

文章编号:1671-8879(2008)05-0086-05

一种新型的软体结构在边坡防护中的应用

徐文杰¹, 胡瑞林¹, 骆祥君²

(1. 中国科学院工程地质力学重点实验室, 北京 100029;

2. 北京顺天绿色边坡科技有限公司, 北京 100036)

摘要:介绍了一种新型的软体结构边坡加固系统——鑫三角系统,建造了一个稳固的软体加固结构。在该结构中,生态土工袋作为该系统的一个重要组成部分,为植被的生长提供了一个良好的载体,连接扣的应用加强了袋间的连接力。整个系统以目前成熟的土工合成材料为基础,不使用任何钢筋混凝土、建筑块石等高能耗、高污染的硬体材料;充分利用当地的开挖土体,构筑了一个集生态、环保、工程安全性于一体的边坡防护结构。

关键词:岩土工程;软体结构;硬体结构;边坡防护;鑫三角系统

中图分类号:U416.14 **文献标志码:**A

Application of a new kind of soft structure to slope protection

XU Wen-jie¹, HU Rui-lin¹, LUO Xiang-jun²

(1. Key Laboratory of Engineering Geomechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

2. Beijing Shuntian Green Slope Science and Technology Limited Company, Beijing 100036, China)

Abstract: This paper introduces a new kind of soft structure slope protection system, named Ecolock system, which takes the present nature geosynthetics as the foundation and constructs a stable soft reinforcement structure. In this system, the ecology geotextile bag is an important part which provides a good carrier for vegetation's growth. The application of the joint units reinforces the strength of the bags. The system does not use any reinforced concrete, the building rubble stone, the high energy consumption and high pollution hardware materials. And the Ecolock system takes full advantage of the local excavating soil body as the mainly components of the whole system. So, the Ecolock system constructs a slope protection structure which takes zoology, environmental protection, and project security for the humanity into consideration at same time. 9 figs, 10 refs.

Key words: geotechnical engineering; soft structure; hard structure; slope protection; Ecolock system

0 引言

中国是一个地质条件非常复杂的国家,各类边坡分布非常广泛,许多边坡常常由于当地的气候或地质条件等因素,使得植被无法生长,形成了大量的

裸露边坡;大量的挖方、填方等也形成了许多的裸露工程边坡。通常的治理方法是采用不同的加固技术对边坡进行人工治理、绿化,或者直接采用传统的硬体结构(如浆砌片石、柔性网等)措施将边坡表面进行固化处理。但传统护坡措施在外界各种因素的影

收稿日期:2007-11-15

基金项目:国家重点基础研究发展规划 973 项目(2002CB412702);中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-134)

作者简介:徐文杰(1978-),男,山东日照人,工学博士研究生,E-mail:xwj1jh@126.com。

响下,常常出现不同程度的破坏,而且对于那些采用硬体结构进行坡面固化的措施,难以达到恢复生态的作用,它们只能是临时加固,而无法作为永久性的边坡防护措施。

目前,随着土工合成材料的不断发展和成熟,以及加筋土结构理论的不完善,加筋土技术作为一种新型的结构被广泛地应用于各类岩土工程中^[1-10]。但是,就目前中国现有的土工合成材料使用技术方面,还有很多没有充分发挥出应有的作用,难以将工程和生态防护充分地结合起来。为此,本文引入了一种新型的软体结构系统——鑫三角系统,它是基于现代土力学理论及目前成熟的土工合成材料技术发展起来的加固系统,为边坡加固开辟了新的技术空间,适应了当前建设的需求。

1 鑫三角系统特性

1.1 系统的基本构成

鑫三角系统主要由生态土工袋、连接扣及用于加筋挡土的加筋土工格栅组成。生态土工袋和连接扣交叠放置,构成了一个稳固的三角结构(图1)。

鑫三角系统的生态土工袋采用无纺土工织物制作而成,其材料为聚丙烯。生态土工袋内可以充填土或碎石等,具有透水但又不允许土体颗粒通

过的良好功能,因此生态土工袋可以成为植物生长的良好载体。这种生态土工袋的强度较高,袋体的胀破强度最大可达1 650 kPa。

连接扣也是由聚丙烯制成的构件,它包括标准连接扣和工程连接扣两种,放置于生态土工袋之间,以增强系统的整体强度。工程连接扣除了具有加强土工袋之间的连接外,它还有3个倒钩,具有连接加筋土工格栅或传统加固结构(如:锚杆、锚锁等)的作用。

加筋土工格栅是采用材料延伸率小、抗拉强度高、蠕变小、不易变形(在长期的工作应力状态下)的聚乙烯制成的双向土工格栅,是建造加筋土挡墙的重要组成部分。

1.2 系统的主要技术特点

1.2.1 智能性

鑫三角系统是一个智能型的软体结构,它具有,承受一定变形的能力,而不会出现像传统的硬体加

固技术那样因局部不均匀沉降而导致结构的破坏或断裂等现象。当边坡体因各种因素出现局部或整体不均匀变形时,系统会自我进行调整,以适应当前变形状态,系统的这种自适应式的微小变形,可以使防护体释放巨大的内部作用力,因此从某种程度上讲,也有利于结构和工程体的稳定。

1.2.2 整体强度高

对加连接扣的生态土工袋直立墙体和未加连接扣的无结构的生态土工袋直立墙

体(高度均为1 m,墙体长度为6 m)的现场抗剪强度测试(图2)表明:

对于无结构的生态土工袋直立墙,

当拉力达到580 N时测试袋被拉出受到破坏;而对于加有连接扣的有结构的生态土工袋直立墙,当拉力达到2.14 kN时测试墙体出现整体的倒塌破坏,其强度增加了370%。不同的生态土工袋之间加有连接扣连接,使系统从传统的无结构系统转变为有结构系统,使抗剪强度得到提高。

1.2.3 地域适应性强

目前,土工合成材料已经被广泛应用于世界各地,从极地寒冷地区到赤道附近热带地区均有使用。鑫三角系统本身作为一个柔性结构,具有自我调节适应局部或整体变形的能力。因此,即使在寒冷地区,也不会因为季节性冻融的影响而出现整体性破坏的现象。

1.2.4 施工便利

由于在施工过程中充分利用现场材料,无需任何钢筋和水泥等高能耗、高污染的硬体材料,而且土工合成材料本身的质量较轻,施工过程中的运输十分便利。因此,在山区等交通不发达地区,其优点更是普通的硬体结构无法相比的。系统安装操作简单,施工速度快,施工人员无需进行专门培训,普通劳动力经过简单的指导就可以进行现场施工作业。

1.2.5 和易性好

该系统作为一种新型的边坡加固处理技术,除了可以独立实现边坡的防护功能外,还可以与传统的边坡加固技术进行无缝集成。对于不稳定的边坡可以通过传统的锚杆、锚锁等技术进行坡体加固。通过系统特有的工程连接扣使系统与锚杆、锚锁等连接为整体,增强坡体的整体稳定性能。此外,对于

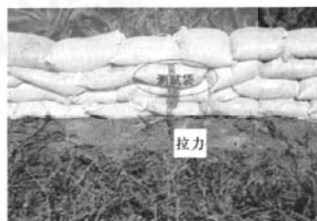


图2 生态土工袋的野外抗剪强度测试

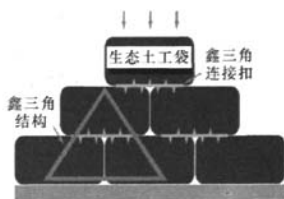


图1 鑫三角基本结构

已采用传统的技术加固的而坡面受损的边坡,完全可以在现有结构的基础上,利用已有的可用构件对边坡进行加固修复,减少了工程量,节约了资金。

1.2.6 造价较低

由于系统的基本构件是由造价较低的土工合成材料制成,质量较轻,运输和施工简便,因此工程造价较传统的硬体结构低。

1.2.7 生态功能好

系统采用聚丙烯作为原材料,它在自然界中永不降解,100%可以回收利用,且地表及地下生物(如白蚁、蚯蚓等)不会对其造成破坏,因此从材料角度上讲,系统不会对周围的生态环境造成任何不良的影响。系统充分利用施工现场的开挖土方充填在生态土工袋中(对于干旱地区,可以将适当的保湿剂与土混合一起装入袋中,以保证植被生长的需求),而不使用钢筋、混凝土等材料,为边坡形成一个柔性的生态防护壳体。系统采用的无纺土工织物具有透水、不透土的良好功能,一方面防止了水土流失现象,另一方面又为植被提供了一个良好的生长载体。尤其在岩质边坡、黄土边坡、松散堆积体边坡及流砂坡等植被难以直接生长的地区,生态土工袋的使用为植被根系发育提供了一个很好的空间。植被的生长又使生态土工袋免受太阳紫外线的照射,有效地保护了袋体,增强了袋体材料的使用寿命。使用初期,植被可以借助生态土工袋来吸收水分发育根系,随着植被的不断生长,其根系穿过生态土工袋底部进入坡体,这样坡体表面既不会被地表水流所冲刷,又起到了固坡及恢复受损坡体的生态系统作用。

2 工程应用分析

2.1 边坡体的表层防护

对各种裸露边坡,目前常用的方法是使用“生态砖”、柔性网、混凝土面层等,但是这些技术只能保证工程上的安全性或进行简单的表层固化处理,难以实现理想的生态、绿化功能,尤其在松散堆积体、岩石、特殊土(如黄土)等地区。鑫三角系统的开发为解决这类问题带来了方便,该系统在边坡体表面形成一个柔性的生态防护壳层,防止边坡的冲刷、剥蚀和碎石的掉落等灾害现象的发生,有利于受损生态环境的恢复。在安装系统时,不同层的生态土工袋之间可以形成一定尺寸的错台(图3),为植被的扎根生长提供了一个平台,以及插播、压播等种植技术的联合使用,克服了传统的当坡度大于 70° 时难以绿化的难题。据此,可以生动地将鑫三角软体结构

防护壳层称为自然界一个巨型“创可贴”,修复受损的地质体。

鑫三角软体结构系统在加固边坡技术方面可分为两类。

(1)对于工程上稳定的边坡体,可以直接将生态土工袋及标准连接扣按设计标准安装在边坡防护面上。当坡体较陡或较高时,为了保证生态土工袋与坡体的良好接触及其稳定性,可以加稍许锚杆加以锚固。锚杆与系统之间通过特有的工程扣来连接。此外,在植被的选择上,宜选择一些根系发育的乔木、灌木类,增强系统与坡体的连接。

(2)对于工程上不稳定的边坡体,可采用传统的锚杆、锚锁等技术对整个坡体进行锚固处理,以达到边坡体的表层防护与整体稳定的统一,保证整个加固结构工程的稳定。然后通过工程连接扣将系统与传统结构连接起来,如图3所示。

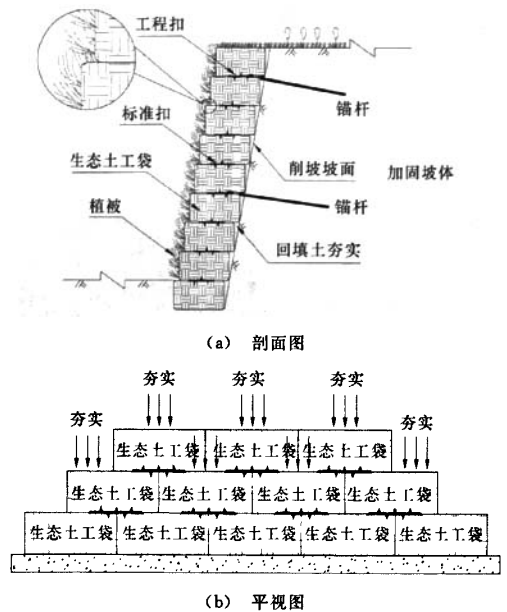


图3 边坡表层防护结构

施工工艺:①削坡、整平坡面;②打锚杆、锚锁等(根据需要而定);③将开挖弃土装入生态土工袋;④安装第一层生态土工袋,并夯实;⑤填实生态土工袋与边坡坡面之间的空隙并夯实;⑥放置系统连接扣;⑦放置第二层生态土工袋……放置最顶层生态土工袋并压实;⑧种植植被;⑨洒水养护;⑩结束。

在植被种植时,可以根据当地的需要,选择适合当地生长的植被物种,采用合理的种植方式;如果采用压播或插播方式时,可以在放置生态袋的过程中直接将植被的枝条放置在袋间。

2.2 加筋挡土墙

2.2.1 鑫三角加筋挡土墙

鑫三角加筋挡土墙是一种新型的挡土墙加固技术,其结构主要由生态土工袋、标准连接扣、工程连接扣、加筋土工格栅及回填土体组成(图4)。

鑫三角加筋挡土

墙采用生态土工袋构成的稳固的柔性鑫三角结构,代替了普通的加筋挡土墙中的面板,通过工程连接扣上的倒钩与墙后的加筋土工格栅相连接,其坡面坡度可达1:

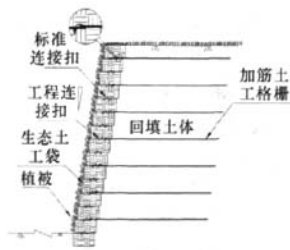


图4 鑫三角加筋挡土墙

0.1。由于生态土工袋中的土体跟墙后土体具有相同的力学性质,而且克服了碾压机械不能进入面板附近碾压的困难(碾压机械可达到距离墙面1 m处,对于距离墙面较近处及生态土工袋内土体可用小型碾压机械进行碾压),保证了生态土工袋内土体与墙后填土在压实度上的一致性,因此不会发生如普通的加筋挡土墙因面板与墙后土体不均匀变形而带来的损坏。鑫三角加筋挡土墙采用工程连接扣来连接加筋土工格栅,并不会对筋带产生损坏。此外,生态土工袋具有良好的透水能力,可以快速地将墙体内的地下水排除到墙外,也不会使加筋挡土墙因过高的孔隙水压力而造成破坏。

生态土工袋的应用使加筋挡土墙的生态绿化成为可能,从而形成了将工程结构与生态的完美结合。

施工工艺:①清理基地;②装生态土工袋;③基底生态土工袋安装;④标准连接扣安装;⑤放置第二层生态袋→碾压回填土体及生态土工袋;⑥放置工程连接扣及加筋土工格栅→重复以上步骤→放置顶层生态土工袋,并进行墙体的完全封顶、压实;⑦种植植被;⑧喷水养护;⑨施工结束。

2.2.2 鑫三角加筋挡土墙稳定性分析

鑫三角加筋挡土墙虽然克服了普通的加筋挡土墙的一些缺陷,但是为了保证工程的安全性,在进行设计时应充分考虑系统潜在的破坏模式,然后按照设计规范,根据不同的需要选择生态土工袋、连接扣及加筋网的型号、加筋网的层数、加筋网的宽度等。

鑫三角加筋挡土墙可能出现的破坏方式主要有:外部稳定性破坏、内部稳定性破坏及表面稳定性破坏3种类型。其中外部稳定性破坏主要包括:滑动破坏、倾覆破坏和翻转破坏3类(图5);内部稳定

性破坏主要包括:内部滑动破坏、拉拔破坏及加筋土工格栅的断裂破坏3类(图6);表面稳定性破坏主要包括:生态土工袋的剪切破坏及工程连接扣倒钩连接处的破坏2类(图7)。

因此,在加筋挡土墙的设计过程中,在充分保证其外部稳定性及内部稳定性的同时,还要保证面层的稳定性。就外部稳定而言,加筋土工格栅的铺设宽度必须能够克服滑动、倾覆等变形破坏及内部连接的失败。对内部稳定来说,加筋土工格栅必须保证有效的宽度和层数,以克服张拉应力(断裂)等破坏。对于表面稳定性问题,要选择合适的生态土工袋及连接扣的强度。

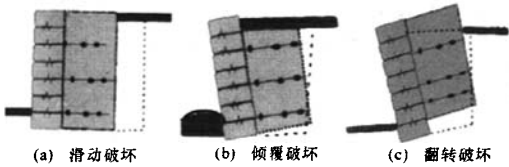


图5 外部稳定性破坏

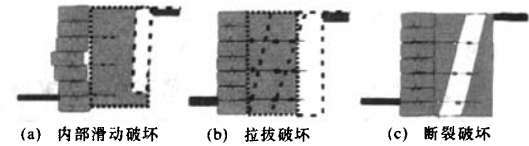


图6 内部稳定性破坏

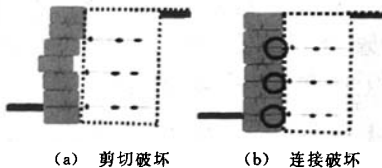


图7 表面稳定性破坏

3 工程实例

3.1 边坡体的表层防护工程实例

某采石场因大量开挖,基岩暴露,造成植被的严重破坏,而且破碎的岩石随时都有下落的可能。为防止滚石的下落,并恢复原有的生态环境,工程采用了鑫三角系统作为护坡加固措施(图8)。整个护坡高度近10 m,工程完工后两个月达到了完全绿化的效果,实现了防护与绿化于一体的功能。

3.2 鑫三角加筋挡土墙工程实例

图9为国外某高速公路使用的鑫三角加筋挡土墙,墙体总高度约为8 m,坡面坡度为1:0.1,加筋土工格栅采用聚乙烯双向土工格栅。采用喷播技术进行播种,11周后墙面完全绿化,绿化后的挡土墙与周围的环境实现了完美的结合。

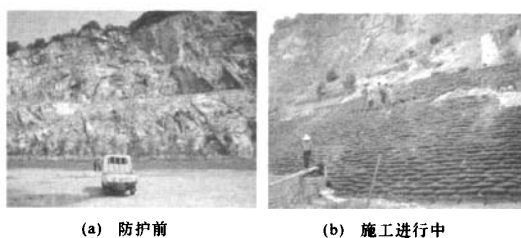


图 8 某采石场的护坡工程



图 9 某高速公路使用的鑫三角加筋挡土墙工程

4 结 语

(1)介绍了一种新型的以现代土工合成材料为基础的边坡加固系统——鑫三角系统,它较传统防护技术有明显的优点,能够实现工程、生态、环境于一体的功能。

(2)鑫三角系统不使用任何钢筋和水泥等高能耗、高污染的硬体材料,能够充分利用当地的开挖土体,节约能源,节约成本。

(3)工程实践应用表明,鑫三角系统是一种新型的边坡防护技术,如果应用得当,将对中国经济及生态环境的可持续发展具有重要的意义。

参考文献:

References:

- [1] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会. 土工合成材料工程应用手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [2] 李 峰, 赵 涛, 朱瑞庚. 绿色生态材料在矿山高边坡防护中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(增 2): 5297-5300.
LI Feng, ZHAO Tao, ZHU Rui-geng. Application of green ecological material to mine high slope protection [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(S2): 5297-5300.
- [3] 张 雷, 徐业志, 马元林, 等. 土工合成材料加筋土力学行为研究应用新进展[J]. 金属矿山, 2005(2): 25-27.
ZHANG Lei, XU Ye-zhi, MA Yuan-lin, et al. New advances in research of mechanical behavior of reinforced soil with geosynthetics and its application [J]. Metal Mine, 2005(2): 25-27.
- [4] 刘 柱. 土工合成材料工程应用几个基本问题的探讨[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2005, 28(2): 185-188.
LIU Zhu. Discussion on several basic conceptions in application of geosynthetics [J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2005, 28(2): 185-188.
- [5] 李 丹, 卢忠远, 宋建明. 土工合成材料及其在工程中的应用[J]. 西南科技大学学报, 2003, 18(3): 74-78.
LI Dan, LU Zhong-yuan, SONG Jian-ming. Earthwork synthetic material and its application in engineering [J]. Journal of Southwest University of Science and Technology, 2003, 18(3): 74-78.
- [6] Srbulov M. Analyses of stability of geogrid reinforced steep slopes and retaining walls[J]. Computers and Geotechnics, 2001, 28(4): 255-268.
- [7] 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-pin, 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.
- [8] 雷胜友, 惠会清. 加筋土挡墙土压力计算方法[J]. 交通运输工程学报, 2005, 5(2): 47-50.
LEI Sheng-you, HUI Hui-qing. Earth pressure computation method of reinforced earth retaining wall [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(2): 47-50.
- [9] 苗英豪, 胡长顺. 土工格栅加筋陡边坡路堤位移特性的试验研究[J]. 中国公路学报, 2006, 19(1): 47-52.
MIAO Ying-hao, HU Chang-shun. Research on displacement characteristics of geogrid reinforced embankment with steep slope [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(1): 47-52.
- [10] 李淑明, 许志鸿, 蔡喜棉. 土工织物对复合式路面结构内力影响分析[J]. 中国公路学报, 2006, 19(1): 28-31.
LI Shu-ming, XU Zhi-hong, CAI Xi-mian. Analysis of impact of geo-textile on stress of composite pavement structure [J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(1): 28-31.