

II-144 音響による流砂量計測実験

京都大学防災研究所 沢井健二

黄河水利科学研究所 馮 金亭

1. まえがき

昨年、著者らは、現地にも適用し得る簡易な流砂量計測法として、河床に設置したパイプの音響出力による方法について検討し、実用化の可能性の高いことを明らかにした。しかしながら、同一のれきでも、その当り方によっては、異なった音響波形を呈すること、小さなれきに対しては S/N 比が小さく、音響波形のピークを判別するのが困難なことなど、いくつかの問題点のあることも見いだされた。本研究は、それらの問題点をより明確にして、一部改良するとともに、実時間データ処理を可能にし、実用化への見通しを高めようとしたものである。

2. 音響による流砂量計測における問題点とセンサーの改良

流砂の衝突音によってその量を計測しようとする場合、まず問題になるのが、雑音の除去である。実河川であれ実験室であれ、流砂の存在するような場には、流砂の衝突音のほかに、水流の発する音を初めとして様々な雑音が存在する。パイプの中にマイクロホンを封入したのは、マイクロホンをそれらの雑音から隔離し、パイプに当たった流砂の衝撃音のみを検出しようというねらいからである。これによって、水流の音や大気中の雑音はほぼ完全に遮断されるが、パイプの取り付け方によっては、水路壁面への流砂の衝突音などがパイプに伝わり、パイプへの衝突音と識別できなくなることがわかった。これは、パイプの取り付け部にスポンジのような緩衝材をはさむことによって、ほぼ解消できる。

つぎに、パイプを河床に設置したのでは、流砂がパイプに当たらずに、その上を通過してしまうことがあり、しかもその頻度が水理条件に依存する。そこで、パイプとその周辺の河床とを音響的に完全に絶縁せずに、ある範囲の河床面に当たった流砂音は検出するようにすると、今度は、同一のれきが複数回衝突する頻度が増加し、正しい流砂量計測ができなくなる。また、パイプとそれ以外の部分とでは、同一のれきでもその衝突のしかたが異なるため、同じデータ処理をしたのでは誤った結果を導くことになる。そこで、できるだけばらつきが少なく、しかも1回だけれきを衝突させるような構造物として、段落ち部に板を設置し、その板に、マイクロホンを封入したパイプを取り付けて、板への衝突音を検出する方法を考案した。さらに、板への衝突速度をできるだけ一定にするために、流砂を一旦鉛直の金網に当てて速度を失わせてから自由落下させて、板に当てるようにした。鉛直面を金網にしたのは、水流をできるだけ排除することと、流砂の衝突エネルギーを吸収して、反射を弱めるためである。適度な大きさの衝突板をある程度傾けて設置しておくと、ほぼすべてのれきを1回ずつ当てることができる。

さて、れきをうまく板に衝突させることができたとしても、その衝突音が処理のしやすいものでなければ、適当とは言えない。板の衝撃音は、板の材質、形状、寸法、固定のしかたなど、多くの要因に支配されるが、ある程度の振幅を有すること、残響時間ができるだけ短いことなどを考慮して、幅20 cm、長さ15 cm、厚さ5 mmのアクリライト板に、片端にマイクロホンを封入した外径3 cm、長さ30 cm、厚さ2 mmの鋼管を固定したものをセンサーとし、図-1に示すように、水路の下流端にスポンジを挟んでセットした。鋼管の両端には、吸音材をつけた栓が施してある。

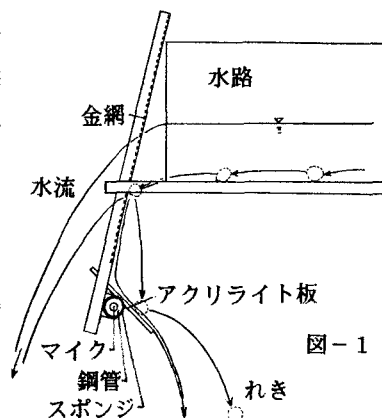


図-1

3. 信号処理回路とプログラム

マイクロホンの出力電圧から流砂量を推定するには、種々の方法が考えられるが、ここでは、個々の衝突音を分離して、そのそれぞれの特性値かられきの大きさを推定し、時間的に積算するという方法を用いることにする。まず、個々の衝突音を分離するには、単一の衝撃によって生じる音響波形の特性を把握して、あるトリガー振幅とサンプリング時間を設定し、その時間内の最大振幅とか、平均振幅とかを検出するのが適当であろう。今、パーソナルコンピュータによる実時間処理を考えれば、音響信号を直接にAD変換するよりは、図-2に示すような整流回路と平滑回路を通してからAD変換の方が効率がよい。このような前処理をした上で、図-3の流れ図に従って個々の衝突音の出力の積分値を一定時間毎に印刷するプログラムを作成した。

4. 個々のれきの投入による検定実験

上記のセンサー、回路、プログラムを組み合わせて、どのようなデータが得られるかを確認するために、水路実験を行った。水路条件は水路幅15cm、水路勾配1/50、流量9l/sである。用いたれきは、1.5-127.5gの不規則な形状を有するもので、同一のれきを10回ずつ繰り返して投入し、データのばらつきを考慮した統計的な意味での検定データを得た。図-4に示す数値は、トリガー検出時から50個のサンプリング電圧の和を、0.08Vを1として示したものである。トリガーレベルは0.04V、サンプリング時間は約0.1sであるが、これらは、アンプの倍率やコンピュータの処理速度に依存するので絶対的なものではない。いずれにせよ、同一のれき同一の水理条件に対しても、データのばらつきはかなり大きく、個々の衝突音からそれぞれのれきの大きさを特定することは不可能と言わざるを得ない。しかしながら、その分布範囲とれき重量との間には明確な対応が見られ、衝突音から統計的にれき重量を推定することは十分に可能である。

5. 複数のれきの同時投入による測定例

図-5は、先の実験で用いた17個のれきを水路下流端から約1mのところにはほぼ同時に投入して、衝撃音を計測したもので、個々の測定ではれきの重量の分布までは求まらないにしても、それらの総量はかなりの精度で把握できており、また、試行を繰り返すことによって、その分布をもある程度把握できることが判明した。

6. あとがき

以上のように、音響法による流砂量計測には、検出できるれき径に制約があるものの、簡易な自動計測法としてきわめて有効なものであることが判明した。今後、さらに現地への適用を図っていきたいと考えている。

参考文献

沢井ら：河床に設置したパイプの音響出力による流砂量計測、土木学会第42回年講概要、第2部、昭62。

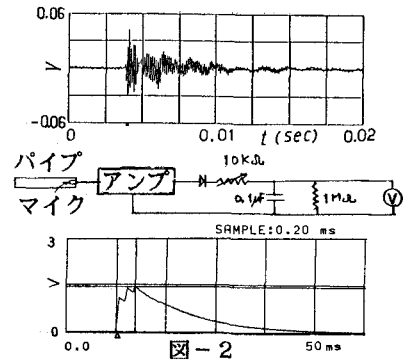


図-2

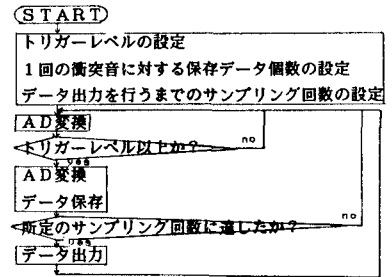


図-3

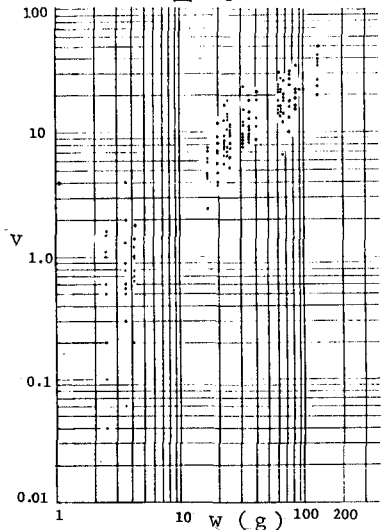


図-4

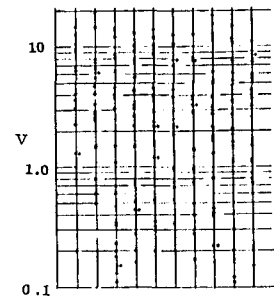


図-5