

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.03.022

土工格栅拉伸速率试验分析

郑大为¹,韩慧娟^{1,2},刘英²

(1. 辽宁工程技术大学,辽宁阜新 123000; 2. 交通运输部公路科学研究院,北京 100088)

摘要:通过对土工格栅(塑料格栅和玻纤格栅)在不同速率下进行拉伸试验,得出拉力—变形曲线及 2%,5% 应变和峰值拉伸强度、最大断裂力时的延伸率等数据。经过对数据分析和曲线拟合,得出格栅受拉伸速率影响的规律,并最终选定合适的室内拉伸试验速率。结果表明,塑料格栅和玻纤格栅,纵、横向的断裂拉力随着拉伸速率的增加而增大,延伸率随着拉伸速率的增加而减小。塑料格栅和玻纤格栅,纵、横向同等规格时,纵向拉伸强度总体大于横向拉伸强度。

关键词:塑料格栅;玻纤格栅;拉伸速率;拉伸强度

中图分类号: U416 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)03-0090-04

Test Analysis on Tensile Rate of Geogrid

Zheng Dawei¹, Han Huijuan^{1,2}, Liu Ying²

(1. Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 2. Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: Through the geogrid (plastic geogrid and fiberglass geogrid) tensile test at different rates, force-strain curve, 2%, 5% strain and peak tensile strength, elongation of maximum breaking strength, etc was drawn. After data analysis and curve fitting, the impact law of geogrid by stretching rate was obtained, a suitable indoor tensile test rate was finally selected. The results show that for plastic grille and fiberglass grille, with increase of extension rate, transverse and longitudinal fracture tension increase, but elongation decreases. when the transverse tension of plastic grille and fiberglass grille is the same size with its longitudinal tension, the longitudinal tensile strength is greater than the transverse tensile strength on the whole.

Keywords: plastic geogrid; glass fiber geogrid; tensile test rate; tensile strength

土工格栅有塑料格栅、钢塑格栅、玻纤格栅,其作为拉筋材料,大多应用在路基加固、挡墙等结构中,主要是通过抗拉强度来承受土体传来的荷载。因此,抗拉强度是土工格栅的重要特性指标之一。影响格栅拉伸强度的因素很多^[1-4],有材料、拉伸速率、夹具、环境等。现在应用的土工格栅拉伸试验规范中,《土工合成材料测试规程》(SL/T 235-2012)规定速率为计量长度的 20%/min,《公路工程土工合成材料试验规程》(JTG E50-2006)规定速率为名义夹持长度的 20%/min,《土工合成材料塑料土工格栅》(GB/T 17689-2008)中的速率设定为试样夹具间距离的 20%/min,《玻璃纤维土工格栅》(GB/T 21825-2008)中的速率设定为 100 mm/min,还有 ASTM D6637-01 中对土工格栅拉伸速率设定为计量长度的 10%/min。通过对比这些标准发现,土工格栅拉伸速率的设定并不统一。

笔者主要研究不同土工格栅在不同拉伸速率下纵、横方向的拉伸特性。通过试验结果再结合试

验标准及相关文献,得出适合的土工格栅室内拉伸速率。

1 试验设计

1.1 主要原材料

塑料格栅、玻纤格栅:山东肥城联谊工程塑料有限公司。

塑料格栅型号及纵、横向参数如表 1 所示。塑料格栅纵向标距为 16.6 cm,横向标距为 15.1 cm。

表 1 格栅型号及纵、横向参数

格栅规格	纵向 1 m 内肋数 / 根	横向 1 m 内肋数 / 根	纵向宽度 / cm	横向宽度 / cm
塑料格栅 (TGSG4040)	25.15	24.27	95.43	98.87
玻纤格栅 [EGA1×1(80×80)]	39.867	39.421	90.3	98.933

1.2 主要仪器与设备

万能式拉力试验机:济南瑞普机电技术有限公

联系人:郑大为,副教授,主要从事道路、桥梁材料研究工作

收稿日期:2014-01-09

司。

1.3 性能测试

材料选塑料格栅和玻纤格栅,预拉力采用最大拉力的1%,塑料格栅拉伸速率分别取10,20,50,80,100 mm/min;玻纤格栅拉伸速率为10,20,50,80,100,120,150,180 mm/min,采用单肋法拉伸。试验前将样品放置在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 环境下至少24 h,并在该环境下进行试验。

2 结果与讨论

2.1 塑料格栅拉伸规律

试样拉伸破坏位置大多在节点处,少部分在肋条与节点连接处或肋条中部。试样受荷初期,随着力变形的增大,会出现“颈缩”现象,而且在肋间联结两端附近有“毛刺”出现。在试样破坏时,拉力集中处突然断裂并出现许多细丝。当试样夹持不好时,经常会有滑移现象,导致试验数据不准确,所以要确保夹持的均匀且稳定。

2.2 塑料格栅试验数据分析

图1和图2分别是塑料格栅横、纵向不同拉伸速率下的拉力—变形曲线。

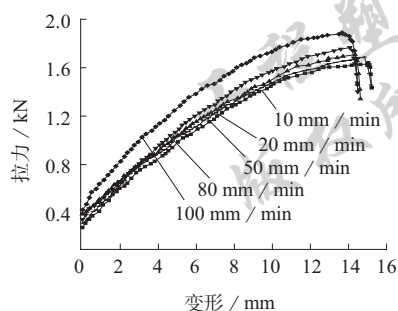


图1 塑料格栅不同拉伸速率下的横向拉力—变形曲线

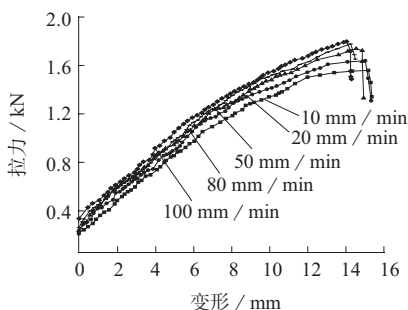


图2 塑料格栅不同拉伸速率下的纵向拉力—变形曲线

从图1和图2可以看出,随着拉伸速率的增加,材料的断裂拉力增加,而且纵向拉力值偏大于横向拉力值。最大负荷下延伸率的计算公式见式(1):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0 + L_0'} \times 100\% \quad (1)$$

式中: ε ——最大负荷下的延伸率;

L_0 ——名义夹持长度,笔者使用夹具为100 mm;

L_0' ——预负荷伸长量,mm;

ΔL ——最大负荷下的伸长量,mm。

根据图1和图2峰值伸长量,在拉伸速率分别为10,20,50,80,100 mm/min时,由式(1)求得纵向 ε 值分别为9.09%,8.96%,8.67%,8.5%,8.25%;横向 ε 值分别为10.28%,10.17%,9.85%,9.65%,9.51%。这表明随着拉伸速率的增加,格栅的延伸率变小。根据以上数据,当拉伸速率较大时,拉伸强度较高并且延伸率较小,塑料格栅的力学性能较好。

每种速率纵、横向分别做5次试验,得出平均拉伸强度如表2,塑料格栅横、纵向拉伸强度随速率变化趋势见图3。

表2 塑料格栅在不同拉伸速率下的平均强度

方向	拉伸速率 / (mm · min ⁻¹)	2%应变拉伸强 度 / (kN · m ⁻¹)	5%应变拉伸强 度 / (kN · m ⁻¹)	峰值拉伸强度 / (kN · m ⁻¹)
横向	100	30.75	30.874	46.395
	80	25.6	27.97	43.375
	50	23.22	25.5	41.902
	20	20.706	23.314	41.411
	10	20.13	22.585	40.258
纵向	100	31.959	34.294	47.781
	80	30.962	33.03	47.253
	50	29.375	32.25	46.199
	20	25.562	28.857	43.564
	10	23.646	25.374	41.463

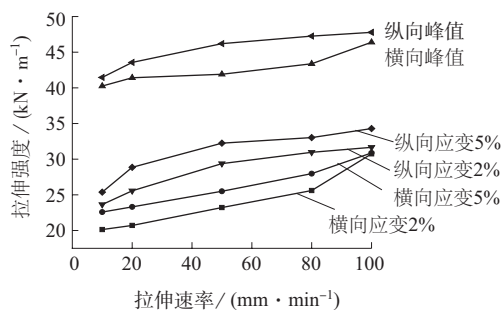


图3 塑料格栅横、纵向拉伸强度与拉伸速率关系曲线

由图3可知:(1)随着速率的增大,2%,5%应变和峰值拉伸强度都在增加。(2)横向2%,5%应变拉伸强度曲线在10~80 mm/min之间很相似,在100 mm/min点时强度值基本相等,曲线类似于线性上升。(3)纵向2%,5%应变和峰值拉伸曲线基本相似,在50 mm/min之后曲线呈现出平缓趋势,小于50 mm/min时拉伸强度变化很大,这表示当拉伸速率增大到一定程度时对格栅强度影响不大。(4)当试验拉伸速率比较大时试样很容易滑出或是在夹持处出现损坏现象,导致试验数据不准确。此外,在文献[2]中提到,土工格栅埋置在土中后,由于其与周围土体的相互作用,在土体内部,有围压的

拉伸特性与无围压时的会有所不同,而影响土工格栅在土体介质中拉伸特性的因素主要包括拉伸速率和围压大小。应考虑土体介质中在施工过程中的低拉伸速率和不同围压大小对土工格栅的拉伸强度和拉伸弹性模量的影响。综合以上,笔者建议塑料格栅室内拉伸速率设定在 50 mm/min 更加合适。

2.3 玻纤格栅拉伸规律

拉伸试样受荷载作用初期,随着变形的增大,格栅肋部的部分纤维开始崩断,变形继续增大,纤维崩断数目增多,当变形增加到一定程度,格栅突然断裂。格栅的一般破坏形式为一个肋条先断裂,其它两根随后断裂。有时也会出现试样夹持端被拔出或试样被夹具夹断等现象,主要是由于试样夹持力不均匀或不足导致,因此试样夹持力一定要均匀,同时对试样施加一定的预拉力是有必要的。

2.4 玻纤格栅拉伸数据分析

图 4~5 和图 6~7 分别为不同拉伸速率下玻纤格栅横向拉力—变形曲线和纵向拉力—变形曲线。

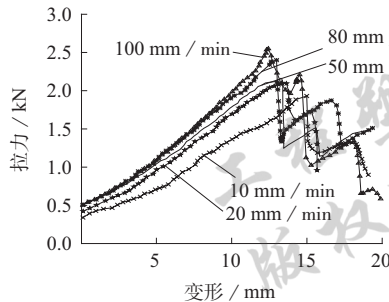


图 4 玻纤格栅不同拉伸速率下横向拉力—变形曲线

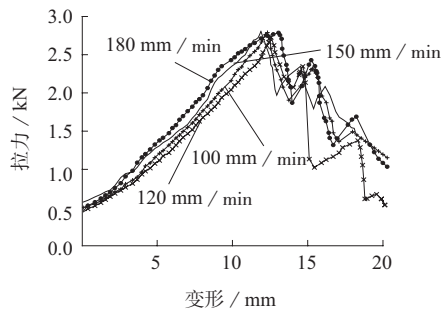


图 5 玻纤格栅不同拉伸速率下纵向拉力—变形曲线

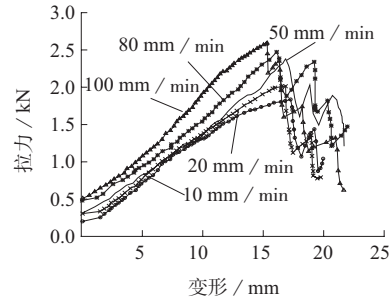


图 6 玻纤格栅不同拉伸速率下纵向拉力—变形曲线

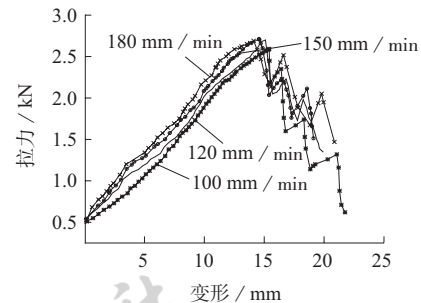


图 7 玻纤格栅不同拉伸速率下纵向拉力—变形曲线

由图 4~图 7 可以看出,玻纤格栅在横、纵向都随着拉伸速率的增加而拉力不断增大。每条曲线都不止出现一个断裂点,这是因为一个肋条先断,随后其它肋条断裂所产生的。纵向拉力—变形曲线的断裂拉力值相对于横向的偏大一些。

表 3 为玻纤格栅在不同拉伸速率下的纵、横向拉伸强度值。拉伸速率 10 mm/min 下的横向平均拉伸强度值比 180 mm/min 时小 24.97%;纵向拉伸强度比 180 mm/min 时小 30.64%,表明拉伸速率对强度值具有一定的影响。应用软件进行拟合,得出横、纵向拟合曲线如图 8 和图 9 所示,对应曲线方程见式 (2)、式 (3),其中 X 为拉伸速率, Y 为拉伸强度,拟合程度用 R^2 表示。

$$Y_{\text{横}} = 75.05156 + 0.299099X + 1.67289 \times 10^{-5}X^2 - 4.45067 \times 10^{-6}X^3 (R^2 = 0.959) \quad (2)$$

$$Y_{\text{纵}} = 74.93048 + 0.74829X - 0.00419X^2 + 7.79649 \times 10^{-6}X^3 (R^2 = 0.965) \quad (3)$$

由图 8 和图 9 可看出,速率小于 100 mm/min

表 3 玻纤格栅在不同拉伸速率下的拉伸强度

方向	拉伸速率/(mm·min ⁻¹)								kN/m
	180	150	120	100	80	50	20	10	
横向	103.759	104.385	103.879	101.598	96.622	88.06	83.06	76.896	
	104.385	105.357	104.359	99.452	95.824	90.451	85.346	80.433	
	105.352	104.251	105.318	103.472	97.935	85.672	82.456	78.582	
	103.593	103.865	104.783	100.352	97.435	86.362	86.735	77.452	
	105.637	105.146	103.462	102.531	95.824	89.626	83.524	78.839	
横向平均	104.5452	104.6008	104.3602	101.481	96.728	88.0342	84.2242	78.4404	
纵向	118.806	119.778	119.248	114.48	109.643	105.039	88.841	81.074	
	117.835	118.162	116.158	114.864	110.572	104.742	93.056	79.264	
	119.358	117.357	118.561	117.468	113.536	109.346	89.593	85.256	
	117.468	118.561	117.462	116.367	108.873	108.562	89.573	84.562	
	118.683	118.352	118.735	116.926	111.747	105.375	92.632	80.574	
纵向平均	118.43	118.442	118.0328	116.021	110.8742	106.6128	90.739	82.146	

时曲线趋于线性状态,当超过 100 mm/min 时比较平缓,也就是说拉伸速率大于 100 mm/min 后对拉伸强度的影响不是很显著。

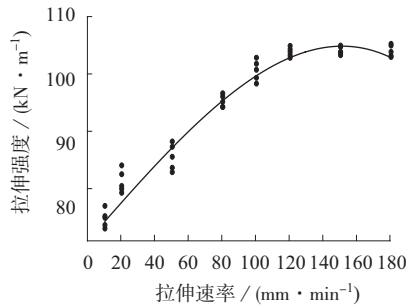


图8 横向拟合曲线

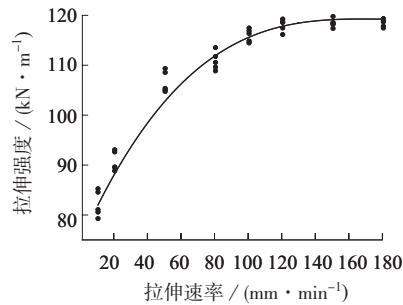


图9 纵向拟合曲线

为更直观地表示不同拉伸速率时拉伸强度的变化程度,按 GB/T 21825-2008 规定的加载速率为 100 mm/min 的试验结果为基准,其它速率下的试验结果与基准值所得偏差汇成表 4,其中相对偏差 1 为与 100 mm/min 时基准值的相减值,相对偏差 2 为相对偏差 1 与实际拉伸强度的比值。

表 4 不同拉伸速率下玻纤格栅纵、横向拉伸强度与基准值的偏差

拉伸速率 / (mm·min ⁻¹)	方向	拉伸强度 / (kN·m ⁻¹)	相对偏差 1 / (kN·m ⁻¹)	相对偏差 2 / %
10	横向	82.146	-33.875	41.238
	纵向	78.440 4	-23.040 6	29.373
20	横向	90.739	-25.282	27.862
	纵向	84.224 2	-17.256 8	20.489
50	横向	106.612 8	-9.408 2	8.825
	纵向	88.034 2	-13.446 8	15.275
80	横向	110.874 2	-5.146 8	4.642
	纵向	96.728	-4.753	4.914
100	横向	116.021	0	0
	纵向	101.481	0	0
120	横向	118.032 8	2.011 8	1.704
	纵向	104.360 2	2.879 2	2.759
150	横向	118.442	2.421	2.044
	纵向	104.600 8	3.119 8	2.983
180	横向	118.43	2.409	2.034
	纵向	104.545 2	3.064 2	2.931

通过表 4 可知,纵、横向相对偏差在拉伸速率小于 80 mm/min 时很大,大于 120 mm/min 时偏小。所以,拉伸速率大时对拉伸强度的影响不是很明显。玻纤格栅原料为玻璃纤维,而玻璃纤维的拉伸强度极高,超过了其它纤维与普通金属。同时它的弹性模量很高,具有很高的抗变形能力,断裂延伸率小于 3%^[5],由于其材质,在试验中尽量选取比较大的拉伸速率。所以,建议玻纤格栅拉伸速率设定为 100 mm/min。

3 结论

(1) 塑料格栅和玻纤格栅的纵、横向断裂拉力随着拉伸速率的增加而增大,延伸率随着拉伸速率增加而减小。

(2) 塑料格栅和玻纤格栅的纵、横向拉力同等规格时,纵向拉伸强度总体大于横向拉伸强度。

(3) 综合考虑试验数据的有效性和一致性,建议将塑料格栅拉伸速率设定为 50 mm/min,玻纤格栅拉伸速率设定为 100 mm/min。

参考文献

- [1] 刘英. 土工格栅拉伸试验影响因素研究 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2008(10):113-114, 129.
Liu Ying. Experimental study on factors affecting the geogrid tensile test[J]. Highway and Transportation Research (Applied Technology Edition), 2008(10):113-114, 129.
- [2] 杨广庆, 庞巍, 吕鹏, 等. 塑料土工格栅拉伸特性试验研究 [J]. 岩土力学, 2008, (9):2 387-2 391.
Yang Guangqing, Pang Wei, Lv Peng, et al. Experimental study of tensile properties of geogrids[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, (9):2 387-2 391.
- [3] 梁欢子, 刘晓. 塑料土工格栅抗拉特性试验研究 [J]. 中国市场, 2011(40):114-115, 121.
Liang Huanzi, Liu Xiao. Experimental study on tensile properties of plastics geogrid[J]. China Market, 2011(40):114-115, 121.
- [4] 杨锡阶, 王时越, 黄志静, 等. 加载速率对玻璃纤维土工格栅断裂强度的影响 [J]. 实验室研究与探索, 2007(11):252-254.
Yang Xijie, Wang Shiyue, Huang Zhijing, et al. Effect of loading rate on fracture strength of glassgrids[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2007(11):252-254.
- [5] 刘英, 李成, 何哲. 玻纤格栅在路面中的应用及测试方法研究 [J]. 交通标准化, 2010(23):108-110.
Liu Ying, Li Cheng, He Zhe. Application of glass fiber grid in pavement and its test method[J]. Transport Standardization, 2010(23):108-110.