

II - 246

ステッププールの成因に関する実験的研究

北海道大学 学生員 上 林 悟
北海道大学 正 員 長谷川和義

1. はじめに

山地河川の河床には、リブやステッププールと呼ばれる階段状河床形状がみられる。1)リブは2次元の河床形状であり、ステッププールは三次元的な河床形状で、礫によって円弧状のプールを形成するのが特徴である。実際の河川において、この二つは混在していることが多く、厳密に分類することはむずかしい。しかし、過去の研究^{2, 3, 4, 5)}によって、リブが反砂堆を成因として形成されること、水面波が河床形状に大きな影響を及ぼすこと、水面波起源の河床波と反砂堆とが別個のものであること、互いの干渉は存在するものの両者が共存し得ることなどが分かってきている。本実験の目的は、移動床を用いてステッププールの発生を確認し、ステッププールとリブとの相違点を観察すると共に、ステッププールと水面波の関係を明らかにすることである。

2. 実験の概要

使用水路は、幅 30 cm、長さ 10 m の循環式可傾斜水路である。予め水路底面に $d_{84}=0.726$ cm、 $d_{50}=0.434$ cm、 $d_{16}=0.166$ cm の河床材料を敷き、通水後、河床波の発達ピークに達した段階で停水した（この間は約 15 分）。水力条件は反砂堆の発生条件を目途に表 1 の様に与えた。計測項目は、水深、河床形状、流量、流砂量とその粒度分布である。

表 1. 実験条件

CASE	Q(l/s)	i	U(m/s)	h(cm)	Fr
1	18.95	1/13.5	1.22	5.18	1.711
2	27.47	1/15.7	1.43	6.42	1.798
3	22.05	1/19.1	1.05	6.97	1.270
4	18.04	1/13.6	1.16	5.17	1.634
5	17.79	1/13.6	1.07	5.53	1.453

3. 実験結果と考察

CASE1 では、図 1 に見られるようなリブが確認された。即ち、このときの河床形状はやや 3 次元的是ではあるが 2 次元的な様相が強く現れていて、ステッププールとは言いがたい。この傾向は CASE2 でも見られた。反砂堆波長と水面の斜め交錯波長が一致する CASE4 において、図 2 の様なステッププールが肉眼ではっきりと確認できた。このケースでは、通水初期に反砂堆が形成され、その後水面に波高の大きい斜め交錯波が生じてステッププールが現れた。しかし、この河床波は不安定性が強く、短時間で消滅・発達を繰り返すようであった。図 3 は、CASE4 の縦断形状に関するスペクトル解析結果である。図中の数値は、卓越波の波長である。この数値から倍数則が確認される。しかし、CASE1, 2 では、この様な倍数則はみられなかった。この特筆しうる性質は、現地計測¹⁾においても

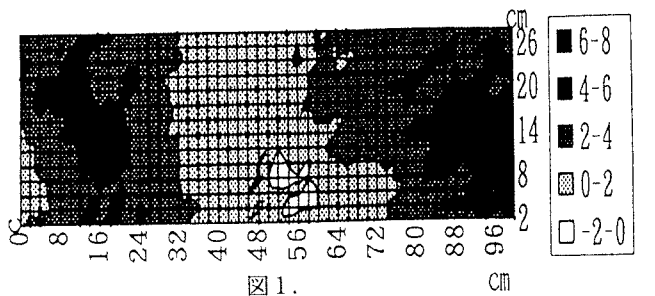


図 1.

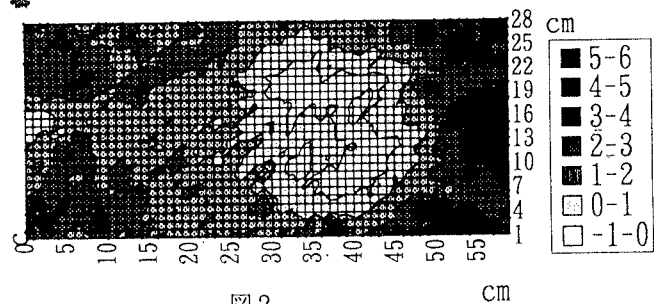


図 2.

見られ、水面波の性質の反映を強く示唆する。最後に微小振幅波理論によって求めた斜め交錯波の定在条件（次式）と河床波の波長を比較してみる。

$$Fr^2 = \frac{\beta h \tanh \beta h}{(hk)^2}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, l = \frac{2\pi}{B}, \beta = \sqrt{k^2 + l^2}$$

但し B : 水路幅、 λ : 波長
h : 水深、Fr : フルード数

図4は、上式と実験の河床波長を比較したものである。ステッププールの発生した CASE4において式とデータが非常によく一致していることが分かる。このことから、ステッププールが、水面波によって誘起されたものであることが確認できる。

4. まとめ

- 1) 水面の斜め交錯波の波長と反砂堆の波長が一致した条件において、ステッププールが生じた。
- 2) ステッププール出現時の縦断データにおけるスペクトルピークの波長は倍数則に従う。
- 3) ステッププール河床の波長は、水面の斜め交錯波の理論波長とよく一致し、同河床波が水面波を成因として生ずるものであることが確認された。

5. 参考文献

- 1) 長谷川和義（1988）：山地河川の形態と流れ，水工学シリーズ88-A-8，土木学会水理委員会
- 2) 芦田和男・江頭進治・安東尚美（1984）：階段状河床形の発生機構と形状特性，京大防災研究所年報，第27号B-2.
- 3) 長谷川和義・藤田睦博・小野寺正典（1988）：定常波を有する流れの河床せん断力，土木学会北海道支部論文報告集，第44号
- 4) 長谷川和義・八木次郎（1993）：2次元波状底面の影響を受けた射流における定常水面と流速分布—ステップ・プールの成因解析—，土木学会北海道支部論文報告集，第49号
- 5) 長谷川和義・富田稔（1994）：水面波に同調する河床波上の射流流れに関する実験的研究，土木学会北海道支部論文報告集，第50号

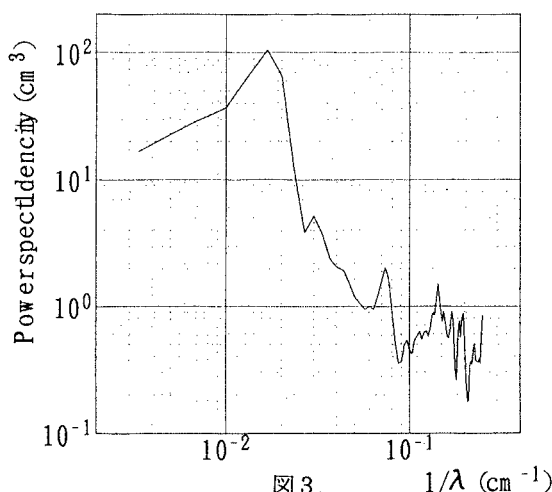


図3. $1/\lambda$ (cm⁻¹)

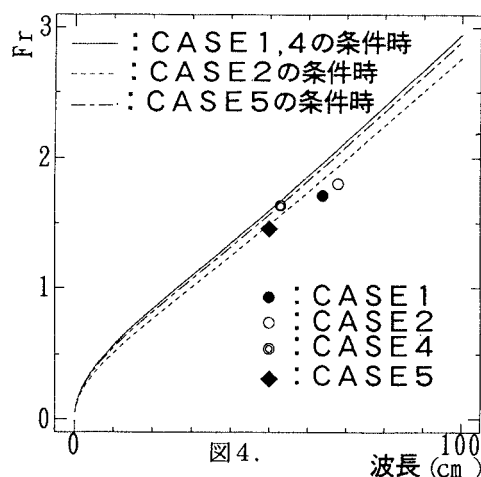


図4. 波長 (cm)