

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2013.09.005

TG-2 型土壤固化剂水泥石灰土的 强度和稳定性试验

杨 林, 张秉夏

(东北林业大学 土木工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 为进一步了解东北季节性冰冻条件下固化剂稳定细粒土的工程特性, 采用新型 TG-2 型液体土壤固化剂配合水泥、石灰对粘性土进行了综合加固处理。在水泥、石灰和土工程性质试验的基础上, 采用正交方法进行击实试验, 分别测试了加固土的无侧限抗压强度。在满足强度要求的前提下, 确定了 4% 水泥 + 4% 石灰 + 0.015% 固化剂的合理配合比, 并对此配合比的加固土进行了无侧限抗压强度试验、干缩试验、温缩试验和冻融循环试验。试验结果表明 TG-2 型固化剂可有效地提高东北地区粘性土的强度和稳定性。

关键词: 道路工程; 路面基层; 正交试验; 固化剂; 无侧限抗压强度; 稳定性

中图分类号: U416.212

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2013) 09-0027-06

Strength and Stability Test for Cement-lime Stabilized Clay with TG-2 Soil Solidifying Agent

YANG Lin, ZHANG Bing-xia

(School of Civil Engineering, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang 150040, China)

Abstract: In order to further understand the engineering characteristics of stabilized fine grained soil with solidifying agent under the condition of seasonal freeze-up in northeastern China, a new-style TG-2 liquid soil solidifying agent is mixed with cement and lime to strengthen clay. On the basis of the engineering test of cement, lime and clay, compaction test is carried out by orthogonal method to measure the unconfined compressive strength test of the stabilized clay. With satisfying compressive strength, a reasonable mix proportion of cement (4%), lime (4%) and solidifying agent (0.015%) is determined, and unconfined compressive test, desiccation shrinkage test, temperature shrinkage test and freeze-thaw cycle test are carried out on the stabilized clay with the determined mix proportion. The test result indicates that TG-2 soil solidifying agent can effectively improve the strength and stability of the clay in northeastern China.

Key words: road engineering; pavement base; orthogonal test; solidifying agent; unconfined compressive strength test; stabilization

0 引言

为了满足公路建设的需求, 我国近年来逐渐在渠道防冲^[1]、道路路基与基层^[2]等方面推广应用了土壤固化剂材料。东北属于季节性冰冻地区, 典型土壤为细粒粘土, 水泥、石灰加固粘土有如下缺点:

早期强度低; 强度对水泥、石灰用量的依赖性较高; 由干燥失水引起的收缩幅度较大。固化剂的使用可以改善混合料的性能, 提高其无侧限抗压强度, 增加耐久性, 减少部分水泥用量, 从而有效改善这些缺点^[3-4]。在道路工程领域, 固化剂材料主要用于路面基层和底基层^[5]。

收稿日期: 2012-05-29

基金项目: 黑龙江省交通运输厅科技项目 (20101018)

作者简介: 杨林 (1970-), 男, 吉林长岭人, 副教授, 博士. (yanglin@nefu.edu.cn)

对于添加固化剂的路面基层和底基层材料,国内展开了大量研究工作。例如,采用正交试验方法分析固化剂材料的无侧限抗压强度与其胶结材料的关系^[6-7];采用对比试验的方法分析添加固化剂与不添加固化剂对材料干缩、温缩性能^[8-9]的影响;采用冻融循环试验^[10-11]探讨了固化剂材料是否适用于冰冻地区。

TG-2型土壤固化剂具有下列技术特点:稀释的TG-2型土壤固化剂无毒、无害、无污染,是一种环保型材料;渗透性好,与土的和易性好,便于施工;高浓缩、用量少、运输费用低、供应半径大,一般情况下用量只占被加固灰土重量的0.01%至0.03%;应用领域广,既可以用于公路路面基层,也可以用于水利堤坝建设和建筑基底处理;易于储存,不易燃、不爆炸、室温下可存3a以上。

水泥的固化机理为水泥水化反应形成的 Ca^{2+} 离子与土颗粒表面吸附的阳离子发生交换反应,使土颗粒改性和团粒化。石灰的固化机理为降低粘土颗粒水膜的厚度,有利于粘土颗粒形成较强的连结。TG-2型固化剂的固化机理表现为固化剂中的酸性物质对粘土中矿物质成分有一定的侵蚀作用,使其表面变得粗糙,易于吸附其他异性成份,而且有助于有机高聚物分子对矿物质成分的吸附和缠绕,同时固化剂中有机高聚物分子对粘土中矿物质成分产生吸附和物理缠绕,有利于粘土中矿物质成分之间的粘接。因此TG-2固化剂可以与水泥、石灰共同作用于粘土的加固^[12]。

1 原材料工程性质

1.1 土的性质

选取有代表性的土样分别进行下列试验。

(1) 土的颗粒分析

根据《土的工程分类标准》(GB/T50145—2007)规定,试验土样颗粒分析如表1所示,其中细粒含量大于50%,属于细粒土。

表1 土颗粒粒径分析

Tab. 1 Analysis of soil particle size

孔径/mm	5	2	1	0.5	0.25	0.075
百分比/%	100	99	97.6	93.7	85.5	78.4

(2) 液限和塑性指数

选取代表性土样(过0.5mm筛),分3份分别加入不同量的水(土样含水率分别控制在液限、略大于塑限及二者之间),通过液塑限联合测定试验并

根据锥入深度测得土的液限 W_L 为41.1,塑性指数 I_p 为17.3。根据《土的工程分类标准》(GB/T50145—2007),试验土样为低液限粘土。

1.2 其他试验材料性质

(1) 水泥工程性质

水泥为42.5级普通硅酸盐水泥,根据《水泥胶砂强度检验方法》(GB/T17671—1999),对其进行凝结时间、3d抗压强度、28d抗压强度、3d抗折强度、28d抗折强度试验。试验结果如表2所示。

表2 水泥胶砂强度及凝结时间

Tab. 2 Strength and setting time of cement mortar

初凝时间/ min	终凝时间/ min	3 d 抗压 强度/MPa	28 d 抗压 强度/MPa	3 d 抗折 强度/MPa	28 d 抗折 强度/MPa
141	218	21.0	48.7	3.62	6.72

(2) 石灰工程性质

石灰是工程中常用的无机胶结材料,并且是气硬性胶结材料。石灰由于其来源广泛,生产工艺简单,成本低廉,所以至今仍被广泛使用。石灰中氧化钙和氧化镁的含量对稳定土混合料的强度有明显影响。本试验采用钙质消石灰,经测定其钙镁含量为61.4%,为Ⅱ级消石灰。

(3) 固化剂的工程性质

TG-2型土壤固化剂是一种新开发的高分子有机液体固化剂,呈深褐色,PH值小于1,密度为1.30~1.35g/cm³,易溶于水,使用时需用水稀释。本文中,固化剂均采用稀释比例1:100。

2 混合料配合比设计

2.1 试验方案选择

为确定水泥石灰固化剂加固土中各因素的影响,设计正交试验方案如表3所示。

表3 正交试验各因素水平

Tab. 3 Factor levels of orthogonal test

水平	水泥剂量/%	石灰剂量/%	固化剂剂量/%
1	2	2	0.015
2	3	4	0.02
3	4	6	0.025

2.2 固化剂水泥石灰加固土强度试验

工程实际中,压实度往往达不到100%。一般工程所选用压实度标准为96%。故本次试验采用压实度96%。

(1) 击实试验

将材料按照正交试验设计数据配合,进行击实

试验。试验采用 10 cm 内径试筒, 锤重 4.5 kg, 落高 45 cm, 分 5 层每层锤击 27 次击实。试验结果用于制作后期试验试件。

表 4 击实试验结果

Tab. 4 Result of compaction test

试验编号	固化剂/%	石灰/%	水泥/%	最佳含水率/%	最大干密度/(g·cm ⁻³)
1	0.015	2	2	16.18	1.77
2	0.015	4	4	15.88	1.78
3	0.015	6	3	17.43	1.74
4	0.020	2	3	16.46	1.79
5	0.020	4	2	16.53	1.76
6	0.020	6	4	16.39	1.76
7	0.025	2	4	16.54	1.83
8	0.025	4	3	16.59	1.76
9	0.025	6	2	16.95	1.77

(2) 无侧限抗压强度试验

按照击实试验所得最佳含水率与最大干密度制作 $\phi 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 圆柱体试件。将土与石灰、水拌和后装袋密封, 静置 16 h 后加入水泥与固化剂最终拌和。然后将试件装入试模内压实。试件压制成型并脱模后放在温度 20 °C 湿度 96% 的恒温恒湿养生箱内养生 6 d, 之后饱水 24 h 再进行 7 d 无侧限抗压强度试验。试验加载速率为 1 mm/min。

表 5 正交试验直观分析表

Tab. 5 Intuitive analysis table of orthogonal test

试验编号	固化剂/%	石灰/%	空列	水泥/%	强度均值/MPa	变异系数/%
1	0.015	2	1	2	0.74	5.54
2	0.015	4	2	4	2.11	5.31
3	0.015	6	3	3	1.93	5.91
4	0.020	2	2	3	0.93	3.87
5	0.020	4	3	2	1.48	5.34
6	0.020	6	1	4	2.45	5.80
7	0.025	2	3	4	1.69	5.69
8	0.025	4	1	3	1.87	3.80
9	0.025	6	2	2	2.24	3.97
T1	4.78	3.36	5.06	4.46		
T2	4.86	5.46	5.28	4.73		
T3	5.80	6.62	5.10	6.25		
极差 R	1.02	3.26	0.22	1.79		
方差 S	0.64	5.46	0.03	1.86		

从表 5 中的极差行可以看出, 石灰含量对试件

无侧限抗压强度影响最大, 其次是水泥, 固化剂含量影响比石灰、水泥含量要小。

由方差分析可知, 空白列方差最小, 因此应作为误差来源看待。各因素对应的方差统计量 F 分别为: 固化剂 23.43, 水泥 67.81, 石灰 198.83。查方差分析 F 值表知 $F_{0.01} = 99$ 、 $F_{0.05} = 19$ 、 $F_{0.1} = 9$, 因此石灰是影响 7 d 无侧限抗压强度的很显著因素, 固化剂、水泥是影响 7 d 无侧限抗压强度的显著因素。

极差分析和方差分析的结果相同。因此, 石灰含量变化对固化剂水泥石灰土的 7 d 无侧限抗压强度影响最大, 为很显著性因素; 水泥含量变化、固化剂含量变化对固化剂水泥石灰加固土的 7 d 无侧限抗压强度影响作用显著。

根据正交试验分析结果, 以 9 组试验数据为依据, 通过 MATLAB 软件中的 Neural Network 工具 (NN-tool) [13] 对剩余 18 组配合比下的 7 d 无侧限抗压强度进行预测。

首先在 NN-tool 中根据已知的 9 组试验及其试验结果通过训练建立一个 10^{-2} 精度的训练函数; 然后输入 27 组试验的配合比作为已知量, 通过模拟训练函数得到未知量, 即全部 27 组试验的预期值, 如表 6 所示。其中配合比例数据表示水泥 + 石灰 + 固化剂。

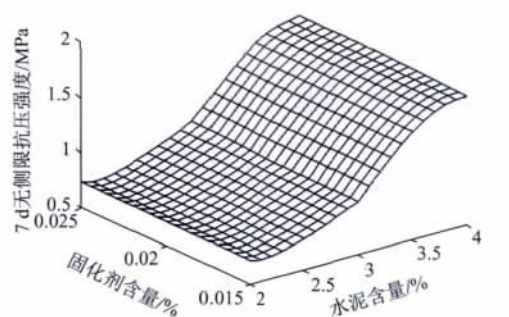
表 6 全部试验配合比 7 d 无侧限抗压强度预期值

Tab. 6 Expected values of 7 d unconfined compressive strength of stabilized clay with all mix proportions

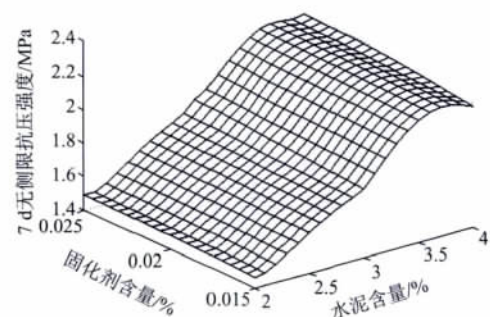
配合比/%	强度/MPa	配合比/%	强度/MPa	配合比/%	强度/MPa
2+2+0.015	0.71	3+2+0.015	0.97	4+2+0.015	1.65
2+2+0.02	0.72	3+2+0.02	0.98	4+2+0.02	1.68
2+2+0.025	0.73	3+2+0.025	1.01	4+2+0.025	1.69
2+4+0.015	1.46	3+4+0.015	1.80	4+4+0.015	2.11
2+4+0.02	1.48	3+4+0.02	1.84	4+4+0.02	2.17
2+4+0.025	1.49	3+4+0.025	1.87	4+4+0.025	2.20
2+6+0.015	1.93	3+6+0.015	2.01	4+6+0.015	2.22
2+6+0.02	2.10	3+6+0.02	2.18	4+6+0.02	2.45
2+6+0.025	2.24	3+6+0.025	2.33	4+6+0.025	2.61

根据全部试验配合比预期值, 通过 MATLAB 建立在不同石灰含量条件下, TG-2 固化剂含量、水泥含量对细粒粘土 7 d 无侧限抗压强度影响的三维网格图, 如图 1 所示。

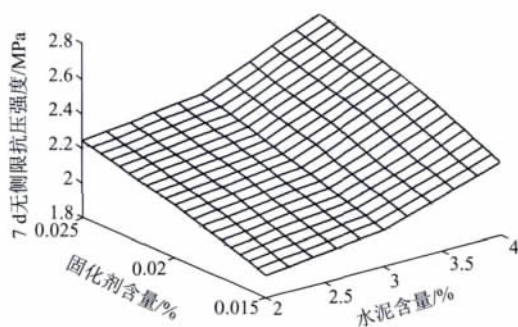
可以看出, 固化剂含量对高石灰含量 (6%) 试件的 7 d 无侧限抗压强度影响较大, 对石灰含量不高 (2%、4%) 的试件影响不大; 水泥含量在



(a) 2% 石灰含量



(b) 4% 石灰含量



(c) 6% 石灰含量

图1 7 d 细粒粘土无侧限抗压强度随固化剂、水泥含量的变化

Fig. 1 7 d unconfined compressive strength of fine grained clay varying with contents of curing agent and cement

3.5%~4%时,试件的7 d 无侧限抗压强度值最大。

(3) 配合比的选择

在96%压实度下,工程实际多要求试件的7 d 无侧限抗压强度达到2.0 MPa以上。因此,根据全部试验结果预期值,在27组配合比中,综合考虑强度和技术经济指标,选择4%水泥+4%石灰+0.015% TG-2 固化剂的配合比进行后续试验,其7 d 无侧限抗压强度为2.11 MPa。

3 无侧限抗压强度

在4%水泥+4%石灰配合比、96%压实度条件下,对是否添加0.015% TG-2 固化剂进行无侧限抗压强度对比试验,试件龄期组成为标准养生6、27、89 d 后水中浸泡饱水1 d,结果如表7所示。

表7 无侧限抗压强度试验结果

Tab. 7 Result of unconfined compressive strength test

龄期/d	添加 TG-2 强度/MPa	不加 TG-2 强度/MPa
7	2.11	1.62
28	3.21	2.00
90	5.97	2.92

可以看出,添加了TG-2型固化剂的水泥石灰加固土在不同龄期的强度都显著高于不添加固化剂的加固土,其7 d 强度已超过不添加固化剂的相同土样28 d 强度,其28 d 强度已超过不加固化剂的相同土样90 d 强度。

TG-2型液体土壤固化剂对加固土强度的提升效果如下:7 d 龄期时提升30.2%,28 d 龄期时提升60.5%,90 d 龄期时提升104.5%。

4 收缩性能

对是否添加TG-2型固化剂的加固土的收缩性能进行对比试验,从干缩试验与温缩试验2方面测试其收缩性能。根据击实试验所得的最佳含水率与最大干密度分别制作50 mm×50 mm×200 mm 长方体小梁试件,所用模具表面平滑,模具与试件接触的6个面均可简单拆卸,方便制件。试件压制成型并脱模后在20℃湿度96%的恒温恒湿养生箱内养生6 d,之后饱水1 d。

4.1 干缩试验

每组取3个小梁试件平行试验。试验前在收缩仪试件下方放置玻璃棒使试件可以轻易移动,在试件两端安置百分表。通过每日定时观察百分表读数测量试件的变形,与加入4%水泥+4%石灰不加固化剂的同样粘土试件进行对比试验。

试验在室内常温状态下进行(20℃),结果如图2所示,其中失水率为累积失水率。

可以看出,1~3 d 时试件处于试验初期,失水率高;4~7 d 时试件处于试验后期,失水率趋于平稳。失水率整体呈递减趋势。

通过同样配合比的加固土中是否添加TG-2 固化剂对比试验结果可以看出:添加TG-2 土壤固化剂以后,加固土的干缩性能有明显改善。干缩系数指标

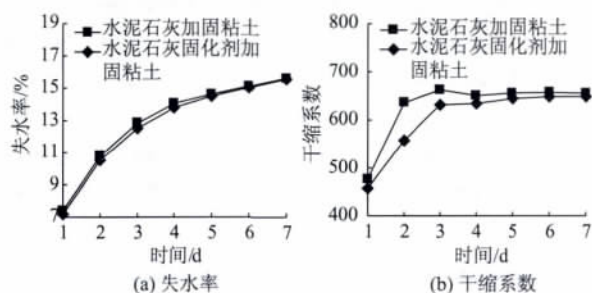


图2 干缩试验结果

Fig. 2 Result of desiccation shrinkage test

平均降低了 4.33%。

4.2 温缩试验

同一配比的 3 个试件为 1 组, 试验温度从 35 °C 起逐级降温, 降温速率 1 °C/min, 保温时间 3 h, 测定 6 个温度级别, 每级间隔 10 °C。试验结果如图 3 所示。

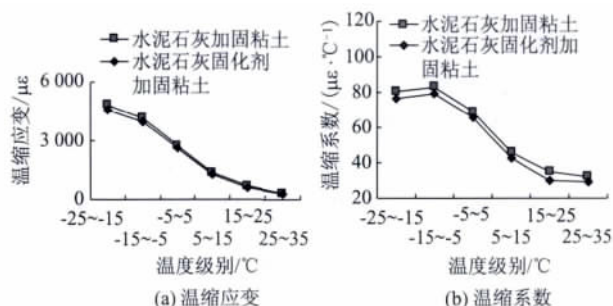


图3 温缩试验结果

Fig. 3 Result of temperature shrinkage test

根据试验结果可以看出, 试验所用土的温缩系数在 -15 °C 以上时, 呈递减趋势; 在 -25 ~ -15 °C 时增加, 整体呈先增后减趋势。添加 TG-2 固化剂的试件温缩系数在 -25 ~ 35 °C 试验区间内的变化曲线整体低于不添加固化剂的试件温缩系数变化曲线, 因此添加 TG-2 固化剂对试件的温缩性能有小幅提升, 平均提升幅度为 7.37%。

5 冻融稳定性

材料的冻融稳定性可根据其承受冻融循环后的质量和强度衰减来表征。采用 96% 压实度下 4% 水泥 + 4% 石灰 + 0.015% TG-2 型土壤固化剂的配合比进行试验, 测试其冻融稳定性。试件尺寸为 $\phi 150$ mm $\times$ 150 mm 的圆柱体, 在 20 °C 恒温 96% 恒湿条件下养生 27 d 后浸水 24 h。每组 7 个试件, 共制 2 组试件: 条件试件和对比试件。条件试件放入低温箱, 低温箱温度控制在 -18 °C, 冻结时间为 16 h; 冻结完毕后放入 20 °C 恒温水槽融化, 融化时间为 8 h, 此为 1 次冻融循环。每次冻融循环后都称取试件质

量并进行外观检查。对比试件不进行冻融循环, 在养生 27 d 之后浸水 24 h, 然后直接测量无侧限抗压强度。试验结果如图 4 所示。质量损失率柱状图由左至右依次代表第 1 次至第 5 次冻融循环后的质量损失率。

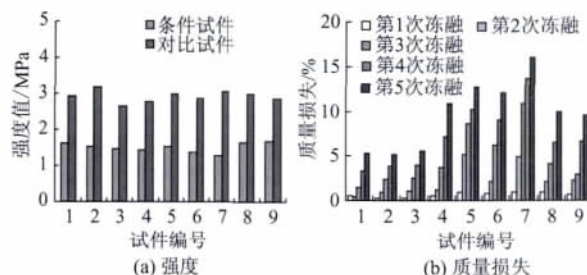


图4 冻融循环试验结果

Fig. 4 Result of freezing and thawing cycle test

通过试验数据可知, 未冻融的对比试件的平均无侧限抗压强度为 2.92 MPa。经过 5 次冻融循环后最高无侧限抗压强度为 1.68 MPa, 最低强度为 1.29 MPa, 平均强度为 1.51 MPa。细粒土在冻融条件下土颗粒的剥落现象比较严重, 质量损失较多, 尤其是第 3 次、第 4 次、第 5 次试验后非常明显。而土颗粒的剥落也导致了圆柱体试件结构的残缺, 使得冻融后强度急剧下降。另外本试验采用饱水冻融, 试件内部的水分冻后结冰体积增大, 也从内部降低了试件冻融后的无侧限抗压强度。其 5 次冻融循环后的无侧限抗压强度残留值 BDR 为 51.64%, 试件质量变化率为 9.68%。

6 结论

(1) 通过添加 TG-2 型固化剂可以加速土壤固化。在水泥石灰土中添加 TG-2 型土壤固化剂可以显著提升加固土的强度。

(2) 添加 TG-2 型土壤固化剂、水泥、石灰的细粒粘土中, 石灰含量对其 7 d 无侧限抗压强度影响最大, 是显著性因素。

(3) 采用 0.015% TG-2 固化剂与 4% 水泥、4% 石灰加固土的 7 d 无侧限抗压强度可达到 2.11 MPa, 其干缩性能、温缩性能均优于不添加 TG-2 固化剂的水泥石灰加固土, 冻融循环后无侧限抗压强度剩余 51.5%。因此添加 TG-2 型固化剂的加固土在东北有着很好的应用前景。

参考文献:

References:

[1] 张海燕, 韩苏建, 李元婷, 等. 土壤固化剂用于渠道

- 防渗工程初探 [J]. 水土保持通报, 2004, 24 (1): 40-42.
- ZHANG Hai-yan, HAN Su-jian, LI Yuan-ting, et al. An Elementary Study on New Soil Consolidator Used to Control Channel Seepage [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2004, 24 (1): 40-42.
- [2] 朱志铎, 郝建新, 赵黎明. 高性能固化剂稳定粉质土路基的效果分析 [J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2009, 32 (10): 1599-1601, 1611.
- ZHU Zhi-duo, HAO Jian-xin, ZHAO Li-ming. Analysis of Stable Effect of Silty Subgrade by Solidifying Agent with High Performance [J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2009, 32 (10): 1599-1601, 1611.
- [3] 姜利, 邢志强. 路邦 EN-4 固化剂稳定土路用性能试验研究 [J]. 公路交通科技, 2010, 27 (3): 54-58.
- JIANG Li, XING Zhi-qiang. Experimental Research on Performance of Soil Stabilized Roadbond EN-4 Soil Stabilizer [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2010, 27 (3): 54-58.
- [4] 罗海兵, 周莉, 肖兵. 对城市道路中淤泥固化土处理软土地基的浅析 [J]. 中国市政工程, 2012 (4): 11-13.
- LUO Hai-bing, ZHOU Li, XIAO Bing. Analysis of Silt Solidified Soil in Soft Soil Foundation Treatment for Urban Roads [J]. China Municipal Engineering, 2012 (4): 11-13.
- [5] 唐明, 尹国英, 祝广军, 等. 新型 ASC 土壤固化剂在道路底基层的应用 [J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2006, 22 (1): 105-108.
- TANG Ming, YIN Guo-ying, ZHU Guang-jun, et al. Application of New ASC Soil Stabilizer in the Sub-base of a Road [J]. Journal of Shenyang Jianzhu University: Natural Science Edition, 2006, 22 (1): 105-108.
- [6] 张日晨, 车平, 黄宏伟. 抗裂纤维加固泥岩泥化物固化体试验研究 [J]. 地下空间与工程学报, 2007, 3 (6): 1069-1072.
- ZHANG Ri-chen, CHE Ping, HUANG Hong-wei. Study on Mechanical Properties and Water Stability of Stabilized Slaking Mudstone [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2007, 3 (6): 1069-1072.
- [7] 杨林, 姜华. 复合固结黏性土强度及抗裂性能的正交试验 [J]. 东北林业大学学报, 2008, 36 (2): 49-52.
- YANG Lin, JIANG Hua. Orthogonal Experimental Design for Strength and Anti-crack Performance of Compound Stabilized Clay Soil [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2008, 36 (2): 49-52.
- [8] 王加龙, 何兆益, 黄维蓉. 无机结合料和固化剂稳定粉土收缩性能研究 [J]. 重庆交通学院学报, 2005, 24 (2): 83-89.
- WANG Jia-long, HE Zhao-yi, HUANG Wei-rong. Research on the Shrinkage Characteristic of Powdered Soil Stabilized by Binder and Solidification Powder [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University, 2005, 24 (2): 83-89.
- [9] 王朝辉, 刘志胜, 王晓华, 等. 应用新型 CVC 固化剂固化淤泥路用性能 [J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2012, 32 (5): 1-6.
- WANG Chao-hui, LIU Zhi-sheng, WANG Xiao-hua, et al. Study on the Performance of Road Built with CVC Solidified Silts [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2012, 32 (5): 1-6.
- [10] 沈正, 黄晓明. 固化粉煤灰试验研究 [J]. 公路交通科技, 2007, 24 (1): 26-29.
- SHEN Zheng, HUANG Xiao-ming. Test Study on the Solidified Fly Ash [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (1): 26-29.
- [11] 王朝辉, 王选仓, 谭雪琴. 路用风积沙固化剂配制及其混合料性能 [J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2011, 42 (1): 192-198.
- WANG Chao-hui, WANG Xuan-cang, TAN Xue-qin. Preparation of Road Aeolian Sand Curing Agent and Its Mixture Performance [J]. Journal of Central South University: Science and Technology Edition, 2011, 42 (1): 192-198.
- [12] 贾尚华. 石灰水泥复合土固化机理及力学性能的试验研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- JIA Shang-hua. Reinforcement Mechanism and Mechanical Properties of Lime-cement Soil [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2011.
- [13] 孙益民, 钟明, 徐玲, 等. 基于神经网络的沥青混合料配合比设计 [J]. 公路交通科技, 2012, 29 (2): 40-45.
- SUN Yi-min, ZHONG Ming, XU Ling, et al. Design on Asphalt Mixture Ratio Based on Neural Networks [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2012, 29 (2): 40-45.