

紫外线对 CFRP 与混凝土粘结性能的影响*

杨勇新 郭春红 才鹏 赵颜 岳清瑞

(国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心 北京 100088)

摘要: 随着 FRP 加固结构的广泛应用,其耐久性问题也日益突出并受到关注。FRP 与混凝土粘结的耐久性能与 FRP 材料的耐久性同等重要。光老化(尤其是紫外线)是影响 FRP 与混凝土粘结耐久性的环境因素的一种。对两种粘结形式的 FRP 与混凝土粘结性能进行了紫外线老化试验研究和分析,考察 CFRP-混凝土拉伸剪切强度和正拉粘结强度随老化时间的变化特性,对比有无防护对 CFRP-混凝土正拉粘结强度的影响。结果表明,紫外线对 CFRP 与混凝土的拉伸剪切强度影响较大,防护能有效缓减 CFRP 与混凝土的正拉粘结性能在紫外线作用下的劣化。

关键词: FRP 加固 耐久性 紫外线照射

THE EFFECT OF ULTRAVIOLET LIGHT ON CFRP-CONCRETE BOND PROPERTY

Yang Yongxin Guo Chunhong Cai Peng Zhao Yan Yue Qingrui

(National Engineering Research Center of Industrial Building Diagnosis and Rehabilitation Beijing 100088)

Abstract: With the wide use of FRP strengthened structures, the problem of their durability has been highlighted and concerned. The durability of adhesive property between CFRP and concrete is as important as that of FRP. Light aging (especially UV light) is one of the factors that influences the durability of adhesive property of CFRP and concrete. The influence of UV light on tow kinds of the adhesive specimens of FRP and concrete bonding property was conducted. The change tendency of mechanical behavior of CFRP and concrete was investigated and the test results were analyzed. The adhesive properties of CFRP and concrete with and without protected were comparison. The results showed that the influence of UV light on adhesive property was great, and protection can slow the deterioration of adhesive strength of CFRP and concrete.

Keywords: FRP strengthening durability UV light

影响 FRP 与混凝土粘结耐久性的环境因素有很多,光老化(尤其是紫外线)是其中的一种。本文对两种粘结形式的 FRP 与混凝土粘结性能进行了紫外线老化试验研究和分析。

1 试验研究

1.1 研究概况

本文研究了紫外线对碳纤维布与混凝土粘结的耐久性的影响,制作了两种形式的试件,分别为 CFRP-混凝土正拉粘结试件和拉伸剪切试件。试件照片见图 1 和图 2。本文中研究了两种碳纤维布与混凝土拉伸剪切试件在紫外线作用下的耐久性,两种碳纤维布分别为 CFS1 和 CFS2,力学性能见文献[1],配套的浸渍树脂树脂 B 和树脂 A 的力学性能指标见文献[2],底层树脂相同。本文介绍了碳纤维布(CFS1)与混凝土的正拉粘结性能在紫外线作用下的耐久性,为对比在紫外线作用下有无防护对

正拉强度的影响,将试件先粘钢块再进行老化(如图 1)。配套的浸渍树脂均为树脂 B。本次试验所用的混凝土强度等级为 C30,在标准环境下(温度 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度 45%~55%)养护 28d 的抗压强度为 27.7MPa。

1.2 试件的制作和测试

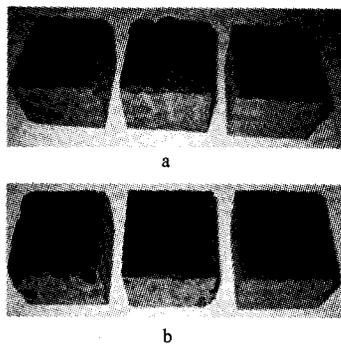
CFRP-混凝土拉伸剪切和正拉粘结试件按照《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》(CECS 146:2003)^[2]进行制作。CFRP-混凝土拉伸剪切试件的形式及尺寸见图 3,测试 CFRP-混凝土拉伸剪切强度时为了减小法向应力,尽量避免发生法向剥离破

* 2005 攻关计划(国际合作)项目(编号:2005DFBA0002)、国家自然科学基金重点项目(编号:50238030)和国家 863 计划项目(编号:2004AA336010)资助。

第一作者:杨勇新 男 1963 年 11 月出生 博士 教授级高级工程师

E-mail: yangyongxin@tsinghua.org.cn

收稿日期:2006-04-10



a - 有防护; b - 无防护
图 1 正拉粘结试件

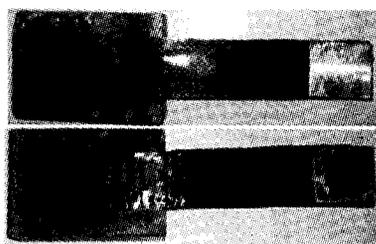
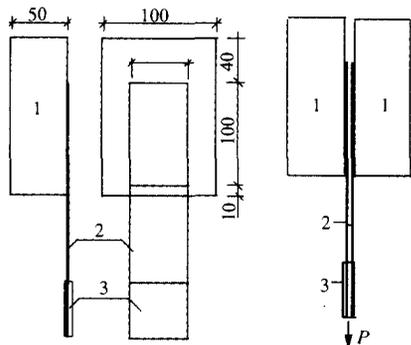


图 2 拉伸剪切试件

坏,将两个拉伸剪切试件对靠在一起加载,加载方式见图 4。



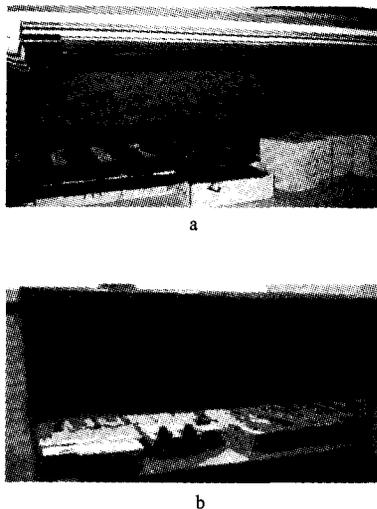
1 - 混凝土试块; 2 - 碳纤维布; 3 - 加强片
图 3 碳纤维与混凝土拉伸剪切试件



图 4 碳纤维布与混凝土拉伸剪切试件加载方式

1.3 试验环境条件

本试验中的混凝土试块均在标准环境下养护 28d 后开始贴碳纤维布,贴布后在室温环境下固化 7d,放入紫外线老化箱中开始老化。紫外线老化试验箱见图 5,箱中装有 6 根 40W 荧光紫外线灯管,箱内温度 $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。



a - 无光照; b - 有光照
图 5 紫外线老化试验

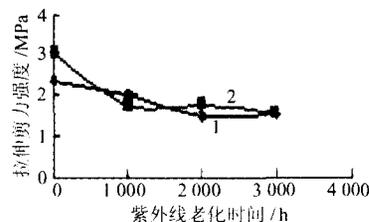
2 结果与分析

2.1 紫外线照射对 CFRP 与混凝土拉伸剪切性能的影响

本次试验所研究的两种 CFRP - 混凝土拉伸剪切试件分别经过 0、1 000、2 000、3 000h 紫外线照射后取出,贴加强片,晾置 2d 测其拉伸剪切强度。每次试验采用 2 组试件,每组 2 个。试验结果取其平均值。两种 CFRP - 混凝土粘结界面的拉伸剪切强度试验结果见表 1。图 6 为两种 CFRP - 混凝土拉伸剪切强度随老化时间的变化曲线。

表 1 两种 CFRP - 混凝土在紫外线照射下
拉伸剪切强度试验结果

紫外线照射 时间/h	拉伸剪切强度平均值/MPa	
	CFRP1 - 混凝土(无防护)	CFRP2 - 混凝土(无防护)
0	2.359	3.052
1 000	2.008	1.792
2 000	1.548	1.823
3 000	1.602	1.594



1 - CFRP1 - 混凝土; 2 - CFRP2 - 混凝土

图 6 CFRP - 混凝土拉伸剪切强度随
紫外线照射时间的变化曲线

从图 6 中可以看出,两种 CFRP - 混凝土粘结界面的拉伸剪切强度在紫外线作用下有相似的变化趋

势,CFRP1-混凝土的拉伸剪切强度在0~2000h内基本呈线性下降,至2000h时,下降34%,之后基本不再下降。CFRP2与混凝土拉伸剪切强度在0~1000h下降较快,至1000h时下降41%,之后下降不明显。可见,紫外线对CFRP与混凝土的粘结性能影响较大。

2.2 紫外线照射对CFRP与混凝土正拉粘结性能的影响

本次试验所研究的一种CFRP-混凝土拉伸剪切试件分别经过0、1000、2000、3000h紫外线照射后取出,粘贴钢块,固化2d测其正拉粘结强度。每次试验采用3个试件,试验结果取其平均值。CFRP-混凝土粘结界面的正拉粘结强度试验结果见表2。图7为CFRP-混凝土正拉粘结强度随老化时间的变化曲线。试验中还对一组试件先贴钢块再进行紫外线老化,经过2000h后测正拉粘结强度。

表2 CFRP-混凝土在紫外线照射下正拉粘结强度试验结果

紫外线照射时间/h	正拉粘结强度/MPa	
	无防护	有防护
0	3.151	3.151
1000	3.367	-
2000	2.771	3.492
3000	2.669	-

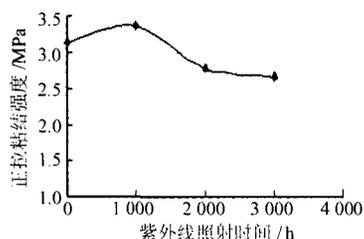


图7 无防护时CFRP-混凝土正拉粘结强度随紫外线照射时间的变化曲线

从表2和图7中可以看出,CFRP-混凝土正拉粘结强度在老化1000h时有所提高,提高的幅度不大,之后开始下降。这与树脂B的后固化有关。另外,对于先贴钢块后进行紫外线老化的一组试件(即

有防护),经过2000h老化后正拉粘结强度没有降低,而经紫外线老化后再粘结钢块的试件(即无防护)经过2000h老化后正拉粘结强度降低12%,可见,防护能有效缓减CFRP与混凝土的正拉粘结性能在紫外线作用下的劣化。

紫外线的光能量高,能破坏聚合物材料中的典型共价键,使聚合物变成游离基,引发材料的光降解。另外,紫外线还通过引发和促进氧对树脂的作用,引起复合材料的老化。聚合物材料的光降解开始于基体中的发色团对辐射的吸收^[3]。试验中也观察到,经过紫外线照射后树脂A和树脂B均产生了变色。

3 结论

1) 紫外线对CFRP与混凝土的拉伸剪切强度影响较大。两种CFRP-混凝土粘结界面的拉伸剪切强度在紫外线作用下有相似的变化趋势,CFRP1-混凝土的拉伸剪切强度老化2000h,下降34%。CFRP2-混凝土拉伸剪切强度老化1000h时,下降41%,之后下降不明显。

2) 防护措施对于FRP加固混凝土的效果有很大的保障作用。对于有防护的正拉粘结试件老化2000h后粘结强度没有降低,而无防护的经过2000h老化后正拉粘结强度降低12%,可见,防护能有效缓减CFRP-混凝土的正拉粘结性能在紫外线作用下的劣化。

参考文献

- 杨勇新,郭春红,朱崇钊,等.海水对CFRP-混凝土界面影响的试验.工业建筑,2006,36(8):10-12
- 岳清瑞,杨勇新,郭春红,等.快速与自然老化试验对应关系.工业建筑,2006,36(8):1-5
- 王汝敏,郑水蓉,郑亚萍.聚合物基复合材料及工艺.北京:科学出版社,2004
- 岳清瑞.纤维增强塑料(FRP)在土木工程中应用技术进展//第二届全国土木工程用纤维增强复合材料(FRP)应用技术学术交流会论文集.昆明:2002
- CECS 146:2003 碳纤维片材加固混凝土结构技术规程

(上接第70页)

- Lee Yinyin, Ng Chungfai. Nonlinear Response of Composite Plates Using the Finite Element Modal Reduction Method. Engineering Structures, 2001, 23(11): 1104-1114
- Yan X. Seismic Performance of High-Strength Concrete Columns. Journal of Structural Engineering, 1998(3):241-251
- 蒋丽忠,余志武.初始挠曲对钢筋混凝土连续梁受力性能的影响.建筑结构,2002,32(5):31-33
- 孔丹丹.钢筋混凝土材料性能的等效方法研究:[硕士学位论文]

文].沈阳:沈阳建筑工程学院,2003

- 刘浩.CFRP增强混凝土柱在重复荷载作用下性能的研究:[硕士学位论文].沈阳:沈阳建筑工程学院,2002
- 刘浩.CFRP增强混凝土柱承载能力的有限元分析.沈阳建筑工程学院学报,2002,18(3):161-163
- 陈宏广.曲线桥破坏机理数值模拟:[硕士学位论文].沈阳:沈阳建筑工程学院,2003