

文章编号: 0451-0712(2005)11-0112-03

中图分类号: U416

文献标识码: B

用土工合成材料处治黄土地区道路病害

金 江¹, 张志清¹, 胡江碧¹, 谢宝玉²

(1. 北京工业大学建筑工程学院 北京市 100022; 2. 宁夏回族自治区交通厅 银川市 750004)

摘 要: 阐述了土工合成材料在加筋路堤、加筋路面、边坡防护中的应用机理, 研究了相应的选材原则。在宁夏黄土地区的道路工程中用土工合成材料处治黄土路堤沉陷、半刚性基层沥青混凝土路面的反射裂缝、道路边坡破坏等, 工程实例证明土工合成材料能有效防治宁夏黄土地区的道路病害。

关键词: 土工合成材料; 选材原则; 黄土区; 道路病害; 处治

土工合成材料是以人工合成的聚合物(主要有聚丙烯 PP, 聚酯 PET, 聚乙烯 PE, 聚氯乙烯 PVC, 聚酰胺 PA 等)为原料制成的各种类型产品的总称, 它们可置于岩土或其他工程结构内部、表面或各结构层之间, 是具有加强岩土或其他结构功能的一种新型工程材料。目前已广泛地应用于水利、水电、公路、铁路等建筑领域。

近年来, 我国土工合成材料的发展十分迅速, 目前生产企业已有 400 多家, 产品种类较多。《公路土工合成材料应用技术规范》(JTJ/T 019-98)^[1]将土工合成材料分为土工织物、土工膜、特种土工合成材料和复合型土工合成材料。其中特种土工合成材料包括土工格栅、土工膜袋、土工网、土工网垫、土工格室等, 而复合型土工合成材料是由上述各种材料复合而成的。

土工合成材料在道路工程中发挥的功能常常是多方面的, 综合起来, 可概括为加筋、过滤、排水、防渗、防护、隔离等功能。由于土工合成材料种类繁多, 性能各不相同, 工程应用时应根据作用机理按照一定的原则进行选材以达到较好的使用效果。本文仅对加筋和防护功能讨论其选材原则及工程应用。

1 土工合成材料加筋路堤的应用

1.1 加筋路堤

在土体内掺入或铺设适当的土工合成材料后, 可以改善土体的强度和变形特性。加筋土的研究是目前相关人员研究的热点和重点之一。虽然加筋土

应用已经比较广泛, 但对加筋机理的研究还远远落后于工程应用。国内外对土工合成材料在公路加筋土方面的应用研究重点有以下几个方面: 加筋材料的性能研究^[2], 如采用拉伸试验、顶破试验、蠕变试验等进行材料力学性能测试, 采用直剪摩擦试验和抗拉拔试验测定填料与加筋材料的界面性能; 模型试验和原型观测; 采用极限平衡法和有限元法分析土体与土工合成材料相互作用的机理^[3,4]; 加筋结构在动载荷作用下的响应等^[5]。

加筋路堤是在路堤的适当位置加入具有一定抗拉强度的土工合成材料, 土工合成材料作为筋材与土体产生摩擦, 限制土体的侧向变形, 从而增强路堤的承载力与稳定性, 减少总沉降量。

从加筋路堤的机理^[6]可见, 加筋路堤的土工合成材料需满足以下条件: 足够的抗拉强度和较小的延伸率; 蠕变较小; 与土体之间有足够的摩擦力; 足够的刺破强度和 CBR 顶破强度等。

根据土工合成材料的性能, 用于加筋路堤的土工合成材料有: 土工织物、土工格栅、土工网、土工格室和复合土工膜。其中土工织物与土工网因其抗拉强度较小, 且延伸率较大, 故不是最好的加筋路堤材料。土工格栅抗拉强度高、延伸率较小、孔眼与土易咬合, 加筋路堤效果较好。土工格室的抗拉强度较高, 且由于是三维结构, 有一定的抗弯刚度, 可有效减少地基的不均匀沉降, 但目前用于边坡防护较多, 而用于路堤加筋较少。复合土工膜虽强度较高, 但延伸率较大, 且与土不易产生较大摩擦, 加筋效果不如

土工格栅。因此单纯从加筋角度考虑,宜选用土工格栅加筋路堤。塑料土工格栅与玻璃纤维格栅都适合加筋路堤,现把我国目前常见的两类格栅的性质做一比较(如表1),工程应用时应根据实际需要选择合适的格栅种类和规格。

表 1 塑料土工格栅与玻璃纤维格栅的主要参数比较

	抗拉强度 kN/m	断裂延伸 率/%	连结点 强度	耐温 性能	蠕变 性能
塑料格栅 (聚丙烯)	单向:25~110 双向:15~45	9~16	高	一般	较大
玻璃纤维 格栅	30~100(纵) 30~50(横)	3~4	一般	好	无

1.2 土工合成材料加筋宁夏黄土地区公路路堤

由于黄土特殊的工程特性(多孔隙、湿陷、渗水、收缩、抗剪强度各向异性等)以及气候特征,在雨水侵蚀作用下,黄土地区公路极易造成和加剧路基和边坡的水毁病害,影响公路的正常使用。宁夏黄土地区公路病害^[7]主要有路堑边坡的破坏、路基陷穴、路

基沉降、路面纵向开裂、路面反射开裂、排水设施病害等。针对宁夏黄土地区的道路病害,本课题研究采用土工合成材料进行处治。

本课题的依托工程银川~古窑子高速公路辅道,路基宽度8.5 m,路面宽度7 m。路线经过地带地质情况为:黄河以西表层为0.9~2.5 m的低液限粘土(黄土),下部为厚层细砂,黄河以东上部为0.2~8.0 m的黄土,其下为卵石或细砂0.2~4.0 m,下伏泥岩或砂岩。分布于该段表层的黄土,局部夹细砂,分布不连续,土质均匀,孔隙较发育,具有湿陷性。

采用土工合成材料防止黄土路堤沉陷的设计如图1。路基边坡*i*=1:1.5,在路堤基底以上2 m的范围内,距路堤边坡外缘5~10 cm,路堤的两端铺设宽为4.5 m的土工格栅,层间距为50 cm,可以起到固结边坡,增加边坡稳定性的作用。为增加路基的承载能力,隔层全断面铺设土工格栅,并在基底铺设50 cm的灰土稳定层。为保证路堤压实度,路堤施工宽度加宽20~30 cm。土工格栅横向铺设,搭接30~50 cm,铺完之后,应尽快填土隐蔽,防止车压日晒。

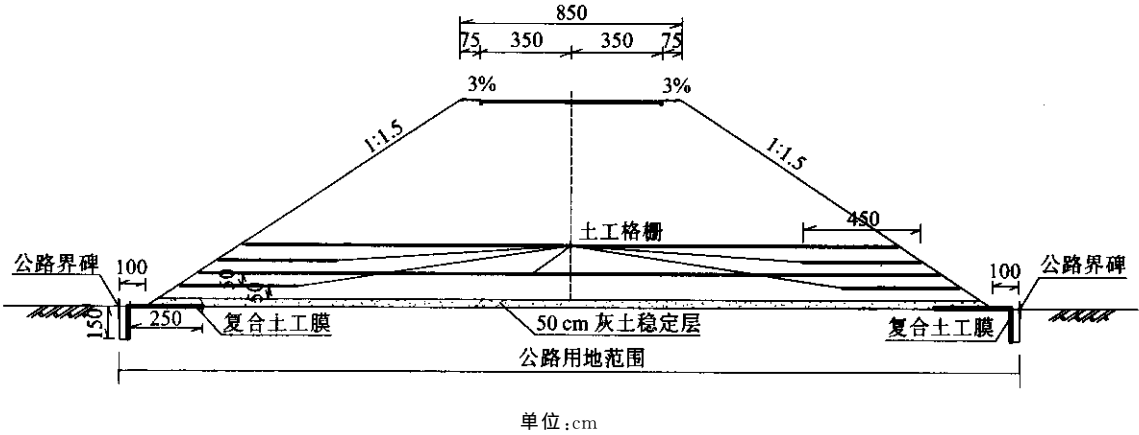


图 1 加筋路堤设计图示

根据加筋路堤的选材原则,本课题选用抗拉强度较好的双向拉伸土工格栅,材料为聚丙烯,主要指标是:单位面积质量550 g/m²,纵(横)向拉伸屈服力45 kN/m,纵向最大屈服伸长率13%,横向最大屈服伸长率16%,纵(横)向2%伸长率时的拉伸力16 kN/m,纵向5%伸长率时的拉伸力25 kN/m,横向5%伸长率时的拉伸力22 kN/m。同时,为防止地下水对路堤的侵害,在路堤下部铺设土工膜,规格为500 g/m²聚酯长丝土工膜。

通过加铺路段与未加铺路段的试验测定结果^[8]的对比,土工格栅明显改善路基顶面和路基的整

体抗变形能力。

2 土工合成材料加筋路面的应用

2.1 加筋路面

加筋路面是将土工合成材料铺设在基层顶面或旧沥青混凝土路面、旧水泥混凝土的加铺沥青层底部,限制面层变形,从而延缓和防止反射裂缝^[9]。

从反射裂缝产生的机理可见,用于防止反射裂缝的土工合成材料必须抗拉强度高;能耐沥青混凝土路面摊铺时170℃以上的高温;延伸率较小;能与面层及基层较好地结合成一体;此外还应耐酸耐碱。

故应选用土工织物和玻璃纤维格栅,这两种土工合成材料的技术要求见表2。土工织物与玻璃纤维格栅相比,后者的抗拉强度明显高,且耐高温能力强。但土工织物浸透沥青后可形成防渗层,一旦路面开裂,水分不致下渗,同时土工织物导热性差,能起隔离保温作用,因而可以降低温度应力。因此两种材料各有优点。

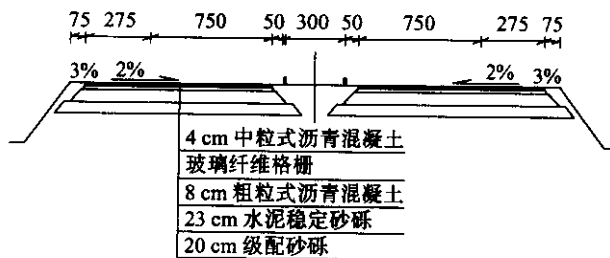
表2 玻璃纤维格栅和土工织物的技术要求

玻璃纤维格栅(测试温度(20±2)℃)		土工织物(测试温度(20±2)℃)	
指标内容	指标要求	指标内容	指标要求
抗拉强度/(kN/m)	≥50	抗拉强度/(kN/m)	≥50
最大负荷延伸率/%	≤3	单位面积质量/g/m ²	≤200
网孔尺寸/mm×mm	(12×12)~(20×20)		
网孔形状	矩形		

2.2 土工合成材料加筋宁夏黄土地区沥青混凝土路面

采用土工合成材料可以提高路面的低温缩裂、抗车辙能力,延长路面的使用寿命,起到较好的抑制路面反射裂缝的作用。

宁夏古窑子~王圈梁高速公路,路面结构为4 cm中粒式沥青混凝土上面层,8 cm粗粒式沥青混凝土下面层,23 cm水泥稳定基层(5%水泥),20 cm级配砂砾垫层,土基为低液限粘土及低液限粉性土,回弹模量48 MPa。该地区昼夜温差大,日照时间长,在基层上每纵向间隔20 m铺设全宽度的玻璃纤维格栅,铺设长度75 cm。



单位:cm

图2 加筋路面设计

本课题选用进口自粘型玻璃纤维格栅的主要参数为:单位面积质量370 g/m²,网格间距12.5 mm,抗拉强度100×100 kN/m,延伸率4%,熔点1 000℃。该路2001年7月~9月份进行格栅铺设,使用多年后观测加铺格栅的路段未出现明显反射裂缝,而未铺的对比路段已经出现明显裂缝,说明该种

土工材料对抑制反射裂缝效果较好。

3 土工合成材料在边坡防护中的应用

3.1 边坡防护

土工合成材料用于边坡防护是近年来的一项新技术,用于土质边坡防护的土工合成材料有土工网、土工网垫和土工格室等。土工网、土工网垫强度相差不多,土工网结构为平面,覆盖土的面积约为30%,孔眼较大,雨水风沙大的地区不宜采用;而土工网垫是三维立体结构,可覆盖大部分土体,且孔眼小,在植被未形成时,1:1的边坡固土阻滞率高达97%以上,固土效果远胜于平面网。土工格室也是三维结构,固土效果较好。土工格室配合土工网垫在边坡冲刷大的地区是很好的防护措施。土工合成材料用于岩石边坡防护主要有裸露式和埋藏式两种。用于裸露式岩石边坡防护的土工合成材料应具有较大强度,抗拉强度应大于25 kN/m,宜选用土工格栅。土工格栅的尺寸应有一定的要求,双向土工格栅的网格尺寸一般应小于100 mm,而单向格栅应小于150 mm。埋藏式岩石边坡防护的材料抗拉强度应大于8 kN/m,宜选用土工网或土工格栅。网格尺寸要求:单向拉伸的土工格栅为20~150 mm,双向拉伸的土工格栅为25~100 mm;土工网为25~140 mm。

3.2 土工合成材料在宁夏黄土地区道路边坡防护中的应用

在黄土地区,采用传统的砌石防护极易产生冲沟、滑坡、塌陷或架空破坏,且砌石防护施工时对原始坡面要求较高,劳动强度大,施工缓慢,同时因不能恢复植被而破坏了自然景观;单纯的植草护坡方法,也不适合黄土地区的边坡防护。土工格室与三维土工网垫的结合在黄土地区边坡的防护中取得了较好的成效。

宁夏银川~古窑子高速公路,边坡坡度为1:1,边坡高度为6~8 m。由于该地区风沙大,虽雨水不多,但雨水对该地区的土质边坡冲刷程度较大,因此固土要求高。选用的边坡防护措施是先用土工格室对边坡进行固土,然后在其上铺设三维土工网垫,采用适合当地的苜蓿种子播撒,经多年观察,植被长势良好,坡面得到有效防护,取得了较好的经济效益。

土工格室的材料为PE,高度100 mm,片材厚度1.0~1.3 mm。三维土工网垫的单位面积质量260 g/m²,厚度12 mm,拉伸负荷≥1.6 kN/m。

文章编号: 0451-0712(2005)11-0115-05

中图分类号: U412

文献标识码: B

软基处理路堤极限填高计算分析

柳雁玲, 佀磊, 江娟

(吉林大学建设工程学院 长春市 130026)

摘要: 根据吉林省东部山区广泛分布的草炭土软土层的力学特性, 针对反压护道、土工格栅、聚苯乙烯泡沫塑料块、砂桩、砂砾换填及土工格栅加聚苯乙烯泡沫塑料板等6种公路常用的软基处理措施, 对天然软土地基及处理后的地基用JANBU法进行稳定性计算, 得出指导施工快速填筑而不致失稳的路基极限填高。经过对数据进行分析比较, 发现处理此种软基最有效的方法是用砂砾换填, 处理后路基的极限填高可提高2.4 m; 其次是砂桩加复合土工布、土工格栅加聚苯乙烯泡沫塑料板, 极限填高可提高1.9 m; 而反压护道应根据不同的路基填高对其宽度进行必要的调整, 才能达到预期目的。

关键词: 软土地基处理; 砂桩; 土工格栅; 极限填高; 稳定性计算

软土地基具有天然含水量大、孔隙比大、压缩性高和强度低的特点, 在工程史上有过很多软土地基上路堤失稳的事例。路基的极限填高, 是指在天然的软土地基上, 基底不做特殊加固处理, 快速施工(即不控制填土速度)修筑路堤所能填筑的最大高度^[1]。当路堤的设计高度超过此极限高度时, 地基必须采取加固处理, 或路堤填筑采取分级加载的形式, 以保证路堤的安全填筑和正常使用。

对软土路基进行路堤稳定性分析, 确定路基极限填高, 不仅可以为路基的设计提供参考数据, 还可

以指导路基施工。同时, 在保证路基稳定的前提下, 尽可能早地完成路堤填筑, 可以缩短工期, 并增加预压时间, 减少工后沉降。

1 路堤的稳定性计算方法

软土地基上路堤的稳定性分析, 通常采用圆弧条分法中的固结有效应力法。即假定路堤填土连同软土地基沿同一圆弧破裂面滑动, 计算作用在该圆弧上的总抗滑力矩和总滑动力矩, 或者计算作用在该圆弧上各点的总抗滑力和总滑动力, 求其稳定系数。

收稿日期: 2005-08-05

4 结语

本文研究了土工合成材料处治道路病害的选材原则, 并结合西部研究课题将其应用于宁夏黄土地区道路工程中。工程实例证明土工合成材料在宁夏黄土地区对加筋路堤、加筋沥青混凝土路面及防止路堤边坡破坏有显著效果。

参考文献:

[1] JTJ/T019-98, 公路土工合成材料应用技术规范[S].
[2] Gurung N, Iwao Y. Pull-Out Test Analysis for Geo-Reinforcement [J]. Geotextiles and Geomembrances, 1999, 17(3).
[3] Rowe R K, Skinner G D. Numerical Analysis of Geosynthetic Reinforced Retaining Wall Constructed on a Layered Soil Foundation [J]. Geotextiles and

Geomembrances, 2001, 19(7).
[4] Ling H I, Cardany C P, Sun L X, Hashimoto H. Finite Element Study of a Geosynthetic-Reinforced Soil Retaining Wall with Concrete Block Facing [J]. Geosynthetics International, 2000, 7(2).
[5] 杨果林. 现代加筋土技术应用与研究进展[J]. 力学与实践, 2002, 24(1).
[6] 黄晓明, 朱湘. 公路土工合成材料应用原理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
[7] 宁夏公路勘测设计院. 宁夏黄土地区公路修筑技术与病害防治研究报告[R]. 2001.
[8] 宁夏古王公路盐兴公路工程建设指挥部, 北京工业大学. 土工合成材料在黄土地区公路工程中的应用技术研究[R]. 北京: 北京工业大学, 2005.
[9] 周志刚, 郑健龙. 公路土工合成材料设计原理及工程应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.