

## 微膨胀聚丙烯纤维混凝土的试验及工程实践

蔡文胜 张双萍 薛梅 宁瑜

## EXPERIMENT AND ENGINEERING PRACTICE OF MICRO-EXPANSIVE POLYPROPYLENE FIBER CONCRETE

CAI Wensheng ZHANG Shuangping XUE Mei NING Yu

目前在混凝土中掺入纤维类材料以增强断裂韧性,控制收缩变形开裂,已收到了较好的效果。

微膨胀聚丙烯纤维混凝土的试配原则是以聚丙烯纤维加微膨胀剂为基本掺合料,适量掺入减水剂,经对比试配、试验和性能检测,寻找不同环境条件下的最佳双掺(即在混凝土中同时掺入聚丙烯纤维和微膨胀剂)混凝土配合比试验结果,利用微膨胀混凝土的技术性能特点和纤维材料的抗裂抗收缩性能来满足工程的实际需要,提出利于泵送施工的最佳掺配方法。选用美国产 Durafibec 型 19 mm 束状单丝聚丙烯纤维,通过大量多纤维分布状的纤维材料增强对混凝土的约束,分析其变化规律。试验数据表明,在混凝土坍落度为 120~160 mm 时,单掺微膨胀材料的混凝土的收缩率达 0.07%,而在同样条件下双掺混凝土收缩率仅为 0.006%~0.015%,根据掺量不同而表现为不同的收缩率。

## 1 检测过程及结果

在 240 mm × 300 mm × 2 400 mm 混凝土梁上进行载荷模拟试验,未掺聚丙烯纤维的试件(C40 混凝土,对称配置 8 $\Phi$ 16,  $\Phi$ 6@200, 端部加密  $\Phi$ 6@150),当加荷至 1.3 倍标准荷载,累计裂缝宽度达 7 mm 时,梁急剧破坏;而在掺有聚丙烯纤维的试件中,累计裂缝宽度达 20 mm 时,仍未出现急剧断裂迹象而能继续承担相应荷载,荷载持续一段时间后缓慢沿逐渐贯通的最大裂缝处断开。界定“试件破坏”的标准对两者应有所区别,后者应放宽裂缝扩展的宽度。因为当  $\sigma_c = 28$  MPa 时,梁体已产生裂缝,此时荷载仅为破坏荷载的 22% 左右,而后者裂缝出现时的荷载则相当于破坏荷载的近 70%。可以证实是由于聚丙烯纤维承担了耗能阻裂作用。

对 C50、C40、C30 三个强度等级不同的双掺配合比的立方体抗压和梁构件载荷试验表明,双掺的高强度泵送混凝土抗裂性能、抗收缩性能的提高是明显的。

微膨胀纤维混凝土的抗渗性能也明显高于其他类型混凝土。测试数据表明,在 1.2 MPa 水压下 0.05% 体积掺量的纤维混凝土试件抗渗能力比普通混凝土提高 60%~70%。这是因为:(1)聚丙烯纤维减少了混凝土连通的塑性裂缝和干燥裂缝;(2)大量均匀分布的聚丙烯纤维降低了混凝土表层的泌水和骨料的沉降,使混凝土中孔隙量显著降低。

为说明微膨胀纤维混凝土的基本性能指标,将龄期为 28 d 的 C40 混凝土每组试配参考掺量和统计平均收缩性能指标列于表 1,表中数据表明其收缩率较小。

负温条件下试件内部温度检测的结果表明,双掺混凝土终凝后其内部温度明显高于未掺聚丙烯纤维的混凝土,28 d 的强度检验值也明显高于后者。有热试资料称,0.1% 体积掺量的聚丙烯纤维混凝土试件在 50 次冻融循环后,其抗压强度能够提高 0.6%。

## 2 工程应用

武汉市西北湖绿化广场地下车库建筑面积 8 540 m<sup>2</sup>,抗渗混凝土强度等级 C45/P8,墙厚 600 mm,内层地下结构均位于湖水侵蚀作用下,最高渗透压力

达 3.8 t MPa,层高均为 5.4 m。采用了微膨胀纤维混凝土,有效地保证了结构的抗渗能力,结构自防水试水一次验评合格,还满足了墙体和底板等部位泵送施工的要求。尤其是墙体每隔 30 m 设置的垂直后浇膨胀加强带等部位,由于其自身具有良好的微膨胀压力特性以及纤维材料的抗裂、抗收缩性能,保证了结构达到最终的抗渗性能要求。

该地下车库工程墙体混凝土采用华新强度等级 42.5 普通水泥、中粗砂和 15~30 mm 粒径碎石,掺用 UEA-N 微膨胀剂和 FDN-03 减水剂。抗渗混凝土强度等级 C45/P8,按表 1 中试验数据微调施工配合比,坍落度 160~190 mm,施工配合比见表 2。

采用先掺纤维搅拌法组织泵送施工,克服了纤维结团等不利因素,取得了很好的效果,保证了极易因收缩和内应力过大而导致开裂的墙体和节点部位的防水抗渗效果。

## 3 施工体会

(1) 在纤维混凝土中掺入适量微膨胀材料,建立起内部预膨胀压应力,可改善内部应力环境,提高混凝土的泵送性能和施工操作时的流动性,又充分利用纤维材料的阻裂作用,是一种有效的方法。

(2) 考虑到钢纤维价格较贵,应优先选用聚丙烯纤维、尼龙纤维或混合应用化学纤维。

## 参考文献

- 沈荣熹,等.低掺量聚丙烯纤维在混凝土中的阻裂作用.见:国际纤维混凝土学术会议论文集,广州:广东科技出版社,1997
- 龚洛书.混凝土实用手册.北京:中国建筑工业出版社,1995
- 李铭臻.新编建筑工程材料.北京:中国建筑工业出版社,1998
- 王铁梦.工程结构裂缝控制.北京:中国建筑工业出版社,1997

表 1 龄期 28 d 的 C40 混凝土试配参考掺量

掺配比例	水泥/kg	标准砂/kg	水/kg	CAS/kg	聚丙烯纤维/kg	收缩率/%		
						1号	2号	3号
原状配合比	540	1350	238			0.023	0.025	0.023
掺 CAS 配合比	480	1350	238	60		0.014	0.008	0.009
掺纤维配合比	540	1350	238		6	0.008	0.007	0.010
双掺配合比	480	1350	238	60	5	0.002	0.002	0.004

注:①表中 1、2、3 号分别为试件编号,其值为该组平均值;

②表中各项计算统计值已剔除离散性大于 15% 的可疑数据;

③试验过程中采用的不同水灰比和不同坍落度的数据未列入本表中。

表 2 C45 纤维混凝土内掺 12% 的 UEA 的配合比及试压结果

材料比例	水	水泥	黄砂	碎石	UEA 膨胀剂	减水剂 FDN-03	聚丙烯纤维	砂率/%	稠度/mm	平均强度值/MPa
甲方用量/kg	180	390	748	1124	44	7.2	0.85	42	180	47.08
重量比	0.41	1	1.63	2.64	0.12	0.016				

蔡文胜,1968 年生,湖北武汉人,武汉建一第一建筑有限公司,高级工,430010

收稿日期:2001-09-01