

波高分布に及ぼす平面水槽周辺反射率の影響

浦 島 三 朗*・近 藤 俣 郎**

Reflective Effect of Wave Height on A Wave Basin

Saburo URASHIMA and Hideo KONDO

要 旨

本研究では、平面水槽の周辺反射率による水槽内の波高分布に対する影響、水槽内に構造物を設置したときの平面水槽の周辺反射率による影響について実験的に検討し、水槽内において自由振動が発生し、その大きさは消波工の反射率と関連していることを確認した。

Abstract

In this paper we described our studies of the reflective effects of wave height on a wave basin and list the basic data for wave experiment. Following experiments on a wave basin were made.

1. Wave height in a wave basin
2. Wave height around a offshore breakwater

The free oscillations are generated in a basin, the free oscillation height is related to reflection on wave absorbing works.

1. はじめに

海岸及び港湾構造物を設計する際に、実験によって決定しなければならない要素がまだ多く残されている。近年多くの研究機関において平面水槽が設置され、また多方向不規則波の造波装置も導入されてきている。その際、水槽の側壁からの反射が実験結果に大きな影響を与えることが予想される。平面水槽において実験を行なう場合、波高分布は重要な実験項目の1つとなる。そこで本研究では、平面水槽の周辺反射率による水槽内の波高分布に対する影響、水槽内に構造物を設置したときの平面水槽の周辺反射率による影響について実験的に検討した。

2. 実験設備及び方法

図-1 に実験水槽の概略図を示す。本研究に用

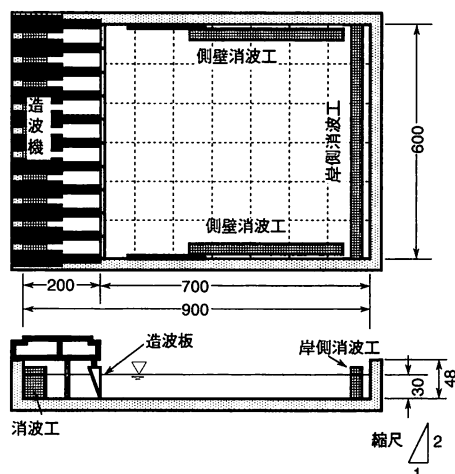


図-1 水槽概要図 (単位: cm)

いた水槽は、平成2年に室蘭工業大学の地域共同研究開発センター (CRD センター) 内に設置され、内側寸法が長さ $L = 9.0\text{ m}$ × 幅 $B = 6.0\text{ m}$ × 深さ $D = 0.48\text{ m}$ の3次元水槽である。造波装置は、日本テトラポッド(株)製の3次元不規則波造波装置

*助教授 土木工学科

**教授 室蘭工業大学

である。11台のピストン型造波機を、10枚の造波板により連結した『スネーク式造波システム』を用いており、造波は位置制御によって行われている。また、水槽周辺からの反射波を軽減するために、図-2に示すような金網式の枠組みにヘチマロン、消波マットを組み合わせた直立式の消波工を設置している。

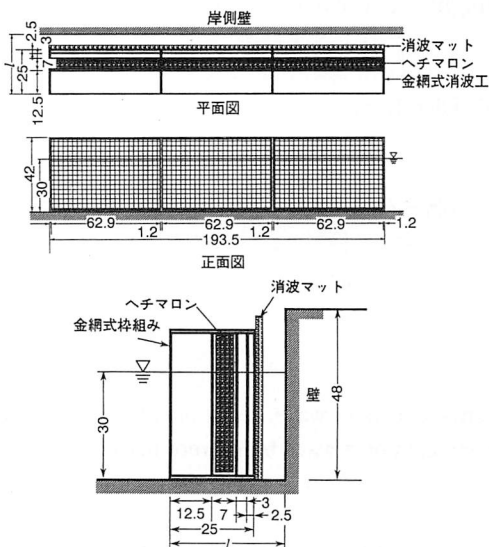


図-2 消波工概要図 (単位: cm)

入射波高の検定には、合田ら¹⁾による分離推定法を用いた。実験は、入射波の周期が $T=0.8, 1.0, 1.2, 1.4$ sec の4種類、入射波高が $H_I \approx 2, 3, 4$ cm の3種類の直進規則波で行ない、水深を $h=30$ cmと一定にした。水槽内では岸側消波工と造波板による再反射によって、波は多重反射系となる。実験では、水槽内において多重反射系の波がほぼ定常状態となった後、80 msec 間隔で、2,048個 (一部1,024個) のデータを収集した。なお不規則波実験における周波数スペクトルには Bretschneider - 光易型のスペクトルを用いた。

3. 実験結果及び考察

3.1 消波工の反射率

測定範囲を大きくとるために、消波工は直立式の消波装置とした。また、消波効果を高めるため岸側消波工は透水層の背後に遊水部を設けている。消波工の全幅 l に対する規則波の反射率 K_R を図-3に示す。周期が長くなるにつれて反射率は大きくなり、最適な遊水室幅で反射率は最小値をと

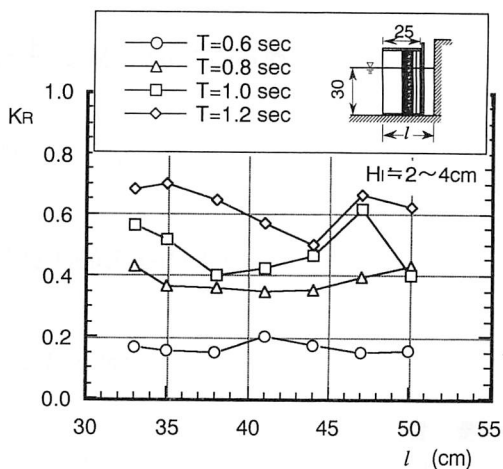


図-3 規則波による消波工の反射率

る傾向が見られる。一般的に最適な遊水室幅は周期によって異なるが、本実験の範囲内では $l=44$ cm程度が最適な消波工の配置と考えることができる。またこの時の反射率は、 $T=0.8$ から 1.2 sec においてはほぼ $K_R=0.3$ から 0.5 程度である。

不規則波についても同様の実験を行い、その結果を図-4に示す。不規則波の反射率は、入・反

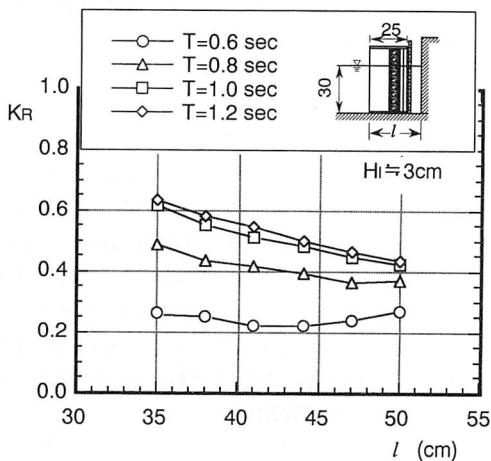


図-4 不規則波による消波工の反射率

射波のエネルギー E_I および 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は次式となる。

$$K_R = \sqrt{\frac{E_R}{E_I}} \quad (1)$$

ここで、 E_I および E_R は推定スペクトルの積分として次式で求められる。

$$E_I = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_I(f) df \quad (2)$$

$$E_R = \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} S_R(f) df$$

ここで、 $S_I(f)$ 、 $S_R(f)$ は入・反射波の推定スペクトル密度である。但し、分離推定法の発散点の影響を最小にするため、 $S_I(f)$ 、 $S_R(f)$ は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として次式を用いている。

$$S_I(f) = \frac{1}{2} a_I^2(m) N \Delta t \quad (3)$$

$$S_R(f) = \frac{1}{2} a_R^2(m) N \Delta t$$

ここで、 $a_I(m)$ 、 $a_R(m)$ は分離後の m 番目の入・反射波の振幅である。

不規則波の反射率は一般的に規則波の反射率よりも大きくなっている。これは不規則波の反射率は波群全体のエネルギー比で反射率を定義しているためである。

3. 2 水槽内の波高分布

水槽内の波高分布を調べるため、図-5に示すように波高計を波の進行方向 (Y 方向) に対して20cm間隔、またその直角方向 (X 方向) に30cm間隔で設置した。図-6に縦断方向、図-7に横断方向の波高分布を示す。水槽内の波高分布は図-6に示されるように岸側消波工からの反射による部分重複波を形成しているが、図-7に見られるように水槽内の自由振動も同時に発生している。図中の実線は水槽内の自由振動を考慮して波高分布を計算したものである。岸側消波工の反射率 $K_R = 0.5$ 、 $\delta = -3\pi/16$ 位相とすると、水槽中央の縦断方向の波高分布はほぼ実測値と一致する。横断方向の振動モードは実測値の波高分布から

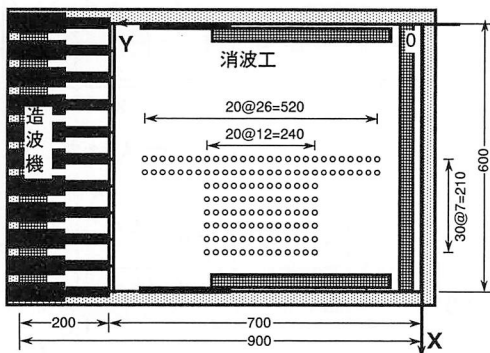


図-5 波高計配置図 (単位: cm)

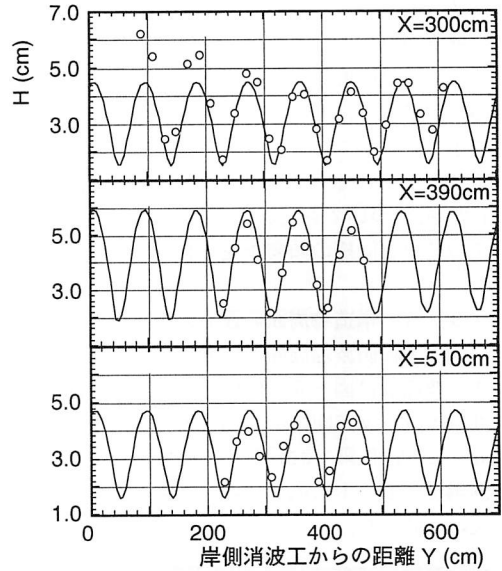


図-6 自由振動を考慮した縦断方向の波高分布
($T=1.2$ sec, $H_I=3$ cm, $K_R=0.5$,
 $\delta=-3\pi/16$
($m=3$, $n=8$, $H_{mn}=1.5$ cm))

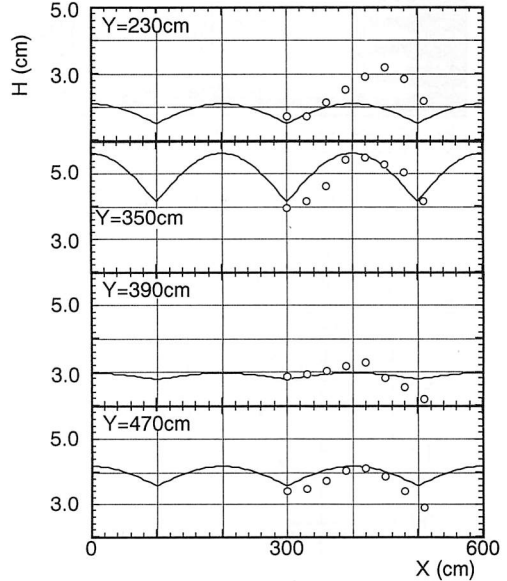


図-7 自由振動を考慮した縦断方向の波高分布
($T=1.2$ sec, $H_I=3$ cm, $K_R=0.5$,
 $\delta=-3\pi/16$
($m=3$, $n=8$, $H_{mn}=1.5$ cm))

$m=3$ と考えられ、これより縦断方向の振動モードは $n=8$ となり、自由振動の波高を $H_{mn}=1.5$ cm とすると水槽内全体においてほぼ実測値と

一致する。しかし側壁消波工付近では消波工による抵抗のため、縦断方向に中央部とは位相が異なる。また自由振動の波高と入射波高の比が消波工の反射率とほぼ等しいことから、消波工の反射率を小さくすることによって、自由振動も小さくすることができるものと考えられる。周期 $T=0.8$, 1.2 sec についても実験を行っているが、図-6, 7の結果と同様の傾向が見られる。

3.3 構造物周囲の波高分布

図-8に防波堤周囲の波高分布の側定位置を示す。波高計は図-5と同様に防波堤の周囲を波の進行方向 (y 方向) に20cm, その直角方向 (x 方向) に30cm間隔で設置した。防波堤は直立式の不透過堤で長さ151cm, 幅35cm, 高さ35cmで水槽中央に設置した。

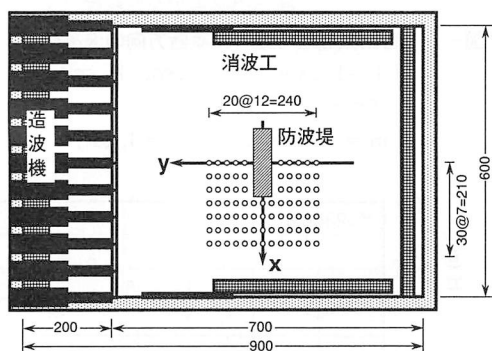


図-8 波高計配置図 (単位: cm)

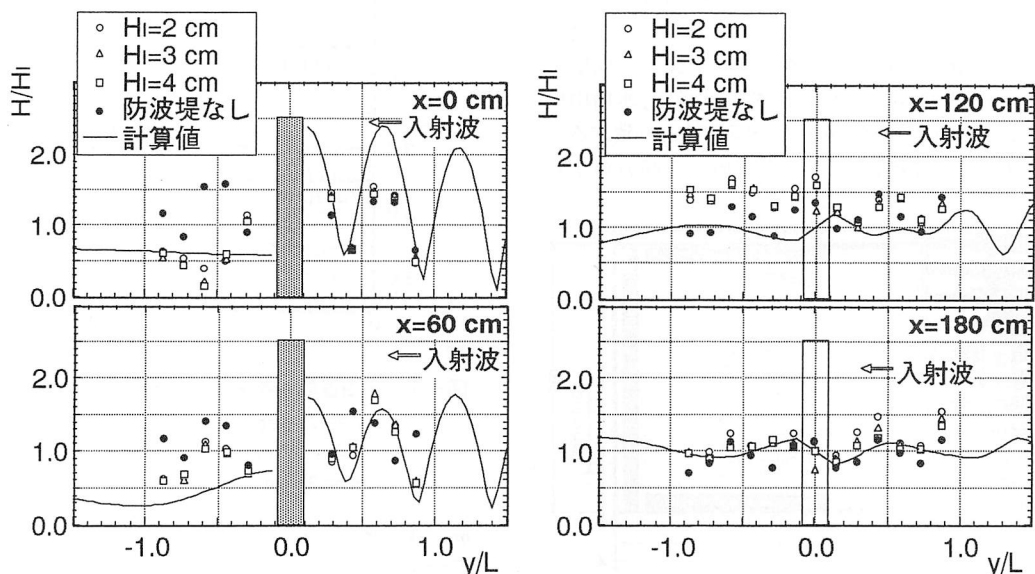


図-9 防波堤周辺の縦断方向の波高分布 ($T=1.0$ sec)

図-9に防波堤前方における波の進行方向に対する波高分布の一例を示す。横軸は測定位置の座標値を波長で無次元化した距離, 縦軸は実測波高を入射波高で無次元化した波高比をとっている。また実験結果との比較のための数値計算の結果を実線, 防波堤がないときの波高比を黒丸で示している。なお防波堤がないときの入射波高は $H_i = 3$ cmである。数値計算には, 高山²⁾による『島堤による回折計算』を用いた。この計算は近似計算であり, 防波堤の奥行きは非常に薄く, 防波堤のまわりは無限に広がっているものと仮定している。また数値計算においては入射波高によって波高比は変化せず, 防波堤による任意の反射波を考慮することができる。ここでは実験に用いた模型が直立式の完全不透過堤であることから, その反射率を $K_R = 1$ として計算を行った。

図-9の各図より, 入射波高 $H_i = 2$ cm, 3 cm, 4 cmによって波高比の分布形状は数値計算の仮定と同様に, ほとんど変化しないことがわかる。防波堤前方 ($y \geq 0$) における $x \leq 75.5$ cmの範囲では, 図の $x = 0$ cm, 60 cmにみられるように, 入射波と防波堤による反射波によって重複波が形成される。この部分では周りの消波工の影響をそれほど強く受けていない。 $x \geq 75.5$ cmの範囲においても, 図の $x = 120$ cm, 180 cmにみられるように実験値は腹と節を持つような重複波の形状を示している。この範囲は入射波と防波堤による散乱波によって1前後の波高比を形成すると考えられるが, 実験値

の波高分布は防波堤がないときの波高分布とほぼ同様の値を示していることから、水槽の岸側消波工による反射波の影響を受けているものと思われる。

防波堤後方 ($y \leq 0$) における $x \leq 75.5\text{cm}$ の範囲においては、図の $x = 0\text{cm}$, 60cm にみられるように、実験値は腹と節を持つ重複波的形状を示している。しかしこの範囲では岸側消波工と防波堤による相互の反射により防波堤がないときの波高分布とは異なる。また $x \geq 75.5\text{cm}$ の範囲においては、防波堤がないときと同じ様な波高分布を示し、防波堤から離れるに従い実験値もほぼ同じ値になる。

4. ま と め

水槽内において自由振動が発生し、その大きさ

は消波工の反射率と関連している。直進規則波の場合、構造物正面は側壁消波工の影響をあまり受けない。またその他の範囲においては水槽の周辺消波工による影響を受けるが、事前に構造物を設置しない時の波高分布を測定することにより、水槽の周辺消波工による影響をある程度考慮することができる。しかし構造物の背後は岸側消波工と構造物の相互の反射になるので、その機構についてさらに検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 合田良実, 鈴木康正, 岸良安治, 菊池 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
- 2) 高山知司: 波の回折と港内波高分布に関する
研究, 港湾技研資料, NO.367, 1981.
(平成6年11月30日受理)

