

聚丙烯纤维在水工混凝土中的应用

谌 伟

(安徽省水利水电勘测设计院,安徽 合肥 230022)

摘 要:文章介绍聚丙烯纤维的应用机理,以及在磨子潭水库泄洪洞工程中的实际应用,建议在水利工程中推广使用。

关键词:聚丙烯纤维;机理;工程应用

中图分类号:TV4 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-6221(2005)01-0026-03

Application of polypropylene fiber to water conservancy project

CHEN Wei

(Anhui Survey and Design Institute of Water Conservancy and Hydropower, Hefei 230022, China)

Abstract: The paper introduces application mechanism of polypropylene fiber and its practical application in the flood-discharge tunnel project of Mozitan Reservoir, meanwhile, suggests it can be used widely in the water conservancy.

Key words: polypropylene fiber; mechanism; project application

聚丙烯纤维混凝土是60年代末在国外开发的一种新型混凝土材料。它具有能防止和减少裂缝、改善长期工作性能、提高变形能力和耐久性等优点,在工程中得到了广泛应用。我国于20世纪90年代初,在广佛高速公路中首次小批量试用。近年来先后应用于各种工程中,取得良好的技术经济效果。但水利工程部门对聚丙烯纤维混凝土应用还只停留在试验阶段,仅有的试验成果也很不完整,影响了这一新材料在水利工程上的开发应用。为适应我国水利工程的快速发展的要求,进行聚丙烯纤维混凝土的有关性能及其在水利工程上应用的研究,具有重要的现实意义。

1 聚丙烯纤维的应用机理

聚丙烯纤维直径仅40~50 μm ,是一种较低弹性模量纤维,纤维自身柔韧性很好,且能很好地分布在混凝土中。若以掺入量占混凝土体积的0.1%计,在每方混凝土中的纤维达到3 400~5 300万根,形成大量、随机、3维分布的纤维丝网,在混凝土内部形成一种“微钢丝”结构,它能增大混凝土骨料之间的吸附力,对混凝土的各项物理力学性能产生很大影响。

(1) 塑性收缩的影响(抗裂性)。裂缝是水工建筑物最普遍、最常见的病害之一,严重的裂缝不仅危害建筑物的整体性和稳定性,而且还会产生大量的漏水,使闸、坝及其他水工建筑物的安全运行受到严重威胁。另外,裂缝往往会引起其他病害的发生和发展,如渗漏溶蚀、钢筋锈蚀等,这些病害与裂缝形成

收稿日期:2004-05-09;修回日期:2004-09-16

作者简介:谌伟(1972-),男,安徽宿州人,工程师。

恶性循环,对水工建筑物的耐久性产生很大危害。

混凝土是多项复合脆性材料,当混凝土拉应力大于其抗拉强度,或混凝土拉伸变形大于其极限拉伸变形时,混凝土就会产生裂缝。聚丙烯纤维掺入到混凝土中对混凝土的最大影响是大大提高了混凝土的抗裂性,所形成的“微钢丝”结构能够阻滞混凝土裂缝的产生,从而对提高混凝土的抗裂性有很好的效果。

(2) 抗渗性的影响。一种物体的渗水性可归结为两种情况:① 由物体中的毛细管现象产生的微渗水。② 物体中的贯穿性大孔隙和裂隙产生的宏渗水。在混凝土中加入少量聚丙烯纤维,纤维在混凝土中均匀分布,且与混凝土有很好的粘合性,在混凝土浇捣成型过程中增加了其内部的束缚力,从而减少了混凝土在成型过程中大孔隙和裂隙的产生,减少了宏渗水,同时纤维的掺入使混凝土构件成型后的构成更加紧密,从而有效地减少了微渗水的产生。所以,纤维掺入到混凝土中后其抗渗性有很大的提高。

(3) 抗冻融性和抗化学侵蚀性能的影响。混凝土在冻融下会产生膨胀压力,易使混凝土开裂和原有裂隙扩展。掺入聚丙烯纤维后,虽然掺入量较小,但由于纤维条干较细,能在混凝土中均匀分布,这样纤维能起到约束的作用,抵抗冻融时的膨胀压力,缓解由于温度变化引起的内部应力作用;因纤维的掺入阻碍了化学物质的渗入,提高了混凝土的抗化学侵蚀性能。

(4) 抗冲刷耐磨性的影响。物体的尖端在外力的作用下容易被破坏,而物体的破坏总是从物体的最薄弱环节开始慢慢扩展。混凝土构件在水冲刷和外力磨损下的破坏一般是从裂缝处开始,裂缝越大越容易被破坏。纤维掺入到混凝土中能起到很好的抗裂作用,在混凝土浇捣成型过程中有效地减少了裂缝的产生,从而减少了混凝土构件薄弱环节的形成。所以,纤维掺入到混凝土中对混凝土的抗冲刷耐磨性有很大的提高。

(5) 抗压强度和抗弯(折)强度的影响。与普通混凝土相比,在混凝土中掺入聚丙烯纤维,随着纤维体积分量的增加,纤维混凝土的抗压强度变化很小。由于在混凝土中掺入的聚丙烯纤维量较小,且聚丙烯纤维的混凝土中的物理、化学性质较稳定,不会改变混凝土的物理、化学性能。少量的掺入量不会对混凝土的脆性产生较大的影响。

抗折强度主要检验其韧性。材料的韧性反映材料在破坏时吸收能量的能力。虽然在混凝土中掺入的聚丙烯纤维量很少,但由于聚丙烯纤维与混凝土基体的粘结强度较高,当应力自基体传递给聚丙烯纤维时,纤维因变形而消耗能量,使混凝土构件达到初裂时的荷载及宏观变形增大。另外,因聚丙烯纤维具有良好的延伸性,极限变形值很大,混凝土一经开裂,聚丙烯纤维跨接在裂纹的表面,阻止裂纹的迅速扩展。只有当(弯)应力大于聚丙烯纤维与基体的粘结强度或大于纤维抗拉强度时纤维才有可能被拔出或拉断。但在受拉(弯)断裂时,聚丙烯纤维将提高高性能混凝土的断裂韧性。所以,纤维混凝土的抗弯(折)强度明显提高。

2 工程应用

磨子潭水库的加固设计采取混凝土掺加聚丙烯纤维,防止泄洪时高速水流的冲刷磨蚀。

聚丙烯纤维混凝土的抗冲磨试验按照美国材料试验协会ASTM C1138—89方法进行。该方法模拟高速挟砂水流对过流面冲磨破坏而设计。由转速为1 400 r/min的叶轮带动水和70个大小不等的钢球磨擦试件表面72 h,根据冲磨后试件的失重来计算混凝土抗冲磨强度。试件为C40混凝土,尺寸为圆柱形(直径285 mm,高100 mm),试验结果如表1所列。

表1 抗冲磨试验结果表

编 号	聚丙烯纤维掺量/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	抗冲磨强度/($\text{h} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	抗冲磨强度相对倍数
C1	0	6.83	1
C2	0.6	9.06	1.33
C3	0.9	10.14	1.49
C4	1.2	10.78	1.58

由表1可见,聚丙烯纤维的掺入,可提高混凝土抗冲磨性能。随着聚丙烯纤维掺量增加,混凝土抗冲磨性能随之提高幅度越大。掺0.6、0.9、1.2 kg/m³聚丙烯纤维的混凝土抗冲磨强度比普通混凝土分别提高33%、49%、58%。

在工程设计中,进行了掺加聚丙烯纤维和钢纤维两种方案的比较。钢纤维价格一般为5~7元/m³,用量40~60 kg/m³,如果价格以5元/m³、用量40 kg/m³计,成本为200元/m³;聚丙烯纤维价格为70~80元/m³,用量0.9~1.2 kg/m³,如果价格以70元/m³、用量0.9 kg/m³计,则成本为63元/m³,价格优势非常明显。另外,鉴于水工泄水建筑物的特殊性,在长期与水接触的情况下,钢纤维易发生锈蚀,耐久性不如聚丙烯纤维。经综合分析比较,磨子潭泄洪洞工程聚丙烯纤维掺量最后采用0.9 kg/m³。

聚丙烯纤维施工极为方便,在实际施工过程中,根据施工机械及拌和能力,把纤维分装成需要重量(本工程为0.3 kg)的免拆式水溶式小包装,直接投入搅拌机中进行拌和,比一般搅拌混凝土方法延长搅拌50~60 s即可。

3 结束语

聚丙烯纤维混凝土最大的优点是抗裂、抗冲磨并能大幅度提高混凝土抗渗能力,对于大坝、泄洪洞、地下厂房等有特殊要求的水工混凝土等会带来极大好处。聚丙烯纤维混凝土技术因其低廉的价格和常规施工工艺,在与钢纤维和硅粉混凝土等材料比较具有很大的经济、技术优势和推广价值。许多水利工程,因聚丙烯纤维可接受的价格,可以在避免采用钢纤维、硅粉等昂贵材料的条件下,合理提高混凝土的原设计标准,对于提高混凝土质量、延长寿命、发挥效益有着重要的意义。

聚丙烯纤维混凝土经过大量室内试验后,在我国三峡工地又做了现场试验,现已应用于大坝重要部位。相信随着对聚丙烯纤维混凝土性能的进一步研究了解和工程实践,其在水利工程上的应用有着广阔的前景。

[参 考 文 献]

- [1] 黄国兴. 水工混凝土建筑物修补技术及应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,1998.
- [2] 陈雅福. 土木工程材料[M]. 广州:华南理工大学出版社,2001.
- [3] 荀 勇. 纤维桥作用的探讨与验证[J]. 湖南大学学报,1996,(3):37-39.

(责任编辑 陈化钢)

国外著名文献检索系统

1. 美国《科学引文索引(SCI—Science Citation Index)》。
2. 美国《工程索引(EI—Engineering Index)》。
3. 美国《化学文摘(CA—Chemical Abstracts)》。
4. 英国《科学文摘(SA—Science Abstracts)》。
5. 日本《科学技术文献速报(JICST)或(CBST)》。
6. 俄罗斯《文摘杂志(AJ—Abstracts Journal)》。