

II - 349

レーザー変位計を用いた浮体式構造物の動揺解析システムの開発

鳥取大学大学院 学生員 竹内 孝朗 鳥取大学工学部 正 員○黒岩 正光
鳥取大学工学部 正 員 松原 雄平 鳥取大学工学部 正 員 野田 英明

1. はじめに： 近年，計算機の発達とともに数値計算によって浮体の動揺特性が明らかにされるようになってきたが，数値計算が困難な場合は実験に頼らざるを得ない．実験において動揺量を測定する場合，浮体自体に計測器による擾乱を与えないことが必要不可欠である．池野ら¹⁾は，6台のレーザー変位計を用いて3次元の動揺を求めているが，非線形の連立方程式を解く必要があるため，算定方法が複雑である．そこで，本研究では比較的簡単な非接触型のレーザー変位計を用いた浮体の3次元波浪動揺量を測定する方法を開発することを最終目的とするが，まず，その第一段階として，2次元波浪場における浮体の動揺模型実験を行い，従来の計測方法（ビデオ撮影法）と比較し，本計測システムの妥当性について検討しようとするものである．

2. 実験装置および方法： 実験は，長さ25m，幅0.6m，高さ1.1mの一部片面ガラス張りの鉛直2次元波動水槽を用いて行った．浮体の動揺量の測定は鳥取大学地域共同研究センター所有の光学式多点変位計測システムを用いて行った．図-1は，そのシステムの概要を示したもので，9台のレーザー変位計，A/D変換ボード有するデータ解析用パーソナルコンピュータおよびデータ解析ソフトから構成される．浮体の動揺量測定のためでなく，物体の表面形状あるいは砂面形状等をも測定する目的で製作された計測システムである．本システムのレーザー変位計は松原ら²⁾が用いたものと同等で，測定範囲は±10cmである．実験に用いた浮体模型は，長さ55.2cm，幅30.1cm，高さ20.5cmで，プラスチック板で作成した．実験条件は表-1に示すとおりである．

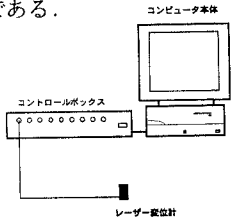


図-1 計測装置の概要

表-1 実験条件

CASE	H(cm)	T(sec)	H/L
1	6.0	1.0	0.044
2	6.0	1.2	0.034
3	3.0	1.5	0.014
4	6.0	1.5	0.025
5	3.0	2.0	0.011
6	6.0	2.0	0.017

3. 2次元動揺の算定方法： 浮体の2次元動揺は重心回りの3成分の運動（PITCH, HEAVE, SURGE）として定義され，変位計で得られる変位を重心Gの変位に変換する必要がある．以下①～③にレーザー変位計による計測方法およびデータの解析方法の手順について簡単に述べる．

① 浮体と座標系との関係を図-2に示すように取り，模型浮体において，互いに交わる2平面を反射面として4台のレーザー変位計を配置する．このとき，動揺量がレーザー変位計の測定範囲内に収まるように設置する必要がある．

② つぎに，図-3に示すように水平面から θ 傾いた場合を考える．このとき，変位計1～4chにより検出された各平面の変位から直線(1)および(2)の一次式が求められる．浮体の回転変位 PITCHは，1chと2chから容易に求められる．SURGEおよびHEAVEは，浮体模型の静水状態から θ 傾いた場合を考え，まず，直線(1)と(2)の交点の座標 $P(p_x, p_z)$ を求める．つぎに，重心の変位を求めるため，直線(1)～(2)に平行で重心Gを通る点 Q_1, Q_2 まで平行移動し，直線(1)'および(2)'が求められ，直線(1)', (2)'の交点 $Q(Q_x, Q_z)$ が動揺時の重心の座標となる．

③ ②で求めた交点 Q から静水時における重心位置座標 $G_0(G_{x0}, G_{z0})$ の成分を差し引くことにより重心移動量が求められる．すなわち，SURGEは $G_x = Q_x - G_{x0}$ ，HEAVEは $G_z = Q_z - G_{z0}$ となる．

4. 実験結果および考察： 図-4(a)～(d)はそれぞれCASE 2の実験から得られた，水面波形，模型浮体のSURGE, HEAVEおよびPITCHの時間的変化を示したものである．各図中における実線はレーザー変位計による動揺量の計算値（レーザー値）を表し，・印はビデオ撮影法から得られた結果（ビデオ解析値）を表す．これらの図において，周期については動揺3成分のレーザー値とビデオ解析値はほぼ一致している．振幅は，SURGEについてレーザー値よりビデオ解析値の方が若干大きくなっているのがわかる．一方，HEAVEではビデオ解析値の方がレーザー値より小さくなっている．なお，PITCHは良く一致しているのがわかる．図-5はCASE 4の場合の同様の結果である．図からHEAVEのみについて時間の経過とともに周期に若干のずれが生じているのがわかる．しかしながら，振幅はどの成分ともレーザー値はビデオ解析値と良く一致していることがわかる．なお，SURGEの振幅が他の成分に比較して大きくなっているのは，本ケースの周期がSURGEの固有周期とほぼ一致しており，共振現象が現れているためであると考えられる．図-6はCASE 6の同様の

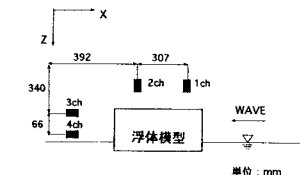


図-2 浮体と座標系との関係

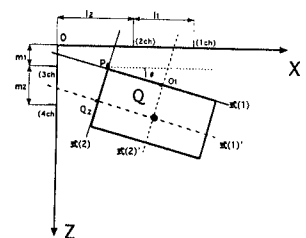


図-3 浮体と方程式の関係

図-4(a)～(d)はそれぞれCASE 2の実験から得られた，水面波形，模型浮体のSURGE, HEAVEおよびPITCHの時間的変化を示したものである．各図中における実線はレーザー変位計による動揺量の計算値（レーザー値）を表し，・印はビデオ撮影法から得られた結果（ビデオ解析値）を表す．これらの図において，周期については動揺3成分のレーザー値とビデオ解析値はほぼ一致している．振幅は，SURGEについてレーザー値よりビデオ解析値の方が若干大きくなっているのがわかる．一方，HEAVEではビデオ解析値の方がレーザー値より小さくなっている．なお，PITCHは良く一致しているのがわかる．図-5はCASE 4の場合の同様の結果である．図からHEAVEのみについて時間の経過とともに周期に若干のずれが生じているのがわかる．しかしながら，振幅はどの成分ともレーザー値はビデオ解析値と良く一致していることがわかる．なお，SURGEの振幅が他の成分に比較して大きくなっているのは，本ケースの周期がSURGEの固有周期とほぼ一致しており，共振現象が現れているためであると考えられる．図-6はCASE 6の同様の

の結果を示したものである。前述した2ケース比較して、3成分ともビデオ解析値と良く一致していることがわかる。つぎに、上述した3ケースについて重心Gの変化を表したのが図-7～9である。これらの図からレーザー変位計から得られた結果は浮体の運動を良く再現していることがわかる。

5. おわりに： 本研究では、新たな浮体の波浪動揺計測システムを提案し、実験によってその妥当性について検討した。その結果、従来の方法とほぼ同様な結果が得られた。今後、波の入射角を種々変化した平面2次元波浪場の実験を行い、さらに、既存の数値計算法を用いた動揺量の計算値と比較することによりレーザーシステムの適用性ならびに測定精度の検討が必要である。最後に、本研究を行うにあたり鳥取大学地域共同研究センター所有の光学式多点変位計測システムおよびワークステーションTITAN IIを使用させて頂いたことに感謝の意を表す。 【参考文献】 1) 池野ら、レーザー変位計を用いた箱型浮体の3次元動揺計測法、土木学会第46回年講 2) 松原ら、レーザー式形状測定器の開発、土木学会第49回年講

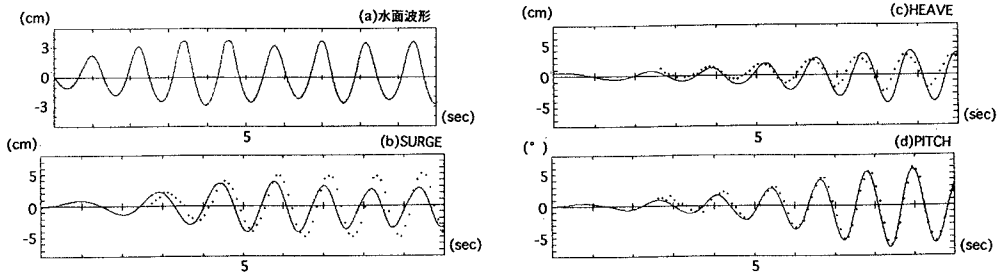


図-4 動揺量の時間的変化および水面波形(case-2)

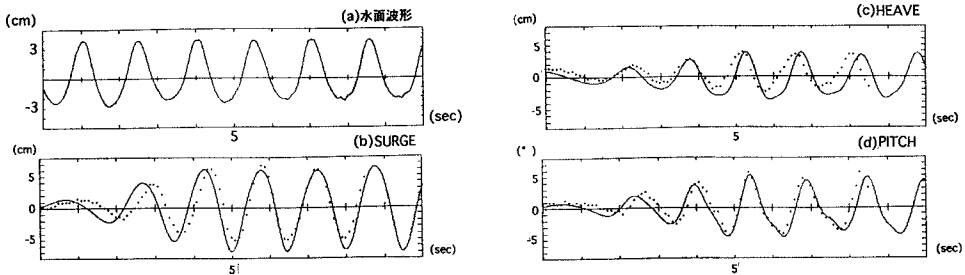


図-5 動揺量の時間的変化および水面波形(case-4)

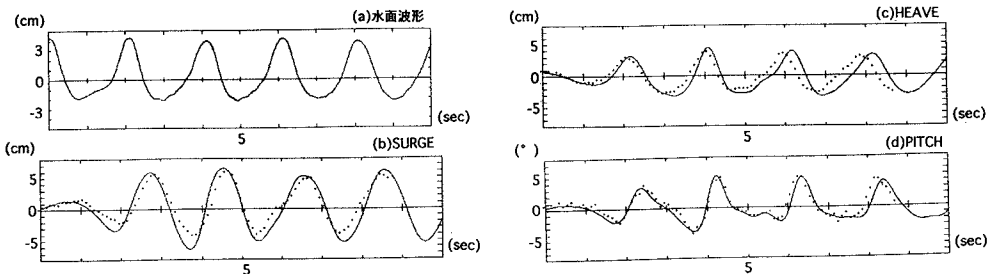


図-6 動揺量の時間的変化および水面波形(case-6)

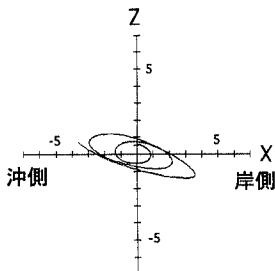


図-7 重心Gの軌跡(case-2)

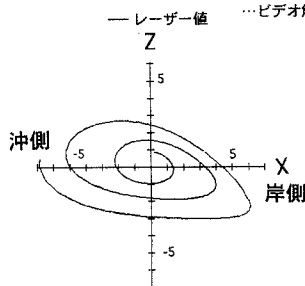


図-8 重心Gの軌跡(case-4)

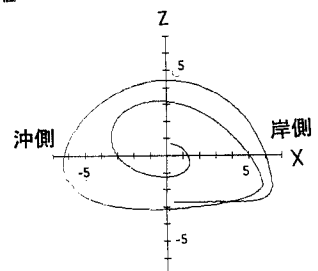


図-9 重心Gの軌跡(case-6)