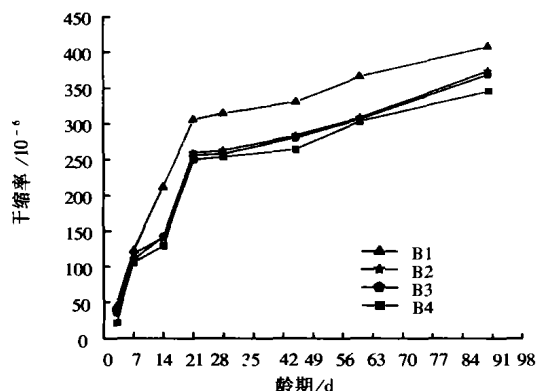


图1 聚丙烯纤维对混凝土收缩的影响

以表1中的B1和B4组进行比较试验,根据GBJ82-85《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》进行测试,在标准养护90d龄期后,以轴心抗压强度的40%,即18MPa加荷,测量标距定为100mm,试验结果见图2。

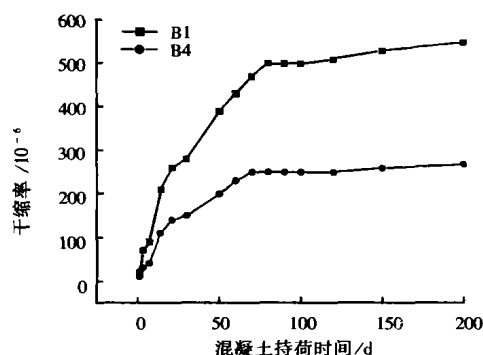


图2 90d养护后加载的聚丙烯纤维对混凝土徐变的影响

由图2见,混凝土徐变的发展主要集中在早期,加载70d以后就逐步趋于平缓,以B4组为例,加载70d之后徐变值已达到200d时徐变值的92%,后期的变化曲线近似为一水平线。掺入 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 的聚丙烯纤维后,抑制混凝土的徐变的效果更为明显,200d时的微应变只有基准B1组混凝土的50%。对于聚丙烯纤维减小徐变的机理还有待于深入研究。

#### 4 聚丙烯纤维混凝土的耐久性能

##### 4.1 抗渗性

试验采用 $\text{Ø}150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 试模,按表1中的四组配比进行试验,水压从0.4MPa开始,每隔8h增加0.1MPa,并随时注意观察试件端面情况,一直加至6个试件中有任一个表面发现渗水,记下此时的水压力 $H(\text{MPa})$ ,停止试验,沿纵断面将试件劈开,并测量其渗水高度 $h$ ,计算相对渗透系数 $S_r$ ,试验结果见表3。

表3 混凝土相对渗透系数

组号	B1	B2	B3	B4
相对渗透系数 $/ \times 10^{-8} (\text{cm/s})$	0.183	0.161	0.122	0.110

试验发现,B1~B3组混凝土抗渗标号可达P10以上,B4组的抗渗标号可达P12以上。通过表3计算得出的相对渗透系数 $S_r$ ,可以显示出聚丙烯纤维对于混凝土抗渗能力的增强作用。B4组的相对渗透系数相比于基准组B1降低了约40%。这主要还是得益于聚丙烯纤维有效地抑制了混凝土早期干缩微裂及高析裂纹的产生及发展,有效地减少了连通裂缝的产生,从而提高了自身的抗渗性能<sup>[1]</sup>。

##### 4.2 抗氯离子渗透

试验按JT270-98《水运工程混凝土试验规程》第7.9条的快速氯离子渗透测试方法(RCPT)进行,混凝土标准养护28d后测试。根据测得的试件电阻 $R$ ,计算氯离子扩散系数 $D$ ,结果见表4。

表4 混凝土氯离子扩散系数

组号	B1	B2	B3	B4
氯离子扩散系数 $/ \times 10^{-12} (\text{cm}^2/\text{s})$	1.53	1.48	1.42	1.32

由表4可见,虽然聚丙烯纤维对于混凝土抗氯离子的渗透的增强作用不如抗渗性能的试验结果那么显著,但是依然呈现随着聚丙烯纤维掺量的提高,混凝土氯离子扩散系数下降的趋势,说明聚丙烯纤维混凝土能够更为有效抵御外界氯离子的侵蚀。

##### 4.3 抗钢筋锈蚀

按表1中的四种聚丙烯纤维掺量,成型养护180d之后,进行28d的碳化试验,再移入标准养护室中,潮湿条件下存放56d后取出,破型。按GBJ82-85《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》进行处理,测定钢筋的锈蚀程度,并计算锈蚀失重率,结果见表5。试验结果显示,除了基准组(B1)中的钢筋出现了比较明显的锈蚀外,掺入聚丙烯纤维的B2、B3、B4组混凝土中的钢筋状况良好,显示了聚丙烯纤维混凝土抗氯离子侵蚀,保护内部钢筋的能力。

表5 混凝土钢筋锈蚀失重率

组号	B1	B2	B3	B4
失重率/%	0.058	0.017	0.017	0.015

##### 4.4 抗冻性

根据JTJ053-94《公路工程水泥混凝土试验规程》,采用快冻法进行试验。为了保证本次试验数据的准确性,本研究将同时采用共振法和超声波法来测试混凝土的相对动弹性模量,以反映混凝土的冻融情况,并计算了耐久性系数予以评价,试验及计算结果见表6和图3。

由表6和图3可见,掺入聚丙烯纤维,200次冻融循环后,混凝土的相对动弹性模量损失的更多,并且随

表6 快冻法混凝土相对动弹性模量及耐久性系数

组号	PP (kg/m <sup>3</sup> )	50次		100次		150次		200次		耐久性 系数/%
		A	B	A	B	A	B	A	B	
B1	0	98.6	98.2	97.9	97.5	85.3	87.5	66.6	68.3	45.5
B2	0.3	98.0	96.3	98.0	95.4	86.2	88.2	67.2	69.3	46.2
B3	0.6	97.8	94.9	82.1	83.0	65.2	62.7	43.5	48.2	32.1
B4	0.9	95.0	95.0	81.1	83.2	62.4	59.3	38.8	40.7	27.1

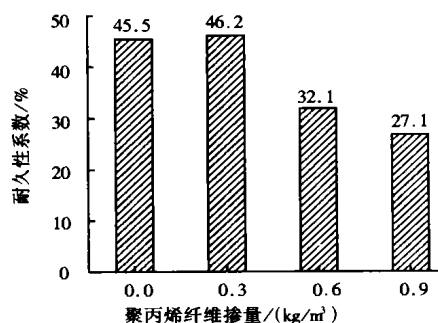


图3 聚丙烯纤维对于混凝土抗冻耐久性的影响

着掺量的提高而略呈增加趋势。这说明聚丙烯纤维对提高混凝土抗冻性能不能起到积极的作用,相反,还略有负面影响。这与以往的试验研究结果和推测不太一致<sup>[2-3]</sup>,这有待进一步验证和解释。但试验中又发现,聚丙烯纤维掺入后,能明显减少混凝土冻融循环后的表面剥落现象,保持混凝土外观的完整性。

## 5 结语

通过对于聚丙烯纤维混凝土的常规力学性能、长期性能以及耐久性能等多方面试验研究,发现聚丙烯纤维除可以增强混凝土早期抗裂性能以外,还可有效地抑制混凝土的收缩和徐变,增强混凝土的抗渗性能,抵御外界氯离子的侵蚀、保护钢筋、防止锈蚀。对于常规力学性能,虽然不能得到显著提高,但是影响甚微;对于其抗冻性能,高掺量的聚丙烯纤维混凝土动弹性模量损失反而更多,但能保持混凝土外观的完整性。综上所述,纤维掺量以 0.9kg/m<sup>3</sup> 的聚丙烯纤维混凝土显示出更为优越的常规力学性能、长期性能和耐久性能。

### 参考文献

- [1] 朱江. 聚丙烯纤维与高性能混凝土. 四川建筑科学研究, 第 26 卷第 4 期, 2000, 53 ~ 54
- [2] 钟秉章, 朱强, 倪建华. 聚丙烯纤维混凝土在水利水电工程上的应用探讨. 红水河, Vol. 21, No. 4: 39
- [3] 阎利, 万朝均, 等. 聚丙烯纤维增强混凝土概述. 化学建材, 2003 (1): 53

收稿日期: 2003-11-01

作者简介: 王瑞兴(1978-), 男, 硕士研究生。

通讯地址: 南京市四牌楼

E-mail: wangruixing@vip.sina.com

# 无锡市伟源机械厂

● 本厂是集科研、生产为一体的试验仪器及检测设备生产厂。

● 本厂产品被国家检测中心、各省级质检部门及供电系统普遍使用, 反映良好。

● 每台仪器由国家一级计量单位颁发的标定证书。

● 先进的技术、优质的产品、热诚的服务。

● 生产许可证号: 苏制 021-10072 号。

## GC-I 型排水管外压试验机

1. 该试验机适用于排水管做外压试验;
2. 试验范围  $\varnothing 300\text{mm} \sim \varnothing 3000\text{mm}$ ;
3. 试验长度 2000mm ~ 3180mm;
4. 该试验机配置传感器, 直读式显示仪表, 执行标准: GB/T16752-1997。

## DH-II 型电杆荷载位移测试仪

1. 该测试仪主要用于电杆荷载、挠度的检测;
2. 测试仪有二个显示窗口: 一个显示力信号, 一个显示位移信号, 可接驳多个传感器, 执行标准: GB4623-1994。

## SH 型荷载测试仪

1. 该测试仪适用于水泥制品的抗压强度测试, 如: 地基、上下水管、电力等各种物体的测量分析;
2. 测试仪具有精度高、重量轻、稳定性好等特点;
3. 测试仪显示仪表为直读数据。

## ZSL-300 ~ 3000 型压力试验机系列

1. 主要适用于水泥混凝土试块的抗压强度测定;
2. 该试验机可自动控制快进、慢进、自动加载;
3. 当被测工件破损时, 数据保留, 并可打印实测数据;
4. 有过载保护功能, 完全符合有关标准。

## JS-I 检查井盖试验机

1. 本机由机架、橡胶垫片、刚性垫块、加压装置、测力仪组成;
2. 能对多种检查井盖进行抗压强度试验;
3. 动力采用手动或电动液压千斤顶;
4. 数字式测试仪由国家法定一级计量单位颁发检定证书, 本机按 JC889-2001 标准制造。

厂址: 无锡市东降镇

邮编: 214121

电话: 0510-5061219

传真: 0510-5067525

联系人: 王解元

手机: 13606189512