

碳纳米管改性碱激发矿渣复合材料力学性能研究

蹇晓东 周志博 白子轩 周 慧

重庆大学土木工程学院 重庆 沙坪坝区 400045

【摘 要】碱激发材料是一种低碳环保材料，具有代替普通硅酸盐水泥的发展潜质。本文对碳纳米管改性碱激发矿渣复合材料的力学性能做了研究，发现碳纳米管可以有效提升碱激发矿渣胶砂的力学性能，且当碳纳米管掺量为 0.3%时 28 天抗折强度、抗压强度最高。

【关键词】碳纳米管；矿渣；力学性能

引言

水泥作为量大面广的建筑材料，其大规模生产造成了极大的二氧化碳排放量，加重了全球气候变化问题的严峻性^[1]。碱激发材料作为一种环境友好型材料，用矿渣等工业废料代替了水泥材料，契合国家节能减排的发展方向。

碳纳米管作为一种纳米级纤维材料，能够改善复合材料的各方面性能^[2-3]。在建筑材料领域，碳纳米管改性水泥基材料的各项性质的研究已经取得了诸多成果。研究发现，纳米材料能够加快水泥基材料的水化反应进程，优化材料的孔隙结构，使得材料的抗折抗压强度等力学性能显著提高^[4-5]。但在目前研究中，对掺入碳纳米管的碱激发矿渣仍未有深刻的探索。因此，本文对碳纳米管改性碱激发矿渣的力学性能进行了研究，以寻找碳纳米管对碱激发矿渣材料力学性能的影响。

1. 试验材料和方法

1.1. 原材料

本文所采用的碳纳米管是高纯度多壁碳纳米管，由成都佳材有限公司提供，参数如表 1 所示。碳纳米管的分散剂是天津科密欧化学试剂有限公司提供的分析纯聚乙烯吡咯烷酮 PVP。本文使用的矿渣为 s95 矿渣，使用的砂为天然中砂，使用网孔为 5mm x 5 mm 的钛丝编制网作为电极。

	Wt. %	(g)	(g)	化硅 (g)	(g)	
CNT-00	-	100	6	8.7	100	0.4
CNT-05	0.05	100	6	8.7	100	0.4
CNT-10	0.1	100	6	8.7	100	0.4
CNT-25	0.25	100	6	8.7	100	0.4
CNT-30	0.3	100	6	8.7	100	0.4

1.3. 试验方法

碳纳米管改性碱激发矿渣复合材料试块的成型与养护参照《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》(GBT17671-2021)。先使用超声清洗机将碳纳米管超声分散 0.5h 至水中制成碳纳米管分散液，与提前制备并冷却至室温的碱激发剂混合后立即倒入盛有矿渣与砂混合灰体的搅拌锅中，开机搅拌 100s，制备 40 mm×40 mm×160 mm 的棱柱体试块，在标准养护室中养护至 28 天。

试块的强度测试同样参照《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》，本试验研究所用到的抗折强度试块为 40 mm×40 mm×160 mm 长方体，加载速率采用 50 N/s；抗压强度试块为抗折强度破坏后的半截棱柱体试块，加载速率采用 1 kN/s。

2. 结果与讨论

2.1. 抗折强度

图 1 为龄期为 28 天时不同碳纳米管掺量的改性碱激发矿渣胶砂试块的抗折强度。当碳纳米管掺量为 0.1% 较未掺组强度有所降低，考虑为抗折强度离散性较大引起的偶然误差；当掺量大于 0.25% 时，抗折强度仍有所提高，当掺量为 0.3% 时强度提升最高，为 20.73%。分析可以发现，随碳纳米管的掺量增加，碱激发矿渣的抗压强度整体上表现为提升趋势。

表 1 高纯度多壁碳纳米管参数

外径	长度	纯度	比表面积
5-15 nm	10-30 μm	>98%	380-550 m ² /g

1.2. 试验配合比

本文试样试验配合比如表 2 所示。

表 2 试验配合比

试样编号	碳纳米管掺量	矿渣	氧化钠	二氧	砂	水胶比
------	--------	----	-----	----	---	-----

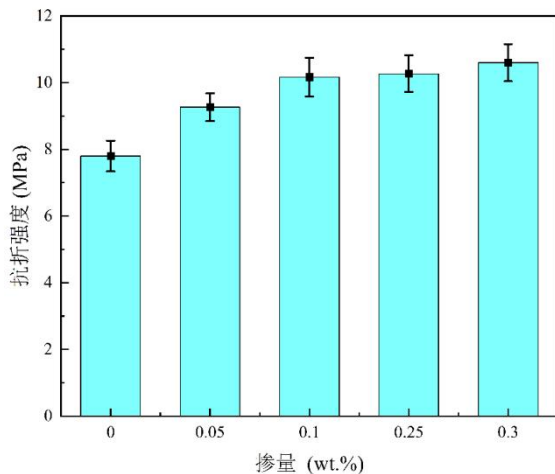


图 1 不同碳纳米管掺量下改性碱激发矿渣砂浆的抗折强度

2.2. 抗压强度

图 2 为龄期为 28 天时不同碳纳米管掺量的改性碱激发矿渣胶砂试块的抗压强度。试件强度随掺量增加强度逐渐提高,当掺量为 0.3%时强度提升最高,为 35.90%。可以发现,在碳纳米管掺量在 0~0.3%范围内,碳纳米管可以有效提升碱激发矿渣胶砂试块的力学性能。

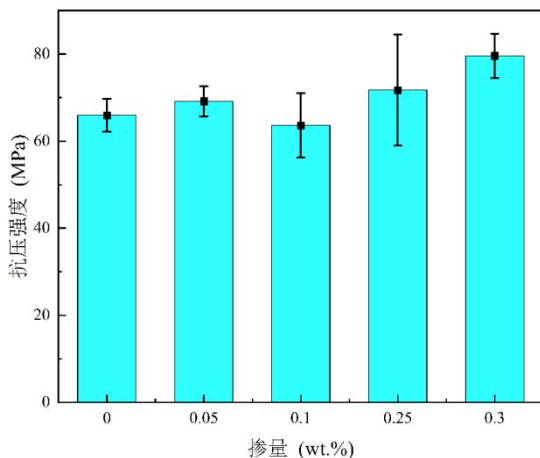


图 2 不同碳纳米管掺量下改性碱激发矿渣砂浆的抗压强度

3. 结论

本文对碳纳米管改性碱激发矿渣胶砂试块进行了 4 种不同掺量的试验,对 28 天的抗折强度以及抗压强度进行了测试。研究发现,在碳纳米管掺量在 0~0.3%范围内,碳纳米管可以有效提升碱激发矿渣胶砂试块的力学性能,且掺量为 0.3%时抗折强度和抗压强度最高。结论如下:

(1) 碳纳米管掺量为 0.1%时 28 天抗折强度降低最明显与未掺入碳纳米管时强度相当,之后随掺量增加抗折强度提升,碳纳米管的掺入对抗折强度有一定的提升作用。

(2) 碳纳米管掺量增加时,28 天抗压强度增加,在碳纳米管掺量为 0.3%时强度提升最高,为 35.90%,且随碳纳米管掺量增加,强度提升趋势逐渐平缓。碳纳米管的掺入能提升抗压强度,但这种提升作用随掺量进一步增加时减小。

【参考文献】

- [1]秦于茜.水泥产品碳足迹核算研究[D],2020
- [2]侯新刚,李树军,姜丽丽,李传通,姚夏妍.碳纳米管复合材料的应用及发展方向[J]现代化工,2016,36(4):61-64
- [3]黄德超,黄德欢.碳纳米管材料及应用[J]物理学进展,2004,24(3):274-288
- [4]李伟娜,李晔,李晶,贾小盼.碳纳米管改性水泥基复合材料力学性能研究[J]混凝土,2022(8):97-101
- [5]韩瑜.碳纳米管的分散性及其水泥基复合材料力学性能[D].大连理工大学,2013.