

对“土石坝的变形和拉伸、剪切破坏的 验算”一文* 的讨论

卞 富 宗 (水利水电科学研究院, 北京)

原文提出一种简便的计算方法, 用来验算土坝的拉伸、开裂、剪切等破坏的安全程度。如能运用恰当, 看来在土石坝设计的初始阶段, 对坝体一些关键部位的性状作粗略的判断, 不失为一种方便的方法。兹就文中的几个问题提几点看法。

1. 关于纵、横向位移比 ξ, η 的取值问题, 根据国外一些土石坝的实测变形资料看**, ξ, η 的变幅相当大。而且影响坝体变形的因素既多又复杂, 如果取值不恰当, 那么依此计算的结果就只能是定性的。

2. 就原文中的图1而言, 破坏线的绝大部分属伸长试验的结果, 表示三轴试验中的试样在轴向压力减小下产生剪切破坏。只有曲线下端的一小段方代表拉伸破坏。伸长试验与拉伸试验不是一回事, 前者是试样在受压条件下, 由于轴向压力减少而沿垂直方向伸长, 其破坏性质是剪损; 后者是试样在周围压力作用下, 施加轴向拉力而拉伸, 其破坏性质是拉断。

3. 既然采用摩尔-库伦破坏准则作为验算坝体稳定的依据, 那就意味中主应力 σ_2 对剪切破坏无影响。因而对文中所提的平面问题或空间问题, 只需用品式(1) $K = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_f}{\sigma_1 - \sigma_3}$ 验算剪切破坏的安全程度。而文中根据

$$q = p \tan \bar{\phi} + \bar{c} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{1}{2}(\sigma_1 + 2\sigma_3) \\ p &= \frac{1}{2}(\sigma_3 + 2\sigma_1) \\ q &= \sigma_1 - \sigma_3 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

绘制的图2只是摩尔-库伦包线的另一种表示方式。因为将式(4)和

$$\tan \bar{\phi} = \frac{6 \sin \phi}{3 + \sin \phi}, \quad \bar{c} = \frac{6c \cos \phi}{3 + \sin \phi}$$

代入式(2)同样得到

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_f = \frac{2c \cos \phi + 2\sigma_3 \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

这表明欲计入 σ_2 的作用, 图2是不适用的。

4. 文中的 $K p_a \left(\frac{\sigma_3 + \sigma_1}{p_a} \right)^n$ 是将 Janbu*** 对土的初始切线模量 E_t 与 σ_3 的关系式 $E_t = K p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n$

*原文载本刊1980年, 第4期, 作者顾逸臣。

**Wilson Stanley D., Deformation of Earth and Rockfill Dams, Embankment-Dam Engineering, Casagrande Volume, John Wiley & Sons, New York, 1973.

***Janbu, N. "Soil Compressibility as Determined by Oedometer and Triaxial Tests", European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. I, 1963.

加以修正。但是采用抗拉强度 σ_t 似乎缺乏根据。如果定出无侧限抗压试验的应力-应变曲线的初始切线模量 $(E_t)_u$, 那么按

$$E_t = K p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n + (E_t)_u$$

确定 K , n 常数可能合理。

陈 愈 炯 (水利水电科学研究院, 北京)

作者认为在土石坝的设计中应进行单纯拉伸验算、剪切破坏验算和脆性开裂验算, 他还建议了确定坝体内应力的简便方法, 以便进行上述三种验算。笔者就部分验算工作的必要性以及坝体应力的简便计算方法的可行性提出如下意见, 请作者和读者们指正。

1. 十多年来, 由于有限单元法在土力学中的应用, 使土坝设计师能估算得比以前较为接近实际情况的坝体应力和应变。他们以算得的坝体拉应力与粘性填土的抗拉强度相比较, 企图估算坝体的开裂部位, 这种计算工作就是单纯拉裂验算。此外, 他们还把坝体中的剪应力与抗剪强度相比较, 以确定坝体中的剪切破坏区或塑性开展区。虽然剪切破坏区的确定, 并不能为坝体的是否开裂或稳定提供直接答案, 但至少有助于鉴定抗滑稳定分析成果的合理性, 因此, 一般并不认为这种剪切破坏验算是不必要的。

除了上述两种验算外, 作者提出了一种新的, 所谓脆性开裂验算, 也就是以坝体中的主应力与所谓三轴抗裂破坏线(见原文图1)相比较。笔者曾对抗裂破坏线的实质进行过详细的讨论*, 它其实是抗拉试验成果和与其性质完全不同的、在轴向压力减退条件下的三轴伸长试验成果在同一图中的表达。在轴向压力减退条件下的三轴伸长试验和常规三轴压缩试验都属于剪切试验, 所不同者, 在前一种试验中, 试验的变形是在退荷条件下产生的; 而在后一种试验中, 是在轴向加荷条件下产生的。显然后一种试验更符合坝体填土的受荷情况。因此, 脆性开裂验算在实质上就是单纯拉裂验算和剪切破坏验算的重复, 所以是没有必要的。

2. 作者给出的确定水平位移量的经验系数 ξ 和 η 值, 是根据国外土石坝的实测变形数据整理而得的, 它们有广阔的变化范围。设计师在选用 ξ 和 η 值时, 除了应考虑到填土性质、坝坡坡度、岸坡坡度和所研究的地点等作者已经提到的因素外, 还应考虑坝型、施工方法以及所核算的时间等因素。因此, ξ 和 η 值的选取具有很大的任意性, 也必然有很大的不可靠性。笔者认为, 根据算得垂直位移量和选得的 ξ 值, 或许有可能估计出定性的成果, 例如估计出岸坡附近坝段内的拉力区的大致范围。但是要想通过这一途径确定坝体中的有实用价值的定量数据, 例如填土的应变值, 看来是很难办到的。

3. 根据填土的应变值和应力-应变曲线确定填土中的应力时, 作者没有说明应力-应变关系的测定方法。其实坝身粘性填土在排水和不排水条件下测得的应力-应变曲线相差很大, 笔者测得的曲线图1就是一个明显的例证。因此, 必须对应力-应变曲线的测定方法作出规定。由于即使在施工期, 坝体内各部位的固结度也各不相同, 所以, 在测定应力-应变曲线时, 必须控制试样的排水情况, 使它们相当于坝体各部位的各种排水固结情况, 但这样的试验工作即使是可能的也是非常麻烦的, 它违背了作者以简便为宗旨的立文目的。

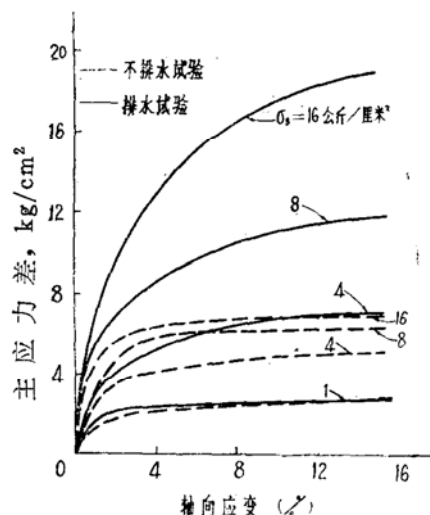


图1心墙填土的应力-应变曲线

* 陈愈炯, 对“填土的断裂机理”一文的讨论。岩土工程学报, 第3卷、第1期, 1981, 第101页。