

小尺寸土样整体收缩对裂隙发育的影响

邵燕华,吴思麟,徐浩青

(河海大学 土木与交通学院,江苏 南京 210098)

摘要:垃圾填埋场中压实黏土衬垫会在天然的干湿循环过程中产生裂隙,从而对土体的渗透性造成影响。选取一种高岭土在直径为6.18 cm、高为4 cm的小环刀内制样,发现随脱水时间增加,整体收缩逐渐影响裂隙生成的现象;在不同温度、干湿循环次数的条件下对试样进行裂隙生成试验,研究小尺寸试样的整体收缩对表面裂隙发育的影响,并提出有效裂隙率的概念。结果表明:小尺寸试样随脱水时间的增加极易发生整体收缩,约束表面裂隙生成,最终导致试样沿侧面发生环状破坏;在高温脱水条件下对试样进行适量次数的干湿循环,可以降低整体收缩对开裂产生的影响。

关键词:小尺寸试样;整体收缩;温度;干湿循环

中图分类号:TU45

文献标识码:A

Effect of the whole shrinkage of small size soil sample on the development of cracks

SHAO Yan-hua, WU Si-lin, XU Hao-qing

(College of Civil Engineering and Transportation, Hohai University, Jiangsu Nanjing 210098, China)

Abstract: The compacted clay liner used in the landfill site will produce cracks due to the natural wet-dry cycling, which will affect the permeability of the soil. This paper selected a kind of kaolin with a diameter of 6.18cm and height of 4cm small ring knife to make sample, which was used to study the effect of the whole shrinkage of small size specimen on the development of surface cracks in different temperature and wet-dry cycles. The results shows that the small size of the sample is extremely easy to produce the whole shrinkage with the increase of the dehydration time, which restrains the generation of surface cracks and eventually leads to the destruction along the side surface. Under the condition of high temperature dehydration, proper wet-dry cycling times can reduce the effect of the whole shrinkage on the cracking.

Key words: small size sample; whole shrinkage; temperature; wet-dry cycling

垃圾填埋场中用来防渗的水平压实黏土衬垫会因天然的干湿循环产生裂隙^[1],国内外学者对裂隙土体进行了大量的试验研究,发现存在裂隙的土体除了强度降低外,渗透系数也比无裂隙的土体增大了1到3个数量级^[2-6],故裂隙的存在有可能会为渗沥液击穿防污屏障后提供优先通道,从而污染地下水和土壤。对此,学者通过试验研究了温度、含水率、土体性质等^[7-11]对裂隙生成的影响,发现试样尺寸的大小对开裂有着一定程度的影响;何俊^[12]等发现在土样脱水过程中,土体

会与器壁发生分离,对裂隙的形成产生影响,从而采用在容器壁上涂阿尔代胶的方法进行处理;Rayhani等^[13]发现利用大尺寸试样进行试验得到的数据较标准室内试验得到的更为精确;张家俊等^[14]发现裂隙会因土样尺寸过小而停止发育。上述研究虽提到了试样尺寸对裂隙开裂的影响,却并没有进行深入的研究,本文的研究希望能得到试样尺寸对裂隙发育的具体影响。

1 材料性质与试验方法

收稿日期:2015-10-29

基金项目:国家科技重大专项(2012ZX07103005,2013ZX07113001);江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(KYZZ_0142)

作者简介:邵燕华(1991-),女,江苏南通人,硕士,主要研究方向为环境岩土。

1.1 试验材料

试验材料选用南京市江宁区产的高岭土,具体物理性质见表1,制样含水率为28%,干密度为 1.6 g/cm^3 。制样环刀采用直径为6.18 cm,高为4 cm的环刀。

表1 试样物理性质指标

Tab.1 Physical properties of the sample

比重 G_s	液限 $WL/\%$	塑限 $WP/\%$	塑性指数 IP
2.68	39.42	23.05	16.37

1.2 试验方案

(1) 时间对小尺寸试样裂隙发育影响

干燥温度设为 105°C ,分别在3、5、8、12、17、22、30、120 min时对试样表面进行拍照并用图像处理软件进行处理。

(2) 温度对小尺寸试样裂隙发育影响

将试样分别在 35°C 、 45°C 、 55°C 、 65°C 、 85°C 、 105°C 时放入烘箱内干燥2 h,对脱水后的试样表面进行拍照并用图像处理软件进行处理。

(3) 干湿循环对小尺寸试样裂隙发育影响

干燥过程温度采用 105°C ,湿润过程将试样置于叠式饱和器中抽气后浸泡于水中。第一次干燥过程根据经验得到,即不出现整体收缩的脱水时间为10 min;之后的干燥过程由于湿润过程浸没于水中,含水率较高,故干燥时间暂定为20 min,湿润过程设定为10 min;如此干湿循环8次,对每次干燥过程与湿润过程后的试样表面进行拍照并用图像软件处理。

2 试验结果

2.1 时间对小尺寸试样裂隙发育的影响

试样裂隙发育随脱水时间的变化情况见图1。其中,裂隙比例是指试样表面裂隙面积与环刀面积的比值,整体收缩与裂隙总和比例是指试样整体收缩产生的空隙和表面裂隙的面积之和与环刀面积的比值。从图1中可见,裂隙比例随时间发展慢慢增大,当时间达到12 min时,试样开始发生整体收缩,当时间达到30 min后,裂隙比例几乎保持不变,而整体收缩却未停止,即随时间延长,裂隙发育趋于稳定,而试样的整体收缩仍在进行。

为了更明确地说明试样的整体收缩对表面裂

隙生成的影响情况,在这里引入有效裂隙率的概念,有效裂隙率=裂隙比例/整体收缩与裂隙总和比例。从图2可见,有效裂隙率随脱水时间的增加而降低,在12 min时急剧下降,说明此时试样开始出现整体收缩,而后有效裂隙率虽减小,但幅度已不大,说明试样的整体收缩约束了其表面裂隙的生成。这种情况下由图像处理软件得到的裂隙各参数已经不能反映真实裂隙的变化情况。

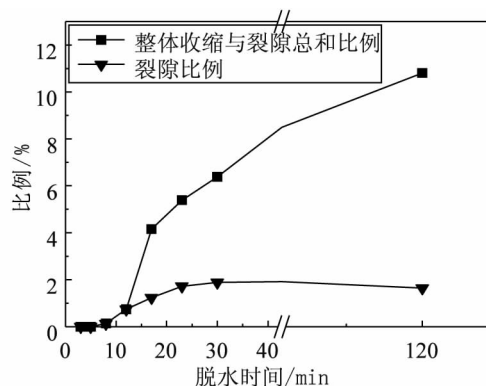


图1 裂隙随脱水时间的变化

Fig.1 The change of crack with dehydration time

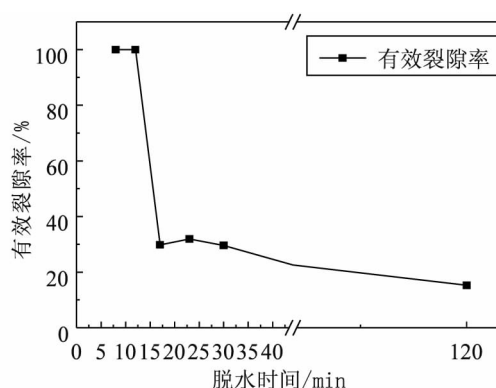


图2 有效裂隙率随脱水时间的变化

Fig.2 The change of effective fracture rate with dehydration time

2.2 温度对小尺寸试样裂隙发育的影响

为了使小尺寸试样表面裂隙发育更普遍真实,并且能够适用于其它的室内试验,故研究干燥时的温度对裂隙发育的影响,其变化情况见图3。从图中可以看出,试样表面裂隙比例随温度增加而从0开始慢慢增大,而整体收缩与裂隙总和比例则从4.5%开始不断增大。说明,在试样尺寸较小的情况下,温度越高,试样越易产生表面裂隙。但是不管低温或高温,试样都在发生整体收缩。

整体收缩对表面裂隙发育的影响见图4。从图中可以看出,随温度升高,有效裂隙率在不断的

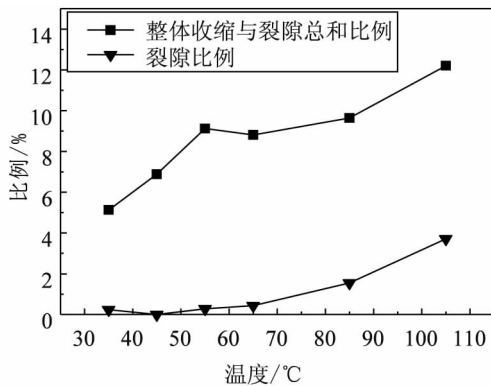


图3 裂隙随温度的变化

Fig.3 The change of crack with temperature

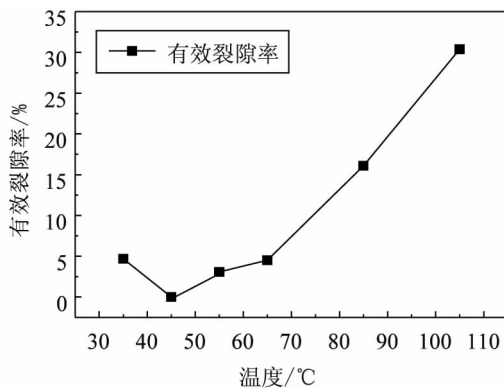


图4 有效裂隙率随温度的变化

Fig.4 The change of Effective fracture rate with temperature

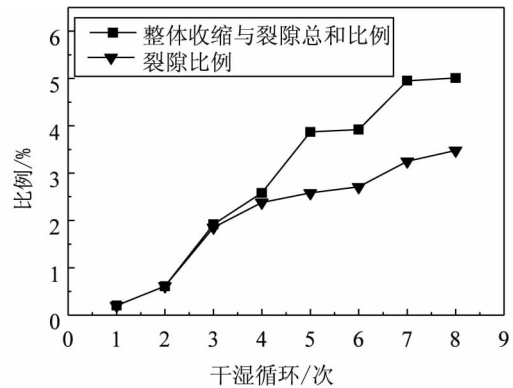


图5 裂隙随干湿循环次数的变化

Fig.5 The change of crack with the times of wet-dry cycling

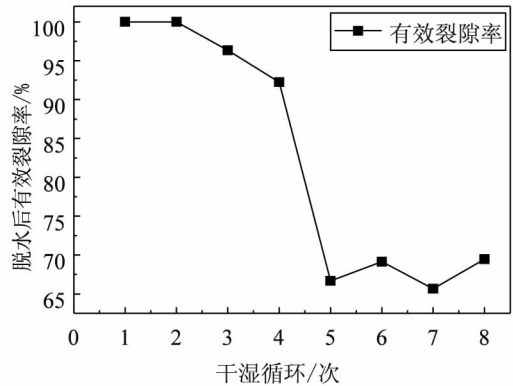


图6 有效裂隙率随干湿循环次数的变化

Fig.6 The change of Effective fracture rate with the times of wet-dry cycling

增大。这一现象说明温度越高,整体收缩对试样表面产生的裂隙的影响越小,试样更易产生真实的裂隙。

2.3 干湿循环次数对小尺寸试样裂隙发育的影响

试样裂隙发育随干湿循环次数的变化情况见图5。从图5可以看到,随着干湿循环次数的增加,试样表面裂隙不断发展,其中试样经第三次干燥后开始出现整体收缩,到第五次干燥后整体收缩明显加快。

试样整体收缩对表面裂隙的影响见图6。由图6可知,有效裂隙率随着干湿循环次数的增加而呈降低的趋势,其中,前四次的干湿循环的有效裂隙率在90%以上,说明此时试样裂隙的发育还是比较普遍真实的,试样尚未破坏;而从第五次干湿循环开始,有效裂隙率大幅度降低至66%,且经后续几次干湿循环后,有效裂隙率依然没有回升,说明试样的整体收缩对表面裂隙产生了较大程度的影响,并且此影响是不可逆的。

3 分析与讨论

3.1 时间对小尺寸试样裂隙发育的影响分析

从试验结果来看,随着脱水时间的增加,试样很快便出现整体收缩,并且约束了表面裂隙的发展。从试样的破坏情况可知,试样产生整体收缩使其侧表面暴露于干燥环境中,从而导致侧表面开始产生环状裂隙。出现这一现象的原因是黏土渗透系数较低,且已经过一部分时间的干燥,从而使试样表层含水率低于下层,试样由原来的表层脱水变为更多的沿存在含水率梯度的侧表面进行脱水,而此前出现的环状裂隙则加剧了这一脱水状态的改变,所以导致试样发生了沿侧表面的环状破坏,从而制约上表面裂隙的开展。

3.2 温度对小尺寸试样裂隙发育影响的分析

首先从裂隙产生的机理^[14]来看,在干燥环境中,试样不同层脱水速率不均匀导致产生含水率梯度,在此作用下试样上部受拉,下部受压,当拉

应力超过试样抗拉强度时产生裂隙。高温相较于低温,脱水强度更剧烈,形成的含水率梯度更大,更易产生裂隙。低温条件下试样有整体收缩现象,但无裂隙,说明整体收缩影响裂隙生成。

3.3 多次干湿循环对试样裂隙发育的影响分析

随着干湿循环的反复进行,试样表面裂隙逐步发育,等到一定程度时,其表面被分割成更小尺寸的部分,受尺寸效应的影响,此后基本不会再产生新的裂隙,即裂隙长度基本不变,而更容易发生宽度上的增大(见图7)及整体的收缩。

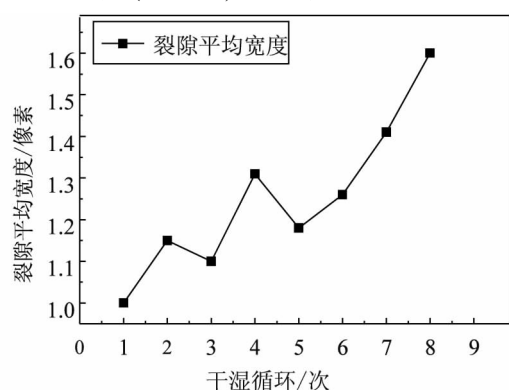


图7 裂隙宽度随干湿循环次数的变化

Fig.7 The change of the width of crack with the times of wet-dry cycling

3.4 评价整体收缩对裂隙产生的影响

综合上述的试验可以发现,当土体各层收缩差异较小时(如低温),不易产生裂隙,而更容易产生整体收缩。一旦发生整体收缩,则会使试样在侧面产生环状裂隙,改变了试样最初的脱水状态,变为沿环状裂隙脱水,从而影响表面裂隙生成,最终发生环状破坏。这里引入了有效裂隙率的概念,即有效裂隙率 = 裂隙比例/整体收缩与裂隙总和比例。该参数可以反映整体收缩对表面裂隙产生的影响,并且可以评价试样的破坏程度。

4 结论

1) 小尺寸试样随着脱水时间的增加易发生整体收缩,整体收缩的不断发展会极大的约束表面裂隙的生成,并且整体收缩会导致试样沿侧表面发生环状破坏。

2) 对试样在高温条件下进行适量次数的干湿循环,可以减少整体收缩对裂隙发育的影响,但是过多次的干湿循环会因为尺寸效应不再生成裂隙,而出现一定的整体收缩。

3) 有效裂隙率可以评价裂隙发育是否普遍真实,可以衡量整体收缩对裂隙发育带来的影响,但有效裂隙率大于何值时可以认为整体收缩对裂隙的影响可以忽略不计还没有确切的结论,需要后续继续开展研究。

参考文献:

- [1] HEWITT P J, PHILIP L K. Problems of clay desiccation in composite lining systems[J]. Engineering Geology, 1999, 53(2): 107 - 113.
- [2] 姚海林, 郑少河, 陈守义. 考虑裂隙及雨水入渗影响的膨胀土边坡稳定性分析[J]. 岩土工程学报, 2001(5): 606 - 609.
- [3] 马佳. 裂土优势流与边坡稳定性分析方法[D]. 武汉: 中国科学院研究生院武汉岩土力学研究所, 2007.
- [4] 胡卸文, 李群丰, 赵泽三, 等. 裂隙性粘土的力学特性[J]. 岩土工程学报, 1994(4): 81 - 88.
- [5] 袁俊平, 殷宗泽. 膨胀土裂隙的量化指标与强度性质研究[J]. 水利学报, 2004(6): 108 - 113.
- [6] 宿辉, 王晓伟, 石明宇. 砂砾土孔隙特征对渗透系数的影响研究[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2013(4): 82 - 86.
- [7] TANG C S, SHI B, LIU C, et al. Experimental investigation of the desiccation cracking behavior of soil layers during drying[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2011: 873 - 878.
- [8] TANG C S, SHI B, LIU C, et al. Influencing factors of geometrical structure of surface shrinkage cracks in clayey soils[J]. Engineering Geology, 2008, 101(3 - 4): 204 - 217.
- [9] 刘春, 王宝军, 施斌, 等. 基于数字图像识别的岩土体裂隙形态参数分析方法[J]. 岩土工程学报, 2008(9): 1383 - 1388.
- [10] 马佳, 陈善雄, 余飞, 等. 裂土裂隙演化过程试验研究[J]. 岩土力学, 2007(10): 2203 - 2208.
- [11] 唐朝生, 施斌, 刘春, 等. 黏性土在不同温度下干缩裂缝的发展规律及形态学定量分析[J]. 岩土工程学报, 2007(5): 743 - 749.
- [12] 何俊, 万娟, 王宇. 压实黏土干燥裂隙及渗透性能研究[J]. 工程地质学报, 2012(3): 397 - 402.
- [13] RAYHANI M H T, YANFUL E K, FAKHER A. Physical modeling of desiccation cracking in plastic soils[J]. Engineering Geology, 2008, 97(1 - 2): 25 - 31.
- [14] 张家俊, 龚壁卫, 胡波, 等. 干湿循环作用下膨胀土裂隙演化规律试验研究[J]. 岩土力学, 2011(9): 2729 - 2734.

(责任编辑 王利君)