

文章编号: 1001-1986(2015)06-0084-03

南昌地区红土的动强度特性试验研究

阳卫红, 刘伟平, 扶名福

(南昌大学建筑工程学院, 江西 南昌 330031)

摘要: 通过动静三轴试验, 探讨南昌地区红土的动强度指标随固结比及固结围压的影响规律。从试验结果可知, 南昌地区红土的动强度随固结围压的增大而增大, 却随固结比的增大而减小, 动内黏聚力 C 随着固结比的增大而减小, 动内摩擦角 ϕ_d 随固结比的增大而增大。通过对动静试验结果进行对比发现, 南昌地区红土的动内黏聚力小于静黏聚力, 动内摩擦角大于静内摩擦角。

关键词: 红土; 动三轴试验; 动强度

中图分类号: TU41 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1001-1986.2015.06.017

Experimental research on dynamic strength of laterite in Nanchang

YANG Weihong, LIU Weiping, FU Mingfu

(School of Civil Engineering and Architecture, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: This paper studies the influence of different confining pressure and consolidation ratio on dynamic properties of laterite in Nanchang through dynamic triaxial tests. The influence rule of confining pressure and consolidation ratio on dynamic strength index are discussed. The experimental results show that the dynamic strength of laterite in Nanchang increases with the confining pressure, but decreases with the consolidation ratio. With the increase of the consolidation ratio, the dynamic internal cohesion decreases, the dynamic angle of internal friction increases. By comparing the results of dynamic and static test, the dynamic internal cohesion of laterite in Nanchang is less than the static internal cohesion, the dynamic angle of internal friction is more than the static angle of internal friction.

Key words: laterite; dynamic triaxial test; dynamic strength

红土在中国主要分布于长江以南的低山丘陵区, 包括江西、湖南两省的大部分^[1]。各类土的动力特性受到了许多学者的关注, 张向东等^[2]通过采用动三轴仪进行一系列动态三轴实验, 研究了原状饱和辽西风积土在不同固结压力条件下的动强度、动弹性模量和阻尼比。近年来, 随着南昌经济快速发展, 南昌地铁正在新建, 各种高速公路相继建成。南昌整个铁路网及公路网越来越大, 车辆震动荷载引起的土动变形问题急需解决。众所周知, 南昌地区分布着大量红土,

目前很少学者研究南昌地区红土动力特性, 本文以南昌地区红土作为研究对象, 通过对红土重塑土的动静三轴试验, 分析红土的动力特性, 并总结相关规律, 为南昌地区实际工程提供参考依据。

1 试验步骤及方案

1.1 试验土样

试样取自南昌市境内一道路路基土, 土样呈红褐色, 其物理性质指标见表 1。

表 1 红土土样的物理性质指标
Table 1 The physical properties of laterite samples

相对密度 G_s	液限 $W_L/\%$	塑限 $W_p/\%$	塑性指数 I_p	最大干密度 $\rho_{dm}/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	最佳含水率 $\omega/\%$	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\phi/(^\circ)$
2.70	51.55	31.70	19.85	1.53	19.5	33.26	11

收稿日期: 2014-08-19

基金项目: 江西省研究生创新项目(YC2012-S018); 高等学校博士学科点专项科研基金(20123601110001); 国家自然科学基金项目(51268046)

作者简介: 阳卫红(1988—), 男, 江西万载人, 硕士研究生, 从事土动力学研究. E-mail: 812505553@qq.com

通讯作者: 刘伟平(1981—), 男, 博士, 副教授, 从事土动力学研究. E-mail: wpliu@126.com

引用格式: 阳卫红, 刘伟平, 扶名福. 南昌地区红土的动强度特性试验研究[J]. 煤田地质与勘探, 2015, 43(6): 84–86.

1.2 试样制备及安装

红土置于通风处晾干，将风干土放在橡皮板上用木碾碾碎，过孔径2 mm的筛。取筛下足够试验用的土样，充分拌匀，测定风干含水率，装入塑料袋内备用。制样控制参数：干密度 ρ_d 为1.52 g/cm³，含水率25%。制成直径为39.1 mm，高度 h 为80 mm的圆柱体。按控制参数配制湿土，调配好的湿土置于保湿缸中湿润一昼夜，使得湿土内部水分布均匀。采用击样法，分6层，每层约20击。为了使土样层与层之间良好接触，在一层击实完毕后务必进行刮毛。制备好试样装入饱和器，用真空抽气饱和，抽气压力0.1 MPa，抽气时间不低于1 h。按照SL237—1999《土工试验规程》^[3]进行三轴试验试样的安装。

1.3 试样固结

按照SL237—1999《土工试验规程》^[3]进行固结。对于等向固结，先对试样施加20 kPa的侧压力，然后逐级施加均等的侧向压力和轴向压力，直到侧向压力和轴向压力相等并达到预定压力。对于不等向固结，应在等向固结变形稳定后，逐级增加轴向主应力，直到预定的轴向压力，加压时勿使试样产生过大的变形。固结稳定标准：对于黏土和粉土试样，1 h内固结排水量变化不大于0.1 mL；不等向固结时，5 min内轴向变形不大于0.005 mm。

1.4 试验方案

试验采用TAJ-20微机控制动静三轴试验机。为了较为系统地研究南昌红土在固结比和固结围压条件下的动强度，固结围压取100 kPa、200 kPa、300 kPa，固结比(K_c)取1、1.5、2，控制其他影响因素。试验方案如表2所示。

表2 南昌红土动强度试验方案

Table 2 The dynamic strength test scheme of laterite in Nanchang

试验编号	固结围压/kPa	固结比
A1	100	1
A2	200	1
A3	300	1
B1	100	1.5
B2	200	1.5
B3	300	1.5
C1	100	2
C2	200	2
C3	300	2

1.5 试验控制条件

试样固结稳定后，在不排水条件下施加动荷载，振动频率1 Hz，正弦波形，振动次数1 000次。每个相同的固结比和固结围压，分别对4个试样施加不同振幅的

动荷载进行试验。故本试验共需要9组，36次试验。

2 试验结果及分析

2.1 动强度特性

土的动强度是在一定动荷载作用次数下产生某一破坏应变所需的动应力，破坏标准采用应变破坏标准，均压固结时取双幅应变的5%，偏压固结时取总变形的10%^[4]。按照以上试验方法，可得不同固结围压和固结比条件下南昌地区红土 σ_d-N_f 关系曲线，如图1所示。

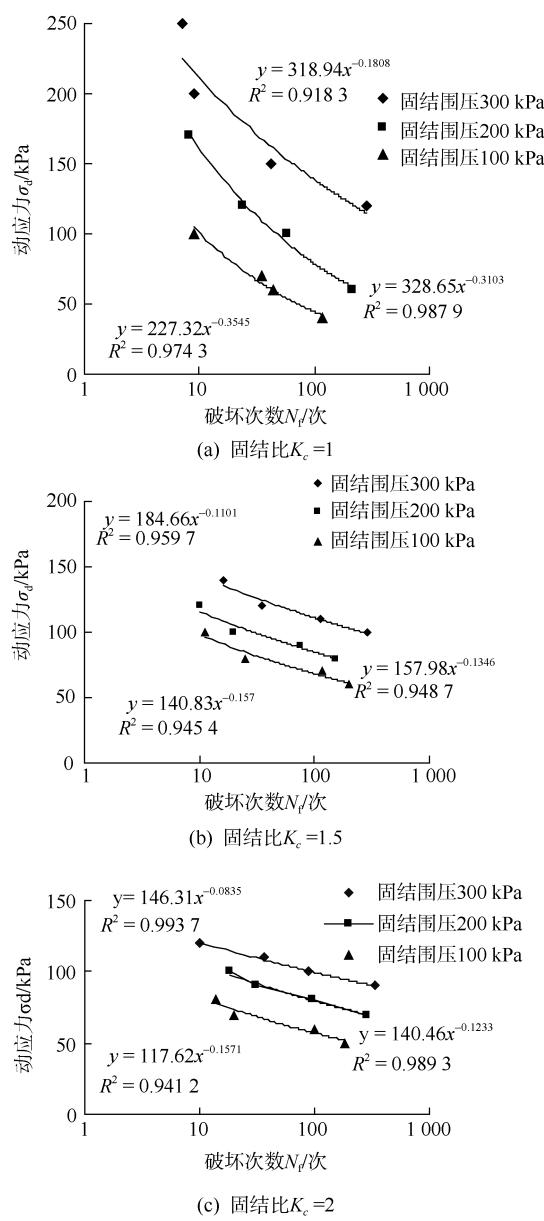


图1 σ_d-N_f 关系曲线

Fig.1 The relation curve of $\sigma_d - N_f$

根据GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》^[5]，可知南昌地区抗震设防烈度为6度。按Seed等提出的不同震级对应等效循环次数来确定土的动应

力^[6]。南昌地区的等效循环次数为 5 次。不同固结比和固结围压条件下南昌地区红土的动强度结果如图 2 所示。由图 2 可得南昌地区红土的动强度随着固结比的增大而减小，随着固结围压的增大而增加。

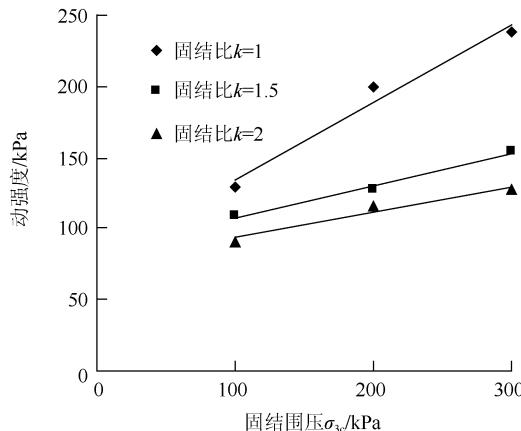


图 2 不同固结比动强度与固结围压的关系曲线

Fig.2 The relation curve of dynamic strength and confining pressure in different consolidation ratio

2.2 动抗剪强度指标

研究表明，摩尔–库伦理论适用于土动力学^[7-9]。其表达式如下：

$$\tau = c_d + \sigma \tan \varphi_d \quad (2)$$

动黏聚力 c_d 、动内摩擦角 φ_d 是研究动抗剪强度的两个重要指标。令 $\sigma_{1d} = \sigma_{1c} + \sigma'_d$, $\sigma_{3d} = \sigma_{3c}$ 。其中 $\sigma_{1c} = K_c \sigma_{3c}$, σ_{3c} 为固结围压, K_c 为固结比, σ_{1d} 、 σ_{3d} 分别为土样在该固结围压下产生动力破坏的大小主应力。由 σ_{1d} 、 σ_{3d} 可绘出动莫尔圆，三个动莫尔圆可以绘出动抗剪强度包络线，如图 3 所示。抗剪强度包络线在纵轴上的截距为动黏聚力 c_d ，水平倾角为动内摩擦角 φ_d 。动抗剪强度指标结果如表 3 所示。可得南昌地区红土的动黏聚力随着固结比的增大而减少，动内摩擦角随着固结比的增大而增大。

表 3 不同固结条件下南昌地区红土的动强度指标

Table 3 The dynamic strength of Nanchang red clay in different consolidation conditions

	$K=1$	$K=1.5$	$K=2$
动黏聚力 c_d / kPa	33.26	30.72	24.91
动内摩擦角 $\varphi_d / (^{\circ})$	12.33	15.45	21.81

3 结 论

a. 通过动强度试验，获得了不同固结围压和固结比条件下南昌红土的动强度曲线，试验结果表明南昌红土的动强度随着固结围压的增大而增大，随固结比的增大而减小。

b. 通过动强度试验，试验结果表明，南昌地区红土的动强度指标：动黏聚力 c_d 随着固结比的增大而降

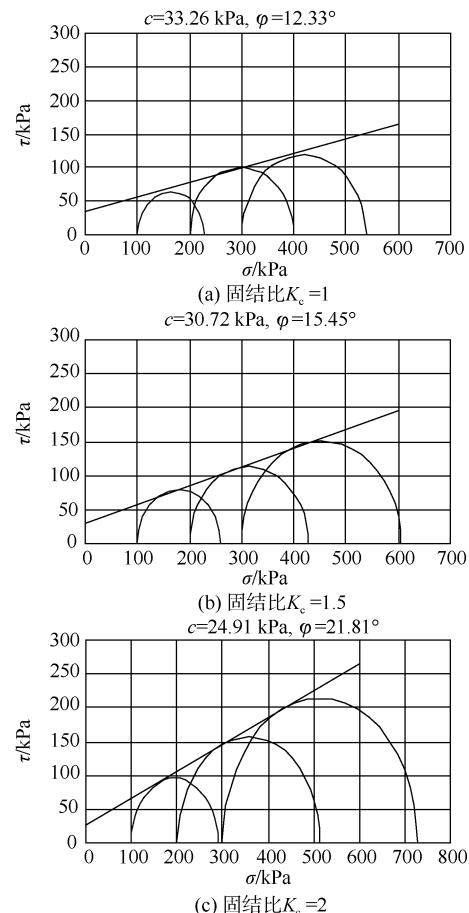


图 3 南昌地区红土动抗剪强度包络线

Fig.3 The dynamic shear strength envelope of laterite in Nanchang 低，而动内摩擦角 φ_d 随着固结比的增大而增大。

c. 通过动静三轴试验结果对比，南昌地区红土的动内黏聚力小于静黏聚力，动内摩擦角大于静内摩擦角。

参考文献

- [1] 韦复才, 唐健生. 我国红土工程地质研究新进展及今后主要研究方向[J]. 矿产与地质, 2005, 10(5): 568-572.
- [2] 张向东, 冯胜洋, 王长江. 辽西风积土动力特性实验研究[J]. 实验力学, 2012, 27(2): 166-170.
- [3] 中华人民共和国水利部. SL237-1999 土工试验规程[S]. 1999.
- [4] 谢定义. 土动力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S]. 中国建筑工业出版社, 2010.
- [6] SEED H B, IDEISS I M. Simplified procedure for evaluation soil liquefaction potential[J]. J Soil Mech Found Div, ASCE, 1971, 97(9): 1249-1273.
- [7] 刘保健, 谢定义. 随机荷载下土动力特性测试分析法[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [8] 杨桂通. 土动力学[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2000.
- [9] 钟龙辉. 轻亚黏土地震液化判定方法的分析[J]. 岩土工程学报, 1980, 12(1): 101-108.

(责任编辑 张宏)