

废弃胶合木纤维混凝土力学性能试验研究

王兵兵, 胡超群, 戴 岩*

西京学院土木工程学院, 陕西 西安

收稿日期: 2023年11月10日; 录用日期: 2023年12月5日; 发布日期: 2023年12月13日

摘 要

本文研究了废弃胶合木纤维不同的含量对混凝土抗压强度和抗劈裂强度的影响。经过28天的养护, 废弃胶合木纤维混凝土中废弃胶合木纤维的掺量为0%、1%、3%、5%、7%, 其研究表明, 废弃胶合木纤维混凝土随着掺入量的增多, 抗压强度呈缓慢降低的趋势, 而抗劈裂强度呈先上升后下降的趋势。表明了废弃胶合木纤维对混凝土的抗裂性有一定的提升。

关键词

废弃胶合木纤维, 混凝土, 力学性能

Experimental Study on Mechanical Properties of Waste Glulam Fiber Concrete

Bingbing Wang, Chaoqun Hu, Yan Dai*

School of Civil Engineering, Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: Nov. 10th, 2023; accepted: Dec. 5th, 2023; published: Dec. 13th, 2023

Abstract

The effects of different content of waste glulam fiber on compressive strength and cracking strength of concrete were studied. After 28 days of maintenance, the content of waste glulam fiber in waste glulam fiber concrete is 0%, 1%, 3%, 5%, 7%. The research results show that with the increase of the amount of waste glulam fiber concrete, the compressive strength of waste glulam fiber concrete shows a slow decrease trend, while the anti-splitting strength increases first and then decreases. The results show that the waste glulam fiber can improve the crack resistance of concrete to some extent.

*通讯作者。

Keywords

Waste Glulam Fibre, Concrete, Mechanical Property

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前建筑节能与绿色建筑背景的发展下, 为了进一步落实绿色建筑和生态文明体制改革, 完善绿色建材市场体系, 国家质量监督检验检疫总局、住房和城乡建设部、工业和信息化部、国家认证认可监督管理委员会、国家标准化委员会于 2017 年 12 月 28 日联合发布了有关绿色建材发展指导意见的文件。[1] [2] [3] [4]该意见提出了绿色建材产品标准、认证和标识体系的一个整合目标, 同时制定了未来的发展目标: 到 2025 年, 绿色建材应用比例达到 40%以上。这些木制品经加工之后会留下大量的木块等废料, 造成了大量的木材资源浪费。徐大勇、蔡昌凤等人对多孔木屑混凝土的制备及其清水浸泡对水质的影响作出了研究, 并通过清水浸泡和浸泡液的种子的发芽实验, 得到了木屑含量及其水灰比对 PSC 的抗压强度和孔隙率均有较大影响的结论[5] [6]。

废弃胶合木纤维混凝土是一种新兴的绿色建筑材料, [7] [8]主要源于我国对环保、节能及可持续发展的需求。废弃胶合木纤维混凝土是将废弃胶合木纤维与水泥基胶结材料混合而成的复合材料, 具有优良的力学性能、耐久性能和环境友好性。这一系列的优势证明[9] [10]了该混凝土符合当下社会绿色建材的要求, 能够推动建材产业和绿色建筑的发展, 具有一定的社会效益和经济效益。[11]

2. 试验概况

2.1. 试验材料

试验中废弃胶合木做成颗粒较小的粒径纤维, 以普通碎石为粗骨料, 最大粒径为 20.0 mm, 按 5~20 mm 连续级配要求配比, 细骨料为天然砂, 水泥采用海螺牌 42.5 MPa 的普通硅酸盐水泥为胶凝材料制备废弃胶合木纤维混凝土。减水剂: 高性能聚羧酸减水剂, 废弃胶合木纤维如图 1 所示。



Figure 1. Test waste glulam fiber

图 1. 试验废弃胶合木纤维

2.2. 试验设计

废弃胶合木纤维混凝土的抗压强度和抗劈裂强度测试按照依据规范《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程 JTG 3420-2020》来制作混凝土试块，分别按照废弃胶合木纤维掺量为 0%、1%、3%、5%、7%制作五组，每组三个试块。共计 30 个试块，如表 1 所示根据《普通混凝土配合比设计规程 GJ55-2011》进行配合比设计并试配混凝土，制作 100 mm × 100 mm × 100 mm 的试块，经养护室养护 28 天，环境温度设置为 20℃ ± 2℃、湿度为 95%。

Table 1. Mix ratio of waste glulam fiber concrete

表 1. 废弃胶合木纤维混凝土配合比

木纤维%	含量 kg/m ³	水泥 kg/m ³	水 kg/m ³	碎石 kg/m ³	5~10 mm	10~20 mm	砂 kg/m ³	减水剂 kg/m ³
0	0	325	146	1195	359	837	734	1.625
1	2.11	325	146	1195	359	837	727	1.625
3	6.34	325	146	1195	359	837	712	1.625
5	10.57	325	146	1195	359	837	697	1.625
7	14.80	325	146	1195	359	837	683	1.625

2.3. 试验仪器介绍

试验仪器有 WHY-3000 微机控制压力试验机，单卧轴砼搅拌机，经过 28 天养护的试块。

3. 力学性能研究

3.1. 抗压强度的试验分析

经过 28 d 的养护龄期，依据规范《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程 JTG3420-2020》进行抗压强度试验，不同废弃胶合木纤维含量混凝土抗压强度表 2 所示，测试其 28 d 的抗压强度为图 2 所示，不同废弃胶合木纤维含量混凝土的抗压强度破坏图为图 3 所示。

Table 2. Compressive strength table of concrete with different waste glulam fiber content

表 2. 不同废弃胶合木纤维含量混凝土抗压强度表

试块编号	抗压荷载/KN	抗压强度/MPa	平均值/MPa	试块尺寸/mm ³
KZ0a	525.2	49.0	51.2	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ0b	549.1	52.2		
KZ0c	542.1	51.5		
KZ1a	526.1	50.0	50.7	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ1b	551.8	52.4		
KZ1c	521.9	49.6		
KZ3a	454.9	43.2	46.2	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ3b	460.6	43.8		
KZ3c	543.1	51.6		

Continued

KZ5a	437.4	41.55		
KZ5b	452.6	43.00	41.07	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ5c	407.1	38.67		
KZ7a	292.2	27.76		
KZ7b	456.7	43.39	39.48	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ7c	497.9	47.30		

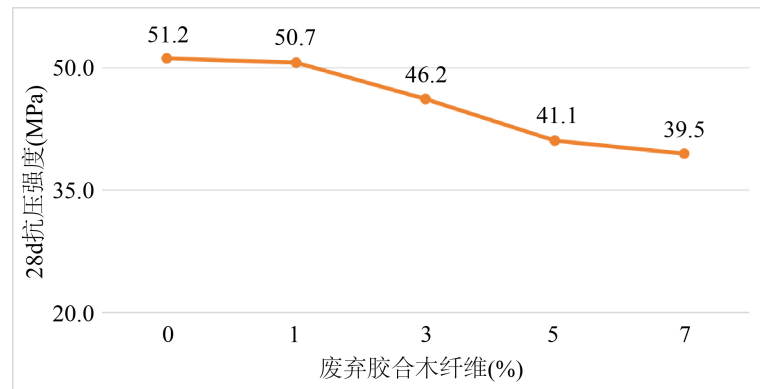


Figure 2. Change curve of compressive strength of concrete with different waste glulam fiber content

图 2. 不同废弃胶合木纤维含量混凝土抗压强度变化曲线



(a) 0%废弃胶合木纤维含量



(b) 1%废弃胶合木纤维含量



(c) 3%废弃胶合木纤维含量



(d) 5%废弃胶合木纤维含量



(e) 7%废弃胶合木纤维含量

Figure 3. Compressive strength failure diagram of concrete with different waste glulam fiber content

图 3. 不同废弃胶合木纤维含量混凝土的抗压强度破坏图

抗压强度试验结果分析：随着废弃胶合木纤维含量的不断增多，其抗压强度逐渐降低。废弃胶合木纤维混凝土在未添加废弃胶合木纤维的情况下，其产生的抗压变形是边角开裂，而整体会保持一定的完整现象，未出现明显的开裂情况发生，随着废弃胶合木纤维的掺入量不断增多，从掺入量为 1%、3%、5%、7%的抗压强度发生的变形情况来看，混凝土试块会由于压力机向下的压力产生很强的应力释放，会把混凝土试块向四周崩开，产生大量的纵向裂缝，产生这样的现状分析，废弃胶合木纤维在混凝土中与粗集料的碎石包裹没有天然砂好，在水泥胶凝材料的束缚下，废弃胶合木纤维在混凝土中的粘结力较差，对混凝土试块整体的抗压强度会造成一定的影响，随着掺入量的增多，则抗压强度会有一定的损失。

3.2. 抗劈裂强度的试验分析

经过 28 d 的养护龄期，依据规范《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程 JTG3420-2020》进行抗劈裂强度试验，不同废弃胶合木纤维含量混凝土抗压强度表 3 所示，测试其 28 d 的抗压强度为图 4 所示，不同废弃胶合木纤维含量混凝土的抗劈裂强度破坏图为图 5 所示。

Table 3. Splitting strength table of concrete with different waste glulam fiber content

表 3. 不同废弃胶合木纤维含量混凝土抗劈裂强度表

试块编号	劈裂抗拉荷载/KN	劈裂抗拉强度/MPa	平均值/MPa	试块尺寸/mm ³
KZ0a	61.2	2.7	3.0	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ0b	71.5	3.2		
KZ0c	68.7	3.0		
KZ1a	64.8	2.9	3.2	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ1b	77.2	3.4		
KZ1c	71.3	3.1		
KZ3a	78.2	3.5	3.5	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ3b	79.1	3.5		
KZ3c	79.3	3.6		
KZ5a	76.1	3.4	3.1	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ5b	68.9	3.1		
KZ5c	65.7	2.9		

Continued

KZ7a	57.9	2.6		
KZ7b	61.5	2.7	2.7	100 mm × 100 mm × 100 mm
KZ7c	62.7	2.8		

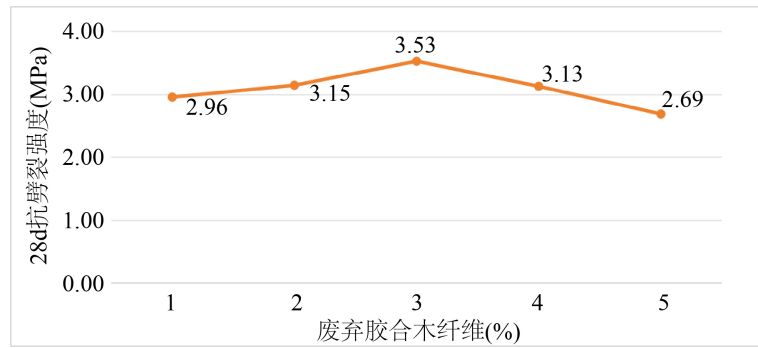


Figure 4. Fracture strength of concrete with different waste glulam fiber content

图 4. 不同废弃胶合木纤维含量混凝土抗劈裂强度折线图



(a) 0%废弃胶合木纤维含量



(b) 1%废弃胶合木纤维含量



(c) 3%废弃胶合木纤维含量



(d) 5%废弃胶合木纤维含量



(e) 7%废弃胶合木纤维含量

Figure 5. Cracking strength failure of concrete with different waste glulam fiber content**图 5.** 不同废弃胶合木纤维含量混凝土的抗劈裂强度破坏图

抗劈裂强度试验结果分析：随着废弃胶合木纤维含量的不断增多，其抗劈裂强度呈先上升后下降的趋势。废弃胶合木纤维混凝土在未添加废弃胶合木纤维的情况下，其产生的破坏直接把混凝土劈成两半，图 5(a)所示，说明混凝土内无任何阻力把混凝土中的碎石、砂和水泥给稳住，然后，在混凝土中废弃胶合木纤维的加入后，1%的掺入量会增加混凝土的韧性，抗劈裂强度会提高，到 3%的掺入量时，抗劈裂强度达到最高状态，此时，里面的废弃胶合木纤维把混凝土内各个组分的粘结达到最好状态，在压力机的作用下，如图 5(c)所示，破坏的裂缝是最小的，最不明显。当掺入量达到 5%时，抗劈裂强度呈下降趋势，说明废弃胶合木纤维的掺入不是越多越好，当达到临界值时，混凝土的抗劈裂强度反而会下降，当掺入量达到 7%时，混凝土的抗劈裂强度会更低，导致这种现象的原因分析是，废弃胶合木纤维的含量过多，导致其内部骨料与胶合木纤维产生的粘结力过小，从而在测试抗劈裂强度的时候对混凝土试块整体的抗劈裂强度会造成一定的影响。

4. 结论与未来展望

4.1. 结论

1) 在混凝土中废弃胶合木纤维的掺量不断增多，废弃胶合木纤维混凝土的抗压强度呈逐渐下降的趋势，说明废弃胶合木纤维在混凝土中对骨料的粘结力不是很好，比砂的效果要差。

2) 随着废弃胶合木纤维掺入量增多，混凝土的抗劈裂强度呈先上升后下降的趋势，废弃胶合木纤维掺入量达到 3%，其防开裂效果是最好的，抗劈裂强度是最高的。说明废弃胶合木纤维再混凝土中确实起到了提高韧性的效果。

4.2. 未来展望

在本试验研究中，仅仅只对废弃胶合木纤维混凝土的力学性能展开了试验研究，但木纤维对混凝土的还具有抗冻性、导热性能等还未研究，随着工业建筑的不断发展，木纤维混凝土这种新型混凝土不仅能满足国家对节能减排，减少碳排放，还能减少部分细集料的使用，对今后的新型混凝土发展提供了新思路。

参考文献

- [1] Fu, Q., Yan, L., Ning, T., *et al.* (2020) Behavior of Adhesively Bonded Engineered Wood-Wood Chip Concrete Com-

- posite Decks: Experimental and Analytical Studies. *Construction and Building Materials*, **247**, Article 118578. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118578>
- [2] Meko, B. and Ighalo, J.O. (2021) Utilization of Cordia Africana Wood Sawdust Ash as Partial Cement Replacement in C 25 Concrete. *Cleaner Materials*, **1**, Article 100012. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100012>
- [3] 张艳霞, 宁广, 徐斌, 等. 木纤维混凝土空心砌块的力学性能试验研究[J]. 新型建筑材料, 2016, 43(9): 43-46+76.
- [4] Sirico, A., Bernardi, P., Sciancalepore, C., *et al.* (2021) Biochar from Wood Waste as Additive for Structural Concrete. *Construction and Building Materials*, **303**, Article 124500. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124500>
- [5] 徐大勇, 蔡昌凤, 徐建平, 等. 多孔木屑混凝土的制备及其清水浸泡对水质的影响[J]. 重庆理工大学学报自然科学版, 2013, 27(11): 42-46.
- [6] 周覃一. 木纤维和添加剂对水泥基纤维复合材料性能影响的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [7] 文杨, 姜久红. 木纤维混凝土抗压弯折性能实验研究[J]. 湖北工业大学学报, 2016, 31(2): 100-102.
- [8] Xu, R., He, T., Da, Y., *et al.* (2019) Utilizing Wood Fiber Produced with Wood Waste to Reinforce Autoclaved Aerated Concrete. *Construction and Building Materials*, **208**, 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.030>
- [9] 刘知音. 木纤维混凝土抗压强度和导热系数研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2019.
- [10] 杨定韬. 不同龄期及不同体积率木纤维混凝土力学性能试验研究[J]. 中国水运(下半月), 2020, 20(6): 259-261.
- [11] Trapko, T. (2014) Confined Concrete Elements with PBO-FRCM Composites. *Construction & Building Materials*, **73**, 332-338. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.055>