

北大工 正 員 ○黒木 幹男
北大工 正 員 岸 力
北大院 学生員 荒井 信行

1 はじめに 河床波の発生・発達を理論的に説明しようとする試みはこれまでに数多くなされてきたが、小規模河床波と中規模河床波の間の遷移を説明するにはいまだ不十分である。これまでの理論的取扱いの多くは小規模河床波をいわゆる2次元波として位置づけている。確かにduneの中にはlong-wested dune¹⁾と呼ばれる、流れと直角方向に一軸にcrestが作らぶものも存在するが、多くは流れの横断方向にも波状を呈する。Engelund & Fredsøe²⁾は antidune に流れと直角方向の波状性を考慮した解析を行ない、小規模河床波を3次元の波として取扱う妥当性を明らかにしている。本研究はduneを3次元波として取扱うことで、水路中との関係、duneとbarの間の発生限界を理論的に調べた。

2 河床波の発生に関する理論的考察 Duneを3次元波と見做せば、形式的にはbarの場合と全く同様の取扱いが出来る。理論的考察は、ポテンシャルを用いた林³⁾の理論に、砂粒の運動方向と水流の方向とのづれを考慮して、Z方向の流砂成分を次式の形に修正して用いた。

$$T' = T' (V/U - d_2 \cdot \partial^2 / \partial z^2)$$

d_2 は流れの2次元の構造と強度に関連する定数である。この場合河床波の初期増中率 T' は次式の形に書ける。

$$T' = F^2 k^2 d^2 \left\{ C - 2 \frac{F k d}{\beta} \frac{1 - (F k d / \beta) \tanh \beta d}{\tanh \beta d - (F k d / \beta)} - \frac{C d_2}{d} \frac{l^2}{k^2} \right\}$$

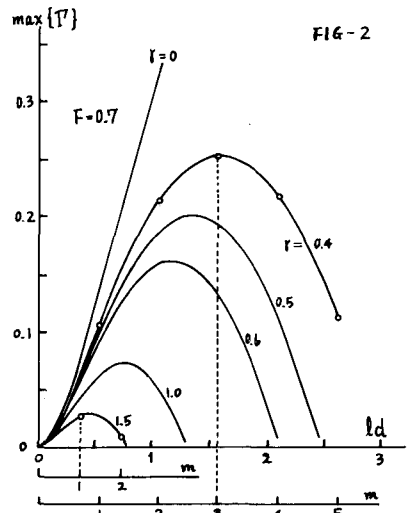
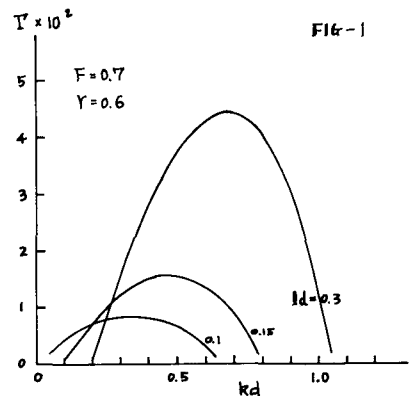
但、 $l = m\pi / \beta$ としZ方向の分割数 m を考慮する。

T' は図-1に示す形にピークをもち、 T' の最大値を与える $k d$ によって波長の波長が決まる。更に上の形を修正を施したことで、最大値 $\max\{T'\}$ は適当な $l d$ の値で最大になる。

図-2に示す形にこの値は $\gamma = C d_2 / d$ の値によって変わる。

γ が与えられれば、 B/d が与えられたときに $\max\{T'\}$ を最大にする m の値が決まり、河床波の形状が推定できる。

3 γ の推定 移動床曲線水路における最近の研究⁴⁾でも明らかなように、 γ の値は2次元の構造と強度に密接な関係がある。直線流にその結果を直接適用することは出来ないが、 F および B/d が主要なパラメータであると推定される。ここではSimons et al.および著者の実験資料の中で、写真で m の値を判読出来るduneの資料、および同じ F の範囲のbarの資料とから γ と F , B/d の関係を調べた。図-3に示す形に、 F によって若干変化する形にも認められるが、資料の範囲ではほぼ B/d によって整理出来る。



Dune の場合には二次流成砂粒運動に与える影響も大きいと考えられ、 γ の値も小さくなる予想されるが、解析結果はこれを裏付けている。 B/d が小さいと γ の値も小さく、図-2 に模式的に示す様に、 $m \geq 2$ で $\max\{i\}$ が最大となり、この時の kd の値は dune に対応する値と比較的大きな値になる。

Bar の場合にはこれと反対に γ の値は大きくなり、 $B/d = 10 \sim 20$ が、両河床波を別ける一応の目安になっている。

4 実験的検討 上の理論的検討の結果を確かめるために水理条件を出来るだけ同一に保ち、 B/d のみを変えて $m \geq 2$ の dune と bar と云う異種の河床波が生ずる区間を実験的に確かめた。実験は巾 90 cm 、長さ 30 m の可変勾配水路を用いて行ない、 B/d を変えるために水路を仕切って水路巾を変化させた。河床材料には平均粒径 0.58 mm の混合砂を用いた。

実験結果の一例を表-1 に示す。これらの実験では d, F などの主要水理量は比較的大きく一致しているが、 B/d が大きい A 区の実験では bar が、C 区に B/d が小さいところでは dune が生じた。両河床波を区別する限界の B/d の値は、上の予測とはほぼ同じ範囲にある。図-3 の点線から γ の値を求め、 m, kd などの卓越波の特性量を理論から求めた実験値と比較すると表-1 の値になる。

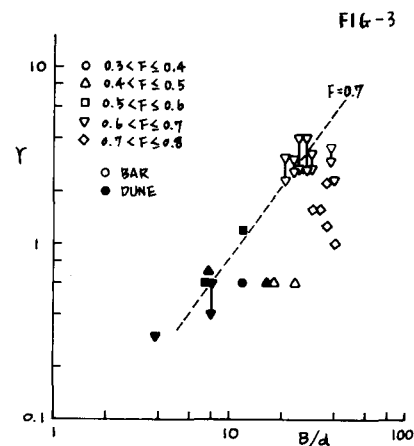
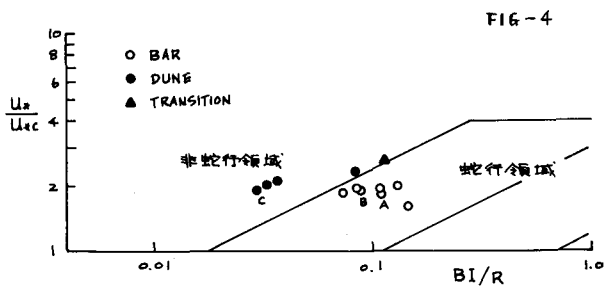


TABLE - 1

	A	B	C
B (cm)	90.0	62.5	26.5
d (cm)	3.15	3.02	3.33
U (cm/s)	38.6	39.5	39.6
$i \times 10^3$	3.80	4.28	3.84
F	0.69	0.72	0.70
B/d	28.6	20.6	8.0
Bed Form	Alt. Bar	Alt. Bar	Dune
γ	3.2	2.2	0.6
m	OBS.	1	1
	CAL.	1	1
kd	0.11	0.15	1.18
kd	OBS.	0.034	0.041
	CAL.	0.41	0.47

著者らはさらに、図-4 に示す範囲中規模河床波の発生領域区分を提案した。表の実験結果の他にプロットすると、図の区分線で行方・非蛇行領域をうまく区分できていた。しかしこれは小規模河床波を、この範囲を含まない区分図上にプロットする意味が明らかでなかった。本研究の結果小規模河床波の発生に至る導入する物理的意味を理論的に説明され、中規模河床波との区分線の意味も可成り明かたすことが出来た。

本研究の実験は当時本学学生伊藤耕一・長島郁夫両名の協力を得た。又本研究は文部省科学研究費(奨励 A)の援助を受けたことを付記する。



参考文献 1) Allen J.R. Current Ripples, North-Holland, 1968

Hydrology, II, 1971

2) Engelund & Fredsøe Three-dimensional stability analysis of open channel flow over an erodible bed, Nordic

3) 林泰造 河川蛇行の成因についての研究, 土木学会論文報告書 No.180, 1970

4) 吉川秀夫・池田馬介・北川明 弯曲水路の河床変化について 土木学会論文報告書 No.251, 1976

5) 岸カ・黒木幹男・今泉正次 拘束蛇行流に関する実験的研究, 土木学会論文報告書 No.167, 1975