

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.06.070

水泥毯在高速公路边坡防护中的应用

杨永奇

(山东高速股份有限公司, 山东 淄博 255086)

摘要:作为一种新型复合材料,由于使用简单方便等优点,水泥毯已在各工程领域进行应用。现在总结水泥毯已有研究应用的基础上,对水泥毯的性能进行阐述;结合济青高速边坡防护实际案例,对水泥毯在高速公路边坡防护方面的施工工艺进行了探讨,在水泥毯搭接锚固、喷洒工艺等方面形成了最佳实践,值得借鉴。实践表明水泥毯是一种优异的边坡防护材料,值得推广。

关键词:水泥毯;混凝土帆布;边坡防护;施工工艺

中图分类号: U418.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)06-0298-03

0 引言

水泥混凝土自18世纪问世以来,由于原材料丰富、制备简单、强度高、用途广等特点成为最主要的建筑材料之一,为社会发展做出了巨大贡献。但随着社会发展,混凝土自重大、抗拉强度不高、养护繁琐及易产生裂缝等材料自身问题也一直为人诟病,影响着混凝土的使用。针对混凝土材料的弊端,各行各业都在不断进行改进研究,各类新材料更是层出不穷。20世纪初,英国学者将水泥粉体填充于三维织物内部,形成了一种新型三维间隔织物类的混凝土帆布复合材料^[1]。由于硬化前外表类似毯子,所以又称“水泥毯”。当前水泥毯在国外应用较为广泛,涉及防火材料、基坑防护、边坡防护,甚至家居领域。国内应用目前主要集中在水利工程防护、深基坑防护等方面。在公路边坡防护等方面处于探索使用阶段,使用很少,但目前也在甘肃省的白银高速以及在陕西省130 km的水渠边坡防护工程上使用。

1 水泥毯简介

水泥毯材料主要是指一种浸渍了水泥的柔软的布,遇水会发生水合反应而硬化成一种很薄的防水防火的耐用混凝土层。水泥毯的底面覆有不透水棉层,如聚氯乙烯(PVC)底衬,确保混凝土帆布完全防水;中间层采用一定厚度的三维纤维复合结构物,如聚乙烯和聚丙烯长丝等编织网等,三维结构内部填

充水泥类材料,如特殊配方的干混凝土混合料;表面网状织物可以透水;水泥毯结构层之间一般通过间隔纱线连接,防止基体开裂^[2]。水泥毯结构如图1所示。

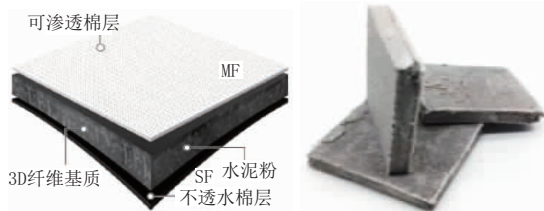


图1 水泥毯结构示意图和实物图

水泥毯使用前可大卷散装,重量较其它材料轻,易于运输搬运,施工方便,节省人力物力;基于其材料柔软性,水泥毯凝固前可根据现场尺寸随意手工裁剪,可垂直悬挂亦可铺设沟渠表面,适用于各种施工条件;水泥材料用量少,碱类物质含量低,耐冲刷,对环境友好;施工时只需洒水养生即可快速形成强度,一般24 h内即可达到强度的80%^[3];硬化后强度高,性能稳定,具有优异的抗压、抗拉裂和抗渗水性能,同时耐磨抗风雨侵蚀,耐紫外线照射老化,防火阻燃性能良好。

由于水泥毯是三维间隔织物框架结构,织物填充水泥类材料,因此水泥毯的强度形成主要依靠织物材料强度与水泥类材料水化反应强度。影响水泥毯力学性能的因素主要包括:水泥粉体材料特性、水灰比等配合比、表面洒水量以及三维间隔织物材料类型与几何形状等^[4]。具体而言,三维间隔织物结构在硬化前起主要承重作用,框架密封固定水泥类材料,保证三维结构稳定;水泥类材料水化后提供后期成型强度,起主要承重作用,水泥毯里的纤维可以增强整体材料强度,防止开裂,并且能够吸收冲击能量,结构形式

收稿日期: 2023-05-12

作者简介: 杨永奇(1980—),男,本科,高级工程师,从事高速公路施工建设与养护工程维修管理。

稳定。国内诸多学者对水泥毯的力学性能进行了研究,曹鹏等经试验论证提出:水泥毯拉伸性能受织物基材影响较大,开裂荷载随着养护天数增长而增长,但对极限荷载影响小,证明了极限荷载是由织物断裂而定^[1]。同时,针对水泥毯的空间结构,研究表明水泥毯横向抗拉性能要优于纵向。

大量试验研究及工程应用表明,水泥毯在边坡防护等方面应用前景广阔,同时针对水泥毯强度和硬化速度方面的改善也在不断研究中,通过使用速凝快硬水泥、纤维增强复合材料外掺剂等,初凝时间可以自由调整而不影响最终强度,适用场景可以推广至防护10 m高的斜坡稳定。

2 工程应用

济青高速改扩建通车后,路面汇水面积大增,汛期边沟排水不畅,部分积水路段路基边坡亏坡垮坡现象严重。某互通匝道边坡,多次水毁冲蚀,边坡埋设的通信线缆裸露严重且有进一步弯拉的迹象。为保证路基边坡稳定和通信线缆安全,养护部门采用水泥毯进行边坡防护,取得良好效果。

2.1 水泥毯技术参数

经过市场考察,最终选择的水泥毯规格型号为厚度10 mm,单卷宽度2 m,小卷面积10 m²,硬化凝固前质量为15 kg/m²,凝固前材料密度1 500 kg/m³,凝固后材料密度可提高30%~35%。性能指标见表1。

表1 水泥毯性能指标表

序号	指标	试验结果	试验标准
1	凝固时间/h	初凝 ≥ 2 ,终凝 ≤ 4	
2	抗压强度/MPa	失效力 $-40(10\text{ d})$ 杨氏模量 $-1500(10\text{ d})$	ASTMC473-07 标准 压缩强度试验
3	抗拉性能/MPa	失效力 $-3.4(10\text{ d})$ 杨氏模量 $-180(10\text{ d})$	BSEN12467-2004 标准弯曲试验
4	耐磨性能	达到陶瓷的耐磨级别	DIN52108 标准耐磨 性试验
5	硬度	莫氏硬度达到4~5级	
6	抗穿刺性能	推进穿透力 $\geq 2.69\text{ kN}$ 最大挠曲峰值 38 mm	ENISO12236-2007Z 标准CRB试验
7	抗车辆荷载	车重30~160 kN,均布 荷载 $\leq 5\text{ kN/m}^2$	EN1991-1-1-2002 标准加载试验
8	抗冻性能	通过	BSEN12467-2004 标准冻融试验、渗透
9	抗渗性能	通过	实验

2.2 施工工艺

施工前要根据施工现场情况确定水泥毯的用量,并按照一定的尺寸进行裁剪,以方便现场施工。同时,要准备好固定水泥毯使用的小型机具,一般采用铁锤和螺纹钢或钢钎等,当做铆钉进行固定。螺纹钢可采用直径 $\Phi 10$ 或 $\Phi 12$ 的,根据现场情况将钢筋弯折成直角的L型、U型或焊接成T型,铆钉长度可取30~50 cm,宽度可取15~20 cm,具体长度依据现场需要而定。

2.2.1 边坡整修

根据该位置水毁边坡现场情况,由于多次冲刷后亏土明显,且雨后边坡土含水量过大,直接回填边坡不易压实,会影响后期边坡稳定。考虑通信光缆安全,首先对光缆进行临时支撑防护。从现场情况看,边坡高度5 m左右,亏坡严重导致坡度陡,需将松散失稳的土清除,若回填石灰土或水泥土需要夯实,影响线缆安全。因此,现场对边坡开挖台阶,每层台阶宽度30~50 cm,开挖台阶后堆砌装满一定含水率的土或砂石料,线缆置于沙袋之间,人工对沙袋表面进行轻夯,保证沙袋堆砌牢固,表面平整。

2.2.2 铺设水泥毯

在对沙袋表面进行验收合格后,进行水泥毯铺设。水泥毯的铺设应尽量减少搭接缝^[5],铆钉锚定间距可在50 cm左右。水泥毯与水泥毯之间横向搭接宽度可控制在10 cm左右,接缝用铆钉垂直于接缝锚固,锚定间距一般50~80 cm;若水泥毯需要竖向搭接,双卷搭接宽度可适当增大至20 cm,铆钉间距适当减小30 cm,按照流水方向顺茬搭接不可逆茬,保证排水顺畅。同一卷水泥毯中间可根据现场需要增设铆钉加固,增强水泥毯的整体稳固性。水泥毯与老边坡之间搭设宽度应保证宽余临界边缘50 cm左右,并埋入老边坡土层至少20 cm,用铆钉固定。在路肩水平位置,应保证水泥毯铺设宽度不小于土路肩,并与硬路肩处有效衔接,保证缝隙不渗水,一般可用高强砂浆或灌封胶等处理接缝,也可以将水泥毯埋入硬路肩结构层深度,最后可用两排铆钉锚固。在边沟沟底位置,水泥毯铺设可根据现场选择满铺或半铺,边坡坡脚处要用一排锚定锚固,半铺时要保证铺设宽度距离坡脚不少于50 cm,边缘10~20 cm埋入边沟土中,防止边沟水冲刷。铺设如图2所示。

2.2.3 喷水养护

在对水泥毯表面贴合以及搭接稳固进行验收合

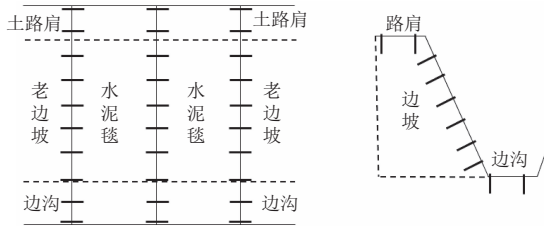


图2 水泥毯铺设示意图

格后,进行洒水养护。由于水泥毯三维间隔织物结构的存在和表面渗透性相对较小,洒水养护应采用小水喷洒,不可采用压力水柱冲浇等方式,洒水量宜多不宜少,喷洒量原则上不少于 9 kg/m^2 ,洒水量不易控制时要采取“宁多勿少”的原则。喷洒机具可选用一定压力的农用喷雾器,喷洒量可控制在每分钟 $400\sim 500\text{ mL}$ 。喷水必须一次性浇透,一般以水泥毯颜色变深,水分积聚在水泥毯表面或流淌为控制标准。横向喷洒按照从边缘向中间的顺序,竖向按照由下向上和由上往下相结合的方式。喷洒过程中要注意观察水泥毯颜色的变化,保证整体大面积颜色变化均匀,仔细检查是否浇透。在喷洒完成后也可用细钢钎插入水泥毯确认。洒水如图3所示。

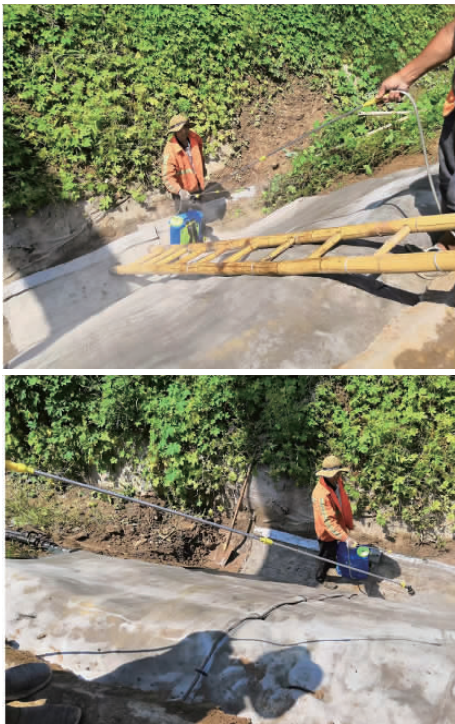


图3 水泥毯洒水示意图

研究表明^[6-7],水泥毯养护用水采用淡水、卤水、雨水、污水或海水均可,只要水中不含油脂,对水泥毯强度影响不大,因此一般采用地下水或地表径流水即可。洒水完成后强度形成前,要注意水泥毯表面保湿,高温干燥或大风天气应在第一次洒水浇透后

间隔 $1\sim 2\text{ h}$ 重新再喷洒一次水进行养生。水泥毯未形成最终强度前,不得人员踩踏,堆放重物或用尖锐物体敲打,严禁强拉硬扯破坏水泥毯等。

3 应用效果

工程应用结束至今 3 a ,期间夏季降雨频繁且降雨量较往年明显偏多,此处边坡未再发生任何冲刷垮塌等水毁现象,水泥毯本身也未出现裂缝等病害,边坡防护取得了良好效果。

结合养护经验和应用研究发现,在边坡防护方面水泥毯要明显优于喷射混凝土。除施工简单方便,省时省力外,水泥毯形成强度较喷射混凝土快,水泥毯早期快速的抗压强度形成率对于边坡防护有重要意义。就边坡土层稳定性而言,水泥毯抗压强度优于喷射混凝土,可以更好地避免边坡土因较大水平荷载导致剪切破坏,防护效率更高。同时,由于三维织物结构的存在,水泥毯抗拉应变方面表现出典型的硬化表现,而喷射混凝土是明显的脆性表现,水泥毯的抗拉强度明显于喷射混凝土,可以保证后期出现裂缝的机率显著降低,使用寿命更长久。有研究表明,水泥毯在定期维护的条件下(每隔 $5\sim 10\text{ a}$ 涂刷水泥浆)使用寿命可达 30 a 。因此,水泥毯较喷射混凝土更适合边坡防护应用,在降雨、泥石流等恶劣条件下更能显现优势。

4 结语

水泥毯作为一种新型复合材料,在工程应用方面施工简单方便,具有良好的抗压、抗拉、抗裂、抗渗水性能,同时兼具优异的耐磨、防火性能,目前已应用于混凝土帐篷、外滩衬里、沟渠衬砌、混凝土修复等方面,并且取得了良好的效果。通过工程实践表明,水泥毯是一种性能优异的边坡防护材料,施工工艺简单易操作,不需模板支护、振捣,成型速度快,节省大量人力物力。但与其具备的优异性能相比,当前应用领域较为狭窄,究其原因可能在于初期施工成本较高,且水泥毯在施工过程中水灰比控制难,由于表面织物的存在水分渗透速度和渗透均匀性不一,参与水化反应的有效水分不易控制,限制了其在质量控制严格的工程中的应用。同时,水泥毯的性能很大程度上受织物材料影响,即织物耐腐蚀性、耐老化性影响水泥毯的使用寿命。相信随着不断深入的相关研究和工程应用,水泥毯将向着高强、耐久方向发展,其应用前景广阔。

(下转第307页)

7 结 语

该大桥护栏维修方案底层采用的高分子改性沥青防腐防水涂料具有较好的黏结性和优越的天然防腐性能,且防腐涂层比较厚,可有效抵御外界侵蚀。该涂层抗冻融、抗氯离子,可有效保护水泥混凝土。防腐涂层采用优质纤维布加筋处理,使防腐涂层形成一体,外来介质很难侵入混凝土内部,从而提高防腐涂层的耐久性。防腐防水涂料上涂刷聚碳硅氧烷防腐涂料,大分子和小分子结构互相渗透、互相补充,使防腐涂层更耐久,同时可改变沥青聚合物的颜色(颜色可调),美观大方、抗紫外线,可做成反光效果,效果良好。

惠青黄河公路大桥防撞护栏的防腐加固分两次进行:2016年进行索区外侧护栏的防腐加固,施工面积为800 m²;2021年对桥梁两侧护栏进行大面积防腐施工,施工面积为4 000 m²。修补完成的最长间距现在已有8 a,目前大桥护栏状况良好,维修达到预期效果,长时间效果需进一步观察。该技术易操作、设备简单、成本低,市场前景广阔,可进行大面积推广。

参考文献:

- [1] JTG/T 3310—2019,公路工程混凝土结构防腐蚀技术规范耐久性设计规范[S].
- [2] 闫炳润,倪铁珊,杜晓,等.SHJS聚碳硅氧烷防水防腐防撞耐磨涂料优异性能机理探讨[J].城市道桥与防洪,2020(11):186-188.

~~~~~  
(上接第300页)

### 参考文献:

- [1] 曹鹏,蔡中兵.混凝土帆布拉伸性能试验研究[J].低温建筑技术,2016(7):1-3.
- [2] 刘慧艳.混凝土帆布护坡设计与性能测试[J].水利技术监督,2021(2):18-21.
- [3] 陈燕,许明君,等.水泥毯特点与应用特性分析[J].安徽建筑,2020(7):184-186.

- [4] 王晶,陶耀华,等.混凝土帆布力学性能与应用研究进展[J].硅酸盐通报,2023(1):22-28.
- [5] 温张保.深基坑边坡水泥毯防护施工技术探讨[J].山西建筑,2020(8):59-60.
- [6] 白少博,王玮琳.混凝土帆布在沟渠施工中的应用[J].陕西水利,2022(8):164-166.
- [7] 何颀琨.水泥毯在滩田护坡中应用试验[J].盐科学与化工,2022(5):50-52.