

木材による土石流衝撃力の緩衝効果について

八千代エンジニアリング (株) ○佐藤 敏明、金井 匡、下田 義文
 エム工房 道上 宏
 国土交通省 越美山系砂防事務所 神野 忠広、岩田 幸雄

1. はじめに

土石流対策を目的とした砂防堰堤の袖部は、土石流の流体力や巨礫の衝突による衝撃力により破壊される場合がある。このため、袖部の破壊については「土石流対策技術指針 (案)」をもとに転倒およびせん断破壊に対する安全性を確認し、必要に応じて補強が行われている。袖部のせん断破壊については、袖部断面を厚くすることで補強しており、厚みが4m以上となる場合は緩衝材の設置が検討される。砂防堰堤の袖部に設置する緩衝材としては、これまでにゴム製のサンドバッグや古タイヤを利用したものが開発されている。筆者らは、間伐材や砂防工事に伴って発生する現地発生木材を有効利用した緩衝材の開発を考え、巨礫の衝撃力に対する木材の緩衝効果について基礎的な資料を得るための実験を行った。ここでは、その概要について報告する。

2. 実験方法

(1) 実験の目的と概要

本実験は、木材による衝撃力の緩衝効果を確認し、合わせて木材の設置厚さと緩衝効果の関係を把握することを目的に行った。実験では、防衛大学校が所有する重錐落下装置を使用し、図-1に示すようにロードセル (500KN) の上部にコンクリート製の供試体を置き、緩衝材を付けた場合と緩衝材を付けない場合について重錐を落下させ、コンクリート供試体の破壊状況を確認するとともに供試体下部の伝達荷重を計測した。

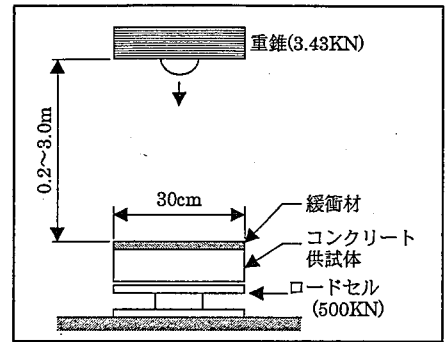


図-1 実験装置の概要

(2) 供試体

木材による衝撃力の緩衝効果を確認するため、表-1に示す3タイプの供試体を製作した。Aタイプは、緩衝材を設置しない場合を想定してコンクリート製とし、圧縮強度は砂防堰堤に使用されているコンクリ

ートの設計基準強度 21N/mm² を満足するよう製作した。緩衝材は、原木をできるだけ加工せず使用することを考え、丸太を部分的に加工して1列に並べてパネルとした緩衝材 (Bタイプ)、Bタイプの背面に原木を並べて2列とし木材部分を厚くした緩衝材 (Cタイプ) を製作した。緩衝材の供試体は、スギの間伐材を使用し模型縮尺は1/2とした。

(3) 実験ケース

袖部に衝突する巨礫について次の条件を想定し、表-2に示す16ケースについて実験を行った。実験では、模型縮尺を1/2としてフルード相似により重錐の重量、衝突速度を設定し、実験のばらつきを考慮して各ケースにつき2回の衝突実験を行った。

表-1 供試体のタイプ

| タイプ | 説明 | 形状 |
|-----|---|----|
| A | 30cm×30cm×10cmのコンクリート版 (設計基準強度21N/mm ²) (緩衝材なし) | |
| B | Aタイプの供試体上面に丸太を加工して一列に並べて緩衝材として置いたもの (緩衝材厚さ=6cm) | |
| C | Bタイプの供試体上面に丸太を加工して一列に並べて緩衝材として置いたもの (緩衝材厚さ=12cm) | |

袖部に衝突する巨礫の条件

- 巨礫の直径 (φ) = 1.0m
- 巨礫の重量 (W0) = 13.6 kN
- 巨礫の衝突速度 (m/s) = 2.8, 3.4, 4.0, 4.4, 6.2, 8.9, 10.0, 10.9

表-2 実験ケース

| 供試体タイプ \ 衝突速度 (m/s) | 2.8 | 3.4 | 4.0 | 4.4 | 6.2 | 8.9 | 10.0 | 10.9 | ケース数 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| | A | ○ | ○ | ○ | ○ | - | - | - | |
| B | ○ | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 6 |
| C | ○ | - | - | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | 6 |

3. 実験結果

(1) コンクリート供試体の破壊状況

表—3 は、緩衝材設置の有無によるコンクリート供試体の破壊状況を示したものである。緩衝材を設置しないAタイプでは衝突速度が 2.8m/s で破壊が見られるが、緩衝材を設置したBおよびCタイプでは衝突速度が 6.2m/s になっても供試体は破壊していない。このことから、木材の緩衝材は土石流の衝撃力に対して大きな緩衝効果を有していると考えられる。

表—3 コンクリート供試体の破壊状況

| 衝突速度 (m/s) | 2.8 | 4.4 | 6.2 | 8.9 | 10.0 | 10.9 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Aタイプ: 緩衝材なし | △ | × | × | × | × | × |
| Bタイプ: 緩衝材あり (1列) | ○ | ○ | ○ | △ | △ | × |
| Cタイプ: 緩衝材あり (2列) | ○ | ○ | ○ | △ | × | × |

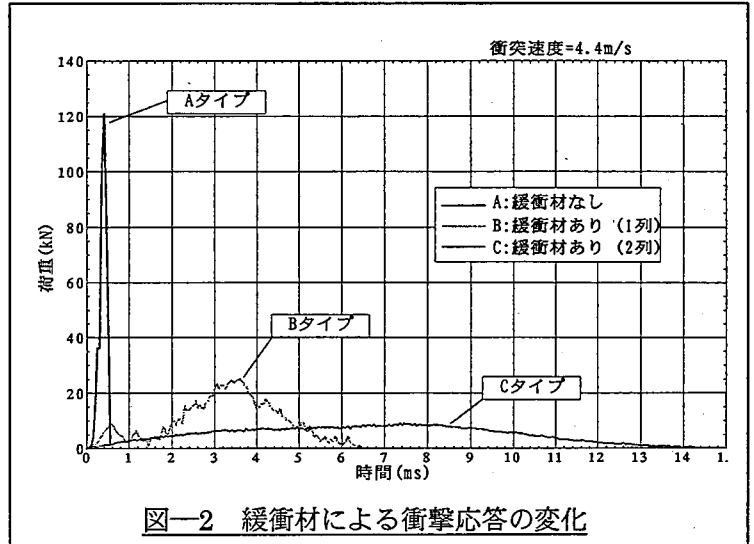
○: 破壊なし

△: 2回の衝突実験のうち、1回は破壊

×: 2回の衝突実験のうち、2回とも破壊

(2) 緩衝材による衝撃応答の変化

図—2 は、衝突速度 4.4m/s における各供試体の荷重応答を示したものである。緩衝材を設置しないAタイプでは荷重の作用時間が短く最大荷重が大きくなっているが、緩衝材を1列設置したBタイプでは荷重の作用時間が長くなり最大荷重も小さくなっている。緩衝材を2列設置したCタイプでは、Bタイプに比べさらに作用時間が長くなり最大荷重は小さくなっている。



図—2 緩衝材による衝撃応答の変化

(3) 緩衝材による最大荷重の低減効果

図—3 は、各供試体における衝突速度と最大荷重の関係を示したものである。緩衝材を設置しないAタイプでは衝突速度 4.0m/s で最大荷重は約 100kNになるが、緩衝材を設置したBタイプでは最大荷重は約 15kN、Cタイプでは約 8kNと 1/10 程度に低減している。また、衝突速度が 10m/s と大きくなってもBタイプの最大荷重は約 27kN、Cタイプの最大荷重は約 13kNであり、緩衝材を設置しないAタイプにおいて衝突速度が 3.0m/s の場合の最大荷重よりもかなり小さくなっている。

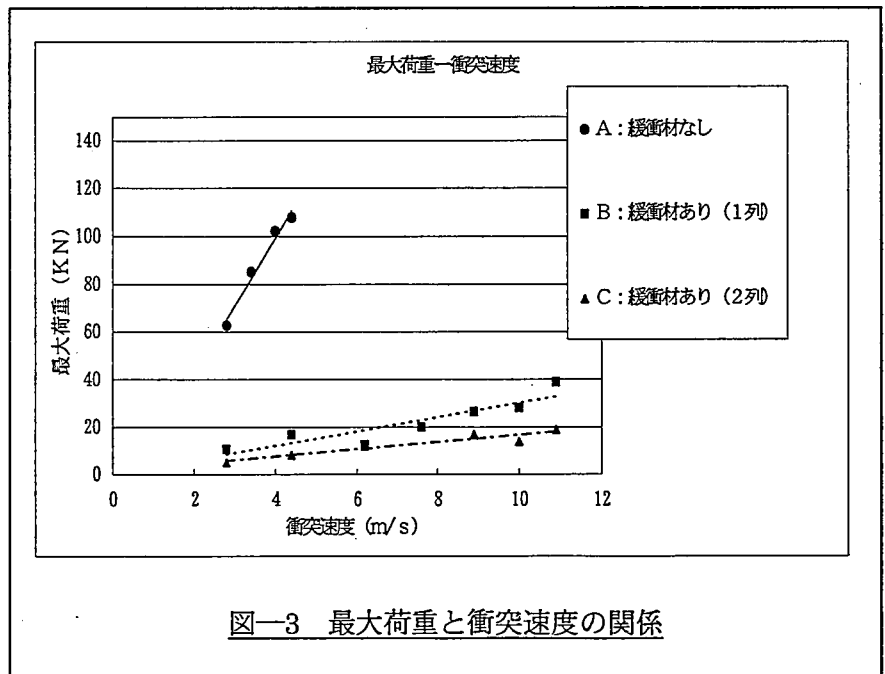
緩衝材による荷重低減率を次のように考えると、荷重低減率はBタイプで 0.160、Cタイプで 0.08 となる。

$$\text{荷重低減率} = f / f_0$$

f_0 : 緩衝材無しの最大荷重

f : 緩衝材有りの最大荷重

また、Bタイプに対するCタイプの荷重低減率は 0.590 であり、緩衝材の厚さを2倍にしたことで荷重は約 60% に低減される結果となった。



図—3 最大荷重と衝突速度の関係

4. 終わりに

今回の実験により、次のことがわかった。

- ① 木材を使用した緩衝材は、土石流中の巨礫の衝撃力に対して大きな緩衝効果がある。
- ② 緩衝材を設置することにより、衝撃力が 1/10 程度に低減される。
- ③ 緩衝材の厚みを大きくすると緩衝効果も大きくなる。本実験では、緩衝材の厚さを2倍にすると最大荷重は約 60% に低減された。

以上により、土石流衝撃力の緩衝材として木材を活用することは有効と考えられる。今後は、木材の配置による緩衝効果の違いや木材の腐朽に伴う緩衝効果の変化を実験で確認していく予定である。