

预应力碳纤维织物增强混凝土薄板中织物的设计与生产

吕立斌¹, 荀 勇²

(1. 盐城工学院 纺织服装学院, 江苏 盐城 224051; 2. 盐城工学院 土木工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要:采用预应力织物增强混凝土薄板制作永久性模板或加固已有建筑, 将使钢筋混凝土结构的表层更加密实, 抗裂性能更好, 并且更有利于高性能纤维在薄板开裂前, 充分发挥高强度高弹模作用; 预应力方法使薄板刚度提高, 有利于薄板和钢筋混凝土结构协同工作。介绍了碳/玻混编织物复合材料的设计过程, 从原料的选择, 织物形成的方式, 织物的规格以及浸润剂的选择进行了详细的说明, 并且对织物进行了简单的测试。

关键词:复合材料; 环氧树脂; 纤维

中图分类号: TS176.5

文献标识码: A

文章编号: 1671-5322(2010)04-0063-03

近年来随着具有良好的抗拉和抗腐蚀性能的新型人工纤维材料, 如碳纤维、玻璃纤维等的广泛应用, 人们自然地想到, 能否用这种不怕腐蚀的新型材料来代替钢筋混凝土中的钢筋, 从而从根本上解决钢筋锈蚀问题。这种想法在世界各国引起了越来越大的兴趣。目前对新型钢筋代用材料和非钢筋的加筋混凝土的研究已构成国外土木工程界的一个热点。

采用预应力织物增强混凝土薄板作为钢筋混凝土结构的永久性模板, 不仅因薄板便于切割, 而且不重复使用, 使现场施工更加简便; 薄板也可以作为结构的一部分和钢筋混凝土结构一起承担载荷, 因此, 采用预应力织物增强混凝土薄板作为钢筋混凝土结构的永久性模板所形成的叠合结构是一种新型的结构体系。非预应力三维织物增强混凝土薄板作为大面积墙板的新型房屋体系在国外已有应用; 预应力织物增强混凝土薄板的研究工作在全球范围内才刚刚起步, 在国内仍处于空白状态, 因此, 本项目的研究具有重要的科学意义和广阔的应用前景。

在“预应力碳纤维织物增强混凝土薄板的研究”的课题研究中, 设计了碳/玻混编织物增强复合材料, 现总结如下。

1 原料性能

碳纤维的主要特性是强度高, 弹性模量高, 密度小, 比强度高, 能耐超高温, 耐低温性能好, 耐酸性能好, 耐油、耐腐蚀性能好; 热膨胀系数小, 导热系数大等。

我们这次使用的东丽碳丝, 其主要参数见表1(厂家提供)。

表1 碳纤维的性能参数
Table 1 Property parameters of carbon fiber

拉伸强度 MPa	拉伸模量 GPa	伸长率 %	密度 10^3 kg/m^3	线密度 tex
4 660	231	2.0	1.78	801

玻璃纤维采用了泰山玻璃纤维合成总厂无碱玻璃纤维合股无捻粗纱, 主要性能是: 线密度稳定波动小, 毛丝少; 与树脂浸透速度快, 制品强度高; 张力均匀, 悬垂性好等。

其主要性能参数见表2(厂家提供)。

表2 玻璃纤维的性能参数
Table 2 Property parameters of glass fiber

拉伸强度 MPa	拉伸模量 GPa	伸长率 %	密度 10^3 kg/m^3	线密度 tex
3 200	65	4.5	2.58	1 500

收稿日期: 2010-07-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50378018)

作者简介: 吕立斌(1968-), 男, 江苏建湖人, 副教授, 硕士, 主要研究方向为纤维集合体理论及产品开发。

2 织物规格

碳纤维缝编织物,国内报道很少,能生产的企业更少,经过多方面的调研,和中国航天科技集团公司第一研究院七〇三研究所签定了生产织物的合同,由于是他们第一次生产,没有生产经验,只生产了两种规格(见表3)。

表 3 碳/玻混编织物规格
Table 3 Specification of carbon/glass braided fabric

	CEJW200 - 20%	CEJW240 - 35%
经向 0°	无碱玻纤	无碱玻纤
纬向 90°	东丽碳丝	东丽碳丝
格栅宽度	20 × 20	10 × 10
纱线规格	15 000 tex × 12 K	15 000 tex × 12 K
使用根数	纬向 2 × 经向 1	纬向 1 × 经向 1
幅宽	1 500 mm	1 500 mm
织造设备	德国双轴向经编机 P2 - 2S	

3 织物的基本结构图

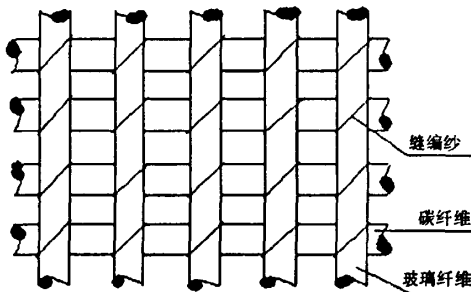


图 1 碳/玻混编织物的基本结构图

Fig. 1 Basic structure of carbon/glass braided fabric

4 浸润剂

4.1 生产厂家:昆山珍实复合材料有限公司生产
品名:5623(固化剂),1010 - 5(主剂);混合
比例:主剂/固化剂 = 3/1;基本性能见表 4(厂家
提供)。

表 4 浸润剂的基本性能
Table 4 Basic property of infiltrating agent

检验项目	1010 - 5	5 623
粘度(BH 型/25 ℃)	3 100 cps	100 cps
色度(G/H 法)	<2	<2
EEW/活性氢当量(AHEW)	185	60
配合比(EEW = 190 之环氧树脂)	3:1	
可使用时间(100g,250C)	2 h	
硬度(shore D)	80	

4.2 环氧树脂的优点

a. 粘附性好,强度高。环氧树脂由于其固有的极性羟基和醚键使其对各种物质均具有突出的粘附力,当然也可以牢固地粘附在玻璃表面,为玻璃提供良好的保护性。

b. 与基体树脂相容性好。由于环氧树脂极性较大,其溶解度参数 $\delta = 9.7$,大于聚醋酸乙烯和聚酯树脂,使其对大多数聚脂具有良好的浸润性,即聚酯树脂可以很容易地覆盖在玻璃表面上,这样制得的玻纤复合材料制品具有良好的强度和外观。

c. 改性方便。环氧树脂其环氧基团的化学反应性活泼,便于改性,而且由于环氧树脂牌号众多,可以根据不同要求选择不同牌号和环氧树脂进行改性,以满足性能需要,如:选择分子量较大的环氧树脂涂覆的玻纤硬度相对较高,选择分子量较小的环氧树脂涂覆的玻纤浸润性好。另外为得到某些特殊性能,还可以将环氧树脂进行共聚改性。

d. 应用广泛。环氧树脂具有良好的耐腐性,抗菌性,耐溶剂性和电绝缘性。

5 碳/玻纤维混编织物复合材料的制作

将网格大小为 20 cm × 20 cm、织物大小为 150 cm × 150 cm 的织物平铺,用环氧树脂均匀的涂抹于织物上。涂抹前,将织物的碳纤维方向和玻璃纤维方向拉直,保持其平直的网格状。根据织物的大小取得相应的树脂量,150 cm × 150 cm 碳/玻纤维混编织物所需的树脂量为 280 mL。根据环氧树脂制备的方法得到主剂量为 210 mL,固化剂量为 70 mL,用毛刷将两种液体混合在量杯内,均匀搅拌,这样较浓稠的主剂被稀释,制得实验所需的环氧树脂。环氧树脂的粘结性很强,要避免织物接触地面,涂抹时将织物放在塑料薄膜上。为避免固化后织物各部分性能有差异,实验中用毛刷将树脂均匀的涂在织物上,使织物各部分都被树脂浸湿。在涂抹树脂过程中仍需保持好织物的网格状,避免其变形,尤其保持碳纤维方向始终呈直线状。若织物发生变形,会影响其拉伸强度。涂抹后,织物中碳纤维方向或者玻璃纤维方向可能会发生变形,将发生变形处拉直。涂抹好的织物放在通风处,让其较好的固化。经过一段时间的固化,织物变硬,性能也随之加强。在织物完全固化后,移去垫在织物下的塑料薄膜。

在涂抹树脂过程中,很难保持纤维的原有形状,这样固化后的织物性能受到影响。为了得到

较为准确的实验数据,在实验中需要制得几块相同大小的织物,并用以上方法涂抹环氧树脂。用同样的方法也制得了大试织物的性能。由于此块织物为前面织物大小的 1/5,所需环氧树脂量也为前面的 1/5 为 56 mL,其中主剂为 42 mL,固化剂为 14 mL。

6 性能测试方法

用英国 H10K-S 万能材料试验机进行试验,织物直接夹在万能材料试验机夹具上。

a. 碳纤维织物网片(浸胶和无胶)的两端 5 cm 必须加塑料布涂胶,由于夹具与粗纱之间的摩擦不够,所以在测试两端先涂一层强力胶粘剂(采用的是由无锡市东方化工助剂有限公司生产,中国人民解放军国防科技大学监制的高级万能胶粘剂 KD504-II,甲:乙=2:1),并在胶没硬前加夹具,胶结硬再拎一次夹具上的螺母。夹牢后夹在万能实验机夹具上拉伸。

b. 拿放碳纤维或夹着碳纤维的夹具时,应尽可能小心,防止碳纤维折断。特别是无胶碳纤维织物。

7 试验结果分析

以碳纤维粗纱为例

未浸胶:

单根平均拉伸强力为 1 058 N,双根平均拉伸强力为 1 424 N,三根平均拉伸强力为 1 789 N。

参考文献:

- [1] 刘春城. CFRP 复合材料在土木工程中的应用现状[J]. 北华大学学报, 2003, 4(3): 258-260.
- [2] 储长流. 碳纤维的性能与应用[J]. 北京纺织, 2001, 27(6): 39-41.
- [3] 赵稼祥. 世界高性能碳纤维的生产、市场与应用[J]. 新材料产业, 2003, 112(3): 18-22.

Design and Production of Pres-stressed Carbon Fabric Used in Fabric Reinforced Concrete Board

LV Li-bin, XUN Yong

- (1. College of Textiles and Clothing, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China;)
- (2. College of Civil Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: The pre-stressed fabric reinforced concrete board is used to make permanent templates or reinforce existing buildings. The surface of the reinforced concrete structure is more dense-grained and its crack-resistance is better. The high performance fibers will give full play to their high strength and high elastic modulus role before the board cracking. The pre-stressed method increases the board stiffness and is helpful for improving collaborative work of board and concrete structure. In the paper, the design process of carbon/glass blended fabric composite was introduced. It was discussed in detail in term of raw selection, fabric formation, fabric specification and infiltration agent choose. And the property of fabric was simply tested.

Keywords: Composite; Epoxy; Fiber

(责任编辑:沈建新;校对:张英健)

浸胶:

单根平均拉伸强力为 1 428 N,双根平均拉伸强力为 1 944 N,三根平均拉伸强力为 2 458 N。

从测试结果看出:经使用的浸润剂使单纱强力平均提高 30%-40% 左右,但也发现粗纱截面浸胶很不均匀。因此,对比例进行了改变(主剂不变,固化剂比例增加,如主剂量为 210 mL,固化剂比例 1 相当于 70 mL,比例 1.1 相当于 77 mL,比例 1.2 相当于 84 mL 等等),单根实验结果见表 5。

表 5 测试数据结果

Table 5 Experimental data

固化剂比例	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
拉伸强力/N	1 425	1 513	1 550	1 562	1 566	1 564

从数据可以看出,随着固化剂比例的增加,粗纱强力有增大的趋势,主要由于浸润剂渗透均匀,使碳纤维断裂的同时性增加,但比例到一定程度,强力基本不变。

8 结语

织物浸胶后,虽能提高强力,但织物表面太硬,抗剪性能较差;其次织物表面太光滑,不利于与水泥基表面接合,需进一步改进。碳/玻混编织物增强复合材料具有良好的抗拉和抗腐蚀性能,是钢筋混凝土中的钢筋的潜在代替者。