

文章编号:1002-3046(2000)03-0198-03

## 网状聚丙烯纤维对高性能混凝土耐久性能影响

③  
196-198周震雷<sup>1</sup>, 孙家瑛<sup>2</sup>, 陈志源<sup>3</sup>TU528.572  
TU528.31

(1. 宁波市市政道桥公司, 浙江宁波 315000; 2. 上海市市政工程研究院 上海 200031; 3. 同济大学, 上海 200092)

**摘要:**研究了不同掺量聚丙烯纤维高性能混凝土的抗冻融、耐磨、抗渗、抗化学侵蚀能力,综合论述了网状聚丙烯纤维对高性能混凝土耐久性的影响,探讨和分析了高性能水泥基复合材料耐久性提高的机理。

**关键词:**网状聚丙烯纤维;高性能混凝土;耐久性  
**中图分类号:**TU528.572 **文献标识码:**A

为了改善高性能混凝土抗折强度低、抗冲击性差、脆性大、易开裂等缺点,满足对混凝土高强度、高韧性的要求,在高性能混凝土中掺入网状聚丙烯纤维以改善上述缺点的技术正受到广泛重视。聚丙烯纤维可以通过大量吸收能量,大幅度提高混凝土抗裂能力及改善抗冲击性能<sup>[1]</sup>,并能大幅度提高高性能混凝土抗折强度和降低其脆度系数<sup>[2]</sup>。聚丙烯纤维高性能混凝土在许多工程中取得明显的效益。

为了研究聚丙烯纤维混凝土在工程中的耐久性,本文中选用了美国生产的 FIBERMESH 网状纤维配制高性能混凝土,研究高性能纤维混凝土的抗渗及 Cl<sup>-</sup> 离子渗透系数与纤维掺量的关系,以及聚丙烯纤维对高性能混凝土耐久性的影响。

## 1 原材料及实验方法

### 1.1 试验用原材料

**水泥:**三航局小野田水泥有限公司生产的江南牌 525# 普通硅酸盐水泥;

**活性掺合料:**华联外加剂厂生产的磨细粉煤灰和硅灰,其化学成分列于表 1;

**外加剂:**SN-Ⅱ 高效减水剂,上海五四助剂厂生产;

**中粗砂:**细度模数 2.8,石料采用 5~8mm 的石英石;

**纤维:**美国产 FIBERMESH 网状聚丙烯纤维,性能见表 2。

表 1 活性掺和料的化学成分

化学成分	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	烧失量
质量分数/%	91.0	0.9	1.7	0.4	0.8	0.3	2.1

表 2 网状聚丙烯纤维的物理性能

性能	指标	性能	指标
吸水率	无	导电率	低*
密度	0.91	热导率	低*
纤维长度/mm	12~15	耐酸碱性	高
融化温度/℃	160~170	抗拉强度/MPa	560~770
燃点/℃	590	弹性模量/MPa	350

\*注:该两项性能数据由 Fibermesh 公司提供

### 1.2 试验方法

配制基准混凝土和双掺硅灰(SF)、粉煤灰高性能混凝土;水灰比  $m_w:m_c=0.4$ ,采用 SN-Ⅱ 高效减水剂,掺量为胶结材料质量的 0.75%,硅灰掺量为 10%,粉煤灰掺量为 15%。纤维高性能混凝土是在双掺硅灰、粉煤灰高性能混凝土中掺加 0.15% 和 0.1% (体积分数)的网状聚丙烯纤维。

纤维增强混凝土耐磨试件尺寸为 15cm×15cm×7cm。磨损试验采用 GLM-200 钢轮式混凝土磨损试验机,试验方法按 GB/T12988-91《无机地材料耐磨性试验方法》进行。耐磨性用磨坑宽度  $L$  表示,单位 mm,耐磨试验每组 5 块,取 10 次试验平均值。

另一部分试件制成直径 80mm,高 32mm 的圆柱状,在标准养护室内养护至 28d 测定其氯离子渗透系数,测试方法采用电导率法。抗冻性按 JTJ270-98 规定进行。抗渗性能参照 GBJ82-85 规定进行,试件为上下底面直径各为 175mm 和 185mm,高度为 150mm 的圆台体,试件养护方法同力学性能测定的立方体试件。

收稿日期:2000-05-19

第一作者简介:男,1965年生,工程师。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 纤维混凝土耐磨性能

纤维混凝土耐磨测定值见图1。由结果可以看出,掺加聚丙烯纤维可以提高混凝土的耐磨性能。与此同时,提高纤维混凝土基材的强度可以显著改善纤维混凝土的抗磨损性能。由图中结果还可以看出,当纤维掺量一定时,混凝土磨坑宽度随硅灰掺量增加而减小。这是由于掺加硅灰不仅提高了水泥基材的密实度,而且改善了水泥基材与纤维、水泥基材与集料界面的疏松结构,从而使混凝土结构呈基本无结构薄弱区域的均匀致密的整体,在宏观上表现为纤维混凝土耐磨性能随硅灰掺量增加而提高。

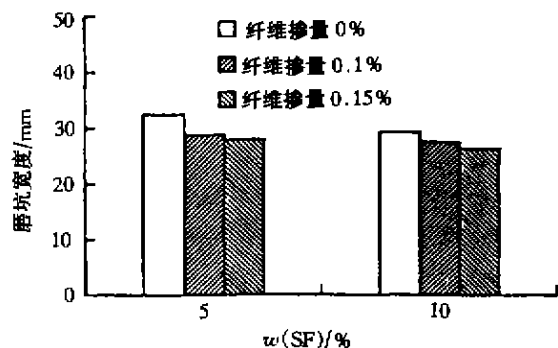


图1 聚丙烯纤维对混凝土耐磨性能影响

### 2.2 聚丙烯纤维对混凝土抗渗影响

各种掺量聚丙烯纤维混凝土抗渗试验结果见图2。由图中结果可以发现,随着聚丙烯纤维掺量增加,混凝土的渗水高度随之增加。这是由于纤维的加入增加混凝土中的界面,从而导致混凝土孔隙率提高的缘故。在纤维增韧混凝土中掺加硅灰可以明显降低混凝土的渗水高度。由图中结果可知,当硅灰掺量从0增加到10%时,纤维混凝土的渗水高度从113mm降低到28mm。

### 2.3 聚丙烯纤维对混凝土 $Cl^-$ 离子渗透系数影响

图3是普通纤维混凝土和掺硅灰纤维混凝土的  $Cl^-$  离子渗透性试验结果。由图中结果可知:在素混凝土中掺加聚丙烯纤维,混凝土的氯离子渗透系数明显加大,并随聚丙烯纤维掺量增加而增加。在掺硅灰高性能混凝土中掺加聚丙烯纤维可以明显降低混凝土的氯离子渗透系数,并且在含有10%硅灰

混凝土样品中,混凝土的氯离子渗透系数随聚丙烯纤维掺量增加而减小。这是由于掺硅灰高性能混凝土的浆体对纤维的亲合性所造成。

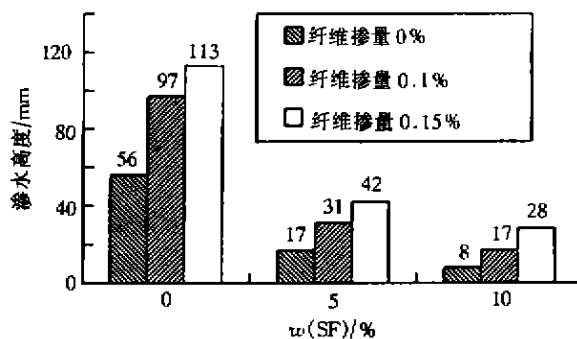


图2 聚丙烯纤维对混凝土抗渗性能的影响

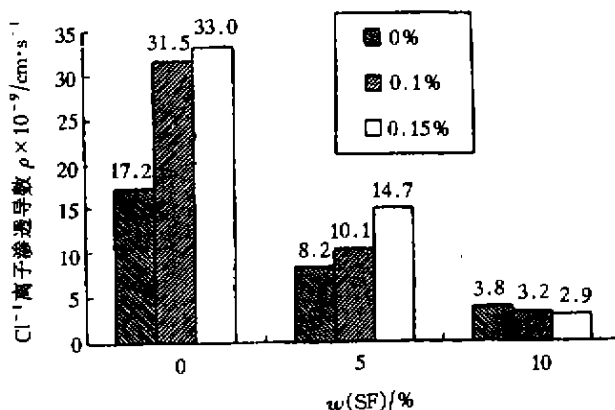


图3 聚丙烯纤维对混凝土氯离子渗透系数的影响

### 2.4 纤维混凝土的抗冻性能

从表3的抗冻性能试验结果可知,经过50次和100次冻融循环,纤维高性能混凝土试样与普通混凝土相比其质量损失和强度损失均大为减少。

普通基准混凝土经冻融循环后,抗压强度变化不大,但抗折强度明显下降;双掺硅灰和粉煤灰的纤维高性能混凝土试样均未明显下降,说明该混凝土具有很强的抗冻性。

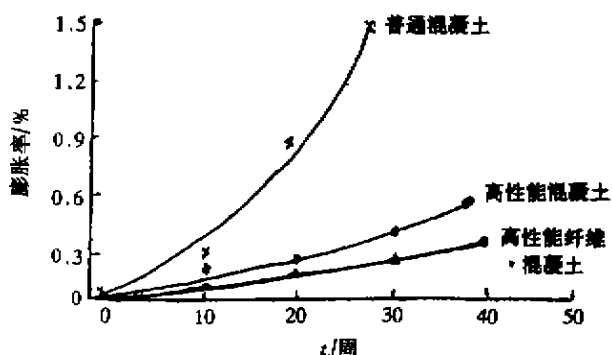
### 2.5 纤维高性能混凝土抗硫酸盐侵蚀性能

各种混凝土受硫酸盐侵蚀后膨胀测试结果见图4。由图中结果可知,在5%  $Na_2SO_4$  溶液侵蚀后,纤维高性能混凝土、高性能混凝土和基准普通混凝土试件都发生了膨胀。但纤维高性能混凝土试样比普通混凝土试样抗硫酸盐侵蚀能力有明显改善。由图

表3 混凝土抗冻性实验结果

品 种	质 量 变 化				强 度 变 化			
	冻融 50 次		冻融 100 次		冻融 50 次变化率%		冻融 100 次变化率%	
	质量/kg	变化率/%	质量/kg	变化率/%	抗折	抗压	抗折	抗压
普通混凝土	2.435	-0.53	2.431	-1.7	-6.03	-2.01	-15.8	-2.7
纤维增韧高性能混凝土	2.439	-0.04	2.436	-0.4	-0.61	-0.11	-2.48	-0.21

中结果还可以发现,虽然纤维高性能混凝土抗渗性能比同配比的高性能混凝土差,但其抗化学侵蚀能力则比其有一定改善。这主要是纤维约束作用的缘故。

图4 试件在5%Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液中的体积变化

### 2.6 纤维高性能混凝土耐久性能改善的机理分析

上述混凝土试验结果表明,掺入网状聚丙烯纤维可有效地提高水泥基复合材料的抗冻和抗化学侵蚀性能。提高的原因部分是由于聚丙烯纤维的掺入减少了由高性能混凝土内应力所产生的裂缝,特别是混凝土在塑性阶段干燥脱水所产生的裂缝。聚丙烯的掺入使混凝土早期收缩所产生的裂缝大为减

少。聚丙烯纤维对高性能混凝土耐久性能改善的另一个原因是纤维在混凝土受化学侵蚀和冻融条件下发生膨胀时所起的约束作用。纤维参与抵抗冻融及化学侵蚀时的膨胀压力与渗透压力,减少裂缝的扩展,从而提高了高性能混凝土的抗冻融及抗化学侵蚀能力。

### 3 结论

(1)在高性能混凝土中掺加网状聚丙烯纤维会降低其抗渗能力;

(2)在纤维增韧混凝土中双掺粉煤灰和硅灰,可以大幅度降低混凝土的Cl<sup>-</sup>离子渗透系数和提高其抗渗能力;

(3)在高性能混凝土中掺入聚丙烯纤维可以改善其抗磨损性能、抗冻性能和抗化学侵蚀性能;

(4)网状聚丙烯纤维对高性能混凝土抗冻融性能和抗化学侵蚀能力改善的机理为混凝土收缩裂缝减少和抗膨胀压力与渗透压力提高。

#### 【参考文献】

- [1] 孙家瑛. 聚丙烯纤维对高性能混凝土抗折强度、抗冲击性能影响研究[J]. 混凝土, 1999(6):19
- [2] 孙家瑛. 硅灰对水泥基PP纤维复合材料路用性能的影响[J]. 建筑材料学报, 2000, 3(1):80.