

## 新疆阿拉尔路基盐渍土的盐胀特性研究

张灵通, 李寿宁\* (塔里木大学水利与建筑工程学院, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要** 为深入研究新疆阿拉尔路基盐渍土的盐胀特性, 在室内进行了多次冻融循环模拟试验。通过不同盐分分布状态的盐胀试验, 分析盐分不同空间分布的盐胀结晶规律; 对初始压实密度相同、含水率相同的含盐和不含盐的两组土样的对比, 分析盐渍土不同的含盐量、干密度、含水率、颗粒不均匀系数对盐胀性的影响。结果表明在以后路基施工过程中, 可通过控制盐渍土路基中的含盐量、含水率、颗粒级配等来抑制路基盐胀破坏程度, 从而减少路基因盐渍土盐胀带来的病害。

**关键词** 盐渍土; 冻融循环; 含盐量; 盐胀性

**中图分类号** S26 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)22-333-03

## Study on the Salt Expansion Characteristics of Xinjiang Alar Saline Soil Subgrade

ZHANG Ling-tong, LI Shou-ning\* (College of Water Resource and Architectural Engineering, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

**Abstract** To delve into Xinjiang Alar sea salt expansion characteristics of saline soil subgrade, the indoor simulation experiment, repeated freeze-thaw cycles through different salinity distribution state salt expansion test, analysis of the spatial distribution of different salt crystallization law; The same moisture content and initial compaction density salt and salt-free two groups of soil sample was compared, the influence of saline soil with different salt content, dry density, moisture content, particle non-uniform coefficient to salt expansion was analyzed, in the future by controlling the saline soil subgrade in salt content, moisture content, grain size distribution, etc to suppress the roadbed salt heaving damage, thereby reducing the damage caused by the salt expansion of saline soil.

**Key words** Saline soil; The freeze-thaw cycle; The amount of salt; The salt expansion

盐渍土是受土体中盐碱成分作用的各种类型土壤的统称。在我国公路工程中, 将地表一米内易溶盐类含量达到 0.3% 以上的土壤, 称为盐渍土<sup>[1]</sup>。我国是世界第四大盐渍土分布国家, 盐渍土面积约有 20 多万平方公里, 约占国土总面积的 2.1%<sup>[2]</sup>。近年来随着我国经济的迅猛发展, 随着西部大开发战略的深度不断加大, 新疆新建和改建的道路不断增加, 交通状况也在不断得到改善。交通运输是经济发展的基础, 而道路状况的好坏直接影响着交通运输。然而在新疆境内分布着大面积的盐渍土, 土壤盐渍化是新疆沥青混凝土道路破坏的主要原因<sup>[3-4]</sup>。

盐渍土的溶陷变形和盐冻胀破坏是新疆盐渍土道路的主要病害之一<sup>[5]</sup>。阿拉尔市地处塔克拉玛干西北边缘, 属于暖温带极端大陆性干旱荒漠气候, 全年雨量稀少, 地表蒸发强烈, 年均降水量为 40~82 ml, 年均蒸发量 1 800~2 560 ml, 其地下主要土层为风积沙层, 砂性土比表面积较小, 孔隙尺寸较大, 因而具有良好的渗透性<sup>[6]</sup>。每年进入冬季以后高地下水位就会把盐分带到路基内, 盐分富集于路面层底部路基层顶部, 由于外部较低的气温, 在路基内形成盐冻胀破坏, 由于降水稀少, 盐渍土路基内主要破坏为盐胀破坏, 其原理为盐渍土中的硫酸盐随着温度的降低, 其溶解度减小, 吸水后形成芒硝和体积膨胀。在温度升高时硫酸盐失水而体积变小, 土体随之会疏松, 所以在含有硫酸盐的盐渍土中会存在这种体积随温度而发生明显变化, 引起地表土体的膨胀与疏松现象, 从而导致路基路面出现变形破坏, 造成路面不均匀变形, 形成纵横裂缝, 甚至波浪鼓包等现象, 有的路面出现不

均匀沉降<sup>[7-10]</sup>。不但严重影响当地交通, 而且在经济上也造成了很大损失, 所以对阿拉尔路基盐渍土的盐胀特性研究很有必要, 选择阿拉尔市破坏严重路段的路基土作为试验土样进行下面的试验。

## 1 不同盐分分布状态盐胀试验

**1.1 试验装置** 将实验室内用的长方形玻璃箱, 按其尺寸大小平均分成 3 个长×宽×高=14.6×15.6×40.5 cm<sup>3</sup> 的小长方体, 分别编号为 1、2、3。将该试验装置分别置于环境试验箱内(恒温-20℃)和室内(20℃)以实现升温 and 降温下的盐-冻胀和溶沉, 模拟观察分析当盐分以何种形式富集到路基土中其膨胀量最大。

**1.2 试样制备** 以破坏路段的路基土为试验土样, 以无水硫酸钠、初始加水量为控制量, 使得每个试样的总的含水量、含盐量和初始干密度一致。

**1.3 试验设计及观测结果** 试验模拟 3 种不同的盐渍土路基状况: 1 号玻璃箱采用土和盐混合后分层装样并充分捣实至设计密实度, 控制每层装样不超过 8 cm; 2 号玻璃箱将土样均匀分成 10 份, 盐分成 9 份。按照铺一份土样并捣实, 然后按照对称形式在中心和四边中点位置按照 2:1:1:1:1 的比例分配并以圆形或半圆形布置; 铺设第 2 层土、盐直至填筑完成; 3 号玻璃箱将土样分成 3 等份, 盐分成 2 等份。按照一层土, 一层盐的形式铺设并捣实(表 1)。

表 1 不同盐分分布形态盐胀试验装样情况

编号	盐分布置	含水率	总含盐	密度
		%	量//%	g/cm <sup>3</sup>
1	均匀分布	6	3.6	1.760
2	分层分点集中	6	3.6	1.760
3	分层	6	3.6	1.760

将 3 个玻璃试验箱按照上述步骤装好后放入恒温-20℃环境中, 在该 3 个玻璃箱上加盖一层玻璃板, 把测量盐胀

**基金项目** 兵团计划项目资助(No. 2010ZJ05)。

**作者简介** 张灵通(1988-), 男, 河南商丘人, 在读硕士研究生, 研究方向: 农业水土建筑。\* 通讯作者, 教授, 硕士生导师, 从事农业水土建筑, 水利工程冻胀问题研究和盐渍土道路路基基础研究。

**收稿日期** 2015-06-10

的百分表插入试验箱的土中,表头安放在玻璃板上,以便观测数据,每隔 30 min 记录一次百分表读数,当试验箱中的 3 个百分表都达到连续 3 次读数相同时,再把试验装置放

置到室内 20 °C 的环境里,让其自然溶沉,如此连续进行 3~4 次冻融循环,在试验中通过体视显微镜对 3 个试样中的土样的盐胀进行观测分析(图 1、2)。



图1 盐-冻胀试验装置



图2 盐胀结晶体

通过观测发现分层分块分布的 2 号箱和 3 号箱的硫酸盐结晶了,2 号箱和 3 号箱冻融循环后的土样如图 2 所示:放入时成粉末状,试验结束时都结晶成块状,具有较高的强度。这说明在试验过程中无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  粉末与水分子结合形成  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  晶体,体积膨胀,连结增强。根据试验记录结果绘制盐分不同空间分布盐胀曲线图(图 3)。

## 2 盐-冻胀循环试验

**2.1 试验设备** 实验室里测盐冻胀变形百分表 8 个、试筒 8 个、温度计 2 个、可以调节到  $-15\text{ }^\circ\text{C}$  的冰箱 1 台和其他装样设备。

**2.2 试验设计** 通过对初始压实度、含水率都相同的含盐和不含盐的 2 组相同土样盐-冻胀循环试验。对比分析两组试样的盐胀量和冻胀量。

不同颗粒级配的土样的配备是通过调整各粒组占整体土样的质量百分比,从而可以计算出其不均匀系数与曲率系数。因为不均匀系数  $C_u \geq 5$ ,且曲率系数  $C_c \geq 1 \sim 3$  时称级配良好,所以试验采用级配取值为  $C_u = 3, 5, 10, 15$  的土样,对土样进行含水率,含盐量测定设置。

通过将初始压实度、含水率都相同的含盐和不含盐的 2 组相同土样试验装置放在设置零下 15 度的冰箱中,进行模拟自然状态下降温过程中土中的盐-冻胀变形;每 30 min 观测一次百分表读数,当百分表读数达到稳定后,将试验装置置于室内恒温 10 度的环境中,让其自然升温溶沉。在整个试验过程中共进行了 5 次冻融循环。

为了确保试验准确性,分成 4 组试验,每组不均匀系数做 2 个试样(含盐的和不含盐的试样各一个),总共 8 个试样。其中,6 个架设百分表,2 个和测土样盐冻胀变化值架设温度计(1-1 和 3-1)于试样正中心。土样盐冻胀变化值测

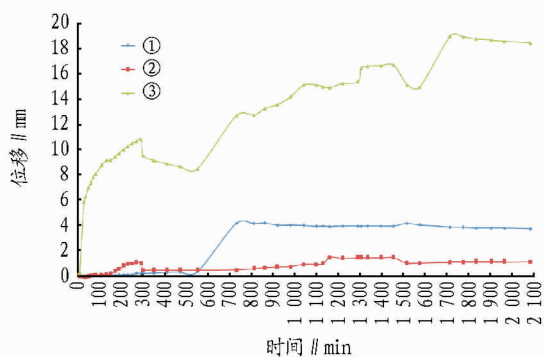
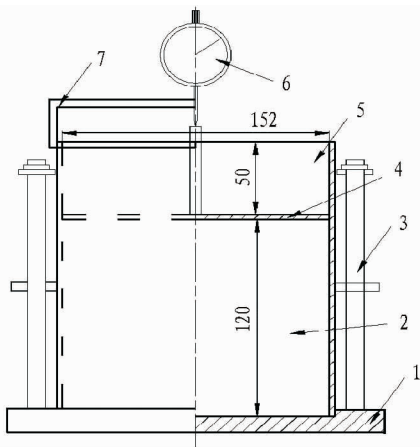


图3 盐分不同空间分布盐胀曲线

由图 3 可知,试验过程中 0~288 min、728~1 450 min 为降温过程,288~728 min、1 450~2 100 min 为升温过程,共进行了 2 个冻融循环过程,其中,1 号试样的盐胀变形明显大于 2 号、3 号试样的盐胀变形,2 号试样的盐胀变形量大于 3 号试样,由此可见当盐分按照土和盐混合后分层装样的形式存在于土壤中时其盐胀量最大。

试装置如图 4 所示。



注:1-底板;2-试样;3-拉杆;4-带调节杆的多孔板;5-试筒;6-百分表;7-百分表支座。

图 4 土样盐冻胀变化值测试装置(单位:cm)

**2.3 试验结果与分析** 观察结果如表 2 所示。利用 Matlab 编程软件进行数据处理分析,对试验结果进行拟合得到如图 5 的结果。

对图 5、6 试验结果进行分析表明:①随着温度的逐渐降低,试验土样发生冻-盐胀变形,对比 2-1 和 2-2、4-1 和 4-2 的试验土样,从中可以得出在试验过程中试样的纵向变形主要是由盐胀引起的;随着温度的逐渐升高,试样出现溶沉现象,并且变形有残留,其残留变形具有累加性。②盐胀变形具有累加效应,而冻胀变形没有累加效应。③当含水量较小时,试样变形随着循环次数增加,其增长速率也将减小。

表 2 试样盐-冻胀结果

分组	样品编号	不均匀系数	含盐量 %	含水率 %	干密度 $g/cm^3$	起始膨胀 // %	最终膨胀 // %
1	1-1	3	1.0	10	1.715	2.2	2.36
	1-2	3	0	10	1.728	-	-
2	2-1	5	0	10	1.755	0.2	0.35
	2-2	5	2.5	10	1.855	0.8	1.63
3	3-1	10	2.5	2	1.933	0.6	1.89
	3-2	10	0	2	1.899	-	-
4	4-1	15	1.0	2	1.951	0.6	5.08
	4-2	15	0	2	1.975	0.1	0.13

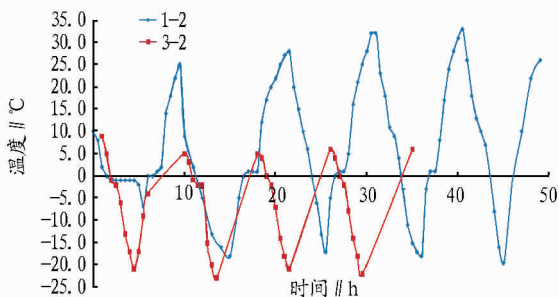


图 5 1-1 和 3-1 样品中心温度变化情况

### 3 结论

通过室内 2 个冻融循环试验可以得出,当盐分按照一层

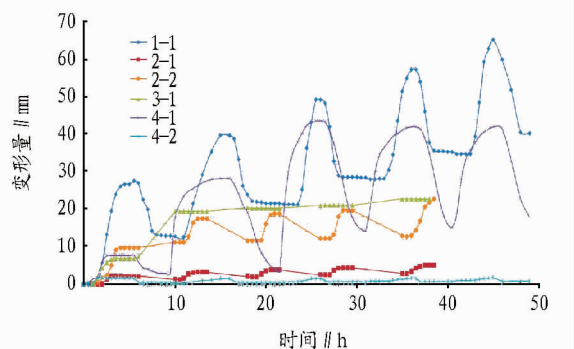


图 6 不同含盐量盐-冻胀变化值

土,一层盐的形式存在于土壤中时其盐胀量最大。盐胀变形具有累加效应,而单纯的冻胀则没有累加效应。含有盐分的土样比不含盐分的土样对温度变化范围更加灵敏,含盐试样对温度的敏感范围比不含盐试样低 20 度左右。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国交通部.公路路基设计规范(JTG20D30)[M].北京:人民交通出版社,2004:112-115.
- [2] 王强.改变盐渍土路基结构防治盐渍土病害的试验分析与研究[D].阿拉尔:塔里木大学,2013.
- [3] 王延伟,徐慧芬,文进,等.新疆地区盐渍土的盐胀特性研究[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2006(3):531-534.
- [4] 彭琴,吴以江,骆建新.兵团垦区盐渍土路基盐冻胀变形规律的试验研究[J].公路,2011(4):78-82.
- [5] 杨保存,刘新荣,汪为巍,等.阿拉尔市区道路盐-冻胀变形破坏机理与成因分析[J].塔里木大学学报,2009(2):1-6.
- [6] 杨柳,张勤玲,杨保存,等.阿拉尔市交通参数分析与沥青路面结构设计[J].塔里木大学学报,2010(3):8-15.
- [7] 曹福贵.硫酸盐渍土地区路基水、热、盐、力四场耦合效应的室内和现场试验分析及现场试验路数值模拟研究[D].西安:长安大学,2009.
- [8] 牛玺荣,李志农,高江平.盐渍土盐胀特性与机理研究进展[J].土壤通报,2008(1):163-168.
- [9] 孙国红.盐渍土地区沥青混凝土路面病害试验及研究[D].长春:吉林大学,2013.
- [10] 杨保存,汪为巍,牛新平,等.南疆不同地区盐渍土工程性质的试验研究[J].塔里木大学学报,2009(4):12-17.