

粘性土抗剪强度折算系数法的研究与应用

于清杨, 詹 军, 赵淑云

(吉林大学, 长春 130026)

[摘 要] 系统介绍了粘性土抗剪强度的特征, 并分析了其组成。在此基础上针对基坑支护设计中粘性土抗剪强度的取值问题, 提出了采用折算系数法对抗剪强度 C 值进行处理, 并利用此方法进行了长春光大银行基坑的支护设计, 取得了良好的效果。

[关键词] 基坑支护设计 抗剪强度 折算系数法

[中图分类号] P634 [文献标识码] A [文章编号] 0495 - 5331(2001)05 - 0085 - 03

建筑基坑支护设计是当前岩土工程界热门话题之一。特别是粘性土地层区, 应用常规实验方法取得的实验指标, 采用当前通用的等值梁法、等值内摩擦角法进行基坑支护设计计算, 往往会存在较大的偏差, 给工程造成浪费或引发工程事故。因此, 粘性土地区基坑支护设计是当前岩土界较难解决的一个问题。当前, 许多学者专家都试图在计算方法上进行探讨, 寻求更加合理的设计计算模式应用于实际, 以解决这一难题。本文将从分析粘性土抗剪强度的特征出发, 对粘性土抗剪强度实验指标进行合理处理后, 应用于基坑支护设计, 以满足设计施工的需要。

1 粘性土抗剪强度的特征分析

由 Bishop 等 1960 年提出非饱和土抗剪强度有效应力公式:

$f = C + (\sigma - u_a) \operatorname{tg} \varphi + (u_a - u) \operatorname{tg} \psi$ 式中
 u_a —孔隙气压力; u —孔隙水压力; ψ —参数。

非饱和土的抗剪强度由 3 个组成部分: 公式的第一项, C 代表土的真凝聚力(或称结构凝聚力); 公式的第二项 $(\sigma - u_a) \operatorname{tg} \varphi$, 代表土受到外部有效压力时所产生的摩擦力, 可简称为摩擦系数; 公式第三项 $(u_a - u) \operatorname{tg} \psi$, 代表土由于吸力和负孔隙压力所产生的附加摩擦强度(或表观凝聚力)。用现有常规试验方法(不能测吸力)所求得的有效凝聚力往往包括真凝聚力和表观凝聚力两部分, 前者比较稳定可靠, 而后者却是不稳定不可靠的。这两种凝聚力的来源及其特征大致如下:

1) 正常固结的饱和粘土地层, 其颗粒水膜间由于地质年代长期压力作用而产生的凝聚力比较稳定不变, 为真凝聚力。一般饱和粘土的真凝聚力不大,

大致范围在 5 kPa ~ 20 kPa 之间。

2) 超压密的饱和粘土地层在地质年代中曾经受过巨大的覆盖压力并被压缩, 在卸荷后土体应力回弹并增加孔隙水的含量。但如果回弹时不能充分供水, 则这种粘土中将形成毛细水弯液面和负孔隙压力, 由此而产生吸附强度并形成表观凝聚力。这种吸附强度可能很大, 有时可高达 40 kPa ~ 100 kPa 甚至更大, 形成坚硬粘土。但如果这种坚硬粘土长期暴露在外, 则随着外界水分的逐渐渗入, 地层内部的吸附强度将逐渐减少, 直至发生崩解。

3) 非饱和土及人工压实土本身均具有不同程度的吸力和负孔隙压力, 因而也具有吸附强度形成的表观凝聚力。当这种土的含水量或孔隙比发生变化时, 其吸力发生变化, 吸附强度也随之变化。

4) 其它可能形成表观凝聚力的来源有: 大孔性黄土中的钙质胶结作用, 剪胀过程中的颗粒咬合作用。这些作用都将随含水量的增加或应变的增大而消失。

由此可见, 现有的常规试验方法(不能测吸力)所求得的凝聚力实际包括真凝聚力和表观凝聚力(吸附强度)。其中真凝聚力的数值很小, 而吸附强度的数值大却不稳定。如果基坑支护设计时不加分辨地将这种不稳定的吸附强度误认作稳定的凝聚力而进行设计, 就会使设计产生很大的偏差, 甚至导致工程事故。因此有必要对非饱和土的吸附强度性状及其变化规律进行深入研究, 找出合理方法对抗剪强度进行处理, 使之能满足设计要求。

2 粘性土抗剪强度折算系数法的研究

2.1 利用膨胀压力求折算系数法

根据粘性土抗剪强度的特征, 凝聚力包含真凝

[收稿日期] 2000 - 08 - 12; [修订日期] 2001 - 01 - 09; [责任编辑] 王 梅。

聚力和表观凝聚力,表观凝聚力即吸附强度,吸附强度的实质是一种与外力无关的摩擦强度,它来源于土吸力所产生的负空吸压力,负孔隙压力在土骨架的内部产生有效应力。由于它与外力无关,当用现在的常规试验方法进行剪切试验时,它的表现与一般凝聚力的性质相似,因而可称之为表观凝聚力。但当土的含水量发生变化时,吸力和吸附强度均随之变化,因而它又是不稳定不可靠的。

膨胀压力是吸力的一种反作用力,与吸附强度有线形的相互关系。而膨胀压力较易测定,可作为预测吸附强度的一种简易方法。通过对不同来源,不同矿物成分和不同含水量的压实土样进行膨胀压力与吸附强度的实验,实验结果显示出吸附强度($C_1 - C_2$)与膨胀压力 P_s 相互关系的大致规律:吸附强度 $= C_1 - C_2 = P_s \tan \phi$ 。

根据实验结果,吸附强度与膨胀压力存在如式 $C_1 - C_2 = P_s \tan \phi$ 的关系,因此我们可以利用测膨胀压力的方法来测算吸附强度,由此可以预算出真凝聚力,用真凝聚力与实验测得凝聚力相比,求得一折算系数。对某一地区多个工程进行实验、统计、分析,找出一个折算系数的规律,求得一合理的折算系数。

2.2 反衍折算法

反衍折算法是根据已有成功的支护设计进行反衍推算出设计参数,并和实际参数进行比较,求出折算系数的方法。对于粘性土抗剪强度的具体方法是:针对某一地区粘性土,对有代表性的基坑支护设计进行调查分析,从成功的支护设计中进行反衍计算,根据现有的设计参数计算出其使用的抗剪强度指标,再将这一指标与工程勘察指标相对比,求出折算系数,最后找出这一地区折算系数的规律,得出一个适合该地区的折算系数。

最后,对两种方法求得的折算系数进行比较、分析,算出一个通用系数,以后该地区的基坑支护设计都可参照这一系数进行。

3 折算系数法应用长春光大银行基坑支护设计

长春光大银行大厦位于长春市同志街和解放大路交汇处的西北侧,主楼25层,地上建筑近100m,二层地下室,建筑基坑开挖深度13.3m。地处长春市粘性土台地区,属超固结粘性土,在长春市属典型地层。

3.1 长春光大银行基坑工程地质条件

根据地质工程勘察报告,该基坑地层自上而下依次为:

1) 杂填土:由建筑垃圾和生活垃圾回填,层厚1.2m~2.7m,结构松散。

2) 粉质粘土:褐黄色,中密~密实,呈可塑状态,局部有软塑状态。该层为 Q_4 新沉积层,厚4m,地下水埋藏在该层,地下水静止水位2.1m~3.1m,属于潜水。

3) 粉质粘土:褐黄色,密实,稍湿,呈可塑状态。该层为 Q_3 粉质粘土,粉质含量多,厚5m左右。

4) 粘土:褐黄色,密实,稍湿,呈坚硬状态。该层为 Q_2 沉积层,以粘土为主,厚5m左右。

3.2 应用折算系数法进行长春光大银行基坑支护设计

我们在调查分析了长春市十几个高层建筑的工程勘察报告,及几十个一般工程勘察报告后,在长春市有代表性的几个地区选取了研究对象,选取时都考虑了地层的代表性、设计的合理性、安全性、经济性等综合指标很高的基坑支护设计。通过求膨胀压力实验和反衍计算,研究得出抗剪强度 C 值折算系数范围在0.5~0.6之间,于是我们就确定长春市超固结粘性土的抗剪强度 C 值应用于基坑支护设计时,其折算系数可取为0.5~0.6。并应用此系数对长春市光大银行营业大楼基坑进行支护设计。

在工程勘察报告的基础上,我们又取样进行实验,并通过统计方法对数据进行统计分析,取得的实验指标及设计计算指标如表1。

表1 实验及设计计算参数

地层	厚度(m)	实验指标			设计计算指标		
		C(kPa)	(ϕ)	(kN/m ²)	C(kPa)	(ϕ)	(kN/m ²)
Q_4 粉质粘土层	4	33.3	19	19.0	17	19	19.0
Q_3 粉质粘土	5	36.7	16.2	19.5	18	16.2	19.5
Q_2 粘土层	5	38.5	20.5	20.0	20	20.5	20.0

如果采用实验数据直接进行基坑支护设计,基坑自立高度可达27m,其结果明显不符合实际,说明直接应用实验数据进行设计是不可行的。采用折算系数法处理后的设计指标进行设计,设计应用了等值内摩擦角和逐层开挖支撑力不变法计算,桩设计结果如表2,锚杆的设计结果如表3所示。

表2 设计结果表

设计项目	桩长(m)	桩径(mm)	桩心距(mm)	桩数(棵)	桩的配筋情况	桩配筋率(%)
设计结果	17.5	600	1000	224	12×18@130.9	10

表 3 锚杆设计结果表

设计项目	锚杆长度 (m)	自由段长度 (m)	锚固段长度 (m)	直径 (mm)	深度 (距 ±0) (m)	配筋	倾角 (°)
第一层锚杆	24	5.23	18.35	50	4	2 × L26	15
第二层锚杆	21.5	5.23	16.27	57.2	9	2 × L26	15

该工程已经完成结构施工,基坑的设计施工很好地满足了后续工程的要求,既满足了施工的安全性,又体现了良好的经济性。该工程取得了很好的社会效益和经济效益。

4 结 论

针对粘性土,特别是超固结粘性土的抗剪强度 C 值指标包含表观凝聚力的特征,采用膨胀压力实验和反衍折算途径,对抗剪强度 C 值进行折算,即

采用折算系数法对抗剪强度进行处理,然后进行基坑支护设计,可以提高支护设计的可靠性,减少甚至消除现有方法产生的偏差,具有实用价值。但该方法的推广应用还需通过更多的实践进行检验,以验证其普遍性。

[参考文献]

[1] 卢肇钧.非饱和土的抗剪强度与膨胀压力[J].岩土工程学报,1989,11(6):1~7.
 [2] 于清杨.长春市台地区粘性土抗剪强度与建筑基坑支护设计的探讨[D].硕士学位论文,1999,6.

RESEARCH AND APPLICATION OF DISCOUNT COEFFICIENT IN COHESIVE CLAY SHEAR STRENGTH

YU Qing - yang ,ZHAN Jun ,ZHAO Shu - yun

Abstract : This paper introduces the features of cohesive shear strength systematically comprehensively , analyzing component of shear strength. Aiming at problem of shear strength in designing construction foundation pit bracing , the paper gives a suggestion that we can use discount coefficient to deal with shear strength C. Then Bright Bank Building foundation pit bracing is designed by using this method. The design achieves good result.

Key words : design of foundation pit bracing , shear strength , discount coefficient



[第一作者简介]

于清杨(1974年-),女,1999年毕业于长春科技大学地质工程专业获工学硕士,现就读于吉林大学地质工程专业,攻读博士学位,主要从事岩土工程及边坡工程研究。

通讯地址:长春市东中华路30号一门401室 邮政编码:130061

欢迎订阅 2002 年《中国矿业》杂志

《中国矿业》杂志是国家科委批准,中国矿业联合会主办的中央级全国矿业核心期刊。该刊为双月刊,国际标准大16开,每期版面88页,激光照排、精美印刷。

《中国矿业》杂志融政策、技术、信息于一体,主要报道我国矿业产业政策,矿产资源开发利用与保护方针;推广交流矿山生产建设经验,展示矿业企业风采;反映地质找矿、采矿及加工业的科研成果和新技术、新方法、新工艺在生产实践中的应用;介绍国内外最新管理科学,促进提高我国矿业开发管理水平。该刊的主要读者对象为:全国矿业企事业单位和矿业行政管理部的领导、经理、厂长、工程技术人员、管理人员以及矿业等高等院校

的师生。

《中国矿业》杂志订阅办法:

1、全国各地邮局均可订阅,邮发代号 2 - 566;

2、亦可直接以本订单办理订阅。

邮局汇寄:北京市西城区百万庄大街丙2号矿业大厦《中国矿业》杂志社(100037)

联系电话:010 - 88374940

传真:010 - 88374941

银行信汇:开户行:上海浦东发展银行北京分行阜成支行

帐号:8084291001986

户名:中国矿业杂志社