

〈資料〉

落石防止壁に使用されたスギ間伐材の耐久性(第1報)

増田勝則・伊藤貴文・酒井温子

落石防止壁に衝撃緩衝材として使用されたスギ間伐材丸太の耐久性を明らかにするため、平成16年度から平成18年度にかけて同工法により施工された県内の現場に調査区を設定し、平成19年度より継続的な劣化調査を開始した。今回、初期値の把握を主な目的として、竣工から4ヶ月後に第1回の調査を行った。その結果、平成16年から18年にかけて設置された丸太に注目すべき劣化は認められなかった。6層構造で延長方向に並べられた丸太の含水率は、6層の外層部より内層部において高い値を示した。また、丸太の上部よりも下部において、無処理のものより保存処理された丸太において高い値を示した。これら丸太における含水率の違いは、今後本調査を継続する上で留意すべきことと考えられる。

1. はじめに

近年、スギ、ヒノキをはじめとする間伐材を土木構造物に使用する事例が多く見られる。奈良県においても間伐材は各種公共工事に使用されており、治山事業をはじめとする森林土木工事の構造物にも多くの施工実績がある。当センターでは現在、間伐材のさらなる利用推進を目的に、これら土木工事の関係者に対して、構造物に使用された間伐材の耐用年数、メンテナンス方法、メンテナンス費用等の情報を提供するため、各種の調査、実験を行っている。

これら各種工法のうち、間伐材の丸太を落石の衝撃緩衝材とした落石防止壁(図1)は、落石を受ける側全面に丸太を層状(今回の調査対象構造物は6層)に並べるため、かなりの量の間伐材の需要が期待される。そこで平成16年度から18年度(平成19年5月竣工)にかけて本工法により施工された落石防止壁を対象として、県内に調査地を設定し、竣工後4ヶ月経過した平成19年9月から調査を開始した。

本調査の主要な目的は、継続的かつ一定期間ごとに調査を行うことにより、薬剤で保存処理された丸太(以下、処理丸太という)と、無処理の丸太それぞれの耐用年数を推定するとともに、施工や保守管理における丸太の耐久性向上のための方法を検討することにある。

今回は、継続的調査を行ううえで、劣化進行の判断基準となる目視による被害度、ピロンディンおよびレジストグラフの測定における初期値を把握するとともに、平成16年度、17年度および18年度施工の各処理丸太について、劣化の度合いを検討したので、その結果を報告する。

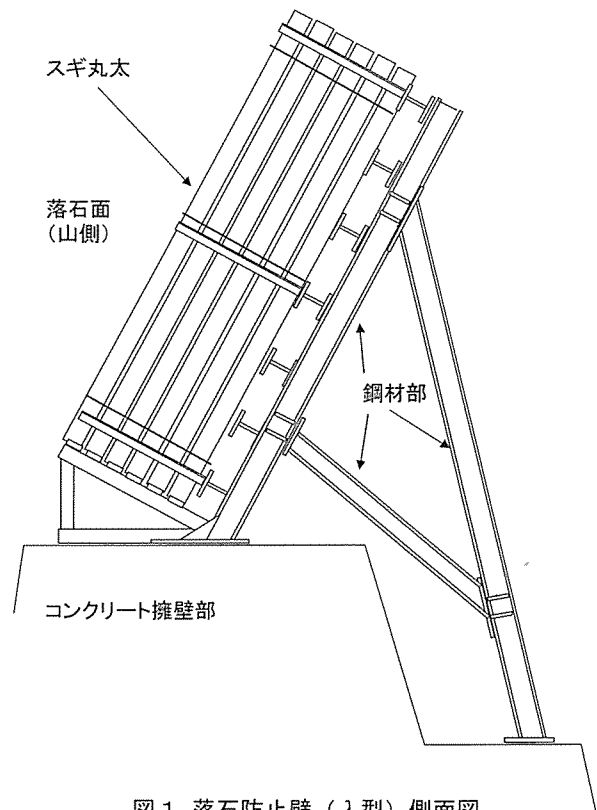


図1 落石防止壁(λ型)側面図

2. 材料と方法

2.1 調査場所

現場は奈良県宇陀市室生区向湊集落内の南向き山腹斜面、標高約480mの場所である。図2に落石防止壁の配置図を、図3に調査地の状況を示す。構造物は同一の等高線上に、ほぼ平行に連続して4基配置されていた。西側から順次施工されており、ここでは、これら4基を西から東に向かい、順にNo.1～4と称する。No.1は平成

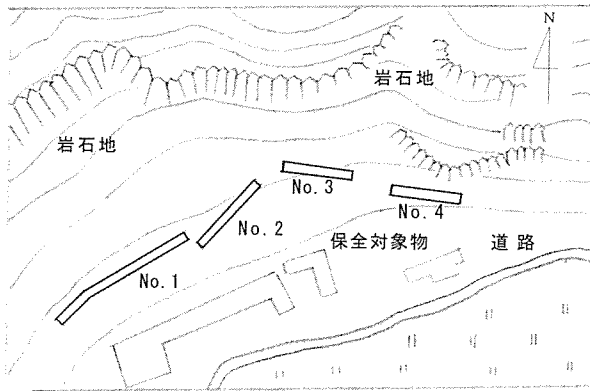


図2 落石防止壁の配置図



図3 調査地の状況

16年度と17年度、No. 2 は平成17年度と18年度に施工された。No. 3、No. 4 は平成18年度に施工された。

2.2 落石防止壁

今回調査対象とした落石防止壁は、主要構造部がコンクリート製擁壁とH鋼で構成されている(図1)。このタイプの落石防止壁の山側、すなわち落石を受ける側の面(以下落石面という)は、一定の傾きを有しており、H鋼の側面の形から、λ型と呼ばれている。今回の構造物の落石面の傾きは、No. 1 とNo. 2 が垂直方向から35°、No. 3 とNo. 4 が45° の2種類であった。

落石面には、落石の衝撃緩衝材として、長さ約2.5m、直径10cmから15cmの間伐材の丸太が6層構造で並べられている。丸太には丸棒加工は施さず、剥皮後JIS K1570に定められた銅・第4級アンモニウム化合物系木材保存剤1号(以下、ACQという)の加圧注入による保存処理が施されている。南向きの山腹斜面からの落石を受けるため、落石面は北向きであった。

2.3 調査方法

本調査では、落石防止壁施工後の経過時間、丸太の保存処理の有無、6層中の丸太の位置(内側と外側)、1本の丸太における高さ方向の位置(上部と下部)および落石面の傾斜角に着目し、これら因子が丸太の劣化に及ぼす影響を検討する。今回の調査では、経過時間について、平成16、17年度施工の丸太と、平成18年度施工の丸太を比較した。

2.3.1 調査区

本調査では、工事発注者である奈良県東部農林振興事務所の協力を得て、平成18年度施工時に、丸太の配列の一部に無処理区を設定した。設定した調査区の条件を表1に、その配置を図4に示す。調査区は薬剤による保存処理の有無、施工年度および落石面の傾斜角の各条件を変化させて6区設定した。

調査区の丸太の配列を図5に示す。H鋼の1ユニット

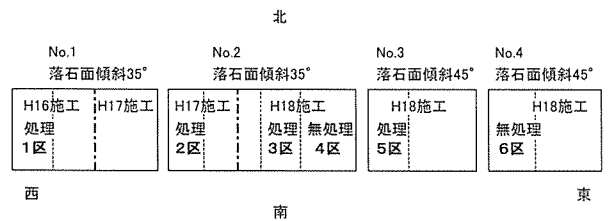


図4 試験区の配置

表1 設定した調査区の条件

調査区	施工年度	保存処理	落石面の傾斜角
1区	H16	処理	35°
2区	H17	処理	35°
3区	H18	処理	35°
4区		無処理	35°
5区		処理	45°
6区		無処理	45°

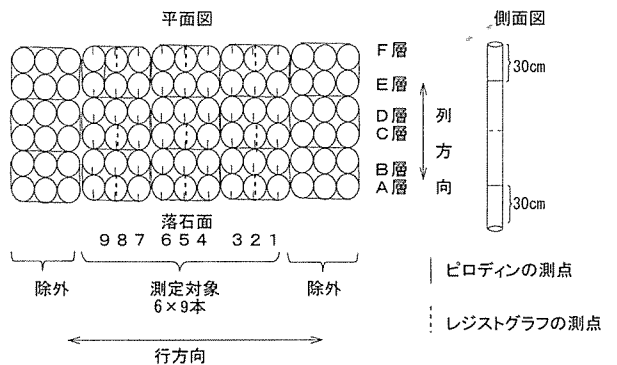


図5 調査区の丸太の配列と測点の位置

(1 スパン)には丸太が落石面に向かい、行(横)方向に15本(13、14本の場合もある)、列(奥行き)方向に6本並べられている。これら丸太は基本的に2行3列の6本を単位に番線で結束されていた。このうち各ユニットの左右両端の3列ずつを除いた6行9列を1調査区に設定した。

なお、上記調査区内の丸太に対し顕微鏡による組織観

察を行い、丸太の樹種を確認した。その結果、各調査区にはヒノキが混入していたため、データ分析の際にこれを除外した。

各丸太の位置は、落石面に位置する最も手前の行をA層、そこから奥に向い、順次B層からF層とし、右から左に1列から9列として、識別した。

2.3.2 調査項目

(1) 目視による被害度

以下の各器具による測定時に、すべての丸太について目視により、劣化の有無を確認した。

(2) 含水率

測定は、電気抵抗式含水率計(株式会社ケット科学研究所製タークH)を用いた。1本の丸太における測定位置は、次に示すピロディンの測定位置のすぐ近くとした。

(3) ピロディン

スイスproceq社製のピロディン6J(一定のエネルギーで、φ2.5mmのピンを測定対象の材に打ち込み、その際のピンの貫入深さで、材の劣化度合いを評価する測定器具)による測定を、1調査区中の全丸太に対して行った。以下、ピロディンの測定によるピンの貫入深さの値をP値と呼ぶ。一本の丸太について、測点は2カ所設定した。図5の側面図に示すように、丸太の上端と下端からそれぞれ30cm離れた周囲上で、かつ平面図に実線で示す位置、すなわち、AからE層は落石面側、F層はその反対側の位置とした。同時に、将来、腐朽等の劣化に伴う断面欠損の計算を行うため、ピロディンで測定した同じ位置において、輪尺を使用して各丸太の直径を測定した。

(4) レジストグラフ

ピロディンによる測定では深さ40mm以上の材内部の情報には得られない。そこで、その深さより内部に存在する劣化を評価するため、補足的にレジストグラフ(ドイツIML社製M-300)による測定を行った。測定箇所は、丸太の中央1カ所とした(図5の側面図点線)。測定は、先端がバチ状になったレジストグラフのキリを、丸太の側面から中心付近を通るよう反対側面まで貫通させて、この間の材内部の穿孔抵抗値を求めた。測定対象とした丸太は、図5の平面図に点線で示すように、A層、C層、F層の2、5、8列に相当する位置にある丸太9本について行った。

3. 結果と考察

3.1 目視による被害度

目視による劣化の確認では、立木の時期にすでに樹皮下に侵入していたと思われる昆虫の食害痕が一部丸太の

表層に見られた他は、どの調査区にもシロアリ、腐朽などの生物劣化は認められなかった。

3.2 施工年度の違いによる影響

処理丸太の含水率を上下の部位別に施工年度ごとに比較した結果を図6に示す。処理丸太の含水率は、平成18年度施工の丸太が最も高く、次に高かったのは平成16年度施工の丸太であった。

P値の平均値を処理丸太の上下の部位別に施工年度ごとに比較した結果を図7に示す。平成18年度施工の丸太下部のP値が最も大きく、ついで18年度施工の丸太上部と平成17年度施工の丸太上下部がほぼ同じ値であった。平成16年度施工の丸太は最も小さい値であった。最大値は、平成16年度施工の丸太で26mm、平成17年度は24mm、平成18年度施工の丸太で32mmであり、いずれもスギの健全材が示す値の範囲内であった。よって、いずれの施工年度の処理丸太にも劣化の兆候は認められなかった。

3.3 高さ方向の位置による影響

図6に示したように、処理丸太の上下の部位別の含水率はいずれの施工年度においても、上部より下部のほうが高かった。t検定による有意差検定の結果も平成17年度と平成18年度施工の丸太においては、1%水準で有意

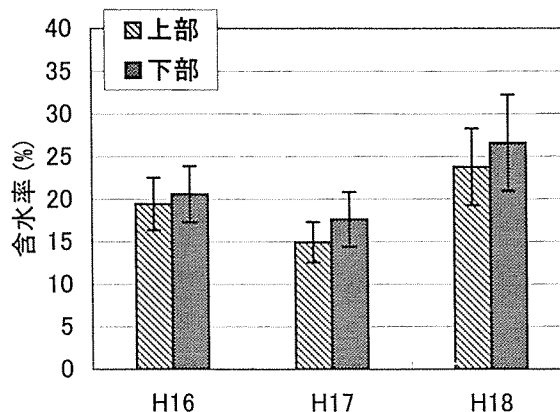


図6 各年度に施工された処理丸太の上下部位別の含水率

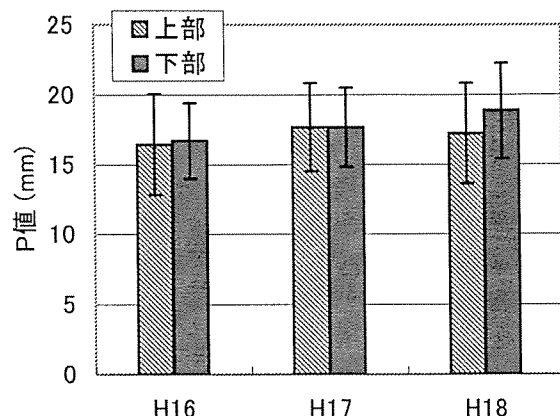


図7 各年度に施工された処理丸太の上下部位別のP値

であった。

P値は図7に示したように、平成16年度と17年度施工の処理丸太では上下の差はなかったが、18年度施工の丸太は上部より下部のほうが大きい値を示した。t検定による有意差検定の結果は1%水準で有意であった。

P値を丸太の上下の部位別に比較する場合、密度はほぼ同一条件とみなせる。また、P値については材の密度の他に含水率の影響を受けることが報告されている¹³⁾。しかし、今回の結果からは、含水率の違いがP値に与える影響は、明確には認められなかった。

3.4 保存処理の有無による影響

保存処理の有無による含水率の比較を、各層別に図8に示す。処理丸太の含水率は、無処理の丸太より明らかに高かった。これは木材保存剤のACQが水溶液であることから、溶媒の水が残存しているためと推測された。

保存処理の有無によるP値の比較を、各層別に図9に示す。P値については保存処理の有無に関して、各層を通じて一定の傾向は認められなかった。

3.5 6層内の丸太の位置

図8に示したように、平成18年度施工の丸太の含水率は処理、無処理ともに内層部において高く、表層部において低い傾向を示した。この傾向は、乾燥が進んでいないと思われる処理丸太において顕著であった。平成16、17年度施工の処理丸太について、同様の含水率を平成18年度施工の処理丸太と合わせて図10に示す。平成16および17年度施工の丸太の含水率も同様に、内層部において高く、表層部において低い値を示した。

図9に示したように、平成18年度施工の丸太のP値については、内外層の位置による顕著な差は認められなかった。図11に示したように、平成16、17年度施工の処理丸太のP値についても同様の傾向であった。

含水率は、腐朽をはじめとする生物劣化に影響を与えることが知られている。このため、腐朽の可能性を予測する上で、含水率の測定は有効と考えられる。上記内外層の丸太の含水率の差が今後、丸太の劣化にどのように影響するかは以降の調査結果を待ちたい。

3.6 落石面の傾斜角

落石面の傾斜角別の含水率とP値は、初期値確認のため、平均値を示す。平成18年度施工の処理丸太の含水率は傾斜角35°、45°ともに約25%、無処理の丸太は、傾斜角35°、45°ともに約17%であった。一方、平成18年度施工の処理丸太のP値は、傾斜角35°が19.6mm、45°が16.5mmであった。同じく無処理の丸太は傾斜角35°が約17mm、45°が約18mmであった。

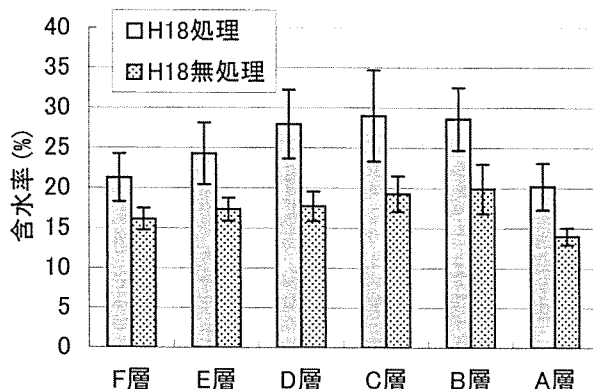


図8 平成18年度施工の処理丸太と無処理丸太の層別含水率

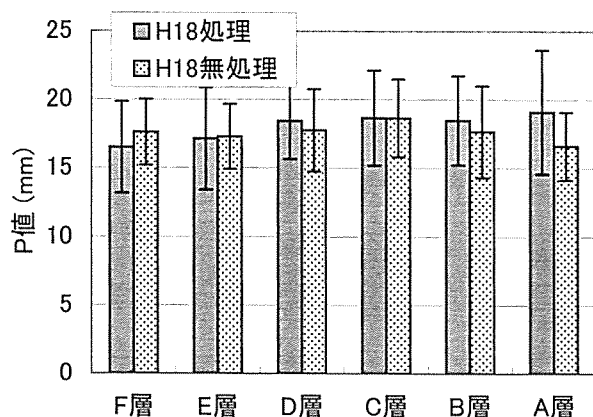


図9 平成18年度施工の処理丸太と無処理丸太の層別P値

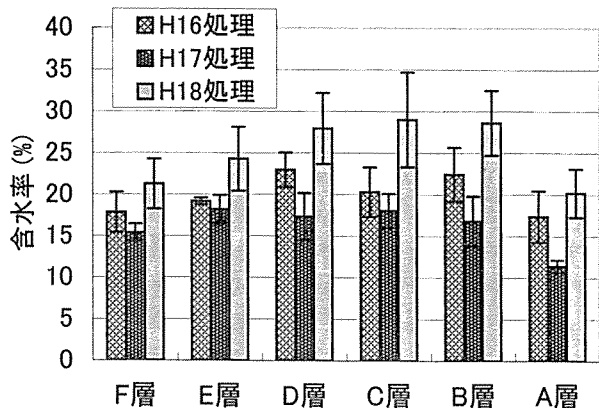


図10 各年度に施工された処理丸太の層別含水率

3.7 レジストグラフの波形

レジストグラフによる測定の結果、1本だけ中心付近に約13mmの範囲で、波形に立ち上がりを示さない部分が存在する丸太があった(図12)。この箇所については、すでに腐朽や虫害を受けていた死節があった、あるいはキリを穿孔させた方向に沿って割れがあった等の可能性が考えられた。その他の丸太の波形にはすべて立ち上がり

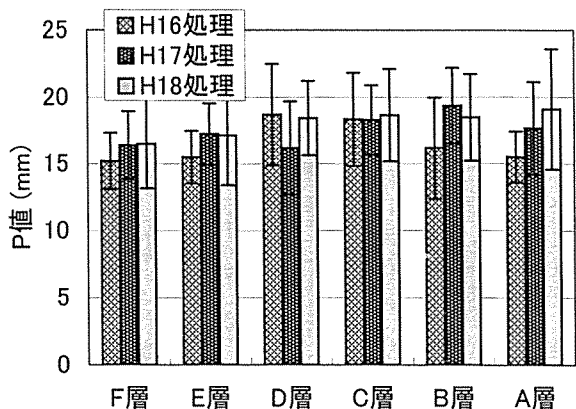


図11 各年度に施工された処理丸太の層別P値

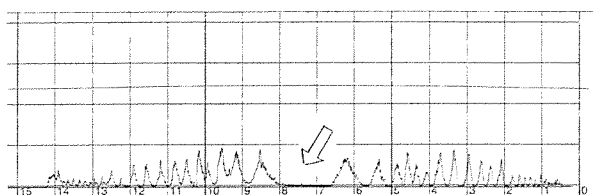


図12 材の中心付近（矢印）に劣化または空洞等が存在すると推定された材のレジストグラフの波形

いて広範囲に進行した顕著な劣化はないと判断した。

引用文献

- 1) Smith,S.M.;Morrell,J.J.:Correcting Pilodyn measurement of Douglas-fir for different moisture levels. Forest Products Journal. 36 (1),45-46(1986)
- 2) 津島俊治：ピロディン打込み深さに影響を与える諸要因.九州森林研究. 55, 192-195 (2002)
- 3) 増田勝則：ストライカーピンの径を変化させた時のピロディンの貫入深さと材の破壊範囲. 奈良県森技セ研報. 36, 27-36 (2007)

(2008年1月10日受理)