

プランジャー型駆動装置による津波模型波の造波実験

鹿児島大学工学部海洋土木工学科 学生員○福永健志・上村昇大

鹿児島大学工学部 非会員 中村達哉・種田哲也

鹿児島大学大学院理工学研究科 正 員 柿沼太郎・浅野敏之

1. 研究の背景

鹿児島大学工学部海洋土木工学科は、長さ 26m、幅 14m、最大水深 1.2m の不規則波造波装置付きの平面波動水槽を現有している。東日本大震災の研究・調査が進む中で、南九州から南西諸島海域でも、想定地震規模、津波被害規模、地域防災計画の見直しが必至であり、鹿児島大学における津波防災研究の推進が地域からも要請されている。鹿児島大学に新設された地域防災教育研究センターは、平成 24 年度の特別経費(プロジェクト分)で津波室内実験システムを申請した結果、これが採択され平成 25 年 3 月の完成に至った。この津波模擬波発生装置を活用し研究を進めていく上で、まず最初にこの装置の造波特性を明らかにしておく必要がある。プランジャー型駆動装置による造波理論は、古くから造船工学の分野で研究がなされている。本研究は、本装置で発生させた津波模擬波の実験値を造波理論値と比較・検討することにより、本装置の造波特性を明らかにしようとするものである。



全体図



プランジャー部分

2. 装置の概要

図-1 に本平面水槽の全体図とプランジャー部の写真を示す。プランジャーは両端の鉛直フレームで支持され、駆動は両端の油圧アクチュエータを同期制御して行われる。プランジャー本体の幅は 100cm で、断面形は上部約 60cm は矩形断面、下部 30cm は鍋底型で接線角が 0° から 90° に漸変するものである。プランジャーの変位の時間波形は、三角形型単発波、正弦波型単発波、RAMP+SIN 波(図-2)で制御可能である。このうち、RAMP+SIN 波が余分な波が造波せず、造波終了時の機械的衝撃が少ないことからこの造波方法を主に用いた。図-2 に示した待ち時間 $T1$, $T3$, $T4$ 、造波周期 $T2$ 、押込み深さ s は、油圧装置の送圧能力の範囲内で自由に設定できる。

図-1 津波造波水槽

3. プランジャー駆動機の造波特性

田才(1959,1960)の造波理論の概要は以下の通りである。実際のプランジャー物理面に対し、縮率を M とする次式の写像関数を用いて等角写像する。

$$x + iy = M \left\{ \zeta + \frac{a_1}{\zeta} + \frac{a_3}{\zeta^3} \right\} \quad (1)$$

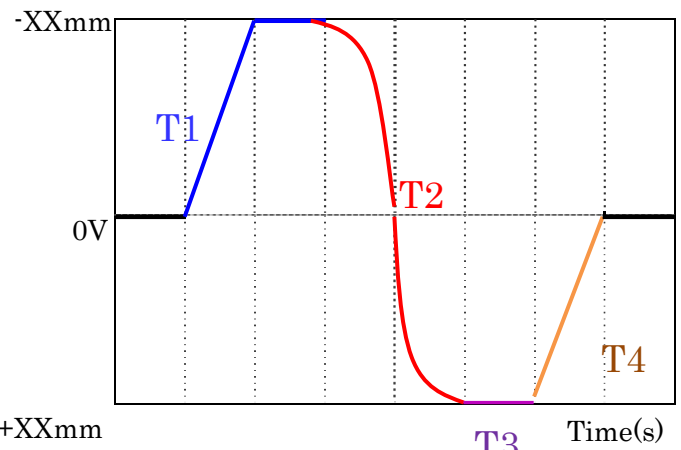


図-2 プランジャーの制御変位

ここで未定係数 M, a_1, a_3 はプランジャー幅 $B/2$ 、

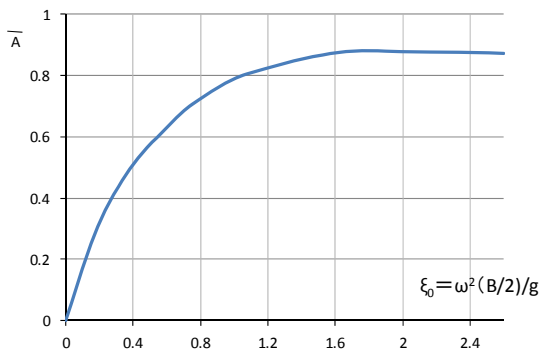


図-3 半円形プランジャーに対する造波特性曲線

喫水 d 、断面積 S を与えれば決まる。あとはプランジャーの周期的振動に対して境界面条件を満たすように速度ポテンシャルの解を求めることになる。図-3 は $a_1 = 0.0$, $a_3 = 0.0$ (すなわち半円) としてプランジャーの押し込み深さ s に対する遠方場の発生波高 A の比 $\bar{A} = A/s$ (実質的に造波効率となる) を示したものである。

一方、Porter(1966)はさまざまな喫水 d 、縦横比 d/B 、船底形状に対して $\bar{A}$ を求める表を提示している。本プランジャー装置の船底形状に最も適合する形状を選び、実験条件に近い $B/2=1.0\text{m}$ 、周期 $T_2=2.5\text{s}$ を代入すると、円形断面を仮定した田上の理論と、本装置の形状にフィットする断面に対応する Porter の算定表による造波効率の結果は、それぞれ、 $\bar{A} = 0.620, 0.684$ となった。これらは、押し込み深さ $s = 0.3\text{m}$ に対して遠方場の波高 18.6cm , 20.5cm に対応する。

4. 造波実験結果ならびに考察

造波装置から 15.4m , 12.6m , 11.1m , 7.6m 水平方向に離れた地点に 4 本の波高計 (それぞれ Ch.0, Ch.1, Ch.2, Ch.3 とする) を設置し、発生した波の時間波形を測定した。Ch.0~Ch.2 は斜面部に相当し浅水変形が生じるので、ここでは一様水深部(水深 84.5cm)における Ch.3 の波形記録について結果を示す。

図-4 は RAMP+SIN 波の周波数 $f (=1/T_2)$ を 0.4Hz とした時の発生波の水面変動の時間波形について押し込み深さ $s = 60\text{cm}$ と $s = 30\text{mm}$ の 2 種類について示したものである。 s が大きくなると発生波高は大きくなるが、時間波形の形状は s によらないことがわかる。発生波高自体も s と比例的であり、造波現象は線形の範囲でほぼ記述されると考えられる。ただし、測定された波高は、前節で示した対応する造波条件における発生波の理論値の $1/3 \sim 1/4$ の値となった。

実験では孤立波的な津波模擬波の造波を目的としており、駆動装置の運動は単発の押し込みで終了する。一方、理論の設定はプランジャーが正弦運動を繰り返すものである。また実験波形は当初目標とした単

独孤立波が実現されず、後続波が数波連なっていることが認められる。伝搬中の分散性による変形とともに造波時にかなりの高調波成分が形成されているものと考えられる。

図-5 は造波制御周期 T_2 を変化させたとき (ω を介して横軸の ξ_0 が変化する) の造波効率の変化を示したものである。図-5 は、理論造波特性を示す図-3 に対応する実験結果であるが、造波効率は理論通りに高くならない結果となった。

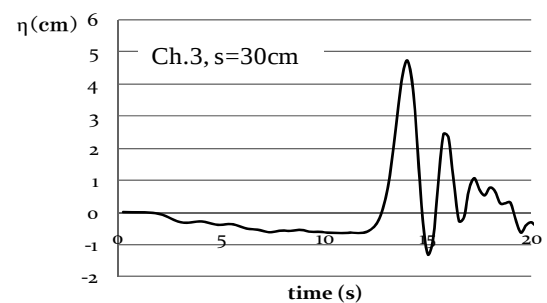
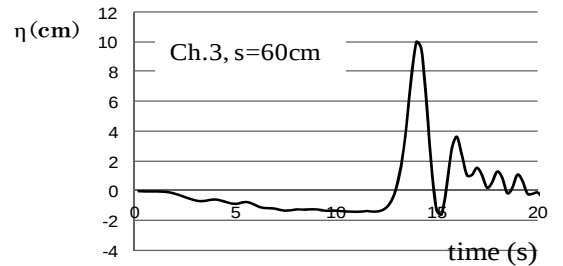


図-4 水位変動の時間波形

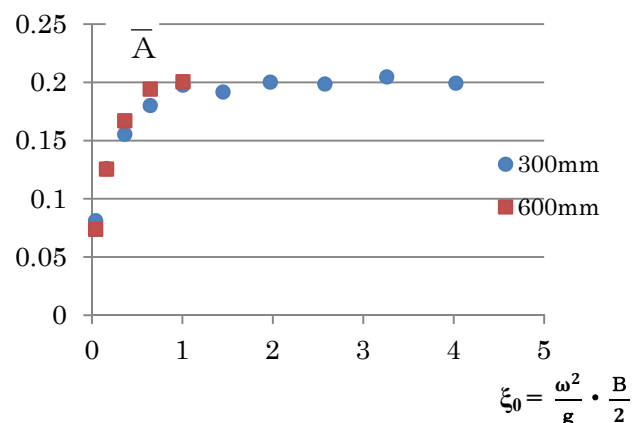


図-5 実験から求められた造波特性

[参考文献] 田才(1959): 造船協会論文集、第 105 号、pp.47-56. 田才(1960)、九大応用力学研究所所報、第 15 号、pp.73-78. Porter, W.P. (1966), J. of Ship Research, pp.223-241.