

[补充信息]

稻草纤维在轻骨料混凝土中的增韧性能及劈裂抗拉强度预测模型

张学元[✉], 吕春, 张道明, 王丽, 李扬

齐齐哈尔大学建筑与土木工程学院, 齐齐哈尔 161006

[Supplementary Information]

Performance of Increasing Toughness of Straw Fiber in Lightweight Aggregate Concrete and Its Prediction Model of Splitting Tensile Strength

ZHANG Xueyuan[✉], LYU Chun, ZHANG Daoming, WANG Li, LI Yang

School of Architecture and Civil Engineering, Qiqihar University, Qiqihar, 161006 China

稻草纤维改性前后的形貌对比

原生态稻草纤维、改性杆状稻草纤维、改性丝状稻草纤维的形貌如图 S1 所示。



图 S1 稻草纤维的形貌: (a) 原生态稻草纤维; (b) 改性杆状稻草纤维; (c) 改性丝状稻草纤维

Fig.S1 Morphology of straw fiber: (a) original straw fiber; (b) rod-shaped straw fiber; (c) filamentous straw fiber

原料性能参数及成分组成

表 S1 水泥的物理力学性能指标

Table S1 Physical and mechanical properties of cement

| Type of cement | Compressive strength/MPa | | Flexural strength/MPa | | Setting time/min | | Stability |
|----------------|--------------------------|------|-----------------------|------|----------------------|--------------------|-----------|
| | 3 d | 28 d | 3 d | 28 d | Initial condensation | Final condensation | |
| P.O42.5 | 25.2 | 50.4 | 5.6 | 8.4 | 165 | 263 | Qualified |

表 S2 粉煤灰 XRF 分析结果 (%)

Table S2 XRF analysis results (%) of fly ash

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | K ₂ O | TiO ₂ | MgO | Na ₂ O |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------------------|------|-------------------|
| 55.2 | 27.5 | 5.64 | 5.03 | 2.84 | 1.49 | 1.04 | 0.73 |

表 S3 粉煤灰陶粒 XRF 分析结果 (%)

Table S3 XRF analysis results (%) of fly ash ceramsite

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | Fe ₂ O ₃ | MgO | K ₂ O |
|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|------------------|
| 41.8 | 22.6 | 19.2 | 6.85 | 3.65 | 2.64 |

试块制作与养护

按照配合比要求称量各种材料用量，将稻草纤维预湿；采用人工搅拌的形式，首先将胶凝材料、细骨料、稻草纤维进行搅拌，然后放入粗骨料再次进行搅拌，搅拌均匀后分批次加水搅拌，最后装入 100 mm×100 mm×100 mm 钢模中并在振动台上振动 40 s；脱模时间为 24~36 h，视终凝情况而定。脱模后，按照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081-2016) 中规定的养护条件进行养护。

稻草纤维加入后轻骨料混凝土抗压强度变化规律

由表 3 中 A-0、B-2、A-2、B-3 数据可知：粉煤灰陶粒混凝土抗压强度随稻草纤维掺量增加而降低；由 A-1、A-2、A-3 数据可知：纤维长度对混凝土抗压强度存在一定影响，但影响不显著（纤维长度相差 2 倍，抗压强度相差 4.8%）；由 B-0、A-2、C-0 数据可知，纤维形状对混凝土抗压强度影响较显著，相比于原生态稻草纤维混凝土，经 NaOH 溶液处理过的杆状稻草纤维混凝土或丝状稻草纤维混凝土的抗压强度均提高了 15% 以上；由 B-2、C-1、C-2、C-3 数据可知：粉煤灰陶粒混凝土抗压强度随粉煤灰掺量的增加而减小；用水泥质量 15% 以内的粉煤灰替代水泥，在流动性能增强的同时，抗压强度几乎没有改变。

稻草纤维加入后轻骨料混凝土劈裂抗拉强度变化规律

由表 3 中 A-0、B-2、A-2、B-3 数据可知：粉煤灰陶粒混凝土劈裂抗拉强度随稻草纤维掺量增加而降低；由 A-1、A-2、A-3 数据可知：纤维长度对混凝土劈裂抗拉强度存在一定影响，纤维越短，劈裂抗拉强度越高；由 B-0、A-2、C-0 数据可知：纤维形状对混凝土劈裂抗拉强度存在一定影响，经 NaOH 溶液处理前后劈裂抗拉强度出现降低，NaOH 溶液处理时间越长，混凝土劈裂抗拉强度越低；由 B-2、C-1、C-2、C-3 数据可知：粉煤灰陶粒混凝土劈裂抗拉强度随粉煤灰掺量的增加而减小；用水泥质量 15% 以内的粉煤灰进行替代，劈裂抗拉强度并未出现明显的改变。

稻草纤维加入后轻骨料混凝土抗冲击强度变化规律

由表 3 中 A-0、B-2、A-2、B-3 数据可知：粉煤灰陶粒混凝土抗冲击强度随稻草纤维掺量的增加而提高；由 A-1、A-2、A-3 数据可知：纤维长度对混凝土抗冲击强度存在一定影响，抗冲击强度随纤维长度的增加而提高；由 B-0、A-2、C-0 数据可知：纤维形状对混凝土抗冲击强度影响显著，NaOH 溶

液处理后混凝土抗冲击强度有所提高，丝状纤维优于杆状纤维；由 B-2、C-1、C-2、C-3 数据可知：粉煤灰陶粒混凝土抗冲击强度随粉煤灰掺量的增加而降低。

稻草纤维掺量对混凝土拉压比、抗冲击强度影响的对比图

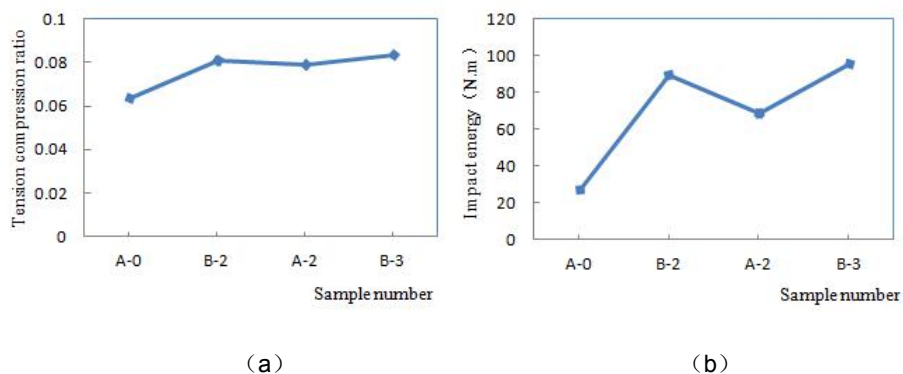


图 S2 纤维掺量的影响: (a) 对拉压比的影响; (b) 对抗冲击强度的影响

Fig.S2 Effect of fiber content: (a) effect on the ratio of tension to compression; (b) effect on impact strength

稻草纤维长度对混凝土拉压比、抗冲击强度影响的对比图

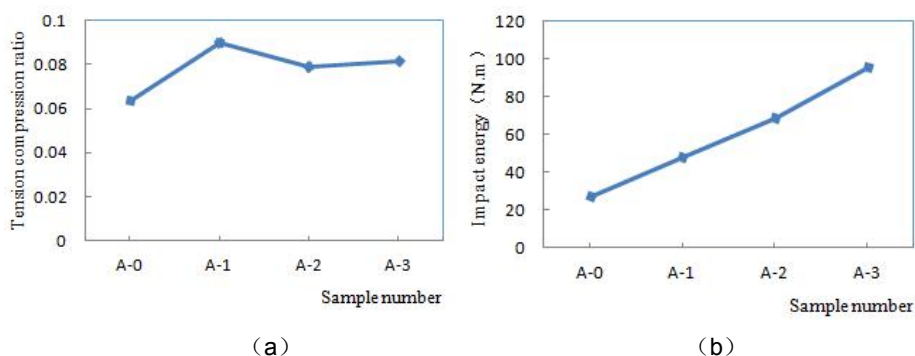


图 S3 纤维长度的影响: (a) 对拉压比的影响; (b) 对抗冲击强度的影响

Fig.S3 Effect of fiber length: (a) effect on the ratio of tension to compression; (b) effect on impact strength

稻草纤维形状对混凝土拉压比、抗冲击强度影响的对比图

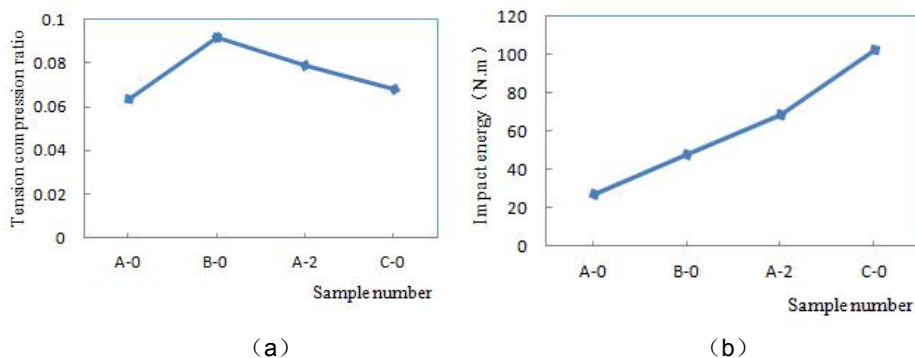


图 S4 纤维形状的影响: (a) 对拉压比的影响; (b) 对抗冲击强度的影响

Fig.S4 Effect of fiber shape: (a) effect on the ratio of tension to compression; (b) effect on impact strength

粉煤灰掺量对混凝土拉压比、抗冲击强度影响的对比图

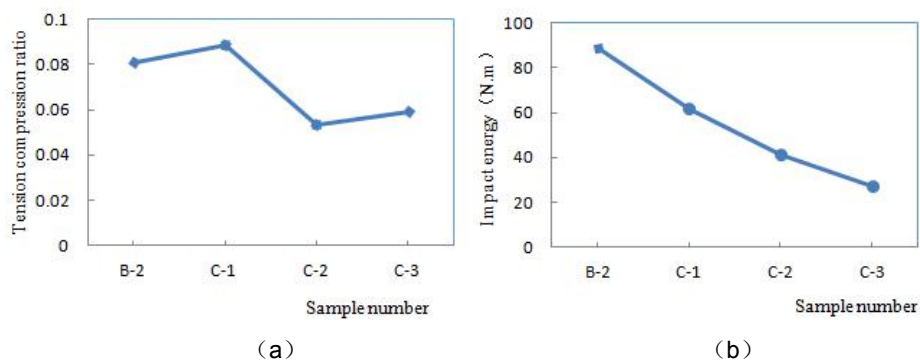


图 S5 粉煤灰掺量的影响: (a) 对拉压比的影响; (b) 对抗冲击强度的影响

Fig.S5 Effect of fly ash content: (a) effect on the ratio of tension to compression; (b) effect on impact strength