

关于“边坡稳定性分析的力矩和方法研究”一文的讨论

孙建生¹, 王自忠²

(1. 太原理工大学, 山西 太原 030024; 2. 山西省水利职业技术学院, 山西 运城 044004)

Discussion on “Torque sun method for slope stability analysis”

SUN Jiansheng^{1*}, WANG Zizhong²

(1. Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024; 2. Shanxi Water Conservancy Vocational Technical Institute, Yuncheng 044004, China)

中图分类号: TU47

文献标识码: A

文章编号:

作者简介: 孙建生(1958-), 男, 硕士, 副教授, 主要从事水工结构及其抗震研究工作 E-mail:SJSD1053@163.com。

贵刊 2025 年第 3 期刊出的陈文胜等作者的论文^[1] (简称原文), 按照“矢量和法”的力学基本概念错误^[2]: 把滑动面两侧的平衡正应力分别计入滑体转动力矩和抗转动力矩, 并用定义安全系数计算公式的纯数学表达过程取代滑动面受力与材料强度必须满足极限平衡条件的力学模型研究方式。使原文公式推演过程 2 次出现自相矛盾。

有效澄清争议问题, 必须有以下 4 点共识, 否则, 就是各说各理没有任何讨论的必要。①共同关注点—滑动面抗滑稳定极限平衡安全系数计算力学模型; ②力学模型研究要素: 滑动面研究对象→相应的受力及其极限强度→通过平衡条件研究手段和假设条件→得到研究目标安全系数。所有力学模型要素的概念有机关联直观表达图, 就是滑动面受力计算简图; ③模型建立过程涉及到多个力学基本概念, 每一个概念可能有不同专家或规范给出相关范畴的定义解释, 因此必然会产生认知分歧。但是组成模型过程的所有力学概念必须关联匹配, 使得整体模型概念能够自圆其说, 否则模型必然是谬论; ④科学理论表达过程必须是严格逻辑推理证明过程。

1 原文及“矢量和法”模型的力学本质缺陷

原文在摘要中就明确“力矩和方法是在矢量和方法的基础上”。两者力学模型建立过程相同: ①首先定义安全系数计算公式 $F = \text{分子} \div \text{分母}$ (F 可以非 1), 通过解释分子和分母的力学概念, 得到安全系数力学概念的定义; ②给出的安全系数求解示意图+滑动面材料的切向极限抗剪强度假设条件=图 1(b)临界极限平衡滑动面受力简图 (临界极限平衡情况 $F=1$); ③分别按图 1(b)确定定义公式的分子和分母的计算式, 直接代入安全系数定义公式完成模型建立过程。

原文及“矢量和法”两模型建立过程始终没有力学要素概念之间必要的有机关联匹配—极限平衡条件 (力学研究手段要素), 而是采用直接定义安全系数计算公式的纯数学形式 ($F = \text{分子} \div \text{分母}$) 取代滑动面实际受力与滑动面材料提供的极限抗剪强度必须满足的极限平衡条件—力学平衡研究手段, 形成了力学模型逆向建立过程的致命先天缺陷。

2 原文的力学基本概念混淆错误

原文把滑动面两侧的平衡正应力 $\sigma_i = \sigma'_i$ 对转动中心点的力矩分别计入“滑体转动力矩”见原文式(8)和“抗转动力矩”见原文式(10), 代入定义式(1)得安全系数计算公式(11)或积分形式的式(12)如下

$$\text{原文式(11)} F = \frac{\text{分子}}{\text{分母}} = \frac{\sum (c_i + \sigma_i \tan \varphi_i) \Delta l_i d_n + \sum \sigma'_i \Delta l_i d_{\sigma i}}{\sum \tau_i \Delta l_i d_n + \sum \sigma_i \Delta l_i d_{\sigma i}}$$

$$\text{原文积分形式(12)} F = \frac{\int [(c_i + \sigma_i \tan \varphi_i) d_n + \sigma'_i d_{\sigma i}] dl}{\int (\tau_i d_n + \sigma_i d_{\sigma i}) dl}$$

把上式写成滑动面抗滑稳定极限平衡条件表达式(模型研究必须满足的平衡条件) $\sum M_r / F = \sum M_s$, 等式恒等变化为

$$\int \left(\frac{(c_i + \sigma_i \tan \varphi_i) d_n + \sigma'_i d_{\sigma i}}{F} \right) dl = \int (\tau_i d_n + \sigma_i d_{\sigma i}) dl \quad (1)$$

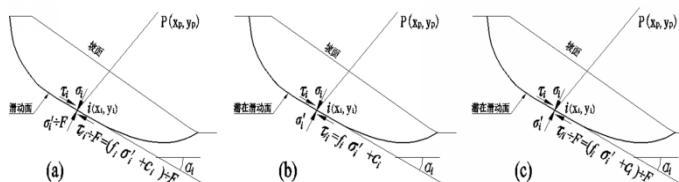


图 1 滑动面极限平衡受力计算简图 图中 $f_i = \tan \varphi_i$

平衡条件式(1)对应的滑动面受力计算简图必须为图 1(a)所示。也就是说, 按照图 1(a)受力情况, 对转动中心点 P 的力矩平衡条件 $\sum M_p = 0$ 就能得到原文的式(11)或式(12), 图中滑动面两侧法向应力必须是 σ_i 和 σ'_i / F , 而不可能是原文图 2 中的 σ_i 和 σ'_i 并且 $\sigma_i = \sigma'_i$ 。

按图 1(a)的受力情况的转动力矩平衡条件 $\sum M_p = 0$ 虽然可得出原文式(11)或式(12), 但必然存在: 原文抗转动力矩式(10)第 1 项 $\sum_{i=1}^n \tau_{fi} \Delta l_i d_n$ 中的 $\tau_{fi} = c_i + \sigma'_i \tan \varphi_i = c_i + \sigma_i \tan \varphi_i$, 实质

是原文认为滑动面两侧的法向应力是 σ_i 和 σ'_i 并且 $\sigma_i = \sigma'_i$

; 而确定式(10)的第 2 项 $\sum_{i=1}^n \sigma'_i \Delta l_i d_{\sigma_i}$ 时原文又认为滑动面两侧的法向应力是 σ_i 和 $\frac{\sigma'_i}{F}$ 。在安全系数 F 非 1 时, 同一公式

中的法向应力关系必然是自相矛盾的, 存在自相矛盾无疑是错误的。

原文式(8)计算结果是滑动面一侧的所有应力对转动点的转动力矩, 其与滑体上所有作用外力(包括自重)对转动点的转动力矩数值相等, 两者是静力平衡等价关系, 可以用此关系检验说明有限元应力计算成果的精度。但不是抗滑稳定计算中的滑动力矩。抗滑稳定极限平衡计算中的滑动力矩与原文所谓的满足静力平衡“滑体转动力矩”式(8)是两个力学平衡范畴的基本概念。原文定义的安全系数计算式(1)中分子和分母的力学极限平衡概念范畴错误, 此“安全系数”并非是滑动面抗滑稳定极限平衡安全系数, 只能是外形相似本质不同的自相矛盾另类。仅当临界极限平衡特例情况时才达到外形相同本质有别的数值 1。

3 滑动面极限平衡受力计算简图

根据原文“图 2 安全系数求解示意图”及图 2 下方文字“正应力 σ_i 和切应力 τ_i 对转动中心求力矩并沿滑动面求和, 就是滑体的转动力矩和。同时, 岩床反作用在滑体上的力为 σ'_i 和 τ'_i , 它们数值相等, 方向相反”。可知图中滑动面上侧应力 σ_i 和 τ_i , 下侧应力 σ'_i 和 τ'_i , 且 $\sigma_i = \sigma'_i$ 、 $\tau_i = \tau'_i$ 。该图是滑动面两侧各点实际微观应力平衡关系图, 原文误认为是滑动面抗滑稳定“安全系数求解示意”。因为, 图中根本没有抗剪强度 $\tau_f = c_i + \sigma_i \tan \varphi_i$ 和安全系数 F 力学要素, 根据此图不可能推导出原文的抗转动力矩式(10)及安全系数计算式(1)。当把图中 τ'_i 换成原文第 1.2 节的第(3)条假设: 滑动面的抗剪强度为 $\tau_f = c_i + \sigma_i \tan \varphi_i$, 即成为图 1(b), 才能得到原文式(10)。根据图 1(b)对点 P 的力矩平衡条件 $\sum M_p = 0$ 可得平衡方程式,

$$\int [(c_i + \sigma_i \tan \varphi_i) d_{\sigma_i} + \sigma'_i d_{\sigma_i}] dl = \int (\tau_i d_{\sigma_i} + \sigma'_i d_{\sigma_i}) dl \quad (2)$$

即 $1 = \frac{\int [(c_i + \sigma_i \tan \varphi_i) d_{\sigma_i} + \sigma'_i d_{\sigma_i}] dl}{\int (\tau_i d_{\sigma_i} + \sigma'_i d_{\sigma_i}) dl} \quad (3)$

比较式(3)与原文式(12)可知, 原文图 2+滑动面抗剪强度假设条件=图 1(b), 就是式(8)及式(10)转动力矩的受力计算简图, 但由此图只能得到临界极限平衡时安全系数计算公式(3); 而原文却根据同一受力简图 1(b)临界极限平衡特定情况, 得出了“安全系数”非 1 的计算公式原文式(12)。

4 正确的稳定平衡计算简图及公式

正确的滑动面受力计算简图为图 1(c), 仅根据此图可得力矩极限平衡条件方程为

$$\int \left[\left(\frac{c_i + \sigma_i \tan \varphi_i}{F} \right) d_{\sigma_i} + \sigma'_i d_{\sigma_i} \right] dl = \int (\tau_i d_{\sigma_i} + \sigma'_i d_{\sigma_i}) dl \quad (4)$$

解出安全系数未知量 F 得到计算公式为

$$F = \frac{\int [(c_i + \sigma_i \tan \varphi_i) d_{\sigma_i}] dl}{\int (\tau_i d_{\sigma_i}) dl + \int [(\sigma'_i - \sigma_i) d_{\sigma_i}] dl} = \frac{\int [(c_i + \sigma_i \tan \varphi_i) d_{\sigma_i}] dl}{\int (\tau_i d_{\sigma_i}) dl} \quad (5)$$

由上式可诠释, 滑动力矩、抗滑力矩的正确含义^[3,4], 及平衡正应力 σ_i 和 σ'_i 不是抗滑稳定直接影响因素。

5 原文式(11)到式(24)的自相矛盾

原文公式(11)推导过程滑动面切向抗剪应力按照假设

条件是临界极限切向应力 $\tau_f = \frac{c_i + \sigma_i \tan \varphi_i}{1}$; 而原文公式

(24) 中的第 i 块底面的法向作用力 P_i , 由图 3 的条块铅直方向平衡条件得出见原文式(14) (公式分子的最后一项漏写了 $\sin \alpha_i$), 并且推导过程中原文认为滑动面的切向抗滑力 T_i 为安全系数可非 1 时的极限可用切向力

$T_i = \frac{c_i l_i + (P_i - u_i l_i) \tan \varphi'_i}{F}$ 见原文式(15), 即, 切向抗剪应力

为可用极限值 $\frac{\tau_f}{F} = \frac{c_i + \sigma_i \tan \varphi_i}{F}$ 。与原文基本假设条件矛盾。

原文计算公式从式(1)到式(24)的推演过程当 $F \neq 1$ 时存在 2 次自相矛盾。

参考文献:

- 陈文胜, 刘成, 徐彬, 尹平保. 边坡稳定性分析的力矩和方法研究[J]. 岩土工程学报, 2025, 47(3): 645-651. (CHEN Wensheng, LIU Cheng, XU Bin, et al. Torque sum method for slope stability analysis [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2025, 47(3): 645-651. (in Chinese))
- 孙建生. “矢量和法”抗滑稳定计算模型的力学概念错误[J]. 岩土工程学报, 2021, 43(5): 975-980. (SUN Jian-sheng. Mechanical concept errors of "vector sum method" anti-sliding stability calculation model [J]. Chinese Journal of geotechnical Engineering, 2021, 43(5): 975-980. (in Chinese))
- 孙建生. 投影方向极值原理的滑动面应力矢量极限平衡抗滑稳定计算理论[J]. 计算力学学报, 2023, 40(1): 93-104. (SUN Jiansheng. Theoretical model of limit equilibrium anti-sliding stability of stress vector on sliding planes based on projection direction extreme principle [J]. Chinese Journal of Computational Mechanics, 2023, 40(1): 93-104. (in Chinese))
- 孙建生. 投影方向极值原理的三维滑动面应力合矢量极限平衡抗滑稳定计算理论模型[J]. 岩土工程学报, 2024, 46(12): 2629-2641. (SUN Jiansheng. Theoretical model of limit equilibrium anti-sliding stability of stress vector on three-dimensional sliding planes based on projection

direction extreme principle[J]. Chinese Journal of
Computational Mechanics, 2024, 46(12):2629-2641.(in
Chinese))

录用稿件，
非最终出版稿