

改性聚丙烯纤维混凝土耐久性的研究

孟彬, 赵晶, 李学英, 郑秀华
(哈尔滨工业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150006)

【摘要】 研究了一种新型合成纤维—多微孔型的改性聚丙烯纤维对混凝土的孔结构及耐久性的影响。试验结果表明:在混凝土中掺入改性聚丙烯纤维可以明显改善混凝土的孔隙结构,在一定范围内,使其小孔百分含量增加,大孔百分含量减少,同时总孔隙率降低,因而改善了混凝土的抗冻性及抗渗性。

【关键词】 改性聚丙烯纤维;孔结构;耐久性

【中图分类号】 TU528.512

【文献标识码】 A

【文章编号】 1001-6864(2004)03-0004-03

STUDY ON PORE STRUCTURE AND DURABILITY OF MODIFIED POLYPROPYLENE FIBER REINFORCED CONCRETE

MENG Bin, ZHAO Jing, LI Xue-ying, ZHENG Xiu-hua

(School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006, China)

Abstract: The influence of a new synthetic fiber, porous polypropylene, on pore structure and durability of fiber reinforced concrete was studied in this paper. The results show that the pore structure of concrete may be markedly improved by the addition of polypropylene fiber. The porosity of micro pore could be increased, and that of macro pore could be decreased. The total porosity could be reduced at the same time. So, The impermeability and frost resistance of concrete could be improved.

Key words: modified polypropylene fiber; pore structure; durability

本研究所采用的聚丙烯纤维^[5]不同于以往的聚丙烯纤维,它是一种国产的微孔型聚丙烯纤维,是将 β 晶成核剂添加到聚丙烯中进行共混纺丝制成的多微孔型的聚丙烯纤维,纤维的密度减小,同样的用量下,纤维的根数增多,纤维的间距减小,阻裂作用更强,另外化学性能好,耐酸碱,不导电,成本低廉,而且与混凝土的混溶性好,掺入混凝土中易于搅拌均匀,不成团,适合在混凝土中推广使用。

混凝土的孔结构参数是混凝土结构最重要的特性之一。许多研究结果证明随着混凝土中孔隙率的提高,混凝土的强度、抗渗性、抗冻性等有所下降;但是即使是在同一孔隙率下,混凝土的强度及耐久性也表现出很大差异,因此,了解这些混凝土内部气孔的数量、孔径大小和气孔平均间距对混凝土性能的研究有着十分重要的意义。

1 试验原材料及试验方法

1.1 原材料

选用哈尔滨水泥厂生产的天鹅牌 42.5 级普通硅酸盐水泥;粗骨料采用阿城产的碎石,最大粒径为 20mm,级配为连续级配;细骨料采用松花江中砂,细度模数为 2.49,连续级配;水为自来水;外加剂为 UNF-5 高效减水剂;改性聚丙烯纤维为张家港合成纤维厂生产的纤维,其物理化学性能见表 1,其纤维中的微孔,一方面可以降低纤维的质量,增大纤维在混凝土中的体积率,另一方面可以增大改性聚丙烯纤维与

混凝土粘结性能,达到最大的阻裂效果。同时采用了美国产的网状聚丙烯纤维。

表 1 改性聚丙烯纤维的物理化学性能

项目	指标	项目	指标
相对密度(g/cm^3)	0.91	燃点($^{\circ}C$)	160~170
长度(mm)	19	熔点($^{\circ}C$)	570
细度(tex)	1.78	抗酸碱性	强
弹性模量(MPa)	3500	吸水性	无
抗拉强度(MPa)	≥ 280	导电性	低
极限延伸率(%)	8.0	导热性	低

1.2 试验方法

1.2.1 孔结构试验方法

本试验采用双筒提视显微镜测定混凝土的显微结构,此种显微镜与一般提视显微镜最大区别是有一个较大的、可前后左右移动的物台。用显微镜法作定量测定,通常有三种方法,即面积法、直线法和计点法。本试验采用直线法。直线法实质是在平面上按一定距离分布多条直线,然后统计某组分所截直线长度,算出占全部测线长度的百分数。显微镜测定的样品,是将混凝土试块磨制成光滑的平面,在镜头下观察检测,其中取样和切割样品的合理性及磨制质量的优劣,直接影响到测试的精度。样品取自 100mm \times 100mm \times 400mm 长方体试件,切成 100mm \times 100mm \times 25mm 的长方体试块,每

组为三个试块。测孔的样品应从每一个立方块取出小样,以抵消混凝土的不均匀性。切割时考虑到气孔在试块的上、中、下与边缘分布的差别,剖面应垂直于成型面和底面,并与两相对模型平行,从立方体中割下的磨光块,切面经粗、中、细磨和抛光后,即成为磨光观测面。

1.2.2 抗冻性及抗渗性试验方法

实验采用慢冻法,一次冻融循环为冻 4h 融 4h。抗渗性能采用混凝土渗水高度试验和氯离子渗透试验来测定;氯离子渗透试验采用 NEL 法,此试验方法为通过测定混凝土的电导率来快速地评价混凝土的抗氯离子渗透性能。它是将待测的混凝土切成一定厚度的试件,进行真空饱盐,饱盐之后测定饱盐试件的电导率,然后用 Nemst-Einstein 方程计算出混凝土中的氯离子扩散系数。具体实验步骤为:将混凝土试件切成 50mm 的薄片试样,表面清洗干净并用千分尺测量试样的实际厚度,然后将试样垂直码放入真空室中抽真空 6h,最后在饱水饱盐的真空室中进行真空饱盐;24h 后,将饱盐的试样放入 NEL 法的夹具中,保持试样与铜电极的良好接触;在 ADM 电导率测量软件中设定测量任务进行电导率的测量,存储数据并进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 孔结构测定结果与分析

本试验^[6]中,纤维混凝土与普通混凝土试样的总测线长度均为 4800mm,所测得纤维混凝土的气孔个数为 596,所截气孔弦长总和为 59197 μm ;普通混凝土的气孔个数为 710,所截气孔弦长为 83910 μm ,最后计算出各个孔径分级的气孔个数百分比和气孔率,所得试验结果见表 2 中,其中:0 表示不掺纤维的混凝土,PI 表示用先掺法制备的纤维混凝土。

表 2 混凝土孔结构测定结果

类型	项目	孔径分级(μm)					
		5~50	50~100	100~200	200~300	300~400	>400
0	孔个数	249	203	124	67	46	23
	个数百分比(%)	0.35	0.29	0.17	0.09	0.06	0.03
	气孔率(%)	0.08	0.18	0.21	0.19	0.18	0.15
PI	孔个数	212	201	118	38	19	11
	个数百分比(%)	0.36	0.37	0.20	0.06	0.03	0.02
	气孔率(%)	0.10	0.25	0.28	0.15	0.11	0.08

由表 2 孔结构测定结果可以看出,在掺入改性聚丙烯纤维以后,混凝土内部孔的总的数量减少。小孔的个数百分比增大,大孔的个数百分比减小,这可以说明改性聚丙烯纤维可以降低混凝土的孔隙率,纤维的掺入可以使混凝土小于 200 μm 的气孔率提高 10% 以上,而使大于 200 μm 的气孔率降低,说明改性聚丙烯纤维改善了混凝土的孔径分布,使大孔向小孔转化,主要原因在于在新拌混凝土中,纤维能够降低混凝土的泌水,而在硬化混凝土中,纤维则阻止裂纹的扩展,不但减小孔隙率,又可将混凝土孔细化,从总体上改善了混凝土的孔结构,因此提高了混凝土的各种性能,尤其对混凝土的抗冻性效果更为显著。

2.2 抗冻性与抗渗性试验结果与分析

混凝土抗冻性、抗渗性试验结果^[6]见表 3、表 4、表 5。由表 3 的抗冻试验数据可以看出,掺入改性聚丙烯纤维后,混

凝土的质量冻融损失减少 30%~50%,强度冻融损失减少 30%~45%,并随着改性聚丙烯纤维体积率的增加质量冻融损失、强度冻融损失呈递减趋势,这说明改性聚丙烯纤维可以明显提高混凝土的抗冻性。表 4 试验结果表明,在掺入改性聚丙烯纤维后,体积率为 1.0‰ 的改性聚丙烯纤维混凝土(编号为 P3)与普通混凝土的渗水高度相比,渗水高度降低了 73%,同时与美国网状聚丙烯纤维混凝土(编号为 P4)相比,渗水高度降低 56%。这说明改性聚丙烯纤维可以提高混凝土抗渗性,而且改性聚丙烯纤维混凝土比网状聚丙烯纤维混凝土的渗透性小。从表 4 中列出的混凝土的氯离子渗透系数也可以看出,掺入改性聚丙烯纤维后混凝土的氯离子渗透系数降低了 40%,同样也可以说明改性聚丙烯在混凝土中的作用。从混凝土的孔结构来分析其抗冻性、抗渗性改善的原因,一方面是由于改性聚丙烯纤维降低了混凝土的总孔隙率,使其密实度提高,减少了水分进入的途径,另一方面,细化了混凝土的孔,使大孔向小孔转化,降低了水在混凝土中的结冰温度,同时降低了混凝土的渗透系数,因此提高了混凝土的抗冻性与抗渗性。

表 3 混凝土冻融损失对比

体积率 (%)	25 次		50 次		100 次	
	Δm_n	Δf_c	Δm_n	Δf_c	Δm_n	Δf_c
0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
0.66	0	92.0	87.1	90.1	92.7	85.6
0.82	0	80.2	81.2	83.9	82.9	76.0
1.00	0	56.8	66.2	65.1	73.8	63.0

表 4 混凝土的渗水高度试验结果

编号	0	P1	P2	P3	P4
渗水高度(cm)	5.3	4.4	2.8	1.4	2.5
渗水高度降低率(%)	100.0	17.0	47.2	73.6	52.8

注:渗水高度降低率=(1-纤维混凝土渗水高度/普通混凝土渗水高度) $\times 100\%$ 。

P1、P2、P3—改性聚丙烯纤维混凝土,纤维体积率分别为 0.66‰,0.82‰,1.0‰。

0—普通混凝土;

P4—美国网状聚丙烯纤维,纤维体积率为 1.0‰。

表 5 混凝土的氯离子扩散系数 ($\times 10^9 \text{cm}^2/\text{s}$)

试件编号	O1	O2	O3	P5	P6	P7
氯离子扩散系数	3.245	3.129	3.289	2.340	2.030	1.984

注:O1、O2、O3 为普通混凝土;P5、P6、P7 为改性聚丙烯纤维混凝土

3 结语

(1) 在混凝土中加入改性聚丙烯纤维,可以明显改善混凝土的孔径分布,小孔孔隙率增加而大孔孔隙率减少,同时总孔隙率降低。

(2) 改性聚丙烯纤维可使混凝土冻融循环损失降低 30%~50%,渗水高度降低 50% 以上,明显改善了混凝土的抗冻性及抗渗性。

(3) 一方面,改性聚丙烯纤维降低了混凝土的总孔隙率,使其密实度提高,减少了水分进入的途径,另一方面,细化了混凝土的孔,使大孔向小孔转化,降低了水在混凝土中的结冰温度,同时降低了混凝土的渗透系数,因此提高了混凝土的耐久性。改性聚丙烯纤维就其改善混凝土的孔结构

增钙粉煤灰高性能混凝土

——绿色混凝土

许家玲¹, 陆亚文¹, 朱卫中²

(1. 鸡西市海城水泥有限责任公司, 鸡西 158100; 2. 黑龙江省寒地建筑科学研究院, 哈尔滨 150080)

【摘要】 论述了增钙粉煤灰对高性能混凝土绿色化的作用, 并按照吴中伟教授对绿色混凝土中的绿色化的涵义去实践, 在工程中努力提倡大力使用增钙粉煤灰, 以期达到节约水泥, 减少水泥厂的熟料烧成、减少环境压力、减少环境污染, 可使混凝土在 21 世纪成为可持续发展的最大宗人造建筑材料。

【关键词】 增钙粉煤灰; 节约水泥; 可持续发展; 高性能混凝土; 绿色混凝土

【中图分类号】 TU528.2

【文献标识码】 B

【文章编号】 1001-6864(2004)03-0006-02

增钙粉煤灰混凝土技术在现代人造建筑材料中具有很强的绿色化能力, 无论是从材料形成的耗能角度, 还是从在混凝土中取代水泥用量角度都具有其它矿物掺和料——磨细粉煤灰、磨细矿渣粉、磨细天然沸石粉、硅灰等不可比拟的优势。因此, 应该在混凝土工程中大力推广应用。

1 水泥生产的环境压力与混凝土可持续发展问题

水泥生产带来的环境压力及其环境污染问题已引起世界性的关注。文献^[1]推算我国至 2010 年水泥产量将接近 10 亿 t (以 2003 年我国水泥实际产量 7.1 亿 t 为基数), 比文献^[2]的 8 亿 t 增加了 2 亿 t, 以 1 t 水泥熟料排放 1 t CO₂ 估算, 又向大气中多排放了 2 亿 t CO₂ 及 NO_x、SO₂ 等有害物, 给环境增添了极大的负担, 若至 2010 年水泥产量达到 10~12 亿 t 时, 按较合理的情况估计, 对能源与资源的消耗可列于表 1。

表 1 生产 10~12 亿 t 能源与资源的消耗

标煤 (万 t)	电 (亿度)	石灰石 (亿 t)	粉尘 (万 t)	CO ₂ (亿 t)	NO _x (万 t)	SO ₂ (万 t)
12600	1253	12	1200	7.88	225	105

污染与消耗是惊人的, 同时, 也是环境所不能容忍的, 尤其在中国的人口众多、需求量大、资源不丰富、水泥生产工艺水平低下 (80% 水泥生产为立窑工艺), 环境问题更加突出, 这将注定混凝土行业欲想成为可持续发展行业必须另寻出路不能完全依赖水泥。同时, 国家鉴于环境与资源消耗的压力,

针对这一状况, 也必然会对水泥限产。

力, 针对这一状况, 也必然会对水泥限产。

2 增钙粉煤灰的优势

增钙粉煤灰属优质、优等粉煤灰, 它是从立式旋风炉烟气中收集到的石灰石和煤经磨细混烧后的粉末, 其 CaO 含量在 18% 以上, 一般具有需水性低、活性高和可自硬性的特征。哈尔滨阿城热电厂 5[#] 炉收集到的增钙粉煤灰其细度最高可达 8170 cm²/g, 平均细度可在 5200 cm²/g, 这是一般球磨设备很难达到的, 符合 GB/T18736-2002 高强高性能混凝土用矿物外加剂的高性能混凝土掺和料取代水泥要求与其它胶凝材料相比具有相当的优势。其性能特点:

2.1 无需磨细, 节省能源

与磨细矿渣粉、磨细天然沸石粉相比, 增钙粉煤灰在原料时就已磨细, 燃烧后, 收尘即得, 使用时无需磨细, 其细度超过水泥, 可直接作为替代混凝土中的水泥使用。

2.2 价格低廉、易于收集

采用静电除尘法, 收集到的增钙粉煤灰的成本仅为水泥的 1/15~1/20, 除人工、包装费用外, 几乎没有其它费用。

2.3 需水量低、活性较高

阿城热电厂增钙粉煤灰的需水量比一般在 86%~89% 之间, 其塑化效应极佳, 减水效果显著, 比普通粉煤灰每掺入 100 kg/m³ 时, 可减少用水量 5 kg/m³, 其 28d 抗压强度比在 88%~106% 之间, 比普通粉煤灰提高约 20%。

2.4 有自硬性、可比水泥

[4] 姚武, 马一平, 谈慕华, 等. 聚丙烯纤维水泥基复合材料物理力学性能研究(II)——力学性能[J]. 建筑材料学报, 2000, 3(3): 235-239.

[5] 赵晶, 赵亚丁, 张贵敏. 改性聚丙烯纤维在混凝土中的应用研究[J]. 混凝土.

[6] 李学英. 改性聚丙烯纤维混凝土的性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2003.

参考文献

- [1] Houssam A, toutanji. Properties of polypropylene fibre reinforced silica fume expansive ~ cement concrete[J]. Construction and Building Materials. 1999, (13): 171-177.
- [2] V M Karbhathi and L. Kabalnone. Effect of Sizing and Loading levels on the Cure Kinetics of carbon. Fibre Viny lester Composites[J]. Jurnal of Reinforced Plastics and Composites. 2001, 2(2): 91-103.
- [3] 沈荣熹. 低掺率合成纤维在混凝土中的作用机制[J]. 水泥基复合材料科学与技术, 1999, 35-42.

[收稿日期] 2004-03-01

[作者简介] 孟彬(1979-), 男, 河北保定人, 硕士研究生, 从事无机非金属材料专业。