

- [3] 杨光华, 王鹏华, 乔有梁. 地基非线性沉降计算的原状土割线模量法[J]. 土木工程学报, 2007, 40(5): 49–52.
(YANG Guang-hua, WANG Peng-hua, QIAO You-liang. An undisturbed-soil secant modulus method for calculation of nonlinear settlement of soil foundations[J]. China Civil Engineering Journal, 2007, 40(5): 49–52. (in Chinese))
- [4] 基坑工程技术规范: DG/TJ08—61—2010[S]. 2010. (Technical Code for Excavation Engineering: DG/TJ08—61—2010[S]. 2010. (in Chinese))

DOI: 10.11779/CJGE202012025

对“应用于基坑围护结构变形计算的非线性土体弹簧模型及参数研究”讨论的答复

王洪新^{1,2}, 李雪强¹, 杨石飞³, 路家峰³

(1. 上海大学土木工程系, 上海 200444; 2. 上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海 200065; 3. 上海勘察设计研究院(集团)有限公司, 上海 200093)

Reply to discussion on “Nonlinear soil spring model and parameters for calculating deformation of retaining structure of foundation pits”

WANG Hong-xin^{1,2}, LI Xue-qiang¹, YANG Shi-fei³, LU Jia-feng³

(1. Department of Civil Engineering, Shanghai University, Shanghai 200444, China; 2. Shanghai Urban Construction Municipal Engineering Co., Ltd., Shanghai 200065, China; 3. SGIDI Engineering Consulting (Group) Co., Ltd., Shanghai 200093, China)

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2020)12-2351-02

作者简介: 王洪新(1973—), 男, 博士, 教授级高级工程师。主要从事基坑工程、盾构法隧道及土力学基本理论方面的研究工作。E-mail: tjwanghongxin@163.com。

非常感谢肖红菊对“应用于基坑围护结构变形计算的非线性土体弹簧模型及参数研究”^[1](以下称“原文”)一文的关注, 原文在表述上的确存在不严谨的地方, 导致读者理解偏离原文本意。下面针对肖教授提出的3个问题^[2], 一一给出答复。

(1) 原文研究的主要目的: 在基坑的弹性地基梁计算模型的应用中, 在围护结构主动区一侧施加增量土水压力荷载, 增量荷载由土层水文地质参数和开挖工况确定; 在基坑被动区, 用满足双曲函数关系的非线性土弹簧代替传统的线弹性弹簧。原文中式(2)即为非线性弹簧所满足的关系, 并不存在讨论稿中的问题。

(2) 讨论稿中给出的式(2)是基于对问题(1)中所述的误解。诚然, 被动区土体的基床系数与主动区土压力确实存在一定关系, 但在传统的基坑竖向弹性地基梁算法中, 这种关系通过假定计算模型方式被回避了。在原文中, 由于对 p 的说明不准确, 导致了理解上的歧义。在此, 进行补充说明。首先, 应明确的是, 原文采用的计算模型为原文图1所示^[1]的增量法模型。在该模型中, 在基坑主动区一侧采用的是矩形增量荷载, 则被动区土弹簧的土压力强度应为实际水平土压力强度与静止水平土压力强度之差。原文没有对此说明且采用了字母“ p ”, 并用“土压力强度”说明“ p ”导致了读者的误解。如用下式表达原文中的式(2), 更能让人理解笔者的本意(如图

1 所示):

$$\Delta p = p' - p_0 = \frac{s}{a + bs} \quad , \quad (1)$$

式中, p' 为被动区土体的实际水平土压力强度, p_0 为被动区土体的静止水平土压力强度。

原文中的 p 实际上是式(1)中的 Δp 。应该补充说明的是, 在围护墙水平位移不断较大时, 被动区土弹簧的土压力强度并不能无限接近 p_{ult} ; p' 的上限是被动土压力 p_p 。所以, 应用非线性弹簧时, $\Delta p - s$ 关系应为图1中的实线A—B—C。

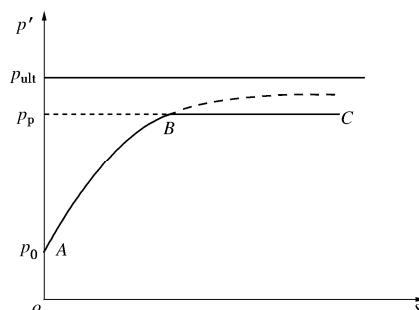


图1 $p' - s$ 关系

Fig. 1 Relationship between p' and s

(3) 在基坑设计时,首先采用土层原位测试结果获得非线性计算参数再进行计算分析的思路是正确的。但实际情况是,土层原位测试方法采用的应力路径与基坑开挖时的应力路径不同;另外,由于原位试验测试时的探头尺寸过小,由此导致的尺寸效应会使试验结果不能直接应用于基坑计算。笔者在研究初期,也尝试采用原位测试成果直接获取非线性参数,但由测量值直接计算的参数并不合理。为此,采用了原位测试方法与基于现场围护结构变形监测值反分析法相结合的方法。应用基于现场监测数据的反分析结果,对基于原位测试的成果进行修正,就可以得到基于原位测试成果的非线性弹簧参数,从而在实际基坑设计计算中在被动区采用非线性土弹簧。在讨论稿中,肖教授认为影响基坑围护结构变形的因素还包括基坑的平面尺寸、围护结构的刚度和插入比、支撑的形式及布置方式等,这一点在反分析时已经充分考虑了。比如,基坑宽度、支撑形式和布置方式通过支撑刚度值来反映;围护结构刚度和插入比也已经考虑在计算模型中了。通过原位测试和反分析两种方式获取的参数值物理意义是相同的,并不存在肖教授所言的问题。

实际上,笔者已经尝试采用非线性土弹簧对有原位测试成果的基坑进行了计算对比。针对田林路下穿隧道的基坑工程,采用土层的旁压试验成果,应用原文中的修正方法确定了被动区土弹簧参数,计算得到的各施工工况的围护变形计算结果见图 2。图中同时给出了采用线弹性土弹簧的计算结果。显然,采用非线性弹簧的成果更接近工程监测结果,采用线弹性土弹簧的计算结果表现出不符合实际的“踢脚”变形。这是由于没有考虑小变形时土体“更刚”这个土体非线性特征导致的。

上述分析表明,采用有两个参数的非线性土弹簧代替仅有一个参数的线性土弹簧,计算得到的结果更能反映工程实际情况。在积累一定工程经验基础上,结合一定原位测试,可以得

到一个地区典型土层的参数指标范围。

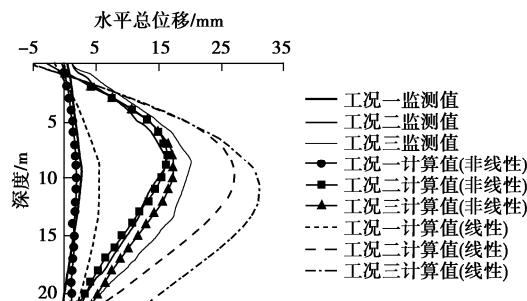


图 2 计算与实测对比

Fig. 2 Comparison between calculated and measured results

参考文献:

- [1] 王洪新, 李雪强, 杨石飞, 等. 应用于基坑围护结构变形计算的非线性土体弹簧模型及参数研究[J]. 岩土工程学报, 2020, 42(6): 1032 – 1040. (WANG Hong-xin, LI Xue-qiang, YANG Shi-fei, et al. Nonlinear soil spring model and parameters for calculating deformation of enclosure structure of foundation pits[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2020, 42(6): 1032 – 1040. (in Chinese))
- [2] 肖红菊. 关于“应用于基坑围护结构变形计算的非线性土体弹簧模型及参数研究”的讨论[J]. 岩土工程学报, 2020, 42(12): 2350 – 2351. (XIAO Hong-ju. Discussion on “Nonlinear soil spring model and parameters for calculating deformation of enclosure structure of foundation pits”[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2020, 42(12): 2350 – 2351. (in Chinese))