

合徐高速公路沿线地区膨胀土 最优掺灰率试验研究

顾中华 高广运

崔可锐

(同济大学地下建筑与工程系,上海 200092) (合肥工业大学资源与环境学院,合肥 230009)

【摘要】 对石灰改善膨胀土的胀缩性、增强土的强度作了试验研究,得出了掺灰率与强度的关系。提出在膨胀土地区路基处理过程中,对不同路段应确定相应的最优掺灰率的思路,对路基工程建设有一定的参考价值。

【关键词】 膨胀土;胀缩性;无侧限抗压强度;最优掺灰率

【中图分类号】 TU 443

The Experimental Study on the Optimal Ratio of Added Lime in Expansive Soil of He-Xu Expressway

【Abstract】 Researching on the characteristics of expansion and shrinkage of expansive soil modified by lime, the increment of strength of lime treat soil. The relation of ratio of added lime and unconfined compressive strength is obtained. The idea that during the construction of subgrade through expansive soil area different optimal ratios of added lime should be ascertained respectively in different segments is proposed. It will be beneficial to subgrade construction.

【Key words】 expansive soil; characteristics of expansion and shrinkage; unconfined compressive strength; optimal ratio of added lime

1 问题的提出

膨胀土是以粘土矿物为主要成分、颗粒高度分散的、对环境的湿热变化敏感的高塑性粘土。正是由于这种土的显著胀缩特性,常常导致膨胀土地区的房屋建筑、铁路、公路工程等遭受巨大的破坏。随着高速公路建设的发展,穿越膨胀土地区的高速公路路基处理问题也越来越受到重视。

对于穿越膨胀土地区的高速公路的路基处理,采用石灰改善膨胀土时一般的做法是指定统一的掺灰率。笔者认为对于穿越膨胀土地区的高速公路,沿线几百公里,由于控制膨胀土性质的地质构造格局及其微构造格局的

差异导致膨胀土性质有所差别^[1]。对不同性质的膨胀土指定统一的掺灰率来改善其性质是欠妥的。

基于上述思考,笔者结合合徐高速公路肥东—西泉街段的路基工程,对公路沿线地区的膨胀土改善所用掺灰率做了深入系统地试验研究。

2 合徐高速公路南段地理位置

合徐高速公路肥东—西泉街段是北京至福州国道主干道中的重要路段,途经肥东、定远和蚌埠(见图1)。该路也是以合肥为中心的“十”字主干道南北贯通线中的重要路段之一。

作者简介:顾中华,1977年生,男,汉族,江苏南通人,同济大学博士生。研究方向——软土加固与桩基础。

E-mail: xssx1181@sina.com

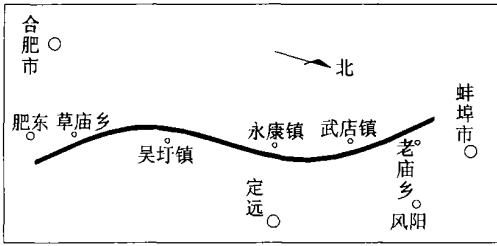
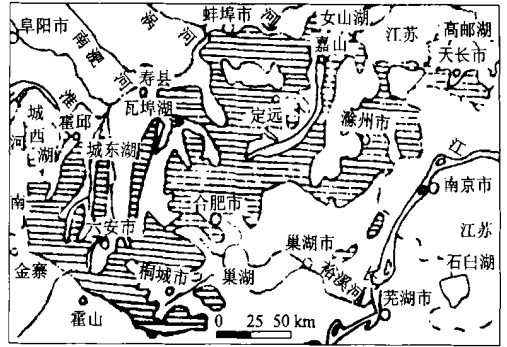


图1 合徐高速公路南段
(肥东-西泉街)交通示意图



注:图中阴影部分为膨胀土覆盖区

图2 安徽省江淮地区膨胀土的分布^[2]

3 膨胀土的分布

合徐高速公路南段所经肥东、定远、凤阳和蚌埠四个县市,位于安徽省江淮地区的中北部。安徽省江淮之间,东至天长市,西到霍邱县的广大地区的二级及二级以上阶地或岗地上广泛分布着具裂隙、胀缩性和超固结性的硬塑至坚硬状态的晚更新世至全新世以来的冲洪积粘土,见图2。

4 膨胀土的基本物理力学指标

试验土料来源于合徐高速公路南段沿线地区(肥东A、定远B、蚌埠C)的取土坑。据钻孔揭露^①和野外观察,研究区内的膨胀土形

成于Q₃时期,一般可分为两层。上部为棕黄色、黄色粘土,厚度为1.5~3m,硬塑一半坚硬状态,含有较多灰白色高岭土,并含有少量的铁锰结核;下层为灰黄色粘土,厚度为2~8m,硬塑一半坚硬状态,含有大量的球状铁锰结核和少量灰白色高岭土。对取自不同地区典型的膨胀土土样进行了基本物理特性试验,土的物理性质指标见表1。

表1 土料的物理性质

| 土样 | 界限含水量 | | | 自由膨胀率 /% | 颗粒分析/% | | | |
|----|----------|----------|------------|-------------|------------|-------------|---------------|-----------|
| | 液限 /% | 塑限 /% | 塑性指数 /% | | 0.3~0.1 mm | 0.1~0.05 mm | 0.05~0.005 mm | <0.005 mm |
| A | 47.0 | 23.0 | 24.0 | 27 | 5.0 | 5.0 | 36.0 | 54.0 |
| B | 43.6 | 22.9 | 20.7 | 35 | 9.0 | 6.0 | 33.5 | 51.5 |
| C | 33.2 | 18.6 | 14.6 | 25 | 7.5 | 0 | 55.0 | 37.5 |

5 试验方法

试验方法按照《公路土工试验规程》(JTJ 051-93)进行。为了进行对比,将取自三个不同地区的土样分别进行不同掺灰比的试验研究。将土样烘干碾碎过2mm筛后风干,按土的质量掺入不同配比的石灰,根据不同的含水量(w(水)为12%~24%)喷水拌合土样。试验采用了5种掺灰比,即w(灰)为4%、6%、8%、10%、12%。按最优含水率和最

大干密度制备作膨胀力和膨胀率及无侧限抗压强度试验的试样。通过试验得出的抗压强度和掺灰率的关系,确定最优掺灰率。

6 试验结果分析

6.1 掺石灰对膨胀土胀缩性的影响

为了研究石灰对膨胀土胀缩性质的影响,对自由膨胀率最大的定远地区的土样进行了不同龄期的自由膨胀率和膨胀力的试验,结果见表2。

①安徽省公路勘测设计院.合徐高速公路南段工程勘察报告.1999

表2 胀缩性试验结果

| 掺灰率 $w(\text{灰})/\%$ | 龄期 /d | 膨胀试验 | | 收缩试验 | |
|-------------------------|----------|-------------|-------------|----------|-----------|
| | | 膨胀力 /kPa | 自由膨胀率 /% | 缩限 /% | 线缩率 /% |
| 0 | | 54 | 45 | 10.5 | 6.0 |
| 4 | 7 | 1.2 | 0.25 | 7.2 | 2.52 |
| | 28 | 0 | 0.12 | 6.1 | 1.40 |

不掺石灰时压实试样的膨胀力高达 54 kPa, 自由膨胀率为 45%。掺石灰后这两项指标都显著下降, 膨胀力和自由膨胀率在掺 4% 石灰 28 d 龄期后已降为 0 或接近为 0。

6.2 最优掺灰率的确定

由于试验条件的限制及考虑到实际路基工程施工中的试验方法, 只做了饱和石灰土的无侧限抗压强度试验。通过无侧限抗压强度试验来确定最优掺灰率是简单、易操作且可行的方法。掺灰率与石灰土在 7 d 和 28 d 不同龄期无侧限抗压强度的试验曲线见图 3、图 4, 其中峰值强度所对应的掺灰率为该研究区膨胀土改善的最优掺灰率。

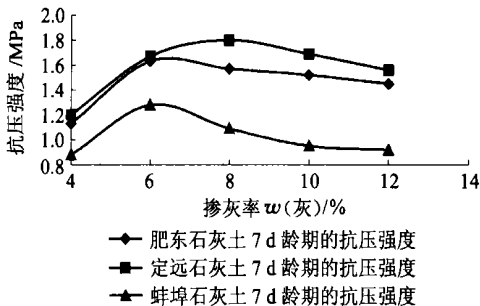


图3 石灰土 7 d 无侧限抗压强度

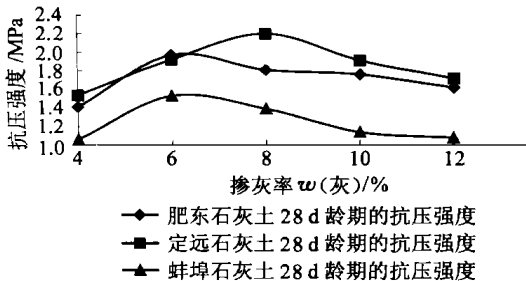


图4 石灰土 28 d 无侧限抗压强度

掺灰率的增加而变大, 达到峰值后, 饱和土的无侧限抗压强度变小。这是由于石灰中强的钙离子取代土中低价的阳离子, 比如粘土颗粒表面的钠离子而发生的阳离子交换, 没有发生交换的钙离子可能会被吸收, 造成总的离子单位质量增大; 当石灰与土混合时, 通过粘土颗粒的絮凝, 土的组织发生了变化^[3]。随着石灰质量分数的增加, 人为地减少了粘粒质量分数, 因而也就相应减小了膨胀与收缩, 提高了石灰土的强度。但过量的石灰在击实过程中除结合掉一部分外还有一部分残留在土中, 阻碍土颗粒的结合, 导致石灰土的强度降低。

7 结论

1) 掺石灰对消除膨胀性的效果是明显的, 而且掺石灰后缩限和线缩率也有所降低, 说明掺石灰不但能消除膨胀性, 对降低施工后的收缩变形也是有效的。

2) 肥东和蚌埠地区膨胀土的最优掺灰率为 6% 左右, 而定远地区膨胀土的最优掺灰率为 8%。

3) 虽然肥东、定远和蚌埠三个地区毗邻, 膨胀土的性质差别也不大, 但改善后饱和石灰土在相同掺灰率下的无侧限抗压强度却有很大的差别。这也验证了笔者在文章开头提出的采用统一掺灰率是不妥的想法。

4) 建议在穿越膨胀土地区的高速公路路基建设过程中, 各施工单位对取自取土坑的土料做不同掺灰率的抗压强度试验, 确定最优掺灰率。

参考文献

- 顾中华. 合徐高速公路膨胀土改性研究及膨胀土与构造的关系; [学位论文]. 2002
- 王国强. 安徽省江淮地区膨胀土的工程性质研究. 岩土工程学报, 1999, 21(1): 119~121.
- 张宛林, 张绍东, 顾凯等. 膨胀土掺石灰对土的工程特性影响机制探讨. 工程地质学报, 1999, 7(4): 372~374