

子が前方へ輸送されますが、土石流段波の先端部まで輸送されるのではなく、途中の段階で、流路の縮流や局所的勾配変化の影響で、あるいは流動深の2倍を超える直径の粒子が取り込まれると、その粒子が底面につかえて流下速度が遅くなることによって、巨礫の集中する場所が流れの縦断方向にいくつも形成されることは十分考えられます。このようなことが起これば、それぞれの集積場所で土石流が膨れ上がって、間欠流が生ずることは想像に難くありません。

#### 4.5 流路湾曲部での土石流の挙動

流路湾曲部外岸における土石流のせり上がり（スーパーエレベーション, *superelevation*）を明らかにするための実験が行われました（芦田ら 1981）。実験水路は長さ17mの直線部と、その下流に続く全湾曲角45°の湾曲部水路から成り立っています。湾曲部水路は、水路中央での曲率半径が40, 60, 100cmの3種類のものを用いていますが、何れも、上流の直線水路の延長として40cmの直線部を持ち、そこから湾曲部とそれに繋がる40cm長さの直線部を持っています。水路幅は20cmで、水路床には粗度として5mmの礫が貼り付けてあります（図4.17）。直線部水路縦断勾配は17~20°に、湾曲部水路の縦断勾配は、水路中心線に沿って10°になるように設定しました。また、湾曲部の半径方向横断勾配は水平です。実験は、直径3mmの粒状大理石と0.15mmの珪砂を重量比で1:1に混合したものを、給砂装置から与え、別途、給水装置から水を供給して、固体分濃度が0, 0.2, 0.4, 固体と水の合計流

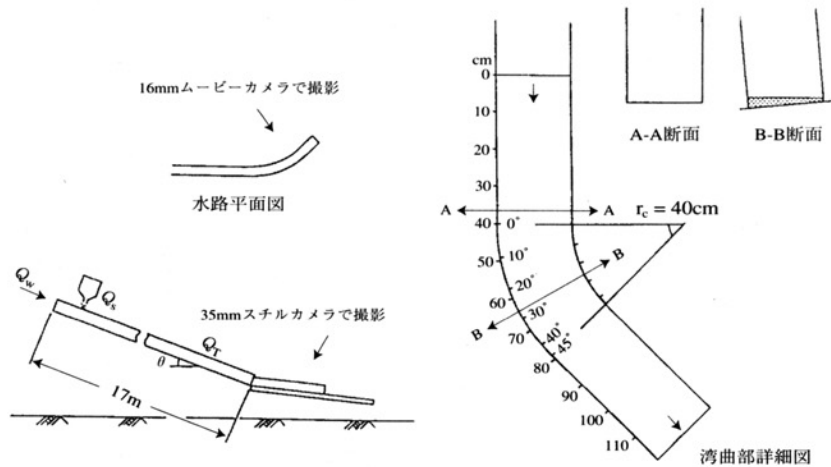


図4.17 実験水路

量が1, 2, 3 l/sとなるようにして行いました。

従来、射流状態（フルード数が1以上の流れ）の水流が湾曲部で発生する衝撃波や水深変化に関して、Knappの式（Knapp 1951）やLenauの式（Lenau 1979）が提案されています。Knappの式は次のように示されます。

$$h_g = \frac{U^2}{g} \sin^2 \left( \beta_1 + \frac{\theta_c'}{2} \right) \dots \dots \dots (4.32)$$

ここに、 $h_g$ は外壁に沿う水深の変化量、 $\theta_c'$ は外壁に沿う角変化量、 $U$ は湾曲入り口での流速、 $\beta_1$ は湾曲の入り口（ $\theta_c'=0$ ）における衝撃波の角度で湾曲入り口でのフルード数を $F_1$ とすると、 $\sin \beta_1 = 1/F_1$ で与えられます。この式は次式で示される区間でのみ適用可能です。

$$\theta_c' < \theta_{co} = \tan^{-1} \frac{b}{(r_{co} + b/2) \tan \beta_1} \dots \dots \dots (4.33)$$

ここに、 $b$ は水路幅、 $r_{co}$ は水路中心線の曲率半径です。

Lenauの式は、長方形断面の場合、以下のように与えられます。

$$h = h_{10} + E \dots \dots \dots (4.34)$$

$$E = \frac{U h_{10}^2}{2 \sqrt{g h_{10} r_{co}}} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \left[ \begin{array}{l} \delta \left\{ x' - \sqrt{F_1^2 - 1} \left( kb' + \frac{1}{2} b' - y' \right) \right\} \\ - \delta \left\{ x' - \sqrt{F_1^2 - 1} \left( kb' + \frac{1}{2} b' - y' \right) \right\} \end{array} \right] \dots \dots \dots (4.35)$$

ここに、 $h_{10}$ は湾曲入り口の定常水深、 $x' = r_c \theta_c' / h_{10}$ 、 $y' = (r_c - r_{co}) / h_{10}$ 、 $b' = b / h_{10}$ で、 $\delta(x')$ は $x' < 0$ のとき、 $\delta(x') = 0$ 、 $x' \geq 0$ のとき、 $\delta(x') = x'$ となる関数です。

外壁沿いでは $y' = b'/2$ ですから、 $E$ の最大値は $x' = \sqrt{F_1^2 - 1} b'$ 、 $\sqrt[3]{F_1^2 - 1} b'$ 、 $\sqrt[4]{F_1^2 - 1} b'$ 、 $\dots$ の場所で発生し、その値は $F_1 \gg 1$ のとき、

$$E_{max} = \frac{U^2 b}{2 g r_{co}} \dots \dots \dots (4.36)$$

となります。この式は衝撃波が生じないと仮定した場合に、遠心力と横断水面勾配とが釣り合うとして導いた式と同じです。もちろん、 $E_{max}$ を生じる場所の湾曲角 $\theta_c = b \sqrt{F_1^2 - 1} / r_{co}$ が、湾曲部の全湾曲角より大きく計算される場合には、外壁沿いの最大水位は $E_{max}$ まで発達することができません。

図4.18は、実験によって得られた外岸沿いの定常水深（転波部分を除いた水深）と、Knappの式およびLenauの式による計算結果とを比較しています。Knappの式