

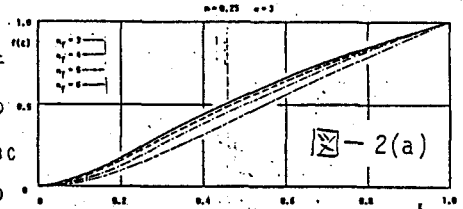
河床波の成長・発達に及ぼす形状・スケールの効果

京都大学工学部 正員 中川 博次
 京都大学工学部 正員 村上 正吾
 電源開発株式会社 正員 水橋雄太郎
 京都大学大学院 学生員 八杉 隆

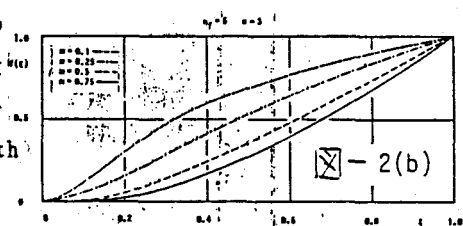
1. まえがき dunes の背面上の底面せん断応力の分布特性と非平衡流砂モデルとを組み合わせることによりdunes 上の流砂量分布はすでに著者らによって論じられており、本報では非平衡流砂状況によって、どのように河床波の形状・スケールが決定されるかについて検討を行なう。いわゆる河床波の変形には、個々の波自体が水理条件に应答する変形と個々の波の合体・分裂といった相互干渉による変形とに大別され、スケールが大きく波速が遅いものでは前者が卓越し、小規模で波速の大きいものでは、後者が卓越するものと考えられ、本報では前者の変形を対象とする。

2. 平衡河床波形状 河床波背面上の流砂特性量の分布性状を決定するのは再付着点以降に発達する境界層に支配される底面せん断応力分布 $\tau_0(x)$ であり、pick-up rateが零となる点を原点とする図-1に表わされる座標系において、その無次元底面せん断応力分布関数 $\eta(x)$ を次式で定義する。 $\eta_f(\xi + \xi_0)^m$ — (1) ここで、 $\eta(\xi) = \tau_0(\xi)/k_2 \tau_c$ 、 $\xi = x/x_c$ 、 $\xi_0 = x_0/x_c = (1/\eta_f)^{1/m}$ 、 η_f 、 m ：定数であり、 η_f は、ほぼ流れにより m は河床波の形状により規定されるものと予想される。

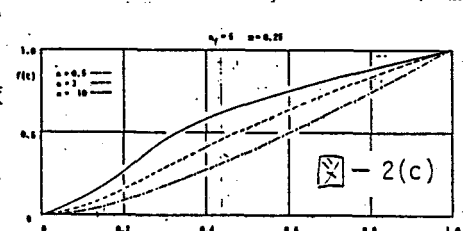
さて、河床波が形状・スケールを変えずに定常進行している時の局所的な河床波高 $y(x)$ と背面上流砂量分布 $q_B(x)$ との間には、 $y(x)/y_{crest} = q_B(x)/q_{BC}$ — (2) なる関係がある。ここで y_{crest} ：図-1中の



原点よりのcrest高、 q_{BC} ：crest上での流砂量である。 $q_B(x)$ には、次式の中川ら¹⁾の非平衡流砂量を用いる。 $q_B(x) = (A_3 d/A_2) \int_0^x p_s(x') F_x(x-x') dx'$ — (3) ここで、 p_s ：pick-up rate、 $F_x(\xi)$ ：step length



の超過確率である。無次元河床波形状関数として、 $f(\xi) = y(\xi)/H$ ($H = y_{crest}$) — (4) を定義すると、式 (2) は次式のように書き直される。



$f(\xi) = q_B(\xi)/q_{BC}$ — (5) したがって、河床波の背面上の掃流力分布 $\eta(\xi)$ が与えられると pick-up rate p_s が求められ step lengthの分布を仮定すると局所流砂量分布 $q_{B*}(\xi)$ が定まり、 $\eta_0(\xi)$ に対する $f_0(\xi)$ が求まる。しかし、実際には、その形状

Hiroji NAKAGAWA Shogo MURAKAMI Yutarou MIZUHASHI Takashi YASUGI

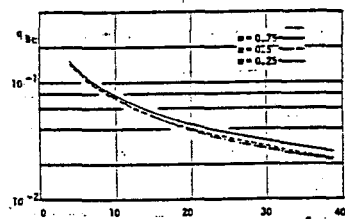
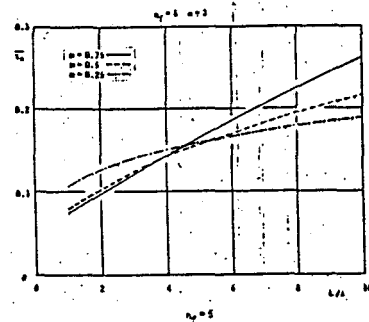
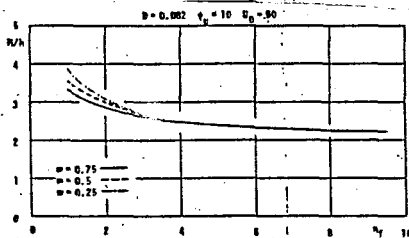
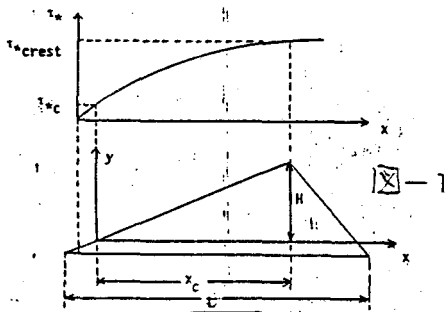
$f_0(\xi)$ に対する $\eta_1(\xi)$ が定まり、 $\eta_1(\xi)$ に対する形状 $f(\xi)$ が、 $f_0(\xi)$ と一致した時、平衡河床波形状に達したとみなされるべきである。さて、pick-up rate 推定式に中川ら¹⁾の式を用いて、step length が指数分布に従うものとする、式 (5) より河床波形状の式として、次式が得られる。 $f(\xi) = \{\exp(\alpha)/\Psi(1)\} \exp(-\alpha\xi)\Psi(\xi)$ — (6) ここで、

$$\Psi(\xi) = \int_0^\xi \eta(\xi) \left(1 - \frac{1}{\eta(\xi)}\right)^3 \exp(\alpha\xi) d\xi \quad \text{— (7) である。ここに、} \alpha = x_c/\Lambda \quad (\Lambda: \text{平均}$$

step length, x_c : 原点より crest までの距離) $k_2 \tau_{*c} = 0.035$ 式 (1) おける η_f , m , 及び α が定まると式 (6) より $f(\xi)$ が決定される。図 - (2) は $f(\xi) \sim \xi$ の関係を示しており、(a) は η_f が変化しても形状はほぼ相似で、 η_f はスケールに影響を与えるものの形状に対する影響は小さいことを示し、(b) は形状に対する m の効果はかなり大きいことを示しており、 m が大きくなると下に凸な形状 m が小さくなると上に凸な形状になる傾向にあり、形状に対する影響は大である。(c) は $\alpha = x_c/\Lambda$ (波長と step length との比に相当し河床波の大きさに関するパラメータ) の効果を示しており、長波長のは凸形で頂部が flat で短いものは凹であり、形状とスケールとがかなり密接な関係があることお示唆している。

3. 非平衡河床波スケール 定常進行河床波では、平衡流砂量 q_B と crest 上での q_{BC} との間に $\bar{q}_B = \frac{1}{2} q_{BC}$ — (8) なる関係があり、 q_{BC} は非平衡流砂量式 (3) より定まり、式 (1) で与えられる掃流力分布の平均値 $\bar{\tau}$ と平衡流砂量公式より与え、図 3, 4 より $\bar{q}_B = \frac{1}{2} q_{BC}$ となる波長を求めるとそれは、平衡河床波長 L_e とみなせる。次に、波高 H_0 に関しては、流れの条件 (平均流速 U_0 、水深 h_0) および掃流力分布形 (1) が与えられ、流速係数が背面上で一定とみなし、次式の様に、 τ_{*crest} での値が等しいということより、 H/h_0 が定まる。 $k_2 \tau_{*c} \eta_f (1 + \xi_0)^m = \left(\frac{U_0}{v_u} \frac{1}{1 - H_0/2h} \right)^2 / (\sigma/p - 1) g d$ — (9) 図 - 5 は、 $H/h \sim \eta_f$ を表わしており、 η_f が大きくなると m に関わりなく H_0/h は一定となる傾向にある。

4. 結論 掃流力の分布特性を非平衡流砂モデルにより平衡な河床波の形状・スケールについて、その性質に論じた。今後は、実験的な検討と並行してモデルの改良を図りたい。



1) Nakagawa, H. & T. Tsujimoto ; Proc. ASCE, Vol. 108, NO. 8, 1982