

87 鋼製セル緩衝材の衝撃緩衝効果に関する実験的研究

防衛大学校 土木工学科 ○政枝憲太郎 香月 智 石川信隆
住友金属工業株式会社 竹内大輔

1 緒言

従来の砂防ダムにおいては、巨礫衝突に対する緩衝効果やその後の後続流に対する抵抗機能を分離していないため、ややもすると不合理な設計となることがあった^{1), 2)}。本研究は、土石流の巨礫衝突を直接受ける鋼製セル本体に中詰材を詰め、その後方にこれを支持するフレーム構造物(トラス)の砂防ダムを提案し、この1/5スケールのミニチュアモデルによる水平衝突実験によってその緩衝効果を基礎的に検討したものである。

2 実験の概要

実験の鋼製セル本体は、図-1に示す高さ96cm、直径40cm、肉厚0.16cm(D/t=375)、材質SS400の薄肉鋼板セルに中詰材を高さ80cmまで詰めたものであり、下面からの抵抗をなく

すため、コロの上に設置した。支持フレームは、φ=60.5,t=2.3,材質STK400の鋼管を溶接接合したトラス構造のもので底面の鋼板と溶接固定している。中詰材は、表-1に示すけい砂5号(粒径

1mm)、碎石5号(同5mm)、川砂利4号(同25mm)の3種類を用い、一部上方からの拘束圧の影響を見るため鉛材を載せたケースも検討した。実験は、セルの高さ60cmの中心線上に150kgfの重錘をガイドレールに沿って自由運動により衝突させた。载荷の要領については、同一供試体に何度も衝突させる漸増载荷の場合と一度だけの衝突の単一载荷について行い、前者は衝突速度1m/sから始めて1m/sずつ増やし7m/sまで行った。後者は漸増载荷において弾性の応答限界速度とされた6m/sで行った。また、比較のために中詰材を詰めないで衝突させた場合と、支持フレームの垂直材中央にH型钢を渡し、直接衝突させた場合についても漸増载荷を行った。以上の条件を組み合わせ、表-2に示す実験ケースについて検討した。

3. 実験結果および考察

3.1 重錘衝撃力および重錘変位の時刻歴応答

図-2に、一例としてけい砂の漸増载荷実験(Im-I-1)におけるV=1m/sと7m/sの荷重(重錘衝撃力)および重錘変位の時刻歴応答を示す。衝突速度1m/sでは、50msecで最大荷重の3kNとなり持続したあと100msecで重錘がセルと離れるため荷重がなくなる。また、この間の変位は50msecで最大変位30mmとなり160msecで元に戻る。この時、重錘変位が0となるのが、荷重がなくなるより遅れるのは、鋼製セルに残留変位が残る

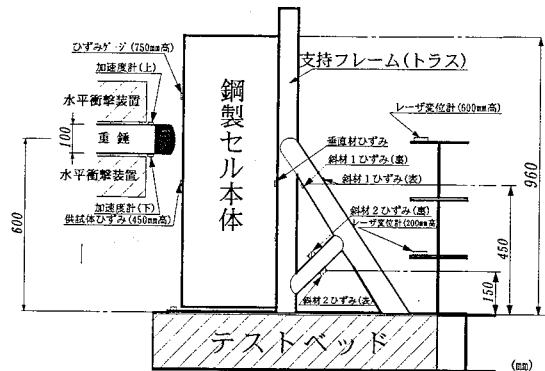


図-1 供試体側面図

表-1 中詰材の諸元

種類	けい砂5号	碎石5号	川砂利4号	鉛材
範囲(mm)	0.5~1.0	3.0~10	15~30	7mm
呼称粒径	1mm	5mm	25mm	7mm
単位体積重量(N/cm ³)	0.0148	0.0146	0.0145	0.0743

表-2 実験ケース

ケース名	荷重	重錘重量	鋼製セル	中詰材	粒径(mm)	载荷要領	衝突速度(m/s)	回数	
Im-I-1	150kgf	有	有	けい砂	1	漸増载荷	1,2,3,4,5,6,7	2	
Im-I-5				碎石	5			2	
Im-I-25				川砂利	25			2	
Im-I-0				空	-			1,2,3	1
Im-I-1-60				けい砂+上載鉛(60kg)	1			1	
Im-I-1-120				けい砂+上載鉛(120kg)	1			1,2,3,4,5,6,7	1
Im-I-Fr				無	-			-	1,2
Im-S-1	有	有	けい砂	1	単一载荷	6	2		

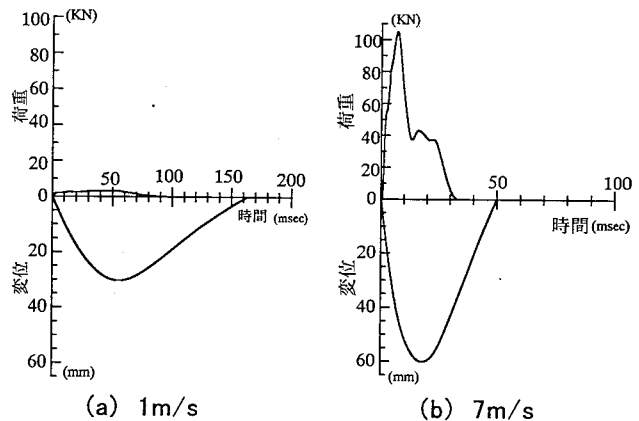


図-2 鋼製セル(中詰材:けい砂)に対する繰返し载荷の衝撃荷重および変位の時刻歴応答

ためである。一方、衝突速度 $V=7\text{m/s}$ では、最大荷重は 100kN と 1m/s の時より著しく大きくなり、作用時間は 30msec と $V=1\text{m/s}$ の時より短くなり、衝突速度が増すと衝突荷重は大きくなるが、接触時間は小さくなる傾向がある。

3.2 支持フレームにおけるひずみ応答

図-3 に $V=1\text{m/s}$ および 7m/s における垂直材と斜材の時刻歴応答を示す。 $V=1\text{m/s}$ では垂直材は最大 80μ のひずみが生じているのに対し、斜材は 50μ と斜材ひずみの方が小さい。一方、 $V=7\text{m/s}$ では、垂直材は最大 750μ で斜材は 950μ と斜材の方が大きくなり、速度が増加するにつれ、斜材のひずみが卓越する。

3.3 鋼製セル本体の変位量の履歴

図-4に、中詰材を詰めた場合 (Im-I-1) と中詰材のない空のセル場合 (Im-I-0) の漸増載荷実験における衝突速度ごとの鋼製セルの変形の履歴を示す。中詰材のない空の鋼製セルの場合には、最初の $V=1\text{m/s}$ の衝突で最大 45mm まで重錘はめり込み残留変位は 6mm となる。その後の3回目の $V=3\text{m/s}$ の衝突で 225mm (全直径の 56%) まで変化して、 177mm (全直径の 44%) の残留変形となり、破壊基準の 40% を越えるため、セル自身が破壊する。一方、中詰材を詰めた場合 (Im-I-1) では、最大変位・残留変位とも衝突速度にほぼ比例して大きくなるが、中詰材のない場合よりも相対的に小さくなり、7回目の $V=7\text{m/s}$ において、残留変形が 165mm (41%) となり、セルは破壊せず、支持フレームが弾性限界を超える。このように、中詰材を詰めることにより鋼製セルの変形に対する抵抗力が増しているのがわかる。

3.4 鋼製セルの最大重錘衝撃力～衝突速度関係

図-5 に最大重錘衝撃力と衝突速度の関係を示す。ここで、最大重錘衝撃力とは、鋼製セルに直接作用する衝撃力のことで、重錘に取り付けた加速度計で計測された最大加速度に重錘の重量を乗じたものである。これより、中詰材の粒径や上載荷重を変化させても衝撃力に顕著な違いは見られない。一方、鋼製セルに中詰材を詰めない場合 (Im-I-0) は $V=3\text{m/s}$ で 5kN となり、設置した場合の $1/5$ 程度の衝撃力となり低減しているが、鋼製セルの局部変形が 40% 以上となり、セル自身が破壊限界に達する。

3.5 支持フレームの伝達衝撃力～衝突速度関係

図-6 に伝達衝撃力～衝突速度の関係を示す。ここで、伝達衝撃力 P_T とは、支持フレームへ伝達される衝撃力のことで、斜材に乗じたひずみを用いて次式によって求められる。

$$P_T = A \cdot E \cdot \bar{\epsilon} \cdot \sin \theta \quad (1)$$

P_T : 伝達衝撃力 (kN), θ : 垂直材と斜材のなす角, A : 斜材断面積, E : ヤング係数, $\bar{\epsilon}$: 斜材に生じた軸ひずみ。

これを図-5 に示した重錘衝撃力と比較すると鋼製セルを設置することにより約半分に衝撃力が低下していることが認められる。

参考文献

- 1) 星川辰雄ら: 鋼製透過型砂防構造物の弾塑性衝撃応答解析と耐衝撃設計法, 土木学会論文集, No.549/I-37, pp.159~173, 1996年10月。
- 2) 伊藤一雄ら: 締め固め効果を考慮した礫中詰材のせん断抵抗力推定法と砂防ダム設計への応用, 土木学会論文集, No.570/I-40, pp.187~201, 1997年7月。

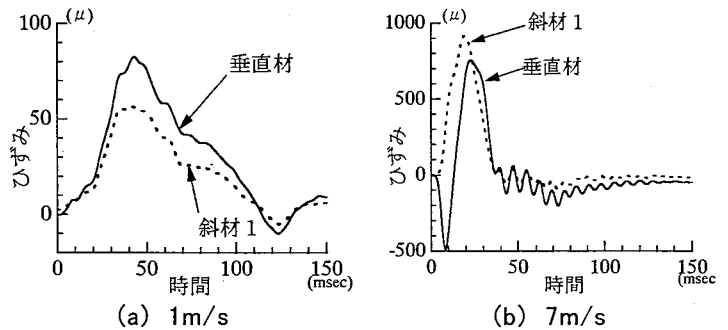


図-3 トラス部材のひずみ応答

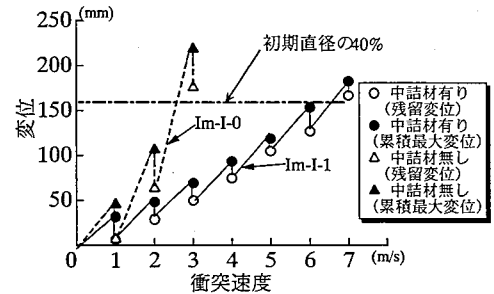


図-4 鋼製セルの変形の履歴

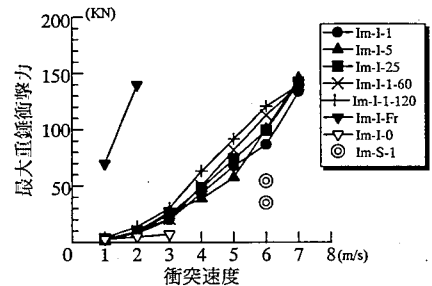


図-5 鋼製セルの重錘衝撃力～衝突速度関係

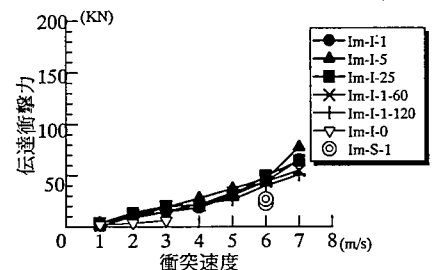


図-6 支持フレームの伝達衝撃力～衝突速度関係