

聚丙烯纤维和钢纤维在混凝土中试验研究

朱冬进

上海中测行工程检测咨询有限公司

DOI:10.12238/bd.v9i2.4360

[摘要] 本文分别研究了钢纤维和聚丙烯纤维对混凝土性能的影响,并将其与两种纤维混杂混凝土的性能进行对比分析。结果显示,在混凝土中掺加聚丙烯纤维和钢纤维获得增强混凝土,都能够改善混凝土的和易性,提高混凝土的抗折强度以及劈裂抗拉强度。而在同时纤维掺量合理情况下,混凝土的性能可以达到最佳。

[关键词] 聚丙烯纤维; 钢纤维; 增强混凝土

中图分类号: TU528.57 **文献标识码:** A

Experimental study of polypropylene fiber and steel fiber in concrete

Dongjin Zhu

Shanghai Zhongce Xing Engineering Testing Consulting Co., Ltd.

[Abstract] The effects of steel fiber and polypropylene fiber on the properties of concrete are studied and compared with those of two kinds of fiber hybrid concrete. The results show that adding polypropylene fiber and steel fiber to concrete can improve the workability, flexural strength and splitting tensile strength of concrete. The performance of concrete is the best when two kinds of fiber are mixed and the fiber content is reasonable.

[Key words] polypropylene fiber; Steel fiber; Reinforced concrete

引言

混凝土是现代建筑施工建设中最常见的材料之一,其具备较高的抗压强度,但是抗拉强度相对较低,这也成了限制混凝土大规模使用的主要原因,在很多时候,需要通过在混凝土结构中布置钢筋的方式提升其抗拉强度,而这样会增大施工的烦琐性,还会导致成本的增大。这种情况下,纤维增强混凝土应运而生,其基本原理是通过在混凝土中掺入各种纤维材料,提高混凝土结构的抗拉强度,如聚丙烯纤维增强混凝土、钢纤维增强混凝土等。近年来,混杂纤维开始被应用到混凝土结构中,其能够通过将不同类型纤维混杂掺加的方式,同时发挥多种纤维的优势,从而进一步提升混凝土的综合性能。做好对混杂纤维混凝土性能的力学性能的研究,对于发挥其优势有着不容忽视的作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验中使用的为普通硅酸盐水泥,水泥细度为0.5%,3d和28d的抗折强度分别为5.9MPa和9.4MPa,3d和28d的抗压强度分别为22.7MPa和50.5MPa。粗集料使用的是石灰岩碎石,粒径为5—20mm,细集料使用的是级配连续河砂,细度模数2.8。聚丙烯纤维长度为12mm,钢纤维长度为40mm。

1.2 试验方法

(1) 配比设计。混凝土配比设计参考了《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55-2011)的要求,最终确定的混凝土配比为水泥:水:砂子:石子=420:170:670:1150,减水剂掺加量为2.1kg/m³。

(2) 试件制作。依照确定好的配比,采用强制式搅拌机制作试件,要求单次搅拌量较试验需求量多5L左右,达到搅拌机额定容量的50%~80%。不同试件的制作方法不同,对于聚丙烯纤维增强混凝土,可以先将聚丙烯纤维与砂石搅拌均匀^[1],加入水和减水剂再次搅拌,然后加入水泥材料,搅拌时间应该在普通混凝土搅拌时间的基础上增加50—60s。对于钢纤维增强混凝土,应该先加入钢纤维和砂石干拌,然后加入水、水泥以及减水剂,同样应当适当延长搅拌时间。对于混杂纤维混凝土,先加入两种纤维材料和骨料、水泥干拌,搅拌均匀后加水和减水剂继续搅拌。

试件制作完成后,应依照《纤维混凝土应用技术规程》(JGJ/T221-2010)的要求做好试件养护工作。

(3) 试验操作依照《混凝土物理力学性能试验方法标准》(GB/T50081-2019)的方法,进行立方体抗压试验、抗折试验和劈裂抗压试验。

(4) 试验过程中,记录试验现象和试验数据,做好数据的整理,为后续的分析讨论提供良好支撑。

2 结果与讨论

2.1 抗压强度

抗压破坏属于横向变形破坏,混凝土受力开裂前,钢纤维能够紧密结合混凝土基体,对微裂缝产生抑制作用,从而提高混凝土的初始开裂强度。不过,如果钢纤维掺加量过多,可能无法均匀分散到混凝土中,导致钢纤维和混凝土连接位置产生微裂缝,反而降低混凝土抗压强度^[2]。试验结果见表1:

在单纯掺加钢纤维(S为0)的情况下,混凝土的抗压强度会随着钢纤维掺加量的增大,出现先上升后下降的趋势,钢纤维掺加量为1.0%时,混凝土抗压强度达到最大,为48.9MPa,但是相比常规混凝土的抗压强度仅提升14.3%,提升效果并不十分明显。

单纯掺加聚丙烯纤维(P为0)的情况下,混凝土的抗压强度有了一定的提升,当掺加量达到1.0%时抗压强度最大,相比常规混凝土的抗压强度提升了14.0%左右。混掺两种纤维的情况下,混凝土的抗压强度提升较为明显,对比普通混凝土(S0P0)提升了约32.7%,同时也高于单纯掺加钢纤维或聚丙烯纤维的增强混凝土。而当两种纤维的掺加量为钢纤维1.0%,聚丙烯纤维0.5%时,抗压强度可以达到最大,为56.8MPa。

2.2 抗折强度与劈裂抗拉强度

试件抗折与劈裂抗拉强度测试结果如表1所示。

对照表1分析,在单纯掺加钢纤维(S0)的情况下,伴随着钢纤维掺加量的增大,混凝土的抗折强度得到了显著提升,当钢纤维掺加量为1.5%(混凝土体积)时达到最大,较纯混凝土提高了13.7%。同时,钢纤维的掺加也可以提高增强混凝土的劈裂抗拉强度,同样在掺加量为1.5%时达到最大,相比纯混凝土提高了19.2%。

在单纯掺加聚丙烯纤维(P0)的情况下,当掺加量为0.5%体积范围内时,聚丙烯纤维的掺加量越大,增强混凝土结构的劈裂抗拉强度增长越快,其基本原理聚丙烯纤维有着良好的桥接作用,可以使混凝土保持较高的整体性,从而减缓混凝土开裂的情况,提升其劈裂抗拉强度。

在混掺两种纤维的情况下,钢纤维掺加量为1.0%,聚丙烯纤维掺加量为0.5%时,混凝土抗折强度和劈裂抗拉强度都可以达到最大,此时增强混凝土的抗折强度为7.08MPa,劈裂抗拉强度为3.52MPa,相比单纯掺加钢纤维或聚丙烯纤维的强度更高。而当钢纤维掺加量继续增加到1.5%,聚丙烯纤维掺加量保持0.5%不变时,试件的抗折与劈裂抗拉强度反而有所下降,分析原因,主要是纤维掺加量过多,导致混凝土内部出现孔洞问题。

这也表明,通过钢纤维与聚丙烯纤维混掺的方式,能够显著提高增强混凝土的抗折强度和劈裂抗拉强度。

综合对比可知,当钢纤维掺加量为1.0%,聚丙烯纤维掺加量为0.5%(S1.0P0.5)时,纤维混凝土的综合性能达到最优,其抗压强度为56.8MPa,劈裂抗拉强度为3.52MPa,抗折强度为7.08MPa。

表1 纤维混凝土综合对比

试件编号	抗压强度/MPa	劈裂抗拉强度/MPa	抗折强度/MPa
S0P0	42.8	2.81	6.12
S0.5P0	44.5	3.12	6.41
S1.0P0	48.9	3.33	6.73
S1.5P0	46.1	3.38	6.96
S0P0.5	45.2	2.88	6.38
S0P1.0	48.8	3.26	6.64
S0.5P0.5	47.9	3.31	6.61
S1.0P0.5	56.8	3.52	7.08
S1.5P0.5	48.1	3.29	6.70
S1.0P1.0	46.4	2.93	6.81
S1.5P1.0	44.0	2.89	6.39

注：表中S表示钢纤维,P表示聚丙烯纤维,S0.5表示钢纤维掺加量为0.5%体积,P0.5表示聚丙烯纤维掺加量为0.5%体积。

2.3 收缩变形性能

在不掺加任何纤维的情况下,常规混凝土在7d和28d的收缩率为 -213.8×10^{-6} 以及 -478.7×10^{-6} 。添加聚丙烯纤维和钢纤维的增强混凝土,可以在一定程度上抑制混凝土早期收缩,同样以7d和28d的收缩率为例,掺加聚丙烯纤维的情况下,混凝土在7d和28d的收缩率为 -177.6×10^{-6} 以及 -458.5×10^{-6} ;掺加钢纤维的情况下,混凝土在7d和28d的收缩率为 -168.6×10^{-6} 及 -428.3×10^{-6} ;两种纤维混掺的情况下,混凝土在7d和28d的收缩率为 -156.2×10^{-6} 以及 -368.6×10^{-6} 。

可以明确,混掺两种纤维后,混凝土的早期收缩和后期收缩无论是对比素混凝土还是掺加单一纤维混凝土,都有着显著降低,可以明显提高混凝土的抗裂性能。

2.4 影响机理分析

聚丙烯纤维和钢纤维会通过不同增强机理的共同作用,提升混凝土的力学性能。具体来讲:

(1) 聚丙烯纤维有着较大的比表面积和较小的直径,可以均匀分布在混凝土基体中,控制混凝土裂纹的发展。在乱向分布的情况下,聚丙烯纤维可以在混凝土中形成三维网络结构,吸收外部荷载或内部应力产生的能量,提升混凝土的抗裂性和韧性。

(2) 钢纤维有着较高的弹性模量及抗压强度,可以延缓裂缝的扩展,从而提升混凝土的抗折性能和抗压性能。

(3) 两种纤维混掺情况下,可以发挥互补作用,共同提升混凝土的抗压强度与抗折强度,同时也可以改善混凝土的抗冲击能力,延长其使用寿命。当两种纤维混掺且比例恰当时(钢纤维掺加量为1.0%,聚丙烯纤维掺加量为0.5%),混凝土的整体性能

对比单纯掺加聚丙烯纤维或者钢纤维,要高出10%左右。

2.5 抗冲击及韧性分析

添加聚丙烯纤维和钢纤维的情况下,混凝土的抗冲击性和韧性都能够得到显著提升,不过两者的作用机理并不相同:

(1) 聚丙烯纤维可以通过减少原生裂缝尺寸或者消除原生裂缝,提升材料的连续性,吸收冲击能,改善混凝土的抗冲击性和韧性。聚丙烯纤维可以均匀分布在混凝土结构中,与水泥基体充分混合,防止混凝土开裂问题。

(2) 钢纤维可以凭借自身的高弹性及荷载传递能力,约束裂缝的延伸和拓展,使得混凝土在遭受冲击时,能够很好地分散应力,提高整体抗冲击能力和韧性。

3 结论

通过在混凝土中掺加纤维的方式,能够改善混凝土的工作性能,提升其应用范围和应用效果。本文通过试验的方式,研究了聚丙烯纤维和钢纤维对混凝土工作性能的影响,得到了如下结论:

(1) 单纯掺加聚丙烯纤维或者钢纤维得到的增强混凝土,其

抗压强度和抗折强度有所提升,不过提升效果并不十分明显。

(2) 通过掺加钢纤维或者聚丙烯纤维的方式,得到的增强混凝土,其劈裂抗拉强度得到大幅度提升^[3]。

(3) 当钢纤维掺加量为0%~1.0%体积之间,聚丙烯纤维掺加量为0%~0.5%之间时,纤维掺加量与混凝土试件的抗压强度、抗折强度和劈裂抗拉强度存在密切关联。

[参考文献]

[1] 李军. 钢-聚丙烯混杂纤维混凝土力学性能研究[J]. 陶瓷, 2024, (11): 196-198.

[2] 尤言民, 白林艳. 塑钢纤维和聚丙烯纤维对抗冲磨混凝土性能的影响[J]. 合成纤维, 2024, 53(10): 77-80.

[3] 韩菊红, 李明轩, 杨孝青, 等. 混杂钢纤维二级配混凝土断裂性能试验研究[J]. 土木工程学报, 2020, 53(9): 31-40.

作者简介:

朱冬进(1981--), 男, 汉族, 江苏南通人, 本科, 工程师, 研究方向: 从事材料检测工作。