

一 砂連の形成に及ぼす側壁の影響 一

京大防災研究所・正・工博・芦田和男, 京大防災研究所・正・田中祐一郎

1. 緒言: Sand Waves の性質はその周期性と random 性との兼ね合いにあると思われる。我々は先年来, Sand Waves をこうした Stochastic な目で見直すという立場から一連の研究に着手した。この研究を進めるためには, まずどのようにして測定し, その資料をどのように解析すべきかを知る必要がある。すなわち測定に際して Sand Waves の三次元性, とくに側壁の影響を考慮する必要の有無を調べておくことが大切である。先年試作した測定器には下記のような問題点があり, その改良にかなり手間どった。そこで今回は上記の点を明らかにすることを目的として, Sand Waves の形状特性, とくに砂連の形成に及ぼす側壁の影響について実験的に二三の検討を加えた。

2. 超音波式測定器: 前に試作した測定器は誤差を小さくするため, 繰り返し周波数を計測する方式だった。しかしこれだと測定距離の大小により4段階に分割操作する必要があり, 実用上不便であった。そこで, 送振電圧の増加などパルス波形の立ち上がり特性を改良し, 単一波形で必ずトリガーをかけられるようにした送信波形を用い, これに伴う残響などの問題を解決することにより一回測定方式に改めた。またゲート時間を変えることにより, 水位と河床の信号が互いに影響を及ぼすことのないようにした。空振りの場合はこれを捨て再測定をするようにした。このため空振りが続く場合は測定が進まない。この場合は感度調節を行なうてこれを避けるようにした。そこで河床の状態および浮遊砂の存在などの条件により最適感度が異なる。この最適感度の選定と砂の跳躍の確率などを調べるために新たに digital と analogue 両用の素子を追加した。

3. 実験: 側壁の影響を調べるには B/h の値を変えた種々の実験を行なう必要があるが, 現在までに行なったものは表-1 のようである。下流端より流出する流砂量を計量し, これが給砂量とほぼ等しくなるまで, すなわち平衡状態となるまで実験を継続した。この後河床を乱さないように水を止め, 実験1とは5測線に, 実験2は7測線に沿って縦断方向には5cm間隔で河床形状を測定した。実験1, 2はポイントゲージで, 実験3は超音波式測定器で測定した。この後河床をセメントにて固定し, ピトー管にて流速

RUN	Q (l/s)	λ	B (cm)	h (cm)	u_m (cm/s)	B/h	u_+ (cm/s)	F
1	9	$1/800$	50	5.25	34.3	9.53	2.53	0.48
2	20	"	"	8.73	45.8	5.73	3.26	0.50
3	16.3	$1/200$	"	5.30	61.5	9.44	5.07	0.86
4	15	"	"	$\theta = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$				

表-1 実験の種類

分布を測定した。実験4は実験3と同程度の規模の砂連を三角形に単純化した木製の模型とし, これを固定床に設置して, この稜線および Wake 内の流向を糸を流すことにより, 調べたものである。

4. 実験結果と二三の考察: 実験1は砂連のでき始めで, 波高5mm程度のきれいな二次元的なものが形成された。実験2は側壁近傍に深掘れが生じ, いわゆる Dunes が形成された。実験3は側壁の



影響が断面全体に及び、写真に見られるような顕著な蛇行が形成された。このように側壁の影響の現われ方はそれ程顕著でない場合、局部的に現われる場合、断面全体に及ぶ場合の三通りがある。図-1は実験2,3における H/λ と $2\sigma/\lambda$ の横断方向の変化を示したものである。実験2では両者共に西sideで大となっている。これは側壁近傍で深掘れの生じていることを意味している。しかし実験3では逆の傾向にある。この場合は蛇行流の発生のため、側面より中央部で低い部分の現われる回数が多いことによるものであろう。いづれにしても H/λ , $2\sigma/\lambda$ は断面内でかなり変化して

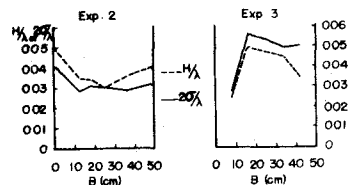


図-1 H/λ , $2\sigma/\lambda$ の横断方向の変化

いる。これは砂連の特色はその三次元性にあり、その形状特性を表示するものとしては H/λ では十分であることを意味している。この図における σ とは平均河床面に対する標準偏差である。水路の上下流端条件を考えると、対象とし得る砂連はせいぜい10個内外と数が少なく、また一つの砂連の上に別の小さいものが重なる場合など波高 H の定義上問題を生じることがあり、そこで河床の凹凸の程度を表わす指標としては H より 2σ の方が適当かと思う。以上のように砂連の形成に対して側壁はかなりの影響を及ぼすようである。この要素として先づ断面内の u_t の分布と側壁近傍に発生する二次流の二つがかなり重要な働きをなすものと思われるので、この点について若干の検討を加えた。

図-2は実験1の場合の断面内の流速分布の一例である。これによると流速のdefectする部分は断面中央部附近にまで及んでいる。従来の底面と側壁の影響域を独立とし、 u_t をy方向に一樣とした解析ではこの実が十分説明できない。そこで全断面にわたってy, z方向に対して対数法則が成立するものと仮定することにより流速分布式として次式を得る。

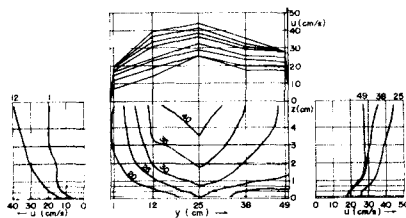


図-2 断面内の流速分布

$$U = \frac{u_{tb}}{K} \frac{\ln \left\{ M_2 \left(\frac{B}{2} - y \right) \right\}}{\ln (BM/2)}, \quad \text{ここに } u_{tb} = \sqrt{gh\lambda} \quad \dots (1)$$

粗面: $M_1 = 1/m_r k_{sb}$, $M_2 = 1/m_r k_{ss}$; 滑面: $M_1 = u_{tb}/m_s \nu$, $M_2 = u_{tb}/m_s \nu$
 = クラークの実験値を用いると, $m_r = 1/30$, $m_s = 1/9$

(1)式は二次元対数法則において $u_t = u_{tb} \ln \left\{ M_2 \left(\frac{B}{2} - y \right) \right\} / \ln (BM/2)$ なる u_t の分布を仮定したことに相当する。このように考えると、十分ではないがある程度その傾向は示し得るようである。

砂連の変形に最も顕著な影響を与えるのは側壁近傍に発生する二次流である。図-3は実験4における $\theta = 30^\circ$ の場合の稜線での底面流向を示したものである。この場合、糸が長いので一部が下流の後流の中に流れ下り、wake内での流向をも示している。糸の長さを色々変えて調べてみると、この場合稜線では $\alpha \div \theta/2$ の角度で流線が曲っているが、wake内では逆にかなり強い中央部へ向う二次流の存在することが認められる。このように、砂連の平面形状が下流に凸の部分では流れがdivergeし、凹の部分ではconvergeしている。このようにして砂連の伝播速度 ω を一樣にするような作用により、二次元的な砂連が形成されるが、二次流が発達すると、ある平衡を保つ所で安定し、三次元的なものとなるものと予想される。なおスペクトル特性に及ぼす側壁の影響については講演時にゆずる。

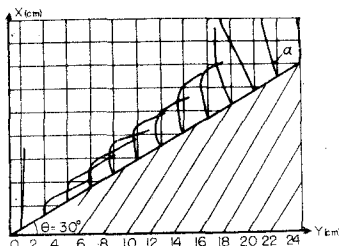


図-3 稜線での底面流向