

文章编号: 1000-7598-(2006) 11-1949-05

自由膨胀率试验的影响因素

郭爱国, 孔令伟, 陈建斌

(中国科学院岩土力学重点实验室, 武汉 430071)

摘 要: 自由膨胀率是反映黏性土的膨胀性的指标之一, 对判别膨胀土有较大参考价值。由于试验所需仪器设备简单, 操作简便, 自由膨胀率试验是目前国内测定黏性土胀缩特性时采用较多的试验项目, 但因我国现行土工试验方法标准和行业规程对自由膨胀率试验方法的一些细节的规定和说明存在不足之处, 使得试验人员即使完全按标准和规程规定的方法对同一土样进行试验, 也很容易出现试验结果相差较大的现象。为使自由膨胀率试验方法更完善, 试验结果更稳定, 分析了影响试验结果的两个主要人为因素, 并针对现行的标准和规程中存在的不足提出了改进建议。

关 键 词: 自由膨胀率; 黏性土; 膨胀土; 级配

中图分类号: TU 411

文献标识码: A

Influential factors on free swell test

GUO Ai-guo, KONG Ling-wei, CHEN Jian-bin

(Key Laboratory of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: Free swell is one of indexes in representing the expansibility of clayey soil and makes great valuable reference in the judgment of expansive soil. Free swell test is commonly used in China to obtain the swell-shrinking property of clay due to its simple equipments and easy operation. But, the deficiencies of standard for soil test method and trade specification exit in the regulation and explanation of the details for free swell test, that leads to the great difference in the test results when totally operating according to methods in the standards and specifications for the same soil sample. In order to make free swell test more complete and test result more stable, two main artificial factors related to test result are discussed and analyzed and some suggestions for improving the current standards and specifications are given.

Key words: free swell; clayey soil; expansive soil; gradation

1 引 言

自由膨胀率是反映黏性土的膨胀性的指标之一, 它与黏土矿物成分、胶粒含量、化学成分和水溶液性质等有着密切的关系。自由膨胀率试验的目的是测定黏性土在无结构力影响下的膨胀潜势, 初步评定黏土的胀缩性。由于试验所需设备少, 方法简便, 便于进行大量室内试验, 自由膨胀率试验与土的液塑限试验相配合, 可以得到比较满意的膨胀土判别结果。目前国内水利、铁路、公路、建筑等部门在自由膨胀率试验方面已积累了大量的试验资料和丰富的实践经验, 现行的土工试验方法标准^[1]和一些相关的行业和部门的土工试验操作规程^[2, 3]也对自由膨胀率试验规定了较详细、具体的试验操

作步骤和方法, 为试验结果的稳定性和可靠性提供了一定的保证。但受多种因素的影响, 自文献[4]将自由膨胀率试验列入其操作规程之后, 到目前为止, 虽然其间有些研究者^[5~7]指出了自由膨胀率试验在某些方面存在的问题, 并提出过不同的建议和方法, 但土工试验方法标准和一些相关行业的土工试验操作规程对该项试验一直未进行过修订和补充。笔者经过多年的实践和研究发现, 由于现行土工试验方法标准和规程中对自由膨胀率试验中的一些操作步骤的说明还存在不足之处, 很容易造成不同单位、不同试验者对同一种土样进行试验时, 所得自由膨胀率的结果不尽一致, 甚至相差甚远, 导致对膨胀土的判别和评价失当。

为使自由膨胀率试验方法更完善, 试验结果能

收稿日期: 2005-11-30

修改稿收到日期: 2006-01-12

基金项目: 国家重大基础研究前期研究专项项目 (No.2003CCA02200); 中国科学院武汉岩土力学研究所领域前沿基金项目 (No.Q110301)。

作者简介: 郭爱国, 男, 1969 年生, 硕士, 副研究员, 主要从事土的基本特性与测试技术的科研与工程应用等方面的研究工作。E-mail: agguo@whrsm.ac.cn

够较好地反映黏性土的膨胀特性,并使不同单位、不同试验者的试验结果具有较好的可比性,对试验方法进行适当的修改和补充说明是必要的。

影响自由膨胀率试验结果的因素很多,除土质等客观因素之外,试验操作方法等人为因素的影响也较大。由于受所掌握的资料和试验研究内容的限制,本文仅就试样的制备和搅拌方法进行讨论。

2 现行标准试验步骤存在的问题

2.1 试样制备

国家标准和各行业土工试验规程中都强调试样的制备至关重要,规定取代表性风干土样并碾碎,全部过 0.5 mm 筛,然后混合均匀,烘干后备用。但是,这样的试样制备要求只控制了过筛试样中土团直径的最大值,而对过筛后小于 0.5 mm 试样中不同直径(如 0.5~0.25, 0.25~0.074, <0.074 mm)土粒所占的比例是无法控制的,这就使得小于 0.5 mm 的试样中各直径土粒分布很容易受试验人员备样等人为因素的影响而产生很大的变化。在试验中可以明显观察到,同是过 0.5 mm 筛的试样,因其“级配”不同(这里借用“级配”表示试样不同土粒直径的大小分布),即使试样质量相近,自由膨胀率却可能相差很大。

2.2 试样搅拌

现行的标准、规程对搅拌方法和搅拌次数的说明基本相同,都是上下搅拌 10 次,只是在测记时间间隔和稳定标准上存在一些差别。国家标准及各行业规程中的步骤说明和条文说明不同之处对比如下:

(1) 土工试验方法标准(GB/T50123—1999)^[1]:待悬液澄清后,开始每隔 2 h 测记一次土面读数(估读至 0.1 mL),直至 2 次读数差不超过 0.2 mL 为止。该规范中未说明试样是否需要或何时进行一定时间的浸泡。(2) 土工试验操作规程(SL237—1999)^[2]:静置 24 h,待悬液澄清后,开始每隔 2 h 测记一次土面读数(估读至 0.1 mL),直至 6 h 内 2 次读数差不超过 0.2 mL 为止。规程中未说明试样在搅拌前是否需要一定时间的浸泡。(3) 公路土工试验规程(JTG051—93)^[3]:待试样沉积后约每隔 5 h,记录一次试样体积(估读至 0.1 mL),直至 2 次读数差不超过 0.2 mL 为止。条文说明中强调了试样在水中浸泡 24 h 后再开始测试,但未说明浸泡是在搅拌前还是搅拌后进行。

从以上条文说明中可以发现,现行的标准、规程对试验步骤的说明不尽一致,而且有些说明较模糊。试样是否浸泡、浸泡多久、浸泡是在搅拌之前

还是之后进行,其自由膨胀率试验结果是存在差异的。另外,因搅拌次数对试验结果也有明显的影响,试验时对悬液只进行 1 遍上下 10 次的搅拌,悬液澄清后,取土面稳定值作为土样自由膨胀率计算的代价值,是否最合适?这是值得探讨的问题。

3 不同级配和搅拌遍数对试验结果的影响

为研究不同级配和搅拌次数对土样自由膨胀率试验结果的影响,考虑到目前国内土工试验标准、规程的实际情况及前人积累的丰富资料和经验,试验在标准、规程所限定的条件下进行,所用仪器设备规格同《土工试验方法标准》,玻璃量筒容积为 50 mL。试验土样为取自湖北的 5 个膨胀土样品。土样的颗粒组成、物性及胀缩性指标如表 1~3 所示。

表 1 土样颗粒组成

Table 1 Particle size distributions of expansive soil

土样 编号	各粒径(mm)组含量/%				
	>0.25	0.25~0.075	0.075~0.005	0.005~0.002	<0.002
1 [#]	3	6	59	14	18
2 [#]	0	4	61	18	17
3 [#]	2	7	53	16	22
4 [#]	0	6	40	19	35
5 [#]	0	3	39	22	36

表 2 土样物性指标

Table 2 Physical indexes of expansive soil

土样 编号	天然含 水率/%	天然重度 /kN·m ⁻³	W_{L17} /%	W_{L10} /%	W_p /%	I_{p17}	I_{p10}
1 [#]	23.1	19.4	49.0	41.1	24.2	24.8	16.9
2 [#]	24.0	19.9	50.1	41.4	23.3	26.8	18.1
3 [#]	24.2	19.6	62.2	49.7	25.1	37.1	24.6
4 [#]	26.1	19.7	71.8	58.3	31.0	40.8	27.3
5 [#]	27.6	19.2	78.8	63.6	33.1	45.7	30.5

注:表中 W_{L17} , I_{p17} , W_{L10} , I_{p10} 分别表示以圆锥下沉深度 17, 10 mm 时的含水率作为相应液限和塑性指数值。

表 3 原状土样胀缩性指标

Table 3 Swelling and shrinkage characteristic indices of undisturbed expansive soil

土样 编号	无荷载 膨胀率 /%	50 kPa 膨胀率 /%	线缩率 /%	体缩率 /%	收缩 系数	类别
1 [#]	0.63	-0.52	2.3	7.5	0.18	弱膨胀土
2 [#]	0.76	-0.45	2.9	9.6	0.23	弱膨胀土
3 [#]	0.89	-0.13	6.1	19.3	0.31	中膨胀土
4 [#]	0.35	-0.71	6.9	22.4	0.44	中膨胀土
5 [#]	0.63	-0.36	8.7	28.6	0.57	强膨胀土

按塑性图分类,土样基本上都属于高液限黏土,与膨胀土在塑性图中的位置一致。根据膨胀土的宏观结构特征及表 1~3 中所列的与土样胀缩性相关的指标综合判别,1[#]和 2[#]土样为弱膨胀土,3[#]

和 4[#]为中膨胀土，5[#]为强膨胀土。

3.1 不同级配试样对试验结果的影响

在进行自由膨胀率试验备样时，不同试验者由于在力量大小、备样工具以及操作方法等方面均存在一定的差异。因此，对同一种土样、不同试验者所制备的试样，其级配不一定相同，即使是同一人、不同时间制备的试样，其级配也不相同。这就使得所制备的试样级配随机性很大，在其他条件相同的情况下很容易导致自由膨胀率试验结果可能相差较大的不合理现象。表 4 为 7 个不同的试验操作人员所制备同一土样的自由膨胀率试样级配情况。

从表中可看出，不同备样人制备的试样级配差异很大，其中 C 与 E 所制备的试样级配相差最大，<0.074 mm 粒组的土粒含量最大相差近 3.8 倍。

为研究试样“级配”对自由膨胀率试验结果的影响，对自由膨胀率试验的试样制备进行了如下调

整，首先将土样按土工试验方法标准碾细，过 0.5 mm 筛；再将 0.5 mm 筛下试样过 0.25 mm 及 0.074 mm 筛，将各级筛上及底盘内试样分别放置备用；将 0.25~0.5，0.074~0.25，<0.074 mm 直径的土样烘干后按一定比例混合以获取不同级配的试样，然后进行不同级配试样的自由膨胀率试验，结果见表 5。

表 4 不同人所制备的同一种土样的“级配” (单位: %)

Table 4 The gradations of the same soil sample made by different laboratory technicians (unit: %)

制样人员	粒径/ mm		
	0.5~0.25	0.25~0.074	<0.074
A	30.2	29.4	40.4
B	33.1	32.7	34.2
C	16.3	33.4	50.3
D	38.0	31.7	30.3
E	56.0	30.7	13.3
F	31.3	34.4	34.3
G	27.2	33.0	39.8

表 5 不同级配试样自由膨胀率

Table 5 Results of free swell test under different gradations

各级土粒质量比	1 [#]		2 [#]		3 [#]		4 [#]		5 [#]	
	干土质量	自由膨胀率	干土质量	自由膨胀率	干土质量	自由膨胀率	干土质量	自由膨胀率	干土质量	自由膨胀率
	/ g	/ %	/ g	/ %	/ g	/ %	/ g	/ %	/ g	/ %
100:0:0	9.17	34	9.34	43	9.38	61	9.36	71	9.64	86
80:20:0	9.46	41	9.56	49	9.64	69	9.69	80	9.78	91
80:0:20	10.08	42	10.02	45	10.18	74	10.13	83	10.18	93
60:40:0	9.44	43	9.50	49	9.64	65	9.73	82	9.57	87
60:20:20	10.07	42	10.04	46	10.19	76	10.18	83	10.15	98
60:0:40	10.50	41	10.25	45	10.41	69	10.38	85	10.27	94
40:60:0	9.29	38	9.33	46	9.58	67	9.61	82	9.41	83
40:40:20	9.84	39	9.98	50	9.93	66	9.98	80	9.85	88
40:20:40	10.33	41	10.22	48	10.09	65	10.06	78	9.85	91
40:0:60	9.44	32	8.50	22	10.75	65	9.48	68	9.30	81
20:80:0	9.07	37	9.06	41	9.28	68	9.29	76	8.96	84
20:60:20	9.52	37	9.57	43	9.83	65	9.53	77	9.30	84
20:40:40	9.93	36	9.70	41	9.70	62	9.54	70	9.33	85
20:20:60	9.54	29	9.23	33	9.34	56	9.07	63	8.89	80
20:0:80	8.90	16	8.21	19	8.81	49	7.72	44	8.28	70
0:100:0	8.76	34	8.73	37	9.01	56	8.95	72	8.67	77
0:80:20	9.18	36	9.03	40	9.21	61	9.10	71	8.71	73
0:60:40	9.49	35	9.17	38	9.38	60	9.15	70	8.87	76
0:40:60	9.27	27	8.78	27	8.96	55	8.70	64	8.57	75
0:20:80	8.58	14	8.15	14	8.39	45	8.10	51	7.90	65
0:0:100	7.95	3	7.67	9	7.79	34	8.65	46	7.28	58

注：各级土粒质量比依次为粒径 0.5~0.25，0.25~0.074，<0.074 mm 土团的质量比。试验按土工试验方法标准（GB/T50123-1999）执行，试样搅拌前不浸泡。

从试验结果可以看出，由于试样级配的不同，其 10 mL 干土质量和自由膨胀率都存在差异，差值的大小则随土质的不同而异。同一土样自由膨胀率最大相差近 14 倍，最小也相差近 1.7 倍，差异很大。自由膨胀率整体趋势是随干土质量的增大而增大，但并非干土质量最大，对应自由膨胀率值也最大。自由膨胀率不是随干土质量的增大而单调增加。

人工制备试样时，在机械外力的重复作用下，

较大的黏粒土团不断被碾碎，直径逐渐变小，这一作用相当于分散作用，土团直径越小，分散程度越高。分散程度较高的土团在试样中所占比例越大，同体积的干土在水中进一步分散的程度就越小，其自由膨胀率就相对较小。对同一土样，不同备样人或同一备样人在不同时段所备样时用力的大小、碾磨的次数都不相同，所制备试样的级配也就不同，而级配的不同，势必造成同体积干土的质量存在差

异,进而影响到自由膨胀率的大小。这是导致同一土样在其他条件相同时,仅因备样原因而造成自由膨胀率试验结果出现较大差异的主要原因。

3.2 搅拌遍数对试验结果的影响

为研究搅拌遍数对自由膨胀率试验结果的影响,采用同一土样、不同级配的 6 个试样,按国家标准的方法,将试样倒入量筒内,即用搅拌器上下搅拌悬液各 10 次,用蒸馏水淋洗搅拌器和量筒壁至悬液达 50 mL,待悬液澄清后,开始每隔 2 h 测记一次土面读数,直至 2 次读数差不超过 0.2 mL 为止;然后,重复上述搅拌程序,测记每次的膨胀稳定值,典型的试验结果如表 6 所示。

表 6 不同搅拌次数条件下的自由膨胀率

Table 6 Results of free swell test of different times stirred

级配 编号	各级土粒 质量比	干土 质量/g	不同搅拌遍数(次)条件下的自由膨胀率/%					
			1	2	3	4	5	6
1	100:0:0	9.38	61	68	69	69	69	69
2	80:20:0	9.64	69	76	77	78	80	79
3	80:0:20	10.18	74	84	85	85	86	86
4	60:40:0	9.64	65	76	77	78	80	80
5	60:20:20	10.19	76	83	83	85	87	87
6	60:0:40	10.41	69	86	88	88	89	89
7	40:60:0	9.58	67	76	78	79	81	82
8	40:40:20	9.93	66	79	81	83	84	85
9	40:20:40	10.09	65	81	82	83	84	84
10	40:0:60	10.75	65	76	77	77	77	77
11	20:80:0	9.28	68	78	77	76	77	77
12	20:60:20	9.83	65	76	77	79	81	81
13	20:40:40	9.70	62	75	76	77	80	80
14	20:20:60	9.34	56	67	68	70	71	72
15	20:0:80	8.81	49	59	61	63	63	63
16	0:100:0	9.01	56	65	68	68	69	70
17	0:80:20	9.21	61	71	72	74	76	77
18	0:60:40	9.38	60	73	74	76	77	77
19	0:40:60	8.96	55	66	66	67	70	70
20	0:20:80	8.39	45	54	55	56	56	57
21	0:0:100	7.79	34	42	43	45	47	47

不同搅拌遍数的试验结果显示,搅拌遍数对自由膨胀率的大小有明显的影响。第 2 遍搅拌与第 1 遍搅拌后的差值最大,差值的大小则随试样级配不同而异,自由膨胀率值最大相差 17%,最小相差 7%。这是由于试样浸泡时间越长、搅拌次数越多,土粒在悬液中的分散程度越高,相应的自由膨胀率值也就越高。若试样未经充分浸泡,一次搅拌还未能使土粒充分分散在悬液中,自由膨胀率值就相对较低。但经过一次搅拌和膨胀稳定的过程后,试样相当于已经过了一定的搅拌和一定时间的浸泡,再进行第 2 遍搅拌时,基本上可以到达土粒充分分散

的效果,其自由膨胀率值相对就高。自由膨胀率随搅拌遍数而增大的典型曲线如图 1 所示。虽然自由膨胀率有随搅拌遍数的增加而逐渐最大的趋势,从图中可以明显看出,搅拌第 2 遍时出现明显的拐点,搅拌第 2 遍的结果与搅拌第 6 遍的结果已相差不大,从试验时间和精度方面考虑,将第 3 遍搅拌的测试结果作为最终的结果是合适的。

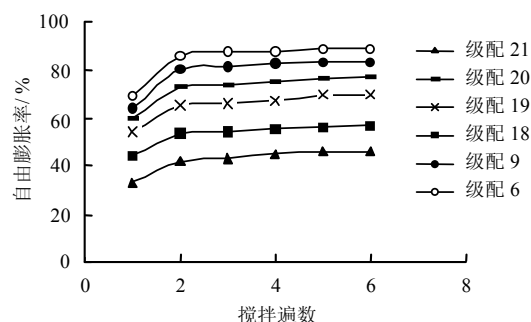


图 1 不同级配试样自由膨胀率随搅拌遍数变化曲线

Fig. 1 Relationship between free swell and stirred times under different gradation

4 结 语

土样自由膨胀率大小本质上应取决于土质。土质不同,其自由膨胀率存在差异是正常的。但对同一土样来说,若试验方法较完善,试验结果应不受人为因素影响而发生较大变化,其测定值应是较稳定的。由于按目前的土工试验方法标准和规程进行自由膨胀率试验时,试样的制备、搅拌等都对测试结果有显著的影响,说明该项试验方法还有待进一步改进和完善,由于受掌握的试验资料的限制,本文仅讨论了影响自由膨胀率试验结果的两个因素。

通过试样制备和搅拌对自由膨胀率试验结果影响的试验研究发现,两种因素都对试验结果有较大的影响,但影响程度不同。试样的制备对试验结果的影响较为明显,制备样品的差异主要体现在其级配变化上。试样级配受人为因素影响很大,若试样制备不当,很容易造成试验结果出现较大偏差,甚至会出现对土体胀缩性误判的情况。若按目前国内根据自由膨胀率的大小对膨胀土分类时所采用的界限值^[8],较合适的试样级配如下:0.5~0.25 mm 直径土粒占 40%~60%;0.25~0.074 mm 直径土粒占 20%~40%;<0.074 mm 直径土粒占 20%~40%。浸泡和搅拌的不同对试验结果产生影响程度较试样的级配对试验结果的影响要小,而其影响的大小也是随试样级配不同而异,按国标方法将悬液搅拌 3 遍后的稳定值作为自由膨胀率的标准值较合理。

为减少人为因素对试验结果的影响, 自由膨胀率试验需要在现有标准、规范操作步骤的基础上进行补充和调整: 试样制备时将碾细的土样倒入依次叠好的细筛 (0.5, 0.25, 0.074 mm) 中过筛, 再将 0.25, 0.074 mm 筛上及底盘内的土样据前述建议的级配按比例混合均匀, 烘干备用; 搅拌时按国家标准将悬液搅拌 3 遍 (后两次搅拌都待土面读数稳定后, 再进行下一次搅拌)。

经过上述补充和调整, 可有效减少人为因素对试验结果的影响, 使试验结果更稳定, 试验资料具有可比性, 从而有利于国内同行之间的经验交流, 并可为该项试验的进一步标准化提供有益的参考。

参 考 文 献

- [1] GB/T50123—1999, 土工试验方法标准[S].
- [2] SL237—1999, 土工试验规程[S].
- [3] JTJ051—93, 公路土工试验规程[S].
- [4] SDS01—79, 土工试验规程[S].
- [5] 张炳慧, 腾德宾, 高秀芬, 等. 分散与聚沉分步法测定自由膨胀率[J]. 大坝观测与土工测试, 1993, 17(2): 46—47.
- [6] 孙重初. 膨胀土试验方法的探讨[J]. 勘察科技, 1994, (3): 7—16.
- [7] 张炳慧, 高秀芬. 自由膨胀率质疑与自由膨胀比试验[J]. 地质实验室, 1995, 11(4): 241—244.
- [8] GBJ112—87, 膨胀土地区建筑技术规范[S].

2006 年《岩土力学》第 8 期被 EI 收录论文 (43 篇, 收录率 100 %)

序号	论文题名	作 者	页 码
1	扩底桩承载力空间屈服包络面的基本特性	文松霖	1229—1234
2	剪应变率对湛江强结构性黏土力学性状的影响	蔡 羽, 孔令伟, 郭爱国, 等	1235—1440
3	材料缺陷对岩样变形局部化影响的数值模拟	王学滨	1241—1247
4	某地红砂岩多轴受力状态蠕变松弛特性试验研究	李 钊, 朱维申, 彭 意, 等	1248—1252
5	岩体单裂隙非饱和渗流毛管压力-饱和度关系研究	李康宏, 柴军瑞	1253—1257
6	寒区软岩隧道的水热耦合数值模拟与分析	杨更社, 周春华, 田应国	1258—1262
7	神经网络在岩体力学参数和地应力场反演中的应用	金长宇, 马震岳, 张运良, 等	1263—1266
8	盐岩蠕变特性和本构关系研究	刘 江, 杨春和, 吴 文, 等	1267—1271
9	板桥河左岸堤防渗透破坏风险分析	邢万波, 徐卫亚, 魏文白, 等	1272—1276
10	卸荷路径下棱柱状结构体试件破损过程试验研究	刘恩龙, 沈珠江	1277—1282
11	江苏海相灵敏性软土特征研究	缪林昌, 经 绯	1283—1286
12	上海市外滩防汛墙结构沉降的预测研究	陈 宝, 程徽丰, 杨林德	1287—1292
13	关于地铁地震响应的模型振动试验及数值分析	车爱兰, 岩楠敞广, 葛修润	1293—1298
14	高填石路堤蠕变本构模型及其参数反演分析与应用	曹文贵, 李 鹏, 程 晔	1299—1304
15	陡坡水库大坝渗透稳定性及渗透变形分析	罗长军, 胡 峰, 张磊奇, 等	1305—1311
16	爆破振动对砂浆锚杆的影响研究	易长平, 卢文波	1312—1316
17	隧道开挖对地下管线的影响分析	毕继红, 刘 伟, 江志峰	1317—1321
18	带帽刚性桩复合地基荷载传递特性研究	雷金波, 张少钦, 雷呈凤, 等	1322—1326
19	土样制备对自由膨胀率的影响及其改进方法	陈善雄, 余 颂, 柳治国, 等	1327—1330
20	基于 CT 图像处理技术的岩土材料有限元模型	李晓军, 张金夫, 刘凯年, 等	1331—1334
21	基于数字图像测量的 Duncan-Chang 模型参数研究	孙益振, 邵龙潭, 李根华	1335—1338
22	高原冻土隧道支护技术及工艺试验研究	江亦元, 王星华	1339—1343
23	大坝安全诊断的混沌优化神经网络模型	曹茂森, 邱秀梅, 夏 宁	1344—1348
24	土质边坡预应力锚索设计方法探讨	刘才华, 陈从新, 冯夏庭	1349—1352
25	预应力锚索的预应力损失机理研究	周永江, 何思明, 杨雪莲	1353—1356
26	不同厚度褥垫层刚性桩复合地基工作特性研究	郑 刚, 刘双菊, 伍止超	1357—1360
27	土力学的现状及其数值分析方法中某些问题的讨论	赵成刚	1361—1364
28	Windows 下的土坡稳定性分析研究	李 军, 王星华, 秦曦青	1365—1368
29	三维离散块体边-边接触模拟	姜清辉, 张 煜	1369—1373
30	海塘渗压监测分析的时间序列组合模型	潘 翔, 黄 铭, 王跃威	1374—1378
31	浅埋隧道施工对建筑物桩基的影响分析	黄茂松, 张宏博, 陆荣欣	1379—1383
32	扰动结构性软土地基的沉降特性分析	王 军, 高玉峰	1384—1388
33	高混凝土面板堆石坝流变的三维有限元数值模拟	周 伟, 常晓林	1389—1392
34	贝叶斯信息标准在滑坡因子敏感性分析中的应用	李雪平, 唐辉明	1393—1397
35	桩端条件对灌注桩荷载传递特性的影响	袁 振, 陈锦剑, 王建华	1398—1402
36	竖向荷载下桩基弹性分析的改进计算方法	王 伟, 杨 敏	1403—1406
37	桥台台背土压力的试验研究	陈雪华, 律文田, 王永和	1407—1410
38	膨胀土地区铁塔基础抗拔机理研究	宿 辉, 李清富, 李彦军	1411—1415
39	单轴压缩下含孔脆性材料的力学行为研究	段进超, 唐春安, 常 旭, 等	1416—1420
40	基于功能的高坝建设方案的风险决策研究	金 峰, 贾 超, 王品江, 等	1421—1424
41	基于粗糙神经网络的坡面雨滴溅蚀量研究	丁加明, 王永和, 丁力行	1425—1428
42	基于遗传算法的冻土路基融沉可靠性分析	祁长青, 吴青柏, 施 斌, 等	1429—1432
43	自适应混合遗传算法在基坑支护结构优化中的实现	王俊生, 夏元友, 舒怀珠	1433—1436