

(I - 19) 個別要素法によるコンクリート製砂防ダムの衝撃挙動について

防衛大学校土木工学科 学生員○喜多龍一郎
 同 上 学生員 鈴木 真次
 同 上 正 員 石川 信隆
 八千代エンジニアリング 正 員 下田 義文

1. 緒言

近年、土石流による災害防止のために、急流河川流域にコンクリート製砂防ダムが建設されてきたが、土石流によって砂防ダム袖部の破壊がしばしば見られた。砂防ダム袖部の破壊には、巨礫の衝突が主な原因となっており、水山ら¹⁾ ²⁾はその衝突現象を衝突模型実験および2質点系モデルにより、その一部を解明してきた。しかし、これらの実験等は袖部のみを解析対象としており、袖部に対する巨礫の衝突が本堤にどのような影響を及ぼしているのかは不明である。そこで本研究は、個別要素法³⁾を用い、巨礫の袖部に対する衝突現象および本堤に及ぼす影響の有無について考察した。

2. コンクリート製砂防ダムの解析モデルと解析法

(1) 要素間の結合判定

コンクリートは連続体であるのでモデル化に当たっては、図-1のように円要素の集合体とみなし、要素間の力の伝達はばねとダッシュポットにより行なわれる。しかし、i要素とj要素の間には空間がで接触していないため力の伝達ができない。そこで結合パラメータ β を導入し式(1)を満足すれば結合していると判定した。

$$\beta (r_i + r_j) \geq R_{0ij} \quad \dots (1)$$

ここで、 r_i, r_j は要素の半径、 R_{0ij} は解析開始時における要素中心間距離、 β は結合パラメータで、ここでは $\beta = 1.43$ を用いる。

(2) 解析モデル

ここでは、図-2の実線で示した実砂防ダムを個別要素でモデル化し、これに直径2mの巨礫が衝突するときの現象を解明する。この実砂防ダムは図-3に示す過去に土石流により破壊されたコンクリート製砂防ダムである。

(3) 解析法

従来の個別要素法とはほぼ同じであるが、詳細は文献(3)に記した。

3. 数値計算例

2.(2)で示した解析モデルを対象とし、実際に受けた土石流の最大粒径(直径2m)を衝突体とし、その時の土石流速は20m/s、波高は4.60m¹⁾であったため、満砂状態の仮定のもとでシミュレーションを行なった。衝突体の局部ばね係数は水山によるHertzの接触力の式を改良した式を参考として決定した。その他の入力データは表-1に示す通りである。図-4(a)、(b)は、それぞれ袖部の中間部および天端部に巨礫が衝突した場合の破壊挙動を示したもので、図-4(b)の方が早い時期にクラックが入ることが認めら

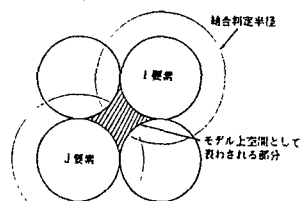


図-1 結合判定半径

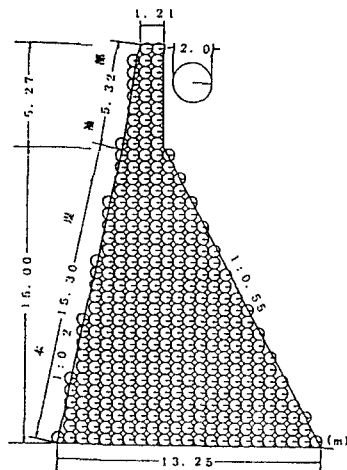


図-2 解析モデル

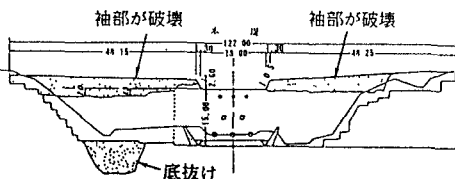


図-3 被害例

れる。しかし、いずれも袖部根元の衝突側にクラックが入り、最終的には袖部のみの破壊が生じている。図-5は衝突による作用力の分布を示すもので、衝突により作用力が大きくなる様子が分かる。すなわち、図-5 (a)の方が(b)に比し、本堤に若干の作用力を及ぼしていることが認められる。しかし、いずれも袖部根元にクラックが入るまでは、大きな引張力が作用しているが、クラックが入ると減少している。また図-6は砂防ダムの中心の変形過程を拡大して示したもので、本堤には衝突の影響はほとんど見られない。

表-1 解析に用いた材料定数
および入力パラメータ

コンクリート	
ヤング率 E	$2.6 \times 10^5 \text{ kg f/cm}^2$
ポアソン比 ν	0.2
引張限界	200μ
直接せん断強度 τ_c	55.0 kg f/cm^2
減衰定数 h	0.05
内部摩擦角 ϕ	37°
最大圧縮強度 σ_p ($(\sigma_n)_p / A_{1,2}$)	312.0 kg f/cm^2
衝突物体	
重量	$1.09 \times 10^4 \text{ kg f}$
局部ばね係数	$1.08 \times 10^5 \text{ kg f/cm}$
減衰定数 h	1
その他	
時間増分 Δt	$5.0 \times 10^{-6} \text{ sec}$
結合パラメータ β	1.42

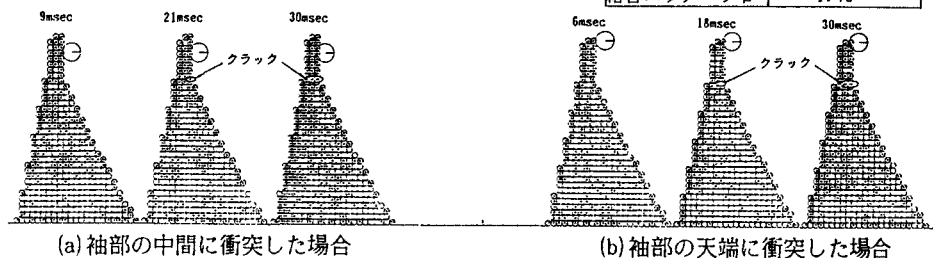


図-4 破壊挙動

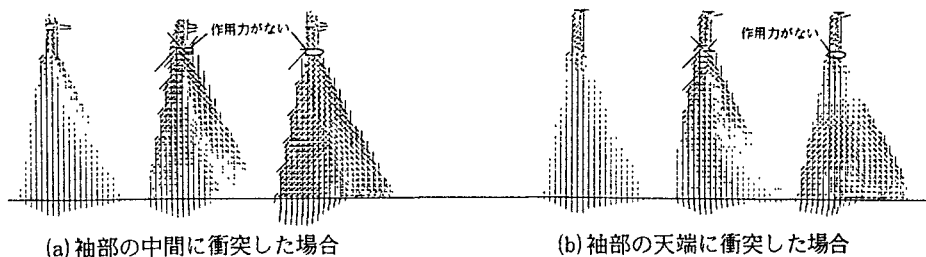


図-5 作用力分布

4. 結言

本研究は、個別要素法を用いて、コンクリート製砂防ダム袖部の実大モデルを用いてシミュレーション解析を行なった。結果的には本堤に若干の作用力を及ぼすものの、袖部根元にクラックが入り破壊することが確認され、本法は図-3に示す被害例を良くシミュレートしていることが認められた。

参考文献

- 1) 水山・下田・石川：コンクリート製砂防ダムに対する巨礫の衝撃模型実験に関する一考察，構造工学論文集，土木学会，Vol. 35A，pp. 1095~1104，1989年3月
- 2) 下田・水山・石川・古川：コンクリート製砂防ダム袖部に対する大型衝撃模型実験について，落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，pp. 139~142，1991年3月
- 3) 鈴木・下田・石川・古川：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，土木学会，Vol. 38A，1992年3月 掲載予定

(a) 袖部の中間に衝突した場合 (b) 袖部の天端に衝突した場合
図-6 変形過程