维普资讯 http://www.cqvip.com

2004 年 12 月 第 18 卷 第 4 期
南昌航空工业学院学报(自然科学版)
Journal of Nanchang Institute of Aeronautical Technology(Natural Science)
Dec.2004 Vol.18 No.4

静止侧压力系数及其试验方法

姜安龙[1],张少钦,曹慧兰,郭云英,高大钊
(南昌航空工业学院,江西 南昌 330034)

[关键词] 静止侧压力系数;土工试验;试验仪器

[摘 要] 静止侧压力系数是岩土工程中一个非常重要的参数,本文分析和讨论静止侧压力定义及其试验方法以及相关试验设备,以便引起广大学者关注静止侧压力系数确定法及其选取等方面的研究。

[中图分类号] TU41 [文献标识码] B [文章编号] 1001-4926(2004)04-0057-05

COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE AT REST AND ITS TEST METHODS

JIANG An-long Zhang Shao-qin Cao Huei-lan Guo Yun-ying GAO Da-zhao
(*Nanchang Institute of Aeronautical Technology*, *Nanxhang* ,330034, *china*)

Key words: coefficient of earth pressure at rest; soil tests; testing equipment;

Abstract: ;Coefficient of earth pressure at rest is an important computation parameter in geotechnical engineering. In this paper authors studied the concept of K_0 at rest and analyzed the testing method and test equipment of K_0 in order to promote study of K_0

静止侧压力系数是岩土工程中一个非常重要的参数,实际应用范围愈来愈广。如确定水平场地中的应力状态、计算静止侧压力、土坝施工期的孔隙水压力、桩侧向摩擦力等需要准确的静止侧压力系数;地下洞室边墙、隧道衬砌和土中填埋管道等地下结构物设计也需要准确的静止侧压力系数;在土工室内试验中,为了更好地反映土体的应力历史和土体的应力状态,常需对土样进行不等向固结试验,同样需要准确的静止侧压力系数;土的泊松比是土的一个重要而难于直接测定的参数,但可以通过它与静止侧压力系数的关系而加以确定。

随着土工试验与土力学计算技术的发展,必将越来越需要准确地测定土的静止侧压力系数。本文分析和讨论测算静止侧压力定义、试验方法以及相关试验设备,以便引起广大学者关注静止侧压力系数确定方法及其选取等方面的研究。

1 静止侧压力系数定义

土的静止侧压力系数为土体在无侧向变形条件下固结后的水平向主应力与竖向主应力之比,即原始应力状态下的水平向主应力与竖向主应力之比。

1.1 采用总应力来定义

太沙基(Terzaghi)采用总应力来定义静止侧压力系数 K_0:

$$K_0 = \sigma_h/\sigma_v \tag{1}$$

1.2 采用有效应力来定义

毕肖甫(Bishop)采用有效应力定义静止侧压力系数 K_0:

$$K_0 = \sigma_h'/\sigma_v' \tag{2}$$

[收稿日期] 2004-09-20

[作者简介] 姜安龙(1976-),男,江西进贤人,硕士,主要从事岩土工程教学科研与生产工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

1.3 采用有效应力增量形式来定义

任一土体都经受过一定的应力历史,为了克服由于应力变化而引起的侧向变位,静止侧压力系数又被定义为有效应力增量的形式:

$$K_0 = \Delta\sigma_h' / \Delta\sigma_v' \tag{3}$$

2 测算静止侧压力系数 K_0 的试验及其设备

2.1 固结仪法(侧压力仪)[1][2][3]

在装有测量侧向压力传感器或应变片的 K_0 仪(图 1)中可分别测得土在无侧胀压缩时的轴向压力和侧向压力,然后根据 $\sigma_h \sim \sigma_v$ 关系,利用式(1)则可求得 K_0 值。

图 1(a)是把单向固结仪(图 1(C))中的盛土环沿着环的直径劈开,并用两块薄的钢片联接起来,再在钢片贴电阻应变丝片。图 1(b)是 Komoronik 和 Zeitlen(1965 年)改装而成的:采用壁厚仅 0.3mm 的盛土环,并在环壁外贴三个电阻应变丝片,在薄环的外面再套一个加固环,仪器事先应率定;Brooker 和 Ireland(1965 年)在 Komoronik 的基础上再配备了液体压力设备,以便在盛土环的外壁施加液体压力,当试样的侧压力促使电阻应变丝发生应变时,在环的外壁施加液体压力,务使电阻应变读数恢复到起始值,这时候的液体压力就等于试样作用在环壁的侧压力。Abdelhamid 和 Krizek(1976 年)设计出由不锈钢圆筒、顶盖、底板和加压活塞组成的可以测定 K_0 值的固结仪:圆筒内径 20 厘米,高 50 厘米,壁厚 0.6 厘米,垂直压力是用活塞施加的,活塞与筒身之间用橡皮环密封,试样中的孔隙水可以通过底板和活塞中的透水板排到仪器外,在筒的侧壁、离试样底面 6.5 厘米处,装有两只压力盒和两只孔隙压力测头,直接量测侧向压力;图 1(D)是同济大学地下系改装而成的刚性密封式 K_0 仪。

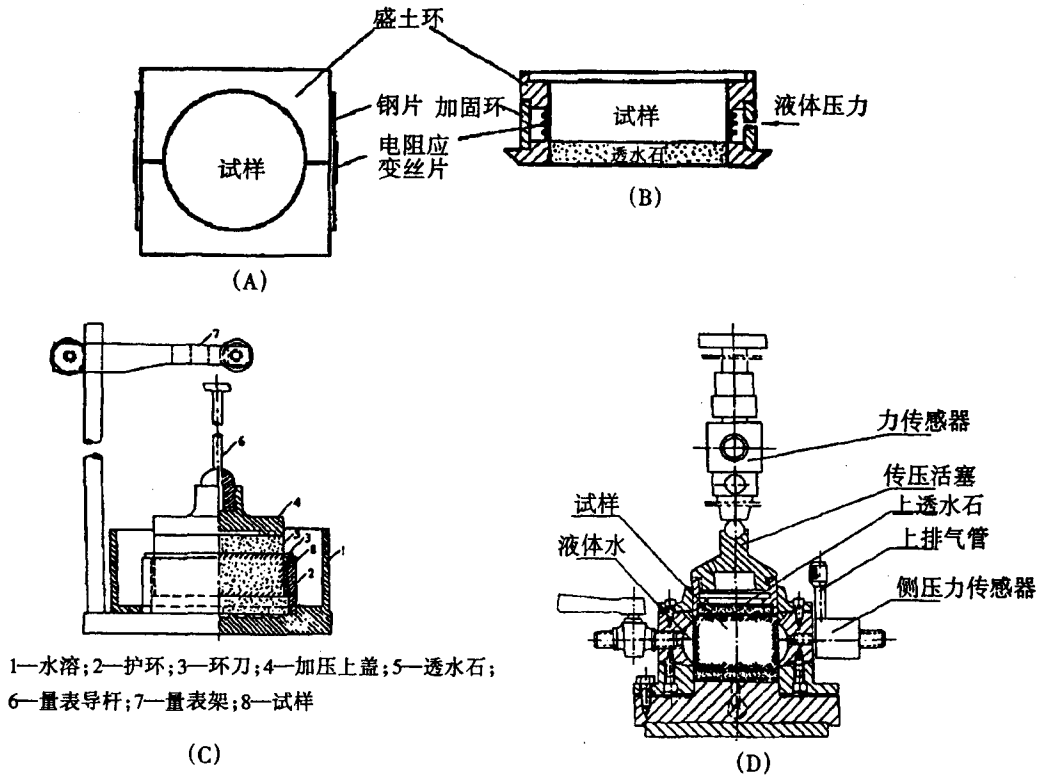


图 1 K_0 试验仪器构造示意图

2.2 三轴仪法

2.2.1 侧向变形限制法[4]

在三轴试验中,施加轴向压力时,同时增加侧向压力,使试样不产生侧向变形,根据测得的轴向压力、侧

维普资讯 http://www.cqvjp.com

向压力和孔隙水压力，可求得土的 K_0 值：

$$\sigma_3' = K_0\sigma_1' \tag{4}$$

对试验过程中试样侧向变形的监控有下述几种方法：

a.在土样的中部放置一侧向应变仪(或传感器)(图 2～图 4)。加载过程中，不断观察侧向应变仪(或传感器)读数，并不断调整容室压力以保持侧向应变读数为常数。

b. 对于饱和土样的排水试验，则可通过量测土样的排水量来控制侧向变形(图 5)。

c. 通过测定三轴室的体积变化来控制侧向变形，这种方法可在 K_0 三轴仪的中进行。

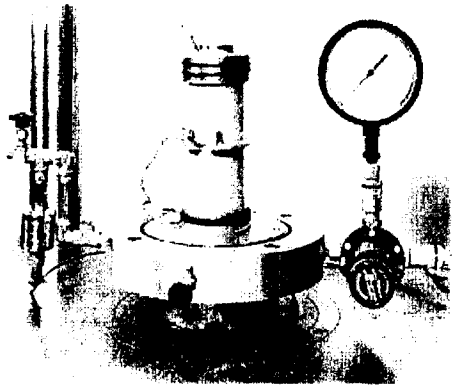


图 2　LVDT 夹钳式传感器控制侧向应变方法

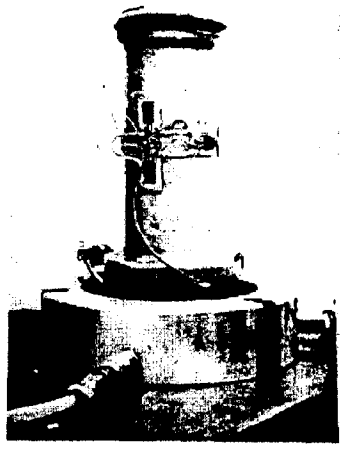


图 3　K_0－Belt 控制侧向应变方法

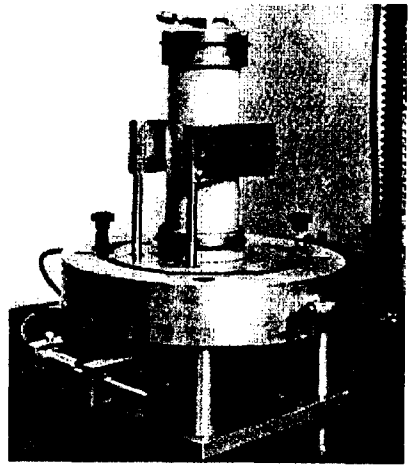


图 4　悬臂式传感器控制侧向应变方法

2.2.2　Poulos 和 Davis 法

Poulos 和 Davis 法是一种在普通三轴仪中，不用控制侧向变形来测定土 K_0 值的特殊试验方法；其过程如下：

a. 在轴向上施加应力等于现场垂直有效应力(σ'_{vf})；

b. 分级施加围压，各级围压增量要小，每次增加围压时，均保持轴向应力不变，待各级固结稳定后，测量固结引起的体积变形；当围压略大于轴向应力后，终止试验。

c. 绘制各级压力下土样的体积变形增量　Δv 与有效围压 σ_h' 的关系曲线。曲线分为两段，转折明显。这两段曲线的拟合直线交于一点，该点的应力等于现场的水平有效应力 σ'_{hf}。

d. 根据式(2)可计算出土的 K_0 值，即：

$$K_0 = \sigma'_{hf}/\sigma'_{vf} \tag{5}$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

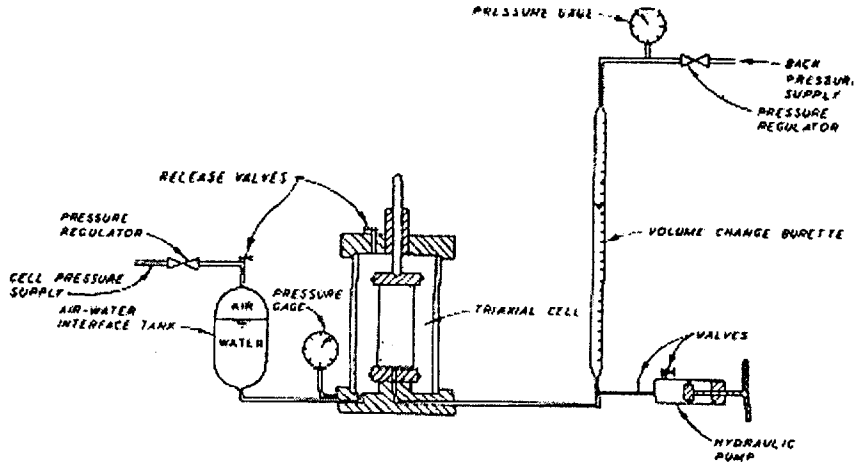


图 5 量测土样排水量控制侧向变形方法(间接法)

2.3 扁铲侧胀试验

迈切帝(Marchetti)[5]于 1980 年建议下式:

$$K_0 = (K_D/1.5)^{0.47} - 0.6 \quad (I_D < 1.2) \tag{6}$$

式中 K_D 为侧胀水平应力指数;I_D 为侧胀土性指数;

路尼(Lunne)认为 K_D 与 K_0 的关系对新近粘土(<6 万年)和老粘土(>7 千万年)是不同的,并于 1989 年提出补允:

新粘性土: $$K_0 = 0.34K_D^{0.54} (c_u/\sigma'_{v0} \leqslant 0.5) \tag{7}$$

老粘性土: $$K_0 = 0.68K_D^{0.54} (c_u/\sigma'_{v0} > 0.8) \tag{8}$$

杰米尔考斯克(Jamiolkowski)1995 年提出了砂土 K_D 与 K_0 的关系式:

$$K_0 = 0.376 + 0.095K_D - 0.0048q_c/\sigma'_{v0} \tag{9}$$

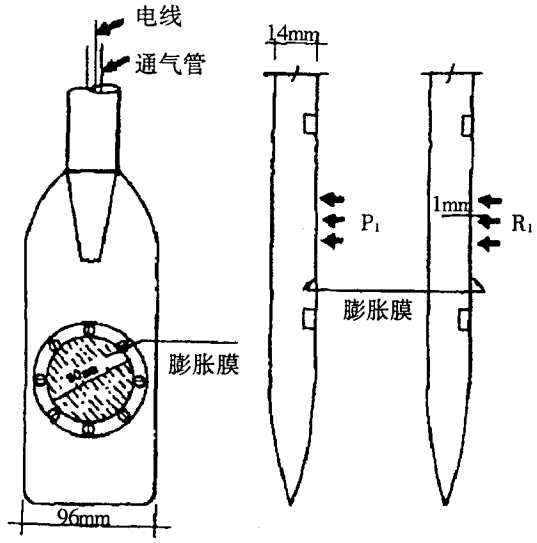


图 6 扁铲侧胀仪

2.4 旁压试验[6]

根据自钻式得到的旁压曲线可以得到土的原始水平应力 P_0,据此,就可用下式推求土的静止侧压力系数:

$$K_0 = (P_0 - u)/rh \tag{10}$$

式中 P_0 为土的原始水平应力,K_{pa};u 为孔隙水压力,K_{pa};r——土重度,水下要用浮重度,KN/m^3; h——测试点的深度,m。

2.5 原位应力铲试验[7]

$$K_0 = (\sigma_{hc} - u_w)/(\sigma_{v0} - u_w) \tag{11}$$

式中 σ_{hc}为应力铲测得水平衰减后稳定值;σ_{v0}——天然应力状态下的竖向总应力;u_w 为静止水压力。

2.6 载荷试验[8]

$$K_0 = [-(E_0 - E_s) + (9E_s^2 - 10E_sE_0 + E_0^2)^{1/2}]/4E_s \tag{12}$$

$$E_s = (1 + e_1)/a \tag{13}$$

式中:E_s 为侧限压缩模量;E_0 为土的变形模量,对于浅层平板载荷试验:$E_0 = I_0(1 - \mu^2)pd/s$,对于深层平板载荷试验: $E_0 = \omega pd/s$;I_0为刚性承压板的形态系数,圆形承压板取 0.785,方形承压板取 0.886;μ 为土的泊松比;D 为承压板直径或边长;P 为 p - s 曲线线性段的压力; S 为与 p 对应的沉降;ω 为与试验深度和土类有关的系数。

维普资讯 http://www.cqvip.com

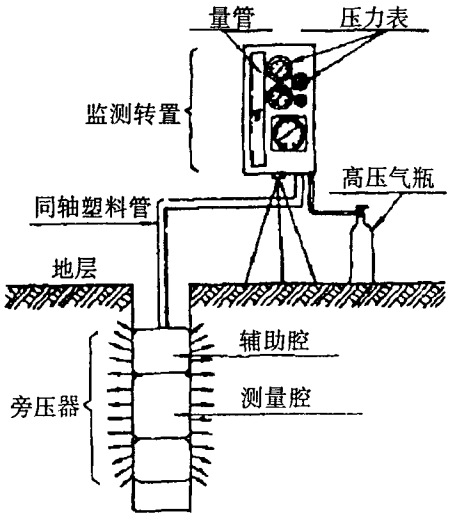


图7　旁压测试示意图

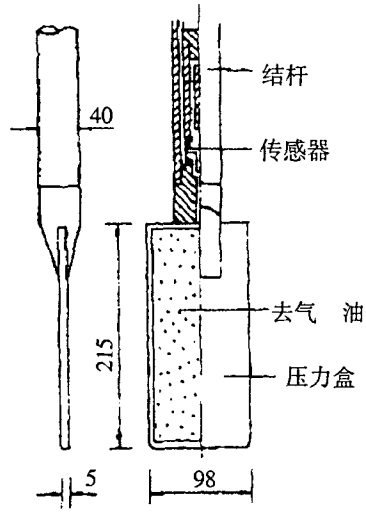


图8　应力铲示意图

3　结论

本文较详尽地分析和讨论测算静止侧压力系数的定义、试验方法以及相关试验设备,为工程技术人员和研究人员准确测算 K_0 值和研制(或改装)测算 K_0 仪提供一些参考,目的是引起广大学者和技术人员关注静止侧压力系数确定法及其选取等方面的研究、规范或统一测算 K_0 值的实验规程和仪器,使得测算的 K_0 值便于大家交流和探讨。以上是作者们对静止侧压力系数问题的理解,不妥之处请批评指正。

[参 考 文 献]

[1] Kemoronik, A. and Zeitlen, J.G., An Apparatus for Measuring Lateral soil Swelling Pressure in the Laboratory, Proc. 6th ICSMFE, Vol.1,1965.

[2] Brooker,E.Q. and Ireland,H.O., Earth Pressure At - Rest Related to Stress History, Canadian Geotechnical Journal VOL.2,No.1, 1965.

[3] Abdelhamid,S. and Krizek, R.J., At - Rest Lateral Earth Pressure of Consolidation Clay, Proc.ASCE, JGED, Vol.102,No. GT7, 1976.

[4] R.N.Yong, F.C.Townsend. Laboratory shear strength of soil(STP740).ASTM.1981

[5] Marchetti S. In - situ tests by fiat Dilatometer. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, June, 1980;106(GT4):299~321

[6] 南京水科院土工所.土工试验技术手册[Z].人民交通出版社,2002.

[7] 孟高头.土体原位测试机理、方法及其工程应用[J].地质出版社.1997.

[8] 姜安龙, 郭云英,高大钊. 静止土压力系数研究(J).岩土工程技术,2003(6).354~359