

防衛大学校 学生員 ○政枝憲太郎 防衛大学校 正 員 香月 智
防衛大学校 フェロー 石川 信隆 住友金属工業 正 員 竹内 大輔

1. 緒 言

土石流災害防止のための砂防ダムには、コンクリート製の他に鋼製のスリット型¹⁾や鋼製セル内に現地出土砂を中詰めして作られるセル型の砂防ダム²⁾がある。本研究は、鋼製骨組砂防ダムの前面に中詰材を有する鋼製セル緩衝材を設置する鋼製砂防ダムを提案し、この1/5スケールのミニチュアモデルの衝突実験によってその緩衝効果を検討したものである。

2. 実験の概要

実験の鋼製セル緩衝材は、写真-1 および図-1 に示す高さ 90cm、直径 40cm、肉厚 0.16cm ($D/t=375$)、材質 SS400 鋼管の超薄肉鋼板セルに中詰材を高さ 80cm まで詰めたものである。砂防ダム本体は、 $\phi=60.5$ 、 $t=2.3$ 、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)、砕石 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 150kg 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、本体部垂直材の中央に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

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 $V=1\text{m/s}$ 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 60msec 位まで持続したあと 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。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 $V=1\text{m/s}$ の時より短くなる。すなわち、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。

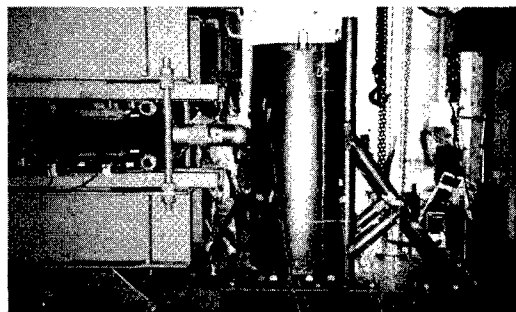


写真-1 実験装置

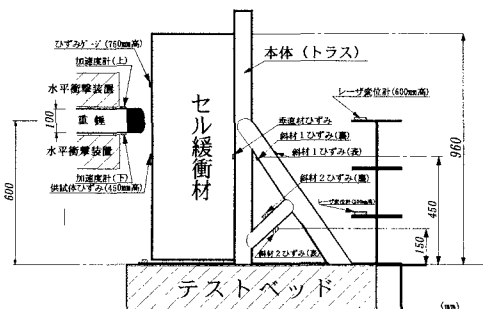


図-1 供試体側面図

表-1 中詰材の緒元

種 類	けい砂5号	砕石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(gf/cm ³)	1.51	1.49	1.48	7.58

表-2 実験ケース

ケース名	荷重 重錘重量	セル緩衝 材	中詰材	粒径(mm)	载荷要領	衝突速度 (m/s)	回 数
Im-I-1	150kgf	有	けい砂	1	漸増载荷	1.2, 3.4, 5.6, 7	2
Im-I-5			砕石	5			2
Im-I-25			川砂利	25			2
Im-I-0			空	-		1.2, 3	1
Im-I-140			けい砂+上載鉛 (90kg)	1		1.2, 3.4, 5.6, 7	1
Im-I-120			けい砂+上載鉛 (120kg)	1			1
Im-I-Pr	無	無	-	-	単一载荷	1.2	1
Im-S-1		有	けい砂	1		6	2

キーワード：中詰材、砂防ダム、緩衝効果、衝撃荷重、鋼製セル緩衝材

連絡先：〒239-8686 神奈川県横浜須賀野市走水 1-10-20 防衛大学校 土木工学科 TEL 0468-41-3811(3518)、FAX 0468-44-5913

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て斜材は 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 600μ と斜材は 950μ と斜材の方が大きくなっている。

図-4 に最大重錘衝撃力と衝突速度の関係を示す。これより、中詰材の粒径は衝撃力にあまり大きな影響を及ぼさないことがわかる。一方、直接本体部に重錘を衝突させた場合 (Im-I-Fr) には、 $V=2\text{m/s}$ で 140kN の衝突荷重となり緩衝材を設置した場合に比べて約 14 倍の衝撃力が発生する。また鋼板セルに中詰材を詰めない場合は、 $V=3\text{m/s}$ で $1/5$ 程度の衝撃力となり低減しているがセルの局部変形が 40% 以上 (16cm 以上) となり、セル自体が破壊限界に達する。

図-5 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、次式によって求めるものである。

$$P_T = N \cdot \sin \theta \quad (1a)$$

$$N = A \cdot E \cdot \bar{\epsilon} \quad (1b)$$

P_T : 伝達衝撃力 (kN), N : 斜材の軸力, 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-4 に示した重錘衝撃力と比較すると概ね 45% 程度荷重が低下しているのがわかる。すなわち、緩衝セルを設置することにより約半分に衝撃力が低下する効果が見られる。

4. 結 言

本研究の成果をまとめると以下の通りとなる。(1) 中詰材の粒径を変えた実験ではどの粒径でもあまり差異は見られなかった。(2) 緩衝材を通して本体のトラス構造への伝達衝撃力は重錘衝撃力の約 55% に低減される。

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。

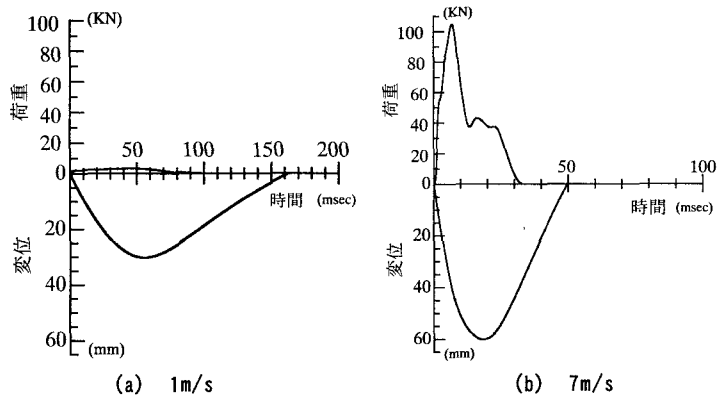


図-2 けい砂詰めセルに対する繰り返し载荷の衝撃荷重および変位の時刻歴

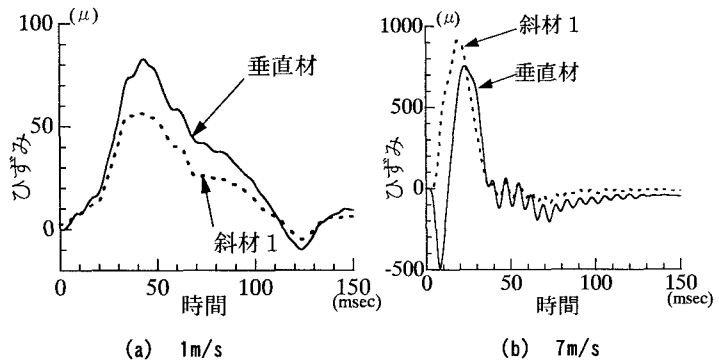


図-3 トラス部材のひずみ応答

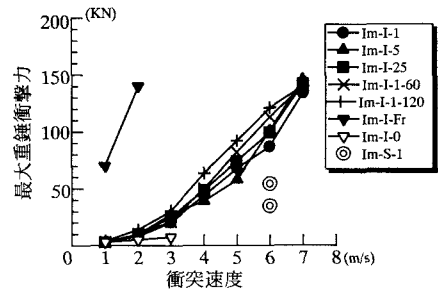


図-4 重錘衝撃力～衝突速度関係

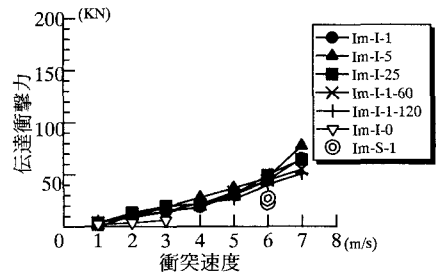


図-5 伝達衝撃力～衝突速度関係