

基坑边坡稳定性计算方法的探讨

王英¹, 战永亮²

(1. 西南交通大学土木工程学院, 四川 成都 610031; 2. 中国石油大学(华东)储运学院, 山东 东营 257061)

摘要: 施工开挖对土体产生卸载作用, 坑壁及坑底土体的应力状态和应力路径发生变化. 就基坑边坡整体滑动稳定性计算所采用的圆弧法提出问题, 根据卸载土体的不同状况设计二组快剪试验方案, 并对其加载、卸载过程的强度特征进行试验研究. 试验结果表明, 土体的卸载强度与加载强度存在差异性, 为完善基坑边坡稳定计算方法提供依据.

关键词: 基坑; 圆弧法; 卸载; 加载; 强度

中图分类号: TU432 **文献标识码:** A

0 引言

自从改革开放以来, 我国基础设施建设迅速推进, 城市化进程加快, 各大城市的高层、超高层建筑、地铁、交通桥隧工程、水电站、越江隧道、地下商场及大型地下车库相继修建. 在施工过程中, 不同的施工活动, 都不同程度地对周围土体产生扰动影响, 如施工开挖将引起施工卸载作用, 形成对周围土体的扰动. 开挖卸荷后坑壁及坑底土体的应力状态及应力路径将发生变化. 目前的设计及计算理论, 大多采用加载模型, 未真实考虑开挖卸载带来的影响, 致使一些地下工程成为风险工程, 有的甚至带来灾难性的后果. 本文试图通过试验的方法, 对卸载土体强度与加载强度的差异性进行一些探讨性的分析.

1 稳定性计算的强度问题

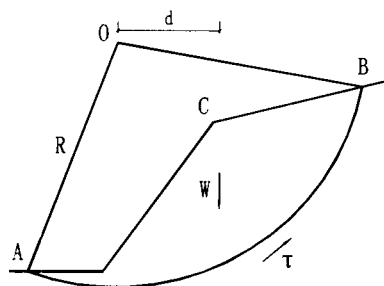


图1 圆弧滑动面法

土体是一种具有较强塑性与非线性的材料, 其

加载与卸载过程具有明显的差异性^[1-3]. 经典莫尔—库仑定律 $\tau = \sigma \tan \varphi + c$ 或 $\tau = \sigma' \tan \varphi' + c'$, 是相对于加载而言的^[1,4], 然而工程中基坑边坡稳定性计算所采用的圆弧法正是基于经典强度理论而进行的, 并未考虑加载与卸载过程中土体强度的差异性.

在目前的实际工程中, 基坑边坡整体滑动稳定性计算经常采用的是圆弧滑动面法^[5], 如图1所示: 当斜坡可能发生整体滑动破坏时, 滑体ABC在自重W作用下, 沿 \widehat{AB} 滑动面绕O点旋转滑动. 于是, 斜坡沿 \widehat{AB} 滑动的稳定系数K为:

$$K = \frac{\text{抗滑力矩}}{\text{滑动力矩}} = \frac{M_R}{M_S} = \frac{\tau \cdot l \cdot R}{W \cdot d}$$

其中: l — \widehat{AB} 的弧长;

d —极限平衡状态时, 滑体自重W绕O点滑动的力臂;

τ —土体沿滑动面的抗剪强度.

上式中, 土体抗剪强度 τ 运用莫尔—库仑强度理论计算, 即 $\tau = \sigma \tan \varphi + c$. 众所周知, 经典库仑强度理论是对于加载而言的, 但基坑开挖卸荷以后, 土体这种复杂的三相体, 其卸载强度与加载强度肯定是有差异的. 下面运用试验的方法进行更加深入的讨论.

2 试验方法及内容

① 收稿日期: 2006-03-21

作者简介: 王英(1970—), 女, 重庆潼南人, 高级工程师, 西南交通大学土木学院博士研究生.

2.1 试验仪器

采用应变控制式直剪仪,杠杆传动比为 1:10.
环刀内径 61.8mm,高度 20mm,面积 30cm².

2.2 试验方法

试样分级加荷至某一固结荷重下固结,然后使竖向荷重迅速退到不同数值,并进行剪切试验,从而得出某一前期固结压力下卸荷的 $\tau - \sigma$ 关系.

2.3 试样

试验所用土样取自胜利油田某深基坑工程现场工地,为原状淤泥质粘土.土样基本物性指标如

表 1 所示;具体操作按照《土工试验方法标准》^[6] 中的规定进行.

2.4 试验一

当土样先期固结完成以后,迅速卸荷至某一数值,并立即进行快剪,其 $\tau - \sigma$ 关系图线如图 2 所示:

2.5 试验二

当土样先期固结完成以后,卸荷至某一数值,然后停留若干时间再进行快剪.其 $\tau - \sigma$ 关系图线如图 3 所示:

表 1 土样主要物理性质指标

取土深度(m)	容重 γ (KN/m ³)	含水量 ω (%)	比重 G_s	孔隙比 e	饱和度 S_r (%)	液限 w_L (%)	塑限 w_p (%)	塑性指数 I_p	液性指数 I_L
12~16	17.1	53.4	2.74	1.468	99.7	38.8	21.6	17.2	1.84

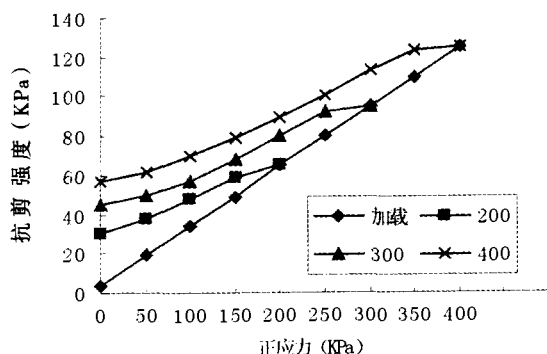


图 2 卸荷后立即快剪的强度变化

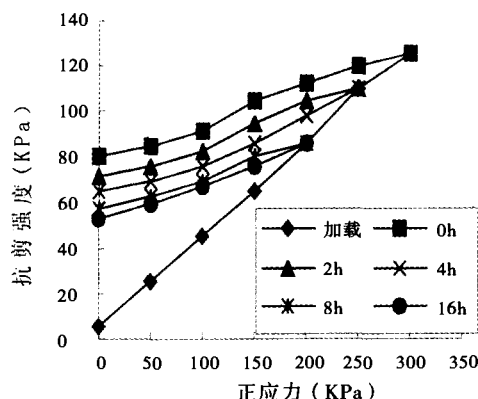


图 3 卸荷后滞留若干时间快剪的强度变化

3 试验分析

从图 2 可以看出:卸载时快剪强度 τ 不会再按加载线返回,而是有一定的残余强度.卸载曲线 $\tau - \sigma$ 在加载 $\tau - \sigma$ 直线之上.由此可知:土体具有明显的“记忆”性,当退荷到加载时的某个值时,孔隙密度 e 或含水量 ω 不能恢复到加载时的相应值,强度差值因此而存在.

试验一所进行的是固结—卸荷瞬时快剪,其在工程上对应于基坑开挖较快,土体还没有来得及膨胀的强度变化路径.

从图 3 也可以得出与图 2 相同的结果,只是试验二在实际工程中所对应的是基坑开挖卸荷后,由于种种原因已经暴露一段时间,已经卸荷的土体产生了膨胀,其抗剪强度有一定程度的降低.从图 3 还可以知道:土体卸荷以后最初一段时间强度损失较大,

以后逐渐趋于稳定,所以工程中必须最大限度地减少基坑暴露时间,尽快施工基础底板.

4 结束语

(1) 土体卸载强度和加载强度表现出明显的差异性,这种差异性是不能被忽视的.

(2) 基坑边坡稳定计算所采用的圆弧滑动面法需要完善和发展,对卸荷土体的计算要采用卸载指标.

(3) 卸载土体 $\tau - \sigma$ 关系不同于加载,其具有非直线性.要克服经典强度理论的局限性,建立适合卸载问题的强度理论,必须有更多的试验和研究.

参考文献:

- [1] 王英.土体卸载与加载的差异性[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2001,19(1):81-83.

- [2] 张孟喜,孙钧.受施工卸载扰动黄土的变形与强度特征研究[J].岩石力学与工程学报,2005,24(13):2248-2254.
- [3] 周敦云.基坑开挖卸载土体变形的试验研究[J].山东建筑工程学院学报,2003,18(3):15-18.
- [4] 孙秀竹.卸载土体性质的试验研究和工程应用[J].中国港湾建设,2004,132(5):41-43.
- [5] 中华人民共和国建设部.建筑地基基础设计规范(GB 50007-2002)[S].中国建筑工业出版社,2002:45.
- [6] 中华人民共和国水利部.土工试验方法标准(GB/T 50123-1999)[S].中国建筑工业出版社,1999.

Studying on Computational Method of Stability about Foundation Pit Slope

WANG Ying¹, ZHAN Yong - liang²

(1. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. College of Architecture & Storage Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061, China)

Abstract: Different unloading effects in construction occur to the surrounding earth. As a result, the stress state and stress path of the soil at sides and bottom of pit are changed. The question is brought forward according to the arc method which is used to calculate the stability of foundation pit slope in the beginning of this paper. A series of laboratory tests are designed according to different states of disturbed soil in order to study the characteristics of strength during the course of loading and unloading. The test results show that the behaviors of strength under unloading paths are much different from those under loading paths. The purpose of this paper is to improve the method of calculating the stability of foundation pit slope.

Key words: foundation pit; arc method; unloading; loading; strength.

(上接 445 页)

Preparation of Jujube Lotus Root Ice Cream

ZHANG Ning - ning

(Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

Abstract: The technique to prepare jujube and lotus root ice cream was studied. A new type of ice cream with jujube and lotus root juice was developed with the following formula: 15% jujube and lotus root juice, 10% cream, 10% skimmed milk power and 14% sugar. The product is of high quality with a natural color and unique taste.

Key words: jujube; lotus root; ice cream; study

(上接 447 页)

The Measurement of Zinc's Content by Simultaneous Complex Formation Titration of Zinc and Sparse Soil

TENG Zhan - cai¹, WANG bo¹, BI Hong - mei¹, BI Hong - mei¹, ZHANG Yu - ying²

(1. HLJ August First Land Reclamation University, Daqing 163000, China; 2. Middle School of Qindeli Farm, Tongjiang 156426, China)

Abstract: This paper discusses the measurement of the content of Zinc simultaneously by complex formation titration of Zinc and spare soil. In the buffer solution with the pH of 5.6, we titrate the total amount of the mixed or single sparse soil (III) and Zinc (II) with EDTA buffer solution, the content is marked as A; and in another portion, after masking Zinc (II) with a kind of masker, we titrate the amount of spare soil with EDTA solution, marking the result as B; next, the value of A minus B is the content of Zinc. The speed of this method is very fast. Moreover, it is very simple to operate and much practical.

Key words: EDTA; complex formation titration; Zinc; sparse soil