

伊福 誠
柿沼忠男 共著
後藤博光

“非対称波浪下における浮遊砂濃度と漂砂量” への討議・回答

(土木学会論文集, 第405号/II-11 1989年5月掲載)

▶討議者 (Discussion)

田中 仁 (東北大学)

By Hitoshi TANAKA

乱流モデルをもとに、浮遊漂砂量の定量的評価まで行っており、興味深く読ませて頂いた。ただし、著者らが採用した乱流モデルにおいて、式系のクローズ方法に疑問を感じるので解答頂きたい。

式(7)中の渦動粘性係数を評価する際、海底摩擦係数 f として、著者らの提案した経験式を与えているが、乱流モデルの中で、底面摩擦に関する情報を与えることに疑問を感じる。極論すれば、乱流モデルの目的は壁面せん断力の予測にあるといてよく、モデルの適用によって底面摩擦に関する情報が得られなければならない。この点から考えて、計算に際し、別途得られている摩擦係数式を用いることは、条件の与え過ぎであると考えられる。実際、 f の値は式で与えなくても、次の繰り返し計算によって、数値計算から得られる。

- ① f に適当な初期値を与え、渦動粘性係数を得る。
- ② 境界層方程式を解いて、速度分布を求める。
- ③ 速度勾配と渦動粘性係数の積より底面せん断力の最大値 τ_{max} を得る。
- ④ τ_{max} より f の第2近似を得る。誤差が十分小さくなるまで繰り返し計算を行う。

以上により、係数 f を与えなくても、式系はクロー

ズしている。上記の計算から得られる f は、経験式で与えた値とは一般に異なるものであり、この意味で乱流モデルに矛盾が内在していると考えられる。

また、著者らがすでに提案している摩擦係数の実験式は、波動運動として微小振幅波を基礎にしている。一方、本論文中的数値計算においては、非線形な波動運動を対象としている。非線形波動下の底面せん断応力は波形に対応して非対称なものとなる^{1),2)}。この点においても、本論文中的乱流モデルと著者らによる摩擦係数経験式の間には整合性が保たれていないように思われる。上記の計算方法によれば、この点についても問題は無い。著者らの考えをお聞かせ願えれば有難い。

参 考 文 献

- 1) Trowbridge, J. and Madsen, O. S.: Turbulent wave boundary layers 2. Second-order theory and mass transport, J. Geophys. Res., Vol. 89, No. C 5, pp. 7999~8007, 1984.
- 2) 田中 仁: 任意波形を有する波動下での水粒子速度と底面せん断応力の算定手法に関する研究, 土木学会論文集, 第381号/II-7, pp. 181~187, 1987.

(1989. 10. 16・受付)

▶回答者 (Closure)

伊福 誠・柿沼忠男 (愛媛大学)・後藤博光 (復建調査設計)

By Makoto IFUKU, Tadao KAKINUMA and Hiromitsu GOTOH

ご討議有難うございました。

討議者のご指摘のとおり、①~④の繰り返し計算によって海底摩擦係数を算出した方が境界層内の各種の物理量について精度の高い議論ができるかと思えます。

論文では渦動粘性係数を用いて摩擦応力を評価した場合と Prandtl の混合距離理論によって摩擦応力を評価した場合の両方で境界層内の流速を求めています。渦動粘性係数 N_z は、一般に摩擦速度 u^* と底面からの距離 z

の関数として

$$N_z = \alpha u^* z \dots\dots\dots (1)$$

と記述されます。ここに、 α はカルマン定数である。著者らは式(1)に係数 α を乗じた形で渦動粘性係数を表現しています。

$$N_z = \alpha x \sqrt{f_0} u_{bm} z \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 f_0 は著者らの経験式から算出される海底摩擦係数である。

これは討議者が提案している方法によって算出した海底摩擦係数と著者らの提案した式で算出したそれとは完全には一致しないかも知れないこと、また、著者らの海底摩擦係数の算出式は微小振幅波を対象としたものであることから係数 α を乗じたわけです。Prandtl の混合距離理論が完璧に摩擦応力を記述するものではないかも知れませんが、うまく記述し得るものであると考え、渦動粘性係数を用いて摩擦応力を評価して計算した流速分布と Prandtl の混合距離理論によって摩擦応力を評価して計算したそれとを比較して、両者が比較的良く一致する場合（論文中の Fig.1）の値、 $\alpha = 0.1$ （論文中 p. 102 右段）を採用したわけです。

摩擦速度 u^* は底面摩擦応力の最大値 τ_{max} で与えられるものとする。

$$u^{*2} = \tau_{max} / \rho_f = (\chi z_0 \partial u / \partial z |_{z=z_0, max})^2 \dots\dots\dots (3)$$

一方、底面摩擦応力の最大値は海底摩擦係数 f を用いると一般に

$$\tau_{max} / \rho_f = f u_{bm}^2 \dots\dots\dots (4)$$

と表わされる。粗度長さの位置における岸沖方向水粒子速度の鉛直勾配がわかれば式（3）と式（4）から海底摩擦係数が求まる。

式（1）と式（2）から、水粒子速度の鉛直勾配から算出される海底摩擦係数と著者らの提案式から求まるそれとの間には次式の関係がある。

$$f = \alpha^2 f_0 \dots\dots\dots (5)$$

前述したように著者らは式（5）中の α の値として 0.1 を用いて境界層内の流速を求めた。底面近傍の水粒子速度の鉛直分布からスプライン補間によって求めた水粒子速度の鉛直勾配から得た f と $\alpha^2 f_0$ の関係をプロットしたものが Fig.1 である。 f の値が 10^{-3} より大きい場合および 10^{-4} より小さい場合、両摩擦係数の差が大

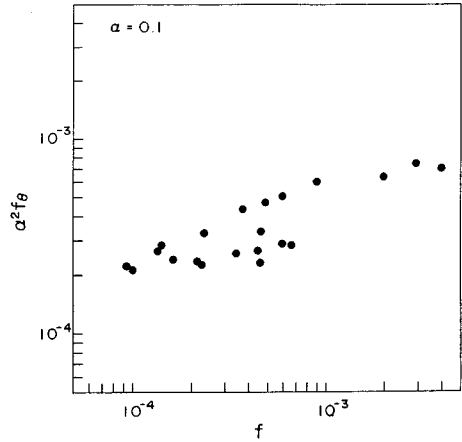


Fig.1 Relation between $\alpha^2 f_0$ and f .

きいことを除けば、ばらつきはあるものの両摩擦係数は比較的良く一致しているのではないかと考えます。係数 α を各データについてさらに精度良く求めれば図中のばらつきも幾分かは小さくなると思われます。以上のことから、渦動粘性係数を評価する際に乗じた係数 α は著者らの提案式による海底摩擦係数と討議者が提案している方法によって算出したそれとの補正值であると考えます。

水粒子速度の鉛直勾配を用いて海底摩擦係数を評価する場合、粗度長さをいかに評価するかがきわめて重要な問題となるのではないかと考えます。

討議者のご指摘によって、海底摩擦係数について検討できたことを感謝いたします。ご指摘頂きました以外の点につきましてもさらに検討し、解析方法の精度向上に努めようと考えています。

(1990.2.8・受付)