

聚丙烯纤维混凝土或砂浆的施工及力学性能

段志华,付高鹏,张守元

(河南省第三建筑工程公司,河南 洛阳 471000)

摘要:进行了聚丙烯纤维掺入量对混凝土及砂浆的操作性能及力学性能影响的试验研究。试验表明,混凝土及砂浆中聚丙烯纤维掺入量的变化,将对混凝土及砂浆的用水量、砂率、劈裂抗拉强度以及变形性能等方面产生影响。在保证混凝土及砂浆的施工操作性能前提下,找出最佳掺入量及配合比。

关键词:聚丙烯纤维;混凝土;砂浆;操作性能;力学性能

中图分类号:TU528.572

文献标识码:A

0 前言

聚丙烯纤维混凝土或砂浆是将短而细的聚丙烯纤维均匀地撒布在混凝土及砂浆基体中以改善其性能的复合材料^[1,2]。与普通混凝土或砂浆相比,聚丙烯纤维能起到阻止混凝土或砂浆裂缝形成和保持结构整体性的作用,使混凝土或砂浆的塑性区域显著增加,韧性增大,能充分的吸收冲击能量,防止结构破坏或开裂,以保证结构的安全和工程正常的使用功能,弥补普通混凝土或砂浆抗拉强度低、抗裂性能差、吸收能量小、容易发生裂缝呈脆性破坏的弱点。聚丙烯纤维不锈蚀,而且耐酸、耐碱性能良好^[2],弥补了其它纤维在这方面的一些缺点。但聚丙烯纤维对紫外线较为敏感,抗气候老化性能较差,在覆盖厚度超过5mm时,可不考虑此影响^[4]。因此,聚丙烯纤维混凝土在抗裂、防水抗渗、抗冲击以及耐磨路面、机场跑道等方面有着广泛的应用前景。

我国从20世纪70年代末开始聚丙烯纤维在混凝土或砂浆中的应用研究,且多数采用国外价格昂贵的聚丙烯纤维,这就在不同程度上制约了聚丙烯纤维混凝土的推广应用。目前已有不少文献都介绍了聚丙烯纤维的对改善混凝土或砂浆的抗拉、弯折、耐磨及抗老化性能等方面的作用^[5]。作为建筑施工新技术推广应用,聚丙烯纤维的使用对混凝土及砂浆的施工操作性能以及对混凝土及砂浆施工配合比影响的试验研究报告甚少,为此本文着重从国产聚丙烯纤维入手,采用本地材料,在保证混凝土及砂浆常规施工操作性能的前提下,研究掺入聚丙烯纤维对混凝土或砂浆的配合比、施工操作性能及力学性能的影响。

1 试验条件

1.1 试验用材料

试验用聚丙烯纤维为束状单丝,纤维长度为19mm的短丝,密度 910kg/m^3 ,抗拉强度300MPa,软化点 140°C ,熔点 165°C 。

水泥为42.5R普通硅酸盐水泥,密度 3100kg/m^3 ,细度为 $80\mu\text{m}$ 筛筛余4%。

砂为细砂,细度模数 $\mu_f = 2.2$,表观密度 2630kg/m^3 ,堆积密度 1510kg/m^3 。

石子为碎石,规格10~20mm,表观密度 2740kg/m^3 ,堆积密度 1580kg/m^3 。

粉煤灰为II级粉煤灰,细度为 $45\mu\text{m}$ 筛筛余14%;烧失量为6%。

1.2 试验用配合比

混凝土配合比(kg/m^3):水泥:粉煤灰:砂:石子 = 448:50:590:1096;

砂浆配合比(kg/m^3):水泥:砂 = 500:1460。

混凝土中粉煤灰为内掺使用,砂率35%,试验过程中要保证混凝土或砂浆拌合物的施工操作性能即

混凝土坍落度或砂浆稠度保持基本一致(混凝土坍落度控制在 50~70mm, 砂浆稠度控制在 70mm 左右), 根据聚丙烯纤维掺量的变化调整用水量。

2 试验内容及结果

2.1 纤维掺入量对混凝土或砂浆配合比用水量的影响

聚丙烯纤维的直径为 2×10^{-2} mm, 与水泥颗粒直径为同一量级, 在混凝土或砂浆拌合物中用于保证拌合物工作性能的水有相当一部分需要包裹在短纤维表面, 从而导致拌合物坍落度或稠度的减少, 为保持拌合物的工作性能, 聚丙烯纤维掺入量不同, 拌合物的需水量也不同, 试验结果见图 1~2。

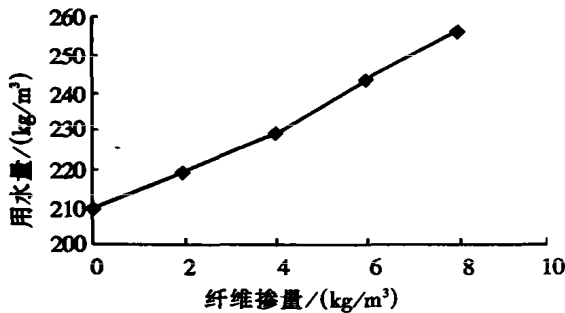


图1 混凝土用水量随纤维掺量的变化(坍落度 50~70mm)

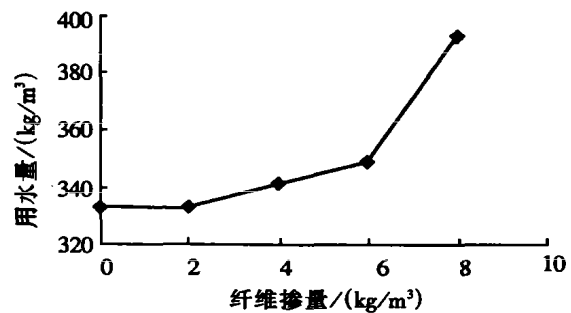


图2 砂浆用水量随纤维掺量的变化(稠度约 70mm)

试验结果表明, 纤维掺量为 $1 \sim 4 \text{ kg/m}^3$ 时, 纤维混凝土或砂浆的用水量较普通混凝土或砂浆的用水量增加 5~10%。

2.2 纤维掺入量对混凝土配合比砂率的影响

砂率直接影响混凝土拌合物的和易性、坍落度和砂浆量与粗骨料的比率, 普通混凝土在其它条件不变且未达到最大砂率的情况下, 砂率每增加 1%, 混凝土拌合物的坍落度增加约 20mm^[3]。

在配合比试拌试验中, 我们计算了一组有代表性的配合比, 仅调整聚丙烯纤维掺入量, 来检验其对混凝土配合比的坍落度和砂率的影响, 试验结果见表 1。

表 1 坍落度随纤维掺量的变化

纤维掺量/(kg/m³)	0	1	2	3	4
坍落度/mm	210	170	120	80	50

试验结果表明, 随着纤维掺量的增加, 混凝土的坍落度不断减少, 反映出水泥砂浆无法满足包裹石子的需要, 因此, 在试拌过程中, 砂率从正常的 31% 调增到 35% 才能满足混凝土拌合物正常的工作性能。

2.3 纤维掺入量对混凝土及砂浆劈裂抗拉强度的影响

混凝土的抗拉强度远小于抗压强度, 为提高混凝土的抗拉强度, 常采用钢材、纤维、聚合物等三种增强方法。

在混凝土或砂浆中掺入纤维的增强机理主要有两种理论: (1) 纤维间隔理论^[2], 混凝土或砂浆内部都存在缺陷(微小裂纹或气孔), 作为裂缝约束体的纤维如果以比较密的间隔配置, 则在裂缝尖端部分的应力集中系数就会减少, 因而提高了抗拉强度; (2) 材料混合法则^[1], 该理论认为纤维掺量、纤维长径比、纤维同基体的抗拉强度和粘结强度都直接影响着纤维混凝土或砂浆的抗拉强度。

在保证纤维混凝土或砂浆的施工操作性能的前提下, 纤维掺量对混凝土或砂浆劈裂抗拉强度影响的试验结果见图 3~4。试验结果表明, 在正常使用中纤维掺量小于 4 kg/m^3 较为适宜。需要说明的是, 虽然试验中劈裂抗拉强度随纤维掺量增加至一定值后有所降低, 但试验的前提是保证混凝土或砂浆的操作性能, 逐渐增大了用水量和灰水比的原因所致。同单纯增加用水量和灰水比的混凝土或砂浆的强度降低相比要缓慢的多, 因此可以证明掺加适量的聚丙烯纤维的混凝土或砂浆其劈裂抗拉强度有所提高。

2.4 掺入纤维对变形性能的影响

采用同一配合比制成不掺纤维和掺入 2 kg/m^3 纤维的混凝土平板(600×600×25)进行落锤抗冲击对比

试验^[2],掺入纤维的混凝土平板初裂时抵抗锤击数达14次,是普通混凝土平板的3.5倍,掺入纤维的混凝土平板破损时抵抗锤击数达26次,是普通混凝土平板的6.5倍。

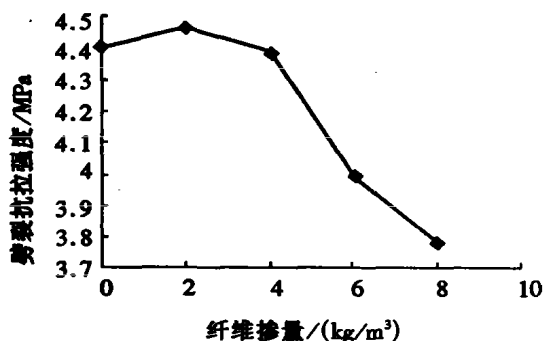


图3 混凝土劈裂抗拉强度随纤维掺量的变化

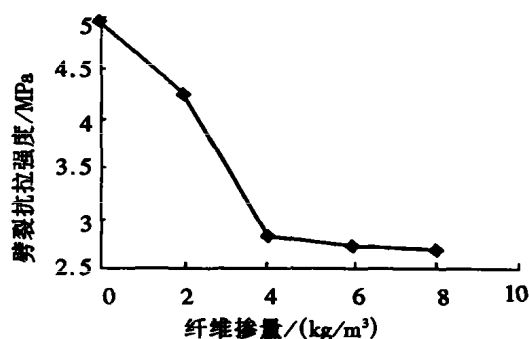


图4 砂浆劈裂抗拉强度随纤维掺量的变化

根据对比试验结果,纤维混凝土、砂浆的抗冲击性能较普通混凝土、砂浆都有成倍的提高,试件的破坏形态也由瞬间脆性破坏变成了有显著的塑性变形区域的破坏,同时能有效的阻止一定荷载下试件裂缝的开展,说明纤维混凝土、砂浆能有效地吸收冲击能量,增大塑性区域,增加韧性,提高抗裂性。

3 结论

(1)保证纤维混凝土或砂浆的施工操作性能,是材料进入实用和普及阶段的前提。根据试拌试验结果,聚丙烯纤维的掺量宜控制在 $1 \sim 4 \text{ kg/m}^3$ 之间,按照正常混凝土、砂浆配合比适当提高砂率和用水量即可满足操作使用,聚丙烯纤维的分散性较好,增加50%的搅拌时间就能使纤维均匀地分散在基体中。

(2)掺入聚丙烯纤维可以提高混凝土或砂浆的抗拉强度,显著改善混凝土或砂浆抗裂性能及变形性能,从而大大拓展了普通混凝土、砂浆的应用领域,尤其是在抗裂、防渗、耐冲击、装饰抹灰防裂等方面的应用。

参考文献:

- [1] 王 昇,周兆桐. 混凝土手册[M]. 长春:吉林科学技术出版社,1985:134-198.
- [2] 赵志缙. 新型混凝土及其施工工艺[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1996:107-135.
- [3] 建设部行业标准 JGJ55—2000,普通混凝土配合比设计规程[S].
- [4] 卢安琪,祝焯然,李克亮,等. 聚丙烯纤维混凝土耐候老化性能试验研究[J]. 混凝土,2002,(1):61-63.
- [5] 孙家瑛. 聚丙烯纤维对高性能混凝土抗折强度、抗冲击性能影响研究[J]. 混凝土,1999,(6):19-21.

Construction and Mechanical Capability of Polypropylene Fiber Concrete or Mortar

DUAN Zhi-Hua, FU Gao-Peng, ZHANG Shou-Yuan

(No.3 Henan Constr. Eng. Co., Luoyang 471000, China)

Abstract: Effects of mixing amount of polypropylene fiber on properties of concrete or mortar were studied experimentally. The experiment indicated that the changes of mixing amount of polypropylene fiber will influence such aspects as water consumption, sand coarse aggregate ratio, split tensile strength and deformation, etc. of concrete or mortar. Furthermore, under construction serviceability premise of concrete or mortar, the optimal mixing amount of polypropylene fiber and it's cooperational ratio with concrete or mortar were obtained.

Key words: Polypropylene fibers; Concretes; Mortars; Serviceability; Mechanical property