

一方向波列における最大波高に関する研究

岐阜大学 正会員 安田孝志 学生会員 森 信人・○川口浩二

【1. 緒言】

最大波高 H_{max} は、波浪が設計外力となる場合の最大値を与えるため、それを正しく推算することは設計上重要である。また、 H_{max} が何によって決まるかという問題は、波高の増幅と砕波という波の根本問題にも関わっている。そこで、ここでは、広範なバンド幅を持つ不規則波を水槽内に発生させ、伝播過程での H_{max} の空間変化を調べ、 H_{max} の変動特性とそれに関わる波浪諸元との関係について検討する。

【2. 水槽実験の概要と実験条件】

実験は、図-1 に示す西松建設(株) 技術研究所の片面ガラス張りの水槽 (1m×2m×65m) を使い、表-1 に示す初期統計量を持つ Wallops 型スペクトルの不規則波を発生させて行った。計測は造波板に取り付けたものを含めて8台の容量式波高計を用いて行い、サンプリング間隔 0.025(s) で AD 変換を行って解析処理した。

【3. 波形とその統計量の空間変化】

まず、 H_{max} を伴う波列の空間変化について調べるため、代表例として D051 および D501 について主要測点間の波形比較を図-2 に示す。波列の全体としての形状は余り変わらないが、最大波の波高は場所的に大きく変化し、測点間での対応は認められない。これは、Freak wave のような最大波の形成が偶然的な干渉によることを示唆するものと言える。ついで、測点 WG2 での $k_p a$ の値が 0.13 ~ 0.14 で、かつ初期スペクトルの m の値が 5 ~ 100 のケースについて $H_{1/3}$ および $H_{max}/H_{1/3}$ の空間変化を図-3 に示す。これから、 $H_{1/3}$ の値は単調に減少するのではなく、 $m=50$ を除いていずれも測点 WG3 あるいは WG4 において極値を持つことがわかる。こうした $H_{1/3}$ の増減の原因としては、水槽実験に起因する統計的変動が考えられるが、なお検討の必要はある。さらに、 $H_{max}/H_{1/3}$ について見ると、 $m=100$ を除いて測点間の変動が大きく、その変動はスペクトルの広帯化とともに増大し、 $m=5$ において最大となっている。また、 $H_{max}/H_{1/3}$ が 2 を超える Freak wave は $m=5$ だけでなく、 $m=50$ でも生じており、波列中に砕波が生じる限界に近い $k_p a=0.13 \sim 0.14$ の不規則波ではバンド幅に関係なく Freak wave が出現するものと推察される。図-4 は、こうした $H_{max}/H_{1/3}$ と $k_p a$ の関係を調べるため、 $m=5$ のケースについて各 $k_p a$ に対して $H_{max}/H_{1/3}$ の空間変化を比較したものである。これから、 $k_p a$ の値が増大するに従って $H_{max}/H_{1/3}$ の最大値は低下し、 $H_{max}/H_{1/3}$ の最大値は $k_p a$ が最小の 0.14 の場合に生じていることがわかる。これは、 $k_p a=0.14$ が造波された不規則波列が非砕波で伝播するための上限であり、 $k_p a=0.17$ や 0.25 では砕波のために結果的に $H_{max}/H_{1/3}$ の上限が抑えられることを示している。このことは、 $k_p a=0.17$ では波列が非砕波状態になる WG8 において $H_{max}/H_{1/3}$ が 2 を超えるようになっていることから明らかである。このように、 $H_{max}/H_{1/3}$ の値およびその上限に対して砕波の影響が大きく、砕波指標の確立が重要な課題といえよう。

さらに、こうした $H_{max}/H_{1/3}$ の空間的変動と GF および Skewness との関係を調べるため、図-5 にその結果を示す。これから、 $m=30$ では $H_{max}/H_{1/3}$ と GF の変動がよく対応しており、波群の発達と H_{max} の増大とが連動していることがわかる。しかし、 $m=5$ ではそのような傾向は見られず、後述の表-2 からわかるように最大波が波群を伴わずに単独で出現することに原因があると思われる。これに対し、Skewness ではバンド幅に関係なく H_{max} とよく対応しており、 $H_{max}/H_{1/3}$ の値が非線形干渉に依っていることは確かなようである。

【4. 最高波の波形特性】

Freak wave の特徴として突出性と単独性が挙げられる。ここでは、突出性を最高波の相対波頂高 $\chi = \eta_c/H_{max}$ 、単独性を最高波の波高の前後の波高 H_{i-1} および H_{i+1} の平均に対する比 $\kappa = 2H_{max}/(H_{i-1} + H_{i+1})$ によってそれぞれ表し、全ケースの各測点での最高波の突出性と単独性について調べる。図-6 はその結果であり、 $H_{max}/H_{1/3}$ と突出性の間には余り相関は認められないが、 $H_{max}/H_{1/3}$ と単独性の間には明瞭な相関が認められる。特に κ の値で見れば、Freak wave の κ の値は 2 を超えており、その内の 1 つは χ の値も 0.75 に達している。表-2 からわかるようにそれが $m=5$ のケースであることから、風波のスペクトルを持つ不規則波列においても突出した波高を持って単独で出現する典型的 Freak wave が生じることがわかる。

【5. 結語】

水理実験によっても、著者らの数値シミュレーション結果と同様、風波スペクトルを持つ一方向波列において典型的 Freak wave が出現することを確認できた。同様に、砕波が $H_{max}/H_{1/3}$ の値に大きな影響を有しており、高波浪下での $H_{max}/H_{1/3}$ の推算には砕波指標の確立が不可欠であることも明らかとなった。

最後に、本研究を行うに当たり御協力頂いた西松建設(株) 技術研究所の諸氏に深く感謝するとともに、本研究が科学研究費補助金(特別研究員奨励費)による研究成果であることを記し、謝意を表す。

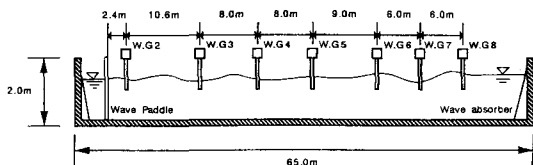


図-1 水槽と測点位置

表-1 実験条件

No.	m	$f_p(s)$	$k_p a$	$H_{1/3}(cm)$	$T_{1/3}(s)$	N
D051	5	1.0	0.14	6.79	0.97	112
D052	5	1.0	0.25	12.19	0.96	112
D053	5	1.0	0.17	8.66	0.94	121
D101	10	1.0	0.15	7.68	0.89	128
D301	30	1.0	0.15	7.32	0.92	111
D302	30	1.0	0.22	10.85	0.91	114
D303	30	1.0	0.13	6.43	1.00	111
D501	50	1.0	0.14	6.70	0.93	126
D100	100	1.0	0.13	6.29	0.97	105

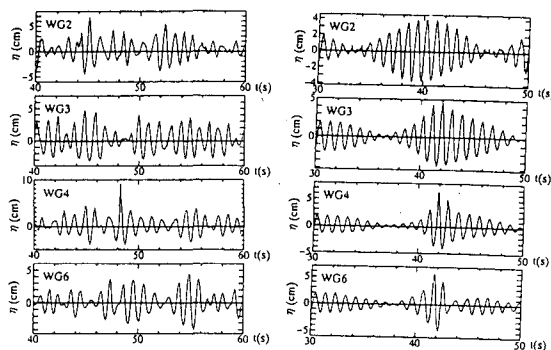


図-2 Freak wave が出現したケースの主要測点間の波形比較

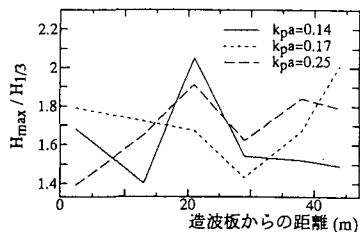
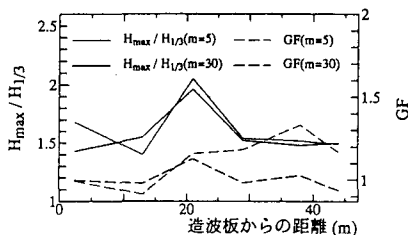
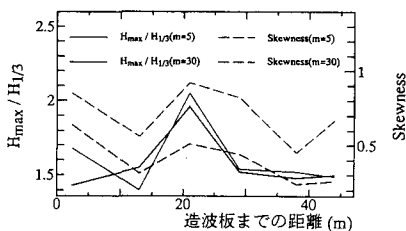


図-4 $H_{max}/H_{1/3}$ の空間変化と $k_p a$ の関係

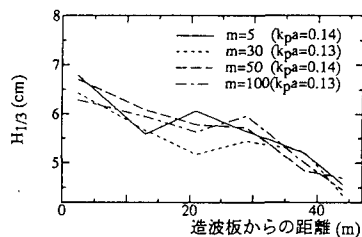


(a) $H_{max}/H_{1/3}$ と GF の関係

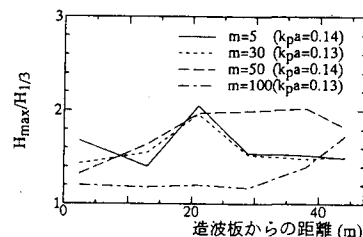


(b) $H_{max}/H_{1/3}$ と Skewness の関係

図-5 $H_{max}/H_{1/3}$ の空間変化と GF および Skewness との関係



(a) $H_{1/3}$



(b) $H_{max}/H_{1/3}$

図-3 波高統計量の空間変化とスペクトルバンド幅の関係

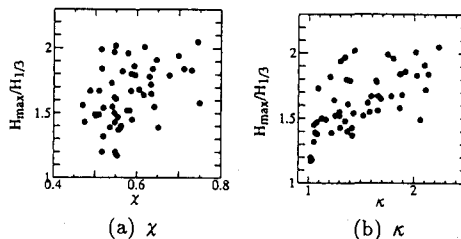


図-6 $H_{max}/H_{1/3}$ と波形指標との関係

表-2 不規則波列に出現した Freak wave の波形諸量

Run	測点	$H_{max}/H_{1/3}$	GF	Skewness	χ	κ	$j_1'(H_{1/3})$
D051	WG4	2.05	1.16	0.92	0.74	2.23	2.0
D501	WG6	2.02	1.91	0.45	0.55	1.43	3.3