

セミサブリグの風洞試験における閉塞影響について

On the Effect of Blockage of wind tunnel test of Semisubmersible Rig Model

宮田 修*・西本和生*・前田久明*・江口純弘*

Osamu MIYATA, Kazuo NISHIMOTO, Hisaaki MAEDA and Sumihiro EGUCHI

1. 緒 言

石油掘削用の2クローハル8コラムの半潜水型海洋構造物をセミサブリグという。これに作用する自然外力としては、波・風・潮流等が考えられる。これらの外力がセミサブリグの通常の稼動状態に与える影響としては、次の事柄が考えられる。①係留系、②動的位置保持、③通常または損傷時の復原性、④甲板荷重容量、これらのどれを採ってもセミサブリグの安全性を脅かすものであるから、これら外力を知ることは大事なことである。本報では、これらの外力のうち風荷重について調べた結果について報告する。

一般に各船級協会 (ABS ルール, DnV ルール等) では風荷重を推定式より求めているが、各セミサブリグの大きさや形が異なるので設計段階での風洞試験を行うことを推奨している。本報告で使用した東京大学生産技術研究所所属の風路付水槽は比較的風路断面積が小さいので、風路内に設置された模型の大きさによっては閉塞影響が心配される。^{1),2)}そこで、大型模型 (縮尺 1/100)、小型模型 (1/150) を用いて3軸方向の力と3軸回りのモーメント、風路内に模型を置いた状態での風速分布の計測、表面タフト法による模型表面の流線観測を行ない、これらの試験結果から閉塞影響の有無を検討した。

2. 閉塞影響について

円柱部材を含む海洋構造物の風洞試験は、特に相似則を満たすために R_e 数を考慮しなければならない。したがって、この種の風洞試験はある限られた風速で試験を行うため模型の縮尺が大きくなりがちである。そのため、これらの風洞試験では、閉塞影響が生じ実際の風荷重と異なる結果が得られる場合がある。一般に固定壁を有する場合、次の2つの事柄が主であると考えられる。①閉塞効果、これは模型があるために、固定壁境界の場合には無限遠の一樣速度に相当する流速が増加すると考える。文献3)には模型投影面積と風洞断面積の比が大である場合の修正式が示されている。模型無しの状態での流速を v 、模型が置かれた状態で模型の伴流の影響を受けない位置での流速を v_j とし、 v_j の下で求められた抗力係数を C_{Dm} とすれば、修正抗力係数 C_{DR} は、 $v_j^3/v^2 = C_{Dm}/C_{DR}$ から求められる。

②伴流閉塞、これは風洞内に模型が置かれた場合、必ず伴流が生じその平均流速は模型無しの流れより遅くなる。したがって、①に加えて伴流の外側の流速が速くなると考えられる。この流速を計測すれば、伴流による閉塞影響の有無が判断できる。また、この伴流閉塞にもとづく模型表面の静圧の変化による影響も重要であろう。

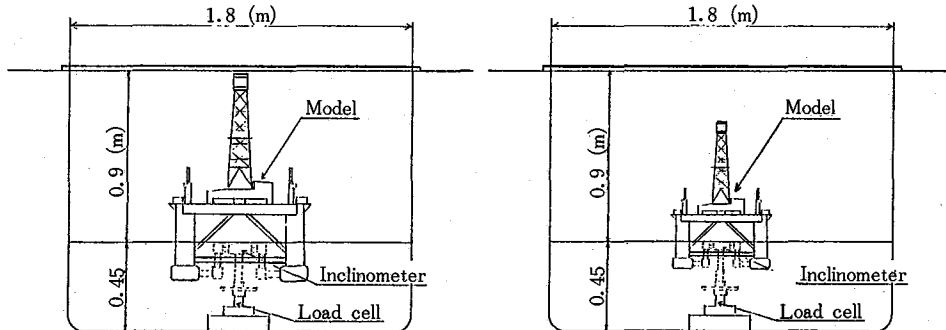


Fig. 1 試験配置

* 東京大学生産技術研究所 第2部

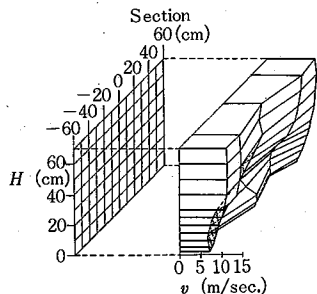


Fig. 2 大型模型 $\chi=0^\circ, \alpha=0^\circ$ 設定時風速分布

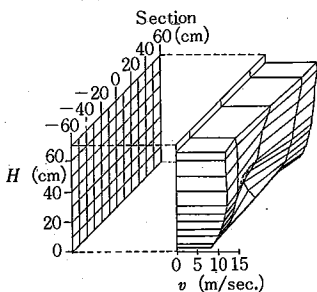


Fig. 3 小型模型 $\chi=0^\circ, \alpha=0^\circ$ 設定時風速分布

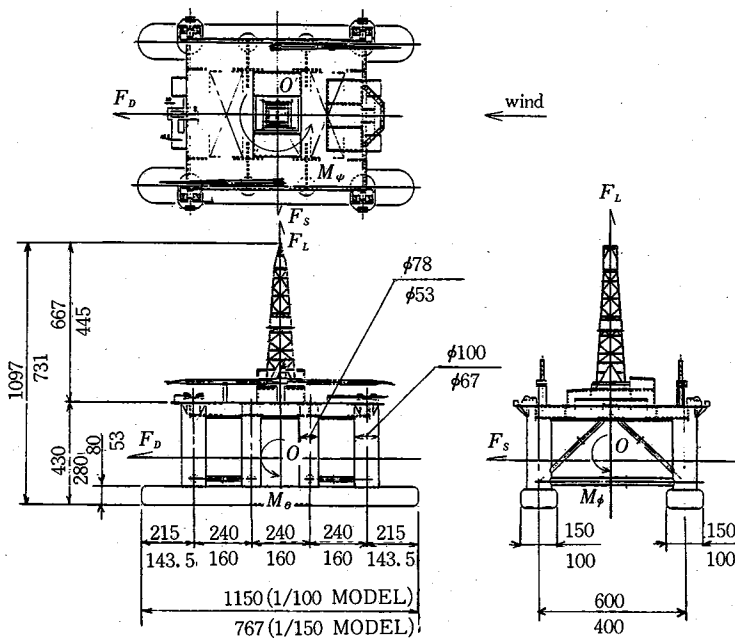


Fig. 4 供試模型 (寸法は上段大型模型, 下段小型模型)

3. 試験方法

試験は、前述の風路付水槽で行った。簡単にその構成を述べると、送風機より送り出された空気流は最初に整流格子を通り、次に整流網、流線型の整流板により水面近くに導かれ、吹出し口の真鍮製の整流網で所定の風速分布に制御される。3軸方向の力と3軸回りのモーメントは Fig.1 に示すように水槽底部に架台を溶接し、これに6分力計をつけてその上に3軸回りの角度を設定できる機構を用いることによって計測した。解析は浮体中心、水面上における風向軸基準で行った。(Fig. 4)

抗力係数： $C_D = F_D / 0.5\rho AV^2$ ，横力係数： $C_S = F_s / 0.5\rho AV^2$ ，揚力係数： $C_L = F_L / 0.5\rho AV^2$ ，それぞれの軸に対応するモーメント係数を $C_{M\phi}$, $C_{M\theta}$, $C_{M\psi}$ とすれば $C_{M\phi} = M_\phi / 0.5\rho AV^2 L$, $C_{M\theta} = M_\theta / 0.5\rho AV^2 L$, $C_{M\psi} = M_\psi / 0.5\rho AV^2 L$ である。

ここで用いた6分力計は、あらかじめ既知の外力をかけた6分力の出力から校正マトリックスを作っておいて、試験時の出力にこれを乗ずることによって力を測るタイプの検力計である。

風速分布の計測はピトー管と微差圧計により行った。ここで大小モデル存在時の風速分布をそれぞれ Fig. 2, 3 に示す。計測位置は大型モデルでは Fig. 2 に示すように水槽中心線を0として+60 cm, 吹出し口より2.77 mのところ, 小型モデルでは Fig. 3 に示すように同じく+50 cm および2.605 mのところである。使用した模型の寸

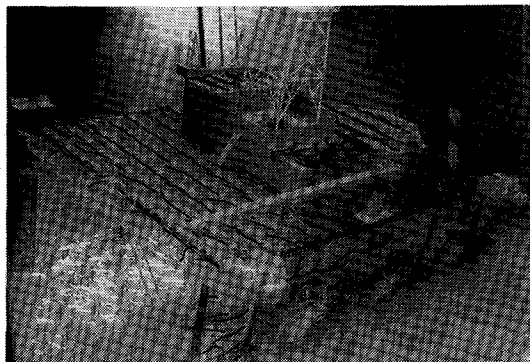


Photo. 1 模型表面のタフト

法および風向軸を Fig. 4 に示す。表面タフト法によるタフトのようすを Photo. 1 に示す。VTR と 35 mm カメラによってその記録をとっておいた。条件を排水量一定としたので傾斜させるとき水深を大型モデルでは45 cm ~ 48 cm の間で変化させたが、小型モデルでは変化が小さいので52 cm 一定とした。レイノルズ数は、コラムの直径を代表長さにする大型モデルでは、 $Re = 0.573 \times 10^5$ ，小型モデルでは $Re = 0.416 \times 10^5$ である。

4. 試験結果および考察

4.1 力およびモーメント Fig. 5 に風洞断面積に対する模型の投影面積の割合を風向角 χ をベースにして示す。6分力の計測結果を Fig. 6, Fig. 9 に示す。Fig. 6 にはベースに風向角をとり ABS ルールおよび DnV ルー

研究速報

ルによる推定値も示す。最大傾斜角 α は 0° である。 C_D は若干大型モデルの値が小型モデルの値より大きいがその他はほぼ等しい値を示している。ルールによる値は $C_D, C_{M\psi}$ とほぼ合っている。 Fig. 9 には α をベースに C_D, C_L, C_{M0} の値を示す。 χ は 0° である。 Fig. 9 からは α が大きくなるにつれて大型モデルと小型モデルの間の

相違が各成分とも広がることがわかる。この原因を閉塞影響を考慮して2.で述べた風速による修正¹⁾(VEL CORR.)とMODIによる修正³⁾(MOODI'S CORR)を行ない、その結果を同図に示した。

4.2 風速の変化 大型モデルによる風速の変化を風向角 χ をベースに、傾斜角 α をパラメータとして Fig. 8 に示す。図中の実線は、風洞内に模型無しの状態での水面上50 cmでの風速を示す。 $\alpha=0^\circ, 5^\circ$ と $\alpha=-5^\circ \sim -20^\circ, 10^\circ \sim 20^\circ$ の場合でははっきりとした違いがある。すなわち、前者より後者のほうが約10%の風速の増加がみられる。また、風速の増加は χ の変化より α の変化に顕著にみられる。小型モデルによる風速変化を、Fig. 7 に示す。風速の増加はほとんどみられない。

4.3 流線観測 大型模型のタフトによる流線観測を Fig. 10~14 に示す。 Fig. 10, 11, 12 の $\chi=0^\circ$ で、 $\alpha=20^\circ, 0^\circ, -20^\circ$ の順に $\alpha=20^\circ$ でヘリポート上にあった剝離点が下流側に下がってゆくのが分かる。 Fig. 13, 14 は $\alpha=$

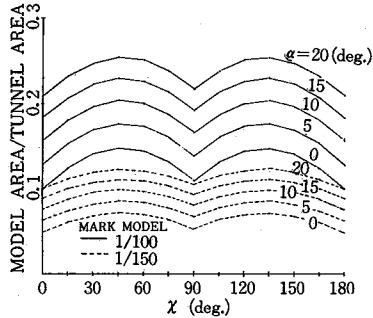


Fig. 5 模型投影面積と風洞断面面積の比

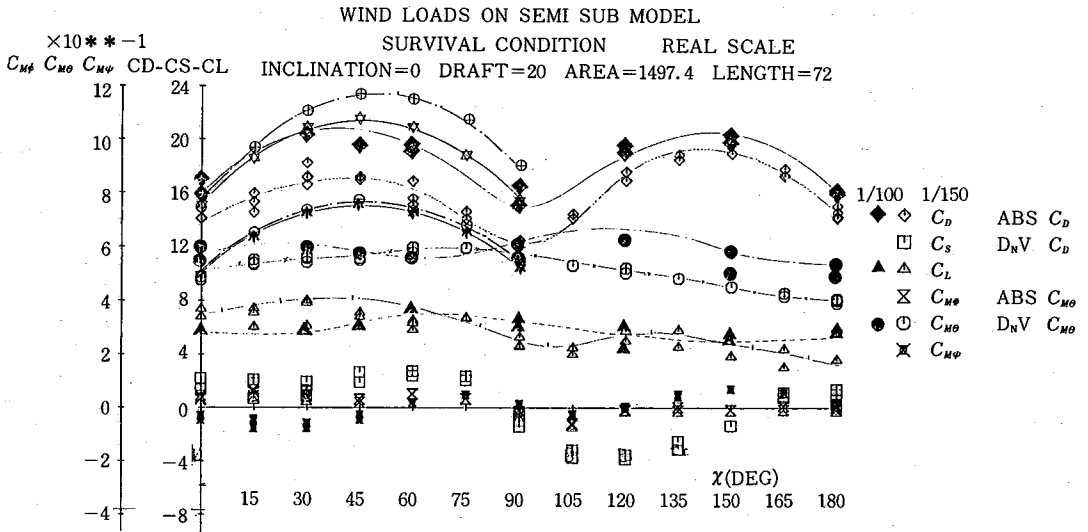


Fig. 6 模型に作用する風荷重 (6分力係数)

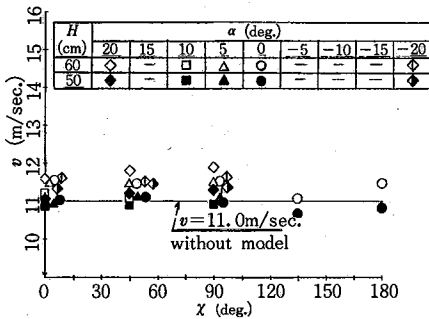


Fig. 7 小型モデルによる風速の変化 (χ ベース)

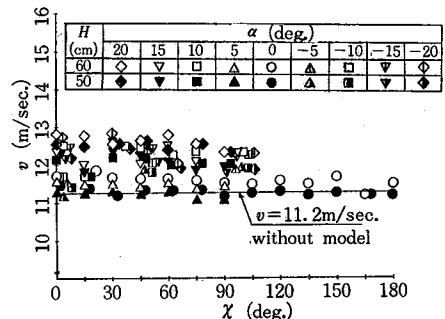


Fig. 8 大型モデルによる風速の変化 (χ ベース)

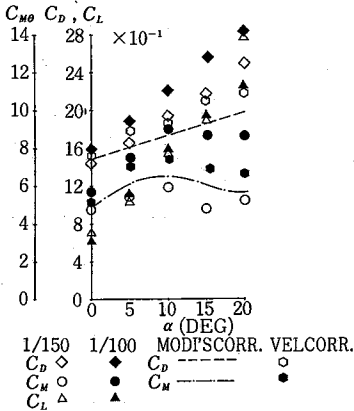


Fig.9 模型に作用する風荷重 (3分力係数)

の作用点に関係すると考えると大、小のモデルによる揚力係数の値がほとんど同じであったこと (4.1) の一つの原因と思われる。

5. 結 言

5.1 伴流閉塞の影響は、本報告の場合では被測定物の風洞断面積に占める割合が比較的大きく (18%以上) となると現れる。

5.2 閉塞影響の修正は本論に示した方法で可能でありそれによって大小モデルの風荷重の計測は良い一致をみた。

5.3 タフトによる観測によれば、側壁からの影響は大型モデルの場合でも受けていないことがわかった。最後に、本試験を行うにあたり模型作成のノウハウをご教示

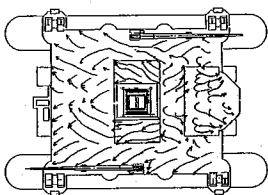


Fig.10 タフトによる流線 (x=0°, alpha=20° 大型模型)

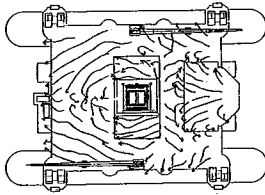


Fig.11 タフトによる流線 (x=0°, alpha=0° 大型模型)

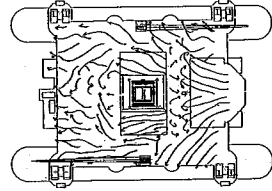


Fig.12 タフトによる流線 (x=0°, alpha=-20° 大型模型)

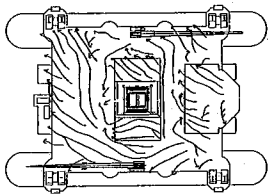


Fig.13 タフトによる流線 (x=45°, alpha=0° 大型模型)

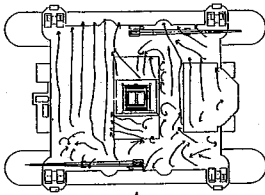


Fig.14 タフトによる流線 (x=90°, alpha=0° 大型模型)

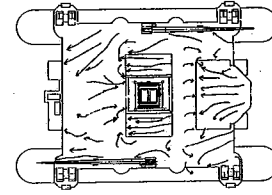


Fig.15 タフトによる流線 (x=0°, alpha=0° 小型模型)

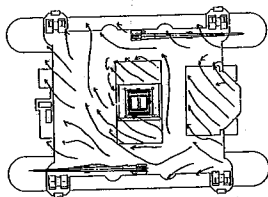


Fig.16 タフトによる流線 (x=45°, alpha=0° 小型模型)

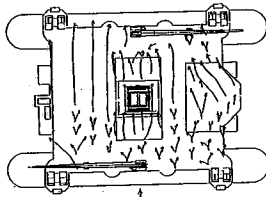


Fig.17 タフトによる流線 (x=90°, alpha=0° 小型模型)

0°で、x=45°, 90°の場合で剝離の状況が良く判る。小型模型のタフトによる流線観測を Fig.15~17 に示す。大型模型と比べると若干の差がみられるが、全体的にはほぼ同様の流線が観測できる。このことは剝離点が揚力

くださった横浜国立大学工学部の竹沢研究室の皆様にご教示を感謝いたします。(1984年7月6日受理)

参 考 文 献

- 1) Amruthur S. Ramamurthy: Effect of Blockage on Steady Force Coefficients; A. M. ASCE and C. P. Ng
- 2) E. C. Maskell: A Theory of the Blockage Effects on Bluff Bodies and Stalled Wings in a Closed Wind Tunnel; Aeronautical Research Council Reports and Memoranda
- 3) V. J. Modi and S. el-Sherbint: Effect of Wall Confinement on Aerodynamics of Stationary Circular Cylinders; Wind Effects on Buildings and Structures, 1971