

礫衝突を受ける鋼製枠構造の動的応答解析

砂防鋼構造物研究会 ○大隅 久、美野輪 俊彦
九州大学大学院工学研究院 園田 佳巨

1. はじめに

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、堆積土砂の地下水位低下に有効な透水機能と地盤の変形に追随できる可撓性など、コンクリート製砂防えん堤に無い特長を有している。しかし、小さな鋼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は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。本研究では昨年度開発した3次元個別要素法¹⁾を基にした動的応答解析ソフトをさらに改良を加え、鋼製枠構造の動的応答解析を試み、その結果を考察する。



写真-1 鋼製枠砂防えん堤

2. 動的応答解析の概要

2.1 個別要素法の適用

鋼製枠砂防えん堤は、鋼製骨組と礫中詰材の異なる力学特性を持つ複合構造であるため、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作成した。すなわち、解析対象を剛体要素によって離散化したうえで、時刻歴応答解析を行って動的挙動を求めることを試みた。

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・スクリーン材の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 に示す材料定数を用いて弾塑性解析を行った。

表-1 材料定数

	鋼製枠	中詰材	衝突物 (礫)
単位体積重量 (N/cm ³)	0.0770	0.0262	0.0262
ヤング率 (N/cm ²)	2.0×10^7	4.71×10^6	4.71×10^6
減衰定数	0.1	0.1	0.1

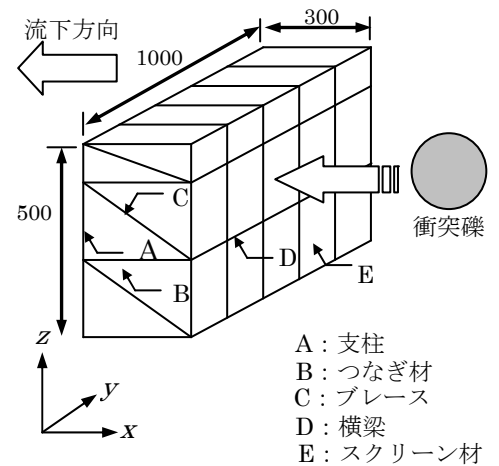


図-1 解析対象 (cm)

2.3 鋼製骨組の終局限界

鋼製骨組の各部材は曲げモーメントと相対回転角によるバイリニア型の構成モデルを適用した。その際に用いた使用限界時および終局限界時の応力と回転角を表-2 に示す。

2.4 中詰材の改良点

昨年度は中詰材のモデルを法線方向のばねのみで表したが、本年度はせん断ばねも考慮し、より現実に近いモデル化を試みた。

表-2 鋼材の曲げ終局限界

	応力 (N/mm ²)	回転角 (rad)
使用限界	235	0.015
終局限界	400	0.05

3. 数値計算結果および考察

3次元衝撃応答解析により、鋼製枠砂防えん堤袖部における破壊状態について考察するために、1) 衝突礫の鋼製骨組単体の貫通および中詰材の効果の検証、2) 衝突礫の直径および衝突速度を変化させた際の応答状況について比較検討を行った。

3.1 衝突礫の鋼製骨組の貫通および中詰材の効果の検証

鋼製骨組単体の基本的な弾塑性挙動を把握するために、図-1に示すように最も弱点となるスクリーン材に礫が衝突し、衝突礫が背面（下流側）スクリーン材を貫通する場合の衝突挙動の解析を行った。解析条件として、衝突礫の直径は1.0mとし、礫の衝突速度が4.5m/secのときの貫通状況を図-2に示す。この図から本手法は貫通を表現可能であることが確認された。

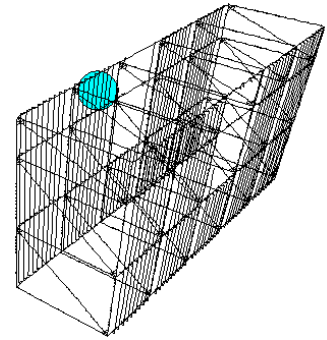


図-2 衝撃応答解析状況（中詰材なし）

次に中詰材の効果を確認するため、衝突礫の直径を1.0m、衝突速度を6.0m/secの条件において中詰材有無のモデルで解析を行った。その衝撃応答解析状況を図-3に、流下方向変位の比較を図-4に示す。それらの結果より、中詰材を充填することによって衝突礫を貫通することなく、流下方向変位が約30%に低減され、中詰材による効果が顕著に表れていることが判る。

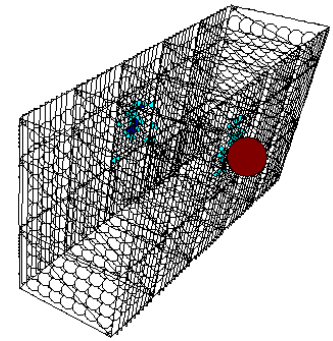


図-3 衝撃応答解析状況（中詰材あり）

3.2 鋼製枠砂防えん堤の破壊状態

鋼製枠砂防えん堤は、礫中詰材が流出すると十分な耐衝撃性を発揮できなくなり破壊すると考えられる。よって、本研究では支柱・つなぎ材・横梁・ブレースが終局限界に達したとき、または、礫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終局限界に達したときに、鋼製枠砂防えん堤が破壊するとみなした。この条件を用いて中詰材の有無での衝突礫の直径・衝突速度をパラメータとした弾塑性衝撃応答解析を行い、鋼製枠砂防えん堤の破壊の可能性について検討を試みた。

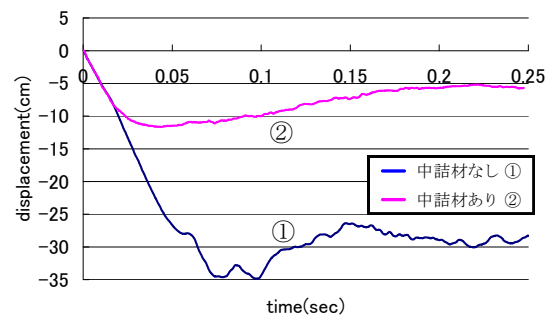


図-4 流下方向(x軸)変位

表-4、表-5はその結果を示したもので、この表から本手法を用いることにより、定性的であるが鋼製枠砂防えん堤の破壊の予測が可能であること、中詰材の効果により終局限界が異なることが認められた。

表-4 衝突礫径・衝突速度による破壊状況

(中詰材あり)

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

表-5 衝突礫径・衝突速度による破壊状況

(中詰材なし)

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

4. むすび

本解析手法により、礫衝突を受ける鋼製枠砂防えん堤の動的挙動が明らかになってきたが、さらに解析法の信頼性を高めるためには、実験との比較検討も必要である。

参考文献

- 1) 大隅久、美野輪俊彦、園田佳臣、嶋丈示；平成17年度砂防学会研究発表会概要集 pp.216-217