

文章编号:1001-4888(2014)03-0374-08

干湿循环效应对风化砂改良 膨胀土膨胀力影响的研究^{*}

杨俊^{1,2}, 童磊^{1,2}, 张国栋^{1,2}, 唐云伟³, 陈红萍⁴

(1. 三峡大学三峡地区地质灾害与生态环境湖北省协同创新中心, 湖北宜昌 443002; 2. 三峡大学土木与建筑学院, 湖北宜昌 443002;
3. 宜昌市交通运输局, 湖北宜昌 443002; 4. 宜昌市公路管理局, 湖北宜昌 443002)

摘要: 本文将 0、10%、20%、30%、40%、50% 的风化砂掺入膨胀土中, 分别进行 0、1、2、3、4、5 次干湿循环, 对干湿循环之后的试样进行膨胀力测试; 研究了不同掺量风化砂改良膨胀土膨胀力的大小及增长时程随着干湿循环次数的变化规律, 分析了干湿循环作用一定次数后, 风化砂掺量对试样表面的剥落程度及裂隙发育的影响。实验结果表明: 干湿循环效应对风化砂改良膨胀土的膨胀力影响较为显著, 且膨胀力与干湿循环次数间的关系可以用三次方函数很好地进行描述; 在风化砂掺量一定时, 经过 2~3 次干湿循环时膨胀力降低幅度最大, 且随着风化砂掺量的增加, 这一降低幅度在逐渐减少, 干湿循环 4~5 后膨胀力趋于稳定; 当风化砂掺量相同时, 随着干湿循环次数的增加, 膨胀力达到稳定所需要的时间逐渐减少, 而膨胀力的增长速度先增大后减小; 干湿循环 5 次后, 试样表面的裂隙发育已基本达到稳定, 裂隙数量随着风化砂掺量的增加而逐渐减少; 当风化砂掺量为 30% 时, 试样周边基本上不存在剥落现象。

关键词: 膨胀土; 干湿循环; 风化砂; 膨胀力; 增长时程

中图分类号: TU411.3

文献标识码: A

DOI: 10.7520/1001-4888-13-121

0 引言

膨胀土是一种特殊的非饱和黏性土, 其黏土成分主要以强亲水性矿物蒙脱石、伊利石为主^[1]。膨胀土的不良工程特性主要体现在显著的胀缩性、多裂隙性、超固结性以及强度衰减性上, 因此对修筑在其上的公路、铁路具有极大的危害, 极易造成路面隆起开裂、基床翻浆沉陷、边坡垮塌失稳以及挡墙平移倾覆等一系列问题。由于我国气候的多变性, 路基在运营期间不可避免地会受到干湿循环效应的影响, 在频繁的干湿交替下, 路基土反复胀缩, 因而其变形特性及强度特性均会发生较大的波动, 给公路、铁路的运营埋下安全隐患。在进行膨胀土地区道路的设计时, 膨胀力是进行边坡稳定性分析、确定挡墙形式以及路基填土高度的一项重要参数, 同时也是反应膨胀性强弱的重要指标之一, 表征土体在有侧限的条件下充分吸水、保持竖向不发生膨胀所需要的最大压力值。目前, 国内外专家学者就干湿循环效应对膨胀力的影响做了大量的试验研究, 得出了很多有价值的结论: 谷军等^[2]发现膨胀力随着干湿循环次数的增加而逐渐增加, 当干湿循环进行到 6 次后, 膨胀力趋于稳定; 赵艳林等^[3]通过对南宁膨胀土进行室内干湿循环试验, 结果表明随着干湿循环次数的增加, 膨胀力呈指数函数逐渐降低, 且前 3 次干湿循环膨胀力降低幅度较大, 随后趋于稳定; 谢云等^[4]利用三向胀缩仪对南阳陶盆重塑膨胀土的干湿循环特性进行

^{*} 收稿日期: 2013-08-07; 修订日期: 2013-12-18

基金项目: 湖北省教育厅自然科学研究重点项目(编号: D20131304)

通讯作者: 杨俊(1976—), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 道路特殊土路基处理, 路面新材料开发与利用, 建筑垃圾及工业垃圾的路用特性研究。E-mail: wangjing750301@163.com

了研究,发现干湿循环效应使得膨胀力逐渐降低,在第 1 次干湿循环时,膨胀力降低最多。然而,通过检索可发现目前的研究大多都是集中在原状膨胀土或扰动土,对于改良膨胀土的膨胀力随干湿循环效应的变化规律研究得相对较少。

目前,最常用的膨胀土改良方法是化学改良法,利用掺入石灰、水泥等添加剂来改善其不良工程特性^[5],改良效果较好,但化学改良成本高、操作复杂且污染环境,不满足可持续发展的要求。因此,本文以掺风化砂改良膨胀土为研究对象,通过一系列的室内膨胀力试验,深入研究了干湿循环效应下改良膨胀土膨胀力的变化规律,结果可为工程设计提供参考。

1 试验材料

1.1 膨胀土

试验所用土取自宜昌市小鸦一级公路 K25+000 路段,其特征为:灰白色,天然含水率较高,土质细腻,裂隙发育,含有较多的钙质及铁锰结核,在颗粒组成上以粉粒为主,该土样自由膨胀率为 43%,处于 40%~65%之间,根据《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)中膨胀土等级判别标准,可初步定为弱膨胀土^[6]。土样基本物理性质指标见表 1,颗粒分析曲线如图 1 所示。

表 1 膨胀土的基本物理性质指标

Tab. 1 Basic physical property indexes of expansive soil

天然含水率 (%)	比重	孔隙率 (%)	液限 (%)	塑限 (%)	最佳含水率 (%)	最大干密度 (g/cm ³)	自由膨胀率 (%)
29.47	2.66	42.13	70.53	24.09	12.82	1.899	43

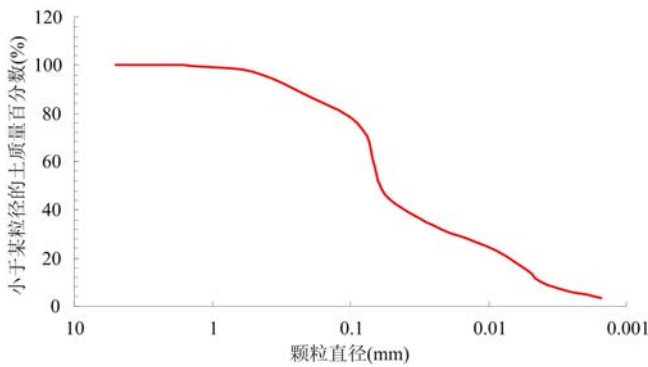


图 1 膨胀土颗粒成分累计曲线

Fig. 1 The particle composition of the cumulative curves of expansive soil

1.2 风化砂

风化砂取自宜昌市小鸦一级公路 K22+000 路段附近,其特征为:土黄色,风化程度较高,颗粒强度较弱,在颗粒组成上主要以 0.075~0.25mm 的细颗粒居多^[6]。风化砂基本物理性质指标见表 2。

表 2 风化砂的基本物理性质指标

Tab. 2 Basic physical property indexes of weathered sand

粒组含量(%)			天然含水率(%)	比重	活性指数
2~0.5mm	0.5~0.25mm	0.25~0.075mm			
11.5	21.4	67.1	13.64	2.46	0.31

2 试验方案

本试验中风化砂掺量定义为试样中所掺入的风化砂质量与试样总质量之比,用百分数表示。风化砂改良膨胀土试样中,风化砂掺量分别设定为 0、10%、20%、30%、40%、50%。试验中所用的试样均采

用静压法制备。需要说明的是,根据不同风化砂掺量下的重型击实试验发现风化砂掺量对击实指标的影响不大,为了减少试验变量的影响,试样压实含水率统一控制为 12%、干密度统一控制为 $1.9\text{g}/\text{cm}^3$ 。



图 2 干湿循环模具

Fig. 2 Dry-wet circulation mould

图 2 为模拟干湿循环的装置,具体干湿循环过程为:将静压制样后的试样安放于干湿循环模具中,夹紧固定后置于水槽中浸水直至试样饱和,试样的饱和过程在室温下进行,饱和后的试样采用烘箱进行干燥处理,干燥时的温度控制为 45°C ,反复称量试样的质量,直至试样质量降低到初始质量,即为 1 次干湿循环。重复以上干湿过程,分别进行 2、3、4、5 次干湿循环。在第 5 次干湿循环干燥过程中,待到试样质量降低至初始质量时立即将试样置于塑料袋中,密封一昼夜后进行膨胀力试验。本研究中膨胀力试验采用平衡加压法进行,通过不断施加外部荷载来平衡试样由于浸水所产生的膨胀力,按照规

范要求每组试验均进行多次平行试验,取满足误差要求的试验结果的算术平均值作为该土样最终的膨胀力。

3 试验结果及分析

3.1 风化砂掺量对膨胀土击实指标的影响

不同风化砂掺量下,膨胀土的击实曲线见图 3 所示。

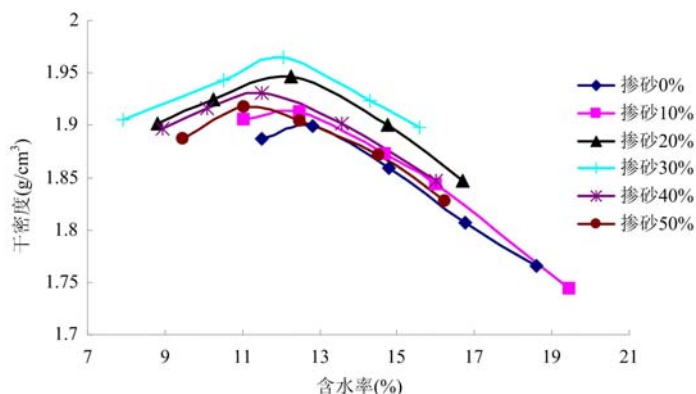


图 3 不同风化砂掺量下的击实曲线

Fig. 3 The compaction curves under different weathered sand dosage

从重型击实试验结果可以看出:掺入风化砂后膨胀土的最佳含水率减小,这是由于掺入风化砂后,黏土颗粒含量减小、孔隙率增大,土样在达到最大干密度时所需要的水量减少所致;最大干密度先逐渐增大,其中在 20% 的风化砂掺量下,膨胀土的最大干密度有最大值,继续掺入风化砂最大干密度出现减小的趋势,这是因为风化砂掺量过多,使得整体粘性降低,难以击实^[7],同时由于风化砂颗粒的比重小于膨胀土颗粒的比重,故大量掺入风化砂时,最大干密度反而逐渐减小。

3.2 干湿循环效应对膨胀力的影响

将试样分别进行 0~5 次干湿循环后,参考《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)中的试验要求进行膨胀力试验,试验结果见表 3。

第 i 次干湿循环后膨胀土的膨胀力 P_i 按下式进行计算:

$$P_i = k \frac{W}{A}$$

式中: W 为总平衡荷重, N; k 为固结仪杠杆比(本研究中 k 取为 12); A 为试样上表面面积, cm^2 。

表 3 不同干湿循环次数下掺砂改良膨胀土的膨胀力(kPa)

Tab. 3 The expansion force of weathered sand-treated expansive soil under different dry-wet circulation times (kPa)

干湿循环次数	风化砂掺量(%)					
	0	10	20	30	40	50
0	108.18	87.16	57.13	42.75	27.94	16.55
1	115.49	91.82	59.19	43.55	25.37	13.54
2	92.81	78.84	42.61	33.71	16.02	8.32
3	78.49	58.5	34.72	19.91	12.25	6.84
4	68.94	52.54	26.37	15.76	9.83	4.51
5	61.22	48.29	24.16	13.74	8.34	3.88

为更加直观地描述膨胀力随干湿循环次数的变化规律,结合表 3 中的试验数据,分别以干湿循环次数为横坐标、以膨胀力为纵坐标,绘制出膨胀力随干湿循环次数的变化曲线,如图 4 所示。

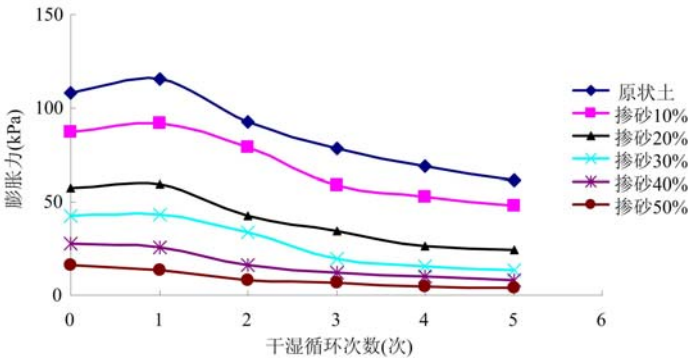


图 4 膨胀力随干湿循环次数的变化曲线

Fig. 4 The expansive force curves along with the change of dry-wet cycles

从图 4 中可以看出：

(1) 干湿循环对风化砂改良膨胀土膨胀力的影响较为显著,在相同的风化砂掺量下,随着干湿循环次数的增大,膨胀力总体上呈现出逐渐降低的趋势。

(2) 在相同的干湿循环次数下,随着风化砂的掺入,膨胀力的降低速度较快,当风化砂掺量由 0 增长至 50%时,膨胀力较原状土降低达 80%以上,这主要是因为风化砂的掺入增大了试样整体的摩阻力,有效地克服了黏土颗粒由于吸水而产生的膨胀力^[8],另外风化砂掺量的增加,导致黏土颗粒含量相对减少,因此膨胀力随着风化砂的掺入而大幅降低。

(3) 干湿循环 1 次时,各风化砂掺量下的膨胀力变化不尽相同,当风化砂掺量小于 30%时,膨胀力反而呈现增长的趋势,且膨胀力增长的幅度随着风化砂掺量的增加而逐渐减小,例如风化砂掺量为 0 时,膨胀力增长 7.31kPa,风化砂掺量为 30%时,膨胀力的增长幅度仅为 0.8kPa。当风化砂掺量超过 30%后,膨胀力因干湿循环而降低,但降低幅度不大。产生这一现象的原因是:试样内部因第 1 次干湿循环而开始出现微裂缝,导致土中的胶凝物质遭到破坏,进而造成土颗粒分散,团粒化作用减弱,孔隙率增加。在进行膨胀力试验时,土体中的强亲水性矿物蒙脱石及伊利石等充分吸水膨胀,在缺少胶凝物质的束缚下,膨胀力反而比未经干湿循环时有所增加。而当风化砂掺量过大时,改良膨胀土中砂粒的含量相对较多而粘粒的含量相对较少,导致试样中的强亲水性矿物也较少,膨胀性能减弱,故在第 1 次干湿循环时,膨胀力即开始降低。

(4) 在相同的风化砂掺量下,试样的膨胀力在第 2~3 次干湿循环过程中降低幅度较大,其中原状土膨胀力降低幅度最大,达到了 37kPa,且随着风化砂掺量的增加,膨胀力的降低幅度逐渐减小,当风化砂掺量为 50%时,膨胀力降低 6.7kPa,远小于原状土膨胀力的降低量。这是因为随着干湿循环的进一

步进行,各风化砂掺量下的试样内部开始大量的出现裂缝,内部颗粒结构松散,给具有胀缩特性的粘粒足够的变形空间,从而最终导致膨胀力的大幅降低。当风化砂掺量过大时,试样中的黏土矿物数量相对较少,土体原本的膨胀性就较弱,干湿循环产生的微观裂缝亦使得粘粒有胀缩变形的空间,对膨胀力的影响程度较低^[9],故随着风化砂掺量的增加,膨胀力降低幅度逐渐减小。

(5) 当干湿循环 4~5 次时,各风化砂掺量下的膨胀力逐渐趋于稳定,降低幅度较小,这是因为当干湿循环一定次数之后,试样中裂隙的数量、分布及走向已基本稳定,绝大部分的黏土矿物都能有足够的胀缩变形空间,土颗粒重新开始定向分布,并达到了一种新的平衡状态^[10],因此试样的膨胀性能趋于稳定。

在一定的风化砂掺量下,对膨胀力与干湿循环次数二者进行线性回归分析可以发现,膨胀力 P 与干湿循环次数 i 满足很好的三次函数关系:

$$P = Ai^3 + Bi^2 + Ci + D$$

式中 A 、 B 、 C 、 D 均是与掺砂改良后膨胀土的物理化学性质有关的参数,具体取值见表 4。

表 4 A 、 B 、 C 、 D 的参数取值

Tab. 4 The parameter of A 、 B 、 C 、 D

风化砂掺量(%)	回归参数				
	A	B	C	D	R^2
0	1.37	-10.70	9.73	109.82	0.97
10	1.50	-11.54	12.52	87.80	0.98
20	0.89	-6.49	3.45	58.08	0.95
30	0.97	-7.11	5.59	43.15	0.97
40	0.24	-1.20	-3.92	28.48	0.94
50	0.05	0.02	-3.99	16.74	0.96

3.3 干湿循环效应对膨胀力增长时程的影响

分别以原状土、30%掺砂膨胀土和 50%掺砂膨胀土的膨胀力增长时程为例,探究干湿循环效应对风化砂改良膨胀土膨胀力增长时程的影响规律,膨胀力的增长时程曲线如图 5~图 7 所示。

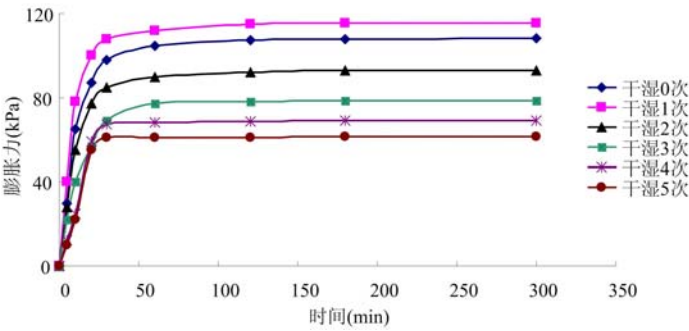


图 5 原状土干湿循环次数下膨胀力随时间的变化曲线

Fig. 5 Undisturbed soil expansive force curves changing with time under dry-wet cycles

从图 5~图 7 可以发现:

(1) 在相同的风化砂掺量下,随着干湿循环次数的增加,膨胀力达到稳定的时间逐渐减少,以风化砂掺量为 30%为例,干湿循环 0 次时,膨胀力的稳定约需要 2h,当干湿循环到 5 次时,30min 时的膨胀力即达到稳定。产生这一现象的原因是:由于干湿循环的进行,土体裂隙逐渐开展,在进行膨胀力试验时,自由水通过展开的裂隙可迅速进入到土体内部,黏土颗粒吸水膨胀更加迅速,因此膨胀力达到稳定的时间逐渐减少。

(2) 在相同的风化砂掺量下,随着干湿循环次数的增加,膨胀力的增长速度先增大后逐渐减小,第

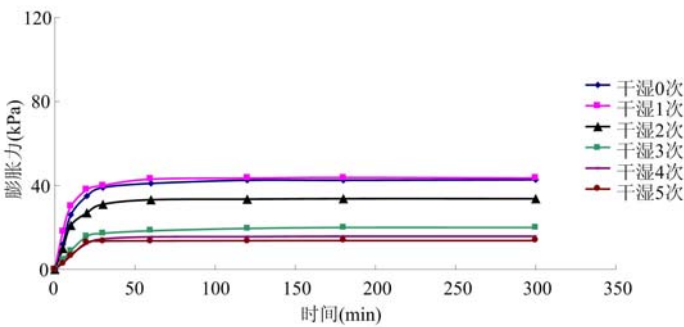


图 6 风化砂掺量为 30% 时不同干湿循环次数下膨胀力随时间的变化曲线
Fig. 6 The expansive soil mixed with 30% weathered sand expansive force curves changing with time under dry-wet cycles

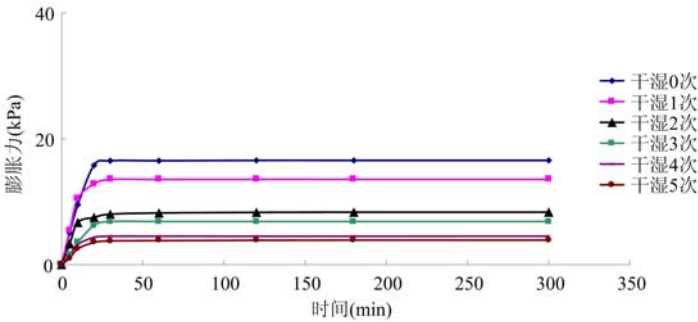


图 7 风化砂掺量为 50% 时不同干湿循环次数下膨胀力随时间的变化曲线
Fig. 7 The expansive soil mixed with 50% weathered sand expansive force curves changing with time under dry-wet cycles

一次干湿循环时的膨胀力增长速度最快。这是因为干湿循环 1 次时,黏土矿物迅速开始胀缩变形而产生裂隙,同时由于裂隙的展开,黏土矿物吸水膨胀较迅速,膨胀力增长速度较快,但当干湿循环次数继续增加时,裂隙的数量也逐渐增加,粘粒胀缩变形的空间也随着增大,从而导致膨胀性能减弱,虽然裂隙数量逐渐增多,但膨胀力的增长依然较为缓慢。

待干湿循环 5 次后,用数码相机拍摄试样表面的裂隙发育及崩解情况,如图 8 所示。

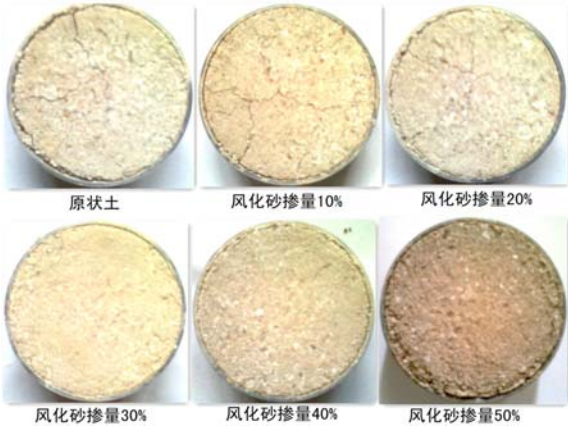


图 8 干湿循环 5 次后试样表面的裂隙特征

Fig. 8 The characteristics on the surface of the sample after 5 times dry-wet circulation

从图中可以看出,原状土表面裂隙较为发育,试样与环刀的接触部位有明显的剥落现象。随着风化砂掺量的增加,裂隙数量及剥落现象逐渐得到改善,当风化砂掺量达 30% 时,可以看出此时的试样表面较为平整,基本上没有裂隙的存在,试样周边亦没有发生较为明显的剥落。风化砂掺量继续增大时,试

样周边又开始出现剥落,可以发现风化砂掺量为 50% 时试样的剥落情况较原状土更为严重,这是因为当风化砂掺量超过一定限度时,试样中的黏土矿物相对含量较少,整体的黏性降低,因此在反复的饱和与干燥过程中有较多的土颗粒从试样的周边剥落。

4 结论

本文研究了干湿循环效应对风化砂改良膨胀土膨胀力大小及增长时程的影响,得到了以下结论:

(1) 干湿循环效应对膨胀力有显著的影响,随着干湿循环的进行,膨胀力总体上呈现出逐渐降低的趋势,且膨胀力与干湿循环次数间满足很好的三次函数关系。

(2) 在第 1 次干湿循环过程中,膨胀力的变化幅度较小,当风化砂掺量小于 30% 时,膨胀力反而出现增长的趋势;在第 2~3 次干湿循环过程中,膨胀力降低幅度最大,随着干湿循环次数的继续增大,膨胀力逐渐趋于稳定。

(3) 在一定的干湿循环次数下,随着风化砂的掺入膨胀力迅速降低,当风化砂掺量由 0 增长至 50% 时,膨胀力较原状土降低达 80% 以上。

(4) 在相同的风化砂掺量下,随着干湿循环次数的增加,膨胀力的增长速度先增大后减小,膨胀力达到稳定所需要的时间逐渐减少。

(5) 在一定的干湿循环次数下,随着风化砂掺量的增加,试样表面的裂隙数量逐渐减少,试样周边的剥落现象逐渐得到改善,但当风化砂掺量超过 30% 时,剥落现象又趋于严重。

参考文献:

- [1] 唐朝生,施斌. 干湿循环过程中膨胀土的胀缩变形特征[J]. 岩土工程学报, 2011, 33(9):1376—1383 (TANG Chaosheng, SHI Bin. Swelling and shrinkage behaviour of expansive soil during wetting-drying cycles[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2011, 33(9):1376—1383 (in Chinese))
- [2] 谷军,候莉. 公路路基膨胀土实验室循环试验研究[J]. 城市道桥与防洪, 2009, 4:107—109 (GU Jun, HOU Li. Study on laboratory circle test of expansive soil for highway roadbed[J]. City Bridges & Flood, 2009, 4:107—109 (in Chinese))
- [3] 赵艳林,曾召田,吕海波. 干湿循环对膨胀土变形指标的影响[J]. 桂林工学院学报, 2009, 29(4):470—473 (ZHAO Yanlin, ZENG Zhaotian, LU Haibo. Wetting-drying cycle influence on expansive soil deformation[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2009, 29(4):470—473 (in Chinese))
- [4] 谢云,陈正汉,孙树国等. 重塑膨胀土的三向膨胀力试验研究[J]. 岩土力学, 2007, 28(8):1636—1642 (XIE Yun, CHEN Zhenghan, SUN Shuguo, et al. Test research on three-dimensional swelling pressure of remolded expansive clay[J]. Rock and Soil Mechanics, 2007, 28(8):1636—1642 (in Chinese))
- [5] 慕现杰,张小平. 干湿循环条件下膨胀土力学性能试验研究[J]. 岩土力学, 2008, 28(增):580—582 (MU Xianjie, ZHANG Xiaoping. Research on mechanical properties of expansive soil under wetting-drying cycle[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 28(Supp.):580—582 (in Chinese))
- [6] 杨俊,黎新春,张国栋等. 风化细砂改良膨胀土胀缩特性室内试验研究[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2012, 31(6):734—739 (YANG Jun, LI Xinchun, ZHANG Guodong, et al. Research on indoor experiment of weathered fine sand modified expansive soil swelling[J]. Journal of Henan Polytechnic University (Natural Science), 2012, 31(6):734—739 (in Chinese))
- [7] 苗鹏,肖宏彬. 膨胀土膨胀力的改进测定及其规律研究[J]. 工业建筑, 2008, 38(7):67—70 (MIAO Peng, XIAO Hongbin. Research on measurement and law of swelling force of expansive soils by improved experiment [J]. Industrial Construction, 2008, 38(7):67—70 (in Chinese))
- [8] 杨成斌,查甫生,崔可锐. 改良膨胀土的干湿循环特性试验研究[J]. 工业建筑, 2012, 42(1):98—102 (YANG Chenbin, ZHA Fusheng, CUI Kerui. Effect of cyclic wetting and drying on the engineering properties of stabilized expansive soils [J]. Industrial Construction, 2012, 42(1):98—102 (in Chinese))
- [9] 吴珺华,袁俊平,杨松等. 干湿循环下膨胀土胀缩性能试验[J]. 水利水电科技进展, 2013, 33(1):62—65 (WU Junhua, YUAN Junping, YANG Song, et al. Experimental study on swelling-shrinking performance of expansive

- soil under wetting-drying cycles[J]. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 2013, 33(1):62—65 (in Chinese))
- [10] 周博, 陈善雄, 余飞 等. 膨胀土膨胀力原位测试方法[J]. *岩土力学*, 2008, 29(12):3333—3336 (ZHOU Bo, CHEN Shanxiong, YU Fei, et al. An in-situ testing method of swelling pressure on expansive soils[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2008, 29(12):3333—3336 (in Chinese))
- [11] 朱豪, 王柳江, 刘斯宏 等. 南阳膨胀土膨胀力特性试验[J]. *南水北调与水利科技*, 2011, 9(5):11—14 (ZHU Hao, WANG Liujiang, LIU Sihong, et al. Experimental study of the swelling force of Nanyang expansive soils [J]. *South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology*, 2011, 9(5):11—14 (in Chinese))
- [12] 邱雪莲, 王保田. 膨胀土化学改良效果及其在边坡工程中应用的试验研究[J]. *水利与建筑工程学报*, 2013, 11(2):190—195 (QIU Xuelian, WANG Baotian. Experimental research on chemical modification of expansive soil and its application in slope engineering[J]. *Journal of Water Resources and Architectural Engineering*, 2013, 11(2):190—195(in Chinese))
- [13] 王保田, 张福海. 膨胀土的改良技术与工程应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008:19—20 (WANG Baotian, ZHANG Fuhai. The improvement of technology and engineering application of expansive soil [M]. Beijing: Science Press, 2008:19—20(in Chinese))
- [14] 李新伟, 王晓飞, 冯忠居. 广州西二环高速公路膨胀土改性效果试验研究[J]. *公路*, 2010, 10:104—106 (LI Xinwei, WANG Xiaofei, FENG zhongju. Test and study on modified effect of expansive soil in XI erhuan, expressway of Guangzhou city[J]. *Highway*, 2010, 10:104—106(in Chinese))

Study of the Wet and Dry Cycle Effect on the Expansive Force of Improved Weathered Sand Expansive Soil

YANG Jun^{1,2}, TONG Lei^{1,2}, ZHANG Guo-dong^{1,2}, TANG Yun-wei³, CHEN Hong-ping⁴

(1. Collaborative Innovation Center of Geological Hazards and Ecological Environment in Three Gorges Area in Hubei Province, China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China; 2. Civil and Architectural Institute, China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, China; 3. Yichang Transport Bureau, Yichang 443002, Hubei, China; 4. Yichang Highway Administration, Yichang 443002, Hubei, China)

Abstract: Expansive soil mixtures containing respective 0, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% weathered sand were prepared first. After respective 0, 1, 2, 3, 4, 5 times of wet and dry cycle, expansive force test of above specimens was carried out. The relation between expansive force of improved expansive soil and the content of weathered sand and the variation of growth schedule along with wet and dry cycle times were experimentally investigated. The influence of weathered sand content on spalling degree and fracture development on sample's surface were analyzed. Experimental results indicate that the wet and dry cycle effect significantly influences on the expansive force of improved weathered sand expansive soil. The relationship between expansive force and wet and dry cycle times can be well described by a third power function. Keeping the content of weathered sand unchanged, after 2~3 times of wet and dry cycle, the reduction of expansion force is maximum. With the increase of weathered sand, the reduction is gradually reduced; the expansion force is stable after 4~5 times of wet and dry cycle. For the same content of weathered sand, with the increase of wet and dry cycle times, the time to reach expansion force stability is gradually reduced. The growth rate of expansion force first increases then decreases. After 5 times of wet and dry cycle, the fracture development on specimen's surface is basically stable. The fracture amount gradually reduces along with the increase of weathered sand content. When the content of weathered sand reaches 30%, there is substantially no spalling surrounding the specimens.

Keywords: expansive soil; wet and dry cycle; weathered sand; expansive force; growth schedule