

個別要素法を用いたコンクリート製砂防ダムの衝撃破壊シュミレーション

山口大学工学部 学生員○藤原新
八千代エンジニアリング(株) 正員 佐藤敏明
八千代エンジニアリング(株) 正員 下田義文
山口大学工学部 正員 古川浩平

1. はじめに 本研究では、近年コンクリート製構造物の破壊現象の解析手法として有効であると考えられている個別要素法 (DEM) を用い、砂防ダム全体 (袖部+本堤) を個別要素でモデル化し、巨礫および土石流が本堤に及ぼす影響を明らかにした上で、これからの砂防ダムの建造に役立てようというものである。
2. 衝撃応答解析法の手順 モルタルは連続体であるがこれを図-1のように剛体円要素の集まりとし、要素間ではばねとダッシュポットにより力が伝達するものとする。ここでは要素の座標や重力のつりあいを容易に与えられる配列を採用した。また巨礫の衝突には局部ばね定数を導入している。

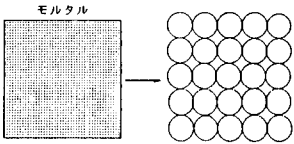


図-1 解析モデル

解析に用いた材料定数を表-1に、解析の手順を以下に示す。1)

- ①各要素の初期座標および材料定数を入力する。
- ②モルタル円要素の位置から要素間の結合ばねの位置を決定する。
- ③重力を作用させ、つりあいを与えた後制止に至るまで計算させる。
- ④③の終了状態を解析の開始とし、衝突物体を衝突させる。
- ⑤各要素の作用力を算出し、オイラー法により加速度、速度、変位を求める。

表-1 材料定数

コンクリート		
ヤング率 E		$2.35 \times 10^5 \text{ Kg f/cm}^2$
ポアソン比 ν		0.2
引張限界		200μ
せん断強度 τ_s		30.0 Kg f/cm^2
減衰定数 h		0.05
内部摩擦角 ϕ		45°
圧縮強度 σ_p		210.0 Kg f/cm^2
土石流中の巨礫		
重量		$49.0 \times 10^3 \text{ Kg f}$
ばね定数 k		$5.86 \times 10^5 \text{ Kg f/cm}$
その他		
結合パラメータ β		1.42

- ⑥時刻 $t = t + \Delta t$ として、破壊に至るまでまたは衝突物体が跳ね返るまで計算を続ける。

3. 解析結果 今回は砂防ダム全堤と袖部の解析を行った。全堤においては巨礫+土石流の衝突現象とし、巨礫の衝突位置、袖部では局部ばね定数の変化による破壊形態の違いを調べた。尚、巨礫の直径は3.3mとする。

(1) 全堤 全堤では衝突速度を9.7m/secとして計算し、図-2 (a) に打撃点 $h = +2.5\text{m}$ 、(b) に -2.5m の時間経過ごとの破壊挙動 (左側) および作用力分布 (右側) を示す。図中の要素間の線は、要素どうしが連続体として結合していることを、また作用力分布図中の線は要素に働く力の大きさと方向を示している。(a) では0.02secで衝突裏面にひび割れが生じた後、衝突点から袖部根元方向にもひび割れが生じる。一方(b)では衝突位置が本堤部であるため衝突直後および衝突点での破壊は免れているが、0.06secで本堤部にひび割れが生じている。作用力分布図から分かるように(a)では0.02secで大きな力が衝突点に作用している。この力によって衝突点裏面および根元のひび割れが生じたものと考えられる。(b)では堤体基礎部に力がかなり伝達している。この力は衝突位置の高さが関係していると思われる。

(2) 袖部 袖部では衝突速度を5.0m/secと一定にし、局部ばねの値を小さくして衝突面への緩衝材取り付けの効果を簡単に調べてみた。図-3 (a) にばね定数を $5.86 \times 10^5 \text{ kg/cm}$ 、(b) にその10%として計算した結果を示す。(a)では0.03secで袖部根元に水平にひび割れが生じているが(b)では終始破壊がみられない。衝突時の力も(b)の方がはるかに小さく、0.06secでほぼ制止に近い状態になっている。(a)では力がはり全体に広がり袖部の転倒現象が起こっている。

4. 結論 以上の解析より巨礫の衝突位置によって破壊形態が全く異なってくることが確認できた。さらに詳しい解析を行うことで、力が働いていない部分のコンクリートの貧配合が考えられる。また砂防ダムの保護に緩衝材の取り付けが有効であると考えられ、今後緩衝材を考慮したプログラムでの解析が必要である。

【参考文献】

1) 下田義文、鈴木真次、石川信隆、古川浩平：個別要素法によるモルタル片持ちばりの衝撃応答解析、構造工学論文集、pp1467~1476、1992年3月

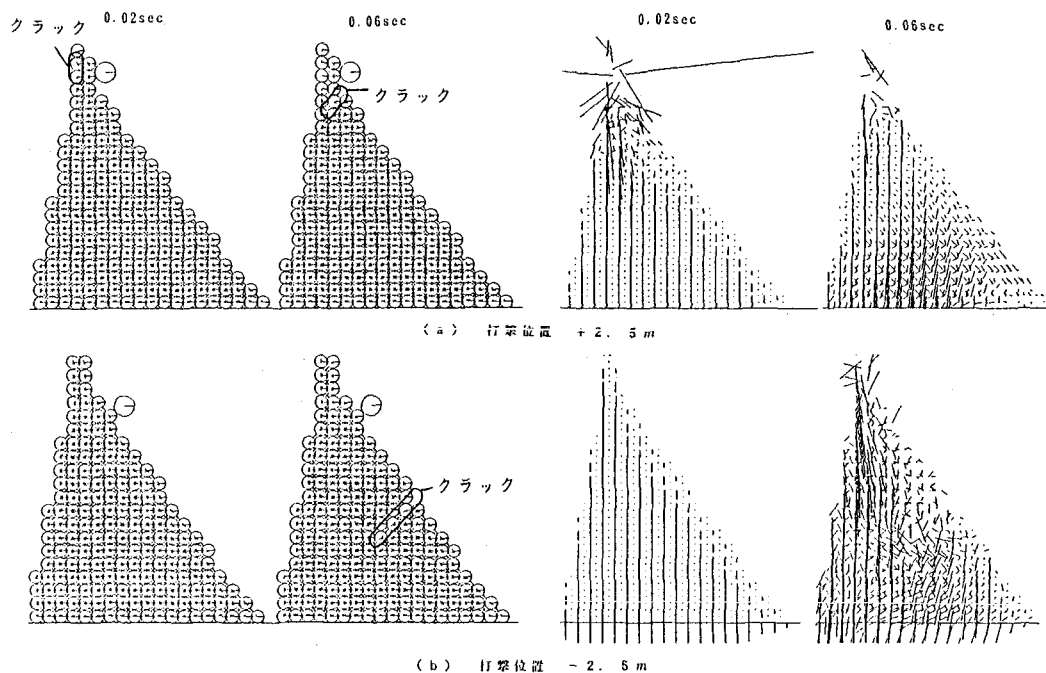


図-2 全堤解析結果

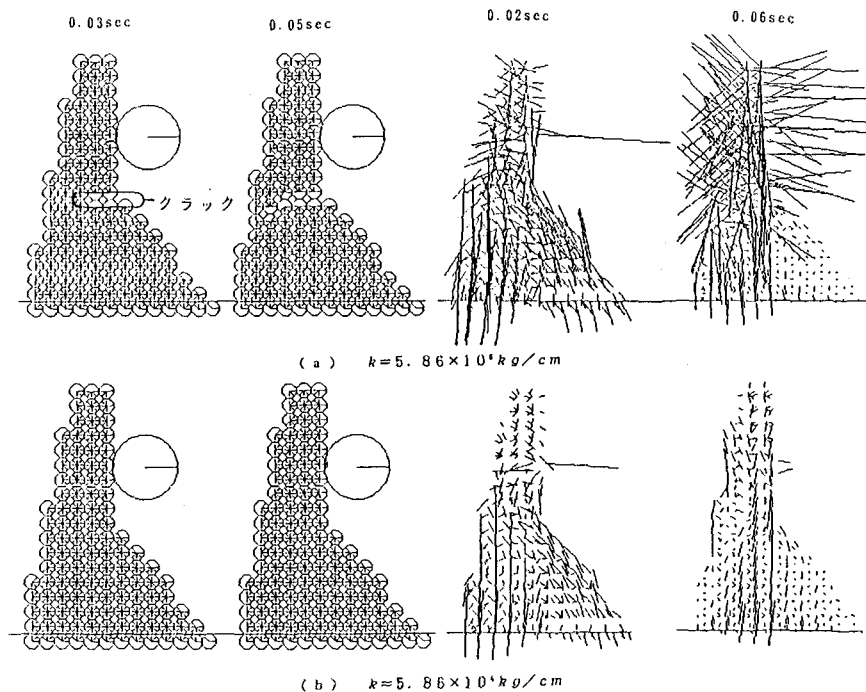


図-3 袖部解析結果