

斜め入射波に対するカーテン防波堤の消波効果について

愛媛大学工学部 正会員 中村孝幸
(株) 熊谷組 正会員 O森田知志
愛媛大学大学院 学生員 小野正順

1. まえがき：直角入射を想定した場合のカーテン防波堤の消波効果に関する研究は、著者らの中の一人¹⁾を含め数多くの研究者によりなされてきた。そして、その消波効果は堤体のきき水と波の周期により大きく左右されることなどが明らかにされている。これに引き続き本研究は、消波効果に反ぼす波の入射角の効果に着目するもので、斜め入射波を受けるカーテン防波堤よりの反射波および透過波の特性を直角入射の場合との比較の上で明らかにしようとするものである。

2. 実験装置および実験方法：実験に用いた水槽は図-1に示す愛媛大学農学部部長の長さ15m、幅20m、高さ1mの平面水槽である。この水槽の一端にはプランジヤ型の造波機が、他端と片側の側壁には碎石よりなる消波工が設置してある。模型堤体には厚さ1.2cm、高さ50cm、長さ2mのベニヤ板を5枚使用した。模型堤体は図-1に示すように水槽の幅を全域にわたって遮へいするように設置し、堤体の端部からの回り波が透過波側へ進入しないように注意した。また波の入射角 θ の変更は堤体を回転移動せしめて行った。堤体のきき水 d は12.5cm、水深 h は35cmと各々一定とし、 θ は 0° から 60° までの5種類を採用した。作用せしめた波の周期 T は0.63~1.27secの範囲の5種類であり、波高 H はほぼ4cmとなるようにした。入射波と反射波の測定は堤体の反射波側に設置した2台の波高計を用いて合田²⁾の入・反射波の分離推定法に基づく方法で行ったが、その際

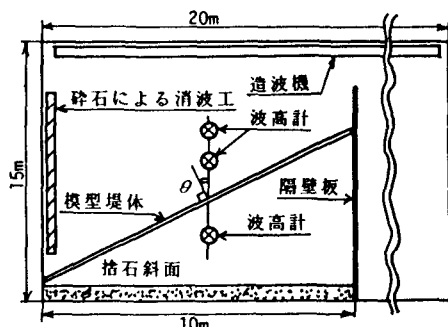


図-1 模型堤体の設置状況

式には各々の波向を考慮して導いた式(1),(2)を用いた。ここで k :波数、 $\phi = k \cos(2\theta)$, Δl :波高計の間隔、 a_I :分離された入射波の振幅、 a_R :分離された反射波の振幅である。また A_i, B_i ($i=1,2$)は各波高計による測定波高を調和解析して得られる各々

$$a_I = \left[\frac{\{B_2 - B_1 \cos(\phi \Delta l) + A_1 \sin(\phi \Delta l)\}^2 + \{A_2 - A_1 \cos(\phi \Delta l) - B_1 \sin(\phi \Delta l)\}^2}{2\{1 - \cos(k \Delta l + k \Delta l \cos 2\theta)\}} \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$a_R = \left[\frac{\{B_2 - B_1 \cos(k \Delta l) - A_1 \sin(k \Delta l)\}^2 + \{A_2 - A_1 \cos(k \Delta l) + B_1 \sin(k \Delta l)\}^2}{2\{1 - \cos(k \Delta l + k \Delta l \cos 2\theta)\}} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Fourier cosおよびsin成分波の振幅である。反射率 C_R と透過率 C_T は式(1),(2)による a_I, a_R および堤体の透過波側で測定した波の振幅 a_T を用いて $C_R = a_R/a_I$, $C_T = a_T/a_I$ により求めた。

3. 解析法：本研究で用いた解析法は2次元波動場のグリーン関数を用いたわき出し分布法に基づく方法で、斜め入射波を考慮できるように新たに開発したものである。なお解析法の詳細は概要集に別に発表しており、ここでの記述は省略したい。

4. C_R, C_T の実験結果と算定結果との比較

(1) 周期による変化

図-2,3は各々入射角 $\theta = 0^\circ$ と 45° の場合の C_R と C_T を、横軸に d/L_0 (L_0 :沖波波長)もとり示

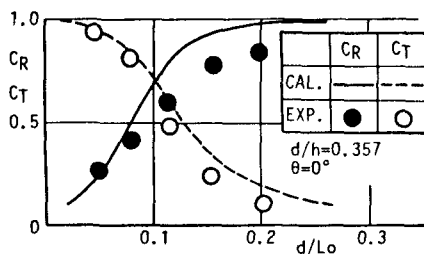


図-2 C_R, C_T の d/L_0 による変化 ($\theta = 0^\circ$)

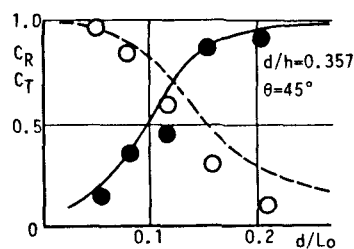


図-3 C_R, C_T の d/L_0 による変化 ($\theta = 45^\circ$)

すものである。これらの図から C_R は波が長周期になるにつれて減少するのに対し C_T は逆に増加するなど、波の周期により大きく変動しているのが確認される。そして、こうした変動傾向は波の入射角 θ が 45° と変化しても同様であることがわかる。そして実験結果と算定結果とは、このような d/L_0 による変動傾向を含めほぼ一致していることが認められる。

(2)入射角による変化：図-4～6は C_R, C_T の結果を再整理して、横軸に入射角 θ をとり示すものである。そして図-4から図-6へは、 d/L_0 が増大して短周期波側へと変化する場合の結果を示す。これらの図から d/L_0 の値にかかわらず C_R と C_T の実験結果と算定結果はほぼ一致していることや、 θ の増加に伴ない C_R は減少し C_T は増加する変動傾向を示すことがわかる。しかしながら、この傾向は θ が小さい時にはあまり顕著なものとはいえず、ほぼ $\theta < 45^\circ$ の範囲内では $\theta = 0^\circ$ の直角入射の場合と大差は認められない。したがって $\theta < 45^\circ$ の条件下での C_R, C_T は直角入射の場合の結果が代用できるものと考えられる。一方 $\theta > 45^\circ$ では、特に短周期波側の条件下において C_R と C_T は θ の影響を大きく受けるようになり、斜め入射波の効果を考慮できる解析法を用いた予測が是非必要となるものと言えよう。

5. 堤体の反射波側での波面のパターン：図-7は3.で述べた解析法による堤体の反射波側での波の位相の算定結果の平面分布であり、一例として $\theta = 30^\circ$ の場合を示す。この図にみられるような、斜め入射波を受ける堤体の反射波側での複雑な波面パターンの出現は実験においても全く同様に確認されており、単に反射率のみでは表わされない現象であることから防波堤の設置計画等においては十分注意する必要があるものと言えよう。

6. 結 語：斜め入射波に対するカーテン防波堤まわりの波浪変形は、入射角 θ の増加に伴ない反射率は減少し透過率は増大する傾向にあることがわかった。しかし、この傾向は θ が 45° までの範囲内では顕著なものではなく、直角入射の場合の結果の流用が可能であることなどが判明した。なお、本研究の実験を行なうにあたり平面水槽の使用を快く承知して下さった愛媛大学農学部 大橋行三教授に深く感謝する次第である。

(参考文献) 1) 中村孝幸, “カーテンウォール型防波堤まわりの波浪変形と作用波力に関する研究”, 第31回海洋工学講演会論文集, pp.512～516, 1984. 2) 合田良史, 鈴木康正, 菊地治, “不規則波実験における入射波の分離推定法”, 港湾技術研究所報告, No.248, pp.1～24, 1976.

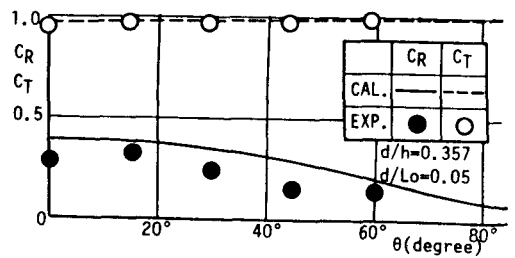


図-4 C_R, C_T の θ による変化 ($d/L_0 = 0.05$)

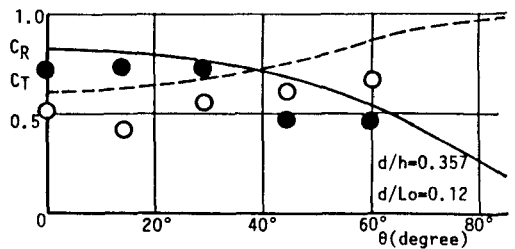


図-5 C_R, C_T の θ による変化 ($d/L_0 = 0.12$)

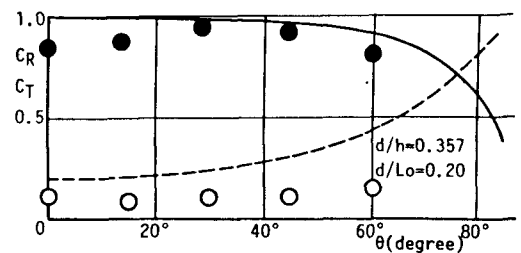


図-6 C_R, C_T の θ による変化 ($d/L_0 = 0.20$)

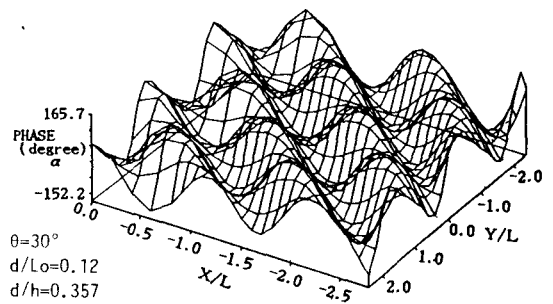


図-7 堤体の反射波側での波の位相の平面分布