

砂防えん堤モデルに作用する衝撃的流体力の測定実験について

石川 信隆 (砂防鋼構造物研究会) 林 建二郎 (防衛大学校)

嶋 丈示 (砂防・地すべりセンター) 水山 高久 (京都大学大学院)

1. はじめに 砂防えん堤の設計において土石流荷重のうち流体力を静的に作用するものとしているが、これが衝撃的に作用するかどうかを確認^{1), 2)}するために、水理実験によって衝撃的流体力を測定しようとしたものである。すなわち①まず勾配 1/50 の二次元水路を用いて、上流側から一挙に水を放出させ、砂防えん堤モデルに作用する荷重を分力計と圧力計によって測定し、計測精度の違いや流速の影響を検討した。②次に、流路勾配を 1/5 に変えて同様に計測して、流路勾配の違いが最大荷重に与える影響と設計で用いる流体力式の妥当性を検討した。

2. 実験の概要

2.1 流体力測定実験装置 長さ 12m, 幅 0.5m, 高さ 0.4m の可変勾配水路 (1/50 と 1/5) を使用した。水路上流端の堰を急開放して衝撃的流体力を発生させた。砂防えん堤モデルは、図-1 のようにアルミ製チャンネル (高さ 100mm, 横幅 100mm, 水路方向長さ 50mm, 厚さ 5mm, 重さ 270gf) を鉛直に設置した。

2.2 測定項目 ①荷重の測定には、模型えん堤の上端に 6 分力計 (固有振動数 700Hz) を片持梁形式で取り付け、水平方向の流体力 F_x を計測した。またえん堤の局所圧力分布を測定するために、3 個の圧力計 (受圧面径 10mm, 固有振動数 2.5KHz) を図-1 および 2 のように取り付けた。

②流速の測定には、レーザードップラー流速計を使用し、その計測点は、えん堤前面から横断方向に 5cm 離れた水路上 1cm 上方の位置とした。

3. 実験結果および考察 3.1 計測精度と流速の影響

①図-3 は勾配 1/50 で流速 2.6 m/sec の場合の流体力-時間関係を示したもので、分力計 (F_x) と圧力計の合計 (F_{xcal}) はほぼ一致している。

②図-4 は圧力計より局所圧力-時間関係を示したもので、その発生時刻は PA, PB, PC の順になっている。③分力計の立ち上がり時間は $t_r = 0.13 \text{ sec}$, 圧力計 PA の立ち上がり時間は $t_r = 0.01 \text{ sec}$ である。

③図-5 は勾配 1/50 で流速を変化させた場合の流体力-時間関係を示したもので、流速 $U = 2.7 \text{ m/sec}$ の場合の最大荷重は、 $U = 2.0 \text{ m/sec}$ の場合に比べて約 2.5 倍と大きく、流速の最大荷重に与える影響が大きいことが確認された。

3.2 流路勾配の影響

①図-6 は勾配 1/5 で流速 2.0 m/sec の場合を示したもので、分力計と圧力計の合計が一致している。また分力計の立ち上がり時間が $t_r = 0.04 \text{ sec}$ と勾配 1/50 の場合の $t_r = 0.13 \text{ sec}$ に比べ約 1/3 短くなっている。

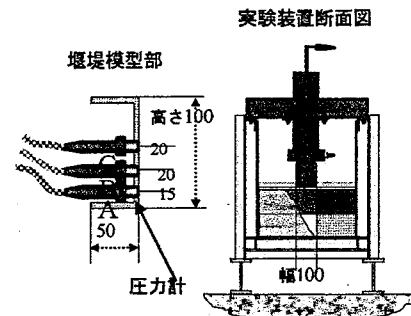
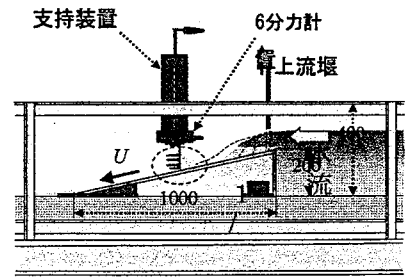


図-1 実験水路 (勾配 1/5)

分力計と圧力計

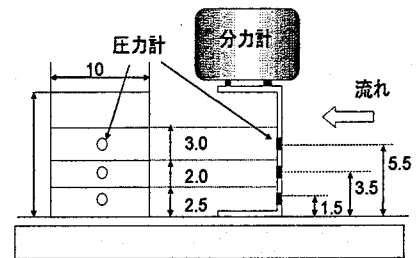


図-2 測定システム

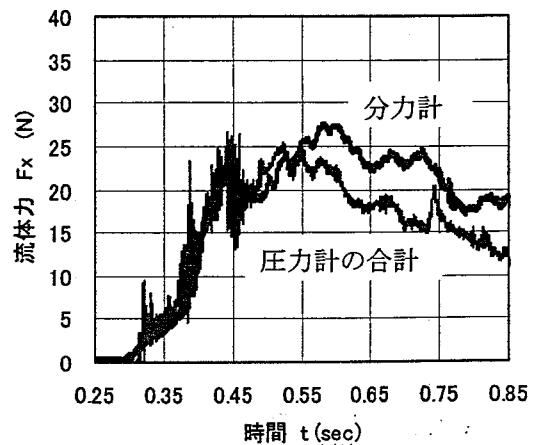


図-3 流体力~時間関係 (流速 2.6m/s)

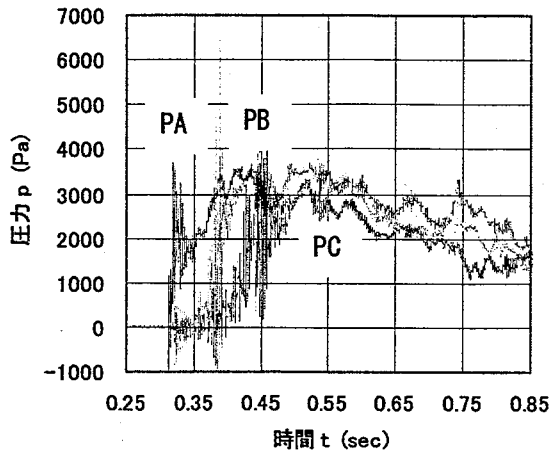


図-4 局所圧力～時間関係
(勾配 1/50, 流速 2.6m/s)

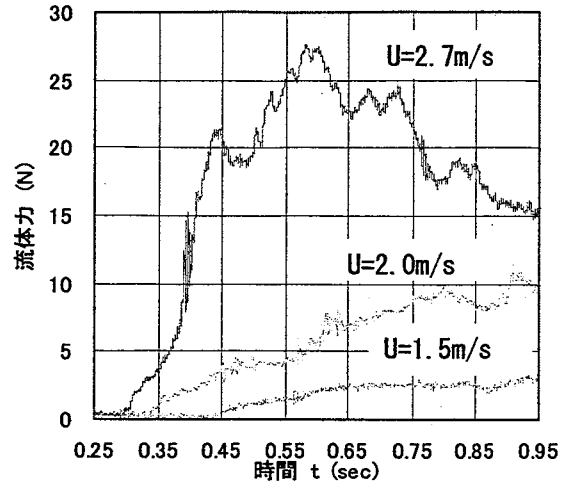


図-5 流速の影響 (勾配 1/50)

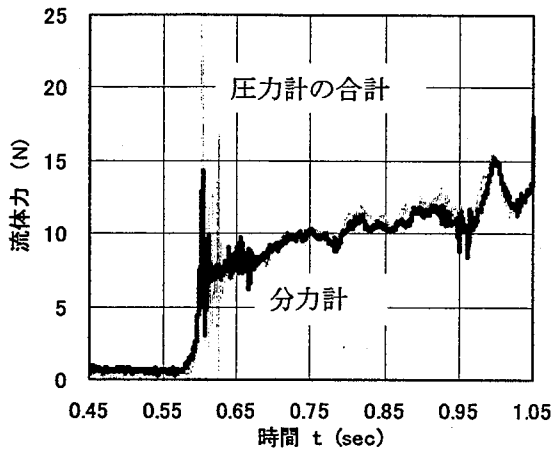


図-6 流体力～時間関係
(勾配 1/5, 流速 2.0m/s)

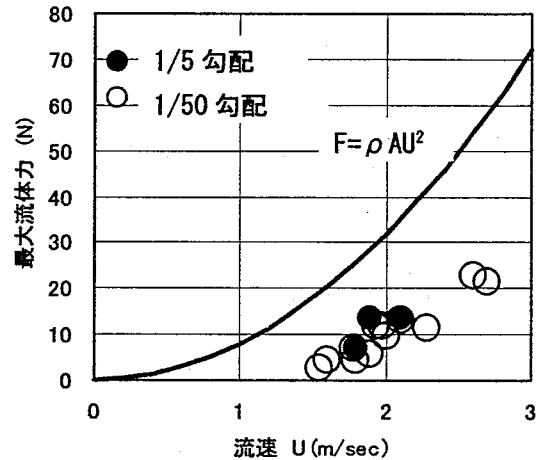


図-7 最大流体力～流速関係

②図-7 は最大流体力—流速関係を示したもので、流速の増大に伴い最大流体力は増大している。また勾配が大きくなるほど最大流体力は大きい。これは、先端の水面形が切り立って段波的になるためと思われる。さらに定常噴流の動水圧による荷重 $F = \rho AU^2$ (ρ : 密度、 A : 断面積、 U : 流速) は清水の実験値より約 2—3 倍大きい。これは、文献 (2) の清水の場合に実験値より約 2 倍大きいという結果に一致している。しかし、礫交じりの場合は逆に実験値より小さくなるという報告^{1), 2)} もあるので、さらなる検討が必要である。

4. むすび 今回は清水の衝撃的流体力による荷重を測定したが、今後、さらに①同じ衝撃的流体力を構造物モデルに作用させて変位応答を測定し、構造物モデルの固有周期—最大変位関係を求めることや、②礫+水、土砂+礫+水などの場合の衝撃的流体力および構造物の応答を測定する必要がある。

参考論文

- (1) 三好岩男, 鈴木雅一; 土石流の衝撃力に関する実験的研究, 新砂防 Vol.43, No.2(169), July 1990
- (2) 堀井宣幸, 豊澤康雄, 玉手 聡, 橋爪秀夫; 土石流の流下特性に関する実験的研究, 産業安全研究所特別研究報告, No.25, 2002