

文章编号:1000-1697(2000)03-0195-04

聚丙烯纤维混凝土和砂浆的塑性收缩试验研究

戴建国¹, 刘明², 黄承逵¹

TU377.90

195-198

(1. 大连理工大学, 辽宁 沈阳 116023; 2. 沈阳建筑工程学院, 辽宁 沈阳 110015)

摘要:通过聚丙烯纤维混凝土和砂浆早期塑性收缩性能试验,研究不同含量、不同长度的聚丙烯纤维对混凝土和砂浆早期塑性收缩性能的影响。试验结果表明,短切乱向分布的聚丙烯纤维掺入混凝土和砂浆后,可以减少混凝土和砂浆浇筑后的水分散失,并有效控制混凝土和砂浆早期塑性收缩裂缝的发生,是提高混凝土和砂浆耐久性的有效途径之一。

关键词:聚丙烯纤维混凝土;聚丙烯纤维砂浆;塑性收缩;收缩裂缝

中图分类号:TU 377.9

文献标识码:A

大体积、大面积混凝土或砂浆在浇注后,表面在材料硬化前往往会失水收缩引起拉应力,因而产生不可恢复的塑性收缩裂缝,这是由于混凝土或砂浆表面水的蒸发速率超过内部水渗透到表面的速率,以及混凝土的早期抗拉强度达不到混凝土收缩所产生的应力造成的。实际施工中,混凝土或砂浆浇注后,暴露在低湿度大气中,首先出现浅层均裂,这种均裂可能从几厘米延伸到几米,而且还逐渐变深、变宽,造成构筑物在使用前就产生非结构性损坏,严重影响混凝土和砂浆的耐久性。特别是在桥面、机场、路面和港口工程中比较显著。本文对聚丙烯纤维混凝土、砂浆的早期塑性收缩性能进行了试验研究和理论分析。目的在于研究不同含量、不同长度的聚丙烯纤维对混凝土和砂浆早期塑性收缩性能的影响。

1 试验概况

1.1 试件设计

对四种聚丙烯纤维体积分数(0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.2%)的混凝土和砂浆的66个试件进行实验,并对不同长度(19 mm, 30 mm)的聚丙烯纤维的影响作了对比,每一聚丙烯纤维混凝土和砂浆试件均有同条件下的素混凝土和砂浆试件进行对比试验。

1.2 试件制作

试件采用的原材料为:中砂(含泥量质量分数在10%以下,不控制含泥量,主要是人为诱导裂

缝的发生和开展)、水泥(大连第一水泥厂425#普通硅酸盐水泥)、石子(最大粒径为20 mm)、纤维(韩国“Super Strong”株式会社生产的“Super Strong”聚丙烯纤维)。混凝土的试验质量配合比:水泥/水/石子/砂=1/0.48/2.06/2.5;砂浆配合比:水泥/砂=1/1.7。制作过程如下:

(1)加入砂、石子和1/3水,于强制搅拌机中搅拌3 min左右;

(2)加入水泥和剩余的水,搅拌3 min以上,使混凝土或砂浆有充分塑性,以便纤维充分疏散;

(3)慢慢洒入纤维,纤维在洒入过程中不要沾附在搅拌容器壁上;

(4)洒入纤维后,搅拌机继续搅拌3~5 min,使纤维得以进一步疏散于基体中;

(5)搅拌后将拌和料入模,放在振动台上振动5 min左右,等到试件表面出现薄薄一层水时,用抹刀来回沿一个方向抹平试件表面即可。

1.3 试验方法

试验时主要测定水分散失率、试件裂缝宽度、试件裂缝面积。试验设计参考了Parviz Soroushian等^[1]以及韩国汉城大学所采用的试验方法。试验模型如图1所示。

(1)水分散失率:试验过程中,每隔3 h左右测试一次水分散失情况。为了让混凝土和砂浆尽快失水产生裂缝,每个试件均采用了排风扇强制干燥,排风扇风量为15 m³/min,在空气湿度为

收稿日期:2000-04-12

基金项目:国家自然科学基金项目(59879001)

作者简介:戴建国(1974-),男,博士研究生。

(50 ± 5)%, 温度为(23 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 的条件下, 试件浇注完毕30 min后开始强制干燥. 为比较混凝土和聚丙烯纤维混凝土、砂浆表面和聚丙烯砂表面以及自由水面失水率之间的关系, 每一个试件均配置

两个容器, 一个容器内装水, 一个容器内装混凝土、砂浆或纤维混凝土、砂浆, 两者保持相同的蒸发面积, 然后用天平定期称量容器重量, 对比其水分散失速度.

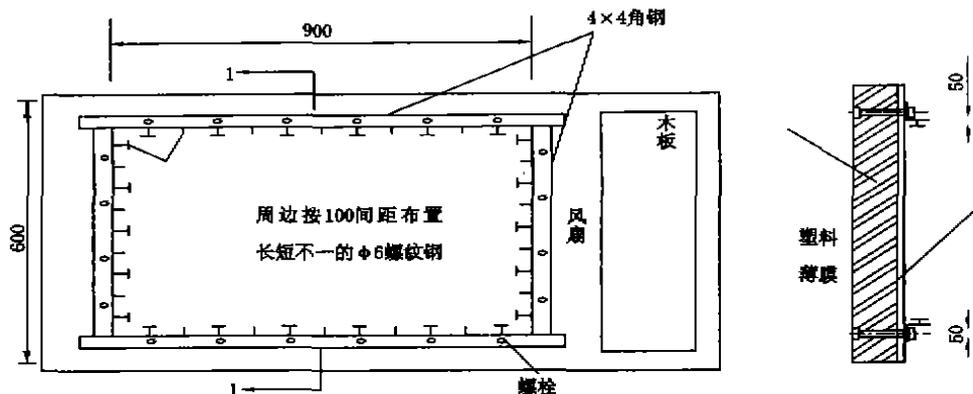


图1 试验设计模型示意图

(2) 裂缝宽度、长度: 试验过程中, 连续观察裂缝开展情况, 试件浇筑24 h后用读数显微镜测试试件裂缝宽度、裂缝长度, 裂缝宽度在0.1 mm以上的点读3个数值, 然后取其平均值, 缝宽0.1 mm以下的点读一个数值.

(3) 裂缝面积: 依据实测的裂缝宽度、裂缝长度按下式计算裂缝面积:

$$\text{裂缝面积} = \sum \text{裂缝长度} \times \text{平均裂缝宽度}$$

2 试验结果及分析

2.1 裂缝分布

试验中发现: 第一条裂缝在混凝土或砂浆浇注后1.5 h左右产生, 加入的聚丙烯纤维能稍延缓混凝土及砂浆的第一条裂缝的产生. 素混凝土、砂浆和纤维混凝土、砂浆的失水在试件浇注后约7 h后基本恒定, 失水速率较开始降低一个数量级, 裂缝发展也基本稳定. 纤维混凝土试件表面的塑性收缩裂缝是多发型的, 分布广而细微; 而素混凝土的裂缝比较宽, 而且往往比较长. 无论是纤维混凝土还是纤维砂浆, 观察测得的裂缝宽度均比同条件下的素混凝土及砂浆要小得多. 图2(a)和(b)分别为素砂浆和纤维砂浆的裂缝对比图片.

显然, 聚丙烯纤维在低含量范围内即可有效控制混凝土和砂浆的塑性收缩裂缝的发生、降低裂缝宽度、减少裂缝面积以及控制裂缝产生后的进一步扩展.

2.2 聚丙烯纤维含量对混凝土及砂浆的早期塑性收缩性能的影响

由于所有试件不是在完全同一的条件下进行

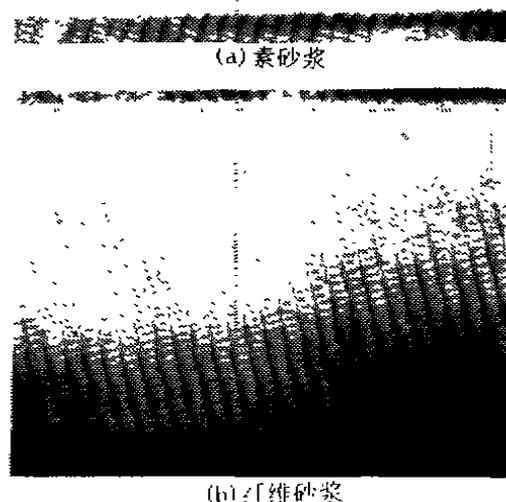


图2 试件浇注24 h后裂缝分布

试验, 为客观比较, 以每一组试件的素混凝土和砂浆的裂缝面积为基准, 定义值为100%, 以相同条件下纤维混凝土和砂浆试件的裂缝面积占其的百分比, 作为衡量纤维对混凝土和砂浆均裂控制效果的指标. 对于每个试件的最大裂缝宽度以及失水率对比, 也是采取相同的方法. 对比的结果见图3.

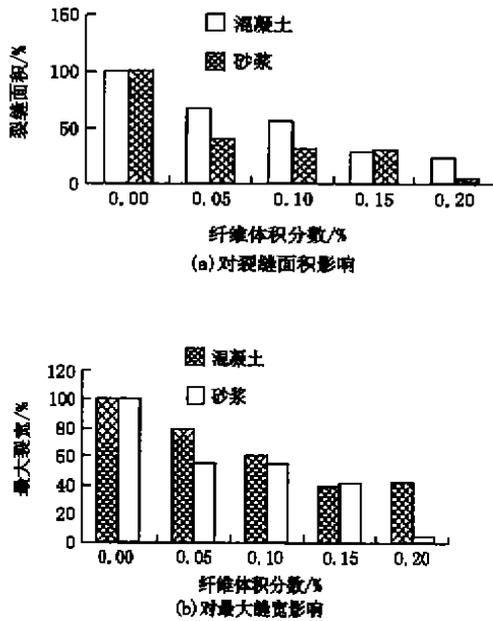


图 3 聚丙烯纤维含量对混凝土及砂浆的早期塑性收缩性能的影响

图 3 表明:混凝土中掺有 0.1% (体积分数) 的聚丙烯纤维时,收缩裂缝面积和最大缝宽均可降低 40% 左右,对砂浆裂缝面积的控制的效果更好,纤维体积含量在 0.1% 时,早期塑性收缩裂缝面积可降低 45% 左右。

2.3 聚丙烯纤维长度对混凝土和砂浆均裂性能的影响

图 4 给出了聚丙烯纤维长度对混凝土和砂浆均裂性能的影响.对于混凝土试件,在聚丙烯纤维体积分数为 0.1% 时,长 30 mm 的纤维比长 19 mm 的纤维的均裂控制更好些,但改善幅度仅为 10% 左右,对于砂浆试件中纤维长度对均裂效果影响不明显。

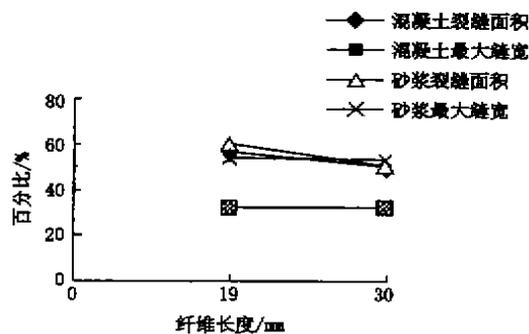


图 4 聚丙烯纤维长度对混凝土和砂浆均裂性能的影响

2.4 混凝土和砂浆裂缝面积、宽度、失水速率和纤维体积率的关系

聚丙烯纤维的加入改善了混凝土和砂浆的保水性能,减少了试件表面的水分蒸发率.聚丙烯纤维由于直径小、纤维长度较短、在混凝土中分散均匀,起到了象筛子一样的作用,抑制了混凝土和砂浆中的颗粒下沉,从而减少了混凝土和砂浆中水溢出而形成的毛细通道.混凝土和砂浆中这些毛细通道往往造成基体大量、快速失水,使混凝土和砂浆表面蒸发速度加快,加快了表面干燥进程而产生裂缝.聚丙烯纤维使水分蕴含于基体之中,延缓了裂缝的产生并控制裂缝的发展.本试验对不同纤维含量的混凝土和砂浆的水分蒸发率进行了测试.水分蒸发速率(假设自由水面蒸发速率为 100%)和裂缝宽度、裂缝面积的关系如图 5 所示.从图 5 可以看出:随纤维体积率的增高,混凝土及砂浆的失水速率降低,塑性收缩裂缝的面积、最大缝宽也随之降低。

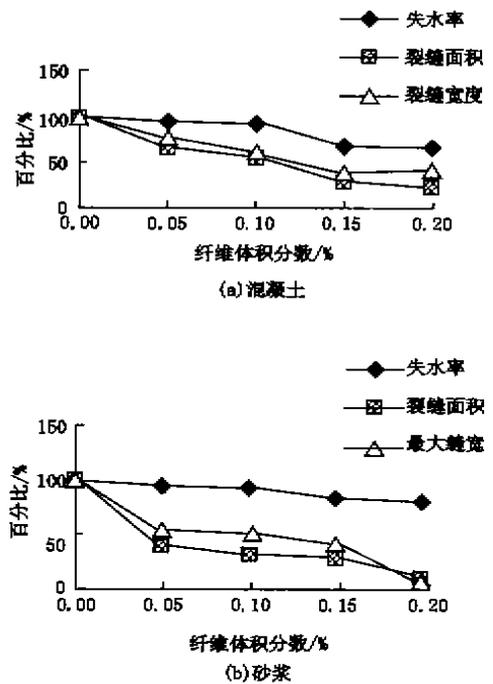


图 5 裂缝面积、宽度、失水速率和纤维体积率的关系

纤维长度的影响也可以由失水速率来解释,长 30 mm 的聚丙烯纤维混凝土、砂浆的失水率比长 19 mm 的聚丙烯纤维混凝土、砂浆分别降低了 5% 和 10% 左右,从而使长纤维比短纤维的抗裂效果好。

3 结论

(1) 低含量范围的聚丙烯纤维能有效控制混

凝土及砂浆的早期塑性收缩裂缝。

(2)聚丙烯纤维对混凝土和砂浆的裂缝控制最主要影响因素是纤维体积含量。0.1%体积分数的聚丙烯纤维可降低混凝土裂缝面积44%左右,降低砂浆裂缝面积约60%左右。

(3)聚丙烯纤维的掺入导致了混凝土和砂浆塑性收缩裂缝宽度的降低,并且变裂缝形态为多发型细微裂缝。0.1%体积分数的聚丙烯纤维可降低混凝土最大缝宽40%左右,降低砂浆最大缝宽约46%左右。

(4)聚丙烯纤维加入混凝土和砂浆后能对混凝土和砂浆的表面蒸发有抑制作用,纤维体积分

数为0.05%,0.1%,0.15%,0.2%时,表面水分蒸发速度分别降低了6%,8%,24%,20%。

(5)聚丙烯纤维长度对混凝土和砂浆的收缩裂缝面积和宽度有一定影响,在纤维体积分数为0.1%时,长度为30mm的纤维比长度为19mm的纤维对混凝土和砂浆的塑性收缩性能略有改善,但不十分明显。

参考文献:

- [1] Parviz Soroushian, Faiz Mirza & Abdurahman Alzoza-imy, Plastic shrinkage cracking of polypropylene fiber reinforced concrete[J]. *ACI Material Journal*, Vol. 92, No. 5, Sept.-Oct., 1995

Experimental research on the plastic shrinking behavior of polypropylene fiber reinforced concrete and mortar

Dai Jian-guo^[1](1. Dalian Uni. of Tech., Dalian, 116023, China)

Liu Ming^[2], Huang Cheng-kui^[1](2. Shenyang Arch. and Civ. Eng. Inst., Shenyang, 110015, China)

Received Apr. 12, 2000

Abstract: By the experimental research on early plastic shrinking behavior of polypropylene fiber reinforced concrete and mortar, this paper describes the effects of polypropylene fiber with different fiber fraction of volume and fiber length on concrete and mortar's plastic shrinking. The experiment shows that the addition of polypropylene fiber is useful for concrete or mortar to reduce their shrinkage crack area, maximum crack width and water loss rates efficiently.

Key words: polypropylene fiber reinforced concrete; polypropylene fiber mortar; early plastic shrinkage; shrinkage crack