

土石流が構造物に作用する衝撃力

立命館大学理工学部 正眞 大同淳之

1. はしがき. 土石流発生時に、砂防ダム等河川構造物の破壊が見られる。著者の観測例では、堤体が大きなブロック状に切断されている。あるいはダムの下部が底抜け状に流失し基礎地盤も同時に流出、洗掘されている。破壊の原因として、外力の予想以上の大きさと堤体施工接手の不備、ダムと境とする土砂等堆積圧の変化による地盤流失から生じるダム不安定が原因とも考えられる。堆積圧による地盤の流動について著者が検討した結果¹⁾では、急い配の河道でその可能性はあるが、通常の配のところでは可能性が低いという結果が得られた。他方、外力については、たとえ施工が不備であったとしても、かなり大きい外力が作用したと予想できる。

この被害を防ぐ対策として、外力の推定と部材応力の究明がある。衝撃を受ける部材応力については研究²⁾があるが、外力についてはあまり研究されていない。これは構造物前面の土石流の運動量を正確に把握できれば求められるという考えのためであろう。著者もこの考え方で、土石流の衝撃力を求めた³⁾。しかし、衝撃力が運動量の変化で表しうるのは、物質内部の質量に時間的、場所的变化が生じない場合である。しかし土石流の場合、堤体に衝突時に流体密度の変化が生じ、それに生じる応力が堤体に作用すると考えられ、この場合の衝撃力は、流体としての運動量の変化から算定されるものより大きくなると予想される。さらに土石流の性質がマス・ムーブメントに近いものと流体に近いものでは、密度変化の生じる機構あるいは運動量変化と求める支配領域のとり方に違いを生じるはずである。

本文は、この機構と調べる第一歩として、砂れきのみの流れと壁に衝突させたときの衝撃力を測定し、測定値をもとにして衝突面における流体物性の变化と調べるものである。

2. 土石流による衝撃圧の形成機構

1) 土石流がマス・ムーブメントをしている場合

密度 ρ_s の固体状の土石流が壁面に衝突したとき、衝突面で固体状内部に圧密が生じ、密度が増加して ρ_{smax} に達し、この層が急激に上流側に発達すると考えられる。一方、この ρ_{smax} の層の表面に作用する応力 σ_m によって層は破壊し、せん断流動して方向と変える。この層に作用する σ_m が、衝撃力としてセンサーに伝えられ、センサーの面積と a とすると $\sigma_m a$ となる。 σ_m は砂れきの同げき比に関連する値がある。

2) 土石流の砂れき濃度が低く、砂れき粒子が流れの中に分散している場合

この場合でも1)と同じことが考えられるが、圧密に要する時間が、衝撃圧サビーフと示す時間間隔より大きいと考えられることから、1個または数個の砂れきの衝突による運動量変化による力が表れるものと予想される。

3. 実験の方法

1) 実験方法、幅0.1 m、深さ0.2 m、長さ2.0 mの水路の下流端に、圧力センサーを取

DAIDO Atsuyuki

に金属板をおき、センサーから0.9 mの位置にある仕切板の背後に砂れきをおき、仕切板と除去して自由流下させて金属板に衝突させた。実験こう配は $34^{\circ}40' \sim 41^{\circ}45'$ の範囲で、センサー取付位置は底面より粒径の1.3～1.67倍の奥と、それから4 cmはなした奥である。

2) 圧力センサー 容量 10 kg/cm^2 の圧力計で、圧力変化とトランジェントメモリーに記録した後、ペンオシロに描画した。センサーの精度は静的荷重で検査した。

3) 使用砂れきとその流動状態 砂れき中央径 d は0.5, 0.8, 1.8 cmではば一様径で、表面摩擦と一定にするための表面がぬれた状態で用いた。流下する流れの前面は傾斜を有し、砂れきは集合流動でなく、個々の粒子の運動は活発で、ときには飛び出た砂れきが個別に衝突する場合もある状態である。れきの流下速度、流動厚さはビデオで、容積濃度は下流端で測定した砂れき重量より求めた。流下中の容積濃度は29%程度である。したがって流れは2の2)に属するものである。

砂れきは傾斜した前面の下部が金属板に衝突したのち、金属板に沿って上昇する流れが生じ、上段のセンサー付近では、段波が到達する直前に上昇流でセンサー前面が覆われる形となり、その上昇流のフッション作用が、上段の圧力は常に下段のそれに対してかなり小さい値を示した。測定された下段の圧力の一例を図2に示す。衝突後3もなくピークの $\Delta t = 0.43 \times 10^{-3} \text{ sec}$ の短時間に発生して、すぐ減少し、あと若干の圧力と示すのが一般的パターンである。

4. 実験の結果の考察 測定圧力値は、容積濃度29%の流れの運動量変化あるいは1個の砂れきが衝突した力よりかなり大きい。また2の1)に示した $\sigma_m A$ と比べると、 σ_m が通常予測する値よりかなり大きいと考えられることから、妥当でない。したがって、平均濃度29%の流れでも、下段センサー高さの領域では濃度が高く、金属板前面で粒子が最充填状態となり、いくつかの粒子が集団として衝突すると考えられる。圧力から逆算された、センサーに作用するれきの相対厚さ δ/d は、流速、流動深さとはあまり相関がない。統計的に整理した結果では図3に示すように粒径の3～5倍分に相当する厚さに相当する量が集団として衝突している場合が多いことを示した。

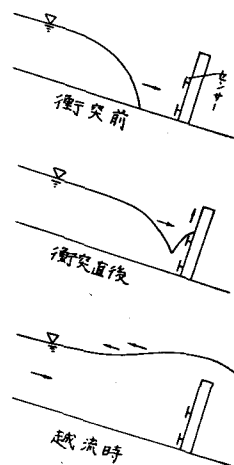


図1. 砂れき衝突のパターン

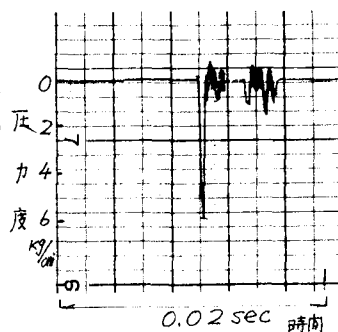


図2. 圧力測定値の1例

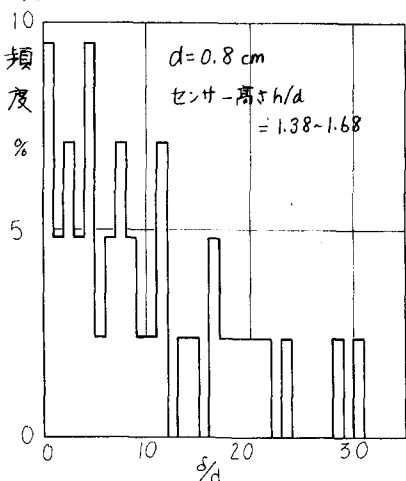


図3. センサーに作用した砂れきの相対厚さ

- 1) 大同厚之: 砂防ダムに及ぼす土石流の作用; 第19回 自然災害科学シンポジウム, 1982
- 2) 建設省土研研究所: 富士山土石流衝撃力実験報告書 I・II, 土研資料 55-57年
- 3) 宮本邦明, 大同厚之: 堤体に作用する土石流段波の衝撃力に関する研究 I, 立命館大理工研報, 1984.