

波の不規則性を考慮した海浜流の数値モデル

愛媛大学工学部 正 員 山口正隆
愛媛大学大学院 学生員 西岡賢嗣
愛媛県庁土木部 ○正 員 田中浩二

1. はじめに：不規則波を対象とした実用的な波浪変形・海浜流の数値モデルはこれまで山口ら および清水ら により提案されているにすぎず、しかも構造物による回折、反射が考慮されていない。そこで本研究では、回折・反射の影響を導入することにより、著者らのモデルを構造物が存在する場合にも適用しうるように拡張し、楕円浅瀬による波浪変形の実験結果に対する適用性や、構造物が存在する場合の海浜流特性を数値計算に基づいて考察する。

2. 波浪変形・海浜流の数値モデル：wave action 波数スペクトルの保存則に基づく著者らの波浪変形モデルでは、原理的に流れおよび水深変化に伴う成分波のshoalingおよび屈折の計算のみが可能であるが、本研究では新たに回折、反射および砕波の影響を近似的な形で考慮した。まず、回折の効果はwave action波数スペクトル $\psi(f, \theta)$ の空間勾配により波向が変化するという形で取り込まれると仮定し、波向計算のための基礎方程式を次のように修正する。

$$d\theta/dt = -(1/k) \{ (\partial \sigma_m / \partial h) (\partial h / \partial n) - \cos \theta (\partial U / \partial n) - \sin \theta (\partial V / \partial n) + \beta c_g \{ \partial \psi(f, \theta) / \partial n \} / \psi(f, \theta) \}, \quad \beta = 0.02$$

上式は波向変化が、波峰線方向の水深および流れの勾配のみならず、成分波のエネルギー勾配に比例することを意味し、第4項が擬似回折項に相当する。一方、反射波は反射壁前面での入射波に対する幾何学的な折り返しとして算出し、これが入射波と反対方向に伝播するものと仮定する。また、砕波の影響はBattjesらの段波モデルから全エネルギーの減衰量を算出した後、これを方向分布関数の形状にあわせて比例配分することにより方向スペクトルの減衰として評価する。波浪変形モデルは①逆屈折計算と、②伝播・砕波変形計算から構成され、それぞれにおいて① piecewise ray methodの適用と、② wave action スペクトルに対する空間および方向に関する内挿と砕波減衰の評価、が行われる。防波堤背後への伝播計算では、防波堤沖側の影響を受けないように伝播計算法を工夫する。たとえば図-1に1例を示すように、防波堤背面端部では逆屈折計算による波向線の先端が(a)の斜線領域に到達する場合にのみ沖側から波が伝播するとし、波向線先端での wave action スペクトル(ただし、防波堤をはさむ格子点での $\psi(f, \theta)$ を一時的に0とする)を3点1次補間式により内挿する。また(b)の斜線領域に波向線先端が到達する場合には、防波堤をはさむ反対側の格子点の影響が含まれないようにするため、防波堤反対側の格子点での $\psi(f, \theta)$ を一時的に0として、2次元4点補間式の適用から $\psi(f, \theta)$ を算出する。ついで、海浜流モデルでは鉛直方向に積分された連続方程式および運動方程式を差分法により解くが、radiation stress は方向スペクトルの積分から算出するとともに、底面摩擦力および水平混合項は規則波の場合における西村の近似式およびLonguet-Higgins の式を援用する。

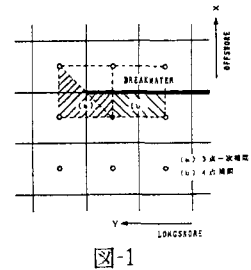


図-1

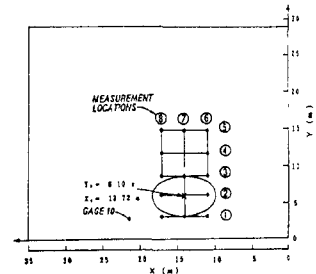


図-2

3. 波浪変形の実験結果との比較：VincentおよびBriggsは図-2（水深は一定水深で $h=45.72\text{cm}$ ，浅瀬頂部で $h=15.24\text{cm}$ ）に示すように、方向スペクトル発生装置付造波水槽に設けた楕円浅瀬上の不規則波の変形実験を行っているので、彼らの実験結果と本モデルによる計算結果との比較を試みた。図-3はピーク周期 $T_p=1.3\text{s}$ ，有義波高 $H_{1/3}=7.75\text{cm}$ ，方向幅パラメータ $\sigma_\theta=10^\circ$ の場合(N1ケース)の無次元波高の等値線分布を、実験結果、擬似回折項を考慮した計算および無視した計算について示したものである。回折項は高波高部を

減少させ、低波高部を増大させる。その結果、浅瀬および浅瀬のすぐ背後における水槽横断方向の等値線の広がり狭くなるのに対し、浅瀬からある程度離れた背面では等波高線が扇状に広がる。また、実験結果と計算結果は定性的対応を示すが、計算は浅瀬中心部での高波高の出現を説明せず、波高比の最大値もやや大きい。図-4は楕円浅瀬頂部より約6m後方に位置する断面4での横断方向波高分布の実験結果(N1,B1ケース)と両計算結果とを比較したものである。回折効果を考慮した計算結果は実験結果と比較的よく一致するが、回折効果を考慮しない計算は方向分布幅がせまいN1ケースの場合に両端部の波高を過小評価する。

4. 海浜流の計算結果：底勾配 $i=0.04$ (最大水深 $h_{max}=4$ m) の平行等深線地形上に種々の構造物を水深 $h_d=2.2$ m の位置に設置した場合に海浜流の数値計算を行った。図-5は離岸堤(反射率 $Cr=0.5$)に直角入射する場合の波浪変形および海浜流を示したものである。離岸堤背後では遮蔽効果により低波高部が形成されるとともに、離岸堤前面では反射波の存在により、波高がやや高い。また、離岸堤背後に一对の循環流が形成され、離岸堤中心線上では離岸堤に向かう離岸流となる。一方、離岸堤沖合にも岸側の循環流と回転方向を異にするごく弱い循環流が形成される。図-6はT型突堤に斜め入射波が作用する場合の計算結果である。T型突堤の離岸堤部背後における沿岸流は突堤部により遮断されることから、波の上手側では沿岸流が突堤部および離岸堤部を迂回し、沖側に向かう流れとなるが、波の下手側の離岸堤背後では、そのまま沿岸流となって下手側に流下する流れとT型突堤で循環流を形成する流れに分岐する。以上のように、構造物が存在する場合、構造物そのものにより流れが遮断されることから、それぞれの構造物の配置に特有の沿岸蛇行流や循環流が形成される。

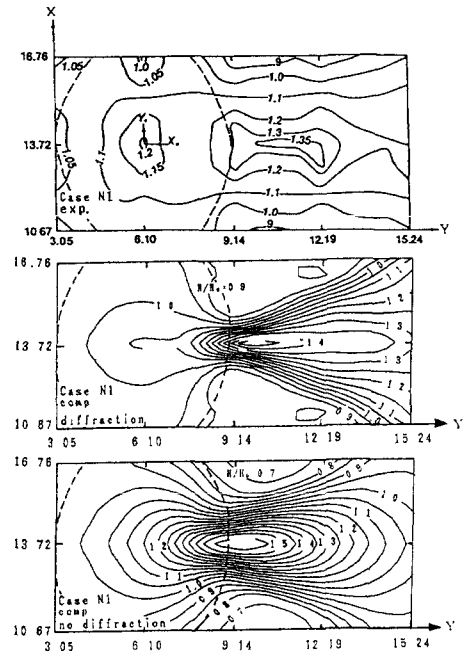


図-3

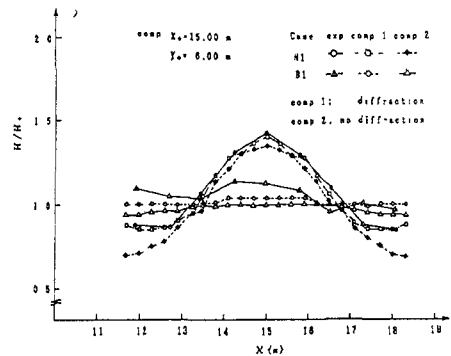


図-4

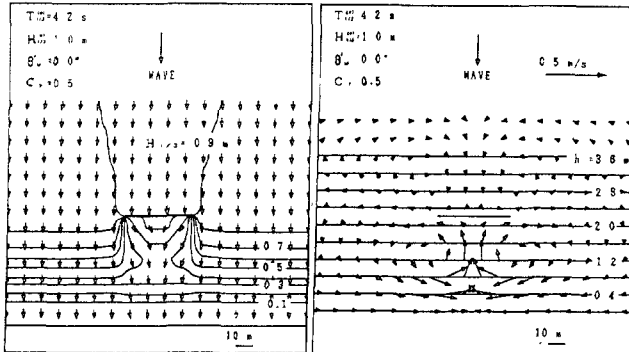


図-5

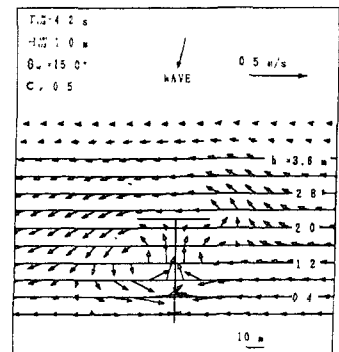


図-6