

土石流の衝撃力

立命館大学大学院 学生員 奥井 明伸
立命館大学工学部 正員 大同 淳久

1. 序論

土石流が構造物に衝突した際、構造物が受ける力は、一般には土石流が衝突するときの運動量変化に要した時間 Δt あたりの運動量の差として表わされることが多い。しかしながら現実的には、この方法で衝撃力を算定する場合、その質量と作用時間のとり方に不明な点が多い。本研究においては、構造物に作用する力が土石流中の圧縮波の反力によるものであるとして衝撃力の算定法と見い出す。

2. 実験装置

実験装置は図1に示すように、幅10cm、高さ20cm、長さ200cm、勾配0のアクリル製開水路を用い、図2に示すような材料と土石流のモデルとして重力流動させ、水路端部に取り付けた壁板の2つの圧力センサー(ch1, ch2)によって衝撃力を測定する。本文においては、壁板下部の圧力センサー(ch2)によって得られたデータのみを採用している。センサーから得られた信号は増幅器ととしてA-D変換器で $50 \times 10^{-6} \text{ sec}$ ごとにA-D変換しディジタル量として記録した。また流速や流れの状態はビデオカメラによって60枚/sec、シャッター速度 10^{-3} sec で測定した。測定例を図3に示す。

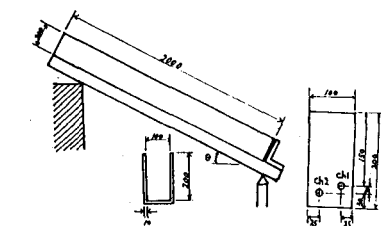


図-1 実験装置

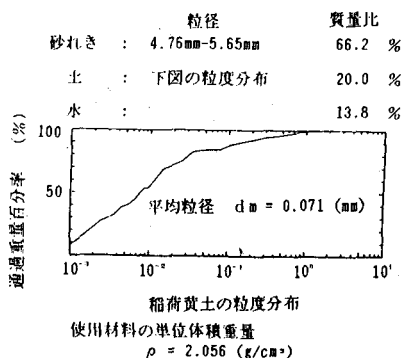


図-2

3. 理論

土石流が構造物に衝突した際のメカニズムとして我々は前報¹⁾において、土石流が瞬間的には弾性衝突し、一次的取り扱いか可能であると仮定して(1)式を提案した。

$$F = -\rho A C_R v_b e^{-\frac{\rho A C_R t}{m}} \quad (1)$$

ここで、 v_b ；衝突速度、 ρ ；土石流の衝突時の密度、 m ；衝撃力に関与した質量、 A ；衝突面の面積、 t ；時間、 C_R ；圧縮伝播速度とする。 C_R はヤング係数 E 、ポアソン比 ν 、圧縮係数 E_c を用いて

$$C_R = \sqrt{E(1-\nu)/(1+\nu)(1-2\nu)\rho} = \sqrt{E_c/\rho}$$

Akinobu OKUI, Atsuyuki DAIDO

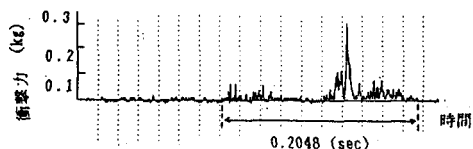


図-3 衝撃力の例

として表わされる。我々はまず(1)式が実際の土石流に適用できるかどうかを実験的に調べた。(1)式によると、最大衝撃力 F_{max} と衝突速度は直線関係になる。図4は測定した F_{max} と v の関係を示し、(1)式の関係が成り立つことを示す。図中のI, II, IIIは衝突時の土石流先端の形状を示したもので、Iは水路底面に

対して鉛直、IIは傾斜、IIIは先端が分散状を示す。図4において、流動の型によって衝突時の ρ は変わっていると推定され、I型が最も静止状態の密度に近くII, IIIになるに従って ρ が小さくなっているものと推定される。 CR の値が次第に小さくなっているのは、この ρ の変化によるものと考えられる。参考までに図4から得られた CR の値は表1に示すとおりである。

測定によって得られた最大衝撃力と衝突速度から(1)式の $\rho C_R A$ が求まる。一方最大衝撃力が働いた後の減衰の状態を調べると、図5のように対数減衰をしており、最初に我々が土石流を、弾性体として仮定した事が誤りでなり事を示している。そしてこの減衰率から(1)式の $\rho A C_R / m$ がわかる。

この実験においては、衝突時の ρ は測定されておらず静止状態の ρ で代用しているため、実験の範囲をつうじて一定である。

先にも記したように圧縮波の伝播速度 C_R は、 $C_R = \sqrt{E_c / \rho}$ で表わされ、この式からみると C_R は密度 ρ の関数であるといえる。

以上のことから土石流の衝撃は、流動物質の密度 ρ と衝突速度 v の関数であることがわかった。したがって、あらかじめ流動物質の密度とそれに対応した圧縮伝播速度が求まれば最大衝撃力が求まることになる。

4. 結果

以上のようにして得られた算定法を用いて計算した最大衝撃力と実験的に得られた最大衝撃力の関係を図6に示す。これにより(1)式が実際に適用できる式であることがわかる。

5. 参考文献

- 1) 大同淳久；構造物に作用する土石流の衝撃力，第40回年次学術講演概要集 451

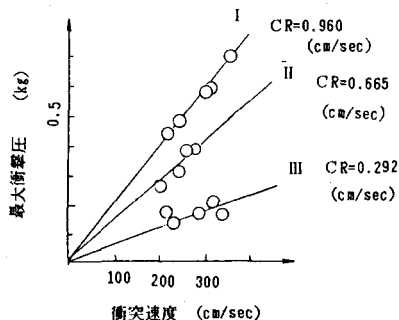


図-4 衝撃圧と流速の関係

実験 NO.	I					II		
	85	92	166	169	178	99	172	180
CR (cm/sec)	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292	0.665	0.665	0.665
	56	87	133	135	135	140		
	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960		

表-1

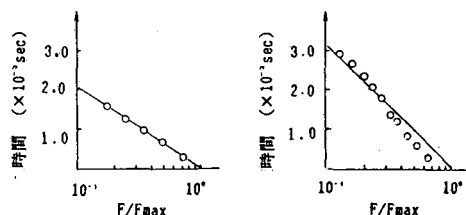


図-5 最大衝撃圧後の減衰

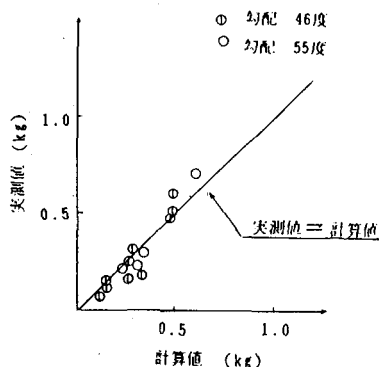


図-6 計算値と実測値との関係