T08

落石緩衝材における間伐材の利用と課題

（財）林業土木コンサルタンツ　○櫻井正明
森林テクニクス　真柄泰央
防衛大学校　石川信隆

1．はじめに

近年、環境に対する負荷が少ない循環型資源である木材を積極的に活用しようとする機運が盛り上がりを見せており、特に、強度・耐久性が劣り用途が限られる間伐材については、健全な森林の育成を助ける観点から、その活用が期待されている。山地防災分野でも、強度・耐久性に気を配りながら、木材の持つ長所である環境性、アメニティ性を生かした利用が各所で進められている。ここでは、木材の衝撃緩衝効果を生かした落石緩衝材の利用について、調査研究結果を紹介するとともに、これからの課題を報告したい。

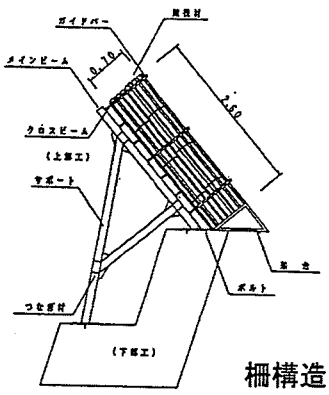
2．落石緩衝材としての木材利用

剛体からなる落石防護施設においては、落石から受ける衝撃力が極めて大きいために、緩衝材を用いるのが一般的である。ロックシェッドなどの覆式の落石防護施設では、敷砂、発泡スチロールなどが緩衝材として用いられているが、山腹斜面に設けられる柵構造の落石防護施設では、緩衝材を立てて設置しなければならないために、敷砂等の替わりとして、従来から古タイヤが用いられてきた。しかし、古タイヤの場合は、大きな衝撃力を受けると緩衝効果が急激に減少すること、水溜等の環境悪化等の欠点が指摘されていた。そのため、近年、木材の衝撃緩衝効果を生かして、新たな緩衝材として木材を利用しようとする動きが出てきている。

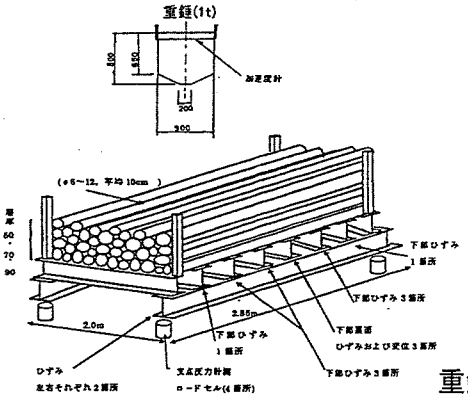
3．重錘落下実験の結果

筆者らは、柵構造の落石防護施設をモデル化した供試体上に、砂、間伐材を緩衝材として置き、重錘(1t)を落下させて、衝撃力、供試体のひずみ応答を測定して、間伐材の衝撃緩衝効果について、検討した。その結果は次のとおりであり、層状に間伐材を積み重ねた緩衝材（空積に対する実材積の比率：平均 55%）の有効性が確認された。

① 間伐材の緩衝効果は砂より優れている（厚さ 70cm の砂≒厚さ 50cm の間伐材）。
② 衝撃力が大きくなっても緩衝効果はあまり低下しない（設計外の荷重でも減災効果がある）。
③ 間伐材は、荷重が大きくなるにしたがって破損するものが増える（衝撃緩和効果を生む）。
④ 間伐材は、軸方向に荷重が分散している。（砂：同心円の荷重分布，間伐材：楕円形）
⑤ 間伐材のランダム性が緩衝効果に良い影響を与えている（不均質性が利点）。



柵構造の落石防護施設



重錘落下実験の概要

4．落石緩衝材として利用する間伐材の衝撃力推定式

落石防護施設の設計においては、落石の衝撃力を、緩衝効果も含めた形で推定する必要がある。落石の衝撃力(P、kN)は、一般には、次式（振動便覧の式）が用いられていることから、前述の重錘落下実験の結果を元に、緩衝材の固有の定数であるラーメ定数を求めた。重錘衝撃力から求めた。その結果、間伐材の値は、2000kN/m^{2}で、砂（1000kN/m^2）より大きかった。

$$P=2.108(mg)^{2/3}\lambda^{2/5}H^{3/5}$$

ただし、m：落石質量 g：重力加速度(m/S^2)　H：落石高さ(m)　λ：ラーメ定数(kN/m^2)

また、間伐材における軸方向の荷重分散（橋渡し効果）が三角形分布をすると仮定して、単純梁にかかる最大曲げ応力(σ')を衝撃力（P）から計算し、ひずみの計測値から求めた実際の応力(σ)と対比して、次の値を得た。

$$\sigma=\beta\sigma'$$

ただし、β(補正値)=0.8

今後は、より詳細な実験等により、ラーメ定数、補正値（β）の精度をあげていく必要がある。

5．落石緩衝材として利用した間伐材の腐朽

緩衝材として間伐材を利用する場合、最も問題となるのが木材の腐朽である。群馬県では、暫定基準により点検を行いながら、間伐材（皮むき材，防腐処理はなし）を落石緩衝材として利用しているが、2年から6年経過した間伐材を供試体として、曲げ引張試験等を実施した。

その結果は次のとおりである。

① 一般的に腐朽調査で利用されるピンの打ち込み深さ(ピロディン)と曲げ強度は相関が高い。
② 5，6年経過すると、表層に設置された間伐材の曲げ強度が低下する。
③ 場所によって、その程度は異なる。

必ずしも、曲げ強度の低下が緩衝効果の低下に直結はしないが、間伐材の緩衝効果は、間伐材の破壊、橋渡し効果によるところが大きく、緩衝効果を直接的に計ることが困難であるために、曲げ強度を目安にして腐朽度合いを点検し、機能が低下する前に交換することが望ましい。また、表層の間伐材のみが腐朽が進んでいることから、シートの設置により腐朽を遅らせることが可能と判断される。

6．おわりに

間伐材は、落石緩衝材として有利であり、廃棄が容易であることが特徴であることから、維持管理を行いながら交換を前提として用いることにより、耐久性の問題を解消できる。また、交換した間伐材についても、省資源の観点から、チップ化などにより再利用を積極的に図る必要がある。ライフサイクルコストの観点から、早めに取り替えて有効利用することも考えられる。したがって、今後とも、耐久設計、維持管理手法及び再利用方法の検討を行う必要がある。

さらに、合理的な設計を目指すためには、間伐材の緩衝メカニズムの解明にも努める必要がある。

参考文献

1)真柄泰央・櫻井正明・小林一隆・石川信隆・香月智：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な研究，第4回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，1998

2)日本道路協会：改訂版落石対策便覧，丸善，2000