

II-171 碎波帯における方向スペクトルについて

三井不動産建設(株) 正 員 丸岡貞典
愛媛大学工学部 正 員 柿沼忠男
愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠

1. まえがき

海岸構造物を計画・設計する際、波高、周期とともに波向を正確に把握する必要がある。波向は、一般に波峰線に直角であるとされているが、不規則波を無限個の正弦型の波を重ね合わせと考える場合、各成分波のエネルギーおよび進行方向は異なることが考えられる。海岸波浪の特性がほぼ、線型理論によって説明可能な比較的深い領域での方向スペクトルについての研究はなされてはいるが、水理特性が明確でない碎波帯での研究はない。こうしたことから、図-1に示すように平均水深1.5mの地点に設置した圧力計(Setra Systems社製)内蔵の2台の電磁誘導型流速計(MARSH-McBIRNEY社製)で得た流速資料および波浪資料をもとに方向スペクトルを求めた。

なお、方向スペクトルの算出法としては、Fourier級数法を用い、0.024 ~ 0.464 Hzまでの周波数帯について解析した。図-2は、沖側および岸側の圧力波形、岸沖、沿岸および鉛直方向の流速波形を示したものである。

2. 解析結果

図-3(a)~(c)は、方向スペクトルを示したもので、影を付けた部分は汀線の方角、白抜きおよび黒く塗った矢印は、それぞれ、岸沖方向の水粒子速度および圧力変動のパワースペクトルのピーク周波数での方向分布関数の値が最大となる方向を示したものである。(a)、(b)および(c)は、それぞれ、非碎波、碎波し始めおよび碎波中のものである。(a)の圧力変動および岸沖方向の水粒子速度のパワースペクトルのピーク周波数は、両者とも0.203 Hzである。圧力変動および岸沖方向の水粒子速度のピーク周波数での方向分布関数の値が最大となる方向は、それぞれ、295°および292.5°でほぼ一致している。また、沖側では、0.171 ~ 0.220 Hzの周波数帯で100° ~ 135°の方向にエネルギー密度の大きい領域が存在することから、WNWの方角から波が入射し、海岸で反射していることがわかる。

(b)の圧力変動および岸沖方向の水粒子速度のパワースペクトルのピーク周波数は、両者とも0.164 Hzであり、(a)に比較するとピーク周波数が低周波側へ移っていることがわかる。圧力変動および岸沖方向の水粒子速度のピーク周波数での方向分布関数の値が最大となる方向は、両者とも292.5°である。方向スペクトルの分布は(a)とほぼ似ているが、岸側での点線の領域が僅かに広くなり、沖側では0.171 Hz付近の周波数帯で270° ~ 315°の方向にエネルギー密度の大きい領域が生じている。

(c)の圧力変動および岸沖方向の水粒子速度のパワースペクトルのピーク周波数は、それぞれ、0.173 および 0.039 Hzであり、圧力変動

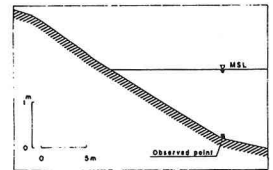


図-1 流速計設置点

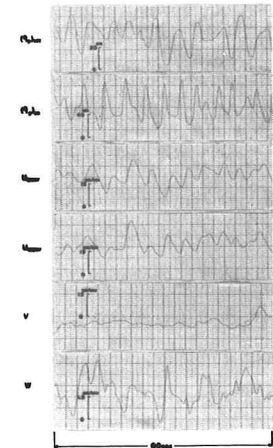
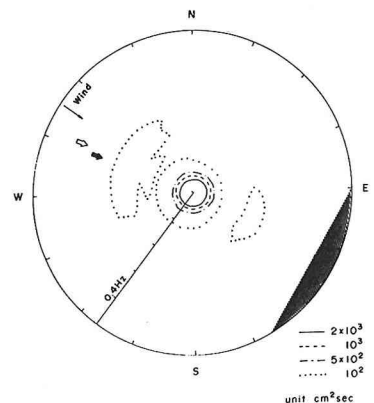


図-2 圧力および流速資料

Run No.28-2
U,V,W



(a) 非碎波

のピーク周波数は、(b)より僅かに高周波側へ移っているが、岸沖方向の水粒子速度のそれは、かなり低周波側へ移っている。圧力変動および岸沖方向の水粒子速度のピーク周波数での方向分布関数の値が最大となる方向は、それぞれ 297.5° および 110° であり、 0.039 Hz 付近の周波数で $90^\circ \sim 120^\circ$ の方向にかけてエネルギー密度の大きい領域が生じている。このことから、砕波の発生頻度が高くなると、岸から沖へ向けての低い周波数の流れが卓越することがわかる。

図-4は、岸沖方向の水粒子速度のパワースペクトルがピークになる周波数での方向分布関数を示したもので、実線は非砕波、破線は砕波し始め、点線、二点鎖線および一点鎖線は砕波中のものである。非砕波から砕波に移るにつれて方向分布関数の絶対値は徐々に小さくなり、パワースペクトルのピーク周波数も低周波側へ移り、一旦、方向分布関数の絶対値がほぼ等しくなり、流れの卓越方向が顕著でなくなった後、方向分布関数の絶対値も大きくなり、流れの卓越方向も顕著になることがわかる。

エネルギースペクトルのモーメント $N_{pg}(\sigma)$ は式(1)で定義される。

$$N_{pg}(\sigma) = \int_{-\pi}^{\pi} \ell^p m^g S(\sigma, \theta) d\theta \quad (1)$$

ここに、 $\ell = k \cos \theta$ 、 $m = k \sin \theta$ 、 k : 波数、 $S(\sigma, \theta)$: 方向スペクトル、 $p, g = (0, 1, 2, \dots)$ である。

式(1)のモーメントから、岸沖方向の流れの principal direction は式(2)で求まる。

$$\theta_D = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2N_{11}}{N_{20} - N_{02}} \right) \quad (2)$$

式(2)で得た、岸沖方向の流れの principal direction について周波数ごとに方向分布関数から算出した反射率を示したものが図-5である。

この図をみると、反射率は $0.42 \sim 1.31$ の範囲であり、ばらつきはあるが、周波数が大きくなるにつれて、小さくなるようである。また、非砕波の資料では、 0.2 Hz より高周波側では3例を除くと、砕波し始めおよび砕波中の資料に比べると反射率は小さいようである。さらに、砕波の発生頻度が高くなると 0.024 Hz 付近の低周波数帯での反射率は1より大きくなるようである。

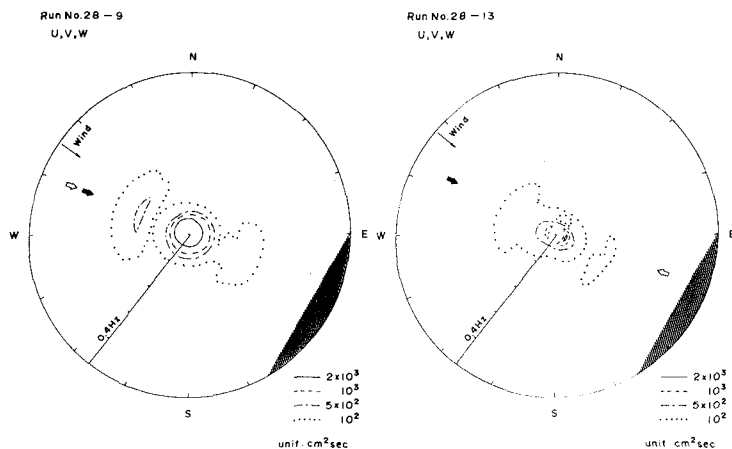


図-3 (a)~(c) 方向スペクトル

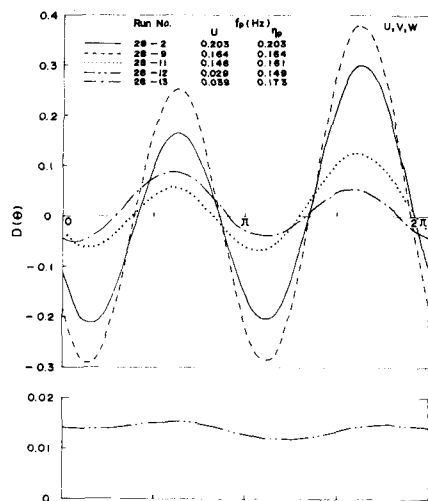


図-4 方向分布関数

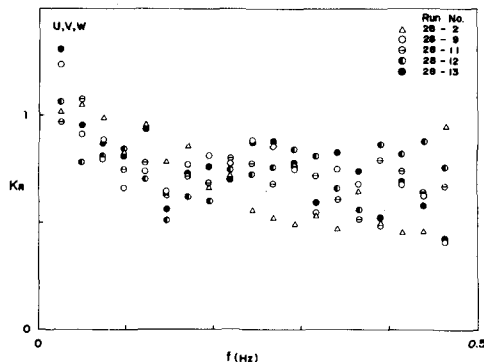


図-5 反射率