

腐朽による強度低下を考慮した木製土木構造物の耐久設計手法の開発

北海道立林産試験場 森 満範, 前田典昭

1. はじめに

野外環境下では、腐朽菌などの生物によって木材は徐々に劣化していくため、木材の残存強度、あるいは構造物としての耐力が時間の経過とともに低下していく。腐朽の有無やその程度、残存している強度、耐力を把握することは、補修、更新、撤去、あるいは保存剤による再処理（二次処理）などの計画を立てる上で重要である。木材の耐久性に関する情報を得るための簡易かつ有効な方法として、腐朽の程度を目視によって6段階で評価する被害度判定法¹⁾が利用されている。しかし、この判定では腐朽程度あるいは耐用年数（被害度2.5に達する年数）に関する情報は得られるものの、残存強度に関する情報については明確な情報が得られない。一方、腐朽の判定手法としてピロディンや超音波なども利用されているが、目視による被害度との関係は検討されているものの、実大丸太材などの強度に関する情報を直接得るための検討はほとんどなされていない。このように腐朽と強度の関係が不明確なため、腐朽の状態を把握してもそれが使用に耐えうるものなのかどうかの判断が困難であり、また木製土木構造物などの安定計算を行う場合は初期強度のみが基準とされ、腐朽による部材や構造物の耐力の経時変化は十分に考慮されていないのが現状である。

本検討では、北海道で土木資材として利用されているカラマツの耐朽性を明らかにするとともに、「腐朽」を「強度低下」という機械的性質の度合いに置きかえることによって耐久性の指標を明確にし、腐朽による強度低下を考慮した木製土木構造物の安定計算・設計に寄与するための検討を行った。ここでは、その概要について紹介したい。

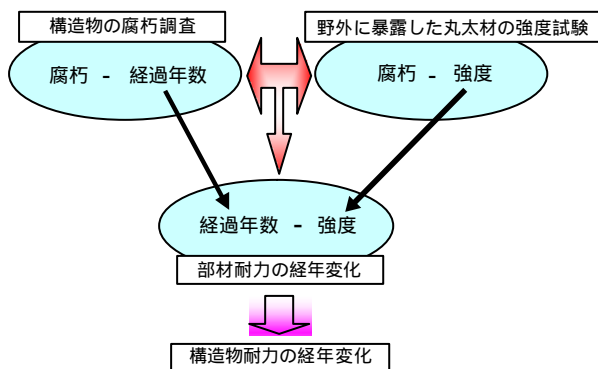


図1 研究の概要

2. 研究概要

図1は研究の概要を示したものである。すなわち、道内の治山現場に設置されたカラマツ製土木構造物の腐朽調査で得られた経過年数と腐朽の関係²⁾と、野外暴露試験で腐朽させたカラマツ丸太材における腐朽と強度（断面欠損）の関係³⁾から、野外に設置されたカラマツ材における経過年数と残存強度の関係を推定し、構造物としての耐力変化を予測するための検討を行った⁴⁻⁶⁾。

3. 土木構造物の腐朽調査

北海道内で土木構造物として使用されているカラマツ剥皮丸太（主に無処理、直径10~15cm）の腐朽被害を把握するために、道内の12地域・38地点に設置された構造物（主に土留め工、防風工などの柵工）の約2,000の部位に対し調査を実施した。目視による被害度およびピロディン（Proceq社製、ピン直径2.5mm）の打ち込み深さ（以下、 P_e ）を劣化の指標とし、鉛直部材（以下、縦材）および水平部材（以下、横材）の地際部分や接合部分などにおける木材の劣化状態を調べ、腐朽と経過年数の関係を明らかにした。

4. 屋外に設置されたカラマツ丸太材の腐朽評価および強度試験

林産試験場内で野外暴露試験を行ったカラマツ剥皮丸太（直径約11~17cm、長さ約200cm）を試験体として用いた。試験体長さの約半分程度まで埋没させて暴露試験を行ったものを破損しないように掘り出し、地際部分の被害度、曲げ強さ、および残存している断面積を評価・測定した。また、地際部分を中心に上下30cmの範囲について、5あるいは10cm間隔の円周上における被害度、 P_e および残存断面積を評価・測定し、曲げ強さ（残存断面積）と腐朽との関係を明らかにした。

5. 強度と経過年数の関係（残存強度の経年変化の推定）

木製土木構造物としての耐力の経年変化を推定するために、3および4で得られた結果から、土木構造物に使用されている部材の曲げ強さ・残存率の経年変化を、部材が設置されている環境ごとに推定した。（図2）。

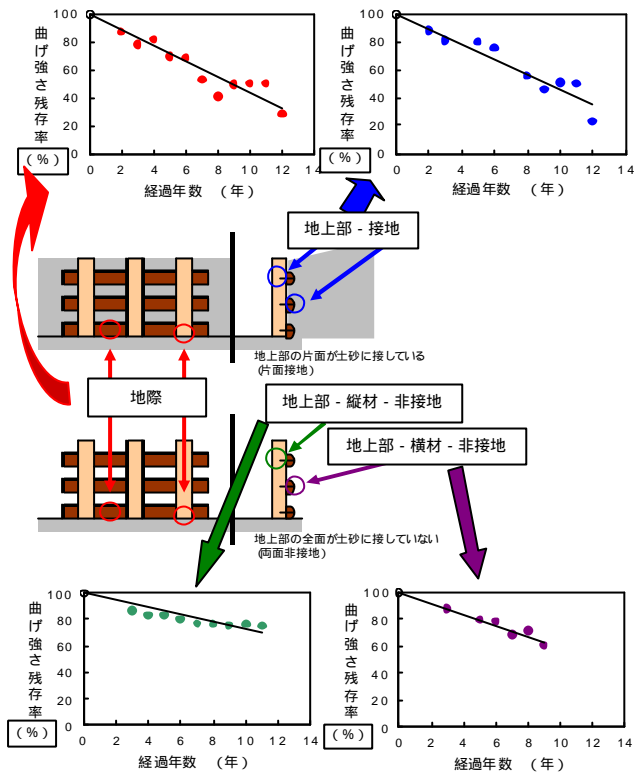


図2 木製土木構造物の各部材における
残存強度の経年変化

6. 構造物としての耐力の経年変化の推定および耐久性を考慮した設計方法の提示

現在、公共工事などで利用されている木製土木構造物のなかから、力学的な抵抗機構が特徴的ないくつかのモデル構造物を選定し、それらについて腐朽による強度性能の低下を考慮に入れた土木構造物における耐力の経年変化を試算した。防風柵を用いた予測計算の適用事例を図3に示した。まず各部材の中で強度の負担が大きい部位としてA、BおよびCの各部位を抽出し(図3上)、これらの部位に相当する強度低下の関係式を適用して安全率(許容値と負担応力の比)の経年変化を推定した(図3下)。この図は、設計当初に見込まれた各部材の安全率が腐朽の進行とともに低下していくことを示しているが、ここでは安全率が1となる時点を耐用限界とした。また、推定に適用した回帰直線が、経過年数が12年前後までの調査データに基づいて求められたものであることから、その適用範囲を12年までに限定した。図3に示したように、部位ごとの安全率を示す直線が最も小となる部位で、構造物としての耐力が決定する。これは設計段階で推定できるため、防腐処理材の使用により、耐用限界をある程度の範囲で調節できる。また、設置する前に部材交換やメンテナンスのスケジュールを予測できることから、コスト試算を行う上でも有用な資料となる。

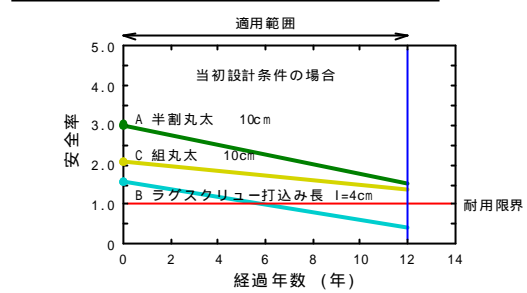
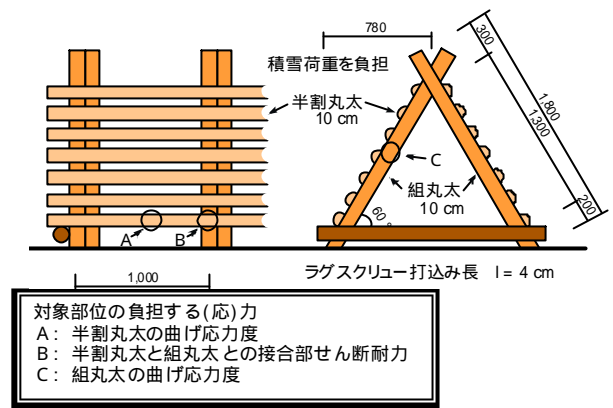


図3 耐久性を考慮した安定計算例(耐用限界を安全率=1とした場合、防風工)

7. おわりに

今回の検討によって得られた耐久性予測手法は、調査データや実験結果を中心に取りまとめたものであるが、もともと腐朽の進行状況にバラツキがある上にいくつかの推定や仮定も含まれているため、木製土木構造物の耐用限界を完璧に割り出せるものではない。しかし、今まで木材単体の「耐用年数」しか情報がなかった耐久性という概念をより具体的に表現でき、使用状況に応じた強度的な耐用限界を構造物単位で予測できるようになった。今後、データの追加や推定の検証等を継続するとともに、他の樹種や地域においても適用させるための全国的な取り組みが必要である。

文献

- 1) 雨宮昭二 林業試験場研究報告,150,143-156 (1963)。
- 2) 森 満範,宮内輝久,杉山智昭,前田典昭,藤原拓哉,今井良 林産試験場報,20(1),17-24 (2006)。
- 3) 森 満範,宮内輝久,三浦真由己,藤原拓哉,杉山智昭 第52回日本木材学会大会研究発表要旨集,416 (2002)。
- 4) 森 満範,前田典昭,宮内輝久,杉山智昭,藤原拓哉,今井良 第54回日本木材学会大会研究発表要旨集,684 (2004)。
- 5) 前田典昭,森 満範,宮内輝久,杉山智昭,藤原拓哉,今井良 第54回日本木材学会大会研究発表要旨集,685 (2004)。
- 6) 森 満範,前田典昭,宮内輝久,杉山智昭,藤原拓哉,今井良:(社)日本木材保存協会第23回年次大会研究発表論文集,14-19 (2007)。