

公路边坡水土流失治理工程中网状及条带式加筋拉拔特性的试验研究

杨俊明¹, 史行军², 高照良³

(1. 陕西交通职业技术学院, 西安 710004; 2. 宝鸡市市政工程公司, 陕西 宝鸡 510072;
3. 西北农林科技大学水保所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 针对当前《公路加筋土工程设计与施工规范》在网状加筋土支挡结构物建设的计算方法及工程设计方面空白的现状, 作者设计了大型模型箱进行了长尺寸加筋的拉拔试验, 内容涉及单根条带式、整体条带式 and 网状加筋式拉拔试验, 依据试验结果, 分析后得出两种加筋方式的拉拔特性规律。以期能为今后公路边坡水土流失治理中网状加筋土支挡结构物建设的计算方法的确立、工程设计与施工规范形成等奠定一定的理论依据。

关键词: 单根条带式; 整体条带式; 网状加筋式

中图分类号: S 157; U 412 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004) 04-0183-02

Studies on the Net Shape and Shape Pull Test with Steel in Road Border Water and Soil Loss Controlling Project

YANG Jun-ming¹, SHI Xing-jun², GAO Zhao-liang³

(1. Shaanxi Road Traffic College, Xi'an 710004, China; 2. Baoji City Facilities Co., Baoji, Shaanxi 510072, China;
3. Institute of Soil and Water Conservation, Northwestern Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: According to "the Regulations on Planning and Building the Road Project With Steel", there are no count way or project plan in the structure of net shape with steel. A big pattern box was planned to do the long size pull test with steel. It included the single row shape test, the whole row shape test and net shape pull test with steel. According to the test result, two ways of pull quality regulations are obtained. It hopes to offer a theory accordance in the count way, project planning and building regulations.

Key words: the single row shape test; the whole row shape test; the net shape pull test with steel

随着国家在交通设施方面投资建设力度的不断加大, 公路边坡的水土流失渐渐在人为水土流失的领域内显现出来, 因此相对应的公路边坡的水土流失治理工程也受到了越来越多的重视, 但当前的《公路加筋土工程设计与施工规范》中, 只明文给出了条带式加筋土支挡结构的设计计算方法, 而对于急需修建的网状加筋土支挡结构物, 其计算方法和工程设计在规范中仍是空白, 且目前国内外关于该问题的解决仅处于对某些枝节问题的试验探讨阶段, 至于系统理论与计算方法方面还鲜有报道, 很难适应当前公路建设和水土保持的需要。

基于以上现状, 作者设计了大型模型箱进行了长尺寸加筋的拉拔试验, 并分别做了含筋率大致相同的条带式及网状加筋的拉拔试验, 得出了它们各自的拉拔特性规律及其对比分析结论, 以期能为网状加筋土支挡结构物建设的计算方法的确立、工程设计与施工规范形成奠定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

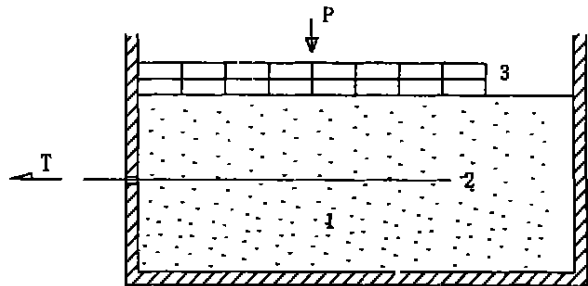
(1) 加筋: 材料采用厚 1 mm 的铝合金板制成的宽 13 mm、

长 109 cm 的条带式加筋与图 2 所示的等边菱形网状加筋。

(2) 填土: 土壤采用甘肃天水黄土, 其物理力学指标见表 1。

表 1 试验用黄土物理力学指标表

含水量/ %	容重/(kN · m ⁻³)	C/ kPa	Φ/ °
13. 2	19. 012	38	30



1- 土样; 2- 加筋; 3- 配重块

图 1 拉拔试验箱示意图(单位: cm)

① 收稿日期: 2004-07-22

作者简介: 杨俊明(1966-), 男, 在读硕士, 主要从事公路桥梁设计和公路边坡防护工程技术研究。

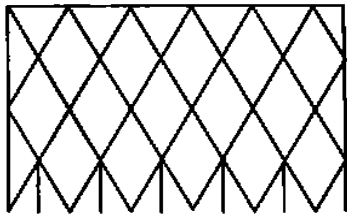


图 2 网状加筋示意图

1.2 试验方法

图 1 为土—加筋拉拔试验简图。拉拔试样的尺寸为 125 cm × 160 cm × 48 cm, 试验箱前面的木挡板中间处留一横贯全宽的水平窄缝, 高约 5 cm, 供引出试样筋带用。法向荷载用配重块施加, 水平拉拔力利用起重葫芦和拉力传感器进行施加。拉拔水平位移利用大量程百分表测定。

2 结果与分析

2.1 单根条带式加筋拉拔试验成果

应用单根条带式加筋在不同的法向应力 σ 作用下的拉拔试验结果, 绘出拉拔力——水平位移曲线(图 3)。

从图 3 中可见, 拉拔试验的应力——应变曲线具有明显的非线性性质。拉拔单根筋带时, 随着法向应力的增大, 界面剪应力的峰值及出现峰值剪应力时对应的拉拔位移量均随之增大, 亦即 $T-\Delta S$ 曲线的峰值点随法向应力的增大向坐标的右上方移动。这是由于抗拔阻力是沿筋带长度由施力端向埋入端逐渐传递发挥出来的, 上覆压力越大, 达到峰值抗拔力时的过程越长, 需发生的位移量亦越大。整体条带式加筋和网状加筋的拉拔过程曲线亦有此规律(参见图 4、图 5), 测试结果还表明, 残余强度亦随正应力 σ 的增大而增大。

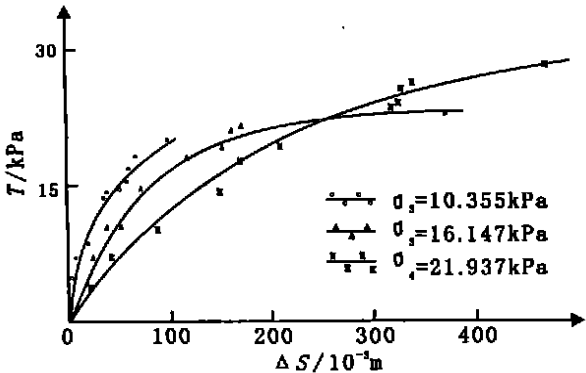


图 3 单根条带式加筋拉拔试验 $T-\Delta S$ 关系曲线图

2.2 整体条带式加筋拉拔试验结果

用整体条带式加筋(将模型箱宽度范围内铺设的 13 根条带式筋带用三角形角铁架连接成整体), 在不同的法向应力 σ 作用下进行拉拔试验, 现将试验结果绘成 $T-\Delta S$ 曲线, 如图 4 所示。由该图可见, 拉拔力在峰值以前发生的拔出位移量较小, 待其很快达到峰值后, 拉拔力则随拔出位移增大而缓慢地不断减小, 且其峰值强度对应的位移量远小于单根条带式 $T-\Delta S$ 曲线峰值对应的位移量。这是由于各根筋带之间存在类似“群桩效应”的现象, 使土体容易产生破坏, 故 13 根条带式加筋整体拉拔的极限抗拔力亦小于 1/13 的单根加筋拉拔极限抗拔力(显见于表 2 的试验测试结果)。基于这一事实, 在加筋土挡土墙筋带抗拔力验算时, 尚应对其结果再乘以小于 1 的“群筋效应系数”为妥。但在以往的工程设

计中却没有考虑这个问题。

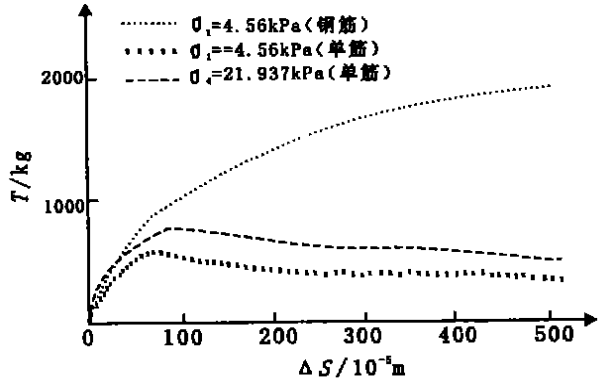


图 4 整体条带式加筋拉拔试验 $T-\Delta S$ 关系曲线图

2.3 网状加筋拉拔试验结果

现将网状加筋的拉拔试验 $T-\Delta S$ 曲线绘于图 5 中, 注: 试验中, 网状加筋除不加配重块时(仅受筋上土层的自重压力)被拔出约 10 cm 而出现牵引三角架与筋带的连接螺栓被剪断外, 其余各级上覆荷载作用时, 均未发生太大的拉拔位移就将连接螺栓剪断或将该截面处的连接筋带拉断, 故尚未测到它们的峰值强度。

从图 3、图 4、图 5 中, 可将各种情况下的抗拔力列于表 2 中。

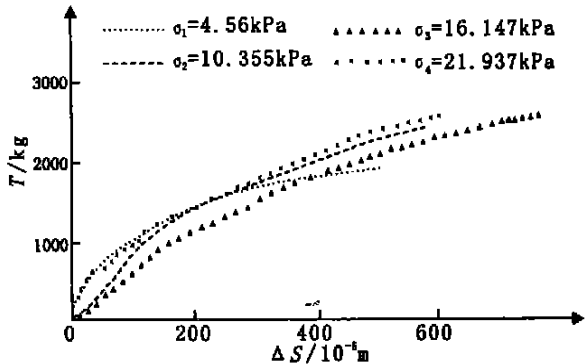


图 5 筋网加筋拉拔试验 $T-\Delta S$ 关系曲线图

表 2 各种情况抗拔力比较表

法向应力 / kPa	单根筋带峰 值抗拔力/ kg	整体条带式加 筋抗拔力/ kg	网状加筋破坏 抗拔力 T_{max} / kg
$\sigma_1 = 4.560$	48	580	1940
$\sigma_2 = 10.355$	56	/	2500
$\sigma_3 = 16.147$	64	/	2580
$\sigma_4 = 21.937$	74	780	2620

由表 2 可见, 无论单根、整体条带式、网状式加筋, 其抗拔力均随上覆荷载的增大而增大, 在含筋率基本相同的情况下, 对同一级上覆荷载, 抗拔力按从大到小的排序为:

筋网 > $n \times$ 单根式 > 整体条带式

而且它们相差的幅度较大。可见, 网状加筋比条带式加筋的抗拔稳定性大得多。

3 结 论

- (1) 网状加筋比条带式加筋的抗拔稳定性大得多。
 - (2) 加筋土阻挡结构条带式拉筋之间存在“群筋效应”;
- (下转第 202 页)

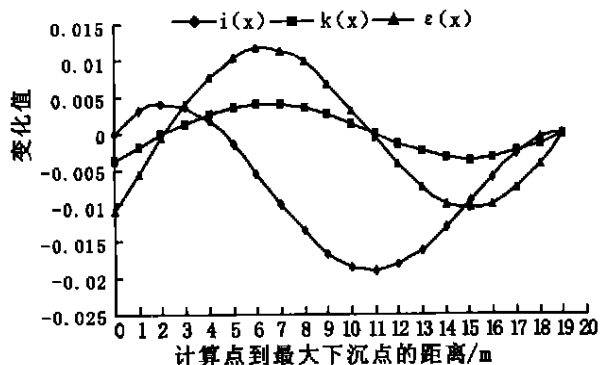


图 2 沿煤层倾斜半盆地地表各质点倾斜、曲率、伸缩变化曲线

计算结果统计: 倾斜变化 < 0.02 、曲率变形 < 0.005 、水平变形 < 0.012 、最大下沉量 $< 15\text{ cm}$; 《下规程》规定: 结构建筑物允许地表变形值: 倾斜变形 $< 3.0\text{ mm/m}$ 、曲率变形 $< 0.2\text{ mm/m}$ 、水平变形 $< 2.0\text{ mm/m}$; 无溢水设施的土堤允许水平变形值为 4.0 mm/m 。计算结果与规定值比较, 除曲率超出规定值很大, 约超出 25 倍, 而倾斜变形与水平变形量均为规定值得 6 倍, 说明采空区对该段边坡的影响尤为明显, 对于采空区的处理应给予重视。

此外采空区引起上覆岩体的变形, 在达到一定变形量后, 在很长一段时间内, 由于各种原因, 比如边坡开挖、建筑物施工等因素, 会出现残余变形量, 而残余变形量往往只占总变形量的 2% ~ 3%, 有时不用高精度的仪器很难测出来, 而且在充分采动的情况下, 残余变形的持续时间一般不超过两年。因此, 残余变形量的大小暂且不必考虑在内。

4 结 论

通过计算结果可以预测, 该段边坡受采空区影响, 下沉量在 13 ~ 15 cm, 影响范围以采空区为中心两侧分别达到近

- 参考文献:
- [1] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
 - [2] 陈剑平. 环境地质与工程[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
 - [3] 郭广礼, 何国清, 崔曙光. 部分开采老采空区覆岩稳定性分析[J]. 矿山压力与顶板管理, 2002, 20(3): 70- 73.
 - [4] 崔冠英. 水利工程地质[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.
 - [5] 张俊英, 王金庄. 采空区地表新建建筑地基稳定性评价技术研究[J]. 矿山测量, 2003, (3): 28- 30.
 - [6] 余素玉, 何镜宇. 沉积岩石学[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1991.
 - [7] 仇文昌, 陈双喜, 范士凯. 南水北调渠线通过采空区稳定性浅论[J]. 煤矿设计, 1998, (6): 9- 12.
 - [8] 朱湘平. 131 矿体采空区顶板稳定性研究[J]. 金属矿山, 2003, (9): 13- 15.

(上接第 184 页)

计算其抗拔力时, 应乘以小于 1 的“群筋效应系数”。

(3) 加筋支护结构中的加筋主要承受拉力, 因此, 建议设

参考文献:

- [1] 公路加筋土工程设计及施工规范汇编[S].
- [2] Denneest Bergado, et al. Prediction of pullout resistance and pull out force- displacement relationship for inextensible Grid reinforcements[J]. Soils and Foundations, 1996, 36(2): 11- 22.
- [3] JTJ/T 060- 98, 公路土工合成材料试验规程[S].
- [4] 高江平, 胡长顺, 等. 平面网格加筋土机理与数值分析研究现状[A]. 全国公路土工合成材料应用技术交流会文集[C]. 2000.
- [5] 洪榴康. 土质学与土力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.

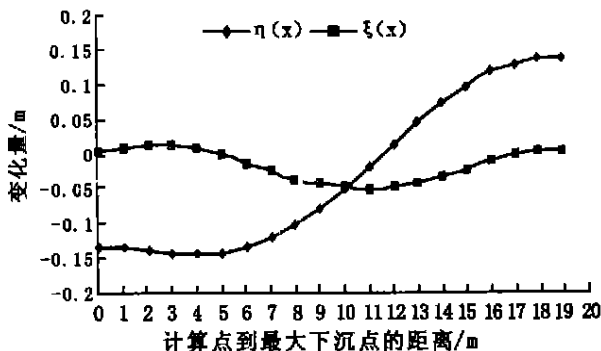


图 3 沿煤层倾斜半盆地地表各质点下沉、水平移动变化曲线

20 m, 因此对坝区采空区的适当处理对边坡整体稳定性来说是至关重要的。此外由于采矿导致的地表移动变形具有一定的规律和特征, 其移动与变形受到许多因素影响, 其过程往往十分复杂。影响因素主要包括地质条件、采空区埋深和采掘技术等因素。

(1) 坚硬砂岩覆盖于厚层塑性岩(煤质页岩, 炭质泥岩)之上, 地表现裂错动的可能性大, 地表塌陷区随之扩大; 本文研究采区部分接近向斜核部, 加之由于层面软弱的缘故, 岩层常产生顺层滑移, 从而加剧了地表的移动, 改变了正常情况下变形体的大小和形状。

(2) 采空区影响范围的大小受采掘深度的影响, 采掘深度愈浅, 地表移动范围愈大; 在采空后无任何支撑条件下, 采空区四周岩层由整体状态变成松散状态, 松动由采空区向上逐渐发展, 一直到破碎后增大的体积等于采区体积为止。

通过对指定地点现存采空区的存在对其上覆岩体的影响进行计算分析, 预测地表各质点最终变形量的大小, 确定最终影响变形范围。其研究结果对边坡稳定性的评价具有直接的指导意义, 为类似的研究提供参考和借鉴。

计时应取拉拔似摩擦系数。拉拔似摩擦系数随法向应力的增大而减小。