

聚丙烯纤维混凝土在 欧阳海水库除险加固中的应用

刘峰林

(湖南省水利水电工程总公司 长沙市 410007)

【摘要】 聚丙烯纤维混凝土是一种高强的混凝土复合材料,能改变混凝土的物理结构,改善混凝土的性能,能有效地防止混凝土开裂,提高混凝土的抗冲、抗磨损性能。

【关键词】 新型材料 聚丙烯混凝土应用 试验成果

1 概述

在欧阳海水库除险加固工程中,水垫塘反拱护底为提高泄洪时的反拱混凝土抗冲击和耐磨性能,采用C30聚丙烯纤维混凝土。具体施工时选择了北京中纺生产的CTAFiber纤维和南京派尼尔生产的先锋纤维,其主要参数如表1:

表1 聚丙烯纤维主要参数

项目	特征参数	项目	特征参数
纤维类型	束状单丝	熔点	160℃/165℃ ~175℃
规格	19 mm/12 mm	燃点	580℃/590℃
比重	0.91g/cm ³	安全性	无毒
直径	48 μm/33 μm	分散性	良
抗拉强度	7 500 MPa/350 MPa	吸水性	无
弹性模量	>3.5 GPa	导电性	极低
耐酸碱性	极强/强	导感性	极低

2 聚丙烯纤维工作原理

聚丙烯纤维是以聚丙烯为原料,以独特工艺制造的高强聚丙烯单丝纤维,经过特殊的防静电及抗紫外线处理,具有一定的抗紫外线抗老化能力,可以保证纤维在混凝土中长期发挥功效,保持混凝土性能。与水泥基体的粘结力强,在混凝土中分散性好。由于纤维微细,数量巨大,在混凝土中形成一种三维乱向的支撑体系,对混凝土提供有效的保护,能增强混凝土的韧性。同时,纯聚丙烯纤维对酸、碱有极强的抵御能力,化学性能稳定,主要通过改变混凝土的物理结构而改善混凝土性

能,故有良好的适应性。

混凝土中均匀而乱向分布的短纤维的增强机理,存在两种理论:

(1)“纤维间距机理”。根据线弹性断裂力学来说明纤维对裂缝发生发展的约束作用。该理论认为在混凝土内部原来就存在缺陷,欲提高强度,必须尽可能减少缺陷强度,提高韧性,降低内部裂缝端部的应力集中系数。理论分析及实验证明,当纤维的平均中心间距小于7.6 mm时,纤维混凝土的抗拉或抗弯强度均得以提高。

(2)“复合材料机理”。复合材料构成的混合原理,将纤维增强混凝土看成了纤维强化体系,并用混合原理来推定纤维混凝土的抗拉和抗弯强度,提出了纤维混凝土强度与纤维掺入量方向、长径及粘结力间的关系。

根据以上两种理论,其在混凝土中的作用有:提高混凝土的抗拉强度;阻止混凝土中微裂纹的扩展并延缓新裂缝的出现;提高混凝土的变形能力并从而改善韧性、抗冲击性。

聚丙烯纤维均匀分布混凝土内,犹如掺入数量巨大的微细筋,从而抑制了混凝土开裂的进程,提高了混凝土的断裂韧性,达到改善混凝土性能的目的。

3 聚丙烯纤维配合比设计

欧阳海水库水垫塘冲坑采用C30混凝土,面层1.5 m及主受冲击区3.0 m厚掺聚丙烯纤维,每立方米混凝土掺0.9 kg的聚丙烯纤维。

3.1 原材料

(1) 水泥 湘末 P.O.3.25 级水泥,其物检性能符合 GB 175-

92《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》技术要求。

(2) 骨料。细骨料砂采用当地河砂,饱和干密度 $2.59 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,细度模数(3.2~3.5)(工区粗砂),含泥量 0.3%。粗骨料取本地筛分的卵石,分大、中、小石三级,饱和干密度为 $2.62 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

(3) 外加剂。为达到减少单位水泥用量,降低混凝土水化热的目的,采用长沙市雨花区新型建材厂生产的 FDN-1 型早强减水剂,掺量 0.6%,掺 FDN-1 的水泥净浆用沸煮法检验安定性合格。凝结时间略有延长。

(4) 聚丙烯纤维。掺入南京派尼尔的先锋纤维(纤维长 12 mm),北京中纺 CTA 纤维(长 19 mm),掺量为 0.9 kg/m^3 。

3.2 混凝土配合比

经试拌,掺入二厂提供的聚丙烯纤维,在不改变配比的情况下均能达到设计强度并有效提高混凝土的抗裂性能。确定施工使用配合比见表 2:

用水量 水灰比/ $\text{kg}\cdot\text{m}^3$	砂率 /%	水泥量 $\text{kg}\cdot\text{m}^3$	FDN-1 $\text{kg}\cdot\text{m}^3$	石子级配 $\text{kg}\cdot\text{m}^3$	配合比 大:中:小	坍落度 /cm	备注
0.40	113	21	283	0.9	4:3:3	1:1.529:5.82	3.5 三级配 C30

3.3 配比说明

(1) 施工中须延长搅拌时间;

(2) 施工中优先使用中粗砂;

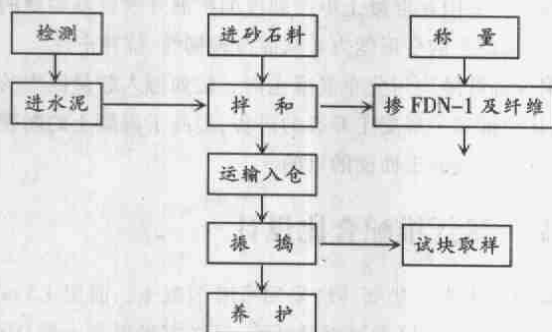
(3) 掺入聚丙烯纤维

后,混凝土拌和物粘聚性增强,坍落度减少,但不影响混凝土的工作性;

(4) 配合比砂石料为饱和面干计量,施工中砂石料注意含水并计量准确和严格控制砂石料质量。

4 聚丙烯纤维混凝土施工方法

4.1 施工流程(附图)



附图 施工流程图

4.2 原材料称量及检测

外加剂 FDN-1 及聚丙烯纤维在浇筑之前由试验人员按设计配比所确定每盘拌和量精确称量。每盘拌和量计算为 0.7 m^3 ,相应聚丙烯纤维每盘掺 0.63 kg ,天平称量后分色用塑料袋予以装好,按拌和一盘加入一包控制。

水泥按批量 200 t 抽测其安全性、强度等物理性能。

4.3 混凝土拌和

混凝土拌和使用自落式搅拌机,投料及搅拌顺序为:粗骨料+纤维+水泥→干拌→加水→湿拌 3 min。干拌时,尚有纤维束存在,加水后随着搅拌机中的物料翻搓便自然分散,形成均向分布。

4.4 混凝土运输及振捣

由于反拱施工场地狭小,砂石料场布置于石岸拱坝肩端,混凝土经拌和后利用溜槽滑至仓面,溜槽采用 30° 倾角,内每 3 m 一道设置自动阻挡板以防止拌和物离析。

入仓混凝土振捣采用 $\Phi 70$ 插入式振捣,以台阶法每 50 cm 一层逐层铺料浇筑,梅花形振捣到位。浇筑时分层分块。

4.5 养护

聚丙烯纤维混凝土养护按常规混凝土养护。

5 聚丙烯纤维混凝土检测结果

施工中 C30 混凝土与掺聚丙烯纤维 C30 混凝土试块抽样抗压强度统计进行对比结果(见表 3):

分部工程名称	设计强度等级/MPa	龄期/d	数理统计分析结果							
			n	\bar{x}	δ_{n-1}	Cv	X_{\max}	X_{\min}	$P_n/\%$	$P_{\alpha}/\%$
水垫塘混凝土面层	C30(掺聚丙烯纤维)	28	60	35.87	3.65	0.102	41.2	31.2	93	96
水垫塘垫层混凝土	C30	28	21	34.5	3.26	0.095	38.4	30.5	87	91

注:表中 \bar{X} 为 R28 抗压强度平均值; δ_{n-1} 为均方差;Cv 为离差系数;P 为保证率

根据双比结果及施工情况,得出以下结论:

(1) 在混凝土中加入 0.9 kg/m^3 聚丙烯纤维,可以提高混凝土强度(特别是早期强度),抑制混凝土内部自由水蒸发,提高其变形能力,减少混凝土表面龟裂及干缩裂缝。反拱混凝土面 2400 m^2 的表面没有发现明显的塑性和早期干裂缝。

(2) 聚丙烯纤维在水中可以自行均匀分散,掺量适宜时,经机械拌和后,在混凝土中呈三维乱向均匀分布。对混凝土拌和物含气量影响不大,坍落度有所降低,但和易性好,不易离析。

6 结语

聚丙烯纤维在防止混凝土砂浆开裂、减少、阻止混凝土非结构性裂缝,提高混凝土抗冲、抗磨损等方面,可发挥重要作用,且对施工无特殊要求,安全易于操作其适用范围广,可广泛应用于公路、桥梁、工民建及水利行业。

(收稿日期:2004-05-11)