

污泥灰改性黏土胀缩与开裂变形特性

董祎掣¹, 陆海军^{*1,2}

(1. 武汉轻工大学 多孔介质力学研究所, 湖北 武汉 430023;

2. 大连理工大学 岩土工程研究所, 辽宁 大连 116024)

摘要: 针对垃圾填埋场衬垫系统受污染物侵蚀破坏现状及污水处理厂剩余污泥回收处理利用工程评价问题, 分析污泥灰改性黏土在酸碱化学溶液作用下胀缩与开裂特性, 室内模拟酸碱化学溶液污染工况, 将纯黏土与污泥灰掺量为 1%~5% 的改性黏土受 pH=5、6、8、9 的酸碱化学溶液污染, 通过界限含水率试验测定改性黏土的液限与塑限, 分析试样的稠度界限; 通过膨胀与收缩试验测定改性黏土的膨胀率与收缩率, 分析试样的胀缩特性; 通过开裂试验测定改性黏土的开裂特性. 结果表明: 改性黏土液限约为 43.5%, 而随着污泥灰掺量增大, 塑限升高, 塑性指数降低, 经酸碱化学溶液污染后污泥灰掺量 5% 的试样液、塑限达到最大, 为 45.9%、22.8%; 污泥灰掺量为 5% 时膨胀率最低, 为 5.66%, 掺量为 3% 时, 线收缩率最低, 为 2.14%; 受酸碱化学溶液污染后改性黏土膨胀率降低 12.7%~36.5%, 而线收缩率升高 33.8%~75.7%; 4 次干湿循环后, 纯黏土试样的开裂因子较第一次干湿循环末期大 80.71%, 而污泥灰掺量为 3% 试样开裂因子仅较第一次干湿循环末期大 43.47%. 故建议采用 3% 污泥灰掺量的改性黏土作为填埋场衬垫材料.

关键词: 污泥灰; 改性黏土; 膨胀收缩; 开裂因子

中图分类号: X705

文献标识码: A

doi: 10.7511/dllgxb201503013

0 引言

填埋场的污染物渗漏、防渗系统失效等灾害问题已成为生态环境与安全控制领域中的热点和焦点^[1]. 据调查, 垃圾渗滤液含有大量重金属元素, pH 为 4.5~9.0^[2]. 衬垫系统长期受垃圾渗滤液腐蚀, 产生连续的膨胀收缩, 易出现衬垫系统的开裂致使防渗功能失效及造成污染物渗漏等灾害.

许多学者利用粉煤灰、赤泥、膨润土、秸秆纤维等材料对黏土进行改性, 以提高衬垫系统的防渗及吸附能力^[3-7]. 市政污泥经高温焚烧后产生的灰分属于多孔材料^[8]. 污泥灰(SSA)具有较高硬度, 可作为混凝土矿物掺合料, 对混凝土力学性能具有增强效果^[9].

为了保障填埋场衬垫系统工程的安全, 有效控制衬垫系统反复膨胀收缩导致衬垫系统的开裂, 评价污泥灰改性黏土作为填埋场衬垫材料的可行性, 通过试验分析在酸碱化学溶液污染下污

泥灰改性黏土的液塑限、膨胀收缩特性及开裂特性. 采用界限含水率试验分析酸碱化学溶液污染下改性黏土的稠度界限^[10]; 采用膨胀与收缩试验评价改性黏土在酸碱化学溶液污染下抵抗膨胀与收缩能力; 采用开裂试验评价改性黏土的抗开裂特性.

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试验所需黏土土样取自武汉某一施工现场, 取土深度为 3 m, 其基本物理性质指标和化学成分组成如表 1、2 所示. 试验所需污泥取自武汉市汉西污水处理厂, 污泥出厂前已经过离心脱水, 其基本物理性质指标如表 3 所示.

取适量污泥置于锥形瓶中, 放入恒温水浴箱内水浴振荡, 控制温度为 95 ℃, 24 h 后, 取出污泥, 将其放入恒温干燥箱内烘干, 控制温度为

表 1 黏土的基本物理性质
Tab.1 The basic physical properties of clay

孔隙比 e	$\rho_{\text{dmax}}/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	W_{op}	密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	水力传导系数/ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	粒径分布范围/%			
					$>0.05 \text{ mm}$	$0.05 \sim 0.005 \text{ mm}$	$0.005 \sim 0.002 \text{ mm}$	$<0.002 \text{ mm}$
0.44	1.65	0.19	2.65	4.5×10^{-8}	12	32	45	11

表 2 黏土的化学成分
Tab.2 The chemical composition of clay

化学成分	$w/\%$	化学成分	$w/\%$
SiO_2	58.42	MgO	0.12
Al_2O_3	25.23	K_2O	5.32
Fe_2O_3	0.24	Na_2O	2.67
CaO	0.51		

表 3 污泥的基本物理性质
Tab.3 The basic physical properties of sludge

pH	密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	有机质 含量/%	含水率/%	孔隙比	水力传导系 数/ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
6.96	1.24	43.2	80.3	3.36	1.2×10^{-8}

105 ℃,并每隔 2 h 称量其质量直至不再变化.取出已烘干的污泥样品分批放入坩埚,置于马弗炉中高温焚烧,调节马弗炉炉温为 850 ℃,并保持厌氧条件,3 h 后关闭电源,待炉内温度降至 100 ℃以下后取出红褐色污泥灰颗粒,并用球磨机研磨,过 200 目标标准筛后置于干燥器内保存备用.污泥灰的表面微观形貌如图 1 所示,孔容孔径分布如图 2 所示,可以看出,污泥灰颗粒微小,附着有小块残片,且颗粒间孔隙较多,孔容分布较为均匀,2~4 nm 孔径分布所占比例较大.化学组成成分如表 4 所示.

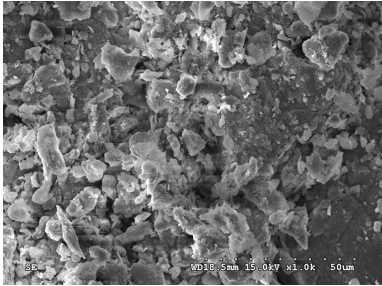


图 1 污泥灰微观形貌
Fig.1 The microstructure of SSA

1.2 试验方法

将黏土进行人工破碎,通过 2 mm 圆孔筛后,掺入污泥灰制成改性黏土,其组成分别为 1%污泥灰+99%黏土、3%污泥灰+97%黏土、5%污泥

灰+95%黏土.采用 HCl 和 NaOH 配制 pH 为 5、6、8、9 的化学溶液,并将改性黏土置于溶液中浸泡 30 d 后取出.

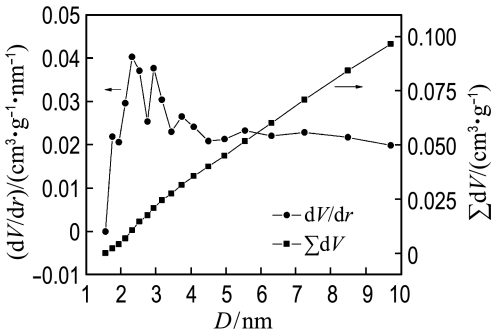


图 2 污泥灰的孔容孔径分布曲线
Fig.2 The pore volume and pore size distribution curves of SSA

表 4 污泥灰化学成分
Tab.4 The chemical composition of SSA

化学成分	$w/\%$	化学成分	$w/\%$
SiO_2	45.50	SO_3	6.61
Al_2O_3	16.60	P_2O_5	5.72
Fe_2O_3	8.11	其他	10.82
CaO	6.64		

根据《土工试验规程》(SL 237—1999),控制试样含水率为 47%、36%、22%左右,采用 SYS 数显液塑限联合测定仪(南京宁曦土壤仪器有限公司生产)测定改性黏土液限与塑限.

采用 WZ-2 型膨胀仪和 SS-1 型收缩仪(南京宁曦土壤仪器有限公司生产)测定受酸碱化学溶液污染后改性黏土的膨胀率与收缩率.膨胀试验中,试样初始含水率控制为 19.0%,干密度 1.65 g/cm³,6 h 内变形不超过 0.01 mm 时终止试验.收缩试验时,试样初始含水率控制为 25%,干密度与试样起始高度同膨胀试验,12 h 内变形不超过 0.01 mm 时终止试验.

取未受酸碱化学溶液污染、不同污泥灰掺量改性黏土进行开裂试验,试验在最大干密度(1.65 g/cm³)与最优含水率(19.0%)条件下进行,在直径 61.8 mm、高 20 mm 环刀中压制土样,保持表

面平整,放入保鲜袋中密封,在 40 ℃ 恒温状态条件下养护 28 d 后取出土样,采用数码显微摄像系统每隔 10 min 采集试样照片.如图 3 所示,数码显微摄像系统放大倍数为 10 倍,试样置于显微镜镜头的轴线位置,并在下方放置天平,实时记录土样加环刀质量.24 h 质量变化小于 0.2 g 后默认质量已稳定,并加水直至土样表面湿润为止,记录加水后的质量,并计算出加水水量,4 次干湿循环后试验完毕,终止试验.

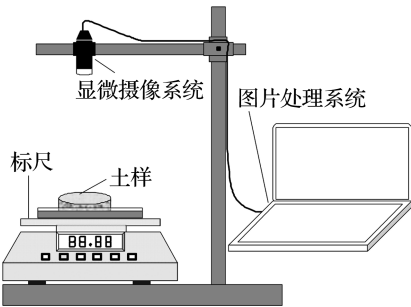


图 3 压实黏土开裂监测装置

Fig. 3 Cracking monitoring device of compacted clay

试验结束后,通过开裂因子(CIF)公式表征压实黏土开裂情况,其值为试样开裂面积(A_c)与试样总面积(A_t)之比:

$$CIF = \frac{A_c}{A_t} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ci}}{A_t}$$

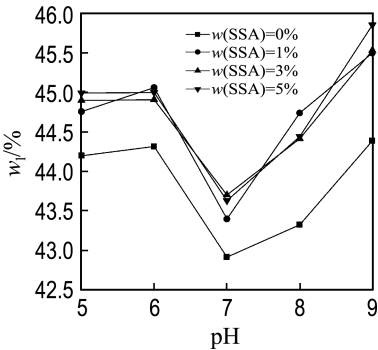
2 试验结果与分析

2.1 界限含水率试验

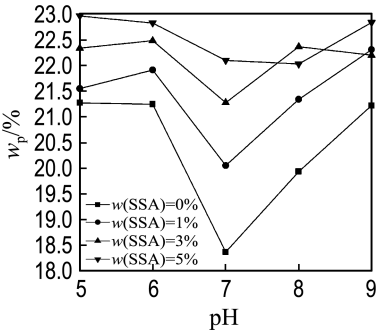
酸碱化学溶液污染下改性黏土的液限、塑限如图 4 所示,可以看出,污泥灰改性黏土液限约 43.5%,较纯黏土大 1.6% 左右,而随污泥灰掺入量的增加变化较小,同时,其塑限随污泥灰掺入量的增加继续增大,5% 掺量污泥灰试样塑限达到最大,为 22.1%,较纯黏土大 20.3%.此外,试样的液、塑限值随受碱性溶液污染程度增加而增加,污泥灰掺入量 5% 试样受 $pH=9$ 溶液污染后液、塑限达到最大,为 45.9%、22.8%;而对于受酸性溶液污染的试样,当化学溶液 pH 由 7 降至 6 时,液塑限有明显增大,其中液限增大 2.7%~3.8%,塑限增大 3.3%~15.7%,随着 pH 继续降低,酸性污染加大,液塑限值变化不明显.

酸碱化学溶液污染下改性黏土的塑性指数变化如图 5 所示.根据《岩土工程勘察规范》(GB

50021—2001),黏性土可根据塑性指数分为粉质黏土和黏土.其中塑性指数大于 10,且小于或等于 17 的应定名为粉质黏土,塑性指数大于 17 的应定名为黏土.由图 5 可知,试验所用黏土塑性指数均大于 20,故属于黏土类别.



(a) 液限



(b) 塑限

图 4 改性黏土的液限、塑限

Fig. 4 The liquid limit and plastic limit of modified clay

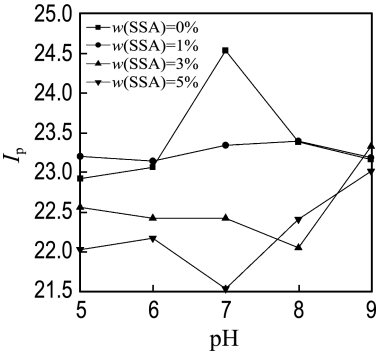


图 5 改性黏土的塑性指数

Fig. 5 The plastic index of modified clay

此外,由图 5 可以看出,随着污泥灰掺入量的增多,试样塑性指数也相对降低,5% 掺量改性黏土塑性指数为 21.5,较纯黏土小 12.2%,此时,试样的硬度增大,试样颗粒越粗,比表面积也越小.这是由于污泥灰属于多孔介质,颗粒较小,有一定

硬度,可塑性较低,与黏土颗粒混合后,极易进入黏土颗粒内部成为颗粒骨架结构使整体硬度增大,故塑性指数随污泥灰掺量的增加有所降低。

当受酸碱化学溶液污染后,改性黏土塑性指数升高,而纯黏土的降低。这是由于受酸碱化学溶液污染后,黏土颗粒间原有空间骨架结构被腐蚀,颗粒间结构产生重组现象,经失水后颗粒间结构松散,表面粗糙,流动性与可塑性均有所降低,液塑限升高,而当塑限增加值大于液限增加值时,塑性指数减小。

改性黏土受到碱性化学溶液腐蚀后,污泥灰中次生二氧化硅、游离氧化物、黏土矿物的等电位 pH 差值增大,黏粒的热力学电位增大,电动电位上升,黏粒表面负电荷增多^[11],溶液中 Na^+ 进入固定层和扩散层增多,使得固定层和扩散层变厚,土的可塑性增强。而受到酸性化学溶液腐蚀后,随着酸浓度的增大,改性黏土颗粒的热力学电位愈大,电动电位也愈大,但溶液中大量的 H^+ 使得部分黏粒带正电荷,部分带负电荷,带正电荷的黏粒扩散层含有较多的 Cl^- ,带负电荷的黏粒扩散层含较多的 H^+ ,使得扩散层变薄^[12],但受酸性污染试样溶解于酸的胶体离子会析出部分胶质,其胶结作用使塑限增大,故酸性污染下改性黏土液塑限是众多因素综合作用的结果,其随酸度的变化规律并不明显。

2.2 膨胀与收缩试验

酸碱化学溶液污染下改性黏土的膨胀率曲线如图 6 所示。可以看出,改性黏土的膨胀率 α 随污泥灰掺量增加而减小,污泥灰掺量为 5% 的改性黏土膨胀率最低,为 5.66%,较纯黏土膨胀率小 42.0%;受酸碱化学溶液污染后改性黏土膨胀率降低 12.7%~36.5%,其中受酸性化学溶液污染的改性黏土膨胀率下降幅度小于受碱性化学溶液污染的改性黏土。

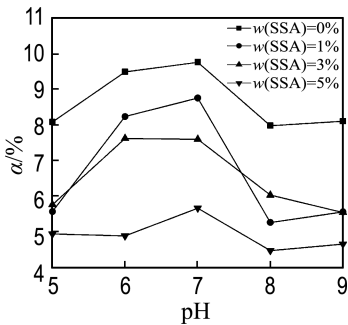


图 6 改性黏土的膨胀率曲线

Fig. 6 The swelling rate curves of modified clay

根据《膨胀土地区建筑技术规范》(GB 50112—2013),黏土的自由膨胀率大于或等于 40% 时属于膨胀土,可以看出试验所用黏土膨胀性较差。黏土发生胀缩变形可以分为两类,一类为粒间膨胀,另一类为晶格膨胀,黏土颗粒、晶格间水膜变化是导致其胀缩变形的直接原因^[13]。由于污泥灰属多孔介质,水分子进入后自动充填至孔隙中,而污泥灰颗粒表面结构密实,硬度较大,吸收水分膨胀能力较弱,故污泥灰能够减小改性黏土膨胀。而受到酸碱化学溶液污染后,改性黏土起胶结的有机无机复合胶体、无机可溶性盐、游离氧化物被酸碱溶液腐蚀,黏土颗粒变得细小^[14],颗粒间的孔隙发育也变大,水分子完全充满孔隙空间需要一定时间,而这不会对最终膨胀率造成影响。对于受酸性污染的改性黏土,大量的 H^+ 使部分颗粒带负电,部分带正电,颗粒在电荷力的作用下相互吸引,减少了包裹颗粒水分子的数量。而对于受碱性污染的改性黏土,大量的 Na^+ 进入扩散层使得弱结合水增加,土颗粒的距离增大,但污染黏土结构的破坏导致的颗粒的松散相比 Na^+ 对双电层的影响要大,故酸碱浓度高的污染土膨胀率反而较小。

酸碱化学溶液污染下改性黏土的收缩率 ϵ 曲线如图 7 所示,可以看出,污泥灰掺量为 3% 时,其线收缩率达到最小,为 2.14%,随着污泥灰掺量的继续增加改性黏土线收缩率有所增大。受酸碱化学溶液污染后改性黏土收缩率大幅增加,且污泥灰掺量为 3% 的改性黏土收缩率增量最大达 75.7%。

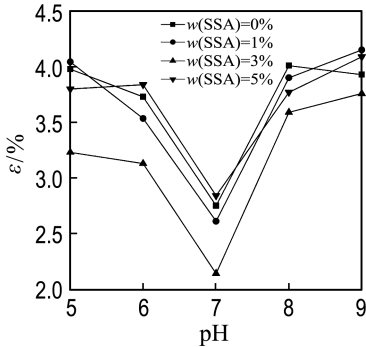


图 7 改性黏土的收缩率曲线

Fig. 7 The shrinking rate curves of modified clay

由于改性黏土颗粒内部失水产生空洞后,污泥灰颗粒的强度使其能够成为骨架结构支撑填充孔隙起到减小其继续收缩的作用,但随着污泥灰

掺量的继续增加,收缩时原有的污泥灰颗粒与黏土颗粒之间的连结将部分变为污泥灰颗粒之间的直接接触,污泥灰支撑土颗粒的骨架作用受到破坏,致使收缩率增大,而受酸碱化学溶液污染后的改性黏土随水分的蒸发,其颗粒包裹的水分减少得越多,则其收缩率就越大,在室内温度基本恒定的过程中,颗粒的孔隙越大,骨架中空气对流就相对越快,失去的水分就越多,故酸碱浓度越大,其线收缩率就越大.

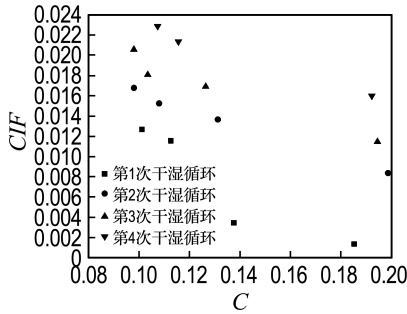
2.3 开裂试验

污泥灰改性黏土开裂因子分布如图 8 所示,污泥灰改性黏土最大开裂因子如图 9 所示.可以看出,试验初期开裂因子不为零,即恒温养护 28 d 后试样表面已产生少量裂缝,随着试验开始,含水率下降,开裂因子上升明显.而进行干湿循环后,开裂因子较前一次干湿循环末期有所减小,但随着时间的增加,试样表面水分的继续散失,开裂面积继续增大,开裂因子也随之增大,但增大速率较前一次干湿循环均有所减小.各试样开裂因子增大率相似,4 次干湿循环结束后,纯黏土试样的开裂因子最大为 0.022 86,较第一次干湿循环末期大 80.71%,而污泥灰掺量为 3%试样开裂因子为 0.019 57,仅较第一次干湿循环末期大 43.47%,可见添加污泥灰的改性黏土对抵抗开裂有积极作用.

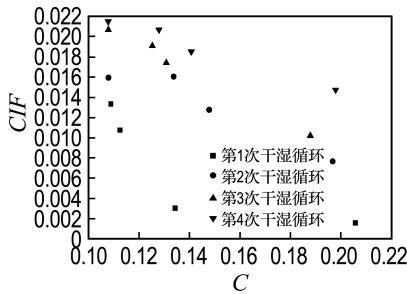
试样内部主要由基质与孔隙水组成,而改性黏土基质又主要由污泥灰与黏土颗粒组成,二者之间由孔隙水充填,试样养护 28 d 以后,表面的孔隙水由于自然蒸发等原因流失,致使试样表面孔隙水压力减小,而孔隙水压力决定基质吸引力,则基质吸引力也减小,当基质吸引力小于颗粒与颗粒之间所能够承受的最小黏结力时,颗粒之间即会产生微小裂痕,随着孔隙水压力的继续减小,基质吸引力也继续减小,裂痕逐渐加大产生裂缝.干湿循环初期,由于试样表面裂缝及孔隙受水分子充盈,加之下层颗粒对试样表面颗粒压力增大,表面颗粒产生粒间膨胀,较小的裂缝即会产生愈合现象,即表面视为裂缝已充填愈合,而实际原颗粒连结处已无法重新完整结合,愈合处仍存在微小裂痕,随着孔隙水再次流失,愈合处会再次开裂,开裂因子也会再次增大.

污泥灰颗粒自身具有较多孔隙,水分子易贮存于孔隙中,不易蒸发散失,锁水能力较强,故试验开始后,当试样表面黏土颗粒间水分散失后,颗

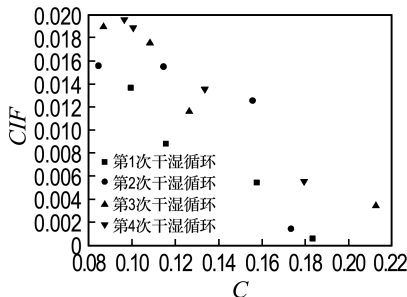
粒间孔隙水压力减小,污泥灰颗粒中水分即会适当释放补充,致使孔隙水压力减小速率降低,保持一定的基质间吸引力;此外,污泥灰颗粒硬度较大,当黏土颗粒失水骨架松散后,污泥灰颗粒可充当骨架结构撑起表层黏土颗粒,减小表面土体失水沉降造成的开裂,故污泥灰改性黏土对抵抗开裂有一定的效果.



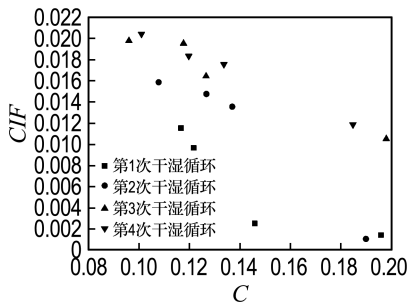
(a) 污泥灰掺量 0%



(b) 污泥灰掺量 1%



(c) 污泥灰掺量 3%



(d) 污泥灰掺量 5%

图 8 改性黏土开裂因子分布

Fig. 8 The CIF distribution of modified clay

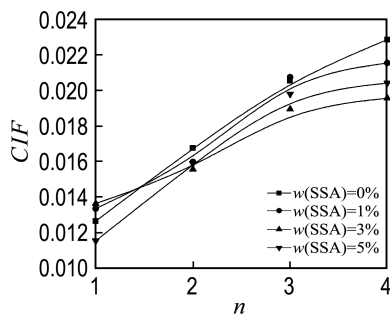


图9 改性黏土最大开裂因子

Fig. 9 The maximum CIP of modified clay

3 结 论

(1)改性黏土液限约为43.5%,而随着污泥灰掺量增大,塑限升高,塑性指数降低,5%掺量污泥灰试样塑限达到最大,为22.1%,塑性指数为21.5;受酸碱化学溶液污染后的纯黏土与改性黏土液塑限与塑性指数均有所增大,而纯黏土塑性指数降低,污泥灰掺入量5%试样受pH=9溶液污染后液,塑限达到最大,为45.9%、22.8%。

(2)改性黏土的膨胀率与收缩率较纯黏土小,污泥灰掺量为5%时膨胀率最低,为5.66%,掺量为3%时,线收缩率最低,为2.14%;受酸碱化学溶液污染后改性黏土膨胀率降低12.7%~36.5%,而线收缩率升高33.8%~75.7%。

(3)改性黏土开裂因子随含水率下降而上升,且干湿循环初期的开裂因子较前一次干湿循环末期有所减小;4次干湿循环后,纯黏土试样的开裂因子较第一次干湿循环末期大80.71%,而污泥灰掺量为3%试样开裂因子仅较第一次干湿循环末期大43.47%。

(4)当污泥灰掺量为3%时,改性黏土抵抗膨胀与收缩能力及抵抗开裂能力较强,建议采用3%污泥灰掺量的改性黏土作为填埋场衬垫材料。

参考文献:

- [1] 陈云敏,高登,朱斌,等.垃圾填埋场沿衬垫界面的地震稳定性及永久位移分析[J].中国科学E辑:技术科学,2008,38(1):79-94.
CHEN Yun-min, GAO Deng, ZHU Bin, *et al.* The permanent displacement analysis and seismic stability along the interface of landfill liner [J]. *Science China E: Technological Sciences*, 2008, 38(1):79-94. (in Chinese)
- [2] 魏云梅,赵由才.垃圾渗滤液处理技术研究进展

- [J]. 有色冶金设计与研究, 2007, 28(2-3):176-181,186.
- WEI Yun-mei, ZHAO You-cai. Research evolution of treatment technology for landfill leachate [J]. *Nonferrous Metals Engineering & Research*, 2007, 28(2-3):176-181,186. (in Chinese)
- [3] Smith A J, Jaffe R P. Benezenet transport through landfill liners containing organophilic bentonite [J]. *Journal of Environmental Engineering*, 1994, 120(6):1559-1577.
- [4] 何俊宝,高亮,王永盛,等.垃圾卫生填埋场防渗衬层材料——复合土的试验研究[J].环境卫生工程,1998,6(4):144-150.
HE Jun-bao, GAO Liang, WANG Yong-sheng, *et al.* Liner materials in waste landfill — Experimental study of compound clay [J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 1998, 6(4):144-150. (in Chinese)
- [5] 李敏芝,李自立,赵庆民.粉煤灰、赤泥、膨润土混合料防渗试验研究[J].华北水利水电学院学报,2008,29(1):31-34.
LI Min-zhi, LI Zi-li, ZHAO Qing-min. Experiment research on leak-proof by fly ash, red mud and bentonite [J]. *Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power*, 2008, 29(1):31-34. (in Chinese)
- [6] 宋国君,殷兰兰,王俊荣,等.膨润土改性及其在污水处理中的应用进展[J].青岛大学学报,2004,19(4):35-39.
SONG Guo-jun, YIN Lan-lan, WANG Jun-rong, *et al.* The progress of bentonite modification and its application to wastewater treatment [J]. *Journal of Qingdao University*, 2004, 19(4):35-39. (in Chinese)
- [7] Lo I M-C, Mak R K M, Lee S C H. Modified clays for waste containment and pollutant attenuation [J]. *Journal of Environmental Engineering*, 1997, 123(1):25-32.
- [8] 张丽,陈建林,刘龙茂,等.污泥灰对模拟染料废水的吸附研究[J].环境科学学报,2009,29(12):2510-2518.
ZHANG Li, CHEN Jian-lin, LIU Long-mao, *et al.* Decoloration of synthetic dye wastewaters with sewage sludge ash used as adsorbent [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2009, 29(12):2510-2518. (in Chinese)
- [9] 张苡铭,俞乐华.造纸污泥焚烧灰用作混凝土矿物掺合料的试验研究[J].混凝土与水泥制品,2014,

- 41(2):80-82.
- ZHANG Yi-ming, YU Le-hua. Study of sewage sludge ash in papermaking as blend of concrete mineral [J]. **China Concrete and Cement Products**, 2014, 41(2):80-82. (in Chinese)
- [10] Cotecchia F, Chandler R J. A general framework of soil behavior of clays [J]. **Geotechnique**, 2000, 48: 257-270.
- [11] Sposito G. **The Chemistry of Soil** [M]. New York: Oxford University Press, 1989:114-116.
- [12] 刘汉龙,朱春鹏,张晓璐. 酸碱污染土基本物理性质的室内测试研究[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(8): 1213-1217.
- LIU Han-long, ZHU Chun-peng, ZHANG Xiao-lu. Fundamental physical properties of soil polluted by acid and alkali in laboratory [J]. **Chinese Journal of Geotechnical Engineering**, 2008, 30(8):1213-1217. (in Chinese)
- [13] 刘干斌,刘红军. 土质学与土力学[M]. 北京:科学出版社, 2009.
- LIU Gan-bin, LIU Hong-jun. **Soil Properties and Soil Mechanics** [M]. Beijing:Science Press, 2009. (in Chinese)
- [14] Mitchell J K, Soga K. **Fundamentals of Soil Behavior** [M]. New Jersey:John Wiley & Sons, 2005.

Swelling, shrinking and cracking properties of modified clay containing sewage sludge ash

DONG Yi-qie¹, LU Hai-jun^{*1,2}

(1. Institute of Poromechanics, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. Institute of Geotechnical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: In order to deal with the landfill liner which was corroded by pollutants and evaluate the feasibility of using the residual sludge in sewage treatment plant, tests were performed to analyze the swelling, shrinking and cracking properties of modified clay which contained 1%-5% sewage sludge ash (SSA) under the action of acid and alkali chemical solutions. pHs of chemical solutions used in the tests were 5,6,8,9 separately, and the conditions were simulated indoors. The liquid limit and plastic limit of modified clay were tested by moisture content test, and the consistency limit of samples was analyzed. The swelling rate and shrinking rate of modified clay were tested by swelling test and shrinking test, and the swelling and shrinking properties were analyzed. The cracking properties of modified clay were tested by cracking test. Based on the results of soil tests, the liquid limit of modified clay is about 43.5%. With the increasing of SSA contents, plastic limit increases and plastic index reduces, the maximum liquid limit and plastic limit of modified clay containing 5% SSA which is polluted by acid and alkali chemical solution are 45.9%, 22.8% respectively. The minimum swelling rate and shrinking rate are 5.66%, 2.14% of modified clay containing 5% SSA and 3% SSA respectively. Moreover, the swelling rate is reduced by 12.7%-36.5% and the shrinking rate is increased by 33.8%-75.7% when polluted by acid and alkali chemical solutions. After dry-wet circulation for four times, the cracking index factor (CIF) is 80.71% larger than that of the end of first dry-wet circulation of clay sample. However, it is only 43.47% larger than that of the end of first dry-wet circulation of modified clay containing 3% SSA. Thus, the modified clay can be used as landfill liner material and the best content of SSA is 3%.

Key words: sewage sludge ash; modified clay; swelling and shrinking; cracking index factor