

# Plaxis 在码头前沿海工平台插桩计算过程中的应用

刘健, 李湾

(中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222)

**摘要:** 本文以天津滨海新区某码头前沿海工平台插桩计算为背景, 介绍了使用 Plaxis 有限元软件进行岩土工程计算过程中参数的取值方法及模型建立的一般过程, 探讨了土体本构模型、结构模型各个参数的含义及数值区间, 并对有限元软件的局限性进行了研究, 成果值得类似工程借鉴。

**关键词:** 码头; 海工平台; 插桩; 有限元; Plaxis; 本构模型

**中图分类号:** U656.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0101—03

## 1 项目背景

依据天津滨海新区某自升式海洋钻井平台建造计划, 在平台下水后, 需要在码头前预定的插桩位置就位升船, 将桩脚缓慢的插入地基土中。平台紧靠 30000t 滑道进行插桩对于码头的影响最大, 此时平台位置如图 1 所示, 插桩位置平台距离码头前沿线 6m, 桩靴外沿距离码头前沿线 11m。平台单桩桩靴等效圆直径为 17.8m, 最大截面积为 248.85 m<sup>2</sup>。桩靴最大接地比压为 27.7t/m<sup>2</sup>, 考虑 1.1 倍安全系数, 单桩实际最大施加荷载 30t/m<sup>2</sup>。

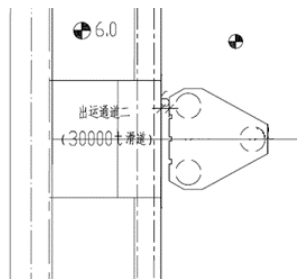


图 1 平台插桩位置

在预定压载情况下, 当地基土的极限承载力小于平台桩脚对地基土施加的压力时, 平台桩脚将继续向下贯入, 当地基土的极限承载力大于或等于平台桩脚所施加的压力时, 则平台桩脚将停止贯入, 稳定在地层的某一层位, 此时平台桩脚尖贯入深度为平台的插桩深度。

插桩对于码头的影响主要为插、拔桩过程中使土体产生塑性变形, 进而使桩基产生变形与内力, 影响桩基耐久性, 且可能会使岸坡滑动。因此, 需要在码头前沿设置支护结构, 限制土体位移, 减少插桩对码头的影响。

## 2 支护方案

本方案支护结构拟采用板桩结构, 采用钢板桩型号为 PU32, 桩长 25m。钢板桩设于码头前沿泥面处, 共设前后两排, 前排钢板桩距码头前沿线 7m, 后排钢板桩距码头前沿线 1m, 即前后两排板桩间距 6m。钢板桩上方为钢筋混凝土导梁, 钢板桩之间设置连接构件。

## 3 结语

相对于传统的 CAD 挖方计算方法来说, 运用 Civil 3D 软件在两个不规则曲面进行计算时更为方便灵活, 更为直观、准确。更为重要的是, 作为 BIM 设计软件, 动态设计有着非常重要的应用, 对于挖方计算及图纸修改提供了极大的便利。

### 参考文献:

- [1] 樊旭宏. Civil 3D 在场土方量计算中的应用 [J]. 建材技术与应用, 2012 (10).
- [2] 王伟, 杨志. BIM 技术在内河航道设计中的应用 [J].

水运工程, 2019 (7).

- [3] 邹红霞, 李明星. Civil 3D 软件在港口疏浚工程中的应用 [J]. 港工技术, 2019 (4).
- [4] 陈懿强, 黄晔卉. 基于 CIVIL 3D 的疏浚工程量计算分析 [J]. 港工技术, 2018 (6).
- [5] 赵丽, 陈懿强. 基于 CIVIL 3D 航道疏浚量断面法计算的研究 [J]. 港工技术, 2018 (3).
- [6] 任耀. Autodesk Civil 3D 2013 应用宝典 [M]. 同济大学出版社, 2012.
- [7] JTS181-5-2012 疏浚与吹填工程设计规范 [S].
- [8] JTS110-7-2013 水运工程施工图文件编制规定 [S].

### 3 计算方法

由于本项目涉及的工况较为复杂，建模计算采用通用岩土有限元计算软件 Plaxis。该软件得到了世界各地岩土工程专业人员的广泛认可，现已广泛应用于各种复杂岩土工程项目的有限元分析中。

### 4 结构建模

#### 4.1 土体本构模型及指标

本次计算采用 Hardening-soil 土体本构模型模拟土体。该本构模型要求输入的参数可以分为物理参数与力学参数。物理参数反映了土体的基本物理性质，包括：土体容重  $\gamma_{\text{unsat}}$ 、 $\gamma_{\text{sat}}$ ；排水类型；渗透系数  $k_x$ 、 $k_y$ 。力学参数可以反映土体在受力作用下应力与应变之间的本构关系，以及破坏的临界值，包括：刚度模量  $E_{50}^{\text{ref}}$ 、 $E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$ 、 $E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$ ；幂指数  $m$ ；抗剪强度指标  $C'_{\text{ref}}$ 、 $\phi'$  及剪胀角  $\psi$ ；高级刚度参数  $V'_{\text{ur}}$ 、 $p_{\text{ref}}$ 、 $K_0^{\text{nc}}$ ；强度折减因子  $R_{\text{inter}}$ 。

#### 4.2 结构

在 Plaxis 3D 中，板桩结构的在不同方向的刚度及剪切模量不同，计算时需要根据如下公式确定，

具体计算时可以自编计算书或根据官方计算书确定，对于给定型号的钢板桩，也可直接导入官方材料模型库。

板桩设置端部支撑，避免板桩出现较大竖向位移。

#### 4.3 模型建立

在 Plaxis 3D 中建立的模型为三维对称结构。在本工程建立的非对称三维模型中，由于单元较多，计算时间较长，部分工况在工作站的计算时间长至 2 天。建模时采用对称结构，可以节约至少一半时间。

### 5 荷载及工况

#### 5.1 工况一：插桩过程中的挤土作用

插桩过程中的挤土作用，主要不利影响因素为土体受挤压向岸侧的变形。由于插桩过程是一个土体不断破坏，桩脚不断下沉的过程。计算所采用而 Plaxis 软件根据基于连续介质的有限元原理开发，即当土体破坏时，就无法满足软件继续计算的条件，目前也尚无能够有效

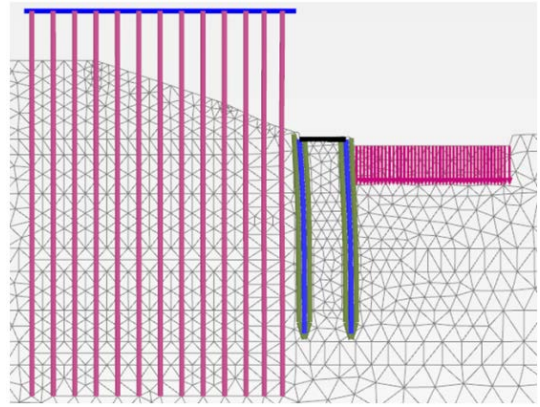


图 2 工况一图示

模拟该过程的其它软件。因此，计算中采用的荷载数值小于实际插桩荷载，且模拟时采用两种模拟方法，一种为在原泥面处施加荷载，一种为在原泥面处施加指定位移，且为避免土体过于容易破坏，荷载作用区域土体的指标进行了一定的加强。

#### 5.2 工况二：桩腿作用于稳定位置（对应于桩腿二次落位情况）

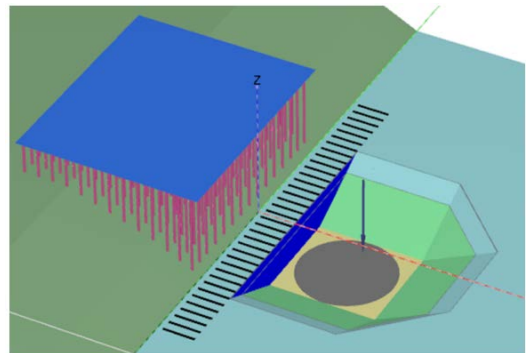


图 3 工况二图示

由于插、拔桩会在码头前方形成深坑，考虑深坑形成后桩腿二次落位（作用于稳定位置原泥面下 6.2m）。主要不利影响因素为后方岸坡土体向海侧的位移，以及桩靴荷载。

#### 5.3 工况三：拔桩后形成深坑

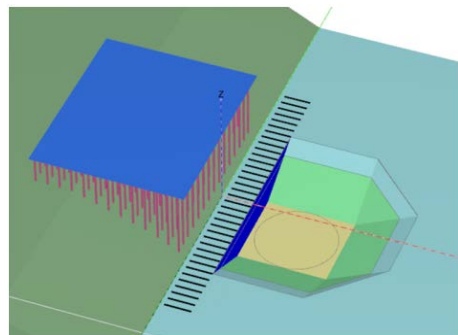


图 4 工况三图示

本工况考虑拔桩后形成 6.2m 深坑。主要不利影响因素为岸坡处土体向海侧的位移。

## 6 计算结果分析

### 6.1 工况一：插桩过程中的挤土作用

本工况中，泥面处桩靴荷载增加至土体破坏时，桩靴荷载尚未达到  $30\text{t}/\text{m}^2$ ，但码头前排桩基已经达到能承受的极限弯矩。码头桩基中部位移较大，弯矩产生的主要原因是插桩过程中的挤土效应。

泥面处指定位移增加至土体破坏时，插桩深度约 1m，此时码头前排桩基已经达到能承受的极限弯矩。该加载方式产生结构内力与位移与施加荷载的方式基本一致。

通过对工况一的计算可以看出插桩过程中的挤土效应会使周边土体产生较大的位移，进而使支护结构及码头结构产生很大的位移及内力，直接进行插桩会产生较大的风险。

### 6.2 工况二：桩腿作用于稳定位置（对应于桩腿二次落位情况）

本工况中，支护板桩结构及码头桩基的弯矩、位移未超过设计值。内力及位移产生的原因主要是板桩悬臂段受向海侧的主动土压力作用，板桩下部受桩靴荷载作用产生向内侧的位移及弯矩。

### 6.3 工况三：拔桩后形成深坑

本工况中，板桩悬臂段受向海侧的主动土压力作用产生相应的位移及弯矩。

### 6.4 计算结论

根据计算结果，在码头前沿插桩的过程会使支护结构及码头桩基产生较大的内力及位移，对结构造成破坏，因此不建议在码头前沿进行插桩。

建议改进平台舾装工艺，使平台浮于水面进行舾装。或对码头前沿土体进行地基处理，使其能达到  $30\text{t}/\text{m}^2$  的承载力要求。同时，平台进行插桩试验时，建议远离码头，保持一定的安全距离，避免对码头结构产生不利影响。

## 7 结语

本工程采用 Plaxis 有限元软件对海工平台插桩过程进行模拟，能够较好地分析插桩过程中土体及结构位移的变化，计算结果对工程实施的具有一定的指导作用。

同时，本工程前期未做三轴试验，在建模计算过程中缺乏相关的土体试验数据，这也是采用有限元软件进行岩土工程计算所遇到的一大问题。为此，笔者参阅了大量的文献，最终确定土体指标的合理范围，以及采用其它土体指标的可行性，对今后类似工程具有积极的意义。

### 参考文献：

- [1] 刘畅. 考虑土体不同强度与变形参数及基坑支护空间影响的基坑支护变形与内力研究 [D]. 天津大学, 2008. DOI:10.7666/d.y1531908.
- [2] 李亚玲, 张彬等. Hardening-Soil 模型中参数选取试验研究 [C]. // 第九届全国工程地质大会论文集. 2012:164-169.
- [3] 管飞. 基于 HSS 本构模型的软土超大型深基坑 3D 数值分析 [C]. // 第六届全国基坑工程研讨会论文集. 2010:177-180.
- [4] 尹骥. 小应变硬化土模型在上海地区深基坑工程中的应用 [C]. // 第六届全国基坑工程研讨会论文集. 2010:166-172.
- [5] 魏汝龙. 三轴和直剪试验的固结快剪指标 [J]. 大坝观测与土工测试, 1998, 01:25-26+43.

