

国鉄技術研究所 正員 森野 亮宏、日立製作所 佐々木 謙一  
 正員 村石 尚 関口 義清

1 まえがき

国鉄にとって、線路防犯は重要な課題となっている。中でも、橋脚周辺の洗掘現象を明らかにし、適切な対策を立てていく事も、輸送の安全を確保する上で重要なテーマの一つとなっている。

これまで、河床の洗掘に関して学問上の観点から、「いかに洗掘が進んでいくか。」について、多くの論文が出版されていたように思う。ここでは、観点をかえ、「どのような手段で洗掘状態を検知するか。」に焦点を絞って、洗掘計システムの実用化を目標に実験検討を行った。以下、ここで報告するものは、各種方式のうち間隙水圧計を用いて洗掘時の水圧変化に着目した、流水圧方式について、これまでの実験結果を含めた経緯についてまとめたものである。

2 各種方式の比較

洗掘計システムの開発において、これまで検討が行われてきた方式の主なものとして、重錘方式、レール降下方式、超音波方式、電気抵抗方式、

表-1 各種方式比較一覧表

傾斜計測方式、流水圧方式の諸方式が考えられる。これらの方式を、センサの耐久性、センサの感度、システムの信頼性などの評価項目により検討を進めた。検討結果を表-1に示す。

洪水時には、かなり速い流れにより土砂が洗い流されることが予想される。この点を特に注目して、流水圧方式を採用した。

3 理論的概要

流れの中に置かれた物体は、静水圧及び流水圧を受けている。今、速度Vの平行流中に置かれた物体の形状抵抗は、次式により表現される。

$$F = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A$$

ここに、A; 流れ方向の物体の射影面積

V; 平行流速度

$\rho$ ; 流体の密度

$C_D$ ; 抗力係数

なお、抗力係数 $C_D$ はいろいろな形について各々実験によって決めるが、一般には図表から求める。レイノルズ数が小さい場合には、次式からも求めることができる。

$$C_D = \frac{8 \pi}{Re \left\{ \left( \frac{1}{2} \right) - \gamma - \log_e \left( \frac{Re}{8} \right) \right\}}$$

	センサの 耐久性	センサの 感度	システムの 信頼性	製作設置作業 の単純性	洪水時の検知 器の性能
重錘方式	△	△	△	○	△
レール 降下方式	△	△	△	○	△
超音波 方式	○	○	○	○	△
電気抵抗 方式	△	○	○	△	○
傾斜計測 方式	△	○	○	◎	—
流水圧 方式	○	◎	○	△	○

注 ◎印は極めて優れている  
 ○印は優れている  
 △印は普通  
 —印は無関係を示す

$$\gamma = 0.5772 \quad \text{ここに } d; \text{円柱の直径}$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \quad \nu; \text{動粘性係数}$$

いま、上式に次のような前提条件を入れ、流水圧を求める。

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{300 \times 10}{0.01} = 3 \times 10^5 \text{ (cm}^2/\text{sec)}$$

$$C_D = 1.05$$

$$F = C_D \cdot \frac{1}{2} \rho V^2 = 48.2 \text{ (kg/cm}^2)$$

したがって、水深10mのところでの単位面積あたりの水圧は、

$$P_F = P_H + C_D \cdot \frac{\rho V^2}{2g} = 1048.2 \text{ (kg/cm}^2)$$

ここで、圧力センサを2個とりつけて、静水圧をキャンセルする場合、もう一方のセンサを流れ方向と60°～

90°ずらして設置し、そこにおける圧力が0あるいは負圧が働くと仮定すると、次の値となる

$$P_{60^\circ-90^\circ} = 1000 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$$

$$P_F - P_{60^\circ-90^\circ} \div 50 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$$

この圧力差を圧力変換器により電圧に変換する。圧力と電圧の関係は、直線的に変化するので、入力(圧力)をx(kg)、出力(電圧)をy(mV)で表わすと、 $y = ax$ となる。

#### 4 水理実験

この洗掘計システムは、実用化に重点を置いている。水理実験を通して次のデータを得ようとしている。

- (1) 流れの中に検出器を置き、センサから電気的信号が出ることを確認する
- (2) 検出器のセンサを土砂中に埋め、土砂が洗い流されたことにより電気信号が得られることを確認する。

このために、次の方針を立てた。

- (1) 洪水時の河川の流速と同程度と思われる流速の下で実験を行う。
- (2) 河川に設置する検出器と同じ形状のもの(円筒)を使う。
- (3) センサとして土木用間隙水圧計を用いる。
- (4) 図-1による実験システムにより実験を行う。幅1.5m、高さ0.9m、長さ約10mの水路の中央部の落込みに検出器を立て、砂を盛る。

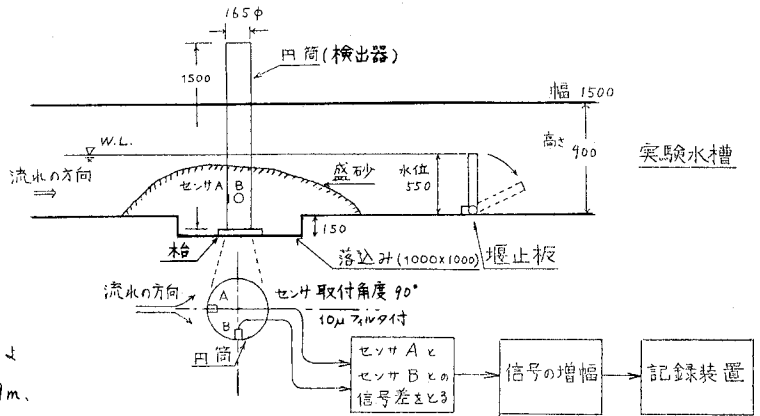


図-1 洗掘計システムの実験構成図

#### 5 実験結果

この実験は、流れにより土砂が洗い流された際に、増幅回路より電気信号が得られることを主眼としている。図-1に示すように、実験水槽に立てた検出器(円筒)のまわりに、厚さ50cmの土砂を被せて、流水中で流水圧の状態を観測した。実験に供した水槽では流速が十分得られなかったため、堰止板を用いて板の頂まで水をため、瞬時に放水して流速を得る方法を採用した。堰を切った後、直に土砂は洗い流されて、増幅回路からの出力信号は、最高になった。図-2に示すように、(1)土のうのない場合、出力電圧48mV、流速(羽根車型流速計)0.9m/s、(2)土のうをつんで水路を狭めた場合、39mV、1.2m/sであった。この流速が続く限り、出力信号は長時間持続されるが、本実験では、水位が下っていくにつれて流速も落ちていくため、出力信号は次第に元の状態に戻っていく。また、上流より土砂の補給がなかったため、埋め戻しは行われなかった。実際の河川では埋め戻しがあると予想される。

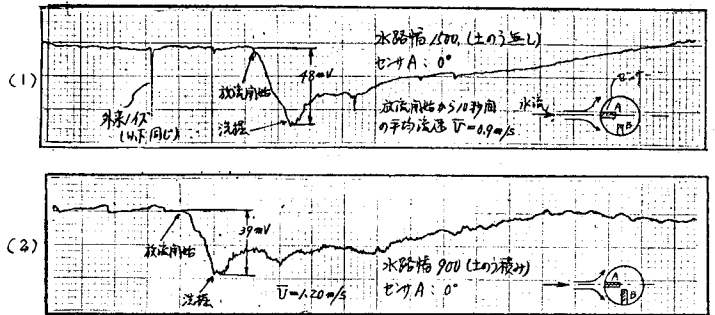


図-2 洗掘時の出力信号例

流速が十分得られなかったため、堰止板を用いて板の頂まで水をため、瞬時に放水して流速を得る方法を採用した。堰を切った後、直に土砂は洗い流されて、増幅回路からの出力信号は、最高になった。図-2に示すように、(1)土のうのない場合、出力電圧48mV、流速(羽根車型流速計)0.9m/s、(2)土のうをつんで水路を狭めた場合、39mV、1.2m/sであった。この流速が続く限り、出力信号は長時間持続されるが、本実験では、水位が下っていくにつれて流速も落ちていくため、出力信号は次第に元の状態に戻っていく。また、上流より土砂の補給がなかったため、埋め戻しは行われなかった。実際の河川では埋め戻しがあると予想される。

#### 6 結論

本実験を通して得られたデータから、円筒に間隙水圧計をある角度(この場合には90°)で取付けて、流水の中に設置する場合、静水圧を打消し合うことにより、流水圧による信号を電気的に得ることができる。

#### 7 謝 示

本報告書を作成するにあたり建設省土木研究所(赤羽)の実験水槽を借用させていただいたことを付記する。