

钢纤维碱矿渣混凝土梁受弯力学性能试验研究

石艳羽 李静

兰考三农职业学院 河南兰考 475300

摘 要: 为研究钢纤维碱矿渣混凝土梁受弯力学性能,以钢纤维掺量为变量,制作了 4 根试验梁试件,开展了相关受弯力学性能试验,试验结果表明:试验梁均为适筋破坏;随着钢纤维掺量的掺入和增加,试件的开裂弯矩和极限承载力均有所提高,其中体积率为 1.4% 的钢纤维试件提高最为明显;试件在受力过程中均符合平截面假定;钢纤维的掺入可有效抑制试件裂缝的发展,同时减小跨中挠度,其减小程度会随着钢纤维体积率的增加而愈加明显。

关键词: 钢纤维碱矿渣混凝土; 体积率; 受弯力学性能; 破坏形态

0 引言

碱矿渣混凝土是以工业废弃的高炉矿渣为主要胶凝材料,用碱性溶剂激发其活性,并掺入骨料而形成的一种绿色混凝土,具有节能环保的优良性能,然而碱矿渣混凝土收缩变形大和易开裂的问题限制了其推广应用^[1]。而钢纤维材料具有较好的抗剪、抗拉、延展性好等优点。相关试验表明,在混凝土基质材料中加入钢纤维,可提高混凝土的抗渗、抗收缩、以及抗变形能力,并可降低结构正常使用阶段裂缝宽度^[2]。在混凝土材料中掺入纤维可显著提高和改善混凝土的耐久性和抗变形能力[3, 4]。在碱矿渣混凝土中掺入抗拉性能优良的钢纤维使其形成一种新型复合材料,该新型材料结构能够充分发挥二者的优势。近些年来,国内外学者对钢纤维混凝土结构力学性能进行了相关方面的研究。高丹盈等^[5]对不同厚度钢筋钢纤维混凝土梁进行受剪性能分析,得出结论钢纤维对提高试件梁的受剪承载力有显著影响。Biolzi^[6]对钢纤维混凝土梁受弯性能进行研究,试验结果证明钢纤维可显著提高其承载力和延性。

课题以掺入的钢纤维为变量,制作不同体积率的钢纤维碱矿渣混凝土梁,对其受弯力学性能进行试验研究,分析了不同钢纤维体积率对碱矿渣混凝土梁开裂荷载、极限抗弯承载力、破坏形式等的影响。

1. 试验设计

试件设计

本次试验分别以钢纤维体积率为 0%、0.5%、0.9% 及 1.4% 制作 4 根钢纤维碱矿渣混凝土梁(SASC),试件剪跨比为 3.77,保护层厚度为 25mm。试件设计截面情况如图 1 所示。

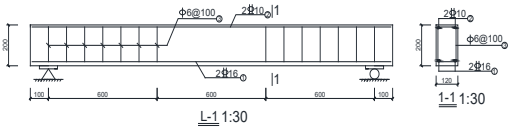


图 1 试件截面尺寸

1.2 测点布置

(1) 混凝土应变

在试件弯剪区段及梁的跨中侧面一侧等高度距离粘贴混凝土表面应变片。

(2) 挠度测试

梁共布置 5 个挠度测点。分别位于梁两侧支座上部、梁底跨中及梁底跨中两侧 1/3 跨度处。

1.3 试验方法

试件加载形式为对称加载,两端支座为固定和滚动铰支座。通过分配梁将荷载传递到试验梁中,并在梁的两端加载点、加载点下方以及中点处分别放置了百分表,便于观察构件加载时的挠曲变形。

2. 试验现象及结果分析

2.1 试件破坏过程

(1) 试验梁 SASC-1

初始时,构件无明显现象。加载至 15kN 时,构件

跨中位置产生裂缝, 裂缝宽度大约为 0.09mm, 长度为 36mm。当荷载增加至 80kN 左右时, 试验梁的百分表突然变快, 裂缝发展较快, 可初步判断受力钢筋达到屈服, 90kN 左右时试验梁内部发出脆裂声同时观察到梁跨中底部有多条纵向贯穿裂缝, 受压区混凝土被压碎, 试件达到破坏。

(2) 试验梁 SASC-2

加载至 19.5kN 时, 试件跨中开裂, 测量其宽度约为 0.1mm, 长度约为 28mm。荷载加载到 65kN 时, 可以听到梁内部传出吱吱的脆响声, 分析原因可能是钢筋纤维在梁内部受拉时所发出的声音。当荷载增加到 95kN 左右时, 百分表突然转的特别快, 同时观察到试验梁跨中部位发生明显弯曲, 受压区混凝土被压碎, 此时认为试验梁已经破坏。

(3) 试验梁 SASC-3

加载至 22kN 时, 构件跨中位置首先开裂, 测量其宽度为 0.06mm, 裂缝长度约为 25mm。荷载增加到 80kN 时, 纯弯段多条裂缝明显变宽, 测量裂缝宽度大约为 0.28mm 并且可明显听到试验梁脆响撕裂的声音。荷载增加到 100kN 时, 出现加载困难, 可观察到试件变形且受压区混凝土被压碎, 此时认为试验梁破坏。

(4) 试验梁 SASC-4

当荷载增加到 25kN 时, 试验梁的跨中部位发生开裂, 测量裂缝宽度为 0.06mm, 长度约为 25mm。加载至 90kN 时, 纵筋屈服。加载至 110kN 时, 观察到试验梁上部受压区混凝土裂而不碎且加载困难, 此时认为构件达到破坏。

2.2 试件开裂弯矩及极限荷载

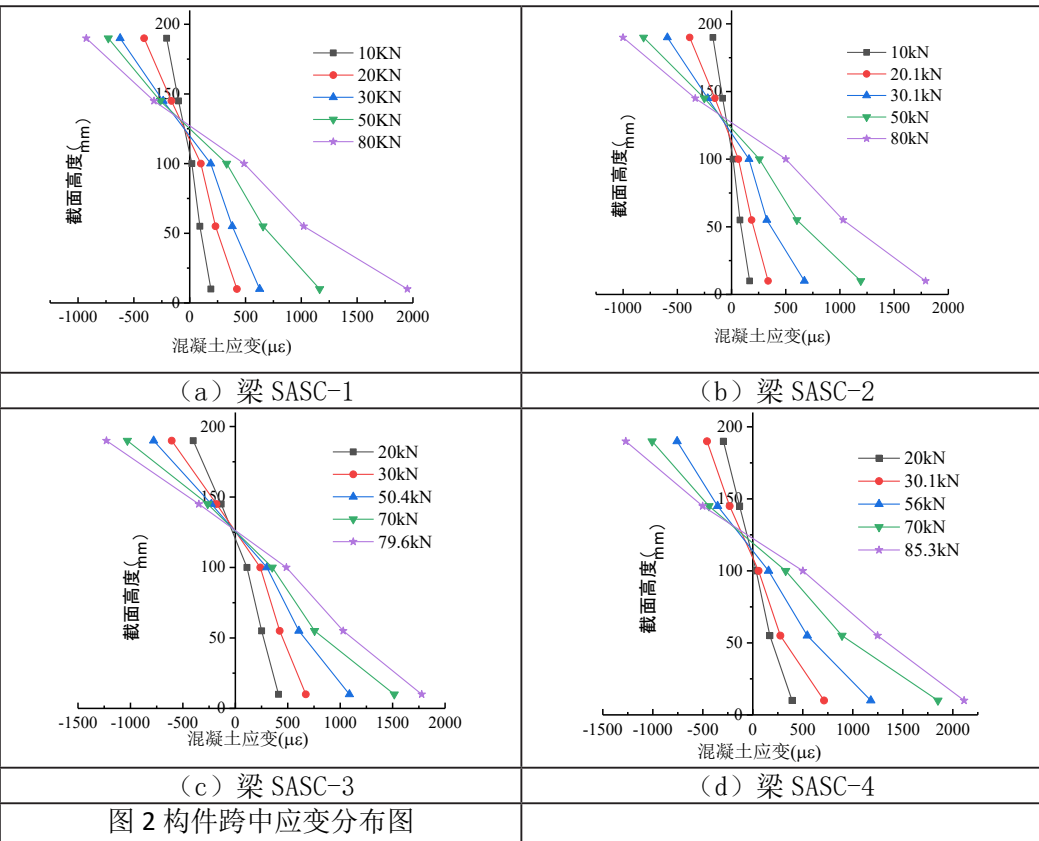
4 根试验梁的开裂和极限荷载见表 1。

表 1 试验结果

试件编号	开裂荷载 P_g (kN)	开裂弯矩 M_{fcr0} (kN·m)	极限荷载 P_u (kN)	极限弯矩 M_{fu0} (kN·m)	破坏形态
SASC-1	15.8	4.74	89.4	26.82	适筋破坏
SASC-2	19.5	5.85	96.4	28.92	适筋破坏
SASC-3	22.1	6.63	100.2	30.06	适筋破坏
SASC-4	25.3	7.59	111.5	33.45	适筋破坏

2.3 平截面假定分析

根据 4 根试件上应变片所测数据, 得到不同荷载等级下混凝土梁截面高度和跨中混凝土应变关系曲线图, 如图 2 所示。



由上图数据分析可得, 构件跨中各点应变与该点到中性轴的距离基本成正比, 符合平截面假定。

2.4 钢筋应变结果分析

通过应变采集仪记录的数据绘制受拉钢筋应变与

荷载关系图，如图 3 所示。

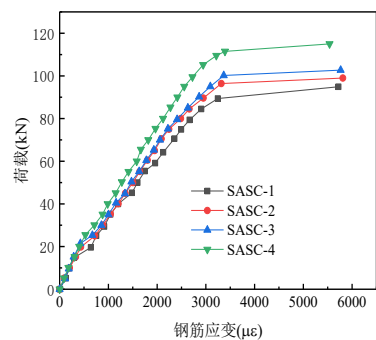


图 3 荷载 - 受拉纵筋应变曲线

由图可知，构件开裂前，荷载 - 受拉纵筋应变曲线基本呈线性增加；加载至构件开裂时，试件截面发生应力重分布，纵筋完全承担了原本由混凝土和纵筋共同承担的拉应力，而掺入钢纤维的试验梁由于钢纤维的增强作用，纵筋应变的突变要缓和许多；受拉纵筋屈服后，纵筋应变增加迅速，直至应变片破坏。

2.5 跨中挠度分析

通过 5 个百分表来测量构件的跨中挠度如图 4 所示。

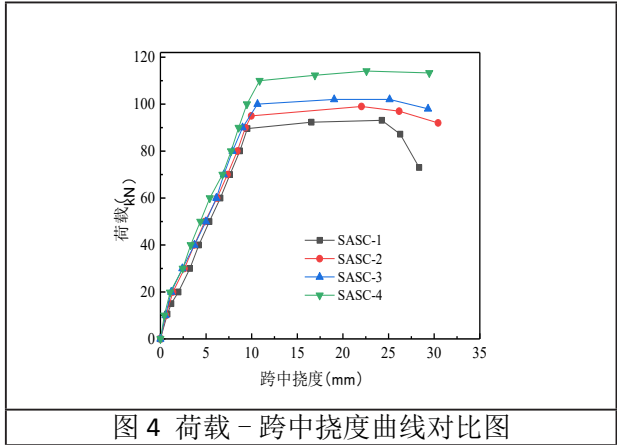


图 4 荷载 - 跨中挠度曲线对比图

由图 4 可知，构件产生裂缝之前，跨中挠度基本呈线性增长，此时试验梁处于弹性阶段；当构件产生裂缝之后，试件跨中挠度曲线出现了拐点，曲线斜率减小，试验梁刚度减小，挠度增长加快。在同等级荷载作用下，掺入了钢纤维的构件会产生更小的挠曲变形，且这种减小效果随着钢纤维体积率的增加愈加明显。

3 结论

4 根试验梁均为适筋破坏；钢纤维的掺入可显著

提高碱矿渣混凝土梁的开裂弯矩和极限承载力，当钢纤维体积率为 1.4% 时，相比对照组试件开裂弯矩提高了 56%，极限承载力提高了 23%。钢纤维碱矿渣混凝土梁在受弯过程中跨中截面应变符合平截面假定。钢纤维的掺入可减小受拉纵筋的应变和有效提高试验梁的延性和刚度，并且相同荷载等级下，钢纤维体积率越大，影响效果越显著。

参考文献

[1] 石艳羽. 钢纤维碱矿渣混凝土梁弯剪力学性能试验研究 [D]. 信阳师范学院, 2022. DOI:10.27435/d.cnki.gxsfc.2022.000149.

[2] ALIABDO A A, ABD ELMOATY A E M, EMAM M A. Factors affecting the mechanical properties of alkali activated ground granulated blast furnace slag concrete[J]. Construction and Building Materials, 2019, 197(10): 339-355.

[3] 高丹盈, 赵亮平, 冯虎, 等. 钢纤维混凝土弯曲韧性及其评价方法 [J]. 建筑材料学报, 2014, 17(05): 783-789.

[4] 朱海堂, 高丹盈, 谢丽, 等. 钢纤维高强混凝土弯曲韧性的研究 [J]. 硅酸盐学报, 2004, 32(05): 656-660.

[5] 高丹盈, 赵军, 朱海堂, 等. 钢筋钢纤维增强部分混凝土梁受剪性能试验研究 [J]. 水利学报, 1999, 44(02): 28-32.

[6] BIOLZI, LUIGI, CATTANEO, et al. Response of steel fiber reinforced high strength concrete beams: Experiments and code predictions[J]. Cement & concrete composites, 2017, 77(04): 1-13.

作者简介：石艳羽（1994-），女，汉，河南民权，研究生，助教，研究方向：钢纤维碱矿渣混凝土材料性能。