

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.06.003

全风化花岗岩路基改良土处理试验研究

杨 阳, 刘 杰, 仵永杰, 王 宁, 王 威

(湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 基于株洲市机场大道一期工程二标段全风化及强风化花岗岩土质路基, 研究了全风化及强风化花岗岩的矿物成分、液塑性指标及加州承载比(CBR)值等, 得出了全风化及强风化花岗岩不宜直接作为路基填料, 必须经过改良才能使用的结论。提出了用石灰改良全风化及强风化花岗岩的处治方案, 并进行了配合比设计, 且对施工工艺提出了要求。

关键词: 全风化及强风化花岗岩; 石灰改良土; 配合比

中图分类号: TU411

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)06-0011-05

Experimental Research on Improvement of the Whole Weathered Granite Subgrade

Yang Yang, Liu Jie, Wu Yongjie, Wang Ning, Wang Wei

(School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract : Based on the whole and strong weathered granite subgrade of the two section of the first project on Zhuzhou city airport road, studied the soil mineral composition, fluid plasticity index and CBR(California bearing ratio) value of the whole and strong weathered granite, and concluded that the whole and strong weathered granite was not suitable for the subgrade filling and it must be improved to use. Put forward the lime improved treatment scheme to solve the problem of whole and strong weathered granite, designed the mixture ratio and presented the construction technology requirements.

Keywords : whole and strong weathered granite ; lime-improved soil ; mix proportion

0 引言

全风化花岗岩广泛分布于我国的中东部以及中南部地区, 它是花岗岩体在物理化学以及生物等风化营力共同作用下, 使其原有结构、成分、性质等产生了不同程度变异的岩石。全风化花岗岩的矿物成分虽与原岩相比有了本质的改变, 但其仍保留了原岩的原始性状, 其主要矿物成分为石英、长石、云母等, 它的化学成分主要为 SiO_2 , Fe_2O_3 和 Al_2O_3 等。全风化花岗岩的工程特性不仅与其母岩花岗岩有关, 而且与其受到的风化作用有关系。

相关科研工作者们对于全风化花岗岩的研究主

要集中在以下几个方面: 全风化花岗岩的分类研究, 全风化花岗岩的物理力学特性研究, 全风化花岗岩作为路基填料的改良试验研究等。其中, 余自立、李志勇等^[1-2]对用全风化花岗岩及其水泥稳定土作为路基填料的工程性质、适用范围以及施工工艺进行了研究。马宏剑等^[3]通过对广东地区全风化花岗岩的路用性质进行了研究, 他们认为, 在全风化花岗岩中添加一定量的细砂, 可以提高全风化花岗岩的加州承载比(California bearing ratio, CBR)值, 从而满足其作为路基填料的性质要求。周援衡等^[4]对全风化花岗岩改良土路基的长期稳定性研究结果表明, 直接用全风化及强风化花岗岩来填筑路基, 其弯沉

收稿日期: 2015-10-19

作者简介: 杨 阳(1991-), 男, 安徽六安人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为桩-土共同作用理论,

E-mail: 1114908249@qq.com

值一般较大,不符合相关规范^[5-7]要求的弯沉值,所以全风化及强风化花岗岩不宜被直接用作路基的填料,必须通过改良才能使其满足路基强度、刚度及弯沉等相关要求。

目前对全风化及强风化花岗岩作为路基填料的常用处治方法,是在全风化及强风化花岗岩中掺入石灰或者水泥,且工程应用表明,其改良效果都比较明显。一般来说,全风化及强风化花岗岩的黏结力比较小,甚至有的地区全风化及强风化花岗岩基本无黏结力,具有结构较松散、液塑限较高、抵抗变形的能力低、承载力差,以及水稳性较差等工程特性。但不同地区风化花岗岩的工程性质存在较大的差异。

在借鉴他人所做的工作的基础上,本文通过室内试验研究湖南省株洲市机场大道一期工程二标段区全风化及强风化花岗岩作为路基填料的工程特性;同时对采用掺入石灰的改良方案时,怎样采用合适的配合比以及施工工艺进行研究,以为株洲地区类似的工程建设提供一定的参考依据。

1 工程概况

将湖南省株洲市机场大道一期工程二标段全段内挖方区土方进行土样送检后发现,现场路基土呈浅红色,粉土、粉砂含量较高,基本无黏性,含水率高,强度指标不高,为全风化及强风化花岗岩。由室内试验测得BK2+400和BK2+760桩号的原状土的特性参数如表1所示。

表1 原状土特性参数

Table 1 The characteristic parameters of natural soils

桩号	最大干密度 / ($g \cdot cm^{-3}$)	液限 / %	塑限 / %	CBR	天然含水率 / %
BK2+400	2.1	40.6	29.1	4.6	23.1
BK2+760					21.6

由表1可得知,原状土的各项指标参数均未达到相关规范^[8]规定的强度指标值,故其不可直接作为路基填料。

2 石灰改良全风化及强风化花岗岩的强度形成机理

在全风化及强风化花岗岩中掺入一定量的石灰进行改良处理,它主要是从如下3个方面来提高原岩的承载力。

1) 化学反应。在风化花岗岩土中加入生石灰后,生石灰粉末接触到土体中的水分,会与之发生水解反应,在反应过程中直接消耗了土中的一部分水分,

反应后生石灰变成了熟石灰,从而减少了土体中的含水量。

2) 水化放热作用。生石灰与水发生反应生成熟石灰,这个过程是放热的,反应时在土体中迅速聚集了大量的热能,造成土体局部温度迅速升高,从而蒸发了一部分土体中的水分。

3) 物理化学作用。土体中的亲水性蒙脱石、伊利石会与生石灰发生复杂的物理化学反应,它们之间的离子相互交换从而形成了一种新的土颗粒结构。与此同时,土颗粒表面附着的氢氧化钙经过硬化结晶,形成一层坚硬的固化层,从而使石灰掺拌土增加了稳定性。

在全风化及强风化花岗岩中掺拌生石灰,由于石灰、水、土之间发生了复杂的相互作用,导致土体由刚开始的土体结团、塑性指数降低、最佳含水量增大以及最大干密度减小过渡到后面的结晶成形,从而提高了土体的整体承载力和抗弯能力等各项性能指标。

3 掺灰量对改良土性能的影响

3.1 掺灰量对无侧限抗压强度的影响

为探讨掺灰量对全风化及强风化花岗岩无侧限抗压强度的影响,采用掺拌石灰质量分数分别为5%,6%,7%,8%的2个桩号土在室内试验制作标准试件2组,试样规格均为:直径50 mm,高50 mm。将标准试样放入恒温的标准养护室养护至规定的龄期7 d,获得了无侧限抗压强度随掺灰量变化的关系曲线,如图1所示。

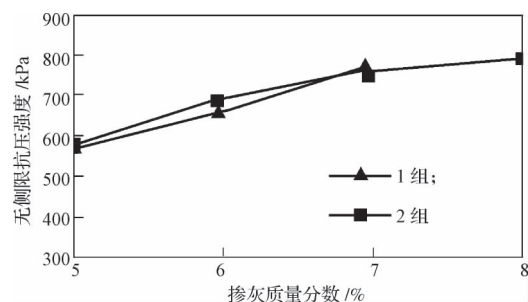


图1 无侧限抗压强度与掺灰量关系

Fig. 1 The relationship of the unconfined compressive strength and amount of lime addition

由图1可以得知,2处全风化及强风化花岗岩的无侧限抗压强度均随着掺灰量的增加而增大,当掺入石灰的质量分数从5%增加到8%时,石灰改良土无侧限抗压强度从568 kPa增加到788 kPa;而从增长趋势看,随着掺灰量的递增,无侧限抗压强度增幅逐渐减小。

3.2 掺灰量对最佳含水率的影响

由于在全风化花岗岩土体中掺入石灰, 会在一定程度上改变土中的水平衡, 改良土的最佳含水率也会随之改变。根据《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》^[9], 通过无机结合料稳定土的击实试验, 得出石灰掺入量与改良后土的最佳含水率关系曲线, 如图 2 所示。

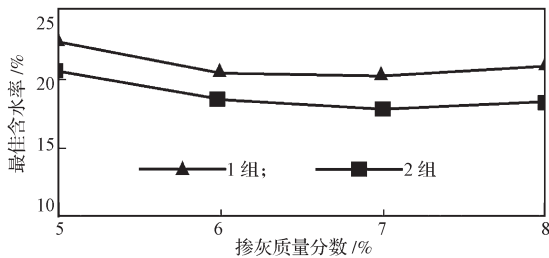


图 2 最佳含水率与掺灰量的关系

Fig. 2 The relationship of the best water content and amount of lime addition

由图 2 可知, 掺灰量对最佳含水率有一定影响, 随着掺灰量的增加, 最佳含水率呈先减小后略增大的趋势。掺入石灰的质量分数为 7% 时, 最佳含水率在 17.8%~20.2% 之间。

3.3 掺灰量对 CBR 值的影响

通过室内试验获得了石灰掺量与 CBR 值的关系曲线, 如图 3 所示。

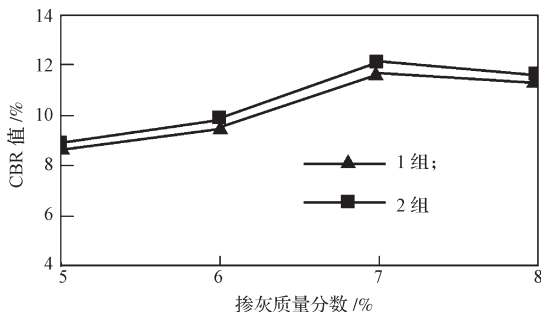


图 3 CBR 值与掺灰量的关系

Fig. 3 The relationship of CBR value and amount of lime addition

通过室内试验获得了不浸水饱和条件下石灰掺量与 CBR 值的关系, 如图 4 所示。

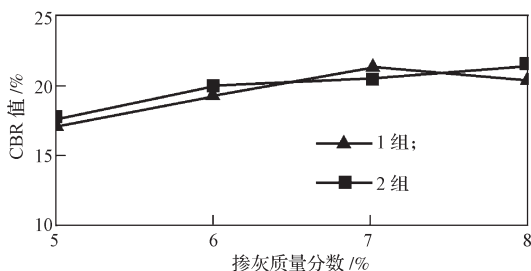


图 4 CBR 值与掺灰量的关系 (无浸泡)

Fig. 4 The relationship of CBR value and amount of lime addition (no soaking)

由图 3 和图 4 可知, 改良土的 CBR 值随石灰掺量的增加略有增加, 且存在一最佳掺量, 对于株洲地区的全风化及强风化花岗岩, 采用石灰改良的最佳掺灰质量分数约为 7%。

工程应用表明: 石灰掺量并不是越多越好, 石灰所占的质量比少, 水反应不强, 石灰的稳定作用发挥不充分, 吸水膨胀, 土的密度、强度不会充分改变。然而当石灰所占的质量比过大时, 其中一部分石灰用于水稳及改良土质强度, 而多余的石灰则更多地充斥在土质中, 以自由灰的形态存在, 不利于稳定土的强度及稳定性等各项指标。

通过室内试验获得了石灰掺量与改良土强度的关系, 结果如表 2 所示。

表 2 石灰掺量与改良土强度的关系

Table 2 The relationship of lime dosage and the improved soil strength

位 置	石灰改良土 抗压强度 /MPa	建议掺入石灰 质量分数 /%
95 区 0~40 cm	≥ 0.6	11~12
95 区 40~80 cm	≥ 0.5	9~10
93 区 80~150 cm	≥ 0.4	7~8
90 区 150~175 cm	≥ 0.3	5~6

4 龄期对改良土性能的影响

在石灰改良土中, 由于石灰、水、土体相互作用需要一定的反应时间, 不同的时间作用下, 改良土的承载性能、强度等指标均有不同程度的改变。取 2 种改良土掺入石灰质量分数分别为 6% 和 7%, 每种 4 个试件, 均放入标准养护室进行养护, 分别养护至 7, 14, 21, 28 d。

4.1 龄期对改良土无侧限抗压强度的影响

对第一组试件进行室内抗压强度试验, 所得结果如图 5 所示。

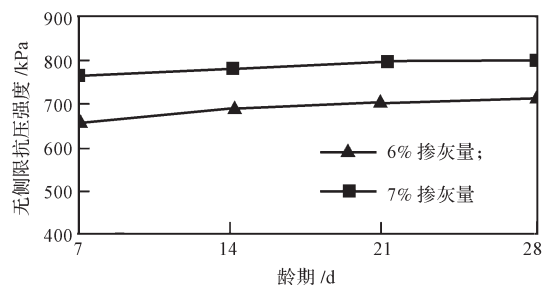


图 5 龄期与无侧限抗压强度的关系

Fig. 5 The relationship of the instar and the unconfined compressive strength

由图 5 可以得知, 随着养护时间的增加, 石灰、水、土充分接触并反应, 改良土的无侧限抗压强度

随之增大。当龄期超过 28d 后, 龄期对改良土的无侧限抗压强度的影响不大。

4.2 龄期对 CBR 值的影响

对第二组试件进行室内 CBR 值测试试验, 所得结果如图 6 所示。

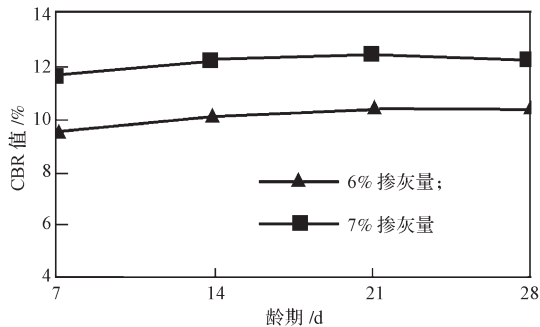


图 6 龄期与 CBR 值关系

Fig. 6 The relationship between the instar and CBR value

由图 6 可以得知, 随着龄期的增加, 改良土的 CBR 值增大。当龄期超过 28 d 后, 龄期对 CBR 值的影响不大。

5 石灰改良土的施工工艺

石灰改良土在施工时应注意以下问题:

- 1) 石灰改良土应尽量采用 CBR 值较大的土源。
- 2) 在石灰改良土施工前, 应该将土基整平, 土基压实度和路面横坡度应符合现场施工要求。
- 3) 石灰改良土应该采取分层施工, 每层的压实厚度约为 20 cm。
- 4) 在不同的分区, 土质土源应按不同的石灰配合比进行施工。
- 5) 采用符合要求的路拌机进行拌和, 拌和次数不得少于施工的相关规定。
- 6) 石灰拌和应有专人负责, 每天要按要求填写好石灰改良土施工现场记录表。
- 7) 石灰改良土要注意水份的使用。土中水份的正确利用对石灰拌和的最终作用有较大的影响, 只有水份适当才能在最小压实的情况下达到最佳的密实度。在拌和前, 应检查土的含水率, 视混合料含水率大小情况酌情洒水。
- 8) 石灰改良土填筑的路基表面必须平整、密实, 不得出现明显的坑洼现象, 严禁用薄层贴补法进行找平处理。
- 9) 石灰改良土在进行现场掺拌时, 因为一部分参与反应, 且需要一定的时间, 在这期间如果因为蒸发的原因造成水份过快流失, 会影响石灰的反

应, 进而直接影响石灰改良土路基的结构强度等。因此, 在施工期间及后期的养护期间, 必须保证足够的水份, 如果水份流失过快应及时补充。洒水养护期一般不少于 7 d, 每次洒水后, 应该用压路机将路基表层压实整平。在养护期间未能采用覆盖措施的石灰改良土层上, 除了洒水车外, 应进行交通封闭。

10) 全风化花岗岩的黏结力较低, 路基的边坡稳定性较差, 所以在进行路基填筑的过程中, 一定要注意路堤和路堑的边坡防护问题。一般来说, 对于路堤边坡, 根据路堤填筑土的高度不同, 可以采取不同的边坡防护方法, 如可采用浆砌片石骨架防护、土工格室培土植草法等。而对于路堑边坡的防护, 一般为边开挖边防护。

6 结论

基于湖南省株洲市机场大道一期工程二标段全段内的全风化及强风化花岗岩的工程特性, 提出了石灰改良方案, 并对改良后全风化及强风化花岗岩的性状进行了试验研究, 可得如下结论:

- 1) 对全风化及强风化花岗岩采用石灰改良, 其 CBR 值有显著提高, 改良土完全满足路用材料的性能要求。在掺灰量小于某一界限值时, 改良土的无侧限抗压强度及 CBR 值均随掺灰量的增加而显著增大; 超过某一界限值后, 掺灰量对改良土的无侧限抗压强度及 CBR 值影响不大。就无侧限抗压强度以及 CBR 值而言, 结合相关文献资料^[10], 株洲地区全风化及强风化花岗岩, 采用石灰改良时, 掺入石灰的最佳质量分数约为 7%。
- 2) 在 28 d 龄期内, 无侧限抗压强度及 CBR 值随龄期的增加而增加; 28 d 后, 龄期对无侧限抗压强度及 CBR 值的影响不明显。

参考文献:

- [1] 余自立, 刘奔江. 高液限花岗岩残积土及水泥稳定土填料的研究[J]. 路基工程, 2006(2): 29-30, 31.
Yu Zili, Liu Benjiang. Research on Granite Residual Soil of Higher Liquid Limit and Cement Stabilized Soil as Embankment Filling[J]. Subgrade Engineering, 2006(2): 29-30, 31.
- [2] 李志勇, 曹新文, 谢强. 全风化花岗岩及其水泥改良土的路用工程性质试验研究[J]. 公路, 2005(8): 67-70.
Li Zhiyong, Cao Xinwen, Xie Qiang. Experimental Study on the Properties of the Whole Weathered Granite and Its

- Cement Modified Soil[J]. Highway, 2005(8): 67-70.
- [3] 马宏剑, 方 磊. 掺砂处理全风化花岗岩路基填料室内 CBR 试验研究[J]. 苏州科技学院学报: 工程技术版, 2006, 19(1): 22-25.
Ma Hongjian, Fang Lei. The CBR Test Research on Intense Weathered Granite Mixed with Grait[J]. Journal of University of Science and Technology of Suzhou: Engineering and Technology, 2006, 19(1): 22-25.
- [4] 周援衡, 王永和, 卿启湘, 等. 全风化花岗岩改良土高速铁路路基填料的适宜性试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(3): 625-634.
Zhou Yuanheng, Wang Yonghe, Qing Qixiang, et al. Experimental Study of Appropriateness of Improved Granitic Residual Soil for High-Speed Railway Subgrade[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2011, 30(3): 625-634.
- [5] 中交第二公路勘察设计研究院. JTG D30—2004 公路路基设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 5-6.
CCCC Second Highway Survey and Design Institute. JTG D30—2004 Specification for Highway Subgrade Design [S]. Beijing: China Communications Press, 2004: 5-6.
- [6] 中交集团第一公路工程局有限公司. JTG F10—2006 公路路基施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2006: 12-13.
China First Highway Engineering Co., Ltd. JTG F10—2006 Technical Specification for Highway Subgrade Construction [S]. Beijing: China Communications Press, 2006: 12-13.
- [7] 交通部第二公路勘察设计院. 公路设计手册: 路基[M]. 2 版. 北京: 人民交通出版社, 1997: 72-73.
Second Highway Survey and Design Institute of Ministry of Communications. Highway Design Manual: Subgrade [M]. 2nd ed. Beijing: China Communications Press, 1997: 72-73.
- [8] 交通部公路科学研究院. JTG E40—2007 公路土工试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007: 139-147.
Highway Research Institute of Ministry of Communications. JTG E40—2007 Code for Highway Geotechnical Testing [S]. Beijing: China Communications Press, 2007: 139-147.
- [9] 交通部公路科学研究院. 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: 28-37.
Highway Research Institute of Ministry of Communications. JTG E51—2009 Testing Code for Inorganic Binding Stabilized Materials of Highway Engineering[S]. Beijing: China Communications Press, 2009: 28-37.
- [10] 张保俭. 既有线提速改建段路基改良土的试验研究[J]. 铁道建筑, 2007(7): 60-62.
Zhang Baojian. Experimental Study on Subgrade's Improved Soil on Speed-Increasing Reconstructed Section of Existing Railway[J]. Railway Engineering, 2007(7): 60-62.

(责任编辑: 邓光辉)