

【3】実験結果と考察

(1) 波高比と周期比

各実験ケースにおいて、水深が浅くなるにつれて波高と周期がどのように変化するかについてまとめたのが図-3.1～3.4である。これらの図は $H_{1/3}=3.3\text{cm}$ の時について、 $T_{1/3}=0.77, 1.55\text{sec}$ の二つのケースについて示してある。図中に示される各記号の定義は以下の通りである。

$$\begin{aligned} H_{max} &= \frac{\text{各WGの } H_{max}}{(\text{各WGの } H_{max})_{max}}, & T_{max} &= \frac{\text{各WGの } T_{max}}{(\text{各WGの } T_{max})_{max}}, \\ H_{1/3} &= \frac{\text{各WGの } H_{1/3}}{(\text{各WGの } H_{1/3})_{max}}, & T_{1/3} &= \frac{\text{各WGの } T_{1/3}}{(\text{各WGの } T_{1/3})_{max}}, \\ \bar{H} &= \frac{\text{各WGの } \bar{H}}{(\text{各WGの } \bar{H})_{max}}, & \bar{T} &= \frac{\text{各WGの } \bar{T}}{(\text{各WGの } \bar{T})_{max}}, \\ H^* &= \frac{\text{各WGの } H_{1/3}}{\text{設定値の } H_{1/3}}, & T^* &= \frac{\text{各WGの } T_{1/3}}{\text{設定値の } T_{1/3}}. \end{aligned}$$

これらの図から波高については周期 0.77sec （短周期）の方が、波が岸側（WG1からWG6へ方向）に接近するにつれて各WGでの波高が減少傾向にあり、特に H_{max} はWG2以降の減少が大きい。それに対し周期 1.55sec （長周期）では各波高においてWG1からWG3にかけて緩やかに波高が増加しており、その後は H_{max} を除いてほぼ一定の値をとる。波高変化については短周期の方が波高比の低下の度合が大である。周期の変化については周期 0.77sec 、周期 1.55sec のいずれについても周期の値が大きくなる傾向を示している。また $T_{1/3}$ を比較してみるとその増加の割合は長周期の方がやや大きい。つまり周期変化については波高の場合とは逆に長周期の方が斜面の影響を受け易く周期が長くなる。ただし H_{max} と T_{max} については各ケースによって異なった変化をしている例も幾つか見られた。また同一周期で波高が異なるデータの比較も行ったが、波高の差による影響はほとんど認められなかった。

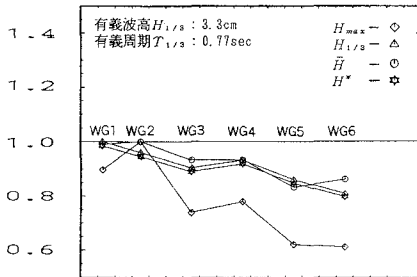


図-3.1 波高変化 ($T_{1/3}=0.77\text{sec}$)

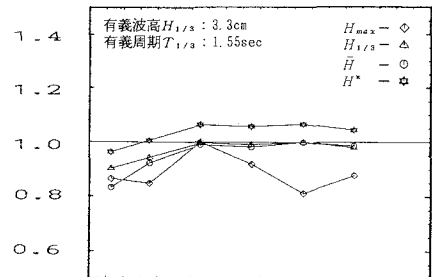


図-3.2 波高変化 ($T_{1/3}=1.55\text{sec}$)

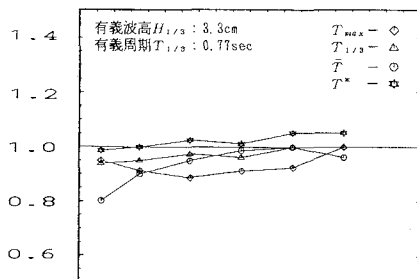


図-3.3 周期変化 ($T_{1/3}=0.77\text{sec}$)

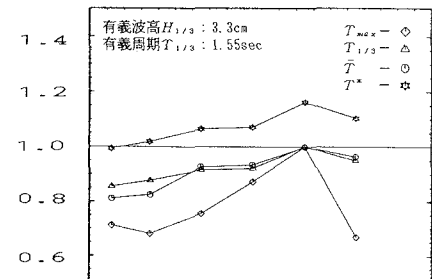


図-3.4 周期変化 ($T_{1/3}=1.55\text{sec}$)

(2) 波高分布

各WGで観測される波の波高がどのような構成をしているのか示すために図-3.5に波高分布図を示した。ここで示される図の縦軸 $p(H/\bar{H})$ は以下に示される関数である。

$$p(H/\bar{H}) = \frac{n}{N_0 \cdot \Delta(H/\bar{H})}$$

ただし、 n ：各階級の波高度数。

N_0 ：総波数。

$\Delta(H/\bar{H})$ ：波高比の区間幅。

ここに示したのは $H_{1/3}=3.30\text{cm}$ 、 $T_{1/3}=1.29\text{sec}$ の波の波高分布である。WG1からWG2までは比較的レーリー分布に適合するようなグラフの形状を示しているが、WG3からWG6にかけてはその分布形は第一ピークの値が減少し、他の値が増加することでその形状は乱れ結果としてレーリー分布には適合しなくなっている。砕波をする以前の不規則波の分布はレーリー分布によく合うことが知られているが、このケースでは砕波が起こっていないことを考えると、砕波が生じなくても斜面による水深の減少によって浅水変形を生じ波高が小さくなり、この結果波高の分布が乱れレーリー分布に対応しなくなることが解る。紙面の都合上他のデータについては割愛するが、それらのデータについては不規則波の持つ非線形性の影響などでそれぞれの分布形がすべて上述のような変形過程をたどるものではなく、その規則性を見いだすことは難しい。

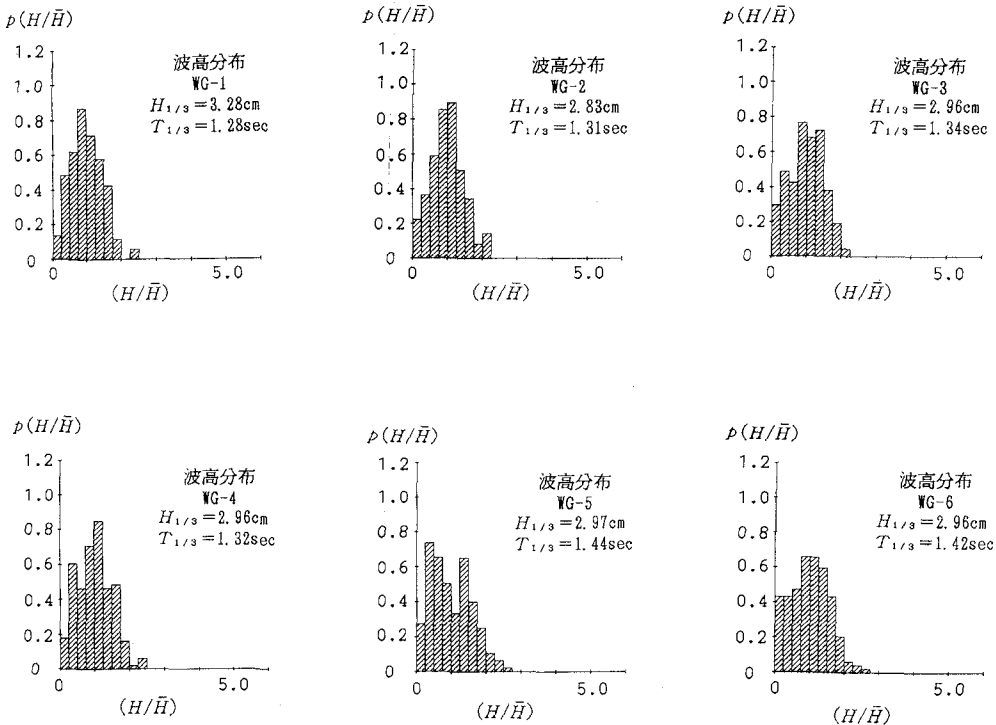


図-3.5 波高分布

(3) 各WGのパワースペクトルの比較

各WGで計測された波形についてパワースペクトルを計算したものが図-3.6である。これらの図は $H_{1/3}=3.3\text{cm}$ 、 $T_{1/3}=0.77\text{sec}$ のケースについて示したものである。図から言えることは①0.2Hz付近に第一ピークが現れていることで、これは水槽の持つ固有周期（長さ）と関係があるものと思われる。②第二ピークが基本周波数（ $0.77\text{sec}\rightarrow 1.30\text{Hz}$ ）付近において現れこのパワースペクトルの値が最大となること。③第二ピークの値はWG1～WG6にかけて徐々に減少していること。④2.5Hz～4.0Hzにかけて不連続なピーク帯（第三ピークと呼ぶ）が形成され、波が岸に近付くにつれてその値は小さくなりWG4以降ではほとんど観測されなくなる。これは造波板が動く時に造波周期に関係無く生じる特有のスペクトルと思われる。⑤5Hz以降にパルス的なピークが幾つか見られるがこれはWG1からWG2の間で急激に増加し、WG3～WG6までほぼ一定である。これらのピークの持つ周期は極めて小さいことからこれらは造波の際に生ずる細かなびり波、あるいは水槽システム全体の高次固有振動周期等が原因と思われる。⑥第二ピーク以降のパワースペクトルの値はWG1～WG5にかけて全体的に減少するが（⑤に挙げたパルス的なピークは除く）WG6では若干増加している。これは（1）のデータを裏付け、波高が減少することを表している。

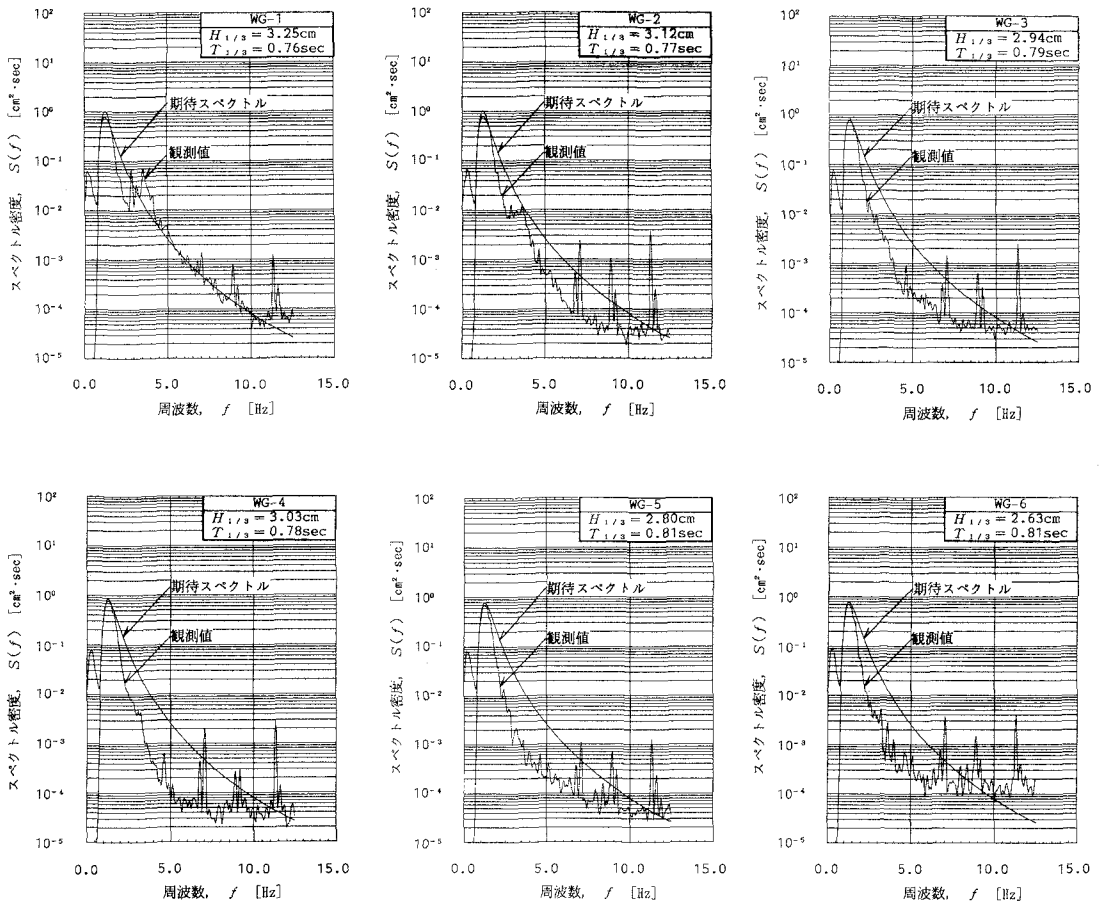


図-3.6 パワースペクトル ($H_{1/3}=3.3\text{cm}$, $T_{1/3}=0.77\text{sec}$)

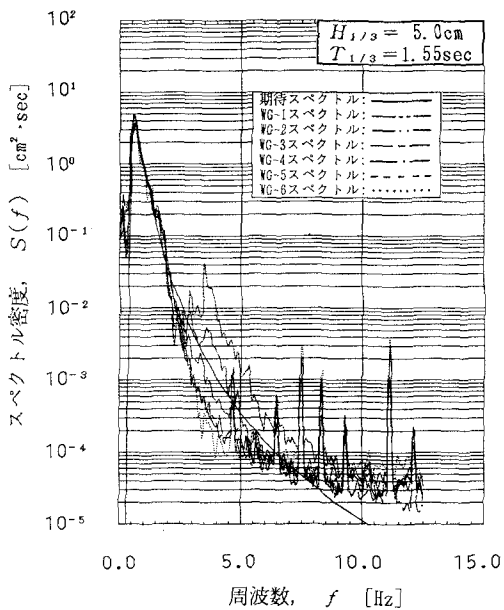
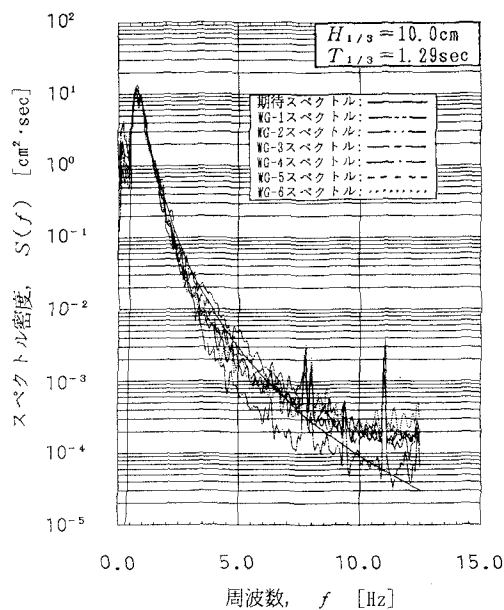
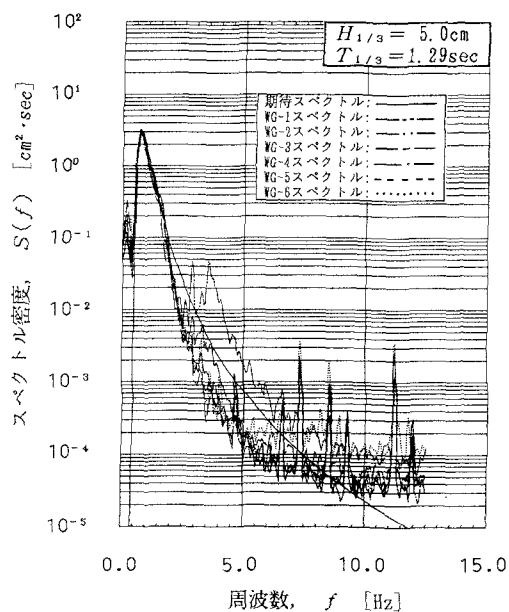
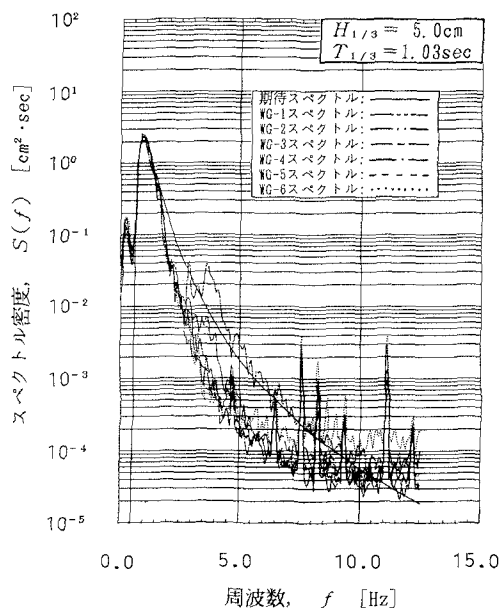


図-3.7 パワースペクトル (重ね合わせ)

(4) 各ケースでのパワースペクトルの比較

次に各実験ケースごとのパワースペクトルをWG1～WG6まで重ねて表したのが図-3.7である。始めに $H_{1/3}=5.0\text{cm}$ で $T_{1/3}=1.03, 1.29, 1.55\text{sec}$ といった有義波高が等しく有義周期が異なる3つケースを比較すると、概ね(3)で取り上げたような項目についてはこれらの間に有意な差は認められない。また(3)と異なる点としてはいずれのケースでもWG2以降4.5Hz付近にピークが形成されることが挙げられる。有義周期が異なることによる影響は各WGにおける第二ピーク以降のスペクトルの変化に現れ、長周期になるにつれて岸側のWGのパワースペクトルが期待スペクトルに沿うようになる。これは周期の変化は長周期側でやや大きくなる傾向が見られるものの、両者の差はそれほど認められないが、長周期になるにつれ波高はやや高くなり、短周期では逆に波高の値が小さくなることから周期によって波高変化が異なることの影響と考えられる。

一方、有義周期が等しく有義波高が異なる $T_{1/3}=1.29\text{sec}$ 、 $H_{1/3}=5.0, 10.0\text{cm}$ の二つのケースを比較すると有義波高の大きいほうが第一ピークと第二ピークの値が近くなり、また期待スペクトル値に対しどのWGのパワースペクトルでも比較的良く適合している。しかしこのケースではWG4付近で幾つかの碎波を含んでいた影響として第二ピークが二つに割れている。両者の違いは第三ピークが有義波高の小さい($H_{1/3}=5.0\text{cm}$)方に現れ、大きい($H_{1/3}=10.0\text{cm}$)方には現れないことで、これより第三ピークは有義波高が小さいほど現れ易いものと考えられる。更に第二ピーク以降のパワースペクトルの減少も有義波高が小さいほうが大きく、同じ有義周期であれば有義波高の大きいほうがパワースペクトルの値は維持され易いと考えられる。

【4】あとがき

近年の技術的進歩に伴い水理実験を取り巻く環境も著しく改善されつつあり、不規則造波装置も、目的とする実海域の不規則波浪をかなり忠実に再現することが可能になっている。しかし、その精度を向上させることは、波浪模型実験により正確なデータを与えることを可能にすることから重要な意味を持ってくる。

本論文では本学の不規則造波装置について斜面上における造波特性について波浪変形の実験を行い二三の考察をしてきたが、今後は水槽内の斜面を延長し不規則波を碎波の過程まで再現し、そのデータから更に詳しい波の変形過程を調べ、本装置の造波特性を明らかにしていきたいと思う。

本研究に際して日本テトラポッド・システム事業開発班の小山裕文主任、大成建設・技術開発部・海洋開発室の酒井雅史主任にご支援いただいたことに謝意を表します。

最後に本論文の作成にあたり本学4年生の杉浦直樹君、成田厚志君、山陰政博君の快い協力を得ることができましたことにも深く感謝致します。

[参考文献]

- 近藤俊郎・竹田英章：消波構造物，森北出版，1983.
- 合田良実：港湾構造物の耐波設計，鹿島出版会，1990.
- 尾崎晃・八鍬功・村木義男・近藤俊郎・佐伯浩：概説海岸工学，森北出版，1987.
- 岩垣雄一・酒井哲郎：水深変化による不規則波の変形について，第26回年次学術講演会講演集 第2部，土木学会，1971.
- 岩垣雄一・酒井哲郎：水深変化による不規則波の変形について(2)，第27回年次学術講演会講演集，第2部，土木学会，1972.
- 間瀬肇・松本明男・松本和伸・岩垣雄一：波群特性が異なる不規則波の浅水・碎波変形特性，第33回海岸工学講演会論文集，土木学会，1986.
- 加藤一正：波の連なりが構造物に与える影響，港湾11月号，1990.