

DOI: 10.11779/CJGE201807025

## 关于“考虑桩侧土体三维效应和地基剪切变形的隧道开挖对邻近桩基影响分析”的讨论

程 康, 夏唐代, 仇浩淼

(浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心, 浙江 杭州 310058)

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2018)07-1359-02

作者简介: 程康(1994-), 男, 硕士研究生, 主要从事土与结构相互作用的研究。E-mail: chengkang@zju.edu.cn。

## Discussion on “Influence of tunneling on deflection of adjacent piles considering shearing deformation of foundation and 3D effects of lateral soils beside piles”

CHENG Kang, XIA Tang-dai, QIU Hao-miao

(Research Center of Coastal and Urban Geotechnical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

贵刊于 2016 年第 5 期刊登了题为“考虑桩侧土体三维效应和地基剪切变形的隧道开挖对邻近桩基影响分析<sup>[1]</sup>”的文章(以下简称“原文”)。笔者深入学习后, 受益匪浅, 但同时也有一些困惑, 想与原作者作进一步探讨。

(1) 原文中的公式(1)、(2)、(3)、(6)分别如下, 公式中各物理量的物理意义原文已给出, 故不再赘述。

$$EI \frac{d^4 w}{dz^4} - GD \frac{d^2 w}{dz^2} + kDw = pD \quad (1)$$

$$k = 0.65 \left( \frac{E_s D^4}{EI} \right)^{\frac{1}{12}} \frac{E_s}{(1 - \nu_s)^2} \quad (2)$$

$$G = \frac{E_s t}{6(1 + \nu_s)} \quad (3)$$

$$p(z) = kS_x(z) - GS_x''(z) \quad (4)$$

下面就对上述公式中各参量的量纲进行分析, 公式(2)中的 $k$ (原文称“地基反力模量”)的量纲显然为 $M \cdot T^{-2} \cdot L^{-1}$ , 公式(3)中剪切层刚度 $G$ 的量纲则为 $M \cdot T^{-2}$ 。

由高等数学<sup>[2]</sup>可知, 一、二阶导数的定义分别为

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} \quad (5)$$

$$f''(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f'(x_0 + \Delta x) - f'(x_0)}{\Delta x} \quad (6)$$

将土体位移场函数 $S(z)$ 带入一阶导数定义式(5), 由分子分母量纲相消, 可得一次求导数后的 $S'(z)$ 为无量纲参量, 再将 $S(z)$ 带入二阶导数定义式(6), 显然,  $S''(z)$ 的量纲为 $L^{-1}$ , 同理, 则 $dw^2/dz^2$ 量纲也为 $L^{-1}$ ,  $dw^4/dz^4$ 量纲应为 $L^{-3}$ 。

公式(4)中,  $kS_x(z)$ 量纲为 $M \cdot T^{-2}$ ,  $GS_x''(z)$ 量纲为 $M \cdot T^{-2} \cdot L^{-1}$ , 即 $MPa$ , 笔者疑惑的是同一个公式里面两个并列相加减的物理量, 量纲却不一样? 同理, 公式(1)中的量纲也出现不一致, 如此, 原文后续结论是否可靠? Tanahashi<sup>[3]</sup>给出了 Pasternak 地基上的桩基微分方程, 比较文献[3]里的公式(1)与原文里

的公式(1), 发现 $k$ 在式(2)的基础上还应除以桩径 $D$ 。值得注意的是, 原文中的公式(2), 笔者认真学习了 Vesic<sup>[4]</sup>论文中的公式(38), 发现 $k$ 的表达式应如下:

$$kD = 0.65 \left( \frac{E_s D^4}{EI} \right)^{\frac{1}{12}} \frac{E_s}{(1 - \nu_s^2)} \quad (7)$$

(2) 原文公式(3)给出了剪切层刚度 $G$ 的理论表达式,  $t$ 作为剪切层刚度 $G$ 里面的一个重要参数, 对其具体取值以及如何取值未作具体说明, 在原文后续的单桩算例 1~3 也未作交代, 那么具体算例 $EI \frac{d^4 w}{dz^4} - GD \frac{d^2 w}{dz^2} + kDw = pD$ 中的 $t$ 是如何取值的呢? 同时, 文献[5]借鉴既有数值模拟结果, 在其推导计算中认为 $t$ 取 11 倍大小的桩径, 并且也指出剪切层厚度 $t$ 是与土的性质密切相关的。不难发现, 原文里面的 3 个不同的单桩算例中,  $t$ 的取值是不一致的, 所以在 3 个 $t$ 不同算例下, 对其具体取值有必要做进一步说明。

(3) 原文 1.2 节的群桩水平反应分析时, 指出“由于桩基的存在, 约束了盾构隧道施工在桩位处产生的自由土体侧向位移”, 并给出了桩 1 的遮拦位移为 $\Delta \delta_1(z)$ , 而不解的是 1.1 节的单桩水平反应分析时却并未考虑该“遮拦位移”, 那么是否也该同样地考虑该工况下桩土变形不协调的影响以期获得更精确的解答?

(4) 2.1 节的假定④“附加荷载 $p(z)$ 在 $y$ 方向以均布线荷载形式同时作用于桩基和地层两侧”, 由原文公式(24)知 $p(z)$ 是地层剪切层变形的函数, 而原文图 4(b)示意在 $y$ 方向上剪切层的变形并不是定值, 这与实际工况是相吻合的, 也就是说 $p(z)$ 并不恒定, 与原文假定④中的“均布”前后矛盾。笔者认为, 盾构开挖是一个渐进的过程, 由其产生的作用于桩基的附

基金项目: 国家自然科学基金项目(41702313)

收稿日期: 2016-01-07

加荷载是否“均布”需进一步论证。

以上是一些不成熟看法,笔者也在一直拜读原文作者的相关论文,每每学习,均有所获,在此,深表谢意与敬佩,也衷心地希望能够与原文作者进行有关探讨。

#### 参考文献:

- [1] 张治国, 徐晨, 宫剑飞. 考虑桩侧土体三维效应和地基剪切变形的隧道开挖对邻近桩基影响分析[J]. 岩土工程学报, 2016, 38(5): 846 - 856. (ZHANG Zhi-guo, XU Chen, GONG Jian-fei. Influence of tunneling on deflection of adjacent piles considering shearing deformation of foundation and 3D effects of lateral soils beside piles[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2016, 38(5): 846 - 856. (in Chinese))
- [2] 同济大学数学教研室. 高等数学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 1996. (Mathematics Teaching and Research Section of Tongji University. Higher mathematic[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 1996. (in Chinese))
- [3] TANAHASHI H. Formulas for an infinitely long Bernoulli-Euler beam on the Pasternak model[J]. Journal of the Japanese Geotechnical Society Soils & Foundation, 2004, 44(5): 109 - 118. (in Chinese))
- [4] VESIC A S. Bending of beams resting on isotropic elastic solid[J]. Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE, 1961, 87(2): 35 - 53.
- [5] 梁发云, 李彦初, 黄茂松. 基于 Pasternak 双参数地基模型水平桩简化分析方法[J]. 岩土工程学报, 2013, 35(增刊 1): 300 - 304. (LIANG Fa-yun, LI Yan-chu, HUANG Mao-song. Simplified method for laterally loaded piles based on Pasternak double-parameter spring model for foundations[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2013, 35(S1): 300 - 304. (in Chinese))

DOI: 10.11779/CJGE201807026

## 对“考虑桩侧土体三维效应和地基剪切变形的隧道开挖对邻近桩基影响分析”讨论的答复

张治国<sup>1</sup>, 姜蕴娟<sup>1</sup>, 徐晨<sup>1</sup>, 宫剑飞<sup>2</sup>

(1. 上海理工大学环境与建筑学院, 上海 200093; 2. 中国建筑科学研究院, 北京 100013)

中图分类号: TU43

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 4548(2018)07 - 1360 - 03

作者简介: 张治国(1978 - ), 男, 博士, 副教授, 现主要从事地下工程施工对周边环境影响控制方面的研究与教学工作。E-mail: zgzhang@usst.edu.cn。

## Reply to Discussion on ‘Influence of tunneling on deflection of adjacent piles considering shearing deformation of foundation and 3D effects of lateral soils beside piles’

ZHANG Zhi-guo<sup>1</sup>, JIANG Yun-juan<sup>1</sup>, XU Chen<sup>1</sup>, GONG Jian-fei<sup>2</sup>

(1. School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. China Academy of Building Research, Beijing 100013, China)

### 1 对讨论稿问题的回复

首先, 感谢程康对“考虑桩侧土体三维效应和地基剪切变形的隧道开挖对邻近桩基影响分析”<sup>[1]</sup>(以下简称“原文”)的关注和讨论, 下面简要叙述一下原文的研究思路, 并针对程康提出的几个问题, 逐点答复如下:

原文从考虑土体剪切作用和三维作用效应两方面着手, 重点分析了 Pasternak 地基下的考虑桩基侧向土体三维作用效应的隧道开挖引起邻近桩基的水平反应。原文提出的简化解析方法的优势在于以下两点: ①Pasternak 地基模型可以考虑地基的

剪切特性, 避免了 Winkler 地基模型变形不连续的特性。②考虑了桩侧土体作用的三维效应, 规避了以往平面应变解法的弊端。

原文所提到的“侧向土体的作用”指的是桩土作用的三维效应, 既包括平面内的桩土相互作用, 还包括垂直于平面方向的(即沿着隧道轴线方向的)的土体变形对桩基的约束作用。原文中式(18)~(36)给出了详细的公式推导。

尽管在理论上 Pasternak 地基模型比 Winkler 地基模型有较