

综述

聚丙烯纤维在增强混凝土材料中的应用

陈枫

(扬子石油化工股份有限公司研究院,南京,210048)

摘要:介绍了纤维增强混凝土的发展和国内外现状,阐明了改性聚丙烯纤维增强混凝土的作用机理及其在国内外的广泛应用,并对其所带来的经济效益和社会效益进行了分析。

关键词: 混凝土 聚丙烯 纤维 增强 改性 作用机理 应用

1 国内外发展及现状

混凝土的发展已有 100 多年的历史,该材料因压缩强度高、耐久性好、成本低等特点在建筑工程上得到广泛应用,但是,混凝土又是一种多孔的脆性材料,其拉伸强度远远低于压缩强度,韧性差,对冲击、开裂、疲劳的抵抗能力差;且由于裂纹的存在使水的渗入成为可能,从而影响到混凝土抵抗水渗透和抵抗冰冻的能力。多年来人们从原材料、配合比、外添加剂、制造方法、浇捣方法和养护工艺等方面加以研究和改进,尽管取得了一些进展,但是这些方法并未从根本上改变混凝土的特性。

60 多年前,国际上就开始对高分子改性混凝土进行了研究。25 年前,英国西部海岸工程中就把刹碎的聚丙烯掺到混凝土块体中,并用这些块体砌成防浪堤。70 年代,纤维增强水泥基复合材料发展起来,包括钢纤维、玻璃纤维、合成纤维,尤其是高分子纤维材料在水泥混凝土中的应用越来越普遍^[1~5]。80 年代以来美国合成材料化学工业公司生产了一种纤维丝(FIBERMESH),并将其应用于混凝土建筑物,通过大量材料和工程结构试验,现已得到广泛应用。90 年代初美国又研制出混凝土专用的微纤维,对增强混凝土早期拉伸强度,防止早期由沉陷、水化热、干缩而产生的内蕴裂纹,减少表面裂纹和开裂宽度,增强混凝土的防渗性能、抗磨损、抗冲击及增强结构整体性有显著作用。已报道的用于增强增韧水泥或混凝土的纤维有钢纤维、碳纤维、聚乙烯(PE)纤维、高模量聚乙烯醇(PVA)纤维、芳香聚酰胺(Kevlar)纤维、聚丙烯腈(PAN)、纤维素纤维(Cel-

lulos)和聚丙烯纤维^[6~10]。由于聚丙烯性能和价格优势,在随后的几年中得到迅速的发展,聚丙烯纤维的应用在美国已进入了商品化阶段。

2 聚丙烯纤维的作用机理

由于聚丙烯是一种惰性材料,有不少独特的性能,如优良的加工性、耐化学品性、热粘性、较高的能量吸收能力、拉伸方向强度高、100%保湿率、收缩蠕变小、价廉、质轻等,因此可用面广,在建筑材料中的应用已在国外引起重视^[11~13];同样,由于它的惰性,使得纤维与混凝土基质材料的粘结力较差,必须对聚丙烯进行改性,增加聚丙烯与混凝土的粘结强度,减少二者的界面应力。另外,石棉是致癌物质,世界产量有限,用聚丙烯纤维代替石棉,强度和耐久性都有所提高。

聚丙烯纤维是一种新型的混凝土增强纤维,该纤维的特点是直径小、数量多、纤维间距小、掺混工艺简单、易分散等。在混凝土内掺入聚丙烯纤维,由于纤维细微,比表面积大,每千克聚丙烯纤维连起来的总长度可绕地球 10 多圈,若分布在混凝土中,则可使每立方厘米的混凝土中有近 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。当微裂缝在向细裂缝发展的过程中,必然碰到多条不同向的微纤维,遭遇到纤维的阻挡,消耗了能量,使裂

收稿日期:2001-09-07。

作者简介:陈枫,女,1969 年生,工程师,1993 年毕业于江苏石油化工学院,现从事塑料加工改性方面的研究工作。

缝难以进一步发展。从宏观上解释,就是通过高分子微纤维的应力传递,分散混凝土的定向拉应力,从而达到抗裂的效果,提高了混凝土断裂韧性和拉伸强度。因此,聚丙烯纤维能减少混凝土因失水、温差、自干燥等作用因素引起的原生裂隙尺度,增强混凝土的抗裂能力,积极有效地改善混凝土的耐久性,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,在工程界已经受到了越来越多的关注^[14]。

3 聚丙烯纤维增强混凝土的国内外应用

聚丙烯纤维的加入可提高混凝土的早期拉伸强度,防止早期由沉陷、水化热、干缩而产生的内蕴微裂纹、减少表面裂纹和开裂宽度,增强混凝土的防渗性能和抗磨损、抗冲击性能,还可增强结构整体性,这在国外已是一个公认的事实。现在美国的高层建筑楼面、高速公路路面、荷载较大的仓库地面、停车场、贮水池、化粪池等结构中已得到广泛应用。在北美和欧洲,聚丙烯纤维增强混凝土也已在高速公路扶栏、铁路枕木、桥梁桩基、高楼建筑、网球场、地下建筑(包括隧道、地铁)、化粪池、水库、水坝、河流建筑中得到应用,如海底输油管道通常用增强水泥涂层,在防海水腐蚀的同时还可提高海底输油管道的抗冲击能力;最近,日本清水建设合资企业首次用掺有聚丙烯纤维的混凝土浇了一幢 32 层超高层公寓,混凝土的强度远远高出设计标准强度。在我国,随着杜拉纤维的推广应用,国内已有上海瑞安广场和港泰广场地下室、龙华旅游城,广州市的东环、西环、南环等高速公路的路面,广州新中国大厦工程^[15]以及重庆、厦门、武汉等地的桥面铺装、软基路面工程等工程实例。随着高强、高性能混凝土的广泛使用,聚丙烯纤维已成为改善混凝土性能使用最为广泛的手段之一,在现代建筑中将具有广阔的应用前景。

4 聚丙烯纤维增强混凝土的经济效益和社会效益

混凝土最常用的聚丙烯纤维、钢纤维和抗碱玻璃纤维的价格分别为 9 000 元/吨、5 000 元/吨、5 500 元/吨。通常掺入量为:聚丙烯纤维 0.1% (体积比,下同)、钢纤维 0.4%、抗碱玻璃纤维 4.5%,它们的加入将分别使混凝土的造价提高 5.92 元/吨、124.80 元/吨、497.30 元/吨。另外,由于纤维加强混凝土比一般混凝土具有更大的内聚力,在对混

土建筑物进行修复时,它能喷射到位,便于施工,快速,省时、低成本,且有较大的厚度;通常加入纤维可减少混凝土溅落或浪费。因此,它的经济效益是非常可观的。

同时,提高建筑物耐久性、延长建筑物的使用寿命是极其重要的,在混凝土内掺入聚丙烯纤维,使混凝土高性能化,高性能混凝土最重要的特征是有优异的耐久性,可达百年以上,是普通混凝土的 3~5 倍。混凝土的高耐久性可以减少对结构的维修与翻新,节约材料与人工费,节约资源,尤其对重要工程、纪念性建筑有重要意义。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将相应地减少。另外,由于耐久性不足引起的结构破坏日趋严重,修复花费巨大,许多国家对混凝土的耐久性问题已非常重视。据专家预测,21 世纪初将是我国钢筋混凝土结构的破坏高峰时期,届时每年所需的维修费用将高达数千亿元。可见,建筑用聚丙烯纤维的市场潜力是不可估量的。从确保工程质量、施工便利,兼顾成本及长短期效益等诸方面考虑,在混凝土中添加聚丙烯纤维不失为改善混凝土性能的有效途径;从现代建筑和可持续发展观点看,需要发展高性能建材,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。由于改性能积极有效地使混凝土高性能化,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。在北美和欧洲,经过 20 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,聚丙烯纤维已成为改善混凝土性能最为广泛使用的材料之一。

5 聚丙烯纤维增强混凝土的展望

目前国内混凝土建筑的裂缝几乎是不可避免的,对高度工业化城市的建筑或对世界关注的大工程如山峡工程的水库来说,解决水泥混凝土的裂缝问题已是迫在眉睫了。随着聚丙烯纤维增强混凝土在我国的推广应用,国内已着手研究生产混凝土用聚丙烯微纤维,为使纤维进一步改善混凝土性能,有的采用纤维异形化技术,使纤维异形化,制成 V 形或 Y 形截面,或使聚丙烯纤维原纤化,也有通过用有机或无机化合物或涂层方法来进行处理等,以上这些都是对纤维本身的改性。而我国是一个大国,有众多的聚丙烯原料生产企业,应该有自己的混凝土用聚丙烯纤维专用料,这对我国聚丙烯产品应用

领域的拓宽与新品开发具有重要意义。可以预测,在环境因素、资源因素和技术因素都要求水泥混凝土高性能化的形势下,对混凝土增强用的聚丙烯的研究将越来越受重视。

参 考 文 献

- 1 Dr Bauer A, Madsen L O. Neue polyolefin-fasern in technischem textilen papierem and baustoffen. *Chemiefasern Textilindustrie*, 1991, 41(7): 189
- 2 Barr B. Compact shear test specimens for FRC materials. *Composites*, 1978, 18(1): 54~60
- 3 Shi Guanyi, Huang Nin, Cao Youhong. Studies on the β -form of isotactic polypropylene. 2, the melting behavior of predominantly β -form samples. *Macromol Chem*, 1986, 187(1): 643
- 4 Zhou Guen, He Zhiqun, Yu Jianmin, Han Zhewert. Studies on the β -form of isotactic polypropylene. I, transition during heating by wide angle X-ray diffraction. *Macromol Chem*, 1986, 187(1): 632
- 5 Wu Hwachung. Crack arrest by internal compressive stress field internal tensile loading. *J Master Sci Lett*, 1997, 16(13): 1133
- 6 Fu Xuli, Lu Weiming. Improving the tensile properties of carbon fiber reinforcement by ozone treatment of the fiber. *Cem Concr Res*, 1996, 26(10): 1485
- 7 Soroushan P, Ilib A, Albozany A and Khan A. Development and characterization of hybrid polyethylene fiber reinforced cement composites. *ACI Material Journal*, 1993, 90(2): 182
- 8 Ye Qihan et al. Some influential factors of PVA fibers on the physical mechanical properties of hybrid fiber reinforced cement. *Proc Beijing Int Symp Cem Concr*, 1993, (2): 978
- 9 Sanjuan, Miguel Angel, Moragues, Amparo. Polypropylene fiber-reinforced mortar mixes: optimization to control plastic shrinkage. *Compos Sci Technol*, 1997, 57(6): 655
- 10 Kesting Lorenz. Polystyrolbeton für Betonfertigteile. *Eur Pat*, 419785A2, 1992
- 11 Soroushan Parviz, Faz Mirza and Abdulraman Albozany. Permeability characteristics of polypropylene fiber reinforced concrete. *ACI Materials Journal*, 1995, (2): 291
- 12 贺子岳. 国外新型纤维增强混凝土及应用. *国外建材科技*, 1998, (8): 7~10
- 13 吴中伟. 纤维增强-水泥基材料的未来. *混凝土与水泥制品*, 1999, (11): 5~6
- 14 冯乃谦. 高性能混凝土. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996: 240
- 15 美国纤维网公司 LANDAU A L. 纤维加强混凝土的新发展. 张杰(新加坡)、栾峰(中国)译. *水运工程*, 1997, (2): 42

THE PROSPECT FOR THE APPLICATION OF PP FIBER IN CONCRETE

Chen Feng

(Research Institute of Yangzi Petrochemical Co., Ltd.)

ABSTRACT

The development and the present situation at home and abroad of concrete reinforced by polypropylene fiber were introduced. The action principle and the popular application at home and abroad of concrete reinforced by modified PP fiber were reviewed. The economical and social benefit was also evaluated.

Keywords: concrete; polypropylene; fiber; reinforcement; modification; action principle; application

(13)

纳米聚丙烯母粒问世

常州生富机械有限公司、常州生富公路材料有限公司新推出的纳米聚丙烯母粒是属于高科技产品,目前处于产业化推广应用阶段,预计21世纪将获得大力发展。通过本项目产品可以带动纳米高分子技术的同步发展,促进应用行业的技术进步。从目前市场上看,该项目产品在国内尚属首家,从产品质量、技术上看,该项目产品质量稳定,因而产品具备市场竞争力,同时其产品性能优越,价格低,可替代工程塑料应用,为通用塑料高性能化的一个成功典范。由于具有良好的性能、价格比,该产品市场竞争能力强,前景广阔。

(14)

威康特塑料包装桶

常州威康特塑料有限公司推出的优质塑料包装桶,采用先进的密封技术,配备相应的塑料注射成型机,生产各种塑料包装容器,并采用数字优选系列进行设计加工,企业通过GB/T19002—1994,ISO 9002—1994质量体系认证。现威康特塑料包装桶规格从250mL到20L,投放市场受到用户欢迎。该桶可广泛用于涂料、油漆、化工、颜料、粘合剂、制药等行业多种液体、固体等的盛装。

(以上由常州市和平北路9号 汪焕心供稿)