

三灰花岗岩风化料底基层路用性能

郭永建^{1,2}, 谢永利³, 牛富生^{1,2}, 周浩³

(1. 同济大学 岩土及地下工程教育部重点实验室, 200092 上海; 2. 同济大学 地下建筑与工程系, 200092 上海;
3. 长安大学 公路学院, 710064 西安)

摘要: 针对高速公路沿线存在大量风化花岗岩裸露的问题, 通过理论研究并结合工程实践, 对花岗岩风化料作进一步的改良, 以实现大量挖方工程弃土的再利用, 解决花岗岩风化料存在的易崩解、级配不良的缺点. 提出水泥、石灰、粉煤灰、花岗岩风化料的质量比分别为 2:4:16:78(方案I)、2:6:14:78(方案II)、2:8:12:78(方案III)的3种三灰改良方案, 采用击实、强度、干燥收缩和温度收缩等4类试验, 对三灰花岗岩风化料作为路面底基层的材料特性与改良效果进行对比评价. 试验结果表明, 无侧限抗强度随石灰掺量先减小后持平; 随粉煤灰含量增加先持平后增大; 方案I、II的最大干密度均较大, 为较优的方案; 相比方案I具有最好的抗压强度与劈裂强度, 方案II次之, 方案III最差; 方案I、II的干缩性能较为接近, 方案III的干缩性能较差. 综合试验结果, 可以得出方案I为最优的三灰花岗岩风化料配比方案, 并适宜于作为路面底基层进行应用.

关键词: 花岗岩风化料; 三灰; 底基层; 路用性能

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2013)04-0101-04

Road sub-base course performance of lime-flyash-cement stabilized weathered granite material

GUO Yongjian^{1,2}, XIE Yongli³, NIU Fusheng^{1,2}, ZHOU Hao³

(1. Key Laboratory of Geotechnical and Underground Engineering of Ministry of Education, Tongji University, 200092 Shanghai, China; 2. Department of Geotechnical Engineering, Tongji University, 200092 Shanghai, China;
3. School of Highway, Chang'an University, 710064 Xi'an, China)

Abstract: Aiming at the problem of large number of the weathered granite existed along the expressway, and to recycle the excavation and meet the social and economic benefits, this paper attempts to improve the properties of weathered granite material which is easy to disintegrate and poorly graded. The lime-fly-ash-cement was used to improve the weathered granite material for the pavement sub-base. Three different mix proportion, the mass ratio of cement:lime:fly-ash:weathered granite is: I (2:4:16:78), II (2:6:14:78), III (2:8:12:78) were tested; And four tests of compaction, strength, dry shrinkage and temperature shrinkage were taken to evaluate the effect of road base course performance of lime-fly-ash-cement stabilized weathered granite material. The tests result shows that the strength decreases first and then keeps stable with the increasing of lime, and keeps stable first and then increases with the increasing of fly-ash. The plan I and II have bigger maximum dry density, the compressive strength and spilt strength of plan I are the biggest, those of plan II are the second. The drying shrinkage of plan I and II is similar, and that of plan III is the worst. The rule of temperature shrinkage is the same to the drying shrinkage rule. According to the experimental result, the best mix proportion scheme is mix proportion I (2:4:16:78), which is suitable to the pavement sub-base.

Key words: weathered granite material; lime-fly-ash-cement; sub-base; road performance

收稿日期: 2012-07-05.

基金项目: 交通部西部交通建设科技项目(200631881291).

作者简介: 郭永建(1985—), 男, 博士;

谢永利(1961—), 男, 教授, 博士生导师.

通信作者: 郭永建, guoyongjian1985@163.com.

在我国的一些多山地区, 如河南省西部地区, 山体有较厚的风化花岗岩覆盖层, 穿越该地区的高速公路不可避免地开挖产生大量的弃土, 如果能够

将这些花岗岩风化料应用到路面底基层中,不仅能解决大量挖方工程弃方的再利用,满足社会和经济效益的要求;而且可以对花岗岩风化料作为路面基层的应用提供一定参考.国内外对花岗岩风化料的道路工程应用研究历时较短,且以我国研究者所作的研究作为多.许斯伟^[1]将粤东地区强风化花岗岩用石灰、粉煤灰稳定后用于了广澳大道路面施工中,经过检测各项路用指标均得到了规范要求,是国内较早作为筑路材料在公路中进行应用的实例;郭永建等^[2]在郑石高速路面底基层施工中,对水泥稳定花岗岩风化料的干缩、温缩性能作了全面的分析比较,并得出合理的配比方案;郭乃胜等^[3]以大连地区实体工程为依托,对花岗岩 SMA 混合料配合比设计及其路用性能进行了研究,改善了花岗岩与沥青粘附后混合料的路用性能,达到了规范规定的要求;谭忆秋等^[4]通过冻融劈裂试验,得出花岗岩沥青胶浆的流变学性质与花岗岩沥青混合料水稳定性之间存在良好的对应关系,并找出了影响花岗岩沥青混合料水稳定性的主要因素.

通过国内研究现状的描述可以得出,已有的研究成果主要集中于花岗岩风化料在二灰底基层和沥青面层的应用上,而系统地对花岗岩风化料在强度高、裂缝少、耐久性好的三灰底基层^[5]中的研究则较少.文章在已有研究的基础上,通过击实、强度、干燥收缩和温度收缩等4类试验的角度系统论述了三灰花岗岩风化料作为路面底基层的材料特性与改良效果,并选择最优的配比方案作为底基层材料.

1 试验方案设计

现场取土的花岗岩风化料存在易崩解、级配不良的缺点,筛分试验结果的半对数曲线如图1所示,其中 d 为筛孔直径,原状土的不均匀系数为5.5~9.0,曲率系数为0.880~0.912,为粗粒土中的级配不良的含砂砾类土.作为底基层材料需作一定的改良,文章结合已有文献成果^[6-9],综合考虑经济与社会效益,提出在风化花岗岩中按3种掺入不同比例的水泥、石灰、粉煤灰的配比方案进行改良.水泥、石灰、粉煤灰、花岗岩风化料质量比分别为2:4:16:78(方案I)、2:6:14:78(方案II)、2:8:12:78(方案III).对相应的级配材料进行了击实试验、无侧限抗压强度试验、劈裂试验、干燥收缩试验和温度收缩试验.

2 材料击实试验

图2为花岗岩风化料中掺入相同水泥剂量,

掺入不同石灰和粉煤灰剂量后的击实试验结果.得出3种方案的击实结果分别为:方案I最优含水率为9.1%,最大干密度为 1.865 g/cm^3 ;方案II最优含水率为9.3%,最大干密度为 1.858 g/cm^3 ;方案III最优含水率为12%,最大干密度为 1.842 g/cm^3 .

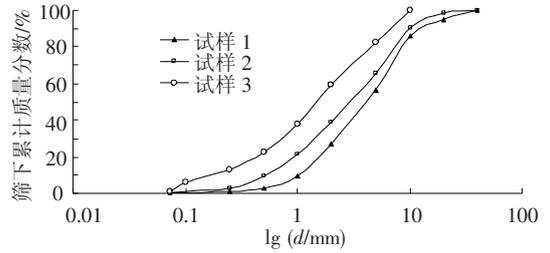


图1 筛分试验曲线

在水泥、花岗岩风化料配比量不变时,石灰、粉煤灰掺量与最优含水率、最大干密度的变化关系为:当石灰掺量(质量分数)从4%增加到8%,同时粉煤灰掺量(质量分数)从16%降到12%时,最大干密度由 1.865 g/cm^3 减小为 1.842 g/cm^3 ,最优含水率由9.1%增大到12%.出现这种变化的原因在于,随着石灰含量减少,水热反应减缓,所需水量降低;同时由于,最大干密度随石灰掺量增加而降低,石灰相对质轻,在总体积下其含量越少试件密度较大.方案I、II通过击实试验得出的最优含水率基本相同,最大干密度均较大,属于较优的方案.

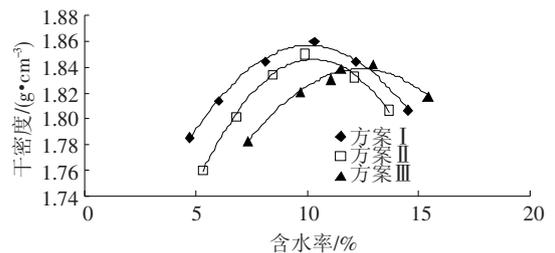


图2 击实试验结果

3 无侧限抗压强度试验

底基层材料的无侧限抗压强度试验按照文献[10]的标准进行,试样为正圆柱体(直径与高度均为150 mm),设计6组平行试件进行试验.试件在标准条件下养生28 d,养生温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,养生湿度为90%.养生完成后进行无侧限抗压试验,由于三灰材料的强度发展较为缓慢,28 d的龄期可以保证其强度值更具有可靠性.试验在压力机上进行,6组试件的无侧限抗压强度试验结果如表1所示.

表1 无侧限抗压强度试验结果

方案	压力/kN						强度/MPa
	试件1	试件2	试件3	试件4	试件5	试件6	
I	67.5	69.5	74.0	70.5	66.5	66.0	3.91
II	62.0	49.0	63.5	65.0	48.5	60.5	3.29
III	50.0	59.5	60.5	54.0	68.0	65.0	3.37

对比3种方案的试验结果,方案I得出的无侧限抗压强度最大,为3.91 MPa;方案II与方案III的试验结果较为接近,分别为3.29 MPa与3.37 MPa.与其他常见半刚性材料无侧限抗压强度试验结果相比,三灰稳定材料的强度增长速度明显低于水泥稳定类,但高于二灰稳定类.

对石灰掺量以及粉煤灰掺量对无侧限抗压强度试验结果的影响作进一步分析,得出如图3、4所示的关系图.无侧限抗压强度随石灰掺量的增加呈现先减小后持平的规律;随粉煤灰含量的增加呈现先持平后增大的规律.二者对无侧限抗压强度的影响呈相反的规律,对比图3、4可知,粉煤灰的含量影响力度要大于石灰.

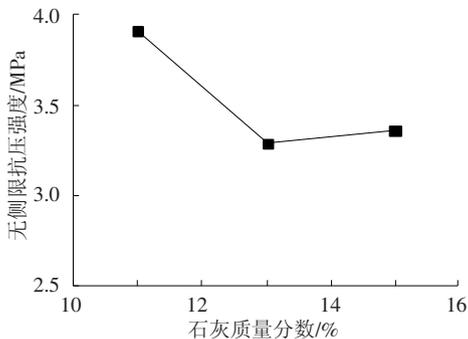


图3 石灰质量分数与无侧限抗压强度关系

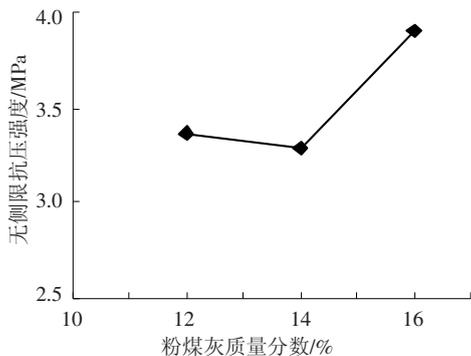


图4 粉煤灰质量分数与无侧限抗压强度关系

4 劈裂试验

由于劈裂力学模型更接近路面材料在车辆荷载作用下的受力状态,用劈裂试验研究底基层材料的疲劳特性较为符合实际.本文分别对3种不同方案下的三灰花岗岩风化料底基层材料进行劈裂试验,试件的养生期均在28 d以上,得出方案

I、II、III的劈裂强度分别为0.578、0.549、0.535 MPa.由于劈裂强度是确定底基层材料抗拉强度的重要指标,其强度越大基层抗开裂能力越强.综合无侧限抗压强度与劈裂试验结果可知,方案I具有最好的强度特性,方案II次之,方案III最差.通过以上对三灰花岗岩风化料底基层材料的击实和力学强度性能的试验研究,可以得出方案I、方案II属于较优的改良方案.

5 干缩、温缩试验

由于热胀冷缩和湿胀干缩是基层材料的属性,研究其干、温缩性能也是研究三灰花岗岩风化料底基层材料路用性能的较为重要的方面^[7].

5.1 干缩试验

本文进行的干缩试验采用卧式试验装置,如图5所示,试件为100 mm × 100 mm × 400 mm的梁试件,试件两端架设千分表测试干缩量.

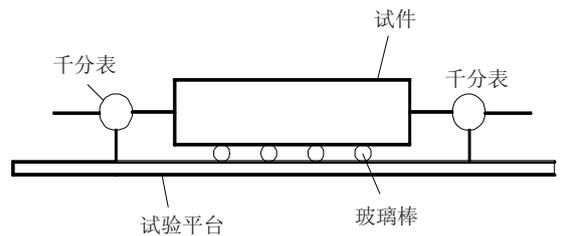


图5 干缩试验装置图

干缩试验得出的干缩应变与时间的关系如图6所示,失水量与时间的关系如图7所示,通过对比3种方案的试验结果,得出的最大干缩应变,方案III的最大,为 847.5×10^{-6} ;方案II的最小,为 600×10^{-6} .方案III的最大失水量最大,为525 g,方案I、II的失水量基本相同,分别为296、283 g.研究认为方案III的干缩性能较差,过大的失水量所产生的较大干缩应变将会产生开裂,影响到底基层的正常运营,不适宜作为底基层材料.

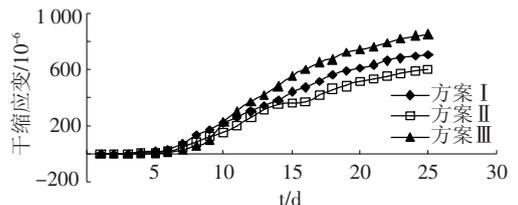


图6 干缩应变随时间变化规律

5.2 温缩试验

温缩试验采用JNZS—2001A型路用材料胀缩试验仪进行试验,试验方案仅选择方案I和方案II,试件尺寸为100 mm × 100 mm × 400 mm.在试验前将养生完成的试件烘干后,贴设电阻应变片,放置在试验箱里面,试验温度为45 ~ -15 ℃,每10 ℃为一级,每级温度至少静置6 h.

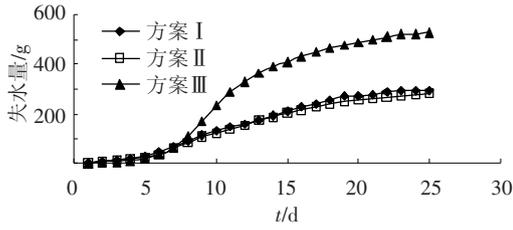


图 7 失水量随时间变化规律

三灰稳定花岗岩风化石料底基层材料的温缩试验结果如图 8、9 所示,通过两种方案试验曲线的比较,可以得出两种方案的温缩应变随温度减小而持续增大,温缩应变数值相差不大.方案 II 的温缩系数稍大,35 ~ 15 °C 时持续减小,15 ~ 5 °C 时持续增大,5 ~ -5 °C 时又不断减小;方案 I 的温缩系数较小,35 ~ 25 °C 时持续减小,25 ~ 15 °C 时持续增大,15 ~ -5 °C 时又不断减小.

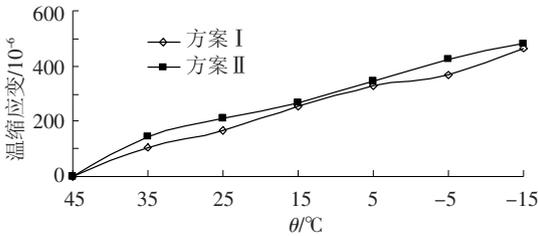


图 8 温缩应变曲线

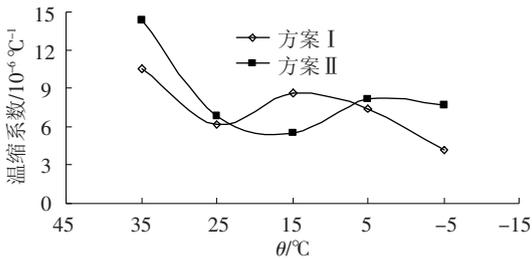


图 9 温缩系数曲线

总体上两种方案的温缩系数相差不大,这是因为温缩特性与水泥含量相关性较大^[11],而二者水泥掺量相同,所以温缩系数较接近.石灰含量增加时,温缩系数有一定的增大趋势,故在石灰的含量较高时,会影响底基层的温缩性能.通过温缩试验认为方案 I 要优于方案 II.与其他常见半刚性材料温缩试验结果相比,三灰稳定材料的温缩性能优于水泥稳定类,通车后的开裂观测也证实了这点.

综合击实、强度、干燥收缩和温度收缩等 4 类试验结果可以得出,最优的花岗岩风化石料底基层配比方案为方案 I.已将该方案在郑州—石人山高速公路中进行应用,该公路通车至今,采用三灰花岗岩风化石料作为路面底基层的位置处未见路面开裂等病害,路用性能良好.

6 结 论

1) 通过室内试验对三灰花岗岩风化石料作为路面底基层的材料特性与改良效果进行研究,发现三灰稳定花岗岩风化石料的击实曲线与传统无机稳定材料相同,可通过击实试验确定最大干密度和最佳含水量.

2) 不同配合比的无侧限抗压强度试验表明,三灰稳定花岗岩风化石料强度符合规范对高速公路底基层强度要求,方案 I 的强度最高;3 种方案的劈裂强度关系为:方案 I 的最大,方案 II 的次之,方案 III 的最小.

3) 干缩试验表明,方案 III 的收缩较大,实际应用时,会造成较为严重的路面开裂问题.

4) 通过室内试验,得出水泥、石灰、粉煤灰、花岗岩风化石料的质量比为 2:4:16:78 (方案 I) 属于最优的改良方案,适宜作为路面底基层材料.

参考文献

[1] 许斯伟. 花岗岩的风化砂砾土路用性质的分析[J]. 中南公路工程, 1993(4): 4-7.

[2] 郭永建, 谢永利, 李哲. 水泥稳定风化岩干缩与温缩性能试验研究[J]. 路基工程, 2009(4): 92-93.

[3] 郭乃胜, 王雪元, 赵颖华. 花岗岩 SMA 混合料的配合比设计[J]. 建筑材料学报, 2009, 12(2): 197-200.

[4] 谭忆秋, 李晓琳, 周兴业, 等. 花岗岩矿料与沥青交互作用能力的研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41(11): 95-98.

[5] 冯平均. 三灰碎石基层配合比设计研究[J]. 交通标准化, 2010(22): 91-93.

[6] KORLA S, LEON R A, TANSEL I N, et al. Design and testing of an efficient and compact piezoelectric energy harvester [J]. Microelectronics Journal, 2011, 42(2): 265-270.

[7] 沙爱民. 半刚性基层的材料特性[J]. 中国公路学报, 2008, 21(1): 2-5.

[8] 魏昌俊. 半刚性路面基层的弯拉和劈裂疲劳特性[J]. 重庆交通学院学报, 1998, 17(1): 58-61.

[9] 沙庆林. 高等级公路半刚性基层沥青路面[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.

[10] JTG E51—2009. 公路工程无机结合料稳定材料试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2009.

[11] 胡力群. 半刚性基层材料结构类型与组成设计研究[D]. 西安: 长安大学, 2004.

(编辑 魏希柱)