

浙东软土、多雨地区掺灰改良土路基适用性分析

王伟明

(余姚市交通规划设计研究院, 浙江 余姚 315400)

摘要: 随着国民经济的迅猛发展,公路建设里程逐年增长,截至2021年底,我国各类公路的总建设里程位居世界第一。未来几年,我国城镇化进程依然维持较快速度,新建建筑、道路、桥梁等基础设施稳步增加,对路基填料的需求量极大。同时,城市发展中各类基建工程建设中产生的建筑废弃土也在不断增多。截至2021年的统计数据表明,我国建筑废弃土年产生量约为35亿t,已占到城市垃圾总量的1/3以上,且仍在快速增长。一方面面临路基填料紧缺,另一方面面临废弃土方难以处置,废弃土方填料化利用就成为一个资源转化利用的方法。结合G329上虞盖北至道墟段改建工程对废弃土方再利用填筑路基进行研究,对弃土掺灰利用方案在浙东地区软基、多雨路段的适用性进行分析,为以后的掺灰改良土路基的填筑施工方案提供有益的技术参考。

关键词: 弃土利用;路基掺灰;软土地基;填筑方案

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)12-0059-04

0 引言

浙江省属于多山的地理环境,内部平原地区多属于河流冲击三角洲或沿海低地平原。平原地区土地资源珍贵,长久以来,道路工程建设过程中多以宕渣作为路基工程的填料,就地取材方便,且宕渣作为路基填料,属于级配较好的粗粒土,具有材料强度高、稳定性好等特点。同时,良好的透水性能适应本地区多雨湿润的气候特点。

但随着社会经济的快速发展,山体资源保护、环境保护的重要性日益增加。近年来一些宕渣原材料供应地、商业料场的大规模关停,导致宕渣资源稀缺,致使宕渣价格飞速增长,路基工程造价增加较多。而随着国民经济的迅猛发展,城镇化进度快速推进,基坑、地铁等建设项目规模快速增大,建设过程中产生大量废弃土方。其中,天然弃土大多因含水量高、压缩性高、力学强度低或渗透性差等原因,无法直接进行利用。城市建设中也面临着弃土难度大、资源浪费的情况。

结合上述情况,考虑通过掺灰改良的手段,对不能直接利用的废弃土实现资源化利用,用作路基填料,既可以解决路基填料紧缺问题,又可以对废弃土方再利用,具有十分显著的社会效益和经济效益。

本文以G329上虞盖北至道墟段改建工程为例,对浙东软土、多雨地区掺灰改良土路基适用性进行了充分的研究。

1 工程概况

G329上虞盖北至道墟段改建工程为G329上虞段的功能外移项目,主线起点接G329余姚段,主线新建段终点与连接线在南北中心大道上顺接,连接线接主线终点,连接线终点与致远大道现状建成段终点相接,路线全长15.917 km。全线采用双向6车道一级公路设计标准,兼顾城市道路功能,设计速度80 km/h,路基宽度45 m。

项目全线采用填方路基,填方总量约86万m³。原设计路基填筑材料主要有碎石、宕渣等。沿线多为优质农田,土地十分珍贵,路基填料全部从附近商业料场购买。

项目区域全线位于海积平原区,场地表部为硬壳层,灰黄色粉质黏土,软塑状~可塑状;下卧灰色,流塑状,淤泥、淤泥质粉质黏土,含贝壳碎片,厚薄不均,一般厚5~30 m,夹粉土、粉砂和软塑状粉质黏土层。软土层具有含水率高、孔隙比大、压缩性高、强度低、地基承载力低等特点,路基段易发生过量沉降、路堤整体失稳、桥头跳车等。局部地段上部为海积粉土,灰色,稍密~中密状,厚2~20 m不等。

项目区属亚热带季风气候区,夏半年(4—9月)主要受温暖湿润的热带或赤道海洋气团控制,冬半年

收稿日期: 2022-03-07

作者简介: 王伟明(1979—),男,本科,高级工程师,从事公路工程设计工作。

(11 月至次年 3 月)主要受寒冷干燥的副极地或极地大陆气团控制。全年季节变化明显,总的气候特征是温和、湿润、多雨。

场地所在地区,每年 7—9 月为台风侵袭期,台风会带来大量降水,其特点为水量集中、历时短、强度大,易造成洪涝灾害。此外,据地勘资料显示,该工程地下水距离地表以下 30~320 cm,其中大部分在 30~180 cm 以内。

2 掺灰改良土路基社会效益

本项目全部位于绍兴上虞地区。上虞地处浙江省绍兴市东部地区,是省级区域交通枢纽中心、绍兴商贸中心和浙东新商都。随着社会的不断发展,在建的城市轨道交通、周边基坑开挖等工程会产生大量的废弃土。参照《绍兴市区建筑垃圾资源化利用专项规划(2020—2025)》,绍兴市 2019 年工程渣土掺量 1 230 万 t,预测 2021 年工程渣土掺量高达 1 641 万 t。2020 年绍兴市备案渣土项目 130 个,备案出土量 2791.8 万 m³,出土量超过 2019 年的 3 倍,为历史最高值;2020 年全市备案登记消纳场所 146 处。2020 年绍兴市产生的土方量将达 2 681 万 m³,但各地与产土量相匹配的消纳场所却严重不足。其中,市级重点项目 2020 年总产土量约 1 389 万 m³,消纳处置缺口已超过 65%,并计划在上虞建设 3 000 hm² 消纳场所,而目前绍兴渣土利用率低,渣土消纳压力巨大。

绍兴作为浙江省唯一入选全国无废试点城市,出台了相关建筑渣土、泥浆的处置利用的管理文件,如《绍兴市工程渣土(泥浆)处置管理办法》(绍政办发〔2020〕11 号)、《绍兴市上虞区建筑渣土处置管理暂行办法》(2017 年 8 月 1 日起施行),明确指出:倡导建筑渣土要通过市场化消纳进行处置,而通过填埋化处理是目前渣土消纳量最大的途径。

在地区发布的相关政策指导下,同时考虑到建筑弃土具有量大、有毒有害物质相对较少且可资源化率高的特点,结合本项目路基填筑材料紧缺,正面临着自然资源紧缺和建筑市场对原材料需求量大的矛盾处境。因此,本项目采用掺灰改良土路基,不仅能够有效解决周边地区建筑工程弃土处理难的问题,还可实现绿色可持续发展,有利于城市的长期规划和发展,有利于建筑废弃土最终出路的解决,具有良好的社会效益。

掺灰土是在细粒土中掺加石灰或水泥等固化材料得到的一种混合材料,在土中掺加一定比例的消

石灰、生石灰粉或水泥等无机类固化剂,通过加水拌合,平整、碾压成型、养生等工序后,成为一种具有一定抗压、抗折等性能的半刚性结构。掺灰土在上海、江苏等平原地区广泛应用,且近年来在嘉兴、湖州等地也有较多应用。

3 掺灰改良土路基设计要点

3.1 对原状土的要求

通过调研,项目周边场地内可利用弃土分为两类。

第一类废弃土为绍兴地铁 1 号线、2 号线建设弃土。主要为基坑开挖土、地铁盾构弃土,不含建筑垃圾。目前场内存量为 80 万 m³ (其中基坑开挖土 50 万 m³、地铁盾构土 30 万 m³),后续有 100 余万 m³ 的弃土,作为本工程主要考虑的土源。其中,将基坑开挖土记为 A 类土,地铁盾构土记为 B 类土。

第二类废弃土为在建上虞南北中心大道的废弃土。弃土方量约为 6 万 m³,因土方量较少,但其初始含水率较低,作为补充土源进行改良试验,供考虑。此土源记为 C 类土。

通过对可利用的 A、B、C 类废弃土开展基本物理试验,分析含水率、液塑限、颗粒分析、有机质等内容,用于进行工程分类。经试验测得,物理指标如表 1 所示。

表 1 不同土类基本物理参数

土类	含水率 /%	塑限	液限	塑性 指数	有机质含量 /%	工程分类
A	36	20	41	21	0.8	低液限黏土
B	45	22	48	26	1.0	低液限黏土
C	28	24	38	14	0.5	低液限黏土

掺灰改良土路基需满足下列要求:液限小于 50,塑性指数 10~26,颗粒的最大粒径不应超过 15 mm,硫酸盐含量不应超过 0.8%,有机质含量不应超过 5%。

由此可见,A 类土与 B 类土为同一类工程土,为低液限黏土,区别在于初始含水率不同;C 类土的粒径与 A 类土、B 类土不同,但也属低液限黏土,均可用作掺灰土料源。

3.2 掺灰设计

针对原状土天然含水量较高的情况,需要进行先降水再添加固化材料。同时,该类土不同于泥浆干化土,其天然含水率高,且在天然条件下晾晒减水难度大。因此,拟通过二次加灰的工艺实现废弃土填料化改良。

(1)通过添加石灰,实现高含水率废弃土的减水,同时实现淤泥的“砂化”,增加减水速率。

(2)待含水率降至可机械拌合状态后,添加石灰或水泥等固化剂,增加填料改良土的强度及水稳定性。

首先,通过击实试验,明确A类土和C类土的最优含水量及最大干密度,即分别对A类、C类的素土进行击实试验。击实试验采用重型标准击实仪。根据《公路土工试验规程》(JTG 3430—2020)规定,具体参数为:击实筒内径152 mm,高170 mm,锤重4.5 kg,落高450 mm,分3层击实。两类土的最优含水率和最大干密度如表2所示,击实曲线如图1所示。

表2 土的最优含水率与最大干密度		
取土点	最优含水率/%	最大干密度/(g·cm ⁻³)
A、B类土	22	1.69
C类土	14	1.72

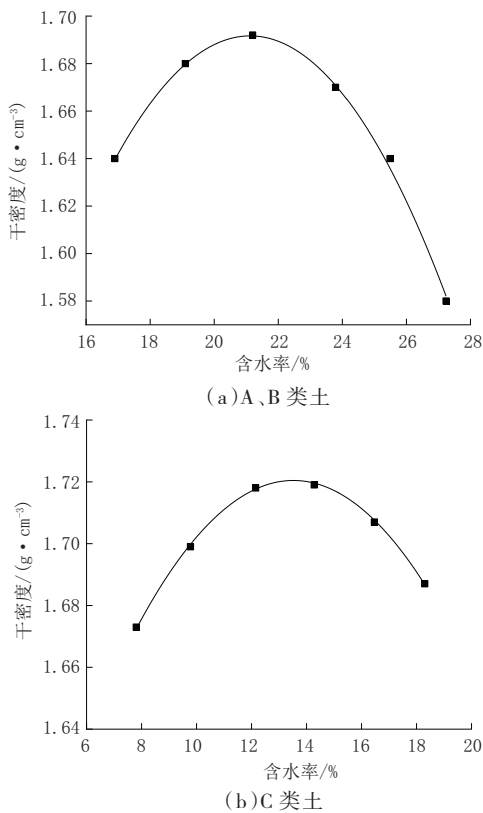


图1 击实曲线

针对不同土源,待含水率降至土体最优含水率+3%时,进行二次加灰(考虑水化反应及水化热的水分消耗),采用不同掺量的水泥或石灰,开展二次加灰。根据《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51—2009)进行CBR测试,依照《公路土工试验规程》(JTG 3430—2020),采用回弹模量仪开展回弹模量的测试,具体结论如表3所示。

项目所选的两种土源经掺灰后CBR均可以满足路基填料的要求,同时根据试验结果也可见二次掺

表3 掺灰土 CBR 及回弹模量测试结果				
基土种类	一次掺灰	二次掺灰	CBR/%	回弹模量 /MPa
A、B	2%石灰	3%石灰	6.5	65
	2%石灰	4%石灰	10.5	72
	2%石灰	5%石灰	13.8	82
	2%石灰	2%水泥	8.2	55
	2%石灰	3%水泥	15.3	108
	2%石灰	4%水泥	23.1	173
C	2%石灰	3%石灰	11.7	75
	2%石灰	4%石灰	20.7	88
	2%石灰	5%石灰	30.2	114
	2%石灰	2%水泥	26.0	153
	2%石灰	3%水泥	49.5	262

灰时水泥改良效果(CBR、回弹模量)要优于石灰改良。

3.3 软基路段掺灰改良土路基适用性分析

项目区全线软土地基,软弱地基在施工期及后续公路运营期均会产生较大沉降,根据设计阶段理论计算,施工期和预压期沉降大多在15~40 cm之间,一般路段工后沉降在5~30 cm之内。从计算结果上分析,掺灰改良土路基在施工预压期间,易产生较大不均匀沉降(盆型沉降曲线),灰土层底易产生较大拉应力。随着路面荷载和车辆荷载的增加,路基裂缝可能逐渐反射至路面,在雨水作用下,将形成恶性循环,加速路基病害发展。

本项目工后沉降不满足要求的路段均需进行软基处理。主要软基处理措施有:(1)桥头路段采用泡沫混凝土、预应力管桩进行处理;(2)一般路段采用堆载预压处理。针对本项目采用掺灰改良土路基填筑设计,全线软基处理路段维持原设计处理方案。同时,为减少地基不均匀沉降对掺灰改良土路基整体的影响,明确软基处理路段掺灰改良土路基底部需设置至少50 cm的碎石或宕渣垫层;掺灰改良土路基最小厚度不小于50 cm,提高路基整体性。

3.4 掺灰改良土路基水稳定性试验

项目地区多雨,每年7—9月为台风侵袭期,台风会带来大量降水,其特点为水量集中、历时短、强度大,易造成洪涝灾害。同时,项目区域内具有填方高度小、地下水位高等特点。因此,应特别重视雨水对掺灰改良土路基稳定性的影响。

虽然在进行CBR试验过程中,已经通过浸水试验验证了其水稳定性。但为分析路基填料水稳定性,本文依照《土壤固化外加剂》(CJ/T 486—2015)中所述的水稳定性系数测试方法,开展不同配比条件下

的掺灰土的水稳定系数测试。具体结论如表 4 所示。

表 4 掺灰土浸水试验结论

土类	二次拌合	强度 /kPa	水稳系数 /%
A、B	2%水泥	645	97.75
	2%水泥	659	
	3%水泥	610	54.31
	3%水泥	1 124	
	4%水泥	1 021	66.62
	4%水泥	1 532	
	4%石灰	756	0
	4%石灰	崩解	
	5%石灰	开裂	0
	5%石灰	崩解	
C	2%水泥	487	70.43
	2%水泥	692	
	3%水泥	610	57.76
	3%水泥	1 056	
	4%水泥	649	57.52
	4%水泥	1 128	

采用石灰改良的掺灰土,浸水后崩解较多,水稳性能较差,采用水泥改良的掺灰土,其水稳系数优于

石灰,但受固化剂掺量影响明显。为防止地下水影响,建议掺灰改良土路基底部标高高出地下水位 50 cm,并设置防渗土工布等防渗措施。

4 结 语

根据上述掺灰土各项试验研究,G329 上虞盖北至道墟段改建工程利用周边废弃土掺灰加固改良后填筑路基是可行的。为提高掺灰改良土路基的工程质量,优先推荐采用 2%石灰+2%~4%水泥的二次掺灰工艺,采用厂拌方式进行施工。同时,软基路段在进行软基处理措施的前提下,通过设置底部垫层、控制最小掺灰改良土路基厚度等措施,提高掺灰改良土路基整体性;设计过程中需注重底部掺灰改良土路基底标高高出地下水位标高,并设置相应的防渗措施。

综上所述,浙东软土、多雨地区掺灰改良土路基在自身材料性能上是可以满足路基填筑要求的。但考虑与宕渣填筑相比,掺灰改良土路基在施工过程中施工要求、难度均较大,在地区推广过程中,需严格把控施工质量,注重工程试验段施工质量。

(上接第 54 页)

体结合地铁施工周边道路的具体情况,实施具体的分流方案,为地铁施工期间缓解交通压力提供一套系统的理论的支撑依据,对以后类似工程项目的前期研究、设计、论证等提供一些经验和参考。

参考文献:

[1] 翟忠民,道路交通组织[M].北京:人民交通出版社:34-46.

[2] 代振环,城市轨道交通施工期间交通组织问题研究[D]. 2013. DOI: 10.7666/d.Y2384118.
[3] Pei,Lijun,Chen,Dewang.Modeling and algorithms on releasing range of traffic guidance information [J]. Journal of Computers,2010, 5(12): 1856-1861.
[4] 张存,地铁车站施工中的地面交通组织方案[J].城市轨道交通研究, 2008,13(2):61-64.