

DOI: 10.11779/CJGE201901022

## 关于“关于《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2013)的讨论”的讨论

李广信

(清华大学水沙科学与水利水电工程国家重点实验室, 北京 100084)

### Discussion on “Discussion on ‘Technical code for building slope engineering’ second edition (2013)”

LI Guang-xin

(State Key Laboratory of Hydrosience and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2019)01-0191-02

作者简介: 李广信(1941-), 男, 教授, 主要从事岩土工程的教学与科研工作。E-mail: ligx@tsinghua.edu.cn。

毛昶熙等结合《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2002)<sup>[1]</sup>(以下简称2002边坡规范)对于《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2013)<sup>[2]</sup>(以下简称2013边坡规范)中的边坡稳定计算问题进行了讨论分析<sup>[3]</sup>。拜读以后, 收益颇丰。

此文也谈及了笔者关于2013年边坡规范的讨论文章<sup>[4]</sup>, 对其中“有一些进步。例如删去了原版中不合理的动水压力算法”有不同意见和看法。其实这句话不是讲删去了2002边坡规范中的以土骨架为隔离体的动水压力(渗透力)法, 改为以饱和土体为隔离体的水压力法, 是一个进步。而是2002边坡规范在这方面有错误, 因文献[4]是讨论2013年边坡规范, 对这句话的本意没有展开。

在2002边坡规范中的式5.2.6, 给出了第*i*计算条块土体的动水压力 $P_{wi}$ :

$$P_{wi} = \gamma_w V_i \sin \frac{1}{2}(\alpha_i + \theta_i) \quad (1)$$

式中,  $\alpha_i$ 为*i*条块的自由水位面的倾角;  $\theta_i$ 为*i*条块的底面(滑动面)的倾角。此 $\sin \frac{1}{2}(\alpha_i + \theta_i)$ 就是近似的水力坡降*i*, 这里取为底部滑动面倾角与上部自由水位线倾角的平均值, 这显然是错误的。按此规定, 对于静水位,  $\alpha_i = 0^\circ$ , 如果滑动面倾角 $\theta_i > 0^\circ$ , 也可以计算出不菲的渗透力。此规范规定了使用渗透力, 但没有指出地下水位以下土体自重要用浮重度计算。

对于此问题笔者曾在学术会议上质疑过, 也与该规范的主编讨论过, 他们对此是承认的。所以在2013年边坡规范中改成式(A.0.1-3), 笔者认为是一个进步。

文献[1]中讲“对‘动水压力’认识的混乱现象”, “流网等势线上的水头压力也就是动水压力”。“动水压力”是一个定义不准确, 使用很混乱的术语, 动水压力本身往往不是什么压力。很多场合它其实是被理解为渗透力的。在土力学中, 孔隙

水压力是面力, 通常指压强, 表示为 $p_w$ 或者 $u$ , 量纲为 $MT^{-2}L^{-1}$ ( $kN/m^2$ ), 在特定面积*A*上其合力为总水压力 $U(P_w) = A \cdot u$ , 量纲为 $MLT^{-2}$ ; 渗透力与浮力一样是一个体积力, 表示为 $kN/m^3$ , 在特定体积*V*上其合力为总渗透力 $J = V \cdot j = V \cdot \gamma_w \cdot i$ , 量纲也是 $MLT^{-2}$ 。在式(1)中计算的 $P_{wi}$ 就是第*i*条块的土骨架的总渗透力, 与“水压力”没有什么关系。所以说, 在土力学中应当取缔“动水压力”, 而统称孔隙水压力, 或渗透力。

在2013边坡规范中, 以(饱和)土体为隔离体, 抗滑力矩中扣除滑动面上的总水压力 $U_i$ , 将式(1)改为式(A.0.1-3):

$$U_i = \frac{1}{2} \gamma_w (h_{wi} + h_{w,i-1}) l_i \quad (2)$$

式中,  $h_{wi}$ ,  $h_{w,i-1}$ 为第*i*和第*i-1*条块前端的水头高度。

通常考虑底部的孔隙水压力都是用过条块的中点的等势线的压力水头高度计算, 而不宜计算两端高度的平均值。对于滑动面上外凸的孔压分布, 用中点计算的水压力稍大, 用两端点计算的稍小, 前者偏于安全。正如文献[1]中所说, 这里的“水头高度”极易被误解为从滑动面到浸润线间的高度, 也未发现是“特别绘图指出是流网等势线上的水压力”, 并且条块自重的水下部分也没有强调用饱和重度。这里的“水头高度与文献[1]中的‘水头压力’都是不准确的用语。

由于土中水流速较慢, 在饱和土中水的渗流最主要的是重力势和压力势。单位重量水的势可表示为*m*, 亦称水头; 单位体积水的势可表示为*kPa*, 亦称压强(或孔隙水压力)。相对于一定的基准线重力水头(也叫位置水头)+压力水头=测管水头; 测管水头+速度水头=总水头。所以式(2)中的*h*应称为“压力水头的高度”, 亦即用单位重量水的能量表示的压力势。至于“水头压力”则是含混不清的说法。

在2001—2002年曾对于在边坡稳定分析中, 以土骨架为

隔离体的渗透力还是以土体为隔离体的水压力两种计算方法的问题进行过较热烈的讨论,加深了土力学领域对于该问题的理解与认识。但也出现过批判式的,将对方说成一无是处,虚拟化<sup>[5]</sup>的现象。现在事情已经过去十多年了,风物长宜放眼量,不必念念于争论中的有意偏颇,无意伤人的个别说法。学术上的讨论与切磋是探求真理的重要途径,就有道而正焉也是治学的基础。在学术讨论方面,应当提供一个平等与开放的平台,也应具有恭谦和友善的态度。

以土骨架为隔离体水下部分考虑浮力与渗透力并不是大逆不道的。它在有些场合是简便与精准的,例如有沿坡渗流的砂土坡安全系数的推导;用数值计算渗流与强度折减法计算土坡稳定耦合时,渗透力计算并无困难。但在某些情况下的极限平衡法,其渗透力的准确估算很不易,正如式(1)的近似就是错误的。

以土体为隔离体,水下按饱和重度,考虑3个面的孔隙水压力计算较为直观和准确。在用极限平衡法分析时一般会绘制流网或者确定孔压等势线(例如土坝施工期),否则就要用总应力法。特别是目前的计算通常只在抗滑力矩计算中扣除滑动面处的孔隙水压力,而不计两侧的水压力,有时会造成很大的误差。

Duncan<sup>[6]</sup>对25 a来边坡稳定分析的条分法和有限元法的进展做了综述报告,他指出:“传统瑞典法对平缓边坡在高孔隙水压情况下进行有效应力法分析是非常不准确的”。这可能与它不考虑条块两侧的孔隙水压力有关。殷宗泽<sup>[7]</sup>与李广信<sup>[8]</sup>也表达过类似的观点。

## 参考文献:

- [1] GB 50330—2002 建筑边坡工程技术规范[S]. 2002. (GB 50330—2002 Technical code for building slope engineering” second edition[S]. 2002. (in Chinese))
- [2] GB 50330—2013 建筑边坡工程技术规范[S]. 2013. (GB 50330—2013 Technical code for building slope engineering” second edition[S]. 2013. (in Chinese))
- [3] 毛昶熙, 段祥宝, 毛宁, 等. 关于《建筑边坡工程技术规范》(GB50330—2013)的讨论[J]. 岩土工程学报, 2017, 39(11): 2147 - 2148. (MAO Chang-xi, DUAN Xiang-bao, MAO Ning, et al. Discussion on “Technical code for building slope engineering” second edition (2013)[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2017, 39(11): 2147 - 2148. (in Chinese))
- [4] 李广信. 关于《建筑边坡工程技术规范 GB 50330—2013》的讨论[J]. 岩土工程学报, 2016, 38(12): 2322 - 2326. (LI Guang-xin. Discussion on “Technical code for building slope engineering(GB 50330-2013)”[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2016, 38(12): 2322 - 2326. (in Chinese))
- [5] 沈珠江. 莫把虚拟当现实——岩土工程界概念混乱现象剖析[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(6): 767 - 768. (SHEEN Zhu-jiang. No confusing fiction with reality——Analysis of misunderstanding of some concepts in Geotechnical Engineering[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2003, 25(6): 767 - 768. (in Chinese))
- [6] DUNCAN J M. State of the art: limit equilibrium and finite element analysis of slopes[J]. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 1996, 122(7): 577 - 596.
- [7] 殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996. (YIN zong-ze. Principle and calculation of spoil engineering[M]. Beijing: Water Resources and Hydropower Press, 1996. (in Chinese))
- [8] 李广信. 高等土力学[M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2016. (LI Guaang-xin. Advanced soil mechanics[M]. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2016. (in Chinese))