

非饱和膨胀土膨胀变形规律初探*

仲晓晨¹, 王 军²

(1. 苏州市交通工程质量监督站, 江苏 苏州 215007 2. 盐城市富建建筑设计有限公司, 江苏 盐城 224002)

摘 要 利用轻便固结仪与压缩仪试验研究了不同状态(即不同的含水量、干密度、竖向压力)下膨胀土的膨胀量、膨胀力特性。在试验的基础上,对膨胀土的膨胀变形规律进行了初步探讨,并由此建立膨胀量与含水量、膨胀力与含水量及干密度之间的相关关系式。

关键词 膨胀土; 膨胀变形规律; 试验研究

中图分类号 TU443

文献标识码 A

文章编号 1671-5322(2003)03-0070-04

膨胀土是种特殊性域土,因其特殊的矿物组成(如蒙脱石、伊利石等)和特殊的微结构特征(如具有发育的微孔隙—裂隙结构等),而呈现吸水膨胀和失水收缩的强烈变形特性。大量工程实践表明,膨胀土给工程建设带来的危害,既表现在地表建筑物上,也反映在地下工程中。它不仅包括铁路、公路、渠道的所有边坡、路面和基床,也包括房屋基础、地坪,同时包括地下洞室及隧道围岩、衬砌,甚至还包括这些工程中所采取的稳定性措施,如护坡、挡土墙和桩等。从某种意义上讲,膨胀土对工程建筑的危害是无所不包的。对膨胀土的研究是必需的,也是必要的。本文在进行一系列试验研究的基础上对膨胀土的膨胀变形规律进行了初步探讨,并由此建立部分相关关系式,具有参考和实际应用价值。

1 膨胀量及膨胀力

工程实践中,通常采用膨胀量和膨胀力指标的大小,来评定和表征膨胀土的膨胀特性^[1]。

1.1 膨胀量

是指一定体积的膨胀土(有结构的天然土或击实土、以及松散土粒),在一定条件下与水相互作用其体积增大的表征,用土体膨胀稳定后的体积增量与初始体积之比,以百分数表示。

$$\delta_{Hp} = \frac{H_p - H_t}{H_t} \times 100\% \quad (1)$$

$$H_p - H_t = R_t + R_p - R_0 \quad (2)$$

式中 H_t —施加 p 荷载压密稳定后试样的高度;
 H_p — p 荷载下浸水膨胀稳定后试样的高度;
 R_t —膨胀稳定后量表读数;
 R_p — p 荷载下仪器变形量;
 R_0 —试样加荷前的量表初读数。

1.2 膨胀力(p_s)

是指膨胀土体在吸水膨胀过程中,伴随体积增大而产生的内应力。在生产中常用一定体积的原状结构或击实膨胀土试样,在浸水同时采用加荷平衡法,以测定试样至膨胀稳定时单位面积所承受的最大压力,故又称为膨胀压力。可用下式表示:

$$p_s = G/A \quad (3)$$

式中 A —试样面积; G —施加的总平衡荷重。

2 膨胀土的膨胀机理

据文献资料^[2]表明,膨胀土与水相互作用时,由于组成膨胀土的粘土矿物颗粒的表面特性和水分子的极性结构属性,使水分子在粘土颗粒表面电场的作用下,在矿物颗粒中间与颗粒周围,以及在粘土积聚体的周围,形成具有一定取向排列的水膜。这些水膜主要是以各种作用力与矿物颗粒相连接,而且随着各种力的不同,其水膜的厚度和性质也有很大差别,从而直接影响着土的膨胀性。因此,膨胀土吸水产生体积膨胀的过程,实质上是

* 收稿日期:2003-05-27

作者简介:仲晓晨(1973-),男,江苏滨海县人,苏州市交通工程技师监督站工程师,硕士。

土中水膜的形成和变化过程。具体地说,土中水膜的形成,也就是自由水渗入到矿物颗粒转化为结合水的过程。而结合水的形成,主要是由于膨胀土——水体系产生一系列物理化学作用的结果,它依靠各种力的作用与矿物颗粒表面相结合,并在颗粒与颗粒间形成一种‘楔’力。随着结合水膜加厚,粒间楔力增大,其结果使颗粒与颗粒,或积聚体与积聚体间的净距离增加,导致土的体积膨胀。

3 膨胀变形试验

试验所采用的土样为湖北的中等膨胀性土,取自地下 2.5 m 左右,均为室内击实土样。初始含水量分别控制为 12.8%、17%、18%、19%、20%、25% 等 6 种情况。每组合含水量下的干密度为 1.5、1.7、1.8 g/cm³。竖向压力取为 0、25、50、100 kPa。土样的一些物理力学特性指标如下:比重 2.73,自由膨胀率 70%,粘粒含量 46%,矿物组成以伊利石为主,含蒙脱石等。利用轻便固结仪进行膨胀土的膨胀变形试验。

3.1 膨胀量试验

即试验膨胀土在上述不同的含水量、干密度、竖向压力下膨胀量的大小。将试验结果整理成曲线如图 1 所示。

3.1.1 膨胀量与含水量曲线

由图 1 显示,我们发现不同状态下膨胀土的膨胀量与含水量之间有很好的直线关系,可用下式表示:

$$\delta_H = a\omega + b \tag{4}$$

$$\delta_H = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100\% \tag{5}$$

式中 δ_H —土样在某一状态下的膨胀量; ΔH —稳定后的膨胀变形大小; ω —土样的初始含水量; H_0 —土样的初始高度; a 、 b —试验参数见表 1。

表 1 试验参数 a、b 值

Table 1 The values of parameter a & b						
压力 /kPa	1.5 g/cm³		1.7 g/cm³		1.8 g/cm³	
	a	b	a	b	a	b
无荷	-2	53	-2.25	61.1	-1.88	59.8
25	-0.63	15	-0.6	15	-0.61	16
50	-0.5	11.4	-0.55	13.9	-0.56	14.6
100	-0.21	2.8	-0.33	7.1	-0.3	7.8

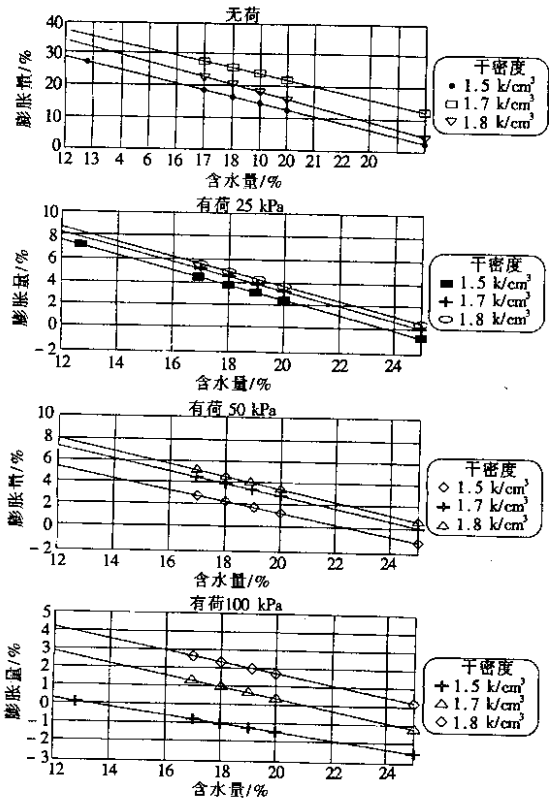


图 1 膨胀量与含水量曲线

Fig.1 The relation of expanding quantity vs water content

3.1.2 膨胀量与干密度曲线

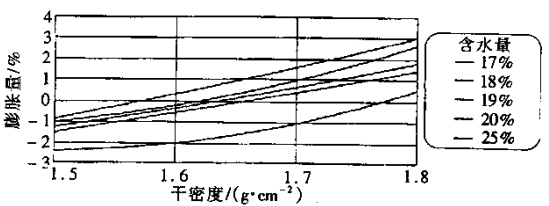


图 2 膨胀量与干密度曲线

Fig.2 The relation of expanding quantity vs dry density

3.1.3 膨胀量与竖向压力曲线

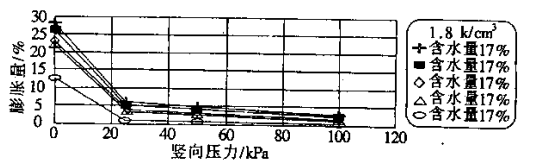


图 3 膨胀量与竖向压力曲线

Fig.3 The relation of expanding quantity vs vertical pressure

3.2 膨胀力试验

膨胀力是膨胀土体在吸水膨胀过程中产生的内应力,以(3)式表示。

因所取的土样是来自地下某一深度的土样(2.5 m),它承受着上覆荷重。所用膨胀土,原状土天然含水量 20%,干密度约为 2.0 g/cm³,自重应力约为 50 kPa。进行膨胀变形计算或预测时,应该考虑土样所处的实际情况。因此,我们利用压缩仪,装好土样后,首先让其在竖向压力 50 kPa 下稳定(约 24 h),然后加水让其膨胀。稳定过程中同样应注意土样的湿度保持不变,而膨胀过程中应一直保持土样的体积不变。

不同状态下的膨胀力如表 2 所示。

表 2 不同状态下的膨胀力

Table 2 The values of expanding pressure under different state %

干密度	含水量/%					
/(g·cm ⁻³)	12.8	17	18	19	20	25
1.5	112.5	77	55	49	47.5	16.5
1.7	300	227.5	197.5	185	160	70
1.8	440	305	272.5	248	242.5	153

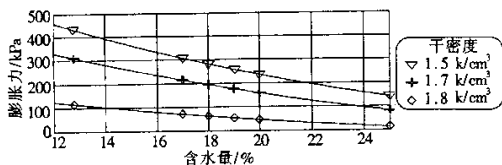


图 4 膨胀力与含水量曲线

Fig.4 The relation of expanding pressure vs water content

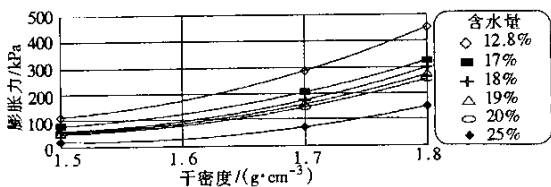


图 5 膨胀力与干密度曲线

Fig.5 The relation of expanding pressure vs dry density

将上表数据绘制成曲线,如图 4、图 5 所示:由图 4,我们发现膨胀土膨胀过程中产生的膨胀力与含水量间成对数相关,可表达为:

$$p_s = c \ln \omega + d \tag{6}$$

式中 p_s —膨胀力, ω —含水量, c 、 d —试验参数,

参考文献:

[1] 卢肇均,张惠明.非饱和土的抗剪强度与膨胀压力[J].岩土工程学报,1992,5(1):127-129.
[2] 胡卸文.裂隙粘土的力学特性[J].岩土工程学报,1994,7(2):78-80.

具体数值见表 3。

表 3 不同状态下的试验参数 c 、 d

Table 3 The value of parameter c & d under different state

参数	干密度/(g·cm ⁻³)		
	1.5	1.7	1.8
c	-145.9	-343.6	-429
d	483.5	1188	1524

如图 5 所示,我们发现膨胀力与干密度间成较好的指数相关关系,可用下式表示:

$$p_s = f \cdot \exp(e \cdot \rho_d) \tag{7}$$

式中 ρ_d —土样的干密度, e 、 f —试验参数,具体数值见表 4。

表 4 试验参数 e 、 f 数值表

Table 4 The values of parameter e & f

参数	含水量/%					
	12.8	17	18	19	20	25
e	4.6	4.7	5.5	5.6	5.5	7.4
f	0.12	0.07	0.02	0.012	0.012	0.0002

4 结论

非饱和膨胀土的初始状态,即土体所持有的含水量、干密度和所承受的竖向压力的大小,对膨胀土的膨胀变形具有强烈影响。试验表明,膨胀土的膨胀变形具有一定的规律。

(1)含水量的多少对膨胀土的膨胀变形影响作用较大。膨胀土的初始含水量越低,则膨胀土的膨胀潜势越大,在有充分的水源供给情况下,膨胀变形就越强烈;当膨胀土的初始含水量越高,则膨胀土的膨胀潜势越小,同等条件下膨胀变形也就越小。其中膨胀量与含水量间成相关关系;

(2)干密度能从某个角度反映土样的密实程度。同样的含水量条件下,干密度越大,膨胀变形也越大;反之,亦然;

(3)竖向压力对膨胀变形具有明显的抑制作用;

(4)膨胀力与含水量以及膨胀力与干密度之间有某种相关联系。

The Primary Study on the Expansive Strain Rule of Unsaturated Expansive Soil

ZHONG Xiao-chen¹, WANG Jun²

(1. The Monitoring Department Traffic Engineering Quality of Suzhou city, Jiangsu Suzhou 215007, China)
(2. Yancheng Fujian Architecture Design CO., Ltd, Jiangsu Yancheng 224002, China)

Abstract : This paper studies the characteristic of expansive soil 's expanding quantity and expanding pressure under different state (namely different water content, dry density and vertical pressure) using hardness concretion instrument and compress instrument. On the basis of experimentations, this paper investigates primarily the expansive stain rule of unsaturated expansive soil. As a result this paper establishes interrelated expressions of expanding quantity vs water content, expanding pressure vs water content and dry density, which have reference and application value.

Keywords : expansive soil ; expansive strain rule ; experimentations

(上接第 61 页)

参考文献 :

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制新技术 [M]. 北京 中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 游宝坤. 建筑物裂缝控制新技术 [M]. 北京 中国建筑工业出版社, 1997.
- [3] 史如平. 优异的混凝土膨胀剂 [J]. 工业建筑, 2001, (2) : 17 - 19.
- [4] GB50204 - 92, 混凝土施工及验收规范 [S].

How to Control Crack of High Slump Concrete

FANG Man-zhen¹, TU Zhao-bin², WU Hai-bo³

(1. Yancheng Construction Supervision Center Ltd Co., Jiangsu Yancheng 224002, China)
(2. Yancheng Construction Drawing Censorship Center, Jiangsu Yancheng 224002, China)
(3. Yancheng Zhongsha Group, Jiangsu Yancheng 224002, China)

Abstract : The main effects that cause the crack of high slump concrete include itself, design and construction. In this paper, an analysis has been made to the crack reasons of high slump concrete, and crack prevention measures are put forward.

Keywords : high slump concrete ; crack ; control

(上接第 66 页)

A Discuss on Conducting Mechanism of Resistor

LIU Xi - fu

(Huaian College of Information Technology, Jiangsu Huaian 223001, China)

Abstract : Taking the material of Pd - Ag resistor as the research object, this article analyses four kinds of conducting mechanism of thick - film resistor.

Keywords : thick - film resistor ; conducting mechanism ; contact resistor