

## 聚丙烯纤维控制砂浆塑性收缩裂缝的研究

鞠丽艳, 张 雄

(同济大学, 上海 200092)

[摘要] 研究不同品种、掺量、长度的聚丙烯纤维对砂浆早期塑性收缩裂缝的影响。

[关键词] 砂浆; 聚丙烯纤维; 塑性收缩裂缝; 研究

[中图分类号] TU528.572

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2003)04-0018-02

Study of Polypropylene Fiber to Control Plastic Shrinkage  
Crack of Mortar

JU Li-yan, ZHANG Xiong

(Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Authors studied the influence of different kinds, quantity and length of polypropylene fiber on early stage plastic shrinkage crack of mortar.**Key words:** mortar; polypropylene fiber; plastic shrinkage crack; study

聚丙烯纤维以其质优(良好的抗裂性、韧性和抗疲劳性能等)、价廉引起工程界的关注,目前应用最多的是聚丙烯纤维混凝土。本文介绍了国产与进口聚丙烯纤维对砂浆塑性收缩裂缝的控制效果,及其品种、掺量对塑性收缩裂缝的影响。

## 1 原材料

- (1)水泥 海螺牌 42.5 级普通硅酸盐水泥。  
(2)砂 中砂,细度模数 2.6,表观密度 2600kg/m<sup>3</sup>。  
(3)聚丙烯纤维 中国纺织研究院生产的 CTA Fiber (PF1)和 Brazil Fully Strong Ltd.生产的 CrackStop Fiber(PF2) 2 种纤维,其性能如表 1 所示。

表 1 聚丙烯纤维性能

品种类型	吸水 性	密度/ (g/m <sup>3</sup> )	长度/ mm	熔点/ ℃	导热 性	抗酸 碱能 力	抗拉 强度/ MPa	杨氏弹 性模量/ GPa	搅拌 时间/ min
PF1 束状 单丝	无	0.91	3,5, 8,15	约 160	极低	极高	> 500	> 3.5	4
PF2 单丝	无	0.90	6,12	165	低	高	—	2.2	4~5

## 2 试验原理

大体积、大面积混凝土和砂浆在浇注成型 1h 后,表面在材料硬化前往往会失水收缩引起拉应力,产生不可恢复的塑性收缩裂缝。原因是由于砂浆表面水的蒸发速率超过内泌水渗透到表面的速率,以及砂浆的早期抗拉强度达不到砂浆收缩所产生的应力造成的。

在砂浆原材料和配合比一定时,水分蒸发是使

砂浆产生塑性收缩裂缝的最主要原因。砂浆表面的水分蒸发速率可按下式计算:

$$E = 0.313(e_{\infty} - re_{sa})(0.553 + 0.06V) \quad (1)$$

式中:  $E$ ——水分蒸发速率;

$e_{\infty}, e_{sa}$ ——分别为砂浆表面、空气蒸汽压;

$r$ ——相对湿度;

$V$ ——风速。

其中,  $e_{\infty}, e_{sa}$  均由下式确定:

$$e_{\infty}(e_{sa}) = 0.61 \exp \frac{17.3T}{273.3 + T} \quad (2)$$

式中,当计算  $e_{\infty}$  时,  $T$  为砂浆表面温度;当计算  $e_{sa}$  时,  $T$  为当时的平均气温。

除水分蒸发外,塑性收缩裂缝还与如下一些因素有关:①砂浆强度 含较高比例水泥的砂浆、高强度砂浆有较低的泌水率;②试件厚度 较厚试件中有较多的固相沉降,相应的有更多的可泌水;③砂细度模数 中砂最易使砂浆出现塑性收缩裂缝;④水灰比 Ravina 和 Shaion 认为水灰比为 0.70 或 0.50 时,塑性收缩裂缝最多, Wittman 则认为水灰比为 0.52 时,塑性收缩裂缝最多;⑤外加剂。

## 3 试验方法

砂浆试板尺寸为 610mm × 914mm × 19mm, 试模

[收稿日期] 2002-08-22; [修订日期] 2003-02-20

[作者简介] 鞠丽艳(1978—),女,黑龙江哈尔滨人,同济大学混凝土材料研究国家重点实验室在读博士研究生,上海市四平路 1239 号 200092,电话:(021)65983465

为木模,底部铺设塑料薄膜,周边围以 874mm × 570mm 的  $\phi 8$ mm 圆钢框,产生约束力。用风扇和碘弧灯控制水分蒸发速率。控制砂浆表面风速 5 ~ 7m/s。烘烤热源 1000W 太阳灯,距砂浆试样表面 1.0m。裂缝的宽度和长度 24h 后测定。

实验中将收缩裂缝按宽度分为大、中、小和极细 4 个等级,裂缝宽度与权重的关系如表 2 所示。

表 2 裂缝宽度与权重

裂缝宽度 $d$ /mm	大( $>3$ )	中( $3 > d > 2$ )	小( $2 > d > 1$ )	极细( $<1$ )
权重	3	2	1	0.5

每一权重乘以相应的裂缝长度之和即为该试件的塑性收缩裂缝总量,为客观比较,以每一组试件的素砂浆的塑性收缩裂缝总量为基准,定义值为 100%,以相同条件下纤维砂浆试件的塑性收缩裂缝总量占其的百分比,定义为砂浆的抗裂指数比,作为衡量聚丙烯纤维对砂浆塑性收缩裂缝控制效果的指标,用同样方法定义砂浆的最大裂缝宽度指数比。

砂浆配合比为水泥:砂:水 = 1.0:1.5:0.5。聚丙烯纤维(PF)的掺量按砂浆的体积百分数计算分别为 0、0.05%、0.10%、0.15%。

## 4 试验结果分析

### 4.1 裂缝分析

试验中发现第 1 条裂缝在砂浆浇注后 1h 左右产生,加入聚丙烯纤维能稍延砂浆的第 1 条裂缝的产生。素砂浆和聚丙烯纤维砂浆的失水在浇注后约 6h 基本恒定,失水速率较开始降低 1 个数量级,裂缝发展也基本稳定。纤维砂浆试件表面的塑性收缩裂缝是多发性的,分布广而细微;而素砂浆的裂缝比较宽,而且往往比较长。在相同条件下,聚丙烯纤维砂浆的裂缝宽度比素砂浆的裂缝宽度小。

聚丙烯纤维在低含量范围内即可有效控制砂浆塑性收缩裂缝的产生、扩展,降低裂缝宽度和长度。

### 4.2 纤维品种和掺量对塑性收缩裂缝的影响

试验结果如图 1、2 所示。

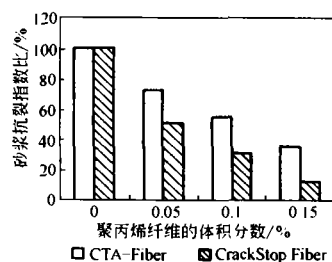


图 1 纤维品种及掺量对塑性收缩裂缝的影响

图 1、2 表明在砂浆中掺有 0.10% 的 CTA-Fiber

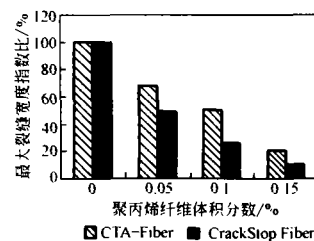


图 2 纤维品种及掺量对收缩裂缝最大宽度的影响

聚丙烯纤维时,砂浆的抗裂指数比和最大裂缝宽度比均可降低 50% 左右,而 CrackStop Fiber 聚丙烯纤维体积分数为 0.05% 时,可以达到同样的效果。

### 4.3 纤维长度对塑性收缩裂缝的影响(见图 3)

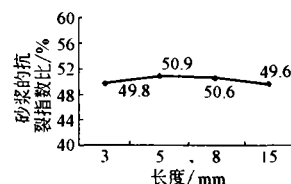


图 3 纤维长度对塑性收缩裂缝的影响

在 CTA-Fiber 的体积分数为 0.10% 时,其长度变化对砂浆早期塑性收缩裂缝影响不明显。

## 5 结论

(1) 聚丙烯纤维能有效控制砂浆的早期塑性收缩裂缝的产生、发展,降低裂缝的宽度和长度。

(2) 聚丙烯纤维对砂浆的塑性收缩裂缝控制最主要影响因素是纤维掺量。纤维体积分数为 0.10% 的 CTA-Fiber 纤维可降低砂浆抗裂指数比和砂浆最大收缩裂缝宽度比 50% 左右。

(3) 聚丙烯纤维长度变化对砂浆的收缩裂缝宽度和长度影响不十分明显。

(4) 实际工程应用中应综合考虑聚丙烯纤维的使用效果和成本,根据具体情况选择合适的品种。

### 参考文献:

- [1] Paul J. Uno. Plastic Shrinkage Cracking and Evaporation Formula [J]. ACI Materials Journal, 1998, 95, (4): 365 - 375.
- [2] P. P. Kraai. A Proposed Test to Determine the Cracking Potential Due to Drying Shrinkage of Concrete [J]. Construction, 1985, 775 - 778.
- [3] Parviz Soroushian and Siavosh Ravanbakhs. Control of Plastic Shrinkage Cracking with Speciality Cellulose Fibers [J]. ACI Materials Journal, 1998, 95, (4): 429 - 435.
- [4] Miroslaw G. Surendra P S. Shrinkage Cracking of Fiber Reinforced Concrete [J]. ACI Materials Journal, 1990, 87, (2): 138 - 148.
- [5] 马一平, 谈慕华. 聚丙烯纤维对水泥基复合材料物理力学性能研究(I)—抗塑性干缩开裂性能[J]. 建筑材料学报, 2000, 3, (1): 48 - 53.
- [6] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.