

矩形浮体の透過率に関する研究

愛媛大学工学部

正員○中村孝幸

日立造船情報システム

高橋和男

ユニック

中山和典

1. まえがき

比較的大水深の領域に建造される港湾等の静穏化を目的に従来多くの浮体形式の防波堤が実用に供されてきた。しかしながら、これら浮防波堤は短周期波について効果的である反面、消波の主対象であるうねり等の長周期波に対しては十分にその機能を發揮できぬ欠点を有していた。近年に致り、このような長周期波についても十分な消波性能を有する浮防波堤の開発をめざして各方面よりの研究が行なわれつつある。本研究もこのような研究の一つであり、構造的には浮体内部に水面と接するように設けられた空気室を有する浮体を想定し、機能的には空気室内の水塊の運動並びに浮体自身の運動にともない発生する発散波により透過波を打消し、消波効果の増大をめざそうとするものである。本報告では、このような空気室付きの浮防波堤の研究のための第一歩として、固定された状態における空気室付き防波堤の消波特性を、従来の底板を有する浮防波堤のそれと対比させながら実験的に理論的に検討したものである。

2. 実験装置及び実験方法

i) 実験装置：本実験で用いた水槽は、愛媛大学海洋工学科の長さ28mの2次元造浪水槽で、一端にフラップタイプの造波機が、他端に消波のための砂利よりなる $\frac{1}{10}$ 勾配の傾斜底が設けられている。用いた浮防波堤は図-1(a), (b), (c)に示す種類のもので、(b)に示す空気室付きの浮防波堤については上部板にボルトにめめる空気孔(径10mm)が全部で20個設けられている。そして、図-1(a), (b)の防波堤については、支柱棒に4ゲージの引算回路よりなる水平液力測定用のストレインゲージおよび2ゲージの加算回路よりなる鉛直液力測定用のストレインゲージがはりつけてある。図-1(a), (b), (c)に示す堤体の波の進行方向における長さBは35cmと一定で、堤体のきり水dも25cmと一定に保持した。この際図-1(b)の堤体の空気室の長さは10cmになっている。

ii) 実験方法：水深70cmと一定に保持した水槽において、堤体を造波板より14.4mの位置に設置せしめ、堤体より透過側2.5mの位置で振弦線式液高計を用いて透過波の測定を行なった。なお、入射波は同一の液高計を用いて堤体を撤去した状態で測定している。入射せしめた波は、周期 $T=1.2\text{sec}\sim 2.8\text{sec}$ を0.2sec間隔で9種類、液高 $H=10\text{cm}$ および16cmの2種類で計18種類である。図-1(b)に示す空気室付きの浮防波堤については、空気孔の数をも変化させて実験を行っているが、本報告では空気孔を全て閉じた状態の結果のみについて以下で議論している。

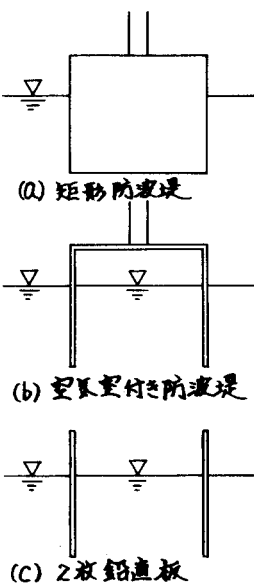


図-1 模型防波堤

3. 解析方法

上記浮防波堤の水理学的な機能を理論的な面より予測できるようにするため、本研究ではJohn¹⁾によって導かれた一定水深の2次元波動場におけるグリーン関数 G を用いた任意断面物体まわりのポテンシャル問題の解析法を明らかにした。この解析法は、原理的には任意物体の断面曲線上に単位わき出しであるグリーン関数 G を境界条件により決定されるわき出し強さの分布関数 f に基づき分布せしめるわき出し分布法である。そしてこの手法によると未知ポテンシャルである任意断面物体まわりの回折波ポテンシャル ϕ_0 は、(1)式のように表示できる。

$$\phi_0(x, z) = \int_C f(X, Z) G(x, z; X, Z) dC(X, Z) \quad (1)$$

ここに C は物体の断面曲線を示す。そして(1)式中に含まれる未知関数 f は物体表面上での境界条件(2式)により次

定することができる。

$$\partial \phi / \partial n|_c + \partial \phi_0 / \partial n|_c = 0 \quad (2)$$

ここに ϕ は入射波ポテンシャルを、 ϕ_0 は物体表面上の法線ポテンシャルをあらわす。本解析法の詳細については後日にゆずることとしたいが、井島らのグリーンの公式に基づく解析法と比較すると物体表面上のわき出し強さの分布関数のみを未知関数とすることからより精確に解析が行なえること（かもより小さな計算機容量で処理できること並びに発散波問題の解決にも容易に拡張できることなどの利点を有していることを付記しておく。そして透過率 C_T および反射率 C_R は、(1)式の ϕ 並びに ϕ_0 を用いて(3)、(4)式のように算定できる。

$$C_T = |\phi_0 + \phi_2| / |\phi_1|_{x \rightarrow \infty} \quad (3) \quad C_R = |\phi_0 / \phi_1|_{x \rightarrow \infty} \quad (4)$$

4. 結果とその考察

1) 解析法の妥当性: まず最初に本解析法の妥当性を検証するため、図-1(a)に示す固定された矩形浮体による透過率 C_T 並びに作用波力の実験値と算定値との比較を行なった。これを示すのが図-2、図-3であり、横軸に水深と沖渡波長の比を示す $\omega^2 h / g$ がとってある。図-2より C_T の算定値は $\omega^2 h / g$ の小さな領域で多少実験値を上まわるものの波高によらずほぼ実験値と一致していることが認められる。また図-3により、水平波力 F_x の算定値は実験値にバラツキが見られるものの実験値の変化傾向とはほぼ一致しており、本解析法を用いて上記のような浮体の水理学的な機能の予測が行なえるものと言えよう。

2) 空気室付き防波堤の消波特性: 図-1(b)に示す空気室付き防波堤の空気室並びに空気室内の水塊の透過率に及ぼす影響を検討するため(1)空気室のエアー・クッション効果が全くない図-1(c)の2枚鉛直板による透過率 C_T' と空気室付き防波堤によるそれ C_T'' との比較並びに(2)堤体底部に底板があって空気室並びに空気室内の水塊の影響のない図-1(a)の矩形防波堤による透過率 C_T と上記 C_T'' の比較を行なった。入射波高16cmの場合の結果を示すのが図-4である。そしてこれらの図中の C_T' と C_T'' の比較より、空気室のエアー・クッション効果は $\omega^2 h / g$ の小さな領域、すなわち長周期波において透過率を低減

させるように出現していることが認められる。このことは C_T'' が C_T に比し長周期波側で小さくなることから確認できる。また C_T と C_T' が長周期波側でほぼ同様の値を示すことから、透過率に及ぼす空気室内の水塊の運動の影響は本実験のような固定浮体の形式については微弱であるものと考えられる。そして長周期波側において2枚鉛直板形式の防波堤は、堤内水塊をDead Waterと考えて、矩形防波堤と仮定することが可能と言えよう。最後に、透過率に及ぼすエアー・クッション効果は、波高の大きいほど透過率をより低減させるように出現することを確認しており、このことを付記しておく。

5. 結論: 以上固定された矩形形状の防波堤の消波特性を検討してきた。そしてわき出し分布法を用いた解析法により固定浮体の水理機能はほぼ予測できることおよび空気室付き防波堤の空気室は底板のある矩形防波堤に比較して長周期波側において消波効果を增大させるように働くことなどが明らかとなった。

- 参考文献: 1) John, F., "On the motion of floating bodies", Communications on pure and Applied Math., Vol.3, No.1, pp.45-101, 1950.
2) Iijima T et al., "A method of analysis of two-dimensional water wave problem", Proc. of 15th ICCE, pp.2717-2736, 1976.

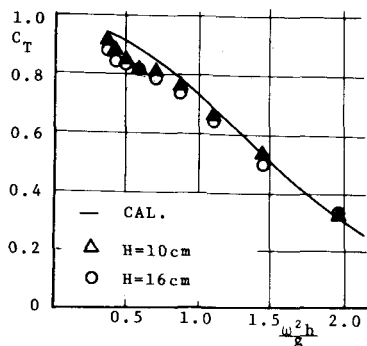


図-2 透過率の実験値と算定値との比較 (矩形防波堤)

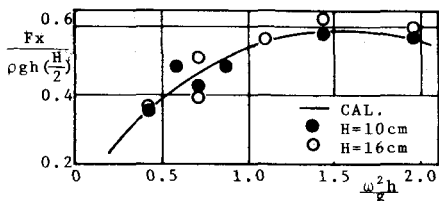


図-3 水平波力の実験値と算定値との比較 (矩形防波堤)

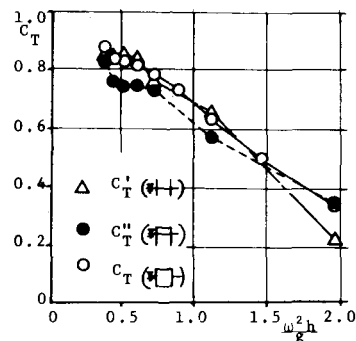


図-4 各種防波堤の透過率