

再论总应力法及水和土压力

——与陈愈炯教授商榷

魏汝龙

(南京水利科学研究院土工所, 210024)

陈愈炯教授等二位在大作“基坑支护结构上的水和土压力”(载本刊1999年第2期, P. 1, 以下简称“原文”)中, 有许多地方针对拙作^[2, 3, 4]提出批评指正, 使笔者更深入和细致地考虑了一些问题。对此谨表示十分感激, 窃以为确有不少观念可以通过相互探讨甚至争论而变得更加明朗和清晰, 故拟在以下几个方面进行答辩, 争取尽可能达到共识。

1 总应力和固结应力

陈教授等在原文中, 根据土力学中的传统习惯, 将抗剪强度的确定方法分为有效应力法和总应力法, 其中有效应力法采用有效强度指标, 而总应力法则可分别采用不排水和固结不排水等两种强度指标。但是, 笔者认为, 将有效强度指标和不排水强度指标分别归属于有效应力法和总应力法, 这是不容置疑的, 而将固结不排水(或固快)强度指标也列入总应力法, 则似还值得商榷。上述分类可能是针对室内试验而提出的。在室内固快直剪试验中, 试样上的固结应力就是外加总应力, 两者并无差别。强度与固结应力的关系也就是与总应力的关系, 因此就把固快强度指标也划归总应力法。然而, 原位土的情况就大不一样。在地下水位以下, 正常固结原位土的固结应力不是由其上覆总土重而是由上覆土层的浮重、即其有效土重所组成, 水压力对于土的固结及其所产生的强度毫无作用。因此, 对于原位土而言, 其固结应力就不再与总应力等同。此外, 在分期施工或分级加载和预压加固工程中, 为了估计土在不同固结度时的强度增长情况; 也必须将相应固结度时的固结应力与总应力加以区别。这样, 就不能再将固结不排水强度指标称为总应力强度指标, 也不应将它划入总应力法, 而宜将它另列为固结应力法(笔者以前曾建议将此称为有效固结应力法^[1])。因此, 上述分类应分为有效应力法, 固结应力法和总应力法等三种。

2 天然强度的形成和测定

如上所述, 正常固结原位土的天然强度或不排水强度是在其上覆有效土重下固结而形成的。因此, 在地下水位以下某个深度 z 处的原位土天然强度应为

$$S = \gamma_{\text{fs}} \tan \varphi_{\text{cq}} \quad (\text{正常固结土 } c = 0)$$

如果在此取饱和土样进行不排水试验, 则可得

$$S = C_u \quad (\text{饱和土 } \gamma_u = 0)$$

当取土扰动以及现场和室内条件的差异影响不大时, 以上两式的结果应该基本相同。因此, 对于同一深度上的原位土而言, 这两种强度指标应该是匹配的。这就是笔者原来发表的看法^[3], 其中只谈到原位土天然强度的形成及其测定, 并未涉及施工和加载快慢及其引起的变化等。因此, 即使陈、温二位故

意将此两式加以复杂化而变成他们文中的式(3)和式(2), 对于同一位置上的原位土来说, 此两式之间的关系似乎也不会有什么变化。这就是说, 如果用后者[式(3)]所示试验方法测出的原位土不排水强度, 是在前者[式(2)]所示的固结条件下形成的, 那么它们的结果为什么不可能基本相同呢?

3 固结不排水强度指标和水土分算

陈教授等在原文中一开始就明确指出“如果采用总应力法, 则总是将水和土压力合在一起计算”^①。既然他们认为固结不排水强度指标的确定是“总应力法的另一应用场合”, 则用它计算土压力时, 就应该水土合算。如上所述, 笔者认为固结不排水强度指标并不属于总应力法范畴, 那么用它计算土压力时, 就不一定“总是”水土合算了。实际上, 上面已指出, 在正常固结土的固结不排水强度形成过程中, 起作用的固结应力由其上覆土层的浮重所组成。这样, 用固结不排水强度指标计算土压力时, 墙后土楔体滑动面上的抗滑力 S 是由土楔体浮重所组成的固结应力的法向分量 N_c 产生的, $S = N_c \tan \varphi_{\text{cq}}$, 故算出的土压力, 是从它与土楔体的浮重及其在滑动面上的法向反力 N_c 和抗滑力 S 之间的平衡条件得出的^[3], 其中并未包括水压力。这就是说, 采用固结不排水强度指标时, 只能水、土分算。从这里可以清楚地看出, 在固结应力法中, 笔者始终把水土分开考虑, 而并不象陈、温二位所指责的那样, 存在“把水土作为一个整体来考虑, 但把水、土压力分开来计算”的矛盾。此外, 陈、温二位认为笔者对总应力法“任意进行改造”, 因为笔者在“国际上惯用的水土压力合算”的土压力公式中“任意增加了 $(1 - K_{a,p}) \gamma_w z$ 项”而“加以改造”。虽然, 笔者确实在拙作^[2]中曾用此项来表示水土合算时, 固结不排水和不排水的两种强度指标所算出的土压力之间的某些差异, 例如^②

$$(p_a)_{\text{cu}} = (p_a)_u + 2c_u \sqrt{K_a(1 - \cos \varphi_{\text{cu}})/\cos \varphi_{\text{cu}}} - \gamma_w z(1 - K_a)$$

但这是将两种计算结果仔细对比后列出的, 而决不是象陈、温二位所指责的那样, “认为式(10)中的 $\gamma_w z K_{a,p}$ 项在表观上违背了流体中各向等压的事实。于是在式(10)中任意增加了 $(1 - K_{a,p}) \gamma_w z$ 项, 即得出他们所建议的式(8)”。这种做法从未在任何拙作中出现过, 笔者谨在此郑重地加以澄清。

笔者在拙作^[2]中只谈到墙后的静水压力分布, 而且是把它作为采用水土分算方法时得出的水压力, 并未将它作为基坑支

① 这里和以下引号内的文字均引自陈、温二位的原文

② 文献[2]中原文推导有误, 已在文献[3]中改正, 此式是根据改正后的推导得出的。

到稿日期: 1999-04-07

护设计中考虑墙前后压力差时的外加荷载。关于后一问题,笔者已在拙作^[4]中粗略地予以分析比较。从此可看出,笔者并不赞成被陈教授等誉为“国内流行方法”的那种计算图式,认为它将偏高估计墙前后的压力差,偏于保守。此外,它还有使紧接墙底下的土体中左右两侧水压力不平衡的缺点。为此,笔者还特别强调了宜考虑渗流而计算土压力。陈教授等在原文中也曾提到拙作^[4],应该知道笔者的上述观点,为什么还非要把笔者当作所谓“国内流行方法”的罪魁祸首而揪住不放?令人费解!

实质上,陈、温二位与笔者间在这里的主要分歧在于,采用固结不排水强度指标时,陈教授等强调“国际上惯用的水土压力合算”方法不可动摇,而笔者却认为,此时只能水土分算。

4 总应力法和水土合算

陈教授等认为“国外的工程师绕过施工期孔隙压力估算的难题,而是采用总应力法确定土的强度,把孔隙压力的影响反映在抗剪强度指标上”,而且这种方法“是基本可靠的”。对此可提出两个问题。首先,陈教授等在原文中一开始就提出,总应力法中包括不排水和固结不排水两种强度指标。按照这种说法,则为什么在国外使用包括固结不排水强度指标在内的总应力方法是基本可靠的,而在国内采用固结不排水强度指标却要受到批评。其次,无论总应力法或固结应力法中,都有“绕过孔隙压力估算”而“把孔隙压力的影响反映在抗剪强度指标上”的作法,为什么陈教授等认为采用这种作法的总应力法是“基本可靠的”,而却不能容忍固结应力法中的类似作法,这样的区别对待似乎不太公平。

陈、温二位与笔者之间的分歧在于,笔者比较偏重于固结应力法,而他们则特别钟情于总应力法。实际上,只要没有原则错误,各人各有偏爱,这也是无可非议的事,何必强求一致。笔者偏重固结应力法,主要是赞赏其计算指标试验值的相对稳定。据笔者所知,国内大多数同行都认为,固结不排水强度指标的试验值比较稳定,离散性很小;而相对来说,不排水强度指标试验值的离散性就很大,有时甚至难以从中得出合理的平均值或代表值。此外,笔者曾几次引述 Saada(1994)的以下意见^[2,3]:从土体的裂缝和剪切带的形成和扩展方向来看,饱和粘性土甚至在不排水情况中也是一种摩阻材料,采用 $\varphi_u = 0$ 进行计算只能作为近似的方法。

陈、温二位也在原文中指出,“饱和粘土的 $\varphi_u = 0$,但是三轴不排水试验试样剪破面与大主应力面之间的实测夹角并不等于 $45 + \frac{\varphi_u}{2} = 45^\circ$ ”。这是陈教授等自己着重强调的“表观不合理”,是他们不得不承认的总应力法的缺点,笔者当然不会越俎代庖地替他们去“对材料力学公式进行改造”,学术争论何必挖苦!

事实上,笔者也并不反对采用总应力法计算土压力,并认为这样算出的土压力包含着静水压力的全部影响,也无所谓什么水土合算和水土分算。这总比采用固结不排水强度而墨守

“国际上惯用的水土压力合算”的方法,以致贬低或夸大了水压力的作用要好得多^[2]。

5 钻孔中的水位和墙后的水压力

陈教授等将粘土中钻孔时,“孔内的水位需要很长时间后才能恢复到地下水位高程”的现象推广到墙后。他们着重指出,“基坑开挖必然会引起墙身的侧向位移,其位移往往大于钻孔直径,这一空间就需土和水两者来填充。对于透水性很小的粘土来说,土中的水就需要很长时间才能在墙面上建立起压力来”。笔者认为不能随便套用钻孔中的水位来说明墙后情况。实际上,墙的位移是在墙后土体的主动推压下发生的,两者似应紧靠在一起而协同变形,不会发生脱空。笔者孤陋寡闻,从未听到有哪个基坑中发生过墙背与土体脱空的现象。最好请陈、温二位提出实际资料加以证实。凭空想象是无法说服人的。笔者倒是看到过一些基坑开挖前后在墙后连续观测土压力的资料,例如,从文献[6]的图 13 和文献[7]的图 12 可以看出,开挖后墙后土压力有所减小,这可能是从静止侧压力向主动压力发展,但是从未发现墙后任何点上的土压力等于或趋近零,从而表明墙土之间有脱空现象。

6 关于平均水力比降

笔者在讨论基坑内外的渗流时^[4],为了简单地说明渗流可能对水土压力引起影响,确实曾采用平均水力比降进行一些粗略的计算。其本意只是为了说明几种不同计算方法的差异,而不是想介绍什么具体的设计计算方法。陈教授等指出现在已有成熟的软件可以使用,那当然值得介绍推广,但也不能完全排斥有时候还会出现简化的粗略计算。例如,在李广信教授的大作中^[5],采用的也是平均水力比降 $i = \frac{h}{h + 2d}$,这与笔者所用的完全一样。该文是与笔者的有关短文^[4]同时发表的,并且还被陈教授等在原文中特别引用。但是他们对此却未置一词。这也是陈教授等厚此薄彼区别对待的又一个例子。

参 考 文 献

- 1 魏汝龙. 稳定分析中的强度指标问题. 岩土工程学报, 1993, 15(5): 24~ 30
- 2 魏汝龙. 总应力法计算土压力的几个问题. 岩土工程学报, 1995, 17(6): 120~ 125
- 3 魏汝龙. 深基开挖中的土压力计算. 地基处理, 1998, 9(1): 3~ 15
- 4 魏汝龙. 基坑内外的水压力和渗流. 岩土工程师, 1998, 10(1): 23~ 25
- 5 李广信. 关于有渗流情况下的土压力计算. 地基处理, 1998, 9(1): 57~ 58
- 6 田中洋行. Behavior of braced excavations stabilized by deep mixing method. 土质工学会论文报告集, 1993, 33(2): 105~ 115
- 7 On C Y. Performance of diaphragm wall constructed using top-down method. JGGE, ASCE, 1998, 124(9): 798~ 808