

中含量钢纤维高强混凝土施工工艺优选

焦楚杰 孙 伟 秦鸿根 蒋金洋

关键词 :工艺 制备 钢纤维 高强混凝土

中图分类号 :TU 755.9

文献标识码 :B

文章编号 :1000-4726(2004)01-0034-02

OPTION CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF HIGH STRENGTH CONCRETE WITH MEDIUM STEEL FIBER

JIAO Chujie SUN Wei QIN Honggen JIANG Jinyang

Key words: technology; preparation; steel fiber; high strength concrete

钢纤维混凝土中乱向分布的短纤维的主要作用是阻碍混凝土内部微裂缝的扩展、阻碍宏观裂缝的发生与发展,以显著提高混凝土的抗拉强度和抗变形能力,并相应提高混凝土的抗剪、抗弯、抗扭和抗疲劳强度^[1-3]。从理论上讲,纤维体积率 V_f 越大,对混凝土的力学性能提高越有利,但在工程实践中,常将 V_f 控制在 2% 以内^[4],以避免出现纤维分散不均匀、拌合料和易性差、施工质量难以保证等不良后果。

本文结合某项 V_f 为 2%~3%、基体强度为 C100 的钢纤维混凝土工程,对常规条件下制备中含量钢纤维高强混凝土(SFRHSC)的施工工艺进行了优选,并对影响钢纤维在 SFRHSC 拌合料中分散均匀性的因素进行了分析。

1 试验概况

原材料:哑铃形矩形截面钢纤维和端钩形圆截面钢纤维,52.5P II 普通硅酸盐水泥,优质粉煤灰,硅粉,中砂,玄武岩碎石,自来水,高效减水剂。材料配合比见表 1。

2 施工工艺

SFRHSC 生产过程中,投料、搅拌和成型,都要尽可能有利于混凝土的密实和钢纤维的均匀分布。SFRHSC 构件的强度是由钢纤维分布最少的那个截面所决定的。混凝土不密实或钢纤维的分布不均匀就意味着 V_f 的降

表 1 SFRHSC 配合比

kg/m³

组别	水泥	粉煤灰	硅粉	砂	石子	高效减水剂	水	钢纤维
C100V ₀	440	55	28	629	1222	7.6	132	0
C100V ₂	460	55	28	821	964	7.8	137	156
C100V ₃	470	55	28	878	878	7.9	139	234

低,甚至由于混凝土中的钢纤维结团会导致构件的局部强度削弱,所以,混凝土的密实性与钢纤维分布的均匀性是 SFRHSC 制备的关键。

2.1 投料与搅拌

为了避免出现钢纤维结团现象,我们首先试验了多种投料与搅拌方式,其中有以下两种。

第一种,先干后湿。步骤为:(1)先加入石子,开动强制式搅拌机,缓慢撒入钢纤维;(2)加入砂,搅拌 30~50 s;(3)加入水泥、高效减水剂,搅拌 40~60 s;(4)掺硅粉和粉煤灰;(5)缓慢注入水,注水完毕,继续搅拌 1~2 min 后出料。

第二种,湿拌。步骤为:(1)先加入石子、砂,开动强制式搅拌机,搅拌 20 s;(2)加入水泥、高效减水剂,搅拌 40~60 s;(3)掺硅粉和粉煤灰;(4)缓慢注入水,搅拌 1~2 min;(5)缓慢撒入钢纤维,撒完继续搅拌约 30 s 后出料。

对于哑铃形钢纤维,采用第一种投料与搅拌方式时,石子和钢纤维能够均匀分散,但加砂后,钢纤维逐渐结团,加水后结团更加严重,砂浆将钢纤维牢固粘住,直径达 6 cm 的球状体内几乎没有石子。改用第二种方式时,钢纤维分散较均匀,基本上无结团现象。

对于端钩形钢纤维,采用上述两种投料与搅拌方式均可使钢纤维分散

均匀,无结团现象。

正式施工时,对两种钢纤维都采用第二种投料与搅拌方式。

2.2 成型

本次施工采取振动成型,插入式振捣器不能沿着结构受力方向垂直插入混凝土中,而是斜插入,与平面的夹角不大于 30°^[5],以避免钢纤维沿振捣器取向分布,降低纤维的方向有效系数。当混凝土不再下沉、不再出现气泡、表面开始泛浆时,即停止振捣,防止因过度振捣导致钢纤维在构件中上疏下密,造成新的不均匀现象。

3 施工效果

拆模后,构件表面无任何蜂窝麻面现象。1 个月后,对混凝土进行超声探测,结果表明结构内部基本密实。同时,对混凝土构件取芯,通过观察钻取芯样与施工同期制作的混凝土试件抗压、抗弯、抗劈拉强度试验后的碎块发现,钢纤维在混凝土中基本呈三维乱向分布。

本工程施工过程中,对 C100V₀、C100V₂、C100V₃ 构件分别制作相应的抗压、抗弯与抗劈拉试件各 15 组。3 种配合比材料 28 d 的抗压强度标准值分别为 119.3 MPa,121.0 MPa,125.5 MPa;弯拉强度标准值分别为 9.11 MPa,20.61 MPa,22.60 MPa;劈拉强度标准值分别为 7.51 MPa,12.70 MPa,13.34 MPa。施工

焦楚杰,1974 年 10 月生,湖南浏阳人,东南大学材料科学与工程系,博士研究生,210096,南京

收稿日期 2003-06-13

1 个月后,钻取 3 种配合比材料的芯样的抗压强度标准值分别为 115.0 MPa, 119.4 MPa, 124.2 MPa。由上述数值可看出,混凝土抗压强度符合要求^[6],钢纤维对混凝土的抗弯强度与抗劈拉强度增强效果显著,施工效果好。

4 分析

4.1 钢纤维的长径比 l_f/d_f 、形状与截面形式的影响

哑铃形钢纤维比端钩形钢纤维难以搅拌均匀,原因在于:(1)前者 $l_f/d_f=50$,后者 $l_f/d_f=40$,长径比越大,搅拌时越易结团;(2)前者是矩形截面,哑铃形,端部翼缘与腹杆几乎成直角,后者是圆截面,端钩形,端钩与中轴夹角约为 150° ,前者比后者更易相互搭接咬合,从而更易结团,难以分散均匀。

4.2 投料次序的影响

采用第二种投料方式能使哑铃形钢纤维基本上分散均匀,而第一种方式却不行。因为第二种投料方式,胶凝材料与砂石已成糊状之后再散入钢纤维,胶状物与纤维之间的粘结力能够克服纤维与纤维之间的搭接咬合力,这有助于钢纤维被携带分散均匀。

至于端钩形钢纤维,由于其长径比、形状与截面形式造成纤维与纤维之间的粘结力相对较小,故采用两种投料方式皆可行。

4.3 高效减水剂与优质粉煤灰、硅粉的影响

高效减水剂在水泥颗粒表面的吸附,使水泥颗粒表面带有相同电荷而互斥,造成水泥颗粒在液相中的分散,絮凝结构中被水泥颗粒包围的水得以释放出来,从而改善了混凝土的和易性与流动性,使混凝土成型更易密实,在一定程度上也有利于钢纤维的分散均匀。

优质粉煤灰和硅粉的优点有以下几个方面。(1)其密度皆小于水泥的密度,因此比它们代替的水泥所形成的浆体体积要大一些,这导致新拌混凝土流动性增大。(2)优质粉煤灰颗粒大多数粒径为 $3\sim 6\mu\text{m}$,硅粉颗粒粒径更小($0.1\mu\text{m}$ 级),两者颗粒均远小于水泥颗粒($20\sim 30\mu\text{m}$)^[7,8];当优质粉煤灰与硅

粉的微细粒子填充于水泥粒子之间的空隙中时,同样起了“解絮”的作用,将原来空隙中的填充水置换出来,增大拌合料的流动性。(3)优质粉煤灰与硅粉的微细球状颗粒,在高效减水剂的协同作用下,在搅拌过程中,极小的圆球形颗粒的表面覆盖一层活性物质,像水泥粒子一样,颗粒之间存在着静电斥力;由于这些活性矿物细掺料球状粒子远小于水泥粒子,它们在水泥颗粒之间起到“滚珠”作用,使水泥浆体的流动性增加。此外,硅粉还使拌合料的粘聚性增大,从而增大了混凝土拌合料与钢纤维的粘结力,这有利于胶凝浆体携带钢纤维分散均匀。

4.4 钢筋分布的影响

从施工实践发现,钢筋间距不能小于 3 倍钢纤维长度,否则钢纤维难以振捣进入钢筋骨架之中,会导致混凝土不密实,钢纤维分散不开。另外,如果钢筋分布比较规则,有利于振捣器在构件上表面的不同位置斜向插入,从而有利于钢纤维分散均匀。

4.5 原材料计量的影响

钢纤维混凝土拌合料的砂率、水灰比和用水量对钢纤维的分散均匀性都有较大影响。在室外施工现场搅拌混凝土时,受天气和气温的影响,砂石含水率变化较大,应根据实际情况多测量几次砂石含水率,及时调整现场砂石和水的用量。此外,应严格控制投

料误差。

钢纤维混凝土的成型工艺还有砂浆渗浇、压力灌浆、灌浆与振动相结合等,尽管其钢纤维体积率可以达到 27%^[9],但这些工艺比较复杂,且原材料中不采用粗骨料,因而在一般的土木工程中应用不多。而采用普通施工工艺,制备中含量钢纤维混凝土,是适合我国国情的推广钢纤维混凝土应用的途径。

参考文献

- 1 Wang M L, Keierber D. Investigation of Shear Strength of SIFCON Using Torsion Tests. Construction and Building Materials, 1991, 5 (2): 93~100
- 2 孙伟. 钢纤维对高强混凝土的增强、增韧与阻裂效应的研究. 东南大学学报, 1991(1): 50~57
- 3 李其廉. 配筋钢纤维混凝土受扭构件力学性能的研究. 见: 全国第四届纤维水泥与纤维混凝土学术会议论文集. 南京, 1992. 311~318
- 4 赵国藩, 彭少民, 黄承逵, 等. 钢纤维混凝土结构. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. 28
- 5 黄士元, 蒋家奇, 杨南如, 等. 近代混凝土技术. 西安: 陕西科学技术出版社, 1998. 457
- 6 中国土木工程学会高强混凝土委员会. 高强混凝土结构设计及施工指南. 第 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001. 90
- 7 郑娟荣, 覃维祖. 高性能混凝土各组成材料的选择及试验研究. 建筑技术, 2002, 33(1): 23~25
- 8 蒲心诚, 王勇威. 高效活性矿物掺料与混凝土的高性能化. 混凝土, 2002(2): 3~6
- 9 Lankard D R. Slurry Infiltrated Fiber Concrete. Concrete International, 1984(12): 44~47

找到了.....

北京云上星数码图文制作

☉ 数码工程复印

☉ CAD 出图晒图

☉ 高速文稿复印

☉ 彩色激光复制

☉ 多种方式装订

☉ 彩色数码喷绘

☉ 各类户外广告

进口设备 一流服务 合理价格!

地址: 北京市朝阳区新源南路甲 7 号(京城大厦对面)

24 小时服务热线: (010)64637606 64608110

E-mail: ysx6868@163.com