

玻纤格栅低温低应力水平蠕变特性试验研究

张术彬, 常俊德, 张 滨

(黑龙江省水利科学研究院, 哈尔滨 150080)

摘要: 加筋土结构中的筋材, 在长期稳定拉伸力的作用下, 会发生蠕变变形, 变形将会随着时间的增大而不断增大, 如果蠕变变形超过允许值, 就会引起加筋土结构的破坏。在冬季, 北方寒冷地区的土壤温度长时间处于 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 在这样的温度下使用格栅, 就必须考虑低温对格栅蠕变性能的影响。 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 等不同温度下玻纤格栅的蠕变试验表明: 玻纤格栅在负温时的蠕变量明显小于其在常温下的蠕变量; 相同温度下, 荷载水平越高其达到稳定时的蠕变量也越大; 相同荷载水平下, 温度越低其达到稳定时的蠕变量也越小; 负温时的蠕变变形随荷载增加的速率要明显低于常温 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况, 同时基本上符合温度越低, 速率增长越慢的规律。

关键词: 玻纤格栅; 蠕变试验; 低温蠕变量; 低温蠕变曲线; 等时荷载-蠕变曲线; 低应力蠕变曲线; 加筋土

中图分类号: TU411 文献标识码: A 文章编号: 1672-1683(2013)04-0089-04

Experimental Study on Creep Characteristics of Glass Fiber Grid under Low Temperature and Low Stress

ZHANG Shu bin, CHANG Jun de, ZHANG Bin

(Heilongjiang Provincial Hydraulic Research Institute, Harbin 150080, China)

Abstract: The reinforced material in the reinforced soil can show creep deformation under the long-term stable drawing force and the deformation increases with time. If the creep deformation oversteps the allowable value, then the reinforced soil structure would be damaged. In the cold regions of northern China, soil temperature is between $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in winter. Application of glass fiber grid under this condition needs to take into account the effects of low temperature on the creep characteristics of glass fiber grid. The creep tests of glass fiber grid were performed under different temperature of $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, and $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. The results showed that (1) the creep deformation of glass fiber grid under negative temperatures was lower than that under normal temperature; (2) under the same temperature, the creep deformation increased with the increasing of loading level; (3) under the same loading level, the creep deformation decreased with the decreasing of temperature; and (4) the increasing rate of creep deformation with loading level under negative temperatures was lower than that under normal temperature ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), which was in accordance with the rule of that lower increasing rate of creep deformation accompanies with lower temperature.

Key words: glass fiber grid; creep test; creep deformation under low temperature; creep deformation curve under low temperature; isochronous loading creep curve; creep deformation curve under low stress creep curves; reinforced soil

土工格栅具有网状结构, 埋入土中后, 土料即可嵌入格栅的网格中。土料与格栅表面的摩擦及其受拉时节点的被动阻抗作用, 可以大大增加土体的稳定性^[1], 因而在加筋土工程中常将土工格栅作为加筋材料在加筋土工程应用中, 玻璃纤维土工格栅(以下简称玻纤格栅)就是其中之一。王钊^[2]等认为预测土工合成材料筋材的长期蠕变对于结构的安全性、经济性至关重要。正因如此, 许多学者都对格栅的蠕变特性进行了研究, 大量的研究^[3-13]集中在常温条件下, 塑料土工格栅的蠕变特性、本构模型以及蠕变行为预测方程

上取得了许多的成果, 而其他类型格栅和极端温度条件下的格栅蠕变特性则很少涉及。汪恩良^[13]等结合我国北方寒冷地区的加筋土结构的工作特性, 对比了 TG DG 25 型塑料土工格栅在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的蠕变特性, 观察到在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 状态下, 仅 100 余小时, 变形就趋于稳定, 且伸长率不足 2.5%; 而在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 状态下, 1 000 h 后, 变形仍没有稳定迹象, 此时伸长率已接近 14%, 从而认为塑料土工格栅蠕变性能受温度影响很大。程卫国^[14]等研究了 S5050 型涤纶土工格栅在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的蠕变特性, 发现负温环境条件下,

收稿日期: 2013-01-16 修回日期: 2013-05-28 网络出版时间: 2013-07-28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130728.1309.010.html>

基金项目: 黑龙江省科技厅科技攻关项目“冰排流场测量与分析系统研究”(GC12A301)

作者简介: 张术彬(1965-), 男, 辽宁辽阳人, 高级工程师, 主要从事农田水利方面研究。E-mail: szswjzsb@163.com

S5050 型涤纶土工格栅的蠕变量明显低于其在常温条件下的蠕变量,且温度越低蠕变量越小。本文通过室内试验的方法,着重研究玻纤格栅在 -20℃、-10℃、0℃和 20℃ 等不同温度下的蠕变特性,研究结果有助于深入认识土工格栅的低温蠕变特性,为其在寒冷地区的应用提供参考。

1 蠕变试验简介

试验设备:试验设备为自制的杠杆系统蠕变试验仪,蠕变变形使用 JT-M 位移传感器进行量测,试验过程中全程使用 DataFaker 公司 DT615 数据采集仪进行数据采集。试验装置见图 1。

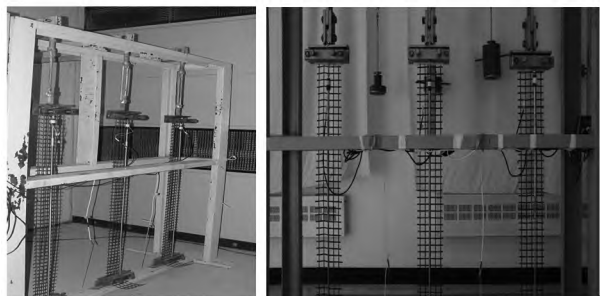


图 1 蠕变试验装置

Fig. 1 Creep test apparatus

试验材料:试验使用的玻纤土工格栅型号为 R2522 A 主要技术参数及力学参数见表 1。

表 1 玻纤土工格栅主要技术参数及力学参数测试结果

Table 1 The main physical and mechanical parameters of glass fiber grid

产品名称	规格型号	材质	强度/(kN·m ⁻¹) 纵向	断裂伸长率 (%)纵向	网格尺寸 /mm
玻纤格栅	R2522-A	无碱高强玻璃纤维	≥25	≤4	25.4×25.4

试样制备:试验中试样的根数为 5 根,宽度约为 100 mm,满足根数不小于 3 根,宽度不大于 200 mm 的要求^[6],试样的长度为 1.5 m。格栅的有效长度为上下夹具之间的净距离。荷载水平:本次试验荷载水平为 5% P_{max}、10% P_{max} 和 15% P_{max}。P_{max}表示格栅的断裂强度取 25 kN/m。

温度控制:试验共包含 4 个试验温度,-20℃以及-10℃的试验在黑龙江省季节冻土区工程冻土重点实验室 3 号试验室内进行,0℃和 20℃则在密闭的安装有空调的室内进行。

传感器和数据采集仪:采用 Rocktest 公司生产的 JT-M 位移传感器以及 DataFaker 公司生产的 DT 615 系列数据采集仪。蠕变量即指 JT-M 位移传感器测量的长度变化量除以试样长度。在试验初始阶段设定采样频率为 10 次/s,5 min 后改成 1 次/s。

试验过程描述:本次试验参照《土工合成材料测试规程》^[15](SL/T 235-1999)。先将试验室温度调整到试验温度,温度稳定后将试样放置试验室内,3 h 后进行试样安装,安装试样时,先将杠杆固定住,然后将试样放入夹具中夹紧,将预拉荷载施加到加载端,此时试样处于自由不受力状态,试验开

始时,先启动 DT615 数据采集仪,然后放松杠杆固定装置,试样受到预拉荷载作用,计算应变时取预拉荷载后的的试样应变作为初读数,变形稳定后迅速平稳的施加试验荷载。

2 试验结果与分析

2.1 不同温度蠕变曲线

通过试验实测,得到了玻纤格栅在 0℃、10℃、-10℃和 -20℃,应变随时间变化的蠕变曲线,见图 2- 图 4。

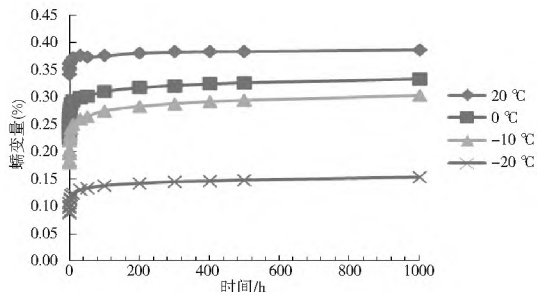


图 2 荷载水平为 5% P_{max} 时玻纤格栅蠕变曲线

Fig. 2 Creep deformation curves of glass

fiber grid under the loading level of 5% P_{max}

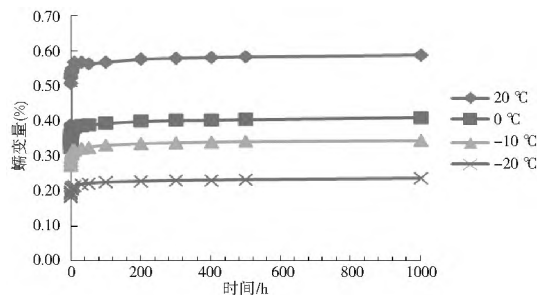


图 3 荷载水平为 10% P_{max} 时玻纤格栅蠕变曲线

Fig. 3 Creep deformation curves of glass

fiber grid under the loading level of 10% P_{max}

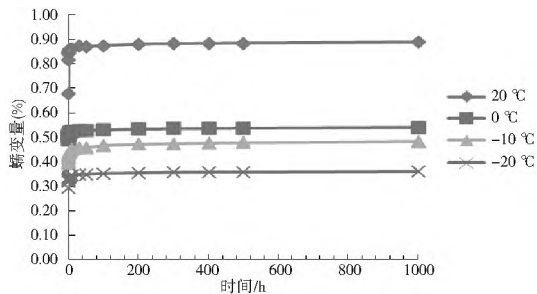


图 4 荷载水平为 15% P_{max} 时玻纤格栅蠕变曲线

Fig. 4 Creep deformation curves of glass

fiber grid under the loading level of 15% P_{max}

(1) 在相同荷载水平作用下,格栅蠕变量随着温度的降低逐渐变小。根据实测数据,可以得到 1 000 h 时不同荷载水平下,其他 3 个温度与 20℃ 相比的蠕变减小值,见表 2。

从表 2 可以看出,温度降低到 -20℃,玻纤格栅蠕变变形量至少减少了一倍以上,蠕变性质发生了根本性的变化,可以说负温降低了格栅的塑性,使格栅变“硬”了。

(2) 加载初期,蠕变变形增长迅速,加载后期蠕变变形则增加缓慢,突变的时间点发生在 5~ 10 h。

(3) 蠕变的大小虽同温度和荷载大小相关,但是各温度、

表2 各温度与20℃相比蠕变减小值

Table 2 Reduction rates of creep deformation under different temperatures compared to that under 20℃

荷载水平	20℃时蠕变量(%)	各温度与20℃相比蠕变量减少值(%)		
		0℃	-10℃	-20℃
5%	0.387	16.2	27.7	152.9
10%	0.588	43.4	70.4	149.3
15%	0.886	80.8	83.4	146.1

各荷载下的蠕变过程非常相似,都可以明显的分成两个阶段:在100 h之内,近似呈幂指数关系变化,在100 h后呈水平直线关系变化。

(4) 相同温度下,荷载水平越高其达到稳定时的蠕变量也越大;相同荷载水平下,温度越低其达到稳定时的蠕变量也越小。从表3可以看出,-20℃时达到稳定时的蠕变变形,还不到20℃时的蠕变变形的50%。

表3 各荷载水平下达到稳定时蠕变变形量

Table 3 The stable creep deformation values under different loading levels

温度	达到稳定时的变形量		
	5%	10%	15%
20℃	0.387	0.588	0.886
0℃	0.333	0.410	0.540
-10℃	0.303	0.345	0.483
-20℃	0.153	0.236	0.360

2.2 不同温度等时荷载-应变曲线

加筋土结构中的筋材在土中处于受拉状态,以此来抵抗拉伸变形达到加固土体的目的。因此,在拉力作用下格栅的应力-应变关系是影响土工格栅加筋结构应用的重要参数。试验所得的20℃和-20℃时的玻纤格栅等时荷载-应变曲线(1 min、1 h、100 h和1 000 h),见图5-图6。

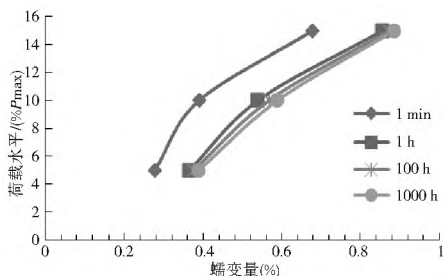


图5 玻纤格栅在20℃时的等时荷载-应变曲线

Fig. 5 The isochronous loading creep curves of glass fiber grid under 20℃

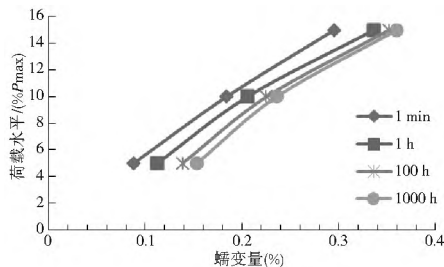


图6 玻纤格栅在-20℃时的等时荷载-应变曲线

Fig. 6 The isochronous loading creep curves of glass fiber grid under -20℃

从图5-图6可以看出,在20℃和-20℃两种温度下,不同时刻的玻纤格栅等时曲线都具有相似的变化趋势,各温度下的拉伸模量都随着时间的增长而有所降低;荷载等时曲线渐趋平缓表明玻纤格栅具有显著的黏弹性变形特征。

2.3 不同时刻荷载-应变曲线

图7-图9为玻纤格栅在1 min、1 h和1 000 h时,不同温度条件下格栅的荷载-应变曲线。可以看出,在相同的荷载水平下,负温时的蠕变变形随荷载增加的速率要明显低于常温20℃,同时基本上符合温度越低,速率增长越慢的规律。

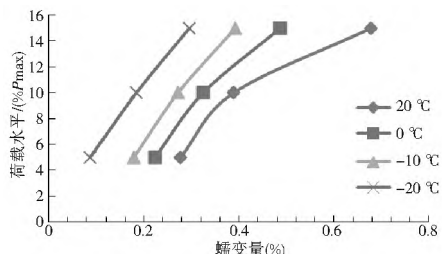


图7 玻纤格栅在1 min时的等时荷载-应变曲线

Fig. 7 The isochronous loading creep curves of glass fiber grid at 1 minute

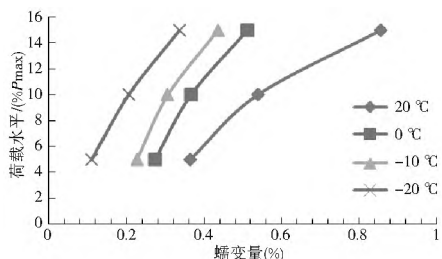


图8 玻纤格栅在1 h时的等时荷载-应变曲线

Fig. 8 The isochronous loading creep curves of glass fiber grid at 1 hour

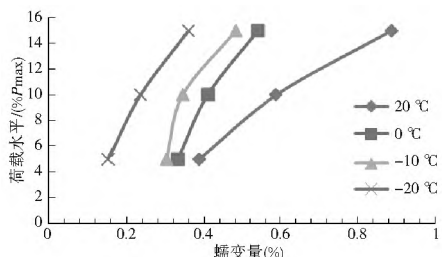


图9 玻纤格栅在1 000 h时的等时荷载-应变曲线

Fig. 9 The isochronous loading creep curves of glass fiber grid at 1000 hours

3 结论

通过对玻纤格栅R2522-A蠕变特性的试验研究,可以得出以下结论。

(1) 玻纤格栅在负温时的蠕变变形明显小于其在常温下的变形,达到稳定时的蠕变变形与常温20℃相比减少了1.5倍左右。

(2) 相同温度下,荷载水平越高其达到稳定时的蠕变量也越大;相同荷载水平下,温度越低其达到稳定时的蠕变量也越小,实测数据表明,-20℃时达到稳定时的蠕变变形,还不到20℃时的蠕变变形的50%。

(3) 负温时的蠕变变形随荷载增加的速率要明显低于常温 20℃, 同时基本上符合温度越低, 速率增长越慢的规律。

参考文献(References):

- [1] 汪恩良, 徐学燕, 常俊德, 等. 冻融循环对塑料土工格栅拉伸性能的影响[J]. 冰川冻土, 2008, 30(4): 646-651. (WANG Enliang, XU Xueyan, CHANG Junde, et al. Freezing-Thawing Cycle Effect on The Tensile Properties of Polyethylene Plastic Geogrids [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2008, 30(4): 646-651. (in Chinese))
- [2] 王钊. 土工合成材料的蠕变试验[J]. 岩土工程学报, 1994, 16(6): 96-102. (WANG Zhao. The Creep Tests of Geosynthetics [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1994, 16(6): 96-102. (in Chinese))
- [3] 胡晓慧. 土工格栅蠕变性能研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2001. (HU Xiaohui. Research on Geogrid Creep Features[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2001. (in Chinese))
- [4] 胡发厅. 土工格栅长期蠕变行为研究及有限元分析[D]. 北京: 北京化工大学, 2002. (HU Fating. The Research on Long Term Creep Behavior And Finite Element Analysis of Geogrids [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2002. (in Chinese))
- [5] 郭奕崇, 信春玲, 陈强, 等. 塑料土工格栅长期蠕变行为的预测[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(3): 53-56. (GUO Yichong, XIN Chunling, CHEN Qiang, et al. Prediction of Long Term Creep Behaviors of Plastics Geogrid [J]. Engineering Plastics Application, 2005, 33(3): 53-56. (in Chinese))
- [6] 栾茂田, 肖成志, 杨庆, 等. 土工格栅蠕变特性的试验研究及粘弹性本构模型[J]. 岩土力学, 2005, 26(2): 187-192. (LUAN Maotian, XIAO Chengzhi, YANG Qing, et al. Experimental Study on Creep Properties And Viscoelasticity Constitutive Relationship for Geogrids [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(2): 187-192. (in Chinese))
- [7] 杨果林. 加筋土筋材长期荷载蠕变试验研究[J]. 煤炭学报, 2001, 26(2): 132-136. (YANG Guolin. Study on Creep Test of Geosynthetics [J]. Journal of China Coal Society, 2001, 26(2): 132-136. (in Chinese))
- [8] 栾茂田, 肖成志, 杨庆, 等. 长期荷载作用下土工格栅蠕变特性的试验研究[J]. 土木工程学报, 2006, 39(4): 87-91. (LUAN Maotian, XIAO Chengzhi, YANG Qing, et al. An Experimental Study on The Creep Behavior of Geogrids under Long-Term External Loading [J]. China Civil Engineering Journal, 2006, 39(4): 87-91. (in Chinese))
- [9] 严秋荣, 邓卫东, 邓昌中. 高强土工格栅蠕变强度的试验研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2008, 27(4): 597-600. (YAN Qiurong, DENG Weidong, DENG Changzhong. Study on Creep Strength Test of High-Strength Geogrids [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Sciences), 2008, 27(4): 597-600. (in Chinese))
- [10] 李雨舟. 土工格栅蠕变特性及加筋土本构关系研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009. (LI Yuzhou. The Research on The Creep Properties of Geogrid And Constitutive Model of Reinforced Soil [D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2009. (in Chinese))
- [11] 丁德斌, 蒋江松, 何光春, 等. 土工格栅蠕变特性试验研究[J]. 公路交通技术, 2006, 22(4): 25-29. (DING Debin, JIANG Jiangsong, HE Guangchun, et al. Test and Research on Geogrid Creep Features [J]. Technology of Highway and Transport, 2006, 22(4): 25-29. (in Chinese))
- [12] 王钊, 李丽华, 王协群. 土工合成材料的蠕变特性和试验方法[J]. 岩石力学, 2004, 25(5): 723-727. (WANG Zhao, LI Lihua, WANG Xiequn. Creep Properties And Testing Methods of Geosynthetics [J]. Rock and Soil Mechanics, 2004, 25(5): 723-727. (in Chinese))
- [13] 汪恩良, 徐学燕, 张滨, 等. 塑料土工格栅低温蠕变特性的试验研究[A]. 第四届亚洲土工合成材料会议[C]. 上海: 浙江大学出版社, 2008. (WANG Enliang, XU Xueyan, ZHANG Bin, et al. Experiment on Creep of Plastic Geogrids under Low Temperature [A]. Proceeding of The 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics [C]. Shanghai: Zhejiang University Press, 2008. (in Chinese))
- [14] 程卫国, 常俊德, 张滨, 等. 涤纶土工格栅低温蠕变特性试验研究[A]. 土工合成材料加筋-机遇与挑战[C]. 北京: 中国铁道出版社, 2009. (CHENG Weigu, CHANG Junde, ZHANG Bin, et al. Experimental Study on Creep Properties of Polyester Geogrid at Low Temperature [A]. Geosynthetics as Reinforce Material Opportunities And Challenges [C]. Beijing: China Railway Publishing House, 2009. (in Chinese))
- [15] SL/T 235-1999, 土工合成材料测试规程[S]. (SL/T 235-1999, Code for Test and Measurement of Geosynthetics [S]. (in Chinese))