

建筑废弃物再生固化技术在乡村道路基层中的应用研究

黄涛 王梓涵

湖北工程学院新技术学院

DOI:10.12238/jpm.v4i4.5833

[摘要] 建筑废弃物作为一种可再生资源,具有潜在的利用价值,但因种类繁多、性质差异较大,不能直接利用于乡村道路基层工程建设。文章结合乡村道路基层建设的实际情况,以建筑废弃物为主要材料,将其作为主要原材料进行再生固化技术的应用研究。通过试验分析了建筑废弃物再生固化材料的性能参数及工程应用效果,结果表明:建筑废弃物再生固化材料具有良好的力学性能和路用性能,可作为乡村道路基层材料使用。

[关键词] 建筑废弃物,再生固化技术,应用

Research on the application of construction waste regeneration and curing technology in rural road base

Huang Tao, Wang Zihan

School of New Technology, Hubei Institute of Technology 432000

[Abstract] As a kind of renewable resource, construction waste has potential utilization value, but because of its wide variety and large difference in nature, it cannot be directly used in the rural road base project construction. Combined with the actual situation of rural road base construction, this paper takes construction waste as the main material, and takes it as the main raw material for the application research of regeneration and curing technology. The performance parameters and engineering application effect of construction waste recycled curing materials are analyzed. The results show that the construction waste recycled curing materials have good mechanical properties and road properties, and can be used as the base material of rural road.

[Key words] construction waste, regeneration and curing technology, application

随着乡村振兴战略的深入推进,国家对农村基础设施建设投入加大,大量建设材料、建筑废弃物也随之产生。建筑废弃物通常是指在建筑施工过程中产生的废弃混凝土、废弃砖瓦、废砖等,这些废弃物作为可再生资源,具有潜在的利用价值。但因种类繁多、性质差异较大,不能直接利用于乡村道路基层工程建设,因此需要对其进行分类处理。

一、工程概况

某乡村道路全长 1.97 km,工程沿线地形起伏较大,局部路段位于丘陵地带。本段道路设计等级为二级公路,设计速度为 40 km/h,路基宽度为 18.5m,路面结构为水泥混凝土路面。在施工过程中,通过对建筑废弃物再生固化材料进行工程应用研究后,对建筑废弃物再生固化材料的力学性能、路用性能及路用经济价值进行分析和评价。

建筑废弃物再生固化材料主要由废弃混凝土块、废弃砖石等组成。废弃混凝土块作为建筑材料回收后不能直接作为路基填料,因此需要对其进行破碎后重新回填至原路基位置。按照《公路工程水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG/TF50-2016)的要求,将废弃混凝土块破碎后,取其体积为 60%~80%的颗粒进行筛分、试验,并以此为基础按照一定比例配制成混合料,

根据《公路沥青路面设计规范》(JTG/TF50-2016)要求进行击实试验和无侧限抗压强度试验。混合料采用水泥、粉煤灰、石灰等原材料组成的稳定材料,经试验分析后得到建筑废弃物再生固化材料的基本配合比为:水泥:粉煤灰:石灰=1:1.0:0.32;再生混合料的最大干密度为 1.28g/cm³;最优含水量为 30%,最佳含水率为 6%。

二、再生固化技术

2.1 建筑废弃物再生固化剂的物理性质

建筑废弃物再生固化剂是一种由石灰、粉煤灰、水等混合而成的固体胶结剂,其主要成分为氢氧化钙,该成分能够与水泥形成水化硅酸钙、铝酸钙等水化硅酸钙凝胶,对水泥的水化起到了促进作用,而水化硅酸钙凝胶能够对水泥颗粒起到骨架作用。试验中以水泥固化料为参照对象,对建筑废弃物再生固化剂的物理性质进行了研究。试验中将不同种类建筑废弃物混合均匀,制成混合料,然后将混合料搅拌均匀后进行养生。养护结束后,测定各龄期的无侧限抗压强度,并分别对其进行压实度、密度、含水量以及烧失量等物理性质分析。

试验结果表明:建筑废弃物再生固化剂的无侧限抗压强度为 1.20~2.33 MPa,无侧限抗压强度高于水泥固化料的无侧限

抗压强度。各龄期的密度均小于水泥固化料的密度,但大于石灰固化料的密度。随着时间的推移,建筑废弃物再生固化剂逐渐硬化成型、脱水密实,其密度呈现增加趋势;水泥固化料则相反。建筑废弃物再生固化剂的含水量小于石灰固化料和水泥固化料的含水量,但大于石灰固化料和水泥固化料的含水量。

2.2 再生固化剂路用性能研究

本文选用建筑废弃物再生固化剂,在水泥稳定土中掺入该固化剂进行试验,通过对比分析不同配比条件下再生固化剂的路用性能,验证建筑废弃物再生固化材料的工程应用价值。

根据建筑废弃物再生固化材料的强度形成特点,可将其分为三种强度等级,分别为:10 MPa、15 MPa 和 20 MPa。再生固化剂主要由水泥、石灰、粉煤灰等组成,其中水泥是主要成分。本文采用 10 MPa 作为再生固化剂的强度标准值,在此强度标准下,掺入再生固化剂后,通过对比分析发现:当掺入 8%~10% (质量分数) 的再生固化剂后,建筑废弃物再生固化材料的抗压强度、劈裂强度和无侧限抗压强度均有不同程度地提高。其中抗压强度增幅最大达到了 29.4%;劈裂强度增幅最大达到了 48.8%;无侧限抗压强度增幅最大达到了 49.2%。因此认为,掺入一定比例的再生固化剂后,建筑废弃物再生固化材料能够明显提高其抗压强度,并且这种提升效果随着加入量增加而增大。此外,随着再生固化剂掺入量的增加,建筑废弃物再生固化材料的破坏形态呈现多样化。

2.3 工程应用

依托某乡村道路基层建设工程,在试验路段中采用建筑废弃物再生固化材料作为基层材料。基层结构形式采用水泥稳定碎石,路基填料采用石灰和水泥稳定碎石,底基层材料采用建筑废弃物再生固化材料。通过施工质量控制,对比分析建筑废弃物再生固化材料的路用性能和工程效果,验证建筑废弃物再生固化材料在乡村道路基层中的工程应用价值。从检测结果可以看出,施工后的试块 28d 无侧限抗压强度达到了 3.71 MPa,符合设计要求。试验路段基层结构强度和刚度均满足相关规范要求,且试验路段中基层回弹模量和弯沉值也都满足设计要求,具有良好的路用性能。因此,建筑废弃物再生固化材料在乡村道路基层建设工程中具有良好的应用前景。

三、材料配合比设计及路用性能

(一) 配合比设计

建筑废弃物再生固化材料的最佳含水量为 15%,最佳含水率随时间变化规律曲线随着时间的增加,含水量逐渐降低,其降低率为 14.3%。结合强度和工程造价来看,该材料的最佳含水量应为 15%~17%,而最佳含水率应在 15%~17%之间。

(二) 性能评价

1. 抗压强度

为研究材料的抗压强度和干缩特性,分别进行了两种龄期的无侧限抗压强度试验和劈裂强度试验。建筑废弃物再生固化材料的无侧限抗压强度随着龄期的增长而提高,但当龄期达到 30d 后,无侧限抗压强度增长速率变缓。结合强度试验结果可知,建筑废弃物再生固化材料的无侧限抗压强度与普通石灰土相近,且具有较好的耐久性。

2. 回弹模量

随着龄期的增长,回弹模量逐渐增加。当龄期达到 28d 后,

回弹模量呈线性增长。结合强度试验结果可知,该材料具有较好的回弹模量。

3. 无侧限抗压强度与养生龄期关系

通过分析无侧限抗压强度与养生龄期关系曲线可知:建筑废弃物再生固化材料的无侧限抗压强度随着养生龄期的增长而不断增加;随着养生龄期的增长,无侧限抗压强度呈线性增长。

4. 劈裂试验

对不同龄期的建筑废弃物再生固化材料进行劈裂试验,随着龄期的增长,无侧限抗压强度不断提高;当龄期达到 28d 后,劈裂破坏形态以斜劈为主。结合强度试验结果可知:建筑废弃物再生固化材料的劈裂强度随着养护龄期的增长而不断提高。

5. 水稳性能

将建筑废弃物再生固化材料掺入到基层中可以提高基层的稳定性和水稳性能。随着龄期的增长,建筑废弃物再生固化材料的无侧限抗压强度均不断增加;当养护龄期达到 28d 后,材料劈裂性能随着龄期增长而不断提高;当养护龄期达到 60d 后,材料劈裂性能随着龄期增加而不断降低;在此基础上进一步研究发现:建筑废弃物再生固化材料对基层水稳性能有一定程度上的改善效果。

四、工程应用效果分析

以湖南省郴州市某乡村道路改造工程为依托,在试验路段上设置了 3 个测点,分别为水泥稳定碎石基层(底基层)、水泥稳定砂砾(底基层),对不同龄期的建筑废弃物再生固化材料的力学性能进行了测试分析。

从测试结果可知,建筑废弃物再生固化材料的抗压强度随龄期增长呈指数增长趋势;在 3 种建筑废弃物再生固化材料中,水泥稳定碎石基层的抗压强度最高,其次为水泥稳定砂砾基层;根据《公路路面基层施工技术规范》(JTJ/TF30-2007)可知,3 种建筑废弃物再生固化材料的强度均可满足《公路路面基层施工技术规范》(JTJ/TF30-2007)中路面基层强度要求。

4.1 施工工艺

(1) 原材料准备:按设计要求的水泥、石灰、粉煤灰、砂等材料进行搅拌,达到质量要求后方可使用;

(2) 拌和:采用 JTJ/TF30-2007 规定的方式进行拌和,拌和采用固定模式,以保证混合料均匀;

(3) 摊铺:采用振动摊铺机进行摊铺,为了保证基层的平整度,可适当调整振动频率;

(4) 碾压:振动碾压应尽量避免对已完成拌和的混合料产生破坏;

(5) 养生可采用洒水车洒水等方式,保证混合料的含水量和压实度达到设计要求;

(6) 质量检测:施工完成后,应对建筑废弃物再生固化材料进行质量检测,确保满足设计要求。

(7) 表面处理:建筑废弃物再生固化材料应在铺筑后 5d 内进行表面处理,以保证其表面光滑、平整、密实。

4.2 施工质量控制

施工过程中应严格按照施工质量要求进行。在材料的运输、摊铺及碾压等环节,应采取有效措施,保证施工质量。水泥稳定碎石的拌和及摊铺过程中,应保证拌和机设备处于良好

的工作状态,确保混合料均匀性。混合料的摊铺应连续、密实、平整,以减少离析现象发生。在碾压过程中,压路机应先轻后重、先慢后快、先静压后振动。压路机在碾压时,应对局部松散部位进行补压。当碾压结束后,应及时检测压实度及含水量,当压实度不小于96%时方可进行下一步的施工作业。

建筑废弃物再生固化材料在乡村道路基层中的应用效果良好,且可充分利用当地建筑废弃物资源,实现资源的循环利用,具有良好的社会效益和经济效益。

五、经济效益分析

建筑废弃物再生固化技术在乡村道路基层工程中的应用研究,可以充分利用建筑废弃物,减少垃圾填埋面积,改善农村环境。通过试验分析可知,将建筑废弃物作为主要原材料进行再生固化技术的应用研究,可取得良好的经济效益。同时,也为今后乡村道路基层建设提供了一种新的方法。

通过对建筑废弃物再生固化技术在乡村道路基层工程中的应用研究,可促进建筑废弃物再生资源的有效利用,推动城市建筑废弃物资源化循环利用,降低工程造价;可将建筑废弃物再生材料用于路基填筑和半刚性基层;也可将其用于基层或底基层铺筑。此外,该技术应用于乡村道路基层建设还可改善乡村道路建设中存在的环境问题。该技术应用于乡村道路基层工程建设可有效缓解交通压力、减少对环境的污染,这也是现代生态文明社会的要求与发展方向。

5.1 减少建筑垃圾填埋面积

建筑废弃物再生材料中含有较高比例的建筑垃圾,而大量建筑垃圾堆积容易对农村环境造成一定程度的污染,同时也会对资源造成浪费。当将建筑废弃物再生材料作为主要原材料时,不仅可以减少垃圾填埋面积,还可以提高工程造价。首先,将建筑废弃物再生材料用于路基填筑和半刚性基层铺筑可减少水泥用量并降低工程造价。其次,将建筑废弃物再生材料作为主要原材料时可有效地提高乡村道路基层的抗压强度与承载能力。最后,将建筑废弃物再生材料作为主要原材料时可有效地减少路基工程施工中产生的环境污染并改善乡村环境。由于农村地区土地资源较为稀缺且闲置率较高,所以在乡村道路建设中会产生大量的废弃土料以及碎石土等材料。

5.2 减少人工投入

乡村道路基层建设与城市道路相比,存在较大的差异,农村道路工程的施工场地、施工设备等都与城市道路存在较大差异,因此,建筑废弃物再生固化技术应用于乡村道路基层工程建设具有显著的优势。该技术应用于乡村道路基层建设可减少人工投入,减少建筑废弃物运输距离,降低运输费用,增加经济效益。同时,在乡村道路基层工程建设中可采用机械化施工设备进行施工作业,提高了工作效率。建筑废弃物再生固化技术应用于乡村道路基层工程建设可节约人力资源成本、缩短施工周期。该技术应用于乡村道路基层工程建设可减少相关工作人员数量,降低人员工资和社会保险等费用支出。

5.3 节约能源

根据相关研究结果表明,建筑废弃物再生材料与天然石料的技术性能相比,其抗压强度、抗冻性能、抗压回弹模量、抗折强度、抗剪强度和收缩性能均有显著提高。但由于再生材料

中含有较多的石灰,因此其单位质量再生材料的能量消耗比天然石料要高。虽然使用再生材料代替天然石料进行工程建设,在施工过程中会产生较大的成本,但由于其具有节约能源的特性,因此可以节约大量能源。在相同的施工工艺下,使用建筑废弃物再生材料代替天然石料进行工程建设,可以降低工程成本;相比于使用天然石料进行工程建设,建筑废弃物再生材料可以减少天然石材的使用量,节约大量的能源。此外,建筑废弃物再生材料也具有一定的保温效果,在相同的施工工艺下,使用建筑废弃物再生材料代替天然石料进行工程建设可以减少一定的能源消耗。

5.4 节省材料,降低成本

通过对建筑废弃物再生固化技术应用于乡村道路基层工程建设,可实现建筑废弃物的再生利用,同时降低了工程造价。通过对建筑废弃物再生固化技术的应用研究,可将其作为路基填料进行填筑或半刚性基层铺筑,减少了工程材料成本,同时也减少了对环境的污染。

六、结论

将建筑废弃物作为一种新型材料应用于乡村道路基层,充分利用建筑废弃物中的再生材料,使其能够有效替代传统的水泥稳定碎石基层材料,满足乡村道路基层建设的使用要求。通过室内试验及现场试验对建筑废弃物再生固化材料的无侧限抗压强度、7d CBR、28d CBR等性能进行了系统研究,为建筑废弃物在乡村道路基层中的应用提供了一定的参考依据。在乡村道路建设中,应根据实际情况选择合适的建筑废弃物再生固化材料,合理地对其进行配比设计,确保其施工质量,为建筑废弃物在乡村道路基层中的应用提供一定的指导意义。

【参考文献】

- [1]田振.含建筑垃圾水稳碎石路面基层材料的使用性能[D].长沙:湖南大学,2016.
 - [2]韩瑞民,祁峰,张名成.建筑垃圾再生混合料配合比设计及性能试验研究[J].公路,2014,3(3):185-188.
 - [3]赵友松,岳红平.建筑垃圾再生材料在市政道路基层中的应用研究[J].道路工程,2018,(6):16-18.
 - [4]张金喜,郭阳阳,孙丽蕊,等.建筑垃圾再生无机混合料性能及工程应用[J].环境工程,2;019,37:322-326.
 - [5]邹胜勇,王学平,陆陈强.建筑废弃物再生固化基层施工工艺研究[J].路基工程,2014,No.176(05):98-102.DOI:10.13379/j.issn.1003-8825.2014.05.22.
 - [6]杜衍庆,王新岐,刘俊等.土木工程废弃物固化再生利用试验研究[J].天津建设科技,2019,29(02):5-7.
- 作者简介:黄涛,男,1986.06,汉族,硕士研究生,副教授,研究方向:新型建材应用。
基金项目:湖北省教育厅科学规划项目 建筑废弃物再生固化技术在乡村道路基层中的应用研究 项目编号: B2021461
作者简介:王梓涵,女,2003.10.1,汉族,本科在读,研究方向:新型建筑材料应用。
基金项目:建筑废弃物再生固化技术在乡村道路基层中的应用研究