

国土交通省 静岡河川事務所  
 パシフィックコンサルタンツ (株)  
 坂田電機 (株)

水野益宏、茶山満、若松大資、高井徹  
 江島敬三、伊藤力生、○片山直哉  
 才田 誠

## 1. はじめに

洪水による土砂流出、河床変動など土砂の移動実態は、洪水量、河床材料、地形特性など様々な要因が複合的に関係しており、それらの現象を的確に把握することにより、今後の土砂管理手法、数値解析手法の精度向上を図ることが出来る。従来、実施されている土砂移動の計測方法は、礫をトレーサーとして実施するケースが多く、河床変動の大きな河川では埋没する等し、移動後の礫位置を特定できない場合があった。しかし、今回新たに開発した低周波センサー（発信器）を現地礫に埋め込むことにより、水中や砂礫中に埋没した礫位置の特定が可能となった。ここでは、河床及び滞筋の変動が大きく流出土砂も多い安倍川において、低周波を用いた礫の土砂移動モニタリングを実施した結果を報告する。

## 2. システム概要

図-1 に低周波を用いた土砂移動モニタリングシステムを、写真-1 に発信器の一般仕様を示す。本システムの最大の特徴は、発信器が水中や砂礫中に埋没しても探知可能な低周波磁界を用いた地中通信システムの技術を応用したもので、礫追跡用の発信器は保護外装を設けた場合に最小 70mm 程度（発信器本体はφ46×L51mm）まで対応可能なことである。発信器は個々に異なる周波数の低周波磁界発信器を内蔵しており、制御磁石を取り外した後に転倒することによって低周波磁界を発信する。発信は発信開始から約 2 ヶ月継続し、流下した発信器が発生する低周波磁界を探知機で検出することにより発信器の位置を把握できる。また、探知機は半径 10m 以内のマーカ発信器を同時に検出して表示することができる。なお、発信を停止させる場合には発信停止用交流磁界発生コイルを接近させれば良い。

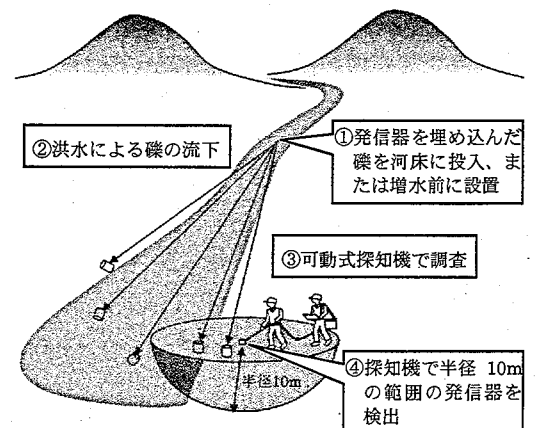


図-1 低周波を用いた土砂移動システム

## 3. 実験概要

実験に先立ち、現地の礫を採取し、事前に 50mm の円形カッターで穴を開け、その中に発信器を埋め込み、表面を橙色の蛍光塗料で着色した（写真-1 参照）。

洪水前に発信器を埋め込んだ礫（以下、実験礫）を、H18/5/29 に 38.9km 地点置土（写真-2 参照、延長 280m、体積 10,000m<sup>3</sup>）に設置し、洪水後における実験礫の移動状況を、①可動式実験及び②固定式実験（藤代橋に固定式探知機を設置）により把握した。なお、可動式実験の調査範囲は、礫を設置した置土（38.9km）～大河内砂防えん堤（34.1km）までの約 4.8km 区間とした。

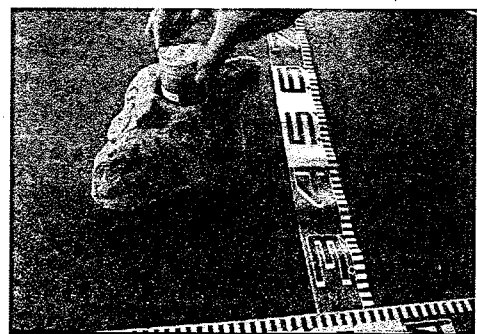
河道及び礫の諸元を以下に示す。

- ・ 河床勾配：I=1/30～50
- ・ 河床幅：B=40～80m 程度
- ・ 礫形状及び個数：78mm～218mm、平均 147mm（62 個）
- ・ 対象範囲：河床粒径加積曲線の 70～90%粒径

## 4. 実験結果と考察

### (1) 可動式実験

図-2 に調査期間の大河内砂防えん堤水通水深から算定した流量を示す。H18/6/18 洪水（第 1 回調査）及び H18/7/19 洪水（第 2 回調査）について調査を実施した。水理量は第 1 回洪水で最大流



使用周波数帯域：8kHz～20kHz(微弱電波)  
 探知距離：10m、調査期間：発信開始後 60 日

写真-1 発信器及び実験礫

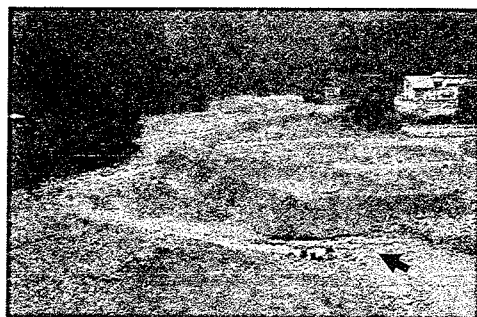


写真-2 38.9km 地点置土  
 (延長 280m、体積 10,000m<sup>3</sup>)

量  $81\text{m}^3/\text{s}$ 、無次元掃流力  $\tau^* = 0.067$  (平均粒径  $147\text{mm}$ )、第2回洪水で最大流量  $68\text{m}^3/\text{s}$ 、無次元掃流力  $\tau^* = 0.063$  であった。(過去50年分の年最大流量と比較すると、第1回洪水で44位、第2回洪水で46位に該当し、かなり小規模な出水であった。)

図-3に可動式実験結果を示す。第1回調査では、対象礫全62個のうち、可動式探知機により移動が確認された礫は17個であった。第2回調査では、対象礫全44個のうち、可動式探知機により移動が確認された礫は13個であった。また、移動距離(衝撃で稼動した礫を除く)は、第1回調査では  $15\text{m} \sim 4,500\text{m}$  以上(大河内砂防えん堤下流に流出)、第2回調査では  $2\text{m} \sim 4,400\text{m}$  であった。なお、発見時はいずれも流水内の土中に位置していた(図-3の写真参照)。

置土から河道内に流出した実験礫の殆どは移動しており、無次元掃流力  $\tau^*$  が無次元限界掃流力  $\tau^*_c (=0.050)$  を超えていることから、現地の移動状況と計算結果は概ね一致することがわかった。また、今回の対象洪水の流量程度でも、礫が河道内に位置する場合は、大河内砂防えん堤まで十分に到達する可能性があることがわかった。

## (2) 固定式実験

図-4~図-6に固定式実験結果を示す。計測期間中に第2回洪水があり、固定式探知機を設置した藤代橋(写真-3参照)を通過した礫が5個確認された。

実験結果から、ピーク流量前後に移動・停止を繰り返しながら、実験礫が流下していることが確認された。また、固定式探知機に記録されたデータから算出した各礫の流下速度は、最大で  $0.9 \sim 2.5\text{m/s}$ 、平均で  $0.01\text{m/s} \sim 0.99\text{m/s}$  であった。

## 5. おわりに

低周波を用いた礫の移動に関する現地実験を行ったが、発信器が可動式探知機の  $10\text{m}$  以内であれば全ての発信器が地中水中であれ数  $\text{cm}$  の精度で位置確認が可能であった。また、固定式探知機により、洪水時の礫の移動経路及び流下速度が測定可能であった。今後は、①発信器・探知機の小型化・軽量化及び継続時間の延長、②探知機の受信範囲の拡大を検討し、平成19年度についても引き続き土砂移動モニタリングを実施する予定である。

【参考文献】江島ら：安倍川砂防における低周波を用いた土砂移動実験、平成17年度砂防学会研究発表会概要集、pp.136-137、平成17年5月

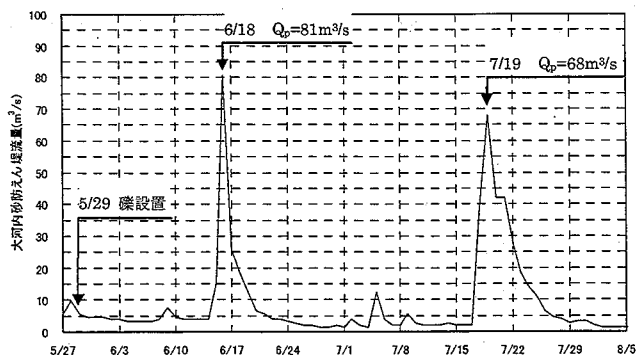


図-2 大河内砂防えん堤流量

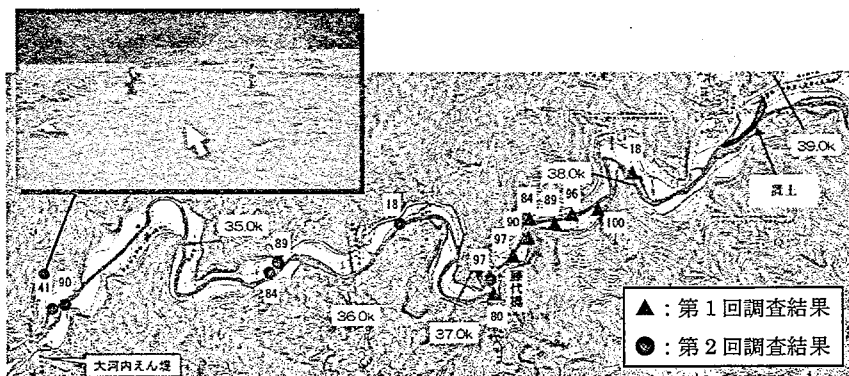


図-3 可動式実験結果  
(第1回及び第2回調査後の礫発見位置\*)

\*置土より下流に流出した礫のみ表示

ただし、大河内砂防えん堤より下流に流出した礫は非表示

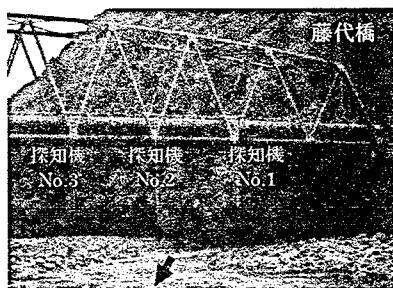


写真-3 固定式探知機

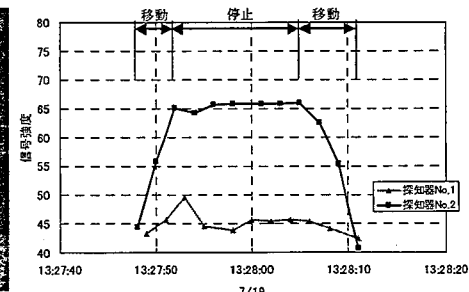


図-4 礫 No.84 受信データ

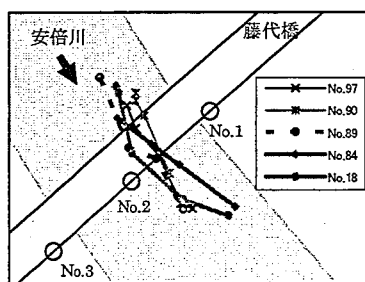


図-5 固定式実験結果  
(礫の移動経路)

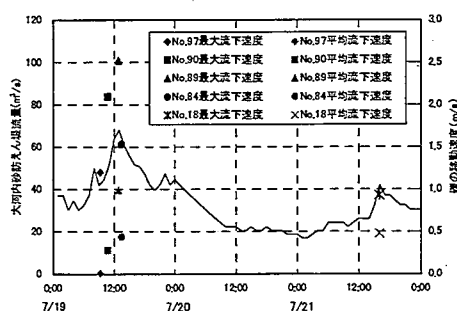


図-6 固定式実験結果  
(礫の通過時刻と流量の関係及び礫の流下速度)