

II-348 砕波帯の浮遊砂濃度と拡散係数 に関する実験的研究

北海道大学工学部 学生員 本岡 竜
同 上 正 員 山下 俊彦

1. はじめに

砕波帯内では、底質の移動が激しく、この領域が海浜変形を予測する際に重要である。砕波帯内の漂砂で特徴的なものは、砕波により発生した大規模渦、あるいは乱れによる砂の浮遊である。砕波帯内の浮遊砂の濃度分布を決定するには、拡散係数と基準点濃度を知る必要がある。拡散係数については、灘岡ら¹⁾が砕波の物理過程を反映した形で導出している。基準点濃度については、ほとんど調べられていないのが現状である。本研究では、まず浮遊砂濃度分布を実験的に詳細に調べる。拡散係数については、灘岡らと同様の方法で導いた式と比較検討し、基準点濃度については、底面に砂澱が形成している場合について、砂澱による浮遊砂の基準点濃度と比較することにより、砕波による基準点濃度を明らかにする。

2. 実験方法及び結果

1) 実験方法 実験には、長さ24m、幅0.8m、深さ0.8mの二次元造波水路を用いた。この水路に一樣勾配の斜面を作り、ほぼ均一な粒径(0.16mm)の砂を厚さ7cmで敷き詰めて実験を行った。波高の測定は、容量式波高計を用い、濃度の測定はサイフォンを用いた。測定点は砕波点から、砕波点と汀線の間の中に5~7点とった。実験条件は、表-1に示す6ケースである。

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
水深 h (cm)	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.5
初期勾配 i_0	1/15	1/15	1/30	1/30	1/30	1/30
砕波形式	巻波型	巻波型	巻波型	巻波型	巻波型	くずれ
周期 T (s)	1.35	1.89	3.26	1.90	3.26	1.56
沖波波高 H_0 (cm)	16.5	15.1	14.0	16.0	8.5	14.0
砕波波高 H_b (cm)	16.6	19.8	21.5	19.0	16.0	18.0
砕波水深 h_b (cm)	20.0	18.0	23.5	24.0	20.0	24.5
沖波波形勾配 H_0/L_0	0.0687	0.0408	0.0206	0.0430	0.0126	0.0479
Surf. Similarity パラメータ ξ	0.254	0.330	0.232	0.161	0.297	0.152

表-1

ただし $\xi = i_0 / \sqrt{H_0/L_0}$ である。

2) 代表的な濃度分布 砕波による濃度分布には、図-1の様に代表的な2種類の分布形がある。a図は、砕波による水平渦²⁾が直接底面に到達し、砂を巻き上げる場合で、水深スケールの大きな混合があり、拡散係数 $\epsilon = \text{const}$ で片対数紙上で直線分布である。この場合、底面には砂澱は形成されていない。b図の下部分は、砂澱により発生する渦により砂が巻き上げられる部分で、上に突の指数曲線分布になることが知られている³⁾。上の部分は、砂澱の渦によって巻き上げられた砂を、砕波による渦が拡散する部分で、この場合も斜め渦²⁾により水深スケールの混合が起こるため、直線分布となる。本研究では、直線部分を砕波領域とし、指数曲線部分を砂澱領域とする。

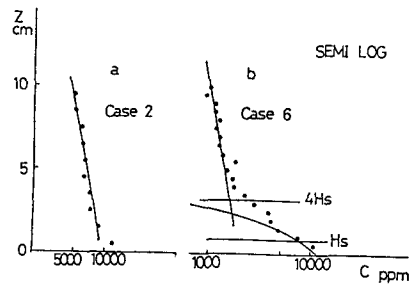


図-1 濃度分布の例

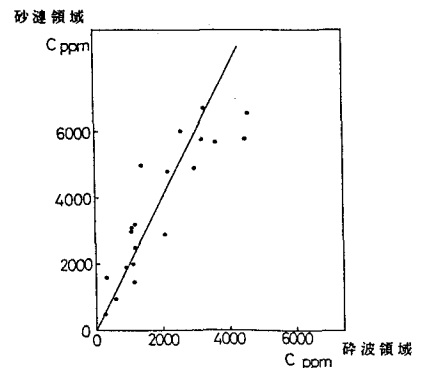


図-2 砕波領域と砂澱領域の基準点濃度の比較

3) 基準点濃度 砂澱領域の基準点濃度は、従来の研究でほぼ定量的に把握できる³⁾。この領域の基準点は、砂澱の波高を H_s とするとき、砂澱頂より H_s だけ高い $Z = H_s$ の点に取られる。砕波領域の基準点を $Z = 4H_s$ とし、砂澱領域のものと比較したのが図-2である。この図によると砕波領域の基準点濃度は、砂澱領域のほぼ1/2倍という関係にあることがわかる。

4) 拡散係数 図-3に、ケース2とケース3の測定点における波高と拡散係数と基準点濃度の変化を示す。この図より、拡散係数の大きい点では、波高の減衰が大きいことがわかる。また、ケース2のBCD点の基準点濃度が非常に高いことがわかる。これは、水平渦が直接底面の砂を巻き上げるためである。

拡散係数 ε_z を瀬岡らと同様に砕波の物理過程を考慮して導出する。 ε_z は代表流速 $[U]$ と代表長さ $[L]$ に比例する。砕波による拡散の代表流速は、図-4に示す水平渦の周速度 q であり、代表長さは渦の半径を r とすると $2r$ である。砕波によって発生する渦は、一波長内に一部しかないので一波長平均の拡散係数を求めるには、渦の発生する空間 $2r$ と、一波長全部の空間 lh の比をかける必要がある。渦の循環 Γ は $2\pi qr$ で表されるので、拡散係数は $\Gamma \alpha h / \beta h$ に比例する。ここで α は水平渦の直径 $2r$ と波高 H との比で、 β は水平渦の領域 l と波長 L との比である。渦の発生により波高の減衰が生じると考えられるので、渦の循環 Γ は波高の減衰より求まる。 ε_z は最終的に式(1)となり、底面勾配 i_b 、波高変化 dH/dx 、波高 H 、水深 h と周期 T の関数で表される。

今回の計算では、渦が波高スケールとして $\alpha = 1$ とし、また、波長の1/3の領域に生じるとして $\beta = 3$ として行った。図-5より ε が大きい値のとき、傾きが緩くなる傾向がある。これは同じ斜面勾配で考えると、 ε が大きいときは波形勾配 H/L が小さくなり、波高 H が同じだと波長 L が長くなる。砕波による渦の領域は、波長が長くなっても、それに比例して大きくならないため、 β が大きくなり計算値が小さく見覆られている。また、ケース6の一番右側の点は、ケース6の砕波形式がくずれ波型のため、砕波後すぐの点では、波高に対して渦の領域が小さいため、計算値が大きく見覆られている。よって α 、 β を修正して ε で関係づけると1つの比例関係が得られると考えられる。

3. おわりに

結論としては、①底面に砂漕が形成されている場合の砕波領域の基準点濃度は、砂漕領域の1/2という関係にある。②水平渦が直接底面に到達し、砂漕が形成されない地点の基準点濃度は非常に高く、重要な地点である。③波の波高減衰と関係づけて求まる式(1)の拡散係数は、実験値をある程度説明することがわかった。

〈参考文献〉

- 1) 瀬岡和夫ら：砕波の物理過程に基づいた砕波帯内の拡散係数のモデル化，第33回海岸工学講演会論文集，1986
- 2) 瀬岡和夫ら：砕波帯内の乱れの組織的渦構造と水粒子運動について，第31回海岸工学講演会論文集，1984
- 3) 山下俊彦ら：砂漕上の乱れ強度分布と浮遊砂濃度分布，第28回海岸工学講演会論文集，1981

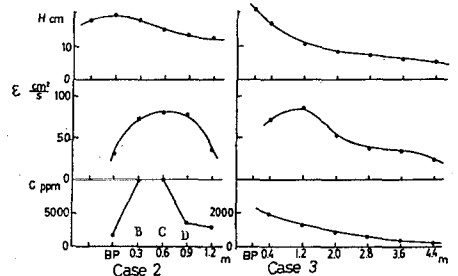
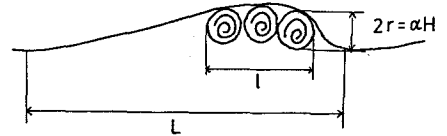


図-3 波高と拡散係数と基準点濃度の関係



$$\begin{aligned} \varepsilon_z &= (U)(L) \\ &= q \cdot 2r \cdot \frac{2r}{Lh} \\ &= \Gamma \cdot \frac{\alpha H}{\beta h} \\ \varepsilon_z &= K \frac{\alpha H^{3/2} T^{1/2}}{\beta h} \left(\frac{H^{3/2}}{2h^{1/2}} + 2Hh^{1/2} \cdot \frac{dH}{dx} \right)^{1/2} \quad (1) \end{aligned}$$

図-4

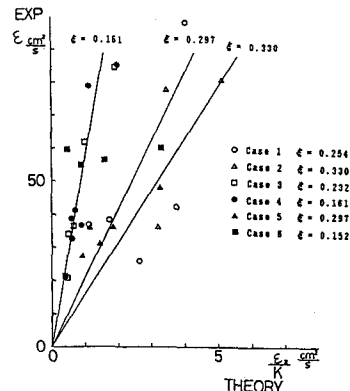


図-5 拡散係数の実験値と計算値の関係