

文章编号: 1000-7598-(2008)06-1545-06

吸力式沉箱基础极限拉拔承载力的数值分析

王志云¹⁻³, 王忠涛^{1,2}, 栾茂田^{1,2}, 王 栋^{1,2}

(1. 大连理工大学 海岸和近海工程国家重点实验室, 大连 116024; 2. 大连理工大学 土木水利学院岩土工程研究所, 大连 116024;
3. 大连水产学院 土木工程学院, 大连 116023)

摘 要: 作为新型的深水海洋基础型式, 吸力式沉箱基础被广泛地用于系泊深水海洋设施中, 从而承受巨大的倾斜上拔荷载。在上拔荷载水平分量与竖向分量的共同作用下, 吸力式沉箱的承载特性及其工作性能评价是海洋工程设计与建设中的关键技术问题之一。然而现有的理论分析与试验研究并不能满足工程实践的需要, 因此, 对吸力式沉箱基础的极限承载力分析建立了有限元数值计算方法。当沉箱基础在快速拔出过程中, 正常固结黏土处于完全不排水状态, 沉箱基础发生整体破坏时表现出反向地基承载力失稳模式, 此时沉箱基础所发挥的极限承载能力往往最大。为此, 在数值计算中直接假定沉箱基础及其周围土体处于完全不排水状态, 针对不同的沉箱长径比, 分别确定了在竖向上拔荷载和水平拉拔的单独作用下沉箱基础极限承载力。对比发现: 竖向上拔极限承载力有限元解能够较好地与理论计算结果相符合, 而水平极限承载力解与理论计算结果存在一定的差异。

关 键 词: 吸力式沉箱基础; 有限元分析; 极限拉拔承载力; 拉拔荷载; 承载力理论

中图分类号: TU 470

文献标识码: A

Numerical analysis of ultimate uplift bearing capacity behavior of suction caisson foundations

WANG Zhi-yun¹⁻³, WANG Zhong-tao^{1,2}, LUAN Mao-tian^{1,2}, WANG Dong^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Coastal and Offshore Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

2. Institute of Geotechnical Engineering, School of Civil and Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

3. Civil Engineering Institute, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China)

Abstract: As a new type of deep-water offshore foundations, suction caisson foundation is widely used to fix offshore structure or facilities. Under such a circumstance, suction caisson foundations are frequently subjected to pullout forces. Therefore the ultimate bearing capacity and performance of such foundations under combined application of both vertical and horizontal components of pullout are one of the key issues in the design and construction of offshore structures and facilities. However, the performance of such foundations has been not well understood; and current methods of evaluation and design cannot meet the increasing requirement of engineering practice. Therefore a numerical procedure based on FEM for evaluating the uplift bearing capacity behavior of suction caisson foundation is developed. On the basis of the multi-purpose finite element analysis software ABAQUS, step-by-step loading procedure is numerically implemented to simulate the progressive deformation process and failure mechanism. During the pullout of caisson foundation, the normal consolidated clay is under fully undrained state. The general shear failure of caisson foundation is characterized by an ultimate collapse pattern due to bearing capacity which is opposite to traditional failure mode of foundation subjected to vertical compressive load. It is assumed that the soils surrounding the caisson foundations are in undrained condition during pullout and their original strength is fully mobilized. Then comparative numerical computations are performed for different aspect ratios of caisson foundation to determine the ultimate bearing capacity of caisson foundations under single action of vertical pullout or horizontal pullout. The authors' numerical results are compared with the solutions obtained by current theoretical or numerical analyses. It indicates that the uplift ultimate bearing capacity by finite element numerical method is accordance with by theoretical method, and the horizontal ultimate bearing capacity has small variant.

Key words: suction caisson foundation; finite element analysis; ultimate uplift bearing capacity; pullout load; bearing capacity theory

收稿日期: 2007-01-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 50639010; No. 50579006); 国家自然科学基金青年基金资助项目 (No. 50309001); 与教育部跨世纪优秀人才培养计划研究基金资助项目(教技函[1998]2 号)。

作者简介: 王志云, 女, 1980 年生, 博士研究生, 主要从事海洋土力学理论与计算等方面的研究工作。E-mail: dlutwzhy@163.com

论文联系人: 栾茂田, 男, 1962 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事岩土力学基本理论、海洋土力学理论与实验技术、非线性土动力学理论与计算等方面的教学与科研工作。E-mail: mtluan@dlut.edu.cn

1 引言

近十余年来,随着深水海洋资源开发与空间利用的日益发展,研究人员提出了吸力式沉箱基础等新型海洋结构与基础型式,并在海洋工程中得到应用。尽管通过模型试验、理论分析与数值计算及现场试验等手段,对这些新型海洋基础型式在复杂环境荷载作用下工作性能研究取得了一定的进展,但对于吸力式沉箱基础在复合加载条件下的极限承载力、失稳机制和循环荷载作用下动力效应尚未得到全面而深入的认识,缺乏比较严密而统一的分析理论与设计方法,无法满足日益增长的工程实践的需要。

吸力式沉箱基础为底部敞开、上端封闭的圆桶,圆桶上端封闭端开有抽气孔。首先借助于自重作用将沉箱基础下沉至海底;然后,用真空泵通过抽气孔在桶中形成负压,在桶内外压力差作用下将圆桶压入土中,直至圆桶空腔为土体所充满。吸力式沉箱基础正是依靠这种吸力而贯入土中。当平台需要移动时,可再通过抽气孔向桶内充气,将圆桶从土中拔出,因此,吸力式沉箱基础可以重复使用。吸力式沉箱基础不受水深的影响,几乎能够适应任何荷载环境,具有投资费用低、施工时间短、可重复使用等优点^[1]。

吸力式沉箱基础在抗拔过程中,由于直径较大,极易在桶中形成负压,大大地提高了基础的极限承载力,因此,吸力式沉箱基础和普通浅基础、桩基础具有较大的差异,其承载机制和破坏模式具有独特性。由于吸力式沉箱主要用于系泊深水海洋结构与设施,因此,往往主要承受系泊所产生的拉拔力的作用,而拉拔力除了竖向分量以外,往往还具有较大的水平分量。因此,在水平与竖向拉拔荷载的复合作用下,承载力分析是吸力式沉箱基础工作状态设计中的关键问题。同时,尽管除了沉箱基础长径比之外,加载速率、拉拔荷载的作用方向及其作用位置和土的抗剪强度等因素对沉箱基础抗拔极限承载力具有重要影响,但为了观察这种基础的承载机制及其与普通陆上基础工作机制的差异,这里在仅考虑沉箱基础长径比效应的情况下,对竖向或水平拉拔荷载分量的单独作用下沉箱基础承载力进行了计算与分析。

2 理论分析方法

在不同的加载速率和不同的排水条件下土体中孔隙水压力消散程度不同,从而导致不同的沉箱

基础破坏模式。在完全排水、部分排水与完全不排水条件下,沉箱基础可能发生 3 种破坏模式,其受力分析^[2]如图 1 所示,主要特征如下:

(1) 当沉箱基础被缓慢拔出时,土体处于完全排水状态,沉箱内土中的孔隙水压力将充分消散,不产生负压。拔出后,土塞留在沉箱外。因此,沉箱基础的抗拔能力往往较低,主要取决于基础桶壁与土体之间的摩擦力和基础的自重。在不排水条件下,基础的拔出破坏模式是沿着基础的内外桶壁所产生的局部剪切破坏,受力分析如图 1(a)所示。

(2) 当沉箱基础的拔出速度增加时,土体处于部分排水状态,沉箱内产生的负压足够使基础内的土体形成土塞与基础一起拔出。因此,沉箱基础的抗拔力取决于基础的底部阻力、基础的自重和

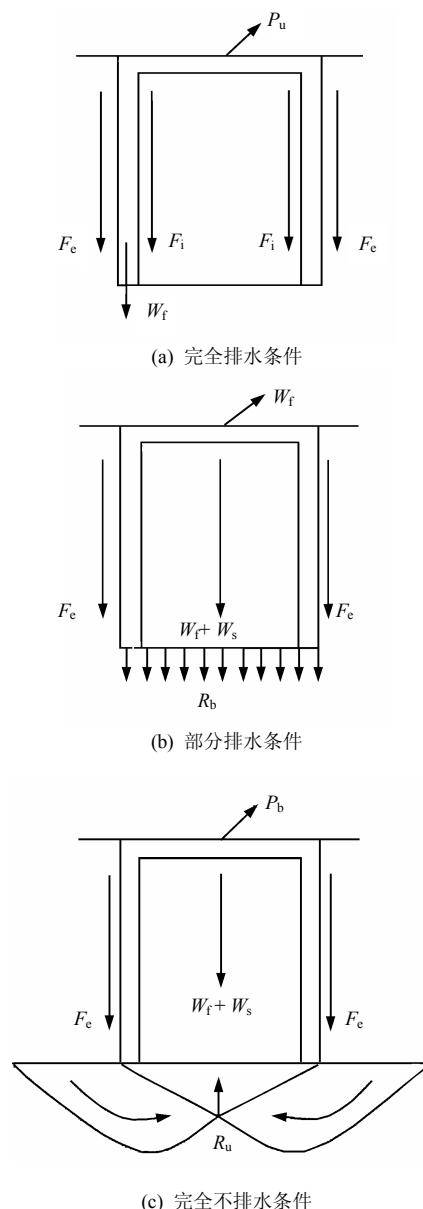


图 1 吸力式沉箱基础的受力分析示意图
Fig.1 Schematic view of suction caisson foundation forced

土塞的自重。另外,随着土体相对于桶壁的向下运动而应考虑土体和桶壁外侧之间的摩擦力。部分排水条件下基础的拔出破坏模式是底部张力破坏,受力分析如图 1(b)所示。

(3) 当沉箱基础被快速拔出时,土体处于完全不排水状态,基础破坏模式是反向地基承载力破坏机制,即基础的整体破坏,沉箱内部产生土塞,少量土体环绕粘附在沉箱外壁随沉箱基础向上拔出。此时,抗拔力通常较大,土体和基础桶壁外侧之间的摩擦力有助于提高基础的抗拔能力,受力分析如图 1(c)所示。

在图 1 中, P_u 为沉箱基础的拉拔承载力; F_i , F_e 分别为土体与沉箱基础内、外桶壁之间的摩擦力; W_f , W_s 分别为沉箱基础、土塞的自重; R_b 为土塞底部的极限张力; R_u 为反向地基承载力。

沉箱基础在完全不排水状态下的拉拔过程中,其抗拔极限承载力远远大于在完全排水状态下的极限承载力。本文针对完全不排水状态下均质黏土地基中不同长径比的吸力式沉箱基础,采用大型有限元分析软件 ABAQUS,通过数值分析探讨了吸力式沉箱基础的竖向上拔和水平极限承载力特性,并与其他分析方法的计算结果进行对比。

在吸力式沉箱基础抗拔极限承载力分析中,考虑到不同加载速率对土体排水状态的影响,Deng 与 Carter^[2,3]采用下列无量纲参数 T_k 评价沉箱基础排水条件:

$$T_k = \frac{C_v}{VB} \quad (1)$$

式中: C_v 为土的固结系数, $C_v = \frac{k}{m_v \gamma_w}$; V 为基础

拔出的速率; B 为沉箱底面直径; k 为土的渗透系数; m_v 为一维体积压缩系数, γ_w 为孔隙水的重度。考虑到一维体积压缩系数 m_v 对于应力水平的依赖性, C_v 也将依赖于土的平均有效应力,从而在基础拔出过程中是变化的,因此,往往难以合理地确定土的固结系数 C_v 。

Deng 与 Carter^[3]根据无量纲参数 T_k 的数量级判断土体的排水条件,进而确定沉箱基础的破坏机制,如表 1 所示。

表 1 确定排水状态的 Deng 与 Carter 方法^[4]
Table 1 The procedure for defining drainage condition proposed by Deng and Carter^[4]

T_k	排水条件	破坏机制
$0.6 < T_k$	完全排水	局部剪切破坏
$0.002 \leq T_k \leq 0.6$	部分排水	底部张力破坏
$T_k < 0.002$	完全排水	反向地基承载力破坏

2.1 改进的 Vesic 理论分析方法

对于浅基础, Vesic^[4]建议了如下的地基承载力公式:

$$P_v = \zeta_s \zeta_d N_c A S_u \quad (2)$$

式中: A 为沉箱基础的底面积; S_u 为土体完全不排水抗剪强度; N_c 为不排水土体的承载力系数, $N_c = 2 + \pi$; ζ_s 为圆形基础承载力的形状修正系数, $\zeta_s = 1.2$; ζ_d 为基础承载力的埋深修正系数, $\zeta_d = 1 + 0.4 \arctan(L/D)$ 。

以此为基础,并考虑到土体对桶壁的粘附作用 πLDS_u , 则可得到吸力式沉箱基础竖向上拔承载力公式为^[5]

$$P_v = \left(4 \frac{L}{D} + \zeta_s \zeta_d N_c \right) A S_u \quad (3)$$

式中: L/D 为沉箱基础长径比。

2.2 Deng 与 Carter 理论分析方法

Deng 与 Carter 考虑了黏土对沉箱基础桶壁的粘附作用,提出完全不排水条件下沉箱基础在均质黏土中的竖向上拔承载力的经验计算公式为^[5]

$$P_v = N_p \zeta_s \zeta_d A S_u \quad (4)$$

式中: N_p 为抗拔承载力系数, $N_p \approx 9$; $\zeta_s = 1.2$; ζ_d 为吸力式沉箱基础承载力的埋深修正系数, $\zeta_d = 1 + 0.4(L/D)$ 。

在完全不排水条件下,均质黏土中沉箱基础的水平承载力的经验计算公式为

$$P_h = N_h LDS_u \quad (5)$$

式中: N_h 为水平承载力系数。

3 有限元数值分析方法

考虑到吸力式沉箱基础结构和荷载的对称性,取沉箱基础整体结构与计算区域的一半建立有限元计算模型,如图 1 所示。整个模型采用三维 20 节点减缩积分实体单元。桶体材料为钢,桶壁厚度为 $t = 50 \text{ mm}$,桶的外径 $D = 5 \text{ m}$ 。沉箱基础的长径比 L/D 分别取为 0.5, 1.0, 1.5, 2.0。地基为均质软黏土,处于完全不排水状态,不排水抗剪强度为 S_u ,采用 Mohr-Coulomb 理想弹塑性本构模型,土的变形模量为 $E = 500 S_u$,泊松比为 $\nu = 0.49$,认为土体是不可压缩的。

利用有限元分析软件 ABAQUS 中的接触对算法模拟沉箱基础和土体之间界面的接触特性^[6]。采用 Coulomb 摩擦公式计算切向极限摩擦阻力。当接触面上的剪应力小于该极限摩擦阻力时,则处于相互

黏结状态而不产生相对滑移;反之,当接触面上剪应力大于该极限摩阻力时,则界面上产生相对滑移。界面法向的接触采用硬接触方式,即假定在不排水条件下正常固结土体与桶体不发生相对分离。另外,为了合理地消除远处边界效应,在径向取 10 倍的沉箱半径、深度方向取 6 倍的沉箱高度范围内的土体作为计算区域。在计算初始应力时,假定沉箱基础贯入土体后,桶体底部与周围土体的接触面是水平的平面,并取沉箱基础的密度与周围土体的密度相同。

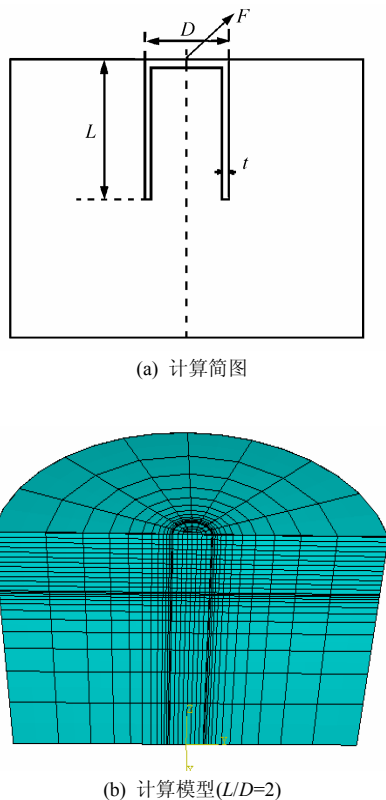


图 2 吸力式沉箱基础计算简图及其计算模型
Fig.2 The computational model of suction caisson foundation

与模型试验相似,在有限元计算与分析中,一般采用荷载控制方法或位移控制方法进行加载。与荷载控制方法相比,位移控制方法所获得的荷载-位移关系曲线一般较准确。当荷载-位移曲线的斜率接近 0 时,意味着在荷载不变的情况下基础位移在持续增长,由此可以认定,基础达到了极限平衡状态。与极限平衡状态所对应的荷载就是基础的极限承载力^[7]。本文采用位移控制方法进行加载。

基础桶壁和土体之间的摩擦特性影响着沉箱基础的承载力特性。在完全排水条件下,沉箱基础破坏表现出局部剪切失效的特征,这时桶体单独拔离地面,土塞留在沉箱外。因此,基础竖向上拔承

载力由桶体内外壁与土体之间的摩擦力和基础的自重组成。本文以长径比 $L/D = 1$ 为例,针对桶内外壁和土体间摩擦系数 f 在 $0.0 \sim 1.0$ 变化,通过数值计算对完全排水条件下沉箱基础的抗拔承载力进行了分析。计算所得到的沉箱基础竖向拉拔荷载对于摩擦系数的依赖关系如图 3 所示,横坐标为归一化的竖向拉拔荷载 $\bar{P}_v$ 。由图可见,当 $f=0.4$ 时, $\bar{P}_v$ 曲线发生陡降,且随着摩擦系数的增加, $\bar{P}_v$ 不再明显增加。由于随着摩擦系数的增大,沉箱基础在贯入过程中难度加大,因此,基础与土体之间的摩擦系数可以考虑选取 $f = 0.4$ 。

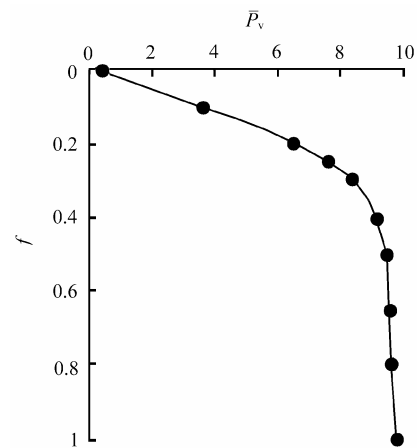


图 3 摩擦系数对基础承载力的影响($L/D=1$)
Fig.3 Effect of friction coefficient on bearing capacity for the case of $L/D=1$

4 沉箱基础承载力分析

下面针对不同长径比,分别对在单独的竖向上拔荷载、单独的水平荷载作用下吸力式沉箱基础的极限承载力进行了理论分析与有限元数值计算,并进行了对比分析。在下述分析中,分别对荷载与位移进行归一化处理, $\bar{p}_h = P_h / LDS_u$, $\bar{p}_v = P_v / AS_u$, $\bar{p}_h, \bar{p}_v$ 分别表示作用在沉箱基础上的归一化水平荷载和竖向拉拔荷载; $\bar{u} = u/D$, $\bar{v} = v/D$, $\bar{u}, \bar{v}$ 分别表示沉箱基础所发生的归一化水平和竖向位移,这里 P_h, P_v 分别为作用在沉箱基础顶部中心点处的水平力与竖向拉拔力; D 为基础底外直径; u, v 为基础顶部中心点的水平与竖向上拔位移。

针对长径比为 $L/D = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ 的吸力式沉箱,图 4 与图 5 分别给出了有限元计算所得到的竖向上拔荷载和水平荷载与位移之间的关系。由此可以确定不同长径比吸力式沉箱的水平极限承载力与竖向上拔极限承载力。表 2 和表 3 分别将有限元数值分析所得到的竖向与水平极限承载力与按照

经验公式所估算的结果进行了对比。

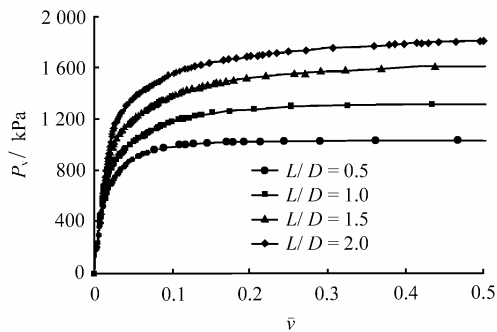


图4 吸力式沉箱基础的竖向上拔荷载—位移关系
Fig.4 Normalized relation between vertical pullout load and vertical displacement of caisson foundation

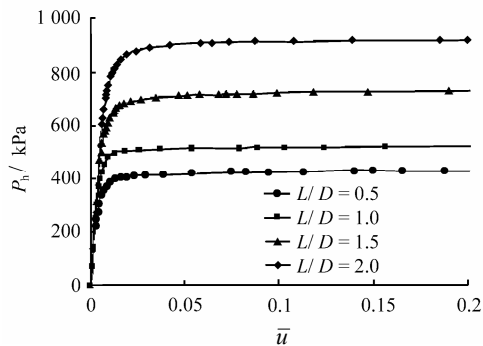


图5 吸力式沉箱基础的水平荷载—位移关系
Fig.5 Normalized relation between horizontal load and horizontal displacement of caisson foundation

表2 各种方法所估算的吸力式沉箱上拔承载力的对比分析

Table 2 Comparison of vertical pullout bearing capacity of caisson foundations defined by different methods

长径比 L/D	竖向上拔承载力因子 $\bar{p}_v$			相对差异/%	
	Vesic 解	Deng 与 Carter 解	本文解	本文解与 Vesic 解	本文解与 Deng 及 Carter 解
0.5	9.31	12.96	10.53	13.1	18.8
1.0	12.1	15.12	13.41	10.8	11.3
1.5	14.59	17.28	16.5	13.1	4.5
2.0	16.9	19.44	18.41	8.9	5.3

表3 各种方法所估算的吸力式沉箱水平承载力的对比分析

Table 3 Comparison of horizontal bearing capacity of caisson foundations defined by different methods

长径比 L/D	水平极限承载力因子 $\bar{p}_h$				相对差异/%		
	Deng 与 Carter 解	Aubeny 解	Taiebat 与 Carter 解	本文解	本文解与 Deng 解	本文解与 Aubeny 解	本文解与 Taiebat 解
0.5	—	—	—	6.87	—	—	—
1.0	—	—	—	4.18	—	—	—
1.5	—	—	—	3.88	—	—	—
2.0	4.8	4.5	4.0	3.68	23.3	18.2	8.0

由表2的对比分析可见,采用有限元计算所得到的吸力式沉箱基础竖向上拔极限承载力能够较好地与基于理论分析的经验公式所估算的结果吻合,两者之间的相对差异在4.5%~18.8%之间。对长径比为 $L/D=2$ 的吸力式沉箱基础,本文计算所得到的无量纲极限承载力因子为 $18.41A_s u_0$,Aubeny^[8]等采用简化的塑性极限分析模型所得到的上限解为 $18.34A_s u_0$,Taiebat 与 Carter^[5]采用有限元计算所得到的数值解为 $18.44A_s u_0$ 。由此可见,三者的计算结果基本上是一致的。与有限元数值分析方法相比,按照Vesic理论分析方法所估算的吸力式沉箱基础竖向上拔极限承载力偏低,而Deng与Carter理论分析方法估算结果偏高。

由表3的对比分析可以发现,有限元计算所得到的沉箱基础水平极限承载力与由基于理论分析的经验公式所得到的极限承载力具有一定的差异。对长径比 $L/D=2$ 的吸力式沉箱基础,本文所得到的极限承载力数值解为 $3.68LDS_u$,Aubeny^[8]等采用简化的塑性极限分析模型所得到的上限解为 $4.5LDS_u$,Taiebat 与 Carter^[5]所得到的有限元数值解为 $4LDS_u$,三者相差不大。与有限元数值分析相比,基于Deng与Carter理论分析的经验公式方法高估了吸力式沉箱基础的水平极限承载力。

5 结 论

在完全不排水状态下,均质黏土地基中吸力式沉箱基础的破坏模式是反向地基承载力破坏机制,即基础的整体破坏,桶体上部封闭端产生的反向端承力大大提高了沉箱基础的抗拔极限承载力。通过有限元数值分析与基于理论分析的经验方法的对比分析表明:

(1)有限元数值分析所得到的吸力式沉箱基础竖向上拔极限承载力能够较好地与理论方法经验公式的计算结果吻合。与有限元计算结果相比,Vesic理论方法所估算的吸力式沉箱基础竖向上拔极限承载力偏低,而Deng与Carter理论分析方法所估算的沉箱基础竖向上拔极限承载力偏高。

(2)有限元数值分析所得到的吸力式沉箱基础水平极限承载力与理论分析方法的计算结果存在一定的差异。与有限元计算结果相比,基于Deng与Carter理论分析的经验公式方法高估了吸力式沉箱基础的水平极限承载力。

由于在有限元计算模型中网格划分粗细问题和判断沉箱基础的极限承载力状态时的人为因素,本文计算结果会有所偏差,但误差都在工程允许范围之内。

参考文献

- [1] 张建红, 林小静. 深海海洋平台基础简介[J]. 岩土工程界, 2004, 7(12): 19—22.
- [2] DENG W, CARTER J P. A theoretical study of the vertical uplift capacity of suction caisson[C]// Proceedings of the Tenth International Offshore and Polar Engineering Conference. Seattle, California: ISOPE, 2000: 342—349.
- [3] THOREL L, GARNIER J, Rault G and Bisson A. Vertical uplift capacity of suction caisson in clay Frontiers on Offshore Geotechnics[C]// Proceedings of the First International Symposium on Frontiers on Offshore Geotechnics. Perth: University of West Australia, 2005: 273—279.
- [4] VESIC A S. Bearing Capacity of Shallow Foundations, Foundation Engineering Handbook[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1975: 121—147.
- [5] TAIEBAT H A, CARTER J P. Interaction of forces on caissons in undrained soils[C]// Proceedings of the 15th International Offshore and Polar Engineering Conference. Korea: [s.n.], 2005: 625—632.
- [6] HIBBITT, KARLSSON, SORESENSEN. ABAQUS Scripting User's Manual (Version 6.3) [M]. Pawtucket: HKS, 2002.
- [7] 赵少飞. 复合加载条件下海洋地基承载力特性数值分析方法及其应用[D]. 大连: 大连理工大学, 2005.
- [8] CLUKEY E C, AUBENY C P, MURFF I D. Comparison of analytical and centrifuge model tests for suction caissons subjected to combined loads[C]// Proceedings of the 22nd International Conference on Offshore and Arctic Engineering. Mexico: OMAE, 2003.

第六届软土地层地下工程施工中的岩土工程问题国际研讨会 (IS-Shanghai 2008)

由同济大学主办的国际土力学与岩土工程学会 (ISSMGE) TC28 委员会系列会议“第六届软土地层地下工程施工中的岩土工程问题国际研讨会” (The 6th International Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, IS-Shanghai 2008) 于 2008 年 4 月 10~12 日在上海同济大学胜利召开, 该系列国际研讨会每 3 年召开一次, 并且首次在中国召开。本次会议同时得到了中国土木工程学会、中国岩石力学与工程学会、香港工程师学会、香港岩土工程学会、香港科技大学、上海市科学技术委员会、上海长江隧桥建设发展有限公司、上海市土木工程学会的大力支持。

本次大会共有来自 25 个国家的政府部门、管理部门、科研、设计、施工以及咨询机构的 181 代表参加, 其中境外代表 94 人。

本次会议设 4 个特邀主题报告、6 个综述报告以及 1 个上海长江隧道工程专题研讨, 共有 67 名代表在大会上发言。其中, 4 个特邀主题报告分别为: (1) 黄融 (中国): 上海长江隧道工程; (2) M.D. Bolton (英国): 软土地层开挖——从理论分析到决策; (3) Bezuijen (荷兰): TBM 施工过程; (4) I.K. Lee (韩国): 在腐烂残留地层中开展的地下工程施工。

6 个综述报告分别是: (1) 深基坑开挖的理论分析及数值模拟; (2) 地下工程施工方法、地基处理及隧道工程; (3) 典型案例; (4) 岩土工程安全问题、风险分析、灾害控制及管理; (5) 地下工程物理及数值模拟; (6) 工程设计、计算及预测方法。

本次会议得到了国内外专家、学者的积极响应, 出版论文集两册, 分别为“Proceedings of The 6th International Symposium on Geotechnical Aspects of underground Construction in Soft Ground (IS-Shanghai 2008)”和“The Shanghai Yangtze River Tunnel-Theory, Design and Construction”, 前者共收录会议论文 112 篇, 4 篇特邀报告和 6 个主题报告; 后者为长江隧道研究成果专辑, 收录了有关长江隧道论文 40 篇和 2 篇特邀报告, 论文集由 Taylor & Francis 出版社出版。

本次大会的胜利召开不仅展示了软土地层中地下工程施工的最新进展和研究成果, 同时也为广大从事软土地下工程的管理、科研、设计和施工人员提供了一个讨论交流岩土工程未来发展方向的良好平台。