

风化岩路基填料沉降观测试验研究

韩伟

(云南石锁高速公路建设指挥部, 云南 昆明 650217)

摘要: 为了揭示风化岩填料路基的工程性质, 结合室内击实实验与施工段现场沉降观测实验, 深入分析了风化岩路基沉降随时间的变化规律; 同时, 对风化岩填料路基的边坡防护进行了概述. 该研究成果可用于指导、评价山区高速公路风化岩路基填筑, 这不仅是对保护环境、实施可持续发展战略的双重要求, 而且具有较高的经济效益.

关键词: 风化岩; 路基; 沉降; 边坡防护

中图分类号: U416.1 文献标志码: A 文章编号: 1006-7930(2011)02-0178-05

随着我国国民经济的飞速发展和路网的快速完善, 高速公路建设逐步进入山区, 在全国 960 万平方公里的土地上, 山区面积占到总面积的 70% 以上. 许多山区高速公路沿线地形复杂、优质筑路材料匮乏、沿线石料风化严重, 施工难度大. 大量路基填筑材料只能就地取材, 而现行《公路路基施工技术规范》(JTGF10-2006) 中涉及填石路基相关条目较少, 对于风化类石料如何用于山区高速公路路基填筑, 更是缺乏相应的技术标准及要求.

山区公路建设是制约国家西部开发战略实施的瓶颈, 随着大量省界高等级公路工程的建设开工, 风化类石料填筑路基的问题已经越来越突出, 与传统填筑路基石料相比较, 风化类石料破碎特性、对地基要求、后期性能受环境影响显著等不利因素, 否则采用传统方法采用风化类石料填筑路基造成的危害是不可想象的, 此方面研究工作已经刻不容缓, 势在必行.

1 实体工程简介

某山区高速公路地处秦岭腹地, 地质复杂, 沿线风化石料分布广, 该高速的许多标段路基填筑工程量较大, 特别是 A 标段沿线风化岩石料多, 路基填筑技术难度大.

根据天然级配的筛分结果计算出该高速公路路基填料四种不同风化程度的不均匀系数黄质料、灰质料、隧道石的不均匀系数与曲率系数^[1]. 见表 1.

表 1 四种填料曲率和不均匀系数
Tab.1 Curvature and uniformity coefficient of the four fillers

Indicators	Classification of filler			
	Yellow material	Tunnel rock	Green material	Gray material
Curvature coefficient	4.02	2.86	1.02	2.84
Uniformity coefficient	16	21	2.78	21

从表 1 可以看出, 黄质料、隧道石和灰质料的不均匀系数均大于 10, 且曲率系数对都比较接近, 这三种填料级配良好; 而青质料不均匀系数小于 5, 且曲率系数最小, 表示这种填料级配组成不良.

2 风化岩路基室内击实实验

通过击实试验可得到四种不同风化程度填料的最大干密度和最佳含水量^[2], 进而分析击实所形成的结构与粒料组成、含水量等因素的相关关系. 试验方法参照公路工程《土工试验规程》(JTJ-051-93) 中的击实试验(T0131-93)^[3], 其含水量按 2% 递增.

从以上击实试验结果可以看出, 黄质料的最大干密度值最大, 达到 2 405 g/cm³, 最佳含水量为 6.1%; 其他最大干密度值依次为: 隧道石、灰质料. 前三种填料的最大干密度比较接近, 说明三种填料级配组成良好, 在击实中细料撑开骨料且对孔隙的填筑充分; 三种填料的最大干密度虽然相近, 但对应的最佳含水量不同, 众所周知, 最佳含水量对填料的击实效果影响很大, 在风化岩路基填筑中, 对于级配均匀且细料含量多的填料, 必须严格控制含水量, 才能使其达到最佳的压实效果. 青质料的最大干密度为 2.17 g/cm³, 最佳含水量为 5.1%, 最大干密度明显小于其余三类填料, 其原因主要包括两个方面: 青质料的不均匀系数为 2.78, 属于级配不良的路基填料类型; 从结构上看, 细料填充不充分, 粗骨料孔隙增大, 形成了类似于填石路基的骨架空隙结构^[4].

从以上分析可以得出:

- ①风化岩填料的路基填筑中, 不均匀系数可做为填料级配的一个控制指标^[5];
- ②级配均匀且细料含量较多的风化岩填料施工时, 必须严格控制含水量^[6].

3 风化岩路基沉降规律现场试验

无论何种路基在施工前期和后期都会发生一定程度的沉降, 但风化岩由于其工程性质不同, 填筑路基后的沉降规律也不同于一般填料路基, 因此, 必须通过实际观测, 对该类填料的路基填筑体沉降进行深入研究, 掌握其规律性.

3.1 多功能沉降板测试风化岩路基沉降

目前, 用于观测路基沉降的方法有很多, 最常用的主要有沉降板法、液面沉降仪法、沉降管法. 这些路基路径沉降测量设备不同程度的存在着费用较高、或测量精度不够、或安装时影响施工、不易安装等诸多弊病, 课题组在大量调查研究的基础上, 采用了借鉴在惠州《桥涵台后沉降病害防治技术》中开发的多功能沉降板装置, 该设备已用于惠州西林河大桥台背沉降测设, 具有良好的工程应用效果.

结合实体路基的填土高度等工程特性, 在该高速风化岩填筑路基的沉降测试中采用了四层观测装置, 其设计原理图如图 2 所示: 为了观测路基同一位置不同深度的沉降量, 需要多个沉降板在路基断面的同一竖直线上作平行设置.

多功能沉降板的安装与施工同时进行. 首先, 将测试层 I 的层面整平, 放置沉降板 I, 用水平尺调平. 将沉降板中心螺丝孔用钢套盖住直接填料, 按照填筑路堤的层厚要求填筑压实 2~3 层, 再沿沉降板的中心位置向下挖出直径约 15 cm 的孔道, 直至沉降板中心螺丝孔上的钢套露出. 取掉钢套, 接上若干节导管, 高度以露出顶面为宜. 导管外加套管, 套管底要距沉降板约 15 cm. 套管外填料并夯实到顶面, 再用钢套盖住. 以后的安装以此类推. 结合施工现场具体情况, 共选择两处理设了沉降板, 一个为主线距右路肩 1.5 m 处, 另一个为匝道距右路肩 2.5 m 处.

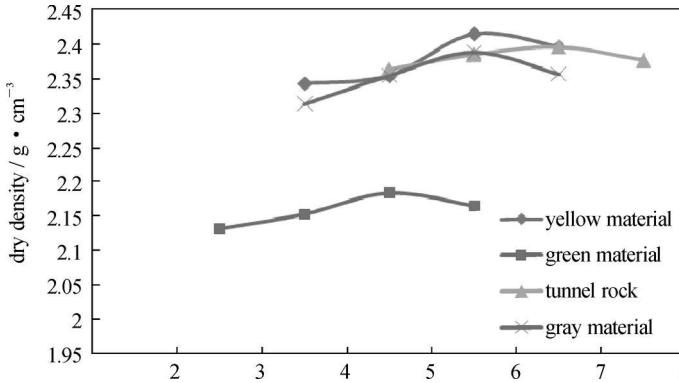


图 1 击实试验结果

Fig. 1 The results of compaction test

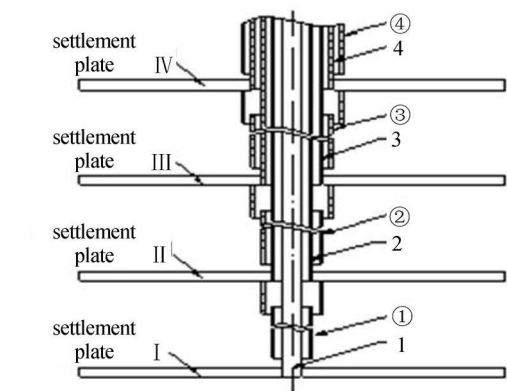


Figure 1, 2, 3, 4 representing the catheter I、II、III、IV, ①、②、③、④ representing the casing I、II、III、IV。

图 2 多功能沉降板整体设计原理图

Fig. 2 The holistic design schematic of multi-functional settlement plate

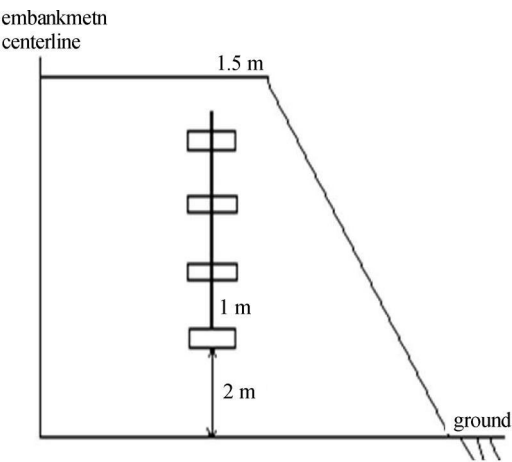


图 3 多功能板 布置平面示意图

Fig. 3 Schematic diagram of a multi-function flat panel layout

3.2 风化岩路基沉降观测结果分析

在该高速风化岩路基填筑的施工过程中, , 主线和匝道各埋设一个多功能沉降板, 路基填筑完成后对各沉降板的导管管顶标高进行了标定, 标高纪录如表 2 所示. 路基填筑完成后一年半的时间内, 每三个月观测一次路基沉降值, 观测数据如表 3、图 4 及图 5.

表 2 风化岩路基各沉降板的导管管顶标高(m)

Tab. 2 Conduit pipe top elevation of weathered rock foundation of the settlement plate(m)

Settlement observation point	1st floor elevation	2st floor elevation	3st floor elevation	4st floor elevation
main line	218. 643	218. 619	218. 611	218. 557
ramp	218. 029	218. 038	218. 907	218. 881

表 3 风化岩路基累计观测沉降值(cm)

Tab. 3 The totally-observed sedimentation of weathered rock subgrade(cm)

Time (months)	layer 1 settlement		layer 2 settlement		layer 3 settlement		layer 4 settlement	
	main line	ramp	main line	ramp	main line	ramp	main line	ramp
3	3. 2	3. 1	3. 1	3. 0	2. 8	3. 1	3. 3	3. 3
6	4. 8	5. 3	4. 8	5. 2	4. 6	4. 8	5. 3	5. 6
9	6. 0	6. 7	6. 3	6. 7	5. 8	6. 2	6. 5	7. 1
12	6. 7	7. 7	7. 1	7. 6	6. 4	7. 1	7. 1	8. 1
15	7. 2	8. 1	7. 3	8. 1	7. 1	7. 7	7. 5	8. 5
18	7. 2	8. 3	7. 6	8. 2	7. 3	8. 3	7. 9	8. 8

表 3 中第 4 层沉为总沉降值, 第 4 层沉降板位于风化岩填筑路基的最顶层, 因而其沉降变形反映了整个路基的沉降变形, 而第 1、2、3 层沉降板分别埋设在风化岩填筑路基的不同深度, 其变形反映了沉降在风化岩路基的内部分布情况, 即风化岩填料路基不同深度处的沉降分布. 4 层沉降规律大体相当, 这是由于路基沉降大体上是上层土随着下层土沉降而沉降, 同时上层土本身会随着时间的而产生干缩沉降, 因而第 1、2、3、4 层沉降值依次增大. 从数据可以看出, 最大沉降值出现在最顶层. 但观测中的数据出现了下层填土沉降值大于上层填土沉降值情况, 其原因可能有几个方面: ①压实度不同^[7]; ②含水量控制不严, 同时随着时间的推移各层将含水量不同; ③填料极不均匀; ④土体逐渐压密, 密度会逐渐变得均衡, 土体颗粒运动使得压缩沉降变形在路基内部重新分布; 就会出现内部沉降大于表层沉降的情况. 但总体上风化岩填料路基土的沉降值表现为上层土的沉降大于下层土.

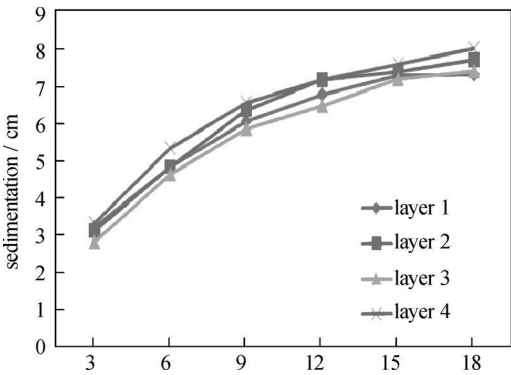


图 4 主线上各层位沉降量变化曲线
Fig. 4 Curve of settlement on the main line

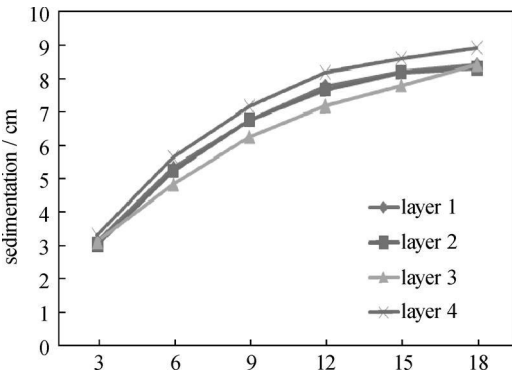


图 5 匝道上各层位的沉降量变化曲线
Fig. 5 Curve of settlement on the ramp

4 风化岩填料路基边坡防护

风化岩路基填料是指由不同粒径颗粒组成的混合物,与普通填石、填土路基填料相比,具有强度低,抗风化能力差,遇水易膨胀、崩解、高吸水性和透水性等特点,工程性质与其他填料相比,强度和稳定性大为降低,对工程建设起着不良的影响^[8].因此,对于风化岩填料路基的边坡防护,对道路的安全运营起着十分重要的作用.

路基边坡防护主要从生态环境安全保障方面进行,常用浆砌片石、锚杆挂网等工程措施结合液压喷播和三维植被技术.目前最多采用的是生态防护措施是在坡面喷射混凝土防护,二、三、四级台阶分级平台布置植物种植槽,为防止降雨从坡面入渗,结合坡面岩体保护和支护处理,进行如下处理:在一级台阶上采用变截面实体护面墙;其余各级台阶喷射 8 cm 厚 20 号混凝土;分级平台上植物种植槽与各级台阶之间喷射 30 cm 厚 20 号混凝土来进行防护.现在较为新颖的方式是客土喷射植草,可以用在需要喷射混凝土的坡段,虽然造价较高,但较好的改变了喷射混凝土造成的景观恶化^[9].如果坡面不易存土,则可以辅以挂土工网或铁丝网的方式.

风化岩填料路基边坡的防护,可根据实际情况合理使用,当时要做到降低工程造价和节约用地的目的.生态防护工程对于防止水土流失,稳固路基,改善路域景观,保障行车安全等具有极为重要的意义.

5 结 语

风化类石料普遍存在于山区干燥地域.在山区高速公路路基修筑成本中,因为填筑材料所发生费用占到路基工程费用 80% 以上,如果就地取材,使用当地风化料用于路基填筑,将至少降低建材运费 50%,据此估算,将风化类石料用于山区高速公路路基填筑,将至少降低路基工程费用 30%,经济效益明显.

通过合理使用风化类石料用于路基填筑,会使得填筑路基石料的选择更为科学、合理.如果能成功地将风化岩应用于山区公路路基填筑,确保此类材料填筑路基使用性能,减少山区高速公路路基施工中填料匮乏的难题,节约大量的工程成本,变废为宝;而且还可以通过减少风化岩弃置量,保护自然环境.因此,针对风化岩的不利工程特性,攻克风化岩路基填筑的关键技术问题,对于风化岩在山区道路的推广应用具有重要意义;同时,这也可以大大降低山区高速公路修筑中因为不合理开采石料造成对生态环境的破坏,社会效益巨大.

参考文献 References

[1] 巫锡勇, 罗 建. 岩石风化与岩石化学成分的变化研究[J]. 地质与勘探, 2004, 40(4): 85-88.
WU Xi-yong, LUO Jian. Study on the Changes of Rock Weathering and Chemical Composition of Rock[J]. Geolo-

- gy and Prospecting, 2004, 40(4): 85-88.
- [2] 郑民新, 方 焘. 风化软岩填筑路基可行性室内研究[J]. 岩土力学, 2005, 25(增刊): 53-56.
ZHENG Min-xin, FANG Tao. Experimental Study on Feasibility of Filled Subgrade with Weathered Soft Rock[J]. Rock and Soil Mechaics, 2005, 25(S): 53-56.
- [3] JTJ051-93, 公路土工试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 1993.
JTJ051-93, Highway soil test procedures[S]. Beijing: China Communications Press, 1993.
- [4] 赵 伟, 余 桢. 风化石击实标准及压实度检测方法[J]. 交通标准化, 2006, 156: 15-18.
ZHAO Wei, YU Zhen. Compaction Criterion of Weathered Stone and Its Compaction Degree Inspect Method[J]. Communications Standardization Issue, 2006, 156: 15-18.
- [5] 李日运, 吴林峰. 岩石风化程度特征指标的分析研究[J]. 岩土力学与工程学报, 2004, 23(22): 3830-3833.
LI Ri-yun, WU Lin-feng. Research on Characteristic Indexes of Weathering intensity of Rocks[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(22): 3830-3833.
- [6] 武 鹤, 王 莉. 风化岩路基填料的击实试验与检测方法[J]. 黑龙江工程学院学报 2001, 15(2): 20-22.
WU He, WANG Li. Compressing Test and Measuring Method of the Decomposed Rock Subgrade[J]. Journal of Heilongjiang Institute of Technology, 2001, 15(2): 20-22.
- [7] 饶金海. 风化石路基的压实与量化[J]. 湖南交通科技, 2000, 26(3): 22-24.
RAO Jin-hai. Compaction and Quantization of Wind Fossil Foundation[J]. Hunan Communication Science And Technology, 2000, 26(3): 22-24.
- [8] 赵建军, 王思敬. 全风化花岗岩抗剪强度影响因素分析[J]. 岩土力学, 2005, 26(4): 624-628.
ZHAO Jian-jun, WANG Si-jing. Control factors on shear strength of completely decomposed granite[J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(4): 624-628.
- [9] 陆旭东, 陈建业, 韩继国, 等. 长白山区公路风化岩边坡客土喷播技术研究[J]. 公路, 2009(10): 216-221.
LU Xu-dong, CHEN Jian-ye, HAN Ji-guo, et al. Study on Spraying technology of Highway weathered rock slope in Changbai Mountain[J]. Highway, 2009(10): 216-221.

Observation and research of weathered rock subgrade settlement

HAN Wei

(Yunnan Shisuo Highway Construction Headquarters, Kunming 650217, China)

Abstract In order to reveal the weathered rock subgrade engineering properties of packing, combining with the compaction test and construction of indoor experiment site settlement observation period, in-depth analysis of the rock embankment settlement may change with time and the weathered rock fill embankment slope protection is also taken into consideration. Therefore this research results can be used to guide mountainous highway roadbed compactness of a weathered rock, which not only benefits environmental protection and sustainable development strategy, but also meets the dual requirement with high economic and social benefits.

Key words weathered rock; subgrade; settlement; slope protection