

II-3

潜堤による不規則波のスペクトル変化

九州大学大学院工学研究科 学生員○越智宏充
九州大学大学院工学研究科 学生員 山城 賢
九州大学大学院工学研究科 正会員 吉田明徳
九州大学大学院工学研究科 正会員 入江 功

1. まえがき

波が潜堤を通過する際、潜堤による反射や潜堤と波との非線形干渉、さらに潜堤上の碎波などにより、波のスペクトルは大きく変化することが知られている⁽¹⁾。しかし、スペクトルの変化特性を波の条件(周期、波高)や、潜堤の条件(天端水深、天端幅)に対して統一的に示した研究はほとんどないと言える。また、海域の有効利用の拡大という観点から、今後潜堤を従来に比べより沖合に設置することが考えられ⁽³⁾、潜堤背後海域を進行する波のスペクトル特性を把握することは、潜堤背後の構造物の設計や、海底地形の変化を考える際に非常に重要である。そこで本研究は不規則波が入射する場合について詳細な実験をおこない、潜堤背後海域における波のスペクトル特性について検討をおこなった。

2. 実験条件および実験方法

実験には、図-1に示す末端に消波装置を有する幅30cm、深さ50cm、長さ28mの反射吸収式2次元造波水路を用い、水深(h)を38cmとした。潜堤は台形型の不透波潜堤であり、法肩勾配は1:1、天端幅(B)を水深の2倍、4倍($B/h = 2.0, 4.0$)、天端水深(qh)を水深に対し0.1 h 、0.2 h 、0.3 h として、計6タイプを用いた。入射波はBretschneider-光易型において、有義周期を1.20, 1.43, 1.79sec., 有義波高は2, 4, 6, 8cmと変化させた。

潜堤上での碎波による乱れの影響がないと思われる、潜堤中心から水深の5倍($x/h = 5.0$)離れた位置から、80cm間隔で、10点における水面変動を容量式波高計により測定した。

3. 実験結果と考察

図-2(a), (b)に、 $T_{1/3} = 1.43\text{sec.}$, $H_{1/3} = 8\text{cm}$ の波が入射した場合のパワースペクトルを示す。(a)は天端水深が異なる場合であり、(b)は天端幅が異なる場合である。いずれの場合とも高周波数成分にまでパワーが広がっている。しかし、天端水深が浅くなると、潜堤沖側での反射が大きくなることと、潜堤上での碎波が激しくなることからスペクトルのパワーは急激に減少している。また天端幅が広くなると $B/h = 2.0$ の場合にくらべ $B/h = 4.0$ のスペクトルは、基本周波数成分および高周波数成分が減少し、 $0H_z$ 近傍の極めて長周期成分が増大している。このようなスペクトル形状の特性を定量的に評価するため以下のような操作をおこなった。

まず図-3に示す入射波として用いたBretschneider-光易型パワースペクトルにおいて、周波数の下限 f_L と、超過パワーが全パワー P_I の10%となる周波数 f_H を設定する。この f_L , f_H を用いて、測定で得られた潜堤背後の水面変動のパワースペクトルを3分割し、低周波数帯のパワー(P_L)、基本周波数帯のパワー(P_F)、高周波数帯のパワー(P_H)およびそれらの和である通過波の全パワー(P_A)を算定し、実験条件の違いによる P_L , P_F , P_H および P_A の値の変動を調べた。なお、実験条件(有義周期、有義波高、天端水深、天端幅)の違いによる非線形性の程度を表すパラメーターとして、次式に示す合田の非線形パラメーターIIを用いた⁽²⁾。

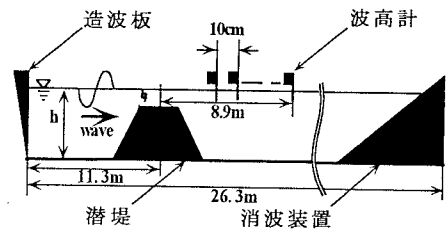


図-1 実験装置図

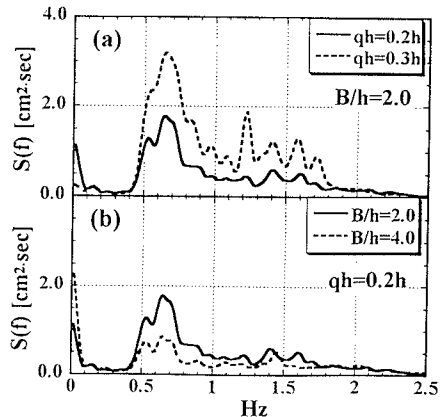


図-2 通過波のパワースペクトル

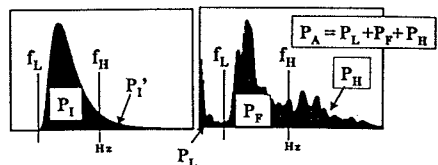


図-3 パワーの定義

キーワード 潜堤、不規則波、パワースペクトル、非線形パラメーター

連絡先

福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学工学部建設都市工学科(水工) Tel(fax) 092-642-3293

$$\Pi = (H'/L_q) \coth^3 k_q h_q \quad (1)$$

ただし、 H' は有義波高ではなく入射波と同じエネルギーフラックスを有する規則波の波高を用いており、有義波高 $H_{1/3} = 2, 4, 6, 8\text{cm}$ に対する H' は $1.4, 2.8, 4.2, 5.6\text{cm}$ である。また h_q は天端水深、 L_q および k_q は有義周期の波の天端上での波長および波数であり、このパラメーターにより入射波の有義周期、有義波高および潜堤の天端水深が考慮される。

図-4(a)は、 $B/h = 2.0$ のケース、図-4(b)は、 $B/h = 4.0$ のケースにおける入射波の全パワーに対する通過波の全パワー (P_A/P_I) を Π に対して示したものである。 Π が増加 (天端水深が浅くなるか、または波高が大きくなる) するにしたがって、潜堤上での碎波の程度が激しくなるため P_A/P_I は急激に減少しており、有義周期の短い波ほど P_A/P_I の減衰の程度が大きくなっている。さらに Π が増加すると有義周期の値に関わらず 0 に漸近している。また、各々有義周期におけるパワー比の減衰曲線は、非線形パラメーター Π を用いて $y = A\Pi^m$ の関数形で非常に高い相関で近似できる。図より、天端幅 (B/h) の違いは P_A/P_I の減少の様子には影響せず、 $B/h = 2.0$ と $B/h = 4.0$ のケースで同様な結果を示している。しかし、図-2(b) に示したように天端幅が異なるとスペクトルの形状も異なることから、各周波数帯のパワー (P_L, P_F, P_H) の変化について考察する。図-5 に Π に対する $P_L/P_A, P_F/P_A$ および P_H/P_A を示す。なお、図-5(a) は $B/h = 2.0$ 図-5(b) は $B/h = 4.0$ の結果である。どちらのケースにおいても $P_F/P_A, P_H/P_A$ の値は Π の増加にともない徐々に減少し、逆に P_L/P_A の値は増加している。 P_L/P_A の増加の割合と、 $P_F/P_A, P_H/P_A$ の減少の割合は、天端幅が広い $B/h = 4.0$ の場合、 $B/h = 2.0$ に比べ大きくなっており、各周波数帯のパワー (P_L, P_F, P_H) の全パワー P_A に対する相対的な大きさが天端幅の違いにより変化することがわかる。

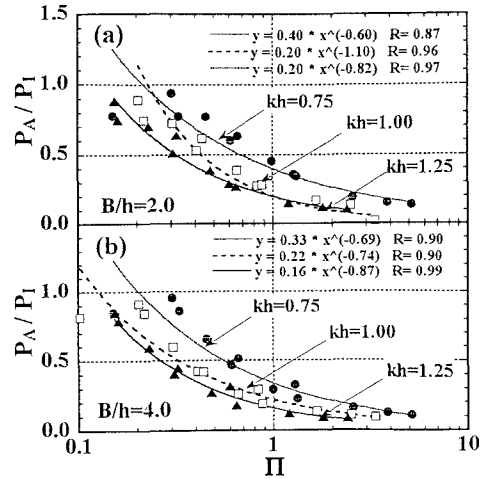


図-4 通過波の全パワー比

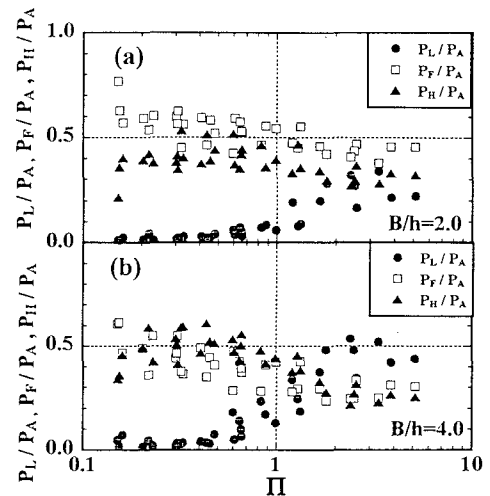


図-5 通過波の各周波数帯のパワー比

4. あとがき

本研究の主要な結論を以下に示す。

1. 潜堤背後におけるパワー比 (入射波の全パワーに対する通過波の全パワー) は非線形パラメーター Π の増加に伴い減少し、パワー比の減衰曲線は $y = A\Pi^m$ の関数形で非常に高い相関で近似できる。
2. 潜堤背後における通過波の全パワーは入射波と天端水深により決まり、天端幅 (B/h) には関係しない。
3. 天端幅が広くなると通過波の全パワー P_A に対する基本周波数帯のパワー P_F と高周波数帯のパワー P_H の割合は減少し、低周波数帯 P_L の割合が増大する。また、 P_F に対する P_H の相対的な割合が大きくなる。

参考文献

1. 大山ら (1992): 潜堤による非線形不規則波列の局所スペクトル変形, 第39回海岸工学講演会論文集, pp.121-125
2. 合田良実 (1983): 波浪の非線形性とその記述パラメーター, 第30回海岸工学講演会論文集, pp.39-43
3. 山城ら (1998): 潜堤背後の波動場特性に関する実験的研究 (その2) 不規則波実験, 九州大学工学集報第72巻第2号, pp.131-138