

文章编号:1005-0523(2014)04-0090-05

超静定土工格栅的强度特性测试研究

褚智超¹, 魏军扬², 郑澄锋³

(1.江苏镇江建筑科学研究院集团有限公司,江苏 镇江 212000;2.中船第九设计研究院工程有限公司,上海 200063;
3.南京水利科学研究院岩土工程研究所,江苏 南京 210024)

摘要:超静定土工格栅的测试在现行规范中难以找到明确的测试方法。为了对超静定土工格栅的强度力学性能进行测试研究,对超静定土工格栅采取了7种不同种方案的拉伸试验测试。试验结果表明:①超静定土工格栅的单向土工格栅多条受力时呈现出以上一级(少于此多条格栅一条的多条格栅)的单根格栅折算强度的大约90%增加;②建议现行相关规范中土工格栅单条法计算拉伸强度时试样最大拉力应乘以一折算系数,对于本实验中的超静定土工格栅,所乘折算系数取为 $10(1-0.9^N)$, N 为样品每米宽度上的肋数;③本研究中的超静定土工格栅的超静定作用使得单根格栅折算强度提高1.03%~14.06%,效果明显,建议更多超静定土工格栅的生产与应用。

关键词:超静定土工格栅;拉伸测试;折算强度;折算系数

中图分类号:TU4

文献标志码:A

土工格栅作为一种新型的土工合成材料,由聚丙烯、聚氯乙烯等高分子聚合物经热塑或模压为二维网格式或具有一定高度的三维立体网格屏栅而成,并作为工程上的土工加筋材料。土工格栅由于其独特的性能和功效,已经广泛应用于各种公路、铁路、机场的路基增强,路面增强,涵洞增强,大型停车场和码头货场等永久性承载的地基增强,单向拉伸土工格栅增强后的土坡的二次增强,进一步增强土坡,防止水土流失,铁路、公路的边坡防护,矿山、坑道加固等土木工程领域中。并随着工程上不同的要求,土工格栅的种类也越来越多,主要有单、双向塑料土工格栅、玻璃纤维土工格栅、涤纶经编土工格栅、钢塑土工格栅等。

1 相关研究与本文研究

关于土工格栅强度测试的研究随着工程的发展也逐渐增加。高洁^[1]探讨了土工格栅拉伸机理,通过试验分析了土工格栅拉伸工艺条件对土工格栅性能的影响。在格栅适宜的拉伸温度范围内,较低的拉伸温度、较高的拉伸速度及采用二次拉伸工艺有助于提高土工格栅的性能和生产率。郭奕崇等^[2]通过试验研究了塑料土工格栅的拉伸过程,总结了结晶聚合物土工格栅试样拉伸的一般规律,根据聚合物拉伸理论解释了试验现象,并探讨了塑料土工格栅连续稳定拉伸的条件。张孟喜等^[3]通过循环荷载作用下土工格栅拉伸试验研究得到了随着循环次数、循环拉力、预拉力的增加,动应变增大;随着加载频率的增大,在相同循环次数下,动应变减小。随着循环次数、循环拉力、预拉力的增加,软化指数减小;随着加载频率的增大,相同循环软化指数逐渐减少等结论。蒋文凯等^[4]通过对土工格栅强度损伤特性的试验研究得到5种典型路堤填料下的几种典型土工格栅的强度损伤特性,并给出了相应的土工格栅铺设损伤强度折减折算系数的建议值。刘英^[5]通过对土工格栅拉伸试验影响因素研究得到拉伸速率、环境温湿度以及夹具形式是土工格栅拉伸试验的主要影响因素,且强度会随着拉伸速率的增大而增大。汪恩良等^[6]通过低温条件下塑料土工格

收稿日期:2014-01-13

作者简介:褚智超(1988—),男,主要研究方向为土木工程施工和管理及土木工程试验。

栅拉伸特性的试验研究得出塑料土工格栅在低温状态下抗拉伸能力明显提高且低温条件下,塑料土工格栅肋条截面积越大,拉伸力随温度降低而提高的幅度越大,屈服伸长率随温度的降低而下降的趋势越明显。彭芳乐等^[7]通过加筋砂土中土工格栅配置形状与刚性效果试验得到增加土工格栅加筋材与砂土之间的接触面积,有助于提高加筋砂土的压缩强度,即在材料使用量一定的情况下,合理地提高土工格栅的面内配置密度,可以有效地提高加筋土的压缩强度,且效果明显。另外,朱子超^[8]对单向土工格栅的拉伸做了一定研究;魏军扬^[9]通过加筋土筋土界面分离式试验研究测试出加筋格栅在加筋土工作中的拉伸强度。

在实际工程中,土工格栅的单向尤其是纵向(主要受力方向)拉伸强度和和相对应的应变是最基本的技术指标之一,往往通过拉伸试验进行测试拉伸性能的好坏。目前单条法和多条法是测定土工格栅拉伸性能的主要试验方法。虽然中国行业标准^[10]和国外先进国家的相关标准^[11-13]均采用多条法拉伸,采用多条法可以有效地减小误差,使土工格栅拉伸强度更加符合实际情况;而单条法所得的拉伸强度和应变不能真实完整的反映所试验土工格栅的整体强度情况和工程当中的实际情况。但是在实际土工格栅拉伸强度测试操作中,很难做到将格栅多条同步夹持并同步拉伸,而在实际土工格栅加筋土工程中,土工格栅的破坏也是每条格栅发挥到一定强度且强度不尽相同后逐条破坏。本文对新兴的形状不同于常规且没有明确测试规范操作的超静定土工格栅采取了7种不同种方案的拉伸试验测试,得到不同试验结果并进行分析,某种程度上弥补土工格栅测试规范的空白,对超静定土工格栅的力学性能和效果进行一定研究,同时为形状不同于常规的土工格栅测试提供一定的指导和借鉴。

2 试验方案及操作注意事项

2.1 试验方案及操作及注意事项

1) 选取足够量的超静定土工格栅,见图1。

2) 将试验材料加工成纵向7种不同方案试样(每种方案试样均制作4个),分别是 Z_1 (格栅一单条)、 Z_2 (格栅一主单条外加左右两个副单条)、 Z_3 (格栅一主单条外加左右2个副单条且副单条中间断开)、 Z_4 (格栅2个主单条)、 Z_5 (格栅2个主单条外加左右两个副单条)、 Z_6 (格栅两个主单条外加左右2个副单条且副单条中间断开)、 Z_7 (格栅3个主单条)。方案中之所以有必要在主条外加2个副单条,主要是测得超静定格栅对拉伸主条的超静定约束作用所产生的效果。超静定作用具体试样图案详见图2, $Z_4 \sim Z_7$ 依部分试样图类推。

3) 将纵向7种不同方案试样行拉伸试验,取每种方案试样4个结果的平均值作为该种试验方案试样的拉伸强度。

4) 分析各个试样的试验拉伸强度,根据各种试样情况相互进行比较,得出此种超静定土工格栅的强度测试可行办法。

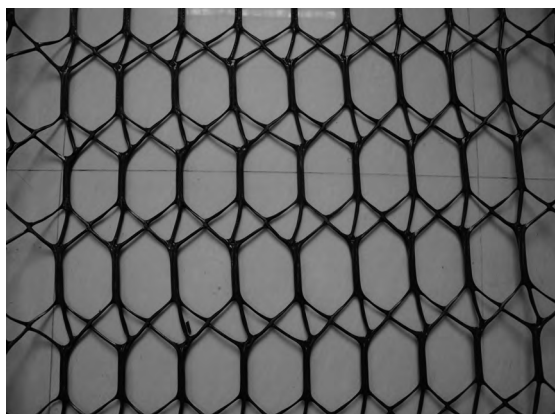
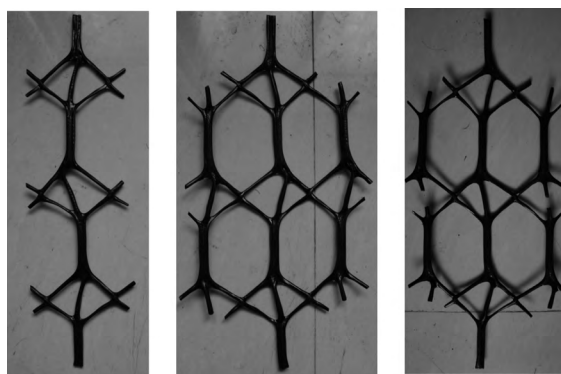


图1 超静定土工格栅图

Fig. 1 Hyperstatic geogrid



Z_1 试样

Z_2 试样

Z_3 试样

图2 部分试样图

Fig. 2 Part of the sample

2.2 试验操作注意事项

本次实验采用微机控制电子万能试验机操作,并按照《土工合成材料测试规程》(SL235-2012)相关规定执行。试验过程中应注意下列事项:

- 1) 调整上下夹具的具体位置,将超静定格栅试样的计量长度调整在250 mm。
- 2) 将格栅试样的拉伸速率设置为50 mm·min⁻¹,大约为计量长度的20%/min。
- 3) 为防止格栅试样在夹具处打滑或在夹具处夹坏,可以通过选择较为合理的夹具或在夹具内增加适量的衬垫。

3 试验结果及分析

3.1 试验结果

首先做出如下定义:

单根格栅折算强度=试样强度/格栅主单条数超静定土工格栅各个试样强度结果见表1。超静定土工格栅各个试样单根格栅折算强度结果见表2。一根试样Z₆拉伸位移-强度关系曲线图类似图3。其余三根试样Z₆拉伸位移-强度关系曲线图类似图3。其他试样拉伸位移-强度关系曲线图也类似图3。

表1 超静定土工格栅各个试样强度结果
Tab. 1 Test result of each sample of hyperstatic geogrid

格栅试样	各个试样及其强度(平均值)汇总 <i>N</i>						
	<i>Z</i> ₁	<i>Z</i> ₂	<i>Z</i> ₃	<i>Z</i> ₄	<i>Z</i> ₅	<i>Z</i> ₆	<i>Z</i> ₇
强度	605.3	740.2	690.4	1 050.3	1 086.7	1 135.57	1 420.82

表2 超静定土工格栅各个试样单根格栅折算强度结果
Tab. 2 Single grille discount test result of each sample of hyperstatic geogrid

格栅试样	各个试样及其强度(平均值)汇总 <i>N</i>						
	<i>Z</i> ₁	<i>Z</i> ₂	<i>Z</i> ₃	<i>Z</i> ₄	<i>Z</i> ₅	<i>Z</i> ₆	<i>Z</i> ₇
单根格栅折算强度	605.3	740.2	690.4	525.2	543.4	567.8	473.6

3.2 试验分析

在表1、表2中,对比试样方案*Z*₁、*Z*₄和*Z*₇。

的结果可以看出,当超静定土工格栅的单向土工格栅多条受力时,所受力值并不是单条的成倍数的累加,也不是有不同程度的减少^[12],而是呈现出以少于此多条格栅一根的多条格栅单根格栅折算强度的89.8%~90.1%增加,这里的89.8%为表2中的*Z*₄的单根折算强度525.4 N与表2中的*Z*₁的单根折算强度605.3 N的比值;90.1%为表2中的*Z*₇的单根折算强度473.6 N与表二中的*Z*₄的单根折算强度525.4 N的比值,本研究推荐比值取值统一取为90%。而现行规范《土工合成材料测试规程》(SL235-2012)中土工格栅多条法拉伸强度的计算

$$T_1 = \frac{F \times N}{n}$$

式中:*T*₁为土工格栅拉伸强度,kN·m⁻¹; *F*为试样最大拉力,kN; *N*为样品每米宽度上的肋数,肋/m; *n*为试样肋数,(单条法时*n*=1,多肋法时*n*为试样实际肋数)。

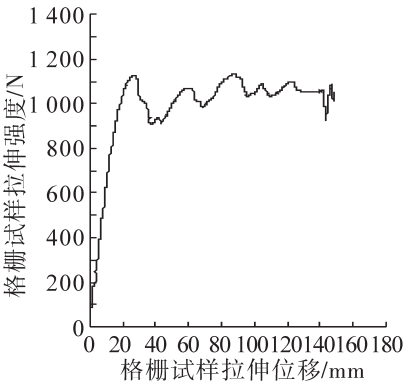


图3 试样Z₆拉伸位移-强度关系曲线图
Fig. 3 Tensile strength & displacement curves of sample Z6

该计算公式中若 $n=1$ 单条法时则体现出所受力值为单条的成倍数的累加,故而这里应该乘以一折算系数,本试验中由于采用超静定土工格栅可以取为 $1+0.9+0.9^2+\dots+0.9^{N-1}=\frac{1-0.9^N}{1-0.9}=10(1-0.9^N)$ 在表1,表2中,对比试样方案 Z_1, Z_2 和 Z_3 ,可以看出,当超静定土工格栅进行拉伸试验时,由于2个副单条的超静定作用, Z_3 (格栅一主单条外加左右2个副单条且副单条中间断开)、 Z_2 (格栅一主单条外加左右2个副单条)比 Z_1 (格栅一单条)的拉伸强度单根格栅折算强度分别提高了14.06%和12.23%。比较 Z_2 和 Z_3 能够得出左右两个副单条中断与否所起作用相差1.83%,相差较小。

在表1、表2中,对比试样方案 Z_4, Z_5 和 Z_6 ,可以看出,由于2个副单条的超静定作用当超静定土工格栅进行拉伸试验时 Z_6 (格栅2个主单条外加左右2个副单条且副单条中间断开)、 Z_5 (格栅2个主单条外加左右2个副单条)比 Z_4 (格栅2个单条)的单根格栅折算强度分别提高了1.03%和1.08%。比较 Z_5 和 Z_6 能够得出左右2个副单条中断与否所起作用相差0.05%,相差很小,几乎可以忽略不计。

4 结论

1) 超静定土工格栅的单向土工格栅多条受力时呈现出以上一级(少于此多条格栅一条的多条格栅)的单根格栅折算强度的大约90%增加。

2) 建议现行规范《土工合成材料测试规程》(SL235-2012)中土工格栅单条法计算拉伸强度时试样最大拉力应乘以一折算系数,对于本实验中超静定土工格栅,所乘折算系数取为 $10(1-0.9^N)$, N 为样品每米宽度上的肋数,。

3) 本研究中的超静定土工格栅的超静定作用使得单根格栅折算强度提高1.03%~14.06%,效果明显,建议更多超静定土工格栅的生产与应用。

参考文献:

- [1] 高洁. 土工格栅拉伸机理及工艺研究[J]. 北京石油化工学院学报,2002,10(2):28-31.
- [2] 郭奕崇,闫宝瑞,信春玲. 塑料土工格栅拉伸过程的试验研究[J]. 工程塑料应用,2004,32(8):47-50.
- [3] 张孟喜,林青松,刘飞禹. 循环荷载作用下土工格栅拉伸试验研究[J]. 岩土力学,2010,31(7):2024-2028.
- [4] 蒋文凯,阮志新,邓卫东. 土工格栅强度损伤特性的试验研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2006,30(3):421-424.
- [5] 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.
- [6] 汪恩良,徐学燕. 低温条件下塑料土工格栅拉伸特性的试验研究[J]. 岩土力学. 2008,29(6):1507-1511.
- [7] 彭芳乐,平川大贵,龙冈文夫. 加筋砂土中土工格栅配置形状与刚性效果试验[J]. 同济大学学报:自然科学版,2005,33(5):604-609.
- [8] 朱子超. 单向土工格栅拉伸性能试验研究[J]. 山西建筑,2011, 37(2):111-112.
- [9] 魏军扬,王保田,张海霞. 加筋土筋土界面特性分离式试验研究[J]. 华东交通大学学报, 2013, 30(5):57-61.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 15788-2005,土工布及其有关产品宽条拉伸试验[S]. 北京,中国标准出版社,2006.
- [11] American Society for Testing and Materials, D4595-1986, Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method[S]. Philadelphia, ASTM Press, 1986.
- [12] British Standard Institution, BS 6906. Pt.1-1987, Methods of test for geotextiles. Determination of the tensile properties using a wide width strip [S]. London, Technical Standards Press, 1988.
- [13] Association Française de Normalisation, NF G38-012-1989, Textiles. Articles for Industrial uses. Tests for Geotextiles. Determination of Thickness [S]. Paris, Technique et Documentation, 1989.

Test Study on Strength Characteristics of Hyperstatic Geogrid

Chu Zhichao¹, Wei Junyang², Zheng Chengfeng³

(1. Jiangsu Zhenjiang Research Institute of Building Science Group Co., LTD., Zhenjiang 212000, China;

2. China Shipbuilding NDRI Engineering Co., Ltd., Shanghai 200063, China;

3. Geotechnical Engineering Department, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210024, China)

Abstract: It is difficult to find a definite method for hyperstatic geogrid testing in current specifications. In order to conduct test study on the mechanical properties of hyperstatic geogrid strength, this paper adopts seven different tensile test schemes for hyperstatic geogrid. The test results show that: ① Uniaxial hyperstatic geogrids' multiple tensile stress increases about 90% of the upper level's single grid conversion strength; ② In calculating tensile strength with geogrid single method in current relevant specifications, the grid's sample maximum tensile strength should be multiplied by a coefficient, and in this hyperstatic geogrid test study the multiplication coefficient is about $10 \times (1 - 0.9^N)$ with N being the number of samples per meter in width; ③ Hyperstatic geogrids' hyperstatic effects make the single grid conversion strength increase about 1.03% ~ 14.06%, and the obvious effect suggests more hyperstatic geogrid can be produced and applied.

Key words: hyperstatic geogrid ; tensile test; conversion strength; conversion coefficient

(上接第 89 页)

Experimental Study on the Seismic Behavior of Concrete Shear Wall with Cold-rolled Wing-deformed Bars

Chen Yan^{1,3}, Yu Houqin², Chen Zhongfan³

(1. Patent Examination & Cooperation Jiangsu Center of the National Patent Bureau, Suzhou 215000;

2. Nanjing Water Group Co., Ltd., Nanjing 210002; 3. Key Laboratory of RC & PC Structures of the Ministry of Education, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Cold-rolled wing-deformed bar (CDB-W), which is made of ordinary low-carbon hot-rolled steel bar by special production technology, is a kind of new-type cold-rolled deformed bar. This kind of bar has advantages of high tensile strength, and good capacity to bond with concrete, so it is widely applied in the constructional engineering. A 1/2-scale model of a building built with concrete shear wall and cold-rolled wing-deformed bars has been made and tested on the shaking table. The seismic performance of this model has been recorded and investigated in terms of the failure mechanism, crack development, natural frequency, damping ratios, floor accelerations, floor shifts, strain response and the cracking of the walls. Moreover, results of the experimental tests are further studied theoretically and the model of shear wall with cold-rolled wing-deformed is set up by using finite element software ANSYS. Nonlinear time history analysis is made and comparative analysis are carried out between the simulation and experiment results. The simulation results are in good agreement with the experiment results.

Key words: cold-rolled wing-deformed bar; RC shear wall; seismic behavior; finite element analysis