

## レーザー変位計を用いた係留浮体の動揺解析システムの開発に関する研究

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： 海上都市、海上空港、波浪発電等の大型浮体海洋構造物あるいは系船岸、プレジャーボート用の浮き桟橋などの小型浮体構造物を建設するためには、設計段階において種々の波浪条件下における浮体の動揺特性を知る必要がある。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把握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である。本研究では非接触型のレーザー変位計を用いた新たな浮体の3次元波浪動揺量を測定する方法を開発することを目的とし、浮体の波浪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12m、幅5.0m、高さ0.6mの平面2次元波動水槽を用いて行った。浮体の動揺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、本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。なお、変位計の測定範囲は±10cmである。図-2は、係留浮体模型、波高計およびビデオカメラの設置状況を表したもので、浮体の変位は8台のレーザー変位計を用いて計測し、それと同時に、浮体の動揺を2台のビデオカメラを用いて撮影した。模型は最も単純な矩形とし、プラスチック板で作成した。

3. 3次元動揺の算定方法： 一般に、浮体の3次元動揺は重心回りの運動（6成分）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。なお、詳細は講演時に譲る。

① 浮体と座標系との関係を図-3に示すように取り、浮体模型において、互いに交わる3平面を反射面として8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-4および図-5に示すように水平面から $\theta_1$ 、波の進行方向に対して $\theta_2$ 傾いた場合を考える。このとき、変位計1～8chにより検出された各平面の変位から直線(1)、(2)、(3)および(4)の一次式が求められる。浮体の回転変位 PITCH, YAW および ROLL は、それぞれ1chと2ch、7chと8chおよび2chと3chから簡単に求められる。SURGE, HEAVE, および SWAYは、浮体模型の静水状態から $\theta_1$ 傾いた場合を考え、直線(1)と(2)および(3)と(4)の交点の座標  $P(p_x, p_y, p_z)$  を求める。ここで、重心の変位を求めるため、直線(1)～(3)に平行で重心Gを通る点  $Q_1, Q_2, Q_3$  まで平行移動し、それらの直線(1)'～(4)'の交点  $Q(Q_x, Q_y, Q_z)$  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  $G_0(G_{x0}, G_{y0}, G_{z0})$  の座標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、 $G_x = Q_x - G_{x0}$ ,  $G_y = Q_y - G_{y0}$ ,  $G_z = Q_z - G_{z0}$  である。なお、2次元動揺は図-4のみ場合を考え、同様な計算を行うことによって求められる。

4. 実験結果および考察： 本実験では、浮体の長手方向に沿ってに入射する場合についてのみを行った。したがって、YAW およびROLL はほとんど見られなかったもので、その他の4成分について検討した。図-6は、模型浮体に周期1.0sec、波高3cmの波( $H/L=0.022$ )を作用させたとき

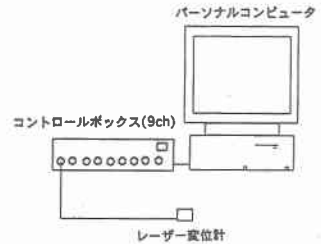


図-1 計測装置の概要

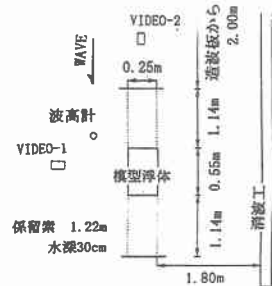


図-2 係留浮体模型の設置およびビデオカメラの配置状況

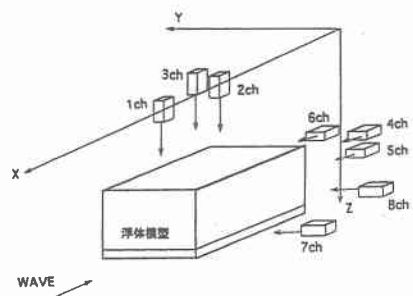


図-3 浮体模型とレーザー変位計の設置状況

の水面波形および前述した動揺解析方法を用いて得られた各動揺成分 (SURGE, HEAVE, PITCH, SWAY) の時間的変化を示したものである。各図中に示す実線は、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) を表している。これらの図から SURGE, PITCH, SWAY のレーザー値は、振幅および周期ともビデオ解析値の結果とほぼ一致することがわかる。しかし、HEAVE についてはビデオ解析値の方が小さくなっていることが分かる。

最後に、2次元水槽で行った実験結果 (SURGE, HEAVE, PITCH) を図-7 に示す。波浪条件は波高6cm, 周期1.5sec ( $H/L=0.025$ ) である。これらの図から時間軸上に若干の相違が見られるが、動揺量はほぼ一致していることがわかる。本計測システムが適用できることがわかる。

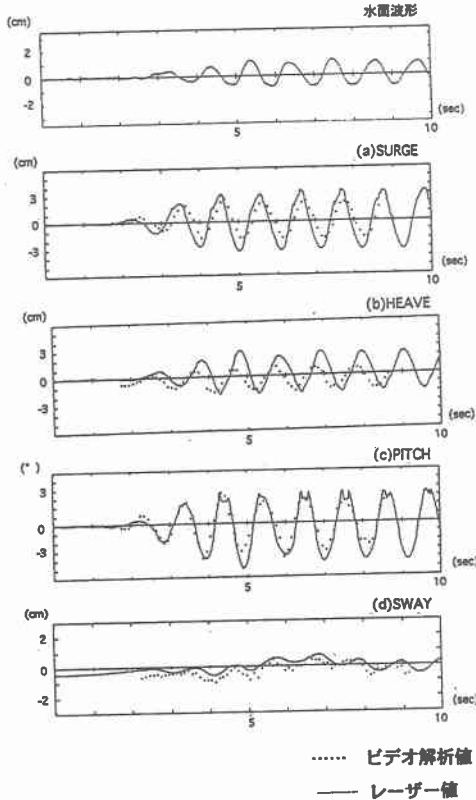


図-6 係留浮体の動揺実験結果

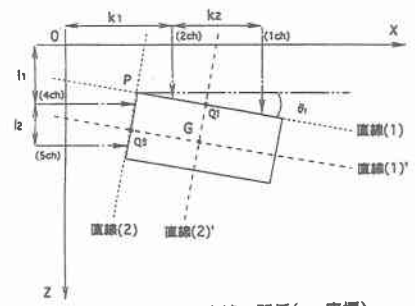


図-4 浮体と直線の関係(x-z座標)

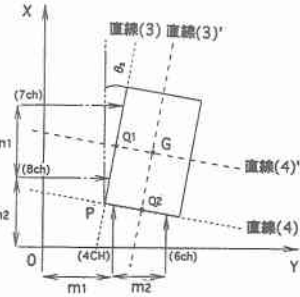


図-5 浮体と直線の関係(x-y座標)

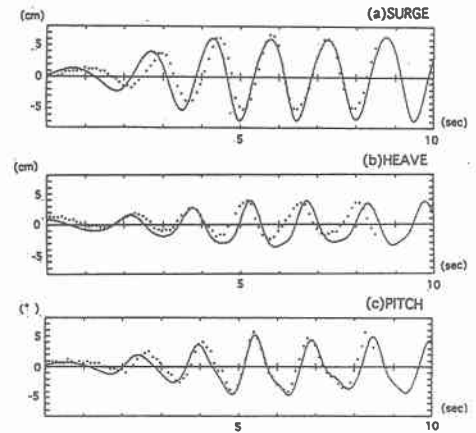


図-7 係留浮体の動揺実験結果(2次元)

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させて実験を行い、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。また、不規則波に対する検討をも必要であると考えられる。

謝辞：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る。