

土工格栅加筋土陡防护堤的试验

周亦涛^{1,2}, 闫敬华³, 陈福全¹, 刘治国³

(1. 福州大学 土木工程学院, 福建 福州 350116;

2. 河北工程技术高等专科学校 交通工程系, 河北 沧州 061001;

3. 济南军区建筑设计院, 山东 济南 250002)

摘要: 对某土工格栅加筋土陡防护堤进行现场试验研究,分析施工期及竣工后一季度期间的加筋体底部竖向土压力、反包体背部侧向土压力和土工格栅拉筋应变分布规律.试验结果表明:土工格栅加筋土陡防护堤底部垂直土压力在横断面上呈非线性分布,路堤中心附近与坡脚附近的平均垂直土压力相差不是很大;堤中心垂直土压力比不加筋的减少了 20% 以上;不同高度处的格栅应变沿筋长方向呈非线性分布,格栅最大应变不超过 4%;反包体后侧向土压力沿堤高呈上小下大的非线性分布;底部垂直土压力、侧向土压力、格栅应变在工后两个月,趋于稳定;安全稳定的土工格栅加筋土陡防护堤是可行的.

关键词: 土工格栅; 加筋土防护堤; 拉筋应变; 土压力

中图分类号: TU 41

文献标志码: A

在防止或减小装有民用、军用爆炸物品的生产车间(或存储库房)爆炸对周围的设施损失和人员伤亡,以及在防止多个车间或库房的一个爆炸而导致的连环爆炸事故的发生等方面,防护屏障发挥巨大的作用.目前防护屏障常用的有防护土堤、夯土防护墙和钢筋混凝土防护屏障 3 种形式^[1-2],由于防护土堤修建简单且不产生二次破坏而被广泛应用.当工程场地实际可用宽度小于根据相关规范规定的高度要求^[1-2]设计的防护土堤的最小底宽时,防护土堤无法修建;当地基承载力不高时,为了防止防护土堤因地基承载力不够而失稳,必须对地基就行处理,从而增加投资成本.加筋土结构具有施工简便快捷、抗震性能好、地基适应强、稳定性强、投资少等优点^[3-6],其柔性结构在吸收爆炸能量,降低次生破坏方面有较大的优势.加筋土防护堤作为一种新型防护屏障,要实现防护功能,首先是自身的稳定.防护屏障狭长且宽度较小,因此,碾压机在结构施工中无法开展工作,这也是民用防护屏障较少采用的一个原因.加筋土的粘聚力和内摩擦角都比未加筋土大^[6-10],在低压实度下加筋土陡堤的稳定是可能的.但在实际工程中,加筋土防护堤是否可行却未见报道,且目前有关它的应用研究和理论分析也都未见报道.为此,本文对低压实度下加筋土陡堤在防护屏障的应用进行试验研究,对加筋土防护堤的底部竖向土压力、反包体背部侧向土压力和土工格栅拉筋应变分布规律进行分析,并对结构的稳定性进行了评价.

1 工程概况

某民用爆炸物品生产车间的防护堤位于山地之间,场地地貌单元属丘陵地貌.该场地已有建筑物间的净距比较小,场地地基承载力在 120 kPa 左右,且场地有坑塘,而该防护堤地基承载力要求大于 160 kPa,这两个数值为在狭窄而软弱场地上建成满足民用爆炸防护堤的行业规范^[1-2]所规定的最小顶宽和最小底宽.为保证该防护堤的自身稳定安全,文中设计土工格栅加筋土陡堤堤高为 10.0 m,顶宽为 3.5 m,边坡坡度为 70°,边坡反包,如图 1 所示.

收稿日期: 2015-10-09

通信作者: 陈福全(1971-),男,教授,博士研究生,主要从事岩土工程的研究. E-mail: phdchen@fzu.edu.cn.

基金项目: 河北省教育厅科研基金资助项目(QN2014149);高等学校博士学科点专项科研基金博导类资助课题(20133514110004)

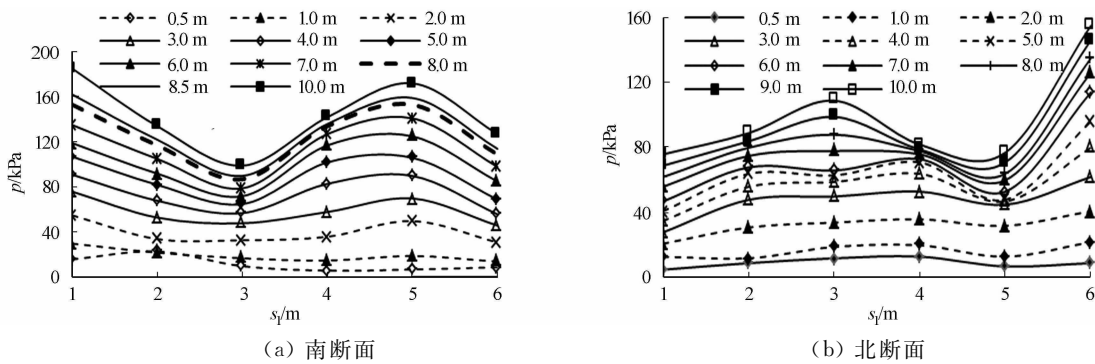


图 2 不同上覆填土厚度下加筋土体底部横断面上垂直土压力的变化
Fig. 2 Variation of bottom vertical earth pressure of reinforced soil structure along cross section under different backfill heights

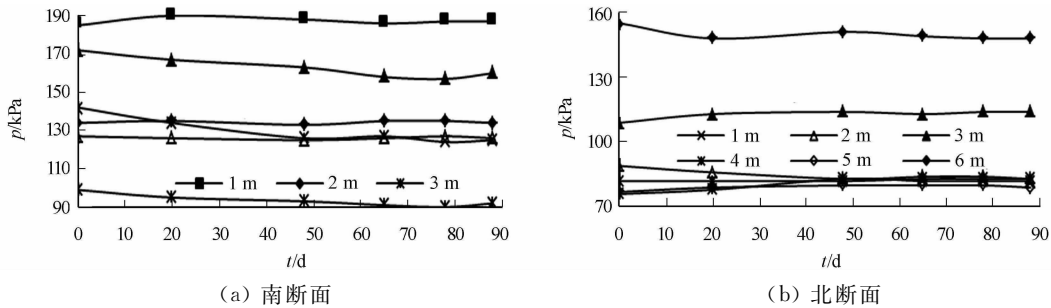


图 3 加筋土体底部垂直土压力竣工后随时间的变化
Fig. 3 Variation of bottom vertical earth pressure of reinforced soil structure with post-construction time

3) 北断面距离边坡 3.0 m 的测点垂直土压力在施工后期的增速较其他点大,北断面距离边坡 4.0 m 的测点的垂直土压力在施工后期的增速较其他点小,这是因为在距离边坡 3.0 m 处土体压实度大于距离边坡 4.0 m 处土体的压实度,导致土工格栅网兜效应. 压实度大的点的土压力增速快,压实度小的点的土压力增速慢.

4) 当填土重度为 $19 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$,堤高为 10 m 时,不加筋的防护堤中心的垂直土压力计算为 190 kPa;竣工后,南断面堤中心垂直土压力最大值为 127 kPa,比不加筋的减少了 33%;北断面堤中心垂直土压力最大值为 152 kPa,比不加筋的减少了 20%.

5) 施工期间,各断面的土压力分布和大小没有出现异常,工后的测试数据有所变化,但最终趋于一个定值,说明了该工程是稳定安全的.

3.2 加筋土陡堤边坡处侧向土压力

反包体侧向土压力随上填土厚度的变化,如图 4 所示. 图 4 中: h_1 为加筋土陡防护堤填筑高度. 反包体侧向土压力分布随竣工后时间的变化,如图 5 所示. 图 5 中: h_2 为防护堤高度.

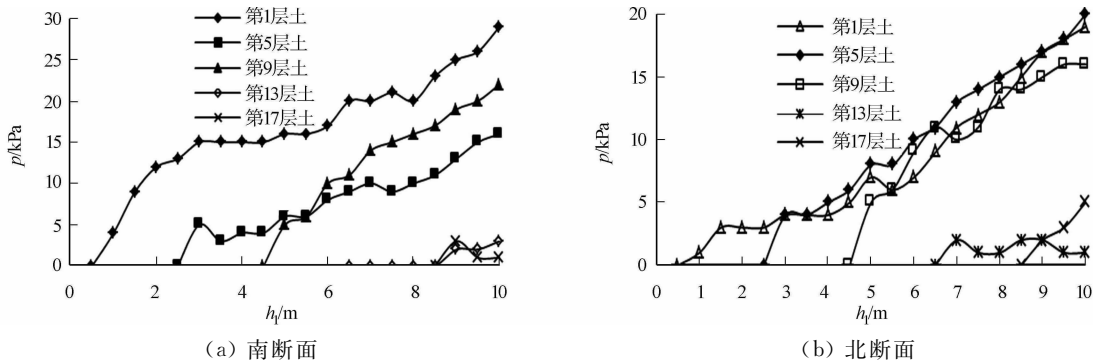


图 4 反包体侧向土压力随上填土厚度的变化

Fig. 4 Variation of lateral earth pressure on packed soil mass with backfill height

1) 施工期间,不同高度的加筋土防护堤边坡反包体后侧向土压力实测值基本上随着填土厚度的增

加而增大,但中间有减小的现象.这是因为填土压实度比较低,在上覆填土荷载作用下反包体所有外移,从而使反包体后侧向土压力得到释放而减小.

2) 反包体后侧向土压力沿堤高呈上小下大的非线性分布,两断面的分布形式还有所不同,这是因为两断面的地基不同所致.

3) 反包体后侧向土压力实测值不同于一般的加筋土路堤或边坡,施工期间和竣工后的压力比朗肯土压力小,类似于加筋土挡墙墙背侧向土压力的大小和分布,这是因为该加筋土防护堤比较陡的缘故.因此,建议较陡的加筋土防护堤采用加筋土挡墙的设计方法设计.

4) 竣工后,侧向土压力有所变化,但最终趋于稳定,这说明了试验工程是稳定安全的;竣工后,侧向土压力相对较大变化主要在工后两个月,这是因为填土压实度比较低,加筋土需要一定的时间固结.

3.3 土工格栅拉筋的应变

反包体侧向土压力分布随竣工后时间的变化,如图 6 所示.图 6 中: ϵ 为土工格栅应变; s_2 为距离边坡坡面距离.不同上覆填土厚度下拉筋应变在横断面上的变化,如图 7 所示.

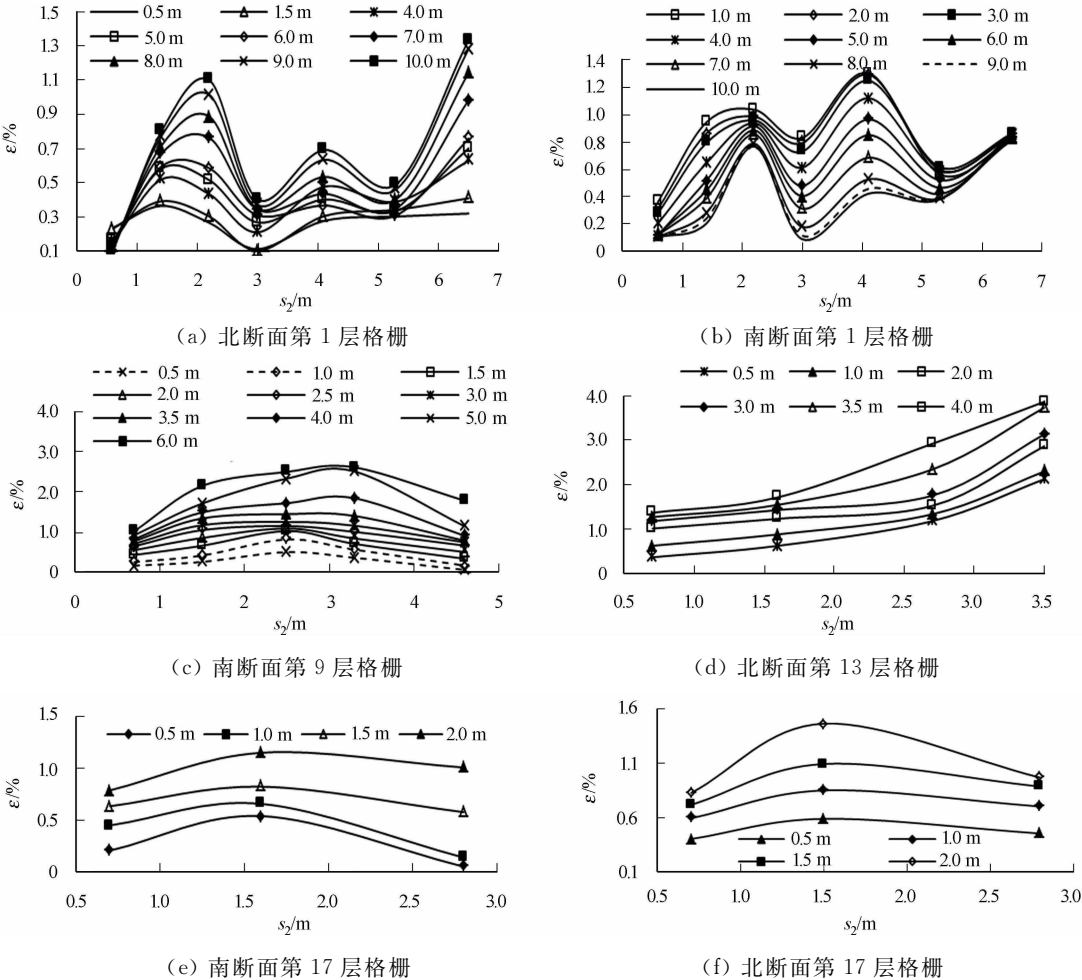


图 6 反包体侧向土压力分布随竣工后时间的变化

Fig. 6 Variation of distribution of lateral earth pressure on packed soil mass with post-construction time

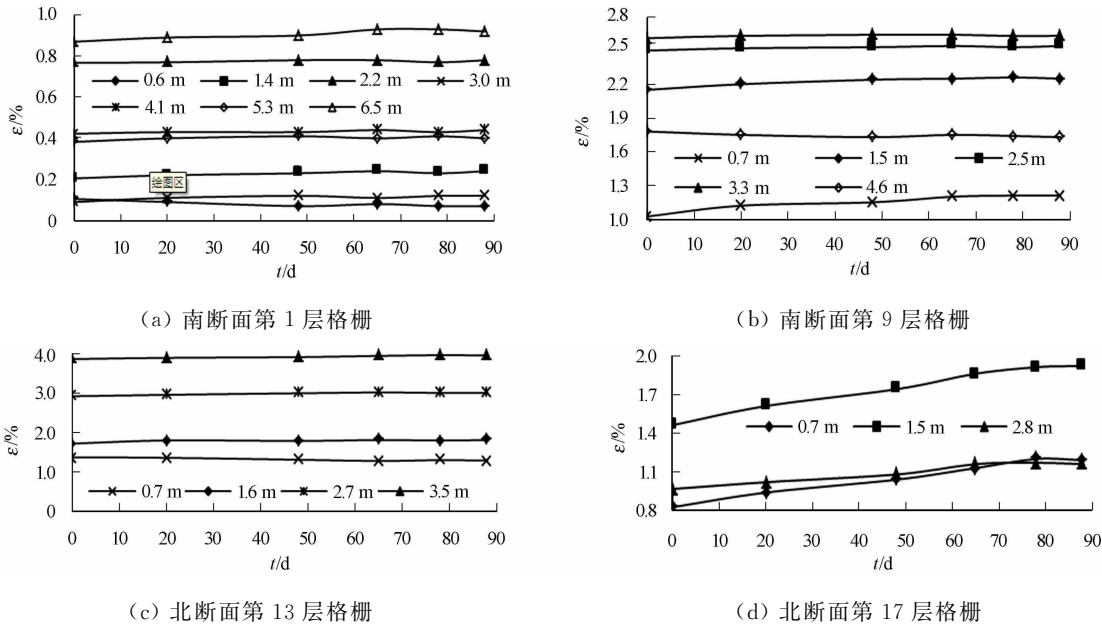


图 7 不同上覆填土厚度下拉筋应变在横断面上的变化

Fig. 7 Variation of reinforcement strain along cross section under different backfill heights

- 1) 不管在施工期间,还是在竣工后,各测试断面各层土工格栅拉筋应变实测值的最大值均不大于 4%。拉筋应变实测值均小于质控应变值 10%,这是由于拉筋实际受力小于设计值(小于土工格栅抗拉强度值),土工格栅在低于设计值的拉力下,其蠕变会很小,这在竣工后拉筋蠕变随时间的曲线可以得到验证。
- 2) 施工期间,各层拉筋应变基本上随上覆填土厚度的增加而增大,但有些测点却随填土厚度的增加而减小。填土厚度达到一定高度后,各测试断面各层拉筋应变沿筋长方向的分布规律各自大致保持不变。这是因为填土压实度较低导致土体压实度不一致,产生不均匀沉降,从而导致该处的土工格栅应变测试仪器的两点的水平距离有所减小,进而表现为拉筋应变减小。
- 3) 底层拉筋应变不超过 1.5%,而堤身内部拉筋的最大应变却接近 4%。这是因为加筋地基填料比堤身填料较好,加筋地基压实度较高,而堤身填土压实度较低。压实度大,土体的侧向位移较小;压实度较小,土体的侧向位移较大。
- 4) 不同测试断面,堤高位置相同的拉筋应变分布有所不同。这是加筋土作用机理的复杂性所致,加筋土防护堤地基性质不同和填土压实度低导致的不同断面同一高度的拉筋应变分布规律有所不同。
- 5) 堤身内部拉筋应变峰值出现在堤中心与堤边中间,而堤边附近与堤中心的应变较小。这是因为在堤荷载作用下,地基及防护堤中线的沉降最大而限制了堤中心拉筋的应变,堤边采用反包,导致了本可发生较大侧移的堤边附近拉筋有所收敛。
- 6) 底层拉筋应变规律明显不同于堤身内部的规律。这是因为防护堤填土压实度比较低的缘故,施工期间,防护堤会有较大的侧移,而拉筋又会阻碍侧移,再加上地基的不均匀性,就导致了在堤中心与堤边之间出现两个峰值。
- 7) 两测试断面的底部拉筋应变分布规律有所不同。这是因为地基条件不同,但因为加筋土分散应力,随着堤高的增加,拉筋的应变规律基本相同。
- 8) 竣工后,拉筋应变随时间先有所变化后,趋于稳定。这说明了该防护堤具有较好的整体稳定性。

4 结论

土工格栅加筋土防护堤具有占地少、施工方便快捷、地基适应性强、压实度要求低、消能效果强、次生破坏少、土方少、投资少等优点。对低压实度下土工格栅加筋土陡堤在防护屏障的应用(即土工格栅加筋土防护堤)进行了现场试验,得到以下 3 个结论。

- 1) 土工格栅加筋土防护堤底部垂直土压力在横断面上呈非线性分布,路堤中心垂直土压力比不加

筋的有着明显的减小;反包体后侧向土压力沿堤高呈上小下大的非线性分布.

2) 不同高度处的格栅应变沿筋长方向呈非线性分布.

3) 低压实度土工格栅加筋土陡堤工后稳定,因此,其在防护屏障的应用是可行的.

参考文献:

[1] 中华人民共和国建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 民用爆破器材工程设计安全规范: GB 50089—2007[S]. 北京:中国计划出版社,2007:25-27.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 烟花爆竹工程设计安全规范: GB 50161—2009[S]. 北京:中国计划出版社,2009:22-24.

[3] 周亦涛,梁小勇,杨广庆,等. 多级加筋土复合式挡墙现场试验[J]. 工业建筑,2014,44(2):83-88.

[4] 杨广庆,周亦涛,周乔勇,等. 土工格栅加筋土挡墙试验研究[J]. 岩土力学,2009,30(1):206-210.

[5] 杨广庆,周亦涛,熊保林,等. 刚性基础上双级土工格栅加筋土挡墙性状研究[J]. 水利学报,2012,43(12):1500-1506.

[6] 周亦涛,薛晓辉,梁小勇,等. 基于准粘聚力理论的加筋土挡墙土压力分析[J]. 黑龙江工程学院学报(自然科学版), 2010,24(1):30-32.

[7] INGOLD T S. Reinforced clay subject to undrained triaxial loading[J]. Geotechnical Engineering Division,1983,109(5):738-743.

[8] 梁波,孙遇祺. 饱和黏性加筋土的强度特性研究[J]. 兰州铁道学院学报,1992,11(2):49-59.

[9] 吴雄志. 加筋土强度模型与应力-应变特性研究[J]. 岩土工程学报,1992,14(增刊 1):80-87.

[10] 雷胜友. 现代加筋土理论与技术[M]. 北京:人民交通出版社,2006:5-165.

Experimental Study of Geogrid Reinforced Earth
Steep Protecting Barrier

ZHOU Yitao^{1,2}, YAN Jinhua³, CHEN Fuquan¹, LIU Zhiguo³

(1. College of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;

2. Department of Transportation Engineering, Hebei Engineering and Technical College, Cangzhou 061001, China;

3. Architecture Design Institute of Jinan Area Command, Jinan 250002, China)

Abstract: A geogrid reinforced earth steep protecting barrier was investigated by field test. Bottom vertical earth pressures and lateral earth pressures of the geogrid reinforced earth steep protecting barrier were researched during construction and a post-construction quarter, and reinforcement strains were also researched. The results of the field test show that the distribution of bottom vertical earth pressures is nonlinear along the width of the protesting barrier, the pressure near the center of protesting barrier is similar to the pressure near the foot. The bottom vertical earth pressure in the center of the reinforced earth protesting barrier is 20% less than that of unreinforced protesting barrier; the distribution of the reinforcement strains along the reinforcement length is nonlinear, and the maximum strain of the geogrid the steep protesting barrier is less than 4%. The distribution of lateral earth pressure on the packed soil mass is nonlinear, as the height increases, the pressure decreases. The bottom vertical earth pressures, lateral earth pressures and geogrid strains after two post-constriction months tends to be stable. Therefore, the building of a geogrid reinforced earth steep protesting barrier is feasible in security and stability.

Keywords: geogrid; reinforced earth protecting barrier; reinforcement strain; earth pressure

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 方德平)