

# Y形聚丙烯纤维体积分数、环境温度、湿度对水泥砂浆塑性干缩开裂影响的三元线性回归分析\*

马一平 谈慕华 吴科如

黄文光

(同济大学材料研究国家重点实验室 200092)(厦门市第二市政工程公司)

**摘要:**采用Y形聚丙烯纤维研究了纤维体积分数、环境温度、湿度对水泥砂浆塑性干缩开裂性能的影响。结果表明,在本实验条件下,纤维体积分数、环境温度、湿度与水泥砂浆塑性干缩开裂总权重值之间符合三元线性回归方程,且三个因素的显著性水平依次为纤维体积分数>环境温度>相对湿度。

**关键词:**Y形聚丙烯纤维 塑性干缩开裂 纤维体积分数 温度 湿度 三元线性回归

## 0 前言

混凝土材料在本世纪仍将是人类使用得最广泛的人造建筑材料,针对其存在的缺陷与不足,人们开展了深入的研究。其中对其硬化前的塑性干缩开裂现象国内外均开展了大量的研究<sup>[1-3]</sup>。研究表明,在水泥混凝土材料中掺加少量的纤维材料可有效地减少其塑性干缩裂缝,且不同品种纤维及不同截面形状纤维的作用效果有较明显的差别<sup>[4,5]</sup>。考虑到环境温度、湿度也是影响塑性干缩开裂的重要因素,但此方面的资料报道较少,我们采用Y形聚丙烯纤维研究了纤维体积分数和环境温度、湿度共同作用下水泥砂浆的塑性干缩开裂情况,并对其共同作用进行了三元线性回归分析,以期对实际施工有所裨益。

## 1 实验

### 1.1 实验原材料

水泥采用湖州产425#普通硅酸盐水泥,砂为中砂;聚丙烯纤维采用东华大学提供的Y形断面聚丙烯拉丝纤维(以下简称Y形纤维)。Y形聚丙烯纤维的外观形貌示于图1,其等效直径约为85 $\mu$ m,长度为15mm左右。表1为Y形聚丙烯纤维的物理力学性能。

### 1.2 塑性干缩开裂实验方法

塑性干缩开裂实验采用914mm $\times$ 610mm $\times$ 19mm的木模,用砂浆搅拌机按水泥:砂:水=1:1.5:0.5(质量比)的配比搅拌约3min,拌和料浇注后自动流满整个模具,刮平试件表面后打开位于试模长边的风速约为5m/s的电风扇,并开启位于试模上方约1.5m处的1000W碘钨灯进行塑性干缩实验。实验时的温度、湿度采用干湿球温度计测定。试件光照4h后关灯,风吹

24h后关闭电风扇,采用自制3mm、2mm和1mm塞尺测量裂缝宽度,按裂缝宽度分段测量裂缝长度 $l_i$ ,以文献[3]列出的裂缝宽度权值 $A_i$ ,按式(1)计算塑性干缩开裂总权重值 $W$ (以cm计)。

$$W = \sum A_i \cdot l_i \quad (1)$$



图1 Y形聚丙烯纤维的外观形貌

表1 Y形聚丙烯纤维的物理力学性能

密度 (g/cm <sup>3</sup> )	抗拉强度(MPa)		延伸率 (%)	弹性模量 (GPa)	熔点 ( $^{\circ}$ C)
	干	湿			
0.9	400	400	8	8	165

## 2 实验结果及讨论

采用Y形聚丙烯纤维,在不同环境温度、湿度条件下,研究测定了不同体积掺量聚丙烯纤维水泥砂浆的塑性干缩开裂总权重值,实验结果示于图2。

由图2可见,在其他实验条件相同的情况下,水泥砂浆的塑性干缩开裂总权重值同时受纤维体积分数、环境温度、湿度的作用和影响。为找出以上三因素对水泥砂浆塑性干缩开裂总权重值的作用和影响规律,笔者采用三元线性回归分析方法对以上数据进行处理,以下简述其主要步骤和过程。

\*上海市教育委员会重点学科研究项目

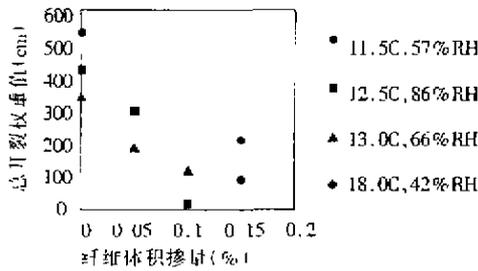


图2 Y形聚丙烯纤维体积分数、环境温度、湿度对水泥砂浆塑性干缩开裂总权重值的影响

首先设变量  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  分别代表纤维体积分数、环境温度、湿度,  $W$  代表塑性干缩开裂总权重值; 进而假设三元线性回归方程如式(2):

$$W = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (2)$$

列出回归系数矩阵:

$$\begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{1W} \\ L_{2W} \\ L_{3W} \end{pmatrix} \quad (3)$$

其中各元素计算值如下:

$$\begin{aligned} L_{11} &= 0.003 & L_{12} &= 2.5 \times 10^{-6} \\ L_{13} &= -3.975 \times 10^{-4} & L_{1W} &= 144.3 \\ L_{21} &= 27.5 & L_{22} &= 0.03 \\ L_{23} &= -1.4325 & L_{2W} &= -0.43115 \\ L_{31} &= -1.4325 & L_{32} &= -3.975 \times 10^{-4} \\ L_{33} &= 0.1765875 & L_{3W} &= 30.3445 \end{aligned}$$

按参考文献[6]可计算出式(2)中各元系数, 从而得出具体的回归方程如下:

$$W = 69.53 - 223055.99 x_1 + 31.57 x_2 - 156.38 x_3 \quad (4)$$

该回归方程的全相关系数为 0.86, 说明塑性干缩开裂总权重值与纤维体积分数、环境温度、湿度之间基本符合三元线性回归关系。

据文献[7]介绍的理论: 在多元线性回归方程中若某因素的显著性因子  $t$  值大于 1, 表示该因素对目标值

有一定影响; 若  $t$  值大于 2, 可认为该因素是重要因素; 若  $t$  值小于 1, 则可认为该因素对目标值影响不大。现可计算出以上三因素相应的显著性因子分别为:  $t_1 = 3.41$ ;  $t_2 = 1.04$ ;  $t_3 = 0.52$ 。由此可见  $t_1 > t_2 > t_3$ , 故影响塑性干缩开裂总权重值三因素的重要性次序为: 纤维体积分数 ( $x_1$ ) > 环境温度 ( $x_2$ ) > 环境湿度 ( $x_3$ )。另从  $t_1 > 2, t_2 > 1, t_3 < 1$ , 依据以上理论可知纤维体积分数为影响塑性干缩开裂总权重值的重要因素, 环境温度对塑性干缩开裂总权重值有一定影响, 而环境湿度对塑性干缩开裂总权重值的影响相对不大。

### 3 结论

(1) 在本实验条件下, 水泥砂浆塑性干缩开裂总权重值与 Y 形聚丙烯纤维体积分数、环境温度、湿度之间符合三元线性回归方程关系。

(2) 在本实验条件下, 以上三因素对水泥砂浆塑性干缩开裂总权重值影响的显著性水平依次为纤维体积分数 > 环境温度 > 相对湿度。

#### 参考文献

- [1] Nemkumar Banthia and Cheng Yan, Shrinkage Cracking in Polyolefin Fiber - Reinforced Concrete, ACI MATERIALS JOURNAL, July - August 2000, V. 97, NO. 4
- [2] Miroslaw Grzybowski and Surendra P. Shah, Shrinkage Cracking of Fibre Reinforced Concrete, ACI MATERIALS JOURNAL, March - April 1990, V. 87 NO. 2
- [3] 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, 《建筑材料学报》, 2000年第1期
- [4] Yiping Ma, Muhua Tan and Keru Wu, Effect of Synthetic Fibres on Plastic Shrinkage Cracking of Cement Matrix Materials, Third Asia Symposium on Polymer in Concrete, Nov. 2000, Shanghai
- [5] 马一平, 谈慕华, 吴科如, 聚丙烯纤维几何形态对水泥砂浆塑性干缩开裂性能的影响, 《混凝土与水泥制品》, 2001年第2期
- [6] Peggy Tang Strait, A First Course in Probability and Statistics with Applications, Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1983
- [7] 蔡正冰, 王足献, 正交设计在混凝土中的应用, 中国建筑工业出版社, 1985

## XA - 1 彩色路面砖光亮剂

本品系采用密胺、甲醛等为基料的粘稠高分子树脂聚合物液体, 是彩色路面砖生产中不可缺少的重要原料, 掺量方面料水泥用量的 4~5%。本品对彩砖具有增亮、致密、固色、耐磨等优点。同时还能增强彩砖的抗压性和抗折性, 增加了砖的使用年限。

产品性能: ①无色或微黄色液体; ②粘度 ( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) 30~45; ③固体含量 (%)  $38 \pm 2$ ; ④比重约为 1.2。

欢迎各界朋友来函、来电、来厂参观洽谈, 共同发展, 互惠互利。该技术可转让。

同时我厂还提供路面砖生产专用塑料模具, 氧化铁系高级颜料, 生产配方及技术, 并为用户解决制砖过程中的泛白、粘模崩角等诸多问题。

供货单位: 黑龙江省勃利县太平彩砖光亮剂厂

业务地址: 勃利镇太平水磨石加工厂 邮编: 154500 电话: 0464-8529271 联系人: 张波

生产地址: 勃利县太平路 37 号 开户行: 建行勃利支行 帐号: 265004367