文章编号：1006-544X（2007）03-0348-07

桂林红粘土的土工试验指标关系分析

陈瑶平

（桂林工学院 土木工程系，广西 桂林 541004）

摘 要：对桂林市51个工程项目的645个红粘土试样的土工试验指标值进行了统计分析，总结了桂林红粘土的物理、力学性质指标随深度变化的规律，得出了红粘土相关物理性质指标间、力学性质指标间、物理与力学性质指标间的变化关系式及相关线性方程．据此对由不可避免因素引起的土工试验指标异常，可进行定性的判断或定量的校正．通过在工程实践中检验，经校正得出的值能很好地反映土的原本性质和各指标间的内在联系．

关键词：红粘土；土工试验；指标；关系；桂林

中图分类号：TU411；TU446 **文献标志码**：A

红粘土的物理、力学性质有别于一般粘性土，其工程性质有着显著的特点．因此在找出这些特点形成原因的基础上，通过土工试验数据分析红粘土的物理性质、力学性质及相互之间的关系，对于正确确定土层状态、划分土层、设计地基及基础有着重要意义．桂林市是岩溶极为发育的地区，在岩溶谷地、洼地常发育着红粘土，其性质和全国其他地区红粘土也存在着差别，下面就桂林红粘土的物理、力学性质指标进行分析．

1 桂林红粘土的总体分布特点

桂林红粘土主要分布于孤峰平原、峰林平原之上和峰林、峰丛谷地、洼地之中，约占整个第四系分布面积的75%，为桂林市主要建筑活动区[1]．

桂林红粘土在垂向上有着明显的分带性：自上而下随着深度的增加，状态由坚硬→硬塑→可塑→软塑→流塑；分带完整性受基岩埋深影响，在基岩埋深浅的地方，一些状态有缺失，特别是软→流塑状态的，一般分布在溶沟或溶槽中；力学性质上层较好，随着深度增加而逐渐变差．

在水平方向上，红粘土的埋深及厚度随基岩面的埋深及起伏形态不同而变化较大，一般从1 m至十几米不等．

收稿日期：2007-03-08
基金项目：广西自然科学基金资助项目（桂科自0728220）
作者简介：陈瑶平（1967-），女，实验师，工程地质专业．

2 红粘土的物理力学性质指标分析

2.1 统计分析方法

统计对象：桂林市51个工程项目中的645个红粘土的土工试验成果．统计分析方法：在Excel表格里，分别以序号、场地、状态、深度及各物理、力学性质指标名称为字段，将645个土样的土工试验成果数据对应输入．以“状态”为分类字段，对各状态下的数据进行最大值、最小值和平均值统计（表1）．利用“插入图表”选项，作出相关指标间的散点图，判断指标间的相关性及变化趋势；对线性关系好的两个指标，利用“插入函数”选项，分别求出两组指标值之间的相关系数、斜率和截距，得出线性回归方程．

2.2 各指标的普遍特点

从表1数据可看出桂林红粘土的各项物理、力学性质指标有以下特点．

（1）物理性质指标特点．含水量、液限、塑限、饱和度较大，比重、孔隙比、塑性指数较大．通常，液限大于50%，塑性指数大于20，平均比重2.78，孔隙比大于1.000，饱和度大于90%，属于饱和土．

万方数据

表1　桂林红粘土的物理、力学性质指标统计值

Table 1　Statistical index of physical and mechanical characteristics of Guilin red clay

指标	坚硬			硬塑			可塑			软塑			流塑		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
深度/m	8.10	0.90	2.72	9.00	1.10	3.30	10.00	1.60	6.02	10.30	6.00	8.28	12.75	6.15	10.20
含水量/%	45	15	33	47	21	36	60	31	42	67	36	52	55	39	51
密度/(g·cm^{-3})	2.03	1.6	1.85	1.99	1.63	1.85	1.96	1.58	1.82	1.91	1.64	1.76	1.92	1.66	1.84
比重	2.89	2.64	2.77	2.85	2.68	2.78	2.86	2.68	2.77	2.86	2.70	2.79	2.77	2.62	2.73
饱和度/%	99	80	92	100	66	95	100	91	99	100	97	100	100	93	100
孔隙比	1.393	0.701	1.007	1.644	0.624	1.039	1.866	0.718	1.168	1.872	0.985	1.390	1.367	1.132	1.243
液限/%	82	39	63	77	31	59	72	39	55	68	40	55	54	38	49
塑限/%	60	23	37	42	18	33	39	22	31	36	22	31	32	23	29
塑性指数	42	16	27	36	13	26	42	14	23	32	17	24	24	15	20
液性指数	0.00	−0.68	−0.15	0.27	0.00	0.11	0.73	0.16	0.45	0.97	0.73	0.83	1.14	1.00	1.08
压缩系数/MPa^{-1}	0.76	0.09	0.21	0.93	0.10	0.24	0.94	0.16	0.46	1.27	0.36	0.76	0.87	0.67	0.81
压缩模量/MPa	21.6	3.2	10.6	22.4	2.8	9.7	12.8	2.7	5.2	5.6	1.9	3.3	3.3	2.6	2.8
粘聚力/kPa	122	14	65	116	4	57	53	1	24	39	2	10	3	1	2
内摩擦角/(°)	32.4	4.0	18.8	26.4	3.0	14.8	23.8	1.5	10.8	16.6	2.3	5.9	5.2	2.0	2.7
含水比	0.77	0.38	0.52	0.72	0.49	0.61	0.89	0.63	0.77	0.99	0.89	0.93	1.06	1.00	1.03
自由膨胀率/%	52	21	35.5	43	15	30.8	41	13	25.4	36	10	22.9			
收缩系数	0.38	0.24	0.33	0.61	0.28	0.45	0.49	0.40	0.46						

注：土工试验成果为勘察报告书中结合野外观察按状态进行了地层划分的最终土试报告成果

（2）力学性质指标特点. 上层坚硬—硬塑红粘土，压缩系数一般较小，平均为0.21～0.24 MPa^{-1}；粘聚力和内摩擦角较大，平均值分别为65～57 kPa和18.8°～14.8°，强度高，为良好的地基持力层. 下层软—流塑红粘土，压缩系数一般较大，粘聚力和内摩擦角小，强度低，为不良地层.

（3）具有弱—中等胀缩性. 自由膨胀率δ_{ef}通常在10%～50%，表层土的平均δ_{ef}值为35.5%，大于深层土的平均δ_{ef}值22.9%. 可见，桂林红粘土的膨胀性不明显，且膨胀性上部土大于下部土. 土的收缩系数λ_n在0.2～0.6，深层土的平均λ_n值为0.46，大于表层土的平均λ_n值0.33，由此可见，桂林红粘土的收缩性也较弱，且深部土的收缩性大于表层土的收缩性.

2.3　各指标的垂向特点

分析统计结果，得出桂林红粘土的物理、力学性质及其工程性质在垂向上的变化特点，具体描述如下.

（1）坚硬状态. 埋深一般在0.9～8.1 m，平均埋深2.7 m. 含水量相对较低，平均33%；液性指数低，平均−0.15；含水比小，平均0.52；压缩模量大，均值10.6 MPa；粘聚力大，平均65 kPa；平均标贯值为10击；承载力平均184 kPa. 力学性质较好，适宜作为建筑物持力层.

（2）硬塑状态. 埋深一般为1.1～9.0 m，平均埋深3.3 m. 压缩模量较大，平均9.7 MPa；粘聚力较大，平均57 kPa；平均标贯值8.5击；承载力平均178 kPa. 这层土的力学性能也较好，适合作为建筑物的持力层.

（3）可塑状态. 埋深1.6～10.0 m，平均埋深6.0 m. 含水量较高，平均为42%；压缩模量较小，平均为5.2 MPa；粘聚力较小，均值为24 kPa；平均标贯值4.2击；承载力平均132 kPa.

（4）软塑状态. 埋深6.0～10.3 m，平均埋深8.3 m. 含水量较高，平均为52%；孔隙比较大，平均值为1.390；压缩模量平均仅为3.3 MPa；粘聚力和内摩擦角均较小，分别为10 kPa和5.9°；平均标贯值为2.22击；承载力仅为84 kPa. 这层土的力学性能较差，通常成为地基的软弱下卧层.

（5）流塑状态. 埋深6.15～12.75 m，平均埋深10.2 m. 含水量平均51%；塑性指数平均值最小，为20；压缩模量2.8 MPa；粘聚力与内摩擦角均很小，分别为2 kPa和2.7°；标贯值平均0.76击；承载力为57 kPa.

2.4　各指标特征的形成原因[1]

桂林红粘土的物理、力学性质主要取决于其形成的地质环境、物质组成和结构. 它一般分布

万方数据

在碳酸盐岩面之上，是碳酸盐岩经过风化、堆积、土体湿热化等作用使碳酸盐组分被淋溶迁移、土中硅酸盐矿物水解而形成.

土的矿物成分以颗粒细小、比表面积大的片状、鳞片状、板条状高岭石、伊利石等次生矿物为主. 小于0.005 mm的粘粒含量平均达到52.6%，其中小于0.002 mm的胶粒约占40%，使土具有高分散性. 这些粘土矿物颗粒细小，土粒集合体内部微界面十分发育，表面积较大，天然状态下能吸附大量的水分子，形成较厚大的强结合水膜，即使土在坚硬和硬塑状态下，仍具有较多的水分和较高的饱和度；土粒集合体内部孔隙细小，但数量众多，以致土具有较高的孔隙比和较小的透水性；同理，由于大比表面积、高分散性，在和水作用过程中强烈吸附水分子以及孔隙溶液中的反离子而具有较高的液限含水量.

土的理化性质测试表明，桂林红粘土属弱酸性介质，pH值一般为4.9～6.5，氧化铁带正电荷而被土粒强烈吸附，其双电层电动电位较小，厚度较薄，粒间吸附连结强，天然状态下解离和交换的可能性很小，致使红粘土在含水量较高、孔隙比较大的情况下仍具较高的抗剪强度和较低的压缩性.

另外，由于红粘土的矿物成分主要以高岭石、伊利石为主，蒙脱石、蛭石和混层矿物含量较低. 从表2可以看出：高岭石晶格间活动性最小，伊利石居中，而蒙脱石的晶格活动性最大. 因此，桂林红粘土的胀缩性不很明显，多表现为中—弱胀缩性.

3 各物理力学性质指标随深度变化的规律

作出16个指标分别与深度之间的645组值的散点图（限于篇幅，此略），分析结果如下.

表2 粘土矿物的特性[2]

Table 2 Characteristics of clay minerals

矿物类型	比表面积/($m^2 \cdot g^{-1}$)	晶格层组间的结合力	与水的作用(亲水性)
高岭石组	10	大	不强烈,有较高的水稳定性
伊利石组	80	中等	中等
蒙脱石组	800	小	强烈,亲水性大,表现为高塑性与膨胀、收缩性

(1) 含水量（w）、饱和度（S_r）、孔隙比（e）、液性指数（I_L）、含水比（α_w）、压缩系数（a）等物理、力学指标与深度呈正相关关系. 把6个指标在5种不同状态（坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑）下的平均值作成随深度变化的折线图（图1），可较清晰地看出正相关关系. 就压缩系数而言，可塑层约为坚硬层的2倍，软→流塑层约为可塑层的2倍.

(2) 液限（w_L）、塑限（w_P）、塑性指数（I_P）、压缩模量（E_S）、粘聚力（c）、内摩擦角（φ）等物理、力学指标与深度呈负相关关系. 图2是这些指标在5种不同状态下的平均值随深度变化的折线图. 抗剪强度：可塑层约为坚硬层的50%，软塑层约为可塑层的50%.

(3) 密度（ρ）、比重（G_S）、液塑比（I_r）则随深度不同变化不大（图3）.

4 各土工试验指标之间的关系

在线性回归分析中，自由度(f) = 样本量(n) - 2，当显著性水平为$\alpha = 0.01$，自由度$f = 90$的相关系数检验的临界值$c = 0.267$. 当样本量为645

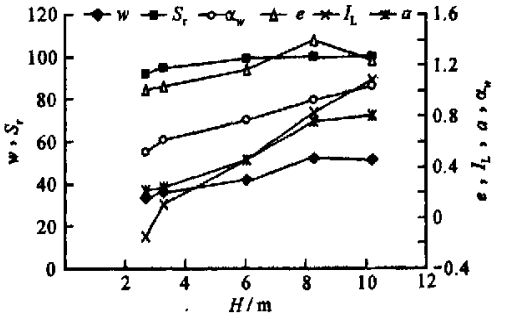

图1 与深度正相关的物理、力学指标

Fig. 1 Positive correlation to depth

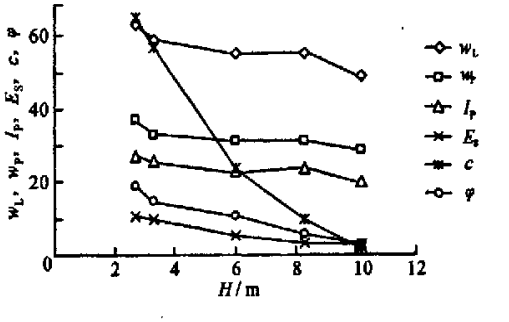

图2 与深度负相关的物理、力学指标

Fig. 2 Negative correlation to depth

万方数据

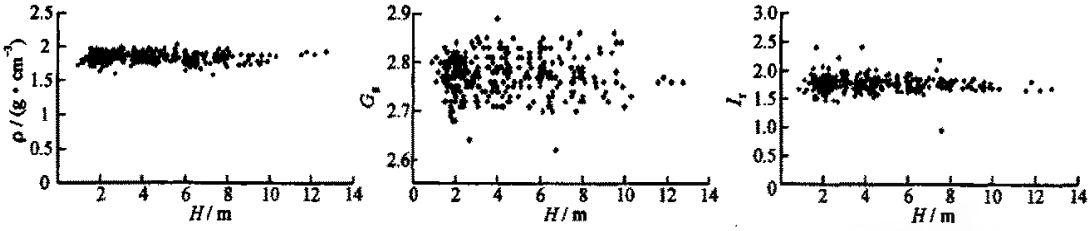

图3　密度、比重、液塑比随深度变化图
Fig. 3　Relationships of ρ, G_s and I_L to depth

时，$f=643$，远远大于90，其相应的相关系数检验值 c 要远远小于0.267．以下均把645组数值的相关系数与自由度为90时的相关系数检验临界值0.267相比较，检验回归效果．

4.1　物理性质指标之间的关系

在试验和数据统计过程中，可以发现含水量与孔隙比、液性指数之间，液限和塑性指数之间，比重和塑性指数之间都存在密切的联系．

（1）含水量 w 与孔隙比 e 呈正相关线性关系（图4）．在Excel里，对645组含水量与孔隙比值进行线性回归拟合分析，分别插入函数“CORREL（相关系数）”、“SLOPE（斜率）”、“INTERCEPT（截距）”，求出二者的相关系数 $r=0.909$，斜率=0.023 4，截距=0.203 6，在显著性水平 $\alpha=0.01$ 下，$r>c$，回归效果显著，线性关系良好，线性方程为 $e=0.023\,4w+0.203\,6$.

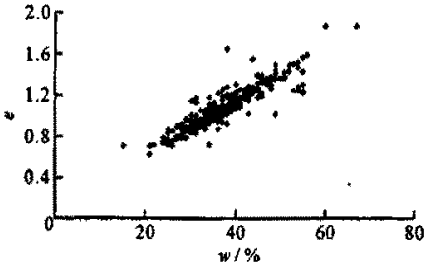

图4　含水量与孔隙比之间的线性关系
Fig. 4　Linear relationship between e and w

（2）液限 w_L 与塑性指数 I_P 也存在正相关的线性关系（图5）．用同（1）的方法，对645组液限与塑性指数值进行线性回归拟合分析，得出二者的相关系数 $r=0.87$，斜率=0.470 8，截距=−2.446 6，在显著性水平 $\alpha=0.01$ 下，$r>c$，回归效果显著，线性方程为 $I_p=0.470\,8w_L-2.446\,6$.

（3）塑限 w_P 与液限 w_L 之间的线性关系也较

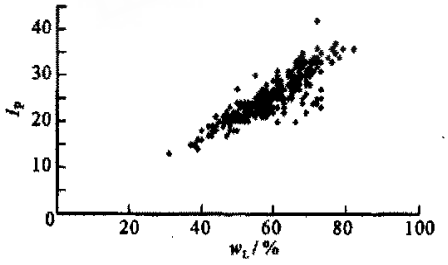

图5　液限与塑性指数之间的线性关系
Fig. 5　Linear relationship between w_L and I_P

明显，对645组液、塑限值进行线性拟合分析，得出二者的相关系数 $r=0.86$，斜率=0.527，截距=2.59，通过显著性检验，$r>c$，回归效果明显，线性方程为 $w_P=0.527w_L+2.59$.

（4）红粘土的塑性指数通常较大，为20～40，其对应的比重值也较大，在2.75～2.85，把645个红粘土的比重值作成频数分布直方图，大致服从正态分布（图6），平均为2.78.

（5）红粘土的含水量较高（图7），多数为30%～45%，在这个范围内，其液性指数主要集中在−0.30～0.50，而且随着含水量的变大，其液性指数也越大，二者呈正相关关系，$I_L \propto w$.

4.2　力学性质指标之间的关系

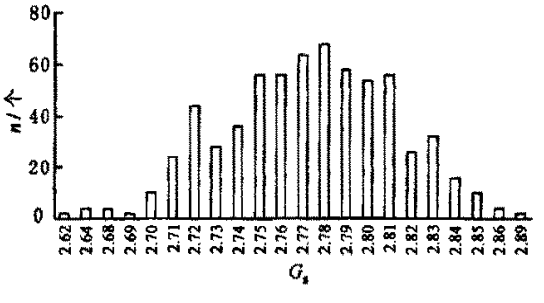

图6　比重的正态分布特点
Fig. 6　Normal distribution of n along G_s

万方数据

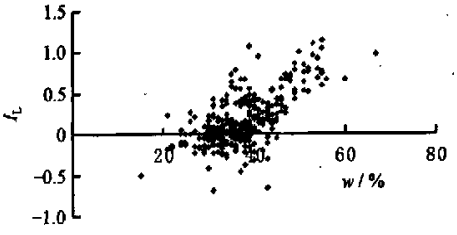

图7 $I_L - w$ 关系图

Fig. 7 Relationship between I_L and w

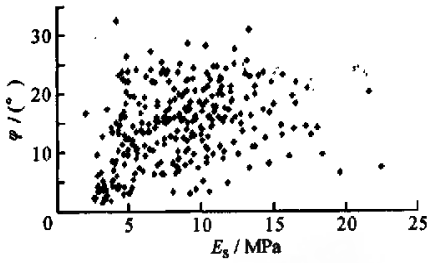

图9 $E_S - \varphi$ 关系图

Fig. 9 Relationship between E_S and φ

土的力学性质指标主要有压缩系数(a)、压缩模量(E_S)、粘聚力(c)和内摩擦角(φ). E_S 由 a 计算得出. 在 Excel 里,根据原始数据绘制 $E_S - c$ 散点图(图8)、$E_S - \varphi$ 散点图(图9),从图中可看出:

(1) 压缩模量与粘聚力正相关,$E_S \propto c$,且线性关系较好,通过线性回归拟合分析,得出其相关系数 $r = 0.75$,斜率 $= 0.105$,截距 $= 3.31$,$r > c$,回归效果明显,线性方程为 $E_S = 0.105c + 3.31$.

(2) 压缩模量与内摩擦角也正相关,$E_S \propto \varphi$,但线性关系不明显.

4.3 物理性质指标与力学性质指标之间的关系

(1) 从含水量与粘聚力、含水量与内摩擦角及含水量与压缩模量的散点图中可以发现:随着含水量的增大,粘聚力和内摩擦角下降得很快,压缩模量也呈下降趋势,含水量与这3个力学指标呈负相关关系,c、φ、$E_S \propto 1/w$ (图10).

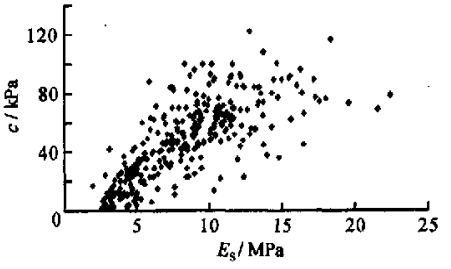

图8 $E_S - c$ 关系图

Fig. 8 Relationship between E_S and c

(2) 从液性指数分别与粘聚力、内摩擦角、压缩模量的散点图中也能看出:随着液性指数变大,这3个力学指标也是呈下降趋势,I_L 与这三者也呈负相关关系,c、φ、$E_S \propto 1/I_L$ (图11).

(3) 从孔隙比分别与粘聚力、内摩擦角、压缩模量的散点图中也发现:孔隙比 e 也与这三者呈负相关关系,c、φ、$E_S \propto 1/e$ (图12).

4.4 工程实践中的应用

在岩土工程勘察中,室内土工试验是至关重要的一个环节. 通过试验,可以依据塑性指数(I_P)给土定名,依据液性指数(I_L)或含水比(α_w)确定土的状态,进而根据土的状态划分土层,查出各土层的承载力指标,为设计地基及基础服务. 按照文献[3],所取土样应为原状土,以保证测试数据能准确反映土的性质. 但在实际生产中,土样的原状未扰动性状受天气、取土技术、封装、搬运、操作及土的不均匀性等诸多自然、外界或人为的因素影响,以致需用原状土试验获得的指标如 w、ρ、a、c、φ 等数据或多或少地发生误差,不能真实地反映土的原本性质,这就需要对那些异常的数据进行判断并校正. 由于土的各物理、力学性质之间客观上存在着密切的内在联系,据此得出的以上经验关系式,就能用来对数据正常与否进行定性或定量的判断和校正.

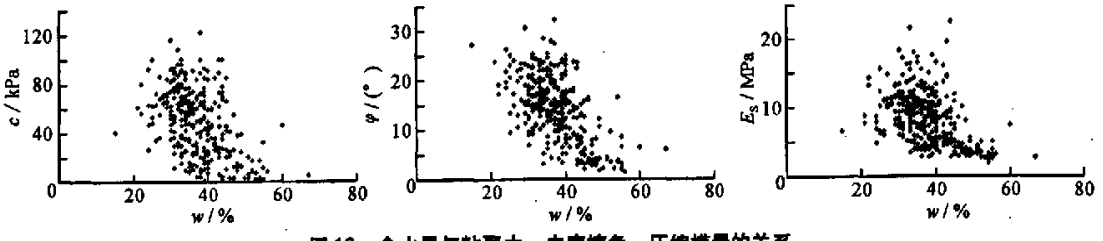

图10 含水量与粘聚力、内摩擦角、压缩模量的关系

Fig. 10 Relationships of c, φ and E_S to w

万方数据

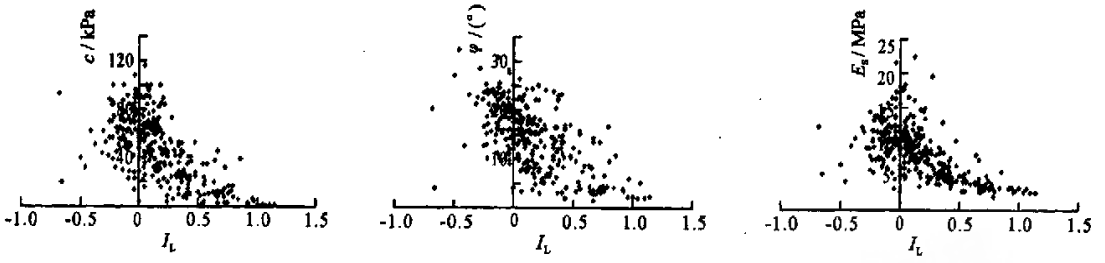

图 11　液性指数与粘聚力、内摩擦角、压缩模量的关系

Fig. 11　Relationships of c, φ and E_s to I_L

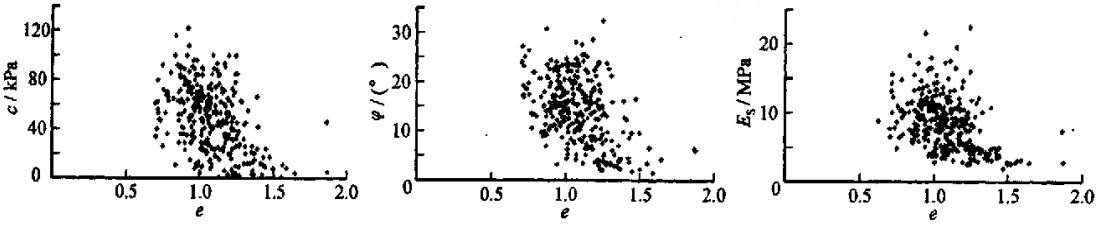

图 12　孔隙比与粘聚力、内摩擦角、压缩模量的关系

Fig. 12　Relationships of c, φ and E_s to e

如“长海实验学校学生宿舍楼”（项目 1）、“长海机器厂住宅楼”（项目 2）的部分土工试验结果（表 3）. 其中 1－1 号土含水比为 0.56，为硬塑土，其压缩系数 a 通常应小于 0.25 MPa^{-1}，为低压缩性，但试验结果 $a=0.5$ MPa^{-1}，表现为中等压缩性. 结合野外观察和标贯数为 10 击，可定性地知道压缩指标异常，经用 E_S-c 经验方程 $E_S=0.105c+3.31$ 进行校验，得出 $E_S=9.61$ MPa，$a=(1+e)/E_S=0.20$ MPa^{-1}，为低压缩性. 造成数据异常的原因可能是土质不均匀或压缩过程中人为扰动或读数错误所致. 6－1 号土的塑性指数为 16，场地的其它土样均为红粘土，初步可以判断液限或塑限有误，根据液限和塑限均与深度负相关的变化规律，纵观表中 3 个不同深度的土样，液限从 61 至 54，符合随深度增加而变小的规律，而塑限为 38，比上层硬塑土的塑限 34 还大，因此不符合随深度增加而变小的规律，可以初步判断塑限值有误. 根据塑限与液限之间的线性方程 $w_P=0.527w_L+2.59$，可得出 $w_P=31$，由公式 $I_p=w_L-w_P$，计算出 $I_p=54-31=23$；另外，根据液限与塑性指数之间的线性方程 $I_p=0.470\,8w_L-2.446\,6$，可直接得出 $I_p=23$；用两个不同经验方程求出的 I_p 值完全吻合. 表 3 中校正后的数据可以很好地反应出红粘土垂向上的变化特点，而横向上每个土样的各指标之间的内在联系也得到体现.

表 3　项目 1 与项目 2 勘察工程土工试验部分结果

Table 3　Soil test results of Project 1 and Project 2

指标值	项目名称	钻孔号	深度	含水量	密度	比重	孔隙比	饱和度	液限	塑限	塑性指数	液性指数	压缩系数	压缩模量	粘聚力	内摩擦角	含水比
校	1	1－1	2.00～2.25	34	1.81	2.77	1.051	90	61	34	27	0.00	0.50	4.1	51	17.5	0.56
正	1	4－2	4.60～4.85	41	1.80	2.78	1.178	97	56	30	26	0.42	0.39	5.6	36	10.3	0.73
前	2	6－1	9.40～9.65	49	1.78	2.82	1.361	100	54	38	16	0.69	0.71	3.3	13	4.3	0.91
校	1	1－1	2.00～2.25	34	1.81	2.77	1.051	90	61	34	27	0.00	0.20	9.6	51	17.5	0.56
正	1	4－2	4.60～4.85	41	1.80	2.78	1.178	97	56	30	26	0.42	0.39	5.6	36	10.3	0.73
后	2	6－1	9.40～9.65	49	1.78	2.82	1.361	100	54	31	23	0.78	0.71	3.3	13	4.3	0.91

万方数据

5 结 论

(1) 红粘土在桂林分布广泛，垂向上自上而下由硬变软，水平方向上厚度受基岩面起伏影响从1 m到十几米不等.

(2) w、S_r、e、I_L、α_w、a 和 λ_n 等物理、力学指标值与深度正相关，w_L、w_P、I_P、E_S、c、φ 和 δ_{ef} 等物理、力学指标值与深度负相关.

(3) 物理性质指标间，如 w 与 e、w_L 与 I_P、w_P 与 w_L、w 与 w_L 之间有着较好的正相关线性关系，存在线性方程

$$e = 0.023\,4w + 0.203\,6;$$

$$I_p = 0.470\,8w_L - 2.446\,6;$$

$$w_P = 0.527w_L + 2.59.$$

(4) 力学性质指标间，如 E_S 与 c、E_S 与 φ 之间呈正相关关系，前者的线性关系较好，存在着线性回归方程

$$E_S = 0.105c + 3.31.$$

(5) 物理性质与力学性质指标间，如 E_S、c、φ 都与 w、w_L 和 e 呈负相关关系.

通过在工程实践中应用并检验，运用以上桂林红粘土的土工试验指标与深度之间的变化规律及土工试验指标间的相关关系式，能很好地检验出土工试验结果中的异常数据，校正后的值能与其它正常值一起全面反映出土的原本性质.

参考文献：

[1] 中国地质科学院岩溶地质研究所. 《桂林岩溶地质》之九：桂林环境工程地质 [M]. 重庆：重庆出版社，1988.

[2] 陈希哲. 土力学地基基础 [M]. 北京：清华大学出版社，2004.

[3] GB/T 50123－1999，土工试验方法标准 [S].

Soil Index Analysis of Guilin Red Clay

CHEN Yao-ping

(*Department of Civil Engineering, Guilin University of Technology, Guilin* 541004, *China*)

Abstract: The soil test indices of 645 red clay soil samples in 51 projects of Guilin are analyzed by statistical methods. Such achievements are detailed in the following: the characteristics of physical and mechanical indices with a change in depth; the nonlinear and linear equations describing the relationships of relevant physical indices, mechanical indices between physical and mechanical indices. The abnormal indices caused by unavoidable reasons can be judged or calibrated quantitatively. The calibrated value can reflect the natural characteristics and relationships between these indices of soil through engineering practice.

Key words: red clay; soil test; index; relationship; Guilin

万方数据

桂林红粘土的土工试验指标关系分析

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 陈瑶平， CHEN Yao-ping
作者单位： 桂林工学院,土木工程系,广西,桂林,541004
刊名： 桂林工学院学报 ISTIC PKU
英文刊名： JOURNAL OF GUILIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
年，卷(期)： 2007，27(3)
引用次数： 1次

参考文献(3条)

1. 中国地质科学院岩溶地质研究所 〈桂林岩溶地质〉之九:桂林环境工程地质 1988

2. 陈希哲 土力学地基基础 2004

3. GB/T 50123-1999.土工试验方法标准

相似文献(9条)

1. 会议论文 孔令伟.赵颖文.郭爱国.拓勇飞 原状红粘土脱湿过程的工程性状与机理分析 2003
在室内模拟了广西贵港原状红粘土脱湿过程的强度指标、50kPa膨胀率与孔隙分布演化特征,发现其强度与膨胀指标随脱湿含水量的变化规律在高含水量和低含水量范围内不同,转折点与重型击实最优含水量接近.原因在于控制高含水量与低含水量范围内红粘土工程性状的主要因素分别为基质吸力与裂隙性,其机理为吸力变化引起了红粘土的结构损伤与软化.

2. 会议论文 柯尊敬.邝泽民 红粘土抗剪强度的特性及其规律性 1994

3. 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。

4. 期刊论文 熊探宇.张永双.曲永新.刘林.施龙青.王献礼.XIONG Tan-yu.ZHANG Yong-shuang.QU Yong-xin.LIU Lin.SHI Long-qing.WANG Xian-li 滇西北红粘土的工程地质特性及其灾害效应 -地质通报2008,27(11)
在野外地质调查的基础上,结合室内土工试验,系统分析了滇西北红粘土的物质组成、物性特征和工程地质特性,并以此为基础探讨了其地质灾害效应.研究结果表明:滇西北红粘土粒度组成主要以粘粒为主.粘土矿物成分比较复杂,在丽江以南其矿物成分主要以高岭石(K)为主,在丽江以北则以伊利石/蒙脱石(I/S)混层矿物为主.此外,滇西北红粘土具有含水量高、重度低、塑性高、膨胀性弱等物性特征,在天然状态下比较稳定,但是随着含水量的增加其土体强度大大降低,易引发滑坡、水土流失等地质灾害.

5. 期刊论文 韦复才.WEI Fu-cai 桂林红粘土的物质组成及其工程地质性质特征 -江西师范大学学报（自然科学版） 2005,29(5)
经差热、X衍射、扫描电镜鉴定和化学成分测试及近千组常规土工试验资料统计分析表明,物质成分上桂林红粘土主要由高岭石、伊利石、绿泥石等次生粘土矿物组成,并含有少量的蒙脱石、蛭石及混层矿物,铁铝氧化物高度富集,粘粒含量一般都在50%以上;工程地质性质上桂林红粘土具有天然含水量、孔隙比、液限及抗剪强度较高,容重、饱和度、比表面较大,压缩性、交换容量较低,透水性、崩解性较小及中-弱胀缩性等特点.

6. 学位论文 周春梅 武广客运专线红粘土地基原位试验及地基沉降计算 2008
高速铁路要为列车的高速行驶提供一个高平顺性和稳定性的轨下基础，而路基作为轨道结构的基础，必须在运营条件下将线路轨道的设计参数保持在要求的标准范围之内，这无疑就是对高速铁路的沉降稳定提出了很高的要求。因此，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”(50778180)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”(2005K002-B-2-1)，通过室内试验、现场原位测试、数值分析等手段，从经验公式研究以及沉降计算两大部分着手，对武广客运专线红粘土地基进行深入研究。主要内容如下：　　1、红粘土作为一种特殊性的土类，其工程性质存在很大的地理性差异。本文对有工程代表意义的工点(咸宁，泉口，岳阳，以及耒阳，郴州等工点)取样进行室内土工试验，总结出了其物理力学性质的分布规律及各指标间的相关关系；　　2、将室内的压缩试验数据与现场的原位测试试验相结合，研究了静力触探指标(如端阻力qc，侧摩阻力fs等)与沉降计算重要参数压缩模量Es之间的经验关系，并进行了相关性检验，以指导工程实践；　　3、研究了贯入击数N与压缩模量Es之间的经验关系，并进行了相关性检验；　　4、基于Plaxis有限元程序，对于有代表性的工点进行了理论沉降计算。并根据现场的大型平板荷载试验的实际加载和开挖情况，在模拟地层沉降时，分别考虑直接加载和考虑基坑开挖两种情况，并对比实测的数值，得出考虑开挖后有限元计算更能贴近土层实际的变形；并在此基础上，综合考虑了土层性质、渗透系数、以及泊松比等参数对于红粘土地基沉降的影响；　　5、根据固结理论，对传统的分层总和法作了较大的改进，采用细层法进行路基主固结沉降计算；利用Visual Basic平台，编制了可视化应用程序，以进行沉降计算和修正值计算。

7. 期刊论文 周健.ZHOU Jian 坪石电厂红粘土的特性分析 -电力勘测2001(1)
以土工试验及原位测试的数据为依据 ，分析红粘土的特性及对工程的影响。

8. 学位论文 胡科夫 铁路路基红粘土强度与变形特性研究与应用 2007
红粘土在工程地质界被定义为“红粘土为碳酸盐岩系的岩石经红土化作用形成的高塑性粘土。其液限一般大于50%，红粘土经再搬运后仍保存其基本特征，其液限大于45%的土为次生红粘土。”红粘土广泛分布在我国南方的碳酸盐岩系地层上，红粘土与人类、环境有着密切的联系。　　红粘土具有上硬下软、含水量高、孔隙比大、高液限、高塑限、低压缩性的特点。其天然含水率、孔隙比、压缩系数等随深度的增加而变大，塑性状态随深度增加而由硬变软以至流塑，地基强度随深度增加而由高到低，纵向上的变化是不均匀的。同时其物理力学性质随地形、地貌及水文条件的不同而改变，如坡岗地带排水条件好的地段地下水埋藏较深，其天然含水率、孔隙比、压缩系数等均较好，地基强度较大承载力较高，岩溶驻地或谷地则相反，尤其在溶沟、溶槽等易于积水的红粘土，往往形成软土性质，红粘土在平面上亦具有不均匀性。　　红粘土的抗剪强度与起始含水量具有明显的相关关系，且含水量越大抗剪强度越小；含水量对凝聚力c的影响比对内摩擦角 f 的影响更为明显，因此湿度状态是红粘土的主要物理力学指标，是影响红粘土工程性能的重要因素，是评价地基承载力性能的重要参数。游离氧化铁对红粘土的强度也起着重要作用，红粘土游离氧化铁含量越高，其初始段变形模量就越大。因此，在红粘土地区尽量选择含游离氧化铁较高的红粘土作为地基，可得到较大的允许承载力和引起较小的地基沉降。　　由于红粘土

土层从上至下为硬塑—软塑状态，因此对于压缩层包括几种状态的红粘土土层，在压缩层范围内，应分别按土层考虑地基的沉降量。因此需要考虑沉降修正系数的问题，而规范中的提供查表的沉降修正系数则比较笼统，不利于工程应用。　　在武广高速铁路的建设过程中出现大量的红粘土地基，与以往的粘土路基不同，红粘土路基覆盖在灰岩表面，其表层粘土层含水量较小，呈硬塑态，与基岩交接的地方受裂隙水的影响，含水量较大，呈软塑态，甚至呈流塑态。随着灰岩表面溶蚀起伏不平，易发生不均匀沉降，使得计算该种土层的沉降变得十分困难。通过现场载荷试验、静力触探试验、标准贯入试验、室内直剪试验、三轴剪切试验及沉降观测分析研究，获取了以下成果：　　(1)模拟不同路堤高度的填土荷载进行载荷试验和路堑开挖时卸载回弹试验，获得原位载荷试验影响深度范围内的沉降量及回弹量。　　(2)通过标准贯入试验获得红粘土地基标贯数N<,i>随深度Z的变化规律经验公式N<,i>(Z)。　　(3)通过钻探取样，进行三轴试验、动三轴试验等室内土工试验，获得红粘土地基的压缩变量模量E<,i>等参数随地基深度Z的变化规律经验公式E<,i>(Z)。　　(4)根据(2)(3)(4)所获试验结果，根据同一工点，相同深度Z，E<,i>-Q<,i>，E<,i>-N<,i>一一对应关系建立E<,i>-Q<,i>(Z)，E<,i>-Ni(Z)经验公式。　　(5)根据试验结果及沉降观测数据，获得各层红粘土地基的沉降修正系数，建立了红粘土地基在填土荷载作用下的变形计算经验公式。　　(6)根据试验结果及沉降观测数据，获得各层红粘土的回弹变形特性。

9.期刊论文 谢志刚.李邦 广西贵港盆地红粘土数学模型的建立及应用 -江苏地矿信息2002,27(2)

根据研究区内原状土的室内土工试验资料,利用数学统计方法,对代表性参数孔隙比e进行分析、统计、推断,从中找出规律,建立研究区内红粘土的数据分布数学模型,求出该数学模型的参数μ和σ,为该地区以后的岩土勘测提供参考依据,同时也为其他地区研究岩土层提供一条可行的方法.

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_glgxy200703010.aspx

下载时间：2009年9月10日