

杨凌揉谷黄土动强度变化规律研究

张 帅, 骆亚生

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以杨凌揉谷原状和重塑黄土为研究对象,进行不同含水率、干密度和固结围压下的动强度试验,探究单向激振下土样动强度随振次变化规律,对比原状和重塑土样动强度值差异,为西部地区工程建设抗震设计提供一定参考。结果表明:随着干密度的增加、含水率的降低、固结围压的增加,相同破坏振次下的土样动强度值增大,原状土样和重塑土样的动强度值差异随固结围压的增大而增大,随含水率增大稍有减少。

关键词:黄土; 动强度; 动三轴; 杨凌

中图分类号: TU435

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)05-0055-04

Research on the law of loess dynamic strength variation at Rougu of Yangling

ZHANG Shuai, LUO Yasheng

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Aimed at the loess of Yangling Rougu, the paper used the SDT-20 dynamic triaxial apparatus to research the dynamic strength variation by change moisture content, dry density and consolidation confining pressure of original and reconstituted samples, at the same time contrasted dynamic strength differences between original and reconstituted loess, so as to provide a basis for anti-seismic design in western China. The results show that, with the increase of dry density, moisture content is reduced and the confining pressure of consolidation increases, the same destruction vibration time of the soil sample, dynamic strength increases, the difference of dynamic strength value between original soil samples and reconstituted ones increases with the confining pressure of consolidation enhances and slightly reduce with the increase of moisture content.

Key words: loess; dynamic strength; dynamic triaxial apparatus; Yangling

0 引 言

由于黄土主要集中分布在中国的西部地区,且中西部地区很多处在地震带上,自西部大开发战略实施以来,引起了一系列的工程问题亟待解决,因此,对于黄土的动力特性的研究对国民经济、科技的发展和西部大开发战略的稳步推进具有重大意义和必要性,其中土动强度的研究也就尤为重要。

黄土的动强度是随着动荷载作用的大小、速率的快慢和循环效应的不同而具有的不同的动强度值,当循环荷载在土样上施加时,土体的应变将会随动应力的增大而增大,或者随动荷循环作用次数的增大而增大。当在已经确定了建设工程抗震等级时,只有根据动强度变化规律改变基础黄土的含水

率、干密度等来提高固定破坏振次下的动强度值,从而实现工程的安全性和经济性的兼顾统一。

1 试验土样及设备

1.1 试验土样

试验所用黄土土料取自杨凌揉谷乡某塬断面,纵向取土深度为6~8 m,侧向取土深度约1 m,属于 Q_3 黄土。由酒精燃烧法测得天然含水率为18.22%,天然湿密度 1.802 g/cm^3 ,天然干密度 1.52 g/cm^3 ,比重2.71,天然孔隙比为0.78,经过标准击室实验得土样的最大干密度为 1.703 g/cm^3 ,最优含水率19.3%。试验土料其他主要的物理性质指标见表1。

1.2 试样制备

试验所用土样为 $39.1 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$ 圆柱实心土

收稿日期:2012-07-10; 修回日期:2012-09-21

基金项目:国家自然科学基金(51178392)资助项目;基于土体结构性变化的黄土滑坡灾变机理研究;教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-06-0864)项目

作者简介:张帅(1988-),男,内蒙古呼和浩特人,在校本科生,研究方向:黄土的动、静强度在工程中的应用。

通讯作者:骆亚生(1967-),男,陕西泾阳人,博士生导师,教授,主要研究方向为黄土静、动力学特性的试验、理论及其工程应用研究。

样,分为原状和重塑土样两类,原状土样由原状土样切削器制成,重塑土样由风干、碾压、过筛、配土后分层压制。土样制成后用保鲜膜包裹,在养护缸内养护 24 h 备用,以保证含水率均匀且不变化。

表 1 黄土土样的物理性质指标 %

土样来源	液限	塑限	塑性指数	按塑性图分类	颗粒组成		
					>0.075	0.075 ~ 0.005	<0.005
杨凌揉谷	35.8	18.3	17.5	CL	3.5	68.6	27.9

1.3 试验设备

本文进行的黄土动强度试验所用仪器为 SDT-20 型微机控制电液伺服细粒土土动三轴试验机(见图 1),该设备轴向激振负荷范围为 0~20 kN,轴向变形控制 0.01~5 mm/min,轴向激振器行程(位移)为 ± 50 mm;三轴压力室能够承受的压力为 3

MPa;试验波形能够实现正弦波、三角波、方波、梯形波和斜波等;轴向和侧向激振频率为 0~20 Hz,可分别激振,也可复合激振,同时可以实现以正弦波形式激振时,轴向和侧向相位的 360 度自由调节。

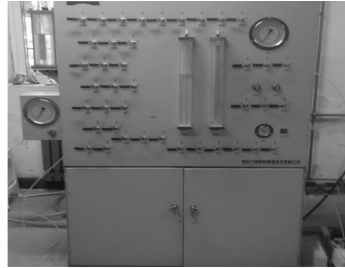
2 试验方案及方法

2.1 试验方案

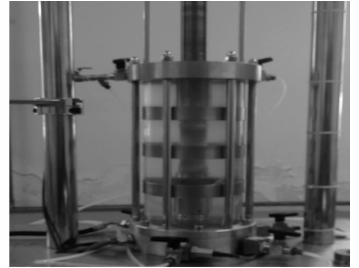
试验采用控制单一变量的试验方案,探究各影响因素对动强度的影响规律。原状土样改变含水率控制 3 个值,分别为 14%、18.2% 和 22%;改变等压固结条件,分别为 $K_c = 1$ 的条件下,围压为 100、200 和 300 kPa;重塑土样除了与原状土样制备相同试样进行对比试验外还改变干密度,控制为 1.52、1.60 和 1.70 g/cm³。试验共计土样 36 个,原状土样 15 个,重塑土样 21 个。



(a) 设备全图



(b) 试验控制阀门面板



(c) 三轴室

图 1 试验设备

2.2 试验方法

试验采用 $K_c = 1$ 的等压固结不排水,轴向振动频率为 1 Hz,围压不振动的动强度试验,振动波形采用正弦波。土样破坏标准选取为 5% 轴向变形。

试验分别用 3~5 个试样进行不同的固结围压、不同土样含水率和干密度的动强度试验,改变轴向动应力大小(以 2.5 kPa 为最小单位不断调整,进行重复试验,直至达到分散的动应力与破坏振次点关系),绘制动强度曲线,分析不同因素对黄土动强度值的影响规律。

3 试验数据分析

3.1 含水率变化对动强度的影响

由图 2 和 3 可知,在其它条件均相同的条件下,原状和重塑黄土的动强度随含水率的增加而降低,且随着含水率的增加而降低的幅度越大。造成这一规律的原因是由于在含水率较低时,土颗粒之间黏结程度较好,具有一定的整体结构性,但是当水分增加后,这种作用力就会逐渐降低丧失,导致土样整体

强度明显降低。

3.2 固结围压对动强度的影响

由图 4 和 5 可知,固结围压的大小对黄土动强度的影响是明显的,固结围压越大,土样动强度就越高,固结围压越高,土样中的土颗粒排列越紧密,土体的密实度越高,从而使得土样抵抗振动破坏的能力越强,破坏所需的动强度值就越高。

3.3 干密度对动强度的影响

在改变干密度进行试验探究干密度对土动强度影响的过程中,只选取了固结压力为 200 kPa 的情况下分析不同干密度强度变化规律。由图 6 可知,相同破坏振次下黄土土样破坏所需的动强度随干密度的增加而增加。

3.4 原状和重塑土样动强度差异影响因素分析

3.4.1 含水率变化时强度差异 由图 7(图中纵坐标采取相同最大最小值)可知,在 200 kPa 的固结围压、不同含水率条件下原状黄土土样的动强度比重塑黄土土样的动强度高,当其它条件不变的情况下,含水率变化对原状黄土和重塑黄土动强度差异的影响不显著,相

同破坏振次下动强度值相差约 30~35 kPa。

3.4.2 固结围压变化时强度差异 由图 8 可知,在 100kPa 的固结围压时,相同破坏振次下原状土样动强度比重塑的动强度高约 15 kPa;在 200 kPa 的固

结围压时,差值约 30 kPa;在 300 kPa 的固结围压时,差值约 60 kPa,固结围压变化对原状黄土和重塑黄土动强度差异的影响比较显著,随围压的增加的差异越明显。

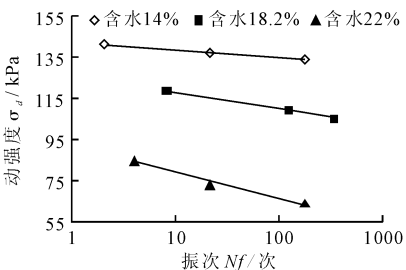


图 2 含水率变化时原状土样动强度曲线

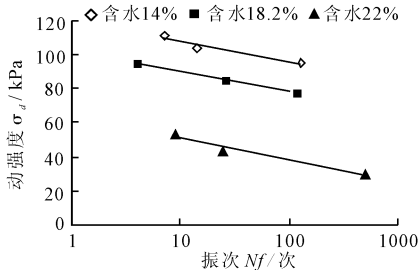


图 3 含水率变化时重塑土样动强度曲线

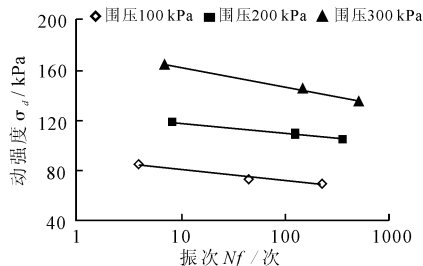


图 4 固结围压变化时原状土样动强度曲线

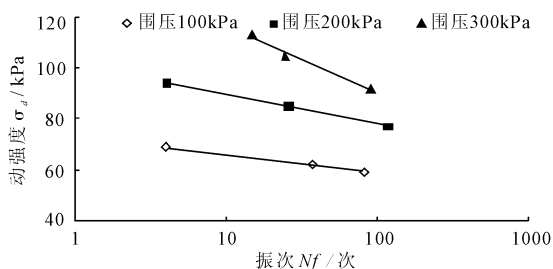


图 5 固结围压变化时重塑土样动强度曲线

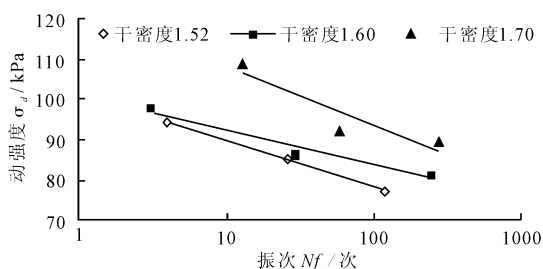


图 6 干密度变化时重塑土样动强度曲线

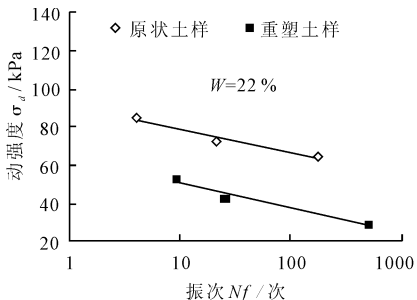
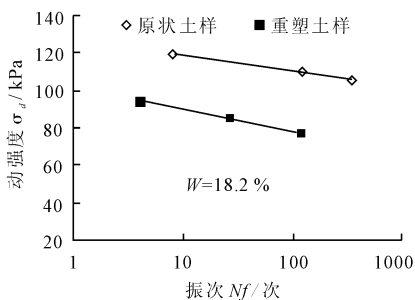
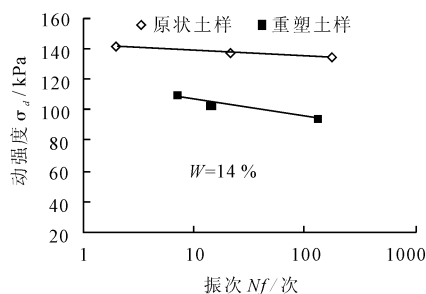


图 7 含水率变化时重塑和原状土样动强度对比

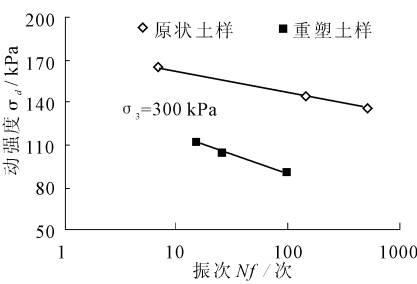
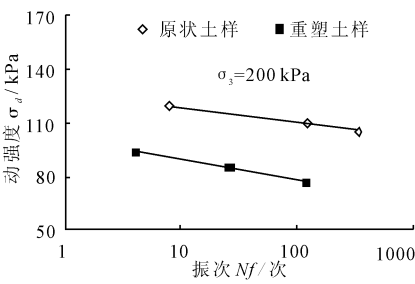
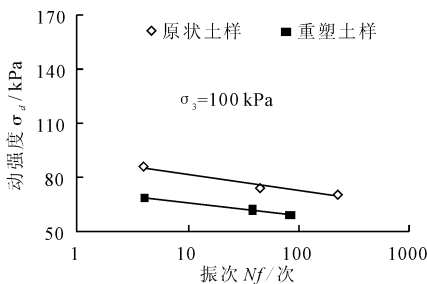


图 8 固结围压变化时重塑和原状土样动强度对比

4 结 语

为探究中西部黄土在承受单向激振的地震荷载、列车荷载等动荷载时,土体承受的动强度变化规律及影响因素,本文运用 SDT-20 型微机控制电液

伺服细粒土土动三轴试验机进行了不同条件的试验,研究了干密度、含水率、固结围压对原状黄土和重塑黄土土样动强度特性的影响规律,得到了不同试验条件下黄土动强度振次关系曲线。

(1)原状黄土和重塑黄土土样进行动三轴试验所

得结果具有相同的变化规律,对于原状土样,含水率越低、固结围压越高,一定破坏振次对应的土样的动强度值越大,而重塑土样,干密度越大、含水率越低、固结围压越高,一定破坏振次对应的动强度值越大。

(2)原状土样和重塑土样在相同土样参数和试验条件下所得到的相同破坏振次对应下的动强度值具有明显差异,但差异值受相关参数的影响,固结围压越大,原状土样和重塑土样的动强度差值就越大,而含水率的增加时动强度差值的稍有减少。

5 展 望

本文对陕西杨凌揉谷地区的黄土进行了不同含水率、干密度、固结围压条件下的动强度变化规律研究,验证了黄土的动强度特性变化规律,但由于动荷载作用时,土体承受的通常是轴向和侧向复合振动荷载,且天然固结情况也不尽相同,故而本文所控制的影响因素仍具有很大的局限性。因此,为了能够较为全面的分析研究黄土的动力特性,笔者认为可以进行以下一些相关的研究工作:

(1)本文研究所采用的试验为单一变量法,而在实际工程中,黄土受力十分复杂,可以考虑将不同条件参数相组合进行动强度研究。

(2)随着数值模拟软件的发展和普及,可以采用试验研究与数值模拟相结合的试验方法,合理综

合分析相关数据,使试验研究和数值模拟互补,得到更加准确的黄土动力特性规律。

参考文献:

- [1] 谢定义. 土动力学[M]. 西安:西安交通大学出版社, 1998.
- [2] 卞敬玲, 骆亚生. 黄土动力特性研究回顾与探讨[J]. 防渗技术, 2001, 7(4): 9-15.
- [3] 吕立强, 邵生俊, 龙吉勇. 对黄土基本动力特性的认识[J]. 地下水, 2007, 29(6): 109-111.
- [4] 谢定义, 姚仰平, 党发宁. 高等土力学[M]. 北京:高等教育出版社, 2008.
- [5] 朱思哲, 刘 虔, 马 林. 三轴试验原理与应用技术[M]. 北京:中国电力出版社.
- [6] 谭东岳, 骆亚生, 杨永俊, 等. 不同地区黄土动强度变化规律试验研究[J]. 地下空间与工程学报, 2009, 5(5): 903-910.
- [7] 骆亚生, 谢定义, 陈存礼. 黄土不同湿度状态下破坏动强度的试验分析[J]. 西安理工大学学报, 2001, 17(4): 403-407.
- [8] 骆亚生, 李 瑞, 田堪良. 非饱和黄土动力特性试验方法研究[J]. 地下空间与工程学报, 2007, 3(6): 1041-1046.
- [9] 宋 章, 程谦恭, 张 炜. 黄土动强度特性试验分析[J]. 路基工程, 2009(6): 65-67.
- [10] 谢定义. 动荷载下的土的强度特性[J]. 水利学报, 1987, 18(12): 17-32.

(上接第 54 页)

参考文献:

- [1] 中国工程院“21 世纪中国可持续发展水资源战略研究”题目组. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告[J]. 中国工程科学, 2000, 2(8): 1-17.
- [2] 贺丽媛, 夏 军, 张利平. 水资源需求预测的研究现状及发展展望[J]. 长江科学院院报, 2007, 24(1): 61-64.
- [3] Hartley J A, Powell R S. The Development of A combined water demand prediction system [J]. Civil Engineering Systems, 1991, 8(4): 231-236.
- [4] Prassifka D W. Current trends in water supply planning [M]. New York: Von Nostrand Reinhold Com - pang, 1988.
- [5] 马兴冠, 傅金祥, 李 勇. 水资源需求量预测研究[J]. 沈阳建筑工程学院学报(自然科学版), 2002, 18(2): 135-138.
- [6] Atef Al - K harabsheh, Rakad Ta any. Challenges of water demand management in Jordan[J]. Water Inter - national, 2005, 30(2): 210-219.
- [7] 姚建文, 徐子恺, 王建生. 21 世纪中叶中国蓄水展望[J]. 水科学进展, 1999, 10(2): 91-95.
- [8] 贾绍风, 张士锋, 杨 红, 等. 工业用水与经济发展的关系[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 279-280.
- [9] 陈家琦. 中国水资源问题及 21 世纪初期供需展望[J]. 水问题论坛, 1994(1): 25-31.
- [10] 冯利华. 水资源变化趋势的物元分析[J]. 地域研究与开发, 1999, 18(2): 18-21.
- [11] 傅 湘, 纪昌明. 区域水资源承载能力综合评价——主成分分析法的应用[J]. 长江流域资源与环境, 1999, 8(2): 168-173.
- [12] 惠泱河, 蒋晓辉, 黄强, 等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 30-34.
- [13] 刘昌明, 王红瑞. 浅析水资源与人口、经济和社会环境的关系[J]. 自然资源学报, 2003, 18(4): 635-644.
- [14] 蔡 文. 物元模型及应用[M]. 北京:科学技术文献出版社, 1994.