

2次元傾斜海浜上における戻り流れの
鉛直分布のモデル化(Ⅰ)

大阪府立工業高等専門学校 正 員 平山 秀夫

首都高速道路公団 学生員 堀口 西

太陽工業 学生員 林島 和彦

1. はしがき：砕波帯内における質量輸送のモデル化が色々な角度から進められているが、これまで砕波に伴って発生する渦や乱れ等の諸特性の定量的な評価が困難であることから、必ずしも充分精度の高いモデル式が提案されているとは言えない。しかしながら、近年になり、LDV等による測定技術の進歩に伴って、これらについての多くの実験的研究が行われ、その知見を基にした砕波帯の流速場の推算についてのモデル化に関する研究が盛んになってきている。

本研究でも、このような観点から、これまでに得られた砕波帯内のせん断力などの諸特性の実験的事実に基づいて、2次元傾斜海浜上における戻り流れの鉛直分布の簡単な理論的表示法の確立を目指そうとするものである。すなわち、Svendsen¹⁾の解法に習い、基礎式として渦動粘性モデル式に基づいて、水面条件と連続式を適用した場合の解析解を求め、それらと実験値との適合性を調べる。

水面境界条件式は、ここでは、前報²⁾に示した渦度の推定式を適用し、一方、連続条件式は岡安ら³⁾の方法では、trough level以下の鉛直分布しか得られないという問題点を修正し、水面から底面までの全断面にわたる連続性を考慮した式を用いた。さらに、後述するように、渦粘性係数(ν_t)及び砕波帯内せん断力(τ)の鉛直分布式は、とりあえず、岡安らが提案している式に基づいて、解析解の導出を試みた。

2. 基礎式および境界条件式の検討：ここでは、砕波帯内の質量輸送速度の解析解を導出するとともに、その解析解中に含まれる未知定数を算定するにあたって必要な境界条件式の検討を行う。

いま、水平面内に作用するレイノルズ応力 τ と定常流速 U の関係を示した渦動粘性モデル式は、次式のように与えられている。(座標軸 z は底面から鉛直上方を正としている。)

$$\tau = -\rho U \overline{w'} = \rho \nu_t \frac{\partial U}{\partial z} \quad (1)$$

また、岡安らによれば、砕波帯内での渦粘性係数(ν_t)及びレイノルズ応力 τ は、trough level以下においては、直線分布を示し、鉛直座標 z の1次関数式として、それぞれ次式で与えられる。

$$\nu_t = 0.013cz \quad (2)$$

$$\tau = 0.0019\rho \frac{c^2}{d_t} (z - d_t) + 0.0016\rho c^2 \quad (3)$$

ここで、 $c = \sigma/k$ ($\sigma = 2\pi/T$, $k = 2\pi/L$, T : 周期, L : 波長), d_t : trough levelの底面からの高さである。

岡安らの研究結果では、その適用範囲を底面からtrough levelまでの間と限定したのに対し、本研究では、底面から水面までの全断面にわたる理論の確立を目指すという観点から、式(2), (3)が底面から水面までの全範囲にわたって成立すると仮定する。

次に、以上に仮定した ν_t 及び τ の表示式を用いて、渦動粘性モデル式(1)より、質量輸送速度 U の解析解は、次式のように得られる。

$$U = C_1 \ln z + C_2 + \frac{C_3}{C_4} z \quad (4)$$

ここで、 $C_1 = 0.0019c^2/dt$, $C_2 = 0.013c$, C_3, C_4 : 未知定数である。

いま、この解析解を確定するためには、これらの2つの未知定数 C_3, C_4 を決定する必要がある。そこで、ここでは境界条件として、次式で示した渦度の推定式、及び底面から水面までの全断面にわたる連続性を考

慮した連続式の2つを用いることにした。すなわち、

(I) 水面条件式:

$$\frac{\partial U}{\partial z}\bigg|_{z=h} = -\frac{1}{2} H^2 \sigma k^2 \left(\frac{17.5h^2}{H \cdot h_s} - 30.0 \right) \coth kh \quad (5)$$

(II) 連続式:

$$\int U dz = 0 \quad (6)$$

3. 傾斜海岸上の砕波帯内における質量輸送速度の鉛直分布の理論解析: いま、2つの条件式、式(5)及び式(6)を用いて、式(4)で表された砕波帯内の戻り流れの鉛直分布の解析解U中の未知定数 C_3 、 C_4 を決定すれば、若干の計算の結果、次式のように求まる。

$$C_3 = h \left\{ -\frac{1}{2} H^2 \sigma k^2 \left(\frac{17.5h^2}{H \cdot h_s} - 30.0 \right) \coth kh - \frac{C_4}{C_2} \right\} \quad (7)$$

$$C_4 = h \left\{ \left[-\frac{1}{2} H^2 \sigma k^2 \left(\frac{17.5h^2}{H \cdot h_s} - 30.0 \right) \coth kh - \frac{C_4}{C_2} \right] (1 - \ln h) - \frac{C_4}{2C_2} \right\} \quad (8)$$

したがって、以上得られた式(7)、(8)を式(4)へ代入すると、Uの理論式は次式のように与えられる。

$$U = \frac{C_1}{C_2} z + h \left\{ -\frac{1}{2} H^2 \sigma k^2 \left(\frac{17.5h^2}{H \cdot h_s} - 30.0 \right) \coth kh - \frac{C_4}{C_2} \right\} \ln z + h \left\{ \left[-\frac{1}{2} H^2 \sigma k^2 \left(\frac{17.5h^2}{H \cdot h_s} - 30.0 \right) \coth kh - \frac{C_4}{C_2} \right] (1 - \ln h) - \frac{C_4}{2C_2} \right\} \quad (9)$$

4. 解析結果: 1) 理論値と実験値との適合性: 図-1の各図は、それぞれ底面勾配 $i=1/20$ 及び $i=1/30$ における戻り流れの鉛直分布の理論値と実験値、及び前報で示したconduction eq.に基づく理論値を比較検討したものである。これらの図から、本理論値と実験値との分布傾向はほぼ合致しているが全般的には、あまり実験値を説明できなく、むしろ、conduction eq.の理論結果の方がより実験値に適合していると思われる。

5. まとめ: 岡安らが示した、 v_x 及び $\bar{v}$ の1次関数表示式を適用して得られた理論の結果は、あまりよく実験値を説明することができなかった。しかしながら、全体的な傾向は合致しているという点から、 v_x と $\bar{v}$ の分布式を修正し、さらに新たに底面境界条件をも満足するような解析解の導出を行えば、実験値との適合度は、さらに向上するものと思われる。これらの観点からの理論の再構築については、第2報で述べる。

参考文献: 1) Svendsen, I. A.; Mass flux and undertow in a surf zone, Proc. 8th Conf. on Coastal Eng., pp347-365, 1984.

2) 平山ら: 砕波帯内における戻り流れの鉛直分布の表示式と水面渦度の特性, 平成4年度関西支部年譜, II-95, 1992.

3) 岡安ら: 砕波帯内定常流速場の鉛直分布に関する研究, 第34回海岸工学講演会論文集, pp31-35, 1987.

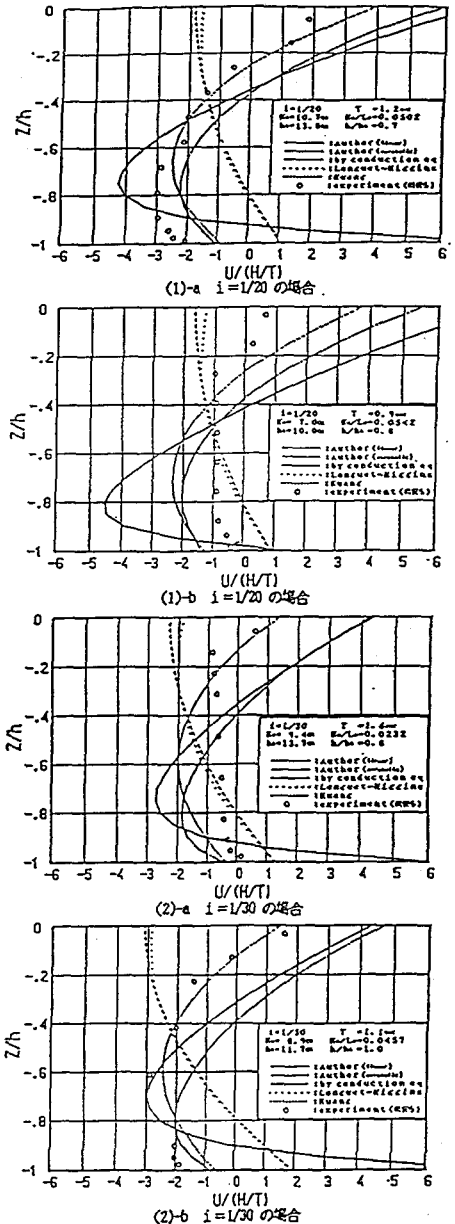


図-1 本理論値と実験値及びconduction eq.との比較