

九州大学工学部 正会員 ○井島武士

牛房幸光

学生員 田中昇治

藤田昌伸

I. 構造物による波の遮断法

従来一般防波堤又は潜堤は、固体構造物によって直接的に波を遮断しようとするものであるが、潜堤¹⁾においては、波の *diffraction* 現象によって遮断効果は低く且周波数特性をもつことになり、実用に応ずる遮断効果をもつためには、天端は静水面に近い高さを必要とする。このような直接遮断による方法の外に、波による固体構造物の運動により誘起される *radiation wave* を利用する間接遮断による方法もある。この方法は Fig. 1 に示すように浮遊堤体を弾性索で係留し、堤体下部を通過する *diffraction wave* と堤体運動により誘起される *radiation wave* の重合により、堤体を通過する波を相殺し、エネルギー損失を生じることになり、波を遮断することが出来る。²⁾ 然し、その遮断効果は周波数特性をもつことになり、構造物の係留方法によって問題が発生する。之に対して、構造物を *flexible* なものにするとその変形によって *radiation wave* が誘起されるので、それを利用して波を遮断することが出来る。³⁾

Fig. 2 はスチールの *flexible* な膜で出来た空気袋を間隔日を以て水深 h の海底に設置し、両者を通気管によって連通したものである。入射波は空気袋の存在により一部反射するが大部分は通過し、その際空気袋の変形によって誘起される *radiation wave* と通過波とは位相の逆転によって相殺し、特定波長の波は選択的に完全に遮断される。そして空気袋潜堤の前面には完全重複波が発生する。

空気袋は波によって容易に変形するが、波の周波数程度より空気はほとんど非圧縮性であるため、単一の空気袋では変形量は不十分で、波を完全に遮断するのに必要な振幅 *radiation wave* を発生することは出来ない。そこでスチールの空気袋を連通させて空気が自由に流通するようにすれば、相互の空気交換により袋の形と容積が共に変わるため、大きな振幅の *radiation wave* を発生し、適当な波長の波は之を完全に遮断することが出来るようになる。

Fig. 1 と Fig. 2 は構造物における *diffraction wave* を *radiation wave* で打消すのであるが、*diffraction wave* を生じない構造物では入射波そのものを打消す *radiation wave* を発生しなければならぬ。Fig. 3 は幅 W 、深さ D の弾性膜を張ったスチールの空気潜堤を設置し、之を通気管で連通したものである。膜面は、外の水压と内の空気圧との釣り合いによって水平面になっているので、入射波は何等の障礙を受けずに進行するが之に伴う水底圧力の変動によって膜面に上下振動を生じ、*radiation wave* が誘起され、之が入射波を相殺し波が遮断される。

以上のような波の間接遮断法の理論は Fig. 1 の場合については既に説明している²⁾ ので、ここでは Fig. 2 及び Fig. 3 の方法に関する解析結果を説明する。

II. 遮断効果の解析結果

(1) 空気袋潜堤による波遮断

Fig. 2 に示した空気袋の静止時の形状は、膜の単位長の質量 (密度 $\times$ 厚さ) と海底の固定端での張力 T_0 及びその水平面とのなす角度 θ_0 により決まる。厚さを 0.005 尺、密度を 1.0 、 $\theta_0 = 60^\circ$ としたとき、 $T_0 = (0.005 \text{ 及び } 0.1) \text{ } \rho g \text{ } l^2$ における袋の形は Fig. 4 に示すように計算される。前述のように、之が単独に存在する場合の遮断効果が顕る

かといことはFig.5で示すようである。実線及び破線はFig.4の袋を間隔 $B=4\lambda$ に取り、固体として計算した場合とflexibleであるが連通していない場合の B/λ （ λ は波長）に対する反射率 K_r と透過率 K_t の計算結果である。何れの場合も K_t は殆んど1.0に近く実用効果はないことが分る。このスケッチ袋を通気管によって連結した場合、 $B/\lambda=2, 4, 6$ に対する K_t は 0.6 （ $=2\pi R/\lambda$ ）及び B/λ について示すと、Fig.6のようである。之によって $B/\lambda=4$ 及び6の場合 $B/\lambda=0.7$ において K_t は夫々0.1及び0を示し、この波長の波は完全に遮断されるものと考えられる。

(2) 空気膜層による波遮断

Fig.3に示した構造において膜面幅 $W=\lambda$ 、層厚 $D=0.2\lambda$ の場合、前と同じ単位質量の膜を同じ張力 $T_0=0.198\lambda^2$ で張り、 $B/\lambda=3, 4, 6$ とした時の K_r と K_t を示すとFig.7のようである。Fig.6とよく似ているが K_t の極小値がやや前者より大きく対応する B/λ （又は B/λ ）が多少異なっている。然し遮断効果は極めて大きい。

以上はすべて連通管内の空気流に対する抵抗がない（ $M/\lambda=0$ ）場合である。実際には何等かの抵抗が存在するからそれを流達に比例すると仮定して $M/\lambda=0, 1, 2, 5, 10$ 及び ∞ として $B/\lambda=4.0$ の場合について K_r と K_t を計算した結果をFig.8に示す。抵抗が大きくなると K_t は急速に低下し $M/\lambda \rightarrow \infty$ （即ち連通しない場合）に近づく。 K_t は $M/\lambda=0 \sim 2$ までは殆んど変わらないがそれ以上では上昇を示し、 $M/\lambda \rightarrow \infty$ に近づく。このように抵抗の存在により入射波のエネルギーが消費され消費が行われる。この消費量を入射波のエネルギー $flux$ に対する比で示すと $EL=1-K_r^2-K_t^2$ である。 $M/\lambda=2.0$ と、 5.0 について示すとFig.9のようである。 $B/\lambda=0.5 \sim 0.6$ において EL の最大値約0.5を見る。即ちこの波長の波のエネルギー損失は入射波の50%程度に達することとなる。之はこの装置をエネルギー交換器として、利用し得るエネルギーの割合を示すものである。

文献

- 1) 井島武士、佐々木富雄：「層流の効果を関する理論的研究」第18回海防論文集（1971）pp.141~147
- 2) 井島武士、吉田明徳：「任意断面流体の二次元係留運動と波の变形」土木学会論文報告集第272号1978 pp.53~61
- 3) 井島吉田、田中上床：「空気袋層による波の制御理論(I)」九大工学集報1982、55巻、1号 pp.35~42

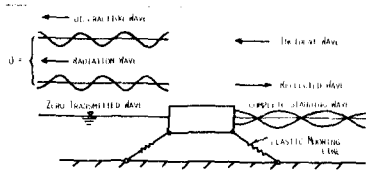


Fig. 1 Wave Interference by Floating Body

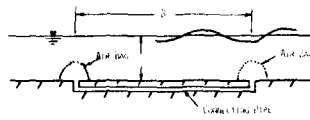


Fig. 2 Air Bag System for Wave Interduction

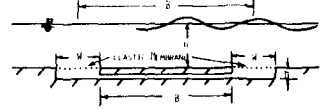


Fig. 3 System for Wave Interduction by Elastic Membrane

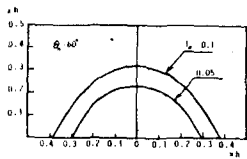


Fig. 4 Equilibrium Shape of Air Bag

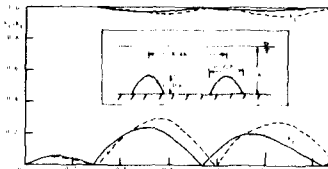


Fig. 5 Wave Reflection and Transmission of Rigid and Elastic Bag

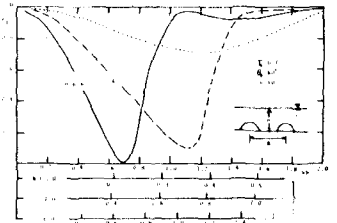


Fig. 6 Effect of the Elastic Membrane on Wave Interduction

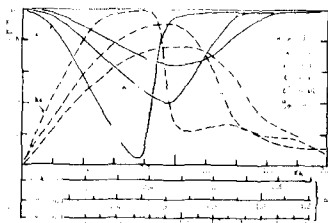


Fig. 7 Effect of the Elastic Membrane on Wave Interduction

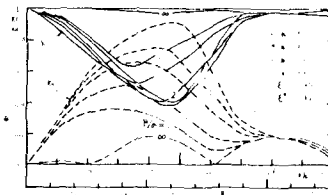


Fig. 8 Effect of the Elastic Membrane on Wave Interduction

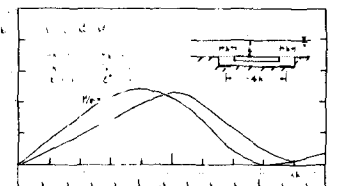


Fig. 9 Effect of the Elastic Membrane on Wave Interduction