

文章编号: 1005-0523(2006)05-0034-04

# 昔格达路堤土工格栅加筋效果离心模型试验研究

向科<sup>1</sup>, 罗凤<sup>2</sup>

(1. 同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海, 200331; 2. 成都理工大学 环工学院, 成都, 610059)

**摘要:** 以某在建昔格达填料路堤试验段为原型, 进行了6组离心模型试验. 通过测定模型顶面的沉降、模型内部的水平和竖向土压力, 对高填方路堤中土工格栅的加筋效果进行了分析和研究, 总结了土工格栅对高填方路堤的影响及作用, 为昔格达填料路堤的设计和施工提供了依据.

**关键词:** 昔格达软岩; 土工格栅; 路堤; 加筋; 离心模型试验

**中图分类号:** TU375

**文献标识码:** A

## 1 引言

昔格达软岩在四川境内的西昌、攀枝花地区广泛分布, 该岩层强度很低, 在水的作用下易滑、易于崩解、强度大幅度降低. 在该地区修建高速公路需要解决昔格达软岩的利用问题. 分层铺设土工格栅填筑昔格达填料路堤是一种有意义的尝试. 目前对于土工格栅的研究还不充分, 其应用仍是建立在经验和尝试性的基础之上. 本文通过6组离心模型试验, 研究了昔格达路堤中土工格栅的作用效果和应用土工格栅后昔格达填土路堤的强度和变形等问题, 获得了一系列有价值的研究成果.

## 2 离心模型试验原理

在高速旋转情况下, 使相似比尺为  $1/n$  的模型处于  $ng$  的离心惯性力场中, 只要模型的几何形状和边界条件与原型相似, 试验材料与原型相同, 则模型中某点将受到与原型对应点重力等效的离心惯性力作用, 于是两对应点处于相同的应力水平. 这便是土工离心试验所依据的基本原理. 由于具有独特的经济效益和社会效益, 离心模拟技术在岩土工程的各个领域得到了广泛应用<sup>[1]~[2]</sup>.

## 3 路堤试验段概况

试验段路堤设计断面如图1所示, 填料采用附近取土场

所取得的昔格达软岩, 土工格栅按  $0.9m$  竖向间距分层铺设.

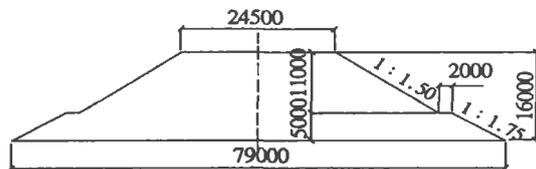


图1 试验段路堤设计断面(mm)

## 4 试验设计

### 1) 试验设备

试验所用离心试验机容量为  $100 g \cdot t$ , 最大加速度  $200 g$ , 有效半径  $2.7 m$ , 模型箱有效容积为:  $0.8(长) \times 0.6(宽) \times 0.6(高) m^3$ .

### 2) 模型比例

由于原型具有较好的对称性, 考虑以路基中线所在竖直面为对称面, 取一半来进行模型试验. 根据本试验的目的、模型箱尺寸、模型制作和安放测试元件等方面的考虑, 选定模型比率为  $n=50$ .

### 3) 地基和填料的模拟

该路基铺设于安宁河岸坚实砂卵石层上, 地基的承载力和刚度远远超过昔格达路堤本身, 因此考虑直接将模型放置于模型箱的坚硬底板上. 同时, 为增大模型底部与模型箱的摩擦力, 模型箱底的钢板上铺设了一层  $0.2 mm$  厚双面毛面

收稿日期: 2006-06-10

作者简介: 向科(1978-), 男, 重庆人, 同济大学道路与铁道工程专业博士研究生, 从事城市轨道交通结构工程与岩土工程的研究.



表1 土工格栅的基本参数

试验项目	试验结果		标准要求		试验结论	
	纵向		纵向		纵向	
每延米拉伸屈服力(kN/m)	/	/	/	/	/	/
屈服拉伸率(%)	/	/	/	/	/	/
2%伸长率时的拉伸力(kN/m)	42	/	≥26	/	合格	/
5%伸长率时的拉伸力(kN/m)	87.9	/	≥48	/	合格	/
每延米断裂拉力(kN/m)	111.9	/	≥80	/	合格	/
断裂伸长率	9.3	/	≤10	/	合格	/
单位面积质量(g/m <sup>2</sup> )	/	/	/	/	/	/
宽度(m)/	/	/	/	/	/	/
备注	每延米纵向肋数:12					

试验采用MDA-2系列直线位移传感器量测坡顶沉降,量程为4mm,精度0.1%F·S,测点布置见图2.位移传感器由夹具紧固于模型箱盖上.采用BY-4型土压力盒测定路堤内的水平和竖向土压力,外形尺寸为Φ15×10mm,分别埋设在94mm(相当于实际埋深4.7m)和212mm(相当于实际埋深10.1m)深度的两个平面内,具体位置和数量见图2.

表2 材料拉伸试验结果

材料	应变2%时单根材料的拉伸力(N)
玻璃丝(粗)	72.0
玻璃丝(细)	6.7
白胶布	8.0
电工胶带	0.6
绿色窗纱	3.5
透明塑料线	5.6
三绞尼龙绳	9.3

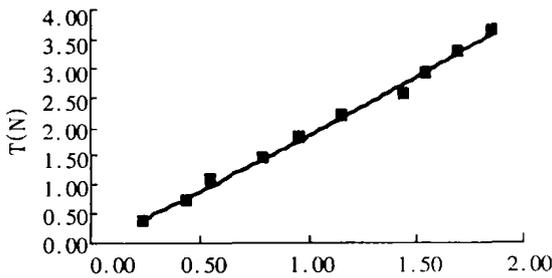


图3 窗纱纤维拉力-应变关系曲线

### 5 主要试验结果

模型以50g的离心加速度运行210分钟,模拟路堤从开始填筑到填筑完成1年后所产生的变形.无格栅和加格栅的试验各进行了三组,试验结果显示出了较好的规律性与可靠性.取各测点测试数据的平均值对格栅的加筋效果进行对比分析.

#### 1) 格栅对路堤顶面沉降的影响

由图4可以看出,格栅可以明显减小路堤顶面的沉降.四个测点平均起来,沉降减小在30%左右.考虑到对称面上可能存在的边界效应,可认为沉降减小在15%~25%之间.当然这还需要更多的理论分析、模型试验和现场试验来加以验证.

表3 格栅相似条件计算结果

	T(kN/m)	Sy(mm)	ε=S <sub>y</sub> /T
原材	42	900	0.021
窗纱	1.605	36	0.022

#### 2) 格栅对土压力的影响

由图5可以看出,加格栅时路堤中线位置的竖向土压力显著降低而靠近坡面一侧的竖向土压力显著提高.而在中线以下和坡面以下位置的水平土压力都有一定程度的提高.可见土工格栅的加入对路堤内的应力场产生了明显的调整.土工格栅具有较大的抗拉强度和张拉模量,增大了路堤的整体性和抗变形能力.一方面,路堤中线附近的竖向自重荷载被显著地向两侧扩散,使得路堤中线附近以下的竖向土压力降低而两侧的竖向土压力增大,在坡面以下位置竖向土压力的增大尤为明显.另一方面,土体的侧向变形受到路堤内土工格栅的限制,路堤内的水平土压力增大.

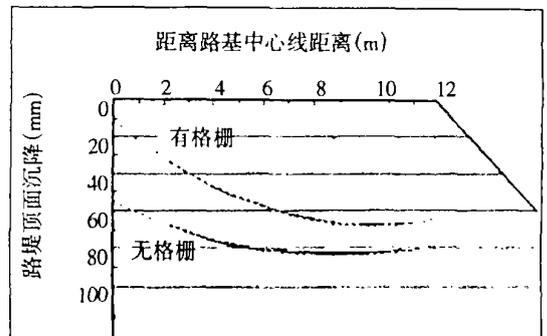


图4 路堤顶面沉降分布

从图4和图5还可看出,路堤中线位置处的位移和土压力均较小,这一现象应视为模型箱的边界效应对试验结果的影响,而不应是路堤受力变形的一般规律.由于模型箱尺寸较小,尽管在试验中采取了相应措施试图消除模型的边界效应,但从试验结果看尚未达到理想的程度,如何更为有效地

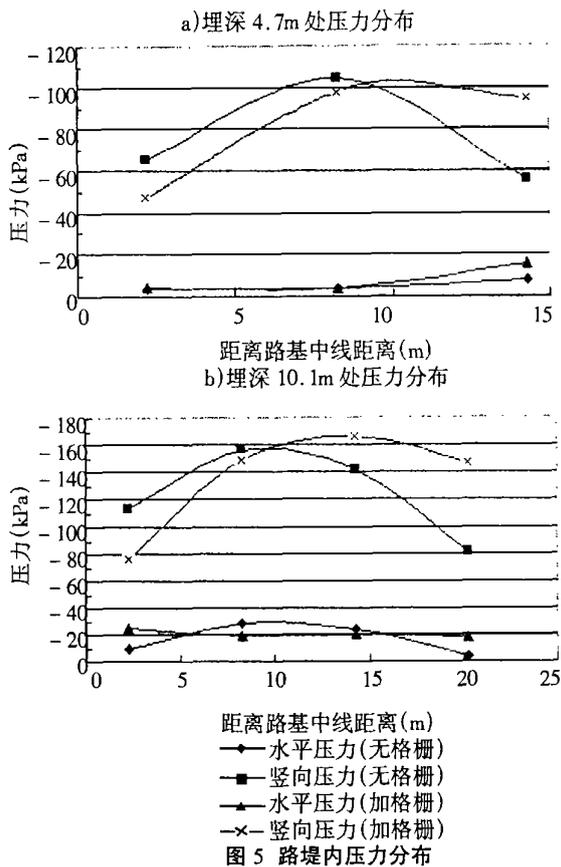


图5 路堤内压力分布

消除模型箱的边界效应以真实地反映原型工程的受力和变形特点仍然是制约离心模型试验技术进一步发展的关键<sup>[3]</sup>。不过,由于有无格栅两种情况下边界效应的影响是基本相同的,所以可以认为这基本上不影响我们对格栅加筋效果的判断。

### 3) 加筋路堤安全富余大

为了验证加筋路堤的稳定性,在最后一组试验中,根据试验机的最大容量,将模型以 180 g 的加速度运行了 30 分钟,这相当于路堤高度增加至 57.6 m,经历 1.8 年的变形,路堤尚未出现滑动破坏的迹象。

## 6 结语

由本项试验和对于试验结果的分析可以得出如下结论:

- 1) 用离心模型试验来研究昔格达填料路堤的加筋效果是完全可行的,试验结果具有较好的规律性和可重复性。
- 2) 试验结果表明,通过分层铺设土工格栅可以显著降低路堤顶面沉降。同时,格栅还可调整路堤内的应力场,格栅对压力峰值的影响不明显,但可显著降低路堤中线附近的应力强度。
- 3) 采用昔格达软岩作为路堤填料是可行的,土工格栅埋设于昔格达填料中能够充分地发挥其加筋作用。从试验结果来看,试验路堤的安全度有较大的富余,其高度和边坡坡度还有进一步提高的余地。

### 参考文献:

[1] 包承纲,饶锡保. 土工离心模型的试验原理[J]. 长江科学院院报, 1998, 15(2): 1-7.  
 [2] 南京水利科学研究所土工所. 土工试验技术手册[M]. 人民交通出版社, 2003.  
 [3] 徐光明,章为民. 离心模型中的粒径效应和边界效应研究[J]. 岩土工程学报, 1996, 18(3): 80-86.

## Centrifugal Model Test of A Geogrids-reinforced Xigeda Expressway Embankment

XIANG Ke, LUO Feng

(1. Key Laboratory of Road and Traffic Engi. of the Ministry of Education Tongji Univ., 200331, Shanghai; 2. Chengdu Univ. of Technology 610059, Chengdu, China)

**Abstract:** Six groups of centrifugal model tests have been done to simulate a geogrids-reinforced Xigeda strata expressway embankment. The displacements of the top of the model embankments, horizontal and vertical earth pressure in the model embankments are measured, which is used to determine the reinforcement effects of the geogrids embedded in the Xigeda strata embankments and provide supporting data for the design and construction of the Xigeda strata embankments.

**Key words:** Xigeda strata; geogrid; embankment; reinforcement; centrifugal model test