

# 新沐河泄洪闸闸墩工程聚丙烯纤维混凝土的应用

王岩<sup>1</sup>,王海川<sup>2</sup>,方元龙<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 河海大学土木工程学院,南京 210098;<sup>2</sup> 沂沭泗水利管理局,徐州 221009)

**[摘要]** 本文探讨了聚丙烯纤维对混凝土的抗裂性能、抗渗性能、抗冻性能和强度的影响及其作用机理,结合新沐河泄洪闸工程,从配合比设计以及施工工艺等方面介绍了聚丙烯纤维在闸墩工程中的应用。

**[关键词]** 闸墩;聚丙烯纤维;混凝土;阻裂;抗渗性能;收缩裂缝

**[中图分类号]** TU528·572 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1005-6270(2005)01-0051-02

## The Application of Polypropylene Fiber Concrete in Pier Project of Reservoir on the Xinshu River

WANG Yan WANG Hai-chuan FANG Yuan-long

**Abstract:** In this paper, the effect and the mechanism of polypropylene fiber on the concrete's anti-cracking behavior, impermeability, frost resistance property and strength have been discussed, the application of polypropylene fiber in pier project has been introduced in view of proportion and construction technology in the reservoir project on the Xinshu river.

**Keywords:** Pier; Polypropylene fiber; Concrete; Anticracking; Anti-permeability; Shrinkage cracks

### 引言

近十多年来,合成纤维混凝土在改性混凝土中正在扮演着越来越重要的角色,特别是聚丙烯(PP)纤维更以其低廉的成本和显著的改良效果受到工程界的广泛关注。就水工大体积混凝土而言,水泥水化热温升引起的温度裂缝问题比较突出,在混凝土中掺入适量的聚丙烯纤维不仅能够有效地减少混凝土的温度收缩裂缝,而且还能提高混凝土的韧性、抗冲耐磨以及抗渗和抗冻性能。所以聚丙烯纤维混凝土现已被国内外许多水利工程所应用<sup>[1]</sup>,美国1989~1995年Sury Mountain坝、Palmer Pond坝、Webber坝及Croton坝修复工程均采用了聚丙烯纤维混凝土,施工总量19880m<sup>3</sup>,长江三峡大坝E-120栈桥为了满足水工建筑物的耐磨抗冲击性能要求,采用美国Dura纤维增强混凝土,取得了良好的效果。

### 1 聚丙烯纤维对混凝土性能的影响

聚丙烯纤维是一种质量稳定的混凝土增强人造纤维,根据纤维的形状和构造的不同,可以分为单丝纤维、并行的原纤维束和膜裂纤维。聚丙烯纤维无色,分散性良好,不吸水,导热性低,对酸碱盐的阻抗高,属于无毒惰性材料,与混凝土有良好的亲和性,某国产聚丙烯单丝纤维的主要性能如表1所示。聚丙烯纤维的显著特点是细度高(当量直径0.02mm~0.1mm)、比表面积大、数量多(常用的0.9g/cm<sup>3</sup>的掺量充分分散可获得700万~3000万根纤维单丝)、纤维间距小、掺混工艺简单、易分散等。

#### 1.1 提高混凝土的抗裂性能

混凝土的裂缝大致分为两类,一类是由外荷载所产生的结构裂缝,另一类是由混凝土自身应力所产生的变形裂缝。混凝土早期的过量泌水和水分急剧蒸发,会引起失水收缩,混凝土的这种塑性收缩一般发生在混凝土浇筑后2h~

表1 聚丙烯纤维的物理性能

性能指标	数值	性能指标	数值
密度	0.91g/cm <sup>3</sup>	纤度	6~16D
弹性模量	>3800MPa	长度	2mm~3mm
抗拉强度	>500MPa	耐碱性	在浓NaOH溶液、浓氨水中强度不降低
断裂延伸率	15~25%		
熔点	165~173℃	耐酸性	浓盐酸、浓硫酸、浓硝酸对其强度无影响
燃点	590℃		

10h,混凝土表面在材料硬化前失水收缩引起拉应力;另外,混凝土内部颗粒的不均匀沉降会导致混凝土与钢筋之间、骨料与胶结材料之间发生不均匀沉缩变形,内部的变形由于骨料和钢筋的约束也会产生拉应力,当混凝土收缩所产生的拉应力大于其早期抗拉强度时,就会出现不可恢复的塑性收缩裂缝。

聚丙烯纤维通常被用做混凝土的次级加强材料,在多数情况下,聚丙烯纤维的体积掺量在0.1%到0.5%,它对混凝土收缩裂缝的减少以及改善混凝土的抗冲击性能是有益处的<sup>[2]</sup>。在混凝土内掺入聚丙烯纤维后,通过搅拌使纤维分散成数以万计的单纤维,分布在每立方厘米混凝土中细微的纤维可达到近20条,加之该纤维同水泥基体有更紧密的结合力,故能在混凝土中形成一种均匀的乱向支持体系,从而形成有效的次级增强效果。笔者总结聚丙烯纤维的抗裂机理如表2所示。有研究表明,体积掺量0.05%的美国Dura纤维增强混凝土抗裂能力可以提高近70%<sup>[10]</sup>。

#### 1.2 聚丙烯纤维对混凝土强度的影响

[收稿日期]2004-09-06

[作者简介]王岩,男(1980~),河海大学在读硕士研究生。

表2 聚丙烯纤维的抗裂机理

混凝土内部	当混凝土开始硬化时,由于塑性干缩,微裂缝开始形成并发展,当这些微裂缝发展到与纤维相交时,遭到了纤维的阻挡,使裂缝难以进一步发展。
混凝土表面	由于混凝土表层材料中存在纤维,使其失水面积有所减小,水分迁移较为困难,从而使毛细管失水收缩形成的毛细管张力有所减少,有效缓解了水分急剧蒸发。

与不含纤维的基准混凝土相比,纤维体积率的增加(0~15%)对纤维混凝土的抗压强度变化影响很小,抗折强度提高了12%~26%<sup>[7]</sup>。这是因为聚丙烯纤维的弹性模量比混凝土低(约为混凝土的1/10),以致在较高的应力情况下,纤维能够产生约束应力之前,混凝土已开始破裂。另一方面,由于聚丙烯纤维的泊松比数值较大,意味着如果沿纤维轴向伸长,其横向收缩会比其它纤维如钢纤维大得多,这导致纤维——基体界面较大的侧向拉应力,可能导致使排列成行的短纤维突然失去粘结而被拔出,由此可见,聚丙烯纤维不能作为混凝土的增强材料。文献[9]的结果也表明:虽然掺入聚丙烯纤维对混凝土的准静载强度无显著影响,却能使混凝土的抗冲击能力和抗疲劳能力显著提高。

聚丙烯纤维可明显提高混凝土早期抗压强度和劈拉强度(掺入体积率不超过0.2%的聚丙烯纤维,可使混凝土的劈拉、抗折强度提高10%左右),相应其脆性系数有所降低。掺入一定量的聚丙烯纤维能降低混凝土脆性的主要原因在于纤维的阻裂效应。与基准混凝土相比,聚丙烯纤维混凝土的能量吸收能力和延性提高了,抗弯强度也有所提高,提高程度与体积掺量有关,体积掺量达到0.5%~1.0%的聚丙烯混凝土的抗弯强度是基准混凝土的1.6~1.9倍<sup>[11]</sup>。

### 1.3 提高混凝土的抗渗、抗冻性能

如前所述,由于混凝土的塑性收缩与湿度的胀缩得到了控制,克服了微裂缝的产生与发展,因此抗渗性能得到提高,有利于保证混凝土结构的质量,从而进一步延长了建筑物的寿命。体积掺量为0.5%的美国Dura纤维混凝土比普通混凝土的抗渗性能提高60%~70%。

同时聚丙烯纤维改变了混凝土的力学性能,使混凝土具有良好的冲击韧性和良好的抗疲劳性能,这样在混凝土受冻融时纤维可以缓解温度变化而引起的混凝土内部应力的作用,纤维还参与抵抗冻融时的膨胀压力与渗透压力,减少裂缝的扩展,即使混凝土有局部冻融破坏,其它部位的混凝土受到的影响也相对较小,从而提高了混凝土的抗冻融能力。

## 2 工程应用实例

### 2.1 工程概况

新沭河泄洪闸位于山东临沭县大官庄村北新沭河入口处,是大官庄枢纽主体建筑物之一。该工程1977年竣工,共18孔,每孔净宽12.0m。由于运行多年,经安全鉴定后发现,闸

墩部分出现贯通性裂缝,已严重影响安全运行,其原设计不满足抗震要求,决定对闸室中墩全部拆除重建,重建后的中墩为C30(支座范围内墩体为C40)钢筋混凝土结构,长23.0m,厚1.5m,墩顶高程为57.30~58.22m(多为58m)。上下游均设半径为0.75m的圆形墩头,闸底板以上3.0m高度范围内的闸墩混凝土每立方米掺加聚丙烯纤维0.9kg,见图1。

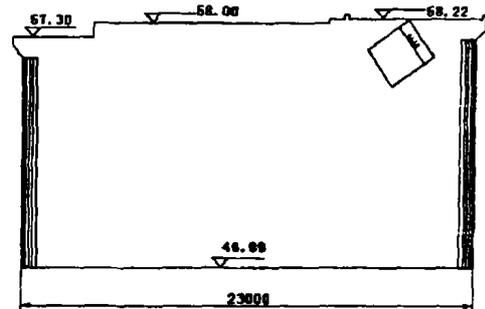


图1 闸墩示意图

### 2.2 材料的选择

闸墩工程混凝土施工配合比见表3所示,施工中骨料采用二级级配,即分成5~20mm和20~40mm,最大粒径为40mm。本工程水泥采用山东省沂州水泥有限公司生产的P.032.5级水泥;混凝土拌和用水采用新沭河地积水,经检验水质符合标准JGJ63-89的要求;细骨料选用工程上游两公里处西沈马砂场生产的新沭河天然河砂,细度模数在2.4~3.0之间;粗骨料选用临沂马场湖及临沂东盘乡生产的人工碎石,粗细骨料检验结果均符合DLT5144-001有关规范指标的要求。聚丙烯纤维混凝土与基准混凝土相比,拌和物的含气量几乎不变,而坍落度会相应地减小,这是由于纤维相互交错形成网架结构导致混凝土流动性降低的缘故,但和易性、粘聚性均较好,为了便于聚丙烯纤维混凝土的振捣密实,可适当增加减水剂用量,本工程采用山西城南化工厂生产的FDN-1型高效减水剂和AE-A(10-4)型引气剂,混凝土的塌落度为40~60mm,聚丙烯纤维采用北京福丝达化学纤维有限公司生产的单丝状聚丙烯纤维。

### 2.3 施工工艺及质量控制

闸墩混凝土施工自下而上进行,其基本的施工程序为:闸墩基面清理→测量放线→钻锚筋孔→安装锚筋→钢筋安装→模板安装→仓面清理→混凝土浇筑→养护。

聚丙烯纤维的使用方法简便,在设计的配合比保持不变的情况下,只需将聚丙烯纤维按规定数量掺入与水泥、砂石骨料共同搅拌即可。聚丙烯纤维混凝土的总搅拌时间需比普通混凝土要长,经过现场试拌后发现,取搅拌时间为4分钟较为合适。聚丙烯纤维的加入方法采用干拌法:边搅拌边加入计量好的粗、细骨料和聚丙烯纤维,搅拌时间约占总搅拌时间的1/2,随后边搅拌边加入计量好的水泥、水和外加剂,搅拌时间约占总搅拌时间的1/2,与钢纤维不同,在搅拌和浇筑过程中不会对有关设备造成磨损。纤维混凝土的养护方法同普通混凝土的养护方法一样,无特殊要求。混凝土采用Φ100振捣器和Φ50插入式软轴振捣器振捣。考虑到

(下转第54页)

## 4.1 大桩距搅拌桩复合地基的施工工艺要求

4.1.1 严格按施工桩位平面图校核搅拌机的进场就位位置,保证其不发生倾斜、偏斜;

4.1.2 喷浆过程按设计用流量计控制。施工中配备的泥浆密度应在 1.8~1.9 左右,以正转匀速喷浆完成预搅拌下沉,达到一定深度后,原地持续喷浆 0.5min;然后提升,以反转匀速搅拌完成设计确定的提升速度,边喷浆,边提升搅拌至设计桩顶标高;

4.1.3 第二次复搅循环应紧接着第一次钻搅循环之后(可使软土、灰浆搅拌均匀),将深层搅拌桩下沉至设计要求的深度,然后搅拌桩机继续边搅拌、边喷浆、边提升至地面;

4.1.4 搅拌桩机第二次提升至桩顶标高时,关闭灰浆泵,再次将搅拌桩机下沉至桩顶下 5m 处,再次启动灰浆泵进行喷浆、搅拌、提升,直至地面;

4.1.5 搅拌桩机移至下一个桩位,重复上述程序。

## 4.2 大桩距搅拌桩复合地基施工过程中的检验。

4.2.1 桩径应符合设计要求,以保证承载面积;

4.2.2 桩身水泥土应搅拌均匀,水泥掺入量应符合设计要求;

\*\*\*\*\*  
(上接第 52 页)

表 3 闸墩聚丙烯纤维混凝土配合比

浇筑部位	强度等级	骨料粒径(mm)	水灰比	砂率(%)	单方材料用量(kg)						
					水	水泥	砂	石子	减水剂	引气剂	纤维
中墩下部	C30F150	40	0.42	37	13	327	137	1220	1.0%	0.6	0.9

表 4 闸墩聚丙烯纤维混凝土强度检验表

设计强度	施工时段(2004年)	混凝土生产总量 m <sup>3</sup>	试块抽样	m <sup>3</sup> /组	强度平均值/MPa	强度保证率%	达到设计强度比例	盘内变异系数
C30F150	1.30~4.20	5807.71	111	53.5	35.0	97.7	98.2%	4.8

闸墩混凝土施工处于冬季,闸墩混凝土浇筑直立面采用 6 套竹胶模板,每块模板的尺寸为 1220×2440×12mm,并且每块模板由两块叠置使用,模板间采用螺栓连接,安装时其缝隙间加垫海绵;曲面结构采用定型曲面钢模板,这两种模板使用方便,能够满足本工程的要求。

该闸墩混凝土工程施工后的质量检查如表 4 所示,在本工程中测试闸墩工程聚丙烯纤维混凝土的一组 3 个试件的 28 天劈裂抗拉强度为 2.43MPa。

## 3 结语

(1) 聚丙烯纤维能够提高混凝土的抗冲磨、抗冻、抗渗性能,对于改善水工混凝土的耐久性能,提高水工混凝土的抗裂能力以及保证水工混凝土的整体性都十分有利。

(2) 聚丙烯纤维耐久性好,特别是耐化学腐蚀性强,因此适用于水质污染严重的水工建筑物。

(3) 掺入聚丙烯纤维的混凝土无需改变混凝土的配合比设计,施工方便,质量容易控制,是一种使用方便、价格合理、效果良好的混凝土防裂措施,它可以有效提高混凝土工程质量。

## 参考文献

- [1] 冯乃谦.高性能混凝土(M).北京:中国建筑工业出版社,1996  
[2] [英]D.J.汉南特.纤维水泥与纤维混凝土(M).北

4.2.3 喷浆过程中的断浆、提升时间及复搅次数应严格按照规范要求;

4.2.4 水泥浆的制备应符合规范要求(>4分钟,以保证水泥浆液的均匀及水泥水化反应);浆液应随时搅拌以防止离析。

## 5 结语

总之,通过大量工程实践及相关实验数据的分析,采用大桩距搅拌桩复合地基可满足实际工程的承载要求,其沉降量也较小,而同类型等高度的采用小桩距的房屋沉降量可达到它的五到八倍,甚至十倍。

若大桩距搅拌桩复合地基经优化设计后辅以良好的施工组织设计及完善的技术质量保障,就一定有更广阔的应用空间。

## 参考文献

- [1] 龚晓南.复合地基.杭州:浙江大学出版社,1992  
[2] 张聪.水泥搅拌桩复合地基的工程特性探讨.中国港湾建设,2000(12)  
[3] 建筑地基处理技术规范(GB50000-2002).北京:中国建筑工业出版社,2002  
[4] 龚晓南.复合地基理论及工程应用.北京:中国建筑工业出版社,2002

京:中国建筑工业出版社,1986.2

- [3] 徐至钧.聚丙烯纤维在混凝土中的应用(J).建筑技术,2002(1)  
[4] 龚益,沈荣熹,李清海.抗拉纤维在土工程中的应用(M).北京:机械工业出版社,2002  
[5] 钟世云,袁华.聚合物在混凝土中的应用,北京:化学工业出版社,2003.9  
[6] 谷章昭,倪梦象,樊钧等.合成纤维混凝土的性能及其工程应用(J).建筑材料学报,1999(2)  
[7] 华渊,刘荣华,曾艺.纤维增韧高性能混凝土的试验研究(J).混凝土与水泥制品,1993  
[8] R. Alwahan and P. Soroushian, Characterization of FIBER-FORCE Collated Fibrillated Polypropylene Fibers and their Application to Concrete(J), Report No. MSU - ENGR - 87 - 002, Michigan State University, 1987  
[9] 曹诚等.聚丙烯纤维对混凝土动力学特性的影响研究(J).混凝土,2000(5)  
[10] 盛松涛,方坤河.聚丙烯纤维在水工高性能混凝土中的应用(J).混凝土,2003(11)  
[11] 钟秉章,朱强,倪检华.聚丙烯纤维混凝土在水利水电工程上的应用探讨(J).红水河,2002(4)