

文章编号 1000-5013(2003)02-0113-06

土工合成材料工程应用现状

马 时 冬

(华侨大学土木工程系, 福建 泉州 362011)

摘要 介绍土工合成材料及其工程应用的发展简史. 分析土工合成材料的种类、特性、作用原理和功能, 指出土工合成材料在设计、试验中的关键所在. 最后, 指出土工合成材料存在的问题, 以及今后发展方向.

关键词 土工合成材料, 岩土工程, 应用现状

中图分类号 TU 57 TU 41

文献标识码 A

土工合成材料是一种新型的岩土工程材料, 以合成纤维、塑料、合成橡胶等聚合物为原料制成的各类产品. 它置于土体内部、表面或各土层之间, 发挥加强和保护土体的作用. 利用合成纤维高强度、整体连续性、良好水理性和抗腐蚀等特性, 可开发成透水的工程材料——土工织物. 1957年, 荷兰在海岸堵口工程中采用了尼龙编织袋装砂. 1958年, 美国佛罗里达州海岸护岸工程中, 用聚氯乙烯单丝编织物代替传统的级配砂粒料. 这两个工程被公认为应用土工织物的开端. 之后, 随着不透水的工程材料——土工膜的广泛应用, 加上陆续开发出包含“织物”和“膜”的复合型材料. 于是从1983年起, “土工合成材料”一词用来概括各种类型的工程材料. 1975年以后, 土工合成材料及其工程应用在国际上形成高潮. 从1977年至今已召开了7届国际会议. 1983年成立了国际土工合成材料协会, 并在国际土力学及基础工程学会下成立了土工合成材料技术委员会. 在第三届国际土工合成材料大会上, Giroud做了题为《从土工织物到土工合成材料——岩土工程领域的一场革命》的总报告. 我国土工合成材料的应用, 虽起步较晚, 但发展很快. 尽管60年代初, 塑料薄膜就已用于渠道防渗, 70年代中期, 用编织布做的软体排也用于长江护岸和堤防中. 但是, 在工程界中确立“土工合成材料”的概念并形成潮流, 是在80年代初. 以无纺布在铁路系统和水利系统的成功应用为契机, 接着有无纺布、塑料排水带、土工膜袋、土工格栅、土工网、软式透水管等等在基本建设的各个领域, 掀起了一个接一个的热潮. 1984年, 在天津成立了“中国土工合成材料技术协作网”, 1995年改为“中国土工合成材料工程协会”, 并成立了“国际土工合成材料学会中国委员会”. 特别是“九八洪水”之后, 朱基总理亲自对推广应用土工合成材料作出批示, 在国务院有关部、委的直接领导和支持下, 从1998年8月至今共制定和颁布了49项国家和行业的标准和规范. 在产品开发上抓重点企业和产品规格化, 在各行业内确定了土工合成材料应用示范工程, 极大地推动了土工合成材料在我国的发展. 2000年11月在湖北宜昌三峡工地, 召开了全国第五届土工合成材料学术会议^[1]. 2002

年 11 月在杭州召开了第一届全国环境岩土工程与土工合成材料技术研讨会^[2].

1 土工合成材料的种类

土工合成材料(Geosynthetic, 又称土工聚合物)主要包括以下 8 种材料.(1) 土工织物(Geotextile, Geofabric), 有纺织(Woven Fabric), 无纺布(Nonwoven Fabric).(2) 土工膜(Geomembrane).(3) 土工格栅(Geogrid).(4) 土工网(Geonet).(5) 土工垫(Geomat).(6) 土工条带(Webbing).(7) 塑料锁口板桩(Geolock).(8) 土工泡沫塑料(Formed Plastic), 有 EPS, SLS. 用以上材料制造或组合成的产品, 有塑料排水带、土工模袋、软体排、土工格室、三维植被网、土工管袋、软式透水管、塑料盲沟材(塑排笼)等等. 此外, 国外还有以下 7 项新的应用进展.(1) 纤维土(Texsoil, 1982 年, 法国).(2) 定向结构织物(Directional Structure Fabric, 1987 年).(3) 膨胀土垫(GCL, Geosynthetic Clay Layer, 90 年代初, 美国). GCL 由土工织物或土工膜与膨润土组合而成, 具有很高的防渗性能, 用于垃圾填埋场、有毒废料处理等.(4) 排水与加筋复合型土工合成材料. 由二维或三维的压模聚乙烯肋带构成的土工网格芯板与无纺土工织物组成.(5) 电动土工合成材料(EKG). 可以由完全导电的聚合物制成, 也可以在绝缘体中加入导电物质(碳纤维、碳黑、金属纤维等)制成复合材料. EKG 既具有土工合成材料的排水、加筋、隔离等功能, 又具有电动技术中电渗处理的特点. 它能起到加快固结, 提高土与加筋材料间的粘合强度, 改善石灰桩性能, 加速传输养料, 促进作物生长等作用.(6) 轮胎加筋土结构. 利用废旧轮胎进行挡土墙、边坡、地基的加筋, 提高边坡稳定性、地基承载力.(7) 土工包容系统. 以某些土工合成材料作为包裹物, 将土、石料、混凝土、砂浆等包裹起来, 做成一定体积和形状的块体, 满足工程结构需要. 其中土工模袋(Fabirform)已在我国推广. 其它较常用的还有土工管(Geotube)、土工袋(Geobag)、土工包(Geocontainer)、土工箱(Mattress)等.

美国 SI 公司土工管技术已推广到我国, 即用高强有纺织缝制成的大直径、超长的土工管袋. 其直径为 0.73 ~ 5.73 m, 长度可达数百米. 从土工管顶部的充灌口, 泵入疏浚的泥沙, 水从土工管的孔隙排出, 泥沙在管中逐步固结. 充填固结后的土工管可以作为地基、堤防、围堰、护岸、改良湿地等. 经土工管过滤的水, 可去除重金属及其它有害成分, 直接达到环保排放标准. 除了用于港口、河道疏浚外, 还可用于污染湖泊和城市下水道的清淤、工矿的尾矿废渣脱水等.

土工合成材料的工程特点是, 其柔软性能适应建(构)筑物和地基的较大变形而不致影响它的功能, 且其重量轻、体积小、施工安装简便, 能节省运输和施工费用. 因此, 它可以达到减造价、缩短工期、保证工程质量的目的.

2 土工合成材料的作用原理和功能^[6,4]

2.1 排水与反滤

无纺布代替砂粒料反滤层, 本身形成排水通道, 把土中的水分汇集在织物之内, 沿着织物平面排出, 同时阻止土颗粒的过量流失, 防止管涌现象. 塑料排水带、软式透水管、塑料盲沟材外的滤膜也能起到过水和保土的作用. 它可用于背水坡反滤、护坡滤层、防洪抢险(防管涌)、软基垂直和水平排水、地下建(构)筑物抗浮反滤、减压防渗排水(隧洞、支挡结构等)、节水渗灌、公园、运动场、垃圾填埋地、疏浚堆土排水等, 如图 1 所示.

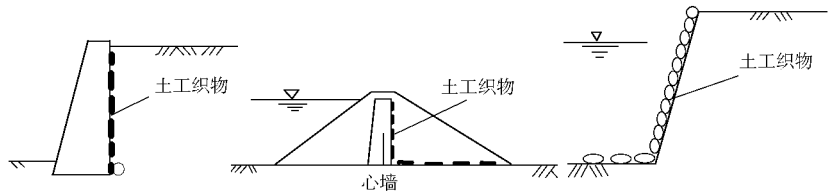


图 1 排水与反滤工程示意图

2.2 防渗

土工膜或在有无纺布、无纺布上涂以橡胶或树脂, 代替粘土、沥青等材料, 作为各种工程的防渗措施. 用于土石(灰)堤坝、水库、渠道、垃圾填埋场防渗, 以及建筑物防水防潮等.

2.3 加筋与加固

土工格栅、有帆布、筋带等可代替木材、金属等, 埋在土中或土层之间, 依靠加筋材和土的摩擦、咬合、嵌入, 起抗拉元件作用. 它可以均布土体所承受的应力, 增加土体的模量, 提高稳定性和地基承载能力. 作为柔性结构, 能适应并调整不均匀沉降, 抗震、防爆性强. 它也可用于加筋土挡墙、加筋陡坡、软基加筋堤(图 2)、路面增强修复, 以及防治反射裂缝、军事、广告, 等等.

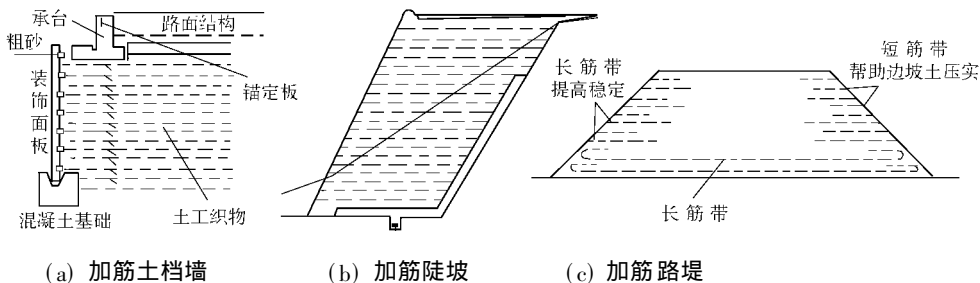


图 2 加筋土工程示意图

2.4 防护与环保

软体排、土工模袋、三维植被网、土工管, 可用于护坡护岸、围海造地、垃圾填埋、绿化等.

2.5 隔离

把两种不同粒径的土料分隔开, 也可以把土料、石料、混凝土块和混凝土面板等隔离开, 以免互相混杂, 或发生土粒流失情况. 它可用于铁路、公路翻浆冒泥等. 由于土工合成材料具有以上作用和功能, 因此被广泛应用于水利、水运、公路、铁路、港工、城建、市政、环保、林业、农垦、军事等各个部门. 实际上, 上述各种作用是不能截然分开的. 图 3, 4 分别介绍软基路堤和垃圾填埋场的各种土工合成材料综合应用情况.

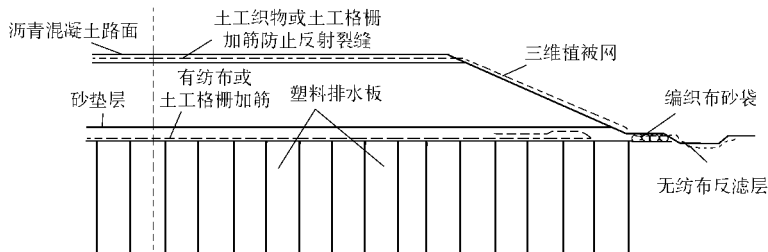


图 3 高速公路软基路堤的土工合成材料应用实例

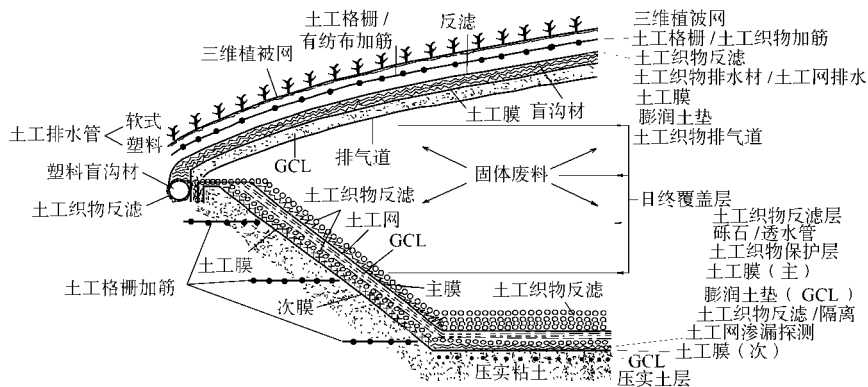


图4 标准垃圾填埋场的土工合成材料应用实例

3 土工合成材料的工程特性试验

为了推动土工合成材料在工程建设中的应用,统一材料测试的技术要求,国外和国内都设立了专门的机构.美国材料与试验协会(ASTM)、英国标准研究所(BSI)、法国土工织物标准委员会(GSCG)等,都制定相应的测试标准.

1988年,我国的土工合成材料技术协作网编写了《土工织物测试方法参考标准》;1999年,由原水利电力部南京水利科学研究院主持编写了《土工合成材料测试手册》.1999年,中华人民共和国水利部发布我国第1本行业标准——《土工合成材料测试规程》(SL/T 235-1999).为了反映土工合成材料的工程特性,要进行以下项目的测试.(1)物理特性,含单位面积重量及厚度.(2)力学特性.条样法及土工格栅、土工网及土工带拉伸试验、握持拉伸试验、撕裂试验、胀破试验、CBR顶破试验、刺破试验和蠕变试验.(3)水力学特性.孔径试验、渗透试验、淤堵试验和土工膜抗渗试验.(4)界面摩擦特性.直剪摩擦试验和拉拔摩擦试验.(5)耐久性试验(尚未列入规程).抗老化试验、抗化学腐蚀试验和铺设损伤试验.此外,还有塑料排水带和软式透水管等试验.

4 土工合成材料在设计和试验及施工中的关键问题

4.1 反滤准则

反滤与排水的关系,其现有规范的反滤准则不完善.有关部门应根据工程的水力条件(水头和流速大小、流态特征——双向水流、波浪与抽吸作用),以及被保护土料的结构和颗粒大小级配,制成反滤准则.据此,选择反滤层的孔径和厚度,以满足工程的挡土性、渗透性和防淤堵性(包括物理、化学、生物淤堵).现有的反滤准则不适用于防洪抢险.因为防洪堵口工程和一般排水滤层的情况是不同的.前者是紊流、土体结构破坏;后者是层流、土体结构基本完整.

4.2 加筋加固机理

现有的加筋设计计算方法不能反映实际的加筋效果,需要提出新的加筋设计计算方法.界面摩擦力是设计加筋结构物的重要参数.它应模拟工程实际情况,经现场、室内的界面摩擦试验和拉拔试验确定,不应仅按经验推测,如图5所示.

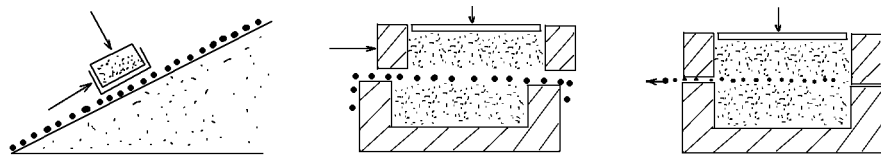


图 5 界面摩擦试验示意图

4.3 老化

紫外线辐射是土工合成材料产生老化的主要原因。在有覆盖保护(30~40 cm)的情况下,能有效防止老化。如 1958 年美国佛罗里达州海岸护岸工程中,用聚氯乙烯单丝编织物代替传统的级配砂粒料,27 a 后取样检查,性能仍十分良好。法国用作某土坝护坡滤层的涤纶针刺无纺布,6 a 后取样检查,断裂强度减少 8%。德国汉诺威大学,在有覆盖保护的情况下进行试验,经过 15 a,涤纶土工织物的强度减少不到 5%。我国目前应用最广泛的合成纤维是聚丙烯(丙纶)、聚乙烯,其中丙纶老化最快,涤纶、聚乙烯较慢,快慢相差近一倍。在材料中加入抗氧剂、光稳定剂和深色物质(如碳黑),能够防老化,白色的老化快,深色、黑色的老化慢。

4.4 蠕变

蠕变是材料在固定力作用下,变形随时间增长的现象。当无纺布作为滤层使用时,不需要考虑长期强度。土工合成材料用于加筋时,就必须考虑蠕变产生的长期强度下降。高密度聚乙烯有良好的抗蠕变性,其强度会随时间延长而增长。或者降低应力水平,以减小蠕变的影响。

4.5 试验方法与拼幅和焊接技术

(1) 有效孔径测定方法。干筛法存在静电吸附、温度、湿度等影响,湿筛法的水流条件控制困难,动力水筛法需要 24 h,2 000 次入水出水;显微镜图像处理法会由于光的折射引起误差。

(2) 土工网、土工格栅的取样和拉伸强度确定方法有待改进。另外,拼幅和焊接技术略。

4.6 铺设破坏评估和用吸收能作为评价土工合成材料性能的指标

国外(尤其欧美)提出一个新的观点认为,土工合成材料的最不利状态是在施工铺设阶段,而不是使用阶段。如果土工合成材料经受得了施工铺设过程中引起的应力,那么也就能经受使用阶段的应力。现在大部分的技术要求和分类标准都和现场条件下的实际工况不符。认为应该以保证施工铺设阶段的安全为前提来选择产品。为此,模拟施工条件(如从汽车上抛卸块石)开展了现场试验和研究,如考虑块石重量、落距、次数、底层土质、材料上的铺料等。针对目前通用的关键技术指标,如拉伸强度、顶破强度、伸长率和单位面积质量等,提出了吸收能的概念,如图 6 所示。以应力应变曲线以下的面积,作为吸收能将变形和强度联系起来,用以表示材料破

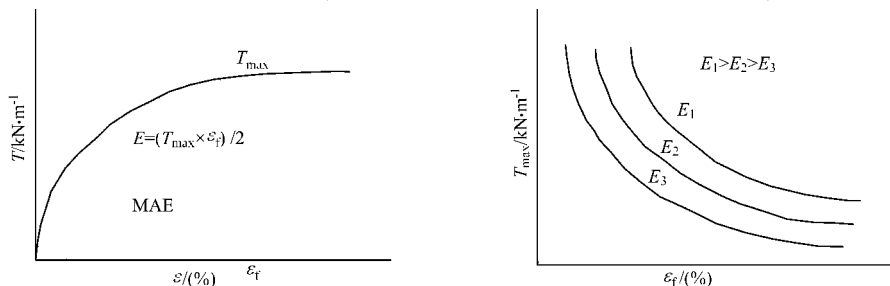


图 6 吸收能概念图

坏前所能吸收的最大能量. 但吸收能相同的材料, 可能有高强度-小变形, 或低强度-大变形, 以及能否相互替代等问题, 这应根据工程实际情况选用. 这都是需要进一步进行研究.

5 存在问题及今后发展方向

目前我国大体上是仿照外国的技术和经验, 与先进国家相比至少落后 10 a. 我们的产品与先进国家相比, 存在着制造工艺与质量的差距, 产品离规格化和系列化有一定的距离. 由于几乎没有专用的施工机械(包括拼幅与焊接技术), 且相应的基础研究也不够. 因此, 现有的设计计算结果与实际处理效果相去甚远, 缺乏工程的原型观测或模型试验的资料验证. 理论落后于实践造成了现有规范的局限性, 使土工合成材料的特点和长处没有充分体现. 测试标准和方法尚不完善. 为了缩小和外国在技术上的差距, 要注意以下 6 个方面. (1) 正规化. (2) 加强基础研究. (3) 重视现场测试资料积累. (4) 提高设计水准. (5) 不断完善和修订规范. (6) 加强国内外信息和技术交流.

参 考 文 献

- 1 王 钊. 全国第五届土工合成材料学术会议论文集[M]. 香港: 现代知识出版社, 2000. 1~850
- 2 包承纲. 第一届全国环境岩土工程与土工合成材料技术研讨会论文集[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002. 1~846
- 3 土工合成材料工程应用手册编写委员会编. 土工合成材料工程应用手册[M]. 第 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000. 1~868
- 4 王 钊. 国外土工合成材料的应用研究[M]. 香港: 现代知识出版社, 2002. 1~513

Present State of the Application of Geosynthetics to Engineering

Ma Shidong

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou, China)

Abstract Beginning with a description of geosynthetics and their application to engineering in a brief historical retrospect, the author describes firstly variety and specific property and action principle and function of geosynthetics; and then points out the crux in design and experiment of geosynthetics; and finally, points out the existing problem of geosynthetics and their way forward hereafter.

Keywords geosynthetics, geotechnique, present state of application