

# Study on the Influence of Moisture State on the Shear Strength of Gravel Soil

Aisong Tang, Qian Xiang, Chong Chen

Key Laboratory of Geotechnical Mechanics and Engineering of the Ministry of Water Resources, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan Hubei  
Email: t51932@163.com

Received: Nov. 14<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 28<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 5<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In order to study the influence of water-bearing state on the shear strength of gravel soil, six groups of *in-situ* direct shear tests were arranged in the field for the comparative analysis under natural state and saturated state. The test results show that the friction coefficient  $f'$  and cohesive force  $c'$  of gravel soil all decrease to different degrees due to act of water. Meanwhile, the degree of cohesive force decreases is much larger than that of friction coefficient, indicating that the influence of moisture state on the strength parameters of gravel soil is mainly reflected in the cohesive force.

## Keywords

Gravel Soil, Strength Parameters, *In Situ* Direct Shear Test, The Moisture State, Coefficient of Internal Friction, Cohesive Force

---

# 含水状态对碎石土抗剪强度的影响研究

唐爱松, 向前, 陈冲

长江科学院水利部岩土力学与工程重点实验室, 湖北 武汉  
Email: t51932@163.com

收稿日期: 2019年11月14日; 录用日期: 2019年11月28日; 发布日期: 2019年12月5日

---

## 摘要

为研究含水状态对碎石土抗剪强度的影响, 在现场布置了6组碎石土原位直剪试验进行天然状态和饱和状态下的对比研究。试验结果表明, 饱水状态下的碎石土由于水的作用, 碎石土强度参数摩擦系数 $f'$ 、粘聚力 $c'$ 均有不同程度下降, 但粘聚力 $c'$ 降低的程度远比摩擦系数 $f'$ 降低程度大, 说明水对碎石土强度参

数的影响主要体现在对粘聚力 $c'$ 的影响上。

## 关键词

碎石土, 强度参数, 原位直剪试验, 含水状态, 摩擦系数, 粘聚力

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 概述

碎石土是由砾石、碎石、粘土及细砂等组成的土石混合物, 是介于土体和岩体之间的一种特殊地质体。这种特殊地质体存在于各种路基、水利枢纽边坡中, 给工程建设带来了诸多问题, 同时也引起了国内众多研究者的重视。自 20 世纪 70 年代以来, 国内学者对就含水状态对碎石土强度的影响研究取得了不少的成果。李恒[1]结合细粒土室内直剪试验, 并在大剪试验下研究了不同含水率(15%、18%、20%)的碎石土抗剪强度参数的特性; 彭东黎[2]基于大型室内直剪试验结果, 对含水量分别与堆积体边坡碎石土黏聚力及内摩擦角的关系进行了深入研究; 程学军[3]以克拉玛依地区碎石土为研究对象, 对 30 组处于不同密实状态下的碎石土的大型直剪试验数据, 研究了碎石土的强度特性; 王新刚[4]采用大型室内及现场两用直剪仪分析西藏邦铺矿区碎石土力学性质。并结合大型剪切试验、室内试验成果、理论公式, 利用国际知名软件 FLAC 建立地质模型, 分析了西藏邦铺北东碎石土边坡稳定性; 李大鑫[5]采用直剪试验和三轴试验两种试验方法, 测得碎石土的抗剪强度指标并进行了对比分析; 时卫民[6]对三峡库区不同含水量的碎石土剪切强度试验研究。徐静[7]选取皖南山区典型碎石土为研究对象, 采用碎石土中剪试验方法, 设计碎石土试样的中、细砾和块石含率不同的 5 组试验, 总结试验规律, 给出皖南山区一类碎石土抗剪强度参数; 郭喜峰[8]以奉节县三处典型滑坡体原位直剪试验为依据, 分析了泡水前后碎石土抗剪强度及其与颗粒分布的关系, 得出了碎石土的抗剪强度参数及其与含水量的关系。关于水对碎石土强度参数的影响的成果大部分在室内取得的, 而现场试验成果较少。

碎石土的强度特性直接关系到碎石土边坡安全稳定。为研究水对碎石土强度参数的影响, 笔者通过现场试验取得的碎石土天然和饱和状态下强度参数, 进行对比分析, 得出水对碎石土强度参数的影响程度, 为碎石土边坡稳定分析提供参考。

## 2. 试验布置和试样制取

试验布置在待试验边坡的坑槽内见图 1。

试验点由专业石工手工清除松软物质, 然后进行试样制备。在坑槽一侧进行制样。将碎块石土加工成长  $\times$  宽  $\times$  高为 50 cm  $\times$  50 cm  $\times$  35 cm 的试体。立即用刚钢模套住, 并且立即固定钢模。钢模与试样间的空隙填实。见图 2。

## 3. 试验安装

先安装法向应力, 若天然状态直剪试验可直接安装剪切应力进行试验; 饱和状态直剪试验, 则需要先在剪切面上施水, 剪切面下部见有水滴出或渗出即视为饱和, 待饱和后, 安置剪切应力进行试验。试验安装原理图见图 3, 现场试验安装见图 4~图 5。



Figure 1. Test pit of *in situ* direct shear  
图 1. 原位直剪试验坑槽



Figure 2. Sample preparation  
图 2. 试样制取

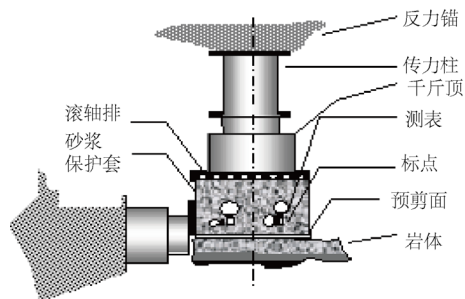


Figure 3. Schematic diagram of test installing  
图 3. 试验安装原理图



Figure 4. Sample saturated  
图 4. 试样饱水图



Figure 5. Test installing  
图 5. 试验安装图

#### 4. 现场试验成果

根据天然状态和饱和状态下抗剪断试验剪应力峰值与相应的正应力拟合剪应力  $\tau$  与正应力  $\sigma$  关系曲线[9][10], 见图 6~图 8。

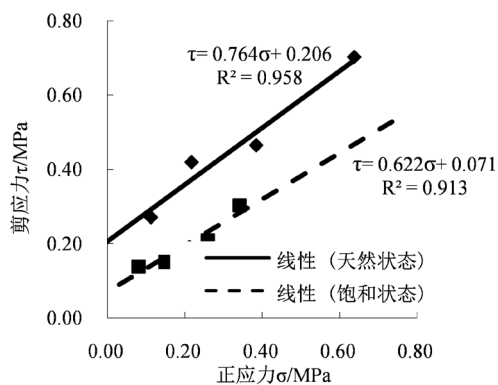


Figure 6. Comprehensive relation curve  $\tau$ - $\sigma$  of test group 1

图 6. 试验组 1  $\tau$ - $\sigma$  综合关系曲线

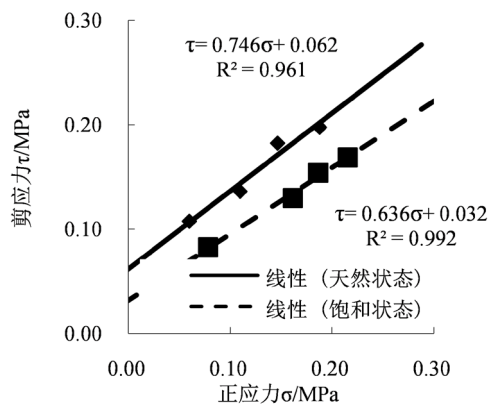


Figure 7. Comprehensive relation curve  $\tau$ - $\sigma$  of test group 2

图 7. 试验组 2  $\tau$ - $\sigma$  综合关系曲线

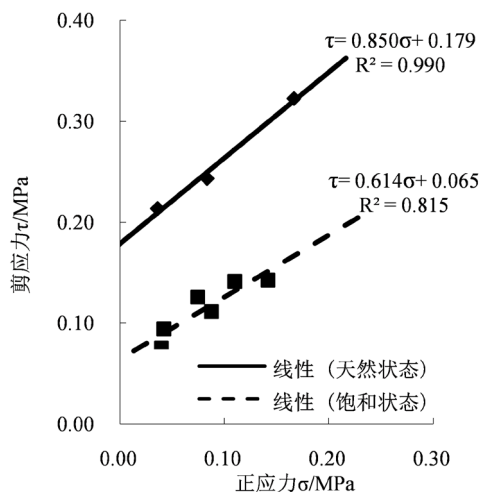


Figure 8. Comprehensive relation curve  $\tau\sim\sigma$  of test group 3

图 8. 试验组 3  $\tau\sim\sigma$  综合关系曲线

## 5. 天然、饱和状态抗剪强度对比

根据图 6~图 8, 列表进行饱水前后直剪强度参数对比, 见表 1。

Table 1. Comparison of strength parameters before and after water saturation

表 1. 饱水前后强度参数对比

试验组	含水状态	抗剪断强度参数	
		$f$	$c'/\text{MPa}$
试验组 1	天然	0.764	0.206
	饱和	0.622	0.071
	降低(%)	18.6	65.5
试验组 2	天然	0.746	0.062
	饱和	0.636	0.032
	降低(%)	14.7	48.4
试验组 3	天然	0.850	0.179
	饱和	0.614	0.065
	降低(%)	27.7	63.7

从表 1 可看出, 饱水后比饱水前强度参数有不同程度的下降,  $f$  降低 14.7%~27.7%,  $c'$  降低 48.4%~65.5%,  $c'$  降低的程度远比  $f$  降低程度大, 说明水对碎石土强度参数的影响主要体现在对  $c'$  的影响上。

根据国内学者[1] [2] [6]通过室内试验, 研究水对碎石土的强度影响, 其结论主要有: 碎石土摩擦系数  $f$  随含水量的增加而减小, 当含水量小于 15% 时, 摩擦系数  $f$  轻微减小, 而当含水量在 15%~20% 时, 摩擦系数  $f$  快速降低, 当大于 20% 时, 摩擦系数  $f$  降低比较缓慢。碎石土粘聚力  $c'$  随含水量的增加先是增加后减小。当含水量小于 18% 时, 内聚力增加, 当含水量大于 18% 时减小。从研究结论可得出, 含水状态下, 碎石土强度参数摩擦系数  $f$ 、粘聚力  $c'$  均会下降, 现场试验结果也符合这规律。但室内试验结论国

内学者未给出摩擦系数  $f'$ 、粘聚力  $c'$  哪个下降更快。

## 6. 结论

1) 现场进行了 3 组天然、饱和状态下碎石土强度对比试验, 试验结果表明含水状态下, 碎石土强度参数下降, 与室内试验国内学者给出的结论吻合。

2) 对比试验表明, 含水状态下, 粘聚力  $c'$  降低的程度远比摩擦系数  $f'$  降低程度大, 说明水对碎石土强度参数的影响主要体现在对粘聚力  $c'$  的影响上。

## 参考文献

- [1] 李恒, 滕伟福, 李俊杰, 张笛. 巴东三中滑坡碎石土抗剪强度特征研究[J]. 安全与环境工程, 2016(11): 46-52.
- [2] 彭东黎, 李志勇. 堆积体边坡碎石土抗剪强度试验研究[J]. 公路工程, 2014(2): 254-257.
- [3] 陈学军, 郭宇彬, 王珍珍, 余意, 苏晟霖. 克拉玛依地区碎石土抗剪强度参数的优选[J]. 路基工程, 2015(1): 31-34.
- [4] 王新刚, 胡斌, 刘强, 余宏明. 碎石土大型直剪研究与边坡稳定性分析[J]. 长江科学院院报, 2013(6): 63-66.
- [5] 李大鑫, 侯艳玲. 碎石土的抗剪强度分析[J]. 中国水运, 2009(8): 184-185.
- [6] 时卫民, 郑宏录, 刘文平, 郑颖人. 三峡库区碎石土抗剪强度指标的试验研究[J]. 重庆建筑, 2005(2): 30-35.
- [7] 徐静, 周毅. 皖南山区典型碎石土抗剪强度试验研究[J]. 甘肃水利水电技术, 2013(5): 28-31.
- [8] 郭喜峰, 晏鄂川, 刘洋. 三峡库区碎石土滑坡体抗剪强度研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2015(2): 68-71.
- [9] 唐爱松, 向前. 旭龙水电站坝肩边坡堆积体直剪试验成果报告[R]. 长江科学院, 2018.
- [10] 唐爱松. 河南省前坪水库工程输水洞进口边坡风化砾岩直剪试验成果报告[R]. 长江科学院, 2019.