

碳纳米管水泥砂浆的机敏性优化研究

刘晓霞 贾梓力 李清龙 张家瑜 孙贺楠

吉林建筑大学材料科学与工程学院

DOI:10.32629/btr.v3i3.2965

[摘要] 本文介绍了碳纳米管(Carbon Nanotube)水泥砂浆的机敏性。首先概述了此材料本身的机敏性特点,并从3个方面论述了其机敏性:多壁碳纳米管增强相,丁苯胶乳掺杂量,碳纳米管表面改性。结果表明:多壁碳纳米管的掺杂量在一定程度时,材料的机敏性可以最优化;丁苯胶乳的掺杂量在一定程度时,材料具有最优秀的机敏性能;碳纳米管表面经浓硫酸、浓硝酸混合液进行改性后,机敏性表现更为稳定。

[关键词] 机敏性; 碳纳米管; 水泥砂浆

引言

早在上个世纪50年代,人们就意识到对于混凝土结构监测的重要性,但受限于当时的监测技术,这一方面的研究在当时并未取得太大进展。而随着大型建筑与桥梁的兴建与使用,这些建筑的结构安全隐患也渐渐浮现,甚至发展为重大事故。因此,对于混凝土结构健康的监测,在近些年已经成为了土木工程学科的热点话题。碳增强水泥基复合材料具有压阻效应,可用作混凝土结构健康监测的机敏材料。在经过多次的实验后,发现碳纳米管(CNTs)在所有碳材料中最适合作为混凝土结构健康监测的机敏材料。它不仅具有优异的力学性能、热学性能以及化学稳定性,还有优异的电学性能和机敏性能。但是,其机敏性能依然受到环境湿度的制约,而在后续研究中,又发现SBR能够明显降低水泥基材料的亲水特征。以此研制出的丁苯胶乳改性水泥碳纳米管砂浆,就成为了一种非常优秀的混凝土结构健康监测的机敏材料。

1 多壁碳纳米管

李云峰教授将多壁碳纳米管作为增强相,采用非共价表面活性剂吸附分散技术,使碳纳米管尽可能均匀分布在水泥砂浆里,制备碳纳米管水泥基复合材料。在循环荷载作用下,采用四电极法测试、研究其机敏性,他的实验结果表明:碳纳米管水泥基复合材料的电阻率与荷载有关,随着荷载的变化而变化。而多壁碳纳米管的掺杂量为0.2%时,循环荷载作用下应力与电阻率关系曲线具有最优形态,也就是具有最优机敏性能,而这种复合材料可以发展成一种用于混凝土结构健康监测的新型传感器。

2 丁苯胶乳(SBR)

在李庚英教授的实验中,采用了四电极法测量水泥砂浆试件的电阻,其中研究发现,SBR的掺杂量对于碳纳米管(CNTs)水泥砂浆的电阻率有显著影响,起初电阻率随着SBR含量的增加而减小,在15%左右得到最小值,之后再逐渐增加。可知CNTs—水泥砂浆的导电性能在SBR含量为15%时最优。而在循环荷载的条件下,测试不同SBR含量的试件的电阻变化率,发现在SBR含量同样为15%时具有最大的电阻变化率,也就是具有最优的机敏性能。而李庚英教授的研究进一步讨论了SBR对于CNTs—水泥砂浆的影响机理,表明:SBR的含量初步达到一定程度时,会逐渐形成三维结构,并与CNTs形成一种完整体系,而这种体系可以增强试件的导电性能与机敏性能。当SBR过量时,SBR本身会降低SBR—CNTs复合体中CNTs的有效浓度,并且由于非匀质结构和孔隙的存在,CNTs—水泥砂浆的机敏性能和导电性能

反而有所降低。

3 改性碳纳米管

李庚英教授也对表面改性碳纳米管水泥基复合材料的机敏性及导电性进行了研究。采用浓 HNO_3 和浓 H_2SO_4 的混合液对CNTs进行表面改性后分散到净浆中,采用四电极法测试了复合材料的导电性和机敏性能,与未改性及普通水泥净浆做对比,结果发现经改性后,CNTs在水泥基体中分布非常均匀,CNTs间互相搭接,形成完好的导电网络,表面有水泥浆包裹,体积电阻较未改性的试件高,机敏性表现更加稳定。由于碳纳米管具有相当大的纵横比,极易形成网络结构,大大增强了材料的导电性。而实际上,碳纳米管水泥基复合材料的机敏性是两个方面共同作用的结果。其一是由于受力导致了材料的接触点数量和间距发生改变,进而使电阻发生变化。其二是碳纳米管本身的机敏性与导电性也受外力的影响。而碳纳米管表面改性后,碳纳米管之间的接触点数量减少,间距加大,导电通路减少,降低了其导电性能。与此同时,外力作用改善了改性碳纳米管的接触点数量以及电子自动跃迁能力,增强了其机敏性能。

4 结语

目前,已有多种类型的机敏性水泥复合材料被开发出来,例如:自修复机敏水泥基复合材料,自诊断机敏水泥基复合材料,自调湿机敏水泥基复合材料。而机敏水泥复合材料是材料科学专业的智能化产物,目前还处于实验探索阶段,还有许多关键性的技术问题未能解决。但是很显然,机敏性水泥复合材料在未来将会成为材料学中的一门主要课题,并对混凝土结构健康监测方面产生重大影响,SBR和CNTs对于水泥材料机敏性的影响机理,也已经得到了初步的研究,并提出了数种微观模型。其中,碳纳米管复合材料在国外已经有了一定的研究,而随着更进一步的研究,将碳纳米管应用于机敏材料、用于优化其机敏性能的研究,也会在未来取得新的突破。

[参考文献]

- [1]李云峰,孙章平,孙静.碳纳米管水泥基复合材料机敏性能研究[J].混凝土与水泥制品,2016,(3):7-12.
- [2]李庚英,杨晶,曾令波.丁苯橡胶乳液改性碳纳米管—水泥砂浆机敏性能[J].建筑材料学报,2013,16(1):65-69.
- [3]李庚英,王培铭.表面改性对碳纳米管—水泥基复合材料导电性能及机敏性的影响[J].四川建筑科学研究,2007,33(6):143-146.