

II-60

長方形水槽における波高分布特性

室蘭工業大学大学院 学生員 樋口 哲哉
 室蘭工業大学工学部 学生員 中村 友邦
 室蘭工業大学工学部 正会員 近藤 俊郎
 苫小牧工業高等専門学校 正会員 浦島 三郎

1. はじめに

近年、三次元不規則造波システムが各研究機関に導入されている。三次元不規則造波システムによる種々の実験を行うにあたり、実験水槽における造波特性を把握しておく必要がある。本学においても平成4年度に導入され、その性能について研究を行ってきた¹⁾。しかし、小規模な実験水槽のため側壁消波工の容積が制約されたので、あまり良い消波効果を得ることができず、造波性能特性の十分な検討が出来なかった。平成6年度に大型な実験水槽が完成し効率的な側壁消波工が得られている²⁾。本研究では本実験水槽における造波特性について水槽内の波高分布特性に着目し、波高分布を実験的に調べるとともに水口³⁾による造波理論から求めた計算値との比較を行い、その性能について考察する。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置

実験に使用した三次元不規則造波装置(日本テトラポット(株))は、造波板間の接続部で駆動するリンク型であり、11基のピストン型の造波機を10枚の造波板によって連結して構成され、それぞれの造波機を独自に制御、可動することによって多方向不規則波の造波を可能にしたものである。リンク型の造波機は離散型(サーベント型等)のものに比べ、斜め波の造波が効率的とされている⁴⁾。

実験水槽(図-1)

の内側寸法は長さ20m、幅7.6m、深さ0.7mである。造波機は水槽水底から22cmのステップ上に設置されている。また、水槽内側壁沿いには反射波軽減のために金網式直立消波工を設置し、造波機後方にはブロック壁を設置している。測定には容量式波高計を用い、

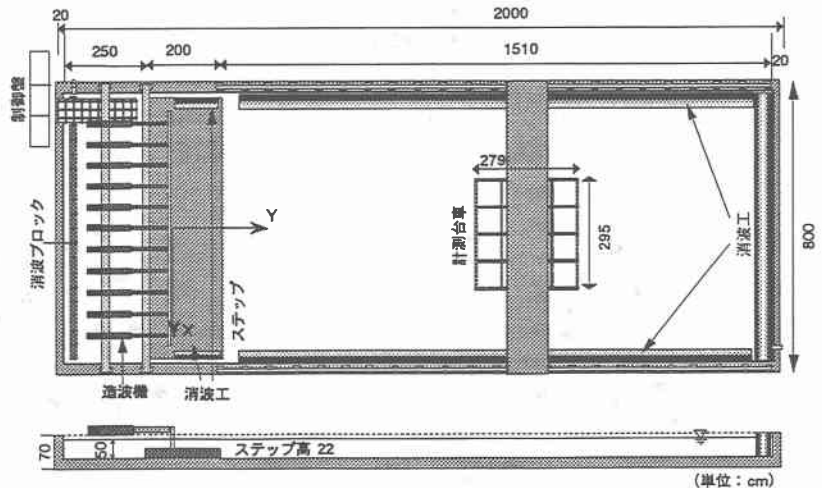


図-1 実験水槽の概略図

水槽に完備されている計測台車によって移動している。

Characteristics of Wave Height Distribution in a Rectangular Basin with Random Wave Generator by Tetsuya Higuchi, Tomokuni Nakamura, Hideo Kondou and Saburou Urashima

2.2 実験方法

2.2.1 ステップによる屈折角度の測定

波高分布の測定を行うにあたり、斜め入射する波がステップにより屈折するため、設定した波がどの程度屈折するかを実験的に調べ、スネルの式による計算値と設定波向き角度との比較を行った。実験ではステップ上とステップ以降において4本の波高計により星型アレイを組み方向スペクトルを算出しそのピーク波向きを主波向きとした。また、吸収制御と位置制御による設定波向き角度の再現性の変化について調べるため、周期 $T=0.8\text{sec}$ の場合に関して両方の制御による実験を行った。実験は規則波($T=0.8, 1.0, 1.2\text{sec}$)で行い、角度を 45° から 70° のものについて行った。測定は造波開始から10秒後に開始し、サンプリング間隔を80msecとして1024個のデータを収集した。

2.2.2 波高分布の測定

水槽内の波高分布状況を調べるために波高計を30cm間隔に格子状に設置し、その地点での波高を測定した。実験は規則波($T=0.8, 1.0, 1.2\text{sec}$)と不規則波($T_{1/3}=1.2\text{sec}$)で行い、入射波高を3cmとした。測定は造波開始から100秒後に開始し、サンプリング間隔80msecで2048個のデータを収集した。尚、入射波高の検定には合田らの分離推定法を用いている。

理論計算値には水口による式を用いており、(1)式~(6)式に示す。ここで、式中の N_0 と J_0 は0次のノイマン関数とベッセル関数を表しており、 A は造波機のスト

$$\eta = a \sum_{j=-N}^N A_j \{ N_0 \sin(\alpha t + \varepsilon_j) + J_0 \cos(\alpha t + \varepsilon_j) \} \quad (1)$$

$$a = \frac{2 \sinh^2 kd}{\sinh 2kd + 2kd} \quad (2)$$

$$N_0 = \int_{-\pi}^{\pi} (1 - |q'|) N_0(\theta') dq \quad (3)$$

$$J_0 = \int_{-\pi}^{\pi} (1 - |q'|) J_0(\theta') dq \quad (4)$$

$$A_j = A \cos \beta, \quad \varepsilon_j = j k w \sin \beta, \quad j = -N \sim N \quad (5)$$

$$q' = \frac{q}{kw}, \quad \theta' = \sqrt{(k(x-x_0) - q)^2 + (ky)^2} \quad (6)$$

ロークの振幅、 N は造波板の枚数の $1/2$ 、 ε_j は隣合う造波機間の位相差である。

ステップ以降における波高の算出には簡易のため上式に伝達率 K_T を乗じて求めることとした。ここで、伝達率 K_T は長波理論によって求めるものとし(7)式に示す。また、入射角と屈折角の関係は(8)式のスネルの式によるものとし図-2に示すように定義している⁵⁾。

$$K_T = \frac{2C_1 \cos \alpha_1}{C_1 \cos \alpha_1 + C_2 \sin \alpha_2} \quad (7)$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \quad (8)$$



図-2 屈折の模式図

不規則波については数地点において周波数スペクトルを測定し、設定スペクトルとの比較を行った。設定スペクトルはBretschneider-光易型スペクトルを用いている。(9)式、(10)式にその算定式を示す。

$$S(f) = 0.257 H_{\frac{1}{2}}^2 T_{\frac{1}{3}}^2 (T_{\frac{1}{3}} f)^{-5} e^{-A} \quad (9)$$

$$A = -1.03 (T_{\frac{1}{3}} f)^4 \quad (10)$$

3. 結果と考察

3.1 ステップによる屈折角度の測定

実験結果を図-3に示す。周期 $T=0.8\text{sec}$ の場合、吸収制御と位置制御の両方においてステップ上もステップ下とも設定波向き角度及びスネル式による計算値が比較的再現されており、吸収制御と位置制御における設定波向き角度の再現性はあまり変わらないと考えられる。

周期 $T=1.2\text{sec}$ の場合、ステップ上では全体的に $5^\circ\sim 15^\circ$ の違いがみられるものの、ステップ下ではスネルの式による計算値を比較的再現している。また、スネル則によると屈折角度は設定波向き角度より小さくなるが、実験値は大きくなる場合がある。これは側壁からの反射波が影響しているものと思われる。

3.2 波高分布の測定

直進規則波について周期 $T=0.8\text{sec}$ の実験結果を図-4に示す。波高分布の形状は水槽の幅方向についてみると全体的に中央付近が盛り上がり、側壁に近くなるにつれ低くなる傾向がみられ、また、岸側側壁に近づくにつれ盛り上がり部分の幅が狭くなる。これは本実験水槽では造波機の両端から側壁まである程度の幅があり、そこからの波の供給がないため波が進行するに従い、波のエネルギーが減衰するためと思われる。

計算値と実験値との比較を行った結果を図-5、図-6に示す。三次元水槽では直進規則波を造波しても一様な波高分布を得ることは難しい。これは造波板の長さが有限のため端部において回折が起こるためである。結果ではY方向、X方向とも計算値と実験値がよく一致しているが、精密な実験を行うためにも一様な波の場を得ることが必要である。

斜め規則波について周期 $T=0.8\text{sec}$ の実験結果を図-7に示す。波高分布の形状から水槽の幅方向に定常波が生じていることがわかる。現段階では斜め入射する波に対する側壁消波工の反射率を測定できていないが斜め波に関する実験では、より効率的な側壁消波工を設置することが必要である。

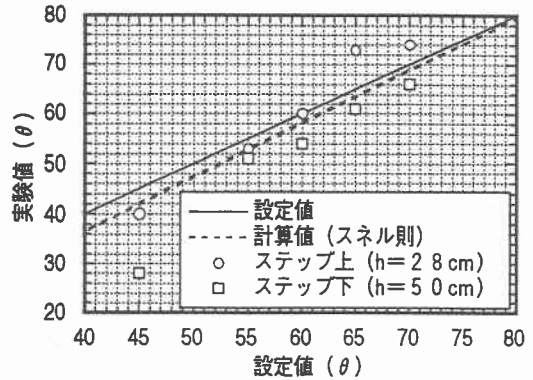


図-3 設定波向き角度と屈折角度

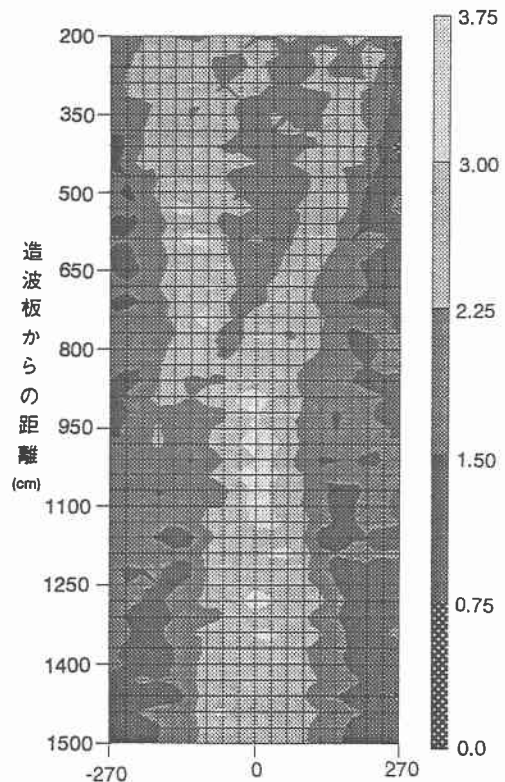


図-4 波高分布図($T=0.8\text{sec}$)

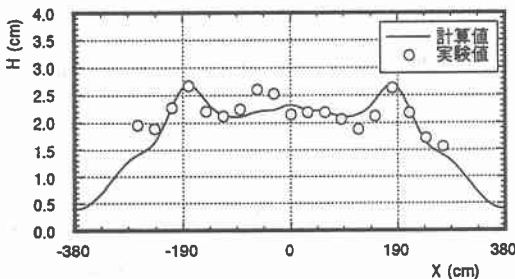


図-5 横断方向の波高分布図($T=0.8\text{sec}$, $Y=200\text{cm}$)

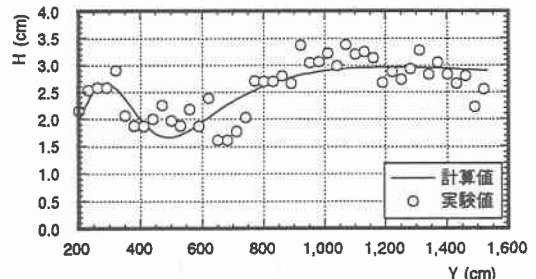


図-6 縦断方向の波高分布図($T=0.8\text{sec}$, $X=0\text{cm}$)

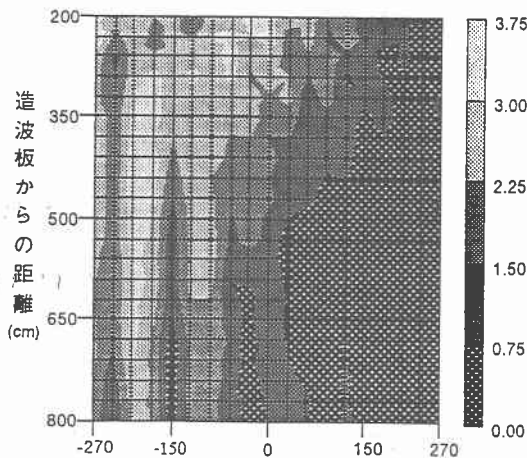


図-7 斜め規則波の波高分布
($T=0.8\text{sec}$, $\theta=60^\circ$)

直進不規則波における波高分布は規則波に比べ全体的に安定した波浪の場が再現されている。また、不規則波の場合、波高値よりもむしろスペクトルが重視される。図-8は造波信号作成時に設定した周波数スペクトルと測定して得られたものとの比較を行ったものである。実験結果から実験値は設定値より高周波数の部分がやや小さいもののピークの位置はほとんど一致しており、全体的に設定波浪を再現しているものと考えられる。

4. 結論

本実験水槽のように段差がある場合、波の屈折を考慮しなければいけないが、 $T=0.8\text{sec}$ に関してその目安となるスネルの式を比較的満足してと思われる。波高分布については計算値と実験値が良く一致しており、造波板端部からの回折波が波高分布に大いに影響していることがわかった。不規則波については全体的に設定波浪が再現できていることがわかった。

参考文献

- 1) 浦島・近藤・木村・梅沢(1994): 平面水槽の波高分布に及ぼす側壁反射率の影響, 土木学会道支部論文集, 50, 630-633
- 2) 中村・近藤・梅沢(1995): 複数透水層を有する直立不透過堤の反射率, 土木学会道支部論文集, 51
- 3) 水口 優(1993): 連続型多方向造波装置の造波理論と様な波の場, 中大理工紀要, 36, 21-37.
- 4) 今井・池谷・岩瀬(1990): パネルセグメント型造波装置の造波特性, 鹿島建設技術研究所年報, 38, 147-154
- 5) 尾崎・八畝・村木・近藤・佐伯(1987): 概説海岸工学, 森北出版株式会社, pp. 53-54

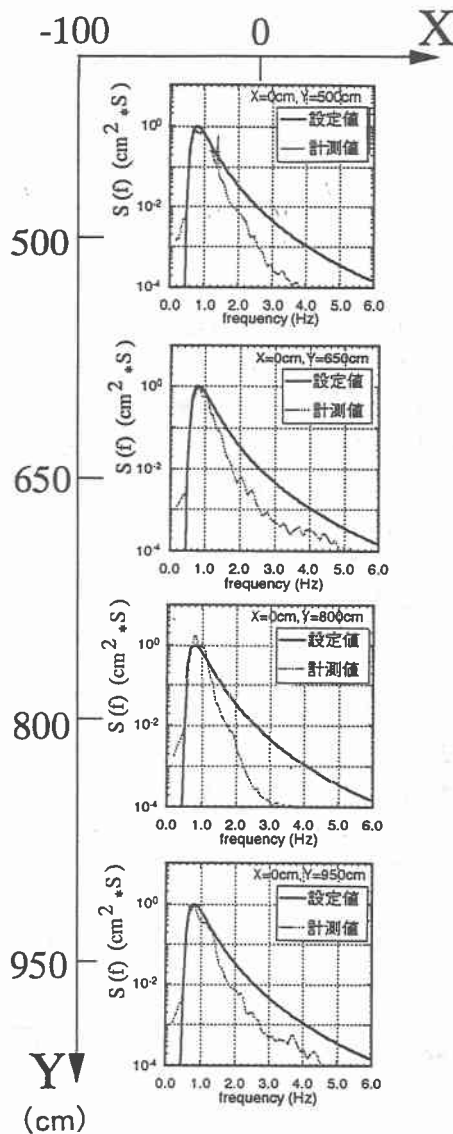


図-8 水槽内各地点における周波数スペクトル
($T_{1/3}=1.2\text{sec}$)