

65-70

①

第7卷 第1期

石家庄铁道学院学报

Vol. 7 No. 1

1994年3月

JOURNAL OF SHIJIAZHUANG RAILWAY INSTITUTE

Mar. 1994

聚丙烯纤维增强水泥砂浆的弯曲性能试验

崔江余 王显耀 孙珏

TU28.58

(太原工业大学)

【摘要】对聚丙烯纤维增强水泥砂浆的弯曲性能进行了试验研究。结果表明,随着纤维含量的改变,初裂强度和弯曲强度及裂后延性均有很大改善;同时还研究了加载速率对该复合材料性能的影响,发现随着加载速率的增加,抗弯强度有所改善,初裂强度和弯曲强度均有不同程度的提高。

【关键词】水泥砂浆;聚丙烯纤维束;复合材料;初裂强度;阻裂;载荷速率

弯曲性能

1 引言

研究表明,将纤维掺入水泥砂浆中,能有效的提高水泥砂浆的韧性,这些性能的提高,与纤维在水泥砂浆中所起的抵抗开裂的作用密切相关,因此,可把阻裂作用作为衡量纤维增强水泥砂浆性能的一个指标。

对纤维增强水泥砂浆性能的研究,目前多注重于钢纤维、聚丙烯膜状纤维或纤维素等。本文主要对聚丙烯纤维束增强水泥砂浆的弯曲性能进行了研究,试图找出一种在增强增韧方面均有所提高的合适的配合比,为工程上进一步使用聚丙烯纤维增强水泥砂浆提供依据。通过大量的试验研究发现,聚丙烯纤维增强水泥砂浆的抗弯初裂强度和弯曲强度均有所提高。对于初裂强度是否有所提高,学术界历来有争论,有人认为提高幅度很小,也有人认为根本就不提高初裂强度。这些看法均有一定的道理,根本的一点是对初裂定义不同。本文把初裂定义为内部裂纹的引发与扩展过程,并将其视为一统计值,当水泥砂浆内部的微裂纹引发与扩展达到一定数量时,就会导致裂缝的不稳定扩展,初裂也就产生了^[1],在弯曲——变形曲线上表现为非线性。

一般认为,在水泥基复合材料中,使用合成纤维象尼龙、聚丙烯等有以下优点^[2]:(1)防腐性能好,纤维在水泥基体中不易损坏;(2)初裂后的特性明显地得到改善;(3)可大大提高承受冲击的能力。但是,本文通过大量的试验发现,采用聚丙烯纤维束,不仅可以明显的显示出上述优点,而且初裂强度和弯曲强度均有所提高。这是由于采用纤维束有较好的与基体间的粘结强度所致。由于采用纤维束,沿轴线不象单丝那样是光滑的,而是较粗糙的。纤维束之间可以渗透

收稿日期 1993-03-13

水泥浆,这对基体和纤维的粘结强度,防止纤维的拔出是十分有利的。

2 试验工作

本文采用的聚丙烯纤维束,由祁县丙纶厂生产,一束为24根,纤维由一束长丝剪断成平均25mm长的短丝,单丝直径20 μ m,相对密度0.9,弹性模量5.6GPa,抗拉强度438MPa。用人工的办法,通过一定工序将聚丙烯纤维与砂浆混合,水:水泥:砂子=0.5:1:2。试件尺寸25 \times 25 \times 280mm,浇注后24小时脱模,在水中养护28天后进行试验。试验在电子拉伸试验机上进行。采用纯弯曲方式,载荷和挠度通过X—Y记录仪记录。

2.1 聚丙烯纤维增强水泥砂浆的弯曲特性

聚丙烯纤维增强水泥砂浆的弯曲载荷—变形曲线如图1。这些曲线明显地与钢纤维增强水泥砂浆的曲线不相同。聚丙烯纤维增强水泥砂浆直到初裂几乎完全是弹性,但是初裂后承受载荷的能力不增加,载荷稍有降低。然后随着变形的增加,承载能力又继续增加,直到最大载荷。最大载荷之后,载荷随变形的增加逐渐减小直到破坏。

图2为典型的纤维增强水泥砂浆的弯曲载荷—变形曲线。可将曲线的整个过程分解成不同的部分。承受载荷的机理可解释如下:通常曲线分为两部分,第一部分为初裂前的弹性区;第二部分直到破坏为非弹性区。在第一部分内可以认为砂浆本身的固化内部存在有微裂纹,由于纤维的掺入对裂纹的引发和扩展起到了限制的作用,但在这个部分中,起主导作用的仍然是基体。随着载荷的增加,就会导致裂纹的引发和扩展,最终导致第一条可见裂纹的产生(即初裂)。初裂产生后,即进入第二部分,在这个区域内要维持原有的荷载,裂纹之间只有靠纤维来衔接,载荷的传递,由原基体起主导的作用转变为次要作用。随着裂纹的扩展,载荷逐渐传递给纤维,所以这时载荷暂时不增加,甚至有所下降。随着变形的增加,基体所承担的大部分载荷将由纤维来承担,此时复合材料的承载能力又随变形增加而增加,直到最大载荷。当纤维含量足够时,最大载荷可以超过初裂载荷。最大载荷后,由于部分纤维拉断和拔出,复合材料的承载能力随变形增加而开始下降,直到破坏。在这个过程中可以看到这种材料具有非常好的延性,这主要是由于聚丙烯纤维的力学性质所决定的。

2.2 各种因素对聚丙烯纤维增强水泥砂浆弯曲特性的影响

(1)加载速率对弯曲载荷—变形曲线的影响。从图3可以看到,随载荷速率的增加,初裂后弯曲载荷—变形曲线变得更加陡,并且在相对小的变形范围内载荷达到最大值。换句话说,也就是增加了初裂后的刚度,初裂后刚度的增加主要是由于聚丙烯纤维的特性决定的。钢纤维并

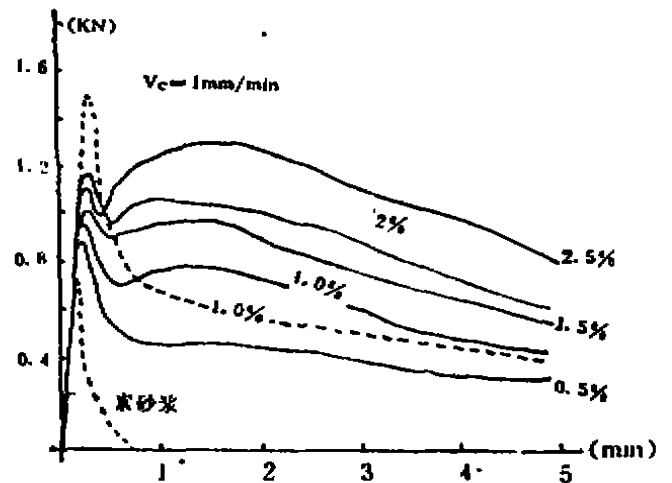


图1 各种纤维含量的弯曲载荷—变形曲线

V_c : 1mm/min; 钢纤维; —— 聚丙烯纤维

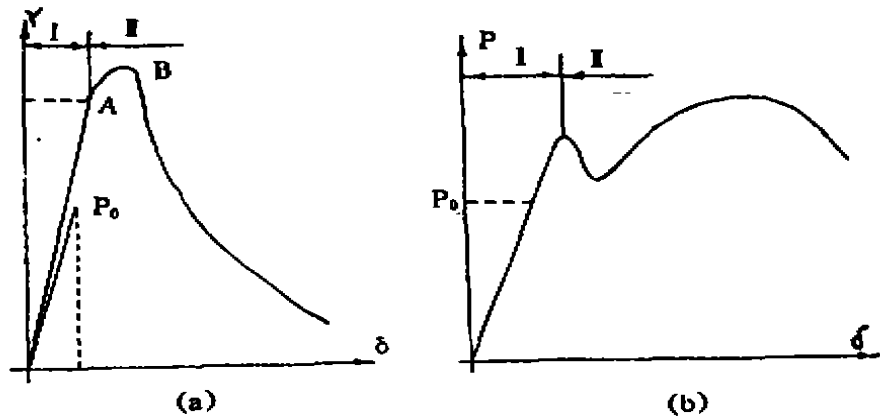


图2 两种纤维增强水泥砂浆典型的弯曲荷载—变形曲线
(a)钢纤维增强水泥砂浆 (b)聚丙烯纤维增强水泥砂浆

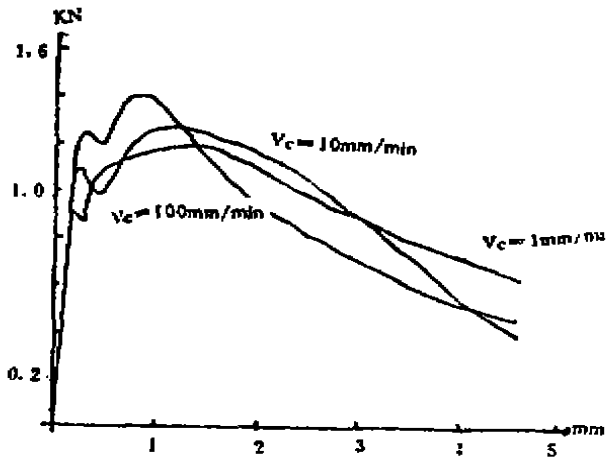


图3 各种加载速率下聚丙烯水泥砂浆
荷载—变形曲线(聚丙烯含量2%)

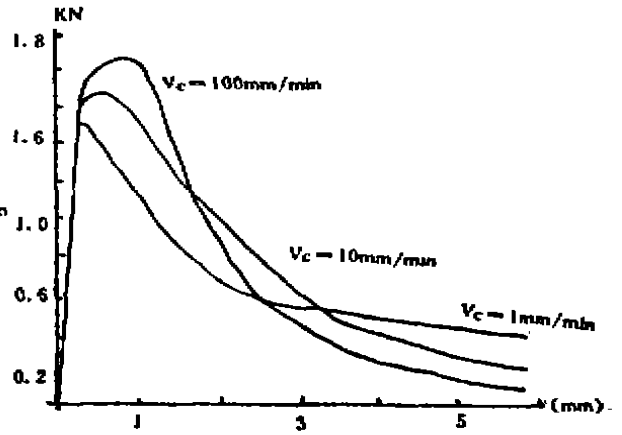


图4 各种加载速率下钢纤维增强水泥砂浆
荷载—变形曲线(钢纤维含量1%)

没有表现出类似的趋向,因为钢纤维本身的刚度就较大,而且增强机理也不同(如图4所示)。

(2)在不同的加载速率下各种纤维含量对弯曲荷载—变形曲线的影响(见图1,图5)。

在图1,图5中,当纤维含量足够时,可以看到第二条裂纹产生。本文的试验只有纤维含量为2.5%时,才看到第二条裂纹产生。图6为聚丙烯增强水泥砂浆的一个典型的破坏形式,中间为第一条裂纹,在右边力作用处产生第二条裂纹,第二条裂纹随外力的增加一直扩展到破坏。

弯曲初裂强度和最大强度随纤维含量的变化情况见图7和图8。从这些图可以得出如下结论:

- ①初裂强度随纤维含量的增加而增加,但增加幅度不大;
- ②弯曲强度随纤维含量的增加而增加;
- ③为了使弯曲强度超过初裂强度,纤维含量必须大于1.5%;

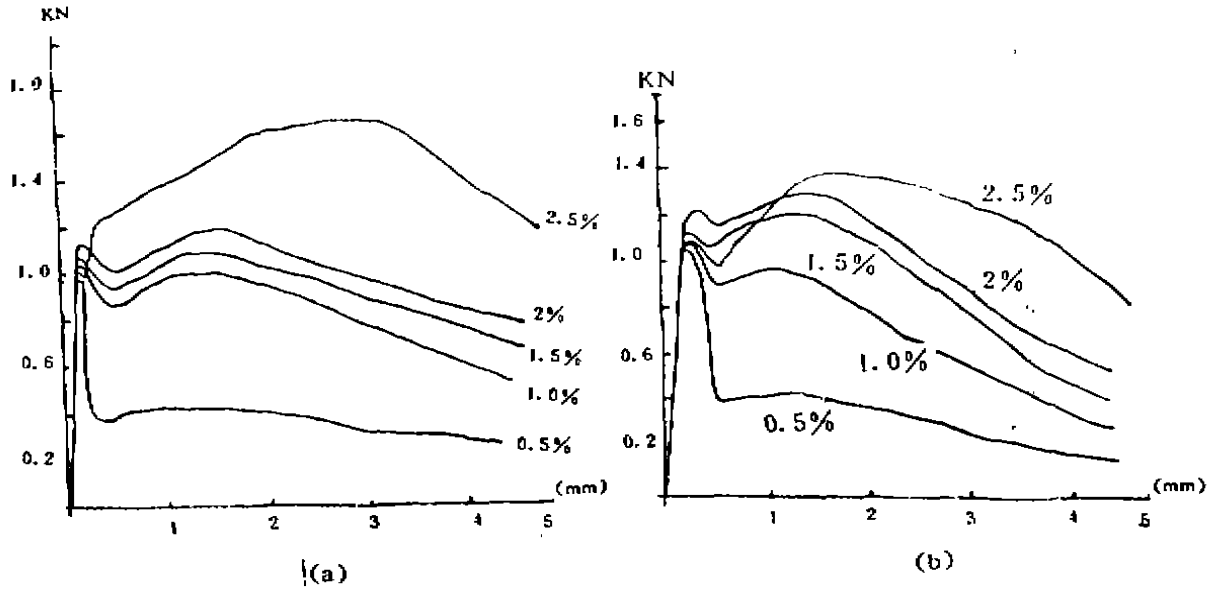


图5 各种纤维含量下聚丙烯纤维增强砂浆载荷—变形曲线
(a)加载速度 $V_c=10\text{mm/min}$ (b)加载速度 $V_c=100\text{mm/min}$

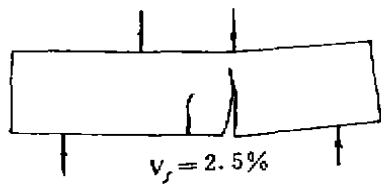


图6 聚丙烯纤维增强水泥砂浆的破坏形式

④当纤维含量达到2.5%时,初裂强度反而比纤维含量为2%时有所降低,这可能是纤维含量太多不能均匀分散而使工作性能变差所致。

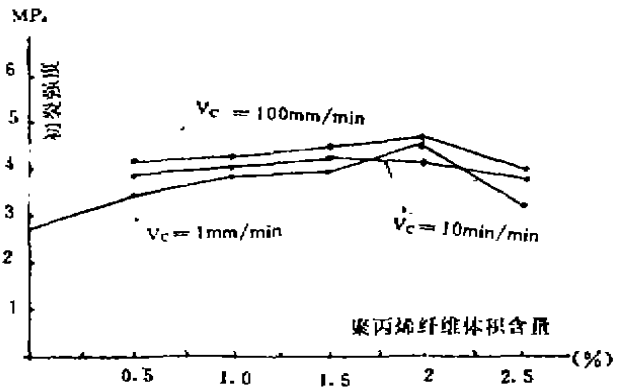


图7 纤维含量对初裂强度的影响

综上所述,聚丙烯纤维增强水泥砂浆最典型的特性是具有很好的延性。为了能利用这个性质,应当具有足够的纤维体积含量,使初裂后的最大载荷超过初裂载荷,如图9。对于本次试验中采用的水泥砂浆基体,聚丙烯纤维的最低体积含量为1.5%,当纤维含量达到这个值时,初裂后表现出很好的特性,有较高的弯曲强度,延性大大增加。这种复合材料能在很大的变形下抵抗外力,即最大载荷后,载荷下降的相当缓慢。因此,可以预见在载荷作用下,不至于突然破坏,破坏前要产生很大的变形。在快速加载下,这种复合材料能更好地发挥出它的优点,这正好符合地震载荷的特点,因为地震引起的载荷在较短的时间内产生很大的变形,它的载荷速率可以达到每秒几百毫米,这个值大约是本次试验中采用速率的几百倍。因此可以想象将聚丙烯纤维增强水泥砂浆,用于抗震结构中是很有前途的,但是工程中的结构多数采用混凝土,因此聚丙烯

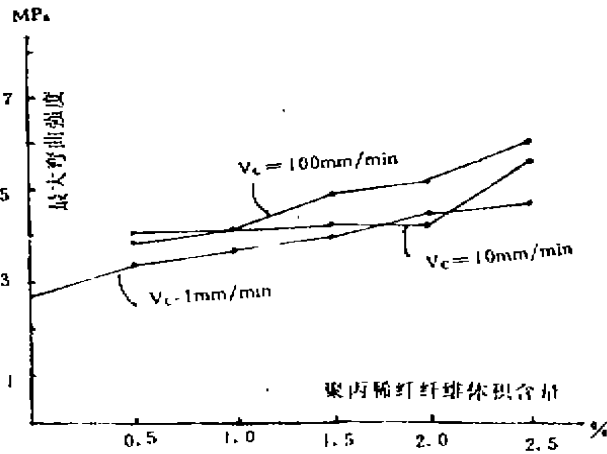


图8 纤维含量对弯曲强度的影响

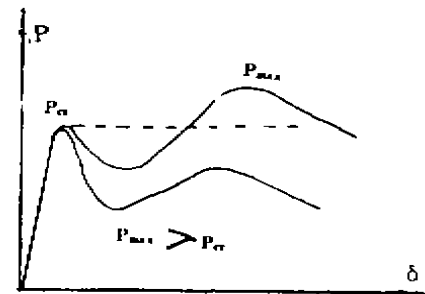


图9 纤维含量对弯曲荷载—变形曲线影响的示意图

烯纤维增强混凝土的一些力学性能需进一步研究。

3 结论

从聚丙烯纤维增强水泥砂浆的弯曲荷载—变形曲线的研究,可以得出如下结论。

- (1)对于不同的纤维含量,初裂强度将随纤维含量的增加而增加,但增加幅度较小。
- (2)初裂后荷载的最大值随纤维含量的增加而增加,当纤维含量达到1.5%时,最大荷载将超过初裂值。
- (3)弯曲荷载—变形曲线受加载速率的影响较大,随加载速率的增加,初裂后荷载—变形曲线变得更加陡。并且在相对小的变形范围内达到最大值,这个结果表明初裂后材料的刚度增加。
- (4)在给定的荷载范围内,可以抵抗很大的变形,也即最大荷载后,随变形的增加荷载下降的很缓慢,表现出这种材料具有很好的延性。
- (5)当纤维含量达到2.5%时,初裂荷载反而比纤维含量为2%时要低,这是因为纤维含量过多,不能使纤维在基体中均匀分散而使工作性能变差所致。

参 考 文 献

- 1 詹炳根,孙伟,姚埏.纤维复合增强高强混凝土受弯试件的初裂性能的研究.全国第二届纤维复合材料会议,1988
- 2 K. Kobayashi, R. Cho. Flexural Behaviour of Polyethylene Fibre Reinforced Concrete. The International Journal of Cement Composites and lightweight Concrete. 1981, 3(1)

An Investigation on the Flexural Behaviour of Polypropylene Fibre Reinforced Cement Mortar

Cui Jiangyu Wang Xianyao Sun Jue

(Taiyuan Polytechnical University)

【Abstract】 The flexural behaviour of polypropylene fibre reinforced cement mortar is investigated in this paper. The results indicate that the first-crack strength and ultimate strength as well as the toughness of the mortar are greatly improved with different fibre volumes. Meanwhile, the effects of loading velocity on the behaviour of this composite material are also studied. It is revealed that both the first-crack strength and the ultimate strength are distinctly improved with the increase of loading velocities.

【Keywords】 cement mortar, polypropylene fibre tendon, composite material, first-crack strength, crack resistance, loading velocity

《T65C—10子午加速式轴流通风机》 通过中铁建总公司技术评议

1993年8月6日—7日,中国铁道建筑总公司在天津召开 T65C—10型子午加速式轴流通风机技术评议会。会议评议组听取了我院机械系赖漆泉副教授关于该型通风机的研究设计、性能试验报告和天津通风机厂的试制报告,考察了工厂生产条件,观看了样机试运转,审查了技术文件,与会专家评议认为:

1. 该型风机既能满足铁道部科技发展计划项目《低噪音大风量隧道施工通风机研制》合同,作为试验模型机的要求,又能适应1公里长左右隧道独头施工通风(配 \varnothing 1.2m风管)的需要,而且耗电少,设计指导思想正确,主要技术性能参数合理。

2. 性能试验与检测表明,样机的主要技术性能、制造质量,基本达到设计技术要求。试验检测结果及分析结论,对设计同类型通风机具有指导意义。

3. 该型样机的试制是成功的,可以出厂进行工业性试验、试用。根据用户需要,可以小批量生产。

转自本院《科技信息》 郭枫报道