

福岡捷二  
山坂昌成 共著  
清水義彦

## “平衡形状に着目した中規模河床形態の卓越波数と形成領域区分”への討議

(土木学会論文集, 第363号/II-4 1985年11月掲載)

▶ 討議者 (Discussion)

澤井 健二 (京都大学)

By Kenji SAWAI

河床形態の卓越波数を、微小擾乱の初期発達の大条件からだけでなく、平衡波形勾配の大条件から求め、中規模河床形態の形成領域区分を行われたことは、従来懸案になっていた理論解析と観測とのギャップを埋めるものとして、興味深く読ませていただきました。また、そのようにして求められた中規模河床形態の卓越波数や形成領域区分が、初期擾乱の波形勾配の発達率を準用したものにはほぼ一致し、波数、列数の推定に用いられる線形解析の有効性が確認されたことは、意義深いものと思われま

す。しかしながら、著者らが示された、初期擾乱における波形勾配発達率の大条件判定法には、次の点で疑問をいただきます。

すなわち、線形解析では、波形勾配が時間の指数関数  $a_1 k = A \exp \{ \alpha T \}$  の形で表現されることから、波数や列数の卓越判定規準として、 $\alpha$  を最大にする波数を選ぶのが妥当であると思われる。上式を時間で微分することにより、

$$\begin{aligned} \alpha &= [1/(a_1 k)] \{ d(a_1 k)/dT \}_{a_1=0} \\ &= [(1/a_1) da_1/dT]_{a_1=0} \end{aligned}$$

となるから、上記の条件は、同一の初期波形勾配のもとで波形勾配の発達率を最大にする条件に相当するとともに、同一の初期波高のもとで波高の発達率を最大にする条件に相当する。従来の判定規準は、これに一致する。

ところが、本論文では、新しい規準として、

$$\beta = [ (1/a_1) |d(a_1 k)/dT| ]_{a_1=0}$$

を最大にする条件が選ばれている。これは、同一の初期波高のもとで波形勾配の発達率を最大にする条件に相当し、 $\alpha$  を最大にする条件とは一致しない。

図-6と図-10あるいは、図-7と図-11を比較すれば、単列・複列の区分では、 $\beta$  を最大にする条件から導かれたものの方が、 $\alpha$  を最大にする条件から導かれたものよりも、平衡波形勾配を最大にする条件から導かれたものに近くなっているが、図-2と図-8あるいは、図-3と図-9を比較すれば、卓越波数に関しては、必ずしもそうはなっていない。

以上のことから、卓越波数の判定規準として、線形解析を準用する場合、 $\alpha$  を最大にするという従来の規準にかえて、 $\beta$  を最大にするという新しい規準を用いることには疑問がある。

▶ 回答者 (Closure)

福岡 捷二 (建設省)・山坂 昌成 (埼玉大学)・清水 義彦 (京都大学)

By Shoji FUKUOKA, Masashige YAMASAKA and Yoshihiko SHIMIZU

はじめに、線形解析における卓越波数の決定法について有益なご討議をいただき、感謝申し上げます。

この問題に関する著者らの関心は、微小振幅時しか扱えない線形解析の結果と平衡時(有限振幅時)に観測される卓越波数をどのように結びつけるかにあり、これが本研究を行った動機でもあります。ご指摘のように、線形解析の範囲では、

$$a_1(k, T) = a_1(k, 0) \exp \{ \alpha(k) \cdot T \}$$

と表わされ、従来より、 $\alpha(k)$  の大条件から卓越波数が決定されてきました。しかし、上式は微小振幅時のみ

に適用されるのであって、実測される有限振幅時の波数とのかかわりを議論するには本質的に無理があります。また、仮に上式を有限振幅時にまで適用しても、 $T \rightarrow \infty$  のとき、 $\alpha > 0$  となる波数の擾乱の波高は無限大となりますので、平衡時の卓越波形を議論することはできません。これにもかかわらず  $\alpha$  の大条件から卓越波数を求める方法がとられることは、上式そのものに意味があるというより、むしろ上式中の  $\alpha$  が平衡形状の何らかの指標を表わしている(証明はされていない)と考えざるを得ません。そこで、 $\alpha$  が平衡波高の大きさを表わす

指標であると考えてみました。これに従うと、平衡波形勾配の大きさを表わす指標は  $\alpha k$ 、すなわち討議者の用いた  $\beta$  となり、 $\alpha$  とは異なることになります。逆にいえば、平衡形状を意識する限り、波高の大きさに注目した卓越波数と波形勾配の大きさに注目した卓越波数が同一の判定規準によると考えることには矛盾があり、両者の判定規準は異ならなければなりません。ただし、 $\alpha$  が平衡波高の大きさを表わす指標であるとしても、 $\alpha_1 \propto \alpha$  とは限らないため ( $\alpha_1 \propto f_n(\alpha)$  で  $f_n(\alpha)$  が  $\alpha$  の単調増加関数であればよい)、平衡波形勾配の大きさを表わす指標として  $\alpha k$  を用いるのが適切であるかについての検討の余地があります。しかし、中規模河床形態の発達過程に関する非線形解析はきわめて煩雑であり、現段階では精度上の問題から、 $f_n(\alpha)$  を明らかにすることができないため、 $\alpha_1 \propto \alpha$  と考えた波形勾配の指標  $\beta = \alpha k$  を用いています。この点についての検討は、非線形解析の精度向上を待たなければならないと考えております。

討議者は、 $\alpha_1 k$ 、 $\beta$ 、 $\alpha$  の3つの判定規準による卓越波数図と、領域区分図に同じ傾向がみられないことを指摘していますが、これは以下の理由によります。図-8が示すように、波数  $k$  に対する  $\alpha$  の変化は、極大値をとる波数  $k_{03}$  付近で比較的急激となっています。このた

め、波数  $k$  を乗じた  $\beta = \alpha k$  が極大となる波数  $k_{02}$  は  $k_{03}$  と大きくは異ならず、三者の判定規準による卓越波数  $k_{01}$ 、 $k_{02}$ 、 $k_{03}$  は、ほぼ一致しています。ここまでは、極大値の大きさは議論せず、極大値をとる波数のみを問題としています。ところが、単列・複列の区分を行うためには、卓越波数のみではなく、その波数における判定規準の大きさ (極大値  $\alpha_1(k_{01}) \cdot k_{01}$ 、 $\beta(k_{02})$ 、 $\alpha(k_{03})$ ) の  $l$  による変化が重要となります。したがって、 $k_{01} \doteq k_{03}$  が成り立っても、 $\alpha_1(k_{01}) \cdot k_{01}$  と  $\alpha(k_{03})$  がほぼ比例関係 (比例定数が  $l$  に無関係) になれば、両者の規準による領域区分線が異なることとなります。 $\alpha_1 k$ 、 $\beta$  による単列・複列の領域区分線がほぼ同一で、 $\alpha$  によるものがこれらと異なるのに対して、三者による卓越波数がほとんど変わらないという解析結果は、判定規準として  $\beta$  を選んだことに不合理を生じているわけではなく、 $\alpha_1 k$ 、 $\beta$ 、 $\alpha$  はほぼ同じ波数で極大値をとるが、 $\alpha_1 k$  は  $\alpha$  と比例関係にはなく、 $\alpha_1 k \propto \beta$  がほぼ成り立っていることを示唆するものであり、逆に、線形解析と現段階における非線形解析を関連づけるには、波形勾配に着目する限り、線形解析の卓越判定規準として  $\beta$  を用いることが好ましいことを示しています。