

2000 (11)

①

总 322 期第 11 期

《水运工程》

Total 322 No. 11

2000 年 11 月

Port & Waterway Engineering

Nov., 2000

· 综合 ·

掺聚丙烯纤维控制混凝土塑性收缩裂缝的研究

1-3

黄源江¹、张宝兰¹、方 晖²

TU377.94

(1. 中港第四航务工程局科研所, 广东 广州 510230; 2. 广州市第四建筑公司, 广东 广州 510030)

摘 要: 介绍国产聚丙烯纤维与进口聚丙烯纤维对混凝土塑性收缩裂缝的控制效果, 以及聚丙烯纤维品种、掺量对塑性裂缝及漏水量的影响。

关键词: 聚丙烯纤维; 混凝土; 塑性收缩裂缝; 裂缝漏水量; 研究 掺量

中图分类号: TU311.94 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4972(2000)11-0001-03

On Controlling Concrete Plastic Shrinkage Crack by Mixing Polypropylene Fibers

HUANG Yuan-jiang¹, ZHANG Bao-lan¹, FANG Hui²

(1. Scientific Research Institute under the Fourth Harbour Engineering Bureau, Guangzhou 510230;

2. The Fourth Building Company, Guangzhou 510230, China)

Abstract: The controlling effects of homemade polypropylene fibers and imported polypropylene fibers on concrete plastic shrinkage crack were compared, and the influences of fiber types and fiber contents on crack and water leakage were investigated.

Key words: polypropylene fibers; concrete; plastic shrinkage crack; leaked water through crack; study

在混凝土中掺入纤维后能有效减少混凝土的塑性收缩裂缝, 以前所研究纤维多限于钢纤维、碳纤维、玻璃纤维等种类, 关于聚丙烯纤维的研究很少。然而聚丙烯纤维具有成本低、施工简单等优点, 国外已应用于工程中。目前我国已有用于混凝土中的该类产品, 为今后在工程中应用创造了必要条件。本文介绍对国产与进口聚丙烯纤维对混凝土塑性收缩裂缝的控制效果, 及其品种、掺量对塑性收缩裂缝及漏水量的影响。

1 原材料及试验

1.1 原材料

水泥: 金羊牌 525 号普通硅酸盐水泥, 广州水泥厂生产;

砂: 中粗砂, 细度模数为 2.96, 表观密度是 2 650kg/m³;

聚丙烯纤维: 其性能见表 1。

1.2 试验原理

塑性收缩发生在新拌混凝土成型之后的最初几小时内, 此时, 混凝土还处于塑性阶段。一般认为其发生的原因是由于混凝土内的水份迁移至混凝土表面所致。造成水份迁移的主要因素是混凝土表面的水份蒸发。一旦混凝土表面水份的蒸发速率大于其内部的水分迁移速度, 塑性收缩裂缝开始出现。

在混凝土配合比和原材料一定时, 水份蒸发是使混凝土产生塑性收缩裂缝的最主要原因。据 Paul J. Uno^[1], 混凝土表面的水份蒸发速率可按下

收稿日期: 2000-04-06

作者简介: 黄源江(1975-), 男(白族), 湖南长沙人, 助理工程师, 从事无机非金属材料专业。

表 1 聚丙烯纤维性能一览表

项 目	产品	张家港纤维 XW1x	美国杜拉纤维 XW2x	美国纤维网 XW3x
产品类型		单丝纤维	束状单丝纤维	纤维网
吸水性		无	无	无
比重 g/cm ³		0.90	0.91	0.91
纤维长度(mm)		15	19	20
熔点(℃)			165	160~170
导热性		低	低	低
抗酸、碱腐蚀能力		高	高	高
抗拉强度(MPa)			276	560~770
扬氏弹性模量(MPa)			3 793	3 500
搅拌时间(min)		4	4~5	4~5
价格(元/kg)		约 30	83~85	19.78 美元/kg

式计算(按国际单位):

$$E = 0.313(e_{s0} - e_{sa})(0.253 + 0.06V) \quad (1)$$

式中: E—水份蒸发速率;

e_{s0} —混凝土表面蒸气压;

e_{sa} —空气的蒸气压;

r —相对湿度;

V—风速。

其中, e_{s0} , e_{sa} 均由下式确定:

$$e_s = 0.61 \exp \frac{17.3T}{237.3 + T} \quad (2)$$

式中: e_s —蒸气压;

T—温度。

从式(1)、式(2)可知,水份蒸发速率与风速、温度、相对湿度有关,其中风速是最主要因素^[1]。

除水份蒸发速率外,塑性收缩裂缝还与其它

一些因素有关^[1]:

(1) 混凝土强度。含较高比例水泥的高强混凝土有较低的泌水率。

(2) 试件厚度。较厚的试件中有较多的固相沉降,相应的有更多的可泌水。

(3) 集料含量。集料的增加会使固相的沉降增大,且粗集料刚度较大,不易产生弹性压缩变形。

(4) 水灰比: Ravina 和 Shaion 认为水灰比为 0.70 或 0.50 时,塑性裂缝最多, Wittman 则认为水灰比为 0.52 时,塑性裂缝最多。

(5) 外加剂。

1.3 试验方法

根据塑性收缩的影响因素,试验作如下调整:

(1) 扩大水份蒸发量。在选择好一定的温度、湿度后,增加风速;增加试件暴露面积。

(2) 减薄试件厚度。

(3) 不使用粗集料。

(4) 水灰比: 设定为 0.50。

(5) 使水份仅从试件上表面蒸发。

根据以上的调整,再参照 P. R. Kraai 提出的测定混凝土塑性收缩裂缝的试验方法进行试验^[2]。

2 试验结果分析

试验结束时,看到塑性收缩裂缝在试件表面呈随机分布。裂缝宽度及长度统计结果见表 2。

根据调查资料,由裂缝引起的各种不利后果中,渗漏水占 60%^[3],因此本试验主要考察裂缝

表 2 塑性裂缝的宽度和长度

长度 (mm)	编号													
		空白	XW11	XW12	XW13	XW14	XW21	XW22	XW23	XW24	XW31	XW32	XW33	XW34
1		1 530	-	1 415	1 325	1 395	0	480	2 305	605	460	835	1 375	195
2		3 765	-	1 330	860	340	1 845	1 180	0	1 100	1 290	2 465	1 575	1 235
3		0	-	1 230	0	1 000	400	255	510	0	330	295	800	920
4		925	-	200	600	0	450	380	0	0	210	100	100	100
5		0	-	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0
6		0	-	10	10	0	0	0	0	10	10	10	10	0
8		0	-	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0

漏水量 (water flow rate)^[4]。据松下的研究成果^[3], 裂缝漏水量可按下式计算:

$$Q = \frac{Ca^3\rho gL}{12\eta} \quad (3)$$

式中: Q—裂缝漏水量;

a—裂缝宽度;

L—裂缝长度;

C, η , ρ , g—分别为经验常数、液体粘度、液体密度、重力加速度, 本试验中均认为是常数。

由式(3)可知, 裂缝漏水量与裂缝宽度的三次方成正比, 与长度的一次方成正比。据此, 按表 2 的数据, 以空白试件的裂缝漏水量为基准, 按比例得各组试件的相对裂缝漏水量见图 1。

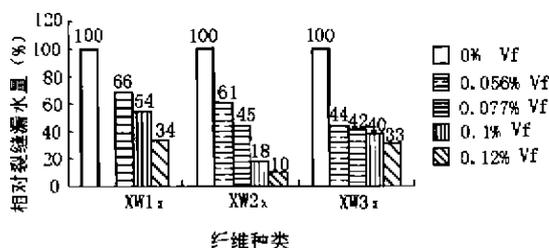


图 1 不同种纤维及不同掺量时的相对裂缝漏水量

从图 1 可见, 掺纤维各组试件的裂缝漏水量均比空白试件裂缝漏水量低, 减少量最低为 34%, 最高达 90%, 且各组的裂缝漏水量均随纤维掺量的增大而减小。说明掺加纤维后能有效控制塑性收缩裂缝的危害, 主要是由于掺加纤维后裂缝宽度减小 (因裂缝漏水量与裂缝宽度的三次方成正比)。裂缝宽度减小的原因主要有两方面: 首先, 纤维加入水泥浆后受周围水泥浆的裹握, 待浆体硬化后, 与水泥石相互间产生了粘结强度, 当水泥石开裂时, 纤维就承受了一部分拉力, 从而减小了裂缝宽度; 其次, 由于纤维的加入, 增加了水泥浆体混合物中固相的内表面积, 使泌水率减少^[1], 相应降低了毛细孔张力, 减少了裂缝及其宽度。

从图 1 还可见, 3 种纤维对裂缝的控制效果不同。掺单丝纤维 (张家港纤维和美国杜拉纤维) 的试件, 其裂缝漏水量随纤维掺量增大有明显的减少, 而掺纤维网 (美国纤维网) 的试件在纤维掺量增大时, 裂缝漏水量只有少量的减少。裂缝漏水量最小的是掺 0.12% 的美国杜拉纤维试件。造成此现象的原因可能是 3 种纤维各自不同的长度及

彼此亲水性的差异。较长的纤维对裂缝的控制更好, 这与参考文献[5]中的看法一致。

综合考虑使用效果及使用成本, 以纤维掺量同为 0.12% 为例, 抗裂效果最好的美国杜拉纤维比张家港纤维的相对裂缝漏水量多减少 24%, 但价格上要高近 3 倍, 而美国纤维网与张家港纤维效果差不多, 价格却是后者的 5~6 倍。因此, 在工程中完全可以考虑采用国产的纤维。

3 结论

(1) 混凝土中掺入纤维能有效地控制塑性收缩裂缝的宽度, 从而控制了裂缝的渗漏水。

(2) 在一定的掺量范围内, 裂缝漏水量随纤维掺量的增加而减小; 单丝纤维控制塑性裂缝的效果优于纤维网。

(3) 美国杜拉纤维对裂缝的控制最有效, 当掺量为 0.12% (体积百分比) 时, 其裂缝漏水量相对于空白试件减少 90%。

(4) 聚丙烯纤维是憎水性的, 在水泥浆中较难分散, 施工时应搅拌均匀, 避免纤维成团。

(5) 工程中应用聚丙烯纤维时应综合考虑使用效果和成本, 在满足施工技术要求的情况下可采用国产纤维。

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 Kest to Determine the Cracking Potential Due to Drying Shrinkage of Concrete[J]. Construction, 1985. 775 - 778.
- [3] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [4] Yun Mook Lim, Hwai - Chung Wu and Victor C. Li. Development of Flexural Composite Properties and Dry Shrinkage Behavior of High - performance Fiber Reinforced Cementitious Composites at Early Ages[J]. ACI Materials Journal, 1999, 96(1): 20 - 26.
- [5] Parviz Soroushian and Siavosh Ravanbakhs. Control of Plastic Shrinkage Cracking with Speciality Cellulose Fibers[J]. ACI Materials Journal, 1998, 95(4): 429 - 435.