

碳酸盐渍土的膨胀特性研究

刘彦辉

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 陕西 西安 710043)

摘要: 在新疆省道 201 线克拉玛依—榆树沟段改建工程段采集土样, 通过室内试验研究影响碳酸盐渍土膨胀的主要因素。首先讨论盐渍土地层的自然垂直分布对碳酸盐渍土膨胀特性的影响, 得到膨胀率随土样深度的变化发生变化, 在 25—75 cm 时膨胀最为明显; 考虑到季节变化和温度的影响, 进行了碳酸盐渍土的多次冻融循环盐胀特性的研究, 发现温度对碳酸盐渍土的膨胀特性影响很小。为了分析含盐量对碳酸盐渍土膨胀特性的影响, 室内配制含盐量为 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 的土样进行膨胀试验, 结果表明, 含盐量从 0.5% 增加到 2.0% 时, 其最大膨胀率从 10.0% 增加到 22.5%。

关键词: 碳酸盐渍土; 膨胀; 土样深度; 温度; 含盐量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0119-03

中图分类号: P642.13

A Study on Expansion Characteristics of Carbonate Saline Soil

LIU Yan-hui

(First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., China Railway, Xi'an, Shaanxi 710043, China)

Abstract: Soil samples were taken from Kelamayi to Elm Ditch along provincial road No. 201 in Xinjiang Wei Autonomous Region and the main factors influencing the expansion characteristics of carbonate saline soil were studied through laboratory test. The effects of the natural vertical distribution of saline soil layers on the expansion of saline soil were discussed at first. The expansion ratio was found to vary with soil sampling depth and the expansion was most significant between 25 and 75 cm below soil surface. By taking seasonal variation and temperature variation into consideration, the characteristics of saline soil in freeze-thaw cycle studied and temperature was found to have little effect on the expansion characteristics of carbonate saline soil. Expansion test was made with specimens containing salt 0.5%, 1.0%, 1.5%, and 2.0% in weight to analyze how salt content affects the expansion characteristics of the soil. Results show that the maximum expansion ratio increased from 10.0% to 22.5% as salt content increased from 0.5% to 2.0%.

Keywords: carbonate saline soil; expansion; soil depth; temperature; salt content

新疆深居内陆, 地形封闭, 气候干旱, 分布着以 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 为主的碱性盐渍土^[1], 盐渍土的形成与当地的地理、地形、气候及工程地质和水文地质条件等自然因素有很大的关系, 其特性受这些因素的影响比较大。碳酸盐渍土因碱性较强会伴随有强烈的碱性反应, 从而引起土体膨胀, 当处理不当时, 会对工程建设造成许多不良的影响。因此, 深入开展盐渍土膨胀特性研究对于指导我国盐渍土地区建筑工程的修建有重要的意义^[2]。

1 试验设计

盐渍土的三相组成与一般的土体不同, 其固相中包括土体颗粒及结晶体盐, 液相是一种含有碳酸盐的

盐溶液。因此, 对于盐渍土地基, 土体中盐的存在形式受其他因素的影响会发生变化, 对工程建设带来较大的影响^[3]。

1.1 易溶盐分析

测定结果表明, 在地表土层中含有较多的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 , 盐分中阳离子以 Na^+ 为主, 阴离子以 HCO_3^- 为主, 此 2 种离子的含量明显高于其他离子成分。盐渍土的分布具有明显的层次性, 表层为层状结构的淋溶层, 下层为柱状结构淀积层。在深度 25—75 cm 的土层内含易溶盐最多, 同时也聚积有碳酸钙和石膏。土壤的 pH 值在 9.45~9.85, 呈碱性和强碱性。

收稿日期: 2011-06-07

修回日期: 2011-10-25

资助项目: 国家西部交通建设科技项目“盐渍土地区公路修筑成套技术研究”(2003-318-797-50)

作者简介: 刘彦辉(1980—), 男(汉族), 陕西省西安市人, 工程师, 主要从事公路与城市道路工程方面的设计工作。E-mail: 93343160@qq.com。

1.2 颗粒组成特点

盐渍土中可能存在结晶盐,并且盐渍土中的盐会使土中的微粒胶结成小集粒,所以在颗粒分析时,盐渍土去盐前后所得的颗粒分析试验结果有明显差异:洗盐前粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量平均占到 51.0%,而洗盐后粒径小于 0.075 mm 的颗粒含量平均占到 68.0%。这表明在洗盐前,由于盐的晶体的存在及盐的胶结作用,黏粒较少;洗盐时,土中胶结的小集粒被分散,小粒径的粒度含量相比之前有所增加,颗粒分散度提高。

1.3 盐渍土的膨胀特性

大量实验表明,在盐渍土地基上进行建设时,如果未采取防膨胀措施或措施不合理,将会产生较大的危害。碳酸盐渍土与硫酸盐渍土是盐渍土地基产生膨胀危害的主要 2 种土类。硫酸盐渍土的膨胀属于结晶膨胀,即盐渍土因温度降低或失去水分后,溶于土中孔隙中的盐浓缩并析出晶体而产生的体积膨胀^[4]。

为了进一步研究碳酸盐渍土膨胀的影响因素,分别从其地层的自然垂直分布、含盐量及温度等方面着手,研究其对碳酸盐渍土膨胀特性的影响,具体方案如下。

(1) 方案 1。由于季节的变化引起的降水量和蒸发量的不同,使盐渍土的各离子在土壤剖面中的分布具有明显的层次性,从而引起不同的膨胀特性。

碳酸盐渍土分布的厚度一般不大,在项目区域的洼地内沿路线前进方向,间隔一定距离选取 A, B 这 2 个点分别对其钻孔剖面进行观测,在每个点选取深度为 0—25, 25—50, 50—75, 75—100 cm 的土样进行分析。

(2) 方案 2。为了模拟温度对碳酸盐渍土膨胀性的影响,进行了碳酸盐渍土的多次冻融循环膨胀特性的研究。

在自然界中,季节冻土地区土层上下端存在一定的温度梯度,由于土体的导热性较差,降温采用顶端温度保持 -20℃ 不变,下端保持 5℃,升温采用室内温度 20℃ 自然升温,每个冻融循环周期为 48 h。

(3) 方案 3。在某些情况下土壤含盐量较大,为了研究含盐量对碳酸盐渍土膨胀特性的影响,通过实验室配制含盐量为 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 的土样 C 和土样 D 分别进行 2 组平行试验的膨胀试验分析。

2 结果与讨论

(1) 方案 1。具体实验数据见表 1。

表 1 碳酸盐渍土分层土样数据

取样深度/ cm	A 点		B 点	
	含盐量/%	pH 值	含盐量/%	pH 值
0—25	0.32	9.45	0.34	9.52
25—50	0.63	9.60	0.68	9.78
50—75	0.72	9.80	0.72	9.80
75—100	0.48	9.68	0.46	9.60

膨胀试验结果如图 1—2 所示。从 A, B 点的分析结果可以看出,受微地貌和地层结构的控制,从地表向下深度为 0—25 cm 时,膨胀率约为 6.30%,这是由于盐的淋溶作用使含盐量降低,为 0.30% 左右;深度为 25—50 cm 及 50—75 cm 时,由于沉积作用,该层的含盐量较大,分别达到 0.68% 和 0.72% 左右,碱性较强,最大膨胀率分别为 12.0% 及 12.8%;75—100 cm 时,含盐量在 0.33%~0.55%,相对于上层呈减少趋势,此时的最大膨胀率为 6.20% 左右。这些数据表明,盐渍土和含盐量在不同层次是不同的,各层含盐量的不同又会引起不同的膨胀特性。

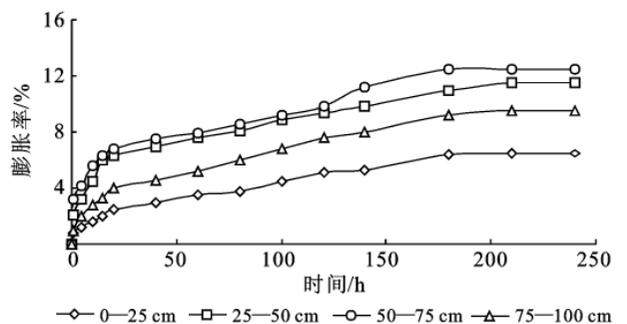


图 1 A 点处土样膨胀曲线

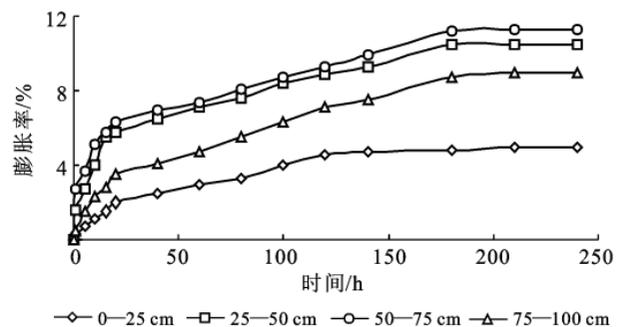


图 2 B 点处土样膨胀曲线

(2) 方案 2。具体试验数据见表 2。

从表 2 中可以看出,刚开始,随着冻融循环次数的增加,土体在不断发生沉降,这是因为冻融循环改变了土体内部的受力状况,使土粒重新排列,在自重作用下产生沉降。随着温度进一步降低及冻融循环次数的增加,土体稍有膨胀。这是由于碳酸钠

(Na_2CO_3)、碳酸氢钠(NaHCO_3)在温度变化时,溶解度会发生变化。碳酸钠(Na_2CO_3)会结合水分子形成晶体 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$,而碳酸氢钠(NaHCO_3)在温度变化时并不会结合水分子形成晶体。

由于碳酸盐渍土中阴离子以 HCO_3^- 为主,其含量明显高于其他离子成分,碳酸钠(Na_2CO_3)含量有限,在温度变化时体积膨胀表现的并不明显^[6]。总体看来,碳酸盐渍土的膨胀受温度这一因素的影响不太明显。

表 2 盐渍土冻融试验膨胀量结果 mm

历时/h	第 1 周期	第 2 周期	第 3 周期	第 4 周期	第 5 周期
0(开机)	0	0.72	0.81	0.86	0.80
1	-0.32	0.58	0.68	0.72	0.76
5	-1.01	0.02	0.28	0.31	0.42
10	-1.12	-0.55	-0.48	-0.50	-0.42
18	0.62	-0.02	-0.09	-0.12	-0.20
24(关机)	1.00	0.82	0.80	0.72	0.67
30	0.63	0.68	0.71	0.61	0.59
35	0.42	0.52	0.56	0.52	0.42
40	0.53	0.59	0.60	0.56	0.51
48	0.78	0.81	0.86	0.80	0.76

(3) 方案 3。膨胀试验结果如图 3—4 所示。

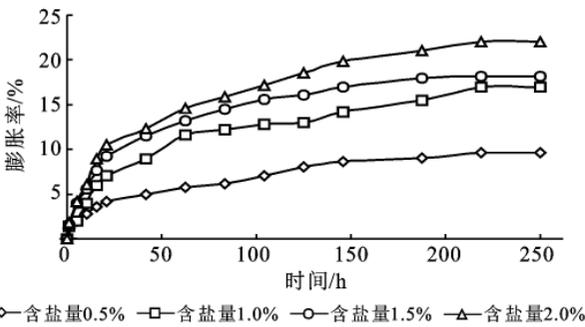


图 3 土样 C 膨胀曲线

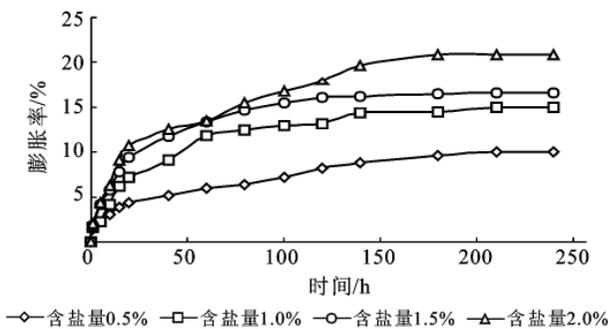


图 4 土样 D 膨胀曲线

试验表明,含盐量为 0.5%,1.0%,1.5%,2.0% 时,试验结束后膨胀稳定值分别为 10.0%,16.2%,18.5%,22.5%。当含盐量大于 1% 时,碱性盐渍土属于强盐渍土,其盐胀量显著增大。这是由于土中的吸附性阳离子数目增大,具有较强的亲水性,当遇水时,会在胶体颗粒及黏土颗粒周围形成厚厚的结合水膜,使颗粒间的黏聚力减小,从而互相分离,引起土体出现明显的膨胀^[5]。

3 结论

(1) 盐渍土的分布具有分层性,深度为 25—75 cm 的含盐量最大;对不同层盐渍土进行膨胀量试验发现,含盐量越大其膨胀量也越大,说明盐渍土的含盐量、膨胀率与其自然分布的层次性有很大关系。

(2) 碳酸盐渍土中阴离子以 HCO_3^- 为主,在冻融循环条件下,碳酸氢钠(NaHCO_3)的溶解度在温度降低时不会发生明显的变化,不会吸收水分形成晶体,所以碳酸盐渍土在温度变化时的体积膨胀性并不明显。

(3) 通过人工配制不同含盐量土样进行膨胀量试验表明,当碳酸盐含量大于 0.5% 时,膨胀量显著增大,当含盐量为 0.5%~2.0% 时,它的膨胀率最大可以达到 22.5%,可见其影响作用是较为明显的。

(4) 新建工程中,当发生盐胀时,土体体积增大,会导致路面、桥台裂缝凸起,发生病变。此外,在盐渍土地区还有大量修建年代比较早且病害严重的路段需要养护或改造,仅新疆每年就有上百公里路需要修建或改造。因此,研究碳酸盐渍土的特性对指导盐渍土路基的病害防治具有重要意义。

[参 考 文 献]

[1] 张国辉,于青春,魏国强. 松嫩平原碳酸盐渍土的基本性质研究[J]. 水文地质工程地质,2007(2):37-39.
 [2] 王兆东,张雷. 盐渍土对路基的危害及防治[J]. 辽宁交通科技,2005(1):35-37.
 [3] 徐攸文. 盐渍土地基[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1993:9-15.
 [4] 史桃开,徐攸文. 盐渍土地基的膨胀性[J]. 工程勘察,1994(3):18-20.
 [5] 黄立度,席元伟. 土中盐分和积聚迁移规律以及盐胀机制的探讨[J]. 公路工程地质,1990,8(4):25-29.
 [6] 罗金明,邓伟,张晓平. 从小尺度探讨苏打盐渍土的特征以及演变规律[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(2):138-140.