

# 南疆盐渍土地区城区道路病害规律研究

汪为巍<sup>1</sup>, 杨保存<sup>2</sup>, 王 荣<sup>2</sup>

(1. 中国科学院武汉岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071; 2. 塔里木大学水利与建筑工程学院, 新疆 阿拉尔 410083)

**摘 要:** 盐胀-冻胀使新疆公路路基、路面每年都随季节产生不同程度的破坏, 造成很大的经济损失。为直观了解盐渍土地区城市道路病害及其发展规律, 选定新疆阿拉尔市城市主干道做了长期的观测。对观测结果进行总结与分析, 得出其规律性: 盐渍土地区城市道路病害与时间有相对应的关系, 时间越长路面破坏现象越明显; 较大的车流量对沥青混凝土路面的膨胀有明显的抑制作用; 路面的病害随着季节循环, 并与冬季温度有直接关系; 路面破坏先从路边开始向路中心逐渐发展; 路面病害形式主要表现为开裂和凸起, 多数情况下开裂和凸起是交织在一起; 路面纵向裂缝比横向裂缝发育更明显; 冬季路中央的裂缝有冒水现象; 路面的各向裂缝最终会相互连通形成网状。

**关键词:** 盐渍土; 路面病害; 路面开裂

中图分类号: U418; TU448

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2013)S1-0253-06

**作者简介:** 汪为巍(1981-), 男, 安徽人, 博士研究生, 2006年毕业于中南大学, 毕业后在高校从事教学与科研工作, 现为中科院武汉岩土所岩土工程专业博士研究生。E-mail: 1464427693@qq.com。

## Road diseases in southern saline soil areas of Xinjiang

WANG Wei-wei<sup>1</sup>, YANG Bao-cun<sup>2</sup>, WANG Rong<sup>2</sup>

(1. Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China; 2. College of Water Conservancy and Architecture Engineering Tarin University, Alar, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** Salt-frost deformation in highways of Xinjiang produces different degrees of damage with seasons every year, resulting in great economic losses. For understanding the laws of the disease development of city roads in saline soil areas, a long-term observation on the main city road of Alar is carried out. The observation data are summarized and analyzed, and some conclusions are drawn as follows: the city road diseases in saline soil areas have corresponding relationship with time, and the more obvious the road damage is, the longer the time is; larger traffic volume significantly inhibits the expansion of asphalt concrete pavement; the road diseases vary with the seasons and relate directly with the winter temperature; the road diseases gradually develop from the roadsides to the center of the road; the form of pavement diseases mainly includes cracking and raising, and cracking and raising usually occur together; the development of longitudinal cracks are more obvious than that of transverse cracks; there is water coming from the crack of the road centre in winter; the road cracks will eventually be connected with each other to form a mesh.

**Key words:** saline soil; pavement disease; pavement cracking

## 0 引言

我国西部广泛分布有盐渍土地层, 新疆是我国盐渍土分布面积最大的省份, 新疆盐渍土分布面积最大的地区是南疆, 在南疆喀什地区和阿克苏地区分布有重盐渍土和强盐渍土, 其盐渍土主要以硫酸盐和氯盐为主。盐渍土和土壤盐渍化是新疆公路路基失效、破坏的主要原因, 对公路工程的建设危害性很大<sup>[1-4]</sup>。盐胀-冻胀使新疆公路路基、路面每年都随季节产生不同程度的破坏, 造成很大的经济损失。

目前国内外对盐渍土盐-冻胀的研究已取得许多成果<sup>[5-14]</sup>, 但仍显得很薄弱。随着西部大开发的进一

步深入, 基础设施工程建设和石油天然气等能源工程建设的进一步增多, 深入开展盐渍土工程灾害产生机理及其防治措施的研究对保证工程建设的安全运行有着十分重要的意义。为直观了解盐渍土地区城市道路病害及其发展规律, 选定新疆阿拉尔市城市主干道做了长期的观测。

## 1 城市概况

阿拉尔市于 1997 年中共中央办公厅以中办发 17

号文批准设立的,位于新疆维吾尔自治区阿克苏地区中南部,地处天山中段南麓,塔里木盆地北缘,行政区域总面积约 4196 平方公里。

阿拉尔属暖温带极端大陆性干旱荒漠气候,全年平均气温  $10.8^{\circ}\text{C}$ ,最热月(7月)平均气温  $25^{\circ}\text{C}$ ,最冷月(元月)平均气温  $-8.4^{\circ}\text{C}$ ,年均蒸发量是降水量的 43 倍,年均相对湿度 51%。地下水位高,底层湿度大承载强度低;地下水含硫酸盐类,具有弱侵蚀性;春季道路翻浆严重,冻胀和盐胀现象较为突出;一般冻土深度为 52.5 cm,最大冻土深为 78 cm;地震基本烈度为 VI 度区。

## 2 路面病害一般规律

从 2002 年至 2005 年,阿拉尔市政府先后建设道路 49.2 km,设计方案基本相同,实际运行后路面破坏相当严重,通过长期观测发现其规律性:

(1)对于相同设计方案施工的路面而言,随着市政道路修建年代的增长,与路面的破坏程度有相对应的关系,基本都是从第 2~3 年开始出现破坏现象,道路修建年代越早,路面破坏现象越明显。

(2)沥青混凝土路面的不平整程度与车流量的大小有关,车流量较大的沥青混凝土路面比车流量较小的路面更平整。

(3)路面的不平程度与季节有关。入冬季节及开春季节的道路路面抬升情况、路面的不平整程度、路面起鼓高度比夏季更明显,入冬季节及开春季节路面的抬升现象较为明显,夏季时,路面的抬升现象有所回落。

(4)路面破坏与冬季温度有直接关系。冬季气温愈低,冻土深度愈大,路面的破坏程度愈明显。

(5)从现场观察来看,路面破坏先从路边向路中心逐渐发展,路面两侧破坏与中央不同,横纵裂缝的发育也不同。

路两侧的破坏比中央要严重、同时隆起程度比路中央的路面要明显得多;路面的纵向裂缝比横向裂缝发育更为明显;路两侧裂缝一般没有冒水现象,冒水现象主要出现在路中央的裂缝(见图 1);路面的各向裂缝最终会相互连通形成网状(见图 2)。

冒水现象主要发生在冬季,在清晨裂缝上覆盖一层薄冰,在晴天温度升高,冰很快融化为清水而后快速蒸发,留下白色盐渍,傍晚温度降低,裂缝处开始湿润渗水,晚上则结成冰块,第二天重复上述循环。这种明显的冻融循环与北疆城市道路有明显区别,北疆城市道路冬季冻实以后一般没有如此明显的冻融循环现象。

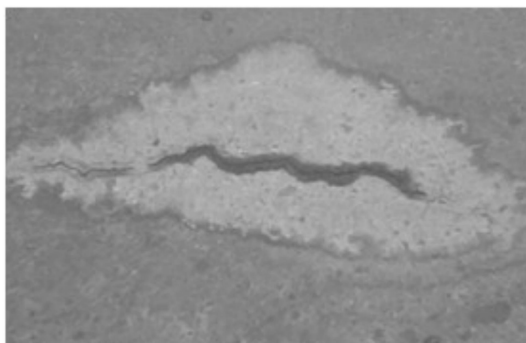


图 1 单条裂缝冒水

Fig. 1 Single crack with water

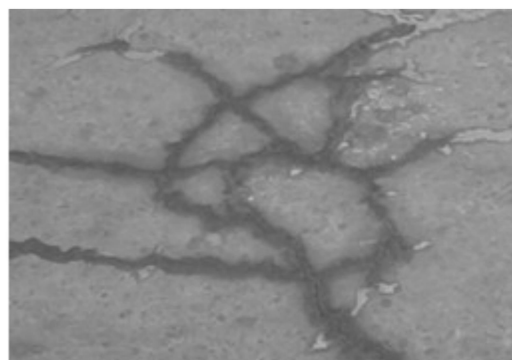


图 2 网状裂缝冒水

Fig. 2 Mesh crack with water

## 3 阿拉尔城市道路病害调研与分析

为了更详细了解南疆城市道路病害问题,2010 年 1 月对阿拉尔市主要道路病害问题完成调查,以下是相关的调研结果。

### 3.1 虹桥路

虹桥路 2003 年修建,全长 1180 m,布置有防渗膜,两侧有绿化带,路面鼓胀相对较轻,重型车辆经过较多;路面发育明显裂缝 96 条,共生裂缝不可计数。

从表 1 中可以看出病害形式(注:表 1 所列各种病害形式在后文中陆续给出典型图片)主要表现为开裂和凸起,其中纵向裂缝最大长度为 40 m,最大宽度为 7 cm,最大深度为 3 cm;横向裂缝最大长度为 11 m,最大宽度为 3 cm,最大深度为 4 cm;凸起最大高度达到 15 cm。实际观测到开裂与凸起交织在一起,各种纵横交错、网状裂缝都伴随凸起。同时观测到有些路边部位有塌陷损坏,有些路段路面进行了修补,但有些修补面已破损并伴有网状裂缝。路面裂缝发育详细情况列于表 2。虹桥路凸起高度情况分布如下:凸起高度主要介于 3~6 cm,占 55%;其次介于 1~3 cm,占 30%;高度为其他情况的凸起占 15%。

表 1 虹桥路病害情况表  
Table 1 Pavement diseases of Hongqiao road

病害形式	横向裂缝	纵向裂缝	网状裂缝	平行裂缝	纵横交错裂缝	凸起	路边凸起	其它（修补、凹陷、路缘破损等）
百分数%	31	20	13	7	4	28	7	26

表 2 虹桥路路面横纵向裂缝统计表

Table 2 Transverse and longitudinal cracks of Hongqiao road

裂缝类别	裂缝属性区间	占百分比/%
横向裂缝	长度/m	<4 3 4~5 20 5~6 10 6~7 30 7~8 17 8~9 7 ≥9 13
	宽度/cm	0.5~1.0 57 1.0~1.5 20 ≥1.5 23
	深度/cm	0.5~1.0 53 1.0~1.5 17 1.5~2.0 13 ≥2.0 17
	长度/m	<5 11 5~10 26 10~15 42 ≥15 21
	宽度/cm	0.5~1.0 32 1.0~1.5 26 ≥1.5 42
	深度/cm	0.5~1.0 21 1.0~1.5 37 1.5~2.0 16 ≥2.0 26

3.2 军垦大道

(1) 沥青路段

2003 年修建，发育明显病害 65 处，有横向裂缝（见图 3）、纵横交错裂缝、路中横向裂缝并凸起（见图 4）、网状裂缝、路边（严重）凸起（见图 5）并造成断层、网状裂缝等，各病害所占比例列于表 3。凸起最大高度为 7 cm，网状裂缝延伸最大长度为 20 m，其中单个裂缝最大宽度为 6 cm，最大开裂深度为 3 cm。其中有些部位由于病害严重有关部门已进行修补，例如在路的东端路侧就有一长为 5.0 m，宽为 4.0 m 的长方形修补块。

军垦大道沥青路段凸起高度介于 1~3 cm 的占 56%，介于 3~6 cm 的占 29%，其它的占 15%；横向裂缝最大长度为 10.2 m，最大宽度为 1.5 cm，最大深度为 2.7 cm；纵向裂缝最大长度为 20 m，最大长度为 8 cm，最大深度为 6 cm。同时从表 4 军垦大道沥青路段纵横裂缝统计表中可以看出纵向裂缝远比横向裂缝发育剧烈。

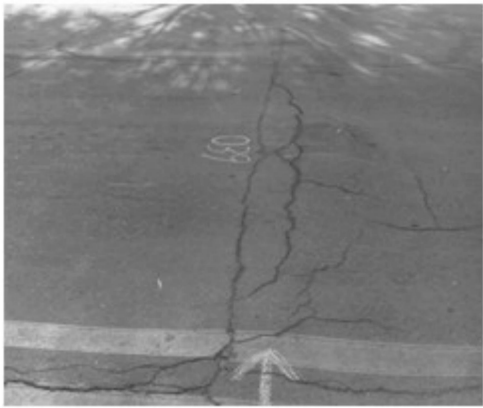


图 3 横向裂缝并有向网裂发展趋势

Fig. 3 Transverse crack with protruding



图 4 横向裂缝伴随一定凸起

Fig. 4 Transverse crack tending to net crack



图 5 路面鼓胀并伴有大量裂缝

Fig. 5 Pavement bulging with many cracks

(2) 混凝土路段

2003 年修建，有防渗膜，两侧绿化，路缘石与混凝土路面之间缝隙较大，约 10~20 cm，路面伸缩缝位置处有明显翘起现象，路面起伏较大；路面整体抬升 3~5 cm（见图 6），路两侧混凝土面板的抬升尤为明显，一般在 8~15 cm，路两侧混凝土面板比路中央

表 3 军垦大道沥青路段病害情况  
Table 3 Pavement diseases of Junken road

病害形式	横向裂缝	纵向裂缝	网状裂缝	平行裂缝	纵横交错裂缝	凸起	路边凸起并伴随裂缝	其他
所占比例/%	15	22	18	5	6	35	17	11

表 4 军垦大道沥青路段纵横裂缝统计表  
Table 4 Horizontal and vertical cracks of Junken road

裂缝类别	裂缝属性区间	百分比%	
横向裂缝	长度/cm	< 4	20
		4~5	10
		5~6	20
		6~7	30
		≥7	20
	宽度/cm	0.5~1.0	70
		1.0~1.5	30
	深度/cm	0.5~1.0	60
		1.0~1.5	30
		≥1.5	10
纵向裂缝	长度/m	<4	7
		4~5	21
		5~6	14
		6~7	21
		≥7	36
	宽度/cm	0.5~1.5	29
		1.5~3	14
		3~6	36
		6~8	21
	深度/cm	0.5~1.0	14
		1.0~1.5	21
		1.5~2	14
		2~3	43
		≥3	7

高出很多。沿道路纵向裂缝（见图 7）较多，发育完全，沿道路横向及斜向裂缝较少，但一般都与纵向裂缝相连，破坏较为严重，局部连接成网，甚至破碎成块。



图 6 路面整体抬升  
Fig. 6 Uplifted pavement

3.3 其它主要道路的病害情况

(1) 塔里木大道

塔里木大道东为 2003 年修建，塔里木大道西为 2004 年修建：有防渗膜，两侧有绿化带，车辆行驶较多，路面破坏较为严重，路面鼓胀高出路缘石；整条

路面有多处各种形式裂缝（见图 8 网裂并伴有凸起），尤其以纵向裂缝发育最为明显，同时伴随有凸起，有的局部有一定的波浪起伏，路的两侧病害尤其严重，沿路的两侧有通长裂缝发育，同时有较大的开口、凸起、凹陷，有多处病害严重部位在近年内进行了修补。图 9 中的凹陷是由于路面其它部分升高而形成，并不是自身真正向下沉降。



图 7 纵向平行裂缝  
Fig. 7 Parallel longitudinal cracks



图 8 网裂并伴有凸起  
Fig. 8 Mesh cracks with protruding



图 9 边缘凹陷  
Fig. 9 Recessed edge

## (2) 胜利大道、金银川路、幸福路、阿拉尔大道

胜利大道(西)2003年修建:有防渗膜,两侧有绿化带,路面破坏较严重;胜利大道(东)2006年修建,道路无明显破坏特征,开挖后,各层含水量较小,土质相对较为干燥;幸福路:有防渗膜,两侧有绿化带,路面鼓胀超过路缘石高度;阿拉尔大道(2004年修建):有防渗膜,两侧绿化,与军垦大道混凝土路面交接位置处,破坏最严重,车辆行驶较少,无重型车辆行驶,两侧路面开裂范围较大,裂缝较大。金银川路:路面呈现波浪起伏,破坏较严重。由于路面病害严重,这几条道路均进行重新修建或路面整体改造,图10是在未改建之前的调研照片。

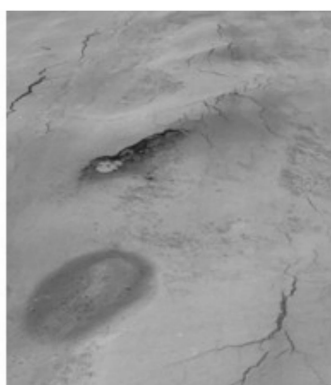


图10 波浪起伏并伴有裂缝

Fig. 10 Waves with cracks

## (3) 滨河路、霞光路、新农路、青松路

滨河路(2006年修建):两侧有绿化带,无水稳层,无防水膜,路基高出两侧地面,重型车辆经过最多,无明显破坏现象;霞光路(2004年修建):有防渗膜,两侧无绿化带,几乎无车辆行驶,路面不平整,路边路面高度几乎与路缘石平齐;新农路(2004年修建):有防渗膜,两侧无绿化带,路面与路缘石交接位置处翘起;青松路(2004年修建):有防渗膜,两侧绿化,车辆较多,中间破坏相对较轻,两侧较重。

## 4 结 论

综上所述,盐渍土地区城市道路的病害具有明显的规律性,主要表现在:

(1)对于相同设计方案施工的路面,其破坏程度与时间有相对应的关系,时间越长路面破坏现象越明显。

(2)沥青混凝土路面的不平整程度与车流量的大小有关,较大的车流量对沥青混凝土路面的膨胀有明显的抑制作用。

(3)路面的病害随着季节循环,冬季道路抬升、路面起鼓,夏季回落,同时裂缝也会有一定闭合。

(4)路面破坏与冬季温度有直接关系,冬季的温度愈低产生的破坏愈严重。

(5)路面破坏先从路边开始向路中心逐渐发展,路两侧的破坏比中央要严重、同时隆起程度比路中央的路面要明显得多。

(6)路面病害形式主要表现为开裂和凸起,多数情况下开裂和凸起是交织在一起。

(7)路面纵向裂缝比横向裂缝更为明显;路两侧裂缝一般没有冒水现象,冒水现象主要出现在路中央的裂缝;路面的各向裂缝最终会相互连通形成网状。

目前针对盐渍土地区城市道路的盐渍化病害做了大量的工作,但由于盐渍土地区工程病害的复杂性,防止盐渍土地区城市道路的盐渍化病害的实际成效有限。就新疆而言,南北疆由于气候、土质等的不同,其病害的形式与原因大不相同,因此需要加大投入,因地制宜开展大量的研究工作,以期最终真正解决盐渍土地区的盐渍化病害问题。

## 参考文献:

- [1] 郝金标, 张福锁, 毛达如, 等. 新疆盐渍土分布与盐生植物资源[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 299 - 303. (XI Jin-biao, ZHANG Fu-suo, MAO Da-ru, et al. Saline-soil distribution and halophyte resources in Xinjiang[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36(3): 299 - 303. (in Chinese))
- [2] 张志权, 王志勇. 硫酸盐渍土地区公路盐胀影响因素及防治措施[J]. 路基工程, 2006(3): 148 - 150. (ZHANG Zhi-quan. Influencing factors of road salt expansion and control measures in sulphate salty soil area[J]. Subgrade Engineering, 2006(3): 148 - 150. (in Chinese))
- [3] 杨保存, 汪为巍, 杨 柳. 南疆盐渍土路基盐-冻胀变形综合防治技术研究[J]. 干旱区地, 2011(1): 133 - 142. (YANG Bao-cun, WANG Wei-wei, YANG Liu. Integrated control technology of salt-frost heave deformation in saline soil subgrade of southern Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2011(1): 133 - 142. (in Chinese))
- [4] 杨保存, 邱 林, 汪为巍, 等. 盐渍土路基盐-冻胀变形试验研究[J]. 公路, 2009(12): 63 - 69. (YANG Bao-cun, QIU Lin, WANG Wei-wei. The test and study of salt-frost deformation in saline soil[J]. Highway, 2009(12): 63 - 69. (in Chinese))
- [5] 邢爱国, 李世争, 陈龙珠. 高速公路水泥固化盐渍土的试验研究[J]. 公路, 2007(7): 76 - 79. (XING Ai-guo, LI Shi-zheng, CHEN Long-zhu. Test and study on cement-stabilized saline soil in expressway[J]. Highway, 2007(7): 76 - 79. (in Chinese))

- [6] 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. (YANG Bao-cun, WANG Wei-wei, NIU Xin-ping, et al. Test study on saline soil engineering properties in different regions of southern Xinjiang[J]. Journal of Tarim University, 2009(4): 12 - 17. (in Chinese))
- [7] CHEN Xiao-bai, WANG Ya-qing. Salt redistribution and heave of saline soils during temperature change[C]// Proceedings of 88 ISCORD. Harbin, 1988: 327 - 336.
- [8] CHEN Xiao-bai, WANG Ya-qing. Influence of saturated-dehydrated-from cycles on density of fill[C]// Proceedings of 88 ISCORD. Harbin, 1988: 337 - 342.
- [9] HALAN R L. Analysis of coupled heat-fluid transport in partially frozen soil[J]. Water Resource Research, 1973, 9(5): 1314 - 1323.
- [10] TAYLOR G S, LUTHIN J N. A model for coupled heat and moisture transfer during soil freezing[J]. Can Geotech J, 1978, 15(4): 548 - 555.
- [11] 高江平, 扬荣尚. 含氯化钠硫酸盐渍土在单向降温时水分和盐分迁移规律的研究[J]. 西安公路交通大学学报, 1997, 3(17): 127 - 129. (GAO Jiang-ping, YANG Yong-shang. Study on the moving pattern of water and salt with directional temperature lowering in sulphate salty soil containing NaCl[J]. Journal of Xi'an Highway University, 1997, 3(17): 127 - 129. (in Chinese))
- [12] 高江平, 吴家惠. 硫酸盐渍土盐胀特性的单因素影响规律研究[J]. 岩土工程学报, 1997, 19(1): 37 - 42. (GAO Jiang-ping, WU Jia-hui. Study on laws of the single factor effect upon heaving properties of the sulphated salty soil[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1997, 19(1): 37 - 42. (in Chinese))
- [13] 王小生, 章洪庆, 薛明, 等. 盐渍土地区道路病害与防治[J]. 同济大学学报, 2003, 10(31): 1178 - 1182. (WANG Xiao-sheng, ZHANG Hong-qing, XUE Ming, et al. Road disease and treatment in saline soil area[J]. Journal of Tongji University, 2003, 10(31): 1178 - 1182. (in Chinese))
- [14] 彭铁华, 李斌. 硫酸盐渍土在不同降温速率下的盐胀规律[J]. 冰川冻土, 1997, 19(3): 252 - 257. (WU Tian-hua, LI Bin. Measuring frozen soil displacement with speckle photography[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1997, 19(3): 252 - 257. (in Chinese))

(本文责编 明经平)