

混杂 SIFCON 弯曲抗拉性能试验研究*

荀 勇¹⁾ 李玉寿²⁾ 余 斌³⁾ 陈颖龙⁴⁾ 金运富⁵⁾

- (1)盐城工学院建筑工程系,江苏 盐城 224003
(2)盐城工学院材料工程系,江苏 盐城 224003
(3)盐城工学院基础部,江苏 盐城 224003
(4)盐城工学院建筑工程系学生,江苏 盐城 224003
(5)盐城工学院材料工程系学生,江苏 盐城 224003

摘 要 主要报道在采用 SIFCON 工艺成型的高含量钢纤维混凝土中,加入 PP 改性聚丙烯纤维的复合材料弯曲抗拉性能试验的试验结果,并讨论在荷载作用下,试件挠曲和平截面转动的变形性能。

关键词 混杂 SIFCON; 弯曲; 抗拉强度; 应变

分类号 Tu528 **文献标识码** A **文章编号** 1008-5092(2000)01-0032-03

SIFCON 是美国 LANKRD 材料试验室于 80 年代发明的一种制作高含量钢纤维砼的工艺方法。该方法是将流动性砂浆注入事先放置于模板中的纤维骨架中,制成一种高纤维体积率的钢纤维混凝土——水泥砂浆灌注混凝土 (Slurry Infiltrated Fiber Concrete,简称 SIFCON)。其纤维体积率一般为 5%~20%,最高可达 27%。^[1]

据盐城工学院试验研究,在 SIFCON 成型的材料中掺入 PP 改性聚丙烯纤维,可以进一步提高复合材料的力学性能。为进一步了解混杂纤维加强的 SIFCON 成型材料的弯曲抗拉性能,我们进行了不同纤维含量的 4 点弯折梁试验。

1 试验用原材料及配比

1.1 所用材料

- (1)水泥,南京龙潭水泥厂产 525 # 普通硅酸盐水泥。
- (2)砂,含泥率小于 5%(清洗后晒干),最大粒径小于等于 2.5 mm(晒干后用 2.5 mm 的筛筛除大于 2.5 mm 的砂)。
- (3)水,日用自来水。
- (4)钢纤维,普通碳素钢钢纤维,薄钢板切断

法制得,长度 32 mm,直径 0.696 mm,长径比为 46。

- (5)外加剂,JM-I I 型高效减水剂。
- (6)PP 改性聚丙烯纤维,产品规格:11.1 dtex×10 mm。主要力学指标:断裂强度:4.65 cn/dtex,断裂伸长率:41%,张家港第二合成纤维厂生产。

1.2 试验用材料配比

试验用材料配比见表 1。

表 1 混杂 SIFCON 材料配比
Table 1 Mixture ratio of combined SIFCON material

钢纤维掺量	其它材料配比			
	水灰比	灰砂比	外加剂掺量	PP 纤维掺量
6%	0.34	1:1	1.4%	600 g/m ³
8%	0.34	1:1	1.4%	600 g/m ³
10%	0.34	1:1	1.4%	600 g/m ³
0	0.34	1:1	1.4%	0

2 试件制作

试件尺寸选用 150×150×550 mm 的试模。制作时,先在试模内铺放钢纤维,然后把试模放在振动台上振动约 5 min,接着把拌好的水泥砂浆浇筑到试模内,边振动边加水泥砂浆,对水泥砂

* 收稿日期:1999-05-31
第一作者简介:荀 勇(1964-),男,江苏滨海县人,副教授,硕士,从事结构技术和地基处理教研工作。

浆先进行干拌,边拌边加入捻散的 PP 改性纤维和溶有减水剂的水。最后再把试模表面的水泥砂浆拌平,在自然状态下养护 24 h 后脱模,然后再在常温下养护 28 d,测试其强度。

3 试验方法

(1)采用三分点对称加载的方法试验,试验装置如图 1 所示;

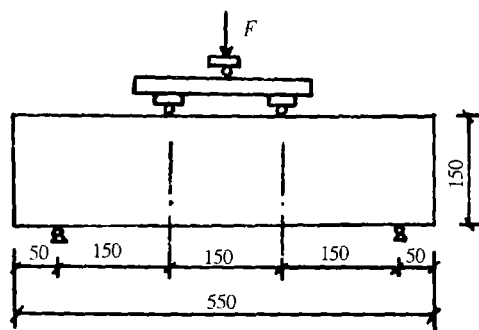


图 1 抗折试验示意图

Fig.1 Fractural test diagram

(2)本次试验在 液压式万能试验机上进行,试验采用百分表测挠度,电脑应变片测砼沿高度方向应变的分布,详见图 2,采用 YJ-5 电阻应变仪,5 点共同补偿片,半桥测量。

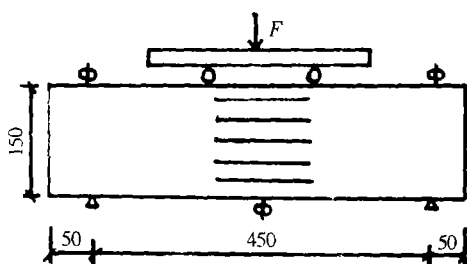


图 2 小梁抗弯试验装置

Fig.2 Bending test installation of small beams

(3)加荷采用 20 kN 为一级,逐级加荷,并逐级记录 3 只百分表数值和应变片数值^[3]。

(4)弯曲抗拉强度采用下式计算。

$$f_r = \frac{pl}{bh^2}$$

式中: f_r —弯曲抗拉强度; p —试验机上压力最大值; l —梁跨; b —截面尺寸。

4 试验结果

(1)通过试验,我们得荷载挠度曲线如图 3 所示。

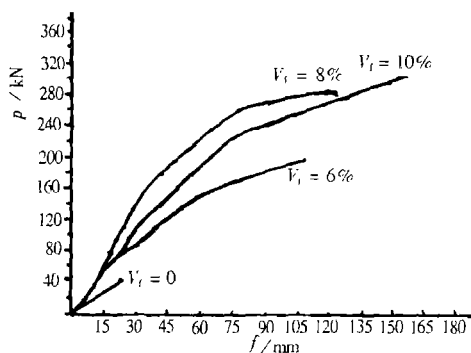


图 3 小梁的荷载挠度曲线

Fig.3 Loading deflection curves of small beams

(2)弯曲抗拉强度:利用公式 $f_r = \frac{pl}{bh^2}$ 算出弯曲抗拉强度,如图 4 所示。

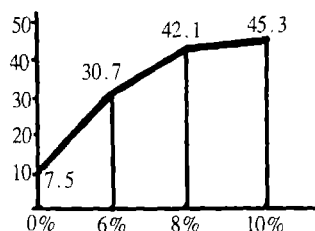


图 4 小梁弯曲抗拉强度曲线

Fig.4 Bending tensile strength curves of small beams

(3)各种纤维含量小梁截面应变如图 5,图 6,图 7,图 8 所示。

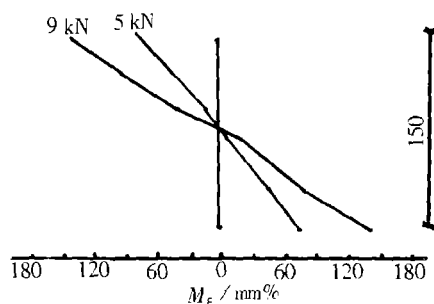


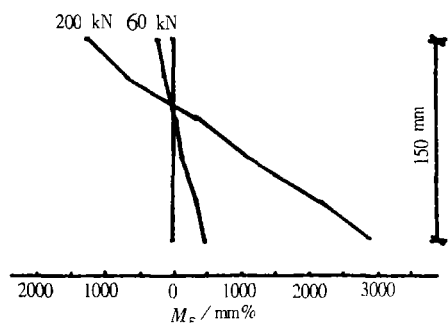
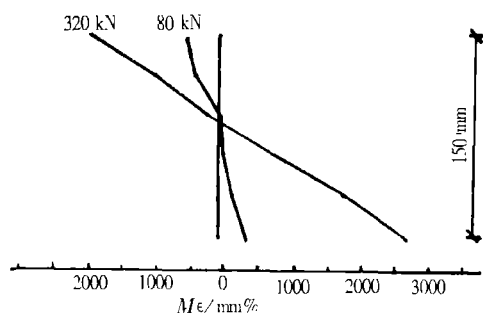
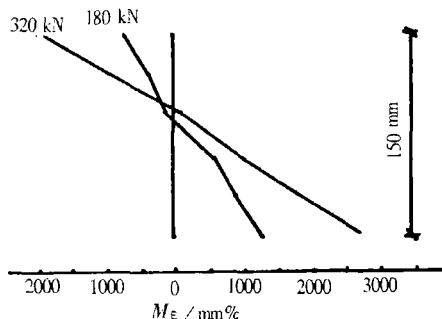
图 5 无纤维小梁应变

Fig.5 Strain of the fibreless small beam

5 试验结果分析

5.1 荷载挠度曲线分析

从试验绘出的挠度曲线可以看出,随着纤维含量的提高,试件在相同荷载作用下的变形逐渐变小(10%纤维含量的除外,因其在制作过程中不够密实),各种纤维含量的试件的挠曲变形计算面积如下:

图 6 $V_f = 6\%$ 的小梁应变Fig. 6 Strain of $V_f = 6\%$ small beam图 7 $V_f = 8\%$ 的小梁应变Fig. 7 Strain of $V_f = 8\%$ small beam图 8 $V_f = 10\%$ 的小梁应变Fig. 8 Strain of $V_f = 10\%$ small beam

不含: $56 \times 17 = 952$ ($\text{kN} \cdot \text{mm}$);

含 6%: $200 \times 114 = 22800$ ($\text{kN} \cdot \text{mm}$);

含 8%: $300 \times 115 = 34500$ ($\text{kN} \cdot \text{mm}$);

含 10%: $320 \times 165 = 52800$ ($\text{kN} \cdot \text{mm}$);

从以上计算数据可以看出, 尽管 10% 纤维含量的试件由于内部不够密实, 在相同荷载作用下变形较大, 但因其纤维含量高, 所以抗变形能力较强, 这一点从其挠曲变形面积最大得到体现。

5.2 弯曲抗拉强度分析

对弯曲抗拉强度公式进行分析可知, 试件的弯曲抗拉强度与试件的最大弯曲承载力成正比。

同样随着纤维含量的提高, 试件的弯曲抗拉强度也逐渐提高。从弯曲抗拉强度曲线上可以看出, 不含钢纤维的试件弯曲抗拉强度很低, 这说明基体内加入钢纤维对基体的弯拉性能有较大改善^[2]。

5.3 钢纤维砼梁达极限强度时受压区高度

人们对普通钢纤维砼梁的研究表明, 钢纤维砼梁达极限强度时, 受压区高度 X 和钢纤维含量特征参数 λ_f 关系如下:

$$X = (K - 0.15 \sqrt{\lambda_f}) h \quad (1-1)$$

式中 K —与砼塑比系数 γ 有关的参数, 一般建议 $K = 0.5$; λ_f —钢纤维含量特征参数。

根据本次试验结果, 纤维含量为 6% 的小梁受压区高度 X_6 值为 32 mm, 8% 的小梁的 X_8 值为 35 mm, 10% 的小梁 X_{10} 值为 38 mm, 取 $K = 0.5$, 根据钢纤维形状, 取 $L_f/d_f = 15$, 利用公式 (1-1) 计算, $X_6 = 33$ mm, $X_8 = 34$ mm, $X_{10} = 37$ mm, 因此, 我们可以得出初步结论, 公式 (1-1) 取 $K = 0.5$, 对钢纤维含量 $\leq 10\%$ 的钢纤维砼受弯构件也是适用的。

5.4 弯曲韧性比较

从荷载挠度曲线我们可以看出, 由于高含量钢纤维砼多缝开裂的特点, 使得弯折构件在开裂后承载力和变形都有很大的发展, 随着钢纤维含量的提高, 不仅材料的弯拉强度得到提高, 其延性也得到明显增强。

我们采用能量比法计算初度指标, 即让最大荷载值以下曲线和横坐标轴围成的面积, 除以初裂点以下曲线和横坐标轴围成的面积, 记为 $T \cdot I$ 值。根据图 3, 经近似估算, 我们取不含纤维的小梁初度 $T \cdot I = 1$, 含纤维 6% 的小梁初度 $T \cdot I = 23$, 含 8% 的小梁初度 $T \cdot I = 36$, 含 10% 的小梁初度 $T \cdot I = 55$ 。

6 结束语

该项试验研究表明, 用混杂 SIFCON 工艺成型高含量钢纤维砼抗拉强度, 截面延性, 随钢纤维含量的提高而增加, 加入纤维的砼与不加纤维的砼相比力学性能有较大提高。采用 SIFCON 工艺制作的钢纤维砼含纤维率以 8% 为宜, 纤维含量 $\leq 2\%$ 增强作用不大, 含量 $\geq 10\%$ 对于厚度 5 cm 的构件采用 SIFCON 工艺成型又可能难以密实。

(下转第 59 页)

参 考 文 献

- 1 Hiroshi Miki&Tesuya Yamada. Application of geotextile tube dehydrated soil to form embankments[J]. Environmental Geotechnics, Kamon(ed.), 1996, 47(9): 127 ~ 129.
- 2 徐少曼,林瑞良.提高土工织物加筋效果的新途径[J].岩土工程学报, 1997, (3): 8 ~ 11.
- 3 张诚厚.高速公路软基处理[M].北京:中国建筑工业出版社, 1998.

Discussion on Application of Geotextile Soil-ballasted Sack to Laying Road Embankment in Soft Soil Area

Cheng Penghuan Li Fei

(Department of Constraction Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

Abstract In this paper, the engineering characteristics, construction procedure and results tests of geotextile soil-ballasted sack technology are introduced. Based on studying on prestraining and reinforcing mechanism of soil-ballasted sack, the key to the conventional design of geotextile soil-ballasted sack is illustrated, which is of comparatively wide practicalness.

Keywords geotextile; soil-ballasted sack; engineering characteristics; reinforcing mechanism; the design approach

(上接第 34 页)

参 考 文 献

- 1 高丹盈,刘建秀.钢纤维砼基本理论[M].北京:科学技术文献出版社, 1994. 8 ~ 37.
- 2 高丹盈.钢纤维砼弯曲性能研究[J].郑州工学院学报, 1992(1): 37 ~ 42.
- 3 姜福田.混凝土力学性能与测定[M].北京:中国铁道出版社, 1989. 56 ~ 87.

Experiment & Research on Mixed SIFCON Bending Tensile Performance

Xun Yong¹⁾ Li Yushou²⁾ She Bin³⁾ Cheng Yinglong⁴⁾ Jin Yunfu⁵⁾

- 1) Department of Constraction Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 2) Department of Material Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 3) Department of Basic Science of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 4) Department of Constraction Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 5) Department of Material Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC

Abstract This text main report the experiment result of bendig tensile Performance of the composite material whose base is added in pp modified polypropylene fiber and who is made use of mixed SIFCON technology and report the deformation performance of the composite material, about flexure and rotation of the horizontal section of the test specimen.

Keywords mixed SIFCON; bending; tensile strength; strain