

土石流中の巨礫を受けるコンクリート砂防堰堤袖部の衝突荷重と破壊について

防衛大学校 金子鉄兵, 別府万寿博
砂防鋼構造物研究会 ○石川信隆, 京都大学大学院 水山高久

1. 緒言

土石流中の巨礫がコンクリート砂防堰堤袖部に衝突するとき、写真-1のように袖部が完全に破壊されることが多い。従来この分野の主な研究としては、下田ら¹⁾が個別要素法によるコンクリート製砂防ダム袖部の衝撃破壊シミュレーション解析を行った例がある。ここでは、石礫型土石流がコンクリート砂防堰堤袖部への衝突荷重と破壊状況を解明するための基礎的段階として、(1)まずコンクリート直方体ブロックに対する巨礫の直径および礫速度が荷重-局部変形関係に与える影響およびその勾配のバネ定数を求め、(2)次に巨礫による破壊状態に与える影響、(3)さらに実物砂防堰堤袖部モデルに対する衝突荷重について調べた。計算には衝撃汎用ソフト Autodyn²⁾ (有限差分法による解析)を用いた。



写真-1 コンクリート砂防堰堤袖部の破壊

2. 巨礫による直方体ブロックへの衝突計算

図-1に示すようなコンクリート直方体ブロック(天端幅3m, 袖高2.6m, ブロック幅3m, 下端は固定)の中央部に直径1mおよび2mの巨礫が衝突した場合を、衝撃汎用ソフト Autodyn²⁾を用いて解析した。コンクリートの強度、弾性係数およびポアソン比は、それぞれ18N/mm², 220kN/mm²および0.23とした。また、コンクリートモデルについて、状態方程式は非線形モデル、降伏条件は二直線降伏モデル、破壊基準はスボール破壊基準を使用した。

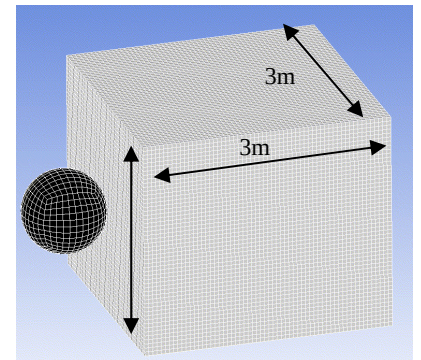


図-1 礫の直方体ブロックへの衝突

2.1 荷重-時間曲線および局部変形-時間曲線

図-2および図-3に礫径1mの場合の荷重-時間関係および局部変形-時間曲線を示す。荷重は、衝突速度10.0m/sの場合は約6000kNとなり、衝突速度2.0m/sの約1000kNに比べて約6倍の大きさとなる。また局部変形は、速度10.0m/sで22mmで、速度2m/sの7mmの約3倍となっている。

2.2 荷重-局部変形曲線

2.2.1 礫径1mの場合：図-4は、図-2,3から時間軸を消去して、衝突速度2m/s-10m/sの場合の荷重-局部変形曲線を示したもので、速度の増加と共に包絡線を描くようになっている。

2.1.2 礫径2mの場合：図-5は礫径2mで衝突速度2m/s-10m/sの場合の荷重-局部変形曲線を示したもので、礫径2mで衝突速度10m/sの場合(約18000kN)は、礫径1mの場合(約6000kN)より約3倍も大きい衝突荷重となっている。

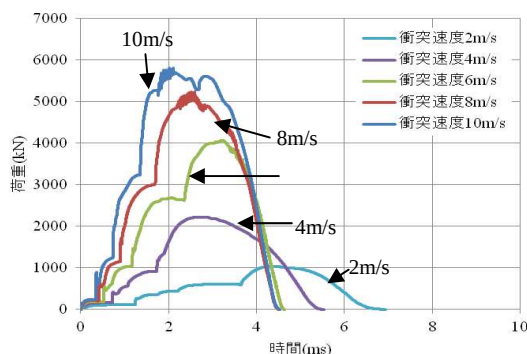


図-2 荷重-時間曲線 (礫径 1m)

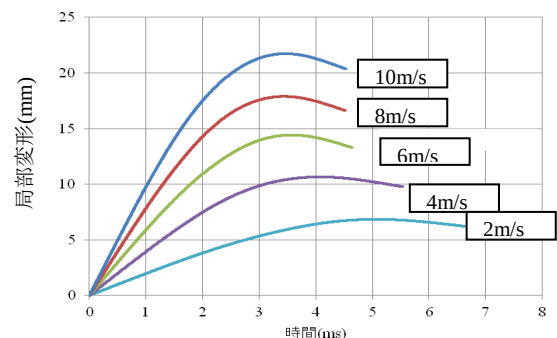


図-3 局部変形-時間曲線 (礫径 1m)

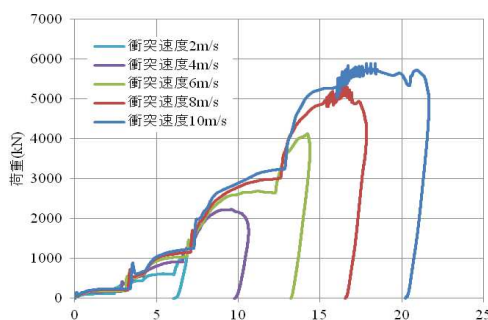


図-4 荷重-局部変形曲線 (礫径 1m)

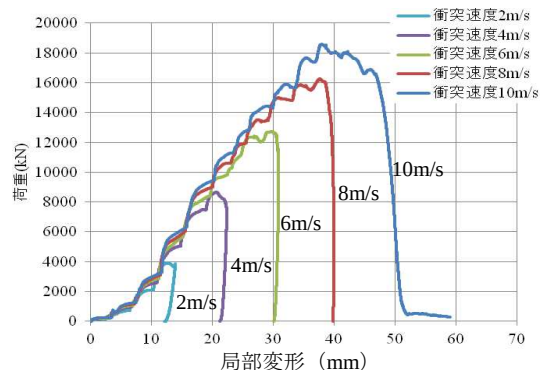


図-5 荷重-局部変形曲線 (礫径 2m)

2.2 バネ定数の決定

図-4 および図-5 の荷重-局部変形曲線の勾配から、バネ定数 K がそれぞれ礫径 1m の場合 $K=250\text{--}300\text{ kN/mm}$ および礫径 2m の場合 $K=450\text{--}500\text{ kN/mm}$ と得られた。これらは、個別要素法における礫衝突のバネ定数として用いられる。

2.3 直方体ブロックの破壊状況

図-6 および図-7 は、礫径 1m および 2m の礫が 2m/s – 10m/s の衝突速度で衝突したときの直方体ブロックの破壊状況を示したもので、礫径 1m の場合は速度 8m/s 以上、礫径 2m の場合は速度 4m/s 以上となると、それぞれ袖部下面に引張破壊を生じた。これは、写真-1 のような袖部が消失する破壊が起こる可能性を示唆している。

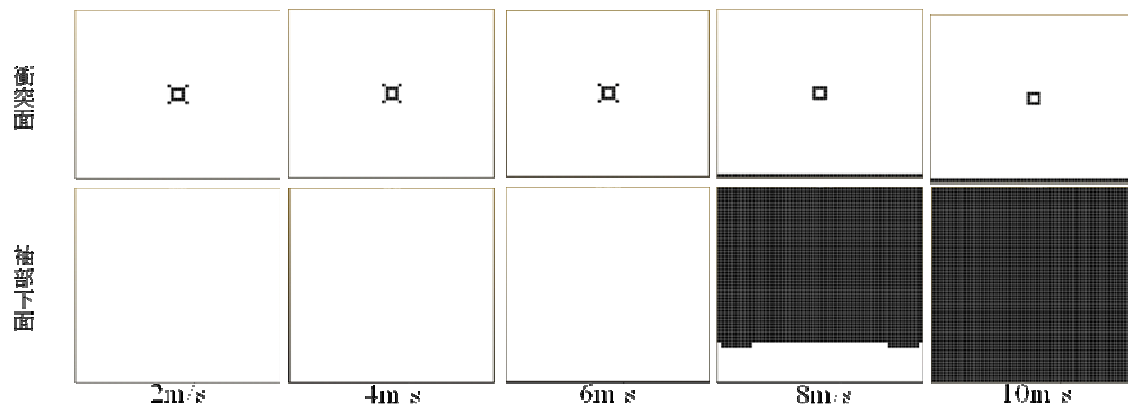
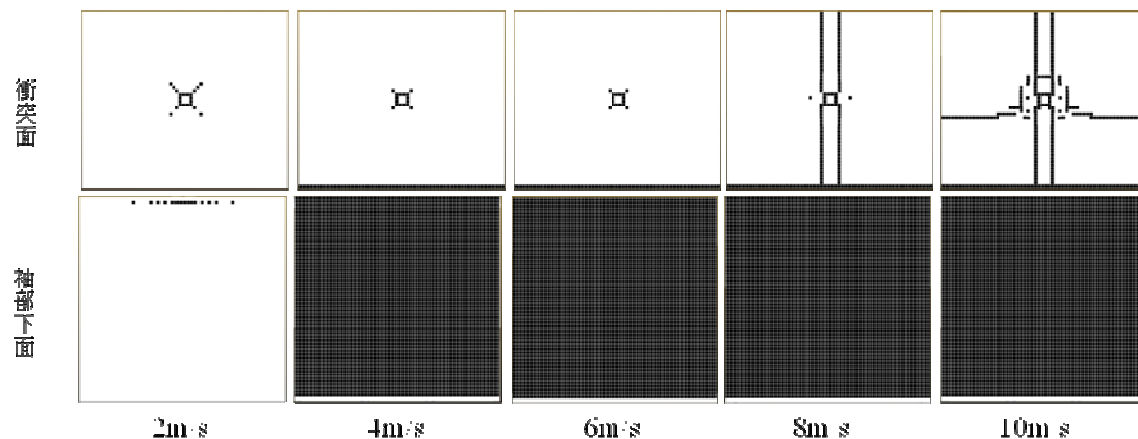


図-6 直方体ブロックの破壊状況（礫径 1m）黒色：引張破壊



3. 巨礫によるコンクリート砂防堰堤袖部モデルへの衝突計算

同様に、図-8 に示すように巨礫（直径 1m）による砂防堰堤袖部モデルへの衝突計算を行った。図-9 は、荷重-局部変形（へこみ量）曲線を示したもので、これより、バネ定数が $200\text{--}300\text{ kN/mm}$ と得られた。

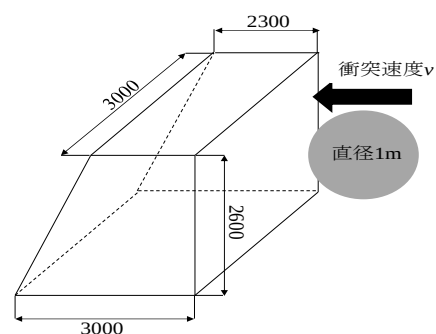


図-8 巨礫による砂防堰堤袖部モデルへの衝突

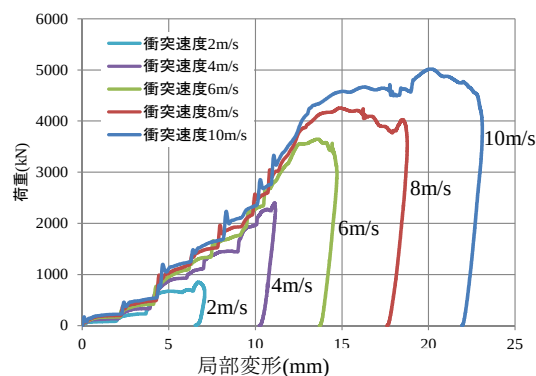


図-9 砂防堰堤袖部の荷重-局部変形曲線

4. 結言

本研究では、コンクリート製砂防堰堤袖部に対して衝突荷重と破壊について検討したが、今後、鋼製透過型砂防堰堤に対しても同様な解析を試み、土石流中の巨礫に対する砂防堰堤の安全性照査の資料とするものである。

参考文献：

- (1) 下田義文, 水山高久, 石川信隆, 古川浩平: 巨礫を受けるコンクリート製砂防ダム袖部の衝撃模型実験と被災例シミュレーション, 土木学会論文集, No. 450, I-20, pp. 131-140, 平成 4 年 7 月。

(2) AUTODYN: <http://www.engineering-eye.com/AUTODYN/outline.html>.