

聚丙烯纤维在混凝土中的应用和发展

胡 清,李德旭

(甘肃兰港石化有限公司, 甘肃 兰州 730060)

摘要:通过分析聚丙烯纤维在混凝土中的作用,说明在混凝土中掺入适量的聚丙烯纤维能有效地改善混凝土材料的抗裂、抗渗、抗冻等性能,提高混凝土材料的功能耐久性。同时介绍了这种材料在高性能混凝土中的应用发展前景。

关键词:聚丙烯纤维;混凝土;高性能混凝土

聚丙烯纤维有许多独特的性能,如优良的加工性,耐化学品性、热黏性、较高的能量吸收能力,拉伸强度高。因此,在地毯和无纺布制造领域得到了较大的发展,在高性能混凝土中的应用也开始逐步推广。

20 世纪 80 年代初期,美国军队工程师的混凝土专家为解决军用混凝土工事在受炮火攻击后的抗碎问题,同时也为解决军事工程的耐久性问题,测试、研究了很多种材料和方法。最后确认,在混凝土中加入一定量的聚丙烯纤维效果最好。混凝土专家与美国最大的化工产品企业——合成工业公司的聚丙烯材料专家共同研制用于混凝土的专用纤维,并于 1984 年成功研制出了混凝土聚丙烯纤维——“FIBERMESH”。这是世界上第一种成功用于混凝土增强的聚丙烯纤维。它解决了聚丙烯纤维用于混凝土所遇到的问题。

在国内,1993 年上海建筑科学研究院对聚丙烯纤维在混凝土中的应用展开研究。1995 年将聚丙烯纤维应用于上海港泰广场、瑞安广场和国际体操中心的地下室建筑工程中,均取得了满意的效果。

随着聚丙烯纤维防静电改性生产工艺的国产化水平不断提高,目前国内企业已能生产用于混凝土的特种聚丙烯短纤维。甘肃兰港石化有限公司(以下简称兰港公司)现已生产出这种专用聚丙烯纤维,经测试已达到进口同类型产品水平。这为我国在高性能混凝土中推广应用聚丙烯纤维提供了物质条件。

1 性能与作用

1.1 聚丙烯纤维的主要性能

用于高性能混凝土中的聚丙烯纤维是经过特殊配方和生产工艺加工而成的改性材料,使其防静电性能和物理力学性能得到改善。目前兰港公司生产的聚丙烯纤维参数见表 1。

1.2 聚丙烯纤维在高性能混凝土中的作用

高性能混凝土最重要的特征是其优异的耐久性^[1],耐久性可达 100 a,甚至可以达到 500 a,是普通混凝土的 3~5 倍。混凝土的高耐久性可以减少结构的维修与翻新,节约人工费和资源,尤其对重要工程、纪念性建筑有重要意义。

收稿日期:2004-11-29。

作者简介:胡清(1969-),女,湖南古丈人,工程师,现从事塑料改性及新产品开发工作。

与单一指标强度比较,耐久性是个非常复杂的问题,它涉及的内容和影响因素很多,但不管是由何种原因引起的混凝土的耐久性不合格而产生的破坏,其最终均表现为出现裂缝,因此,有效地提高混凝土的抗裂性无疑对提高混凝土的耐久

性有重要的意义,由此亦使混凝土高性能化。在混凝土内掺入聚丙烯纤维由于能有效地提高混凝土的抗裂、抗渗、抗冻性能,因而增强了混凝土的耐久性^[2]。

1.2.1 提高混凝土的抗裂性能

在混凝土内掺入专用的聚丙烯纤维并经搅拌后,由于聚丙烯纤维与水泥基集料有极强的结合力,可以迅速而轻易地与混凝土材料混合,分布均匀;同时由于细微,故比表面积大,每公斤聚丙烯微纤维连起来的总长度可绕地球 10 多圈,若分布在 1 m³ 的混凝土中,则可使每立方米的混凝土中有近 20 条纤维丝,故能在混凝土内部构成一种均匀的乱向支撑体系。这种均匀的乱向支撑体系,能产生一种有效的二级加强效果^[3]。聚丙烯纤维的乱向分布形式可削弱混凝土的塑性收缩,收缩的能量被分散到无数的纤维丝上,从而可有效地增强混凝土的韧性,减少混凝土初凝时收缩引起的裂纹和裂缝。

试验表明,掺有聚丙烯纤维的混凝土试件的初裂冲击次数和破坏冲击次数较不掺纤维的明显增多,并随着纤维掺量的增加而增加。因此,聚丙烯纤维的掺入大大地提高了混凝土的抗冲击性能,这一特性对于承受冲击疲劳荷载作用的混凝土路面是非常有利的。

1.2.2 提高混凝土的抗渗性能

在混凝土中掺入聚丙烯纤维,可以有效地抑制混凝土早期由于缩微裂及离析裂纹的产生及发展,减少混凝土的收缩裂缝,尤其是有效地抑制了连通裂缝的产生;另外,均匀分布在混凝土中彼此相粘连的大量聚丙烯微纤维起了“承托”骨料的作用,降低了混凝土表面的析水与集料的离析性,从而使混凝土中直径为 50~100 nm 和超过 100 nm 的孔隙的分布数量大大降低。由此可见,掺入聚丙烯纤维后由于有效地降低了混凝土的孔隙率,避免了连通毛细孔的形成,因而提高了混凝土的抗渗性能。

试验表明,0.05% 体积掺量的聚丙烯纤维混凝土比普通混凝土的抗渗能力提高了 60%~70%。聚丙烯纤维混凝土是较理想的混凝土刚性自防水材料,目前已被国内外众多防水专家所肯定。

1.2.3 增强混凝土的抗冻性能

在混凝土中加入聚丙烯纤维,可以缓解温度变化而引起的混凝土内部应力的作用,阻止温度裂缝

表 1 聚丙烯产品主要性能参数

名称	指标	名称	指标
纤维类型	束状单丝	抗拉强度/MPa	276
密度/g·cm ⁻³	0.91	导热性能	低
熔点/°C	165	导电性	低
燃点/°C	580	抗酸碱性	高
弹性模量/kg·mm ⁻¹	>0.3	吸水性	无
规格/mm	38,19	安全性	无毒

表 2 抗冲击试验结果

试件组	素混凝土	掺聚丙烯纤维混凝土	
		V _f = 0.05%	V _f = 0.10%
初裂冲击次数	30	89	103
破坏冲击次数	37	98	114

表 3 水压为 1.2 MPa 时的抗渗试验结果

试件组	素混凝土	掺聚丙烯纤维混凝土	
		V _f = 0.05%	V _f = 0.10%
水渗入量/mm	50	20	115
相对比值	100	40	30

的扩展;同时,混凝土抗渗能力的提高也有利于其抗冻能力的提高。

实践及研究都表明,在混凝土中加入聚丙烯纤维改变了普通混凝土只刚不柔的性质,能抑制冻胀裂缝的产生和扩展,达到薄而强度不弱,裂而土体不碎的效果^[4]。

表4 50次冻融后抗压强度变化率

试件组	素混凝土	掺聚丙烯纤维混凝土	
		$V_f = 0.05\%$	$V_f = 0.10\%$
变化率/%	-6.3	-0.4	-0.6

2 聚丙烯纤维在高性能混凝土中的应用发展前景

从现代建筑和建筑业可持续发展观点来看,需要发展高性能混凝土,它是当前水泥基材料的主要发展方向,被称为“21世纪混凝土”更具有“绿色”意义。可提高建筑物的耐久性,延长建筑物的使用寿命,这一优点是极其重要的。据报道,建筑业消耗世界资源能源近40%,建筑物的寿命延长一倍,资源能源的消耗和环境污染程度将减轻50%。另外,由于目前所用的混凝土耐久性不足而引起的构筑物结构破坏日趋严重,修复耗资巨大,许多国家对延长混凝土的耐久性问题都非常重视。据专家预测,21世纪初将是我国钢筋混凝土结构物遭破坏的高潮期,届时每年所需的维修费用将高达数千亿元。同普通混凝土相比,体积掺量为0.05%(约0.5 kg/m³)的聚丙烯纤维的加入可使混凝土抗裂能力提高近70%,抗渗能力提高60%~70%,能积极有效地改善混凝土构筑物的耐久性,使混凝土高性能化,且工作机理简单,适用性广泛,使用效果显著,在工程界已受到越来越多的关注。虽然聚丙烯纤维的生产要另外投资,但它的耗资适中,在工程总投资中所占比例极小,却可以换取极大的工程质量效益。在混凝土中添加聚丙烯纤维是改善混凝土性能的有效途径。在北美洲和欧洲,经过20年来的大量工程实践,使用聚丙烯纤维掺混的混凝土生产技术已日臻完善,掺混聚丙烯纤维已成为改善混凝土性能最为广泛使用的手段之一。而在我国,随着高性能混凝土的广泛使用,聚丙烯纤维在现代建筑业中亦将具有广阔的应用前景。

3 结论

(1) 聚丙烯纤维的乱向分布形式可削弱混凝土的塑性收缩,收缩的能量被分散到无数的纤维丝上,从而可有效地增强混凝土的韧性,减少混凝土初凝时收缩所引起的裂纹和裂缝,提高了混凝土的抗冲击性能。

(2) 掺入聚丙烯纤维后,由于能有效地降低混凝土的孔隙率,避免连通毛细孔的形成,提高了混凝土的抗渗性能。

(3) 混凝土中加入聚丙烯纤维可有效提高混凝土抗冻性能。

(4) 聚丙烯纤维用于混凝土工程为高性能混凝土的开发提供了一条良好途径,具有广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 冯乃谦. 高性能混凝土. 北京:中国建筑工业出版社,1996.240.
- [2] 郑晓广,赵安芳,沈新元,等. 化学纤维在建筑领域中的应用. 河南城建高等专科学校学报,1999,9(2):3~7.
- [3] 曹诚,刘兰强. 关于聚丙烯纤维对混凝土性能的几点认识. 混凝土,2000,9:15~18.
- [4] 吴富平,张恒,张晓辉. 改性聚丙烯纤维混凝土在高寒地区中的应用. 东北水利水电,2000,8:8~9.