

II-84

不規則波におけるスリット壁型消波構造物の波浪変形

苫小牧工業高等専門学校 正 員 浦島 三朗
室 蘭 工 業 大 学 正 員 近藤 一郎

1. まえがき 透水壁を使用した直立型の消波構造物は、反射波を抑えるとともに、海域の有効利用の点から、実際の海岸・港湾構造物においても採用されている。したがってこの種の構造物の消波効果や波力などを調べることは、構造物を設計する際の基礎資料として重要であると考えられる。しかし規則波実験による研究¹⁾は多いが、不規則波に対する実験は少ない。そこで本研究では、スリットケーソンタイプの消波構造物に対して、不規則波及び規則波の実験を行い、比較検討したものである。

2. 実験装置および実験方法 実験は図-1に示すような長さ23m、幅0.6m、高さ1.0mのピストン型の吸収式不規則波造波装置が設置されている片面ガラス張りの水平底の二次元造波水路を用いて行った。造波装置の制御は造波板による再反射を抑えた吸収式制御として行った。造波板背後にはヘチマロンの消波工を設けている。波高計には容量式波高計を用いている。

入・反射波の波高は図-1に示すように構造物前方に3本の波高計を取り付け、合田らによる分離推定法²⁾により決定した。構造物前方の波高計は、構造物より波長の1/2以上の距離 ($X_1=542\text{cm}$) をとり、また波高計間隔は波長の1/4程度 ($\Delta l_1=80.5\text{cm}$, $\Delta l_2=84.5\text{cm}$) とした。水深は $h=50\text{cm}$ と一定にして行った。

また実験は規則波と不規則波で行っている。波のの種類は周期 $T=1.7\text{sec}$ と一定にし、入射波高 H_{i1} は約 5, 7.5, 10cm の3種類で行った。不規則波はBretschneider-光易型を期待スペクトルとして造波を行った。測定にあたっては、反射時も含め、すべて波が安定したあとの連続90sec間の記録をとり、これを $\Delta t=20\text{msec}$ 間隔で読み取って解析した。なお、データ個数としては記録時間内の4,096個で、FFT解析を行い、周波数の分解能は $\Delta f=1/(N \Delta t)=0.0122\text{Hz}$ である。なお、波高計は容量式であり、実験は波高計NO.1とNO.2, NO.2とNO.3の2組のデータの組み合わせで2個ずつの結果を得ている。

模型は、前壁にスリット壁、後壁に不透過壁を使用した1枚スリット壁型消波構造物として行い、背後不透過壁には水路末端を使用している。前壁のスリット壁は空隙率が25, 35及び50%の3種類、壁厚が15, 30及び45mmの3種類で、それぞれについて遊水室幅を変化させて実験を行った。

3. 実験結果および考察 不規則波をスリット壁型消波構造物に作用させたときのスペクトルの推定結

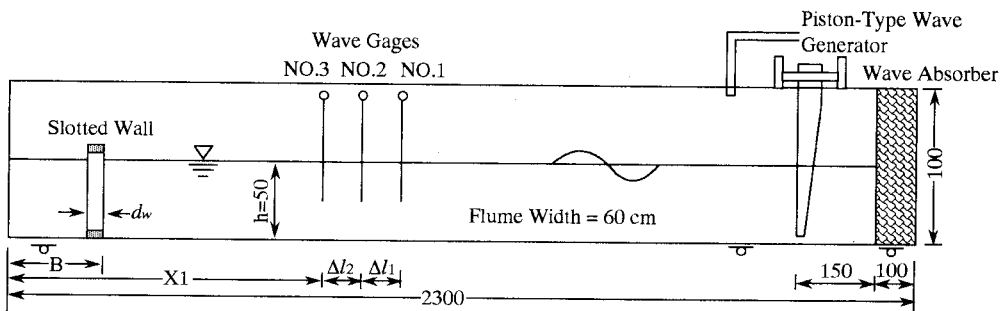


図-1 水路概要図 (単位: cm)

Wave Transformation at Slotted Caisson Breakwater by Irregular Wave
by Saburo URASHIMA and Hideo KONDO

果の例を図-2に示す。ここで、入射波のスペクトルは、重みつき平滑化フィルタ $H(j)$ を用いて式(1)で求めている。但し、 $H(j)$ は式(2)を満足し、式(3)の放物線型フィルタを使用している³⁾。

$$S_I(f_m) = \sum_{j=-p}^p H(j) \frac{1}{2} a_1^2 (m-j) N \Delta t \quad \text{--- (1),} \quad \sum_{j=-p}^p H(j) = 1 \quad \text{--- (2),} \quad H(j) = \frac{1}{H} \left(1 - \left(\frac{j}{p} \right)^2 \right) \quad : -p \leq j \leq p \quad \text{--- (3)}$$

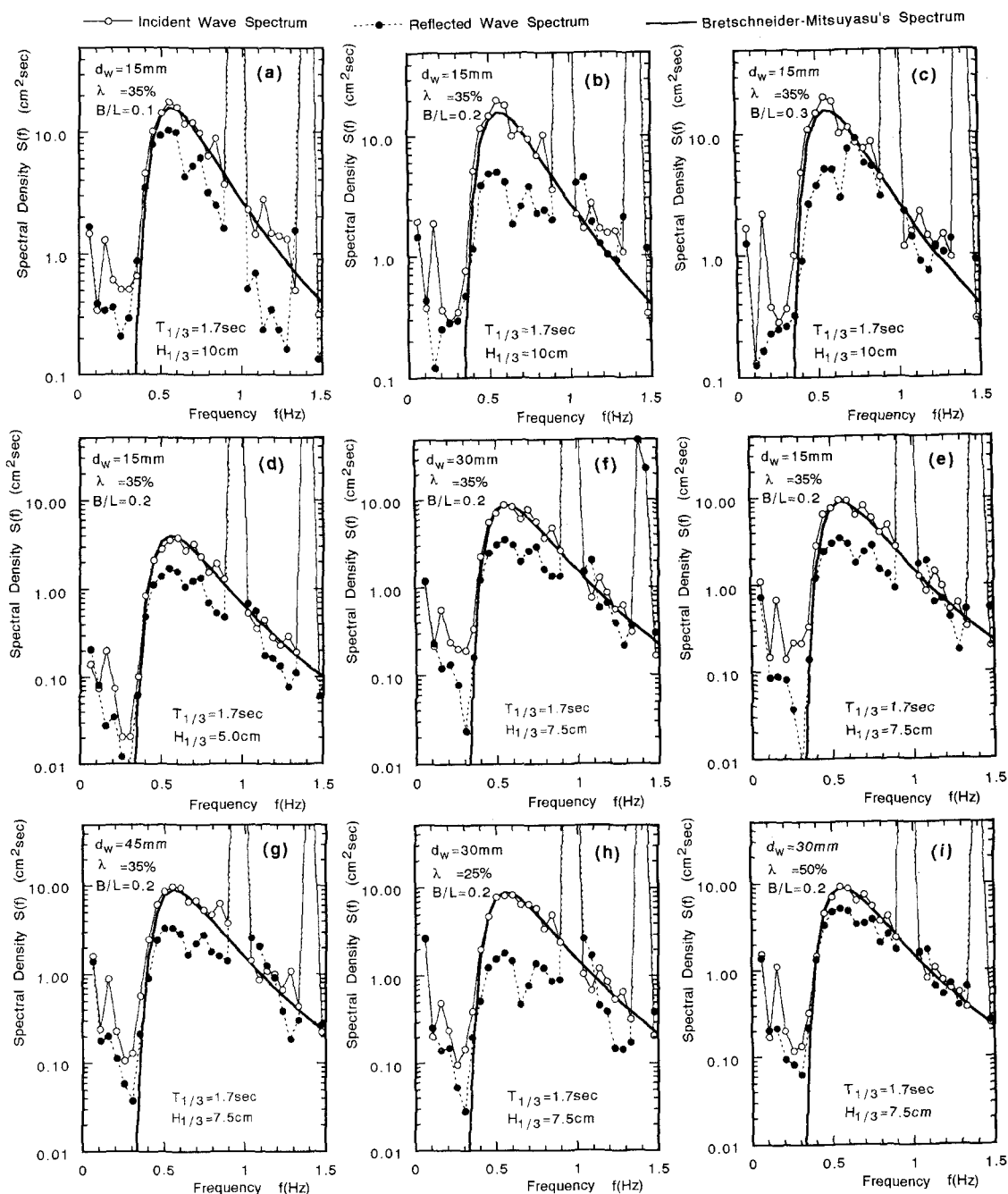


図-2 入・反射波のスペクトル密度

また $\bar{H}$ は式(2)を満足するように決定し、スペクトル計算における平滑化本数は、図-2においては $2p-1=7$ を使用し、 p 番目ごとの計算結果を表示している。反射波のスペクトルについても同様に計算を行った。各図とも $f=0, 1.0$ 及び 1.4 Hz の付近では推定値が著しく過大となっており、計算上における $\sin k \Delta l=0$ の発散の影響が出ている。こうした発散点付近を除くと期待スペクトルと計算スペクトルは比較的良く一致している。

図-3に規則波、図-4に不規則波の各実験値の反射率を示している。ここで、入・反射波のエネルギー E_i 、 E_R はそれぞれ波高の自乗に比例しているの、波高比で定義される反射率 K_R は、式(4)で求めている。また、入・反射波のエネルギー E_i 、 E_R は式(5)で求めている。

$$K_R = \sqrt{E_i/E_R} \text{ ---- (4), } E_i = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_i(f)df, \quad E_R = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_R(f)df \text{ ---- (5)}$$

ここで、入・反射波の推定スペクトル密度 $S_i(f)$ 、 $S_R(f)$ は分離推定法の発散点の影響を最小にするため、式(1)によって平滑化した値ではなく、フーリエ級数の成分波ごとのスペクトル密度を用いている。また、入・反射波のスペクトルの分離・推定においては、図-2で見られたように発散点の近傍を除く周波数帯でのみ有効であり、図-2の結果より下限周波数 $f_{\min}=0.13$ 、上限周波数 $f_{\max}=0.91$ として有効周波数の範囲を決め、

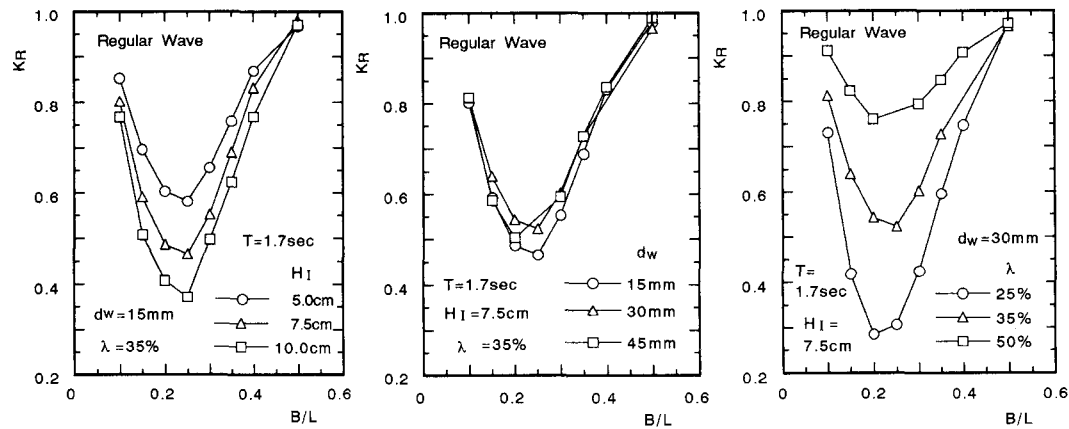


図-3 規則波実験における反射率

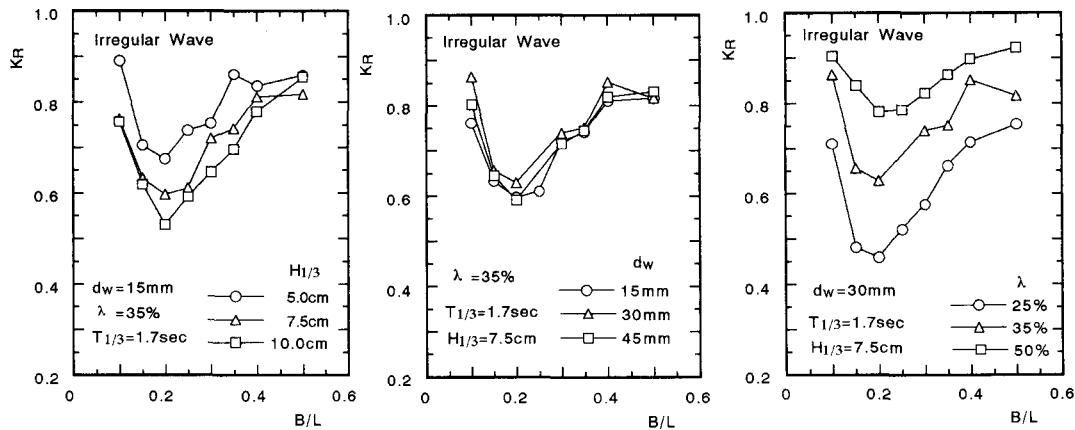


図-4 不規則波実験における反射率

反射率を求めた。また反射率は、波高計NO.1とNO.2、NO.2とNO.3の2組の結果の平均を用いている。

それぞれについて波高、壁厚及び空隙率の影響を示しているが、各図とも規則波及び不規則波のそれぞれの反射率に対する影響は同じような傾向を示している。しかし、反射率の最小値は不規則波の方が規則波よりも大きく、反射率が最小を示す B/L の値は規則波では $B/L=0.25$ 付近であるが、不規則波では $B/L=0.2$ 付近で最小となる。また、規則波では $B/L=1$ と 0.5 の波の腹の位置で反射率がほぼ1になるが、不規則波では $B/L=0$ ではほぼ1に近い値になるが、 $B/L=0.5$ 付近においては周期の長い波の影響で反射率は1より小さくなる。

図-5は、反射率を周波数別に示したものである。但し、反射率としては反射波及び入射波の式(1)による平滑化したあとの分離推定スペクトル密度の比の平方根として求めている。また平滑化本数は、ここでは $2p-1=17$ としている。図-4の反射率が最小値を示す $B/L=0.2$ 付近の各周波数の反射率は有効周波数の範囲内では周波数が大きくなるに従い、反射率は減少しスペクトルのピーク付近で最小をとり、また周波数が大きくなるとともに反射率も大きくなる傾向を示す。これは周波数の変化が B/L の変化に対応しているので図-4と同様の傾向を示すためである。各図とも図-4の不規則波の反射率よりは小さいが、図-3の規則波の反射率よりはまだ少し大きい。

4. あとがき 今回の実験において不規則波における反射率は、波群全体としての平均的な反射率なので、規則波よりも大きな値となる。しかし、 $B/L=0.5$ 付近の反射率は逆にその遊水室幅に適合した周波数の波によって規則波のように $K_R=1$ とはならない。今後、有効周波数の範囲を考慮して実験を行っていきたい。

参考文献

- 1) 近藤一郎・竹田英章：消波構造物，森北出版，1983.
- 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) 合田良実：港湾構造物の耐波設計，鹿島出版会，1990.

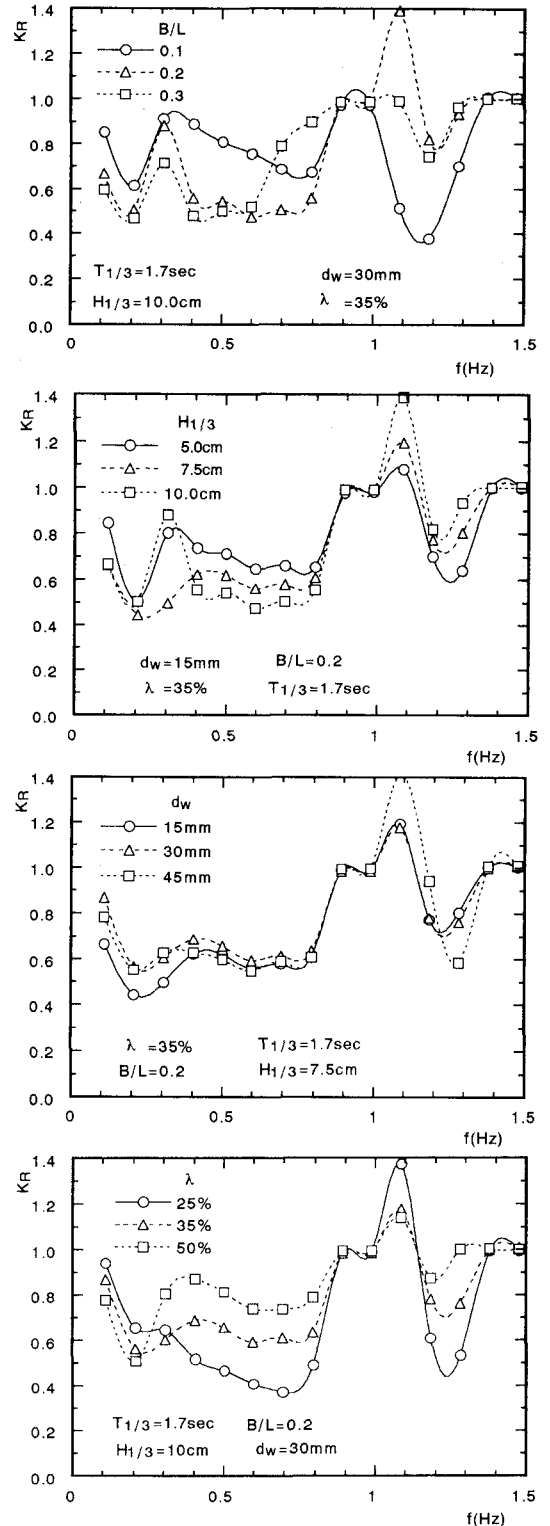


図-5 各周波数成分の反射率