

京都大学大学院 学生員 辻 本 哲 郎
 京都大学工学部 正 員 中 川 博 次

1 河床波の発生・成長機構の考察

平坦砂面に適当な水理条件で通水すると河床波が発生・成長する。まず砂面上に砂粒運動がおり、その不規則性のため、河床の平均的収支は保たれるものの、砂面擾乱が発生する（砂粒の pickup rate に関係）。そして不規則に移動する砂粒の相互干渉によって砂面擾乱が流下方向に相関をもつ。この種の擾乱の発生は水流の乱れが直接ひきおこすのではなく、砂粒運動の不規則性に交換されて後作用する。次にこうした擾乱の水流に対する安定性が問題になる。砂面の不安定性の要因は水流が変化する場での流砂の非平衡性で、これは砂粒運動によって異なる位置の特性が持ち込まれるためと考えることで説明できる（step length とその分布）。次に砂面擾乱が顕著になってくると砂粒運動は河床形状に強く規制されてくる¹⁾ため、河床波のスケールの変化に対しては河床形状の分布性状がその主役となる。更に河床波が発達してくれば、河床波上の平均的な流れの性質（主に Froude 数）によってそれ以上の発達が妨げられ何らかの平衡状態に達するものと思われる。次に、成長過程の中心である河床波スケールの分布特性の効果を考察する。

2 河床波長・波高の分布特性の成長過程への寄与

この段階においては、実験の結果¹⁾流砂量 q_B はあまり変化せず、 $q_B = s(1 - \rho_0) U_w H$ が成立する。ここに、 s ：河床波の形状係数、 U_w ：波速、 H ：波高、 ρ_0 ：砂の空けき率である。また、発達過程において河床形状の相似性が保たれる²⁾このとき、河床波のスケールによって個々の波速が異なり、波の進行とともにその間隔（波長）は変化する。ただし実質的な変化は河床波が追いついた際の合体によるスケールの増加分だけで、平均的变化を検討するにはこれだけに注目すれば良い。よって波長の増加率は、波高の無次元量 $\eta_* = (H - \bar{H}) / \alpha \bar{H}$ （ α ：波高の変動係数）の確率密度関数を $f_H(\eta_*)$ として次式で与えられる。

$$\frac{dL}{dt} = \{q_B / (1 - \rho_0) H\} \cdot f_s(\alpha)$$

$$f_s(\alpha) = \alpha \int_{-\infty}^{\infty} (1 + \alpha \eta_*) \int_{\eta_*}^{\infty} \frac{\eta_*' - \eta_*}{(1 + \alpha \eta_*')^3} f_H(\eta_*') d\eta_*' f_H(\eta_*) d\eta_*$$

波高についても同様に考えられ、結局次式が得られた。

$$L/d = (K/\sqrt{\theta}) \tau_* \sqrt{t_*} + (L_0/d)$$

$$H/d = K\sqrt{\theta} \tau_* \sqrt{t_*}$$

ここにおいて、 $K = \sqrt{2m f_s(\alpha) / (1 - \rho_0)}$ 、

$t_* = tu_*/d$ 、 $q_{B*} = q_B / \sqrt{(0/\rho - 1)gd^3}$ 、 θ ：波形こう配、 L_0 ：初期波長であり、 $q_B = m \tau_*^2$ とした。著者らの実験¹⁾、²⁾によると河床波長・波高の分布は正規分布で近似され、その変動係数は 0.3~0.5 の値をとり時間的に変化しないとみなせる。この時 $f_s(\alpha)$ は約 0.07 で一定である。実験によって得られた河床波の発達状況¹⁾と上式で推定される発達特性を图示して比較した。図の○は河床高の標準偏差で $2\sigma = H$ の関係が実験的に認められており¹⁾、図中の曲線はこれに基づいている。図より河床波の成長過程がこのような取り扱いで説明し得ると考えられる。

参考文献 1) 中川・辻本・矢田：昭和51年度関西支部年講、1976。

2) 中川・辻本・本部：第30回土木学会年次講演、1975。

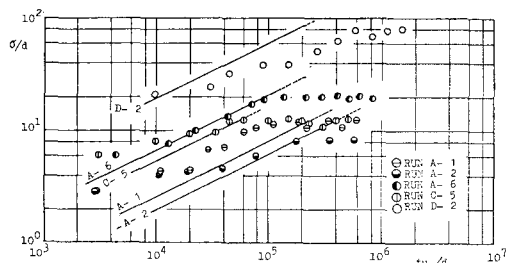


図-1 河床高標準偏差の時間的变化

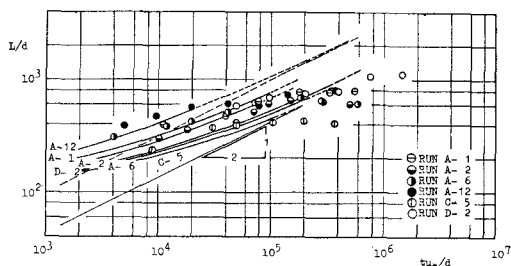


図-2 河床波波長の時間的变化