

生物酶土壤复合固化垫层和底基层技术应用

卢玉春

辽宁驰通工程管理有限公司 辽宁省沈阳市 110000

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11688

[摘要] 湖南衡永高速项目 K17+540~K31+800 段主要地质为红砂岩, 红砂岩挖方总量约 500 万立方米, 若弃之不用, 弃土场寻找困难, 同时会造成生态环境污染。为此, 引入生物酶土壤复合固化垫层和底基层技术进行施工。阐述了生物酶固化剂的组成及固化机理, 详细介绍了生物酶土壤复合固化层施工工艺及其他注意事项, 该项技术的应用可为同类工程施工提供参考。

[关键词] 红砂岩; 生物酶技术; 固化机理; 生物酶土壤复合固化垫层和底基层技术应用。

引言

湖南衡永高速项目 K17+540~K31+800 段主要不良地质为红砂岩, 红砂岩挖方总量约 500 万立方米, 岩性主要以白垩系泥质粉砂岩居多, 若弃之不用, 弃土场寻找困难, 并会造成生态环境污染。

根据衡永项目创建“平安百年品质工程”的文件精神, 大力推进“四新”技术的应用, 将生物酶技术和固废资源利用技术相结合, 在路线范围内选取 13 段共计 6347m 路段做为生物酶固化红砂岩技术的试验段, 该技术采用红砂岩, 添加 4%~5% 的 P.O 42.5 水泥, 万分之一点五生物酶土壤复合固化剂和水拌制混合料, 进行路基改善层和路面底基层施工。

若该生物酶固化红砂岩技术能够成功推广应用, 可以利用新型环保的土壤加固材料取代部分水泥、石灰等传统加固材料或尽可能减少传统加固材料的剂量, 充分利用废弃的红砂岩资源取代传统基层材料中的机制碎石等, 推动废旧设施材料等资源的利用, 减少了弃方占地, 而且因少量使用采石场碎石而减少对自然环境的破坏。

1 生物酶土壤复合固化筑路成套技术应用背景

生物酶土壤固化筑路成套技术为湖南省重大科技研究专项, 2014 年该科技研究专项验收结题。为加快科技创新发展和科技成果的推广应用, 2015 年湖南省质量技术监督局将《生物酶筑路技术规范研究》列为湖南省地方标准制定研究项目, 由湖南瑞霖科技有限公司牵头、湖南省交通科学研究院有限公司、湖南省交通规划勘察设计院有限公司、长沙理工大学等四家单位共同参与该标准的研究制定; 2017 湖南省交通运输厅将《基于生物酶土壤固化底基层、基层和多元多次改性碾压混凝土面层新型路面结构应用》列入湖南省交通运输科技推广目录。

目前, 生物酶土壤复合固化筑路成套技术在全国范围内已完成应用验证示范项目几十个, 里程达 100 余公里, 湖南省境内连续实施应用验证示范项目十多个, 里程达 70 余公里, 已完成湘东、湘西、湘北地区的应用验证, 按应广地域多类型土壤复合固化验证效果, 特选择衡永高速公路作为湖南地区大面积砂质黏土和红砂岩地层作应用验证示范项目。

2 工程概况

衡阳至永州高速公路位于湖南省湘南地带, 东起衡阳市蒸湘区雨母山镇接 G0421 许广高速公路(岳临高速公路)往西, 经衡南县、祁东县、祁阳县、至冷水滩区与 G55 二广高速相交, 顺接规划的永州至零陵高速公路。主线采用设计速度 120km/h 的双向四车道高速公路标准, 路基宽度 26.5m, 设计汽车荷载等级为公路 I 级。结合对施工现场调查, 该高速公路项目 K17+540~K31+800 路段沿线以沙质黏土、(II 级~III 级)红砂岩为主要地质特征, 该段整体土石方平衡利用后, 待弃土石方约 50 余万立方米, 特别是 K24+200 处为大滑坡破碎带, 仅此一处路基挖方、边坡卸载弃方量达 18 万立方米需临时弃土场存放。

该挖方段位于本施工段中间位置, 若将该处废弃土石方最大限度利用为最佳方案。采用生物酶土壤复合固化垫层、底基层, 将此挖方段废弃土石方作为生物酶土壤复合固化垫层和路面稳定底基层的原材料利用点, 向施工段起点调剂无论是废弃土石方调运距离, 还是废弃土石方量的利用堪称合理之举。

另外 K31+700~K31+800 路段尚有废弃土石方 10 余万立

方米, 可由该作业点调剂至施工段中点间平衡利用, 通过在施工段(不含桥梁)垫层、底基层的利用, 可减少 60% 以上的废弃土石方。

3 生物酶技术

3.1 生物酶固化剂的组成

生物酶类固化剂是由巢穴动物分泌的固结泥土的物质启发而研制, 该类土壤固化酶是由植物发酵后经相关的技术工艺处理而成, 属蛋白质多酶基产品, 为液状体, 无毒、无害, 生产过程无污染。

生物酶土壤固化剂为生物型液态状固化剂, 有 5X、11X 不同浓度型。按一定比例掺入土壤或基土混合料, 通过生物酶的催化和外力(如碾压等)作用下激活添加料、混合料中的多元元素产生多频率能量共振, 减除土体水膜间隙, 形成高密度、高承载力的长串铰链融合板块结构。按不同用途和性能侧重, 可修筑不同等级的路面结构层, 也可采用生物酶固化裸用路面防尘液直接修筑基土裸路。

3.2 生物酶固化机理

以物理固化为主要特征, 通过酶的催化作用, 促进了土壤颗粒间的凝聚力。酶为活细胞所产生的生物催化剂, 它本身在反应中不被融合, 有极少量的存在就可大大加速化学反应的进行。酶的催化作用促进有机大分子联合生成一种中间反应物, 改变了土体的原有结构, 使其结构十分致密, 并起到屏蔽作用, 消除各成分颗粒间的无效空间, 使固化层紧密结合在一起, 降低水渗透性, 使土体承载能力提高, 板结效果好。

4 设计方案

4.1 结构设计

采用生物酶土壤复合固化垫层、底基层取代原设计方案, 不改变原设计的层厚结构, 只变更应用材料, 填方路段底基层宽度比原水稳层单侧超铺 30cm。即:

垫层: 20cm 生物酶土壤复合固化。

底基层: 20cm 生物酶土壤复合固化。

4.2 材料组成设计

生物酶固化红砂岩的原材料及混合料设计要求:

(1) 土: 有机质含量不超过 10% 的松散或搅拌松散的自然土、风化碎石土、废弃渣土、污泥等均可用作生物酶土壤固化类混合料基料。项目沿线以红砂岩为主, 其特性为浸水易崩解。根据红砂岩的崩解特性分为一、二、三类。一类红砂岩, 失水易干裂, 复浸水易崩解, 饱和强度与干燥状态强度相差较大。二类红砂岩不易软化耐崩解性较好, 强度相对较高。三类红砂岩不崩解且强度较高, 可作为普通岩石看待。研究发现一、二类红砂岩在经过预崩解、破碎等必要工序后, 可彻底消除其水活性, 成为一种低液限粉质粘土或粉土, 这种红砂土完全可以满足高速公路的路用性能。因此, 采用路基废弃的二、三类红砂岩作为生物酶复合固化土体来源, 利用前做好红砂岩的破碎及预崩解处理, 破碎后最大粒径不大于 53mm。

(2) 碎石: 根据土壤组成及风化碎石土筛分结果, 风化碎石含量低于 55% 时, 应添加碎石, 石料最大粒径不宜大于设计层厚度的 60%, 且不大于 53mm, 压碎值不大于 30%。

(3) 自然土壤试验方法应符合 GB/T 50123—2019、JTG E51—2009 的规定。

(4) 水: 工程拌和及养生用水应符合 JTG/T F20—2015

的规定:

(5) 水泥: P.042.5 水泥;

(6) 掺量: 水泥掺量为混合料的 4%、5%, 生物酶土壤复合固化剂掺量为万分之一点五。

5应用技术与原设计预算对比

项目	结构层名称			
	垫层		底基层	
	20cm 厚生物酶土壤复合 固化红砂岩垫层	20cm 厚碎石垫层	20cm 厚生物酶土壤复合 固化红砂岩底基层	20cm 厚 4%水泥稳定 碎石底基层
预算单价 (元/m ²)	41	56	47	92
降低单价 (元/m ²)	15		45	

6施工工艺

生物酶土壤复合固化垫层和底基层施工工艺一致。生物酶固化层所摊铺的材料包括素土、风化土石等掺和料, 根据试验结果确定土或风化土石料、水泥和酶液稀释比, 松铺系数。

6.1 生物酶土壤复合固化层施工准备

(1) 施工机械配备

根据生物酶土壤复合固化红砂岩垫层、底基层施工工艺及施工组织安排, 配备: 水泥洒布车、智能路拌机、智能喷酶机、挖掘机、平地机、推土机、自卸汽车、单钢轮压路机、凸轮压路机等满足施工需求的施工机械设备。

(2) 技术材料准备

开工前通过核查材料产品合格证、出厂检验报告、产品型式检验报告和进场复验等方式, 检查生物型固化剂和离子型固化剂的性能、专利配比; 材料含水率; 细粒土的液、塑限; 碎石压碎值; 水泥的密度、凝结时间、安定性等基本指标; 土料及混合料的颗粒分析、必要时进行土的有机质含量检验; 混合料的无侧限抗压强度、标准密度、最佳含水量、CBR 值等。确认相关检测指标均满足设计及规范要求, 为指导施工做好技术材料准备。

6.2 生物酶土壤复合固化层施工

生物酶土壤复合固化层施工技术有路拌法、集中路拌法和厂拌法三种施工工艺, 其中以厂拌法施工工艺为质量控制的最优工艺。由于本项目处于生物酶复合固化红砂岩技术的验证阶段, 综合衡量工作量、现场条件及经济性三方面因素, 决定采用路拌法工艺施工。

(1) 布料。按设计松铺系数和结构层整幅宽度两边各超铺 30cm 的要求, 松铺废弃土、风化土石等混合料, 剔除杂草、腐植物和超大粒径块石料, 视施工环境干扰程度现场确定一次摊铺施工长度, 一般不短于 300m。

(2) 初拌。采用大功率路拌机对已完成摊铺的素土混合料进行初拌和。路拌机行进速度控制在 4m/mim, 拌和深度拌入上一已完工作业面顶部 1cm 左右, 并行路幅纵向拌和搭接界面不小于 30cm, 确保上下层、并行路幅混拌融和, 无素土夹层。

(3) 干拌和

用路拌机对已均匀撒布水泥的摊铺层进行干拌和, 拌合机械按设计时速匀速、平稳行进, 并行路幅拌合时搭接宽度不小于 30cm, 拌和深度应达到上一施工层顶部表层, 确保作业面内拌和充分无漏拌, 防止拌和底部留有“素土”夹层。干拌和完成后, 将施工作业面再次平整。

(4) 喷洒土壤固化溶液。采用智能喷洒专用车喷洒生物酶土壤复合固化溶液。按设计配合比, 根据现场实测混合料的含水率, 现场配制生物酶土壤复合固化稀释液。智能喷洒专用车按每平米计算用量均匀喷洒生物酶土壤复合固化稀释液于作业面。采用智能喷洒专用车喷洒固化剂, 路拌机跟随拌和的联合作业方式, 力求生物酶溶液喷洒均匀。

(5) 湿拌和

生物酶土壤复合固化溶液每喷洒完成一遍, 紧接着进行深度湿拌和; 生物酶固化液再喷洒, 路拌机再拌和; 直至生物酶固化溶液喷洒完成, 路拌机开始全作业面整幅拌和, 直至土色均匀湿润一致。同时人工伴随处理离析及坑洼缺陷。

(6) 精平

湿拌和全部按质量要求完成后, 平地机进行全路幅精平, 精平要严格按标高控制桩进行, 按设计要求处理好纵横坡度, 路幅两边缘有足够压实宽度, 人工配合及时处理局部含水率不良、少量物料离析、个别鼓包、凹陷等缺陷问题。精平作

业全部完成, 用 22t 以上单钢轮压路机控制行进速度 4m/mim 以内静压一遍, 平地机再次精调整平, 确认满足设计控制要求方能进入下道工序施工。

成本预算对比情况见下表:

(7) 碾压

① 密实碾压

对精平路幅采用 22t 以上凸轮压路机先静压、振压、强振压 5~7 遍, 直至碾压密实完全达到生物酶土壤固化垫层和底基层技术指标要求。强振碾压中人工伴随及时处理物料离析、鼓包、凹陷等个别不良缺陷, 包括路幅两边缘整形。

② 碾压收光成型

凸轮压路机密实碾压完成后, 采用平地机与 22t 以上单钢轮压路机联合作业, 按控制标高和设计纵横坡要求精平成型, 随后振静压结合, 直至压实度完全达到质量要求。

(8) 接缝处理

两次施工形成的横向接头, 须留有 3~5m 长搭接段, 前后段同深度混合拌和碾压, 同时将接缝修整平顺充分压实。生物酶土壤复合固化层施工过程应尽量减少纵向接缝, 若工程施工不可避免纵向接缝时, 前后幅应保持 0.8~1.2m 横向搭接宽度深层混合拌和与当期施工层同步整平压实。

7检测和验收

生物酶土壤复合固化垫层、底基层施工完成后, 应及时按照设计、《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017)、《公路路面基层施工技术细则》(JTG/TF20-2015) 规定的方法、频率、允许偏差对实测项目进行质量检测和验收。同时, 满足规定的基本要求和结构层表面坚实、平整、稳定、路拱合适、排水良好的外观鉴定要求。经检测、验收合格后方可进入下一结构层施工, 对检测不合格的部位必须进行返工处理, 直到符合要求为止。

8其它注意事项

(1) 为保证施工进度和工程质量, 垫层、底基层施工须严格按照设计要求和有关规范执行。

(2) 新旧道路搭接处, 须根据道路现状平顺连接。

(3) 交叉路口施工, 按老路现状接顺纵横坡。

(4) 路面各层位全面施工前, 应铺筑相应的试验路段, 以确定路面各层的施工工艺和质量控制方法, 并决定最终的混合料配合比、施工含水量及其他技术控制指标。

(5) 工地气温低于 5℃或有浓雾、降雨时, 不应进行路面各层施工。

(6) 生物酶土壤复合固化层混合料要严格按照设计配合比进行施工, 施工过程中加强对混合料的筛分及含水率的检测。

(7) 生物酶稀释溶液的加水量要根据混合料所需的最佳含水量确定, 混合料所需水量应控制在最佳含水率的 2%。

(8) 喷洒生物酶溶液要分多次均匀喷施, 不得一次喷洒完成, 务必保证生物酶溶液均匀分布在混合料中。生物酶溶液要根据每天的需用量配制, 并当天使用完毕, 不可隔天使用。

[参考文献]

[1] 段成钢. 生物酶土壤固化底基层、基层新型路面结构的技术应用[J]. 山西建材, 2021 (4): 173-174.

[2] 中华人民共和国交通运输部. 公路路面基层施工技术细则: JTG/T F20-2015[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.

[3] 中华人民共和国交通运输部. 公路路基施工技术规范: JTG/T3610-2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.