

文章编号: 1007-2993(2022)02-0169-04

黄泛区改性粉土温缩性能对比试验研究

王喆¹ 张磊² 王伟¹ 孙兆云² 向国伟³ 户桂灵⁴

(1. 山东高速股份有限公司, 山东济南 250014; 2. 山东省交通科学研究院, 山东济南 250102; 3. 山东高速工程咨询有限公司, 山东济南 250014; 4. 山东建筑大学, 山东济南 250102)

【摘要】 山东黄泛区属于季节性冻土区, 昼夜温差较大时易产生开裂, 进而影响路面的完整性和连续性。黄泛区粉土本身颗粒级配较差, 强度较低, 需要通过改性处理。通过对三种类型粉土的温缩性能比较, 表明水泥和沥青粉对粉土的温缩开裂有抑制作用, 温缩系数呈以下大小顺序排列: 沥青粉改性土 < 水泥改性土 < 素土。

【关键词】 粉土; 沥青粉; 温缩试验; 粉土固化; 温缩系数

【中图分类号】 U 416

【文献标识码】 B

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2022.02.016

Comparative Test Research on Temperature Shrinkage Performance of Modified Soil in Yellow River Flood Field

Wang Zhe¹ Zhang Lei² Wang Wei¹ Sun Zhaoyun² Xiang Guowei³ Hu Guiling⁴

(1. Shandong Hi-speed Company Limited, Jinan 250014, Shandong, China; 2. Shandong Transportation Research Institute, Jinan 250102, Shandong, China; 3. Shandong High Speed Engineering Consultants Company Limited, Jinan 250014, Shandong, China; 4. Shandong Jianzhu University, Jinan 250102, Shandong, China)

【Abstract】 Yellow River flood field of Shandong Province is a seasonally frozen soil area, and it is easy to crack when the temperature difference between day and night is large, which affects the integrity and continuity of the road surface. The soil in the yellow river flood field has poor particle gradation and low strength, which needs to be modified. In this study, the temperature shrinkage properties of three types of soil were compared, and results showed that cement and asphalt powder had an inhibitory effect on the temperature shrinkage and cracking of soil. Moreover, the temperature shrinkage coefficients were arranged in the following order: asphalt powder modified soil < cement modified soil < plain soil.

【Key words】 soil; asphalt powder; temperature shrinkage test; soil solidification; temperature shrinkage coefficient

0 引言

山东省存在大量的黄泛区, 在该地区建设道路时, 不可避免地运用到大量的黄泛区粉土, 但是黄泛区粉土本身颗粒级配较差, 且颗粒磨圆度较高, 强度较低, 在公路建设中容易导致路基失稳及塌陷等病害的产生^[1-4]。为了避免资源浪费, 必须将黄泛区粉土进行改性处理运用到道路建设中去。改性的方法大致可以分为两类: 物理改性和化学改性。物理加固是利用机械方法, 如碾压、强夯等技术以及在土中掺加纤维等方法对土体进行加固, 土体本身的特性实质上并未改变, 也没有产生新的化学物质。化学加固就是

通过向土体中掺入特定的外加剂(水泥、高分子材料等), 使其与土体中的矿物发生相互作用从而来改善土的工程性质。目前化学改性起步较早, 且有些技术已经成熟并广泛地应用到实际工程中。赵文斌等^[5]利用室内试验、数值模拟手段对砂砾改良含砂低液限粉土路基改良效果进行全面评价; 申爱琴等^[6]对含砂低液限粉土选用石灰、水泥、粉煤灰等材料改性, 并利用新研制的收缩仪测定了加固类半刚性材料的干缩、温缩系数, 分析了收缩机理及影响因素; 刘雨桐等^[7]通过掺加纤维固化剂发现, TG 固化土干缩应变和温缩应变明显降低, 抗收缩能力得到提高。朱志

基金项目: 山东省交通运输厅科技计划(2018B44)

作者简介: 王喆, 男, 1979年生, 汉族, 山东荣成人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事道路桥梁建设管理与技术研究工作。E-mail: 42089836@qq.com

通讯作者: 张磊, 男, 1991年生, 汉族, 山东菏泽人, 硕士研究生, 助理工程师, 主要研究方向为路基工程。E-mail: 837827723@qq.com

铎等^[8]通过试验发现,掺加高性能固化剂可明显增加粉质土的无侧限抗压强度和水稳性,减小其收缩变形。

山东黄泛区属于季节性冻土区,无机结合料稳定材料用于路面结构中,昼夜温差较大时易产生开裂,进而影响路面的完整性和连续性,使道路发生结构性破坏,缩短道路的使用寿命。有关学者^[9-15]对固化土的收缩开裂进行了大量的研究。固化土收缩开裂的主要原因来源于室外环境温度变化引起的不均匀体积收缩及固化剂中无机结合料的水化收缩,收缩开裂是影响固化土耐久性的主要原因之一。路基路床填料的抗裂性主要是通过室内温缩试验测得的温缩系数进行评价。本文将选用水泥和沥青粉分别对黄泛区粉土进行改性处理,对其温缩性能进行系统研究,并与素粉土温缩性能比较,验证其改进效果。

1 温缩试验

1.1 试验材料

本文所使用黄泛区粉土,来自京台高速四标段,根据《公路土工试验规程》(JTJ 3430—2020)进行击实试验及液塑限试验测定试验用土的基本物理参数(见表1)。

表1 试验粉土基本物理性质

最大干密度 $\rho_d/(g \cdot cm^{-3})$	最佳 含水率/%	液限 $w_L/\%$	塑限 $w_P/\%$	土的分类
1.79	13.93	28.66	19.63	低液限粉土

本文选取的水泥是济南产的山水牌 P·O42.5 基 质水泥。水泥的物理力学性能如表2所示。

表2 水泥的物理力学性能指标

密度 $(g \cdot cm^{-3})$	比表面积 $(m^2 \cdot kg^{-1})$	凝结时间/min		抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
		初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
3.18	369.7	180	320	6.8	8.9	36.3	55.8

沥青粉为赤泥基沥青粉主要制作原材料为赤泥、沸石粉、70#基质沥青。沥青粉配合质量比为赤泥:沸石粉:70#基质沥青=22:1:100。

1.2 试验方案

为了研究不同材料对黄泛区粉土温缩性能的改性作用,现对不同材料配合质量比进行设计,并用未作改性处理的粉土做空白对照组,具体配合比方案见表3。

表3 试验方案

材料类型	配合质量比
素土	土:水=100:14
水泥改性土	土:水泥:水=100:6:14
沥青土改性土	土:沥青粉:水泥:水=100:4:6:14

2 试验结果分析

2.1 试件制备

温缩试验所用试件的成型方法参照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ E51—2009)进行,在室内成型尺寸为 10 cm×10 cm×40 cm 的中梁试件。制件步骤如下:根据击实试验得到材料的最大干密度和最佳含水率,按 98% 压实度计算所需结合料、集料及水的用量;装入中梁钢模模具中并放到压力机上压实成型,脱模后放入标准养护室内,在温度 20℃±2℃,湿度≥95% 的标准养生条件下养生 7 d,并在养生期的最后一天,将试件泡水;养生结束后,将试件放入 105℃ 的烘箱中烘 10~12 h 至恒量,使试件没有自由水的存在。

2.2 温缩试验方法

将烘干至恒温的试件安放到收缩仪上,在试件两端粘贴玻璃片,收缩仪底部放置三根涂了润滑油的玻璃棒,将试件较光滑面向下放在玻璃棒上,将千分表固定于收缩仪上,把千分表顶到一个较大的读数然后记录读数(见图1)。将试件移入高低温交替试验箱内,设置控温程序,从 50℃ 开始,按 10℃ 为一个级别的温度差,直到-10℃ 结束,降温速率为 0.5℃/min,当降到设定温度后,保温 3 h。在保温结束前 5 min 内读取千分表读数。



图1 试件及收缩仪

温缩性能通常采用温缩系数 α_T 指标来表示,温缩系数是指单位温度变化下材料的线收缩系数:

$$\alpha_T = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta T}$$

式中: ΔT 为温度变化量; $\Delta \varepsilon$ 为对应于 ΔT 时应变的变化值。

2.3 试验结果分析

三种材料的温缩试验结果如表4所示。

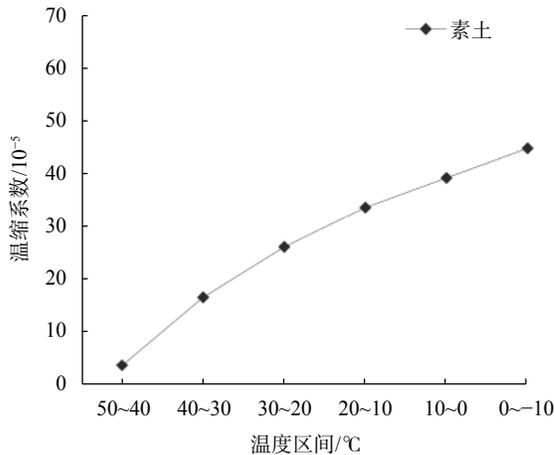
通过图2的试验数据可知,三种材料温缩系数随温度变化的趋势较为相似:随着温度的降低,温缩系数呈增加的趋势。在同一温度区间内,温缩系数的大小呈以下顺序排列:沥青粉改性土<水泥改性土<素土。材料在各温度区间内温缩系数的平均值,反映

表 4 三种无机结合料温缩系数试验结果

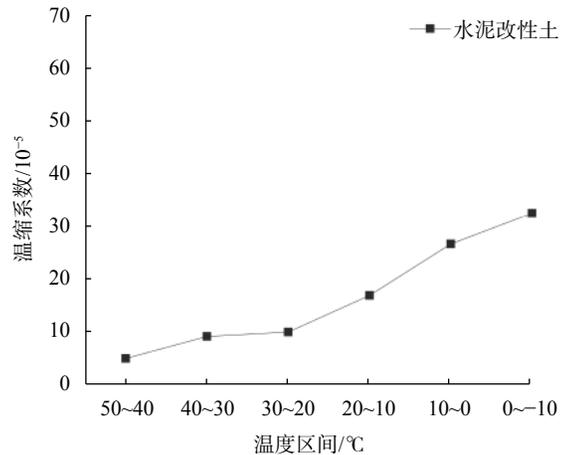
材料类型	各温度区间温缩系数/ 10^{-5}						平均值
	50~40℃	40~30℃	30~20℃	20~10℃	10~0℃	0~-10℃	
素土	3.74	16.61	26.15	33.64	39.25	44.85	27.37
水泥改性土	4.98	9.14	9.98	16.89	26.61	32.45	16.68
沥青粉改性土	2.49	6.24	7.49	10.61	17.47	23.92	11.37

了材料关于温度变化的收缩特性总体水平。通过表 4 可发现,水泥改性土和沥青粉改性土相对于素土的平均

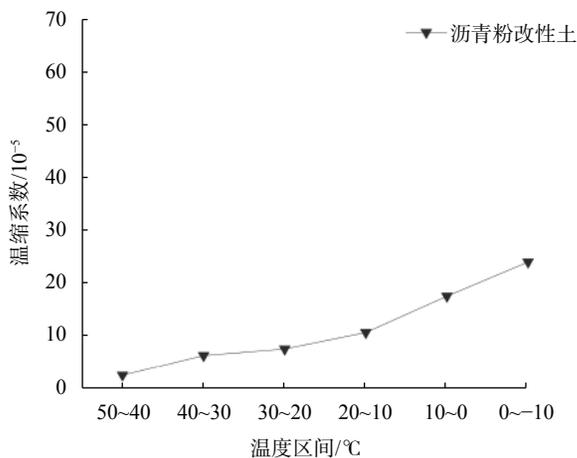
均温缩系数降低了 39.05% 和 58.46%。说明水泥和沥青粉对粉土的温缩性有明显的改进作用。



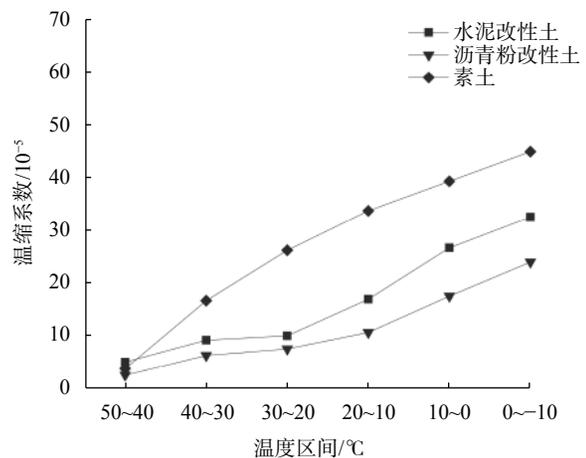
(a) 素土温度与温缩系数的关系曲线



(b) 水泥改性土温度与温缩系数的关系曲线



(c) 沥青粉改性土温度与温缩系数的关系曲线



(d) 不同材料温度与温缩系数的关系曲线

图 2 不同改性土温度与温缩系数的关系曲线

当环境温度下降时,材料内部毛细管中弯液面表面张力和弯液面内外压力差都增大,只有这种作用力超过毛细管壁颗粒内部的联结力时,温缩系数才会增加。

水泥在空气或水中均能发生硬化反应,水泥固化土体时会发生一系列的物理化学作用,水泥掺入土体后,水泥本身先发生水化作用,生成具有胶结能力的 $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 、 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 、 $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ 等水化产物。此外土体矿物中的

SiO_2 、 Al_2O_3 的活性也会以为 Ca^{2+} 的存在被激活,这也有助于强化土体的结构及稳定性。所以当温度降低时,毛细管壁颗粒内部的联结力增大,减少整体的收缩量。

沥青粉改性土中除了添加水泥以外,还添加了沥青粉,沥青粉中赤泥增加了沥青呈碱性的特性可以增加沥青与集料的粘附力,从而提高混合料的温度稳定性和水稳定性,进一步降低了材料的温缩系数。所以,从效果上来看,沥青粉改性土对素土的温缩性能

改良效果比只添加水泥的改良效果更好。

3 结论

选择水泥和沥青粉与粉土混合形成的无机结合料,通过温缩试验研究其温缩性能,得到以下结论:

(1)随着温度的降低,温缩系数呈增长的趋势。因此在实际工程中,应尽量避免在低温环境中施工,并做好养护工作。

(2)水泥改性土和沥青粉改性土的温缩系数在温度区间为 30~20℃ 内变化幅度较小,说明水泥水化反应和沥青粉的黏结能力在 30~20℃ 内较强。

(3)温缩系数无论是最大值还是平均值,均呈以下大小顺序排列:沥青粉改性土<水泥改性土<素土。沥青粉和水泥对粉土有一定的固化作用,可减少其随温度变化导致的不均匀体积收缩,增加固化土的耐久性。

参 考 文 献

- [1] 屠晨阳. 水泥固化砂质粉土的强度试验及其机理研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2018.
- [2] 申爱琴, 郑南翔, 苏 毅, 等. 含砂低液限粉土填筑路基压实机理及施工技术研究[J]. 中国公路学报, 2000, (4): 12-15.
- [3] 高秋生, 袁忠文, 郭启臣. 含砂低液限粉性土在路基工程中的应用[J]. 科学技术创新, 2015, (32): 256.
- [4] 姚占勇. 黄河冲淤积平原土的工程特性研究[D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [5] 赵文斌. 浅谈含砂低液限粉土路基的改良技术[J]. 北方交通, 2016, (9): 31-34.
- [6] 申爱琴, 马 磊, 苏 毅, 等. 加固的含砂低液限粉土收缩性能研究[J]. 建筑材料学报, 2000, (4): 47-51.
- [7] 刘雨彤. 纤维增强型TG复合固化土强度及稳定性试验研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2018.
- [8] 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, (10): 1599-1601.
- [9] 栾茂田, 汪东林, 杨 庆, 等. 非饱和重塑土的干燥收缩试验研究[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(1): 118-122.
- [10] 周永祥, 阎培渝. 不同类型盐渍土固体体的干缩与湿胀特性[J]. 岩土工程学报, 2007, 29(11): 1653-1658.
- [11] 毛玮芸. 浅析道路工程建设中软弱土壤固化技术的研究进展[J]. 科技创新导报, 2017, 14(1): 52-53, 56.
- [12] 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, (2): 83-89.
- [13] 屠晨阳. 不同外掺剂时砂质粉土的固化试验研究[J]. 低温建筑技术, 2018, 40(5): 98-102.
- [14] 李迎春, 钱春香, 刘松玉, 等. 粉土固化稳定机理研究[J]. 岩土工程学报, 2004, (2): 268-271.
- [15] 洪雁平, 陈 春. 多种粉土稳定材料的对比试验探讨[J]. 公路交通技术, 2010, (4): 12-16.

收稿日期: 2021-01-21