

doi:10.3969/j.issn.1009-8984.2013.03.004

碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的力学性能试验分析

傅焕然, 杨珂, 高歌

(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘要: 研究了两个种类的碳纤维在不同掺量下对灌浆材料三大强度等力学性能的影响以及不同掺量的分散剂、水胶比等因素对碳纤维水泥基复合材料性能的影响, 并得出了一些对工程施工有益的结论。

关键词: 灌浆; 碳纤维; 水泥基

中图分类号: TU502

文献标志码: A

文章编号: 1009-8984(2013)03-0011-04

长期以来, 灌浆材料已经成为建筑工程中应用量最大、使用面最广的建筑材料之一。水泥与水泥基复合材料是当今主要的灌浆材料, 具有典型的脆性材料性质^[1-2], 研究表明, 在复合灌浆材料中掺入少量的短切碳纤维, 可以大大提高其抗拉及抗折强度^[3-5]。

为此, 对碳纤维增强水泥基灌浆材料的研究, 要保证碳纤维增强水泥基复合灌浆材料具有良好的力学性能, 关键在于将碳纤维均匀分散到水泥砂浆中, 通常需要加入各种分散剂和化学添加剂。碳纤维的种类、掺量, 以及分散剂和化学添加剂的多

少, 对碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的力学性能将有着直接的影响^[6-7]。本文在一系列试验的基础上, 对碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的力学性能及其影响因素进行了研究。

1 原材料和实验方法

1.1 原材料

碳纤维: 试验所用的碳纤维为由上海碳素厂与鞍山东亚有限公司生产的两种规格的短切碳纤维, 其性能见表 1。

表 1 试验用碳纤维的物理性能

编号	产地	种类	平均长度 /mm	抗拉强度 /MP	抗拉模量 /GP	密度 /g·cm ⁻³	直径 /μm	电阻率 /10 ⁻³ Ω·cm
A	上海	PAN 基	5	2 000~3 000	175~215	1.74~1.76	7	3.0
B			7					
C	鞍山	沥青基	5	400~600	30~40	1.23~1.91	12~15	5.2~6.8
D			7					

水泥: 江西亚东水泥厂产 P. O 42.5#, 比表面积 350 m²/kg; 矿物掺合料: 粉煤灰: 阳逻电厂Ⅱ级粉煤灰; 硅灰: 武汉钢铁公司冶金渣厂, 比表面积约 2×10⁴ m²/kg; 砂: 标准砂; 减水剂: 上海三瑞公司生产, 聚羧酸减水剂, 减水率 25%; 分散剂: 赫克力天普化工有限公司生产, 甲基纤维素。

1.2 实验方法

碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的制备方法: 将分散剂溶解于水中, 目视均匀后再将称量好的碳

纤维加入, 震荡至碳纤维在溶液中呈单丝状分布为止。在砂浆搅拌机中将水泥、砂、掺合料搅拌均匀, 边搅拌边缓慢加入碳纤维与水, 搅拌 2 min; 加入减水剂, 再搅拌 5 min, 成型, 振实, 养护。

试验用试件尺寸为 4 cm×4 cm×16 cm, 每组 3 个试件, 试件在标准条件下养护 28 d 后进行测试。

2 实验结果与分析

2.1 碳纤维种类与掺量对灌浆材料力学性能的影响

按胶凝材料组成为水泥: 硅灰: 粉煤灰(质量比)=0.8:0.1:0.1, 水胶比为 0.5, 砂胶比为 1.5 配置灌浆材料, 分散剂掺量为 0.5% (分散剂/胶凝材料),

收稿日期: 2013-04-01

作者简介: 傅焕然(1991-), 男(汉), 湖北武汉, 在读硕士

主要研究工程地质。

按照等稠度法控制减水剂掺量。选取4种碳纤维含量分别占胶凝材料质量的0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%进行试件的配制。对其三大力学指标进行了试验研究,其结果见图1~3。

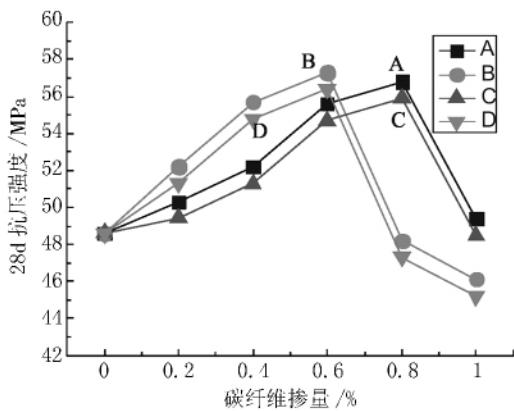


图1 碳纤维种类与掺量对灌浆材料抗压强度的影响

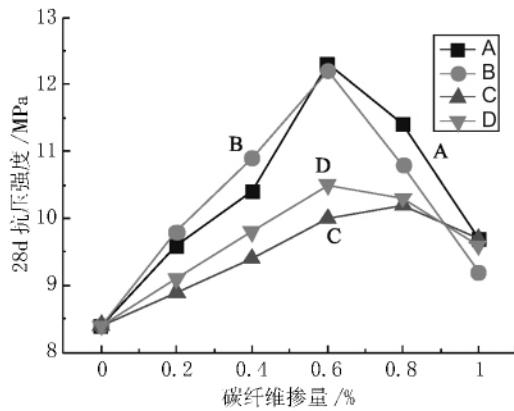


图2 碳纤维种类与掺量对灌浆材料抗折强度的影响

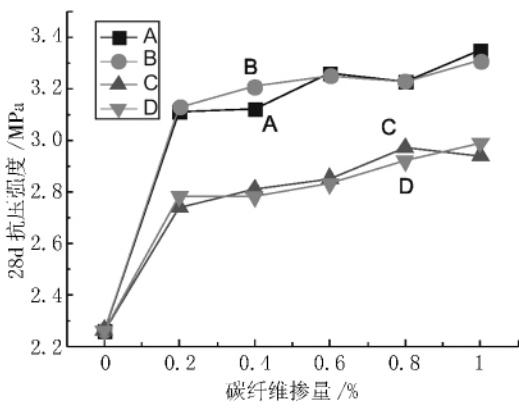


图3 碳纤维种类与掺量对灌浆材料劈裂抗拉强度的影响

从图1中可以看出,灌浆材料的抗压强度(CS)随着碳纤维掺量的增加均存在先增大后减小的趋势,对比图中数据,5 mm 碳纤维(A、C)和7 mm 碳纤维(B、D)在掺量分别为0.8%、0.6%时灌浆材料的CS达到最大值。对比图1中数据,长度相同的

上海产碳纤维(A、B)对灌浆材料CS的增强作用明显高于鞍山产碳纤维(C、D),这与碳纤维性能有直接关系。尽管碳纤维性能存在较大差异,但相同长度的碳纤维掺量对灌浆材料CS的影响规律基本相近。

从图2中可以看出,灌浆材料的抗折强度(FS)随着碳纤维掺量的增加均存在先增大后减小的趋势,且明显看出A、B组碳纤维对灌浆材料FS的增强明显优于C、D组,前者最高提高46%,而后者最高提高25%。碳纤维在灌浆材料中的主要作用在于减少水泥集体收缩而引发的微裂纹并缩小其尺寸,在受荷初期延缓与阻止基体中微裂纹的扩展并最终成为外荷的主要承载者,碳纤维的拔出或拉断,或此两种情况同时发生时导致碳纤维增强水泥基复合灌浆材料破坏的主要形式。因此,碳纤维的性能及其与水泥基体的黏结性成为碳纤维增强水泥基复合灌浆材料力学性能的关键。A、B碳纤维的抗拉强度与抗拉模量几乎为C、D的5倍,其对灌浆材料力学性能的增强效果固然更优。

从图3中可以看出,灌浆材料的劈裂抗拉强度(STS)随碳纤维掺量的增大均存在缓慢增大的趋势。掺加碳纤维的灌浆材料的STS明显高于未掺碳纤维的关键材料,掺量仅0.2%时,A(B)与C(D)组的灌浆材料的STS分别增强了37%、23%,随着碳纤维掺量的增大,两家公司生产的碳纤维对灌浆材料STS的增强可达到48%与32%。其增强幅度大于FS的增强幅度且远大于CS的增强幅度,从而碳纤维的掺入能有效地增强灌浆材料抗拉强度。本试验所用两家公司生产的碳纤维抗拉强度比普通水泥基材料高出几个数量级,而抗拉模量也数倍于普通水泥基材料,因此仅加入少量的碳纤维,就能使其成为外拉载荷的主要承载者,从而大大提高了灌浆材料的劈裂抗拉强度。对比图3中的曲线还可以看出,同公司生产的不同长度的碳纤维对灌浆材料的STS的增强幅度差异甚微。

2.2 分散剂掺量对灌浆材料力学性能的影响

前面提到,碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的力学性能除了与碳纤维的力学性能有直接关系外,与碳纤维分散程度也有很大关系。理论来说,碳纤维的分散程度越好,在灌浆材料中的分布越均匀,对力学性能的增强就越显著。但是,要使碳纤维分散程度好,就必须加入分散剂,经研究表明,分散剂的加入又会降低灌浆材料的力学性能。这是因为分散剂大多为表面活性剂,如本试验所用的甲基纤维素,其与水相混合时会产生大量的气泡,从而在灌浆材

料中产生空隙,导致灌浆材料强度的降低。为了分析这种影响,我们按 2.1 节配比,选取上海碳素厂生产的不同长度的 PAN 基碳纤维,掺量为胶凝材料质量的 6%,改变分散剂掺量 0.1、0.3、0.5、0.6、0.8 进行灌浆材料的配置,对其抗压和抗折强度进行了研究,其结果见图 4~5。

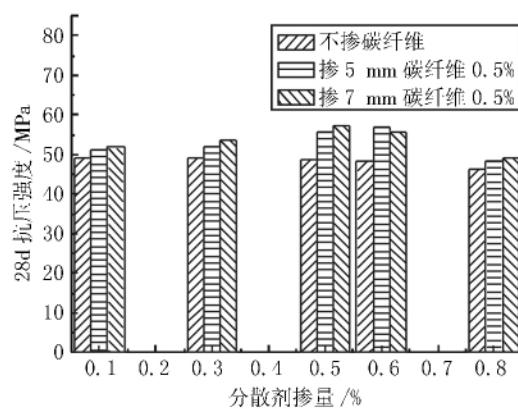


图 4 分散剂掺量对灌浆材料抗压强度的影响

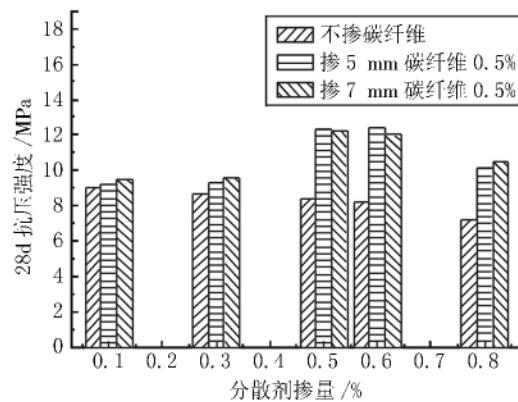


图 5 分散剂掺量对灌浆材料抗折强度的影响

从图 4~5 可以看出,随着分散剂掺量的增大,不掺碳纤维的灌浆材料无论是 CS 还是 FS 都不断降低,这说明分散剂的加入确实对灌浆材料的力学强度产生了不利的影响,且影响与掺量正相关;对比图 4 及图 5 中的数据可以发现,当分散剂掺量较小时(小于 0.3%),掺加碳纤维对灌浆材料的抗压强度 CS 及抗折强度 FS 的增强效果都不明显,如掺量为 0.3% 时 CS 仅增强 9%,而 FS 仅增强 10%。其主要原因在于分散剂含量过少导致碳纤维不能均匀地分散于灌浆材料中,从而影响了碳纤维对灌浆材料力学性能的增强。当分散剂掺量增大至 0.5%~0.6% 时,碳纤维对灌浆材料力学性能的增强效果显著增大并达到最大,CS 最高增强 18%,而 FS 最高增强高达 51%。这说明,在分散剂掺量达到 0.5%~

0.6% 时,碳纤维在灌浆材料中的分散程度达到最好,因此碳纤维对灌浆材料的力学性能增强效果最为明显。但随着分散剂掺量的继续增大,CS 与 FS 都出现了不同程度的降低,表明分散剂过量将影响水泥基体与骨料及碳纤维的黏结性能,从而导致力学性能受到影响。

2.3 水胶比对灌浆材料力学性能的影响

一般来说,水胶比是影响水泥基材料强度的最主要因素,我们按照 2.1 节配比,选取上海碳素厂生产的 5 mm PAN 基碳纤维,掺量为 6%,改变水胶比 0.30~0.55 进行灌浆材料的配置,对其 CS 和 FS 进行分析,其结果见图 6。

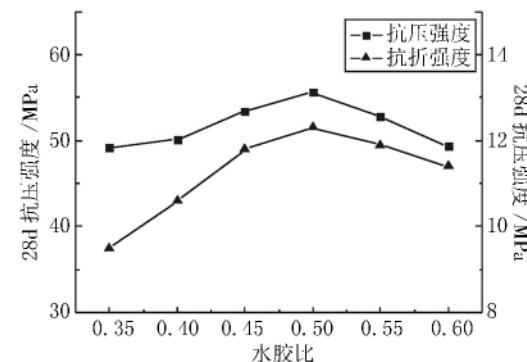


图 6 水胶比对灌浆材料抗压强度及抗折强度的影响

从图 6 可以看出,水胶比对碳纤维增强水泥基复合灌浆材料抗压强度 CS 与抗折强度 FS 的影响均呈抛物线形,即先增大后减小,且在水胶比为 0.5 时 CS 与 FS 均达到最大值。由图 6 的结果可以推断出,当水胶比降低时,灌浆材料的流动度随之下降,从而导致碳纤维不能均匀分散,在基体中出现团聚现象,造成灌浆材料内部区域局部应力集中,影响了碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的强度。而当水胶比增大至 0.50 左右时,碳纤维已能在水泥基体中均匀分布,使其充分发挥增强作用,灌浆材料的 CS 与 FS 强度均达到最大值。继续增大水胶比时,水量的增加则会增大水泥水化后产生的空隙,导致力学性能降低。

3 结论

(1) 碳纤维能阻止水泥基体中的微裂纹的扩散,并作为主要承载者承担外部载荷,因此碳纤维的掺加与否及其性能能影响水泥基灌浆材料的 3 大力学性能。

(2) 随着碳纤维掺量的增大,碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的 CS、FS 存在先增大后减小的趋势,而 STS 则一直增强;同时与 CS 的增强相比,FS 与

STS 的增强更为显著。

(3)分散剂的掺加会降低水泥基材料的力学性能,但分散剂的掺量会直接影响碳纤维对灌浆材料力学性能的增强作用。分散剂含量适当时,增强效果显著,抗压、抗折强度最大可分别提高 18% 与 51%;

(4)水胶比对碳纤维增强水泥基复合灌浆材料抗压强度与抗折强度的影响均呈抛物线形,这是碳纤维增强水泥基复合灌浆材料的特点之一。

参考文献

- [1] 杜纪峰,叶正茂. 高性能水泥基灌浆材料试验研究[J]. 济南大学学报,2008,22(1):11—14.
- [2] 国家发改委. 水泥基灌浆材料[M]. 北京:中国建材工业

出版社,2005:10—11.

- [3] Fumkawa Shigeru, Tsuji, Yukikazu, etc. Production and mechanical properties of carbon fiber reinforced cement composite[J]. Proceedings of The Japan Congress on Materials Research,1987:149—152.
- [4] Pu—Wei Chen, D D L Chung. Concrete reinforced with up to 0.2vol% of short carbon fibers[J]. Composites, 1993,24(1):33—35.
- [5] 潘冬,刑锋,康飞宇. 基体性能对碳纤维水泥砂浆力学性能的影响[J]. 混凝土与水泥制品,2002,2(4):31—33.
- [6] 申豫斌,谢慧才. 碳纤维水泥砂浆的配置及力学性能测试[J]. 混凝土,2001 (7):48—51.
- [7] 谢慧才,韦炳宇. 碳纤维水泥砂浆的力学与电性能及其影响因素研究[J]. 河南科学,2002,12(6):666—670.

Analysis of Mechanical Performance Test for Carbon Fiber Reinforced Cement-based Composite Grouting Material

FU Huan—ran,etc.

(College of Environment and Civil Engineering,
Chengdu University of Technology,Chengdu 610059,China)

Abstract: This paper studies the affects of mechanical properties to grouting materials by two kinds of carbon fibers at different dosages, as well as the properties of carbon fiber reinforced cement-based composite material at different dosages of dispersant, water cement ration, and so on. It draws some beneficial conclusions to engineering construction.

Key words: grouting; carbon fiber; cement-based

（上接第 10 页）

The Status and Prospect to Deformation Monitoring Technology in High-rise Buildings

LIANG Zhen—hua

(Resource and Engineering Department, Liaoyuan Vocational
and Technical College, Liaoyuan Jilin 136201, China)

Abstract: In recent years, the number of urban high-rise buildings appears more and more. The deformation monitoring should be carried out among high-rise buildings in the entire life cycle. However the deformation monitoring effect is mainly determined by technical methods. On the base of indicating the necessity and significance of deformation monitoring, this paper gives a brief introduction to the status of deformation monitoring technology in high-rise buildings, and finally it forecasts the prospect of deformation monitoring technology in high-rise buildings.

Key words: high-rise buildings; deformation monitoring; technical methods; prospect