

(6) 落石防護施設の緩衝材への間伐材の利用に関する実験的研究

A STUDY ON THE UTILIZATION OF THINNING- WOODS TO SHOCK ABSORBER OF PROTECTION FENCE UNDER FALLING ROCKS

真柄泰央*・桜井正明**・小林一隆***・石川信隆****・香月智*****

Yasuo MAKARA, Masaaki SAKURAI, Kazutaka KOBAYASI, Nobutaka ISIKAWA, Satoshi KATUKI

* (財) 林業土木コンサルタンツ 前橋支所・技師 (〒 371-0037 群馬県前橋市)

** (財) 林業土木コンサルタンツ 前橋支所・課長補佐 (〒 371-0037 群馬県前橋市)

*** 工博 日本サミコン (株) 研究所・課長 (〒 950-0925 新潟県新潟市)

**** 工博 防衛大学校 教授・土木工学科 (〒 239-0811 神奈川県横須賀市)

***** 工博 防衛大学校 助教授・土木工学科 (〒 239-0811 神奈川県横須賀市)

キーワード：落石、衝撃緩衝材、間伐材

Falling Rocks, Shock Absorber, Thinning-Woods

1. はじめに

近年、森林資源の管理の面から間伐材利用の促進が強く叫ばれており、公共土木事業分野での間伐材の利用拡大が求められている。

間伐材は、森林の生長にあわせた適正な密度を保つために行われる間引き(間伐)によって生産された木材で、直径の小さい丸太が中心であるため、杭や足場丸太など用途が限られている。

そのため、この間伐材をこれまで使用してきた敷砂、発泡スチロール、古タイヤに代わる新たな落石防護施設における緩衝材として、利用しようとする動きがでてきている¹⁾。

本研究は、このような背景のもとで、間伐材の緩衝材としての特性を把握するとともに、間伐材の層厚が緩衝効果に与える影響についての基礎的資料を得るために、重錘落下実験を行い、間伐材の緩衝効果を検討したものである。

2. 実験方法

2.1 概要

実験は、鋼製落石防護柵をモデル化した供試体の上に、層厚の異なる間伐材およびサンドクッションを緩衝材として置き、重量 1.0ton の重錘(鋼殻内コ

ンクリート製)を落下させ、その際に発生する衝撃力および供試体(H型鋼落石防護柵)のひずみ応答を測定し、間伐材の緩衝効果を比較検討した。

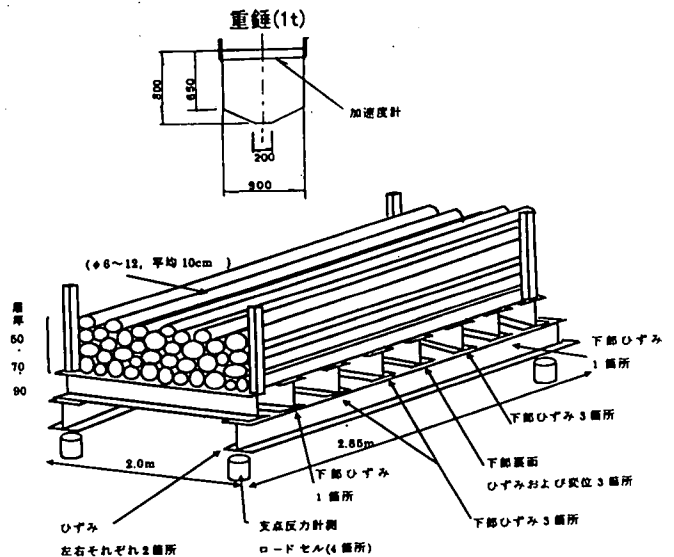


図-1 実験の概要

2.2 供試体

供試体は、図-2に示すような鋼製落石防護柵(λ型、40tタイプ)の落石衝突面(1スパン分)を使用しその上に緩衝材を設置した。

供試体の詳細は図-3に示すように、H型鋼を用いた2×2.85mの柵状矩形はりである。

2.3 緩衝材

緩衝材に使用した間伐材は、群馬県下仁田産のスキの間伐材である。間伐材は長さ3m、末口径6~12cm(平均10cm)の皮むき丸太をランダムに積み層状に設置した。また、元口と末口が等しくなるように直径10cmに加工したロータリー加工丸太も用いた。

その材積の比率(材積/容積)は皮むき丸太の場合50~60%、ロータリー加工丸太の場合は71%であった。

なお、基準となる値を得るため、鋼製の箱(2×2×0.7m)に砂を詰めたサンドクッションもあわせて用いた。

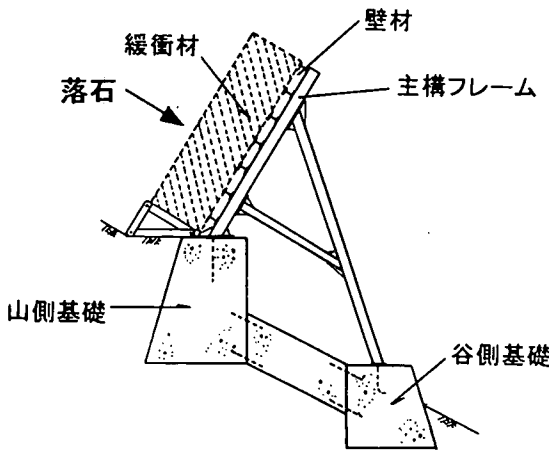


図-2 鋼製落石防護柵の措置

2.4 実験方法

実験は、表-1に示す次の6ケースについて、重錘をトラッククレーンで所定の高さまでつり下げ、電磁石式の落下装置によって、自由落下させて供試体中央に衝突させ衝撃荷重をかけた。重錘は高さ1mから1m単位(10mを越えた場合は2mごと)で増やしながらか落下させ、その衝撃力により供試体のひずみが弾性限界に達する直前まで行った。また、設計荷重を越える落石が衝突することを考慮して、弾塑性挙動および破壊形状の観察のため、代表的なケースでは、弾性限界超過後も繰り返し高さを増加させ結局破壊状態まで続行した。各ケースについて、表-2に示す計測事項を測定した。なお、ひずみゲージと変位計の設置位置は図-3に示すとおりである。

表-1 実験ケース

| ケース | 緩衝材の性質 | 緩衝材の厚さ | 落下高さ |
|-------|-------------|--------|--------|
| S-1 | サンドクッション(砂) | 70cm | 1m~20m |
| WR-30 | 皮むき丸太 | 30cm | 1m~2m |
| WR-50 | 皮むき丸太 | 50cm | 1m~3m |
| WR-70 | 皮むき丸太 | 70cm | 1m~25m |
| WR-90 | 皮むき丸太 | 90cm | 1m~30m |
| WC-70 | ロータリー加工 | 70cm | 1m~26m |

表-2 計測事項

| 計測事項 | 計測器 | 備考 |
|--------------|-------------|---------------------------------|
| 重錘加速度 | 加速度計(500G) | シグナルコンディショナーを経て、1KHzデータパソコン処理記録 |
| H型鋼供試体ひずみ | 鋼ひずみゲージ | 同上 |
| H型鋼供試体支点反力荷重 | 50tonfロードセル | 同上 |
| H型鋼供試体変位 | レーザ式変位計 | 同上 |
| 間伐材の含水量 | 高周波含水率計他 | 試験直前に実施 |
| 衝撃応答の映像記録 | 8ミリビデオレコーダー | |

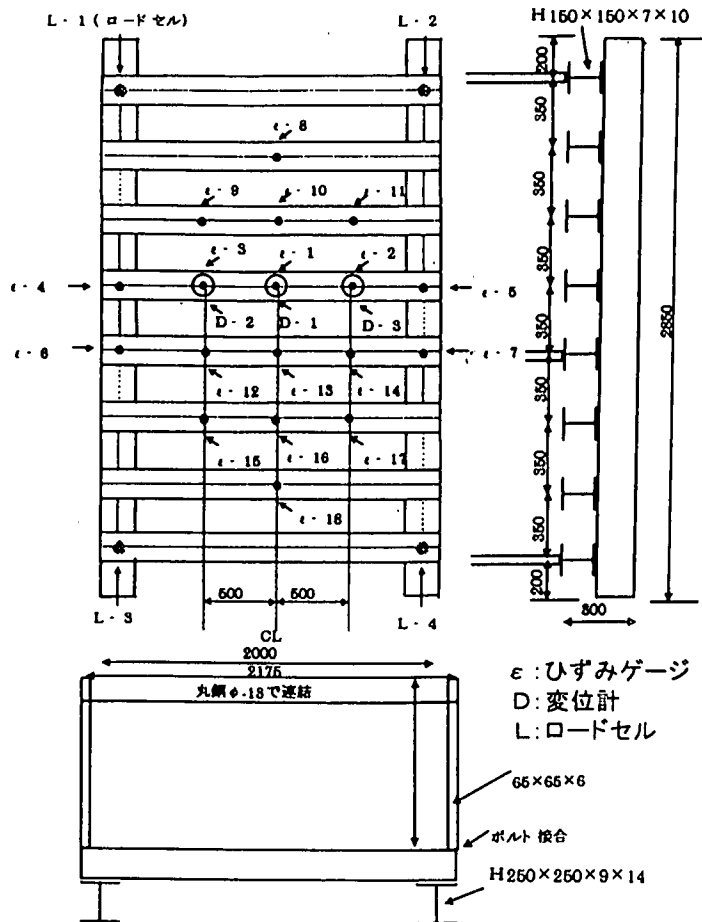


図-3 H型鋼落石防護供試体の構造

2.5 木材の含水率

木材の強度特性は含水率に左右されるため²⁾、使用した間伐材に対して、高周波式含水率計により表面の含水率を測定したほか、切断して円盤のサンプルを採取し、採取時の質量を 110℃で 2 時間炉乾燥した質量で除して平均含水率を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 弾性限界に達する落下高さ

H型鋼供試体に生じる応答最大ひずみが弾性限界に達した時点における重錘の落下高さの大小で比較した場合、図-4のような結果が得られた。従来のサンドクッション (厚さ 70 cm) による場合 (S-1) は、4m で弾性限界 (1000 μ) に達し、5m では弾性限界を超えた 1300 μ になった。一方、間伐材 (皮むき丸太) においては、50 cm の層厚 (WR50) でサンドクッションと同等の結果であり、70 cm の層厚 (WR70) にすると、弾性限界に達する落下高さは 6m となり、同じ厚さのサンドクッションよりも大きな衝撃力に耐えることがわかった。

ロータリー加工丸太 (WC70) においては、落下高さ 3m で弾性限界を越えて、同じ厚さのサンドクッションより効果が薄かった。間伐材においては、形状が一樣な材料を使用すると緩衝効果が発揮されないという結果となった。

90 cm の層厚 (WR90) に関しては層厚 70 cm の結果とさほど変わらず、層厚の増加が必ずしも緩衝効果の増大につながるわけではなかった。

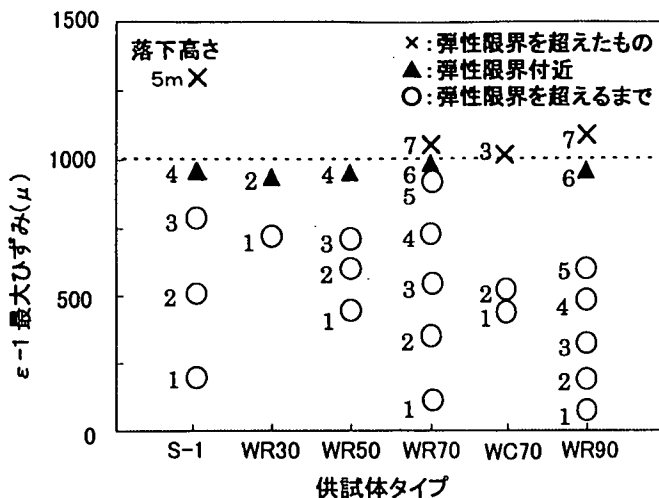


図-4 弾性限界を超過する高さ

* 図中の数字は重錘の落下高さ (単位 m) を示す

3.2 破壊状態までの落下高さ

次に、落下高さを徐々に増大させて、破壊状態まで行った場合に、供試体に生ずる応答最大ひずみと

落下高さの関係を図-5に示した。

これより、落下高さに対応する最大ひずみの増加傾向においても、サンドクッション (厚さ 70 cm) の場合 (S-1) と間伐材の層厚 50 cm (WR50) がほぼ等しいことがわかる。また、弾性限界を超えた最大ひずみの増加傾向においては、同じ層厚で比較すると、サンドクッション (S1) より間伐材 (WR70) の方が緩やかに増加した。

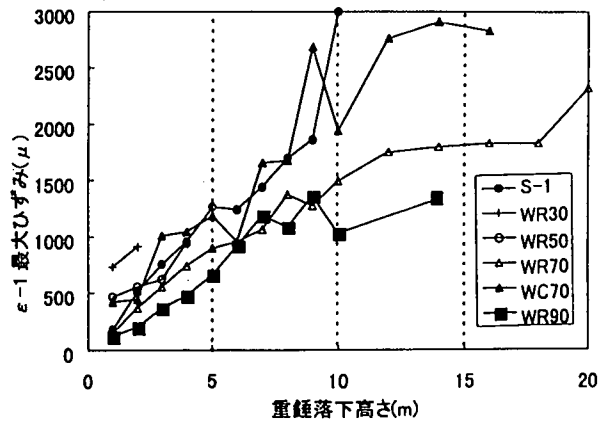


図-5 最大ひずみと落下高さの関係

3.3 衝撃力と落下高さの関係

重錘に生じた衝撃力 (加速度計から) と落下高さの関係を図-6に示す。図中には比較のために振動便覧の推定値³⁾も示した。サンドクッションが振動便覧の値より小さくなるのに対し、間伐材はすべて大きくなった。

また、重錘の衝突時の挙動を観察すると、サンドクッションでは重錘がめり込むのに対し、間伐材の場合は重錘がバウンドする。またそのバウンドの量も落下高さの増加にともない増大した。

以上のことより、間伐材はサンドクッションに比べて、衝撃力を受け止めて緩和する効果は低いと考えられる。

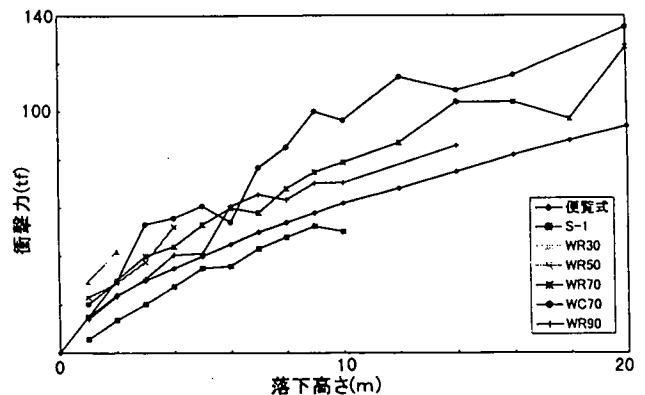


図-6 重錘の衝撃力と落下高さの関係

3.4 ひずみの分布

図-7にサンドクッションと間伐材の弾性限界付

近に達した時のひずみ分布図を示した。サンドクッション (S-1) は、ほぼ円形に分布しているのに対し、間伐材では木材の並ぶ上下方向に広がっている (WR50 他)。この傾向は、他のケースでも同じで、間伐材は軸方向に衝撃力が分散し、サンドクッションとは特性が異なることがわかった。

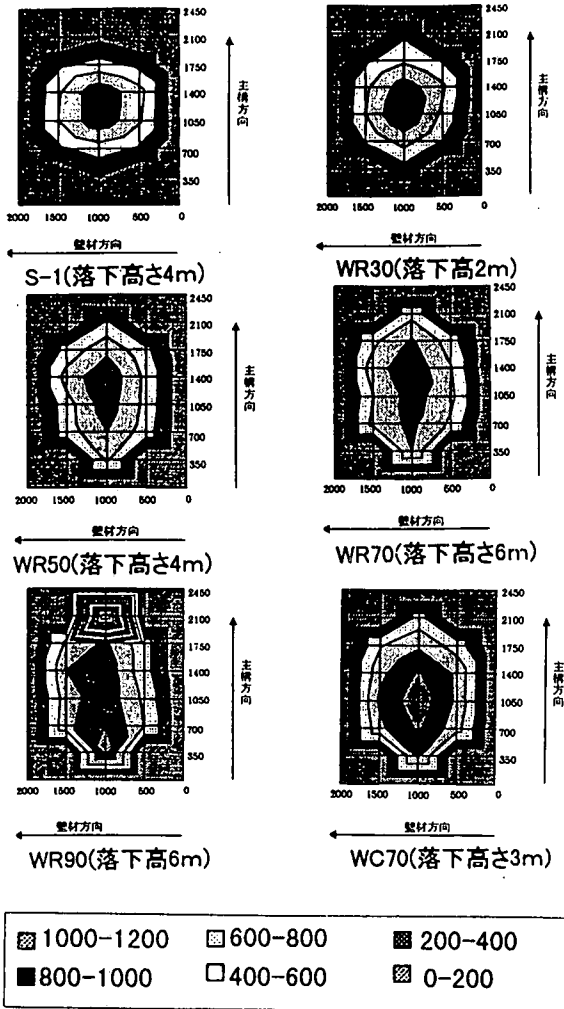


図-7 ひずみ分布図

3.5 間伐材の含水率

使用した間伐材の含水率は、図-8に示すとおりで、ばらつきはあるものの、ほとんどが平均含水率40%以下であった。

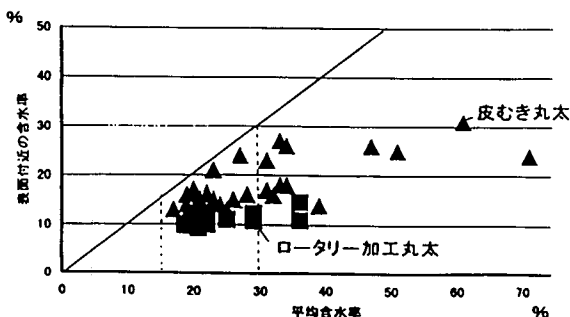


図-8 使用した間伐材の含水率

4. 結論

以上のことより次のことがわかった。

- ①間伐材は、衝撃緩衝材として適している。
- ②層厚 70 cm サンドクッションの場合と同じ緩衝効果を持つ間伐材の層厚は 50 cm である。
- ③間伐材は、層厚を 70 cm 以上としても緩衝効果は大きく変わらない。
- ④従来、落石防護柵の緩衝材として使用されている古タイヤの場合、大きな衝撃力を受けると緩衝効果が急激に低下するのに対し⁴⁾、間伐材に対する衝撃力はあまり低下しないことがわかった。
- ⑤間伐材は、サンドクッションに比べ縦方向に衝撃力が分散する傾向にある。
- ⑥間伐材は、サンドクッションに比べ重錘の衝撃を伝える機構が異なることが認められた。

なお、今回の実験により、落石緩衝材としての間伐材の利用のめどがたったものと思われる。

今後は、間伐材の緩衝機構の解明を行うとともに、間伐材の利用方法や腐朽の問題についても検討し、合理的な設計手法の確立につとめていきたい。

謝辞：

今回の実験は、群馬県藤岡林業事務所が行っている群馬県森林土木効率化等技術開発モデル事業（治山事業）の一環として実施した。また、実験に使用した試供体は、日鐵建材工業株式会社から提供を受けた。この場をかりて関係者各位に謝意を表したい。

参考文献

- 1) 治山研究会編：木製治山施設使用の手引き，1994年
- 2) 日本木材学会編：木材工学，文永堂出版，1991年
- 3) 土木学会：土木技術者のための振動便覧，1996年
- 4) 土木学会構造工学委員会、衝撃問題研究小委員会：構造物の衝撃挙動と設計法落石覆工の設計法，1995年