

II-448

ダンパーを介して連結した
複列浮体の消波効果

㈱熊谷組 技術研究所 正員 森田知志
愛媛大学工学部 正員 中村孝幸

1. まえがき

半浮体形式のカーテン式堤体を、水底に設けたヒンジを介して複列に配置し、前後の堤体の頂部とおしをダンパーとバネによって連結した、可動型の消波構造物を考案した(図1)。堤体の動揺を積極的に許すことによって水底基礎への応力の伝達を低減させると共に、ダンパーによる波エネルギーの吸収をねらったものである。ここでは波浪ポテンシャル理論に基づく数値計算法によってダンパーによる波エネルギーの吸収量および反射・透過率を算定し、本消波構造物の有効性について検討する。

2. 解析モデル

同一の形状および質量をもつ矩形浮体を、図1に示すように水底のヒンジから延びた軽量の支持棒によって複列に係留した場合を考える。各堤体の頂部とおしは軽量のロッドで連結され、ロッドの伸縮変形に対して線形バネ(定数K)と線形ダンパー(定数C)が並列に挿入されている。X軸の負方向から角周波数 ω の微小振幅波が作用すると、堤体は水底ヒンジを中心とした回転方向に波と同一の周波数で微小な調和振動を行うものと仮定する。前後の堤体の回転変位の複素振幅を ξ_1, ξ_2 として、さらにこれらの和成分($\xi_+ = \xi_1 + \xi_2$)および差成分($\xi_- = \xi_2 - \xi_1$)に対して運動方程式を立て

と式(1)(2)のようになる。

$$\begin{cases} [-\omega^2(I+a_{11}+a_{12})-R-i\omega(b_{11}+b_{12})] \xi_+ = F_1+F_2 & \text{--- (1)} \\ [-\omega^2(I+a_{11}-a_{12})-R+2i\omega\ell^2K-i\omega(b_{11}-b_{12})+2i\omega\ell^2C] \xi_- = F_2-F_1 & \text{--- (2)} \end{cases}$$

ここに、I:堤体の慣性モーメント、R:復元力モーメント、 F_1, F_2 :前後堤体へ作用する波強制力モーメントの複素振幅、 a_{11}, a_{12} :付加質量、 b_{11}, b_{12} :造波減衰、 $i=\sqrt{-1}$ 。なお、上式中に現れる $F_1, F_2, a_{11}, a_{12}, b_{11}, b_{12}$ および反射率CR、透過率CTは、波条件と堤体形状が与えられると二次元場での波浪ポテンシャル問題を解いて得られる量であり、ここでは著者らの開発したわきだし分布法¹⁾に基づいて計算を行った。ダンパーで吸収されるエネルギーの時間平均、および入射波のもつそれは各々式(3)(4)で求められる。

$$EA=C\omega^2 |\xi_-|^2 \ell^2/2 \quad \text{--- (3)}$$

$$EI=\rho g H^2 C g/8 \quad \text{--- (4)}$$

ここに ρ :流体密度、 g :重力加速度、 H :波高、 Cg :群速度である。また、 $EA/EI=1-CR^2-CT^2$ の関係がある。

3. 算定結果と考察

(1) KとCの最適条件について : Evans²⁾ や清川ら³⁾が指摘しているように、振動物体による波エネルギーの吸収量は、1自由度の振動の場合、入射する波エネルギーの1/2をもって最大となる。本構造形式では、式(1)(2)に示した運動方程式のうち ξ_- に関する式(2)の

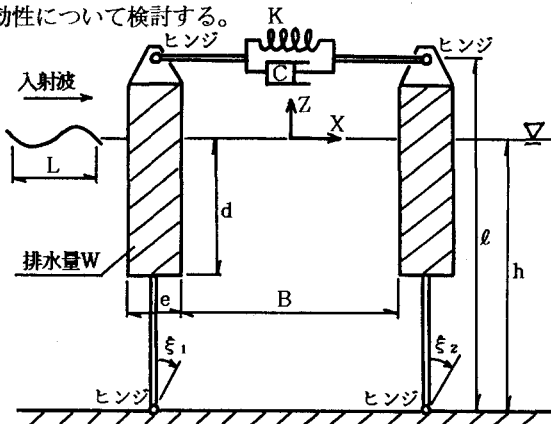


図1 ダンパー連結型複列浮体

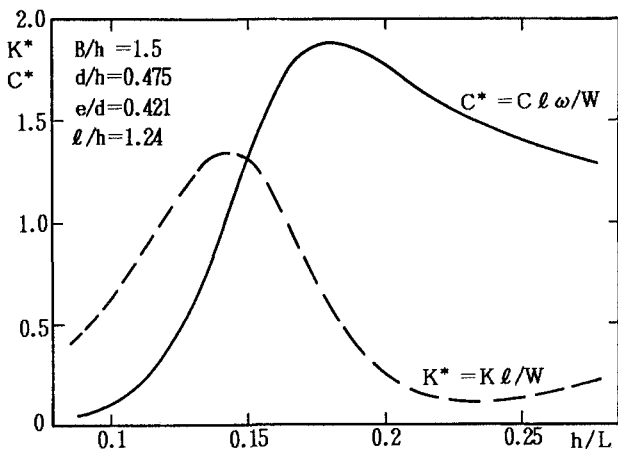


図2 h/Lによる同調条件の変化

みを介してエネルギーが吸収されるので、1自由度型の吸収形態である。EA/BI=0.5となるKとCの条件、すなわち同調条件はEvansや清川らの結果を参照すると次式のようになる。

$$2\ell^2 K = \omega^2(I + a_{11} - a_{12}) + R \quad (5)$$

$$2\ell^2 C = b_{11} - b_{12} \quad (6)$$

図2は式(5)(6)を満足するKとCの値を無次元化し、h/Lとの関係で示すものである。同調時におけるKやCの値は波の周期条件によって変動するため、適用海域の波条件によって適宜決定されなければならない。

(2)EA/BI, CR, CT について : 図2に示したKとCの各値の中から、h/L=0.12, 0.146, 0.18および0.2の条件下で同調するための組み合わせを採用し、各々をCASE I～IVと称してEA/BI, CR, CTの計算を行った。

図3はダンパーによる波エネルギーの吸収率EA/BIとh/Lとの関係を示す。各CASEともに各々の同調条件においてEA/BI=0.5の最大値を示していることや、同調するh/Lが長周期波側であるほど短周期波側におけるEA/BIが低減する傾向にあることなどがわかる。

図4、5は図3と同様の条件での波の反射率CRおよび透過率CTの結果を示すものである。各図中にはCASE0として前後の堤体の動揺を許さない場合の結果も併せしめている。これらの図をみると、同調時にはCR=CT=0.5となり、ダンパーによるエネルギーの吸収量は反射波と透過波に等しく分配されていることがわかる。またCASE0との比較を行うと、CASE I～IVにおいてはCR, CT共にh/Lの変化に対する変動傾向が平坦なものとなり、特に長周期波側における消波性能が大幅に向上していることが認められる。

4. 結論

本消波構造物における波エネルギーの吸収率は最大50%であることや、長周期波に対する消波性能が大幅に改善されることなどが明らかとなった。

(参考文献)

- 1)中村他「斜波中における任意断面浮体まわりの波浪変形の算定法」、海洋開発論文集Vol. 3, 1987.
- 2)D. V. Evans, 「A theory for wave power absorption by oscillating bodies.」J. F. M., Vol. 77 1976.
- 3)清川他「可動板型Radiation Wave Generatorによる波浪制御」第34回海講、1987.

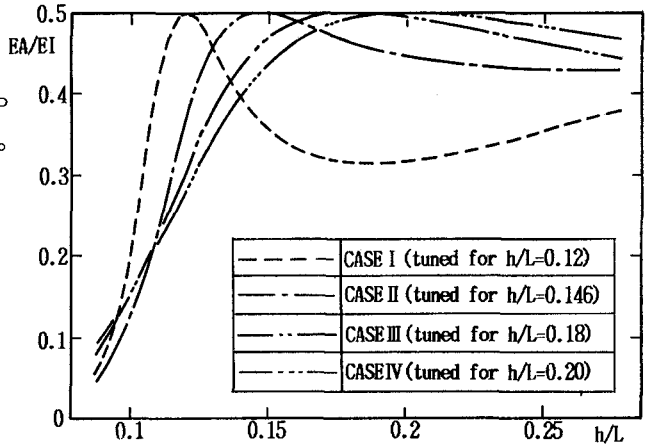


図3 エネルギー吸収率EA/BIのh/Lによる変化

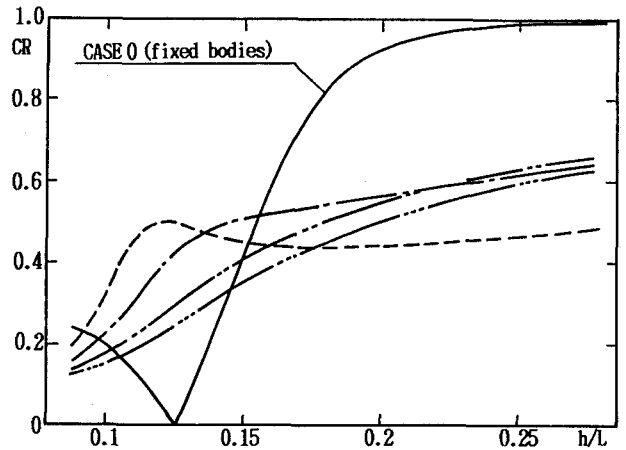


図4 反射率CRのh/Lによる変化

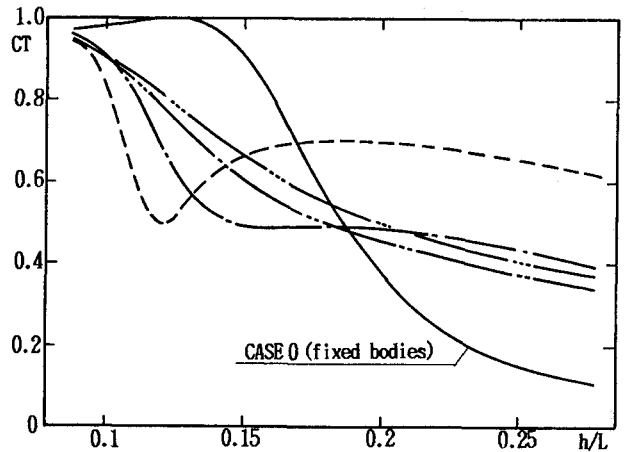


図5 透過率CTのh/Lによる変化