

## 聚丙烯纤维混凝土耐气候老化性能试验研究

卢安琪, 祝焯然, 李克亮, 陈 健  
(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210024)

**【摘 要】** 试验研究了聚丙烯纤维和聚丙烯纤维混凝土耐气候老化性能, 结果表明, 加入防老剂的改性聚丙烯纤维在水泥混凝土的保护下有足够长的使用寿命。

**【关键词】** 聚丙烯纤维; 聚丙烯纤维混凝土; 紫外线; 老化

**【中图分类号】** TU528.572 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1002-3550(2002)01-0061-03

## 1 前言

纤维混凝土是国际上近年来发展很快的新型复合材料, 以其优良的抗拉、抗弯、阻裂、耐冲击、耐疲劳等性能而广泛应用于公路、机场、隧洞、桥梁、水工、建筑、军事工程等领域。20世纪80年代初, 美国首先成功开发出聚丙烯纤维混凝土, 由于聚丙烯纤维强度高, 能耐酸、碱、盐等化学腐蚀, 比重小, 成本低, 只要掺入混凝土体积的0.05%~0.1%, 就可有效地抑制混凝土的塑性开裂, 改善混凝土抗渗、抗冻、抗冲磨、抗冲击等性能。我国已开始在水工、高速公路、桥梁工程、高层建筑地下室墙板等工程中应用。然而, 人们对高分子材料耐老化性能存在着疑虑。虽然紫外线在太阳光中只占5%, 但它是绝大部分高分子材料老化的主要原因。有关这方面报道极少, 本文介绍聚丙烯纤维及聚丙烯纤维混凝土的抗老化试验研究。

## 2 试验用原材料

(1) 改性聚丙烯纤维: 本次试验采用两种改性聚丙烯纤维, 其性能见表1。

表1 改性聚丙烯纤维的性能

纤维品种	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>
比重	0.91	0.91
纤维长度/mm	15±1	15±1
燃点/℃	590	590
熔点/℃	160~170	167~169
抗拉强度/MPa	119.2	382.9
极限拉伸/%	484	59.9
直径/μm	62~69	51

改性聚丙烯纤维利用熔融聚丙烯在通过细小喷嘴孔径时具有“附壁”效应, 改性剂分子带羟基的亲水助剂附着在纤维表面, 使纤维亲水性大大加强, 从而有利于增强它与水泥界面结合。2<sup>#</sup>纤维即是加入防老剂

的1<sup>#</sup>纤维。

(2) 水泥: 海螺牌42.5级普通硅酸盐水泥。

(3) 砂: 中砂, 细度模量2.7。

## 3 试验方法和内容

聚丙烯纤维耐气候老化试验参照国标GB9344-88《塑料氙灯光源曝露试验方法》, 用人工方法模拟和强化在自然气候中受到的光、热、氧、湿气、降雨为主要老化破坏的环境因素, 特别是光, 以加速其老化。氙灯型光源性能优于碳棒型光源, 碳棒大量发射能量小于260nm的波长, 波长比太阳光谱短很多, 其超量短波能量与实际户外光照相比有些失真, 而氙灯比较接近太阳光谱。

本次试验老化条件为: 辐射强度(1000±200)w/m<sup>2</sup>, 黑板温度65℃, 光照11h30min, 降雨30min, 老化最长时间500h。

老化试验内容:

(1) 改性聚丙烯纤维裸露丝及纤维有不同厚度砂浆遮盖, 在48h、125h及250h老化后性能变化。

(2) 掺与不掺改性聚丙烯纤维砂浆试件老化, 砂浆试件尺寸为: 抗压试件4cm×4cm×4cm, 抗折试件2cm×2cm×12cm, 抗拉试件小8字模, 抗渗试件为上直径7cm, 下直径8cm, 高为3cm的截头圆锥, 试件成型后标准养护28天, 分别测试老化前、老化250h和老化500h后的各项性能。砂浆由相应混凝土湿筛而得, 混凝土配合比见表2。

表2 混凝土配合比 kg/m<sup>3</sup>

编号	水泥	粉煤灰	砂	石	改性聚丙烯纤维	NMR	水
1	256	60	623	1268	—	2.37	140
2	256	60	623	1263	0.9	2.37	140

## 4 试验结果及分析

改性聚丙烯纤维裸露丝及有不同厚度砂浆遮盖的

老化结果见表 3, 砂浆老化结果见表 4。

表 3 改性聚丙烯纤维丝老化结果

试验条件	老化时间 h	测试项目	1#	2#
			实测值/保留率 /%	实测值/保留率 /%
裸露丝	0	断裂强度/MPa	119.2	285.2
		伸长率/%	484	99
	24	断裂强度/MPa	53/44	154.2/54
		伸长率/%	<5/<0.01	35/35
2mm 砂浆遮盖	48	断裂强度/MPa	100.7/85	259.6/91
		伸长率/%	109.7/23	80/80
2.4mm 砂浆遮盖	125	断裂强度/MPa	88.6/74	214.2/75
		伸长率/%	44.4/9.1	66.9/68
2.5mm 砂浆遮盖	250	断裂强度/MPa	101.1/85	—
		伸长率/%	59.2/12	—
3.8mm 砂浆遮盖	250	断裂强度/MPa	114/96	274.6/96
		伸长率/%	89.8/19	81.4/82
5.0mm 砂浆遮盖	250	断裂强度/MPa	116.3/98	280.5/98
		伸长率/%	163.6/34	98/99

表 4 砂浆老化试验结果

项目	不掺纤维砂浆	掺纤维砂浆	
	实测值/保留率/%	实测值/保留率/%	
聚丙烯纤维掺量/(kg/m <sup>3</sup> )	—	0.9	
老化前	抗压强度/MPa	28.4	30.3
	抗拉强度/MPa	3.8	4.0
	抗弯强度/MPa	8.81	9.38
	透水压力/MPa	>1.5	>1.5
	抗压强度/MPa	46.1/162	49.8/165
老化 250h	抗拉强度/MPa	4.22/111	5.08/127
	抗弯强度/MPa	9.75/111	10.69/114
	透水压力/MPa	1.2	0.6
老化 500h	抗压强度/MPa	34.2/125	5.72/143
	抗拉强度/MPa	4.74/125	5.72/143
	抗弯强度/MPa	8.63/98	11.25/120
	透水压力/MPa	0.9	0.6

在上述老化条件下, 聚丙烯纤维 1# 和 2# 裸露丝曝露在氙灯 24h 后, 性能急剧下降, 断裂强度分别降到 44% 和 54%, 伸长率分别降到 5% 以下和 35%, 但在有水泥砂浆板遮盖下, 情况大有好转, 聚丙烯纤维得到有效保护。图 1, 图 2 是两种聚丙烯纤维在水泥砂浆不同遮盖厚度条件下老化 250h 后的性能变化。

由表及图可见, 随着水泥砂浆遮盖厚度的增长, 两种聚丙烯单丝断裂强度和伸长率保留率越来越高。当遮盖厚度 5mm 老化 250h 时, 2# 聚丙烯单丝断裂强度和伸长率的保留率为 98% 和 99%, 即氙灯老化对它性能影响不大, 证明了紫外线对混凝土包裹中的聚丙烯纤维的老化影响深度很小。同种条件下, 聚丙烯 1# 丝

断裂强度和伸长率保留率分别为 98% 和 34%, 虽然强度变化不大, 但伸长率还有较大损失, 故掺防老剂的 2# 纤维丝抗老化能力要比 1# 丝强得多。

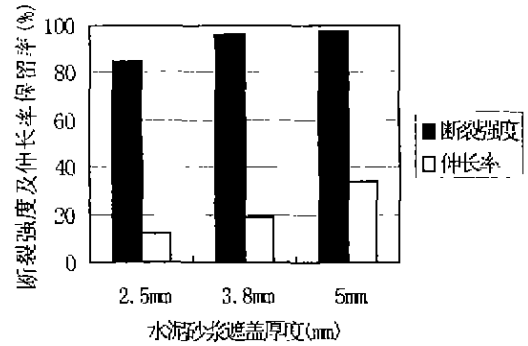


图 1 1# 聚丙烯纤维的性能变化

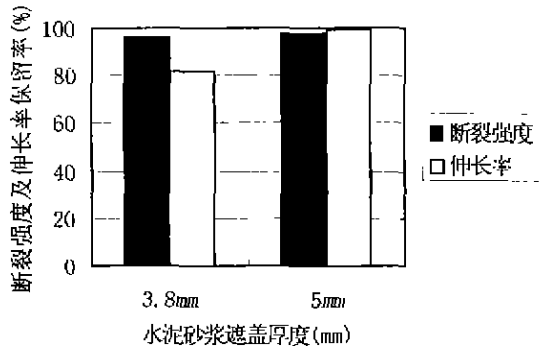


图 2 2# 聚丙烯纤维的性能变化

图 3 为水泥砂浆遮盖厚度基本相同 (2mm ~ 2.5mm), 聚丙烯纤维 1# 裸露丝随老化时间性能变化结果, 说明在老化初期, 聚丙烯裸露丝的性能下降速度较快, 但后期达到稳定, 下降速度很缓慢。

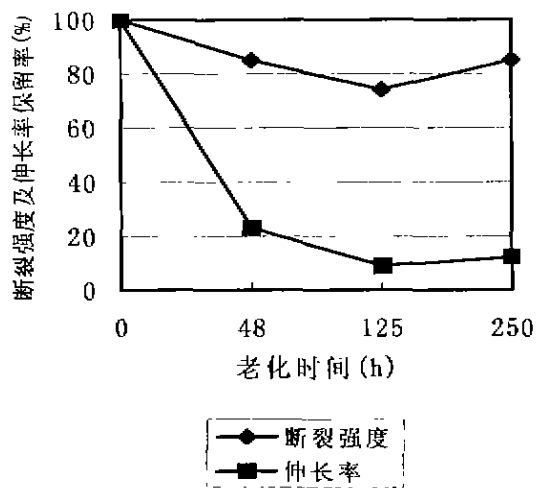


图 3 1# 聚丙烯纤维性能随老化时间的变化

砂浆试件经过 250h, 500h 老化, 掺聚丙烯纤维砂浆的抗压、抗拉和抗折强度都比老化前高, 且其增长幅

度比不掺纤维的素砂浆高,见表4。但是,素砂浆和掺纤维砂浆老化后的抗渗性能均有下降,掺纤维砂浆在老化开始时的下降速度要比素砂浆快,但在250h老化后,其抗渗性能有不再下降的趋势,但素砂浆在初期虽抗渗性下降得少些,而后期还有下降的趋势。试验结果说明:氙灯老化对聚丙烯纤维混凝土力学性能无不利影响。对掺与不掺纤维混凝土抗渗性均略有影响,其原因还有待进一步研讨。

对照土工织物老化试验方法<sup>[1]</sup>:ASTMD4355-92,氙灯辐射强度仅为 $0.35\text{w}/\text{m}^2$ ,相当于冬天阳光, $0.55\text{w}/\text{m}^2$ 是接近夏日的辐射水平。本试验老化辐射强度比较严酷,其辐射强度约相当于地面上太阳辐射强度的2200倍。以什么标准来评价聚丙烯纤维混凝土老化是一个还需深入探讨的研究问题。

聚丙烯纤维混凝土广泛应用已有近20年的历史,加拿大国家施工研究协会1990年《出版纤维混凝土手册》<sup>[2]</sup>指出聚丙烯纤维加上0.25%商售抗氧化剂,可估计聚丙烯纤维在水泥体系中,在25℃环境,寿命超过30年。聚丙烯纤维水泥复合物在相当于几年自然光强度下曝露,强度不损失。英国萨里大学D.J.Hannant博士指出<sup>[3]</sup>,为防止聚丙烯受紫外线辐射及氧化,制造厂一般加入稳定剂及颜料,使纤维非常适合做船用缆绳,纤维掺入混凝土,得到混凝土保护,就不存在这方面缺点了。韦斯特混凝土桩制造公司,1969年就用聚丙烯纤维制桩。美国在1989~1995年修复Sury Mountain坝、Palmer Pond坝、Webber坝及Croton坝均使用聚丙烯纤维混凝土,施工量约为19880m<sup>3</sup>,至今完好。英国有1984年兴建的工程采用聚丙烯纤维,也完好无缺,故在聚丙烯纤维制造过程中,加入防老剂,在水泥混凝土保护下,可有足够长的

使用寿命。

## 5 结论

1)氙灯加速老化对聚丙烯纤维裸露丝性能影响较大,随着遮盖厚度的增加,聚丙烯纤维的老化程度降低。

2)氙灯加速老化对掺入聚丙烯纤维砂浆的抗压、抗拉、抗折等力学性能无不利影响。与不掺聚丙烯纤维的砂浆一样,氙灯加速老化对抗渗性能略有影响,影响范围在表层,随老化时间增加,其影响得到减缓和阻止。

3)加防老剂改性的2#聚丙烯纤维的抗老化性能比1#聚丙烯纤维有明显的改善,在遮盖厚度5mm时,基本上不存在老化问题。在工程应用中,应采用加防老剂改性的聚丙烯纤维。

### [参考文献]

- [1]P. Balaguru. Test Methods for Durability of Polymeric fibers in Concrete and UV Light Exposure. Testing of FRC. SP155-6.  
[2]James J. Beaudoin. Handbook of Fiber-Reinforced Concrete.  
[3]D. J. Hannant. 纤维水泥与纤维混凝土[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1986.

[作者简介] 卢安琪(1943-),女,教授级高工,总工程师;祝焯然(1975-),女,工程师,主任工程师;李克亮(1974-),男,工程师,主任工程师;陈健(1966-),男,工程师,主任。

[单位地址] 江苏省南京市虎踞关34号瑞迎高新技术公司(210024)

[联系电话] 025-3737236

## Research and test of ageing performance for polypropylene fiber reinforced concrete

LU An-qi, ZHU Ye-ran, LI Ke-liang, CHEN Jian

(Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China)

**Abstract:** Research about ageing performance of polypropylene fiber and polypropylene fiber reinforced concrete was done. The results showed that modified polypropylene fibers contained ageing-resistant, which are protected by concrete have long enough service life.

**Key words:** polypropylene fiber; polypropylene fiber reinforced concrete; UV radiation; ageing