

鋼製枠砂防えん堤袖部の耐衝撃性能に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 加藤 尚, 九州大学大学院 正会員 園田 佳巨
砂防鋼構造物研究会 大隅 久, 砂防鋼構造物研究会 美野輪 俊彦

1. 緒言

写真-1 に示すような中詰材のせん断抵抗を利用した鋼製枠砂防えん堤は、透水機能のみならず、堆積土砂の地下水位低下に有効かつ地盤の変形に追随できるなど、コンクリート製砂防えん堤に無い特徴を有している。しかし、小さな鋼部材断面の枠組み内に中詰材を有する独特な構造形式であるため、耐衝撃性能について明確にされておらず土石流の衝撃荷重に対して十分な抵抗力を持たないことが懸念されている。そこで、本研究では鋼製枠砂防えん堤の耐衝撃性を把握するために、3次元個別要素法を改良した衝撃応答解析ソフトを作成し、解析的考察を試みた。



写真-1 鋼製枠砂防えん堤

2. 衝撃応答解析手法

2.1 個別要素法の適用

本研究では、鋼製枠砂防えん堤は鋼製骨組と礫中詰材により構成されていることから、粒状体の解析を目的として開発された個別要素法をベースとして衝撃応答解析ソフトを開発した。したがって、解析対象を剛体要素によって離散化し、陽解法を用いた時間積分により動的挙動を求め、各要素間の相対変位量に基づいてひずみや応力を計算し、限界ひずみを上回る場合に要素間の結合を切断することで構造材料の破壊を表現した。ここでは、鋼製骨組部材および礫中詰材の力学特性を表現するために、鋼製骨組部材と礫中詰材それぞれに対して以下のように異なるモデル化を行った。

1) 鋼製骨組部材要素

鋼製骨組部材は、軸力のみを伝達するトラス構造として設計されているが、部材格点間に充填された小径礫の側圧による影響を正確に評価するには、曲げモーメントを伝達できるモデルを用いる必要があると考えられる。そこで、鋼製骨組部材要素間には軸力を伝達する法線方向バネと、以下の式に示すような曲げ剛性バネ k_M を設けた。

$$F_N = k_N \Delta u_N \quad (1) \quad \text{ここに, } k_N : \text{法線方向バネ, } \Delta u_N : \text{法線方向相対変位}$$

$$M = k_M \Delta \theta \quad (2) \quad \text{ここに, } \Delta \theta = \theta_i - \theta_{i-1} \cong (u_{i+1} - u_i) / R_i - (u_i - u_{i-1}) / R_{i-1} : \text{相対回転角}$$

$$k_M = EI / \bar{R}, \quad \bar{R} = (R_{i-1} + R_i) / 2, \quad R_i : i \text{部材の長さ}$$

2) 礫中詰材要素

礫中詰材は、個々を剛体要素として取り扱った。すなわち、各要素に3方向の並進および回転の合計6自由度を設定し、接触状態にある要素相互間には法線および2方向の接線（せん断抵抗）バネを設け、接触圧力 F_N （式(1)と同様）およびせん断抵抗力 F_S を以下の式で求め、3方向の並進変位および回転角を求めた。

$$F_S = \begin{cases} k_S \Delta u_S (F_S < \mu_D F_N) \\ \mu_D F_N (F_S > \mu_D F_N) \end{cases} \quad (3) \quad \text{ここに, } k_S : \text{接線方向バネ, } \Delta u_S : \text{接線方向相対変位, } \mu_D : \text{動摩擦係数}$$

2.2 鋼製骨組モデルの概要

鋼製骨組は、支柱・つなぎ材・横梁・ブレース・スクリーン材・中詰材の主構造材で構成されている。本解析では、図-1に示すような鋼製枠砂防えん堤袖部のみを対象とし、表-1に示す材料特性を用いた。底面は全固定の境界条件を設定した。

キーワード 鋼製枠砂防えん堤, 3次元個別要素法

連絡先 〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎6-10-1 TEL 092-642-3262

表 1 材料特性

	鋼製枠	中詰材	衝突物
単位体積重量(kgf/cm ³)	0.00785	0.00267	0.00267
ヤング率(N/cm ²)	2.0×10 ⁵	4.71×10 ⁴	4.71×10 ⁴
減衰定数	0.1	0.1	0.1

2.3 鋼製骨組モデルの破壊条件

本構造物の場合，中詰材が流出すると，十分な耐衝撃性能を発揮できなくなり破壊する．よって本研究では，中詰材の流出を防ぐために設置されたスクリーン材の下流側が引張限界ひずみに達し，破断したときに鋼製枠砂防えん堤が破壊するとみなした．本解析に用いたスクリーン材の降伏ひずみは0.2%，限界ひずみは20%に設定した．

3．数値計算結果および考察

本研究では，3次元衝撃応答解析により鋼製枠砂防えん堤袖部の基本的な衝撃挙動，および衝撃力を受けた際の破壊状態について考察するために，1)衝突位置と応答特性の関係，2)衝突礫の直径および衝突速度を変化させた際の破壊状態について比較検討した．

3.1 衝突位置の影響

巨礫の衝突位置による影響を把握するために，衝突礫の直径は100cm，衝突速度を6m/secとし，図-1の～の4箇所に巨礫が衝突した場合の弾性衝撃応答解析を行い，衝突箇所のx軸方向変位を比較した結果を図-2に示す．この図より衝突位置が，の支柱の場合と比較すると，の横梁位置では約3倍，のスクリーン材に衝突した場合には約7倍の変位が生じており，特に，スクリーン材への衝突の場合は最も大きく，衝突箇所のスクリーン材は破壊している可能性が高いと考えられる．また，図-3は，中詰材を充填したモデルの衝撃応答を示した（スクリーン材へ衝突）ものである．

3.2 鋼製枠砂防えん堤の破壊状態

次に，2.3に示す破壊条件を用いて，衝突礫の礫径，および衝突速度をパラメータとした簡易な弾塑性衝撃応答解析を行い，鋼製枠砂防えん堤の破壊状態の可能性についての検討を試みた．表-2はその結果を示したものであるが，この表から衝突礫の運動エネルギーの増加とともに，鋼製枠砂防えん堤の破壊の可能性が高くなることが確認できる．

4．結 言

本研究において、構造全体の衝撃挙動を解析的に予測可能となる礫中詰材を有する鋼製枠砂防えん堤の3次元衝撃応答解析プログラムを開発することができ、また、鋼製枠砂防えん堤の破壊についても評価できた．今後，中詰材の力学特性と土石流による衝撃力を適切に解析できる信頼性が高い数値シミュレーションプログラムを開発していく予定である．

参考文献

・香月智：鋼製枠砂防ダムの礫中詰材圧に関する研究，1991

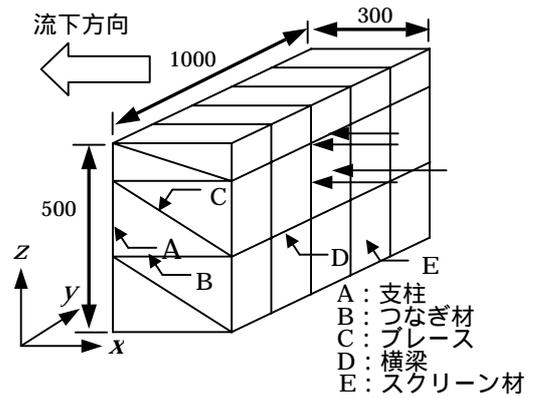


図-1 解析対象 (cm)

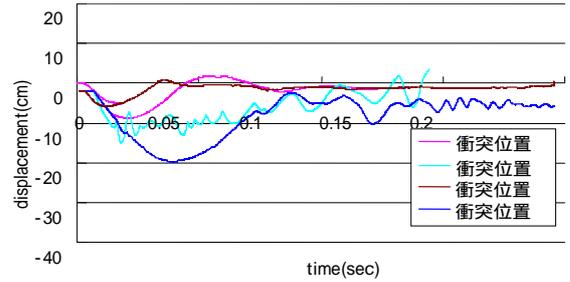


図-2 衝突位置の影響

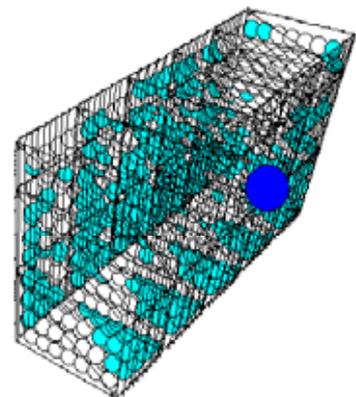


図-3 鋼製枠砂防えん堤の衝撃応答状況

表-2 衝突礫径・衝突速度による破壊状況

速度 礫径	1.0m/s	3.0m/s	6.0m/s
50cm	OK	OK	OK
100cm	OK	NG	NG
200cm	OK	NG	NG