

大水深域潜堤による不規則波の変形特性

九州大学工学部 学生員○松本理恵 山城 賢 樽井史朗
九州大学工学部 正会員 入江 功 吉田明徳

1. まえがき

潜堤上では水深が急激に浅くなるため、水面境界条件の非線形性の効果が大きくなり、高次のオーダーの周波数成分波が励起し、潜堤背後の領域では、水面波形や水底の流速波形などの波動場が空間的に変化する。

本研究は、不規則波が入射する場合について、潜堤との非線形干渉により励起される高次のオーダーの波の、潜堤背後での空間的な変動の特性と、潜堤上で激しい砕波が生じる場合を含めて明らかにすることを目的におこなった実験の結果について述べる。

2. 実験装置および実験方法

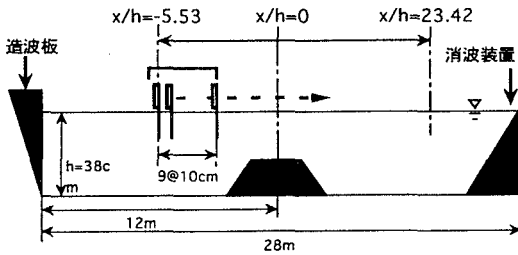


図-1 実験水路

実験水槽は、幅0.3m、深さ0.5m、長さ28mの反射吸収機能を備えた2次元造波水槽を用い、造波板から12.0mの位置に潜堤を設置した。実験条件は水深(h)を0.38mとし、潜堤は図-1中に示す断面形状のもので、天端高(qh)が0.2h, 0.3hの2タイプを用いた。入射波はBretschneider-光易型スペクトルにおいて、有義周期($T_{1/3}$)を1.43sec($kh = 1.0$)とし、有義波高 $H_{1/3}$ を3, 4, 5, 6, 7cmの5通りに変化させた。測定は、潜堤近傍の水面変動を潜堤の中心から沖側へ2.0m、岸側へ8.9mを10cm間隔の計110点で容量式波高計を用いて行い、サンプリング周波数10Hzでデータレコーダーに記録した。各測点の水面変動の時系列データをFFT解析し、パワースペクトルを算定した。また波形の上下の非対称性を表す指標としてのSkewness(Sq)を式(1)により、各測点の時系列データより算定した。

$$S_q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\eta_i - \bar{\eta})^3 \quad (1)$$

3. 結果と考察

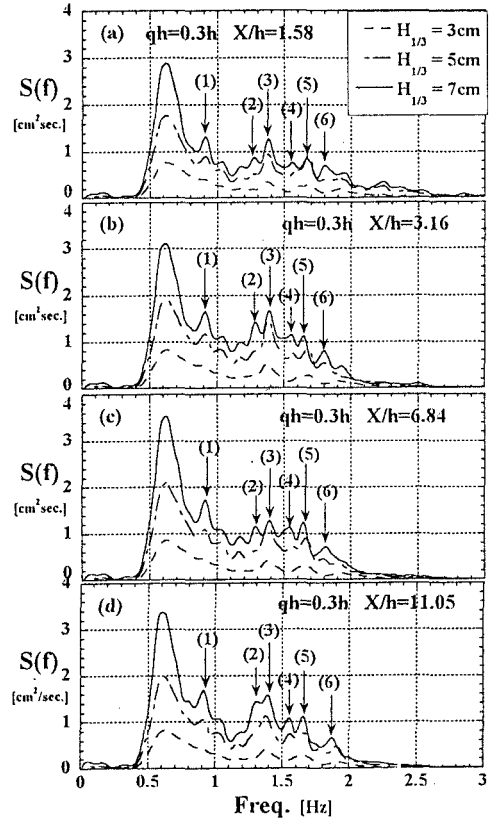


図-2 パワースペクトル($q = 0.3$)

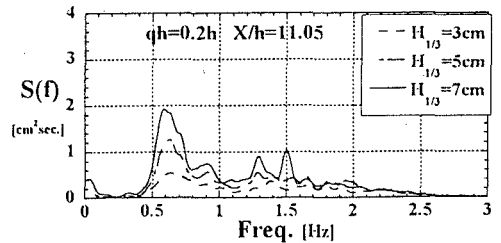


図-3 パワースペクトル($q = 0.2$)

図-2(a), (b), (c), (d) は、 $q = 0.3$ の場合で有義波高 $H_{1/3} = 3, 5, 7\text{cm}$ の3通りのパワースペクトルを、潜堤中心からの距離を X が、 $X/h = 1.6, 3.2, 6.8, 11.1$ の位置について示している。(a) は潜堤背後の砕波が生じている領域のスペクトルである。潜堤と波との干渉によって図中(1)~(6)で示す、高次の周波数成分でピークが生じている。(b) は砕波による擾乱がおさまリ、波のみとして進行し始めた領域でのスペクトルである。流れのエネルギーが波のエネルギーに移行するため、全体に(a)のスペクトルに較べて値が大きくなっているが、高次の周波数成分のピークは(a)と同じ周波数で生じている。(c) は $Skewness(Sq)$: 図-3 が極小となる所のスペクトルである。低周波数域 ($Freq < 1.0\text{Hz}$) のスペクトル形状は(b) および Sq が極大となる(d) の場所とほぼ同じだが、高周波数域 ($Freq > 1.0\text{Hz}$) ではピーク周波数(2), (3), (4), (5) がほぼ同じ値を取り、スペクトル形は平坦な分布に近くなる。

図-2全体を見ると、 $H_{1/3}$ が小さい3cmの場合(砕波を生じない)、(b), (c), (d) のスペクトル形はほぼ同一であるが、 $H_{1/3}$ が大きくなると高周波数域 ($1.1\text{Hz} < Freq < 1.7\text{Hz}$) で、スペクトル形の空間的な変化が大きくなる。これは $H_{1/3}$ が大きい場合には ($0.5\text{Hz} < Freq < 0.8\text{Hz}$) の低周波数のパワーが大きくなり、2次のオーダーであるその拘束波成分が増大することによって、空間的に高周波成分の波高が変動することによる。したがって、これに対応して Sq も空間的に変動している。しかし低周波数域 ($Freq < 1.0\text{Hz}$) については、 $H_{1/3}$ が変化しても空間的にほぼ一定のスペクトル形を取っている。

図-3は $q = 0.2$ 、 $X/h = 11.1$ の位置でのパワースペクトル図である。 $q = 0.3$ の場合の対応する位置のスペクトルと図-2(d) を比較すると、 $q = 0.2$ の場合の方が砕波が激しいため砕波によるエネルギー損失が大きく、通過波のスペクトルは一樣に小さい。また、高周波数域 ($Freq > 1.0\text{Hz}$) におけるスペクトルの極大値は $q = 0.3$ の場合のように多くは生じていない。 $q = 0.3$ の場合と違って、 $f = 0.05\text{Hz}$ 近傍の長周期成分が大きく現れており、非線形干渉によって生じた低周波成分波と考えられる。

図-4、図-5は、 $q = 0.3, 0.2$ における Sq の空間変動である。いずれの場合も潜堤通過後に Sq が最大値を取り、潜堤から離れるにつれて一樣に減少する。その減少の割合(傾き M) は、図-6に示すように $q = 0.2$ では入射波のパワーによらずほぼ一定の値を取るのに対して、 $q = 0.3$ の場合には $H_{1/3}$ が增大するとともに増大し、一定値に漸近する。また $q = 0.3$ の場合には、スペクトル形状の空間的な変化(図-2)に対応して、 Sq の値も空間的に極大、極小値を取るが、 $q = 0.2$ の場合(図-5)には、潜堤背後では Sq は一樣に減少して極小値を取った後は、空間的な変動は小さい。

4. あとがき

さらに、潜堤背後に海浜斜面がある場合について同様な実験を行い、大水深域における潜堤背後の波動場特性を明らかにする事を考えている。これらの結果については、

成果が得られれば講演時に示すつもりである。

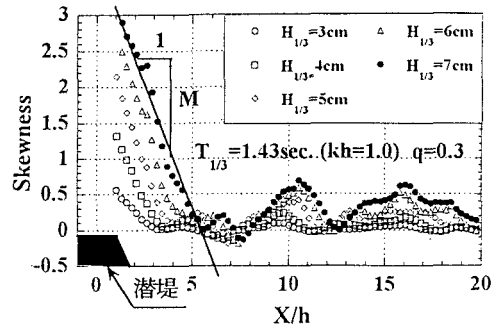


図-4 $Skewness(q = 0.3)$

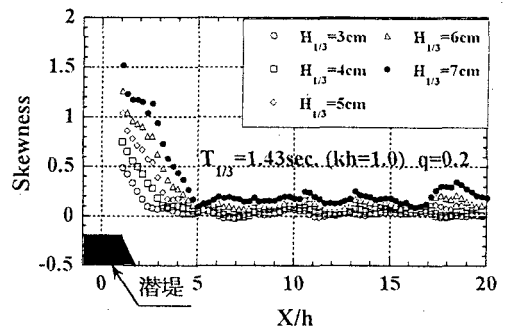


図-5 $Skewness(q = 0.2)$

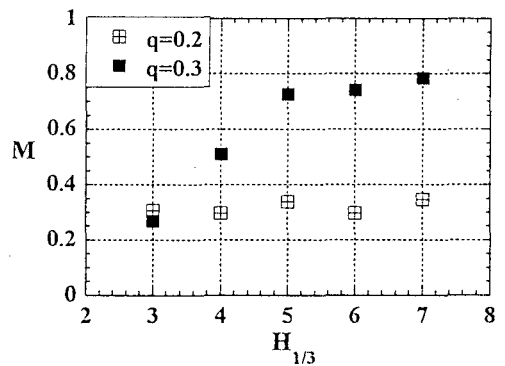


図-6 傾き M

参考文献

- 吉田明徳ら(1994):2成分ストークス波と構造物との非線形干渉解析法. 第41回海岸工学講演会論文集, pp.736 ~ 740
- 樽井ら(1997):大水深域潜堤背後の波動場特性の実験的研究. 平成8年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集