

# SSA 土壤固化剂对黄土击实、抗剪及渗透特性的影响

张丽萍<sup>1,2</sup>, 张兴昌<sup>3\*</sup>, 孙强<sup>4</sup>

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100; 2. 烟台南山学院食品与营养保健学院, 烟台 265706; 3. 中国科学院水利部水土保持研究所, 水利部水土保持生态工程技术研究中心, 杨凌 712100; 4. 烟台市水利建筑勘察设计院, 烟台 264001)

**摘 要:** 为了探讨土壤固化剂对黄土力学特性的影响, 通过黄土样中加入 SSA 土壤固化剂前后的击实试验、直剪试验和渗透试验的对比分析, 研究了固化剂掺量、养护龄期与固化土击实、抗剪强度及渗透特性的关系。结果表明, 随 SSA 土壤固化剂掺量增加, 固化土的最优含水率有所降低, 最大干密度有所增大; 固化土的抗剪强度指标黏聚力和内摩擦角随固化剂掺量的增加和养护龄期的延长而增大, 渗透系数随固化剂掺量的增加和养护龄期的延长而减小。在实际应用中, 建议 SSA 固化剂最佳掺量为 1%, 养护龄期至少 7 d 以上。

**关键词:** 土壤固化剂, 抗剪强度, 渗透性, 击实特性, 黄土

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.07.008

中图分类号: TU472.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-7-0045-05

张丽萍, 张兴昌, 孙强. SSA 土壤固化剂对黄土击实、抗剪及渗透特性的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 45—49.  
Zhang Liping, Zhang Xingchang, Sun Qiang. Effects of SSA soil stabilizer on compaction, shear strength and permeability characteristics of loess[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): —. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

近几年来, 土壤固化剂由于具有较高的性价比、高效低耗以及节约能源的特性, 被作为一种新型的工程材料在国内外广泛应用于道路基层<sup>[1-3]</sup>、渠道防渗<sup>[4]</sup>和水利工程<sup>[5-6]</sup>等各个领域, 例如广东 324 国道、银川 109 国道及砂质渠道防渗护坡工程、北京昆玉河改造工程和北海涠洲岛雨水蓄集利用工程。研究的对象不仅包括水泥和石灰各种添加剂<sup>[7-8]</sup>、废弃物的再利用<sup>[9]</sup>、新型土壤固化剂<sup>[10]</sup>, 还包括菌类加固技术<sup>[11]</sup>。方祥位等<sup>[8]</sup>在土中掺入石灰和 GT 型土壤固化剂, 对改良土的击实效果、抗剪强度、压缩性和抗渗透性等工程特性进行了对比分析; Miller 等<sup>[9]</sup>对水泥窑粉尘 (CKD) 加固处理土壤的性能进行了研究; Saboundjian<sup>[10]</sup>对一种有机土壤固化剂 (EMC2) 在路基加固中的应用做了报道; Thecan<sup>[11]</sup>研究了腐生物分解木质素中的担子菌类, 认为其在土壤固化过程中起着重要作用。影响固化剂对土体加固效果的因素有固化剂的种类和成分、土壤类型和性质、固化剂的掺量、养护时间以及固化土体的压实度及含水率等。王生俊等<sup>[12]</sup>对 LD 系列岩土胶结剂固化黄土的工程性质及其影响因素进行了试验研究及分析, 认为 LD 可用于加固黄土地基和路基。樊恒辉等<sup>[13-15]</sup>以无侧限抗压强度作为反映指标, 对

影响 MBER 固化土强度的剂量、龄期、密度、含水率、凝结时间和养护环境等因素进行研究, 并将其应用于集流面技术; 王银梅等<sup>[16-17]</sup>研制了 SH 高分子固化剂, 探讨了掺量对 SH 固化黄土强度的影响及其作用机理, 并将其运用到固沙抗风蚀中。在实际应用中, 应把握固化对象的工程特性, 有针对性地进行研究。

黄土在西北地区广泛分布, 在黄土中加入土壤固化剂来改善其工程地质特性, 对实际应用具有重要的意义。本文以杨凌黄土为固结对象, 研究了掺入 SSA 型粉状固化剂后固化黄土的击实、抗剪及抗渗性能, 并与素土 (不掺加固剂的土) 进行比较, 探讨土壤固化剂对黄土的固化效果及其影响因素, 以期为实际工程正确使用土壤固化剂提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试土壤为黄土, 取自陕西杨凌, 深度范围为 100~200 cm, 属粉质黏土。试验前将土样混匀风干, 过 0.5 cm 和 0.2 cm 筛备用, 其物理性质指标见表 1。

固化剂选用 SSA 高强度土壤固化剂, 为黑色粉末状固体, 采用无机材料制成, 是一种无毒、无腐蚀、不易燃、无刺激、防腐蚀的工程材料。

### 1.2 制样及养护

试验设计固化剂掺入比为 0.1%、0.5%、1.0% 和 1.5%, 养护龄期分别为 1、4、7 和 15 d。根据试验目的的不同, 采用不同的制样方法。称取一定量的风干备用土料, 测其含水率, 计算干土质量, 称取相应比例的固化剂, 制样前先将土样按最优含水率 (18.9% 左右) 加水, 将配制好的土壤放在密闭容器中浸润 12 h 以后, 把预订数量的固化剂加入到土中拌和均匀, 配制成制样土, 在 1 h 内按

收稿日期: 2008-07-15 修订日期: 2009-05-18

项目名称: 国家 973 计划 (2007CB106803); 国家科技支撑计划 (2006BAD09B06); 教育部科研创新团队支持计划

作者简介: 张丽萍 (1980—), 女, 宁夏吴忠人, 博士生, 主要从事水土保持工程技术。杨凌 西北农林科技大学资源环境学院, 712100。

Email: lipingzhang1980@163.com.

\*通信作者: 张兴昌 (1965—), 男, 陕西武功人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事土壤学研究。杨凌 中国科学院水利部水土保持研究所, 712100。Email: zhangxc@ms.iswc.ac.cn

使用土料最大干密度值 97% 作为试样的控制密度 (1.63 g/cm<sup>3</sup> 左右), 计算称取对应制样模具容积的试验制样土料 (直剪试验制样容积为 60 cm<sup>3</sup>, 渗透试验制样容积为 120 cm<sup>3</sup>), 用千斤顶进行成型 (静力压力法), 制成的试样放置在塑料袋内静置养护。

1.3 测定内容及方法

对不同掺量的试样进行击实试验, 确定最优含水率  $W_{op}$  和最大干密度  $\rho_{dmax}$ , 在养护龄期为 1、4、7 和 15 d 时, 分别对各掺量的固化土进行抗剪强度试验和渗透试验, 以相应的素土作为对照。击实试验采用轻型击实试

验仪, 单位体积击实功约为 592.2 kJ/m<sup>3</sup>, 分 3 层击实, 每层 25 击, 以含水率为横坐标, 干密度为纵坐标, 绘制含水率—干密度曲线, 曲线峰值点对应的横纵坐标分别为最优含水率、最大干密度。直剪试验采用应变控制式直剪仪, 施加垂直压力分别为 100、200、300 和 400 kPa, 剪切速度控制在 6 r/min。渗透试验采用南 55 型渗透仪, 用变水头方法测定其渗透系数, 测定前用真空饱和法将试样充分饱和。试验方法按照《土工试验方法标准》(GB/T50123—1999) 和《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ57—1994) 进行。

表 1 供试土壤物理性质  
Table 1 Physical characteristics of soil samples

相对密度 $G_s$	液限 $W_L/\%$	塑限 $W_P/\%$	塑性指数 $I_P$	颗粒组成/%			最优含水率 $W_{op}/\%$	最大干容重 $\rho_{dmax}/g \cdot cm^{-3}$	土壤类别
				砂粒 ( $<0.075 \sim 2$ mm)	粉粒 ( $0.005 \sim 0.075$ mm)	黏粒 ( $<0.005$ mm)			
2.69	32.5	19.0	13.5	3.4	59.1	37.5	18.9	1.68	低液限黏土

2 结果及分析

2.1 SSA 固化剂对土壤最佳击实指标的影响

加入不同比例的 SSA 土壤固化剂前后, 土样的最佳击实曲线见图 1 所示。

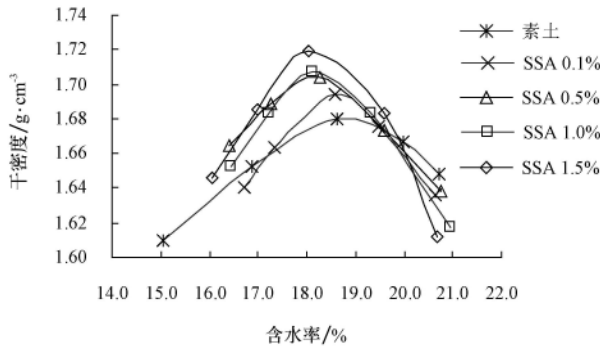


图 1 土壤固化剂掺量对土样击实特性的影响  
Fig.1 Effects of addition amount of soil stabilizer on compaction characteristic of soil samples

从试验结果看, 4 种掺量固化土的最优含水率均低于素土, 最大干密度均大于素土。固化剂掺量越大, 固化土的最优含水率越小, 具体表现为素土 (18.90%) > 0.1% 固化土 (18.69%) > 0.5% 固化土 (18.28%) > 1% 固化土 (18.11%) > 1.5% 固化土 (18.05%); 各掺量固化土的最优含水率与素土相比变化幅度在 0.21~0.85 个百分点之间。固化土的最大干密度随固化剂掺量的增加逐渐增大, 各掺量固化土的最大干密度在 1.69~1.72 g/cm<sup>3</sup> 之间, 较素土 (1.68 g/cm<sup>3</sup>) 有明显的增长, 增长的幅度在 0.60%~2.38% 之间, 但不是无限增长, 而随掺量的逐步增大趋于一个定值。SSA 土壤固化剂掺入土体后破坏了土壤毛细管的作用和对水的吸附力, 有效地降低水的表面分子能, 使水与土之间结合得更加紧密, 土壤颗粒之间的摩擦力降低, 在相同的击实功下, 固化土的最大干密度大于素土, 而最优含水率小于素土; 加入比例越大, 固化剂在

土壤中的浓度越高, 对土壤颗粒和水分子的结合能力也越强, 土样也就变得越密实, 而土中孔隙越小, 存在的水分就少, 因此随着掺量的增加, 最大干密度越大, 最优含水率越小, 但也并不是加入的土壤固化剂比例越高越好, 它有一个最佳的配合比。试验条件下, SSA 固化剂掺量为 1.5% 时, 固化土的最大干密度仍呈现增加的趋势。

2.2 SSA 固化剂对土壤抗剪强度指标的影响

黏性土抗剪强度的 2 个重要参数是黏聚力  $C$  和内摩擦角  $\varphi$ , 黏聚力主要来源于黏土颗粒之间的胶结作用、静电引力、电磁引力和毛细管水压力等; 内摩擦角与土颗粒的滑动、体积变化阻力、颗粒重新排列和颗粒破裂等因素有关<sup>[18]</sup>。对不同掺量和养护时间的固化土和素土的抗剪强度进行测定, 得出黏聚力和内摩擦角的变化趋势见图 2。

加入 SSA 土壤固化剂后, 固化土的内摩擦角和黏聚力较素土均有所提高, 内摩擦角提高的幅度较小, 仅提高了 0.2%~7.5%, 黏聚力提高的幅度较大, 达到了 20.3%~105.7%。

养护龄期一定, 加入固化剂比例越高, 黏聚力和内摩擦角相应的也就越大。以养护 7 d 为例, 固化土在掺量为 0.1%、0.5%、1.0% 和 1.5% 时, 内摩擦角比素土提高了 2.0%、2.1%、5.5% 和 6.5%, 黏聚力提高了 42.7%、57.3%、76.7% 和 88.0%。4 个掺量内摩擦角之间差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 0.1% 和 0.5% 掺量的内摩擦角与素土相比差异不显著, 1.0% 和 1.5% 掺量的内摩擦角与素土相比差异极显著 ( $p < 0.01$ ); 各掺量的黏聚力之间差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 与素土相比差异显著, 其中 0.5%、1.0% 和 1.5% 掺量达到了极显著水平。综合比较, 养护龄期一定的情况下, 掺量为 1.0% 时, SSA 固化土的内摩擦角和黏聚力大幅度的提高, 对提高土壤抗剪强度已能发挥很好的效果。

固化剂掺量一定, 对于不同养护龄期的土样, 静置时间越长, 黏聚力和内摩擦角越大。以 1.0% 掺量为例,

固化土在养护 1、4、7 和 15 d 时, 内摩擦角较素土分别提高了 0.7%、3.4%、5.5% 和 7.1%, 黏聚力较素土分别提高了 31.6%、40.1%、76.7% 和 97.7%。尤其是养护 7 d 和 15 d 时, 固化土的内摩擦角和黏聚力远大于养护 1 d 和 4 d, 且差异显著, 表明 SSA 固化剂掺量一定的情况下, 固化土至少要养护 7 d 以上, 才能更充分地 与土壤反应, 有效地提高土壤的抗剪强度。

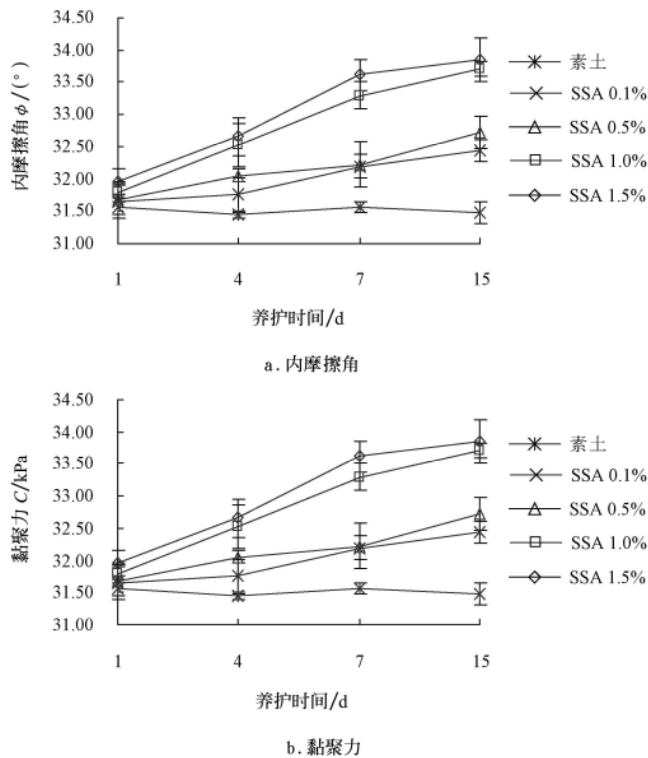


图 2 土壤固化剂掺量和养护龄期对土壤内摩擦角和黏聚力的影响

Fig.2 Effects of amount of soil stabilizer addition and curing age on internal friction angle and cohesion of soil samples

黄土中加入 SSA 固化剂后, 掺量和养护龄期对土壤抗剪强度的作用非常明显, 掺量越大, 养护时间越长, 固化剂与土壤颗粒反应的越充分, 促使颗粒间的联结力增强, 土体越密实, 土体骨架更坚硬, 相应地加固土体承受外荷载的能力增强, 抵抗变形和破坏的能力提高, 因而黏聚力和内摩擦角增大。

### 2.3 SSA 固化剂对土壤渗透系数的影响

由渗透试验结果 (表 2) 可以看出, 素土压实后渗透系数为  $1.85 \times 10^{-5} \sim 2.03 \times 10^{-5}$  cm/s, 属于中等透土层, 掺入 SSA 固化剂后, 无论加入比例的多少和试样养护时间的长短, 土样的渗透系数都极大地减小, 幅度达到两个数量级, 渗透性明显改善, 渗透系数降低的幅度与固化剂的掺量和养护时间有很大的关系。

龄期一定时, 随着固化剂掺量的增加, 固化土的渗透系数呈递减趋势, 4 个掺量固化土的渗透系数与素土相比降低比例分别为: 0.1% (66.5%~72.9%) < 0.5% (68.6%~81.5%) < 1.0% (75.4%~96.4%) < 1.5% (75.6%~97.2%), 与素土之间差异显著, 表明土壤中加入 SSA 固化剂后, 不论掺量的大小, 固化土的渗透系数均明显下

降, 抗渗性得到了改善。

表 2 土壤固化剂掺量和养护龄期对土壤渗透系数的影响

Table 2 Effects of addition amount of soil stabilizer and curing age on coefficient of soil infiltration

固化剂掺量	渗透系数/cm·s <sup>-1</sup>			
	养护 1 d	养护 4 d	养护 7 d	养护 15 d
素土	$1.96 \times 10^{-5}$	$1.93 \times 10^{-5}$	$2.03 \times 10^{-5}$	$1.85 \times 10^{-5}$
SSA 0.1 %	$6.57 \times 10^{-6}$	$6.35 \times 10^{-6}$	$5.53 \times 10^{-6}$	$5.02 \times 10^{-6}$
SSA 0.5 %	$6.15 \times 10^{-6}$	$5.02 \times 10^{-6}$	$3.14 \times 10^{-6}$	$2.43 \times 10^{-6}$
SSA 1.0 %	$4.82 \times 10^{-6}$	$3.31 \times 10^{-6}$	$1.69 \times 10^{-6}$	$6.59 \times 10^{-7}$
SSA 1.5 %	$4.79 \times 10^{-6}$	$2.98 \times 10^{-6}$	$1.03 \times 10^{-6}$	$6.24 \times 10^{-7}$

掺量一定时, 随龄期的增加, 固化土的渗透系数下降进一步加快。各龄期固化土的渗透系数与素土相比降低的比例为养护 1 d (66.5%~75.6%) < 养护 4 d (67.1%~84.6%) < 养护 7 d (72.8%~96.2%) < 养护 15 d (72.9%~97.2%); 尤其在掺量为 1.0% 和 1.5%、养护 15 d 时, 渗透系数的值达到了  $10^{-7}$  cm/s, 较其他掺量减少了 1 个数量级, 较素土减少了两个数量级, 且差异达到极显著水平, 大大提高了土壤的抗渗性能。加入 SSA 固化剂后, 其胶结作用消除了土壤间隙, 使土颗粒之间的连接力增强, 提高了土样的紧密程度; 同时, 养护时间越长, 固化剂掺量越大, 其胶结作用发挥越充分, 土壤强度越大, 从而使土样中渗透路径减少, 渗透系数降低, 抗渗性能得到改善, 从加固剂以前的中等透水性变成加固剂以后的弱透水性。

### 3 SSA 土壤固化剂加固机理

SSA 土壤固化剂加入土壤后, 可发生化学反应生成化学交联键, 土壤固化剂中含亲水性的阴离子与土壤颗粒表面的金属阳离子结合, 辅助以离子配位, 使得土粒表面趋于电中性, 置换出水分子, 并占据土壤颗粒表面的 1 个离子空位, 原活性很活跃的阳离子被固定在原位, 并产生固化。这个反应不可逆, 这种结合力很大, 同时破坏了土壤毛细管的作用, 破坏了对水的吸附力, 土壤由亲水性变成斥水性, 黏土颗粒间形成类似油性的隔层, 水不会被土壤重新吸收, 而是自然排出蒸发, 这样空隙间游离水分子被排掉后, 使土壤颗粒间形成牢固的多结晶聚集、高密度的板体, 增加了土壤内部的结合力、密实度和强度, 从而增强了土壤的承载力和抗压强度; 同时, 消除了土壤间隙, 提高了土的水稳性、耐水性和防渗性, 使固化的土壤具有早期强度较高和长期强度持续增长的特点。

### 4 结论与讨论

1) 加入 SSA 土壤固化剂后, 固化土的最优含水率较素土 (18.9%) 有所降低, 最大干密度较素土 ( $1.68 \text{ g/cm}^3$ ) 有所增大。固化剂掺量越大, 固化土的最优含水率越小, 最大干密度越大。

2) 加入固化剂后, 能有效提高黄土的抗剪强度, 特别是大幅度地提高了黏聚力; 随着养护时间的延长和固

化剂掺量的增加,黏聚力和内摩擦角呈递增的趋势,其中,内摩擦角较素土提高的幅度较小,而黏聚力提高的幅度较大。

3) 固化剂的加入,减小了黄土的渗透系数达两个数量级,有效提高了黄土样的抗渗性。其渗透系数随养护龄期的延长和土壤固化剂掺量的增加而减小。

4) 建议 SSA 固化剂最佳掺量为 1.0%,养护龄期至少 7 d 以上。

SSA 固化剂加固黄土的其他力学特性以及最佳养护龄期等影响因素需进一步进行研究。

### [参 考 文 献]

- [1] Heikki K. Stabilization of clay with inorganic by-products[J]. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2000, 12 (4): 307—309.
- [2] Vatsala A, Nova R, Srinivasa Murthy B R. Elastoplastic model for cemented soils[J]. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2001, 127(8): 679—687.
- [3] 戴文婷, 陈瑶, 陈星. BS-100 型土壤固化剂在季冻区的路用性能试验研究[J]. *岩土力学*, 2008, 29(8): 2257—2261.  
Dai Wenting, Chen Yao, Chen Xing. Test study on road performance of soils stabilized by BS-100 model stabilizer in seasonally frozen region[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2008, 29(8): 2257—2261. (in Chinese with English abstract)
- [4] 张海燕, 张传森, 李元婷, 等. 采用土壤固化剂改善渠道基土性能初探[J]. *水利与建筑工程学报*, 2003, 1(2): 38—40.  
Zhang Haiyan, Zhang Chansen, Li Yuanling, et al. Elementary study on consolidator used to improve capability of channel bedsoil[J]. *Journal of Water Resources and Architectural Engineering*, 2003, 1(2): 38—40. (in Chinese with English abstract)
- [5] 邵玉芳, 徐日庆, 刘增永, 等. 一种新型水泥固化土的试验研究[J]. *浙江大学学报(工业版)*, 2006, 40(7): 1196—1200.  
Shao Yufang, Xu Riqing, Liu Zengyong, et al. Experimental study on new variety of cement-stabilized soil[J]. *Journal of Zhejiang University (Engineering Science)*, 2006, 40(7): 1196—1200. (in Chinese with English abstract)
- [6] 雷胜友, 惠会清. 固化液改良膨胀土性能的试验研究[J]. *岩土工程学报*, 2004, 26(5): 612—615.  
Lei Shengyou, Hui Huiqing. Experimental investigation on the properties of expansive soil improved by chemical liquid[J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2004, 26(9): 612—615. (in Chinese with English abstract)
- [7] Zalihe N, Emin G. Improvement of calcareous expansive soil in semi-arid environments[J]. *Journal of Arid Environments*, 2001, 47(4): 453—463.
- [8] 方祥位, 孙树国, 陈正汗, 等. GT 型土壤固化剂改良土的工程特性研究[J]. *岩土力学*, 2006, 27(9): 1545—1548.  
Fang Xiangwei, Sun Shuguo, Chen Zhenghan, et al. Study on engineering properties of improved soil by GT soil firming agent[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2006, 27(9): 1545—1548.
- [9] Miller G A, Zaman M. Field and laboratory evaluation of cement kiln dust as a soil stabilizer[J]. *Transportation Research Record*, 2000, (1714): 25—32.
- [10] Saboundjian S. Subbase treatment using EMC2 soil stabilizer-Final rept 1997-2001[R]. Juneau: Alaska Dept of Transportation and Public Facilities, Research and Technology Transfer, 2002.
- [11] Thecan C C. Soil binding properties of mucilage produced by a basidiomycete fungus in a model system[J]. *Mycological Research*, 2002, 106(8): 930—937.
- [12] 王生俊, 韩文峰, 王银梅. LD 岩土胶结剂加固黄土试验研究[J]. *岩石力学与工程学报*, 2003, 22(S2): 2888—2893.  
Wang Shengjun, Han Wenfeng, Wang Yinmei. Testing study on Loess consolidated by LD serial rock-soil cemedin[J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2003, 22(S2): 2888—2893. (in Chinese with English abstract)
- [13] 樊恒辉, 吴普特, 高建恩, 等. 固化土集流面无侧限抗压强度影响因素研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(9): 11—14.  
Fan Henghui, Wu Pute, Gao Jian'en, et al. Principal factors in unconfined compression strength of the solidified soil for the catchment area[J]. *Transaction of the CSAE*, 2006, 22(9): 11—15. (in Chinese with English abstract)
- [14] 樊恒辉, 吴普特, 高建恩, 等. 密度和含水率对固化土无侧限抗压强度的影响. *中国水土保持科学*, 2006, 4(3): 54—58.  
Fan Henghui, Wu Pute, Gao Jian'en, et al. Influence of density and water content on unconfined compression strength of solidified soil[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2006, 4(3): 54—58. (in Chinese with English abstract)
- [15] 樊恒辉, 高建恩, 吴普特, 等. 土壤固化剂集流面不同施工工艺比较[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(10): 73—77.  
Fan Henghui, Gao Jian'en, Wu Pute, et al. Comparison of different construction techniques for the catchment area with soil stabilizer[J]. *Transaction of the CSAE*, 2006, 22(10): 73—77. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王银梅, 杨重存, 堪文武, 等. 新型高分子材料 SH 加固黄土强度及机理探讨[J]. *岩石力学与工程学报*, 2005, 24(14): 2554—2559.  
Wang Yinmei, Yang Chongcun, Kan Wenwu, et al. Strength characteristics and mechanism of loess solidified with new polymer material SH[J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2005, 24(14): 2554—2559. (in Chinese with English abstract)
- [17] 王银梅, 堪文武, 韩文峰. SH 固沙机理的微观探讨[J]. *岩土力学*, 2005, 26(4): 650—654.  
Wang Yinmei, Kan Wenwu, Han Wenfeng. Microstudy on mechanism of sand fixation with SH[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2005, 26(4): 650—654. (in Chinese with English abstract)
- [18] 唐朝生, 施斌, 高玮, 等. 含沙量对聚丙烯纤维加筋黏性土强度影响的研究[J]. *岩石力学与工程学报*, 2007, 26(S1): 2968—2973.  
Tang Chaosheng, Shi Bin, Gao Wei, et al. Study on effects of sand content on strength of polypropylene fiber reinforced clay soil[J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2007, 26(S1): 2968—2973. (in Chinese with English abstract)

## Effect of SSA soil stabilizer on compaction, shear strength and permeability characteristics of loess

Zhang Liping<sup>1,2</sup>, Zhang Xingchang<sup>3\*</sup>, Sun Qiang<sup>4</sup>

(1. College of Resource and Environment, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

2. College of Food, Nutrition and Healthcare, Yantai Nanshan University, Yantai 265706, China;

3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Research Centre on Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China;

4. Yantai Building Conservancy Investigation and Design Academy, Yantai 264001, China)

**Abstracts:** For the purpose of investigating the effect of soil stabilizer on mechanical properties of loess, relationship among amount of soil stabilizer addition, curing age and compaction, shear strength, permeability of loess were studied by comparing the test results of compaction, direct shear and permeability before and after adding the SSA soil stabilizer in loess. The results showed that the optimum water content decreased and the maximum dry density increased with the increasing of SSA soil stabilizer content. Cohesion and internal friction angle increased with the increasing of soil stabilizer content and curing age. Permeability coefficient decreased with the increasing of soil stabilizer content and curing age. The study suggests that the suitable addition amount of SSA soil stabilizer should be about 1% and the curing age should be at least 7 d.

**Key words:** soil stabilizers, shear strength, permeability, compaction characteristics, loess