

聚丙烯纤维与钢纤维喷射混凝土弯曲韧性的对比

陈迅捷, 陈基成, 王 宏

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

[摘要] 随着聚丙烯纤维和钢纤维掺量的增加, 纤维混凝土弯曲韧性指标提高。纤维掺量为体积 1.03% 的聚丙烯纤维混凝土等效弯拉强度仅相当于纤维掺量为体积 0.45% 的钢纤维混凝土。改性聚丙烯纤维混凝土取代钢纤维混凝土应用于喷射混凝土支护工程, 尚需提高聚丙烯纤维弹性模量, 并增加混凝土中聚丙烯纤维掺量。

[关键词] 聚丙烯纤维; 钢纤维; 喷射混凝土; 弯曲韧性

[中图分类号] TU528.572 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1002-3550(2003)11-0066-02

1 前言

宜兴抽水蓄能电站地下厂房经设计采用喷射钢纤维混凝土永久支护, 混凝土强度等级 C25, 弯曲韧度指数 η_{m10} 大于 7.0, η_{m30} 大于 18.0。

由于地下厂房钢纤维混凝土有碳化腐蚀的隐患, 为提高地下厂房支护混凝土的耐久性, 采用改性聚丙烯纤维与钢纤维混凝土的物理力学性能进行试验对比, 希望在满足纤维混凝土强度和弯曲韧性的基础上, 改性聚丙烯纤维混凝土取代钢纤维混凝土支护宜兴抽水蓄能电站地下厂房。

2 喷射混凝土大板试验原材料和混凝土配合比

2.1 试验原材料

(1) 水泥: 海螺 P·O42.5R 水泥。3 天胶砂强度 40.0MPa, 28 天胶砂强度 65.9MPa。

(2) 硅粉: 遵义铁合金厂回收硅粉。SiO₂ 含量 90.72%。比表面积 24.1m²/g。

(3) 砂: 中粗山砂, 细度模数 2.85。

(4) 碎石: 灰岩碎石, 最大粒径 10mm。

(5) 减水剂: 上海麦斯特建材有限公司 RHEOBUILD1100 高效减水剂。

(6) 速凝剂: 河南省巩义市特种建材厂 8604 型液态速凝剂。1 天抗压强度比 135%, 28 天抗压强度比 70%。

(7) 纤维: 浙江嘉兴七星钢纤维厂 ZH-06 凸痕形钢纤维, 纤维长度 32mm, 等效直径 0.7mm。

东华大学建材纺织品信息研究中心提供异形聚丙烯纤维, 纤维长度 19mm, 等效直径 0.5mm。为降低混凝土塑性开裂指数, 另掺加体积 0.03% 的聚丙烯细纤维, 纤维长度 15mm, 等效直径 0.06mm^[1]。

2.2 混凝土配合比

喷射大板试验混凝土配合比见表 1。纤维混凝土采用二次搅拌工艺, 先将纤维和碎石在搅拌机内拌和 60 秒; 再加入水泥、硅粉、砂, 干拌 60 秒; 最后加水和减水剂拌和 120 秒。混凝土拌合物坍落度适宜控制范围为 (80 ± 10)mm。混凝土大板采

表 1 喷射大板试验混凝土配合比

纤维品种	纤维掺量	每方混凝土原材料用量/(kg/m ³)		
钢纤维	体积 0.45%	水泥: 硅粉: 砂: 碎石: 钢纤维: 水: H1100: 8604	420: 21: 950: 690: 35: 200: 9.5L: 18	
	体积 0.58%	水泥: 硅粉: 砂: 碎石: 钢纤维: 水: H1100: 8604	420: 21: 950: 690: 45: 200: 10.0L: 18	
	体积 0.70%	水泥: 硅粉: 砂: 碎石: 钢纤维: 水: H1100: 8604	420: 21: 950: 690: 55: 200: 10.5L: 18	
聚丙烯纤维	体积 0.58% (0.55 + 0.03)	水泥: 硅粉: 砂: 碎石: 纤维: 水: H1100: 8604	420: 21: 950: 690: 5.25: 200: 9.5L: 18	
	体积 0.80% (0.77 + 0.03)	水泥: 硅粉: 砂: 碎石: 纤维: 水: H1100: 8604	420: 21: 950: 690: 7.25: 200: 10.0L: 18	
	体积 1.03% (1.00 + 0.03)	水泥: 硅粉: 砂: 碎石: 纤维: 水: H1100: 8604	420: 21: 950: 690: 9.25: 200: 10.5L: 18	

用湿喷施工成型, 混凝土速凝剂由湿喷机喷射口掺加。

3 纤维品种和掺量对混凝土强度影响试验对比

不同掺量的钢纤维和聚丙烯纤维对混凝土 28 天抗压强度和抗折强度的影响试验结果对比见表 2。

由试验结果可见, 通过掺加聚丙烯纤维和钢纤维可提高混凝土的抗压强度和抗折强度。聚丙烯纤维和钢纤维的长径比基本相同, 当纤维体积掺量相同时 (体积 0.58%), 强度增加幅度相当。

表 2 钢纤维和聚丙烯纤维对混凝土强度的影响试验结果对比

混凝土品种	纤维掺量 (体积/%)	28 天抗压强度 /MPa	28 天抗折强度 /MPa
基准混凝土	0	33.6/100	5.65/100
	0.45	36.9/110	5.81/103
钢纤维混凝土	0.58	36.5/109	5.99/106
	0.70	37.6/112	6.33/112
	0.58	37.9/113	5.96/106
聚丙烯纤维混凝土	0.80	41.6/123	6.84/121
	1.03	39.6/118	6.42/114

4 纤维品种和掺量对混凝土弯曲韧性的影响试验对比

混凝土弯曲韧性试验根据中国工程建设标准化协会标准

《钢纤维混凝土试验方法》(CECS13:89)进行^[2]。混凝土弯曲韧性试验数据使用美国 Agilent 公司 E1413C 数据采集系统采集。混凝土弯曲韧性试验荷载-挠度曲线见图 1 和图 2。

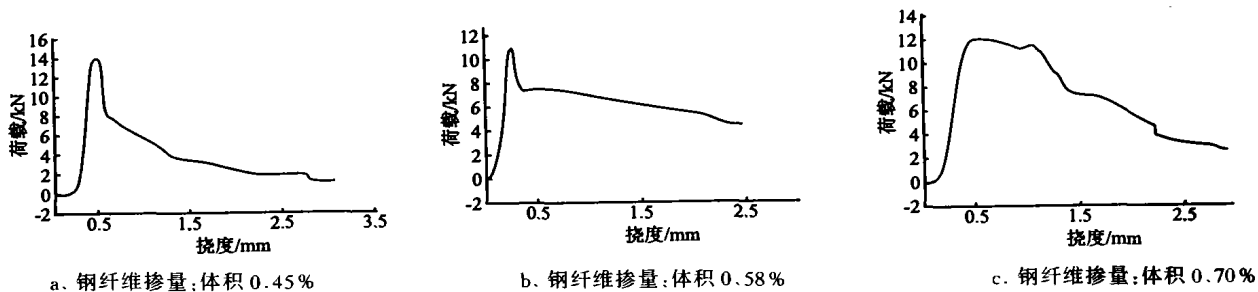


图 1 钢纤维混凝土弯曲韧性试验荷载-挠度曲线

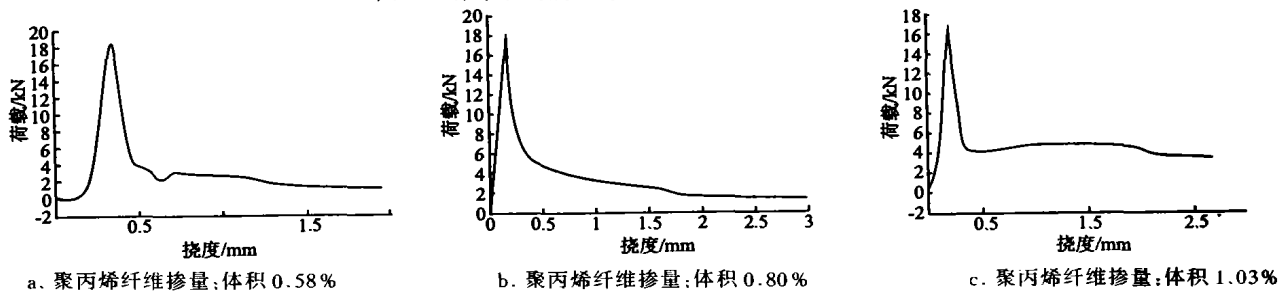


图 2 聚丙烯纤维混凝土弯曲韧性试验荷载-挠度曲线

根据 CECS13:89, 纤维混凝土初裂强度、弯曲初度指数和承载能力变化系数检测计算结果见表 3。

根据上海市工程建设规范《切断型钢纤维混凝土应用技术规程》(DG/TJ08-011-2002)^[3], 纤维混凝土弯曲初度系数计

算结果见表 4。表 3 反映了纤维混凝土在不同开裂程度时的韧性指标, 表 4 反映了纤维混凝土的总体韧性指标。

表 3 混凝土弯曲初度指数和初裂强度检测计算结果

组别	弯曲初度指数				承载能力变化系数					初裂强度
	η_{m5}	η_{m10}	η_{m20}	η_{m30}	η_{m5}	η_{m10}	η_{m20}	η_{m30}	$f_{ic,cr}/MPa$	
钢-0.45	4.60	7.25	10.15	11.90	0.80	0.39	-0.04	-0.25	3.85	
钢-0.58	4.49	8.51	15.34	18.49	0.75	0.67	0.51	0.20	3.18	
钢-0.70	4.97	9.79	16.07	19.21	0.98	0.95	0.59	0.26	3.52	
聚丙烯-0.58	2.74	3.67	5.04	5.90	-0.13	-0.41	-0.57	-0.66	4.73	
聚丙烯-0.80	3.19	4.71	6.67	7.76	0.10	-0.18	-0.40	-0.53	4.78	
聚丙烯-1.03	2.94	4.98	9.33	12.79	-0.03	-0.12	-0.12	-0.19	4.42	

表 4 纤维混凝土弯曲初度系数计算结果

组别	弯拉强度 /MPa	等效弯拉强度 /MPa	弯曲初度系数 $R_{e,3}/\%$
钢-0.45	4.25	1.50	36
钢-0.58	3.45	1.94	43
钢-0.70	3.87	2.66	69
聚丙烯-0.58	5.61	0.87	16
聚丙烯-0.80	5.32	1.27	24
聚丙烯-1.03	4.90	1.42	29

纤维混凝土试件开裂后的等效弯拉强度取决于纤维本体抗拉强度和弹性模量、混凝土中纤维掺量及分散性、纤维与混凝土基材界面之间粘结强度等因素。

由试验结果可见, 随着聚丙烯纤维和钢纤维掺量的增加, 纤维混凝土弯曲韧性指标提高。钢纤维混凝土中钢纤维掺量

为体积 0.58% 时, 纤维混凝土弯曲初度指数 η_{m10} 和 η_{m30} 已能满足设计指标要求。异形聚丙烯纤维掺量达体积 1.03% 时, 聚丙烯纤维混凝土等效弯拉强度仅与钢纤维掺量为 0.45% 的纤维混凝土相当, 弯曲初度指数 η_{m10} 和 η_{m30} 尚不能满足设计指标要求。

纤维混凝土弯曲初度指数 η_{m5} 、 η_{m10} 为初裂挠度 3.0、5.5 倍时的初度实测值与初裂初度之比, 此时纤维材料的弹性模量对纤维混凝土弯曲初度指数影响较大。由于聚丙烯纤维的弹性模量仅为 0.5GPa ~ 1.3GPa^[4], 远低于钢纤维 (210GPa), 聚丙烯纤维混凝土试件开裂后应力陡降较钢纤维混凝土明显, 弯曲初度指数 η_{m5} 、 η_{m10} 数值较低, 混凝土中聚丙烯纤维掺量的增加对提高弯曲初度指数 η_{m5} 作用不明显。为提高纤维混凝土弯曲初度指数 η_{m5} 、 η_{m10} , 需相应提高聚丙烯纤维弹性模量。

由试验结果可见, 随着混凝土中聚丙烯纤维掺量的增加, 聚丙烯纤维混凝土弯曲初度指数 η_{m20} 、 η_{m30} 提高。试验中, 聚丙烯纤维混凝土试件断裂面为纤维拔出破坏, 表现为聚丙烯纤维

67

与混凝土基材界面之间粘结强度不够,其主要原因也是由于聚丙烯纤维弹性模量过低,在受力时纤维发生较大徐变,纤维轴向伸长,导致纤维与混凝土基材界面之间出现较大的侧向拉应力,纤维突然失去粘结力而被拔出^[5]。为提高聚丙烯纤维混凝土弯曲韧度指数 η_{m20} 、 η_{m30} ,需增加混凝土中聚丙烯纤维掺量,并提高聚丙烯纤维弹性模量。

5 结语

(1)通过掺加聚丙烯纤维和钢纤维可提高混凝土的抗压强度和抗折强度,当纤维体积掺量相同时,强度增加幅度相当。

(2)随着聚丙烯纤维和钢纤维掺量的增加,纤维混凝土弯曲韧性指标提高。异形聚丙烯纤维掺量达体积 1.03% 时,聚丙烯纤维混凝土等效弯拉强度仅与钢纤维掺量为体积 0.45% 的纤维混凝土相当。

(3)为提高纤维混凝土弯曲韧度指数,需提高聚丙烯纤维

弹性模量,并增加混凝土中聚丙烯纤维掺量。

[参考文献]

- [1]卢安琪,等.聚丙烯纤维混凝土试验研究[J].水利水运工程学报,2002,(4):14-19.
- [2]CECS13:89.钢纤维混凝土试验方法[S].
- [3]DG/TJ08-011-2002.切断型钢纤维混凝土应用技术规程[S].
- [4]袁勇,邵晓芸.合成纤维增强混凝土的发展前景[J].混凝土,2000,(12):3-7.
- [5]程庆国,等.钢纤维混凝土理论及应用[M].中国铁道出版社,1999,7.

[作者简介] 陈迅捷(1963-),男,高级工程师。

[单位地址] 南京市虎踞关 34 号南京水利科学研究院材结所 (210024)

[联系电话] 025-5829613;13002588217

防裂纤维

随着人民生活水平以及科学技术的提高,对各项建筑中防水、防裂的要求越来越高。宜兴市东山新型材料有限公司开发生产一系列防裂纤维解决混凝土脆性易开裂问题。

一、用途: 1、道路混凝土:高速公路路面、机场跑道、停机坪、桥梁铺装层、停车场等。2、工业及民用建筑混凝土、砂浆刚性抗裂自防水;高层建筑的地下室地板、侧墙;货舱、厂房地板;港口、码头;水池、化粪池、水渠等;屋面、外墙抹灰、金属板之混凝土罩面层。3、水泥制品:保温、隔热墙板、泡沫混凝土、水泥预制板、管等。4、喷射混凝土、砂浆:隧道衬砌等薄壁结构;基坑支护、加固等。

二、功能: 1、抗裂:有效提高混凝土、砂浆对塑性收缩、离析、水化热温度应力等因素导致的非结构性裂纹的抗裂能力。可作为抗裂钢丝网之替代或增强材料。0.05% 体积掺量,抗裂能力提高即达 70% 以上。2、抗渗:有效提高混凝土、砂浆抗渗防潮能力,可作为一种有效的刚性本体自防水添加材料。0.05% 体积掺量,抗裂能力提高即达 60% 以上。3、抗冲击:有效提高混凝土、砂浆抗冲击、抗震、及抗龟裂能力。0.05% 体积掺量,锤击测试,初裂及粉碎锤击次数成倍提高;砂浆薄板抗冲击强度测试,提高 25%。4、抗冻:大大提高抗冻能力,有效提高混凝土的耐久性。0.05% 体积掺量,动态弹模残余测试,较之不加纤维提高达数倍。5、抗磨:明显提高混凝土、砂浆面层的耐磨能力,明显减少起尘、磷状、片状剥落等破损现象。6、增强延性:可大大据高混凝土的韧性,提高抗裂变形能力,特别对改善高强混凝土的脆性有重要意义。

三、特点:分散性好,握裹力强;乱向分布,自动补强;施工简易,无毒安全;无磁防锈,防腐耐碱;完全物理性加筋,达到抗裂补强作用。

四、规格: 1、HT 防裂纤维是一种聚酯纤维。特点:熔点高、强度好、适用于沥青路面防裂。2、LT 防裂纤维是一种改性 PP 纤维。特别适用于砂浆、大体积混凝土。3、BT 防裂纤维是一种无碱玻璃纤维。特点:价廉物美

以上各种纤维其长短、粗细均可按用户要求生产,常规:19mm、15mm、12mm、10mm、5mm。

五、价格(经销商价格): HT: 3 万元/t LT: 2.5 万元/t BT: 1.5 万元/t

六、本厂产品经国家建筑材料测试中心检验,诚征全国各地代理商,欢迎各地有识之士共同开发新型建材。

宜兴市东山新型材料有限公司

地址:江苏省宜兴市东山溪隐 邮编:214206 手机:13906152806、13812208664、13611688691
电话:0510-7982953、7995385、7789953 传真:0510-7982953、7995385 E-mail: web@188x.com
<http://www.188x.com> 开户行:宜兴市工行东山办 帐号:1103028909000039117