

粉砂岩路堤填筑技术及测试指标试验研究

皮亮, 吴玉财

(广东省高速公路有限公司, 广东 广州 510100)

摘要: 软岩作为路堤填料, 若施工工艺不合理, 极易造成路堤工后不均匀沉降变形。文中依托广东紫惠(河源紫金—惠州惠阳)高速公路项目, 通过现场粉砂岩路堤填筑试验, 测试路堤压实度、动态变形模量和贯入度, 研究粉砂岩路堤填筑技术和路堤填筑碾压过程中各测试指标的变化及相互关系。结果表明, 采用合理的施工工艺, 粉砂岩路堤的压实度可满足路基设计规范的要求; 试验场地粉砂岩路堤的平均动态变形模量与平均压实度、平均贯入度与平均压实度、平均动态变形模量与平均贯入度均表现出良好的相关性, 回归关系均可用乘幂函数表示。

关键词: 公路; 粉砂岩路堤; 填筑技术; 压实度; 动态变形模量; 贯入度

中图分类号: U416.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)02-0052-03

软岩强度低、胶结程度差, 作为路堤填料受到严格限制。方焘等对软岩路基的压实特性进行研究, 得出了软岩路基的最佳含水量、最大干密度及空隙率与粗颗粒含量之间的关系; 袁伟对软岩填料在高速铁路中的适用性进行了分析; 刘新喜等通过对强风化软岩压实特性的试验研究, 认为强风化软岩填料的承载比 CBR 随压实度的增大而增大, 具有良好的压实性能; 向贵府等针对昔格达地区的泥岩和砂质泥岩填料进行饱水前后 CBR 试验, 得出其主要影响因素为含泥量和含水率; 郑明新等提出了软岩填筑路基可行性的初步判定方法; 陈爱云等采用模型试验方法, 对不同颗粒级配、不同含水量软岩路堤在准静荷载作用下的变形机理进行研究, 得出采用一定颗粒级配与含水量软岩填筑的路堤通过压实可满足规范要求。

当前软岩作为路基填料在工程中已有一些应用, 但对软岩路基的大规模、系统性研究并不多见。这主要是因为软岩种类较多, 在物质组成、结构构造、物理力学性质方面, 不同种类软岩既有共性, 又各具特性, 路用性能差别较大, 需分类区别对待。该文依托广东紫惠(河源紫金—惠州惠阳)高速公路项目, 通过现场填筑试验, 研究粉砂岩路堤的填筑施工技术, 并进行粉砂岩路堤压实度、动态变形模量和贯入度测试, 研究粉砂岩填料填筑碾压过程中各测试指标的变化规律, 探讨不同测试指标间的相关性及回归关系。

1 工程概况

紫惠高速公路起于河源市紫金县瓦溪镇, 对接

河惠莞(河源—惠州—东莞)高速公路龙川至紫金段, 终于惠州市惠阳区平潭镇, 与广惠(广州—惠州)高速公路相接。项目区基岩主要为下侏罗系蓝塘群粉砂岩、泥质粉砂岩、页岩、泥岩、炭质岩及其互层。蓝塘群岩石多属极软岩, 遇水极易崩解、软化, 局部软岩具有一定膨胀性。

2 室内试验结果与分析

2.1 液限和塑限

采集典型粉砂岩填料样品, 将其磨碎成细粒土, 按 JTG E40—2007《公路土工试验规程》分别进行液限、塑限试验。试验前将岩样用木碾或粉碎机碾碎, 过 0.5 mm 筛, 加水拌匀后装入容器, 置入保湿箱, 湿润时间不少于 24 h。测试结果表明试验场地粉砂岩填料的液限为 37.4%, 塑限为 28.1%, 塑性指数为 9.3。

2.2 击实试验

按照 JTG E40—2007《公路土工试验规程》对粉砂岩填料进行重型 II—2 击实试验, 试筒直径 15.2 cm, 高 17 cm。试验时试样分 3 层击实, 每层击实 98 次, 允许最大粒径为 40 mm。试验场地粉砂岩填料击实试验结果见图 1。

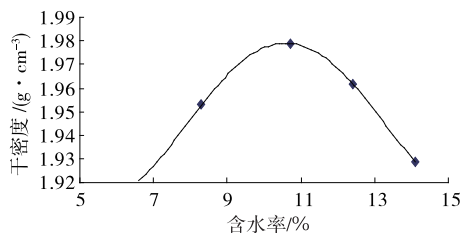


图 1 粉砂岩填料击实曲线

由图 1 可知:试验场地粉砂岩填料的最佳含水率为 10.6%,最大干密度为 1.98 g/cm³。

2.3 CBR 测试

对试验场地粉砂岩填料进行 CBR 测试,结果显示:试验场地粉砂岩填料压实度为 93%时,CBR 为 4.1%;压实度为 94%时,CBR 为 4.6%。其 CBR 满足 JTG D30—2015《公路路基设计规范》的要求。

3 现场试验测试结果与分析

试验场地粉砂岩路堤填筑试验采用的主要机械设备为 26 t 振动压路机、推土机和平地机。路堤填筑平均松铺厚度为 29 cm,平均松铺系数为 1.16。采用推土机履带对软岩填料进行反复碾压,使路堤填料最大粒径小于 150 mm,然后采用 26 t 振动压路机进行碾压,碾压顺序为静压 1 遍→弱振 1 遍→强振 4 遍→静压 1 遍。图 2 为碾压 7 遍后照片。

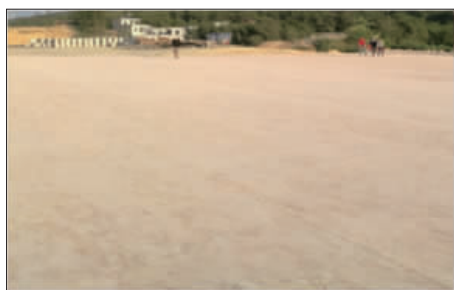


图 2 粉砂岩路堤碾压 7 遍后照片

3.1 路基压实度测试

按照 JTG E40—2007《公路土工试验规程》中灌砂法进行试验场地粉砂岩路堤压实度测试,在距离路基左、右边线 1.5 m 处各选 1 个测试点,路基中部选择 2 个测试点。路堤压实度测试结果见表 1,满足规范中上路堤压实度不小于 94%的要求。

表 1 粉砂岩路堤压实度测试结果

路堤碾压 遍数/遍	路堤平均 压实度/%	路堤碾压 遍数/遍	路堤平均 压实度/%
3	91.4	6	94.8
4	92.3	7	95.2
5	93.6		

3.2 动态变形模量测试

将一定重量的落锤提升至一个固定高度,然后释放自由下落,落锤冲击置放在路基表面的承载板和底座,在冲击荷载作用下,承载板与路基表面产生竖向位移。利用压力传感器和位移传感器记录荷载

和位移时程数据,计算机数据处理软件根据压力和位移峰值计算动态变形模量。

3.2.1 动态变形模量测试装置

(1) 加载装置。加载装置主要由落锤、挂(脱)钩装置、导向杆和阻尼装置构成。落锤重 10 kg,最大冲击力为 $(7\ 070 \pm 70.7)$ N,冲击持续时间为 (18 ± 2) ms。导向杆应平直、光洁。

(2) 承载板。承载板为圆形钢板,直径为 (300 ± 0.5) mm,厚度为 (20 ± 0.2) mm,表面粗糙度不大于 6.3 μm。测振传感器牢固、密贴地安装在承载板的中心位置。

(3) 沉陷测定仪。沉陷测定仪主要由数据采集装置、显示器和打印机构成。

3.2.2 动态变形模量测试结果

路堤碾压 2、4、5、6、7 遍后,进行路堤动态变形模量测试,测试结果见表 2。由表 2 可知:随着碾压遍数的增加,试验场地粉砂岩路堤平均动态变形模量增大。

表 2 粉砂岩路堤动态变形模量测试结果

碾压遍 数/遍	平均动态变 形模量/MPa	碾压遍 数/遍	平均动态变 形模量/MPa
2	75.3	6	90.6
4	83.7	7	95.5
5	87.5		

试验场地粉砂岩路堤平均动态变形模量与平均压实度的关系见图 3。由图 3 可知:试验场地粉砂岩路堤平均动态变形模量和平均压实度的相关性判定系数大于 0.9,两者相关性良好,其回归关系可用乘幂函数 $y = ax^b$ 表示。不同填料路堤的平均压实度和平均动态变形模量间的相关性、回归关系应通过现场试验确定。

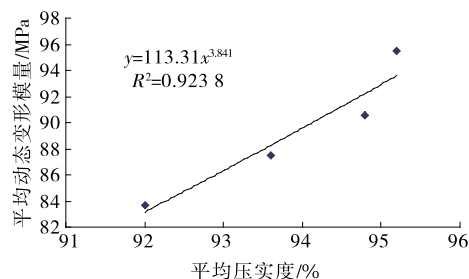


图 3 粉砂岩路堤平均动态变形模量与平均压实度的关系

3.3 动力锥贯入仪现场测试

动力锥贯入仪属于小型轻便地基土原位测试触

探仪,在国外已得到广泛应用,在国内工程中应用不多。动力锥贯入仪由手柄、落锤、导向杆、联轴器(锤座)、扶手、夹紧环、探杆、1 m 刻度尺和锥头构成。标准落锤质量为 8、10 kg;锥头锥尖角度为 90°、60°、30°等,最大直径 20 mm;锥头最大允许磨损尺寸,尖端为 4 mm,直径为 10%,否则必须更换。动力锥贯入仪利用落锤自由落下所产生的动能通过贯入杆传递到锥头,锥头克服土体的阻力贯入土体中,其基本原理类似于中国轻型动力触探仪。锤重 8 kg 的贯入仪从 575 mm 高度落下,每锤击一次产生的贯入能为 45 J。

路堤碾压 2、4、5、6、7 遍后,进行路堤动力锥贯入仪测试。试验场地粉砂岩路堤填筑过程中路堤平均贯入度随路基碾压遍数的变化见表 3,碾压 5 遍后贯入深度—锤击次数关系曲线见图 4。由表 3 可知:随着碾压遍数的增加,粉砂岩路堤平均贯入度减少。

表 3 粉砂岩路堤动力锥贯入仪测试结果

碾压遍数/遍	平均贯入度/(mm·次 ⁻¹)	碾压遍数/遍	平均贯入度/(mm·次 ⁻¹)
2	10.2	6	7.6
4	8.7	7	7.2
5	8.4		

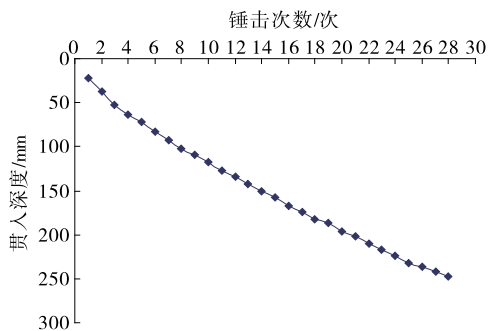


图 4 粉砂岩路堤典型贯入深度—锤击次数关系曲线(碾压 5 遍)

根据贯入度和压实度测试结果,试验场地粉砂岩路堤平均贯入度与平均压实度的相关关系见图 5。由图 5 可知:试验场地粉砂岩路堤平均贯入度和平均压实度的相关性判定系数大于 0.9,两者相关性良好,其回归关系可用乘幂函数 $y = cx^d$ 表示。不同填料路堤的平均贯入度和平均压实度间的相关性、回归关系应通过现场试验确定。

试验场地粉砂岩路堤平均动态变形模量与平均贯入度的关系见图 6。由图 6 可知:试验场地粉砂

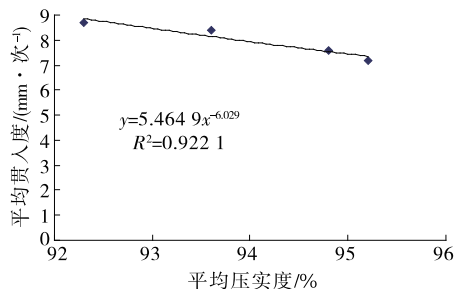


图 5 粉砂岩路堤平均贯入度与平均压实度的相关关系

岩路堤平均动态变形模量和平均贯入度的相关性判定系数大于 0.9,两者相关性良好,其回归关系可用乘幂函数 $y = mx^n$ 表示。不同填料路堤的平均动态变形模量和贯入度间的相关性、回归关系应通过现场试验确定。

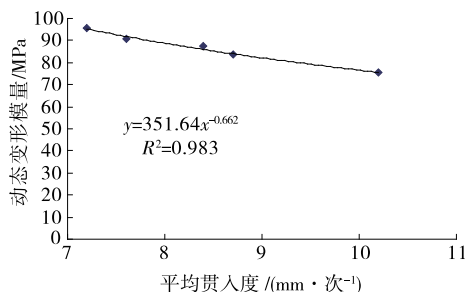


图 6 粉砂岩路堤平均动态变形模量与平均贯入度的关系

4 结论

(1) 利用试验场地粉砂岩进行路堤填筑时,填料松铺厚度为 29 cm。采用推土机履带对粉砂岩填料进行反复碾压,使路堤填料最大粒径小于 150 mm,然后采用 26 t 振动压路机进行碾压,先静压 1 遍,再弱振 1 遍,接着强振 4 遍,最后静压 1 遍。碾压完成后,试验场地路堤压实度满足规范要求。

(2) 随着粉砂岩填料碾压遍数的增加,试验场地粉砂岩路堤平均压实度和平均动态变形模量均增大,平均贯入度减小。

(3) 试验场地粉砂岩路堤平均动态变形模量与平均压实度、平均贯入度与平均压实度、平均动态变形模量与平均贯入度均表现出良好的相关性,其回归关系均可用乘幂函数表示。

参考文献:

- [1] 方焘,郑明新,郭建湖.软岩填筑路基的压实特性研究[J].路基工程,2006(1):52—55.

(下转第 59 页)

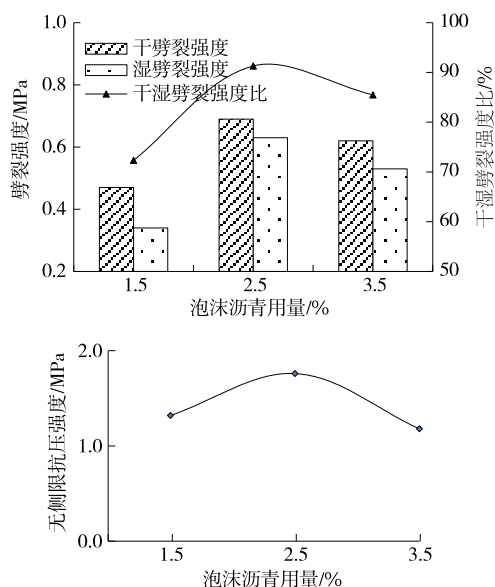


图10 泡沫沥青用量对水泥稳定基层再生混合料强度的影响
滑,导致再生混合料强度及性能下降。

4 结论

(1) 纯铣刨料和掺加新料的2组级配的最佳拌合用水量分别为4.4%、4.8%,最佳沥青用量分别为2.6%、2.8%;其强度均满足规范要求,但冻融劈裂强度比有所差异。建议再生时适当掺加部分粗集料及细集料进行级配改善,提高再生混合料的承载能力、密实度和水稳定性,尤其是在用于更高层位或水稳定性的要求较高时。

(2) 养生方式决定水分在强度形成中发挥作用的程度。采用包裹试件后在40℃温度下养生48h的养生方式,水泥水化强度形成更充分,但其强度增长较慢;采用60℃温度下养生40h的养生方式,后期强度虽略低,但在3d养生期即可达到较高的强度水平,在室内研究时可减少养生时间,提高效率。

(3) 水泥掺量增大可同时提高混合料的劈裂及抗压强度,但掺量超过1.5%时会导致干湿劈裂强度比降低,且掺量过大会增加混合料的刚性,增大开裂风险。工程应用时,建议将水泥掺量严格按照规范中1.8%上限进行控制。

(4) 合理的泡沫沥青用量能提升混合料的强度及性能,其用量不足时黏结强度较低,过多时集料颗粒界面形成润滑,导致再生混合料强度及性能下降。

参考文献:

- [1] 廖洪波.广西百色地区半刚性基层沥青路面冷再生利用研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [2] 李鹏飞,韩占闯.泡沫沥青就地冷再生混合料力学性能影响因素研究[J].中外公路,2019,39(2):260—264.
- [3] 潘高仑,蒋勇.再生添加料对沥青路面泡沫沥青混合料性能影响[J].公路工程,2019,44(1):189—192+233.
- [4] 李志刚,郝培文.养生方法对泡沫沥青冷再生混合料性能的影响[J].北京工业大学学报,2016,42(10):1519—1525.
- [5] 陈祥峰,常明丰,牛晓博,等.水稳基层泡沫沥青冷再生配合比设计研究[J].北方交通,2016(3):55—58.
- [6] 孙建勇,王德群,张晨.泡沫沥青再生水泥稳定碎石基层材料室内试验研究[J].中外公路,2009,29(4):214—217.
- [7] 樊友庆,王万平.泡沫沥青就地冷再生技术在水泥稳定砾石基层中的应用[J].公路,2015(9):46—48.
- [8] 许凯泉.水泥稳定碎石泡沫沥青再生技术研究[D].西安:长安大学,2017.
- [9] 交通运输部公路科学研究院.公路沥青路面再生技术规范:JTG/T 5521—2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019.

收稿日期:2021—04—25

(上接第54页)

- [2] 袁伟.软岩填料在高速公路中的适用性分析与沉降研究[D].长沙:中南大学,2009.
- [3] 刘新喜,夏元友,刘祖德,等.强风化软岩路基填筑适宜性研究[J].岩土力学,2006,27(6):903—907.
- [4] 向贵府,任光明,聂德新.昔格达极软岩填料承载比特征及影响因素研究[J].路基工程,2006(5):25—27.
- [5] 郑明新,方焘,刁心宏,等.风化软岩填筑路基可行性室内试验研究[J].岩土力学,2005,26(增刊):53—56.
- [6] 陈爱云,郭建湖.武广客运专线软岩填筑路基的模型试验研究[J].岩土力学,2008,29(10):2882—2886.

- [7] 舒海明.高速铁路软岩改良土试验及施工工艺研究[D].长沙:中南大学,2008.
- [8] 王一舟.路基动态模量现场测试技术对比分析[J].西部交通科技,2019(7):17—19.
- [9] 查旭东.PFWD快速检测路基模量研究[J].公路交通科技,2009,26(1):26—30.
- [10] 中铁第一勘察设计院集团有限公司.铁路工程土工试验规程:TB 10102—2010[S].北京:中国铁道出版社,2011.

收稿日期:2021—05—22