

土工布充泥袋技术 在软土地区修筑路堤中的应用探讨*

程鹏环 李 飞

(盐城工学院建筑工程系,江苏 盐城 224003)

摘 要 研究土工布充泥袋技术的工程特性、施工过程、测试结果,在讨论充泥袋预应变加筋机理的基础上,说明土工布充泥袋常规设计要点,具有一定的推广应用价值。

关键词 土工布; 充泥袋; 工程特性; 加筋机理; 设计方法

分类号 U415 **文献标识码** C **文章编号** 1008-5092(2000)01-0056-03

土工布充泥袋是90年代发展起来的一门新技术,国内外已有大量堤坝工程建设经验^[1]。土工布充泥袋类似于抗洪抢险中装砂土的化纤编织袋(或草袋),只是强度大得多、尺寸也大得多。充泥袋宽5~30 m,长40~300 m,充填高度0.5~2 m。以单只化纤编织袋装土25 kg计算,一个充泥袋的装土容量是化纤编织袋的7 000倍以上。我国沿海大部分地区分布软土,且河网密布,不少路堤,既是河道防洪堤,又是交通运输道路;在城市,如何处置从河底清出的淤泥倍受人们的关注。充泥袋技术为人们解决此类问题提供了一条新途径。它把高含水量的淤泥充填到土工织物袋里,加上荷载进行预压,能加快淤泥的排水固结。固结后的土既可作为回填土,也可直接堆叠充泥袋修堤筑路,从而有效地将河道清淤防洪和修筑路堤结合起来。已有的工程实践证明,充泥袋新技术具有施工速度快、就地取材、施工工艺简单、造价低廉等优点。因此,为了促进路堤工程的建设,本文对充泥袋技术的应用作简要探讨。

1 主要技术特点

1.1 充泥袋所用材料的主要工程特性

充泥袋所用材料通常为透水的“土工织物”,俗称“土工布”。为了选择和应用土工布,必须了解其材料的工程特性,以便正确确定设计参数。土工布的主要工程特性包括物理性质、力学性质

以及蠕变特性等内容。对土工织物测试的目的可归纳为两个方面:一是提供工程设计所需的参数,如织物的厚度、孔径、抗拉强度、渗透系数、与土的界面摩擦系数等;二是为选材和判断特定工程适用性提供参考指标,如单位面积质量、孔隙率、撕裂强度等。

1.2 充泥袋技术排水固结试验

1.2.1 试验方法

将90%含水量的泥浆充填到长20 m,周长8 m的袋体中。充填完毕,按一定时间间隔测试土方量、沉降、含水量及锥形刺破强度。由于泥浆的含水量极高,固结后土体体积减少;首次充填后,可以间隔一定时间再次充填。

1.2.2 充泥袋土体体积及高度变化

充泥袋初始充填高度可以通过下列公式控制:

$$h_{\text{limit}} = c/5.25 \quad (1)$$

式中: h_{limit} ——极限充填高度(m);

c ——土工袋周长(m)。

固结后土体体积减小,充填泥浆总体积、实际土方量(按固结后计算)及充泥袋袋顶中部的高度变化见表1。由表1可知:由于含水量极高,总共144.2 m³泥浆,固结后土方量仅5.47m³;首次充好泥浆时袋体高度为1.220 m,6 d后下降到0.700 m,二次充填到1.215 m高,68 d后下降到0.600 m,第三次充填到1.110 m,总共150 d后充泥袋高度仅

* 收稿日期:1999-09-14

第一作者简介:程鹏环(1972-),女,天津市人,硕士,助教。

剩0.550 m。

1.2.3 含水量及强度变化

充泥袋里土体的含水量及锥形刺破强度变化见表2。如充填114 d后,袋体中心土的含水量降到300%,其锥形刺破强度为24.5 kPa;由于受阳

光的照射,充泥袋表层土体的含水量降到170%,其锥形刺破强度为49.0 kPa;底部土体的锥形刺破强度达29.5 kPa。很明显,固结时间越长,锥形刺破强度越大。

表1 充填过程中泥浆体积、实际土方量及袋顶中部的高度变化情况
Table 1 Varying of volume of slurry, actual earth-volume and the height of the middle of the sack top during filling process

固结时间/d	充填泥浆体积/m ³	泥浆总体积/m ³	实际土方量/m ³	土工袋高度/m	备注
1	76.2	76.2	3.09	1.220	首次充填
6	42.9	119.1	4.83	1.215	二次充填
68	-	119.1	4.83	0.640	
69	25.1	144.2	5.47	1.110	三次充填
150	-	144.2	5.47	0.550	

表2 充泥袋中心土的含水量及锥形刺破强度变化情况

Table 2 Varying of water content of the central earth in the soil-ballasted sack and cone punctured strength

固结时间/d	71	114	141	175
含水量/%	400	300	250	230
锥形刺破强度/kPa	12.5	24.5	29.5	33.0

1.3 充泥袋施工要点

(1)由挖泥船从吹填土源采土,通过泥浆输送管,吹填到指定泥库。

(2)根据施工单位取用的土料、充填机具及充填方法选用土工布。

(3)土工布为筒式,宽度按需要而定,长度一般为20~50 m。

(4)由人工将土工袋摊铺就位,做好固定和管口连接。

(5)用高压水枪将取土区土源稀释,然后用泥浆泵抽起,通过送泥管注入土工编织袋。

(6)当袋体逐步充满后,在屏浆期间,要注意对屏浆压力的控制,防止布袋破裂。

(7)袋体充填度应控制在适宜的水平上,每层袋体以充高0.4~0.5 m为宜。

(8)注意充泥管袋的滤水情况,待固结达到一定程度(重度达到17.5 kN/m³以上),可在其上充填另一袋体。充填后管袋排列整齐、无空隙、上下错缝。

1.4 充泥袋技术优点

国内外的工程实践和研究证明,与通常分层布置土工织物的加筋方法相比,采用充泥袋技术建造路堤,具有如下优点:

(1)因泥浆呈液体状态,很容易充填到土工织物袋中。

(2)省却土工织物的头部锚拉(如与挡墙面板联结等)。

(3)取土、填土一气呵成。

(4)不破坏耕地,对环境的损害小,并且施工场地不会尘土飞扬。

(5)采用预应变加筋法,能进一步提高土工织物的加筋效果。

2 土工布充泥袋的加筋机理

2.1 土工布加筋效果

沪宁高速公路昆山试验段,采用复合土工布作为路基垫层进行软基处理表明,土工布具有排水和加筋双重作用。尤其是由于加筋作用,使土工织物—土复合体能承受较大的拉力,使地基所受应力较小,总沉降量明显减小,较砂垫层方案的沉降量小1/3;复合体刚度的提高,使差异沉降量也减小1/3;地基沉降量的观测结果说明铺设土工织物后,沉降的影响深度也有所减小。

2.2 预应变加筋理论

工作状态下土工织物加筋材料的应变大小,极大地左右土工织物抗拉强度的发挥。工程实践表明,常规方法加筋时土工织物的应变较小,与理想的加筋机制有很大的差别,说明提高织物的加筋效果还有较大余地。徐少曼等人提出一种提高加筋效果的新途径——预应变加筋法^[2]:在铺设土工织物时就利用拉伸设备将织物预先张拉,使其达到一定的初始应变值 ϵ_0 ,则在填土开始时织物已有一定应变而可承受相应的拉力。在填土

过程中,织物将随填土增高而进一步变形,且每一时刻织物的应变都比未张拉时大,从而其发挥的拉力也更大。施工时,用设备预张拉后先在织物的两端填土,直至填土产生的摩擦力使织物自锚固而不回缩,放开张拉设备并移去,此时织物的弹性回缩可减少土体的侧向变形。徐少曼的室内模型试验表明,预应变加筋($\epsilon_0 = 5\%$)比普通加筋($\epsilon_0 = 0$)提高承载力 10% ~ 15%,沉降量减少 27.6% (220 mm 薄地基),侧向变形减少约 40%。这说明,预应变加筋效果是明显的。

2.3 充泥袋预应变加筋法

土工布充泥袋技术,由于充填泥浆时土工布要承受较大的屏浆压力,使土工布一开始就有较大的变形,为预应变加筋法的实验提供了方便。试验和分析结果表明,织物的预应变值 ϵ_0 越大,加筋效果越显著。然而受织物工程特性的影响, ϵ_0 值的选取有一上限。对于一般有纺织物,取 $\epsilon_0 = 6\%$ 是可以的。通过土工布的应力—应变曲线,求得相应的抗拉强度设计值。再根据充泥袋的静力平衡条件,由土工布的抗拉强度设计值和泥浆的自重应力,反算得泥浆的屏浆压力。采用预应变加筋法,使土工织物发挥的工作强度有较大提升。某一有纺织物,应变 $\epsilon = 6\%$ 时的应力为 $T_{\epsilon_6} = 13\text{kN/m}$;应变 $\epsilon = 12\%$ 时的应力为 $T_{\epsilon_{12}} = 22\text{kN/m}$;抗拉工作强度增加了 69%。从以上分析可知,预应变加筋法提高了土工织物的工作强度,能有效地提高软土地基土工织物加筋效果^[3]。

3 充泥袋加筋路堤设计要点

3.1 设计理论

充泥袋加筋路堤的设计方法是在传统的土坡稳定分析方法中考虑土工织物的加筋作用,采用圆弧滑动法或滑动楔形体等方法,由滑动力(矩)和抗滑力(矩)计算土坡稳定安全系数,穿过潜在破裂面的土工织物增加抗滑力(矩),从而提高土坡的稳定性。

3.2 设计准备

包括确定工程的几何尺寸(坡高和坡角)和设计荷载;确定天然地基的工程性质(地基土质状况、地基土的强度参数、地下水位等);测定充填土源的物理力学指标;选择土工织物(工程特性、耐久性、耐施工性、抗拉强度以及织物与土体间的摩擦系数等);确定设计安全系数等。

3.3 单个充泥袋计算

单个充泥袋的设计考虑土工布充泥袋的充填高度 h_{limit} 、极限堆高 H_{limit} 、预应变加筋的屏浆压力 p 等。

$$h_{\text{limit}} = \sqrt{\frac{3T_s}{\gamma_{\text{泥浆}}}} \quad (2)$$

式中: h_{limit} ——极限充填高度(m),对周长较小的土工袋可按前述(1)式计算;

T_s ——土工织物的极限抗拉强度(kN/m);

$\gamma_{\text{泥浆}}$ ——土工袋内泥浆重度(kN/m³)。

$$H_{\text{limit}} = \frac{2T_s}{h\gamma_{\text{泥浆}}} \quad (3)$$

式中: H_{limit} ——充泥管袋的极限堆高(m);

h ——底层土工袋的充填高度(m),其余符号含义同前。

$$p = \frac{2T}{h} - \frac{1}{2}\gamma_{\text{泥浆}}h \quad (4)$$

式中: p ——预应变加筋的屏浆压力;

T ——土工布的抗拉强度设计值;

h ——单个充泥袋的高度。

3.4 内部稳定分析

加筋土坡结构设计中一个关键问题是内部稳定分析。包括土工织物的抗拉强度验算(破裂面穿过土工袋)、土工织物锚固长度(在充泥袋非通长设置时考虑)等。每一层土工织物的最大拉力点的连线可视为加筋土体的潜在破裂面,采用滑动楔形体法或圆弧滑动法分析。

3.5 外部稳定分析

加筋土坡的整体稳定性取决于土体抵抗所有外部荷载的能力,可能发生的破坏包括基底滑动、抗倾覆和深层滑动,还应验算地基承载力、动载稳定性及地基沉降校核等。

4 结语

充泥袋技术是土工合成材料加筋技术的重要分支,从加筋土技术发展而来。尽管充泥袋技术越来越多地应用到实际工程中,然而至今尚未有统一的设计标准和公认的设计方法,工程应用还局限于原始经验的逐步积累中。由于国内外材料性能和施工机械的差别,如何结合国内的材料和机械特性,特别是结合地区的土质状况,研究建立充泥袋常规设计方法,无疑具有较大的经济和社会效益。

参 考 文 献

- 1 Hiroshi Miki&Tesuya Yamada. Application of geotextile tube dehydrated soil to form embankments[J]. Environmental Geotechnics, Kamon(ed.), 1996, 47(9): 127 ~ 129.
- 2 徐少曼, 林瑞良. 提高土工织物加筋效果的新途径[J]. 岩土工程学报, 1997, (3): 8 ~ 11.
- 3 张诚厚. 高速公路软基处理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.

Discussion on Application of Geotextile Soil-ballasted Sack to Laying Road Embankment in Soft Soil Area

Cheng Penghuan Li Fei

(Department of Construction Engineering of Yancheng
Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC)

Abstract In this paper, the engineering characteristics, construction procedure and results tests of geotextile soil-ballasted sack technology are introduced. Based on studying on prestraining and reinforcing mechanism of soil-ballasted sack, the key to the conventional design of geotextile soil-ballasted sack is illustrated, which is of comparatively wide practicalness.

Keywords geotextile; soil-ballasted sack; engineering characteristics; reinforcing mechanism; the design approach

(上接第 34 页)

参 考 文 献

- 1 高丹盈, 刘建秀. 钢纤维砼基本理论[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994. 8 ~ 37.
- 2 高丹盈. 钢纤维砼弯曲性能研究[J]. 郑州工学院学报, 1992(1): 37 ~ 42.
- 3 姜福田. 混凝土力学性能与测定[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1989. 56 ~ 87.

Experiment & Research on Mixed SIFCON Bending Tensile Performance

Xun Yong¹⁾ Li Yushou²⁾ She Bin³⁾ Cheng Yinglong⁴⁾ Jin Yunfu⁵⁾

- 1) Department of Construction Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 2) Department of Material Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 3) Department of Basic Science of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 4) Department of Construction Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC
- 5) Department of Material Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, PRC

Abstract This text main report the experiment result of bendig tensile Performance of the composite material whose base is added in pp modified polypropylene fiber and who is made use of mixed SIFCON technology and report the deformation performance of the composite material, about flexure and rotation of the horizontal section of the test specimen.

Keywords mixed SIFCON; bending; tensile strength; strain