

冲击荷载下油菜秸秆灰分混凝土的动态力学性质

齐臻¹, 刘保华^{1,2*}, 易恋¹, 曾哲¹, 周云¹

(1.湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省现代农业装备工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 运用直径 80 mm 分离式霍普金森压杆试验设备, 研究油菜秸秆灰分掺量分别为 10%、15%、20%、25% 的混凝土在 0.30、0.45、0.65 MPa 冲击加载气压下的动态力学性质。结果表明: 油菜秸秆灰分混凝土的应变率与试件加载气压呈正相关关系; 峰值应力随加载气压的提高而增大, 油菜秸秆灰分掺量为 10% 的混凝土在不同加载气压下的峰值应力变化率最大, 其变化率高达 63.63%; 在同一加载气压下, 油菜秸秆灰分混凝土峰值应力随灰分掺量的增加而减小; 相比对照混凝土峰值应力, 10% 掺量混凝土最大, 其峰值应力大于对照混凝土, 而其他掺量油菜秸秆灰分混凝土峰值应力均低于对照混凝土, 油菜秸秆灰分掺量 10% 的混凝土的动态承载力最优。

关 键 词: 冲击荷载; 油菜秸秆灰分; 混凝土; 动态力学性质

中图分类号: O347.3

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2017)03-0336-04

Dynamic mechanical properties of rape straw ash doped concrete under impact loading

QI Zhen¹, LIU Baohua^{1,2*}, YI Lian¹, ZENG Zhe¹, ZHOU Yun¹

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Hunan Province Modern Agricultural Equipment Engineering Technology Research Center, Changsha 410128, China)

Abstract: The dynamic mechanical properties of concrete doped with 10%, 15%, 20% and 25% percentage rape straw ash were studied by using the $\Phi 80$ mm split Hopkinson pressure bar test equipment under 0.3, 0.45, and 0.65 MPa impact load. The results indicated that the strain rate of rape straw ash doped concrete was positively correlated with the loading pressure. The peak stress increased with an increase in the loading pressure. The highest change rate of peak stress was achieved to be 63.63% for the concrete doped with 10% percentage rape straw ash under different impact load. Under the same impact load, the peak stress of rape straw ash doped concrete decreased with the increase of the content of rape straw ash. Compared with the peak stress of the controlled concrete, only the concrete doped with 10% percentage rape straw ash was higher than it. It is found that the dynamic bearing capacity of concrete was the best for the concrete doped with the 10% percentage rape straw ash.

Keywords: impact load; rape straw ash; concrete; dynamic mechanical performance

刘巧玲等^[1]研究表明, 油菜秸秆灰分掺量增加, 混凝土的准静态抗压强度降低。黄伟等^[2]研究表明, 油菜秸秆灰分能够有效提高混凝土的抗渗性, 掺量在 15% 以内时, 混凝土抗渗性随油菜秸秆灰分掺量的增加而增强。张强等^[3-4]研究表明, 油菜秸秆灰分掺量为 15%~20%、水灰比为 0.5~0.55 时, 油菜

秸秆灰分混凝土抗拉性能最优; 随着油菜秸秆灰分替代量的增加, 混凝土的抗拉强度呈下降趋势; 油菜秸秆灰分掺量在 20% 时, 随着硅粉掺量的增加, 混凝土的粘聚性和保水性变优。笔者运用直径为 80 mm 的分离式霍普金森压杆(SHPB)^[5-8]试验装置, 对油菜秸秆灰分掺量为 10%、15%、20%、25% 的混

凝土进行加载气压为 0.30、0.45、0.65 MPa 的冲击压缩试验,研究油菜秸秆灰分混凝土的峰值应力、峰值应变的变化规律,以期得到混凝土最佳动态力学性质下的油菜秸秆灰分最适掺量。现将结果报道如下。

1 试件的制备

1.1 材料

收集湖南农业大学油菜基地油菜秸秆,洗净,于马沸炉中 500 °C 煅烧 5 h,过孔径 0.150 mm 筛制得油菜秸秆灰分。其表观密度为 2.98 g/cm³, SiO₂ 含量 61.76%。复合硅酸盐水泥,强度等级为 P·C32.5。河砂细度模数 2.63。卵石粒径 5~10 mm。

1.2 油菜秸秆灰分混凝土试件的制作

根据《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55—2011)^[9],油菜秸秆灰分混凝土的设计强度值为 C30,经计算后试配,确定混凝土的配合比(质量比)为水 水泥 河砂 卵石=0.48 1.00 1.27 2.13。制作 5 组混凝土试件,其中 4 组(B、C、D、E)分别以油菜秸秆灰分替代水泥质量的 10%、15%、20%、25%,以不掺油菜秸秆灰分作为空白对照(A),每组制作 5 个试件,共计 25 个。

为满足冲击压缩试验中试件应力均匀的假定^[10-12],试件的长径比应为 0.5。用内径 71 mm、长 200 mm 的试模制作试件,标准养护 24 h 后拆模,放入恒温恒湿标准养护箱,28 d 后,用石材切割机将试件切割成直径 71 mm、高 37 mm 的圆柱体,并由磨床打磨成直径 71 mm、高 35 mm 的圆柱体(图 1),试件端面平整度不大于 0.02 mm^[13-15]。



图 1 油菜秸秆灰分混凝土试件

Fig.1 Concrete specimen doped with rape straw ash

2 混凝土冲击压缩试验

采用湖南大学土木工程学院结构工程综合防护研究所研制的等截面 SHPB 试验装置(图 2),在湖南农业大学完成混凝土试件的冲击压缩试验。

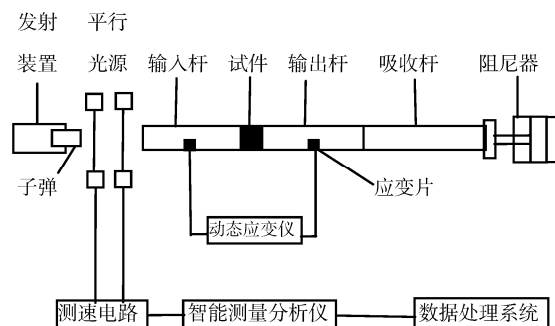


图 2 SHPB 试验装置的结构

Fig.2 The principle diagram of the SHPB instrument

SHPB 试验装置由发射装置、子弹、输入杆和输出杆组成。发射装置以高压氮气驱动子弹,子弹撞击输入杆,输入杆内产生一维应力波,应力波经输入杆传到试件时,输入杆获得反射波,输出杆获得透射波。用动态应变仪测得输入杆、输出杆不同时间点的应变值,经智能测量分析仪分析,由数据处理系统输出试件的应力-应变曲线。

试验前,将子弹送至发射装置底部,调节气压控制器的气压值,分别以 0.3、0.45、0.65 MPa 的加载气压冲击各组试件。动态应变仪测试系统中的示波器信号采集通道选择 CH1 和 CH2 桥压设置为 2 V。在试件两端面均匀涂抹黄油,置于输入杆和输出杆之间,贴紧两杆端面,分别对 5 组混凝土试件在 0.3、0.45、0.65 MPa 气压下进行加载,得到混凝土在不同加载气压下的应力-应变曲线。

3 结果与分析

因在 0.3 MPa 加载气压下, A 组试件破坏不正常,故不对其数据进行分析。

3.1 油菜秸秆灰分混凝土应变率的变化

由图 3 可以看出,油菜秸秆灰分混凝土应力均随应变值的增大先增后减。将动态应变仪测试的不同时间点的应变数据导入 Origin 软件,处理得到混凝土应变率、峰值应力和峰值应变值,列于表 1。

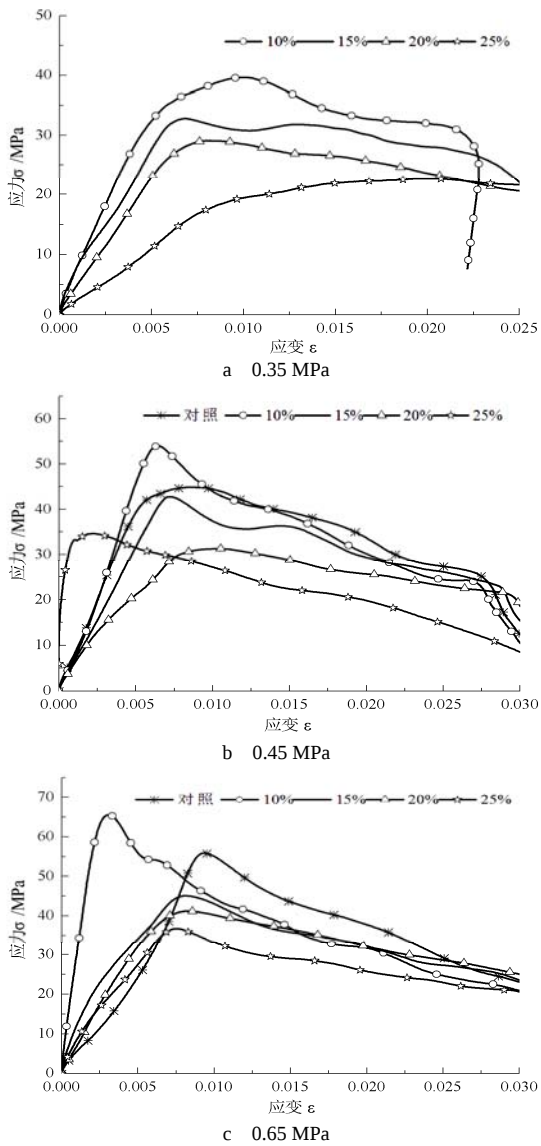


图 3 不同冲击荷载下的应力-应变曲线

Fig.3 The stress-strain curve under different impact load

表 1 油菜秸秆灰分混凝土冲击压缩试验结果

Table 1 Result of compressive test under impact load					
试件 编号	油菜秸秆灰 分掺量/%	加载气压/ MPa	应变率/ s ⁻¹	峰值应力/ MPa	峰值应变
A-1	0	0.30	130		
A-2		0.45	176	45.48	0.008 1
A-3		0.65	230	56.09	0.009 5
B-1	10	0.30	133	40.17	0.009 9
B-2		0.45	175	54.22	0.006 3
B-3		0.65	205	65.73	0.003 1
C-1	15	0.30	147	32.75	0.006 7
C-2		0.45	178	43.04	0.007 4
C-3		0.65	210	45.59	0.008 0
D-1	20	0.30	154	29.44	0.008 2
D-2		0.45	180	31.54	0.010 0
D-3		0.65	210	41.33	0.007 9
E-1	25	0.30	165	23.08	0.016 5
E-2		0.45	180	34.71	0.003 0
E-3		0.65	200	37.69	0.007 9

结果表明：加载气压值和油菜秸秆灰分掺量对油菜秸秆灰分混凝土应变率均有影响，加载气压值较油菜秸秆灰分掺量对油菜秸秆灰分混凝土的应变率影响更明显。当加载气压值变化时，油菜秸秆灰分混凝土应变率与加载气压呈正相关；同一加载气压下，油菜秸秆灰分混凝土应变率不随油菜秸秆灰分掺量的变化而变化。可见，在霍普金森压杆试验中，加载气压与应变率存在一一对应关系，混凝土试件的应变率也能直观反映作用于试件上冲击荷载的大小。

3.2 油菜秸秆灰分混凝土峰值应力的变化

加载气压值和油菜秸秆灰分掺量对油菜秸秆灰分混凝土峰值应力均有影响。随着加载气压的增大，油菜秸秆灰分混凝土峰值应力不断提高；当加载气压一定时，混凝土的峰值应力随油菜秸秆灰分掺量的增加逐渐减小。不同加载气压下混凝土试件的峰值应力最大值所对应油菜秸秆灰分掺量为 10%，该峰值应力高于普通混凝土；而其他掺量混凝土的峰值应力均低于普通混凝土。油菜秸秆灰分掺量为 10%的混凝土在不同加载气压下的峰值应力变化率最大，其变化率高达 63.63%。可见，10%的油菜秸秆灰分掺量，混凝土的动态承载力最优。

3.3 油菜秸秆灰分混凝土峰值应变的变化

加载气压值和油菜秸秆灰分掺量对油菜秸秆灰分混凝土峰值应力均有影响，但是混凝土的峰值应变与加载气压及油菜秸秆灰分掺量无明显变化规律，混凝土峰值应变离散度较大。

4 结 论

采用 SHPB 试验装置，以不同加载气压对不同油菜秸秆灰分掺量的混凝土试件加载，结果表明，随着加载气压的提高，油菜秸秆灰分混凝土应变率逐渐增大。

油菜秸秆灰分掺量一定，混凝土的峰值应力随加载气压的增大不断提高，油菜秸秆灰分掺量为 10%的混凝土在不同加载气压下的峰值应力变化率最大，其变化率高达 63.63%。在同一加载气压下，油菜秸秆灰分混凝土峰值应力随油菜秸秆灰分掺

量的增加而减少,相比对照混凝土峰值应力,10%掺量油菜秸秆灰分混凝土最大,其峰值应力大于对照混凝土,而其他掺量油菜秸秆灰分混凝土峰值应力均低于对照混凝土。油菜秸秆灰分掺量在 10%时,混凝土的动态承载力最优。

参考文献:

- [1] 刘巧玲. 秸秆基混凝土的性能研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- [2] 黄伟, 刘保华, 齐臻, 等. 油菜秸秆灰分混凝土抗硫酸盐的侵蚀性能[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2016, 42(2): 222-224.
- [3] 张强. 油菜秸秆混凝土的试验研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [4] 张强, 刘保华, 刘巧玲, 等. 双掺油菜秸秆灰分和硅粉对混凝土性能的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2014, 40(3): 334-336.
- [5] 陶俊林. SHPB 实验中几个问题的讨论[J]. 西南科技大学学报, 2009, 24(3): 27-35.
- [6] XIA Kaiwen, YAO Wei. Dynamic rock tests using split Hopkinson (Kolsky) bar system: A review[J]. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2015, 7(1): 27-59.
- [7] 黄西成, 陈裕泽, 胡文军, 等. 材料动态力学性能的应用背景与相关实验技术[C]//赵永刚. Hopkinson 杆实验技术研讨会会议论文集. 北京: 中国建筑业出版社, 2007: 25-28.
- [8] 胡时胜. SHPB 与混凝土材料动态力学性能研究[C]//中国科学技术大学冲击动力学实验室. 第三届全国爆炸力学实验技术交流会论文集. 合肥: 中国科学技术大学冲击动力学实验室, 2004: 16-17.
- [9] JGJ55—2011 普通混凝土配合比设计规程[S].
- [10] 任兴涛, 周昕清, 钟方平, 等. 钢纤维活性粉末混凝土的动态力学性能[J]. 爆炸与冲击, 2011, 31(5): 540-547.
- [11] 张俊豪. 冲击荷载作用下橡胶沥青混凝土动态力学性能研究[J]. 江西建材, 2013, 13(5): 23-24.
- [12] 曾梦澜, 黄海龙, 彭良清, 等. 冲击荷载下橡胶改性沥青混凝土的动力学性质[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2011, 38(12): 1-7.
- [13] 黄政宇, 王艳, 肖岩, 等. 应用 SHPB 试验对活性粉末混凝土动力性能的研究[J]. 湘潭大学自然科学学报, 2006, 28(2): 113-117.
- [14] 方秦, 洪建, 张锦华, 等. 混凝土类材料 SHPB 实验若干问题探讨[J]. 工程力学, 2014, 31(5): 1-14.
- [15] 朱培呈, 罗誉玲, 董新龙. 混凝土试样准静态与动态压缩试验研究[J]. 嘉兴学院学报, 2010, 22(3): 88-93.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 吴志立