

文章编号:1671-6833(2012)03-0015-04

小剂量石灰稳定土的水稳性试验研究

刘忠玉, 薛勇刚, 王喜军

(郑州大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 为了研究小剂量石灰稳定土的水稳性特征, 制备了石灰剂量质量分数为 4%~8%、压实度为 90% 的石灰稳定土试样, 经 90 d 的标准养护后, 进行了不同饱水时间、不同干湿循环次数下的无侧限抗压强度、劈裂强度和回弹模量试验。试验结果表明: 对于石灰剂量为 4%~8% 的石灰稳定土, 在饱水试验和干湿循环试验中, 其抗压强度、劈裂强度和回弹模量在初期急剧减小, 最终趋于稳定值, 且随着石灰剂量的增加, 水稳性得到改善。

关键词: 石灰稳定土; 水稳性; 饱水时间; 干湿循环

中图分类号: U411.3

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1671-6833.2012.03.004

0 引言

石灰稳定土大量用于基础工程, 还用于处理路基基层和底基层, 此时石灰剂量往往较大。岩土工作者已在此类石灰稳定土的加固机理、灰与土反应的微观机理以及高剂量石灰稳定土强度特性变化规律等方面进行了大量的试验和理论研究^[1-3]。随着使用经验的积累, 已开始将石灰稳定土应用于处理路基, 但此时一般采用较小的石灰剂量, 其质量分数多在 8% 以下。文献[4-5]曾探讨了石灰剂量、压实度和时间对其强度特性的影响, 并将其用于处理过湿或潮湿状态的农村公路路基。考虑到地下水位升降或地表降水或蒸发会影响到处理层的湿度, 因而需要对小剂量石灰稳定土的水稳性进行研究。因此, 笔者参照文献[6-8]的方法, 对低剂量石灰稳定土的水稳性进行了试验研究。

1 试验原材料

试验采用的原材料和文献[4]一样, 即土样取自漯河市某农村公路试验段, 土样参数见表 1。参照文献[9]的分类方法, 试验用土属低液限黏土。石灰选用生石灰经充分消解烘干后的消石灰, 试验前将其碾碎过 5 mm 筛并除去未烧好的石块与杂质, 根据文献[10]的规定, 测得其中有效氧

化钙和氧化镁的含量分别为 56.11% 和 7.14%, 属于 I 级镁质消石灰。

表 1 土样参数

Tab. 1 Parameters of soil

液限/ %	塑限/ %	塑性 指数	自由膨胀 率/%	最优含 水率/%	最大干密度 /(g·cm ⁻³)
39.5	19.2	20.2	26.5	12.9	1.91

2 试件制作与养护

本次试验选取石灰剂量分别为 4%、6% 和 8%。根据文献[10]的规定, 采用甲型试验方法对素土和不同灰剂量的混合料进行击实试验, 测得最优含水率和最大干密度如表 2 所示。

表 2 击实试验结果

Tab. 2 Results of compaction test

石灰剂量/%	0	4	6	8
最优含水率/%	12.9	15.5	16.1	16.4
最大干密度/(g·cm ⁻³)	1.91	1.81	1.77	1.76

试样制作和养护参照文献[10], 在最优含水率和 90% 压实度下用静压成型法制作 $\Phi 50 \text{ mm} \times H50 \text{ mm}$ 的试件, 每组试件 6 个, 然后用保鲜膜密封后在标准养护室对试件养护 90 d。

3 水稳性试验内容与方案

参考文献[6-8], 对小剂量石灰稳定土水稳

收稿日期: 2011-11-20; 修订日期: 2012-01-13

基金项目: 河南省自然科学研究计划资助项目(2010B560015)

作者简介: 刘忠玉(1968-), 男, 河南延津人, 郑州大学教授, 主要从事岩土力学、道路工程的教学和科研工作, E-mail: zhyliu@zzu.edu.cn.

性的室内模拟试验主要有以下两个内容。

3.1 饱水时间模拟试验

路基土一般位于地下水位之上,当地下水位较高时,由于毛细作用路基土湿度将会不断增加,可使得路基土变软。为了模拟这种影响,在试验室水槽中铺设透水石,加水至其顶面下约1 mm,保持水槽平稳,然后将试件置其上,由于毛细作用,试件从水槽中吸水,用不同的吸水天数来模拟现场饱水时间的长短。然后测试吸水一定时间后试件的强度、变形指标及含水率,以分析不同饱水时间对低剂量石灰稳定土性能的影响。

3.2 干湿循环试验

在交通荷载作用下,路基土如频繁失水—吸水,其结构将发生不可逆变化,可导致路基性能下降。为研究频繁失水—吸水循环对路基土性能的影响,文献[6-8]采用试件“在透水石上吸水—自然风干—吸水—自然风干……”一系列干湿循环来模拟现场路基土的失水—吸水循环,分析干湿循环次数对试件力学性能的影响。但需要注意的是,对于自然风干的条件应加以一定的限制。由于自然风干时,环境条件比如温度、湿度不同,自然风干后的效果就不一样,特别是在进行多次干湿循环时需要的时间较长,室内自然温度和湿度有可能发生较大改变,这将直接影响到试验结果的可重复性,也会造成类似文献[6-8]所示曲线

的波动性,因此,笔者采用在可控温度养护箱内风干,为便于比较即选定温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 。对应于自然风干,这里称在可控温度养护箱内的风干为控温风干。

4 试验结果与分析

4.1 饱水时间的影响

根据试验方案,本试验进行了4%、6%和8% 3种配合比,龄期为90 d,饱水时间分别为0~5 d的无侧限抗压强度、劈裂强度、回弹模量和含水率的测试,试验结果如图1所示。

图1(a)和图1(b)分别给出了抗压强度和劈裂强度代表值随饱水时间的变化规律。自然风干1 d后,剂量为4%、6%、8%的石灰稳定土抗压强度和劈裂强度分别高达2.23 MPa, 2.37 MPa, 2.51 MPa和0.148 MPa, 0.160 MPa, 0.177 MPa,但饱水1 d后,其抗压强度和劈裂强度均迅速降低,分别仅为饱水前的41.3%, 42.2%, 50.6%和43.2%, 44.4%, 45.2%;随着饱水时间的增加,石灰稳定土的抗压强度和劈裂强度虽仍有缓慢减小,但逐渐趋于稳定,且抗压强度稳定值与文献[4]对应剂量和压实度的石灰稳定土90 d抗压强度相当,但劈裂强度仅为文献[4]对应剂量和压实度的石灰稳定土90 d劈裂强度的50%~60%,这说明长期饱水会造成劈裂强度衰减较多。另外,

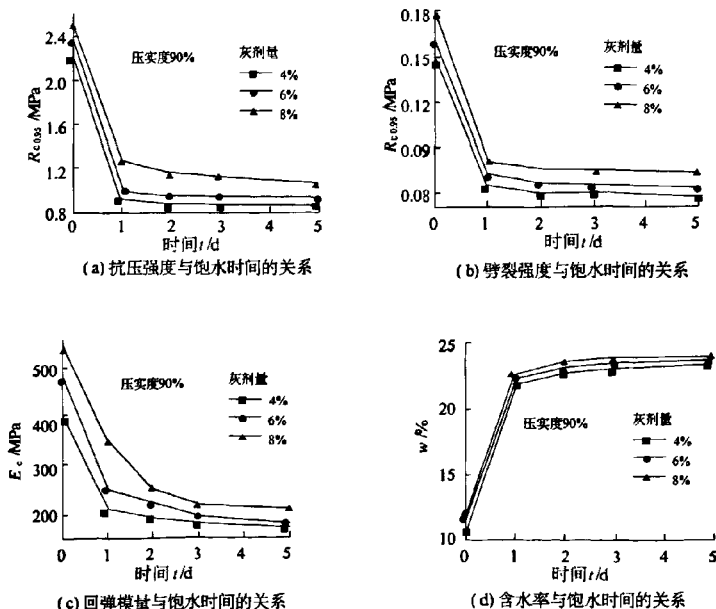


图1 饱水时间对石灰稳定土性能的影响

Fig.1 Effect of soak periods on the performance of lime-stabilized soil

图1(a)和图1(b)还表明,石灰剂量对石灰稳定土的强度影响较大,增大石灰剂量,可以改善石灰稳定土的水稳性。

图1(c)为回弹模量与饱水时间的关系曲线。由图可知:在饱水初期,抗压回弹模量迅速减小,饱水1 d后,抗压回弹模量仅为饱水前的52.7%~53.2%,但随着饱水时间的继续增加,则逐渐趋于稳定。该图还表明,石灰剂量越大,其回弹模量越大。

含水率随饱水时间的增长规律示于图1(d)。很显然,饱水初期,含水率增加很快,随着饱水时间的增加,其含水率仍逐渐升高,并趋于稳定值。

4.2 干湿循环次数的影响

本次试验将压实度90%,灰剂量6%的试件在标准养护室养护90 d后,在20℃养护箱内风干1 d,放置于水槽中的透水石上吸水1 d,然后重复上述动作,并称风干1 d后吸水1 d为一次干湿循环,并分别测试循环次数 $N=0,1,2,3,4,5$ 时

试件的强度、变形指标及含水率,试验结果如图2所示。

图2(a)~(c)分别为抗压强度、劈裂强度以及回弹模量随干湿循环次数的变化规律。由图可知,经过不同次数的干湿循环,石灰稳定土的抗压强度、劈裂强度和抗压回弹模量的变化特征与饱水试验相似,即在最初的干湿循环中,这些指标损失较多,随干湿循环次数增加,这些指标虽都相应减小,但均逐渐趋于稳定,特别是5次干湿循环后的相应值与前述饱水试验的最终值较接近。

图2(d)表示含水率随干湿循环次数的变化规律,试件的含水量在第1次干湿循环后即达到较高值,以后逐渐趋于稳定。

另外,由图2可以看出,由于本次试验采用的是控温风干,而不是自然风干,整个试验过程中温度基本上保持不变,因此,相应曲线已不存在文献[6~8]中试验时出现的波动性。

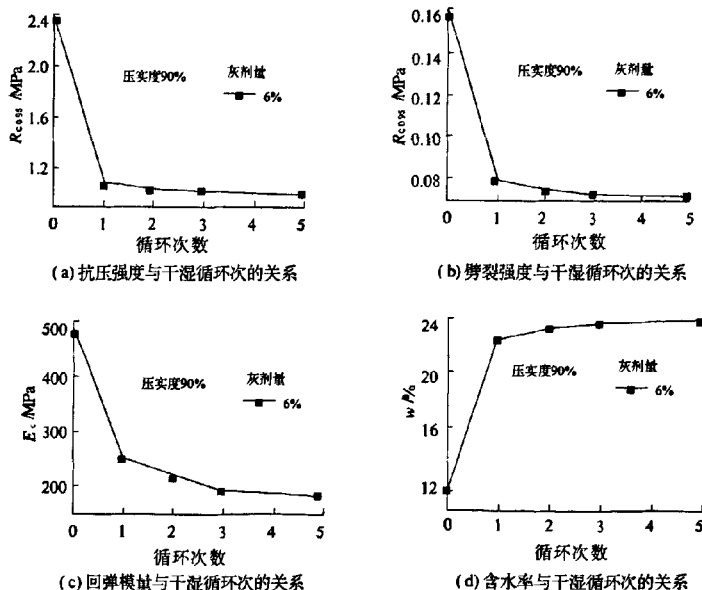


图2 干湿循环次数对石灰稳定土性能的影响

Fig. 2 Effect of wetting and drying cycles on the performance of lime-stabilized soil

5 结论

(1) 随饱水时间或干湿循环的增加,石灰稳定土的抗压强度、劈裂强度以及抗压回弹模量均表现出先急剧衰减,而后趋于稳定的特征,且抗压强度最终值与对应石灰剂量和压实度试样的90 d

标准养护强度相当,但劈裂强度则与后者相差较多。

(2) 石灰剂量越大,石灰稳定土的水稳性越好。

(3) 在干湿循环试验中,为了避免试验结果出现波动性,宜将自然风干改为控温风干。

参考文献:

- [1] 王少君,李红. 石灰土强度的影响因素[J]. 西北公路, 2000(1): 23-25.
- [2] 崔宏环,马平亮. 灰土强度影响因素的实验研究[J]. 河北建筑工程学院学报, 2007, 25(3): 1-2, 5.
- [3] 王昊. 2:8 灰土的残余强度、浸水强度及损伤模型试验研究[D]. 兰州:兰州理工大学土木工程学院, 2009.
- [4] 王奎生. 小剂量石灰稳定土强度特性的试验研究[J]. 河南科学, 2011, 29(3): 315-318.
- [5] 王奎生,刘忠玉,薛勇刚. 路基土湿度对路面结构的影响及处理措施研究[J]. 河南科学, 2011, 29(4): 450-453.
- [6] 冯美果,陈善雄,余颂,等. 粉煤灰改性膨胀土水稳定性试验研究[J]. 岩土力学, 2007, 28(9): 1889-1893.
- [7] 乐金朝,李新明,乐旭东. 钢渣稳定土的水稳性试验研究. 郑州大学学报:工学版, 2010, 31(2): 18-21.
- [8] 乐金朝,李新明,乐旭东,等. 石灰钢渣稳定土的水稳定性试验研究[J]. 建筑材料学报, 2010, 13(6): 773-778.
- [9] 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.
- [10] 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.

Experimental Study on Water Stability of Lime-stabilized Soils with Small Lime Content

LIU Zhong-yu, XUE Yong-gang, WANG Xi-jun

(School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to investigate the water stability of lime-stabilized soils with small lime content, the samples with 4% ~ 8% lime content and 90% degree of compaction are prepared, the unconfined compression test, the splitting test and the compressive resilience modulus test in different soak periods and different wetting and drying cycles have been carried out after these samples have been cured in standard curing room for 90 days. These test results show that, after different soak periods and different wetting and drying cycles, the unconfined compressive strength, splitting strength and compressive resilience modulus of lime-stabilized soil with 4% ~ 8% lime content decrease sharply at the initial stage, and quickly tend to be constant. In addition, the water stability of lime-stabilized soil will be improved with the increase of lime content.

Key words: lime-stabilized soil; water stability; soak period; wetting and drying cycle

(上接第 14 页)

Selection of Phase Change Materials Used in Heat Storage Cooling Asphalt Pavement

ZHANG Yi-bo, ZHU Hong-zhou, LI Jing-ruo, HE Li-hong

(School of Civil Engineering & Architecture, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: According to the factual condition of asphalt pavement, the heat storage capacity, high temperature stability and durability of common phase change materials used under normal temperatures are tested and analyzed through Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), other factors such as phase state transition, phase change temperature, undercooling, phase separation and high temperature performance are considered as well, and then the proposed polyethylene glycol 4000 (PEG4000) undergoes the temperature simulation of molding process of asphalt mixture specimen, the results show that PEG4000 is feasible for adding into asphalt mixture as the phase change heat storage material.

Key words: heat storage cooling asphalt pavement; phase change material; DSC; FT-IR