

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.01.017

粗糙度对碳纤维布增强聚丙烯力学性能影响

黄彩飞, 陈国平, 王禹

(西南科技大学, 四川绵阳 621000)

摘要: 为了研究粗糙度对碳纤维布增强聚丙烯力学性能的影响。通过打磨的方式制作出有着不同表面粗糙度的聚丙烯试件并在其试件上粘贴相同几何尺寸、相同数量的碳纤维布, 同时在制作试件的过程中注重对涂刷胶层厚度的控制, 制作出15个试件, 进行了A, B, C三组拉伸实验。实验结果表明: 粗糙度对碳纤维布增强聚丙烯拉伸性能的提高有着显著的影响, B, C组实验结果表明在相同的试验力下, 粗糙度数值在0.141~2.751的范围内递增时, 试件抗变形能力逐渐增强, 试件的变形量逐渐减小。同时随着粗糙度数值的递增, 实验中的试验力-位移曲线在试验力0.5~0.6 kN的范围内线形斜率数值由0.61增长到5.61, 且提升幅度也随着粗糙度的增加逐渐增大。

关键词: 粗糙度; 碳纤维布; 聚丙烯; 力学性能

中图分类号: TQ325.1+4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)01-0086-04

Effect of Roughness on Mechanical Properties of Polypropylene Reinforced by Carbon Fiber Cloth

Huang Caifei, Chen Guoping, Wang Yu

(Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China)

Abstract : In order to study the effect of roughness on mechanical properties of polypropylene reinforced by carbon fiber sheets. Polypropylene specimens with different surface roughness were made by grinding and pasted on the specimens with the same geometric size and the same number of carbon fiber sheets. Meanwhile, during the process of making specimens, 15 specimens were made and three groups of tensile experiments were carried out A, B, C. The experimental results show that the roughness has a significant effect on the improvement of the tensile property of polypropylene strengthened by carbon fiber cloth. The experimental results of group B and group C show that under the same experimental force, when the roughness value increases in the range of 0.141~2.751, the deformation resistance of the specimen gradually increases and the deformation amount of the specimen gradually decreases. At the same time, with the increase of roughness value, the value of linear slope of the test force-displacement curve in the range of 0.61 to 5.61 within the test force range of 0.5~0.6 kN in the experiment, and the increase amplitude also increases gradually with the increase of roughness.

Keywords : roughness ; carbon fiber sheets ; polypropylene ; mechanical property

碳纤维布具有强度高, 密度小的性质, 而且具有厚度薄在加固构件时基本不增加结构构件的自重及截面尺寸的特点。除此之外, 碳纤维布还具有易裁剪、抗疲劳性能好、耐腐蚀、高弹性模量、无磁性等一系列优越的性能。碳纤维布现在已广泛应用在工程加固中, 以达到增强基底材料的力学性能的目的^[1-6]。

现将碳纤维布应用于塑料板材中, 意在制备出一种轻质高效的新型板材。目前大量研究表明, 基底材料的表面粗糙度是影响碳纤维布发挥其效能的一个重要因素^[7-9], 更好了解粗糙度对碳纤维布效能发挥的影响, 可为板材的制作提供指导。笔者采用梯度打磨的方式得到不同的粗糙度的试件^[10-14], 并采用粗糙度仪进行检测, 同时在试件制作时严格控制

通讯作者: 王禹, 副教授, 主要从事建筑材料研究 E-mail: 8073812@qq.com

收稿日期: 2019-11-05

引用格式: 黄彩飞, 陈国平, 王禹. 粗糙度对碳纤维布增强聚丙烯力学性能影响 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(1):86-89.

Huang Caifei, Chen Guoping, Wang Yu. Effect of roughness on mechanical properties of polypropylene reinforced by carbon fiber cloth[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(1):86-89.

胶层厚度,并在试件上粘贴相同大小、相同数量的碳纤维布,进行拉伸试验。

1 试验材料

试验采用由日本辰日株式会社提供的碳纤维布和配套树脂,以及上海昇辉橡胶制品公司提供的聚丙烯板材进行试件的制作,材料性能见表 1。

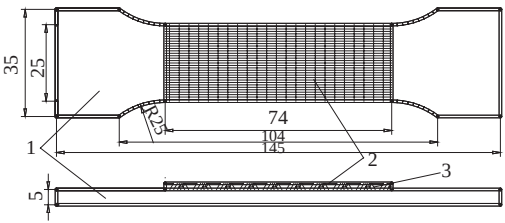
表 1 材料性能

材料类型	拉伸强度 /MPa	拉伸弹性模量 /MPa	伸长率 /%
碳纤维布	3 880	2.66×10^5	1.87
配套树脂	52	2 730	1.83
聚丙烯	27.3	1 330	126

2 试件制作

拉伸试件的尺寸按照 GB/T 1447-2005 进行制作,具体尺寸见图 1。利用砂纸分别对试件进行纵向打磨,打磨次数分别为 20,40,60,80 次和不打

磨处理,每相同打磨次数的试样和不打磨试样分别制作 3 个,并且利用粗糙度仪(见图 2)进行取点检测,检测结果见表 2,括号内数据为打磨次数。以平均值视为试件粗糙度参考值,同时“K”表示未打磨试件,“P”表示打磨的试件。然后在试件相同位置上粘贴相同尺寸、相同数量的碳纤维布,在粘贴碳纤维布同时注重对胶层厚度的控制,见图 3 所示。将粘贴好的试件静止 8 h 以上待树脂完全硬化。



1—聚丙烯片材;2—碳纤维布粘贴位置;3—树脂

图 1 试件示意图

表 2 试件粗糙度检测表

项目	K1	K2	K3	P1(20)	P2(20)	P3(20)	P1(40)	P2(40)	P3(40)	P1(60)	P2(60)	P3(60)	P1(80)	P2(80)	P3(80)
测点数据	0.88	0.11	0.4	1.14	0.54	0.8	1.09	1.23	1.12	1.72	1	1.2	2.8	3.18	1.71
	0.2	0.13	0.73	1.03	1.25	0.95	2.55	2.02	1.78	2.98	2.92	2.04	2.29	2.31	2.13
	0.66	0.12	0.76	1.51	1.73	1	2.06	2.48	1.66	2.7	3.38	2.46	2.96	3.29	3.08
	0.84	0.11	0.47	1.62	1.38	2.05	2	2.34	1.48	2.73	2.31	2.28	2.3	3.19	3.82
	0.85	0.15	0.6	1.46	0.78	0.85	1.79	1.64	1.33	2.16	2.52	1.66	2.98	2.71	2.3
	0.66	0.12	1.18	1.59	1.22	1.58	2.34	2.12	1.74	2.63	1.82	2.32	3.5	3.38	3.3
	0.54	0.15	0.43	0.79	1.34	1.24	2.02	1.75	1.61	2	1.86	1.94	2.57	2.43	3.46
	0.93	0.24	0.39	1.13	0.54	1.47	1.19	1.89	1.01	1.23	1.02	2.13	1.47	1.52	2.05
	平均值	0.695	0.141	0.620	1.284	1.098	1.243	1.880	1.934	1.466	2.269	2.104	2.004	2.609	2.731



图 2 粗糙度检测仪

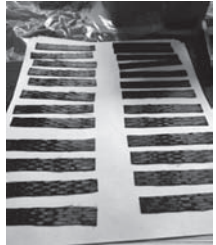


图 3 相同尺寸的碳纤维布



图 4 万能试验机



图 5 试验机控制系统

3 试验方法

将试件依据 GB/T 3354-2014,在万能试验机(见图 4)上分别进行拉伸试验,拉伸速率为 2 mm/min,直到树脂与板材间完全脱胶后停止试验并记录实验力-位移数据,试验机控制系统如图 5 所示。同时为了考虑材料自身的差异对试验的影响,在试

验前对未粘贴碳纤维布的试件进行了拉伸试验,3 个未打磨试件的试验力-位移曲线拟合性较高。

4 试验结果及分析

图 6、图 8 和图 10 分别为 A 组、B 组、C 组试验力-位移曲线。图 7、图 9 和图 11 分别为 A 组、B 组、C 组斜率曲线。

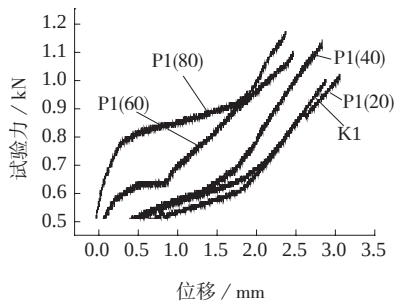
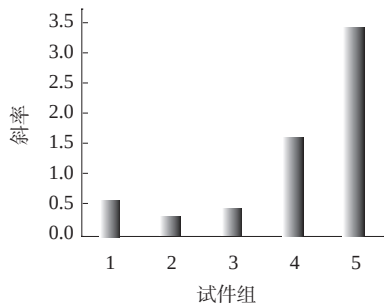


图6 A组试验力-位移曲线



1-K1-1; 2-P1(20); 3-P1(40); 4-P1(60); 5-P1(80)

图7 A组斜率曲线

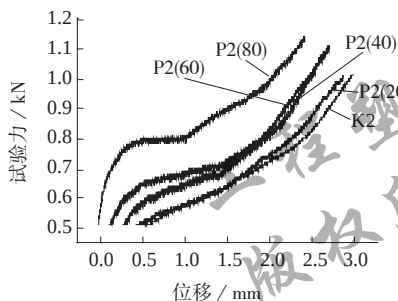
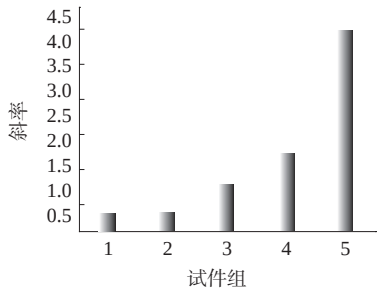


图8 B组试验力-位移曲线



1-K2-1; 2-P2(20); 3-P2(40); 4-P2(60); 5-P2(80)

图9 B组斜率曲线

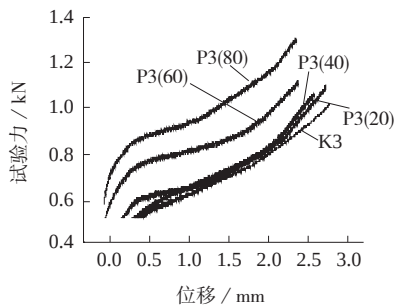
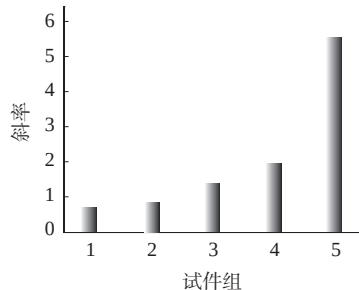


图10 C组试验力-位移曲线



1-K3-1; 2-P3(20); 3-P3(40); 4-P3(60); 5-P3(80)

图11 C组斜率曲线

由图可知, A 组的试验结果中 P1(20) 和 P1(40) 的试件试验斜率低于 K1, 且在相同试验力下 P1(20) 试件位移量大于 K1 试件。随后在试验结束时发现 P1(20) 和 P1(40) 试件与塑料的粘接面的胶层中出现了许多孔洞, 这是由于在制作试件时新拌和的树脂中存在气泡, 未清除干净就直接用于 A 组 20, 40 次试件的粘贴。由于胶层中的气泡的存在, 导致胶层与板材的粘接面硬化后孔洞的出现, 造成中间部分位置出现未粘接牢固的现象, 然后在后期的拉伸试验中由于这种不均匀粘接情况的存在, 使得胶层易从这些薄弱部位开始造成了从均布到整体的脱胶, 影响了碳纤维布性能的发挥。由于在 P1(20) 和 P1(40) 试件粘贴的同时树脂也自然静置了一段时间, 气泡逐渐消失, 后续试件的粘贴未受到影响。B、C 组试验结果均未出现 A 组中的情况。二组的试验结果表明, 在相同的试验力下, 随着粗糙度值的增加, 试件变形量减小。同时随着粗糙度值的增加, 试验-位移曲线在试验力在 0.5~0.6 kN 的范围内斜率越来越大, 并且随着粗糙度的增大, 斜率的增加幅度也随着提高。由此可知粗糙度对碳纤维布增强聚丙烯的力学性能影响显著, 找到合适的粗糙度对提高碳纤维布性能的发挥有着重要的意义。

5 结论

通过拉伸试验, 分析得到:

(1) 在相同胶层厚度下, 由于粗糙度提高, 增强了胶层的粘接强度, 进而提高了碳纤维布增强聚丙烯的力学性能。其中当粗糙度从 2.004 增到 2.731 时, 斜率由 2.11 提高到 5.61, 对粘接强度影响显著。

(2) 由试验的斜率的增幅变化可知, 在一定范围内改变粗糙度是提高粘接强度一个高效的方式。

(3) 根据试验结果判断, 当粗糙度大于 2.751 时, 粗糙度对粘接效果的影响就不明显了。

(4) 在制作试件时需要注意胶层中气泡对试验的影响,同时需要控制好胶层厚度。

参考文献

- [1] Kim Y J, Brunellg. Interaction between CFRP—repair and initial damage of wide-flange steel beams subjected to three-point bending[J]. Composite Structures, 2011, 93(8):1 986–1 996.
- [2] Hmidan A, Kim Y J, Yazdani S. CFRP repair of steel beams with various initial crack configuration[J]. Journal of Composites for Construction, 2011, 15(6):952–962.
- [3] 黎文婧. 碳纤维布—钢界面黏结性能试验研究 [J]. 工业建筑, 2019, 49(3):24–28+91.
- Li Wenjing. Experimental study on interface bonding performance of carbon fiber fabric and steel[J]. Industrial Architecture, 2019, 49(3):24–28+91.
- [4] 殷雨时. 粗糙度对 CFRP—混凝土界面剪切黏结性能的影响 [J]. 建筑材料学报, 2018, 21(2):202–207.
- Yin Yushi. Effect of roughness on shear bonding performance of cfrp-concrete interface [J]. Journal of Building Materials, 2018, 21(2):202–207.
- [5] 石昌文. 混凝土表面粗糙度对 CFRP 加固钢筋混凝土梁抗弯承载力的影响 [D]. 大连: 大连理工大学, 2011.
- Shi Changwen. Influence of concrete surface roughness on bending capacity of reinforced concrete beams strengthened with CFRP [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2011.
- [6] 李伟文. 混凝土粗糙度对 CFRP 与混凝土粘结性的影响 (英文) [J]. 深圳大学学报: 理工版, 2007(1):13–17.
- Li Weiwen. Effect of concrete roughness on CFRP and concrete bond [J]. Journal of Shenzhen University: Science and Technology Edition, 2007(1):13–17.
- [7] 王宏军. 硫酸盐环境下粗糙度对 CFRP—混凝土界面黏结应力试验研究 [J]. 混凝土与水泥制品, 2019(11):43–48.
- Wang Hongjun. Experimental study on the bonding stress of cfrp-concrete interface with roughness in sulfate environment [J]. Concrete and Cement Products, 2019(11):43–48.
- [8] 王伊诺. 钢材表面处理工艺对环氧涂层附着力的影响 [J]. 云南化工, 2019, 46(9):73–74.
- Wang Yinuo. Influence of steel surface treatment on epoxy coating adhesion [J]. Yunnan Chemical Industry, 2019, 46(9):73–74.
- [9] 殷雨时. 粗糙度对 FRP—混凝土界面黏结性能的影响 [J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2019, 47(5):130–138.
- Yin Yushi. Effect of roughness on interface bonding performance of frp-concrete [J]. Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition, 2019, 47(5):130–138.
- [10] Ha S K, Na S, Lee H K. Bond characteristics of sprayed FRP composites bonded to concrete substrate considering various concrete surface conditions[J]. Composite Structures, 2013, 100: 270–279.
- [11] 尚守平. 被加固混凝土构件表面粗糙度评定 [J]. 建筑结构学报, 2010, 31(10):120–124.
- Shang Shouping. Evaluation of surface roughness of reinforced concrete components[J]. Journal of Building Structures, 2010, 31(10):120–124.
- [12] 刘如兵, 王建宏. 氯盐环境下粗糙度对混凝土加固梁界面性能影响研究 [J]. 工业建筑, 2017, 47(8):179–184.
- Liu rubing, Wang Jianhong. Effect of roughness on interface performance of concrete reinforced beams under chloride environment [J]. Industrial Architecture, 2017, 47(8):179–184.
- [13] 肖文森. CFRP—混凝土梁加固性能的影响因素研究 [J]. 科技风, 2017(5):88.
- Xiao Wensen. Study on influencing factors of strengthening performance of cfrp-concrete beams[J]. Wind of Science and Technology, 2017(5):88.
- [14] 郑双凌, 马吉明, 南春子. 预应力钢管混凝土管 (PCCP) 的阻力系数与粗糙度研究 [J]. 水力发电学报, 2012, 31(3):126–130.
- Zheng shuangling, Ma Jiming, Nan Chunzi. Research on the resistance coefficient and roughness of prestressed steel tube concrete (PCCP)[J]. Chinese Journal of Hydroelectricity, 2012, 31(3):126–130.