

はじめに

屋外で使用する木材は、加圧注入※¹により防腐薬剤処理された木材（以下、「防腐処理木材」）を使うのが一般的である。防腐処理木材の耐用年数は、各防腐薬剤メーカーがステーク試験※²を実施し耐朽性能評価を行っており、おおよその耐用年数は「地上地際で10年以上※³」とされている。ただ、ステーク試験では断面が3cm×3cmの小試験体を使用しているため、必ずしもそれが屋外に設置されている実大材の劣化や、腐朽による経年変化を表していないのではないかという懸念がある。また、耐用年数も「10年以上」という表現では、維持管理業務や管理計画の策定に使うには曖昧であると考えられる。

屋外での木材利用が進まない要因として、耐用年数が明確に示されていないこと、そして、どのタイミングで最初の劣化診断を開始し、その後はどの程度の期間を置いて劣化診断を実施するのかなど、維持管理サイクルに関する情報が不足しているところが大きいと考えられる。

そこで林産試験場では、2016年度から2018年度に実施した重点研究「防腐薬剤処理木材を使った道路構造物の予防保全に関する研究」において、北海道内の高規格道路に設置された防腐処理木材を部材に用いた木製立入防止柵（以下、「立防柵」）を対象に、劣化の測定と部材（鉛直および水平部材）の強度試験を行った。そこで得られたデータを元に、耐用年数の推定を行うとともに、維持管理業務における診断時期を決定するための判断基準を明らかにし、本手引きを作成した。

なお、基本となるデータは、旭川紋別自動車道（2000年度から2010年度設置分）、帯広広尾自動車道（2005年度から2014年度設置分・ただし2008年度分は除く）、名寄美深道路（2001年度設置分）の合計28調査区にて測定を行ったものである。

本手引きは、6つの項目から構成されており、項目1は適用の範囲を示し、項目2～3は劣化診断や維持管理業務における一般的な内容や注意点などについて記載した。項目4～6では、重点研究で得られた成果より、以下の内容について説明をしている。

- ・防腐処理木材（カラマツ）の耐用年数（項目4）
- ・屋外に設置後、最初の劣化診断時期（項目4）
- ・経過観察とされた部材の次回劣化診断時期の判断基準（項目4）
- ・得られた結果（項目4）より提案する劣化診断フロー（項目5）
- ・耐用年数を任意に設定するための計算手順（項目6）

本手引きの内容は、「木製外構材のメンテナンスマニュアル（改訂版）：日本木材保存協会」、「木材・木質構造の維持管理-劣化診断マニュアル-：日本木材保存協会」、「土木用木材・木製品設計マニュアル：北海道」、「木質構造設計規準・同解説：日本建築学会」などを参考にしている。参考文献の一覧は末尾に記載する。

※1：加圧注入とは、防腐薬剤の注入処理方法のひとつである。圧力容器内に材料を入れ薬液を満たした状態で圧力を加え、材料内部に薬液を押し込む方法であり、加圧処理の前後に減圧処理の工程を組み合わせて行うことが多い。

※2：ステーク試験とは、木材保存剤の防腐性能を明らかにするために行う野外試験である。木口面30mm×30mm、長さ600mmの防腐薬剤処理を施したスギ辺材を、地面に300mmの深さまで垂直に埋め込み、定期的に観察することで腐朽の被害度を判定し、防腐薬剤の性能を明らかにする。

木材保存剤－性能基準及びその試験方法（JIS K1571）より。

※3：屋外に設置される木製施設の耐久性は、材料である木材自体の耐久性能とともに、設置される環境条件にも大きく左右される。ここでは地上地際部、加圧注入処理された木材のおおよその耐用年数は「10年以上」としている。

土木用木材・木製品設計マニュアルP.16・表4.2より（北海道水産林務部林務局林業木材課利用推進グループ・<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/t-manual.htm>）

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
森林研究本部 林産試験場性能部 構造・環境グループ
担当者：小林 裕昇（コバヤシ ヒロノブ）

北海道旭川市西神楽1線10号

電話：0166-75-4233 ファックス：0166-75-3621

1. 適用の範囲

この手引きは、屋外に設置された木質構造物の劣化診断や維持管理計画策定などの管理業務全般に適用する。

対象とする屋外木質構造物は北海道内に設置されたもので、樹種は北海道産カラマツ、加圧注入により防腐薬剤処理された木材とし、鉛直部材と水平部材で構成される柵形状のものとする。

【解説】

本手引きは、北海道内の屋外木質構造物の維持管理業務（劣化診断を含む）および、維持管理計画策定に適用するものである。

適用範囲は、樹種は北海道産カラマツ材、構造物の形態は鉛直部材と水平部材で構成された一般的な柵形状のものとする。部材の形状として、鉛直部材は円柱加工材、水平部材は円柱加工の半割材を基本とする。また防腐薬剤処理された木材とは、「JIS K1570：2010 木材保存剤」で規定されているAAC、ACQまたはAZNAを使用し加圧注入処理を行ったものとし、前処理としてインサイジングを施された部材も含む。

2. 劣化診断の目的と手法

屋外木質構造物においては、点検→劣化診断→措置→記録→（次の点検）という維持管理サイクルの構築が求められる。

劣化の診断は、屋外木質構造物の状態を把握し、長寿命化を行うための情報を得ることを目的としている。はじめに一次劣化診断を実施し、劣化状況によっては二次劣化診断を行う。劣化の程度により、「経過観察」あるいは「保全措置」を施すものとする。

これら劣化診断および保全措置で行われた内容については、随時管理台帳に記録する。

【解説】

屋外木質構造物の機能性や安全性を適切な状態に保つためには、「点検→劣化診断」という対象物の状態確認を行うとともに、その結果から「措置」すなわち「経過観察」あるいは「保全措置」のいずれかを選択・実行し、それらの結果や判断の経緯を管理台帳などへ記載する「記録」を行う。屋外木質構造物においては、このような維持管理サイクルの手順を構築する事が重要である

また記録後は、劣化診断による措置の結果により、次回の点検・劣化診断時期を決定し、その時期に達した時点で速やかに行うものとする。

なお劣化診断は、屋外木質構造物の劣化の進行状況を把握するとともに、保全措置による長寿命化を行うための情報を得る目的で実施される。

一次劣化診断は、木材の劣化を早期に発見するために目視※⁴（資料1）、触診※⁵、打診※⁶など、特殊な機器を用いずに行う簡便な診断方法である。一次劣化診断の結果から、必要であれば二次劣化診断を行う。

二次劣化診断は、木材の劣化の程度を確認するために特殊な機器を用いて行う。測定には抵抗貫入（ピロディン※⁷）、伝播速度（超音波※⁸）、穿孔抵抗（レジストグラフ※⁹）などを用いた診断方法がある。その他、FFTアナライザ※¹⁰、打音解析※¹¹などを用いる場合もある。

診断の結果より、部材をどのような方法で管理していくのかを決める必要がある。

一次劣化診断において「健全（被害度0）」とされたものは「経過観察」とし、次回の診断時期を決定する（次回診断時期については、**項目4**にて説明）。そうでないものは二次劣化診断を行い、その結果より、「経過観察」または「保全措置」の判断をする（判断基準については、**項目4**にて説明）。

保全措置としては、塗料や木材保存剤の塗布、樹脂充填、あて木、部材の部分交換、部材の全交換、金具による補強あるいは置き換え、水はけや雨仕舞いの改善などの手法があり、最終的には構造物の全交換（再施工）となる。なお保全措置を行う場合、劣化や破損の状況、施工性（施工費）、ライフサイクルコストを考慮して、適切な方法を選択する。

診断結果および部材に対して決定した事項は、その後の維持管理業務を適切に行うため、管理台帳（資料 2-1）や劣化診断シート（資料 2-2）を作成し記録することが望ましい。

管理台帳には、初期設置時の各情報（設置年月日、材料納入業者、施工業者、樹種・防腐薬剤処理などの仕様、使用部材の材料費、施工に関わる費用など）を記録するとともに、設計図書などを併せて保管することが重要である。更に、診断実施時には劣化診断シートを用い、診断結果や劣化の状態（破損状況などを含む）および、保全措置の内容や決定したプロセス、履歴などをできる限り追記する。

※4：木材の腐朽状態を判定するため最も簡単でよく利用されているのが、目視による被害度評価法(JIS K1571)である。これは劣化状況を、健全（「被害度0」）から崩壊（「被害度5」）までの6段階で評価する判断基準である（資料 1）

※5：木部が腐朽した場合には健全部より柔らかくなるため、木部を手で触って判断する方法

※6：金槌や木槌などを用い、木部を叩いて診断する方法

※7：バネの力を用い、一定のエネルギーでピンを木材に貫入させ、そのピンの貫入深さから腐朽の度合いや劣化を測定する木材試験機（写真 2-1）

※8：木材中を伝わる超音波の速さが、木材のヤング率や密度に影響されることを利用した診断方法

※9：一定速度で回転する錐などを木材の中に押し込んだ時、錐などが受ける抵抗が木材の硬さによって変化することを利用した診断方法（写真 2-2）



写真2-1 ピロティン



写真2-2 レジストグラフ

※10：金槌などで木部を叩くことで固有振動を励起させ、固有振動数をFFTアナライザで特定し、ヤング係数を推定することにより劣化状態を判断する診断方法（写真2-3）

※11：金槌などで木部を叩き、得られた周波数を分析し劣化状態を判断する診断方法（写真2-4）



写真2-3 FFTアナライザ



写真2-4 打音解析

3. 劣化診断の計画

劣化診断の実施にあたっては、適切に作業が進められるように、事前に診断対象となる構造物の資料を収集することが望ましい。また、診断する部位、部材に応じて適切に診断しなくてはならない。

なお、得られる診断結果を正確に判断するためには、以下の2項目を行っておくことを推奨する。

- ・ 設置後1年から2年以内に、構造物の初期状態を把握すること。
- ・ 冬期間の積雪や、除雪車による排雪での物理的破損も考えられることから、毎年の雪解け後に、可能であれば構造物の状態を把握すること。

【解説】

劣化診断を効率的かつ適切に行うためには、診断対象となる構造物の仕様（樹種、防腐薬剤、加工形状）、劣化状況や補修履歴などを事前に把握することが重要である。

また劣化診断のポイントとしては、湿りやすい部位や部材を中心に点検するのが効率的である。工程的に余裕があるのなら、雨が降った後、部材が乾燥しはじめたタイミングで事前に診断対象となる部位や部材をチェックすることで、湿りやすい部位部材を見極めやすくなる。

以下に、診断ポイントとして注意すべき部位部材を示す。

- ・ 部材と地盤面の接触部（鉛直部材および水平部材共・**写真3-1**）
- ・ 木口面（**写真3-2**）および、材と材の接触面（**写真3-3**）あるいは隅角部
- ・ 部材の割れ（特に水平部材の上面・**写真3-4**）が生じている部分
- ・ 接合部（金具取付部やボルト穴付近）
- ・ 水が滞留しやすい、または水（雨）が掛かりやすい部位や部材



写真3-1

部材と地盤面の接触部



写真3-2 木口面



写真3-3 材と材の接触面



写真3-4 部材の割れ

（水平部材の上面）

また、どの様な劣化状態を確認すればよいかを以下に示す（資料1参照のこと）。

- ・ 欠損（腐朽・虫害・その他）
- ・ 割れ
- ・ 変色
- ・ ささくれ
- ・ 反り
- ・ 腐朽の兆候（菌糸・子実体・その他）
- ・ 砂や泥、落葉などの堆積
- ・ 接合金具のがたつきやボルトの緩み
- ・ 構造体の傾き
- ・ 水平部材のたわみ
- ・ 干割れ周囲の不自然な浮き上がり

なお、これら劣化診断より得られた結果を有効に判断し活用するためには、以下の2つの項目を行っておくことを推奨する。

【項目1・設置後1年から2年以内の構造物の調査】

設置直後の初期状態を把握することで、その後の腐朽および劣化の進行過程を明らかにすることができる。

特に、腐朽発生の要因の一つである木材表面に発生する干割れのほとんどが1年から2年以内に発生する知見^{※12}があり、初期の割れの発生状況の把握が重要である。ただし高い安全性が求められていない構造体に関しては、その限りではない。

【項目2・雪解け後の点検】

毎年の雪解け後に構造物の「部材破損」や「曲がりや歪み、傾き」等の点検を、可能であれば実施すること。

北海道の地域的特性として、冬期間の積雪や除雪車による排雪の影響から、構造体が物理的に破損していることが考えられる。部材の腐朽および劣化による破損と物理的破損を区別するため。

※12：「背割りなどの干割れ防止加工の保存処理スギ丸棒の耐久性への寄与」

栗崎宏（富山木研）、明道裕司（エコーウッド富山）、米澤尚美（エコーウッド富山）、谷口弘聡（立山山麓森林組合）

第59回日本木材学会大会研究発表要旨集（松本2009/3/15～17）（CD-ROM）