

文章编号: 0451-0712(2004)12-0163-07

中图分类号: TU528.572

文献标识码: A

新型纤维增强混凝土梁的抗弯冲击特性

邓宗才¹, 李建辉¹, 孙宏俊¹, 傅智²

(1. 北京工业大学建筑工程学院 北京市 100022; 2. 交通部公路科学研究所 北京市 100088)

摘 要: 为了研究纤维增强混凝土梁的抗弯冲击特性,利用自制的自由落锤抗弯冲击试验装置,测定了不同体积掺率下细直径的腈纶纤维、聚酯纤维、玻璃纤维,粗直径的聚丙烯纤维和哑铃形钢纤维增强混凝土梁的抗弯冲击力学性能。试验表明:纤维增强混凝土梁的冲击次数与纤维品种和体积掺率有关;当细直径纤维的体积掺率为0.07%~0.27%时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数分别为素混凝土的1.1~4.5倍和1.1~4.4倍;当粗直径纤维的体积掺率为0.5%~1.4%时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数分别为素混凝土梁的2.4~4.6倍和5.2~31.0倍。细纤维增强混凝土梁的初裂冲击性能优于粗纤维增强混凝土梁,粗纤维增强混凝土梁的破坏冲击性能和冲击延性明显优于细纤维增强混凝土梁。

关键词: 抗弯冲击; 腈纶纤维; 聚酯纤维; 玻璃纤维; 粗聚丙烯纤维; 钢纤维; 混凝土

目前国内外对纤维混凝土的抗冲击性能研究主要是关于抗压冲击性能,而对抗弯冲击性能研究甚少。但实际上桥梁、路面和薄板等结构受冲击荷载作用,破坏一般属于弯曲冲击破坏,所以对纤维混凝土的抗弯冲击性能研究就更具有实际工程意义。

本文重点研究了新型腈纶纤维、聚酯纤维、玻璃纤维、粗聚丙烯纤维和异形钢纤维增强混凝土梁的抗弯冲击性能,为今后将新型纤维用于道路路面、桥梁面板、机场跑道、堆石坝面板等工程提供试验数据。

目前国内外对纤维混凝土的抗弯冲击性能研究

较少,无标准的冲击试验装置,作者研制了自由落锤抗弯冲击试验装置,该装置具有简单和实用等优点。

1 试验研究方法

1.1 纤维的材性

根据纤维混凝土技术规程(CECS14:2004)规定,当纤维直径为10~99 μm时称为细纤维,直径大于0.1 mm称为粗纤维。纤维的材料性能及几何特性列于表1,粗聚丙烯纤维是日本生产的BarChip粗纤维。

表1 纤维材性及几何特性

纤维种类	密度 g/cm ³	抗拉强度 MPa	弹性模量 GPa	极限延伸率 %	长度 mm	直径 μm	长径比
腈纶纤维	1.18	410	3~8	12~20	20	26.8	746.3
聚酯纤维	1.38	650~850	10~15	7~12	19	6	3 167
玻璃纤维	2.6	3 500	69	2.0~3.5	12	14	857
粗聚丙烯纤维	0.91	624~758	3.5	15~25	30	553	54.2
钢纤维	7.8	890	154~168	3.5	35	676	51.7

1.2 混凝土的配合比

水泥为32.5(R)普通硅酸盐水泥,碎石粒径5~20 mm,中砂,纤维混凝土配合比见表2。

1.3 试件

试件用100 mm×100 mm×400 mm的钢模具浇注,每一配合比浇注10个试件。试件浇注24 h后

脱膜,标准养护28 d,试验前4 h从养护室取出晾干。

1.4 试验方法

本试验采用如图1所示的自制自由落锤抗弯冲击试验装置。

落锤是一个实心圆柱体,横截面直径30 mm,锤头部为球面,锤重1.4 kg。自由落锤的冲击高度为

表 2 纤维混凝土配合比 kg/m³

试件名称	水泥	砂	石子	水	纤维
素混凝土	360	647	1 100	170	0
腈纶纤维混凝土(0.07)	360	647	1 100	170	0.8
腈纶纤维混凝土(0.13)	360	647	1 100	170	1.5
腈纶纤维混凝土(0.15)	360	647	1 100	170	1.8
聚酯纤维混凝土(0.06)	360	647	1 100	170	0.8
聚酯纤维混凝土(0.10)	360	647	1 100	170	1.38
聚酯纤维混凝土(0.13)	360	647	1 100	170	1.8
玻璃纤维混凝土(0.11)	360	647	1 100	170	2.8
玻璃纤维混凝土(0.19)	360	647	1 100	170	5
玻璃纤维混凝土(0.27)	360	647	1 100	170	7
粗聚丙烯纤维混凝土(0.99)	360	647	1 100	170	9
粗聚丙烯纤维混凝土(1.21)	360	647	1 100	170	11
粗聚丙烯纤维混凝土(1.43)	360	647	1 100	170	13
钢纤维混凝土(0.51)	360	647	1 100	170	40
钢纤维混凝土(0.77)	360	647	1 100	170	60

注:括号内数值为纤维的体积掺量,单位为%。

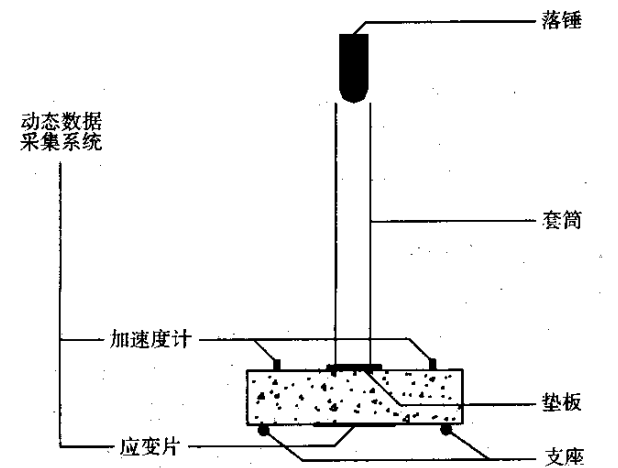


图 1 试验装置

400 mm。梁两端为简支,净跨 340 mm。

落锤在钢空心圆筒内做自由落体运动,同时圆筒用于控制落锤下落高度。在圆筒底部垫一块100 mm×100 mm×10 mm 的钢板,避免落锤直接砸在混凝土梁表面上,防止混凝土产生凹陷和裂缝。采用长度 100 mm 的电阻应变片,应变片贴在混凝土梁底部受拉区的中部。在离梁两端各 50 mm 处放置加速度仪,测定梁在冲击过程中的加速度。

试验方法:把应变片和加速度仪用导线连接到美国生产的 wavebook 512 动态应变仪上,计算机自动采集数据。置落锤于套筒上方,落锤锤头底面与套筒上沿平齐,落锤的冲击荷载通过钢板传递到梁上。每次冲击从落锤自由下落开始,至落锤完全静止为结束。冲击过程中尽量避免落锤与套筒内表面接触。如此反复多次进行,直至试件破坏,计算机记录应变值和加速度。

试验结果评定方法:(1)初裂,梁从无裂缝至产生微裂缝,当应变值发生突变时,梁一般发生初裂;(2)破坏,梁横向主裂缝贯穿至梁的上表面时称梁发生了冲击破坏,通过放大镜用肉眼观察裂缝是否贯穿至全截面来判断梁的破坏。

把纤维增强混凝土梁的破坏冲击次数(N_f)与初裂冲击次数(N_c)的比值定义为纤维混凝土冲击延性指标(β),表达式为: $\beta=\frac{N_f}{N_c}$ 。

2 试验结果及讨论

细纤维增强混凝土梁和粗纤维增强混凝土梁的冲击次数分别列于表 3 和表 4,表中冲击次数为平均值。对每一种混凝土配合比测试了 10 个试件,其平均值能够反映材料的抗弯冲击性能。

表 3 细纤维增强混凝土梁冲击次数

梁的种类	初裂冲击性能		破坏冲击性能		冲击延性	
	平均冲击次数	与素混凝土梁比值	平均冲击次数	与素混凝土梁比值	平均冲击指标	与素混凝土梁比值
素混凝土	25.8(0.33)	1.0	26.8(0.32)	1.0	1.04	1.00
腈纶纤维混凝土(0.07)	114.7(0.53)	4.4	116.5(0.52)	4.3	1.02	0.98
腈纶纤维混凝土(0.13)	28.6(0.36)	1.1	30.4(0.33)	1.1	1.06	1.02
腈纶纤维混凝土(0.15)	38.1(0.80)	1.5	40.1(0.76)	1.5	1.05	1.01
聚酯纤维混凝土(0.06)	37.7(0.64)	1.5	40.0(0.60)	1.5	1.06	1.02
聚酯纤维混凝土(0.10)	38.1(0.47)	1.5	40.3(0.45)	1.5	1.06	1.02
聚酯纤维混凝土(0.13)	114.9(0.62)	4.5	117.8(0.61)	4.4	1.03	0.99
玻璃纤维混凝土(0.11)	58.6(0.53)	2.3	60.9(0.52)	2.3	1.04	1.00
玻璃纤维混凝土(0.19)	72.0(0.56)	2.8	74.9(0.53)	2.8	1.04	1.00
玻璃纤维混凝土(0.27)	75.5(0.40)	2.9	77.7(0.39)	2.9	1.03	0.99

注:1. 试件名称栏内括号内数值为纤维的体积掺量,单位为%;
2. 其余括号内数值为离散系数,离散系数=标准差/均值($\delta=\frac{\sigma}{\mu}$)。

表 4 粗纤维增强混凝土梁冲击次数

梁的种类	初裂冲击性能		破坏冲击性能		冲击延性	
	平均冲击次数	与素混凝土梁比值	平均冲击次数	与素混凝土梁比值	冲击延性指标	与素混凝土梁比值
素混凝土	25.8(0.33)	1.0	26.8(0.32)	1.0	1.04	1.00
粗聚丙烯纤维混凝土(0.99)	68.9(0.41)	2.7	224.2(0.71)	8.4	3.26	3.13
粗聚丙烯纤维混凝土(1.21)	70.7(0.19)	2.7	712.7(0.14)	26.6	10.08	9.69
粗聚丙烯纤维混凝土(1.43)	62.8(0.53)	2.4	831.0(0.23)	31.0	13.23	12.72
钢纤维混凝土(0.51)	119.5(0.27)	4.6	139.9(0.27)	5.2	1.17	1.13
钢纤维混凝土(0.77)	101.0(0.69)	3.9	172.9(0.67)	6.5	1.71	1.64

注:同表 3。

2.1 纤维的分散性能

由图 2 可知,纤维增强混凝土梁冲击次数的离散性比素混凝土大。纤维的分散性影响梁冲击次数的离散性。粗纤维增强混凝土梁冲击次数的离散系数比细纤维增强混凝土梁低,表明粗纤维的分散性比细纤维要好。粗纤维长径比小,相同掺量下总表面积小,包裹纤维所需水泥浆较少,混凝土的流动性相对较高,纤维易于均匀分散。粗聚丙烯纤维的分散性明显优于钢纤维。在细纤维中,聚酯纤维、腈纶纤维、玻璃纤维增强混凝土梁冲击次数的离散系数依次降低,表明聚酯纤维、腈纶纤维、玻璃纤维的分散性依次提高。冲击次数试验结果的离散系数大小与浇注过程中观察到的纤维分散情况完全吻合。

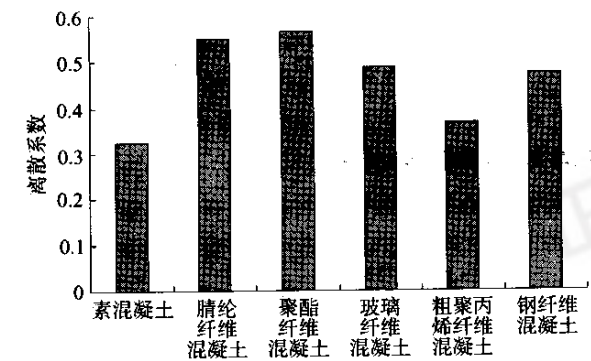


图 2 纤维增强混凝土梁冲击次数的离散系数

2.2 破坏形态及机理

素混凝土梁在冲击过程中,首先在梁的底部出现一条横向主裂缝,裂缝发展迅速,破坏呈明显脆性。纤维增强混凝土梁初裂后的变形主要取决于纤维与凝胶体间的粘结滑移特性。随着纤维在开裂面上的脱粘拔出或纤维在开裂面上逐渐被拉断,梁逐渐丧失承载力直至破坏。试验发现:细纤维增强混凝土梁冲击破坏呈一定延性,粗纤维增强混凝土梁冲击破坏时延性良好。

与素混凝土比,腈纶纤维、聚酯纤维、玻璃纤维增强混凝土梁在冲击过程中,初裂出现得较晚,随后主裂缝快速贯穿至梁的整个横截面,破坏面较平整,纤维多为拔断;粗聚丙烯纤维增强混凝土梁初裂后,主裂缝上升到梁的横截面大约一半时,分叉为 2~3 条裂缝向上延伸,破坏时梁挠度较大,梁中纤维的“桥联”作用较强,且纤维无拉断现象。钢纤维增强混凝土梁破坏面呈较大的凹凸不平,纤维多为拔出。

纤维在提高混凝土抗弯冲击性能的作用可归纳为两个方面:首先是“桥联”作用,纤维阻止裂缝的发展,在纤维被拔出或拉断中消耗大量的冲击能量;其次是“增韧”作用,即增加混凝土梁的弹性变形能力,纤维弹性变形的恢复,促使梁的变形得以部分恢复,减缓混凝土梁塑性变形的发展,在反复的弹性变形中消耗冲击能量。

2.3 纤维体积掺率与纤维增强混凝土梁抗弯冲击次数的关系

新型纤维增强混凝土梁冲击次数与纤维体积掺率的关系曲线如图 3~图 6 所示。

经过统计分析,纤维增强混凝土梁冲击次数与纤维体积掺率有如下关系式:

(1) 聚酯纤维混凝土梁:

$$N_c = 9\,855.1\rho_f^2 - 689.24\rho_f + 28.95$$
$$(R^2 = 0.86)$$
(1)

$$N_f = 9\,800.5\rho_f^2 - 669.03\rho_f + 30$$
$$(R^2 = 0.86)$$
(2)

(2) 玻璃纤维混凝土梁:

$$N_c = 19.315 \ln(\rho_f) + 102.03$$
$$(R^2 = 0.96)$$
(3)

$$N_f = 19.309 \ln(\rho_f) + 104.49$$
$$(R^2 = 0.94)$$
(4)

(3) 粗聚丙烯纤维混凝土梁:

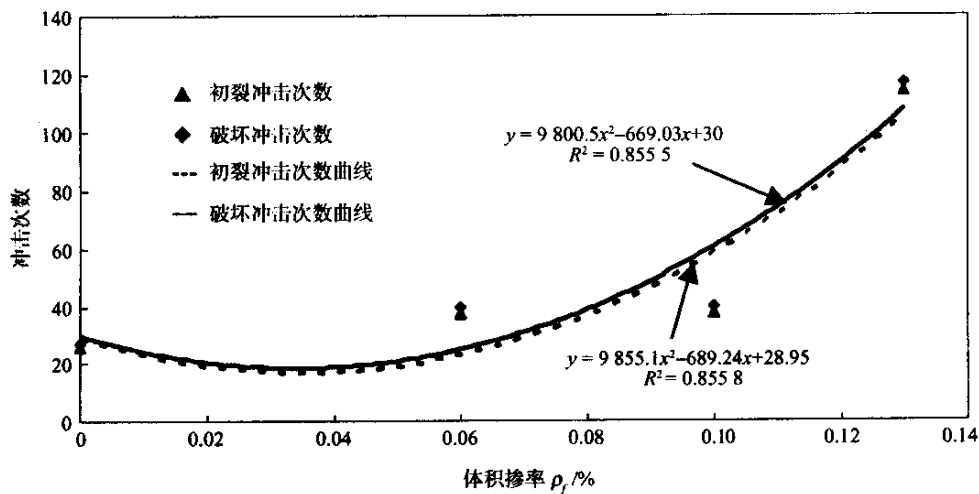


图 3 聚酯纤维增强混凝土梁冲击次数与纤维体积掺率关系

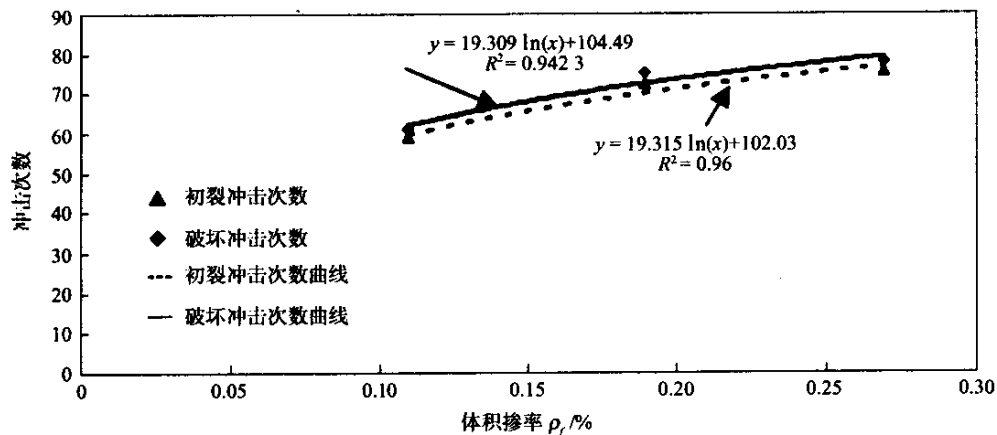


图 4 玻璃纤维增强混凝土梁冲击次数与纤维体积掺率关系

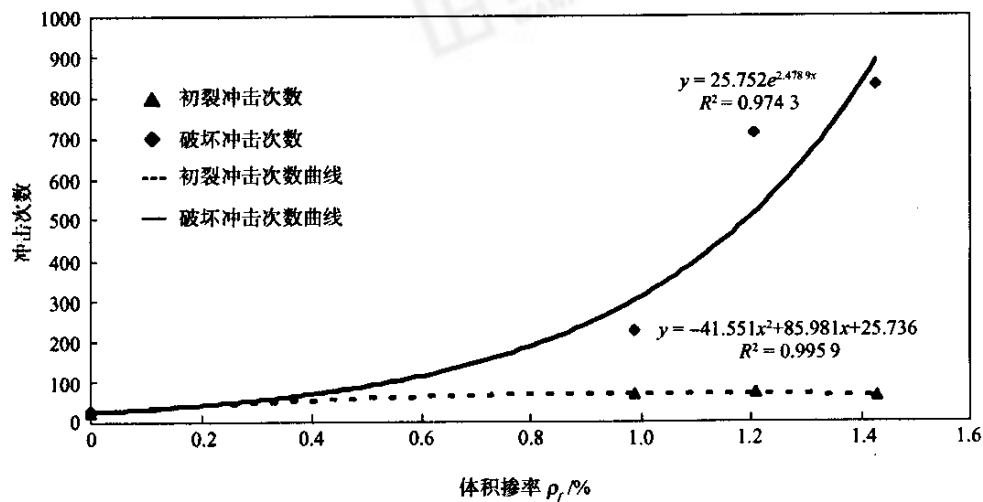


图 5 粗聚丙烯纤维增强混凝土梁冲击次数与纤维体积掺率关系

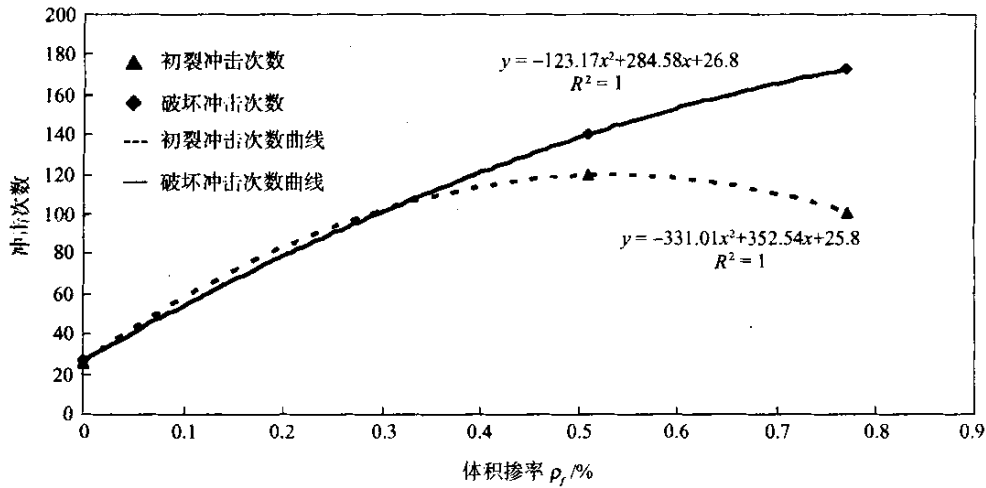


图 6 钢纤维增强混凝土梁冲击次数与纤维体积掺率关系

$$N_c = -41.551\rho_f^2 + 85.8914\rho_f + 25.736$$
$$(R^2 = 0.996) \tag{5}$$

$$N_f = 25.752e^{2.4789\rho_f} \quad (R^2 = 0.97) \tag{6}$$

(4) 钢纤维混凝土梁:

$$N_c = -331.01\rho_f^2 + 352.54\rho_f + 25.8$$
$$(R^2 = 1.0) \tag{7}$$

$$N_f = -123.17\rho_f^2 + 284.58\rho_f + 26.8$$
$$(R^2 = 1.0) \tag{8}$$

式(1)~式(8)中: ρ_f 为纤维体积掺率,%; N_c 、 N_f 分别为初裂、破坏冲击次数。

纤维体积掺率增大,纤维数量增多,一方面,纤维的“桥联”和“增韧”作用加强,对提高混凝土抗冲击性能有利;另一方面,纤维量增多,难以均匀分散,搅拌时间需要延长,在搅拌中纤维断裂的数量增多,对纤维的损伤加剧等,这些都影响纤维混凝土的抗冲击性能。

由图 3、图 4 可知,对于细纤维中的聚酯纤维、玻璃纤维,初裂、破坏冲击次数都随纤维体积掺量的增大而增加,但玻璃纤维增强混凝土梁的冲击次数随纤维体积率的增加速率比较缓慢。

由表 3 可知,腈纶纤维增强混凝土梁的冲击次数与纤维体积率的关系是:纤维体积率由 0 提高到 0.8 kg/m³ 时,初裂冲击次数由 25.8 次提高到 114.7 次,随后纤维体积率增加,但初裂冲击次数在减少,且冲击次数上下波动大,不能拟合出一条合理的曲线。分析原因可能是:腈纶纤维的直径细,若纤维体积率增大,欲使纤维分散均匀,需要的干拌时间延长,干拌过程中明显加剧了对腈纶纤维的摩擦损伤,使纤维表面

凸凹不平或长度变短,影响纤维混凝土的冲击性能;另外,由于未加减水剂,纤维混凝土的和易性降低,试件中原始缺陷增加,影响混凝土的密实性,导致冲击性能的下降。

由图 5、图 6 可知,对于粗纤维(BarChip 纤维和钢纤维),初裂冲击次数与纤维体积率的关系是先增加后下降。纤维体积率增大,由于纤维直径大,包裹纤维所需水泥浆量较多,影响纤维混凝土的和易性,导致抗初裂冲击性能降低。

图 5、图 6 中,BarChip 纤维和钢纤维的破坏冲击次数随纤维体积率的增加明显增加,粗聚丙烯纤维混凝土梁的破坏冲击次数的绝对值和随纤维体积率增大的增长率远大于钢纤维增强混凝土梁。粗聚丙烯纤维的柔性比钢纤维大,它的“增韧”作用明显;粗聚丙烯纤维的比重约为钢纤维的 1/8,本试验中粗聚丙烯纤维的根数明显大于钢纤维的根数,纤维根数的增加,对提高抗破坏冲击性能有利。

2.4 细纤维增强混凝土梁的抗弯冲击性能

由表 3 可知:当腈纶纤维体积掺率为 0.07%~0.15% 时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数分别为素混凝土的 1.1~4.4 倍和 1.1~4.3 倍;聚酯纤维体积掺率为 0.06%~0.13% 时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数分别为素混凝土的 1.5~4.5 倍和 1.5~4.4 倍;玻璃纤维体积掺率为 0.11%~0.27% 时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数均为素混凝土的 2.3~2.9 倍。

表明细纤维对提高混凝土初裂、破坏冲击次数有一定的作用,其中腈纶、聚酯纤维的抗冲击增韧作用

更明显,因为:(1)与玻璃纤维比,腈纶、聚酯纤维的比重较小,在同一体积掺率下,纤维根数更多,在混凝土内部形成更有效的微观受力体系;(2)腈纶、聚酯纤维长度比玻璃纤维大,纤维的“桥联”作用更明显。

2.5 粗纤维增强混凝土梁的抗弯冲击性能

由表 4 知,当粗聚丙烯纤维体积掺率为 0.99%~1.43%时,纤维增强混凝土梁的初裂冲击次数为素混凝土的 2.4~2.7 倍;钢纤维体积掺率为 0.51%~0.77%时,纤维增强混凝土梁的初裂冲击次数为素混凝土的 3.9~4.6 倍。表明钢纤维增强混凝土梁初裂冲击性能明显优于粗聚丙烯纤维增强混凝土梁。钢纤维的两个端部有一截面增大的盾头,增加了纤维与混凝土的咬合力。

由表 4 可见,当粗聚丙烯纤维体积掺率为 0.99%~1.43%时,纤维增强混凝土梁的破坏冲击次数和冲击延性指标分别为素混凝土的 8.4~31.0 倍和 3.13~12.72 倍;钢纤维体积掺率为 0.51%~0.77%时,纤维增强混凝土梁的破坏冲击次数和冲击延性指标分别为素混凝土的 5.2~6.5 倍和 1.1~1.6 倍。粗聚丙烯纤维对混凝土破坏冲击性能和冲击延性的提高作用明显大于钢纤维,显著提高了混凝土冲击延性,见图 7 所示。原因为:(1)粗聚丙烯纤维的表面经过特别处理,呈凹凸不平状态,表面更具有亲和力,提高了纤维与混凝土的粘结力和摩擦力;(2)钢纤维脆性较大,在冲击荷载的反复作用下,容易在两个端部截面增大处产生应力集中而发生疲劳破坏;(3)粗聚丙烯纤维的分散性和方向性好,纤维在混凝土的方向与裂缝方向垂直,能最大发挥纤维的阻裂效应;(4)粗聚丙烯纤维的比重小,在相同质量下,粗聚丙烯纤维的根数为钢纤维的 5 倍。

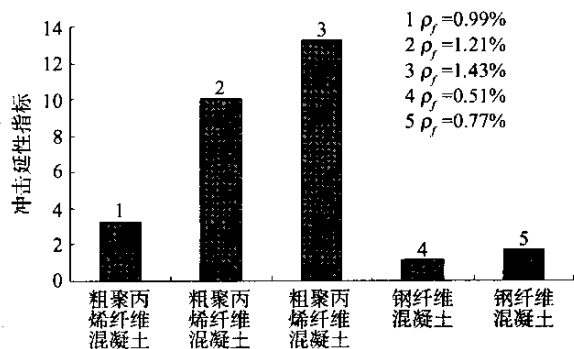


图 7 粗纤维增强混凝土梁的冲击延性指标

万方数据

2.6 新型纤维增强混凝土梁抗弯冲击性能的比较

由图 8 可知,细纤维增强混凝土梁初裂冲击性能优于粗纤维增强混凝土梁,细纤维对减少混凝土内部裂缝的作用有效,增进了凝胶体与骨料的粘结力。由表 3、表 4 可知,细纤维增强混凝土梁的破坏冲击次数和冲击延性指标分别为素混凝土的 1.5~4.4 倍和 0.98~1.02 倍,粗纤维增强混凝土梁的破坏冲击次数和冲击延性指标分别为素混凝土的 5.2~31.0 倍和 1.1~12.7 倍,表明粗纤维增强混凝土梁的破坏冲击性能和冲击延性明显优于细纤维增强混凝土梁。

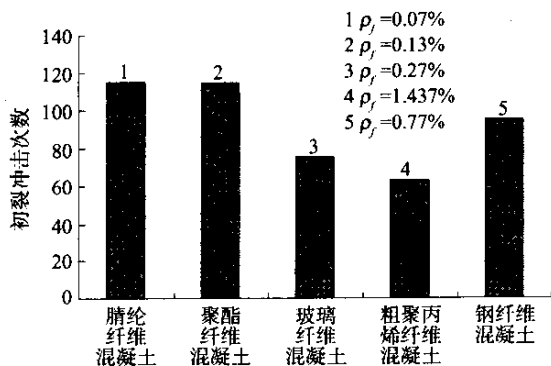


图 8 纤维增强混凝土梁的初裂冲击性能

3 结论

(1)试验证明,作者研制的自由落锤抗弯冲击试验装置可以对纤维混凝土梁进行抗弯冲击试验,该实验装置机构简单、操作方便。

(2)抗弯冲击试验比抗压冲击试验更能反映纤维在冲击力下的阻裂作用。

(3)粗纤维的分散性比细纤维好;聚酯纤维、腈纶纤维、玻璃纤维的分散性依次提高;粗聚丙烯纤维的分散性比钢纤维要好。

(4)当腈纶纤维体积掺率为 0.07%~0.15%时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数分别为素混凝土的 1.1~4.4 倍和 1.1~4.3 倍;聚酯纤维体积掺率为 0.06%~0.13%时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数分别为素混凝土的 1.5~4.5 倍和 1.5~4.4 倍;玻璃纤维体积掺率为 0.11%~0.27%时,纤维增强混凝土梁的初裂和破坏冲击次数均为素混凝土的 2.3~2.9 倍。

(5)当粗聚丙烯纤维体积掺率为 0.99%~1.43%时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数和冲击延性指标分别约为素混凝土的 2.4~2.7 倍、8.4~31.0 倍和 3.1~12.7 倍;钢纤维体积掺率为

0.51%~0.77%时,纤维增强混凝土梁的初裂、破坏冲击次数和冲击延性指标分别为素混凝土的 3.9~4.6 倍、5.2~6.5 倍和 1.1~1.6 倍。

(6)细纤维增强混凝土梁初裂冲击性能优于粗纤维增强混凝土梁,粗纤维增强混凝土梁破坏冲击性能和冲击延性明显优于细纤维增强混凝土梁。

参考文献:

[1] 邓宗才. 高性能合成纤维混凝土[M]. 北京:科学出版社,2002.

[2] 钟世云,袁华. 聚合物在混凝土中的应用[M]. 北京:化学工业出版社,2003.

[3] 邓宗才. 哑铃型钢纤维粉煤灰混凝土基本力学性能及抗弯韧性[J]. 公路,2003,(9).

[4] 邓宗才. 改性腈纶纤维增强混凝土梁的弯曲疲劳特性[J]. 清华大学学报,2003,(11).

[5] Lok T S, Nhao P J. Impact response of steel fiber-reinforced concrete using a split Hopkinson pressure

bar [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2004.

[6] Banthia N, Yan C, Sakai K. Impact resistance of fiber reinforced concrete at subnormal temperatures [J]. Cement & Concrete Composites, 1998.

[7] Gupta, Banthia N, Yan C. Fiber reinforced wet-mix shotcrete under impact [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2000.

[8] Bindiganavile V, Banthia N. Polymer and steel fiber-reinforced cementitious composites under impact loading [J]. ACI Materials Journal, 2001.

[9] Luo Xin, Sun Wei, Chan Sammy Y N. Characteristics of high-performance steel fiber-reinforced subject to high velocity impact [J]. Cement & Concrete Research, 2000.

[10] Balasubramanian K. Impact resistance of steel fiber reinforced concrete [J]. Indian concrete Journal, 1996.

Flexural Impact Behavior of Concrete Beams Reinforced with New Type Fibers

DENG Zong-cai¹, LI Jian-hui¹, SUN Hong-jun¹, FU Zhi²

(1. School of Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China;
2. Research Institute Highway Ministry of Communions Science, Beijing 100088, China)

Abstract: In order to study the effects of fiber's volume fraction on the flexural impact behavior of concrete beams, a new type of impact equipment is developed and used. The impact behaviors of concrete beams reinforced with polyacrylonitrile fiber(PAN), polyester fiber(PET), glass fiber, crude polypropylene fiber(PP) and dumb-bell steel fiber are investigated. The test results show that the type of fiber and volume fraction affect the flexural impact behavior significantly; the initial-crack and fracture impact cycle number of the fine fiber (PAN, PET, glass fiber) with volume fraction 0.07%~0.27% is 1.1~4.5 and 1.1~4.4 times higher than that of the plain concrete respectively; initial-crack impact cycle number and fracture impact cycle life of concrete beam with crude polypropylene fiber (BarChip fiber)and steel fiber is 2.4~4.6 and 5.2~31.0 times higher than that of the plain concrete beam respectively when fiber's volume fraction is 0.5%~1.4%; the first-crack impact resistance of fine fiber reinforcing concrete beams are more effective than that of crude fiber reinforcing concrete beams, however, the fracture impact resistance of crude polypropylene fiber and steel fiber reinforcing concrete is far more better than that of fine PAN fiber, PET fiber, glass fiber reinforcing concrete.

Keywords: flexural impact behavior; polyacrylonitrile fiber; polyester fiber; glass fiber; crude polypropylene fiber; steel fiber; concrete