

聚丙烯纤维在混凝土中的应用

全国勤

(金山石油化工建筑公司,上海,200540)

混凝土存在易于开裂、渗漏、脆性大等问题,而在混凝土中掺入聚丙烯纤维之后能起到抗裂、抗渗和增韧作用。文章对聚丙烯纤维的增强原理、聚丙烯纤维混凝土的施工与应用作了介绍。

关键词: 聚丙烯纤维 增强 混凝土 抗裂 抗渗 增韧

利用纤维提高胶凝性建筑材料抗裂性的历史可追溯到古代,草筋粘土砖和纸筋石灰是最早的纤维增强型复合建筑材料。合成纤维混凝土的研究及应用始于20世纪60年代,由于能有效地控制混凝土的非结构裂缝,已在国内许多新建或扩建工程中得到应用。在混凝土中掺入聚丙烯纤维是为了改善混凝土的抗裂性能,减少混凝土塑性收缩裂缝,提高韧性及抗渗性。聚丙烯纤维价格比其它合成纤维或增强用纤维如钢纤维、碳纤维、玻璃纤维等便宜,而且聚丙烯纤维混凝土的施工操作方便,因此具有广泛应用前景。

1 聚丙烯纤维的性能

聚丙烯纤维密度为 0.91 g/cm^3 ,抗拉强度为 $330 \sim 414 \text{ MPa}$,杨氏模量为 $3.5 \sim 5 \text{ GPa}$,极限延伸率为 $15 \sim 18\%$ 。它不溶于水,熔点为 $165 \sim 170 \text{ }^\circ\text{C}$,耐热性能良好。聚丙烯纤维几乎不吸水,与大多数化学品,如酸、碱和有机溶剂接触不发生作用,具有良好的耐久性。工程中应用的聚丙烯纤维分为单丝和网型两种,单丝直径为 $25 \sim 62 \text{ }\mu\text{m}$,长度为 $19 \sim 30 \text{ mm}$,在混凝土中的掺入量(体积分数)通常为 $0.05\% \sim 0.1\%$ 。

2 聚丙烯纤维对混凝土的增强作用

2.1 抗裂性

工程上由于施工的要求,在混凝土中往往有许多多余的水分。有关研究表明,水泥水化所需的水只有水泥质量的 25% 左右(即水灰比为 $0.$

25)^[1],而工程中实际应用的水灰比比这大得多,因此混凝土容易产生塑性收缩裂缝。聚丙烯纤维掺入混凝土后,在强制搅拌过程中能自动均匀分布于混凝土中,这些网型纤维能自动分散成两头带钩的单丝型纤维,纤维两端呈半S形弯曲,增加了与混凝土的粘结力。在混凝土中带钩的纤维承受了混凝土的塑性变形产生的拉应力,阻止了裂缝的发展。同时,彼此相粘连的大量纤维“承托”了骨料,降低了混凝土表面的析水与集料的下沉,减少了塑性裂缝的产生。进一步的失水、干燥使混凝土产生收缩裂缝,而这种裂缝尖端的发展同样受到纤维的限制,这些裂缝只能绕过纤维或把纤维拉断来继续发展,这就需要聚丙烯纤维消耗巨大能量来克服裂缝的发展。所以,聚丙烯纤维具有增强混凝土的抗裂性能的作用。

对普通混凝土与掺加 0.2% (体积分数)纤维的混凝土塑性收缩进行 28 h 的对比试验。从图1中可以看出,未掺加聚丙烯纤维的普通混凝土试件表面裂缝明显。



普通混凝土 纤维混凝土
图1 两种类型的混凝土早期收缩裂缝对比

收稿日期:2002-06-17。

作者简介:全国勤,男,1962年出生。1992年毕业于同济大学工业民用建筑专业,主任工程师,现从事预制构件生产管理工。

2.2 抗渗性

混凝土是一种不均匀,不密实的混合物^[2]。由于施工时浇筑或原材料的因素,造成骨料之间有一定的小孔隙,这些小孔隙造成混凝土抗渗性能降低。在混凝土中掺加聚丙烯纤维后,一方面由于纤维的存在减少了混凝土的收缩裂缝,尤其是连通裂缝的产生,减少了渗水通道;另一方面混凝土中直径为 50 ~ 100 μm 和大于 100 μm 的孔隙含量大大降低,因而有效提高了混凝土抗渗性能。对不同掺入量的聚丙烯纤维混凝土和普通混凝土进行 24 h 的 1.3 MPa 水压抗渗性能试验,结果表明:掺入体积分数为 0.05% 和 0.10% 的聚丙烯纤维混凝土抗渗能力分别比普通混凝土提高 40% 和 48%^[3]。

上述分析表明聚丙烯纤维具有提高混凝土致密性,从而增强混凝土抗渗性的作用。

2.3 增韧性

混凝土抗压强度较高,而它的抗拉强度相对较低,一般只有抗压强度的 1/17 ~ 1/8,当混凝土受力达到一定程度,混凝土就会突然开裂,表明它是一种脆性材料,韧性差。而聚丙烯纤维对混凝土具有阻裂和细化裂缝的作用^[4]。在有配筋的混凝土梁中,由于聚丙烯纤维组织结构为纤维网状,与混凝土基体的粘结强度较高,且聚丙烯纤维具有良好的延伸性。所以,在梁受外力作用后,混凝土将应力的一部分传递给聚丙烯纤维,使纤维产生应变。当载荷达到一定值时,混凝土开始开裂。混凝土一经开裂,聚丙烯纤维就跨接在裂缝的表面,阻止裂纹的迅速发展。当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,纤维才会被拔出或拉断。但在受拉(弯)断裂前,聚丙烯纤维将发生极大变形,使开裂混凝土梁的变形达到很大程度才被破坏。因此,混凝土因聚丙烯纤维的存在,韧性大大提高。

3 聚丙烯纤维混凝土的施工

聚丙烯纤维混凝土所用的水泥、黄砂、石子、水、外加剂等技术条件及配合比与普通混凝土相同,对搅拌设备没有特别的要求,只要保证搅拌时间即可。搅拌时间以纤维在混凝土中均匀分散为准,一般为 3 ~ 5 min。搅拌时可先将砂、石、水泥

与水在搅拌机内均匀搅拌后再加入纤维,也可同时加入。为改善拌合物的和易性,可掺加适量的引气剂、减水剂、或高效减水剂,也可掺入质量分数不超过 10% 粉煤灰。

聚丙烯纤维混凝土不会影响其运输、浇捣、养护及施工性能。但纤维长度和含量不同的混凝土的坍落度有差异:纤维含量越高,坍落度越小,混凝土流动性越低;纤维长度越大,混凝土的流动性越低;纤维含量相同的情况下,掺加长度为 30 mm 的聚丙烯纤维的混凝土的流动性比掺加长度为 19 mm 的聚丙烯纤维的混凝土低;而纤维含量和长度相同下的单丝、网型的纤维混凝土的流动性则差别不大。当纤维体积含量为 0.2% 以下时,不同纤维含量混凝土的和易性和分散性均较好。所以,掺加纤维的混凝土尽管坍落度变小,但在振动条件下,聚丙烯纤维混凝土的流动性和普通混凝土相当,施工不受影响。

4 应用实例

聚丙烯纤维混凝土已被国内外许多工程所采用。美国 1989 ~ 1995 年 Sury Mountain 坝、Palmer Pond 坝、Webber 坝及 Croton 坝修复工程均采用聚丙烯纤维混凝土,施工量约为 19 880 m^3 ,至今完好。现在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。欧洲各国也在混凝土中掺加聚丙烯纤维以控制混凝土的龟裂。我国在建筑工程中也开始应用聚丙烯纤维混凝土。广州新中国大厦建筑面积 8 000 m^2 ,在平均厚度超过 600 mm 的地下室底板的施工中,采用掺入聚丙烯纤维的 C60 等级强度的混凝土,工程完工后,整个大面积底板未发现明显裂缝,完全满足设计要求。

上海石化股份有限公司延迟焦化装置集料池的混凝土设计强度等级为 C30,采用水泥 325 kg、中砂 700 kg、石子 1 045 kg、水 196 kg、粉煤灰 30 kg、XL-7 泵送减水剂 1.0 872 kg、聚丙烯纤维 0.9 kg,组成 1 m^3 聚丙烯纤维混凝土。石子粒径为 5 ~ 31.5 mm,含泥量小于 1.0%。中砂细度模数为 2.7,含水率为 5%。混凝土浇筑完成后,整个大面积底板及混凝土墙板均未发现明显裂缝。由于控制了裂缝的发生,延缓和减少了钢筋的锈蚀,从

而可延长结构寿命。

1998年8月广州市距珠江边仅20m的万景台工程三层地下室基坑支护采用喷锚网工艺,考虑到基坑临江面的抗裂、抗渗要求,在该面的喷射混凝土中加入0.07%(体积分数)的聚丙烯纤维(不临江的三面未掺入纤维)。工程完工后,尽管该面水压较高,但未发现裂纹,仅两处锚头有轻微渗水,而其他三面均发现了不同程度的裂缝,多处锚点渗漏。因此聚丙烯纤维对防止和控制混凝土的塑性收缩裂缝,提高混凝土的抗裂、抗渗能力具有明显的作用。

另外,北京住总集团在南线阁商住楼,广州花园酒店堡龄球馆屋面,西安市南大街地下商业街,重庆世界贸易中心地下停车场,深圳怡宝蒸流水厂厂房屋面,北京中华民族园蓝海洋工程的地下室楼板、水池、游泳池等工程使用聚丙烯纤维混凝土均取得了良好的使用效果。

5 结束语

聚丙烯纤维混凝土能克服混凝土的早期塑性收缩裂缝,提高混凝土抗裂性,改善其抗渗性能,提高混凝土材料的韧性,改善其脆性,是一种较好的刚性自防水材料,而且聚丙烯纤维的价格比其它合成纤维便宜。所以,从保证工程质量、施工可操作性、兼顾成本及效益等方面考虑,采用聚丙烯纤维混凝土是提高工程质量和效益的有效措施。

参 考 文 献

- 1 黄国兴,惠荣炎. 混凝土的收缩. 北京:中国铁道出版社,1990:124
- 2 范家骥,高莲,喻永言. 钢筋混凝土结构. 北京:中国建筑工业出版社,1991:13
- 3 戴建国,黄承逵. 网状聚丙烯纤维混凝土的试验研究. 混凝土与水泥制品,1994(4):38
- 4 华渊,刘荣华,曾艺. 纤维增韧高性能混凝土的试验研究. 混凝土与水泥制品,1998(3):19

Application of polypropylene fiber in concrete

Jin Guoqin

(Jinshan Petrochemical Construction Company, Shanghai 200540)

Abstract

Concrete has several disadvantages: easy to crack, to leak, and to break, however, doping of polypropylene fiber in concrete can substantially improve such situation. This paper introduces the theory, the process and the application of polypropylene fiber doped in concrete.

Key words: polypropylene fiber, reinforce, concrete, crazing-resistance, anti-leakage, toughness-enhancing, construction

.....

下期要目

| | |
|------------------------------|------|
| PAN 原丝微观特征对碳纤维结构与性能的影响 | 王延相等 |
| 差别化腈纶的功用 | 唐振波等 |
| 涤纶短纤维大容量中心环吹风纺丝工艺探讨 | 顾晏晔 |
| PTA 气送槽的疲劳分析及优化 | 朱劲峰 |
| 近红外光谱法在调和汽油控制分析中的应用 | 张金华等 |
| 齿轮箱共振故障的测试与分析 | 黄海鹰 |
| 减压转油线大处理量扩容改造实例分析 | 史习庆 |
| 改性白土用于芳烃抽提装置甲苯的精制试验 | 张彩娟 |