

20-24

带桩靴自升式桩基钻井平台 插桩深度的计算方法

段忠毅 要明伦

王家祥 金元刚

天津大学, 天津, 300072

中国海洋石油渤海公司, 天津塘沽, 300456

摘要 针对目前带桩靴的自升式桩基钻井平台插桩深度计算中存在的问题, 提出了考虑桩靴实际形状和土层参数变化的地基承载力计算方法, 同时编制了相应的计算机程序。

关键词 钻井平台 插桩深度 平台压载 地基承载力

海洋石油开发

带桩靴的自升式桩基钻井平台, 是海洋石油开发中广泛应用的一种平台。在这种平台就位前, 需对桩的插入深度进行计算, 以保证作业安全。现在采用的计算方法, 是以桩靴最大断面处地基土的极限承载力平衡平台的压载, 使桩达到地基中的一定深度。由于海底土层往往是成层分布的, 各土层的物理、力学性质指标不一致, 计算出的地基土的极限承载力也不相同。现采用的计算方法, 在土层界面处地基上的极限承载力必有一个突变, 这显然与实际情况不符。为此, 本文提出按桩靴实际形状计算地基承载力的方法, 以便较好地解决这个问题。

1 地基承载力的计算

根据桩靴的尺寸、形状和埋深以及地基土的物理、力学性质参数, 如土的重度 γ 、不排水抗剪强度 C_u 、内摩擦角 φ 等, 可计算某一深度地基土的承载力。

(1) 桩靴在黏性土中, 且其下一层土为砂土或比本层硬的黏土时, 一般以 Skempton 公式进行计算, 即:

$$q_0 = N_c C_u + \gamma \frac{V}{A} \quad (1)$$

式中: q_0 为地基的极限承载力, kPa; C_u 为计算断面下 $B/2$ 范围内土的平均不排水抗剪强度, kPa; γ 为计算断面处土的重度, $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$; V 为桩靴排开地基土的体积, m^3 ; A 为计算断面的面积, m^2 ; N_c 为承载力系数, 由下式计算:

$$N_c = 6(1 + 0.2 \frac{D}{B})$$

式中: B 为桩靴最大断面的直径, m; D 为计算断面到海底泥面的距离, m。

(2) 桩靴在砂土中, 且其下一层为比本层土硬的土层时, 使用 Terzaghi 和 Peck 公式进行计算, 即:

$$q_0 = 0.3\gamma_1 BN_r + \gamma_2 D (N_q - 1) + \gamma \frac{V}{A}$$

式中: N_q , N_r 是由土的内摩擦角 φ 决定的承载力系数; γ_1 为桩靴计算断面下 $B/2$ 范围内土的平均重度, $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$; γ_2 为桩靴计算断面以上至海底泥面处土的平均重度, $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$; 其他符号同式 (1)。

(3) 桩靴在下有软弱黏土层的硬黏土层中, 或下有黏土层的砂土层的成层土中时, 可用以下方法进行计算:

① 应力扩散法认为, 作用于硬土层上的力, 按一定的扩散规律传递到软土层顶面, 如图 1 所示, 应力传递以一定斜率 α 进行, 软土层顶面等效基础面处的承载力为

$$Q_t = A_t C_{UB} N_{ct} \quad (2)$$

而桩靴所在位置处的承载力为

$$Q_n = A C_{UT} N_m \quad (3)$$

在平衡条件下, (2) (3) 两式应相等, 则:

$$A_t C_{UB} N_{ct} = A C_{UT} N_m$$

即:

$$N_m = \frac{A_t C_{UB}}{A C_{UT}} N_{ct} \leq N_c$$

式中: C_{UB} 为软黏土层不排水抗剪强度, kPa ; C_{UT} 为硬黏土层不排水抗剪强度, kPa ; N_m 为实际基础面处的修正承载力系数; A 为实际基础底面面积, m^2 ; A_t 为等效基础的面积, m^2 ; N_{ct} 为等效基础的承载力系数, 它随扩散斜率不同而变化。将 N_m 代入实际基础承载力公式中得到

$$q_0 = \frac{A_t}{A} C_{UB} N_{ct} + \gamma \frac{V}{A}$$

用上式计算的 q_0 值, 不能大于在硬土层中计算的 q_0 值。

② 上层为硬黏土层而下层为软黏土层时可用 Brown 和 Meyerhof 提出的计算公式:

$$q_0 = 3C_{UT} \frac{H}{B} + 6C_{UB} + \gamma \frac{V}{A}$$

式中: H 为硬黏土层厚度, m 。

③ 当上层为砂土而下层为黏土时, 可用 Hanna 和 Meyerhof 提出的计算公式。当上层为砂土而下层为黏土且桩靴插入为图 2 (1) 所示情况时, 计算公式为

$$q_0 = 6C_u + \frac{2\gamma_1 H^2 (1 + 2\frac{D}{H}) K_s \tan \varphi}{B} + \gamma \frac{V}{A}$$

式中: K_s 为抗剪系数, 此处取 1.0; 其他符号同上。

当上层为砂土而下层为黏土且桩靴插入为图 2 (2) 所示情况时, 计算公式为

$$q_0 = 6C_u + \frac{2HK_s(H\gamma_1 + 2\gamma_2)D \tan \varphi}{B} + \gamma \frac{V}{A}$$

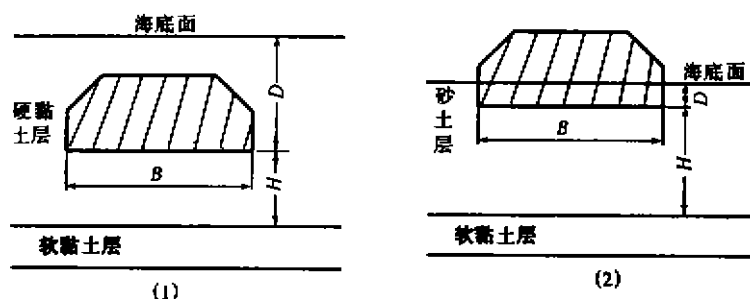


图 2 Hanna 和 Meyerhof 公式

2 钻井平台桩腿插入深度计算分析

带桩靴自升式钻井平台插桩深度, 实际是钻井平台桩腿插入土层地基土的极限承载力与平台压载平衡深度处。从以上公式可以看出, 土质条件(土的物理、力学性质)和桩靴的尺寸、形状和埋深是影响承载力的主要因素。显然, 对桩靴为锥体形状的情况, 承载力随锥体入土深度的变化而变化。目前用的计算方法, 以桩靴的最大断面作为计算面, 未考虑桩靴的实际形状, 由此带来了不可避免的误差, 尤其在土层交界面处, 问题更为突出。为了解决这个问题, 本文提出了按桩靴实际形状进行地基承载力计算的方法。下面以表 1 给出的土层分布情况, 分析比较目前用的计算方法和本文提出的计算方法。

2.1 按桩靴最大断面计算的方法

(1) 根据土层参数和桩靴尺寸及埋深计算不同深度地基土的承载力, 得到承载力随深度变化的曲线。根据表 1 所给的设计参数, 分别计算出标高为 0.0 m 处(第 1 层起点)、6.8

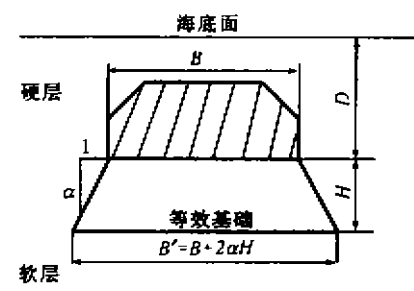


图 1 应力扩散法

m 处(第1层终点)、6.8 m(第2层起点)和 9.3 m 处(第2层终点)4个点的承载力值,各起、终点值连成直线便是承载力随深度变化的曲线。按表1所给参数计算出的承载力随深度变化的曲线见图3(2)。

表1 设计参数表

| 土层 | 土层名称 | 深度/m | 水下土的重度/($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$) | 黏土抗剪强度/kPa | 砂土内摩擦角/($^{\circ}$) |
|----|--------|---------|--|------------|-----------------------|
| 1 | 非常软的黏土 | 0.0~6.8 | 8.0 | 50.0 | |
| 2 | 粉砂 | 6.8~9.3 | 9.3 | | 25 |

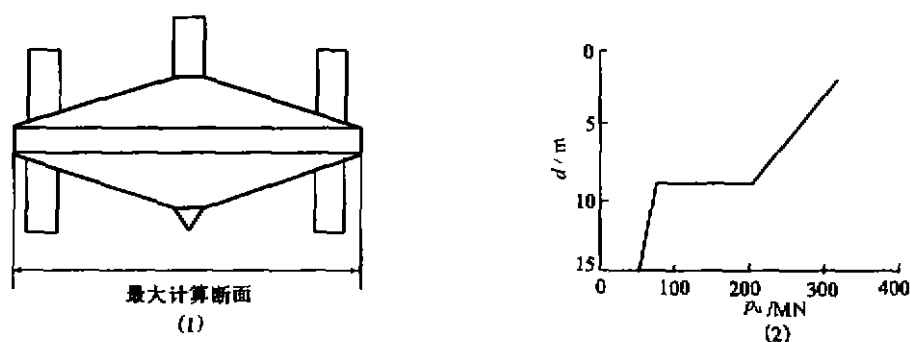


图3 按表1参数计算的承载力随深度变化曲线

(2) 由图3(2)可以看出,桩靴插在两土层交界面时出现明显的承载力突变。为此需对其进行必要的修正,但这种修正带有人为性,这也正是这一计算方法的缺陷。为此本文提出按桩靴实际形状计算的地基承载力方法。

2.2 按桩靴实际形状计算的方法

从以上的分析可以看出,地基承载力随深度变化曲线在土层交界面处的突变,是由于将计算断面假设为桩靴的最大断面而形成的。为了解决这个问题,本文提出按桩靴实际形状计算的方法。这一方法是:将桩靴插入土中的深度分为微层(各微层厚度 Δd 相等),逐层计算地基承载力,所有微层地基土承载反力的合力便是桩靴所受地基土的总的反力。当 Δd 足够小时,便能按桩靴实际形状计算地基承载力,这样,地基土的承载力随深度的变化总能得到充分的体现。具体计算过程如下:

(1) 用插值的方法得到每隔 Δd 的各设计参数值,然后用前述计算地基极限承载力的公式,并考虑桩靴的实际形状,计算各点的地基承载力,每隔 Δd 得到一个地基承载力。

(2) 将所得各点地基承载力连成线,即为所求地基承载力随深度变化的曲线。图4即以表1给出土层参数和以桩靴的实际尺寸算得的地基承载力随深度变化的曲线。将所得曲线与图3(2)的曲线相比不难看出,以桩靴实际尺寸计算时不必作人为修正,而且避免了土层

交界面承载力的突变, 显然比较符合实际情况。

2.3 按桩靴实际形状计算的计算机程序

按桩靴实际形状计算的方法工作量较大, 必须用相应的计算机程序来实现。本文编制了按桩靴实际形状计算带桩靴的自升式桩基平台插桩深度的程序, 其框图如图 5。

3 结 论

本文提出的考虑桩靴实际形状计算地基承载力的方法, 虽然仍利用了以往的计算地基承载力的公式, 但由于考虑了桩靴的实际形状, 计算结果更能反映实际; 同时编制的相应的计

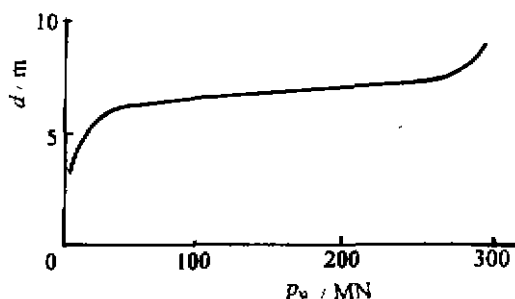


图 4 按桩靴实际形状计算的承载力随深度变化的曲线

算程序, 计算也较方便。对已有的带桩靴自升式桩基钻井平台实际插桩深度资料, 用两种方法计算桩的插入深度, 计算结果表明, 本文提出方法的计算数据更接近于实际的插桩深度。可以认为, 本文所提出的这一计算方法具有较好的实用性。

4 参考文献

- 1 邢 延. 自升式钻井船桩靴插入深度计算. 岩土工程学报, 1991, 13 (5)
- 2 天津大学主编. 土力学与地基. 北京: 人民交通出版社, 1996.6
- 3 中华人民共和国交通部. 港口工程技术规范 (1987), 下卷 1988, 1-67

(收稿日期: 1997-10-31; 编辑: 张金棣)

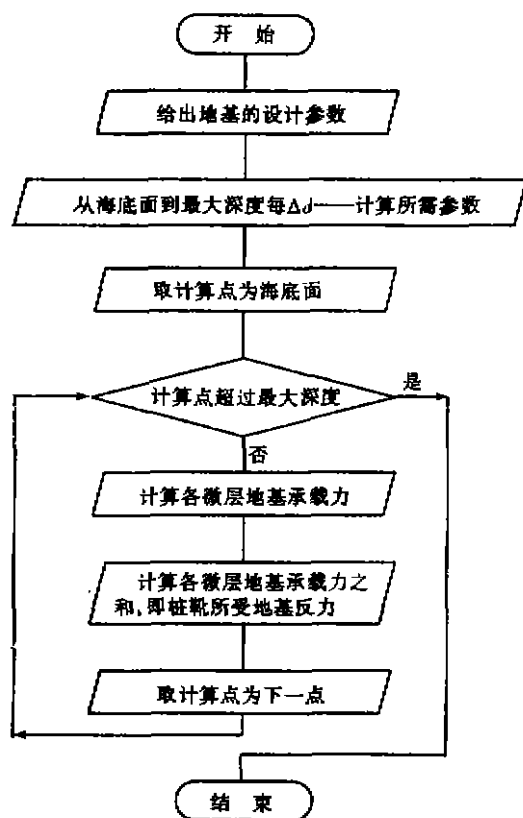


图 5 程序框图