

文章编号:1001-4500(2003)06-0001-06

离心机在海洋平台基础实验研究中的应用进展

鲁晓兵,张金来

(中国科学院力学研究所,北京 100080)

摘要:对离心机在海工结构基础实验研究中的应用进行了综述,包括模型实验的理论研究、实验设备的发展、开展的典型实验等。指出了其中的不足和今后的发展方向。

关键词:离心机;海洋平台;动载;模型率

中图分类号:P642

文献标识码:A

0 简介

随着海洋石油工业的发展,海洋平台不断应用于复杂海况和复杂的地质条件,就要求更高的设计精度。由于问题的复杂性,理论和数值计算较困难且很难得到准确结果。另外,土的变形和强度都决定于有效自重应力,室内小模型实验因其模型的自重应力远较原型的低,因此不能真实地反映原型的受力状态,而原型观测和足尺度模型实验费用高、时间长。要使在小比尺条件下与原型相应点上的有效自重应力相同,唯一可行的办法就是采用离心机进行实验,这也是国内外大量采用离心机开展研究的主要原因。针对在我国利用离心机开展海洋平台的实验研究还较少的情况,本文将对离心机在海洋平台基础研究中的应用情况进行回顾,希望对有兴趣的同行有所帮助。

1 实验理论研究的进展

如果要开展实验并得到正确的结果,就需要有正确的理论如模型率等作指导。在开展离心机之前和之后,人们不断提出和总结了离心机实验中的一些理论问题。

文献[1]讨论了土工中物理和数值模型方面的问题。指出当时大多数实验是实验室内小模型实验,没有应用尺度律,没有能够将结果外推至原型,因为没有合适的本构,就没有数值模拟结果与实验结果对照。而实验室内小尺度实验结果不能与现场实际情况对应,因为不能完全满足尺度律,如在地基中起重要作用的重力相似无法满足,只有采用离心机实验才能做到。离心机实验中动力模拟的一些问题,如桩下驱动力、上部结构、基础和土之间动力作用等问题中的比尺、实验中应注意的边界效应等,历来是人们关心的,也是讨论的焦点^[2-4]。人们不断总结前人在土工离心模拟实验中的一些问题,包括仪器和设备的发展、实验中成功和失败的经验,为以后的设计提供了参考。模型率是离心机模拟中的核心问题,不少学者进行了这方面的讨论。文献[5]讨论了如何通过量纲分析或差分方程建立离心机模拟中的模型率,给出了一些离心机模拟中的尺度因子,讨论了土颗粒的尺寸效应、流动问题中的时间效应、动态模拟问题以及锚、滑坡等具体问题模拟中的问题。主要结论有:量纲分析对于确定完全而合理的相似关系很重要;当结构尺寸大于30倍平均颗粒粒径时,尺度效应不明显;离心机一维固结实验表明时间度为 $1/n^2$ 等。

虽然对离心模拟实验的理论分析开展了一些工作,仍然有以下几个问题需要解决^[6,7]:如何用小比尺模型去推断原型问题,即所谓的模型的模拟;用一系列小比尺模型的结果去外延原型结果及用几何比尺的力学比尺不等去推求原型结果,那一种方法更合理;对于细粒土,可以直接采用原型材料;对于粗

收稿日期:2003-03-20

作者简介:鲁晓兵,男,工程力学博士,从事岩土工程研究。

基金项目:得到中科院知识创新重大项目“海洋平台关键新技术支持”。

研究”粒料,但经几何缩尺后,尺寸过小,只有用其他材料代替,但如何保证模型材料与原型材料的主要特征参数相似;如果用离心机制备土样,虽然土的欠固结、正常固结和超固结情况均可模拟,但土的结构性和陈化胶结的特性无法模拟,因此对实验结果造成一定误差,如何评估;需要同时考虑渗透性和惯性效应时,如何模拟,因为根据相似定律,如果模型尺寸缩小为原型的 $1/n$,离心加速度为重力加速度的 n 倍时,按主固结时间与排水路径长度平方成正比的关系,模型中孔隙压力消散的时间将缩短为原型的 $1/n^2$,但是惯性时间只缩短 $1/n$ 。

2 设备研究的进展

随着离心机实验的开展,为了满足分析不同问题的需要,人们设计了多种离心机实验设备。尤其是针对动载的加载设备和模型箱等。

在离心机实验中,人们模拟较多的动载是地震载荷和波浪载荷,这两种载荷的幅值和频率有较大区别,一般不能用同一种加载装置。于是,人们设计了相应的加载装置。在文献[8]中,作者设计了一个电磁式地震模拟器,该模拟器可以在50g条件下加1.5kN、400Hz的力,不能用于幅值和更高频率的情况。文献[9]的作者研制了一种离心机上针对浅基础的动力加载装置,该装置是一种封闭循环伺服控制的电-水压加载系统,该系统在100g条件下可以加载到10Hz。最早是剑桥大学在鼓式离心机中实现了波浪作用的研究,其后,西澳大学和日本京都大学等也分别在鼓式离心机和梁式离心机中安装了造波装置^{[10][11]},离心机中产生平稳波浪条件的最大离心加速度一般为50~60g,梁式离心机中的模型箱宽度一般小于50cm。针对渗流的模拟问题,文献[12]研究了离心机动力模拟中更换孔隙流体对阻尼的影响。替代流体为硅油。结果表明,孔隙流体的阻尼的灵敏度比粘性的灵敏度小得多,用硅油代替水时,阻尼略有减小。在动力模拟中,由于存在波的反射等问题,对模型箱的边壁效应必须有充分的认识,如基础尺寸与模型箱的尺寸比为多大时,边壁效应可以忽略;什么样的装置能与实际情况最接近等,这是人们考虑较多的问题。文献[13]进行了四种不同模型箱的实验对比。这四种模型箱是铰链-平板式模型箱、筛式模型箱、等效剪切梁式模型箱、刚性箱。结果表明,采用柔性结构模型箱(前三种)的实验结果类似,只存在数值上的差别;采用刚性结构模型箱的响应中,由于边壁的反射,会含较多的高频成份。

文献[14]回顾了离心机模拟地震中的一些问题。重点讨论了电-水压法、模型箱边界对波的反射、孔隙水压产生和消散中的时间尺度等问题。模拟地震的技术包括直立弹簧的振动装置、压电式装置、电磁激励法、电-水压法等多种方法,电-水压法被认为是最通用的方法。从理论上该方法应用伺服控制系统可以施加需要的任意运动。由于模型箱的尺寸受到限制,离心机的地震模拟中尤其要注意箱边界的反射问题。一种办法是合理评估反射产生的影响大小,一种办法是尽量吸收到达边界的振动,还有一种办法是Whiteman等人提出的筛型边界的模型箱。解决孔隙水压产生和消散中的时间尺度问题,一般用换模型材料的办法,即减小土颗粒尺寸的办法或换孔隙流体的办法,但是换材料会影响材料的性质,要两者兼顾是比较困难的事情。

在离心机设备的研制中,重点将仍然是精确的动力加载装置和合适的模型箱的设计上,同时,量测仪器,如体积小、精度高的孔隙压力计等也是非常需要的。

3 安装的模拟

针对海工结构,人们利用离心机开展了一系列的实验。在本节和下一节,将简述典型的实验。

文献[15]、[16]关于吸力桩的安装的实验研究表明,压力和桩的尺度几乎成线性关系。当尺度比为 $H/D=4$ 时,桩的贯入不存在任何问题;有吸力时比无吸力时的贯入载荷小约8倍。吸力导致的砂中的水流大大降低了桩的端阻和侧壁摩擦,同时吸力也可致临界水力梯度的到达,从而引起土流态化而使桩顺利地完全贯入。针对连续加力贯入困难的粗砂地区,文献作者进行了以脉冲形式加力贯入的研究,认为是一种较好的方式,但是还有较多的问题需要进一步的实验来解决。文献[17]则研究了大直径桶基础

的安装问题。

文献[18]研究了粘土中吸力桩的沉贯过程。以1:100模拟实际直径15m、高21m的吸力桩。结果表明,在粘土中,沉贯阻力可以用一个简单的方法计算;孔隙水压,尤其是桩内的孔隙水压,消散很慢;孔隙水压产生小,桩的位移也小。

文献[19]总结了关于沉箱在粘土、钙质粉土和钙质砂贯入的研究结果。将沉贯阻力分为端阻和侧壁阻力。端阻与该处的土的强度成正比,侧壁阻力与沿整个侧壁的土的平均强度成正比。该结论与文献[20]的结论一致,且这种计算沉贯阻力的方法已为多数国家的设计人员接受。但是,如文中所说,他们的分析工作没有考虑材料的剪胀性,使结果与观测值有区别。

文献[21]根据模型实验、理论分析和原型安装数据的反分析,认为密实砂土中吸力式基础的安装过程存在一种失效机制,即初始临界梯度增加了土松散的程度,反过来又使其恢复到非临界状态;端阻随施加的水力梯度线性变化而裙内壁摩擦阻力是高度非线性变化的,后者将导致实际施加的值比理论的非扰动值高的后果。

在贯入安装方面,研究工作比较成熟,对沉贯阻力的分析方法有比较一致的意见。在实际工程中需要针对不同地区的地质情况得到阻力计算中的有关参数。当然,也还有一些工作需要更深入的研究,如:分层土地区的沉贯阻力如何分析;在安装过程中受到外力(如大的波浪等载荷)时,如何保持要求的垂直度,等等。

4 承载力研究

承载力对平台能否安全生产起决定性作用,人们在该方面进行了大量的实验。研究了粘土、砂土、钙质土等土基中静载、波浪载荷、地震载荷等工况下的基础响应。

砂土的刚度一般比粘土的大,因此承载力也大一些。文献[15]、[22]的研究表明,砂土的承载力比粘土大约3倍。文献中介绍施加的载荷是水平循环力和长期垂向力,实验采用的砂土材料为中密荷兰(Dutch)风化砂和高岭粘土,加速度采用150g。从实验同时观察到以下结论:施加力的角度对承载力影响较大,如 $\alpha = 10^\circ$ 时比 $\alpha = 25^\circ$ 时的承载力高27%;施加力的位置对承载力影响也较大,当施加力的位置在(0.4~0.6)H时,承载力最大;水平承载力与土密度的增加成线性关系;在静拉拔承载力80%以下时,循环和长期载荷作用不会导致基础失效,动态垂向载荷效应在粘土中能较好观测到,而在砂土中不清楚;如果将1g条件下的结果乘以150,然后与150g条件下的结果对比发现,两者的载荷峰值载荷接近,但1g条件下失效前土的刚度大,而失效后降低更快,关于这一点在文献[23]中有相似的结论;循环作用下的破坏主要受载荷幅值影响;加载速率对砂土中桩的最大拉拔力影响小,而对粘土中的影响大,这是因为砂中渗透性强,需要足够的加载速率才能引起土中孔隙压力的变化。文献[24]研究了砂土中的基础受到垂向正弦载荷作用时的响应。实验时先加静载到失效载荷的一半,然后加1000周的正弦载荷,幅值为失效载荷的0.2,0.5,1.0,频率有10Hz,30Hz,60Hz,基础插入土中的深度有0cm,2cm,5.6cm。从这些实验观察到不同载荷条件和插入深度条件下土中的变形和应变分布等情况。文献[25]研究了地震载荷下浅基础的沉降和土中的孔隙水压力。文献介绍了以均匀的细颗粒Navada砂为材料,模型箱的四周为刚壁,但结果中没有考虑边壁的反射影响,进行渗透效应影响的实验(加速度为50g)和振动压实对沉降的影响实验(加速度为80g)。结果表明,渗透性对基础附近孔隙水压分布有明显影响;振动压实范围在相当1.5倍基础直径深度内最有效。文献[26]介绍了梁柱式海洋平台基础与土相互作用的离心模型实验,采用150g。根据实验结果,提出了平台柱底、梁底和柱侧土反力的分担比例。在实验中遇到的最大问题是微型(直径6mm)土压力传感器在水下长期工作的绝缘性能。文献[27]介绍了东京技术学院从上世纪70年代到80年代中期的土工离心机实验研究成果,包括密砂中浅基础的承载力问题、Beer's尺度效应、基础底部的粗糙度影响、密砂的各向异性等。

粘土的渗透性差、孔隙水压消散慢,这将导致桩安装较长时间后仍难承受工作载荷^[18]。在受到拉拔

力时,拔出破坏将是逐渐进行的,加载的速率没有影响,这与砂土中的情形有区别。这是因为粘土中渗流慢、孔压消散和积累均慢的缘故,文献[28]的研究表明:在弱粘土中极限承载力系数与理论值接近,但在稍强的粘土中,其值较理论值小;与1g条件下的实验对比,其破坏机理有区别。针对墨西哥湾典型的土质情况和深水条件,文献[29]对正常固结粘土中张力腿受到循环载荷时的响应进行了分析,建立了施加的载荷幅值与破坏时的循环次数之间的关系,同时观察到当施加倾斜载荷时,承载力将降低等结论。文献[30]介绍了在场地实验和室内实验的基础上,得到了垂向拉拔力的半经验的理论解,但其中的参数仍然是经验参数。

钙质砂有棱角、易破碎,在承载力等方面与石英砂、粘土等有较大的区别。文献[31]介绍了颗粒软、有棱角、可压缩和弱粘接的Manche钙质砂中浅基础的承载力实验。结果表明,钙质砂中浅基础的失效模式是冲压或局部剪切;摩擦角和可压缩性与承载力之间有内在关系;钙质砂中浅基础的承载力较石英砂中的小。文献[32]、[33]针对钙质粉土和钙质砂,考虑水平、垂向和弯矩载荷作用进行了实验,用硅油作为孔隙流体。将实验结果与目前的理论进行对比,指出目前的理论对承载力的估计偏低,对起始屈服压力估计较准确;不论是直接加载还是通过循环载荷后的超孔隙水压力的消散,对基础预加载将取得良好的效果。如文中所说,他们的分析工作没有考虑材料的剪胀性,使结果与观测值有区别。文献[34]研究了非粘结钙质砂和粉土中浅基础的静承载力响应。结果表明,承载力与深度大致成正比,与基础的直径无关。这与一般的结论不一致,他们的解释是基础下部土的承载力与基础上部的相比可以忽略。文献[35]研究了非粘结钙质土中桩和桩组受到侧向静载和循环载荷时的响应。进行了模型的模拟,验证实验的可靠性;给出了单桩的 $p-y$ 曲线和群桩的相互作用因子。

文献[36]介绍了双层砂土地基上液化对桩基影响的实验研究。模拟桩安放在完全沉没的、颗粒体的、无限延伸的缓坡中,在地震作用下,可液化砂层放于不可液化砂层上面。实验采用50g,基础坡度为2度,加载采用40周、100Hz、15g载荷幅值的正弦波以模拟2Hz和0.3g的实际情况。测量了土加速度、侧向位移、孔隙水压、桩受到的弯矩等。结果表明,可液化砂层中正向加速度逐渐减小,负向加速度逐渐加大,不可液化砂层中加速度与输入的加速度一致。这说明可液化砂层确实液化了,而且发生了向下的滑移,不可液化砂层没有发生液化;孔隙压力结果进一步表明在两周之后初始液化就发生了;土体的侧向位移可达到78cm(对应原型),桩受到的最大弯矩发生在可液化与不可液化土层之间。

文献[37]研究了单桩或桩排受到静和动侧向载荷时的响应,并将结果与不同的数值模拟结果进行了对比。实验中加速度为50g,桩用2.6cm和3.0cm的铝管,管插入土中60cm,材料为Bochum标准砂,动载频率为10~50Hz,加载到1000周。文献[38]研究了自升式平台在波浪作用下的结构-土的动力相互作用问题。采用的砂土的平均粒径为0.2mm,加速度为25g,50g,75g,90g四种,采用的缩尺为1/100,模型平台总高50cm,底宽12cm,腿长40cm,宽1.2cm,厚2cm。载荷幅值70~140N,频率12~50Hz(在90g条件下)。结果表明,离心机实验能较好地模拟上部结构在共振情况下的基础反应。由于采用的缩尺与施加的加速度不对应,且上部结构共振时加载仪器产生的波形会变形,从而影响实验结果。实验只能定性解释该问题的一些现象,由于共振导致的非线性现象也需要进一步的研究。

从前述的内容看出,在安装和承载力的研究中,针对静力作用下,单层土的情况研究较多,针对动载和多层土情况的研究少。

5 结语

本文对离心机在海洋平台基础实验研究中的应用进行了综述,包括模型实验的理论研究、实验设备的发展、开展的典型实验等。并指出了其中的不足和今后的发展方向。如:如何用小比尺模型去推断原型问题,采用材料代替时,如何保证模型材料与原型材料的主要特征参数相似?如果用离心机制备土样,虽然土的欠固结、正常固结和超固结情况均可模拟,但土的结构性和陈化胶结的特性无法模拟,因此对实验结果造成一定误差,如何评估?需要同时考虑渗透性和惯性效应时,如何模拟?怎样才能更好地解

决动载下模型箱的边壁效应? 在动载条件下,液化的条件和范围、是否会发生液化后大变形? 在多层土的条件下,基础的响应如何? 等等。

参考文献

- [1] Scott R F. Physical and Numerical Models. Centrifuge in Soil Mechanics [M]. Craig, James & Schofield (eds), Balkema, Rotterdam, 1988; 103-118.
- [2] Whitman R V. Experiments with Earthquake Ground Motion Simulation. Centrifuge in Soil Mechanics [M]. Craig, James & Schofield (eds), Balkema, Rotterdam, 1988; 203-216.
- [3] Taylor R N. Geotechnical Centrifuge Technology [M]. London: Blackie Academic & Professional, 1995; 19-60.
- [4] Zelikson A. Dynamic Problems, Centrifuge in Soil Mechanics [M]. Craig, James & Schofield (eds), Balkema, Rotterdam, 1988; 217-232.
- [5] Fuglsang L D, Ovesen N K. The Application of the Theory of Modelling to Centrifuge Studies. Centrifuge in Soil Mechanics [M]. Craig, James & Schofield (eds), Balkema Rotterdam, 1988; 119-137.
- [6] 包承刚. 我国离心模拟试验技术的现状和展望 [J]. 岩土工程学报, 1991, 13(6): 92-97.
- [7] 姜朴, 刘立玉, 蒋文珍. 几种土工问题的离心模型实验 [J]. 水利学报, 1985(7): 6-12.
- [8] Fujii N. Development of an Electromagnetic Centrifuge Earthquake Simulator [A]. Centrifuge 91 [C], Ko (ed.), Balkma, Totterdam 1991, 351~353.
- [9] Ng T G, Lee F H, Liaw C Y et al. Development of A Dynamic Loading Device for Model Foundations [A]. Centrifuge 94 [C], Leung, Lee & Tan (eds), Balkema, Rotterdam, 1994; 183-188.
- [10] Sekiguchi H, Phillips R. Generation of Water Waves in a Drum Centrifuge [A]. Centrifuge 91 [C]. Ko (ed.), Balkma, Totterdam, 1991; 343-349.
- [11] Sekiguchi H, Kita K, Sassa S, Shimamura T. Generation of progressive fluid waves in a geo-centrifuge [J]. Geotechnical Testing Journal, 1998, 21(2): 95-101.
- [12] Madabhushi S P G. Effect of Pore Fluid in Dynamic Centrifuge Modelling [A]. Centrifuge 94 [C] Leung, Lee & Tan (eds), Balkema, Rotterdam, 1994, 127-132.
- [13] Fiegel G L, Hudson M, Idriss I M et al, Effect of Model Containers on Dynamic Soil Response [A]. Centrifuge 94 [C], Leung, Lee & Tan (eds), Balkema, Rotterdam, 1994; 145-150.
- [14] Ko Y H. Summary of the State-of-the-Art in Centrifuge Model Testing [M]. Centrifuge in Soil Mechanics. Craig H., James G., Schofield A. N. (ed.), Balkema, Rotterdam, 1988; 11-28.
- [15] Allersma H G B, Plenevaux F J B, Wintgens J F P C M E. Simulation of Suction Pile Installation in Sand in A Geocentrifuge [A]. Proc. 7th Int. Offshore and Polar Engrg. Conf. [C], Honolulu, ISOPE, 1997, 1: 761-765.
- [16] Allersma H G B, Hogervorst, Pimoulle M. Centrifuge Modelling of Suction Pile Installation Using A percussion Technique [A]. Proc. 11th Int. Offshore and Polar Engrg. Conf [C], Stavanger, Norway, June 17-22, 2001; 620-625.
- [17] Kim Y, Kim Y, Park J. A Centrifuge Study of Suction Pile Installation in Sand [A]. Proc. 11th Int. Offshore and Polar Engrg. Conf [C], Stavanger, Norway, June 17-22, 2001; 615-619.
- [18] Renzi R, Maggioni W, Smits F et al. A Centrifugal Study on the Behavior of Suction Piles [A]. Centrifuge 91 [C], Ko H Y & Mclean F G (ed.), Balkema, Rotterdam, 1991; 169-176.
- [19] Watson P G, Randolph M F, Bransby M F. Combined Lateral and Vertical Loading of Caisson Foundations [A]. OTC12195 [C], 2000; 797-808.
- [20] Andersen K H, Jostad H P. Foundation Design of Skirted Foundations and Anchors in Clay [A]. OTC10824 [C], 1999; 383-392.
- [21] Erbrich C T, Tjelta T I. Installation of Bucket Foundations and Suction Caissons in Sand—Geotechnical Performance [A]. OTC10990 [C], 1999; 725-735.
- [22] Allersma H G B, Brinkgreve R B J, Simon T. Centrifuge and Numerical Modelling of Horizontally Loaded Suction Piles [J]. Int. J. Offshore and Polar Engrg., 2000, 10(3): 223-235.

- [23] zama M, Inatomi T, Iizuka E. Comparison of Ig and Centrifuge Models of A Dynamic Earth Pressure Problem [A]. Centrifuge 94[C], Leung, Lee & Tan(eds), Balkema, Rotterdam, 1994; 197-202.
- [24] Laue J, Jessberger H L. Behaviour of Foundation Systems in Sand with Dynamic Sinusoidal Loadings [A]. Centrifuge 94[C], Leung, Lee & Tan(eds), Balkema, Rotterdam, 1994; 265-270.
- [25] Liu L, Dobry R. Seismic Settlements and Pore Pressures of Shallow Foundations [A]. Centrifuge 94[C], Leung, Lee & Tan(eds), Balkema, Rotterdam, 1994; 227-232.
- [26] 李枚, 包承刚, 单人玕. 梁柱式海洋平台基础与土相互作用的离心模型试验[J]. 岩土工程学报, 1995, 17(5): 1-6.
- [27] Kimura T, Kusakabe O, Sattoh K. Geotechnical Model Tests of Bearing Capacity Problems in A Centrifuge [J]. Geotechnique, 35(1): 33-45.
- [28] Fuglsang L D, Steensen-Bach J O. Breakout Resistance of Suction Piles in Clay [A]. Centrifuge 91[C], Ko(ed.), Balkema, Rotterdam, 1991; 153-159.
- [29] Clukey E C, Morrison M J, Garnier J et al. The Response of Suction Caisson in Normally Consolidated Clays to Cyclic TLP Loading Conditions [A]. OTC7796[C], 1995; 909-918.
- [30] Deng W, Carter J P. A Theoretical Study of the Vertical Uplift Capacity of Suction Caissons [A]. Proc. 10th Inter. Offshore and Polar Engrg Conf [C], Seattle, USA, May 28-June 2, 2000; 342-349.
- [31] Nauroy J F, Golightly C. Bearing capacity of A Shallow Foundation on Calcareous Sand [A]. Centrifuge 91[C], Ko(ed.), Balkema, Rotterdam, 1991; 187-192.
- [32] Watson P G, Randolph M F. Combined Lateral and Vertical Loading of Caisson Foundations [A]. OTC12195[C], 2000; 797-808.
- [33] Watson P G, Randolph M F. Vertical Capacity of Caisson Foundations in Calcareous Sediments [A]. Proc. 7th Inter. Offshore and Polar Engrg. Conf [C], Honolulu, USA, May 25-30, 1997; 784-790.
- [34] Finnie I M S, Randolph M F. Bearing Response of Shallow Foundations in Uncemented Calcareous Soil [A]. Centrifuge 94[C], Leung, Lee & Tan(eds), Balkema, Rotterdam, 1994; 535-540.
- [35] Nunez I L, Phillips R, Randolph M F, Wesselink B D. Modeling Laterally Loaded Piles in Calcareous Sand [A]. Centrifuge 88[C], Corte(ed.), 1988; 371-381.
- [36] Abdoun T, Dobry R. Seismically Induced Lateral Spreading of Two-Layer Sand Deposit and Its Effect on Pile Foundations [A]. Centrifuge 98[C], Kimura, Kusakabe & Takemura(eds), Balkema, Rotterdam, 1998; 321-326.
- [37] Kotthaus M, Grundhoff T, Jessberger H L. Single Piles and Pile Rows Subjected to Static and Dynamic Lateral Load [A]. Centrifuge 94[C], Leung, Lee & Tan(eds), Balkema, Rotterdam, 1994; 497-502.
- [38] Lassoudiere F, Perol C. Centrifuge Study of Soil-Structure Dynamic Interaction for A Jack-up Platform Submitted to Sea-Wave Loading [A]. Centrifuge 88[C], Corte(ed.), Balkema, Rotterdam, 1988; 521-528.

The Application of Centrifuge in the Experimental Research of Offshore Platform Foundation

LU Xiaobing, Zhang Jinlai

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Science, Beijing, 100080, China)

Abstract: The application of centrifuge in the offshore structures are summarized. Which includes the theoretical research, the development of experimental equipment, the classical experiment carried out, etc.. The problems needed to be solved are listed and the development tendency in the future are pointed out.

Key words: centrifuge, offshore platform, dynamica loading