

# 含水量对泥质岩风化料击实的影响

郭建华<sup>1</sup>, 李晓武<sup>2</sup>, 刘多文<sup>2</sup>

(1 湖南省地质工程勘察院, 湖南 株洲 412003;

2 湖南省交通规划勘察设计研究, 湖南 长沙 410007)

**摘要:** 在公路施工中, 为了提高路基的强度和稳定性, 必须对路基的填土进行压实。通过对衡阳盆地泥质岩风化(包括人工机械破碎、人为的物理和化学法)形成的类似土“石”混合非均质料与一般细粒土的击实差异研究, 着重从含水量这一方面分析了泥质风化料独特的击实机理。

**关键词:** 泥质岩风化料; 含水量; 干容重; 击实; 衡阳盆地

**中图分类号:** TU43; TU45

**文献标识码:** A

在公路施工中, 为了提高路基的强度和稳定性, 使路基路面在使用过程中不会因路基强度差或稳定性不高而产生有害变形, 就必须对路基填土进行压实, 对于一般的细粒土, 压实的程度越高(单位体积内的物质越多), 土料强度越高、稳定性越好。对泥质岩及泥质岩风化(包括人工机械破碎、人为的物理和化学风化)形成的类似土“石”混合非均质料而言, 其压实受到众多因素的影响, 远比细粒土的压实复杂, 因此需要研究其压实性, 包括它的压实机理、压实方法及压实指标的评价, 这样才能正确掌握其压实与强度和稳定性的关系。

在室内对土料进行击实, 影响击实的主要因素有: 含水量、土料的颗粒组成以及击实功。此外, 土料的类型对击实也有明显影响。风化料击实的特殊性主要表现在: 一、风化料颗粒成分组成中含有粗颗粒( $> 0.1 \text{ mm}$ )而不同于一般的细粒土; 二、在击实中粗颗粒破碎改变颗粒级配组成又不同于一般的砾石土; 三、粗颗粒的破碎扩容和受力后的大变形形成紧密镶嵌结构对干容重值的变化产生复杂影响。因此风化料作为一种特殊的土料类型, 会在击实过程中表现出自身的特点。本文以衡阳盆地泥质岩风化料为例从含水量这一方面阐述风化料独特的击实机理。

从风化料击实试验发现, 风化料击实样的干容重对含水量变化的反应比较“迟钝”。见图1, 含水量从3.8%增大到8.8%(最佳含水量), 干容重仅增加2%, 经分析, 造成这种现象的原因有二: 一是风化料中泥质岩角砾本身就含有一定的水份, 而且角砾含量占多数, 这影响了由于细粒含水量变化, 而使风化料总体含水量变化的趋势; 二是随着含水量增大, 粗颗粒破碎率增大, 扩容现象使干容重随含水量增加而增大的趋势减缓。

除粘性土外, 一般土粒的击实曲线是单峰的。但对风化料而言, 当粗颗粒含量 $> 40\%$

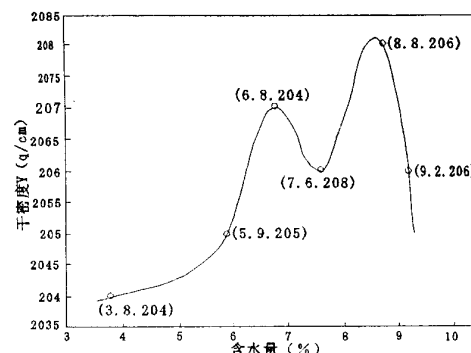


图1 粗粒含量77%风化料的击实曲线

Fig.1 Hit-solid curves of content 77% coarse weathered material

收稿日期: 2002 - 04 - 11; 修订日期: 2002 - 06 - 20

第一作者简介: 郭建华, 男, 大学, 工程师, 从事水文地质工程地质工作。

时，击实曲线就出现双峰，见图1所示，其双峰曲线的形成机理与粘性土完全不同。作者把击实曲线划分成4个阶段。对各阶段的分析如下：

第一阶段：含水量较小，图1中的3.8 % ~ 6.8 %，风化料颗粒之间的内摩擦阻力较大，而且因含水量小，颗粒的强度较大，破碎时表现为脆性。颗粒间相互靠近和颗粒破碎充填颗粒间隙空间这两种趋势使风化料的干容重增大，颗粒以脆性破裂为碎屑状来充填颗粒间隙。随着含水量增大，颗粒内摩擦系数减小，但单位体积内有效接触点（指相互接触并可承受一定压力，亦称配位数）并没有增多，因此单位体积内摩擦阻力随着含水量的增加而减小，颗粒间隙空间出现减小的趋势。当颗粒间隙被充填满时，干容重就达到第一阶段的最大值。在本阶段内，因含水量小，颗粒之间摩擦力大，阻碍了颗粒的滑动和转动，颗粒分布表现无序性，形成松散的集聚体结构。在击实试验中，含水量处于第一阶段的击实泥质岩风化料内聚力极低，稍受外力就散开。

第二阶段：表1中含水量6.8 % ~ 7.6 %。在本阶段内，随着含水量的增加，颗粒间摩擦阻力减小，粗颗粒间出现滑动和转动现象，有序性略有增强。由于粗颗粒间隙已被细一级的泥质岩碎屑充满，粗颗粒间的滑动造成颗粒间隙空间扩大，使干容重出现减小趋势。

表1 衡阳大浦一号料场泥质岩粉砂岩浸水试验

Table1 Soaking test of mudstone and siltstone of Hengyang- Dapu material field No.1							
序 号	1	2	3	序 号	1	2	3
含水量（%）	8.5	9.1	10.7	膨胀率（%）	0.35	0.20	0.15
干容重（g/cm <sup>3</sup> ）	2.06	2.07	2.03	吸水量（g）	142	87	63

第三阶段：图1中含水量7.6 % ~ 8.8 %。在本阶段内，随着含水量的增加，摩擦系数小到使单位体积内摩擦阻力进一步减小（与第一阶段的单位体积摩擦阻力相比），颗粒再次出现相互靠近趋势，摩擦产生的细粒使颗粒间更小的间隙得以充填。这两种趋势大于含水量增大而使干容重减小的作用，风化料的干容重又出现随含水量增加而增大的现象。在本阶段内，颗粒间形成镶嵌结构，有序性进一步增强。

第四阶段：图1中含水量8.8 % ~ 9.2 %。在这一阶段，虽然土的内摩擦力随含水量增加还不断在减小，但单位体积的土体中，空气体积已减小到最小限度，而水的体积却在不断增加。由于水是不可压缩的，因此，在相同的压实功下，土的干容重出现减小的趋势。另外，击实过程中，水的润滑使颗粒间摩擦滑动加剧。在这两种趋势作用下，本阶段干容重随含水量增加而显著减小，曲线斜率较大，颗粒排列的有序性亦大大增大。

通过对不同含水量击实样（重型击实）的颗粒级配分析可以发现，在第一、二两个阶段，中粒径（2 ~ 5 mm）含量增加25 % ~ 35 %（与击实前相比，下同），细粒径（< 2 mm）增加10 % ~ 15 %，但在最后两个阶段，中粒径仅增加30 % ~ 45 %，而细粒径增加50 % ~ 70 %。这些成果对以上的各阶段分析有一定的说明作用。

从击实曲线看，即使含水量远小于最优含水量（图1中8.8 %），击实度亦可达到98 % 以上，似乎可以放松对含水量的限制。作者对不同含水量的击实样（击实前粗粒含量相同，重型击实）作了不浸水和浸水的强度试验，发现越干的击实样（小于最佳含水量），在横向外力作用下越易散成渣状，即内聚力越小。而且在浸水（连同击实筒）后，颗粒间隙产生明显的湿陷作用，强度明显降低，从击实筒挤出后失去固定形态。这是因为越干的击实样，击实后颗粒排列的无序性越强，颗粒间往往形成许多架空孔隙，孔隙间的细粒压实度低，浸水后

细粒在水的毛细力作用下原始组破坏，产生湿陷，同时水膜增厚，水的吸附作用减小，细粒对粗颗粒的粘结力大大减弱，挤出击实筒后，立即散为泥状。当含水量逐渐增大并大于最佳含水量时，颗粒间隙的湿陷作用亦逐渐减弱。表1是一组粗粒含量为70%，最佳含水量8.8%，最大干容重 $2.08\text{ g/cm}^3$ 的风化料，在不同含水量状态下击实（重型击实）后浸水96小时后进行吸水量和膨胀率都趋向减小，即稳定性提高。

通过以上试验分析结果可以得出，虽然风化料的干容重对含水量的反应“迟钝”，但其强度和稳定性明显受到含水量变化的影响。因此，对于衡阳盆地的这种特殊“泥质岩风化料”，在公路工程施工中不能忽视路基填料含水量的影响，以确保中基的强度和稳定性。

## IMPACTS OF THE WATER CONTENT UPON HIT-SOLID OF WEATHERED MUDSTONE

GUO Jian-hua<sup>1</sup>, LI Xiao-wu<sup>2</sup>, LIU Duo-wen<sup>2</sup>

(1 Hunan Institute of Geological Engineering Exploration, Zhuzhou Hunan 412003, China;

2 Hunan Institute of Traffic Layout and Exploration, Changsha Hunan 410007, China)

**Abstract:** In the construction of highroad, the filling of roadbed must be pressed solid in order to improve the intensity and stability. In this paper, the difference in hit-solid between heterogeneous materials, which bear an analogy to blended soil and "stone", were formed by manual machine crushing weathered mudstone or by other contrived physical and chemical methods, and common granule soil was analyzed mainly from the water content, and the special hit-solid mechanism was set forth.

**Keywords:** Mudstone-weathered material; Water content; Dry unit weight; Hit-solid; Hengyang basin

## 湖南省首批省级地质公园诞生

为了有效保护、合理开发和永续利用地质遗迹资源，服务人民生活和地方经济发展，经湖南省地质遗迹（地质公园）评审委员会评审通过，湖南省地质遗迹（地质公园）审批领导小组批准，于2002年12月18日，湖南省国土资源厅以湘国土资发[2002]70号文公布了安化雪峰湖地质公园、龙山乌龙山地质公园、涟源湄江岩溶地质公园、通道万佛山地质公园、花垣古苗河地质公园、吉首德夯地质公园、攸县酒埠江地质公园等7家地质公园为首批湖南省省级地质公园。通知要求地质公园所在地县级以上人民政府及其国土资源主管部门应加强地质遗迹保护和地质公园的动态监督管理，协调好园区内其他部门的关系，为促进资源环境、经济的持续发展做贡献。

（湖南省国土资源厅地环处魏军才供稿）