

北大工 正員 ○黒木幹男
北大工 正員 岸 力
道路公団 正員 山内泰次

1 はじめに 直線流路の中で流れが蛇行する現象は、中規模河床液の発生発達の問題とともに、これまでも多くの研究がなされてきた。このような流れの系を、他の蛇行現象と簡潔に区別する意味で、標題のように「拘束蛇行流れ」と仮に呼んだ。拘束蛇行流の特性の平均量間の関係は実験的にも理論的な面からほぼ明らかになっている。一般に河床液の特性量は、拘束蛇行流も含めて、変動現象としてとらえなくてはならない面が強い。本報告では、流れの流向および河床・水面の高さの変動に注目して、その変動特性の相互の関係をポテンシャル流理論と比較検討した。又、平均量の間の関係から移動床流れの相似則について検討した。

2 流向の変動特性 図-1は固定した測点における流向 θ 、水面 ξ 、砂面 η の変動の一例である。河床形態は単列交互砂洲であり、河床波が充分に発達して安定した状態で測定した。図中の点線は林(1970)の蛇行理論で、河床液に関する量に実測値を用いて求めた流向の変化であり、実測の平均値に近似している。

測定例では河床が比較的安定した状態のみを示しているが、流向の平均値の変動周期は必ずしも一定ではなくまた平均値のまわりに大きなばらつきが存在する。

森(1975)は砂堆河床について流速・水面・砂面のスペクトルの関係を調べ、低周波領域ではポテンシャル流を用いた河床液理論が成立することを確認めた。拘束蛇行流れでは、流向、水面および砂面のスペクトルの間の関係は次式で表わされる。

$$\Phi_{\theta_{cent}}(k) = \left[\frac{k\ell}{\beta} \frac{\cosh \beta y + (F^2 k^2 h / \beta) \sinh \beta y}{\sinh \beta h - (F^2 k^2 h / \beta) \cosh \beta h} \right]^2 \Phi_{\eta_{side}}(k) \quad (1)$$

$$\Phi_{\xi}(k) = \left[\frac{F^2 k^2 h / \beta}{\sinh \beta h - (F^2 k^2 h / \beta) \cosh \beta h} \right]^2 \Phi_{\eta}(k) \quad (2)$$

ここに、 $\Phi(k)$ ：波数スペクトル、 k ：主流方向の波数、 ℓ ：横断方向の波数、 h ：水深

$F = u / \sqrt{gh}$ ：フルード数、 $\beta = \sqrt{k^2 + \ell^2}$

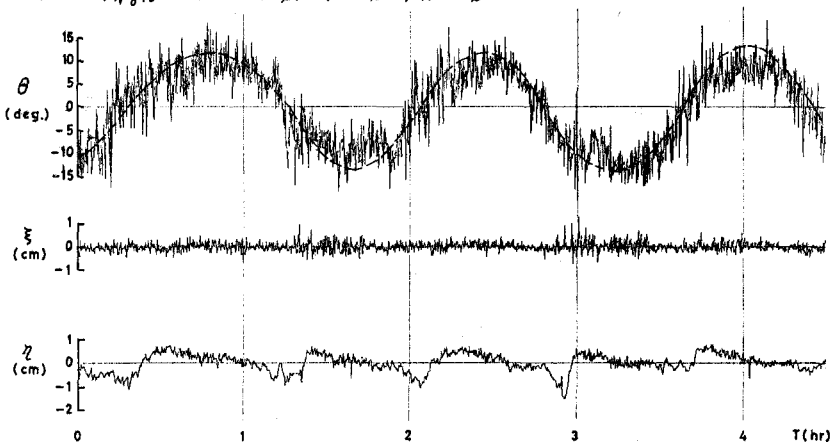


図-1 流向・水面・砂面の時間変動記録

ただし、測定は時間領域で行なわれているので、次式の関係を用いて周波数スペクトルに変換を行なう。

$$\bar{\Phi}(f) = \bar{\Phi}(k) / u_b$$

$$k = 2\pi f / u_b$$

図-2 は(1)式から求めた流向変動のスペクトル、図-3 は(2)式から求めた水面変動のスペクトルを夫々実測値と比較して示した。ただし、(1)(2)式を用いるに当って、波数 k は k によ

て、 $k/k = \lambda/2B$ のごとく変化すると仮定し、 $\beta = \sqrt{1 + (l/k)^2}$ $k = ck$ として計算した。

図によれば、低周波数領域では、ポテンシャル流理論から導かれた(1)(2)式で良く近似されている。

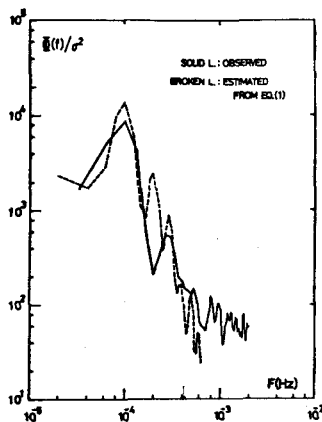


図-2 流向変動のスペクトル

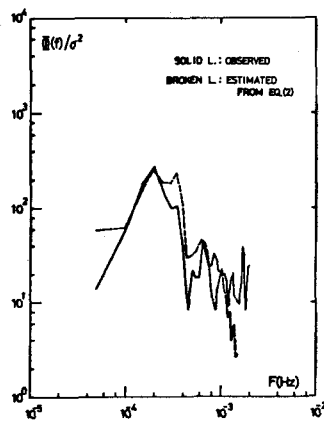


図-3 水面変動のスペクトル

3 移動床流れの相似則 拘束蛇行流れの特性は実験水路で解明が進んでいるが、実際河川との対応を考える場合は、流れの非定常性など困難に遭遇する。ここでは札幌市内を流れる豊平川の昭和50年8月洪水時の資料を用いて、移動床流れの相似則を検討した。関係諸量の縮率は表-1に実験結果とともに示してある。移動床流れで特に問題となるのは、河床形状の相似、流れの抵抗の相似、および河床変形の時間縮尺である。これらは先に著者らが提案した、河床波の領域区分、抵抗算定式、および流砂量式を用いて決めた。

表-1 模型実験の縮率

物理量	縮率	豊平川	模型 ($x_r = 1/100$)
フルード数	$F_r = 1$	0.74 (ビ-7)	0.76 (ビ-7)
流量	$Q_r = x_r^{5/2}$	1080 m^3/s (")	10.64 L/s (")
水深	$h_r = x_r$	3.0 m (")	2.9 cm (")
河床材料の粒径	$d_r = x_r$	58 mm	0.58 mm
河床材料の比重	$s_r = 1$	2.65	2.65
河床変形の時間	$t_{sr} = (1-\lambda)_r x_r^{1/2} F_r$	—	1/11.4
河床波の波高	$(\Delta h)_r = x_r$	1.2 m	1.1 cm
河床波の波長	$(L)_r = x_r$	250 m	210 cm

模型実験はまず、一定流量 Q_{peak} を流し、河床波形状、流体抵抗の適合度を調べた。つぎに、ハイドログラフに合わせて流量を変化させ、河床波の移動状況、時間縮尺の検証を行なった。表-1の第3欄以後に各量の適合度を示した。これまで実際河川の拘束蛇行流では関与する水量の決定が難しく、著者らは経験的に低水路いっばいに水の流れる状況をとっていたが、この実験でその推定がほぼ妥当なことが明らかになった。

参考文献

- 林(1970)：河川蛇行の成因についての研究、土木学会論文報告集第180号
 森(1975)：移動床流れにおける流速変動のスペクトラム、第30回年講、II-154
 黒木、ほか(1975)：交互砂洲の水理特性、科学研究費(総合研究(A)；代表 岸 力)最終報告書