



聚丙烯编织布抗拉特性影响因素研究

熊荣军, 孙爱国, 唐正涛

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 聚丙烯编织布是长江航道整治工程中最重要的材料之一。为研究聚丙烯编织布抗拉试验的影响因素, 在理论分析的基础上进行试验分析, 明确了湿度、温度、试样宽度和拉伸速率对抗拉试验的影响情况, 提出聚丙烯编织布抗拉试验的注意事项。

关键词: 航道整治工程; 聚丙烯编织布; 抗拉试验; 影响因素

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)12-0191-05

Influential factors of tensile properties for polypropylene woven

XIONG Rong-jun, SUN Ai-guo, TANG Zheng-tao

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

Abstract: The polypropylene woven is one of the most important materials in Changjiang waterway regulation engineering. To study the influential factors of the tensile test for polypropylene woven, we analyze the influential factors based on the theoretical analysis, make clear the influences of the humidity, temperature, sample width and tensing speed on the tensile test, and put forward matters of attention for the tensile test of the polypropylene woven.

Keywords: waterway regulation engineering; polypropylene woven; tensile test; influential factor

为确保长江航道的畅通, 提升长江航道的通过率, 近年来, 在国家的高度重视下, 各项航道整治工程的建设速度显著提升。聚丙烯编织布作为航道整治工程中的重要材料之一, 在护滩、护底等结构中得到了广泛的运用, 工程中一般采用 250 g/m² 规格的聚丙烯编织布为软体排, 其上铺设 X 型或 D 型混凝土压载块^[1]。

聚丙烯编织布的抗拉强度和最大延伸率是长江航道整治工程设计中最重要的技术指标, 在工程施工中, 其抗拉强度和延伸率的性能好坏将作为相应批次聚丙烯编织布可否采用的重要依据之一^[2]。在聚丙烯编织布的质量检测过程中, 其抗拉特性试验一般采用 GB/T 15788—2005《土工布及其有关产品宽条拉伸试验》进行试验, 并同时参照 GB/T 3923.1—1997《纺织品 织物拉伸性

能 第 1 部分断裂强力和断裂伸长率的测定条样法》、SL 235—2010《土工合成材料测试规程》及 JTG E 50—2006《公路工程土工合成材料试验规程》等标准。但是, 由于大部分标准中的调温调湿均依据纺织类国家标准 GB/T 6529—2008《纺织品调湿和试验用标准大气》, 对温湿度进行高标准控制, 导致抗拉试验环境控制要求过高而难以开展; 且各标准在抗拉强度试验时对被测试样的制样宽度、抗拉速率等的要求均有所不同, 导致抗拉试验方法不一致、难以确定试验方法等问题^[3-4]。为解决以上问题, 有必要对长江航道整治工程用量较大的聚丙烯编织布在抗拉试验中可能的影响因素进行探讨, 为试验检测工作提供参考。

以往对短纤针刺非织造土工布拉伸性能影响因素研究, 揭示了不同拉伸条件对抗拉结果的影

收稿日期: 2014-10-10

作者简介: 熊荣军 (1980—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事岩土工程勘察及试验检测工作。

响程度是不一致的^[5]，由于聚丙烯编织布的材料、编织成型等与短纤针刺非织造土工布均存在较大差异，因此聚丙烯编织布的抗拉特性影响情况不能套用短纤针刺非织造土工布的研究成果，故，本研究是在上次研究基础上的进一步拓展。

1 抗拉试验影响因素分析

本研究所用聚丙烯编织布也称为聚丙烯扁丝编织土工布，其基本组成物质是聚丙烯（PP），原料具有力学性能优良、耐热性好、化学性能稳定、不吸水等特性。对聚丙烯编织布抗拉特性影响因素进行理论分析，得到下列结论：

1) 湿度对抗拉特性的影响：因聚丙烯具有不吸水的特性，理论上该类型材料与水不发生作用，因此推测湿度对聚丙烯编织布的抗拉特性无明显影响。

2) 温度对抗拉特性的影响：聚丙烯的熔点为 164 ~ 170 ℃，热扭曲温度为 100 ℃，其耐热性能较差，易受温度影响，当温度超过一定数值时，其抗拉强度将下降，由于高分子材料的热变形性能，其延伸率将在一定程度上随温度的增加而增大。

3) 试样宽度对抗拉特性的影响：聚丙烯编织布主要采用大量扁丝编织成型，在抗拉过程中主要是横向或纵向扁丝受拉力。由于抗拉强度主要计算单位宽度的拉伸力，因此推测聚丙烯编织布的抗拉强度与其试样宽度无明显关系。但结合实际情况，由于扁丝性能存在不均匀性，使得薄弱部位的扁丝先被破坏，易造成窄条试样的强度离散型偏大。

4) 拉伸速率对抗拉特性的影响：当以较高的拉伸速率进行拉伸时，易过其屈服，即聚丙烯分子内部出现了分子链结构不能及时根据变形来进行调整的情况，使其无法完全适应抗拉变形，导致该材料的延伸率下降。并且由于过快的抗拉速度使得同时受拉的聚丙烯分子数量明显偏多，从而使其受力相对偏大，强度偏高；反之，当抗拉速度偏低时，其延伸率偏高，强度偏低。

2 聚丙烯编织布抗拉特性试验

本研究所采用的 250 g/m² 聚丙烯编织布外观整洁，无明显灰尘、折痕、孔洞、损伤部位和可见斑点，整体质量均匀，能够满足抗拉试验研究需求。

研究的主要内容是对聚丙烯编织布在各种状态下进行抗拉试验，以探讨不同的温度、湿度、拉伸速率和试样宽度对聚丙烯编织布抗拉强度和延伸率的影响情况。为了使研究数据更具可比性，在研究过程中，将始终保持单一因子控制，即只对某一影响因素进行改变，其他因素不变，且在试验过程中将保持所用设备、夹具等均保持不变，所取试样均位于相近区域。

2.1 湿度对抗拉特性的影响

为研究湿度对聚丙烯编织布抗拉特性的影响，在保持温度不变的基础上，选择了几个具有代表性的湿度条件（表 1），对不同湿度条件下试样的抗拉强度和延伸率进行试验。为避免试样在试验过程中出现过大的湿度变化，试验时各试样保证在从相应环境中取出后 3 min 内完成试验。

表 1 不同的湿度环境条件

试验环境	大气压情况	温度/℃	湿度/%
A	标准大气压	20	25
B	标准大气压	20	45
C	标准大气压	20	65
D	标准大气压	20	85
E	标准大气压	20	浸泡在蒸馏水

各试样在试验前分别在 5 种环境中分别调湿，调湿时间不低于 24 h。对不同湿度条件下的试样进行试验，试验结果见表 2 和图 1。

表 2 湿度对抗拉特性影响试验结果

试验环境	纵向抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	纵向延伸率/%
A	33.51	23.1
B	33.54	23.7
C	33.60	23.5
D	33.52	22.9
E	33.62	23.8

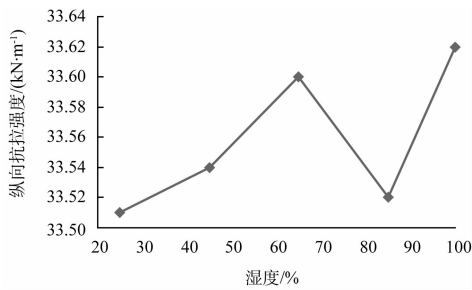


图 1 湿度对纵向抗拉特性的影响

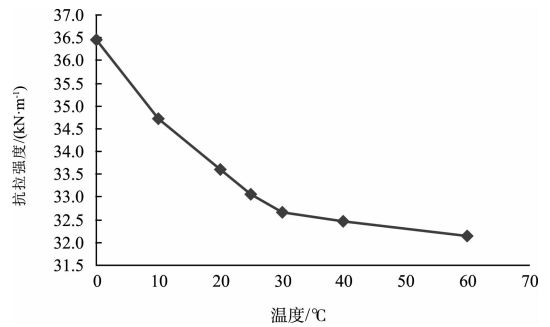


图 2 温度对强度的影响

2.2 温度对抗拉特性的影响

为研究温度对聚丙烯编织布抗拉特性的影响, 在保持湿度相同的条件下, 选择了几个具有代表性的温度条件(表 3), 对不同温度条件下试样的抗拉强度和延伸率进行试验。为避免试样在试验过程中出现较大的温度变化, 研究中各试样保证在从相应环境中取出后 3 min 内完成试验。

表 3 不同的温度环境条件

试验环境	大气压情况	温度/℃	湿度/%
1	标准大气压	0	65
2	标准大气压	10	65
3	标准大气压	20	65
4	标准大气压	25	65
5	标准大气压	30	65
6	标准大气压	40	65
7	标准大气压	60	65

本研究共选用了 7 个不同的温度环境, 并在常规温度 20~30℃下进行了加密布置, 温度调节时间不低于 24 h, 对不同温度条件下的试样进行了试验, 试验结果见表 4 和图 2~3。

表 4 温度对抗拉特性影响试验结果

试验环境	纵向抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	纵向延伸率/%
1	36.46	17.8
2	34.72	19.1
3	33.60	23.5
4	33.06	23.9
5	32.67	24.2
6	32.46	24.5
7	32.14	25.1

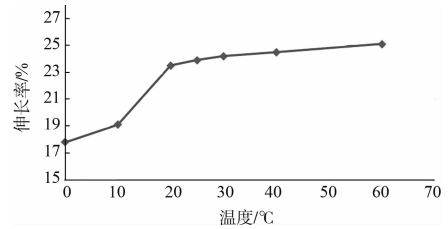


图 3 温度对延伸率的影响

2.3 试样宽度对抗拉特性的影响

为研究试样的宽度对聚丙烯编织布抗拉特性的影响, 在保持温度、湿度环境不变的前提下, 对不同的试样宽度进行试验。试验环境选用标准中规定的 20℃和 65%, 并在此环境下进行温湿度调节 24 h, 试样的宽度选择分别为 25、20、15、10 和 5 cm 共 5 类, 涵盖了常规的 5、20 cm 宽度, 试样的夹持长度均为 100 mm, 拉伸速率为 20 mm/min。

由于聚丙烯编织布在横向与纵向编织时扁丝松紧程度不一致, 横向扁丝明显张紧情况较差, 因此, 分横向与纵向分别进行试验。对该批试样横向、纵向均选取 5 种不同宽度的试样进行抗拉试验, 对所有试验数据进行统计, 结果见表 5 和图 4~5。

表 5 试样宽度对抗拉特性影响试验结果

方向	宽度/cm	纵向抗拉强/(kN·m ⁻¹)	纵向延伸率/%	试样破坏情况
纵向	5	34.05	23.5	整体破坏
	10	34.37	23.9	整体破坏
	15	33.97	23.6	整体破坏
	20	34.32	24.5	整体破坏
	25	34.25	24.0	整体破坏
横向	5	19.3	19.3	整体破坏
	10	19.0	19.0	整体破坏
	15	19.1	19.1	局部破坏
	20	18.4	18.4	局部破坏
	25	18.3	18.3	局部破坏

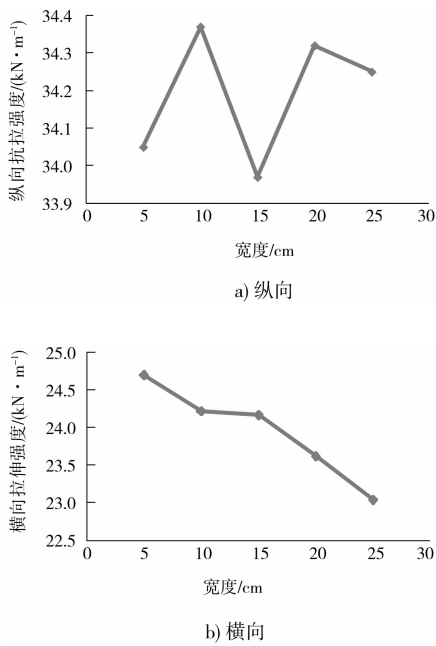
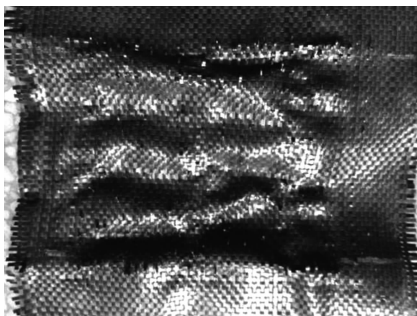
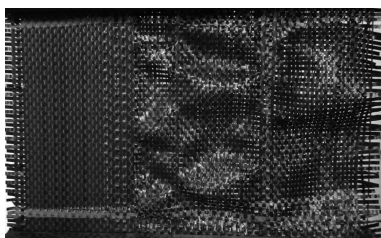


图4 抗拉强度随试样宽度变化



a) 整体破坏



b) 局部破坏

图5 破坏形式

2.4 拉伸速率对抗拉特性的影响

为研究拉伸速率对聚丙烯编织布抗拉特性的影响，在保持温度、湿度环境不变的前提下，对不同的拉伸速率进行试验。试验环境选用标准中规定的 20 ℃ 和 65%，并在此环境下进行温湿度调节 24 h，试验速度的选择分别为 50、40、30、20、10 和 5 %/min 共 6 种不同的抗拉速率，试样的实际

夹持长度为 100 mm，夹持宽度为 200 mm。

分别在 6 种不同拉伸速率条件下进行了抗拉试验，并对所有试验数据进行统计，结果见表 6 和图 6~7。

表6 拉伸速率对抗拉特性影响试验结果

速率/(%·min ⁻¹)	纵向抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	纵向延伸率/%
5	33.20	22.7
10	33.26	23.0
20	33.60	23.5
30	34.26	23.6
40	34.39	24.3
50	34.88	24.9

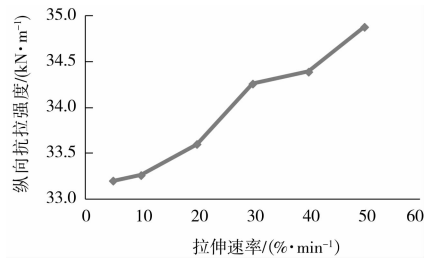


图6 纵向抗拉强度随抗拉速率的变化

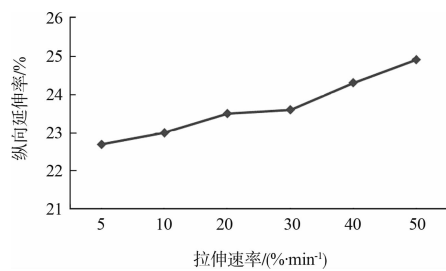


图7 纵向延伸率随抗拉速率的变化

3 试验结果分析

3.1 湿度对抗拉特性的影响

由试验结果分析可知，在不同的湿度环境中，聚丙烯编织布的抗拉强度在一定程度上出现了上下波动的情况，且波动幅度与聚丙烯编织布的正常偏差相符，未随湿度的差异呈现出规律性变化，湿度与聚丙烯编织布的强度之间关系不明显。因此，短期的湿度变化对聚丙烯编织布的抗拉强度没有实质性的影响，或者短期的湿度变化对聚丙烯编织布抗拉强度的影响程度小于编织布自身均匀性的影响程度。

分析其原因，主要是因为聚丙烯编织布是由

大量聚丙烯塑料扁丝编制而成, 该材料质地密实, 不吸水, 水对聚丙烯编织布的组成、受力均匀性影响很小, 因此, 短期的湿度变化对其抗拉强度影响不大。

3.2 温度对抗拉特性的影响

由试验结果分析可知, 塑料扁丝编织土工布对温度影响非常敏感, 在 0 ~ 60 °C 之间, 其抗拉强度值呈规律性的下降了 4.32 kN/m, 其总体下降量达到标准试验条件下的 12.9%。而延伸率变化量则达到标准试验条件下的 31.1%。其强度每 10 °C 的平均变化率达到 2.2%, 延伸率每 10 °C 的平均变化率更达到 5.2%。因此, 聚丙烯编织布的抗拉特性易受温度影响。

3.3 试样宽度对抗拉特性的影响

由试验结果分析可知, 聚丙烯编织布的抗拉特性对试样宽度的敏感程度因取样方向而异: 纵向的力学特性对试样宽度的敏感程度不高, 强度及延伸率随宽度变化随机上下波动, 且波动幅度与材料的正常偏差相符, 因此, 聚丙烯编织布的纵向力学特性随试样宽度呈无规律性变化; 横向力学特性随着试样宽度的增加呈下降趋势, 横向延伸率也存在降低的趋势, 其破坏情况随着试样宽度的增加逐渐出现局部破坏的现象。

究其原因, 是由于聚丙烯编织布纵向条带相对平顺, 每根丝受力基本均匀, 表现为基本整体破坏, 所以各个试样之间的抗拉强度的离散性不大, 表现出一定的均匀性。而横向条带则存在部分扁丝出现小褶皱、松弛等现象, 导致其抗拉时受力不均, 平顺情况较好的扁丝先受力破坏, 褶皱、松弛严重的部位扁丝后受力甚至不受力, 最终导致试样局部破坏的发生, 且试样越宽, 不均匀受力现象越严重, 从而导致试样越宽抗拉强度越低的情况出现。

3.4 抗拉速率对抗拉特性的影响

聚丙烯编织布的抗拉强度对抗拉速率的敏感程度比较明显: 抗拉速率越大, 强度越大, 对应的断裂延伸率也越大。

在工程应用中, 聚丙烯编织布一般处于缓慢

受力变形状态, 变形速率很慢。因而, 在实际检测过程中建议采用偏低的抗拉速率, 使检测强度更接近实际应用值。

4 结语

1) 试验过程中出现的短期湿度变化对聚丙烯编织布抗拉强度无明显的影响;

2) 在进行温度调节时, 因温度的波动对聚丙烯编织布的抗拉特性影响较为明显;

3) 试样宽度对纵向抗拉特性影响较小, 对横向抗拉特性影响较明显;

4) 试验过程中的抗拉速率越大, 聚丙烯编织布的抗拉强度和断裂延伸率也会相应增大。

因此, 在开展聚丙烯编织布抗拉特性试验时, 应特别注意以下方面:

1) 可以不对聚丙烯编织布样品进行湿度调节, 对试验过程当中的湿度也无需进行控制;

2) 在进行抗拉试验前, 应严格按照要求对试样进行恒温调节, 且在试验过程中也应对试验室的环境温度进行控制;

3) 试样的纵向宽度可根据夹具宽度进行选择, 试样的横向宽度应按标准统一选择 200 mm 的宽样法, 保证试验宽度的一致性, 确保试验结果的可比性;

4) 在进行抗拉试验的过程中, 应严格按照要求对拉伸速率进行控制, 避免过快或过慢拉伸。

参考文献:

- [1] 陈学良. 土工织物在长江口深水航道治理工程中的应用[J]. 水运工程, 2000(12): 48-52.
- [2] 孙钧, 迟景魁, 曹正康, 等. 新型土工材料与工程整治[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998: 29-30.
- [3] 许静娟. 土工合成材料应用技术规范存在的问题[J]. 上海纺织科技, 2001(10): 57-58.
- [4] 孙兰凤. 水利工程中土工合成材料的应用与质量控制[J]. 黑龙江水专学报, 2004(4): 80.
- [5] 熊荣军, 李恒, 孙爱国, 等. 短纤针刺非织造土工布拉伸试验影响因素研究[J]. 水运工程, 2013(9): 6-10.

(本文编辑 郭雪珍)