

关于“砂土的稳态强度:概念与试验”的讨论

赵成刚 于子忠

(北方交通大学土木建筑工程学院, 北京, 100044)

砂土振动液化是岩土工程中的一个特殊而重要的问题。从工程的观点, 有两方面的问题是最基本的: ①砂土振动液化触发或产生的条件; ②初始液化后的结果。砂土初始液化后的结果通常有两种: ①无失稳时将产生很大的沉降或侧向位移; ②液化失稳时将丧失承载力或产生侧向流动。我国对砂土振动液化触发或产生的条件研究较多, 对初始液化后的结果研究较少, 尤其对初始液化后能否发生失稳流动的定量研究更少。笔者最近拜读了发表在《岩土工程学报》1999 年第 2 期上的文章《Steady state strength of sand: concept and experiment》(以下简称文献[1]), 受益颇多。文献[1]对砂土初始液化后的稳态强度进行了认真而细致的研究, 并对这一问题进行了有益的讨论和试验论证, 对该问题的进一步深入研究作出了积极的贡献。但笔者在有些方面与作者有些不同的看法, 拟在下述问题与作者进行讨论, 以使还存在的问题得到进一步的了解和关注。*

稳态是 Poulos 和 Castro 发展并提出的(文献[2, 3]), 并用于砂土振动液化失稳的估计和判别(文献[2])。他们给出变形过程中的稳态是这样的一种状态: 土体在常体积、常有效压应力、常受剪应力和常应变速率下持续变形的状态(文献[2])。换句话说, 在稳态变形阶段时, 抗剪强度不变, 剪应力也不可能增加, 但土体却在以常速率产生持续的流动变形, 从而导致流动失稳破坏或侧向流动。他们还强调了稳态发生的条件为: 土的结构完全被重构, 所有颗粒的方向性效应已经达到稳定条件以及所有颗粒都已完成错动(文献[2])。只有这些条件具备时, 才能出现土体持续的流动变形, 才能产生失稳和侧向流动破坏。文献[2]还指出, 当触发应力小于稳态强度时, 土样只能产生有限的变形, 而不可能产生失稳流动破坏, 只有当触发应力大于稳态强度时, 才有可能产生失稳流动破坏。

文献[1]中明确地指出了准稳态现象的存在, 即在松砂三轴不排水试验偏应力和应变曲线中, 偏应力到达峰值以后, 会迅速降低而到达最小值, 然后保持一段暂时稳定后, 继续上升(我们定义为不稳定阶段)最后到达稳定状态。这种暂时的稳态即是准稳态。值得注意的是: 准稳态时的应力(即准稳态强度)小于稳态时的应力(即稳态强度)。存在的问题是: 采用何种稳态强度作为判别能否产生失稳流动破坏的强度标准呢?

文献[1]认为, 这种暂时的稳态或准稳态可能就是稳态。并指出准稳态结束后剪应力的增加可能是三轴仪中端部约束所引起的。这也就是说, 边界条件可以影响稳态强度。但是文献[1]并没有给出端部约束作用使不稳定阶段剪应力增加的物理机制方面的说明, 让人难以信服。实际上, 对于中密度砂或密砂, 更存在三轴仪端部的约束问题, 但为什么没有产生准稳态这一现象和问题呢? 另外, 又如何消除密砂端部约束的影响?

砂土由剪缩状态转变为剪胀状态。但三轴仪的端部约束又如何能够使松砂由剪缩过程转变为剪胀过程呢? 三轴仪两端的约束通常是摩擦约束, 而这种约束是被动的, 它只会限制或阻碍某种状态的产生, 但很难引发另一种状态的产生, 即不会引发剪缩过程转变为剪胀过程(可能是我们主观的判断)。

文献[1]鉴于认为三轴仪端部约束可能是不稳定阶段应力增加的原因, 对变形的稳态定义进行了修正, 在原定义的基础上, 增加了下述条件: 常剪应力是土体中的最小强度, 它依赖于剪切区中的局部孔隙比。这种修正意味着: 稳态的常剪应力只能是三轴仪试验中峰值应力过后的最小剪应力。在未能清楚了解最小剪应力产生的原因和随后不稳定阶段剪应力增加的原因之前, 上述修正是有矛盾的, 也是不合适的: 因为既然是稳态, 剪应力和强度都不会变化, 就不应该产生不稳定阶段剪应力的增加。

文献[4]给出了判别失稳时应采用的标准强度的确定方法。即当准稳态出现时, 可采用准稳态强度作为标准强度(这样做是偏于安全的), 而对没出现准稳态而仅出现稳态的情况采用稳态强度作为标准强度。笔者认为, 即使准稳态出现时, 采用应变较大(大于 20%)的稳态强度, 也不会出现失稳流动破坏, 但可能产生很大的变形, 这样可能过于冒险。

笔者还认为, 文献[1]对饱和砂土在三轴不排水剪切过程中 4 个不同阶段的定义也未必妥当。原因是: 既然稳态是出现在第二阶段(坍塌阶段), 那么以后的阶段或过程只不过是稳态的流动, 不应该再有其它阶段; 如果还有其它的阶段, 那么, 这种阶段还是稳态阶段吗?

另外, 稳态是否在坍塌阶段出现也是一个需要论证的问题, 因通常认为稳态是出现在应变大于 20% 的阶段, 而根据文献[1]的试验结果, 坍塌阶段的应变则是在 0.9% 到 4.2% 的范围内。

上述讨论仅是笔者个人观点, 不一定正确, 意在引发讨论, 加深对砂土稳态强度的认识和理解, 不当之处, 还请不吝赐教。

参 考 文 献

- 1 Zhang Huiming, Vinod K Garga, Zeng Qiaoling. Steady state strength of sand: concept and experiment. 岩土工程学报, 1999, 21(2): 230~ 235
- 2 Poulos S J, Castro G, France J W. Liquefaction evaluation procedure. J Geotech Eng Div, ASCE, 1985, 111: 772~ 792
- 3 Poulos S J. The steady state of deformation. J Geotech Eng Div, ASCE, 1981, 107: 553~ 562
- 4 Ishihara K. Liquefaction and flow failure during earthquake. Geotechnique, 1993, 43(3): 351~ 415

* 到稿日期: 1999- 05- 31