

DOI: 10.11779/CJGE201704026

## 对“挡土墙土压力研究的错误倾向”讨论的答复

孙建生

(太原理工大学水利科学与工程学院, 山西 太原 030024)

### Reply to discussion on “Error tendency for studying earth pressure on retaining walls”

SUN Jian-sheng

(Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

中图分类号: TU432

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2017)04-0773-04

作者简介: 孙建生(1958-), 男, 硕士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事水利工程结构及其抗振的教学和研究。E-mail: SJSD1053@163.com。

《岩土工程学报》编辑部分别于2016年10月21日和11月9日先后转来娄培杰博士及吴明副教授对原文<sup>[1]</sup>的讨论稿, 首先感谢两位青年学者参与相关问题的讨论, 讨论之目的就是为了探求真理, 揭示谬误。为了方便读者理解, 首先从相同力学基本概念解惑答复, 再答复讨论稿的特定问题。

### 1 土拱和土拱效应力学概念

拱的力学概念和土场中潜在拱的力学作用效应早已被人们认知, 1884年英国科学家 Roberts 发现粮仓效应最早提出了拱效应<sup>[2]</sup>。1943年 Terzaghi 通过活动门试验证实了土力学领域也存在拱效应<sup>[3]</sup>, 并将这种土压力由屈服区转移到邻近静止区的现象称为土拱效应。Terzaghi 的土拱效应定义与 Roberts 拱效应的概念是完全一致的, 并被工程界包括两位讨论稿作者广泛接受。要想把问题讨论清楚就必须把具有共识的 Terzaghi 土拱效应定义基本概念彻底搞清晰做实了, 也必须由此共识基点开始讨论相关争议问题才能分辨是与非。如果连此共识基点都不存在或要否认就没有讨论稿和原文答复的必要性了, 因为讨论稿和原文所阐述问题就成了两码事。

Terzaghi 土拱效应力学概念定义包括了3方面内涵: 土拱是传递荷载的载体、屈服区释放(减小)的土压力是载荷、荷载通过载体传递转移到静止区是边界。即载体、荷载和边界3个方面为定义的有机整体不可缺少任何一个, 否则定义就不完整变成了残废没有任何意义。

其中的载体: 土拱效应力学概念的土拱不仅要有轴线同时必须满足拱所要求的拱端条件(支座条件)和受力特征, 拱的三要素缺一不可, 也就是: 土拱拱端方向必须是墙壁点合力作用方向才能保证该点受力特征是承担压力, 载荷必须指向拱的内侧。每个要素是构成土拱的必要条件但不是充分条件, 只要任

何一个要素的缺失必然不能称其为土拱。

主应力轨迹线仅是一条曲线, 所能反映的全部力学概念信息有2个方面: 其一是迹线的轴线方向就是主应力的作用方向, 第二是沿迹线方向及垂直方向只有正应力没有剪应力。

主应力拱(主应力土拱)是轴线采用土场中主应力迹线而定义的轴线确定的实在拱, 因此它必须具备拱的3个力学要素。主应力拱如果要想拥有 Terzaghi 定义的土拱效应力学概念, 就必须同时满足载体土拱的要求: 拱端为合力方向、荷载指向拱的内侧, 否则, 就是两回事, 不论名称怎么变化都是无济于事的徒劳—此拱非彼拱, 不可能拥有土拱效应。

原文<sup>[1]</sup>图2主动土压力状态时上凸形土拱满足 Terzaghi 定义, 其土拱效应已在文中陈述。而下凹的小主应力拱(轨迹线为其轴线)首先拱端就不是合力方向, 仅这一点就已经毫无疑问地确定下凹的小主应力拱绝对不是土拱效应的土拱; 再来考察荷载指向拱的内侧, 也就是此拱转移土压力是向上的(等于拱外内应力差), 只能是土柱压力增大的效果, 正好与主动土柱压力减小规律相反, 故也不满足土拱效应力荷载方向。由此证得结论是: 小主应力拱本身和土拱效应力的土拱及土拱效应无关。

上述力学基本概念不能混淆含糊, 否则就会滑向谬误而远离真理!

一个理论如果建立在假冒土拱及窃取土拱效应的基础上, 难道研究结论不是谬误还会是什么?

读者如果对以上力学概念十分清晰不能有任何含糊, 一眼就可明白问题的根本原因。如果讨论稿作者及相关研究学者的这些力学基本概念清楚没有迷惑, 深信绝不可能有…, 基本概念的混淆太害人了!

## 2 侧土压力系数定义的实质与微分层理论骗局

关于微分层理论的谬误及侧土压力系数与合力土压力系数的力学关系等问题已在“基于微分层平衡挡土墙土压力曲线分布计算理论研究的谬误”一文中详细阐述, 该文已被《土木工程学报》录用等待刊出。在此主要针对侧土压力系数定义和微分层理论推导过程存在的隐秘力学谬误说明如下:

微分层土压力曲线分布计算方法研究首先必须假设一个侧土压力系数  $K$ , 根据其定义确定水平土压力与铅直土压力关系, 即, 所以

侧土压力系数定义:

$$K = \frac{\sigma_h}{\sigma_{va}} \quad (1)$$

而合力土压力系数的正确定义:

$$K' = \frac{\text{墙背水平合力 } P_h}{\text{墙背铅直合力 } P_v} = \frac{\int_0^H \sigma_h dz}{\int_0^H \sigma_v dz} \quad (2)$$

由两者定义概念的表面形式可知前者是依据墙面上每个点的应力、后者是基于整个墙面处的合力, 是一种微观与宏观、个体与总体平均的关系, 既有区别又有联系, 区别在于定义出发角度不同, 联系在于两者同属于微分层模型的墙面处水平与铅直力之比是同一力学物理量的点与面关系。但是, 微分层模型的合力土压力系数是根据墙面各点侧土压力系数  $K$  所确定的侧向土压力  $\sigma_h = K\sigma_{va}$  分布经过积分推导得到的, 并且在微分层积分推导过程中各点的侧土压力系数  $K$  与位置变量  $z$  无关为同一常数, 因此, 可以得到以下推理过程:

$$\text{墙背水平合力 } P_h = \int_0^H \sigma_h dz = K \int_0^H \sigma_{va} dz \quad (3)$$

$$\text{那么 } K' = \frac{\int_0^H \sigma_h dz}{\int_0^H \sigma_v dz} = \frac{K \int_0^H \sigma_{va} dz}{\int_0^H \sigma_v dz}.$$

在上式中, 按照微分层模型上下层面的铅直土压力为均匀分布力学模型, 则在同一位置高度  $z$  必然有  $\sigma_v = \sigma_{va}$ , 所以可得  $K' = K$ 。也就是说, 微分层的侧土压力系数按照层面的铅直土压力均匀分布及推导过程按常数考虑的模型实质是: 推导前假设的按各点应力比定义的侧土压力系数经过微分层模型假设的本质已变成了墙面处的合力土压力系数。

然而, 微分层计算方法的结论合力土压力系数等于库仑土压力系数  $1/a$ , 假设侧土压力系数与结论库仑合力土压力系数都是墙背的合力土压力系数, 却随着墙面摩擦角变化规律自相矛盾, 请问哪一种理论容许假设与结论自相矛盾? 微分层平衡挡土墙土压力曲线分布理论研究就是建立在如此力学悖论基础上的计算方法。

这样的假设与结论自相矛盾的力学悖论, 通过制造点与面的侧土压力系数定义概念区别, 而实际推导过程又没有任何本质区别的隐秘手法, 轻易达到割裂两者必然的内在力学联

系, 使自相矛盾的理论谬误一下变成了合理的理论假设, 最终实现人为假定  $K$  的大小调整土压力分布曲线形态迎合试验数据的目的。这样一个浅显的道理难道所有微分层挡土墙土压力曲线分布研究方法推崇者竟是全都不知晓? 也没有岩土专家提出质疑? 这样一个力学悖论方法却成了半个世纪<sup>[4]</sup> (1960 年开始) 被推崇至尊的计算理论? 真是难于想象!

产生这种力学悖论的根源就在于微分层用于土压力曲线分布研究力学模型的简化: 第一, 微分层的上下层面铅直应力为非均匀分布是边界条件和土拱效应的必然反映, 却简化成均匀分布而失真, 又通过平均铅直应力掩饰层面应力分布模型失真; 第二, 有限元分析成果揭示的侧土压力系数随高度不是常量为  $z$  的变量, 微分层假设和推导积分过程按常量处理而失真; 第三, 侧土压力系数  $K$  是为了确定墙背水平土压力  $\sigma_h = K\sigma_{va}$  而定义的, 本应当采用墙壁处的铅直应力  $\sigma_v$  却采用了层面平均应力  $\sigma_{va}$  而引起定义概念本身就失真, 也就是说, 微分层方法用于库仑土压力曲线分布研究的起点就已偏离了正确方向, 跑的越远歪的越多, 因此, 墙背点铅直应力采用平均应力形成失真就必然导致了水平应力失真、水平应力的失真又引起了挡土墙墙背的摩擦力失真、摩擦力的失真又影响到下一层土体铅直应力的失真, 形成失真效应累积结果, 最终导致墙底水平及铅直土压力为 0 的失真谬误结论。这 3 点失真是假设与结论自相矛盾、墙底部分土压力分布严重失真的内在本质必然, 是构成微分层挡土墙土压力曲线计算方法谬误演绎的全部过程。

在微分层数学推导所得结果公式中  $1/a$  与  $K$  无关, 数学推导过程的前后两个侧土压力系数无关绝不等同于两者力学本质没有关联。所有微分层土压力曲线分布研究成果都在利用这个数学推导过程特性, 无视两者的力学关系甚至错误地认为数学特性就是力学关系, 人为制造计算土压力分布曲线迎合试验数据。在力学概念上模糊割裂两者的力学本质联系, 将一个力学本质应当相同的关系, 却用力学规律相反的关系塞入微分层推导过程, 把力学规律相反的本质谬误悄无声息地推导演变成了合理的侧土压力系数假设, 把一个具有先天力学概念悖论缺陷的畸形侧向土压力曲线拟合方法, 推演成了挡土墙土压力曲线分布计算理论方法。推导过程首先得到的是铅直土压力  $\sigma_{va}$  分布曲线, 水平土压力曲线分布由  $\sigma_h = K\sigma_{va}$  关系得到, 本来应当首先考察铅直土压力分布曲线是否与观测成果吻合, 所有研究文献均无此内容, 请问首先得到的铅直土压力计算分布曲线与试验观测数据是否同时相似? 答案绝不相似。既然用试验成果作为理论研究方法的验证依据, 为什么不同时给出试验模型的测试参数? 利用微分层推导过程的结论合力土压力系数与假设侧土压力系数无关的数学特性, 就可以迎合试验曲线制造伪科学理论方法是微分层模型数学特性固有蒙骗性质。

本来就不是土拱、也根本没有涉及土压力传递土拱效应的侧土压力系数假设方法, 却非要把土拱效应光环戴在头上窃为已有, 并采用失真悖论基础上的微分层计算理论试图证明这种剽窃行为合理可靠的微分层挡土墙土压力曲线分布研究方法,

请问应当如何称呼才算合理恰当？

### 3 揭示 Handy 论文的连环谬误

1985年 Handy 的论文<sup>[5]</sup>“The arch in soil arching”首先提出小主应力拱并认为此拱就是 Terzaghi 土拱效应定义中的土拱，其谬误形成过程：

第一环：定义小主应力拱的荒谬：①挡土墙主动土压力状态墙壁对土体的摩擦力是向上的，合压力方向倾斜向上，而下凹形小主应力拱的拱端倾斜向下，根本不能满足拱端承压条件，不可能有这样受力现象的拱，水平方向承压铅直方向承拉，土体材料具有这种非凡的能力只能是荒谬滑稽的一种虚幻，连土都不是哪来的土拱，纯属彻头彻尾的唯心定义。土拱力学概念混淆错误；②沿主应力迹线的小主应力为压应力且无剪应力，就误认为是通过承压传递了屈服区土压力，满足土拱的受力特征。实质是指土拱荷载为屈服区土压力=外侧土应力-内侧土应力，传递此荷载而产生的内力为压力；③小主应力拱轴线两侧的每一点大主应力是始终平衡的，没有需要转移屈服土压力载荷。

第二环：小主应力迹线在墙壁点方向角与上凸土拱的轴线在该点的方向角为互余，仅仅在墙壁点有此影响。因此，不论小主应力迹线为何种曲线，只要在墙壁点方向角不变，则土拱轴线在该点的方向角就不变，但两者具体形态没有必然联系。那么假设小主应力迹线形式只是一种假象，本质就是要假设边壁点的方向（如同假设主应力方向角法），实质就是在确定土拱轴线在墙壁点的方向角—合力方向，也就是假定了挡土墙壁的水平压力与铅直压力的比，即假设了侧土压力系数  $K$ 。如果 Handy 采用直接假设侧土压力系数或土拱轴线在墙壁点的方向角，则读者一定会质疑其假设的合理性，甚至这样的论文根本就不可能面世刊出成为极品。而采用假设小主应力迹线形式就非常隐秘地掩盖了人为假设侧土压力系数的嫌疑，又把关注点引向了一个人们渴求而无果不知真容的 Terzaghi 土拱效应定义中的力学概念土拱形式的虚假冒牌上，并轻易取得了土拱效应招牌，迷惑忽悠了众多岩土工程专家学者。

第三环：小主应力迹线形式，既便已知了应力场要想精准绘出也不是一件易事，而且研究成果一般都不包含此项内容，所以在不知应力场条件下几乎不可能判断小主应力迹线形式假设的合理可靠性，也就无法不可能对之提出任何质疑，成为无证死结。直接假设墙壁处小主应力方向角的方法隐秘性次之。

第四环：通过墙壁点主应力微元体的在铅直面平衡条件、第一应力不变量关系和主应力比假设，推导侧土压力系数  $K$  的过程只是欲盖弥彰的做戏。推导过程始终没有涉及屈服土压力转移问题，甚至连库仑强度条件都没有使用， $K$  怎么就可以反应土拱效应？此外，当主应力迹线水平时沿迹线的主应力比为常数，但当迹线受到剪应力影响弯曲时沿迹线的主应力比不是

常数，主应力比等于朗肯土压力系数的假设是错误，还有主应力迹线不是平行的。

第五环：利用微分层模型的土压力曲线分布公式及数学推导原理，隐秘合力土压力系数与侧土压力系数存在力学谬误。

相关问题讨论的解惑到此结论自然可知。

原文在撰写时总感觉这些基本概念问题是从事力学理论研究学者都知道的，根本不必啰嗦，明摆着错误怎么就是不认账，很觉窝气。通过讨论稿发现，原文在基本概念方面没有侧重展开，让读者一时不好理解，在此表示歉意。

### 4 关于吴明副教授讨论稿

讨论稿第 1 节第 1 段“土拱效应的实质就是要引起应力迁移。土拱只是研究应力迁移过程中的现象和手段而已。”仅强调目标，不管实现目标的载体是否满足土拱的力学边界条件和迁移应力的方向，通过曲梁或悬索也可有应力迁移，按此定义：曲梁悬索都是土拱，对吗？力学概念不清错误。

讨论稿第 1 节第 1 段最后一句“从图 1 沟埋式模式图中可以看出 Spangler 所用的拱是大主应力迹线，……”。大小主应力迹线处处垂直，此时小主应力迹线是下凹形，所以大主应力迹线向对称轴方向逐步变为铅直的，与土拱形态无关。主应力轨迹线基本概念错误。工程力学 2011 年 11 期论文<sup>[6]</sup>图 1 及图 3 中的大主应力迹线方向也是错误的。

在这里需要提醒讨论稿作者，请仔细甄别原文<sup>[1]</sup>图 2 中小主应力轨迹线与讨论稿图 1 的反拱在支座拱端反力方向的区别，差别虽小却是理论谬误与真理的分界拐点。以免再次受到谬误力学概念影响。请记住：土拱三要素是力学必要条件，这是研究有关拱的力学问题必须遵守准则，不分学科时间永远都不会变的。

讨论稿第 2 节及第 3 节问题，列举出若干现在见刊的“合理”方法，请问现有的这些方法哪一个更好？假如你要设计挡土墙如何选用？相信哪一个的结果是对的？想要合力作用点高就选  $K$  大点，否则就选  $K$  小的，自便怎么都对，这叫什么理论？作为学者的你能接受吗？一个正确理论怎么可以有那么多不同的全都是正确的结论，你想过没有？研究成果到底是为了什么？为了文章？为了运用？不能工程实际使用的运用理论研究只能是为了文章的文章，毫无存在价值。

### 5 关于娄培杰博士讨论稿

讨论稿第 1 节第 3 段“从土拱来源来看，土拱与拱结构如曲梁、悬索等是两者不同的概念……”，在垂直轴线荷载作用下，拱（即拱结构）是通过承受压力把荷载作用效应传递到拱端，曲梁是通过承受弯矩传递到梁端，悬索（或膜结构）是通过承受拉力传到索端，3 种结构的受力特征和力学定义是完全不同的，不能混淆。

讨论稿第 1 节第 3 段“土拱…其力学原理是：由于土体的不均匀变形而导致土体颗粒挤压使得主应力方向发生偏转”。讨论稿第 2 节第 1 段“土拱效应又称“筒仓效应”，是指当土体等散体发生不均匀变形时，散体颗粒物会发生相互挤压，使得主应力发生旋转的一种现象”。把载体与通过载体达到的目标混为一谈。土拱是土拱效应的力学概念载体，土拱效应是通过土拱力学概念载体要达到土压力传递现象的目标。

讨论稿第 2 节图 1 中土柱试件的破裂面与侧面之间存在土拱作用效应的土拱。

讨论稿第 3 节第 3 段经典库仑理论合力土压力系数“其大小为挡土墙水平总压力  $P_x$  与墙后滑动土体总重  $W$  (未考虑地面超载) 之比”，概念文字表述错了。墙后滑动土体总重  $W$  不等于  $\frac{1}{2}\gamma H^2$ 。

讨论稿第 3 节第 5 段“式 (2) 为原文… $K$  是影响挡土墙主动土压力非线性程度的参数”；第 6 段“上式中… $a$  为参数， $K$  为侧土压力系数”， $K$  是侧土压力系数而不是参数，请仔细看懂微分层方法推导过程， $a$  是库仑土压力系数的倒数，不是参数。若是参数就可以调整，两者就可以没联系。与土压力系数力学概念有关，就不能任人调整，两者就必须满足力学概念的关系。

讨论稿第 2 页倒数第 2 段 Paik 法的合力土压力系数随墙土摩擦角的增大“先减小（直到  $\delta/\phi=0.7$ ），后增大”。这种规律不正确。当土体中形成完整的破裂面后，墙土摩擦角的增大对于挡土墙的土压力大小就不会有影响了，这又是一个简单土力学极限状态概念问题不清楚的表现。

讨论稿第 4 节是关于黏性土的侧土压力系数问题，本文在这里需要说明的是：涂兵雄等<sup>[7]</sup>在侧土压力系数计算公式中增加了考虑黏性及其随位置  $z$  的影响，但在铅直土压力微分方程的积分结果中却是按侧土压力系数为常数（没有考虑位置变量  $z$  影响），直接套用了微分层计算积分推导公式。

微分层模型土压力曲线分布计算方法过程，说白了就是一个特殊力学迭代计算问题的演变，迭代计算结果必须与假设一致，才算收敛，结果才是正确答案。但是这个特殊迭代问题的结果合力土压力不受假设影响，第一次假设计算过程只对分布影响，这种还未收敛的中间产品现象就被用来解决科学问题，不闹出乱子才算怪了。

使用微分层方法可以推导证明 1857 年诞生的朗肯经典土压力理论，因为推导前后假设土压力系数及土压力分布一致，假设与结论前呼后应（相当于迭代已收敛了）。把现在的微分层模型推导前的土压力系数直接用库仑土压力系数代替，假设与结论就前呼后应，土压力线形分布，可以用来证明库仑土压力分布规律，也没问题。

但是，把原本只适用于土压力线形分布的微分层模型用

到土压力曲线分布研究，虽然分布公式数学表象可以实现人们的美好愿望，却是数学间断点原理在力学理论中谬误表现的必然。当墙壁光滑侧土压力系数等于朗肯土压力系数时，土压力按线形分布，墙底水平及铅直土压力不为 0 并且数值还较大；设想给墙壁一个微小摩擦（非常接近光滑但就不是光滑），这时力学模型应当与光滑时非常接近，但是按微分层公式计算的墙底土压力一下由较大数值变成 0，这种现象就是数学原理为力学理论盲目运用设下的谬误圈套。力学概念不清已经稀里糊涂误入歧途，掉进了万劫不复的深渊，却还蒙在鼓里美其名曰：这是考虑了“土拱效应”。

年青的学者朋友：微分层模型用于土压力曲线分布研究此路行不通，请另辟新径，不要再浪费宝贵的时间和聪明才智！

## 参考文献：

- [1] 孙建生. 挡土墙土压力研究的错误倾向[J]. 岩土工程学报, 2016, 38(7): 1324 – 1329. (SUN Jian-sheng. Error tendency for studying earth pressure on retaining walls[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2016, 38(7): 1324 – 1329. (in Chinese))
- [2] TERZAGHI K. Theoretical soil mechanics[M]. New York: John Wiley & Son, 1943.
- [3] TERZAGHI K. Large retaining wall tests I -pressure of dry sand[J]. Engineering News Record, 1934, 112: 136 – 140.
- [4] 蒋莼秋. 挡土墙土压力非线性分布解[J]. 土木工程学报, 1964, 34(1): 58 – 67. (JIANG Chun-qiu. Experimental research on the passive[J]. China Civil Engineering Journal, 1964, 34(1): 58 – 67. (in Chinese))
- [5] HANDY R L. The arch in soil arching[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1985, 111(3): 302 – 318.
- [6] 吴 明, 彭建兵, 徐 平, 等. 考虑土拱效应的挡土墙后土压力研究[J]. 工程力学, 2011, 28(11): 89 – 95. (WU Ming, PENG Jian-bing, XU Ping, et al. Study on earth pressure against rigid retaining walls considering soil arching effects[J]. Engineering Mechanics, 2011, 28(11): 89 – 95. (in Chinese))
- [7] 涂兵雄, 贾金青. 考虑土拱效应的黏性填土挡土墙主动土压力研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(5): 1064 – 1070. (TU Bing-xiong, JIA Jin-qing. Research on active earth pressure behind rigid retaining wall from clayey backfill considering soil arching effects[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2012, 31(5): 1064 – 1070. (in Chinese))