

モデルによって考察し、実験において観察された定性的な性質を明らかにすると共に、実験を実施していない他の損傷に対する応答についてもその予測を行った。さらに、いくつかの例については大型計算機によるシミュレーション計算にて実験値との定量的な比較を試みた。シミュレーション計算による推定値と実験値との一致度は十分とはいえないが、ある程度の推定は可能である。

従って、セミサブリグに対する転倒モーメントや損傷状況などが与えられれば、それに対する応答は過渡応答をも含めて実験技術的にも理論的にも推定が可能となった。

なお、セミサブリグの復原性に関しては、静的復原性能が重要であり、特に転覆を問題とするばあいには、水密デッキを有することなどに留意すればセミサブリグはほとんど転覆しえない。しかしながら、乗員の安全や機器の操作限界などにとって問題となる小角度傾斜 ( $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ) の範囲の運動に対しては、動的影響によるものが、静的な力やモーメントからきまる傾斜と同程度の大きさになる場合があり、かつその程度の傾斜は容易におこりうるため、小角度 ( $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ) 傾斜に対する復原性能には十分留意する必要がある、本研究の成果が役立つものと考えられる。

## 謝 辞

本論文は船舶技術研究所の特別研究“係留浮体の復原性の評価法に関する研究”の成果をまとめたものである。

動的復原性評価プログラムは日本造船研究協会(RR 743分科会、高石敬史主査)との共同研究として、三井海洋開発(株)に委託して作成したものである。流体力の計算には当所の大川技官の作成した特異点分布法によるプログラムを使用した。更に、Fig. 2.7に示した規則波中の応答特性は加藤技官の作成したプログラムを使用した。各位に感謝致します。

## 参 考 文 献

- 1) Rules for Building and Classing Mobile Offshore Drilling Units, American Bureau of Shipping, (1968)
- 2) The Capsizing of the Accommodation Platform 'Alexander L. Kielland' in the North Sea, 27 March 1980, Report on the Search and Rescue Operation, Rescue Coordination Centre Southern Norway Stranger
- 3) National Transportation Safety Board, Capsizing and Sinking of the U. S. Mobile Offshore Drilling Unit Ocean Ranger off the East Coast of Canada 166 Nautical Miles East of St. John's, Newfoundland February 15, 1982, Maritime Accident Report (1983)
- 4) National Transportation Safety Board, Capsizing and Sinking of the U.S. Drillship Glomar Java Sea in the South China, Marine Accident Report (1984)
- 5) 足達宏之, 高井隆三; セミサブリグに働く風, 潮流による転倒モーメントの推定法に関する研究(その1) —デッキおよびコラム付きデッキに働く流体力—, 船研報告第22巻第6号, (1985)
- 6) 大川 豊, 影本 浩; 海洋構造物の波浪中大振幅運動, 日本造船学会, 運動性能研究委員会第3回シンポジウム“船舶と海洋構造物の安全性と復原性”(1986)
- 7) Numata, E., Michel, W. H., and McClure, A. C.; Assessment of Stability Requirement for Semisubmersible Units, SNAME, Vol. 84, (1976)
- 8) Martin, J. and Kuo, C.; Calculations for the Steady Tilt of Semisubmersible in Regular Waves, Trans. RINA, Vol. 1, (1978)
- 9) Ogilvie, T. F.; Second-Order Hydrodynamic Effects on Ocean Platform, Proc. Int. Workshop on Ship and Platform Motions, (1983)
- 10) Wichers, J. E. W.; On the Slow Motions of Tankers Moored to Single Point Mooring Systems, OTC paper 2548, (1976)
- 11) Nakamura, S., Saito, K. and Takagi, M.; On the Increased Damping of a Moored Body during Low-frequency Motions in Waves, Proc. 5th Int. Symp. on Offshore Mech. and Arctic En-

- gineering (1986)
- 12) Hineno, M., Takegawa, H., Oda, T. and Abe, M.; The Effect of Low Frequency Roll Motion on Underdeck Clearance of a Semi-submersible Platform, Proc. 2nd Int. Conf. Stability of Ships and Ocean Vehicles (1982)
  - 13) 浦, 戸島; 係留された浮体の過渡応答に関する研究, 日本造船学会論文集第148号 (1980)
  - 14) Hooft, J. P.; A Mathematical Method of Determining Hydrodynamically Induced Forces on a Semi-submersible, T. SNAME Vol. 79 (1971)
  - 15) 小寺山亘; 係留浮体の運動と係留鎖張力について, 西部造船会会報53号 (1976)
  - 16) 中嶋俊夫, 井上隆一; 傾斜角を考慮した semi-sub の運動について, 第36回海洋工学委員会性能分科会資料 (1983)
  - 17) S R 192研究部会, 海洋構造物の設計外力・及び復原性に関する研究報告書, (1986)
  - 18) Huang, X.; On the Motion Response of a Damaged Semisubmersible Platform in Waves, Proc. 5th Int. Symp. on Offshore Mech. and Arctic Engineering (1986)
  - 19) Huang, X., et al.; Loads and Motions Measured on a Semisubmersible Having a Large Permanent List Angle, Norwegian Maritime Research No. 2 (1982)
  - 20) Naess, A., Hoff, J. R. and Herfjord, K.; Modelling of the Dynamic Behaviour of Damaged Platforms by Time Simulation Methods and Model Tests, Proc. BOSS'85 (1985)
  - 21) 加藤俊司, 木下 健; 速度の二乗に比例する減衰を有する振動系の自由振動及び強制振動におよぼす外乱の影響, 第36回海洋工学委員会性能分科会資料 (1983)
  - 22) たとえば, 元良誠三; “船体運動力学” pp. 72~75 共立出版
  - 23) たとえば, 坪井忠二, “振動学(応用数学第16巻)” 河出書房, (1942)
  - 24) Moncarz, P. D., Paulling, J. R., Taylor, R. K., and Thomas, J. M.; Stability of Damaged Platform in Waves, Proc. BOSS'85 (1985)
  - 25) Matsuura, M. and Ikegami, K.; Time Domain Simulation of Dynamic Response of Semisubmersible Platform in Severe Sea Condition, Proc. 5th Int. Symp. on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (1986)
  - 26) Paulling, J. R. and Shin, Y. S.; On the Simulation of Large-Amplitude Motions of Floating Ocean Structures, Proc. Int. Symp. on Ocean Space Utilization (1985)
  - 27) Morch, M. and Moan, T.; Comparison between Measured and Calculated Behaviour of a Moored Semisubmersible Platform, Proc BOSS'85 (1985)
  - 28) 三井海洋開発編; 浮体構造物動的復原性計算プログラムマニュアル, (1986)
  - 29) Dudgeon, E. H.; Hydrodynamic Model Studies of the Ocean Ranger Marine Disaster, Proc. Intl. Conf. on Stationing and Stability of Semi-submersibles (1986)
  - 30) Cummins, W. E.; The Impulse Response Function and Ship Motions, Schiffstechnik, Heft 47, 9. Band (1962)
  - 31) Wehausen, J. V.; The Motions of Floating Bodies, Annual Rev. Fluid Mech. (1971)
  - 32) 高木, 斎藤他; 非周期的造波問題の周波数領域での取り扱い, 関西造船協会誌  
第1報 二次元物体に対するメモリー影響関数 第182号 (1981)  
第2報 三次元物体に対するメモリー影響関数 第184号 (1982)  
第3報 二次元物体の過渡応答 第187号 (1982)  
第4報 非線型特性を持つ二次元係留浮体の波浪中運動, 第188号 (1983)  
第5報 波浪中過渡応答計算法の比較 第191号 (1983)  
第6報 非線型特性を持つ二次元係留浮体の波浪中運動(続), 第192号 (1984)  
第7報 任意形状の二次元物体に対するメモリー影響関数, 第192号 (1984)
  - 33) Newman, J. N.; Transient Axisymmetric Motion of a Floating Cylinder, J. Fluid Mech. (1985)
  - 34) Van Oortmerssen, G.; The Motion of a Moored Ship in Waves, NSMB Report No. 510 (1976)
  - 35) Chapman, R. B. and Martin, C.; Large-Amplitude Transient Motion of Two-Dimensional Floating Bodies, J. Ship Research, Vol. 23, No. 1 (1979)

- 36) 肥後 靖；大振幅上下揺する短形柱に働く非線形流体力に関する研究，関西造船協会誌，第199号，(1985)
- 37) 小林正典，島田 潔，藤平 徹；複合外力下における係留浮体の応答シミュレーション，三井造船技報 (1985)
- 38) 小林正典，藤平 徹；係留構造物の不規則波中の応答について，第33回海洋工学委員会性能分科会資料 (1988)
- 39) Molin, B. and Bureau, G ; A Simulation Model for the Dynamic Behaviour of Tankers Moored to Single Point Moorings, Proc. Symp. on Ocean Eng. Ship Handling, SSPA (1980)
- 40) Triantafyllou, M. S. ; A Consistent Hydrodynamic Theory for Moored and Positioned Vessels, J. Ship Research, Vol. 26, No. 2 (1982)
- 41) Agnon, Y. and Mei, C. C. ; Slow Drift Motions by Multiple-Scale Analysis, Proc. Intl. Workshop on Ship and Platform Motions (1983)
- 42) 堀田 平，佐藤恵一，橋本琢磨；履歴特性を有する係留力の下での浮体運動及び係留力の基礎的研究，関西造船協会誌，第186号 (1982)
- 43) Pinkster, J. A. ; Low Frequency Phenomena Associated with Vessels of AIME, SPE paper, No. 4837 (1974)
- 44) 宝田直之助，中嶋俊夫，井上隆一；半潜水式海洋構造物の転覆機構に関する一考察，日本造船学会論文集，  
(第1報) 第155号 (1984)  
(第2報) 第156号 (1984)  
(第3報) 第157号 (1985)
- 45) Ogilvie, T. F. ; Recent Progress toward the Understanding and Prediction of Ship Motions, Proc. 5th ONR (1964)
- 46) 日本海事協会編；係留システム設計指針，(1983).
- 47) 足達宏之，高井隆三；石油掘削リグの復原性について (その1)，船研講演会講演集，(1984)
- 48) 高井隆三，足達宏之；石油掘削リグの復原性について (その2) — 損傷時の準静的復原性，船研講演会講演集，(1985)
- 49) 影本 浩，足達宏之；石油掘削リグの復原性について (その3) — 損傷時の動的復原性，船研講演会講演集，(1985)
- 50) 足達宏之，影本 浩，高井隆三；石油掘削リグの復原性について，船研講演会講演集，(1986)
- 51) Adachi, H. Takai, R. and Kagemoto, H. ; Transient Behavior of Semisubmersibles Toward Disaster, Proc. 5th Intl. Symp. on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, (1986)
- 52) Adachi, H. and Kagemoto, H. ; Transient Motions of a Semisubmersible after Damages, Intl. Conf. on Stationing and Stability of Semisubmersibles (1986)

## Appendix-1 動的現象のシミュレーション 計算法

浮体の挙動を記述する運動方程式は

$$\frac{d}{dt}(Mv) = F \quad (\text{A. 1.1})$$

( $M$ : 浮体の質量,  $v$ : 浮体の速度,  $F$ : 浮体に加わる外力) であるから,

$$v \frac{dM}{dt} + M \frac{dv}{dt} = F \quad (\text{A. 1.2})$$

浸水などにより浮体の質量が時間と共に変化する場合には (A. 1.2) 式左辺第1項は0とならない。

$$v = \dot{x} \quad (\text{A. 1.3})$$

$$(x: \text{浮体の変位}, \dot{x} = \frac{dx}{dt})$$

とかくと,

$$\dot{x} \frac{dM}{dt} + M \ddot{x} = F \quad (\text{A. 1.4})$$

浮体に加わる外力としては種々のものが考え得るが, そのうちで浮体まわりの流体の変動圧力に起因するものを  $F_0$  とすると

$$F_0 = \iint_{S_0} -\rho \frac{\partial \phi}{\partial t} n_j dS \quad (\text{A. 1.5})$$

ここで

( $\rho$ : 流体密度,  $n_j$ : 考えている方向への物体表面単位法線ベクトル (物体から流体への方向を正とする) の方向余弦)

$\phi$  は浮体まわりの流場を表す速度ポテンシャルで, その求め方は線形理論の範囲で既に確立されている。  
 $\Delta^2 J(x, y, z, t) = 0$  in fluid domain (A. 1.6)

$$\frac{\partial^2 J}{\partial t^2} + g \frac{\partial J}{\partial z} = 0 \quad \text{on free surface } (z=0) \quad (\text{A. 1.7})$$

$$\frac{\partial J}{\partial n} = H(t) \cdot n_j \quad \text{on body surface} \quad (\text{A. 1.8})$$

(A. 1.6), (A. 1.7), (A. 1.8) 式を満たす速度ポテンシャル  $J(x, y, z, t)$  が求められたとすると, 浮体が  $j$  方向に  $v(t)$  なる速度で運動するときの速度ポテンシャル  $\phi(x, y, z, t)$  は

$$\phi(x, y, z, t) = \int_{-\infty}^t J(x, y, z, t-\tau) \dot{v}(\tau) d\tau \quad (\text{A. 1.9})$$

にて求められる<sup>3)</sup>。

従って, (A. 1.5) 式より

$$F_0 = \rho \iint_{S_0} (J(x, y, z, 0) \dot{v}(t) + \int_{-\infty}^t \frac{\partial J(x, y, z, t-\tau)}{\partial t})$$

(578)

$$\begin{aligned} & \dot{v}(\tau) d\tau) n_j dS \\ & \equiv -m_j \frac{dv(t)}{dt} - \int_{-\infty}^t L_j(t-\tau) \dot{v}(\tau) d\tau \end{aligned} \quad (\text{A. 1.10})$$

ここで

$$m_j = -\rho \iint_{S_0} J(x, y, z, 0) n_j dS \quad (\text{A. 1.11})$$

$$L_j = -\rho \iint_{S_0} \frac{\partial J(x, y, z, t)}{\partial t} n_j dS \quad (\text{A. 1.12})$$

$m_j$  は時間に依存しない。

(A. 1.10) 式を用いると, 運動方程式 (A. 1.4) 式は

$$(M + m_j) \ddot{x} + \int_{-\infty}^t L_j(t-\tau) \dot{v}(\tau) d\tau + \dot{x} \frac{dM}{dt} = F_E \quad (\text{A. 1.13})$$

と書ける。ただし, 外力のうち変動圧力に基づくものを  $F_E$  とした。

(A. 1.13) 式の左辺第3項は浸水などを考える場合 (質量が時間的に変化する場合は必要であるが, 通常は質量変化はないとして, 更に一般的に6自由度の運動を考えると

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^6 [(M_{k_j} + m_{k_j}) \ddot{x}_j(t) + \int_{-\infty}^t L_{k_j}(t-\tau) \dot{x}_j(\tau) d\tau \\ & + C_{k_j}(x_j)] = F_k(t) \end{aligned} \quad (k=1, 2, \dots, 6) \quad (\text{A. 1.14})$$

ここで外力  $F_E$  を更に

$C_{k_j}(x_j)$ : 変位に関係する力 (静水圧, 係留系に基づく復原力)

$F_k$ : 波, 風, 潮流などによる環境外力

に分けて書いた。

あるいは, (A. 1.14) 式における  $L_{k_i}$  と

$$K_{k_j}(t) = \frac{d}{dt} (L_{k_j}(t)) \quad (\text{A. 1.15})$$

なる関係にあるメモリー影響関数  $K_{k_j}$  を用いて (A. 1.14) 式をかきかえると

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^6 [(M_{k_j} + m_{k_j}) \ddot{x}_j(t) + \int_0^t K_{k_j}(t-\tau) \dot{x}_j(\tau) d\tau \\ & + C_{k_j}(x_j)] = F_k(t) \end{aligned} \quad (k=1, 2, \dots, 6) \quad (\text{A. 1.16})$$

あるいは, セミサブリグの動揺では, 特に同調点付近では粘性に基づく抗力が大きく影響するから, 速度の2乗に比例する粘性抗力を考慮すると

$$\sum_{j=1}^6 \{ (M_{kj} + m_{kj}) \ddot{x}_j(t) + \int_0^t K_{kj}(t-\tau) \dot{x}_j(\tau) d\tau + \frac{1}{2} \rho S C_D |\dot{x}_j| \dot{x}_j + C_{kj}(x_j) \} = F_k(t) \quad (\text{A. 1. 17})$$

(k=1, 2, ..., 6)

となる。

(A. 1. 17)式を解いて6自由度の運動変位  $x_j$  ( $j=1, 2, \dots, 6$ ) を求めるためには、あらかじめ  $m_{kj}, K_{kj}$  などの係数を求めておく必要がある、それらは (A. 1. 6) 式～(A. 1. 8) 式を満たす時間依存のポテンシャルから計算される。しかしながら、実際に (A. 1. 6) 式～(A. 1. 8) 式を解いて時間依存のポテンシャルを求めることは計算量が多く3次元物体に対しては、球、円柱などの単純形状の物体に対する計算結果は示されている<sup>32) 33)</sup>が、セミサブリグのような複雑な形状の物体に対して計算することは実用的でなく、これまで計算された例は少ない。

$m_{kj}, K_{kj}$  などは周波数領域における付加質量  $a_{kj}(\omega)$  ダンピング  $b_{kj}(\omega)$  からフーリエ変換により求められるから、通常は周波数領域における問題を解いて適当な数の  $\omega$  に対して  $a_{kj}(\omega), b_{kj}(\omega)$  を求め、次の関係から  $m_{kj}, K_{kj}, L_{kj}$  を求める方法がよく使われる。

$$\begin{cases} K_{kj}(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty b_{kj}(\omega) \cos \omega t d\omega \\ m_{kj} = a_{kj}(\omega) + \frac{1}{\omega} \int_0^\infty K_{kj}(\tau) \sin \omega \tau d\tau \end{cases} \quad (\text{A. 1. 18})$$

$$\begin{cases} L_{kj}(t) = \frac{2}{\pi \omega} \int_0^\infty b_{kj}(\omega) \sin \omega t d\omega \\ m_{kj} = a_{kj}(\omega) - \int_0^\infty L_{kj}(\tau) \cos \omega \tau d\tau \end{cases} \quad (\text{A. 1. 19})$$

(A. 1. 18)式から  $K_{kj}$  を求めるためには  $\omega=0 \sim \infty$  にわたる  $b_{kj}(\omega)$  の値が必要であり、周波数領域の解析において  $\omega$  大なるところの  $b_{kj}$  を求めることは数値的誤差が大きくなるため、種々の近似法が用いられる<sup>32) 33)</sup>。

線形理論の範囲で浮体の時間領域における過渡運動は (A. 1. 16) 式を与えられた初期条件、外力条件のもとで解くことにより求められる。しかしながら、セミサブリグの挙動を推定しようとする場合には、厳しい気象、海象条件下、あるいは損傷時などにおいては時として大変位を伴うため、(A. 1. 16) 式のままでは不十分で大変位運動を考慮した運動方程式を解く必要がある。即ち、(A. 1. 16) 式における  $m_{kj}, K_{kj}, C_{kj}, F_k$  など

は、時々刻々の浮体姿勢に対する値を使う必要があり計算量が莫大なものとなるが、それでもなお  $K_{kj}$  を含むコンボリューション積分の項はそもそも線形重ね合わせの原理のもとに成り立っているものであり、矛盾が残ることになる。従って、何らかの近似計算を行わざるを得ないが、その1つの例として遠い過去の影響は小さいとして

$$\int_0^t K_{kj}(t-\tau) \dot{x}_j(\tau) d\tau \sim \int_{t-\epsilon}^t K_{kj}(t-\tau) \dot{x}_j(\tau) d\tau \quad (\text{A. 1. 20})$$

と近似して計算した例もある<sup>35) 36)</sup>。

<sup>35) 36)</sup> に示されたものは2次元の柱体についてであるが、セミサブリグについて  $K_{kj}$  を計算した例を Fig. A. 1. 1 に示す。

メモリー影響関数を計算する際に必要となる周波数領域の流体力は、セミサブリグ全体をパネルに分割し特異点分布法により計算したものであり、従って要素部材間の流体力学的相互干渉は考慮されていることになる。いずれのモードについても  $t\sqrt{g/L} \sim 5$  ( $t=4.5\text{sec.}$ ) 程度で十分に減衰しており、シミュレーション計算においてもメモリー影響を考慮する範囲はその程度で打ち切った。

図より  $K_{kj}$  は時間と共に早く減衰し (A. 1. 20) 式の適用可能性があることがわかる。

しかしながら、(A. 1. 20) 式の近似を行ってもセミサブリグのような複雑な形状を有する物体に対するメモリー影響関数  $K_{kj}$  を求めることはなお計算量が多く、(A. 1. 16) 式のかわりにメモリー効果を無視し、流体力計算を代表的な周波数 ( $\omega_0$ ) における値で一定とした運動方程式を時間領域で解く方法を採用しているものも多い<sup>20) 25) 37)</sup>。

即ち、

$$\sum_{j=1}^6 \{ (M_{kj} + m_{kj}(\omega_0)) \ddot{x}_j + N_{kj}(\omega_0) \dot{x}_j + C_{kj}(x_j) \} = F_k \quad (\text{A. 1. 21})$$

(k=1, 2, ..., 6)

代表周波数としては、不規則波中の場合には通常平均波周期やスペクトラムのピークに対応するものが用いられることが多いが、<sup>38)</sup> のように長周期運動のシミュレーションのために固有周期で変動する運動と、波の平均周期に近い周期で変動する運動を分離してシミュレーションを行ない、それぞれに対して固有周期における流体力係数と平均周期における流体力係数を使い分けて、長周期運動の推定精度の向上することを示し

た例もある。波浪中における損傷時の過渡運動なども同様な方法が適用できると考えられる。<sup>39) 40) 41)</sup>では 2-parameter expansion の手法を用いて、このような長周期運動と短周期運動の分離が可能であることを示している。また<sup>20)</sup>では時々刻々のセミサブリグの姿勢に対する流体力係数をあらかじめ計算した図表より内挿して求め計算している。

いずれにしても、(A. 1. 16)式の代わりに流体力係数を固定した (A. 1. 20)式を用いることの理由は主として計算上の繁雑さをさけるためであり、メモリー効果を考慮しなくてもよいという積極的な裏づけによる近似ではないように見受けられる。実際<sup>39) 40)</sup>などは両法を比較して (A. 1. 16)式を用いた方が精度のよいことを示している。

メモリー効果を考慮しつつ大変位運動をシミュレートする一つの可能性として (A. 1. 20)式の近似を用い、さらに<sup>20)</sup>と同様に代表姿勢についてあらかじめ計算された  $m_{k_j}, K_{k_j}$  についてのテーブルから内挿によって時々刻々の姿勢についての流体力係数を求めるという方法も考えられる。

以上の研究成果をふまえ、実用的に可能な範囲で、なるべく精度のよいシミュレーションプログラムを開発するとの方針で、以下のような仕様でプログラム開発を行った。

#### (1) プログラムの機能

非損傷時の 3 次元物体の波、風、潮流中における挙動の時間領域、周波数領域におけるシミュレーション、及び損傷によって付加的な力、モーメントが加わった場合の静的、動的挙動のシミュレーションを行うことができる。

#### (2) 運動方程式

運動方程式としては、メモリー効果を考慮した次式を用いる。

$$\sum_{j=1}^6 [(M_{k_j} + m_{k_j}) \ddot{x}_j + \int_0^t K_{k_j}(t-\tau) \dot{x}_j(\tau) d\tau + \frac{1}{2} \rho S C_D |\dot{x}_j| \dot{x}_j + C_{k_j}(x_j)] = F_k$$

(k=1, 2, ..., 6) (A. 1. 22)

ここで

- $x_j$  : 浮体の 6 自由度変位
- $M_{k_j}$  : 浮体の質量, 慣性モーメント
- $m_{k_j}$  : 浮体の付加質量, 付加慣性モーメント
- $K_{k_j}$  : メモリー影響関数
- $C_D$  : 粘性に起因する減衰力

(580)

$C_{k_j}(x_j)$  : 静水圧及び係留系による復原力

$F_k$  : 波, 風, 潮流による環境外力

#### (3) 流体力

流体力  $m_{k_j}, K_{k_j}$  は、周波数領域における解析から求められる付加質量  $a_{k_j}(\omega)$ 、造波ダンピング  $b_{k_j}(\omega)$  より (A. 1. 18)式にて計算する。

#### (4) 波, 風, 潮流による力, 及び粘性減衰力

$F_k$ のうち波による力については、規則波によるものは、周波数領域の計算で規則波の周波数に対する波強制力、波漂流力を求める。

不規則波によるものは、スペクトルとして JONSWAP, ISSC (1976) スペクトルを考える。波漂流力は Pinkster の近似式<sup>43)</sup>にて計算する。

風, 潮流による力及び粘性減衰力は

$$F_k = \frac{1}{2} \rho S_k C_D |v_k| v_k \quad (\text{A. 1. 23})$$

$F_k$  : k 方向に働く力

$\rho$  : 流体密度

$S_k$  : k 方向の流れに対する物体の代表面積

$C_D$  : 抗力係数

$v_k$  : 物体と流体との k 方向の相対速度あるいは風速

$C_D$  はデータにて与える。 $S_k, v_k$  の変化は浮体の水平面内の回転運動による変化のみ考慮して時々刻々計算を行う。

#### (5) 復原力

復原力としては、係留系によるものと静水圧によるものとの考慮する。

係留系に基づく復原力はカテナリー理論によって時々刻々の浮体位置に対して静的復原力のみを計算する。

静水圧によるものは、変位に比例した線形復原力を計算する方法と、あらかじめ用意された非線形復原力のテーブルより時々刻々の変位、傾斜に対して内挿にて求める方法との 2 通りを選択できる。

#### (6) その他

外力  $F_k$  としては、外部よりデータとして任意の時系列データ  $F_k(t)$  と与えることも可能である。

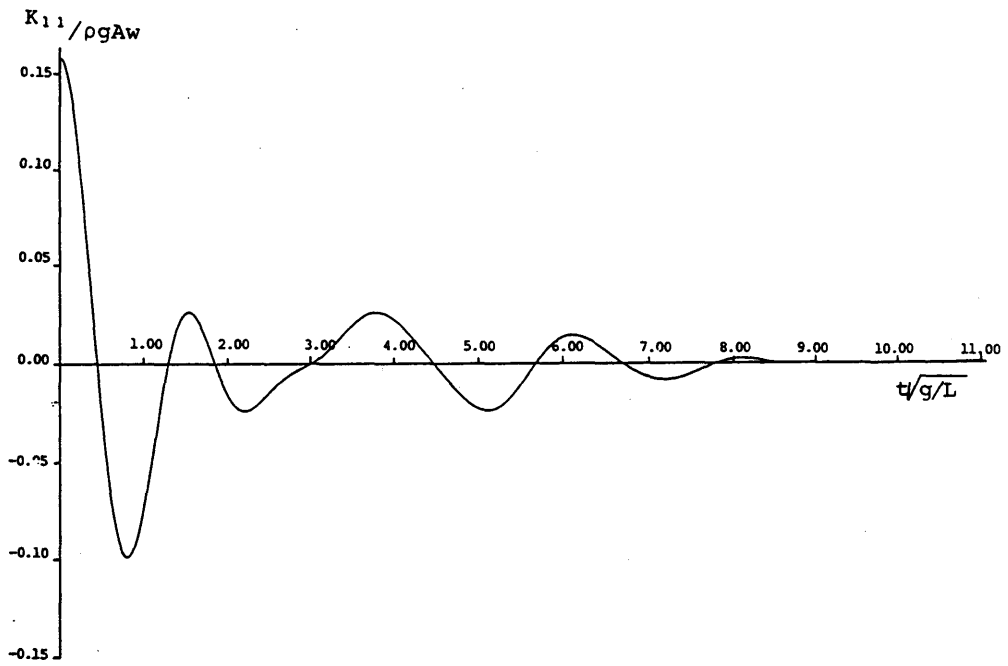
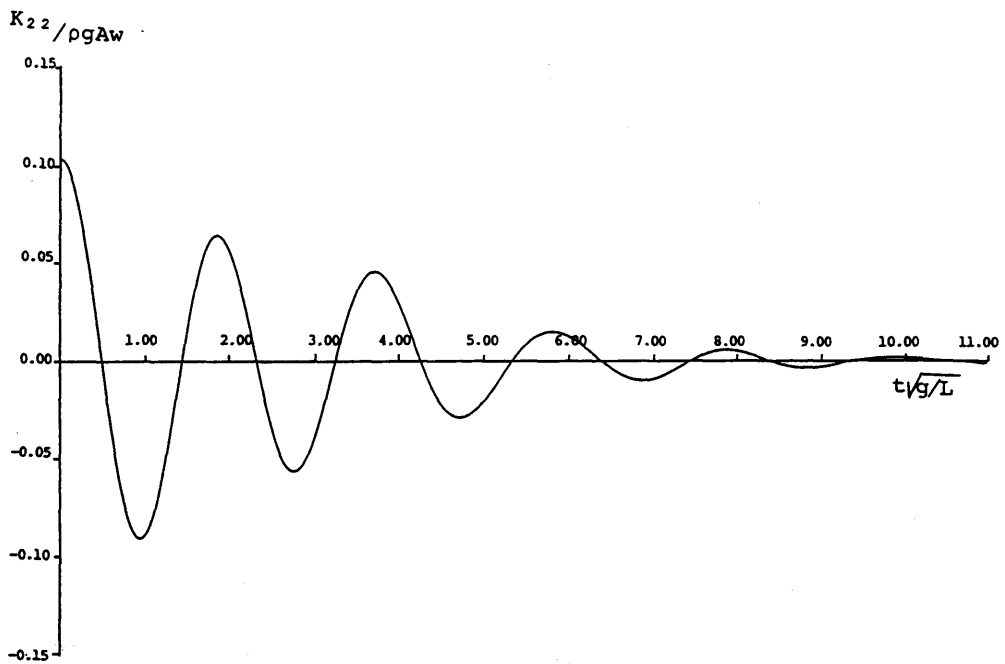
(a)  $K_{11}$ (b)  $K_{22}$ 

Fig. A. 1.1 Memory effect functions of the semisubmersible (calculation)

