

九州大学工学部 学生員○山城 賢

九州大学工学部 正会員 吉田明德

九州大学工学部 正会員 入江 功

1. まえがき 潜堤は、波浪制御、海域の有効利用、景観面において優れた波浪制御構造物として利用されている。しかし、潜堤背後の海域において、海底砂の侵食や堆積等の問題が報告されており、この一因として、潜堤背後の海域には、潜堤と波との干渉によって励起する高次オーダーの自由波が基本周波数成分波と異なる波速で進行し複雑な波動場を形成していることが挙げられる。しかも、不規則波が入射する場合には、短周期成分(和の周波数成分)に加えて、長周期成分(差の周波数成分)の波も励起し、この長周期成分波は海岸でほぼ完全に反射されるため、条件によっては潜堤と海岸との間で共振を生じると推測される。特に、海底勾配が緩やかで、遠浅の海域の沖合いに潜堤を設置する場合などの、潜堤背後の砂の移動のメカニズムを知るためには、潜堤背後の波動場について明らかにすることが必要である。

以上の観点から、本研究では、潜堤に不規則波が入射する場合について、潜堤背後の波動場の特性を明らかにすることを目的に実験を行った。また、規則波が入射する場合の波動場特性との比較検討を行った。

2. 実験の内容 実験は、側壁に消波装置を有する幅30cm、深さ50cm、長さ28mの反射吸収式の2次元造波水路を用い、潜堤を造波板から12mの位置に固定した。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0.3 h 、0.2 h 、0.1 h の3タイプを用いた。入射波は規則波実験では周期(T)を1.43sec. ($kh=1.0$)、波高(H)を2, 4, 6, 8cmとし、不規則波実験では *Bretschneider*-光易型スペクトルにおいて有義周期($T_{1/3}$)を1.43sec. ($kh=1.0$)、有義波高($H_{1/3}$)を3, 4, 5, 6, 7cmとした。測定は、潜堤近傍の水面変動を10本の容量式波高計を用い、10cm 間隔で計110点、また、水底から2cmの高さでの水平流速を超音波流速計を用いて、潜堤背後から20cm 間隔でおよそ5mについて、ともにサンプリング周波数10Hzで測定した。

各測点の水面変動および底面流速の時系列データを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である *Skewness*(S_k)と前後の非対称性を表す指標である *Atiltness*(A_t)を算定した。

3. 結果と考察 図-2(a)~(d)は、 $q=0.3$ の場合で、有義波高 $H_{1/3}=3, 5, 7$ cmの3通りの水面変動のパワースペクトルを示したもので、図中の X/h は、潜堤中心から岸向きの距離(X)を水深(h)で無次元化したものである。(a)は潜堤直後の砕波領域、(b)は波の再生領域である。(a)での流れのエネルギーが(b)では波のエネルギーに移行するため、全体的に(a)のスペクトルに比べパワーが増大している。さらに(c)、(d)より $H_{1/3}$ が小さい3cmの場合(砕波を生じない)のスペクトル形はほぼ同一である

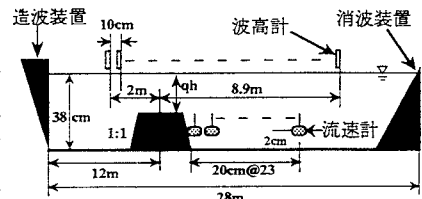


図-1 実験装置

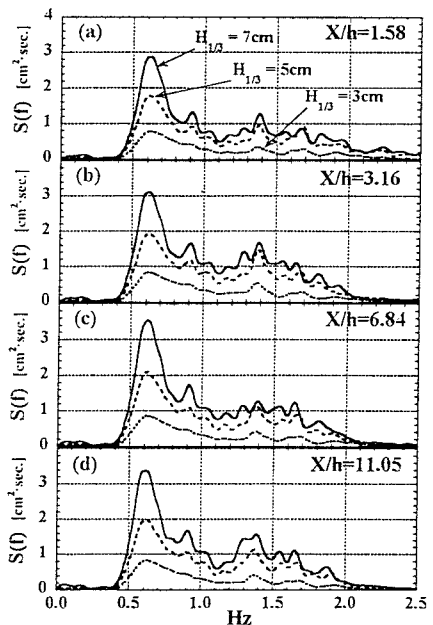


図-2 水面変動のパワースペクトル

キーワード 潜堤、不規則波、パワースペクトル、*Skewness*、*Atiltness*

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

が、 $H_{1/3}$ が大きくなると高周波数域($1.1\text{Hz} < f < 2.0\text{Hz}$)でスペクトル形の空間的な変化が大きくなる。これは、 $H_{1/3}$ が大きい場合には低周波数域($0.5\text{Hz} < f < 0.8\text{Hz}$)のパワーが増大し、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り、空間的に高周波成分の波高が変動することによる。

図-3は、 $X/h=14$ での水面変動のパワースペクトルで、有義波高が $H_{1/3}=7\text{cm}$ について天端水深が異なる場合を比較したものである。天端水深が小さくなるにつれて、波が通過しにくくなり、また、潜堤上で碎波が激しくなるためスペクトルの全パワーは急激に減少している。また、天端が小さく碎波が激しい場合は、高次の周波数成分はそれ程大きく生じない。

スペクトルの空間分布を描くと、空間的にスペクトルがほぼ一定値を取る低周波数の小さなピークが見られた(図-3 $f=0.16\text{Hz}$ 付近)。この周波数成分の波が、ビーチと潜堤との位置関係によっては重複波を生じる可能性がある。そこで、 $f=0.16\text{Hz}$ での波長を求め、潜堤とビーチの間で重複波が生じるような位置($1/4$ 波長)にビーチ(勾配 $1/8$)を設置した。図-4はビーチがある場合と、ない場合について $q=0.3$ 、 $H_{1/3}=7\text{cm}$ での水面変動のパワースペクトルを、周波数が 0.5Hz 以下の長周期成分について示したものである。ビーチがある場合については、重複波の腹の位置($X/h=3.95$ 、 $X/h=16.11$)におけるスペクトルを示している。ビーチがある場合には、 0.14Hz および 0.32Hz 近くの周波数で、ビーチがない場合に比べて2倍以上のパワーの増大が見られ、非線形干渉により励起した長周期成分波がビーチと潜堤の間で共振していることがわかる。

図-5上図は規則波で $H=8\text{cm}$ 、下図は不規則波で $H_{1/3}=7\text{cm}$ の場合についての底面流速波形のSkewnessとAtiltnessを示している。両図とも白抜きのプロットが $q=0.2$ 、黒塗りプロットが $q=0.3$ の場合である。規則波の場合は、基本周波数成分波と非線形干渉により励起した倍周波数成分波との位相差の空間的な変動に対応し、SkewnessおよびAtiltnessも空間的に変動している。一方、不規則波の場合は、潜堤直後で極大値を取り潜堤から離れるにつれ減少し極小値を取るという様相は規則波の場合と同様であるが、その後Skewnessは負の値で一定値となり、Atiltnessは0となる。また、規則波、不規則波ともに天端水深によるSkewnessおよびAtiltnessの変化はほとんどない。

4. あとがき 潜堤背後の海域における水面変動のパワースペクトルは、有義波高、天端水深によって大きく異なる形状を表わす。また、潜堤とビーチの距離によっては、長周期波の共振が生じる可能性がある。不規則波が入射する場合の底面流速のSkewnessとAtiltnessは、潜堤背後で極小値を取るまでは規則波の場合と定性的に同じであるが、ある程度の距離($X/h=6\sim 7$)離れると、ほぼ一定値をとる。これらは、潜堤背後での砂の侵食や堆積に大きく関係しているものと考えられる。

本研究を実施するに際し、実験およびデータ整理に助力いただいた当研究室の樽井史朗君(大学院修士課程)、松本理恵君(現福岡県)に感謝の意を表する。

【参考文献】

加藤ら：浚渫底泥を覆砂して造成する人工干潟の安定性に関する二次元実験、港湾技研資料、No.527, 1985

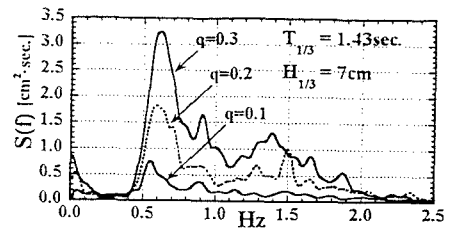


図-3 水面変動のパワースペクトル

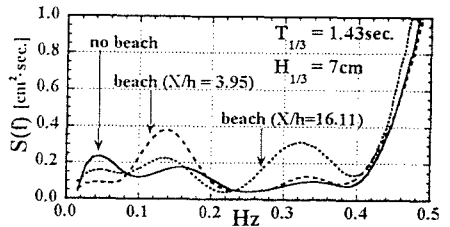


図-4 水面変動のパワースペクトル

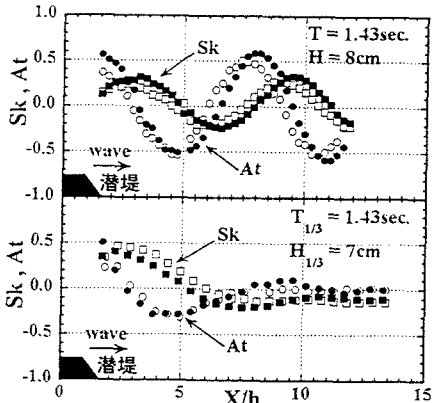


図-5 底面流速のSkewnessとAtiltness