

II-330

三次元動態システムによる六角形浮体構造物の現地動揺観測

運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所 正会員 懸塚 貴

同 上 野上富治

同 上 赤嶋和弥

株式会社エコー 第一技術部水理課 正会員 杉浦 淳

同 上 正会員 南 将人

1. まえがき 三次元水槽内の船舶、浮体等の動揺計測は、6自由度計のような接触型の計測装置を用いることが多い。しかしながら、このような接触型の計測装置では、動揺量が大きな三次元的な計測をする場合には限界があり、とくに、屋外での動揺観測に適用することは不適當であった。そこで、ステレオカメラの原理を応用した2台のビデオカメラを用いた三次元動態システムによる浮体の現地動揺観測を行ない、本システムの屋外における動揺観測への適用性を検討した。

2. 六角形浮体構造物 動揺観測は、図1、2に示す横浜博覧会に出展(平成元年 3月~10月, 横浜港)された六角形浮体構造物(H.M.S.; Hexagonal Marine Structure, 以下H.M.S.と言う)を対象として行なった。H.M.S.は、平面形状が台形で内部が空洞の6個のプレストレストコンクリート製ボツーンを組合せ、P C鋼材で接合した一辺が20mの正六角形状の浮体構造物である。護岸とはφ45mmのナイロンロープ4本で弛緩係留され、海側はφ75mmφ=75mのチェーンを用いて、3方向にカタナリー係留されている。

3. 三次元動態システム 計測はカラーカメラ、カラーセレクト、ビデオデッキ、モニター、計測マーカ、校正用フレームを用いて行なった。カメラは護岸の北側と南側に各2台設置した。計測マーカは1辺10cmの正方赤色蛍光板を1辺50cmの正方フレームの4隅に取り付けたものを、H.M.S.上にある照明用ポール(高さ約4m)に2箇所設置し、カメラ2台

(北、南)で計測マーカ1箇所を撮影した。解析は計測マーカ影像を色抽出式ビデオトラックで取り出し、パソコンを用いて空間座標のデジタル量を求めた。解析条件はサンプリングタイム0.25秒、解析時間1500秒とし、画像分割数は512dots×384dotsとした。キャリブレーションは、図3に示す赤色蛍光板を立方体の頂点に付けた校正用フレームを2台のカメラで同時撮影し、空間距離とカメラ画像との関係及びX,Y,Z座標系の定義を行なった。空間上の任意点をP(X,Y,Z),カメラ画像上の投影座標をp(x,y)投影中心をO(X₀,Y₀,Z₀),カメラ座標軸回りの傾きをω, φ, κとすると、各座標は式(1)(2)に示すような関係を得ることができる。そこで、校正フレーム8頂点に対して16連立方程式を考え、最小二乗法を用いて直角座標系を固定した。これは、図3に示すように空間上の任意点P,カメラ画像上の投影座標p,投影中心Oが一直線となる共線条件を基本とした。

$$x = f(X, Y, Z, X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa) \quad (1)$$

$$y = g(X, Y, Z, X_0, Y_0, Z_0, \omega, \phi, \kappa) \quad (2)$$

また、空間座標系とカメラ座標系及び浮体重心座標系との変換は、式(3)で示される3×3の回転行列Rで行なった。

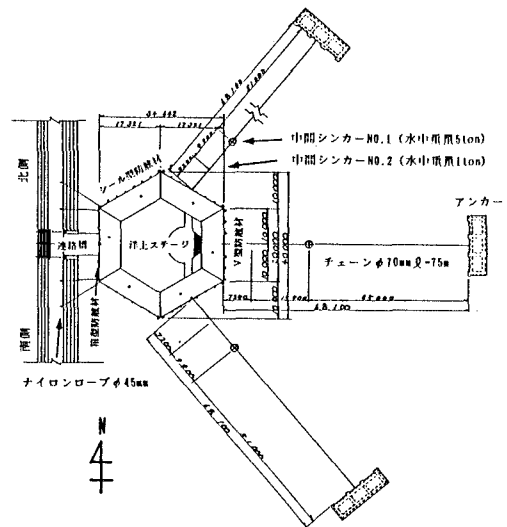


図1 H. M. S. 平面図

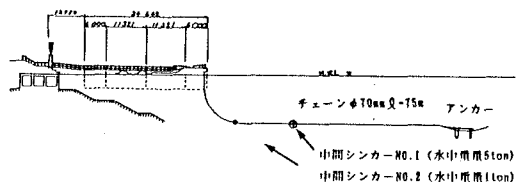


図2 H. M. S. 断面図

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

ここに、 ω 、 ϕ 、 κ は空間座標系と浮体重心座標系との変換時には、H.M.S.の空間座標系におけるロール、ヨウ、ピッチを示す。

4. 観測結果例 図4に 8月31日 10:00～10:25 に観測されたH.M.S.の動揺波形の時刻歴を示す。観測時は、南南西の風で平均風速8m/sと比較的風が強く波浪は有義波高で20.2cm、有義波周期で2.5sであった。なお、波向は目視によると南南東であった。この時の各動揺量は表1に示す通りであった。ヒープピッチ、ロールの短周期動揺成分は波周期より長周期の運動となり、ヒープが12cm程度と波による影響はあまり見られなかった。スウェイ（護岸直角方向の運動）、サージ（護岸平行方向の運動）、ヨウの長周期動揺成分は 2～4 分の周期変動が見られ、風向と一致するサージが34cm程度と他の変位量より大きくなる等、風による影響が見られた。また、南寄りの風に対してヨウイングし易い等、今回の観測に際して、六角形浮体構造物の動揺量は風による影響が見られた。次に、図5にスウェイの周波数スペクトルを示す。本来、長周期動揺成分となるスウェイにおいて、護岸からの反射波の影響と思われるスペクトルピークが0.2Hzに見られた。

表1 有義動揺量（8/31 10:00～10:25）

動揺成分	SWAY	SURGE	HEAVE
両振幅 (cm)	10.2	33.6	12.4
動揺周期(sec)	122.4	177.1	10.4
動揺成分	PITCH	ROLL	YAW
両振幅 (deg)	0.9	0.5	5.9
動揺周期(sec)	10.4	12.7	212.1

5. あとがき 三次元動態システムは、計測マーカ及びカメラ設置時にキャリブレーションを行えば比較的簡易な装置のみで動揺観測ができる。また、浮体の動揺観測に際して、浮体に観測上の外乱を与えず、計測データのドリフトがなく、データの安定性がよい上に、比較的高精度の測定ができる等の特徴を有するものと思われる。今後とも、浮体構造物等の動揺観測に十分使用できるものと考えられる。

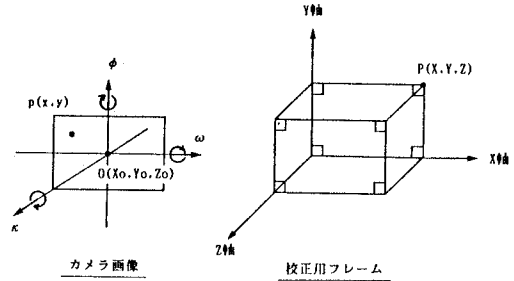


図3 校正用フレームと共線条件

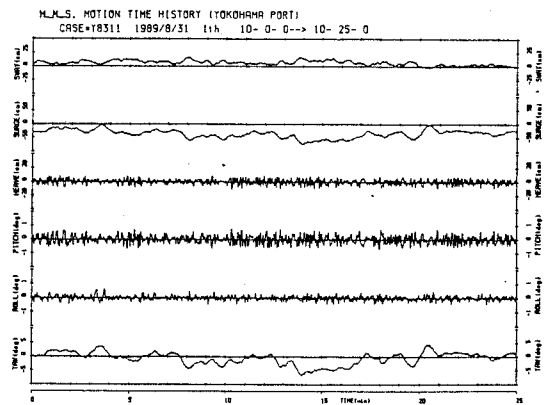


図4 動揺波形の時刻歴（8/31 10:00～10:25）

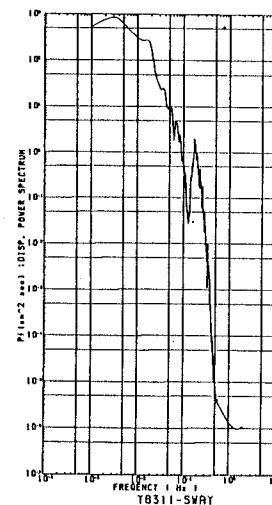


図5 スウェイの周波数スペクトル（8/31 10:00～10:25）