

文章编号:1671-8879(2006)02-0018-04

土工格栅加筋水泥稳定碎石材料的疲劳试验

王亚玲¹, 张尚昆², 颜祖兴³, 周玉利¹

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 新疆维吾尔自治区
公路管理局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 安徽省公路管理局, 安徽 合肥 230009)

摘 要:为了研究土工格栅加筋水泥稳定碎石材料的疲劳特性,试验采用控制应力的加载模式,进行中梁的弯曲疲劳室内模型试验。结果表明,在应力水平为 0.55~0.65 时,加格栅梁是未加格栅梁疲劳寿命的 2~5 倍,说明半刚性基层底部加铺土工格栅可以延缓半刚性基层疲劳裂缝的扩展,进而可以延迟由半刚性基层裂缝向沥青混凝土面层的扩展时间,从而延缓了路面的大修时间。

关键词:道路工程; 土工格栅; 加筋; 基层; 疲劳

中图分类号:U414.18; U416.214 **文献标识码:**A

Fatigue Test of Cement Stabilization Macadam in Geogrid

WANG Ya-ling¹, ZHANG Shang-kun², YAN Zu-xing³, ZHOU Yu-li¹

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Department of Highway Administration, Xinjiang Uygur Autonomous Region Government, Urmqi 830000, Xinjiang, China; 3. Department of Highway Administration, Anhui Province Government, Hefei 230009, Anhui, China)

Abstract: In order to study the fatigue character of cement stabilization macadam by geogrid, an experiment was carried out with control stress loading method. When fatigue test is in 0.55~0.65 stress level, the fatigue life of cement stabitization macadam in geogrid is as 2~5 times as the one of normal cement stabilization macadam. The results show that building geogrid at the bottom of semi-rigid type base course can slow down the expansion of fatigue cracking, and can delay the crack expassion time from semi-rigid sub-base to asphalt pavement. 5 tabs, 3 figs, 6 refs.

Key words: road engineering; geogrid; reinforcement; base course; fatigue

0 引 言

疲劳是在小于材料极限强度的应力反复作用下,材料所产生的累积破坏。所谓疲劳特性是指材料对不同应力水平力反复作用的反应,它以构成破坏所需的荷载作用次数来表示,通常用应力水平与达到破坏时的荷载反复作用次数所组成的散点图来说明^[1]。

为了研究在半刚性基层水泥稳定碎石中加入土

工格栅后对路面疲劳特性的改善情况,本文对加格栅和未加格栅的两种水泥稳定碎石基层材料的疲劳特性进行了研究^[2-6]。

1 原材料

1.1 水 泥

水泥采用陕西耀县水泥厂生产的秦岭牌 325# 普通硅酸盐水泥。检验结果见表 1。

表 1 水泥技术性能指标

指标	筛余量/%	初凝时间/min	终凝时间/min	3 d 强度/MPa	
				抗压	抗折
测定值	0.74	189	266	35.3	4.2

1.2 碎石级配

采用《公路工程集料试验规程》(JTJ058-94)中“路面基层及底基层用集料规格”表,结合土工格栅的孔径等物理参数,碎石级配见表 2。

考虑到混合料与土工格栅材料的粘结性能,同时参考《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-2000)的规定,水泥用量取 5%。

表 2 碎石级配

项目	通过筛孔(mm)的质量百分率/%							
粒径/mm	31.50	26.50	19.00	9.50	4.75	2.36	0.60	0.075
通过范围	100	90~100	72~89	47~67	29~49	17~35	8~22	0~7
通过率/%	100.0	95.0	80.5	57.0	39.0	26.0	15.0	3.5

1.3 土工格栅

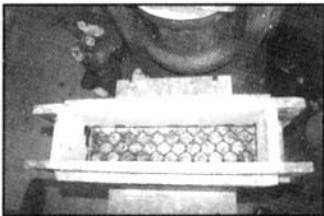
试验选用郑州华瑞塑胶有限公司生产的 SN280 土工格栅。为了解这种材料的力学特性,以便准确确定其力学参数,为理论计算提供科学的依据,在长安大学材料力学实验室进行了试验,其力学参数见表 3。

表 3 土工格栅力学参数汇总

指标		P_f 的均值/N	标准差/N	变异系数	拉值/N	抗拉强度/(N·m ⁻¹)	刚度/(N·m ⁻¹)	刚度模量/MPa
横向宽条拉伸	$F(2\%)$	222.13	27.65	12.45	225.60	1 691.70	84 587.40	325.00
	$F(5\%)$	424.23	49.04	11.56	429.80	3 224.20	64 484.20	252.00
	F_{\max}	1 194.50	29.46	2.47	1 195.20	8 964.20	—	—
纵向宽条拉伸	$F(2\%)$	341.70	27.82	8.14	341.70	2 092.91	104 645.00	524.00
	$F(5\%)$	594.66	51.31	8.63	594.66	3 642.29	72 845.80	364.00
	F_{\max}	1 374.50	101.00	7.35	1 374.50	8 418.80	—	—
横向窄条拉伸	$F(2\%)$	41.64	9.67	1.54	41.79	1 253.62	62 680.90	241.00
	$F(5\%)$	84.85	14.76	17.39	87.42	2 622.50	52 450.00	202.00
	F_{\max}	469.00	82.85	17.67	483.64	14 509.00	—	—
纵向窄条拉伸	$F(2\%)$	50.69	12.57	24.81	53.81	1 318.26	65 912.80	330.00
	$F(5\%)$	107.43	26.29	24.47	113.86	2 789.55	55 791.10	279.00
	F_{\max}	500.38	146.32	29.24	543.16	13 307.50	—	—
单根拉伸试验	$F(2\%)$	50.40	8.21	16.28	51.74	2 276.38	113 819.10	438.00
	$F(5\%)$	101.70	13.39	17.24	104.01	4 576.38	91 527.50	405.00
	F_{\max}	184.38	23.38	12.68	187.34	8 242.93	—	—

2 梁的成型试验

本次试验采用静力压实法制成的棱柱体中梁试件,试件的干密度采用最大干密度 2.34(g·cm⁻³),在最佳含水量 5.5%下成型。成型试验的装置如图 1 所示。试件在养生室标准温度下湿气养生。试件尺寸为 100 mm×100 mm×400 mm,格栅位于梁的底面,龄期为 14 d。



(a) 成型模具



(b) 静力压力机

图 1 梁的成型试验

3 试验方法

为了模拟路面在车轮荷载作用下的受力状态,实验室或公路现场的疲劳试验可用控制应力或控制应变的模式来进行。疲劳试验在 MTS810 材料试验机上进行,本次试验采用控制应力的加载模式,进行中梁的弯曲疲劳试验,施加应力的模式为正弦波,比较接近路面上实际作用的波形,加载频率为 10 Hz,相当于汽车行驶速度 60~70 (km·h⁻¹)。试验装置如图 2 所示。

本次试验对 0.5、0.55、0.6、0.65 等应力控制水平进行平行试验,每种水平下试验 3~5 次。

4 试验结果及分析

4.1 试验结果

国内外的试验证明,在应力强度比(作用力 σ /

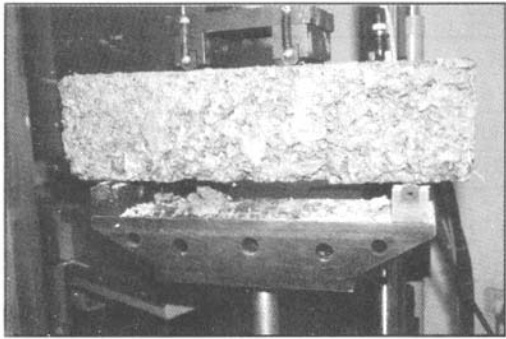


图2 疲劳试验

材料的静弯拉强度 R_b)与破坏时力的反复作用次数 N_f (对数坐标)的散点图上,通常可用一直线来拟合,即

$$S_1 = a + b \lg N_f$$

这条最优拟合直线的斜率是材料疲劳性能的一种量度,直线的斜率越陡,说明材料对荷载作用次数的增加越敏感。

对多组平行试验的结果见表4,并作出应力水平-疲劳次数拟合曲线(图3)。

表4 疲劳参数

项目	应力水平 σ/R_b	疲劳次数 N_f /次	回归方程及参数	相关系数
未加格栅	0.50	91 936	$a=1.008\ 3, b=-0.087\ 8$ $y=-0.087\ 8 \lg N_f + 1.008\ 3$	$R=0.722$
	0.55	71 258		
	0.60	46 285		
	0.65	23 657		
加格栅	0.50	105 982	$a=1.040, b=-0.094\ 4$ $y=-0.094\ 4 \lg N_f + 1.040\ 2$	$R=0.752$
	0.55	91 023		
	0.60	150 723		
	0.65	46 708		

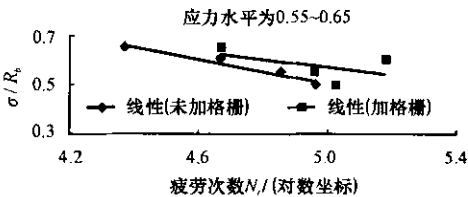


图3 应力水平-疲劳次数拟合曲线对数坐标

4.2 试验结果分析

(1)在应力水平0.55~0.65时,加格栅梁的疲劳寿命均比未加格栅的疲劳寿命长,增加疲劳次数2万~10万次,加格栅梁疲劳寿命是未加格栅梁的2~5倍,这证明了由于格栅性质均匀,能有效地扩散应力集中,阻止裂缝的出现与发展,使抗疲劳特性提高,进而提高路面的使用寿命。

(2)在应力水平比较大的应力反复作用下,加格

栅梁的疲劳寿命比未加格栅梁的疲劳寿命短。通过对两种梁破坏过程的观察,发现加格栅梁在较大应力的反复作用下,土工格栅与底面脱离,使底面产生薄弱区,而产生应力集中,从而加速了梁的破坏,减少了疲劳次数。试验时梁的底部是脱空的,格栅与混合料粘结层震动变形空间大,但土工格栅在路面上的实际约束与此不同,不会出现粘结失效的问题。因此,今后的研究应寻求更好的措施,使土工格栅与半刚性基层材料之间有稳定可靠的粘结,减小试验的误差。

4.3 加格栅梁裂缝扩展分析

为了研究土工格栅对延缓裂缝扩展所起到的作用,在试验期间分别记录了同一应力水平下加格栅梁、未加格栅梁从裂缝产生到完全断裂时的间隔,以及仍能承受荷载反复作用的次数。表5为应力水平为0.65时,加格栅与未加格栅梁的裂缝形成及扩展过程的对比。

表5 裂缝扩展次数及时间统计

项目	梁裂缝出现		梁完全断裂	
	时间/min	作用次数/次	时间/min	作用次数/次
加格栅	32	19 675	77	46 708
未加格栅	35	21 323	38	23 654

由表5可见:①在相同的应力反复作用下,加格栅与未加格栅裂缝出现的时间相差不多;②未加格栅的梁从裂缝出现到梁完全断裂只需3 min左右的时间,能继续承受荷载2 000次左右;③加了土工格栅的梁从裂缝出现到裂缝贯穿整个梁能延迟40 min左右,约是未加格栅梁的13倍,疲劳裂缝出现后还能承受荷载反复作用次数27 000次左右。

力学计算分析和半刚性路面的使用经验表明,半刚性基层上的沥青面层不会比下卧半刚性层先发生疲劳破坏,只有基层先发生疲劳破坏后,才能引起上层逐渐产生疲劳破坏。

5 结 语

- (1)半刚性基层底部加铺土工格栅可以延长半刚性基层疲劳次数,增加半刚性基层沥青混凝土路面的使用寿命。
- (2)半刚性基层底部加铺土工格栅可以延缓疲劳裂缝的扩展,进而可以延迟由半刚性基层裂缝向沥青混凝土面层的扩展时间,从经济角度上讲可以延缓路面的大修时间。

参考文献:
References:

[1] 周志刚,郑健龙.公路土工合成材料设计原理及工程应用[M].北京:人民交通出版社,2001.
ZHOU Zhi-gang, ZHENG Jian-long. Geotechnical Principles and Application [M]. Beijing: People's Communications Press, 2001.

[2] 钱家欢.土工原理与计算[M].北京:中国水利水电出版社,1996.
QIAN Jia-huan. Geotechnical Principles and Calculation [M]. Beijing: China Water Conservancy and Electricity Press, 1996.

[3] 王亚玲,孙建民,周玉利.土工格栅在旧路改建中的应用[J].公路交通科技,2005,22(3):67-69.
WANG Ya-ling, SUN Jian-min, ZHOU Yu-li. Application on Geogrid in Reconstruction of Pavement[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005,22(3):67-69.

[4] 杨晓华.土工格室加固饱和黄土地基性状及承载力

[J]. 长安大学学报:自然科学版,2004,24(3):5-8.
YANG Xiao-hua. Bearing Capacity and Behavior of Saturated Loess Foundation Reinforced by Geocell[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004,24(3):5-8.

[5] 葛折圣,黄晓明.运用损伤力学理论预测沥青混合料的疲劳性能[J].交通运输工程学报,2003,3(1):40-42.
GE Zhe-sheng, HUANG Xiao-ming. Prediction of Asphalt Mixtures Fatigue Properties Using Damage Mechanics[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003,3(1):40-42.

[6] 周志刚,郑健龙,李强.土工加筋材料处治填挖交界路基非均匀沉降设计方法研究[J].中国公路学报,2003,16(1):27-31.
ZHOU Zhi-gang, ZHENG Jian-long, LI Qiang. Study of the Design Method of Using Geonets to Treat the Unequal Settlement of Subgrade at the Cut to Fill Location[J]. China Journal of Highway and Transport, 2003,16(1):27-31.



(上接 13 页)

向应变关系图、 $E \sim \mu$ 模型强度参数 $\mu_i \sim \lg \sigma_3 / P_a$ 关系图,得到了邓肯-张非线性模型有限元计算的 8 个参数。

(2)在含水量保持不变的情况下,随着试样压实度的提高,邓肯-张 $E \sim \mu$ 模型的 8 个参数中,参数 K 、 n 、 R_f 、 C 、 φ 、 G 均随压实度 K 的提高而增大, F 、 D 随 K 的变化规律均不明显。

(3)在含水量和压实度保持不变的情况下,三轴试验时,土样的主应力差 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ 、主应力极限差 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$ 、初始模量 E_i 、破坏比 R_f 均随围压 σ_3 的增大而增大;切线泊松比 μ_i 随 σ_3 的增大而减小,泊松比系数 D 随 σ_3 变化的规律性不明显。

参考文献:
References:

[1] 刘祖典.黄土力学与工程[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.
LIU Zu-dian. Loess Mechanics and Engineering [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1997.

[2] 高江平,俞茂宏,胡长顺,等.加筋土挡墙滑动破裂面的大型模型试验[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(6):6-9.

GAO Jiang-ping, YU Mao-hong, HU Chang-shun, et al. Large Model Experiment on Sliding Rupture of Reinforced Earth Retaining Wall[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005,25(6):6-9.

[3] JTJ051-93.公路土工试验规程[S].
JTJ051-93. Test Specification for Soils in Highway [S].

[4] 张学言,闫澍旺.岩土塑性力学基础[M].天津:天津大学出版社,2004.
ZHANG Xue-yan, YAN Shu-wang. Fundamentals of Geotechnics Plasticity [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2004.

[5] 景宏君,张斌.黄土路基强度规律[J].交通运输工程学报,2004,4(2):14-18.
JING Hong-jun, ZHANG Bin. Loess Subgrade Strength Law [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004,4(2):14-18.

[6] 李海深,杨果林,邹银生.加筋土挡土墙动力特性分析[J].中国公路学报,2004,17(2):28-31.
LI Hai-shen, YANG Guo-lin, ZOU Yin-sheng. Analysis of Dynamic Character of Reinforced Earth Retaining Wall [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004,17(2):28-31.