

II-299

不規則波作用下での海域制御構造物の消波効果

建設省土木研究所海岸研究室長

宇多高明

建設省土木研究所海岸研究室

村井禎美

東洋建設㈱（元建設省土木研究所海岸研究室） 藤原隆一

建設省土木研究所海岸研究室（フジタ工業㈱） 武中信之

1. まえがき 土木研究所では、外洋に面した海域を静穏化するための構造物を開発することを目的として、海域制御構造物に関する研究を行ってきた。この研究により、海域制御構造物の規則波に対する消波効果は既に明らかになった¹⁾。しかしながら、構造物の消波効果の検討は、規則波の条件下のみでは不十分であり、不規則波の下での消波効果についても検討の必要がある。そこで本研究では、不規則波実験を行うことにより、海域制御構造物の消波特性を明らかにすることとし、代表的な構造物を選んで二次元水理実験を行った。構造物のタイプとしては、消波機能の異なるスリット式、透過水平板付スリット式および複合式の3種類¹⁾を選んだ。

2. 実験方法 実験装置を図1に示す。実験の縮尺は1/25とし、フルードの相似則にしたがい模型の諸元を定めた。入射波は模型設置地点でBretschneider・光易型のスペクトル特性を有するように設定した（表1）。測定は、造波開始後1000 sより時間間隔0.05 s，データ個数4100個として行った。測定データの解析は、合田ら²⁾の方法による入、反射波スペクトルの分離計算およびゼロアップクロス法を用いて行った。なお、透過率 K_T は、次式で定義した。

$$K_T = \sqrt{E_T / E_I}$$

ここに、 E_I および E_T は入射および透過波の有効周波数帯域のエネルギーである。

なお、各成分波ごとの見掛けの透過率 K_T' および反射率 K_R' を次式で求めた。

$$K_T'(f) = \sqrt{S_T(f) / S_I(f)}, K_R'(f) = \sqrt{S_R(f) / S_I(f)}$$

ここに、 $S_I(f)$ 、 $S_T(f)$ および $S_R(f)$ は、各成分波ごとの入射、透過および反射波のスペクトル密度である。 K_T' 、 K_R' は、その構造が種々の成分波からなる不規則波に対する透過、反射特性を表す。なお、実験に用いた模型の諸元を表2に示す。

3. 実験結果と考察

透過率 K_T 、反射率 K_R は有義波の諸元により整理し、規則波による実験結果¹⁾と比較する。スリット式構造物における B/L と K_T 、 K_R の関係を図2に示す。 K_T は規則波の場合と同様に、 B/L が大きくなると緩やかに減少する。 K_R は、 B/L が大きくなるにしたがい減少する傾向は同じであるが、規則波の場合に比べ $B/L \geq 0.25$ で差が広がり、 $B/L = 0.3$ で0.1程度大きな値となる。これは中間および岸側スリット板から発生した反射波が再度スリット板を通過する場合においても、高周波成分の波ほど減衰しやすいことによる（図2参照）。例えば、有義波周期が短い場合、長周期成分の波はスリット板を通過するときに減衰しにくいため、不規則波の K_R は規則波の場合より大きくなる。逆に、有義波周期が長い場合、長周期の波の K_R に対する影響は小さく、不規則波と規則波における K_R の差は小さくなる。

次に、透過水平板付スリット式構造物の場合を図3に示す。不規則波の K_T の値は0.3~0.5であり、 $B/L \leq 0.2$ では規則波より0.1程度小さく、 $B/L \geq 0.2$ では同程度の値となる。不規則波は種々の周波数の波より成っ

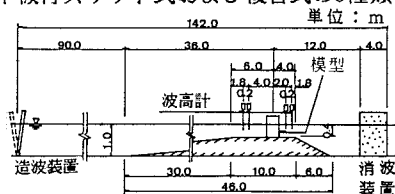


図1 実験装置

表1 実験波浪条件

ケース	諸元 ($H_{1/3}$ (cm), T_s (s))
1	4, 1.2
2	4, 1.6
3	8, 1.6
4	8, 2.0

表2 模型の諸元

スリット式	単位: cm スリット幅: 30, 30 スリット間隔: 40 空隙率: $\epsilon_1 = 0.3, \epsilon_2 = 0.2, \epsilon_3 = 0.1$
透過水平板付スリット式	単位: cm スリット幅: 25, 25 スリット間隔: 40 空隙率: $\epsilon_V = 0.26, \epsilon_H = 0.18$
複合消波式	単位: cm 傾斜角: $\theta = 21(\text{deg})$ スリット幅: 26.7 スリット間隔: 40

ているため、規則波の場合より変化が緩やかになっている。 K_R は規則波の場合と同様緩やかに増加し、 $0.14 \leq B/L \leq 0.25$ で $K_R = 0.25 \sim 0.35$ と両者は、ほぼ一致する傾向を示す。

複合消波構造物の場合を図4に示す。規則波の場合、 B/L が増加するにしたがい K_T は減少するが、 $0.33 \leq B/L \leq 0.41$ では波高によるばらつきが大きい。不規則波の場合、有義波高値は5.88cmから11.1cmと大きく変化しているにもかかわらず、 K_T の変化はあまり見られず、 B/L が大きくなると K_T は単調に減少する。不規則波作用下では、有義波高による差異は現われにくくなるのがわかる。 K_R については規則波の場合と同じ傾向を持つ。

見掛けの透過率 K_T' 、反射率 K_R' を図5に示す。スリット式構造物の場合、 K_T' は高周波数になるにしたがい徐々に減少し、 $f = 1.4 \text{ Hz}$ で極小値となり、その後増加する。スリット式構造物では低周波成分が減衰しにくく、透過し易いという従来の考えを裏付ける結果となっている。また、高周波域での K_T' の増加は、波の分裂によるエネルギー移行の結果である。 K_R' は反射波の重合効果によって二つの極小値を持ち^{1), 3)}、それより低周波側および高周波側においてエネルギーレベルが増加している。前者は、低周波成分が減衰しにくいことによる。また後者は、高周波成分へのエネルギー移行に起因するものである。

次に、透過水平板付スリット式構造物の場合、 K_T' は高周波になるにつれて減少し、 $f = 1.1 \text{ Hz}$ で極小値をとった後、高周波域において増加している。高周波域での K_T' の増加の原因は、水平板上で起こる碎波および水平板スリットからの鉛直噴流に伴う乱れによって高周波成分へのエネルギーの移行が起ったためである。 K_R' は周波数が高くなるにしたがい徐々に増加する。スリット式構造物の場合見られた反射波の重合効果によるスペクトル密度の低下がないのは、水平板からの反射波がスリット板からの反射波よりも大きいからである。

最後に、複合消波構造物の場合、 K_T' は $f \leq 1.2 \text{ Hz}$ では値に大きな変化はない。 $f \geq 1.2 \text{ Hz}$ では K_T' は増加し、入射波のエネルギーの一部が高周波域へ移行したことを示している。 K_R' も $f \geq 1.2 \text{ Hz}$ において増加しており、乱れ、碎波等によるエネルギーの移行が透過側ばかりでなく反射側にも表われる。

4. まとめ ①不規則波実験で得られた K_T 、 K_R の傾向は、規則波の場合と同一であり、有義波の諸元を規則波と対応させることにより、不規則波作用下での消波効果を予測することが可能である。②各周波数成分ごとにみた消波特性は、それぞれの周波数を持つ規則波を作用させた時の消波特性と一致する。

参考文献 1)建設省土木研究所河川部海岸研究室：海域制御構造物の開発に関する共同研究報告書（1），（2），土木研究所資料，第2454号，2510号，1987。

2)合田良実・鈴木康正・岸良安治・菊地 治：不規則波実験における入・反射波の分離推定法，港湾技研資料，No.248，1976。3)菅原輝男・長野 章・小林悦郎：直立透過堤の反射率と透過率について，第22回海岸工学講演会論文集，1975。

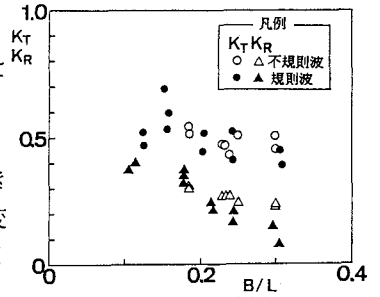


図2 スリット式模型の K_T 、 K_R と B/L の関係

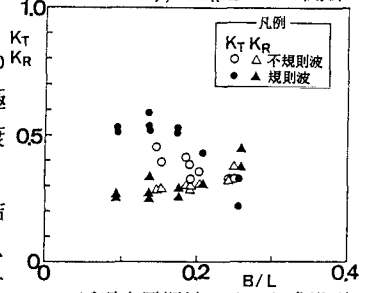


図3 透過水平板付スリット式模型の K_T 、 K_R と B/L の関係

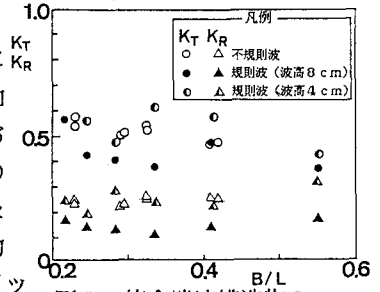


図4 複合消波構造物の K_T 、 K_R と B/L の関係

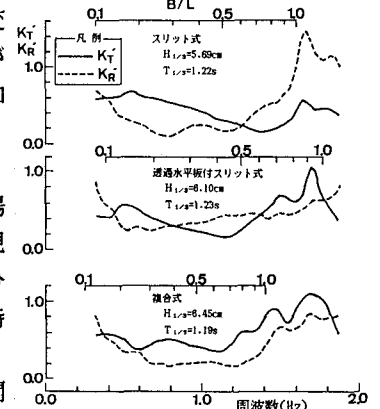


図5 各構造物における見掛けの透過率 K_T' 、反射率 K_R'