

透過型砂防ダムに対する土石流の衝撃力に関する実験的研究

東洋大学 学生会員 ○石井 久之
 東洋大学 学生会員 伊東 琢磨
 東洋大学 フェロー会員 荻原 国宏

1. はじめに

土石流災害対策の1つとして透過型砂防ダムが日本全国に数多く設置されている。砂防ダムの設計において土石流が作用する衝撃力の評価は非常に重要であり、さらには土石流衝突時の瞬間的な極めて大きな衝撃力に注目しなければならない。そこで土石流の衝撃力を流体力、透過型砂防ダムの土砂捕捉を確率的な観点から評価するために模型実験を行なった。

2. 実験概要

実験装置は水路長6m、幅15cm、深さ23cm、勾配22°、側面アクリル製である。水路下流部に荷重計を取付けたダム模型を設置し、土石流の衝撃力を測定する。ダム模型は図1に示すような不透過型1タイプと透過型3タイプ(直径6mm アルミパイプ、透過部間隔 TYPE1: 28mm * 28mm、TYPE2: 95mm * 15mm、TYPE3: 10mm * 105mm)を使用した。水路床はペンキを塗布した滑面とし、水路上流部に湿潤状態の土砂を厚さ5cm、長さ40~60cmに敷き、上流端から給水を行い土石流を発生させた。使用した土砂は密度2.38(g/cm³)、50%粒径 $d_{50}=3.6$ mm、粒度分布は図2に示す。図3は実験ケースを示しており、各ダムタイプについて行な

った。さらに透過型ダムにおいては土砂の通過率と衝撃力の関係を調べるために上流側に設置した透過型ダムの直後に不透過型ダムを設置し、両方の模型に作用する衝撃力の測定を行なった。

3. 実験結果

3-1. 衝撃力の時間的変化

実験によって得られた衝撃力の時間的変化のグラフの一例を図4に示す。グラフを見ると衝突直後に最大衝撃力がダムに作用している。この場合、衝突時の流速が大きく影響しており、最終的に土砂の堆積による荷重に収束していると考えられる。他の実験ケースにおいてもほぼ同様のグラフ形状を示していた。

3-2. 流体力による衝撃力の評価

衝撃力を土石流の流体力と考えると、単位面積当りに作用する力は

$$F = \rho_m \cdot \frac{Q}{A} \cdot V = \{(\sigma - \rho)C + \rho\}V^2 \quad (1)$$

実験 Case	土砂質量 (kg)	給水量 (L)	土砂堆積状態 厚さ*幅	流速 (cm/s)
No.1	5	2	5cm*40cm	109
No.2	5	3	5cm*40cm	200
No.3	5	4	5cm*40cm	200
No.4	5	5	5cm*40cm	300
No.5	6	3	5cm*50cm	240
No.6	6	4	5cm*50cm	400
No.7	6	5	5cm*50cm	240
No.8	7	3	5cm*55cm	171
No.9	7	4	5cm*55cm	300
No.10	7	5	5cm*55cm	240
No.11	7	6	5cm*55cm	300
No.12	8	3	5cm*60cm	150
No.13	8	4	5cm*60cm	200
No.14	8	5	5cm*60cm	400
No.15	8	6	5cm*60cm	300

図3 実験ケース



図1 ダム模型

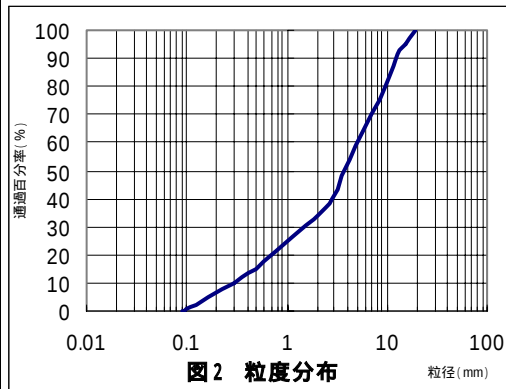


図2 粒度分布

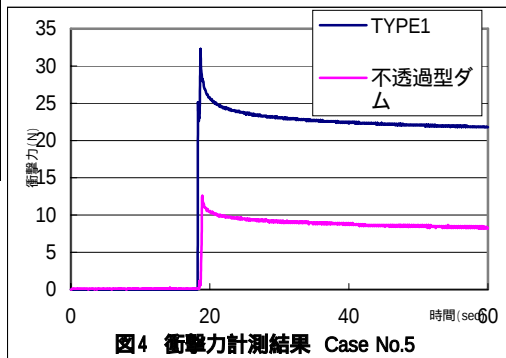


図4 衝撃力計測結果 Case No.5

キーワード 土石流 衝撃力 透過型砂防ダム

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 TEL049-239-1395 FAX049-231-4482

で与えられる¹⁾²⁾。ここに、 ρ_m ：土石流の密度、 σ ：土粒子の密度、 ρ ：間隙流体の密度、 C ：容積濃度、 V ：土石流の流速である。実測値(不透過型ダムにおける衝撃力)と計算値の比較を図5に示す。実測値は計算値に比べてかなり小さな値をとっている。式(1)は流速 V の噴流が噴流方向に垂直な面に当たって 90° 方向変えるとき面に作用する力であるのに対して、実験において土石流の衝突前後の流れ方向にこの条件を満たしていない部分があると考えられる。今後、衝突時の状況をビデオ撮影などで確認し見直す必要がある。

3-3. 透過型ダムの衝撃力と土砂通過率の関係

透過型ダムに作用する衝撃力の算定に透過部における土粒子の通過率を用いる方法が考えられている³⁾。

$$\xi = \frac{A_0 m}{A_d} \sum_{i=1}^n \frac{(l_h - d_i)(l_v - d_i)}{l_h l_v} f_i \quad (2)$$

$$\xi' = 1 - \xi \quad (3)$$

$$P = \xi' P_0 \quad (4)$$

ここに、 ξ ：土粒子の通過率、 A_0 ：透過部の面積、 A_d ：土石流が作用するダムの面積、 m ：透過部の個数、 l_h ：透過部水平間隔、 l_v ：縦間隔、 d_i ：土粒子径、 f_i ：粒径 d_i の土粒子含有率、 n ：離散化した粒径の数、 ξ' ：土砂粒子が透過型ダムに衝突する確率、 P ：不透過型ダムに作用する衝撃力、 P_0 ：透過型ダムに作用する衝撃力である。式(4)で得られた数値と実測値の比較を図6～8に示す。これらのグラフは視認性を高めるために衝撃力の大きさを基準に横軸に実験ケースを並べた。各点にCase No.を表している。いずれのタイプの透過型ダムも実測値と計算値はよく一致しているが、TYPE3においては実測値が全体的に計算値よりもやや小さな値を示している。図9は式(3)によって

得られた計算値と実測値を比較したもので、実測値は実験において透過型ダムの直後に不透過ダムを設置し、両方に作用した衝撃力の和で透過ダムに作用した衝撃力を割った値である。この値で流下す

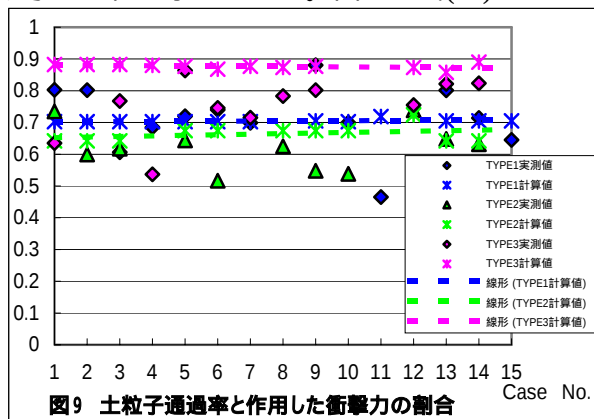


図9 土粒子通過率と作用した衝撃力の割合

る土石流のもつ衝撃力がどれだけの割合で透過型ダムに作用するかを表してみた。これを見ても、TYPE3の実測値は計算値よりも小さな値をとる傾向にある。よって、式(2)においてTYPE3のような l_v に比べ l_h が極端に大きな場合、土石流先頭部の形状や衝突時の土粒子が作用する方向などを考慮したパラメーターの再考が必要である。参考文献 1) 三好岩生、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 pp11-19 1990

2) 江頭進治：流砂および流砂を伴う流れの力学、混相流 Vol.11 No.2 pp.67 1997

3) 山本彰他：砂防ダムに作用する土石流の衝撃力に関する研究、大林組技術研究所報 No.56 pp.93-100 1998

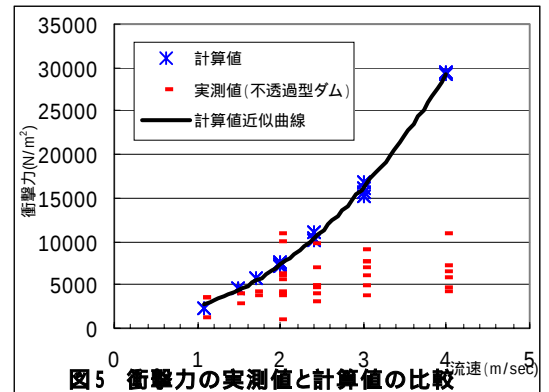


図5 衝撃力の実測値と計算値の比較

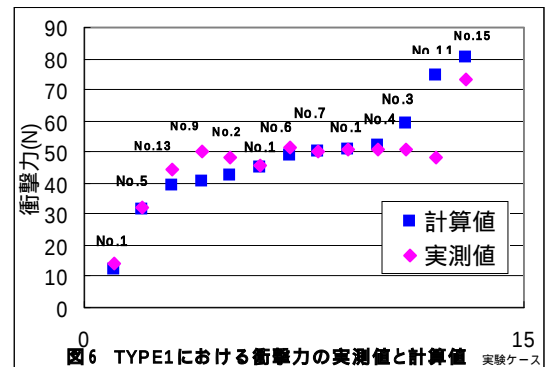


図6 TYPE1における衝撃力の実測値と計算値 実験ケース

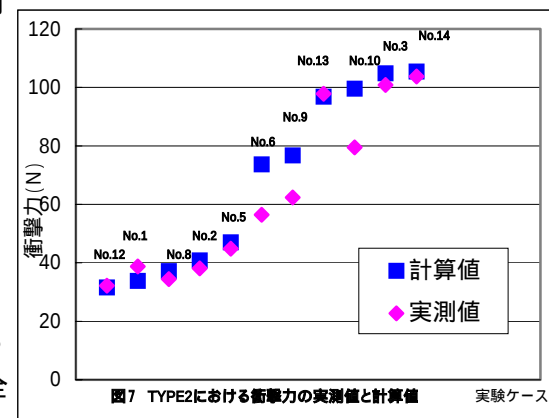


図7 TYPE2における衝撃力の実測値と計算値 実験ケース

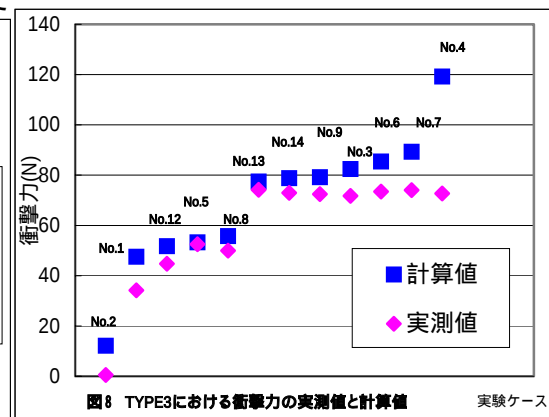


図8 TYPE3における衝撃力の実測値と計算値 実験ケース