

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.10.020

PE-HD 植被网与单层土工网的拉伸性能

刘录良, 乔建刚, 窦远明

(河北工业大学土木与交通学院, 天津 300401)

摘要: 高密度聚乙烯(PE-HD)植被网与单层土工网具有良好的边坡防护使用性能。采用拉伸试验装置对PE-HD纤维植被网与土工网进行了一系列的拉伸试验。通过试验研究在等速率下材料的伸长率与荷载之间的相互关系,得到了材料的纵向伸长率、横向伸长率、荷载变化规律,确定了不同伸长率的平均拉伸力、断裂平均用时等参数。试验结果表明,单层土工网的纵向、横向断裂拉伸力平均值小于植被网,单层土工网的断裂平均用时小于植被网。相关的试验结果可以为植被网与单层土工网的应用提供参考。

关键词: 高密度聚乙烯; 植被网; 拉伸性能

中图分类号: TQ322 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)10-0110-5

Tensile Performance of PE-HD Vegetation Net and Single-layer Geonet

Liu Luliang, Qiao Jiangang, Dou Yuanming

(School of Civil and Transportation Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract : The high density polyethylene (PE-HD) vegetation net and single-layer geonet have good slope protection performance. A series of tensile tests were carried out on the PE-HD fiber vegetation net and geonet using the tensile test device. Through experimental research on the relationship between the elongation and load of the material at a constant rate, the longitudinal elongation at break, transverse elongation at break, and load change law of the material are obtained, and the average tensile force, Parameters such as the average time to fracture. The test results show that the average vertical and horizontal breaking tensile force of the single-layer net is less than that of the vegetation net, and the average time for the breaking of the single-layer net is less than that of the vegetation net.

Keywords : high density polyethylene ; vegetation network ; tensile property

在我国经济高速发展的背景下,大量基础设施建设突飞猛进,土工合成材料在岩土工程和土木工程中得到了广泛的应用。但是,有时候极端天气也会导致一些岩土工程问题的出现。例如大量降雨引起了部分公路边坡的损毁。在土工合成材料中,由于具有价格低、强度高、韧性好、耐化学及微生物性好等优点,高密度聚乙烯(PE-HD)植被网与单层土工网得到了广泛的应用。PE-HD的硬度、拉伸强度和蠕变性均较强。近年来,以PE-HD的高分子聚合物片材为主要材料的纤维土工网成为一种新兴的有效加固措施。PE-HD料经过机械设备的特定生产方法加工,即可得到PE-HD植被网与单层土工

网。PE-HD单层土工网具有防渗与隔离性能良好、结晶度高、树脂密度大、化学物理稳定性优、抗拉性能较强的优点,成为边坡防护的重要材料^[1]。根据构成材料形式的不同,PE-HD纤维单层土工网的分类越来越多,能够广泛地应用于基础设施建设中,特别是对生态环境要求比较高的区域,可以将单层土工网材料和其它景观花草树木进行结合,防止暴雨冲刷等恶劣天气带来的水土流失,达到土壤固结和防护边坡的效果。

A. Vega等^[2]在进行的单层土工网蠕变实验中研究出不同单层土工网的平面内变形特性与单层土工网的尺寸有一定的关联。王晓春等^[3]在对三维

基金项目: 交通运输部科技项目(2018-04-063)

通信作者: 刘录良, 博士研究生, 主要研究方向为土木工程新材料

收稿日期: 2021-08-08

引用格式: 刘录良, 乔建刚, 窦远明. PE-HD 植被网与单层土工网的拉伸性能[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(10): 110-114.

Liu Luliang, Qiao Jiangang, Dou Yuanming. Tensile performance of PE-HD vegetation net and single-layer geonet[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(10): 110-114.

加筋生态护坡结构力学效应研究中指出 PE-HD 纤维单层土工网可以帮助植被根系在岸坡表层形成良好的加筋层,通过与边坡土体更紧密地结合可以减少水土的流失。F. Vahedifard 等^[4]评估了单层土工网对含水量非常高的轻微粘固土壤的试验,研究统计结果显示,单层土工网能够加强不同含水量的软粘土体的承载能力。K. Dek 等^[5]通过单层土工网与粉土直剪实验与固结实验得出单层土工网能够减少基础的不均匀沉降。王广月等^[6]进行了三维单层土工网防护边坡的整体稳定性分析,指出单层土工网可以提高边坡的整体稳定性。肖成志等^[7]基于水力学和河流动力学的基本原理,指出了三维单层土工网可以有效降低坡脚雨水的流速。

虽然以上的研究都指出了 PE-HD 纤维单层土工网在应用领域具有一定的优势,但是并未全面在材料受力的视角下研究 PE-HD 纤维植被网与单层土工网的拉伸特性,需要更深入地研究 PE-HD 土工材料的拉伸性能。笔者对 PE-HD 单层土工网与植被网的拉伸性能进行研究。通过采用拉伸试验装置,对单层土工网与植被网的拉伸指标特性开展试验,采集相关的试验数据,进行数据处理与数据研究,为单层土工网与植被网的工程应用提供一定的经验支撑。

1 试验方案

1.1 主要材料

PE-HD 纤维植被网:PE-HD 纤维植被网大多由最下面一层平网、中间一层拉伸网、上面一层起泡网组成,山东宏祥材料公司;

单层土工网:挤塑编织而成,型号及参数见表1,山东宏祥材料公司。

表1 单层土工网型号及各参数

项目	PE-HD 植被网	单层土工网
有效宽度/mm	2500±1	2000±1
孔洞大小/mm	(10×10)±1	(8×6)±1
厚薄尺寸/mm	15±1	2±1
单位质量/(g·m ⁻²)	398±1	218±1

1.2 设备

拉伸试验装置:MTS-CMT 型,该试验装置的测量范围为 20 N~5 000 kN,该试验仪器的加载速率能够控制,示值精度不大于 0.5 N,天津北洋研究院。

1.3 试验参数设置

试样制备前,在温度 (20±2)℃,相对湿度 (65±5)% 条件下静置不少于 24 h。试样的数量为

纵向和横向各采取至少 5 个试样,试样的纵向取长度和取宽度均为 (200±1) mm。试样的横向取长度和宽度均为 (200±1) mm。PE-HD 纤维植被网与单层土工网的宽条拉伸试验所使用的方法是松式夹持试样法。依据《公路工程土工合成材料单层土工网》、《公路工程土工合成材料试验规程》对单层土工网和植被网的拉伸速率要求^[8],试验的等速拉伸速率^[9]是 200 mm/min。试验进行过程中要确保试样的长度方向同加载设备的外加载荷方向平行。试样夹持的长度是 100 mm。两种试样纵向进行 5 组平行试验,横向进行 5 组平行试验,测出试样的拉伸数据,实时观察试样的破坏特征。基于试样的不同伸长率的条件下,所对应拉伸力的数值采取平均值,获得相关条件下的曲线。拉伸性能是土工合成材料使用过程中的不可或缺的参数,可以理解成土工合成材料对抗拉伸外力过程中的防止断裂能力。当试样断裂面的中间部位存在一条宽大的缝隙,其方向垂直于施加荷载的平面,可以停止试验获得相应的数据。若在进行拉伸试验的过程中试样的两端提前脱出,则需要重新进行试验。

2 结果和讨论

2.1 PE-HD 纤维植被网拉伸试验

植被网纵向和横向试样在拉伸开始时从整个拉伸变形到逐渐变细,材料表面的凹凸层可看到逐渐的屈服,可听出断裂发出的声响。PE-HD 植被网可观测到位于中部的两个方向拉伸试样逐渐沿着试样的水平方向网格破坏,只有夹具边缘的植被网随着受力的增加而伸长。当植被网进行纵向拉伸试验时,可以观测到整个植被网是随着网孔的斜向受拉。试样开始破裂后,大部分在网孔焊接点的部位慢慢破裂。个别试验进行过程中,如果植被网试样初始应力载荷稍有不均匀,则植被的断裂位置会和受力的方向稍有偏斜。PE-HD 植被网的单次纵向、横向拉伸破坏照片如图 1~图 2 所示。



图1 PE-HD 植被网的单次试验纵向拉伸

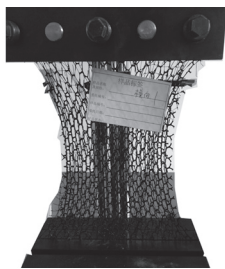


图2 PE-HD 植被网的单次试验横向拉伸

当植被网进行横向拉伸试验时,可以观测到整个植被网是随着单层土工网孔洞的逐渐增大,植被网逐步发生破裂。试验夹具边缘的植被网随着受力的增加而伸长。

图3是PE-HD 植被网的纵向、横向拉伸曲线。根据图3对PE-HD 纤维植被网的纵向与横向的伸长率-拉伸力趋势改变进行分析,其破坏的形式呈现了驼峰形状的软化特性。拉伸数值存在一次方函数关系。经过最高点之后上下震荡期间减少。分析其中的影响因素是由于植被网的组成材料是高分子聚合物,高分子聚合物在被拉伸的过程中,可以发挥部分抵抗能力,能够限制植被网被拉断。同时,PE-HD 植被网是复合材料,初始时期呈现为植被网整体拉伸应力,后半段时间只呈现还没有破裂的材料拉伸力。因此,随着残存材料的层数与网格孔数量的缩小,植被网抗衡受拉力大小同样会减少。

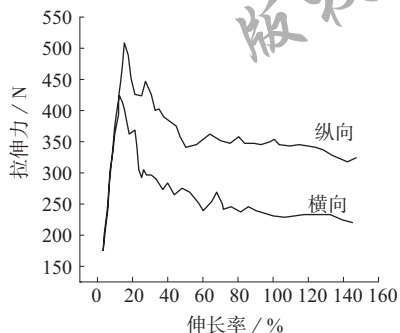


图3 PE-HD 植被网的拉伸曲线

图4是PE-HD 植被网伸长率-平均拉伸力曲线。

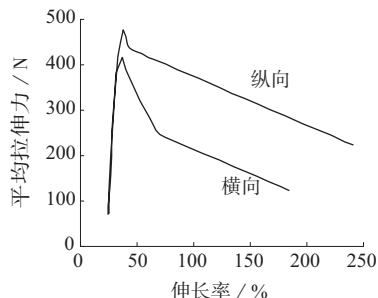


图4 PE-HD 植被网伸长率-平均拉伸力曲线

由图4可见,纵向断裂平均拉伸力是476.98 N,

对应断裂伸长率为37.73%,横向断裂平均拉伸力是416.32 N,对应断裂伸长率为36.94%。断裂伸长率的数值相差60.66 N 差异较小,表明样品纵向和横向的受力均衡。能够判断出高断裂伸长率下的植被网的纵向比植被网的横向承受的平均拉伸力高约100 N,这主要是因为植被网的纵向网孔焊接点较密实,纵向能够承受更大的拉力。

2.2 PE-HD 纤维单层土工网拉伸试验

在纵向,横向的拉伸作用初期,PE-HD 单层土工网试样伴随着材料的伸长,其孔洞纤维部分逐步发生拉伸断裂。能够清楚的看到单层土工网孔洞处的纤维随着受力的增加逐步拉伸拉长。当由块状逐步被拉伸成长丝状的时候,单层土工网被拉断。PE-HD 单层土工网的边缘首先被拉断,然后延伸到试样的中间部位。有时在试验过程中夹紧样品的中间部分会先断裂,这可能是因为样品的夹紧力不均匀或者夹紧力不够,所以在试验的过程中夹紧样品时要注意平整和均匀。图5为PE-HD 单层土工网的两个方向受力曲线。由图5可以看出,在第一个峰值转折点以前PE-HD 单层土工网的拉伸力与伸长率基本上是线性关系。在第一个峰值转折点以后,当单层土工网受到的拉伸力增加的时候,伸长率也在稳步的增加,拉伸力与伸长率也呈现一定的线性关系,但是线性关系的斜率较第一个峰值转折点以前有较大幅度的下降。出现这些现象的影响因素是随着拉伸力的增加,单层土工网的孔洞破裂数量逐步增加。在拉伸的后期,随着单层土工网横向伸长率的增加,拉伸力增长率会迅速减少。单层土工网的纵向相较于单层土工网的横向能够承担更多的拉伸力,且纵向的延伸性比横向要好。

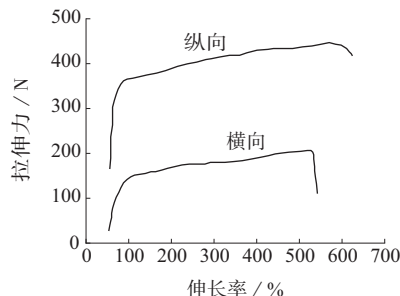


图5 单层土工网的受力曲线

图6为PE-HD 单层土工网两个方向平均受力曲线。由图6可以看出,在第一个平均拉伸力转折点以前PE-HD 单层土工网在两个方向的平均拉伸力与伸长率基本上都是线性关系。在第一个平均拉伸力转折点以后,伸长率也在稳步的增加,平均拉伸

力与伸长率同样呈线性关系,但是线性关系的斜率较第一个转折点以前有较大幅度的下降。单层土工网的纵向平均拉伸力与单层土工网的横向平均拉伸力差异较大。单层土工网纵向的拉伸力平均值是 436.29 N,横向断裂拉力的平均值为 175.67 N,两者相互差了 260.62 N。对 PE-HD 单层土工网来说,出现这些现象的影响因素是随着拉伸力的增加,单层土工网的孔洞破裂数量逐步增加。在拉伸的后期,随着伸长率的增加单层土工网的横向拉伸力增长率会迅速减少,单层土工网横向的伸长率是 423.53%。单层土工网的纵向相较于单层土工网的横向能够承担更多的拉伸力,纵向的伸长率是 442.10%,说明纵向的延伸性比横向要好。另外,PE-HD 单层土工网在横向的孔洞数量少,孔洞之间的距离尺寸比较大;单层土工网在纵向的孔洞数量多,孔洞之间的距离尺寸比较小。由于 PE-HD 单层土工网同一拉伸长度中纵向拉出的网孔数量多,垂直肋之间的距离小,因此整体增加的阻力很大。

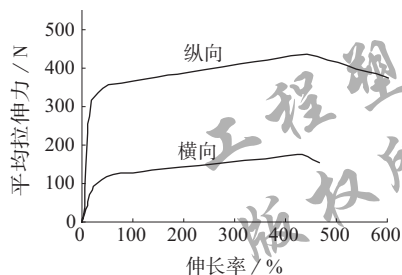


图6 单层土工网两个方向平均受力曲线

2.3 PE-HD 植被网与单层土工网的纵向和横向拉伸比较

图7、图8分别为PE-HD 植被网与单层土工网纵向、横向伸长率-平均拉伸力曲线。从图7、图8看出,随着伸长率增加,PE-HD 纤维植被网与单层土工网的纵向、横向拉力都先增加后减少。其中纵向、横向断裂拉伸力的平均值单层土工网小、PE-HD 纤维植被网大。主要因为构成单层土工网材料的叠加层不同,PE-HD 纤维植被网的层数比单层土工网的要多,故拉伸力要大于单层土工网。PE-HD 纤维植被网由于凹凸和底部是粘合焊接,所以植被网的平均拉伸力的峰值较大,但随着拉伸率的增长,平均拉伸力的波动也较大。单层土工网的平均拉伸力随着伸长率的加大均匀地增长。PE-HD 纤维植被网的上下层双向拉伸网虽然是先断裂,但是中间的褶皱层后期抗拉伸能力更好^[10-17]。

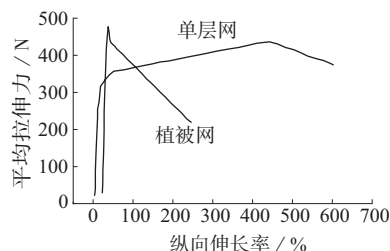


图7 PE-HD 植被网与单层土工网纵向伸长率-平均拉伸力曲线

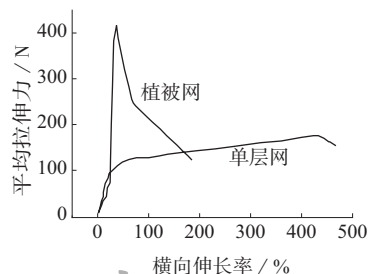


图8 PE-HD 植被网与单层土工网横向伸长率-平均拉伸力曲线

2.4 试验的断裂时间

表2是PE-HD 植被网与单层土工网的纵向、横向断裂平均所用的时间。PE-HD 植被网比单层土工网纵向和横向拉伸断裂平均用时少。PE-HD 植被网比单层土工网的断裂平均用时小,主要是因为PE-HD 植被网是由PE-HD 材料粘合焊接而成,单层土工网是由高分子聚合物材料挤塑而成。以后在PE-HD 植被网的生产制造过程中,应该更加注重植被网材料粘合焊接位置的检测与加强。

表2 PE-HD 植被网与单层土工网的纵、横向断裂平均时间 s

类型	横向断裂	纵向断裂
PE-HD 植被网	3.86	4.6
单层土工网	108.2	117.8

3 结论

(1) PE-HD 纤维植被网材料的纵向拉力和横向拉力差异较小,但纵向大于横向,这种材料要均匀受拉。在实际使用的过程中要尽可能将PE-HD 纤维植被网进行规范合理的使用,防止植被网材料发生不均匀受力现象。

(2) PE-HD 纤维植被网层间的粘合作用会在拉伸过程中脱落,从而降低了材料的整体抗拉力学特性。在以后的设计使用过程中应该加强PE-HD 纤维植被网材料粘合焊点的检测。

(3) PE-HD 纤维植被网同PE-HD 纤维单层土工网相比具有很好的抗拉优势,可以充分发挥材料的整体作用。

参考文献

- [1] 乔建刚,刘伟璐,李士宣. 不同类型聚乙烯单层土工网的拉伸特性对比[J]. 工程塑料应用,2018,46(12):115-119.
Qiao Jiangang, Liu Weilu, Li Shixuan. Comparison of tensile properties of different types of polyethylene geonets[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(12):115-119.
- [2] Vega A, Yarahmadi N, Jakubowicz I. Optimal conditions for accelerated thermal ageing of district heating pipes[J]. Energy Procedia, 2018, 149:79-83.
- [3] 王晓春,王远明,张桂荣,等. 粉砂土岸坡三维加筋生态护坡结构力学效应研究[J]. 岩土工程学报,2018,40(S2):91-95.
Wang Xiaochun, Wang Yuanming, Zhang Guirong, et al. Study on structural mechanical effects of three-dimensional reinforced ecological slope protection on silty sand bank slope[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2018, 40(S2):91-95.
- [4] Vahedifard F, Howard I L, Bazne M O A. Effects of light cement stabilization on properties of fine-grained dredged soils[J]. Geotechnical Testing Journal, 2018, 41(2):280-291.
- [5] Deb K, Narnaware Y K. Strength and compressibility characteristics of fiber-reinforced subgrade and their effects on response of granular fill-subgrade system[J]. Transportation in Developing Economies, 2015, 1(2):1-9.
- [6] 王广月,王云,孙国瑞. 三维单层土工网防护边坡整体稳定性分析[J]. 防震减灾学报,2017,37(6):863-870.
Wang Guangyue, Wang Yun, Sun Guorui. Analysis of the overall stability of the three dimensional geonet protected slope[J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2017, 37(6):863-870.
- [7] 肖成志,孙建诚,李雨润,等. 三维单层土工网植草护坡防坡面径流冲刷的机制分析[J]. 岩土力学,2011,32(2):453-458.
Xiao Chengzhi, Sun Jiancheng, Li Yurun, et al. Mechanism analysis of ecological slope protection against runoff erosion by grass jetting on 3D geomat[J]. Rock and Soil Mechanics, 2011, 32(2):453-458.
- [8] Gul B, Naveed A, Muhammad A H, et al. Effect of addition of pigments on thermal characteristics and the resulting performance enhancement of asphalt[J]. Construction and Building Materials, 2021, 302:124-132.
- [9] 刘伟璐. 降雨条件下聚乙烯单层土工网防护沿溪公路土质边坡机理研究[D]. 天津:河北工业大学,2019.
Liu Weilu. Study on mechanism of polyethylene geonet protecting soil slope along Xi highway under rainfall[D]. Tianjin:Hebei University of technology, 2019.
- [10] Maribel T V, Brenda A V, Rosa-Maria R Z, et al. Influence of aging on the physicochemical behavior of photocatalytic asphalt cements subjected to the natural environment[J]. Construction and Building Materials, 2021, 295:591-597.
- [11] 刘飞,王卫,罗东志,等. 生态边坡防护中旱柳根系固土特性研究[J]. 工程技术研究,2021,6(2):244-245.
Liu Fei, Wang Wei, Luo Dongzhi, et al. Study on soil consolidation characteristics of dryland willow roots in ecological slope protection[J]. Engineering Technology Research, 2021, 6(2):244-245.
- [12] Mar D M, Feng C C. Exploring NGA geonet names server data for cross-linguistic research on landscape categories: a case study of some toponyms in Malaysia and Indonesia[J]. Giscience, 2012, 31:134-139.
- [13] Sabaei A M, Napiah M, Sutanto M, et al. Physicochemical rheological and microstructural properties of nano-silica modified bio-asphalt[J]. Construction and Building Materials, 2021, 297:772-778.
- [14] 魏金祥. 三维单层土工网垫防护边坡的稳定性研究[D]. 济南:山东大学,2013.
Wei Jinxiang. Study on stability of slope protected by three-dimensional geonet cushion[D]. Jinan:Shandong University, 2013.
- [15] Malhotra H, Singh S K. Study on effect of encasing on pull-out response of granular anchor pile foundation[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2020, 13(12):7-12.