

# 碳纳米管水泥基复合材料物理力学性能试验研究

李建峰

沈阳工业大学机械工程学院, 辽宁 沈阳

## 摘要

水泥混凝土材料的优势有经济合理、施工简便、较强耐久性、来源广等, 但相应的确定是韧性不强、容易开裂等, 这些不足也对其发展进行阻碍和限制。而碳纳米管本身就具有较强的韧性和强度, 其力学性能也较为突出, 可以对水泥基进行改善。本文主要从碳纳米管出发, 并探究和分析其增强水泥基复合材料的物理力学性能的有效机理。

关键词: 水泥基, 复合材料, 力学性能

## Experimental study on physical and mechanical properties of carbon nanotube cement-based composites

Jianfeng Li

School of Mechanical Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang, Liaoning

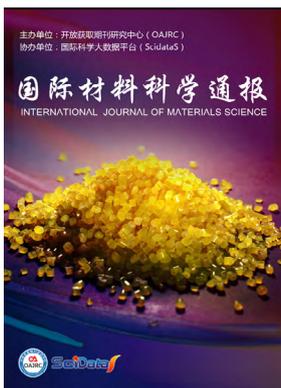
## ABSTRACT

The advantages of cement concrete materials are economical and reasonable, simple construction, strong durability, and wide sources, but the corresponding determination is that the toughness is not strong and easy to crack, etc. These deficiencies also hinder and restrict its development. The carbon nanotube itself has strong toughness and strength, and its mechanical properties are also outstanding, which can improve the cement base. This article mainly starts from carbon nanotubes, and explores and analyzes the effective mechanism of enhancing the physical and mechanical properties of cement-based composites.

Keywords: cement-based, composite materials, mechanical properties

## 前言

现阶段我国并没有较为系统的碳纳米管水泥基复合材料物理



<http://ijms.oajrc.org>

 OPEN ACCESS

DOI:10.12208/j.ijms.20190004

收稿日期: 2019-06-07

出刊日期: 2019-06-28

李建峰

沈阳工业大学机械工程学院, 辽宁 沈阳

力学性能研究,在对其进行增强时通常会运用多壁碳纳米管水性浆料。碳纳米管本身的终极纤维材料属于超高长径比,且具有优良的热稳定性和化学稳定性、微波吸收、电性能等,且其本身独特的纳米效应使其成为增强各类集体材料的理想成分。

## 一、试验概述

### 1. 原材料

东岳牌硅酸盐水泥,多壁碳纳米管(如图1),5%浓度的碳纳米管分散液。

平均直径 / nm	平均长度 / $\mu\text{m}$	纯度 / %	表面积 / $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	堆密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
10	12	$\geq 95$	$\geq 230$	0.05

图1 多壁碳纳米管指数分布示意图

### 2. 试验仪器和配比

对六组不同掺入量的多壁碳纳米管水泥净浆复合材料试件进行分别配制,试件尺寸为 $160\text{mm} \times 40\text{mm} \times 40\text{mm}$ ,碳纳米管掺入量比例为0.02%、0.20%、0%、0.05%、0.30%、0.10%、0.9%掺入量的萘系高效减水剂,水灰比是0.35。

### 3. 方法

针对碳纳米管水泥及复合材料试件运用和检验水泥胶砂强度有关规范政策中的具体方法进行养护,直到可以测量其强度的龄期。在测试碳纳米管水泥基复合材料试件韧性时运用四点弯曲的方法,从而确定试件相关荷载挠度曲线。

## 二、试验结果探究

### 1. 关于抗压强度和抗折强度

复合材料本身的抗压强度和抗折强度具有一定重叠的变化趋势,掺入碳纳米管的实际量存在一个最大峰值,保持在0.10%左右,

如果掺入的碳纳米管数量在峰值以内时,抗压强度与抗折强度的变化在荷载挠度曲线中呈现先上升后下降的趋势。在掺入0.05%、0.02%、0.10%的碳纳米管数量时,通常都会在28、7、90天的龄期内提高碳纳米管水泥基复合材料试件本身的抗压强度和抗折强度。试件抗折强度在0.10%的碳纳米管掺入量中处于峰值,在在28、7、90天的龄期内能够将碳纳米管0.10%的掺入量分别提高22.38%、24.74%、21.28%的抗折强度;水泥基符合材料试件在运用碳纳米管后会在28、7天龄期内抗折强度的提高趋势明显要大于90天龄期的。7天龄期内的碳纳米管0.10%的掺入量能够有效提高6.29%的试件抗折强度;0.20%的碳纳米管掺入量试件抗压强度在28、90天的龄期内处于最大值,分别增加了18.49%和17.26%;0.30%的碳纳米管掺入量试件抗压强度在28、90天龄期内的上升趋势下降较为明显,但是抗压强度和基准试件相比仍然是显著提高,分别是9.13%和8.27%。

### 2. 关于韧性特征

没有掺入碳纳米管的基准试件可以依据破坏加载试件后的破坏特征进行对比,可以得知其与水泥基符合材料梁试件掺入碳纳米管后的破坏特征并不一致。基准试件没有掺入碳纳米管在具体破坏过程中所消耗时间并不长,且断裂现象会在较小荷载条件下发生,断裂面并不粗糙;水泥基复合材料碳纳米管梁试件的断裂并没有发生在跨中,且其属于脆性破坏,断裂面并不光滑,并且在断裂后通常都不会裂为两半。试件本身的变形能力在0.05%的碳纳米掺入量中处于最佳阶段,如果增加掺入量,变性能力在碳纳米管水泥基复合材料梁中就不会出现上升的趋势。碳纳米管水泥净浆复合材料小梁试件的韧性会在不同的碳纳米掺入量中显示出不同的增强效果。0.1%、0.05%的碳纳米管掺入量试件

的韧性指数都有着显著提高，尤其是 0.05% 的碳纳米管掺入量，复合材料试件本身的韧性指数区域最大值。这是因为碳纳米管本身的优质韧性能够避免出现裂纹并阻止其进行延伸，与此同时水泥净浆复合材料内的碳纳米管具有良好的分散状况，和水泥基体保持着高效的界面相容性，因此水化产物中具有高效的纤维拔出效应、侨联拔出效应、微观填充效应，使复合材料自身的韧性得到了有效提高。0.30% 和 0.20% 试件相较于基准试件而言，提高的程度并不大，可以有效分析是因为碳纳米管在加大掺入量后就不能均匀分散水泥基复合材料，容易使材料出现集结缠绕或者是结成一团的状况，并不能保持较

高的水泥基体材料界面相容性，且符合材料的韧性指数不能运用削弱后的纳米管进行大幅度增加。

## 结束语

通过上述实验可以得知水泥基复合材料在运用碳纳米管后对其力学性能的影响，不同程度的掺入量所体现出来的韧性特征、抗压强度以及抗折强度也是大不相同，并依据各类数据的实践证明，其抗压强度和抗折程度在 0.10% 的碳纳米管掺入量中具有最大值，想要对其韧性进行有效增强，就需要对碳纳米管进行适量掺入。

## 参考文献

- [1] 张喜娥；碳纳米管水泥基复合材料的力学性能和抗冻性能研究 [J]；硅酸盐通报；2015 年 09 期
- [2] 常利武；孙玉周；乐金朝；碳纳米管增强水泥砂浆梁弯曲性能试验研究 [J]；混凝土；2014 年 10 期