文章编号：1000－7598－(2003) 04－0568－05

广西原状红粘土力学性状与水敏性特征

赵颖文，孔令伟，郭爱国，拓勇飞

（中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学重点实验室，湖北　武汉　430071）

摘　要：对广西原状红粘土的力学指标、胀缩特性与孔径分布随脱湿过程的演化规律进行了较为系统的室内试验研究。结果表明：广西原状红粘土为裂隙发育的硬塑性粘土，不同脱湿阶段的力学指标与胀缩性能在较高含水量范围内受基质吸力控制，在较低的含水量范围内主要受控于裂隙性；转折点处含水量与重型击实(干法备样)最优含水量相接近；原状红粘土的孔隙主要以孔径从 0.01 μm~0.05 μm 的小孔隙为主，在脱湿过程中，干密度增大，总孔隙体积减小，以 0.01 μm~0.05 μm 与 0.1 μm~1.0 μm 两个区间内孔隙体积减小最为明显。

关　键　词：红粘土；力学特性；裂隙性；胀缩性；基质吸力；孔径分布

中图分类号：TU 44　　**文献标识码**：A

Mechanical behaviors and water-sensitive properties of intact Guangxi laterite

ZHAO Ying-wen, KONG Ling-wei, GUO Ai-guo, TUO Yong-fei

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

Abstract: An experimental research on the mechanical indexes, swelling-shrinkage properties and pore size distributions of intact Guangxi laterite at different stages of dehydration, has been carried out systematically. The results reached are that, Guangxi laterite is a kind of stiff-plastic clay with well-developed fissures, and the mechanical indexes and swelling-shrinkage properties of intact samples are mainly controlled by the matrix suction during the relative high range of moisture content, while by the fissures instead during the relative low range of moisture content; additionally, the moisture content of the turning points are close to the optimum moisture content of heavy-duty compaction tests; the pores of intact Guangxi laterite are mainly small pores with diameters from 0.01 μm to 0.05 μm, during the process of dehydration, the dry density increases, the total pore size volume decreases, and the pores with diameters from 0.01 μm to 0.05 μm and from 0.1 μm to 1.0 μm represent the most obvious decrease in volume.

Key words: laterite; mechanical properties; fissure; swelling-shrinkage properties; matrix suction; pore size distribution

1　引　言

红粘土是碳酸盐岩风化残坡积并经过红土化作用而形成的棕红、褐黄等色的高塑性粘土，主要分布在北纬 30°与南纬 30°之间的热带与亚热带地区。在漫长而复杂的红土形成过程中，由于风化与红土化的环境和程度的不同，红粘土的地质特性与工程特性随地域不同而具有极其明显的差异性[1]。

我国的红粘土主要分部在南方，如广西、贵州、云南、广东以及湖南等省份。中国的岩土工作者们研究红粘土已有近 50 年的历史，对于这种特殊土的性质有了较为全面的研究，主要包括红粘土的成因与分类、力学特性、工程实践以及地质灾害等方面，突出了红粘土的胀缩性、裂隙性与超固结性及其引发的工程病害的研究[2]。80 年代以来，随着先进的微观分析手段的应用，有关红粘土微观结构的研究取得了较大的进展。研究发现：红粘土不良物理性质与良好的力学特性之间的矛盾，在很大程度上是由红粘土中自由氧化物的胶结结构引起的，其中赤铁矿与针铁矿在红粘土中最为常见[3-7]，而且，经证实仅有部分铁氧化物在红粘土中起胶结作用[8]；红粘土的超固结性在很大程度上也归因于

收稿日期：2002-12-17
基金项目：国家自然科学基金资助项目 (批准号 19902018)
作者简介：赵颖文，男，1978 年生，岩土工程硕士研究生，主要从事特殊土力学研究。

万方数据

自由氧化物的胶结结构，而并非先期固结压力[9]。

红粘土以其特殊的性质与工程问题正引起学术界与工程界更为广泛的关注。由于红粘土性质特殊且复杂，对于一些理论问题和工程实践问题的研究仍不够深入。总体来说，定性研究较多，而定量研究不足；宏观与微观的研究不够协调[10]。例如，对于微观结构及矿物成分的研究较多，但微观结构对宏观力学特性影响的研究尚未达到定量化程度，尤其是多因素影响下红粘土工程力学特性变化的规律有待进一步研究。在实际工程中，红粘土因其裂隙性与胀缩性引发大量诸如边坡失稳、地基不均匀变形、道路开裂等工程病害。因此，加强红粘土的力学特性及水敏性特征的试验研究与理论探讨，不仅对土力学理论的发展有学术价值，也是工程实践的需要。

本文针对红粘土研究中的不足与实际工程的需要，通过在室内模拟广西原状红粘土的脱湿过程，利用微观分析与宏观力学试验相接合的方法,对红粘土特殊的水敏性能进行了试验研究，探讨了广西红粘土强度特性与胀缩性能在不同脱湿阶段的控制因素。

2　广西红粘土的基本特性

本次研究的红粘土取自广西贵港三零七单位西侧场地的网纹红土层。贵港属炎热潮湿的亚热带气候，化学风化作用强烈，碳酸岩经风化与红土化作用而形成的红土风化壳发育良好，风化壳厚 5～10 m，具有明显的垂直分带性[11]。所取土样呈红褐色，含有大量淡黄色或白色斑块，土质细腻光滑，无砂感，无残余岩块；天然网状裂隙发育,并主要存在于红褐色土块与淡黄色或白色斑块的交界处。其基本物理力学性质指标，粒度组成与矿物成分分别见表 1～3。

从物理性质指标来看，广西红粘土（下文均称红粘土）的天然含水量为 47.4 %，孔隙比高达 1.40，液限、塑限与塑性指数等指标均明显高于一般性粘土(见表 1)，但同时又具有较高的无侧限抗压强度、直剪强度和相对较低的压缩系数等良好的力学特性(见表 2)，这些显著差别是红粘土区别于其它粘性土的重要特征之一；从胀缩性指标可以看出，红粘土具有较为明显的胀缩性，其指标相当于弱膨胀土的标准(表 2)；此外，红粘土的粘粒含量非常高，粒径<2 μm 的颗粒占到总质量的 61 %；矿物成分以高岭石为主，含有一定量的针铁矿、蛭石与少量的石英(见表 3)。

根据土体的性状，物理力学性质指标，以及粒度组成与矿物成分的分析可以得出：本研究所取土样用于研究红粘土的工程力学特性是具有代表性的。

3　原状红粘土脱湿过程的力学效应

为研究原状红粘土力学特性在脱湿过程中的变化规律，在室内模拟了试样脱湿过程。将原状红粘土试样置于室温下（平均温度 20 ℃）缓慢脱湿，对含水量降至不同值时的非饱和试样进行直剪与 50 kPa 荷载下膨胀量试验。另外，无侧限抗压强度试验分为两组，第一组为不同脱湿阶段非饱和试样的无侧限抗压强度试验，第二组为脱湿至不同阶段后再饱和试样的无侧限抗压强度试验。结果如表 4 所示。图 1 为原状红粘土在不同脱湿阶段力学试验曲线及重型击实曲线。不难看出：脱湿过程中随含水量的降低，原状红粘土直剪强度指标 c 值与 ϕ 值，以及 50 kPa 荷载下膨胀量呈现相似的变化规律，即先增大，后减小。在两组无侧限抗压强度试验中，由于原状红粘土的天然网状裂隙在脱湿过程中迅速扩展，而且，无侧限抗压试验过程中试样所受围压为零，因而，原状样裂隙性对土体强度的影响更加明显地体现在无侧限抗压强度指标上，以至强度在脱湿过程中呈现下降趋势。但是仍可以看出，在高含水量与低含水量范围内无侧限抗压强度的变化幅度不同。因而可以肯定：在脱湿过程中，原状红粘土的强度与胀缩性在不同含水量范围内随含水量减小的变化规律不尽相同，其力学特性转折点处的含水量在 33.2 %～36.5 %之间，与重型击实（干法备样）的最优含水量 34.2 %相当接近(见表 5)。

表 1　广西红粘土物理性质指标

Table 1　Physical indexes of Guangxi laterite

天然含水量 w / %	天然容重 γ / kN·m^{-3}	干容重 γ_d / kN·m^{-3}	比重 G	孔隙比 e	饱和度 S_r / %	液限* W_L / %	塑限* W_P / %	塑性指数 I_P / %
47.4	16.56	11.23	2.76	1.40	93.5	125.9	47.3	78.6

*液塑限的测定分别采取 76 g 锥入土 17 mm 与 2 mm 作为标准

万方数据

表 2 广西红粘土力学性质指标

Table 2 Mechanical indexes of Guangxi laterite

自由膨胀率 δ_{ef} / %	50 kPa 膨胀量 V_{H50} / %	收缩系数	体缩率 e_s / %	缩限 W_s / %	先期固结压力 P_c / kPa	压缩系数 a_{1-2} / MPa^{-1}	无侧限抗压强度 q_u / kPa	直接快剪		固结快剪	
								粘聚力 c / kPa	内摩擦角 φ (°)	粘聚力 c / kPa	内摩擦角 φ (°)
49	-0.99	0.22	6.3	23.1	240	0.21	233.4	85.9	20.1	52.4	20.5

表 3 广西红粘土的粒度组成与矿物成分

Table 3 Particle size distributions and mineral compositions of Guangxi laterite

颗粒组成 / %							矿物组成 / %			
>50 μm	<50 μm	<20 μm	<10 μm	<5 μm	<2 μm	<1 μm	石英	蛭石	高岭石	针铁矿
8.0	92.0	78.0	68.0	62.0	61.0	59.0	3	6	74	17

表 4 广西原状红粘土不同脱湿阶段力学试验结果

Table 4 Tests on mechanical properties of intact Guangxi laterite clay at different stages of dehydration

无侧限抗压强度试验				50 kPa 膨胀量试验		直剪试验				
第一组*		第二组*					快剪		固结快剪	
含水量 w / %	无侧限抗压强度 q_u / kPa	含水量 w / %	无侧限抗压强度 q_u / kPa	含水量 w / %	50 kPa 膨胀量 V_{H50} / kPa	含水量 w / %	C / kPa	φ (°)	C / kPa	φ (°)
47.23	233.4	46.34	28.47	47.7	-0.99	47.3	85.922	20.14	50.433	23.5
42.15	210.33	40.05	25.54	41.5	0.85	41.5	145.55	26.25	126.48	34.47
37.5	195.35	35.3	6.152	32.8	2.365	37.2	184.35	31.19	168.44	42.45
30.08	115.81	31	0	30.1	2.1	30.1	177.28	32.11	122.85	44.28
25.92	35.63	26	0	25.8	1.195	25.8	136.12	28.32	83.89	42.4
21.01	0	21	0	21.3	0.255	21.3	105.57	23.87	61.821	40.05

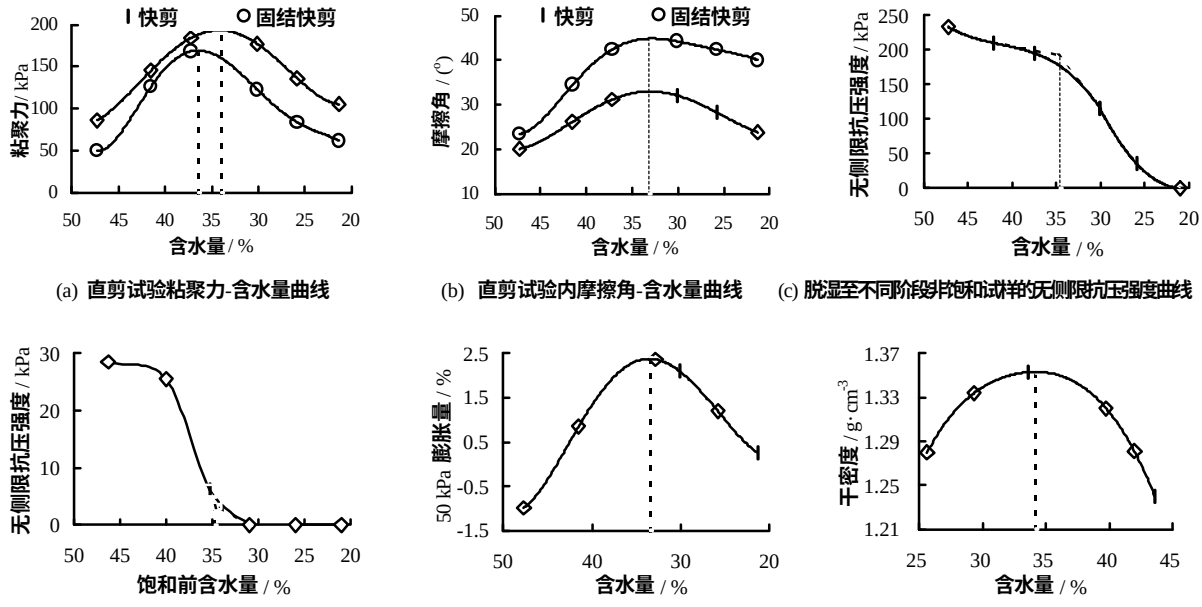
* 第一组为脱湿至不同阶段的非饱和试样的无侧限抗压强度试验；第二组为脱湿至不同阶段后再饱和试样的无侧限抗压强度试验。

表 5 广西原状红粘土力学试验转折点对应含水量

Table 5 Moisture contents corresponding to the turning points of the mechanical tests on intact laterite

力学试验指标	重型击实* 最优含水量	快剪 C / kPa	快剪 φ (°)	固结快剪 C / kPa	固结快剪 φ (°)	第一组无侧限抗压强度 / kPa	第二组无侧限抗压强度 / kPa	50 kPa 荷载下的膨胀量
转折点对应含水量 / %	34.2	34.0	33.2	36.5	33.2	35.2	34.8	33.5

* 重型击实试验采取干法备样。



(a) 直剪试验粘聚力-含水量曲线 (b) 直剪试验内摩擦角-含水量曲线 (c) 脱湿至不同阶段非饱和试样的无侧限抗压强度曲线

(d) 脱湿至不同阶段后再饱和试样的无侧限抗压强度曲线 (e) 不同脱湿阶段 50 kPa 荷载下的膨胀量试验曲线 (f) 重型击实试验曲线

图 1 广西原状红粘土不同脱湿阶段力学试验曲线及重型击实曲线

Fig. 1 Curves of mechanical property tests of intact Guangxi laterite at different stages of dehydration and curve of heavy-duty compaction test

万方数据

4　原状红粘土脱湿过程的孔隙分布

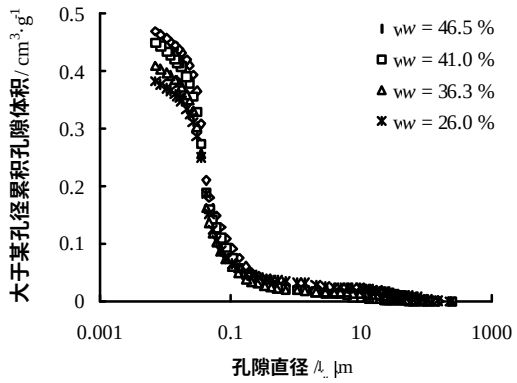
Diamond 曾在 1970 年通过风干法备样，利用压汞测孔仪(Mercury intrusion porosimetry)研究高岭土与伊利土击实后的微观结构；1974 年，Ahmed 等学者利用冷冻真空升华干燥法(冷干法)备样研究 Diamond 曾研究过的击实伊利土，结果表明：风干法备样所引起的体缩破坏了土体的微观状态。之后，学者们对冷干备样法又进行了不断的改进[12]。

本研究利用了冷干法备样进行压汞试验，用以研究原状红粘土在不同脱湿阶段的孔径分布特征。原状红粘土在室温条件下脱湿(平均温度与相对湿度分别为 20℃和 65 %)，当含水量分别降至约 46.5 %，41.0 %，36.3 % 和 26.0 % 时，取样进行冷冻干燥及压汞试验。在冷干法备样过程中，首先，将 1.0 cm^3 左右的红粘土土块在液氮(沸点-196)中迅速冷冻，然后，在冷干机中通过抽真空，使土中非结晶态冰在-50 状态下升华，抽去蒸汽，从而，避免了风干过程中土-水毛细管弯月面所引起的体缩，同时，由于大量微小晶体的形成，快速冷冻也避免了自然条件下水在向冰转化中所产生的 9 %的体积增加。

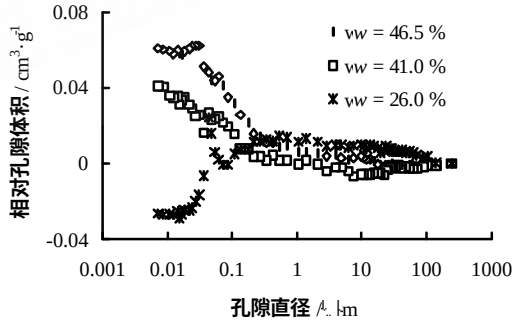
图 2(a)为原状红粘土的孔径分布曲线，其纵坐标表示孔隙大于某孔径的累积孔隙体积；为了更清晰地看到脱湿过程中孔隙体积的变化，以脱湿至含水量为 26.3 %的土样孔隙体积与其余土样的差值作为纵坐标，得到图 2(b)。可见，原状红粘土主要以小孔隙(0.01 μm~0.05 μm)为主，其体积约占总孔隙体积的 60 %；在脱湿过程中，原状红粘土的总孔隙体积、孔隙比以及饱和度明显减小，而且，干密度不断提高，且以孔径在 0.01 μm~0.05 μm 与 0.1 μm~1.0 μm 两个区间内的孔隙体积减小最为明显。

5　讨　论

土体吸力与含水量的相关性是土的基本特性，是标志“土水特征曲线”的重要依据。对于特定土体来说，吸力与含水量的相互关系是唯一的。土体的总吸力 ψ 由两部分组成：基质吸力($u_a - u_w$)与渗透吸力(π)，即 $y = (u_a - u_w) + \pi$，其中，在有关非饱和土的工程问题中，环境改变主要影响的是基质吸力，而渗透吸力的变化通常小的多。因而，作为非饱和土的应力状态变量，基质吸力是影响非饱和土特性的重要因素[13]。在原状红粘土脱湿过程中，随着含水量的降低，土团粒产生收缩，土体的总孔隙体积减小(见表 6)，基质吸力的增大会使得土体更加



(a)



(b)

图 2　不同脱湿阶段广西原状红粘土的孔径分布曲线
Fig. 2　Pore size distribution curves of intact Guangxi laterite at different stages of dehydration

致密，土体强度呈增强趋势。这正是原状红粘土的直剪强度与在 50 kPa 荷载下的膨胀量在高含水量范围内增大，以及高含水量范围内与低含水量范围内无侧限抗压强度变化幅度不同的主要原因(图 1)。然而，原状红粘土的天然网状裂隙发育，在脱湿过程中，不均匀分布的应力会促成土体原有裂隙进一步发育，当含水量降低到一定程度时，裂隙性对土体的力学指标的影响将超过基质吸力的影响，引起土体强度的明显降低。在本次研究的力学试验过程中，尤其是在无侧限抗压强度试验中，当土体含水量降至较低的程度时，原状红粘土沿原有裂隙面裂成碎块，以至于强度为零。因而，在低含水量范围内，原状红粘土的直剪强度与在 50 kPa 荷载下的膨胀量随含水量降低而减小，无侧限抗压强度以更快的幅度降低(图 1)。在实际工程中，由于削坡、建造地基等原因，原状红粘土失去上覆土层，新暴露的表层土迅速失水，土颗粒间水膜变薄而产生收缩，天然裂隙为内部水份的逸出提供通道，土

万方数据

体裂隙进一步扩展，由此，而引起的工程灾害在红 粘土地区时有发生。

表 6 广西原状红粘土不同脱湿阶段的孔径分布

Table 6 Pore size distributions of intact Guangxi laterite at different stages of dehydration

含水量	饱和度	干密度	孔隙比	总孔隙体积	不同孔径范围孔隙体积 / $cm^3 \cdot g^{-1}$				
W / %	S_r / %	ρ_d / $kg \cdot m^{-3}$	e	/ $cm^3 \cdot g^{-1}$	>1.0 μm	1.0~0.1 μm	0.1~0.05 μm	0.05~0.01 μm	<0.01 μm
46.5	96.88	1.187	1.325	469.7	26.9	71.8	76.3	284.5	10.2
41.0	96.83	1.273	1.169	449.8	20.1	62.2	72.1	283.2	12.3
36.3	87.1	1.284	1.15	409.0	20.1	45.2	65.2	269.4	9.1
26.0	69.77	1.361	1.029	382.5	31.9	36.4	75.2	229.5	9.5

根据原状红粘土力学试验与孔径分布试验的结果，初步认为：在脱湿过程中，原状红粘土的力学指标随含水量的变化是基质吸力与土体裂隙双重因素共同作用的结果；在高含水量范围内，红粘土力学指标主要受基质吸力控制；而在低含水量范围内则受控于土体的裂隙性，其转折点的位置在重型击实(干法备样)的最优含水量 34.2 %附近。

6 结 语

基于本文的试验研究，可以得出以下结论：

(1) 广西原状红粘土是裂隙发育的硬塑性粘土，含水量、液限、塑限和塑性指数等指标均明显高于一般性粘土；同时，具有较高的强度与较低的压缩性，收缩性强于膨胀性。

(2) 强度和胀缩特性指标在高含水量范围内主要由基质吸力所控制；在低含水量范围内主要受控于土体的裂隙性，其力学特性转折点处的含水量与重型击实(干法备样)的最优含水量 34.2 %相接近。

(3) 原状红粘土主要以小孔隙(0.01 μm~ 0.05 μm)为主，其体积约占总孔隙体积的 60 %；在脱湿过程中，土体干密度增大，总孔隙体积、孔隙比以及饱和度呈减小趋势，以孔径在 0.01 μm~ 0.05 μm 与 0.1 μm~1.0 μm 范围内的孔隙体积减小最为明显。

参 考 文 献

[1] 姜洪涛. 红粘土的成因及其对工程性质的影响[J]. 水文地质工程地质, 2000, 3: 33~37.

[2] 唐大雄. 第二界全国红土工程地质研讨会论文综述[A]. 第二届全国红土工程地质研讨会论文集[C]. 贵州: 贵州科技出版社. 1991.

[3] Madu R M. An investigation into the geotechnical and engineering properties of some laterites of eastern Nigeria[J]. **Engineering Geology**, 1977. 11: 101~125.

[4] 谭罗荣. 红土特性的微观基础[A]. 全国第三次工程地质大会论文集[C]. 成都: 成都科技大学出版社, 1988, 52~58.

[5] 谭罗荣, 孔令伟. 某类红粘土的基本特性与微观结构模型[J]. 岩土工程学报, 2001, 23(4): 458~462.

[6] Gao G R. The distribution and geotechnical properties of loess soils[A]. **lateritic soils and clayey soils in China[C]**. **Engineering Geology**, 1996, 42: 95~104.

[7] 孔令伟, 郭爱国, 吕海波, 赵颖文. 典型红粘土的基本特性与微观结构特性[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(增 1): 973~977.

[8] 徐榴胜. 红粘土在环境地质中的隐患[J]. 水文地质工程地质, 1995, 5: 40~43.

[9] 姜其岩, 余培厚, 郭沛等. 红粘土力学强度特性的形成及分析[J]. 贵州工学院学报, 1991, 20(2): 22~43.

[10] 王毓华. 中国红粘土特性、工程应用与研究展望[A]. 区域性土的岩土工程问题学术讨论会论文集[C]. 南京: 原子能出版社, 1996, 177~184.

[11] 周芳, 陈世益. 广西贵港红粘土风化壳的地球化学特性[J].中南矿冶学院学报, 1994, 25(2): 151~155.

[12] Delage P, Audiguier M, Cui Y J, Howat M D. Microstructure of a compacted silt [J]. **Canadian Geotechnical Journal**, 1996, 33: 150~158.

[13] Fredlund D G, Rahardjo H. Soil mechanics for unsaturated soils[M]. New York: John Wiley and sons. Inc. 1993.

万方数据

广西原状红粘土力学性状与水敏性特征

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 赵颖文， 孔令伟， 郭爱国， 拓勇飞
作者单位： 中国科学院武汉岩土力学研究所,岩土力学重点实验室,湖北,武汉,430071
刊名： 岩土力学 ISTIC PKU
英文刊名： ROCK AND SOIL MECHANICS
年，卷(期)： 2003，24(4)
引用次数： 5次

参考文献(13条)

1. 姜洪涛 红粘土的成因及其对工程性质的影响[期刊论文]-岩土力学 2000(3)

2. 唐大雄 第二界全国红土工程地质研讨会论文综述 1991

3. Madu R M An investigation into the geotechnical and engineering properties of some laterites of eastern Nigeria 1977

4. 谭罗荣 红土特性的微观基础 1988

5. 谭罗荣.孔令伟 某类红粘土的基本特性与微观结构模型[期刊论文]-岩土力学 2001(4)

6. Gao G R The distribution and geotechnical properties of loess soils 1996

7. 孔令伟.郭爱国.吕海波.赵颖文 典型红粘土的基本特性与微观结构特性 2001(20)

8. 徐榴胜 红粘土在环境地质中的隐患 1995(5)

9. 姜其岩 红粘土力学强度特征的形成及分析[期刊论文]-岩土力学 1991(2)

10. 王毓华 中国红粘土特性、工程应用与研究展望 1996

11. 周芳.陈世益 广西贵港红粘土风化壳的地球化学特性 1994(2)

12. Delage P.Audiguier M.Cui Y J.Howat M D Microstructure of a compacted silt 1996

13. Fredlund D G.Rahardjo H Soil mechanics for unsaturated soils 1993

相似文献(10条)

1. 期刊论文 黄质宏.朱立军.廖义玲.赵青 不同应力路径下红粘土的力学特性 -岩石力学与工程学报2004,23(15)

红粘土的力学特性与土体中应力变化过程、应力状态有关,常规的直剪试验、三轴试验并不能真实地反映天然土层的初始应力状态、应力-应变和强度规律.采用不同应力路径试验以模拟土体在实际受荷过程中的应力-应变过程,结合试验结果分析了红粘土的力学特性.研究结果说明,在工程实践中应根据实际的受力情况、应力状态来确定相应的应力路径,以正确、合理地测定红粘土的力学参数.

2. 会议论文 毛天鹏 遵义红粘土的裂隙性及其对力学特性的影响 1996

3. 期刊论文 欧孝夺.吴恒.周东.OU Xiao-duo.WU Heng.ZHOU-Dong 广西红粘土和膨胀土土热力学特性的比较研究 -岩土力学2005,26(7)

基于广西膨胀土和红粘土的成因类型、物质成分和结构特征,研究常温(-4℃～60℃)下膨胀土与红粘土的热力学特性,探讨了红粘土与膨胀土的抗剪强度指标与温度之间的相关关系.试验结果表明,两种土在10℃,40℃与室温(28℃)时,主应力差σ1-σ3峰值变化不大,而60℃时有明显增大;在相同条件下,红粘土的主应力差峰值变化更大;红粘土与膨胀土的抗剪强度指标(c,ψ)随热状况不同而发生变化,而且红粘土的粘聚力c和膨胀土的内摩擦角ψ在室温,环境有较小值.分析结果认为,两种土的热效应影响趋势相似,但红粘土的热力学特性较为敏感,这与红粘土的成因类型及胶结特征密切相关.研究结果为红粘土与膨胀土地区工程建设及减灾防灾提供参考.

4. 学位论文 郭培玺 红粘土地区水泥土强度的试验研究 2004

本文系统归纳了桂林红粘土的物理、力学性质和微结构特征，分析了水泥土的基本力学性能，以及水泥水化、硬化原理及其反应。通过试验得到了水泥红粘土的基本力学参数。在对试验结果进行回归分析后，给出了水泥土强度的影响因素及其与强度的关系，以及不同水泥掺量、龄期水泥土之间的强度推算公式。主要研究内容包括： 1、回顾了水泥系搅拌法的发展历史及研究现状，分析了水泥土搅拌法在红粘土地区的适用性和可行性。 2、研究了红粘土的物理力学特性，对其物质组成及微结构特征进行分析。 3、简述了水泥土加固、硬化原理，并且分析了水泥土添加剂的作用。 4、结合室内试验，进行了水泥红粘土材料力学性能的试验研究。水泥土的无侧限抗压强度随着龄期的增长规律，各龄期之间水泥土的无侧限抗压强度的数值关系。 5、水泥土的压缩参数，及其与龄期和掺入比的关系。 6、水泥土的剪切参数和抗拉强度，及其它们与龄期和掺入比之间的关系。 7、比较了掺入生石膏和减水剂前后，水泥土的无侧限抗压强度的增长规律。 8、利用双曲线对水泥土应力—应变曲线进行回归分析，得到回归方程。

5. 学位论文 余敦猛 武广客运专线原状红粘土强度和变形特性试验研究 2008

随着我国经济的飞速发展，我国中西部地区的工程建设速度明显加快，这些地区分布着大量红粘土。而至今对于红粘土的研究主要集中在其成因、分布、结构构造等方面，对于红粘土的强度和变形特性的研究较少。因此，研究红粘土的物理力学特性、强度特性以及变形特性，对今后红粘土地区的铁路公路建设、路基病害防治处理、边坡工程设计等具有重要意义。 本文依托国家自然科学基金项目：“客运专线无碴轨道红粘土地基变形特性与动力稳定性研究”和铁道部科技研究开发项目：“武广客运专线灰岩残积层红粘土路基变形特性及路基边坡稳定性试验研究”。通过室内试验、现场原位试验、数值分析等手段分别对红粘土的强度特性和变形特性进行了一系列的研究。取得了几点成果，归纳如下：

1.通过室内试验和理论分析，研究了武广客运专线沿线红粘土的物理力学特性、工程特性以及物理力学指标之间的相关性。 2.分析了红粘土的强度特性，以及影响红粘土强度的因素。研究武广红粘土强度指标的变化情况，充分认识了红粘土的峰值强度、残余强度随各种条件(裂隙、初始含水率、上覆压力)的变化特性，建立了粘聚力、内摩擦角与初始含水率的定量关系。并对不同试验方法下红粘土的强度参数进行了对比分析。 3.通过室内试验和大量的理论分析，研究了武广红粘土的应力-应变变形特性、固结变形特性以及胀缩变形特性。分析了红粘土轴向应变和体积应变的变形特性以及红粘土固结变形特性的原因。探讨了如何处理红粘土的胀缩性问题。 4.对红粘土路基在施工过程中的变形特性进行数值模拟分析，研究红粘土路基竖向沉降和侧向位移随路基填土高度的变化情况，找出变形规律，用于指导今后红粘土地段的路基施工。

6. 会议论文 李珍玉.王永和.杨果林 不同应力水平下结构性红粘土物理力学特性 2007

红粘土作为我国五大特殊土之一,其特殊的工程性质是工程界和学术界关心的问题。通过对不同深度的原状土样进行各种室内土工试验,研究红粘土沿深度方向的物理力学特征,结合载荷试验分析其结构性,并探讨了影响红粘土结构性的3个主要因素。通过对所取的试样,分别进行不同固结应力状态下,不同排水条件下三轴剪切试验,分析了试样屈服破坏的特点。试验模拟土体中应力变化过程和应力状态,对红粘土在不同应力水平下的力学特性进行研究,对红粘土本身的结构性、应力水平及其对土体强度和变形特性的影响进行了探讨。

7. 期刊论文 黄质宏.朱立军.蒲毅彬.周训华 三轴应力条件下红粘土力学特性动态变化的CT分析 -岩土力学2004,25(8)

红粘土工程性质特殊而复杂引起学术界与工程界的广泛关注.采用CT技术研究三轴应力条件下红粘土的力学特性,是土力学领域中一项新的研究方法,它可以从细观的角度分析红粘土在受到三向应力作用后,土体内部结构、孔隙的变化、裂隙扩展等规律,并获得CT图像、CT数与应力-应变的关系.

8. 期刊论文 肖智政.刘宝琛.XIAO Zhi-zheng.LIU Bao-chen 残积红粘土的力学特性试验研究 -地下空间与工程学报2005,1(z1)

通过对某建筑工地地基土的单轴固结压缩和固结不排水三轴剪切试验研究,得出了其地基土-残积红粘土的固结压缩特性,以及原状土和重塑土在不同围压下的破坏形式的变化,主应力差(σ1-σ3)和有效应力比(σ1'/σ3')与轴向应变ε之间的关系,原状土和重塑土的孔隙水压力和轴向应变ε的关系等一系列的力学特性.

9. 会议论文 肖智政.刘宝琛 残积红粘土的力学特性试验研究 2005

本文通过对某建筑工地地基土的单轴固结压缩和固结不排水三轴剪切试验研究,得出了其地基土-残积红粘土的固结压缩特性,以及原状土和重塑土在不同围压下的破坏形式的变化,主应力差(σ1-σ3)和有效应力比(σ1'/σ3')与轴向应变ε之间的关系,原状土和重塑土的孔隙水压力和轴向应变ε的关系等一系列的力学特性.

10.学位论文 李佩佩 强夯动力荷载作用下红粘土的工程特性研究 2008

红粘土是一类高液限粘土(高塑性指数、大孔隙比),其工程性质与工程中常遇到的粘性土有很大差别。目前,在红粘土分布地区修建机场、修筑公路等工程建设活动日益增多,其工程性质的研究引起工程界的广泛重视。因此,深入研究红粘土在动力荷载(如强夯荷载)作用下的物理力学特性具有重要意义。 本论文主要通过所拟定的多种方案的室内试验,对红粘土在静、动力荷载作用下的物理和力学特性及其相关问题进行研究。首先,分别对红粘土原状样和重塑样进行单轴固结压缩试验和三轴剪切试验。通过单轴固结压缩试验,研究静力荷载作用下红粘土的固结变形特性,通过三轴剪切试验,研究红粘土的抗剪强度特性。 然后进行红粘土击实试验,研究红粘土的击实特性影响因素。论文研究了击实功(击实锤的重量、击实次数)、土的含水率、密实度、土样的抗剪强度之间的关系。试验通过改变土样的含水率,得到土样的加固效果(即压实度的变化)、最佳含水量值及最大干密度值。 最后通过动力三轴试验仪研究冲击荷载作用下红粘土的力学和变形特性。试验方案选择包括侧限压力(围压)大小、冲击次数、冲击能量对红粘土变形和强度的影响。重点分析冲击荷载作用下红粘土强度的变化(弱化或改善)。

引证文献(5条)

1.陈建斌.郝红玉.卢方伟 非饱和膨胀土强度特性试验研究[期刊论文]-土工基础 2008(6)

2.丁万涛.雷胜友 含水率对加筋膨胀土强度的影响[期刊论文]-岩土力学 2007(02)

3.崔德山.项伟.董建军.陈琼 离子土壤固化剂加固红粘土的试验研究[期刊论文]-长江科学院院报 2007(03)

4.胡世敬 岩溶残余粘土土粒与水作用及其效应的研究[学位论文] 2005

5.赵颖文.孔令伟.郭爱国.拓勇飞 广西红粘土击实样强度特性与胀缩性能[期刊论文]-岩土力学 2004(03)

本文链接:http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_ytlx200304017.aspx

下载时间:2009年9月10日