

PS7 動揺試験水槽同期制御システムによる計測の再現性

海上安全研究領域

*辻本 勝、沢田 博史、谷澤 克治

環境・エネルギー研究領域

星野 邦弘

1. はじめに

波浪中での甲板打ち込み水の挙動を調べるため、海上技術安全研究所の動揺試験水槽において高速ビデオを使用した可視化実験を行った¹⁾。広範囲に現象を撮影するため、撮影範囲を変更する必要があるが、それには同じ現象を再現する必要がある。このため、曳引台車－造波機－計測機器の同期をとった制御システムを開発した。

2. システム構成

同期制御システムを動揺試験水槽(長さ 50 m、幅 8 m、深さ 4.5 m)において構築した。本水槽には外部信号入力可能なフラップ式造波機、曳引台車(走行速度 0~2.0 m/s)が設置されている。

同期制御システムは National Instruments 社 LabView 6i 及び SCXI シリーズにより構築した。システム構成、制御信号の流れ、操作画面を図－1～図－3に示す。入力信号(±5V、12ビット)は以下(1)～(3)の物理値を基に作成し、20Hzで発生させた。

(1) 曳引台車(図－4：左)

加速度： a (三角波形)、最大加速度： $a_M=0.035g$ 、

時間： t 、走行速度： $v(t)=\int_{t_0}^t a(\tau)d\tau$

(2) 造波機(図－4：右)

造波機ストローク： $\eta(t)=\eta_r(t)A\sin\{\omega(t-t_s)\}$ 、

ストローク振幅： A 、ストローク円周波数： ω 、
緩起動の重み関数： η_r

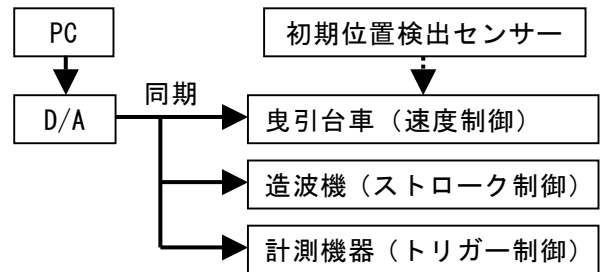
(3) トリガー信号： $\delta(t_i)=1(t=t_i)$ 、0(otherwise)

なお、本水槽の曳引台車は速度制御であるので、計測の再現性を確保するには位置検出機能を加え、試験毎に曳引台車の初期位置を合わせる必要がある。そこで、超音波式変位センサーを曳引台

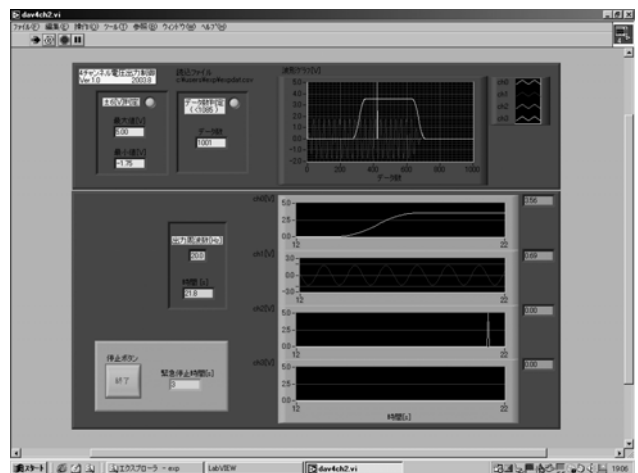
車に設置して、初期位置を合わせた。



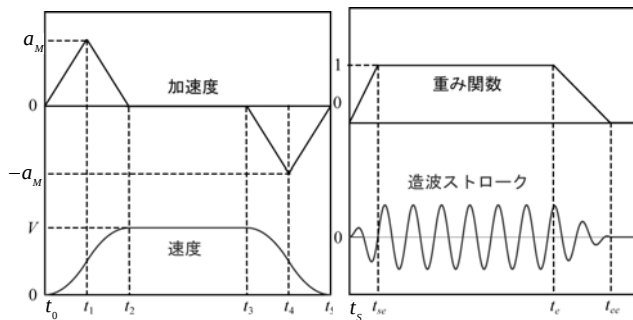
図－1 同期制御システム構成



図－2 制御信号の流れ



図－3 同期制御システム操作画面

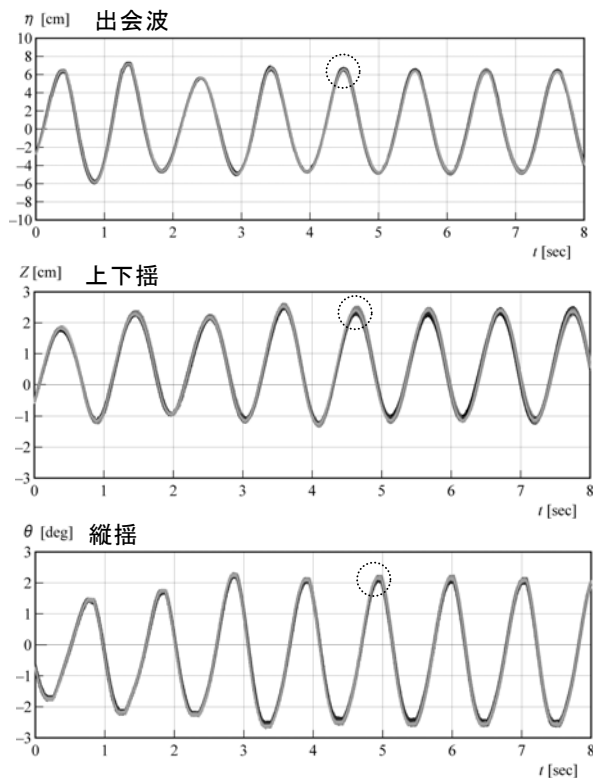


図－4 制御信号図（左：曳引台車、右：造波機）

3. 同期制御システムによる再現性の評価

この同期制御システムを使用して計測された出会波、動揺波形について、相関係数及び信頼区間を求めることにより再現性の定量的な検討を行った。試験状態は参考文献¹⁾に示す波長船長比 1.0 の状態であり、曳引台車は 0.724 m/s で走行している。計測時間は 8 秒間、データのサンプリングは 5kHz である。計測された出会波、上下揺、縦揺の波形を図－5 に示す。

同じ試験状態で 10 回計測を行い、各波形全体に対する相関係数及びその平均を求めた（表－1）。これから非常に相関が高く、安定性が高いことが分かる。



図－5 出会波、上下揺、縦揺(10 計測を重畳表示)

次に、ピーク値の再現性を調べるため、平均 $\bar{x}$ 、標準偏差を求め、ピーク値の分布が正規分布に従うと仮定し、90%信頼区間 $\Delta_{90\%}$ 及び平均に対する変動率を求めた。解析は、過渡状態の影響が 3～4 番目の正のピーク値まで現れていることから、5 番目の正のピーク値（図－5 の円部）で行った（表－1）。これから、 $\Delta_{90\%}$ が非常に小さく、再現性の高い計測が行われていることが分かる。

表－1 計測波形の統計量

対象	波形全体	5 番目の正のピーク値	
項目	相関係数	平均 $\bar{x}$	信頼区間 $\Delta_{90\%}$
	上記平均	標準偏差	変動率 $\Delta_{90\%} / \bar{x}$
出会波	0.9998～0.9931	6.60 cm	0.30 cm
	0.998	0.09 cm	±2.3 %
上下揺	0.9997～0.9877	2.41 cm	0.23 cm
	0.996	0.07 cm	±4.7 %
縦揺	0.9998～0.9877	2.19 deg.	0.15 deg.
	0.997	0.04 deg.	±3.4 %

4. まとめ

波浪中試験における計測値の時系列での再現性確保を目的として、動揺試験水槽同期制御システムを開発した。このシステムにより、波浪中試験においても時系列での高い再現性、安定性を確保することが可能である。

例えば、再現性が高いことを利用し、2 回の波浪中試験で撮影範囲を変え撮影した動画を 1 回の試験で撮影したかの様に合成すること²⁾も可能であり、今後、新しい試験方法の開発が考えられる。

謝 辞

本研究は、鉄道建設・運輸施設整備支援機構「運輸分野における基礎的研究制度」により実施しました。関係各位にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 沢田博史他：甲板打込水の可視化技術、第 4 回海技研発表会講演集、2004.
- 2) 星野邦弘他：画像解析による甲板打込水の流場計測、第 4 回海技研発表会講演集、2004.