广西红粘土结构性研究

王占华
（广西电力工业勘察设计研究院，广西 南宁 530022）

摘 要：本文结合广西红粘土的成因及其结构特征，对广西三个变电站工程红粘土原状土与扰动重塑后土的抗剪强度指标的分析，广西红粘土经过扰动重塑后，红粘土的粘聚力c变化显著，重塑后红粘土的粘聚力显著减小、内摩擦角（φ）值变化较小。重塑后c'值只能恢复到原状土c值的60%左右，而重塑后φ'值能恢复到原状土φ值的85%～95%。

关键词：红粘土；抗剪强度；结构性
中图分类号：S151'.2 文献标识码：A 文章编号：1006-7973（2008）06-0193-02

红粘土，包括了碳酸盐岩类出露区的红粘土、花岗岩出露区红土、红层出露区红土，它是一种富含铁、铝氧化物、粘粒含量较高、几乎不含盐基成分的一种特殊粘土，一般处于酸性环境，颗粒之间主要靠胶结联结、结合水联结为主，结构性强。红粘土在我国西南地区分布广泛，具有较高的力学强度和较低的压缩性，实际工程中，常常把地基基础置于红粘土上，场地存在填方区和挖方区，开挖扰动后的红粘土经击实重塑后作为次要建筑地基的持力层。扰动重塑后红粘土各项力学指标将发生较大变化[1-4]。本文结合广西红粘土地区三个变电所工程土工试验结果，分析红粘土扰动前后的抗剪强度指标变化特征，为以后广西红粘土地区的工程勘察设计提供基础理论。

一、红粘土的成因及特殊力学性质

1. 红粘土的成因

黄英等人认为红粘土的形成可以分为风化作用、团粒化作用以及成土三个步骤。风化作用使得大量的盐基、部分的硅胶、少量的铁铝倍半氧化物产生淋失，从而形成以高岭石矿物为主，含大量铁铝质、硅质的酸性水胶体。风化的同时胶体的重组和凝聚也在进行。正负胶体通过静电作用形成集合体，这些集合体构成了红土的基本团粒单元-结构单元体，单元体在通过结合水连接成更大的集合体。由此便可逐级形成更大的集合体，从而形成高分散呈整体胶结状态的块状红土。由红土微团粒化作用形成的微细团粒，在固结压力作用下，将产生压密固结，而形成具有不同密实程度和胶结情况的红土。高价铁的存在，使土体呈红色[5, 6]。

碳酸盐所成的红粘土粒度细而较均匀，粘粒含量占50%～80%，其中<2mm的胶粒占40%～70%，"团聚性"明显。粘土矿物以高岭石和伊利石为主，少量绿泥石，有时含少量蒙脱石和混层矿物。碎屑矿物主要为石英和针铁矿，少量三水铝石和岩屑。游离氧化物较多，硅铝比小，盐基成分含量少。由于胶粒和伊利石含量较多，故红粘土的亲水性较强，液限和塑性指数都较大，孔隙比普遍很大，内聚力较大，内摩擦角较小。同时红粘土无荷载膨胀率均小于2%，膨胀势很低，体收缩率为5%～28%，收缩性明显[7, 8]。

2. 红粘土的特殊力学性质

红粘土的成因使得红粘土有特殊的力学性质，主要表现在：红粘土的液限指数大于50%，表明其可富含大量的结合水；天然状态的红粘土饱和度很大，一般可达到80%，甚至达到85%以上，表明红粘土赋水能力强；红粘土的孔隙比很大，一般都大于1；红粘土的压缩系数很小，属低压缩性的土体；红粘土具有较高的强度，土体颗粒之间具有较强的凝聚力；红粘土无荷载膨胀率均小于2%，体收缩率为5～28%，表明红粘土收缩性明显，其膨胀性可忽略；红粘土富含铁，其天然重度要比一般的粘性土大。

二、实例分析

1. 工程概括

A变电站位于靖西县大道乡，站址东距靖西县城约18km。钻孔揭露，场地地层主要为第四系坡洪积层（Q^{dl+pl}）粘土和坡残积层（Q^{dl+el}）粘土，及泥盆系上统（D_3）灰岩地层。坡洪积层主要为灰褐色粘土，粘性好；坡残积层为黄褐色、红褐色粘土，粘性好，结构紧密。根据室内试验结果可知，坡残积层粘土液限均大于50%，属典型的红粘土。

B变电站位于合山市河里乡，站址北距红水河120m左右。钻孔揭露，钻探揭露，场地内覆盖层为第四系残积层（Q^{el}），下伏基岩为三叠系下统北泗组（T_1^b）中厚层状灰岩。残积层为黄褐色、红褐色粘土，粘性好，结构紧密。根据室内试验结果可知，残积层粘土液限均大于50%，属典型的红粘土。

C变电站位于玉林市福绵区与玉州区交界处，钻孔揭露，站址区场地土层主要有第四系坡残积层（Q^{dl+el}），下伏基岩为泥盆系中统东岗岭阶（D_2^d）灰岩、硅质灰岩夹泥质粉砂岩。坡残积层为黄褐色、红褐色粘土，粘性好，结构紧密。根据室内试验结果可知，坡残积层粘土液限大部分大于50%，可判定为的红粘土。

收稿日期：2008-04-28
作者简介：王占华（1982-），男，广西电力工业勘察设计研究院助工，硕士，主要从事地质工程工作。

万方数据

2. 土工试验分析

土样抗剪强度指标均采用快速直剪试验，扰动土样经过重型击实试验在最大干密度及最优含水量状况下重塑，再进行快速直剪试验。在对三个工程的抗剪强度指标c、φ进行分析时，A变电站工程剔除了3组异常数据，B变电站工程剔除了3组异常数据，C变电站工程剔除了1组异常数据。比较土样扰动前后抗剪强度指标，如图1、2、3所示。

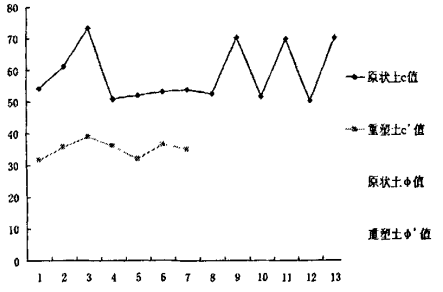

图1 A变电站扰动前后土样抗剪强度指标比较曲线

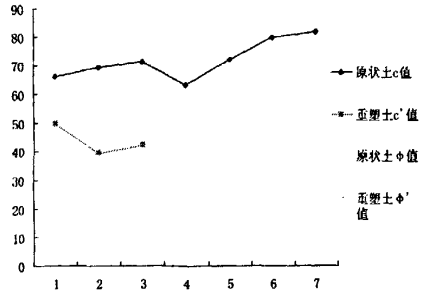

图2 B变电站扰动前后土样抗剪强度指标比较曲线

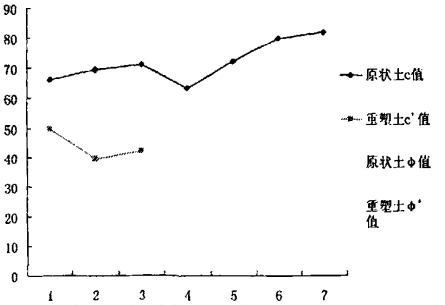

图3 C变电站扰动前后土样抗剪强度指标比较曲线

分析土样扰动前后抗剪强度指标比较曲线图和抗剪强度指标平均值比较表，可以得出：红粘土经过扰动重塑后，红粘土的粘聚力（c）变化显著，重塑后红粘土的粘聚力显著减小、内摩擦角（φ）值变化较小。也就是说，红粘土经过扰动重塑后，其c值远较φ值恢复难，只能恢复到原状土c值的60%左右，而重塑后φ'值恢复较容易，能恢复到原状土φ值的85%～95%。这是由红粘土的结构特征所决定的。

土的内摩擦角为土粒表面之间的摩擦力。红粘土重塑土的内摩擦角是土样经过重型击实试验在最大干密度及最优含水量状况下重塑后测得的，此时重塑后土样比重及孔隙比与原状土样已接近，土粒表面之间的接触也与原状土土粒之间的接触接近，即重塑后φ'值与原状土φ值接近，只是重塑后φ'值略小于原状土φ值，达到原状土φ值85%～95%。

表1 扰动前后土的抗剪强度指标平均值比较表

	土的抗剪强度指标					
	原状土c值	平重塑土c'值	原状土φ值	重塑土φ'值	c'/c	φ'/φ
	均值	平均值	平均值	值平均值		
A变电站	58.83	35.17	18.89	16.00	0.60	0.85
B变电站	71.86	43.73	19.91	18.8	0.61	0.94
C变电站	64.70	37.78	21.57	19.27	0.58	0.89

三、结论

结合广西红粘土的成因及其结构特征，对广西三个变电站工程红粘土原状土与扰动重塑后土的抗剪强度指标的分析，可以得出如下几条结论。

（1）广西红粘土经过扰动重塑后，红粘土的粘聚力（c）变化显著，重塑后红粘土的粘聚力显著减小、内摩擦角（φ）值变化较小。重塑后c'值只能恢复到原状土c值的60%左右，而重塑后φ'值能恢复到原状土φ值的85%～95%。

（2）红粘土团粒间通过游离氧化铁的胶结连结，游离氧化物的胶结使得土体具有较好的力学性质和结构强度。红粘土扰动后破坏了团粒间游离氧化物的胶结，使得红粘土扰动重塑后此胶结无法完全恢复，需通过土固结来慢慢恢复，这就是红粘土扰动后其粘聚力显著减小的原因。

（3）红粘土扰动后在最大干密度及最优含水量状况下重塑下，土样比重及孔隙比与原状土样已接近，土粒表面之间的接触也与原状土土粒之间的接触接近，即重塑后φ'值与原状土φ值接近。

（4）红粘土是一种结构性很强的特殊粘土。

参考文献

[1] 黄英等.红土化作用及红土的工程地质特性研究.岩土工程学报，1998（20）3：40-44.

[2] 张庆云.贵阳地区红粘土的成因机理及其特性.第二届全国红土工程地质研讨会论文集，贵州科技出版社，1992：29-36.

[3] 高国瑞.细粒土结构专门术语、概念和分类命名的初步方案.水文地质工程地质，986年第1期：8-16.

[4] 高国瑞.中国红土的微结构和工程性质.岩土工程学报，1985，7（5）：10-21.

[5] 廖义玲，余培厚.红粘土的微观结构及其概化模型.工程地质学报，1994，2（1）：27-37.

[6] 罗鸿喜，周芳琴，张文敏.红土的某些微观特性.第二届全国红土工程地质研讨会论文集，贵州科技出版社，1992：60-66.

[7] 汤连生.水-土化学作用的力学效应及机理分析.中山大学（自然科学版）2000，39（7）：104-109.

[8] 颜波.红粘土的工程力学性质研究.中山大学硕士学位论文.2006年.

万方数据

广西红粘土结构性研究

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 王占华
作者单位： 广西电力工业勘察设计研究院,广西,南宁530022
刊名： 中国水运（下半月）
英文刊名： CHINA WATER TRANSPORT
年，卷(期)： 2008，8(6)
引用次数： 0次

参考文献(8条)

1. 黄英 红土化作用及红土的工程地质特性研究[期刊论文]-中国水运（下半月） 1998(3)

2. 张庆云 贵阳地区红粘土的成因机理及其特性 1992

3. 高国瑞 细粒土结构专门术语、概念和分类命名的初步方案 1986(1)

4. 高国瑞 中国红土的微结构和工程性质[期刊论文]-中国水运（下半月） 1985(5)

5. 廖义玲. 余培厚 红粘土的微观结构及其概化模型[期刊论文]-中国水运（下半月） 1994(1)

6. 罗鸿喜. 周芳琴. 张文敏 红土的某些微观特性 1992

7. 汤连生 水-土化学作用的力学效应及机理分析[期刊论文]-中国水运（下半月） 2000(4)

8. 颜波 红粘土的工程力学性质研究 2006

相似文献(9条)

1. 学位论文 周清 红粘土工程特性及降雨入渗后的边坡稳定性研究 2008

红粘土是一种广泛分布在我国南方山区、重丘地区的特殊土。随着交通、能源等建设的发展，这种特殊土已被越来越多的工程所遇到，并成为控制工程质量的关键问题之一。“广梧”高速公路是连接广东省和广西省的重要枢纽，沿线富存着因开挖形成的红粘土边坡，其稳定性毫无疑问成为该工程建设中质量控制的关键。为了从设计到施工，以及工后能更好的控制这些边坡的稳定性，系统研究红粘土的基本工程特性，分析影响红粘土边坡稳定的关键因素，显然，具有工程应用价值和理论意义。 本文从红粘土的微观、宏观结构分析着手，根据红粘土具有鲜明地域特征的特点，开展了一系列常规室内试验和水敏性试验；以室内试验研究为基础，借助有限元数值计算方法，模拟分析了各种降雨条件下红粘土边坡孔隙水压力场分布的变化规律，并采用非饱和土极限平衡条分法对红粘土边坡稳定性进行多因素研究，主要工作如下： (1)根据红粘土矿物成分的特点，利用其独特胶态游离氧化铁赋存结构对红粘土特殊工程性质进行了解释。并且得到，游离氧化铁的含量越高，越有利于红粘土抗剪强度的增加；随着温度的增加，抗剪强度有增加的趋势，但是随着PH值的升高，抗剪强度降低。 (2)根据室内常规试验和针对性试验分析了红粘土的工程特性，并开展了含水率变化对红粘土抗剪强度影响的水敏性研究。结果表明，抗剪强度随含水率的增加而降低；含水率20%是强度变化梯度的一个分界点；粘聚力随含水率的变化呈一阶指数衰减，而内摩擦角则是含水率的分段函数，10%～20%为常数函数，200%～27%为一阶指数减函数。 (3)提出了“临界含水率抗剪强度曲面”的概念，该曲面可以在已知上覆压力和干湿状态的情况下，通过一整套的识别流程判定土体是否达到抗剪强度，其在水敏感性的判断中起到了一个“标尺”的作用，有利于工程应用。 (4)利用有限元数值计算方法，模拟了红粘土边坡在不同地下水位、不同初始坡顶孔压和各种降雨类型中的孔隙水压力场分布，并且分析了各种参数条件下边坡有、无张拉裂缝的稳定性状况。结果表明，小强度长时间降雨对边坡稳定性的影响要大于间歇性暴雨和短时连续大暴雨；张拉裂缝在4m以内对边坡稳定性没有太大的影响，但是裂缝超过4m边坡稳定性造成一定的威胁。

2. 期刊论文 杨庆. 贺洁. 栾茂田 非饱和红粘土和膨胀土抗剪强度的比较研究 -岩土力学2003,24(1)

红粘土是对环境湿热变化敏感的塑性粘土,具有一般膨胀土吸水膨胀失水收缩的特性.与普通粘性土相比,红粘土与膨胀土的强度特性更为复杂.它既是土体抵抗剪切破坏能力的表征,也是计算路堑、渠道、路堤、土坝等斜坡稳定性以及支挡构筑物土压力的重要参数.通过试验研究讨论了红粘土与膨胀土的强度特性以及与一般粘性土的差别及其各种影响因素,并探讨了非饱和红粘土与膨胀土的抗剪强度指标与含水量之间的相关关系.试验结果表明,红粘土与一般膨胀土的吸水膨胀规律完全相同.其试验结果可为红粘土与膨胀土地区工程设计与建设提供参考依据.

3. 期刊论文 毕庆涛. 姜国萍. 丁树云. BI Qing-tao. JIANG Guo-ping. DING Shu-yun 含水量对红粘土抗剪强度的影响 -地球与环境2005,33(z1)

红粘土是一种区域性特殊土,含水量对其抗剪强度的影响与一般粘性土的规律不尽相同.通过室内直剪试验研究发现,含水量与红粘土粘聚力存在阶梯状相关关系,并且根据最小二乘法原理可以将其拟合为多项式函数表达式.另外,随着含水量的增加,红粘土的内摩擦角变化不显著,呈微幅度波动状态.

4. 会议论文 毕庆涛. 姜国萍. 丁树云 含水量对红粘土抗剪强度的影响

红粘土是一种区域性特殊土,含水量对其抗剪强度的影响与一般粘性土的规律不尽相同.通过室内直剪试验研究发现,含水量与红粘土粘聚力存在阶梯状相关关系,并且根据最小二乘法原理可以将其拟合为多项式函数表达式.另外,随着含水量的增加,红粘土的内摩擦角变化不显著,呈微幅度波动状态.

5. 学位论文 曾志姣 非饱和红粘土抗剪强度特性研究及其应用 2008

非饱和土是当今国内外土力学研究的热点和难点，而抗剪强度是非饱和土研究的重要内容。本文对前人在非饱和土抗剪强度理论以及强度试验方面的研究成果进行了系统的文献阅读和综述，通过试验研究了非饱和红粘土的抗剪强度特性并将其应用于非饱和土坡稳定性的求解。 本文的研究内容主要有以下几点： 1.综述了研究非饱和土问题的必要性，非饱和土的基本特性和基质吸力的概念，以及非饱和土问题研究的历史和现状。2.抗剪强度是非饱和土重要的研究领域之一，本文对非饱和土抗剪强度理论及强度试验研究历史与现状作了分析总结。 3.以湖北咸宁地区的非饱和红粘土为研究对象，利用GDS全自动三轴及非饱和试验系统，在控制吸力方式下进行非饱和土的固结排水剪切试验，研究了其抗剪强度与基质吸力之间的关系，建立了针对此非饱和红粘土的抗剪强度公式。 4.粘性土土坡受降雨影响非常显著，很多土坡常在雨季发生滑坡，最重要的原因就是含水量的增加降低了土的吸力从而降低了土的抗剪强度。本文以一简单边坡为例，计算分析了在降雨情况下考虑非饱和非稳定渗流所引起的吸力变化以及基质吸力对强度影响时其稳定系数随时间的变化情况。

6. 期刊论文 钱维标. 丁胜发. 谢云根. 金其. 金楠良. Qian Weibiao. Ding Shengfa. Xie Yungen. Jin Qi. Jin Nanliang

水泥红粘土抗剪强度室内试验与分析 -绍兴文理学院学报2006,26(8)

通过室内试验,采用特殊土即某类红粘土,研究了不同水泥掺入比对水泥红粘土抗剪强度的影响,并进行了比较分析.

7.期刊论文 唐益群.佘恬钰.张晓晖.杨坪.王建秀.TANG Yiqun.SHE Tianyu.ZHANG Xiaohui.YANG Ping.WANG Jianxiu 贵州石漠化地区降雨条件下红粘土剪切强度特性随含水量变化关系探讨 -工程地质学报2009,17(2)

西南喀斯特地区的石漠化已经严重影响了人民正常的生产生活.水土流失是石漠化过程中一个关键环节.喀斯特地区地表广泛覆盖的红粘土在降雨条件下随着含水量的增加和人工垦殖的影响,剪切强度会产生变化,更易发生水土流失.本文以贵州普定石漠化研究区(陈旗村)的红粘土为例,以原状土模拟未经扰动的土样,以重塑土来模拟经过开垦被扰动后的土样,设计了原状土和重塑土在不同含水量下的直剪试验,初步地研究了这一变化规律.结果表明:在含水量大于35%时,石漠化地区红粘土粘聚力和内摩擦角均随着含水量的增加显著降低;在同一含水量水平下,原状土的抗剪强度明显优于重塑土,且随着含水量的增加,重塑土的强度衰减较之原状土快许多,表明了经过人工垦殖后的红粘土在降雨条件下更易发生水土流失.

8.会议论文 毛天鹏 遵义红粘土抗剪强度指标及其应用 1998

该文讨论了遵义红粘土的抗剪强度指标的取值及其影响。在工程实践中用直接分离法减小抗剪强度指标的离散，尽可能地将真实的土性指标反应出来。

9.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)。

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgsy-xby200806098.aspx

下载时间：2009年9月10日