

聚丙烯纤维混凝土的性能及应用

鞠丽艳 张 雄

(同济大学混凝土材料研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘 要: 分析了聚丙烯纤维对混凝土的作用机理, 介绍了聚丙烯纤维混凝土的主要性能及国内外在工程中的应用概况, 指出聚丙烯纤维混凝土的发展方向是聚丙烯纤维高性能混凝土。

关键词: 聚丙烯纤维 混凝土 高性能混凝土 应用

中图分类号: TQ342.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0041(2004)01-0035-03

近年来, 美国、德国、丹麦等国都提出在混凝土中掺加纤维, 赋予混凝土一定的韧性, 以改善混凝土的抗裂性能。聚丙烯纤维由于能够均匀分散在混凝土中, 化学性质稳定, 施工简单, 且质优(良好的抗裂性、韧性和抗疲劳性能等)、价廉, 在国际上已广泛应用于混凝土中, 在国内的混凝土工程中也逐渐被人们接受。

1 聚丙烯纤维及其混凝土性能

1.1 混凝土专用聚丙烯纤维的物理性质(表1)

表1 混凝土专用聚丙烯纤维的物理性质^[1]

Tab. 1 Physical properties of polypropylene fiber especially for concrete

| 项目 | 参数 | 项目 | 参数 |
|-------------------------------------|---------|------------------------|-----|
| 密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | 0.91 | 燃点/ $^{\circ}\text{C}$ | 593 |
| 抗拉强度/MPa | 276 | 导电、导热性 | 极低 |
| 弹性模量/MPa | 3793 | 安全性 | 无毒 |
| 线密度/dtex | 0.9~3.3 | 耐酸碱性 | 极高 |
| 熔点/ $^{\circ}\text{C}$ | 165 | | |

1.2 聚丙烯纤维混凝土的主要性能^[1,2]

1.2.1 物理性能

抗收缩性 聚丙烯纤维有助于减少混凝土的渗水, 并降低其在塑性状态下的收缩率, 从而防止混凝土在早期出现塑性收缩裂缝。试验表明, 与普通混凝土相比, 美国杜拉纤维体积掺量为0.05%的混凝土抗裂能力提高了将近70%。

抗冻性 按 GBJ 82—85 中混凝土抗冻性试验方法, 0.2% 杜拉纤维就可以使混凝土经过 300 次冻融循环后, 质量损失率小于 5%, 相对动弹性模量下降到 45% 左右。

耐火性 聚丙烯纤维体积掺量为 0.1% 的混凝土的耐火等级与普通混凝土相当。聚丙烯纤维混凝土加热到 165 $^{\circ}\text{C}$ 时, 纤维熔化, 若继续升温则聚丙烯挥发逸出, 并在混凝土中留下纤维所占的孔道。减小混凝土内部的蒸汽压, 借以改善混凝土的抗火性能。

防水性 聚丙烯纤维混凝土的防水属于混凝土的刚性本体防水, 在防水混凝土的抗渗和抗裂两个途径中, 聚丙烯纤维主要通过抗裂达到防水的目的。聚丙烯纤维抗裂防水的机理建立在对混凝土的固结、收缩的微观研究基础上。

1.2.2 力学性能^[3]

抗折强度 聚丙烯纤维体积掺量为 0.2% 的混凝土的抗折强度将提高 10% 左右, 但破坏前有很大的变形。

抗拉强度 当聚丙烯纤维的体积掺量较低时, 一旦达到砂浆或混凝土的抗拉极限强度, 聚丙烯纤维混凝土即发生开裂且承载力明显下降, 最终因纤维由基材中被拔出而破坏, 但破坏前有较高的延伸率。

抗冲击强度 聚丙烯纤维体积掺量小于等于 0.2% 的混凝土抗冲击强度提高 50% ~ 100%。

耐久性 英国建筑研究院将聚丙烯纤维混凝土试件在 60 $^{\circ}\text{C}$ 水中浸泡 1 年, 未发现试件的抗弯极限强度与抗冲击强度有明显下降。将试样分别在 100 $^{\circ}\text{C}$ 饱和氢氧化钙溶液中浸泡 4 h, 5% 氯化氢中浸泡 30 h, 5% 硫酸中浸泡 30 h 后, 其抗拉强度基本无变化。

收稿日期: 2003-10-21; 修改稿收到日期: 2003-11-24。

作者简介: 鞠丽艳(1978-), 女, 黑龙江省人, 博士生。

2 聚丙烯纤维混凝土的应用

2.1 聚丙烯纤维在混凝土中的作用

2.1.1 提高混凝土的抗裂性^[4,5]

聚丙烯纤维以特殊的生产工艺进行表面处理,同水泥基材料有很强的粘结力,可以迅速而轻易地与混凝土材料混合均匀;同时由于聚丙烯纤维比表面积大,以线密度为3 dtex计,每千克聚丙烯纤维连在一起的长度可达3 000 km。若分布在每立方米的混凝土中,则可使每立方厘米混凝土中有近20条纤维,它们在混凝土内部构成一种均匀的乱向支撑体系,可以有效阻碍骨料的离析,保证混凝土早期均匀的渗水性,阻碍沉降裂缝的产生。聚丙烯纤维的随机分布形式可削弱混凝土的塑性收缩,使收缩的能量被分散到每立方米上千万条具有高抗拉强度而弹性模量相对较低的纤维上,从而有效地增强混凝土的韧性,抑制微细裂缝的产生和发展。

2.1.2 增强混凝土的抗冲击能力

混凝土中掺入聚丙烯纤维凝固后,由于有效改善了渗水性,对于早期养护大有益处。聚丙烯纤维独特的表面处理工艺使得纤维可以和水泥基料紧密结合在一起,水泥的水化反应更彻底,骨料离析减少,级配更加均匀,极大地保持了混凝土的整体强度,混凝土受到冲击时聚丙烯纤维吸收了大量的能量,从而有效减少集中应力的作用,阻碍了混凝土中裂缝的迅速扩展,增强混凝土的抗冲击能力。

2.1.3 提高混凝土的抗渗能力

一般认为,在混凝土中掺加适量的聚丙烯纤维,可有效地抑制其早期塑性收缩开裂及离析裂纹的产生和发展,极大地减少混凝土的收缩裂缝,尤其是有效地抑制连通裂缝的产生。均匀分布在混凝土中彼此相粘联的大量纤维起着“承托”骨料的作用,使混凝土中的孔隙率大大降低,特别是有害孔的数量减少。但也有研究表明^[6],如果聚丙烯纤维与混凝土的粘结力不好,或者纤维的分散程度不够均匀,与普通混凝土相比,也可能导致聚丙烯纤维混凝土的离子渗透量增大。

2.1.4 增强混凝土的抗冻性能

在混凝土中加入聚丙烯纤维,可以缓解温度变化引起的混凝土内部应力的作用,阻止微裂缝的扩展;同时混凝土抗渗能力的提高也有利于其抗冻能力的提高。实践和研究表明,在混凝土中加入聚丙烯纤维可作为一种有效的混凝土温差补

偿性抗裂手段,使混凝土的抗冻性能得以提高。

2.2 聚丙烯纤维混凝土在工程中的应用

聚丙烯纤维混凝土在发达国家已广泛应用于高速公路、机场跑道、地铁、隧道、桥梁、铁路水泥枕木、住宅墙体等,特别是公路的路面,使用寿命比一般路面可延长2~3倍。美国新建筑物的地下室和屋面混凝土中大多采用聚丙烯纤维混凝土。欧洲各先进国家也在混凝土中掺入聚丙烯纤维,以控制混凝土龟裂,我国在防水工程中亦开始应用聚丙烯纤维混凝土。国外已经有许多生产聚丙烯纤维的公司进入我国市场,例如美国希尔兄弟化学公司生产的聚丙烯纤维(杜拉纤维)已经先后用于公路和桥面的修补,屋面、地下、游泳池等刚性防水,大面积构件如地面、楼板、车道等的防裂,如上海国际体操中心等工程。北京南线阁商住楼板自密实混凝土中使用了聚丙烯纤维,用于混凝土防裂、抗渗,取得了良好的使用效果。广东棠下安居工程8 000 m²地下室等工程中也采用聚丙烯纤维混凝土。

3 聚丙烯纤维混凝土的发展方向

3.1 发展高性能混凝土

高性能混凝土(HPC)应具有高的强度、高的流动性与优异的耐久性。聚丙烯纤维混凝土的发展方向是聚丙烯纤维高性能混凝土,从现代建筑和可持续发展观点来看,发展高性能混凝土是当前水泥基材料的主要发展方向,提高建筑物耐久性延长建筑物的使用寿命是极其重要的。而混凝土专用聚丙烯纤维由于能积极有效的改善混凝土的耐久性,使混凝土高性能化,且工作机理简单,使用效果显著,在工程界已受到越来越多的关注。在北美和欧洲,经过20多年来的大量工程实践,使用聚丙烯纤维混凝土的技术已日臻完善,在混凝土中掺入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,聚丙烯纤维混凝土在现代建筑中亦将具有广阔的应用前景。

3.2 改善高性能混凝土防火性能^[7]

高性能混凝土具有较高的密实度,有利于提高建筑物的耐久性,但建筑物发生火灾时,致密的混凝土将使得建筑物内的水蒸汽和热量无法排出,从而引起构件保护层的脱落,构件强度降低,甚至引起建筑物的倒塌。而在高性能混凝土中掺入聚丙烯纤维,当温度超过165℃时,混凝土内的

聚丙烯纤维熔融挥发逸出,在混凝土中留下了孔道,并均匀分布在构件中,这对于建筑内由于温度升高所产生的水蒸汽和热量的排出都是很有利的,由此改善了高性能混凝土的防火性能,使得聚丙烯纤维高性能混凝土在防火等级要求较高的建筑中有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 1 徐至钧. 纤维混凝土技术及其应用[M]. 北京:中国工业出版社,2003
- 2 Hannant D J. 纤维水泥与纤维混凝土[M]. 北京:中国工业出版社,1986
- 3 冯乃谦. 高性能混凝土[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1996
- 4 Miroslaw G. Surendra P S. Plastic Shrinkage Cracking of Fiber Reinforced Concrete [J]. ACI Materials Journal, 1990,87(2): 138 ~ 148
- 5 马一平,谈慕华. 聚丙烯纤维对水泥基复合材料物理力学性能研究(I)——抗塑性干缩开裂性能[J]. 建筑材料学报, 2000,3(2):48 ~ 53
- 6 Toutanji H, McNeil S, Bayasi Z. Chloride Permeability and Impact Resistance of Polypropylene-fiber-reinforced Silica Fume Concrete[J]. Cement and Concrete Research, 1998,28(7):961 ~ 968
- 7 朱江. 聚丙烯纤维在高性能混凝土中的应用研究[J]. 工业建筑,2001,31(1):35 ~ 38

Properties and application of polypropylene fiber in concrete

Ju Liyan, Zhang Xiong

(State Key Laboratory of Concrete Materials Research, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract: The mechanism of polypropylene fiber reinforced concrete was analyzed. The main properties and application of polypropylene fiber reinforced concrete in the world were introduced. The development of polypropylene fiber reinforced concrete was predicted to be focused on high-performance concrete.

Key words: polypropylene fiber; concrete; high-performance concrete; application

广 告 索 引

| | | |
|----------------------|-------------------|-------|
| 中国石化上海石油化工股份公司科技开发公司 | 杭州菲达物料输送工程有限公司 | 后插 4 |
| 南京艾迪尔科技有限公司 | 浙大人工环境工程技术有限公司 | 后插 5 |
| 立达亚洲有限公司 | 盐城华强化纤机械有限公司 | 后插 6 |
| 江苏天音化工股份有限公司 | 浙江丰利粉碎设备有限公司 | 后插 7 |
| 成都先达电子有限公司 | 中国无锡大源机械厂 | 后插 8 |
| 北京北科麦思科自动化工程技术有限公司 | 郑州八达空调有限公司 | 后插 9 |
| 上海思尔达科学仪器有限公司 | 太原先导自动控制设备有限公司 | 后插 10 |
| 扬州英赛特化工技术有限公司 | 天津石化福来士实业公司 | 后插 11 |
| 中国无锡大源机械厂 | 上海久星化工有限公司 | 后插 12 |
| 扬州牧羊环保设备工程有限责任公司 | 中国航空工业第五四零厂过滤元件分厂 | 后插 13 |
| 扬州惠通聚酯技术有限公司 | 华东理工大学 | 后插 14 |
| 扬州普立特化工技术有限公司 | 扬州惠通聚酯技术有限公司 | 后插 15 |
| 扬州志成化工技术有限公司 | 大连北方测控工程有限公司 | 后插 16 |
| 佛山市东方色母厂有限公司 | 北京万永捷机械制造有限公司 | 后插 17 |
| 中国石化集团公司合成纤维科技情报中心站征 | 德国阿加菲工程设计公司 | 后插 18 |
| 集会议论文启事 | 中国石化集团巴陵石化有限责任公司 | 后插 19 |
| 北京光华建业商贸有限公司 | 公司环己酮事业部 | 后插 20 |
| 中国石化上海石油化工股份公司科技开发公司 | 上海朝辉压力仪器有限公司 | 后插 21 |
| | 温州市东海化纤设备厂 | 后插 21 |