

(II-4) 減衰定常波を考慮した数値フィルタによる反射波の吸収造波に関する実験的検討

五洋建設(株)技術研究所 正会員 佐貫 宏
五洋建設(株)技術研究所 正会員 森屋陽一
五洋建設(株)技術研究所 正会員 関本恒浩

1. 研究目的

不規則波を用いた模型実験を行う際に、構造物模型からの反射波の存在は、実験精度上大きな問題となる。木村・谷口(1995)により、周波数幅に制限のない数値フィルタを用いた反射波の吸収造波理論が提案されたが、減衰定常波を考慮していないため、相対水深の小さい波を含んだ不規則波に適用する場合、反射波の吸収性能が悪くなる。森屋・関本(1998)は、木村・谷口(1995)による吸収造波理論を、減衰定常波が考慮できるように拡張し数値的な検討を行った。本研究は、規則波および単一波群を用いた水理実験により、森屋・関本(1998)による反射波の吸収造波理論の実用性について検討を試みたものである。

2. 理論的背景

ある入力不規則信号 x_{k-n} に対して、(1)式のような数値フィルタ α_n による荷重平均操作を行うと、出力 y_k が得られる。

$$y_k = \sum_{n=-N}^N \alpha_n x_{k-n} \quad (k=1,2,3,\dots) \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに N は十分大きな数で、 x_{k-n} は x の $t=(k-n)dt$ における値である。このとき α_n は(2)式のようなものである。

$$\alpha_n = 2 \sum_{j=0}^N H(f_j) \exp(i2\pi f_j t_n) dt df \quad \text{where } i = \sqrt{-1}, \quad df = 1/2Ndt, \quad f_j = j/2Ndt \dots \dots \dots (2)$$

システム関数 $H(f_n)$ は吸収制御方式の場合、入力水位変動、出力は造波板変位となるので、

$$H(f_n) = -D_n^{-1} \{ \cos \theta_n + i \sin \theta_n \}, \quad \theta_n = -\pi/2 + \varepsilon_n \dots \dots \dots (3)$$

ここで、造波板変位 $\xi(t)$ を(4)式とすれば、減衰定常波を考慮した造波板前面水位変動 $\eta(t)$ は(5)式のように表され、 D_n 、 ε_n は(6)式のように定義される。

$$\xi(t) = \sum_{n=1}^{\infty} r_n \sin(\sigma_n t) \dots (4), \quad \eta(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n r_n \cos(k_n x - \sigma_n t) + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_{mn} \exp(-k_{mn} x) r_n \sin(\sigma_n t) \dots (5)$$

$$D_n = \sqrt{A_n^2 + \left(\sum_{m=1}^{\infty} B_{mn} \right)^2}, \quad \varepsilon_n = \arctan \left(\sum_{m=1}^{\infty} B_{mn} / A_n \right) \dots \dots \dots (6)$$

諸係数 A_n 、 B_{mn} 、 σ_n はピストン型造波機の場合、 g : 重力加速度、 h : 造波板前面水深として(7)式となる。

$$A_n = \frac{4 \sinh^2 k_n h}{2k_n h + \sinh 2k_n h}, \quad B_{mn} = \frac{4 \sin^2 k_{mn} h}{2k_{mn} h + \sin 2k_{mn} h}, \quad \sigma_n^2 = g k_n \tanh k_n h = g k_{mn} \tan k_{mn} h \dots \dots \dots (7)$$

実際、造波システムとして反射波を吸収する場合は、図-1の②～④を時々刻々計算し造波機を制御する。

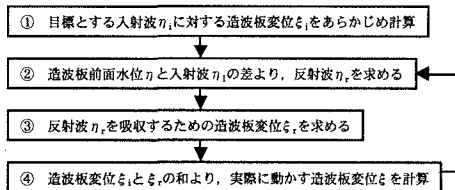


図-1 反射波の吸収制御システム

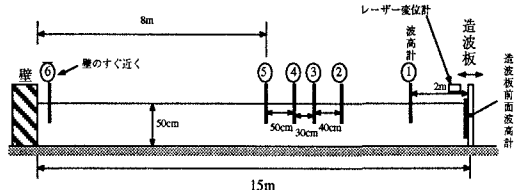


図-2 実験装置概略図

キーワード：減衰定常波・数値フィルタ・反射波・造波

連絡先：〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 tel.0287-39-2109 fax.0287-39-2132

3. 実験概要

図-2 に実験装置の概略図を示す。実験水槽は、幅 60cm、水深 50cm、片側にピストン型造波機がついており、造波板から 15m の位置に厚さ 1cm のベニヤ板を垂直に設置した。造波板前面には波高計がついており、他 6 本の波高計により水位変動を測定した。また、造波機付属のポテンシオメーターおよびレーザ変位計により造波板変位の測定も行った。システム上、アンプによる入力信号と造波板の動きにおよそ 0.1 秒の時間差があるので、これをシステム関数の位相差に組み込んで吸収造波実験をおこなった。

実験は以下の 3 つで、それぞれ造波板前面の水位変動より吸収性能を確認した。

実験 1：波高 5cm、周期 0.6～2.5 秒の規則波を 7 秒間造波し、位置吸収制御方式を用いて吸収制御を行う

実験 2：波高 5cm、周期 1.0 秒の規則波に対し波形制御方式に用い、実験 1 と同様の実験を行う

実験 3：波高 5cm、周期 1.0 秒の規則波に対し 120 秒間造波し、位置吸収制御方式を用い吸収制御を行う

4. 実験結果および考察

図-3 は実験 1 における造波板前面水位の測定結果を示す。システム関数の対象とする周波数帯の上限 (1.8Hz) および下限 (0.3Hz) に近い周期の波に対しては吸収性能は良くないが、それ以外の周期の波に対しては吸収性能は良好であった。また、図-4 は位置波形制御方式を用いて吸収制御を行った結果であるが、長周期波成分の発生がみられ、対象とする周波数帯外の波についても吸収できるようシステム関数を改良する必要がある。図-5 は 120 秒間造波し続けた結果であるが、反射波が到達したと思われる約 45 秒以降、ほぼ入射波高と反射波高を合わせた振幅となり、造波をやめた 130 秒以降は再び入射波高のみの振幅となっており良好に吸収が行われている。

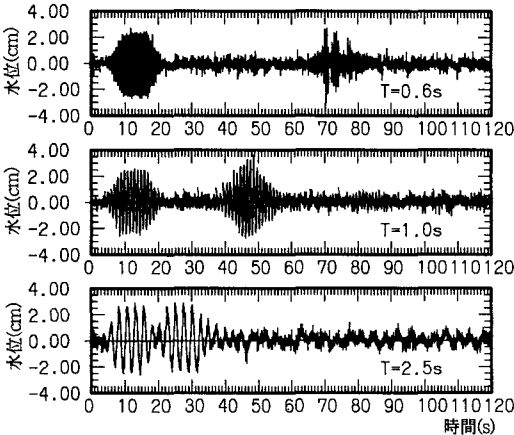


図-3 位置吸収制御方式による単一波群の吸収

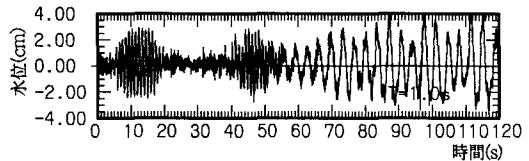


図-4 位置波形制御方式による単一波群の吸収

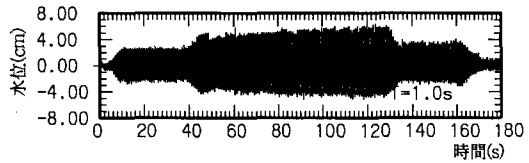


図-5 位置吸収制御方式による造波吸収

5. まとめ

森屋・関本 (1998) による減衰定常波を考慮した数値フィルタを用いた反射波の吸収造波理論に関して、規則波および単一波群を用いた水理実験を行い、その実用性を検討した。その結果、規則波に対し位置吸収制御方式を用いた実験では、システム関数の周波数帯の上下限に近い周期の波に対しては吸収性能は良くないが、周期が対象とする周波数帯内に属する波に対しては吸収性能は良いことがわかった。今後、システム関数の対象とする周波数帯外の波に対する改良と不規則波に対する実用性の確認が課題である。

参考文献

- (1) 森屋陽一・関本恒浩(1998)：減衰定常波を考慮した数値フィルタによる反射波の吸収造波，五洋建設技術年報，Vol.28，pp.87-90