

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.06.004

散体岩土颗粒强度特性及相关影响因素研究

唐文彪, 祝方才, 田峰亮, 刘丙肖

(湖南工业大学 岩土工程研究所, 湖南 株洲 412007)

摘要: 采用改进的直剪试验, 研究土体中不同含石量与含水量对散体岩土颗粒材料抗剪强度的影响。研究表明, 抗剪强度指标随含水量增大而减小, 随含石量增大而增大。

关键词: 散体岩土颗粒; 抗剪强度; 含水量; 含石率

中图分类号: TU411

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)06-0013-03

Strength Properties of Geotechnical Particles and Its Related Factors

Tang Wenbiao, Zhu Fangcai, Tian Fengliang, Liu Bingxiao

(Institute of Geotechnical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: By means of an improved direct shear test, investigates the effects of different stone content and water content on the shear strength of geotechnical particles. The results show that the shear strength indicator reduces with the water quantity increasing and enhances with stone content increasing.

Keywords: medium geotechnical particles; shear strength; water content; stone content

0 引言

土木工程中对材料强度特性及相关影响因素研究较多, 因为工程应用上强度对坡体稳定性、支挡结构物、墙体土压力和地基承载力等方面的设计和施工影响较大。土体强度计算与土的类别有密切的关系。散体岩土颗粒是一种粘聚性低的散体混合材料^[1], 颗粒间的无粘聚性使其在受拉情况下很快发生破坏, 因此散体岩土颗粒常见破坏形态是剪切破坏。在散体岩土颗粒土抗剪强度理论及强度影响因素方面已有一些研究成果, 如: 陈希哲^[2]进行了大量大型三轴压缩试验与现场陡坡试验, 证明散体岩土颗粒土中存在一种新的力——咬合力, 此力的存在使其强度大幅度提高。目前为止我国国家规范和一般高校教材中均无此项内容, 因此, 散体岩土颗粒强度特性及相关影响因素研究具有较大的科学与应

用价值。田树玉^[3]对 20 多组散体岩土混合料进行了大型高压三轴固结排水剪切试验, 所得试验结果运用摩尔库伦强度理论、迈德罗强度理论和邓肯强度理论分析, 得出了摩尔库伦抗剪强度理论在公式数据拟合方面相关系数最高 ($R=0.9997$) 的结论。郭庆国等人^[4]分析了大量的三轴试验数据资料, 得出散体岩土颗粒强度理论符合摩尔库伦理论定律的结论。王光进等人^[5]采用改装后的大型两用直剪仪, 针对含石量对散体岩土颗粒破碎及强度特性的影响进行试验, 结果表明, 散体岩土颗粒强度随含石量增大而提高。褚福永等人^[6]对不同密度的散体岩土粗粒土进行了大三轴固结排水剪切试验, 研究发现粗粒土低围压下表现出应变软化和剪胀, 高围压下表现出应变硬化和剪缩。

国内学者们对散体岩土颗粒材料强度研究时,

收稿日期: 2012-07-11

作者简介: 唐文彪 (1987-), 男, 湖南邵阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为边坡, 隧道稳定和岩石力学,

E-mail: flamephoenix@163.com

大多是采用大型三轴试验研究散体岩土粗粒土强度特性, 研究结果精度较高但不经济。直接剪切试验是常规室内试验的一种常用方法, 其试验过程简单, 操作容易, 常用于中小型工程中测定散体岩土粗粒土的抗剪强度, 为工程设计提供强度参数指标。本文采用改进的直剪试验来研究散体岩土颗粒材料的强度特性及影响因素。

1 改进的直剪试验

1.1 试验设备

本试验采用的直剪仪主要由剪切试模、水平加载系统、垂直加载系统等组成。按照 JTG E40—2007《公路土工试验规程》, 剪切试模最小尺寸 D 与土体最大粒径 d_{max} 应满足 D/d_{max} 为 4~20。本试验中散体颗粒 d_{max} 为 30 mm, 对应试模最小尺寸为 120~600 mm。改进后的剪切试模见图 1, 其净空几何尺寸为 200 mm × 200 mm × 350 mm, 上、下试模内径高均为 170 mm。由于散体颗粒土实际剪切面是非平面状态, 剪切盒间的剪切开缝宽度为 10 mm, 这样能更真实反映土体的实际受力状态。

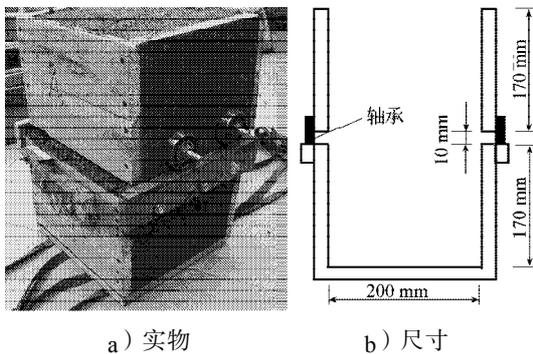


图 1 剪切试模

Fig. 1 Shear test mold

1.2 试验材料与试样制作

试验材料取自株洲市炎陵县的砂性土和碎石。为便于应用, 大多数研究中将 5 mm 定义为粗细颗粒区间粒径, 粒径大于 5 mm 颗粒称为粗颗粒 (P_5 表示), 小于 5 mm 颗粒为细颗粒^[7]。本试验按不同 P_5 含量和土体含水量进行掺配 (见表 1)。

表 1 P_5 含量和土体含水量

序号	P_5 含量 / %	土体含水量 / %
1	30	6
2	30	8
3	30	10
4	40	8
5	50	8

不同 P_5 情况下散体岩土颗粒级配曲线见图 2。

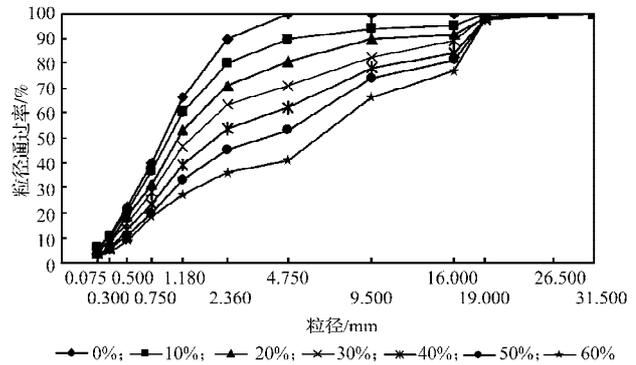


图 2 散体岩土颗粒级配曲线

Fig. 2 The geotechnical particle grading curve

将砂土和碎石风干后按 P_5 要求掺配, 再按规定含水量加水拌和均匀后用塑料袋密封浸润一昼夜。次日均按控制干密度 2.00 g/cm^3 装料于剪切试模中, 分多层夯实, 层间刨毛, 保证各个试样干密度一致和粗颗粒随机分布均匀。每组试样分别在垂直应力为 12.5, 25.0, 50.0 kPa 下进行水平剪切试验。

试验过程中, 水平荷载控制方式为位移控制方式, 加载速率为 1.8 mm/min, 3 种垂直应力工况下进行水平剪切。计算机自动采集水平位移和水平剪力, 采用位移控制进程, 水平位移达 50 mm 时停止试验, 结束单次试验。

2 试验数据分析

2.1 含水量、含石量与抗剪强度参数

图 3 是土体含石量为 30% 的情况下, 3 种不同含水量 (6%~10%) 与抗剪强度参数的关系。由图可知, 抗剪强度指标粘聚力和摩擦角与含水量变化呈负线性关系。含水量从 6% 升至 10% (增幅 66.7%), 粘聚力从 40.768 kPa 降至 25.808 kPa (降幅 36.7%), 摩擦角从 48.9° 降至 46.1° (降幅 5.7%)。

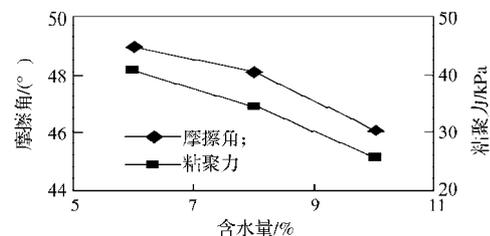


图 3 土体含水量与抗剪强度参数的关系

Fig. 3 Relationship of water content and shear strength parameters

图 4 是土体含水量为 8% 时, 3 种不同含石量 (30%, 40%, 50%) 与抗剪强度参数的关系。由图可知, 抗剪强度指标粘聚力和摩擦角与含石量变化呈正线性关系。含石量从 30% 升至 50% (增幅 66.7%), 粘聚力

从34.613 kPa增至41.753 kPa (增幅20.6%), 摩擦角从48.1°增至53.5° (增幅11.2%)。

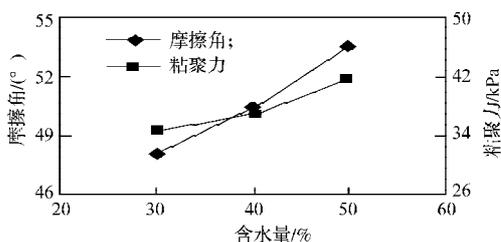


图4 土体含石量与抗剪强度参数关系

Fig. 4 Relationship of stone content and shear strength parameters

3 结论

针对粗粒土抗剪强度的上述试验和相关研究, 可得如下主要结论:

1) 抗剪强度损失量集中在8.0~12.0 kPa之间。工程实践中, 混合材料抗剪强度损失量可取10 kPa为参考值。

2) 从试验数据情况分析, 正应力与剪应力呈线性相关(相关系数 R 良好), 本试验粗粒土体抗剪强度破坏准则采用粗粒土抗剪强度准则是适宜的。

3) 土体含水量、含石量与抗剪强度参数有密切关系: 抗剪强度参数随含水量增大而减小, 随含石量增大而增大。含水量变化主要影响粘聚力改变, 含石量变化对粘聚力和摩擦角改变均较大。综合比较, 含石量变化对抗剪强度参数影响大于含水量变化的影响, 且含石量变大为有利影响。

4) 剪切位移变化主要集在22~34 mm之间。工程实践中, 粗粒土体剪切位移可取28 mm为参考值。

参考文献:

[1] Ohene Karikari-Yeboah, Yeboah Gyasi-Agyei. Stability of Slopes Characteried by Colluvium: Investigation, Analysis

and Stabilization[J]. Geotech, 2000, 10(3): 17-25.

[2] 陈希哲. 粗粒土的强度与咬合力的试验研究[J]. 工程力学, 1994, 11(4): 56-63.

Chen Xizhe. Research on the Strength of the Coarse Grained Soil and the Interlocking Force[J]. Engineering Mechanics, 1994, 11(4): 56-63.

[3] 田树玉. 粗粒土抗剪强度特性的研究[J]. 大坝观测与土工测试, 1997, 21(2): 35-38.

Tian Shuyu. Study on Strength Characteristics of Coarse Grained Soil[J]. Dam Observation and Geotechnical Tests, 1997, 21(2): 35-38.

[4] 郭庆国. 关于粗粒土抗剪强度特性的试验研究[J]. 水利学报, 1987(5): 59-65.

Guo Qingguo. Research on Strength Characteristics of Coarse Grained Soil[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1987(5): 59-65.

[5] 王光进, 杨春和, 张超, 等. 粗粒含量对散体岩土颗粒破碎及强度特性试验研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(12): 3649-3654.

Wang Guangjin, Yang Chunhe, Zhang Chao, et al. Experimental Research on Particle Breakage and Strength Characteristics of Rock and Soil Materials with Different Coarse-Grain Contents[J]. Rock and Soil Mechanics, 2009, 30(12): 3649-3654.

[6] 褚福永, 朱俊高, 王观琪, 等. 粗粒土变形与强度特性大三轴试验研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2011, 42(4): 572-578.

Chu Fuyong, Zhu Jungao, Wang Guanqi, et al. Large-Scale Triaxial Test Study on Deformation and Strength Characteristics of Coarse Grained Material[J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science Edition, 2011, 42(4): 572-578.

[7] 徐文杰, 胡瑞林. 土石混合体概念、分类及意义[J]. 水文地质工程地质, 2009(4): 50-56.

Xu Wenjie, Hu Ruilin. Conception, Classification and Significations of Soil-Rock Mixture[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2009(4): 50-56.

(责任编辑: 邓光辉)