

关于“渗流作用下的坝坡稳定有限单元分析”^①

一文的讨论

陈愈炯(水利水电科学研究院, 北京):

作者建议了坝坡稳定计算方法, 通过六个滑坡实例和模型试验证明他们的方法是准确可靠的。笔者提出下列意见, 请指正。

1. 作者建议的方法有三个特点: 第一是取滑动土体的土骨架来分析, 而不是象通常那样取水和土的综合体来分析。其实这两种途径已证明能得到完全相同的结果, 因此, 这一特点并不是导致作者的方法比其它方法更符合实际情况的原因。第二个特点是隐含地考虑了条块之间的有效应力的作用, 这比五十年前提出的不考虑条块之间作用力的瑞典法有了改进, 但是, 与最近二十年来问世的、考虑条块之间作用力的严格方法之间的差别是不大的, 因此, 这一特点也不是作者的方法之所以准确可靠的主要原因。第三个特点是作者采用了与众不同的、确定水库水位降落期坝体内渗流力或孔隙压力的方法, 以及确定土性质指标的方法, 这些才是值得讨论的问题。

2. 文中介绍的几个工程实例中, 土坝的填土都是属于可压缩的。这种土坝在水库水位降落期的孔隙压力或渗流力是由两种效应所决定的。一是水位降落引起的总应力的减退 $-\Delta\sigma_1$ 会使孔隙压力减少 $-\Delta u = -\bar{B}\Delta\sigma_1$, 其中 $\bar{B}$ 为孔隙压力系数。如果 $\bar{B} = 1$, 则 $-\Delta u = -\Delta\sigma_1$, 这意味着降落前后的有效大主应力不变, 坝体不致发生体变。如果 $\bar{B} < 1$, 则有效大主应力减少, 坝体趋向于膨胀。在水库水位突降的情况下, 坝体内的孔隙压力 u 就等于降落前之孔隙压力 u_0 与总应力减退引起的孔隙压力 $-\Delta u$ 之和, 即 $u = u_0 - \Delta u$ 。随着时间的进展孔隙压力 u 再慢慢排出坝体, 但总应力几乎不再变化, 因此, 有效应力增加, 土坝随之压缩, 这就是影响孔隙压力的第二个效应。在水库水位并非突降的情况中, 上述两个效应应该是同时产生的, 但是在作者的分析中至少没有正确考虑第一种效应。如果要求作者计算水库水位突降情况下的孔隙压力, 那末计算成果是否与填土的孔隙压力系数有关呢?

3. 土的性质指标会因试验方法的不同而有较大出入, 差别的大小往往远比力学计算方法的不同所引起的差别为大。因此, 在设计中选用合适的性质指标值是十分重要的。笔者在分析了作者采用的指标值后, 产生两个疑点。

(1) 在作者建议的计算稳定性的公式中, 强度指标是指有效强度指标 c', ϕ' 。但是作者在表 3 和表 6 中表明, 他们采用的强度指标却是由只能给出总强度指标的饱和固结快剪试验测得的。因此, 不是作者错用了总强度指标, 就是错写了试验方法, 依笔者看, 前一种可能性比较大, 因为土的有效内摩擦角是很少小于 15° (表 3) 的, 更不可能只有 $3 \sim 8^\circ$ (表 7)。

(2) 给水度 μ 值随测定方法不同, 其变化幅度更大。例如, μ 值随试验时间的延长会发生一个数量级的差别, 而试样的饱和度, 试样的高度, 以及水位降落幅度等对 μ 的影响可能更大。由于 μ 值的试验室测定精度如此之低, 因此, 迄今还没有条件被列入即使是建议性的土工试验规程中。看来, 部分地也是由于这一原因, 作者没有通过试验来测定 μ 值, 而是凭经验取用 μ 值, 由于各人的经验不同, 取用的 μ 值相差若干倍是完全可能的, 它们与实际数值相差得更大也是可能的。在这样的 μ 值的基础上算得的渗流力, 恰好全部

①原文载本刊第4卷, 第3期, 1982年, 作者毛昶熙等。

符合四个实例,是很难设想的。

4.从表8中可见,在模型试验中采用的中细砂与重粉质壤土相比,前者的渗透系数大,压缩系数小,强度指标也高(指坝高超过2或3m的坝),因此,在实际工程中,中细砂土坝在水位降落期的稳定性理应收比壤土坝的高。但试验结果却是相反。其原因很多,一是毛细管作用的影响,另一原因是模型坝中的剪应力远小于实际坝体内的剪应力,而模型中的抗剪强度却不是以同一比例减小。由于后一原因,人们才不惜高价进行离心模型试验,也由于同一原因,才不用一般的模型试验来求解粘性土土坡的稳定问题。

如果笔者以上的分析是正确的,那末作者的计算方法能全部符合六个滑坡实例的原因,只能解释为各项差错恰好相互抵消。

陈祖煜 (水利水电科学研究院,北京):

作者的论点涉及到对条分法理论体系中的一些基本原理的看法问题,兹讨论如下。

1.当我们应用静力平衡概念研究土坡中潜在的滑动土体时,首先要明确一个问题,我们的研究对象是滑动土体骨架,还是包括孔隙水在内的浸水土体。

如果我们把骨架当作研究对象,水对骨架的作用是外力。这个外力通常分为浮力和渗透力两部分。于是,滑动土体的静力平衡方程式可以写成①

$$\vec{G}_a + \vec{G}_b' + \vec{D} + \vec{Q} = 0 \quad (1)$$

式中 $\vec{G}_a$ ——土体水上部分自重;
 $\vec{G}_b'$ ——水下部分浮重;
 $\vec{D}$ ——土体所受渗透力的合力;
 $\vec{Q}$ ——滑动土体边界上受到的有效作用力的合力。

式(1)也可写成

$$\vec{G}_a + \vec{G}_b - \vec{B} + \vec{D} + \vec{Q} = 0 \quad (2)$$

其中 $\vec{G}_b$ ——土体水下部分的饱和重;
 $\vec{B}$ ——与土体水下部分同体积的水重。

这就是作者采用的方法。在该文中,渗透力 $\vec{D}$ 是通过积分求得的,

$$\vec{D} = \int_V \vec{d} dv \quad (3)$$

其中, $\vec{d}$ 是单位土体所受的渗透力,可以通过熟知的渗透力的微分表达式求得

$$\vec{d} = -\gamma_w \text{grad} \varphi \quad (4)$$

其中, γ_w 为水的容重; φ 为势函数; $\text{grad} \varphi$ 为水力梯度。

如果我们把浸水土体当作研究对象,那么水和骨架之间的作用力是内力。滑动土体的静力平衡方程式可以写成

$$\vec{G}_a + \vec{G}_b + \vec{U} + \vec{Q} = 0 \quad (5)$$

其中, $\vec{U}$ 是作用在滑动土体边界上的水压力的合力。

①本文所引用符号,除特别注明者外,均与原文的相应符号意义相同。

泰勒(D.W. Taylor)^[1]曾经指出,这两种方法都是合理的,它们在本质上是是一致的。中濑明男^[2]也曾强调过泰勒的这一观点。要证明这点并不难,只要重温一下已经被该文正确地指出过的渗透力的积分表达形式就可以了。即,饱和土体骨架所受渗透力的合力等于该土体边界上水压力的合力加上与该土体同体积的水重。

$$\vec{D} = \vec{U} + \vec{B} \quad (6)$$

赖姆(T.W. Lambe)等^[3]曾给出式(6)的证明。事实上,只要使用场论中的散度定理,即可得出

$$\vec{D} = \int_V \vec{d} dv = - \int_V \gamma_w \text{grad} \phi dv = \vec{U} + \vec{B} \quad (7)$$

将式(6)代入式(5),式(5)就变成了式(2)。这说明,两种方法的数学表达式是一致的。由此可见,渗透力的问题从来都不是条分法的一个缺陷。

2.我们对比一下作者建议的方法和传统的条分法,可以发现,两种方法对安全系数的定义是建立在相同的基础上的,并采用相同的强度准则、相同的分析方法(仅满足静力平衡要求,不引入应力应变关系和变形协调要求)求解安全系数的。采用这种极限平衡的分析方法,均面临着无法回避的问题,即如何使本质上是静不定的问题变得可解。具体来说,条块底面的法向反力究竟是通过何种途径,引入何种假定后求得的。不同方法的优劣本质上取决于其引入的假定的合理程度。

条分法是将滑动土体分成若干垂直土条,通过分析该土条的静力平衡来算得这个法向反力的。但是因为作用在该土条上的未知力的数目超过了所能建立的静力平衡方程数,我们通常需要对作用在土条两侧的力进行简化假定。常用的瑞典法,假定土条两侧总作用力(包括有效土压力和水压力)的合力平行于条块底滑裂面^[4]。因此,当把作用在土条上所有的力向条底法线方向投影时,即可得到土条底的有效法向应力

$$N' = G \cos \alpha' - ul \quad (8)$$

由此得到瑞典法的安全系数计算公式

$$\eta = \frac{\sum(c' + N' \tan \phi')}{\sum G \sin \alpha'} \quad (9)$$

现在我们假定这个土条恰好包含了该文中的若干个单元(有限元中的单元划分本来就是任意的,这样的假定显然不存在什么问题。)而作者提出的计算公式是

$$\eta = \frac{R[\sum c' + \sum(\gamma_1 + \gamma J_z) \cos \alpha' - \gamma J_z \sin \alpha'] \Delta \tan \phi'}{\sum[(\gamma_1 + \gamma J_z) \sin \alpha + \gamma J_z \cos \alpha] \Delta r} \quad (10)$$

比较式(9)和式(10),可以看出:

(1)如果土坡是干的,没有渗透力,两式完全等同。这说明,该新方法虽然回避了把土体分成条块,但在计算滑裂面上的法向反力时,仍然采用了与瑞典法相同的假定。

(2)如果土坡是浸水的,则式(9)和式(10)不同。其不同之处在于,常用的瑞典法是对土条侧向的总作用力进行假定的,而该文作者是把土骨架作为研究对象,因而仅假定土条侧向有效土压力平行于土条底面。如果在建立式(8)时,我们也将土条两侧的水压力在法向的分力考虑进去,则得到

$$N' = G \cos \alpha' - ul + (W_2 - W_1) \sin \alpha' \quad (11)$$

其中, W_1 , W_2 为土条两侧的水压力,那么渗透力的微分和积分表达式的转换关系式(7)就会保证式(9)和式(10)仍然是相同的。顺便指出,这种方法是有人建议过的^[5]。

限于篇幅,这里不能详细讨论文中提到的斯潘塞提出的(其实最早是毕晓普)在坡外有水时经常采用的一种静力等效的置换方法。但是,可以指出,这种方法仍然意味着对侧向作用力的某种假定。问题的实质

是, 静不定的本质决定了解题过程中必然要引进假定。现在, 我们已经清楚, 作者提出的方法, 在决定滑裂面法向反力过程中引进的假定和瑞典法中采用的土条侧向有效土压力的合力平行于土条底面的假定是一致的; 但是和经常用的瑞典法中对土条侧向总作用力假定的作法是有区别的。

3. 既然不同方法的差别具体体现在所包含的不同假定上, 那么, 究竟哪种方法的假定比较合理呢? 摩根斯顿和普赖斯(N.R. Morgenstern and V.E. Price)^[6]曾提出过一种严格的方法, 这种方法认为, 任何一种假定, 如果其相应的解使沿土条侧面的安全系数小于沿滑裂面的安全系数, 或者使土条侧面出现拉应力, 那么这种假定就是不合理的, 应予以排除。他们的研究发现, 在这个合理性要求的约束下, 对土条侧向力的合理假定往往被限制在一个很小的范围, 而相应的安全系数的差别是很微小的。由于摩根斯顿-普赖斯方法是对任意形状滑裂面, 在满足全部静力平衡条件基础上寻找安全系数合理值的集合, 因此经常被称为严格解^[4], 并被用来检验各种简化方法的精度。检验的结果表明, 常用的瑞典法与严格解差别甚大, 特别在圆弧中心角较大和渗透压力较大时, 误差更大。图1是惠特曼(R.V. Whitman)等^[4]举的一个例子。由于本例题的圆弧刚刚切着斜墙, 滑动土体内孔隙压力可看作静压分布。题中瑞典法若采用浮重就是作者建议的式(10)(或按笔者上述的式(11)算得, η 再由式(9)进行计算)则安全系数为1.84。但若按常用瑞典法, 则安全系数为1.14, 和严格解(2.01~2.03)相差极远。由此可见, 作者建议的方法在一定程度上克服了瑞典法在孔隙水压较大时其假定的不合理性, 但与严格解的差距仍较毕晓普法远。惠特曼等还指出, 即使是干坡, 如果圆弧的中心角较大, 其结果仍会偏离精确解甚远。这一点, 由于作者所建议的方法本质上没有跳出瑞典法的框框, 是很难克服的。

因此, 笔者的看法是, 作者建议的方法对提高常用的瑞典法的精度有一定帮助, 但不能根本克服瑞典法所存在的问题。根本的出路是转而使用其它的方法, 如毕晓普法等。

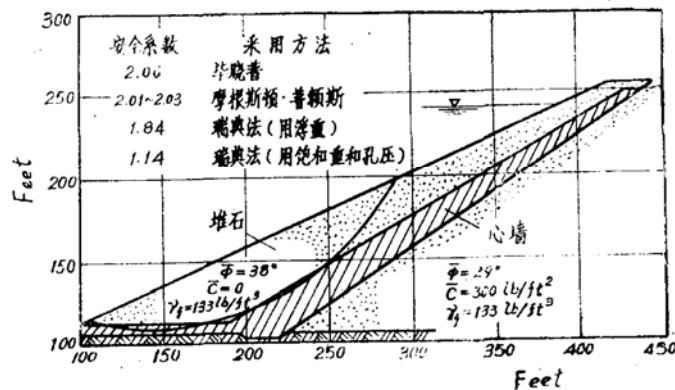


图1

参考文献

- [1] Taylor, D.W., Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley and Sons, New York, 1948.
- [2] 中瀬明男, 円形スベリ計算におけるスベリモーメントの考え方, 土と基礎, No.3, 1972.
- [3] Lambe, T.W. and Whitman, R.V., Soil Mechanics, 1979, John Wiley & Sons.
- [4] Whitman, R.V. and Bailey, W.A., Use of Computers for Slope Stability Analysis, ASCE, SM4, July 1967, Vol.93.
- [5] Turnbull, W.J. and Hvorslev, M., Special Problems in Slope Stability Analysis, ASCE, SM4, July 1967, Vol.93.
- [6] Morgenstern, N.R. and Price, V.E., The Analysis of the Stability of General Slip Surface, Geotechnique, Vol. 15, No.1, 1965, pp.73~93.

徐家海、徐世果 (浙江水利科学研究所, 杭州):

原文作者对考虑渗流作用的坝坡稳定问题作了大量的试验研究和计算工作, 并提出了计算方法。现在笔者对该文的问题提出以下几点商榷意见, 供参考。

1. 在坝坡稳定分析计算中, 可从两种途径出发考虑其渗流作用。其一是取滑动土体的骨架作为脱离体, 这时水对土骨架的作用作外力考虑; 其二是取包括孔隙水在内的整个土体作为脱离体, 这时水和土骨架之间的作用力作内力考虑。泰勒(D.W. Taylor)曾指出, 以这两种不同途径来考虑渗流作用时, 其结果是完全一致的。因此应用有效应力法分析坝坡稳定时, 以上两种考虑途径都是适用的。只是因为后者计算比较方便, 故一般都乐意采用第二种途径。而原文作者主要从前一途径出发推荐了稳定计算方法, 实质上它仍然是属于瑞典法的范畴。

2. 当研究水库水位降落期坝坡的稳定问题时, 首先需确定库水位降落过程中坝体内自由水面(浸润面)的位置及其典型的瞬时流网或等势线的分布, 以便正确地确定滑动土体范围内的渗流力或孔隙压力的具体量值。确定这些参量的具体方法在原文中虽未交待, 但从原文的有关参考文献看来, 其中作为研究土坝非稳定渗流的支配方程, 作者是选用了下列方程式。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

$$\text{或} \quad \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{1}{c_v} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2)$$

式中, S_s 为单位贮水量; $c_v = k/S_s$, 为固结系数。

方程(1)首先由雅各布(C.E. Jacob)提出。该式完全是从深层承压含水层情况而导得的。其基本假定条件是①渗流区没有越流补给源; ②承压渗流区的范围是固定不变的; ③承压含水层顶板以上的上覆岩层荷重不变, 并假定该重量由含水层中水的顶托力和介质骨架的应力所平衡。而对于堤坝的无压非稳定渗流情况而言, 其基本条件是①渗流自由表面为非稳定渗流区的主要供水边界; ②自由表面边界随时间 t 而变, 即渗流区的范围是变化的; ③随着自由水面位置的变化, 则导致渗流区上覆荷重压力不断改变。由此可见, 上述两种情况的基本条件完全不同。显然, 任意套用方程(1)去求解堤坝无压非稳定渗流问题是不适当的。

给水度 μ 值的大小, 将直接影响库水位降落时自由水面的位置变化。 μ 值不仅与土的性质有关, 而且还随排水时间而异, 故其任意性较大。但原文中对各工程坝料的给水度指标却分别提供了精度高达四位小数的经验值。根据原文参考文献[18], 南京水利科学研究所对类似土料的给水度 μ 的试验值为 0.001~0.007, 将此值与原文选用值相比, 两者竟差达数十倍之多。不知原文所用的经验数据是根据什么原则选定的。

对原文中提供的六个土坝断面的渗流电算结果, 笔者认为还有下面一些问题需要商榷。先以文峪河土坝为例, 本文图1所示等势线分布系按原文图11复制, 笔者另用虚线补绘了部分流线以示水流方向。为了便于比较, 我们曾按相同条件的坝断面作了电阻网模型试验, 其试验结果如图2所示。

现分别说明如下; ①无压渗流场中, 在渗流自由面及坝坡渗出段上的势均满足 $h = z$ 的条件。故对级差相等的各等势线顶端间的高差亦应相等, 即 $\Delta h = \Delta z$ 。但原文电算结果却不能同时满足上述条件, 如图1所示, 其70%与60%等势线间的 $\Delta z_{70 \sim 60}$ 较40%与30%等势线间的 $\Delta z_{40 \sim 30}$ 值约大四倍。②根据渗流原理, 等势线应在不同性土层界线上产生折射, 其折射角需满足条件 $\tan \theta_1 / \tan \theta_2 = k_2 / k_1$ 。而原文电算资料却出现相反的结果, 例如图1中的60%等势线, 当它穿过不同性质土层界线时倒是光滑的, 但在同性土层(砂砾石层)内却出现近90度的折射角; 在风化岩层内的10%和50%等势线亦存在类似情况。③当利用级差相等的等势线族绘制流网时, 应同时满足等势线与流线互成正交、各网格边的长宽比等于常数的条件。但

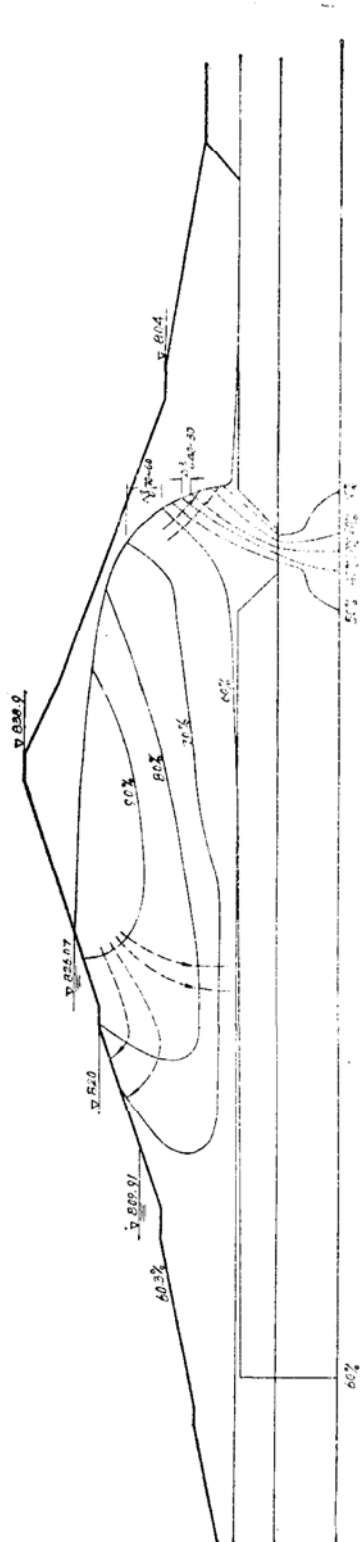


图 1

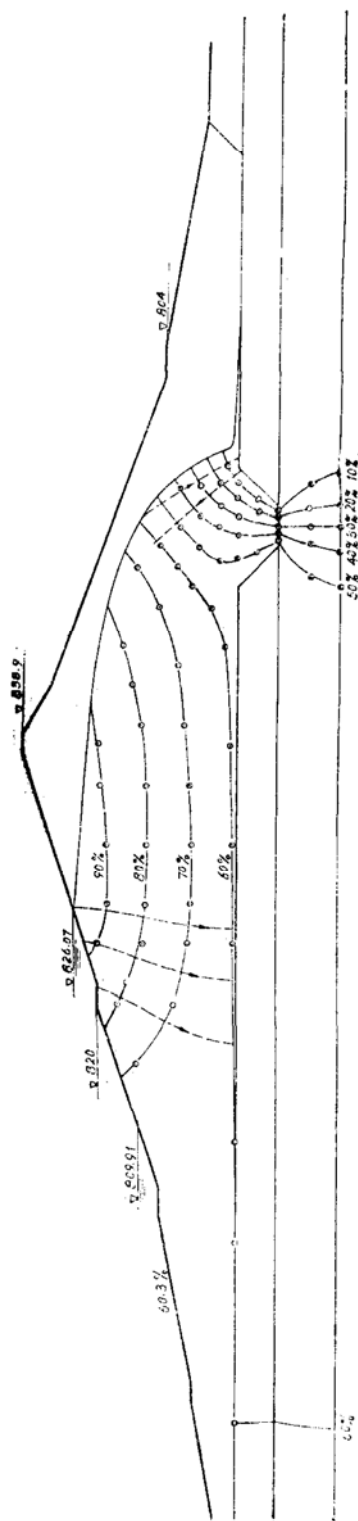


图 2

从图1中用虚线所示的几个渗流流槽情况所见,它们在一流槽内,其相邻网格边的长宽比竟可差达4~5倍之多,且其渗流量亦不能满足连续条件。很显然,按上述电算结果是无法绘制流网的。④由于坝基砂砾石层的渗透系数 k 值较坝体大一万倍,相对而言为完全透水层,故截水槽上游侧砂砾石层的位势与库水位势是十分接近的。当库水位下降时,该砂砾石层对上游坝体而言起排水垫层的作用,故上游坡水位降落段内的孔隙水应向砂砾石层排泄。但从图1所示资料可见,坝坡内的孔隙水却反而向上游坡降落段逸出。⑤当稳定渗流的浸润线形成后,一旦库水位下降,则原浸润线即由流线边界转化为供水边界,这时自由水面线的位置将随着时间不断向内收缩,但按图1所示资料分析,从靠近下游坝坡附近的等势线分布表明,部分渗水会从自由表面边界渗出,故它反而成为排水边界了,显然是不符合渗流流态概念的。⑥将图1所示原文的电算结果与图2所示电拟试验结果相比较后发现,两者不仅相应位置的位势值相差甚大,且流态分布亦完全不同。另外其起始稳定状态时的浸润线位置差别亦甚大,笔者在进行电阻网模型试验过程中还发现,如按原文所示浸润线作边界时,则所得的流场分布均不能满足 $\frac{\partial h}{\partial n} = 0$ 和 $h = z$ 等条件。如果认为电算结果是正确的话,那么又如何评价电阻网模型试验结果呢。

从原文图10所示等势线分布可见,在坝基底部出现一条包裹部分基岩面、其势能为90%的等势线,包裹区范围内的位势必然大于90%,亦即该区域存在内源。如果在非稳定渗流计算中计及由于自由水面下降而导致总应力变化的影响时,则在局部渗流区出现内源是有可能的。但原文作者在计算中只考虑了自由面作为供水边界的条件,而并没有计及总应力变化的影响(实际上由于自由水面的变化过程事先是未知的,故这种影响亦很难考虑),故在渗流区出现内源就很难理解。另外,在截水槽位置附近,库水以外荷形式作用于其下的土层上;当库水位下降时,对其下的土体而言,实际上是一个卸荷过程,亦即作用于该土体内的总应力随库水位的下降而降低,如果要考虑土体变形的话,则该部分土体应该产生回弹而不是压缩,因此这就更无法理解该部分土体内出现内源的由来了。

3.用有效应力法计算坝坡稳定时,由于计算式中已经考虑了渗流水的作用,自然应采用有效强度指标,经查阅原文有关参考资料,对几个工程的稳定分析计算实例中,七一、岭里、岳城三个工程的强度指标系采用饱和固结快剪成果,而三河拦河坝则选用饱和快剪成果。它们显然都不是有效强度指标。正是由于在不同计算方法中互相混用了强度指标值,故原文表9中所示各计算结果之间的比较是不能说明问题的。

4.原文中所述对同一几何尺寸的中细砂和重粉质壤土的两个模型试验资料所见,从土料的透水性而言,前者较后者大,从土料的其他力学性指标来看,前者又较后者为好;但中细砂模型坝当上游水位由高69cm以 $v = 0.0131\text{cm/s}$ 的降落速度降至2cm时即滑坡,而重粉质壤土模型坝的上游水位亦由高60cm以 $v = 0.0494\text{cm/s}$ 的降落速度降至槽底时才出现滑坡,这与一般的概念恰好相反。但奇怪的是计算结果又与模型试验一致,这就很难说明这些结果都是正确的。

《工程勘察》征订启事

《工程勘察》是面向全国基本建设的综合性科技刊物。主要刊登工程地质与岩土工程、水文地质与凿井、工程物探、工程测量专业的理论、科研革新成果、经验总结、科技动态等内容,并适当介绍国外有关的先进技术。读者对象是从事各类工程建设的勘测、设计、施工科技人员、工人及有关院校师生。

本刊为双月刊,每期80页,定价0.45元,全年2.70元,国内外公开发行,全国各地邮局均可订阅,代号2—832。漏订者和国外订户可暂向本刊编辑部联系洽购,并请告知联系人姓名。

《工程勘察》编辑部地址:北京宽街山老胡同7号

Chinese Journal of Geotechnical Engineering

Vol. 5, No.3 (Total 16), Aug., 1983.

CONTENTS

- A Three Dimensional Joint Element.....
..... Yu Bing-zi, Chen Lian-li and Ye Wei-quan (1)
- The Effects of Bolts on the Stress-state in Visco-elastic Rock Masses
around an Excavation..... Lin Shi-sheng and Zhu Wei-shen (12)
- An Experimental Study of Determining the Dynamic Strength and Young's
Moduli of Sandstone and Limestone by Using the SHPB Method.....
Lu Yue-ping, Yang Ye-min, Kou Shao-quan, Chu Yao and Yang Gen-hong (28)
- Numerical Analysis of Fracture Mechanics for Rock Mass with Discrete
Joints..... Huang Jian-an and Wang Si-jing (39)
- The Numerical Process of the Sound Signal through Rock
..... Tang Da-rong (53)
- The Analytical Method of the Initial Stress Field for Rock Masses
..... Guo Huai-zhi, Ma Qi-chao, Xue Xi-cheng and Wang Da-nian (64)
- A Study of Yield Models for Rocks..... Tao zhen-yu (76)
- Generation and Dissipation of Pore Pressure in Saturated Sand Layer
due to Earthquake Loading
..... Wang Tian-song, Liu Ying, Tong Jun and Qi Xin (87)
- Embedment Depth and Internal Force of Diaphragm Wall.....
..... Wang Bing-jian and Xia Ming-yao (103)

NOTE AND REVIEW

- Test on Sub-soil of Oblique Foundation with Great Thrust
..... He Jia-yan (115)
- Reliability Analyses of Geotechnical Engineering..... Gao Da-zhao (124)

DISCUSSION

- Discussion on Finite Element Analysis for Slope Stability of Earth
Dams under Seepage Flow.....
..... Chen Yu-jiong, Chen Zu-yu, Xu Jia-hai and Xu Shi-guo (135)

本刊改双月刊启事

本刊定于84年第1期(总18)起改为双月刊,逢单月末出版,每期定价仍为0.6元,全年3.60元。请读者及时向当地邮局订阅。

改刊后的版面、篇幅、栏目均不变。

本刊至83年底共出17期(总1~17)总价9.20元,欲补购已出各期者,请向编辑部函购。

《岩土工程学报》编辑部

《水利水运科学研究》

征 订 启 事

《水利水运科学研究》系南京水利科学研究所编辑出版的定期刊物,在国内公开发行人。

本刊系学术性刊物,报导本所的主要科研成果,刊载国内有关的学术论著,择要介绍国外有关的科技成就和发展动向。主要报导内容:通航、过鱼和泄水建筑物水力学,水工建筑物和地下水开发利用,潮汐河口及河流河床演变和航道整治,海岸演变、港口淤积及防浪掩护,水电、水运工程岩土力学和工程结构,水工、港工混凝土和钢筋混凝土耐久性,现场及试验室内测试新技术等。读者对象为水利、水运及土木建筑工程系统的科技工作者和大专院校师生。

本刊为季刊,每季度末月20日出版。每期100页上下,16开本,定价0.50元。单位和个人均可订阅。1984年度征订工作已经开始,请读者到当地邮局办理订阅手续。刊号:28—19。

《水利水运科学研究》编辑部

岩 土 工 程 学 报

(季 刊)

第5卷第3期(总16)

编 辑 者

出 版 者

印 刷 者

国内总发行

订 购 处

国外总发行

《岩土工程学报》编辑部
(南京虎踞关34号)

南京人民印刷厂

南京市邮政局

全国各地邮政局

中国国际书店

(北京2820信箱)

Chinese Journal of Geotechnical Engineering

(Quarterly)

Vol. 5, No.3(Total 16)

Edited by

Editorial Office of Chinese Journal
of Geotechnical Engineering

34 Hujuguan Road

Nanjing, China