

钢纤维和聚丙烯纤维混凝土的试验研究

董香军¹, 王岳华¹, 高淑玲¹

(大连理工大学土木工程系, 辽宁大连 116024)

[摘要] 本文通过对掺加钢纤维和聚丙烯纤维混凝土抗压性能及其新拌混合物工作性的试验研究, 比较了不同含量钢纤维和聚丙烯纤维对混凝土抗压强度及工作性的影响, 并对钢纤维及聚丙烯纤维的增强机理进行了初步探讨。

[关键词] 钢纤维; 聚丙烯纤维; 纤维混凝土; 抗压强度

[中图分类号] TU528.572 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1002-3550(2003)11-0014-03

Experimental study on steel and polypropylene fiber reinforced concrete

DONG Xiang-jun¹, WANG Yue-hua¹, GAO Shu-ling¹

(Department of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: Based on the experiments of the workability of the fresh concrete mixtures and the compressive performance of the concrete reinforced by steel and polypropylene fiber, this paper compared the influence of different contents of steel and polypropylene fiber on compressive strength and workability of the concrete. It also preliminarily probed into the reinforced mechanism of steel and polypropylene fiber to the concrete.

Key words: steel fiber; polypropylene fiber; fiber concrete; compressive strength

1 前言

作为一种性能优异的混凝土复合材料, 钢纤维增强混凝土吸引了许多学者进行广泛的研究工作, 并在很多工程中得到成功的应用^[1,2], 其成果十分丰硕。但在绝大多数的研究和应用中, 由于施工和传统做法等一些因素, 目前所研究的纤维混凝土是在普通混凝土中单纯添加钢纤维, 对掺加聚丙烯等混合纤维的研究却较少, 使用聚丙烯纤维不但能取得和钢纤维相同的效果, 而且能获得更好的经济效益。本文对此进行了一些初步的试验研究。

2 原材料及试验方法

2.1 原材料及配合比

试验用纤维混凝土强度等级为 CF35。组成材料: 等级为 P·II 32.5R 普通硅酸盐水泥; 河砂, 细度模数为 2.46, 其级配曲线见图 1; 碎石, 粒径为 5mm~16mm, 其级配曲线见图 2; 砂

率为 50% 时骨料的级配曲线见图 3。Sika 公司生产的蔡系高效减水剂; 上海生产的变形钢纤维, 长度 $l = 30\text{mm}$, 直径 $d = 0.5\text{mm}$, 长径比为 60; 深圳海川生产的路威 2002 型聚丙烯纤维; 纤度为 1.9dte, 长度 $l = 6\text{mm}$ 。

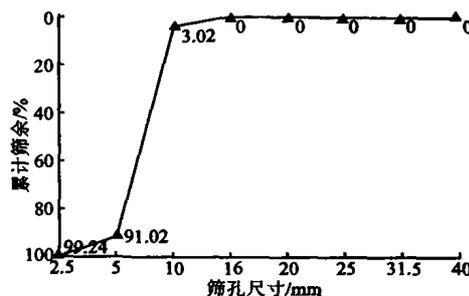
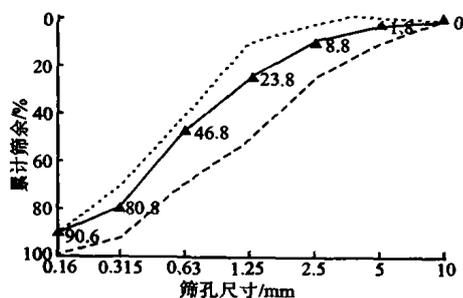


图 2 粗骨料级配曲线



(图中虚线为中砂区)

图 1 细骨料级配曲线

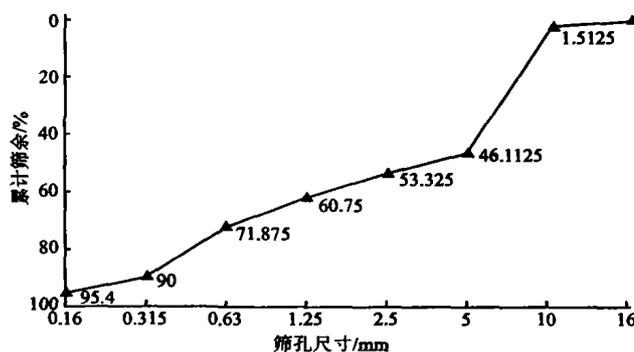


图 3 砂率为 50% 时粗细混合骨料的级配曲线

素混凝土的基准配合比为: 水泥 $450\text{kg}/\text{m}^3$; 粉煤灰 $50\text{kg}/\text{m}^3$; 水 $200\text{kg}/\text{m}^3$; 砂 $832\text{kg}/\text{m}^3$; 石子 $832\text{kg}/\text{m}^3$; 减水剂

[收稿日期] 2003-10-13

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 50278013

6.75kg/m³,为水泥用量的1.5%。为利于比较,纤维混凝土的配比除纤维外和基准配比一样。每组纤维含量及所测的坍落度和坍落流动度见表1。

表1 每组混凝土的纤维含量(kg/m³)及坍落度(mm)和坍落流动度(mm)

组号	0	S30P0	S30P1	S30P2	S30P3	S30P4	S40P0	S40P1	S40P2	S40P3	S40P4
钢纤维	0	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40
聚丙烯纤维	0	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
坍落度	230	220	160	78	28	18	210	125	65	30	13
坍落流动度	560	540	320	280	250	225	405	310	270	240	225

注:S代表钢纤维,其后数字表示1m³混合物中含钢纤维的质量;P代表聚丙烯纤维,其后数字表示1m³混合物中含聚丙烯纤维的质量。例如:S30P2表示1m³混合物中含钢纤维30kg,含聚丙烯纤维2kg。

从表1可以看出,对于同样的基体配比,随着钢纤维和聚丙烯纤维掺量的增加,混凝土的坍落度和坍落流动度都随之下降。当加入1kg/m³的聚丙烯纤维时,混凝土坍落流动度突然下降许多,但在这之后随着聚丙烯纤维掺量的继续增加,坍落流动度的下降却比较平缓。当钢纤维掺量一定时,混合物坍落度和坍落流动度的变化随聚丙烯掺量变化的关系如图4(a)、(b)所示。

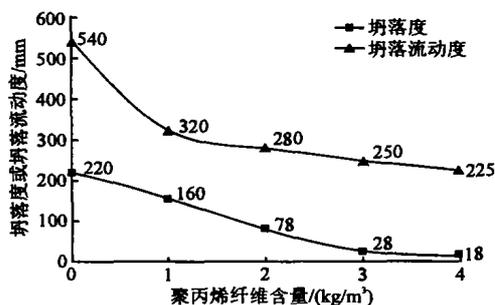


图4(a) 当钢纤维含量为30kg/m³时,聚丙烯纤维含量对坍落度和坍落流动度的影响

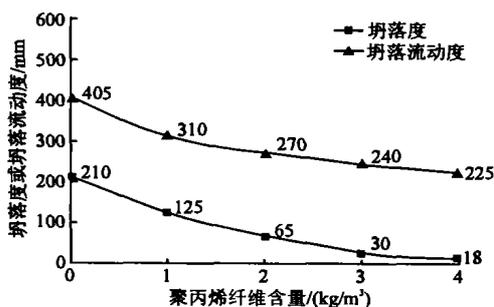


图4(b) 当钢纤维含量为40kg/m³时,聚丙烯纤维含量对坍落度和坍落流动度的影响

2.2 试件成型及养护

采用振动台振动成型,24小时后拆模,试验于6月份进行,室外自然洒水养护(考虑到尽可能的符合实际情况)。测试抗压强度的试块为100mm×100mm×100mm。

3 试验结果与分析

3.1 抗压强度

混凝土的抗压强度是混凝土最重要的性质,与其它强度和性质之间存在着较好的相关性,常用作设计混凝土结构的最基本参数。

试验纤维混凝土1天、3天及28天的抗压强度如图5所示。

从图5可以看出:

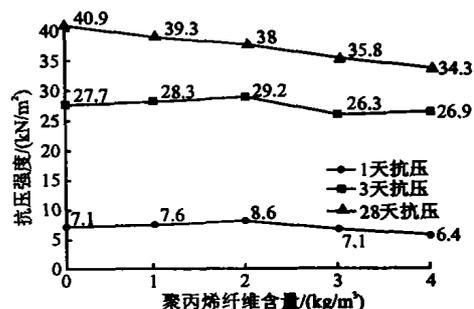


图5(a) 当钢纤维含量为30kg/m³时,混凝土1天,3天和28天的抗压强度

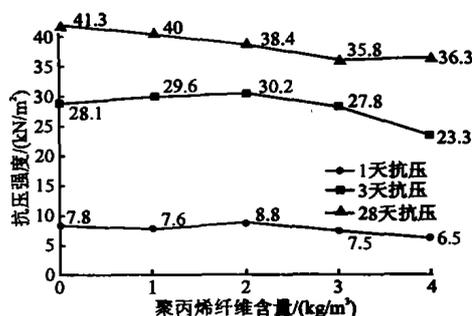


图5(b) 当钢纤维含量为40kg/m³时,混凝土1天,3天和28天的抗压强度

1. 由于钢纤维的加入,混凝土的抗压强度有不同程度的提高;
2. 钢纤维对混凝土28天抗压强度的增强不如对混凝土1天和3天抗压强度的增强,这和文献[3]的论述基本相似。
3. 聚丙烯纤维有助于提高混凝土的早期强度,从表中可以看出,当聚丙烯纤维含量不超过2kg/m³时,其对早期强度的增强效果很明显,但当掺量为3kg/m³或更多时,不管是早期强度还是后期强度都呈下降趋势;
4. 同钢纤维一样,聚丙烯纤维对早期混凝土强度的增强效果较后期的增强效果好得多。

3.2 破坏形态及机理

图6(a)为纤维含量为零(即素混凝土)时,试件的受压破坏形态。试件破坏是在自由面形成基本平行于压应力方向的裂缝造成。因为在压应力的作用下,在垂直于压应力方向的其他两个方向产生拉应变,当其达到混凝土最大拉应变时,混凝土试件便破坏,破坏呈劈裂式。

从图6(b)可以看出,纤维混凝土试件受压破坏呈断裂式。试验发现,纤维混凝土开裂后的变形主要取决于纤维与凝胶体间的粘结滑移特性。随着纤维在开裂面上的脱粘拔出或纤维

·下转第47页·

较小,加等离子处理后的纤维布比加未处理的抗压值提高了7%,但效果不明显,可能与纤维布的弹性模量较低有关。由于纤维布经等离子体改性后,纤维表面部分分子链发生断裂氧化,形成极性基团且在表面发生纳米级的毛化效应,使其表面能增大,与水泥砂浆中各成分的结合力增强,减少了纤维布与砂浆界面的气泡及微孔。当外力冲击试件时,应力从基体传给纤维布,使其产生变形而吸收能量^[8],故可有效的提高砂浆的抗冲击能力。

4 结论

1. DBD 放电对纤维布表面进行改性后,其表面能增加,爬高高度提高了25%。

2. 在砂浆中加等离子体改性纤维布后,其抗压和抗冲击性能相对于在砂浆中加未处理的纤维布分别提高了7%和108.3%。

[参考文献]

[1]巴松涛,等.碳素纤维布加固混凝土结构技术[J].河南科学,2000,

·上接第15页·

在开裂面上被逐渐拉断,试件逐渐丧失承载力直至破坏。试验还发现,试件破坏时,钢纤维在断裂面处都是被拔出的;一些学者指出:当纤维长度增加到一定程度以后,试件破坏时,较多钢纤维在断裂面处是被拉断的。钢纤维不管是被拔出还是被拉断,试件开裂后尚能保持一定的承载力,呈现出具有一定塑性的断裂破坏形式。

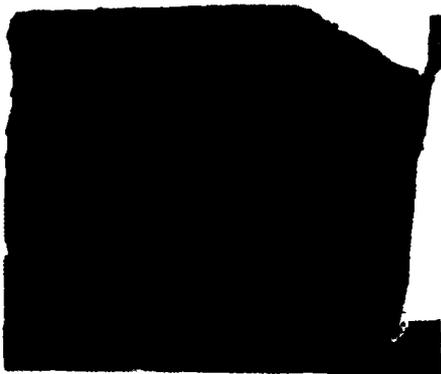


图 6(a) 素混凝土的破坏形态



图 6(b) 纤维混凝土的破坏形态

美国学者 Thomas T C H su 在素混凝土和钢纤维混凝土的静载受压试验中,同样观察发现到劈裂脆性破坏出现在素混

18(4):419.

- [2]顾彪,陈茹.辉光放电等离子体对聚丙烯纤维的表面改性[J].高分子通报,(2):15.
- [3]陈杰塔.低温等离子体化学及其应用[J].科学出版社.
- [4]J. Reece Roth, Industrial Plasma Engineering, Tsinghua Press, Vol II. Page 16.
- [5]戴建国.聚丙烯纤维混凝土与砂浆材料特性的试验研究[C].大连理工大学硕士论文,1997.9.
- [6]曹诚,刘家彬.聚丙烯纤维对混凝土动力学特性的影响研究[J].混凝土,2000,(5):43.
- [7]万融.民用纺织品质量分析与检验[M].化学工业出版社,342.
- [8]郭静,蔡月芬,杨大伟,马春.表面改性丙纶增强水泥砂浆制品的研究[J].大连轻工业学院学报,1984,3(5):11-14.

[作者简介] 陈光良(1975-),男,在读研究生,研究方向是材料物理化学。

[单位地址] 北京印刷学院等离子体物理及科学实验室(102600)

[联系电话] 010-61265914;13611346613

凝土中,断裂塑性破坏出现在钢纤维混凝土中。

4 结论

通过对素混凝土和纤维混凝土的配比和抗压试验的研究分析,可得出如下结论:

1. 随着钢纤维和聚丙烯纤维的加入,混凝土的坍落度和坍落流动度都呈下降趋势;
2. 聚丙烯纤维的加入对混凝土的坍落流动度有着突然下降的影响,但是当混合物中有了聚丙烯纤维之后,随着聚丙烯纤维含量的继续增加,坍落流动度的下降却较缓慢;
3. 钢纤维的加入对混凝土后期强度的提高不如对早期强度的提高来得明显;
4. 聚丙烯纤维有助于混凝土早期强度的提高,但当含量为 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 或更高时,混凝土的前期强度和后期强度都有所下降;
5. 素混凝土的破坏更多的表现为劈裂式破坏,而纤维混凝土的破坏更多的表现为断裂式破坏。

[参考文献]

- [1]ACI Committee 544. ACI Materials international. May, 1982, 9-30.
- [2]Beaudoin, j. j. Handbook of fiber-reinforced concrete: Principles, Properties, Development and Applications. Noyes Publications Park Ridge New jersey, 1990, 83-134.
- [3]Yining Ding, Wolfgang Kusterle. Compressive stress-strain relationship of steel fibre-reinforced concrete at early age. Cement and Concrete Research, 2000, 30: 1573-1579.
- [4]成厚昌.钢纤维混凝土的极限强度及延性研究[J].武汉交通科技大学学报,1999,23(1):59-62.
- [5]谷章昭,邓咏梅,樊钧,倪梦象.合成纤维混凝土的性能及其工程应用[J].建筑技术,31(1):30-32.
- [6]雷文杰,李庶林,周爱民,唐海燕.关于素混凝土与钢纤维混凝土受压韧性的试验研究[J].矿业研究与开发,2003,23(1).

[作者简介] 董香军(1978-),男,在读博士生。

[单位地址] 大连理工大学土木系结构研究室(116024)

[联系电话] 13889596038;E-mail: dxj1978@tom.com