

河床波の卓越波数について

佐賀大学理工学部 学○ 高本 秀昭
 ” 学 古賀 勝利
 ” 正 渡辺 訓甫

1. はじめに

前報¹⁾において著者らは1次元解析法による河床安定解析をする際に、河床の不安定要因として、河床波上の流れが加速、減速の繰り返しであることによる1波長間の河床せん断応力の非対称性と、河床波上の砂移動の非平衡性のほかに、砂移動に及ぼす浮流砂の効果を導入し、ripples, dunesとFlat bedとの境界が砂粒の沈降速度と摩擦速度との比 w_o/u_* の値によって変化することを示した。

安定理論では河床擾乱の増幅率を極大にする波数として河床波の卓越波数が得られるから、ここでは前報で得られた解析結果に基づいて小規模河床形態の卓越波数について若干の考察を行なう。この理論は微小振幅波の仮定に基づいているので、実際の流路床上に発達している河床波の波長にうまく適合することは期待しがたいが、その関数形を決め、パラメーターが波数に及ぼす影響について定性的に調べるには役に立つものと思われる。本文は、河床安定理論に基づいて小規模河床形態の波数について従来の実験資料を整理したものである。

2. 河床波の卓越波数

著者らの安定解析によると河床擾乱 $\zeta = z/h$ を $\zeta = \zeta_0 \exp(\gamma T + i\beta X)$, ($X = x/h$, T : 無次元時間, γ : 無次元複素移動速度, $\beta = 2\pi h/L$: 無次元波数)として、その増幅率 γ_1 は次式で与えられている¹⁾。

$$\gamma_1 = M\beta^2 A \{1 - \lambda_1 \beta^2 Fr^2\} \{1 - (1 + \lambda_2 \beta^2) Fr^2\} \cdot [qa - 2E - \frac{2}{\beta^2} (1 + EW) W] \quad (1)$$

$$A = 1 / \{1 - (1 + \lambda_2 \beta^2) Fr^2\}^2 \cdot \{\beta^2 E^2 + (1 + EW)^2\}$$

ここに、 $a \cong 5.0$ は河床せん断応力の非対称性を、 E は砂移動の非平衡性を、 W は w_o/u_* の関数で流砂の効果を表わすパラメーターで、この理論において河床の安定不安定を決める因子である。なお、 $\lambda_1 \cong 1/2$, $\lambda_2 \cong 1/3$: 遠心力の効果を表わすパラメーター²⁾, q : $\phi_o = u_m/u_*$ の関数, $Fr^2 = u_m^2/gh$, $M = 3/2 \cdot \Psi/(\Psi - \Psi_o)$, Ψ : 掃流力の無次元表示, $\Psi_o (\cong 0.05)$: 限界掃流力の無次元表示である。

式(1)より、 $\partial \gamma_1 / \partial \beta = 0$ なる β を β_* (卓越波数)としてパラメーター表示すると

$$\beta_* = \beta_*(E, W, Fr, q, a, \lambda_1, \lambda_2) \quad (2)$$

となる。上記の諸数値を用い、 $\Psi = hS_o/sd$ ($s=1.65$), $S_o = Fr^2/\phi_o^2$ の関係、及びManning-Stricklerの式を用いると、結局

$$\beta_* = \beta_*(\Psi, \phi_o, w_o/u_*) \quad (3)$$

となり、林ら³⁾の与えた結果に新たなパラメーターとして w_o/u_* が加わった形となる。従って、ここでは河床波の波長を $\beta_* \sim \Psi$ 紙上で、 ϕ_o および w_o/u_* をパラメーターとして表示し、河床波の波長と比較してみることにする。

図-1は、解析で得られた小規模河床波の卓越波数を w_o/u_* をパラメーターとして従来の実験資料^{4, 5)}とともに図示したものである。資料は $\phi_o = 16 \sim 18$ のものについて w_o/u_* の値によってグループ分けされており、図中実線は式(1)から得られた河床擾乱の卓越波数を $\phi_o = 18$ の場合について示している。 β_* の曲線群はripples, dunesおよびanti-dunesに対応する三つの曲線群よりなっている、ripplesに対応していると思われる曲線群は w_o/u_* の値によっては複数の卓越波数曲線が得られているが、この安定理論が波形勾配が小さいことを前提としていることから、特に、ripplesのような短波長領域の河床波の性状に対しては理論的な考察が困難である。ripplesの資料によると w_o/u_* の影響は見られない。dunesおよびanti-dunes に対応

する曲線群は w_o/u_* による変化が顕著でなく、資料も大きくばらついて系統的な傾向が見られない。このことは、浮流砂は河床波の発生限界には影響を及ぼすが、その波数（卓越波数）にはなんら寄与しないことを示すものと思われる。

図-2は、 $w_o/u_*=0.5\sim 1.0$ の資料について ϕ_o をパラメーターとして調べたものである。ripplesはYalinがその波長に対して $L=1000d$ と与えているように、 ϕ_o によって大きく変化し、その値が大きいほど高波数領域に発生している。一方、dunesに対応すると思われる波数曲線群は ϕ_o の変化に対して極めて鈍く、資料も ϕ_o による変化が見出せない。Yalinの表示 $L=5h$ によると $\beta_*=1.26$ であり、今のところ、dunesの波数のばらつきを説明できないが、解析結果によると波数は掃流力 Ψ の増加とともに減少しており、実験値にもその傾向が見られる。anti-dunesは ϕ_o の値が増すと波数が若干大きくなり、解析結果も同様の傾向を示している。

表-1. 図中の記号

w_o/u_* (図-1)	0.3~0.5	0.5~1.0	1.0~3.0
ϕ_o (図-2)	14~16	16~18	18~20
Ripple	□	⊠	■
Dune	○	⊙	●
Anti-dune	△	⊴	▲

河床安定論で得られたパラメーターを基に河床波の卓越波数について考察を行なったが、 w_o/u_* による影響はないようである。今後、卓越波数を規定するパラメーターの選定についてさらに見当を加え、その定量化に務めるつもりである。

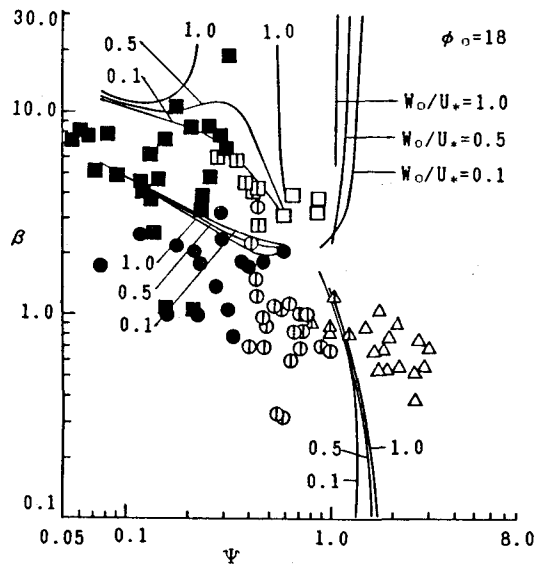


図-1. w_o/u_* による卓越波長の変化

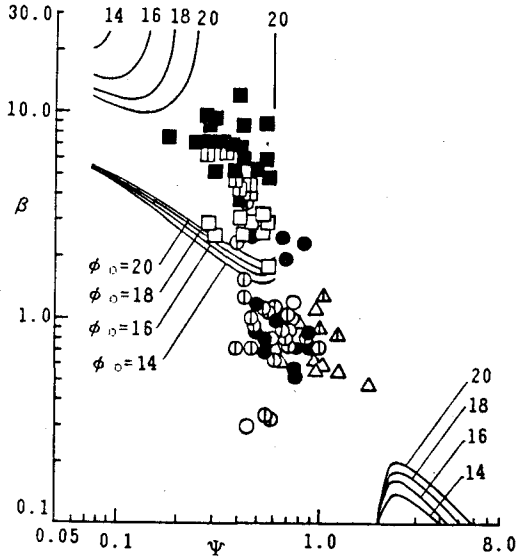


図-2. ϕ_o による卓越波長の変化

4. 参考文献

1) 渡辺・大串・鶴田・古賀：昭和61年度西部支部研究発表会，1987。
2) Iwasa・Kennedy：Proc. ASCE, Vol. 94, HY2, 1968。
3) 林・大西：第25回水理講演会論文集，1981。
4) Guy, H. P., D. B. Simons and E. V. Richardson：U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 462-I, 1966。
5) 水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会：土木学会論文報告集，第210号，1973。