

文章编号:2095-3046(2013)01-0024-04

# 红砂岩风化土在不同约束条件下单点冲击作用效应

杨建永, 刘勇军, 刘浩然

(江西理工大学建筑与测绘工程学院,江西 赣州 341000)

**摘要:**采用改装的击实仪对赣南地区红砂岩风化土进行室内单点冲击试验,通过预埋带有编号的钢珠测试土体的水平和竖向位移,采用自制环刀取土,测试不同位置土体的密度变化.研究表明,在侧面刚性约束、底面柔性约束时,红砂岩风化土的密度随着总夯击能的增大而增大,增大的幅度在一定深度范围内是随着深度的增大而越来越小的,总夯击能越大,土颗粒竖向位移与深度之间的非线性关系越显著.在侧面和底面都刚性约束时,土颗粒水平位移的大小与其离夯点的水平距离先正相关,然后负相关.

**关键词:**红砂岩风化土;单点冲击;刚性约束;柔性约束;作用效应

**中图分类号:**U416.1

**文献标志码:**A

## The single point impact effect on red sandstone weathering soil under different constraint conditions

YANG Jian-yong, LIU Yong-jun, LIU Hao-ran

(School of Architectural and Surveying &amp; Mapping Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

**Abstract:** Indoor single point impact tests have been made for Gannan red sandstone weathering soil by using the modified compaction instrument. Soil density changes in different position are obtained through burying numbered steel balls to test horizontal and vertical displacement of soil and by using the self-made ring knife. The research shows that, in the side of rigid constraint and the bottom surface of flexible constraint, density of red sandstone weathering soil is increased along with the increase of total compaction energy, and the degree of increase in a certain depth range is decreased along with the increase in depth. The total compaction can be bigger when the nonlinear relationship between soil particle displacement and depth become more obvious. When the side and bottom surfaces are constraint, the horizontal displacement of soil particle size and the horizontal distance from the compaction points have a positive correlation.

**Key words:** red sandstone weathering soil; single point impact; rigid constraints; flexible constraints; effect

## 0 引言

强夯法在国际上称动力压实法或动力固结法,是法国 Menard 技术公司于 1969 年首创的一种地

基加固方法<sup>[1]</sup>. 强夯技术的开发和应用始于粗粒土,随后在低饱和度的细粒土中得到一定应用<sup>[2]</sup>,通过这些年的发展,强夯法处理地基问题已运用较多<sup>[3-7]</sup>. 国内外对强夯加固杂填土、碎石土、粘土等进行了很多的试验和理论研究,但针对红砂岩风化土的研

收稿日期:2012-12-04

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50869002);江西省教育厅科技资助项目(GJJ08290)

作者简介:杨建永(1963-),男,教授,主要从事地基处理等方面的研究,E-mail:xyjy123@163.com.

究较少,更鲜见对红砂岩风化土室内试验的研究。曾林中等<sup>[8]</sup>在强夯工地现场进行了红砂岩强夯特性试验研究;罗恒等<sup>[9]</sup>进行了红砂岩碎石土高填方路基强夯加固时的动应力扩散及土体变形试验研究;文素琴<sup>[10]</sup>进行了红砂岩路基施工技术质量控制研究;郭乃正等<sup>[11]</sup>为了更好地了解红砂岩风化土填料在强夯时的夯沉量变化特性,特在施工现场选择一个场地进行不同能量下的试夯试验;湖南省常德至吉首高速公路湘西段地处山区,为解决红砂岩风化土高路堤沉降问题,王桂尧等<sup>[12]</sup>对部分路段进行了强夯处理的现场试验;杨建华等<sup>[13]</sup>进行了红砂岩填石路基强夯处理的试验研究;张剑锋等<sup>[14]</sup>进行了红砂岩修筑浆砌石坝的岩土工程研究。这些研究都是采用现场试验的方式,较符合工程的实际条件,但难以对特定条件进行设置,从而进行细化的研究,文中采用了室内试验研究的方法,弥补了现场试验的不足,设置不同约束条件后,针对红砂岩风化土在不同约束条件下单点冲击效应进行了研究。

### 1 试验目的和设计

通过试验条件的设置,探讨红砂岩风化土:①在侧面刚性约束、底面柔性约束条件下,单点冲击不同总夯击能作用后土颗粒竖向位移、密度变化规律;②在侧面、底面都刚性约束条件下,单点冲击不同总夯击能作用后土颗粒水平位移变化规律。

本试验所用红砂岩风化土取自赣州市新城区,单点冲击试验前通过烘烤法得到该红砂岩风化土的自然含水率为 6.9%;通过标准重型击实试验,得到该红砂岩风化土的最优含水率为 9.5%,最大干密度为 2.05 g/cm<sup>3</sup>,通过液塑限联合测定仪测得液限  $W_L=30\%$ ,塑限  $W_p=13\%$ 。所需用到的器具有:电动击实仪、手动脱模器、自制小环刀(内径 25 mm、高 20 mm)、有编号的钢珠、直尺。试验相关参数见表 1。

表 1 试验相关参数

项目 名称	击实筒 高/cm	击实筒 内径/cm	配套钢垫 块厚/cm	锤底直 径/cm	锤重 /kg	落距 /cm
测密度及 竖向位移	38.1	10	无	5	4.5	54
测水平 位移	17	15.2	5	5	4.5	50.7

单点冲击试验所用红砂岩风化土均通过干法

配料至最优含水率,以保证能产生最佳作用效果。

(1)侧面、底面都刚性约束:在内径 15.2 cm 的击实筒内铺红砂岩风化土,同时在每层土中布置编号好号的小钢珠,做好记录,待击实筒圆心处单点夯完毕后,量测其在水平向产生的位移。所用击数分别为 29 击、43 击、57 击、71 击、85 击、99 击,测点布置如图 1 所示。

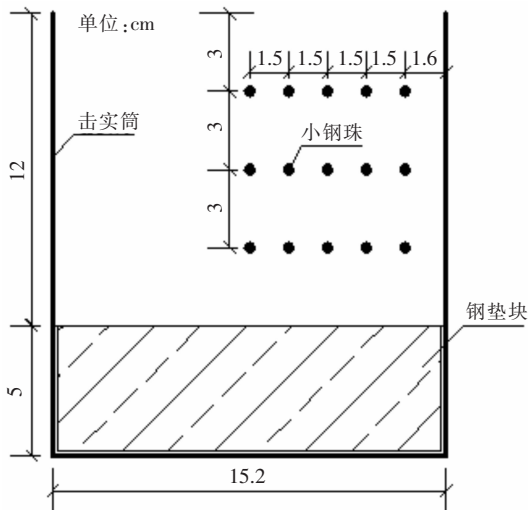


图 1 测水平位移测点布置示意图

(2)侧面刚性约束、底面柔性约束:把 3 个内径为 10 cm 的击实筒连接起来,增加土柱的高度,以此来达到底面柔性约束的目的,①待击实筒圆心处单点冲击完毕后,用自制小环刀取土,刮平并称量后算得其密度;②在每层土中击实筒圆心处布置编号好号的小钢球,做好记录,待击实筒圆心处单点夯完毕后,轻轻刮开土层至小钢球露出,用钢直尺量测其在竖向产生的位移。所用击数分别为 10 击、13 击、16 击、19 击、22 击,测点布置如图 2 所示。

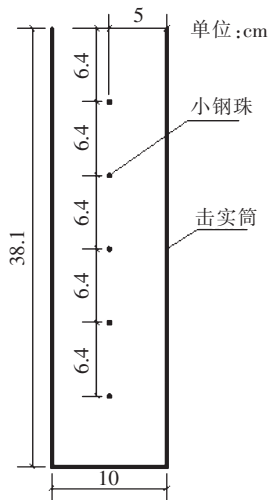


图 2 测密度及竖向位移测点布置示意图

## 2 试验结果分析

### 2.1 单点夯击作用下红砂岩风化土颗粒在竖直方向的位移变化

在总击数分别为10击、13击、16击、19击、22击作用下,不同位置处的小钢珠产生的竖向位移随深度变化曲线如图3所示。

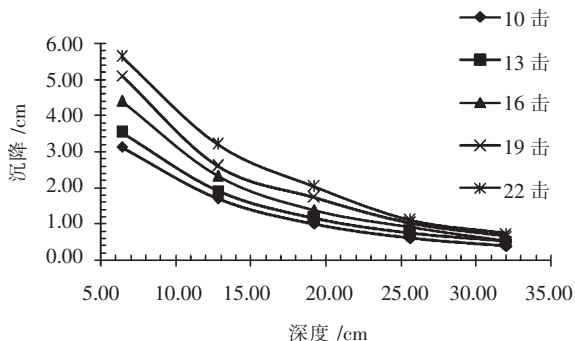


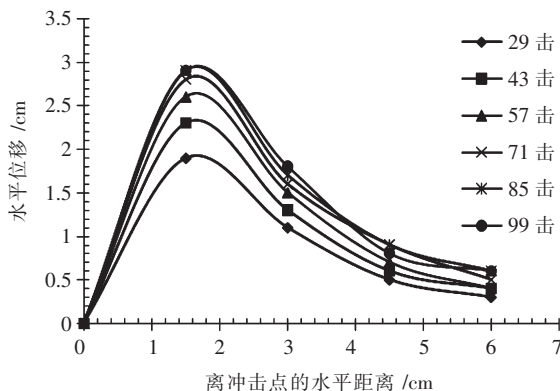
图3 不同击数作用下竖向位移随深度变化曲线图

分析图3可得出,单点夯在侧面刚性约束,底面柔性约束条件下:①深度相同,击数越大,其产生的竖向位移越大;②竖向位移与深度之间呈现出非线性的关系,击数越大时,这种非线性关系越显著;③在一定的深度处,不同击数产生的竖向位移趋向于相同,这说明了在一定深度,竖向位移变化很小,即夯击能在土中的传播存在着一定的影响深度。

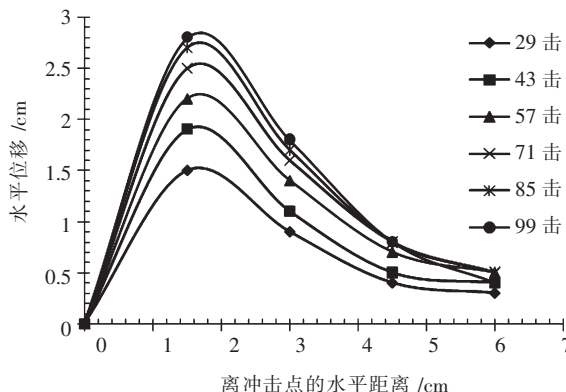
### 2.2 单点夯作用下红砂岩风化土颗粒在水平方向的位移变化

在总击数分别为29击、43击、57击、71击、85击、99击作用下,每层小钢珠产生的水平位移随离冲击点的水平距离变化曲线如图4所示。

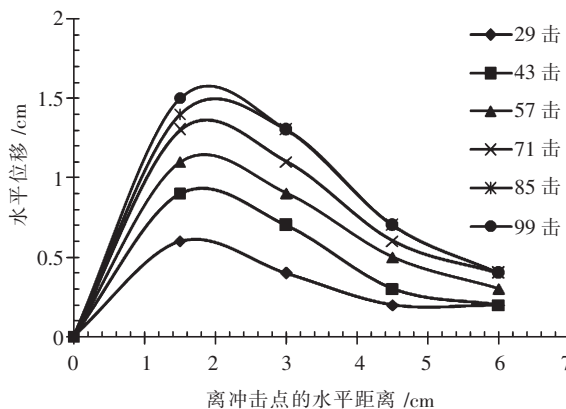
分析图4可得出,单点夯在侧面和底面都为刚性约束条件下:①红砂岩风化土颗粒的水平位移明显,不可忽略不计,除单点夯夯点正中心处外任意位置处的红砂岩风化土颗粒都发生了水平移动,水平位移随着离圆心距离的增大先增大后减小;②土层水平位移是随着深度的增大而逐渐减小的,其减小的幅度随着深度的增大经历了一个先小后大再小的过程;③水平位移与击数的关系表现在,随着击数的增大,不同深度处的红砂岩风化土颗粒的水平位移也在不断增大,但增大的幅度随着深度的增加越来越小;④在离开夯击点水平距离6 cm处的水平位移在29击时仍然可以达到0.2 cm,在99击



(a) 离击实筒顶部3 cm处



(b) 离击实筒顶部6 cm处



(c) 离击实筒顶部9 cm处

图4 水平位移随离冲击点水平距离变化曲线图

时则可达到0.5 cm。这一结果表明,强夯的侧向挤压效应是比较明显的。

### 2.3 单点夯击作用下红砂岩风化土颗粒在竖直方向的密度变化规律

在不同击数分别作用下,小击实筒内不同深度圆心处的红砂岩风化土密度大小可通过在不同深度处用小环刀切入取土来进行量测,不同击数作用下密度随深度变化曲线如图5所示。

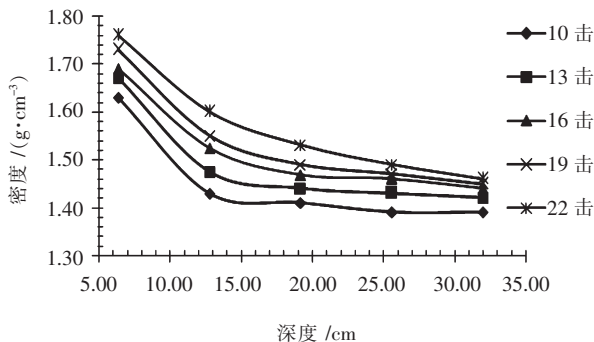


图5 不同击数作用下密度随深度变化曲线图

分析图5可得出,单点夯在侧面刚性约束,底面柔性约束条件下:①在相同深度处,红砂岩风化土的密度随着击数的增大而增大,且增大的幅度在一定深度范围内是随着深度的增大而越来越大的;②相同击数作用下,在一定深度范围内,红砂岩风化土的密度先是随着深度的增大而减小,而后减小的幅度越来越小,趋向于一定值,说明夯击能存在着一定的影响深度。③在靠近击实筒底面处,密度随着击数的增大而增大,但增大的幅度是越来越小的,说明在一定深度处,通过增大夯击能的方法来提高红砂岩风化土的密实度已不合理,效果不佳,会造成巨大的能量浪费,这时必须合理地分层。

### 3 结论

文中通过分析红砂岩风化土室内强夯试验成果主要得出以下结论:

(1)单点夯在侧面刚性约束,底面柔性约束条件下,总夯击能越大,竖向位移与深度之间的非线性关系越显著,但夯击能在土中的传播存在着一定的影响深度。

(2)单点夯在侧面和底面都为刚性约束条件下,红砂岩风化土颗粒水平位移的大小与其离夯点的水平距离先正相关,然后负相关。各土层水平位

移随着深度的增加而逐渐减小,减小的幅度经历了一个先小后大再小的过程。水平位移随总夯击能的增大而增大,增大的幅度随着深度的增加越来越小。

(3)单点夯在侧面刚性约束,底面柔性约束条件下,红砂岩风化土的密度随着总夯击能的增大而增大,增大的幅度在一定深度范围内是随着深度的增大而越来越小的。

### 参考文献:

- [1] 叶观宝,高彦斌.地基处理新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] 汤庆荣,杨建永.强夯法加固地基的设计理论及数值模拟的研究[J].江西理工大学学报,2008,29(3):38-38.
- [3] 任新红.绵阳机场强夯影响深度及有效加固深度研究[J].路基工程,2008(5):50-51.
- [4] 曲兆军,欧阳振华,高永涛.强夯作用下的红粘土地基压实特性研究[J].路基工程,2010(2):174-176.
- [5] 刘新龙,李 宁.强夯加固黄土路基相关参数对加固效果的影响[J].路基工程,2008(4):70-72.
- [6] 吕建兵.强夯加固软基机理及其在道路工程中的应用[J].路基工程,2008(2):161-162.
- [7] 孟庆山,汪 稔.软土动力固结理论研究及应用的现状[J].建筑技术,2005(3):56-58.
- [8] 曾林中,李 亮.红砂岩强夯特性试验研究[J].路基工程,2007,131(2):91-93.
- [9] 罗 恒,邹金锋,李 亮,等.红砂岩碎石土高填方路基强夯加固时的动应力扩散及土体变形试验研究[J].岩石力学与工程学报,2007,26(s1):2701-2706.
- [10] 文素琴.红砂岩路基施工技术与管理控制研究[J].公路工程,2008,33(3):106-112.
- [11] 郭乃正,邹金锋,李 亮,等.大颗粒红砂岩高填方路基强夯加固理论与试验研究[J].中南大学学报,2008,39(1):188-188.
- [12] 王桂尧,胡振南,匡希龙.红砂岩路基强夯处理大变形数值模拟方法与效果分析[J].岩土力学,2008,29(9):2451-2456.
- [13] 杨建华,胡振南.红砂岩填石路基强夯处理的试验研究[J].武汉理工大学学报,2008(3):90-94.
- [14] 张剑锋,岳国生.红砂岩修筑浆砌石坝的岩土工程研究[J].上海地质,1989,30(2):1-6.