

地中・水中使用木材の健全性調査の手引き（案）

[本編]

1. はじめに

1.1 序文

この手引きは、建物の基礎や河川の水制工として使用された木材が撤去された際に、その木材の使用状況と健全性について調査し、今後の木材利用に役立つデータを取得するための参考資料である。調査方法の記述は、当小委員会委員が過去に行なった調査方法を一例として示したものであり、必ずしもこの通りにすべての調査項目を実施する必要はなく、実施可能な範囲内で適宜調査項目を取捨選択してよい。

1.2 適用範囲

この手引きは、地中または水中で使用された後に撤去された木材の、使用状況と健全性の調査に適用する。

1.3 用語の定義

この手引きで用いる主な用語の定義は、次による。

- ・劣化：初期状態からの性能の低下。
- ・生物劣化：腐朽、蟻害、海虫害など、生物の作用による劣化。
- ・物理的劣化：流水による摩耗など、物理的作用による劣化。
- ・腐朽^{1,2)}：菌類による木材の分解。おもにセルロースとヘミセルロースを分解する褐色腐朽と、おもにヘミセルロースとリグニンを分解する白色腐朽に大別される。また、多湿な条件下で木材表層部に生じる軟化現象を軟腐朽という。
- ・蟻害：シロアリによる木材の被害。
- ・海虫害：貝類（フナクイムシなど）や甲殻類（キクイムシ、コツブムシなど）の海生生物による木材の被害。
- ・ピロディン：一定のエネルギーで木材にピンを打ち込み、ピンの貫入深さを測定する試験器。打ち込みエネルギー6J、ピン直径2.5mm、測定限界40mmの機種が一般的である。
- ・心材：幹の内部で生活細胞を全く含まない部分。濃く着色していることが多い。
- ・辺材：幹の外周の柔細胞の生きている部分。一般に淡色であるが、樹種によっては心材と辺材の色の差が少なく、ほとんど区別できない³⁾。
- ・含水率：木材中に含まれる水分の割合で、いくつかの表し方があるが、この手引きでは乾量基準含水率（木材の全乾質量を基準にして含有水分の質量を百分率で表した値）を用いる。

2. 木材周辺の状況調査

地中から撤去された木材については、下記の調査を行なう。

- ① 構造物と木材との取り合わせやその近傍の状況を観察し、スケッチや写真などに記録する。

②木材が接していた地盤の土質や、地山や埋戻しなどの地盤種別を調査する。必要に応じて土質試料を採取し、土質試験を行なう。

③木材周辺地盤の色調(特に、酸化色か還元色か)を記録する。

④地下水位と木材位置の関係(地下水位の上限、下限、平均位置)を調査する。

⑤構造物と木材の履歴情報を収集する。

河川の水制工や漁港等の係船杭等、水中から撤去された木材については、木材の接していた水の水質(水温、塩分等)、水位と木材位置の関係等を調査する(写真-1)。



写真-1 水位計測状況⁴⁾

3 木材の健全性の調査

3.1 木材全体の観察

回収された木材に試料名(番号)を付し、全体写真を撮影する。長さ・周長・直径等を計測する(写真-2, 3)。



写真-2 長さ計測状況⁴⁾



写真-3 周長計測状況⁴⁾

3.2 目視による劣化評価

木材先端部(杭の場合は地盤中にて下端部)より縦方向に一定間隔ごと、周長方向には $45\sim 90^\circ$ ごとに $4\text{cm}\times 4\text{cm}$ 程度のマス目を描き、そのマス目ごとに劣化度を表-1に基づいて評価する。なお縦方向の評価間隔は、丸太の長さや、劣化の状況などを考慮して、 $10\sim 100\text{cm}$ の範囲で任意に設定する。

劣化状態の程度は、目視の他、指で押すなどして総合的に判断する。激しく劣化して木材が消失しマス目を描けないような場合にもそこにマス目がある



写真-4 腐朽度の判定状況

と想定し、そのマス目の劣化度は「5」とする。

判定は人によりばらつきが大きい場合があるので、なるべく3名以上で実施するとともに、事前に劣化度の異なる木材について実施者で判定を行ない、お互いの判定結果が同じになるように評価基準を合わせておく。

表-1 劣化度の評価基準

劣化度	劣化状態
0	マス目内に劣化なし
1	マス目内の一部が軽度の劣化
2	マス目内全域が軽度の劣化
3	2の状態の上にマス目内の一部が激しく劣化
4	マス目内全域が激しく劣化
5	劣化によってマス目内の木材が消失

3.3 ピロディン試験

ピロディンを利用できる場合には、目視評価に加えてピロディンによる評価を行なう。測定位置は目視評価と同様に周長方向は45～90°ごと、縦方向は丸太の長さや劣化状況と、測定点数100点あたり1.5～2時間程度かかることを考慮し設定する。

ピロディンのピンは大きな力で飛び出し危険なので、ピンを押し込んだ状態ではピロディンを絶対に人に向けてはいけない。試験の際は、ピロディンを木材に垂直に当てて、ピロディン頭部が木材から離れないようにピンを打ち込まないと正しい値が得られない。

木材密度が小さいほどピンの貫入深さは大きくなる傾向があるので、貫入深さは木材の劣化の指標になるが、「貫入深さ＝劣化深さ」ではないことに注意が必要である。腐朽の有無の判定に用いられる貫入深さとしては、たとえばスギで35mm、カラマツで30mmなどの値が用いられているが、腐朽していない木材でも飽水状態に近い場合にはこれらの値を超えることがある。

また、周囲が劣化して消失し中心部だけが残った木杭等では、残った健全な中心部のピロディンのピン貫入深さでは劣化度を正しく評価できないことがある。このような場合には、劣化して消失した周辺部分の厚さを推定して記録紙に付記する。



写真-5 ピロディン



写真-6 ピロディン試験状況

4. 報告

調査結果はなるべく報告書としてとりまとめて、土木学会等の研究発表会や、所属機関の紀要等で公表することにより、今後の木材利用に役立つ情報を共有化することとする。

[解説編]

1. はじめに

「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が2010年5月、国会で成立し、同年10月1日に施行された。この法律は、国、地方公共団体、事業者、および国民に、木材利用促進の努力義務を課している。

土木分野においても、橋梁、治山ダム、ガードレール、遮音壁、地盤改良等への木材利用が実用化されている⁵⁾。この中で地盤改良への木材利用は、木杭を地盤中に打設して長期間使用するものであるが、地下水位以下では酸素不足のため腐朽が生じないため、長期の耐久性が期待される用途である。この長期耐久性は、1960年代までに施工された構造物基礎の木杭が撤去された際の調査によって実証されてきた⁶⁾。

ただし常時地下水位以下の木材でも、地盤の沈下に伴い杭頭部に隙間が生じた場合に劣化した事例があり、逆に地下水位変動域の木材でも地層上部が粘性土で覆われている場合などには健全であった事例がある⁴⁾。また、河川の水制工など淡水中で使用される木材でも、淡水と海水が混ざり合う汽水域が存在する場合の海虫害の発生や、水流による物理的劣化が生じる場合がある⁴⁾。

このように地中・水中使用木材の耐久性は周辺環境により大きく変動するので、さらに事例を収集することが今後の木材利用にとって重要と考えられる。この手引きはそうした事例収集の参考資料として作成したものである。

2. 木材周辺の状況調査

腐朽や蟻害による生物劣化が生じるには、水、酸素、適度な温度、栄養の4条件が揃う必要がある。多くの腐朽菌類の生育にとって最適温度は25～30℃程度、最適な木材含水率は50～100%程度である¹⁾。一般的に、地下水位以下では酸素が不足し、腐朽菌類やシロアリ類は活動することができない。木材周辺の状況調査では、これらの4条件、特に酸素の存在の有無を明らかにすることを目的とし、木材と構造物との取り合わせや地盤環境の状況を調査する。

フーチングのような構造物の基礎の場合、フーチングと地盤との間に隙間が存在するか、フーチングに空気を通すような大きな亀裂があるか、などを調査する。地盤環境については、木材が接していた地盤が自然地山か埋戻し土か、土質はどのようなものか、地盤の色調などから地下水位はどの範囲で変動していたかなどを調査する。地盤が水で飽和され還元状態になると土壌表面の鉄が酸素を失い青色の二価鉄となるため、地盤が暗青灰色を呈する場合は地下水位以下にあったことが推察される。地盤柱状図と木杭の位置関係の例を、**図-解1**に示す。

これまでの調査結果から、(1)地下水位以下で還元状態が維持された地盤中では、数百年を経過しても木材に腐朽は見られない、(2)地下水位変動域では、木材が接していた地盤が埋戻し土や盛立て土のような人工地盤の場合よりも自然地山の場合の方が、木材の健全性が維持されている、(3)地下水位変動域に位置する杭頭部等で、基礎底面と地盤の間に隙間が生じている場合、および地盤が細粒土よりも粗

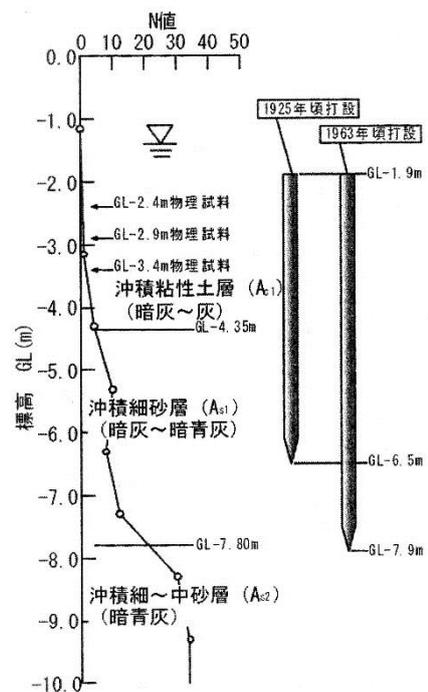


図-解1 地盤柱状図と木杭の位置関係の例⁷⁾

粒土であるほど腐朽が進行する傾向がある、(4)表面に粘土を塗布した木材が、地下水位以浅の履歴があっても健全性を維持していた事例がある、などの知見が得られている⁸⁾。

河川の水制工や漁港等の係船杭等では、摩擦等による物理的劣化のほか、海虫害が生じる場合がある。海虫は日本沿岸の海水中および河口の汽水域に広く分布している。海水ないし汽水中を浮遊する貝類の幼生や甲殻類の成虫が木材に付着して穿孔を開始するため、土中埋設部には被害がない⁹⁾。

木材の回収に立ち会える場合には、回収状況の写真や動画を撮影する。摩擦杭として使用された木杭の場合、木杭の引抜き力を計測することにより、摩擦杭としての機能の健全性についての情報が得られる¹⁰⁾。

3. 木材の健全性の調査

3.1 木材全体の観察

回収された木材の概況を記録するため、写真撮影と観察、計測を行なう。回収時の折損や損傷の有無、杭表面の粘土の付着状況、丸太杭の樹皮の有無、杭先端の角錐状または円錐状の加工状況などを備考として記録する。可能なら回収直後の木材質量を計測し、体積で除して木材全体としての平均密度（水分を含む）を求めると、供用中の含水状態を推測する資料となる。

3.2 目視による劣化評価

劣化を0～5の6段階で評価する方法は、林業試験場で考案されたもので¹¹⁾、「被害度2までは構造材料として使用にたえる程度の被害と考えられ、被害度3以上はもはやその辺材部分は使用にたえない程度の被害をうけているものと考えられる。同一条件の使用材のうち、その半数以上が使用にたえなくなったときをその供用材の耐用年数とする一般的な耐用年数の決定法にしたがうと、平均被害度が3に達したとき（小数第1位を四捨五入して）は大体被害度3以上の数が全本数の過半数に達しているため、その時を耐用年数とするのが適当と考えられる。」¹²⁾との考えから平均被害度が2.5に達したときを耐用年数としている。現行のJIS K 1571（木材保存剤-性能基準及びその試験方法）の野外試験もこの方法を採用しており、土中に30cm埋め込んだ3cm×3cm×60cmの試験体の頭部・地際部・地下部で判定した劣化度の平均値が2.5に達したときの経過期間をそれぞれの試験体の耐用年数としている。

丸太のように断面が3cm×3cmよりも大きい場合には、表面と内部で劣化度が大きく異なる可能性がある。無処理の丸太では一般に心材の方が辺材よりも耐朽性・耐蟻性が高いため、表面の目視劣化度の平均値が2.5以上であっても丸太全体としては要求される強度性能を保持している場合がある。逆に、保存処理した丸太では、薬剤が十分注入された辺材部分が健全でも、注入が不十分な心材部分に腐朽が生じる場合がある。したがって丸太などの強度性能を評価する場合には、表面の評価と合わせて、内部から採取した試料の密度の測定や、縦振動試験、縦圧縮試験等も行なうとよい。

3.3 ピロディン試験

ピロディンのピン貫入深さは、木材表面付近の密度が高いほど小さくなる傾向がある。木材の密度は樹種によって異なるため、腐朽の目安とされるピン貫入深さも樹種によって異なり、スギで35mm¹³⁾、マツやカラマツで30mm¹⁴⁾とする例がある。

また、一般的には木材の強度的な性質に影響を及ぼさないとされる高い含水率の領域での含水率の変化が、ピン貫入深さには影響を及ぼすことが指摘されている^{15~17)}。これは鋼製のピンと木材間の摩擦係数が水の潤滑作用により減少するためと考えられている¹⁵⁾。このため、地中や水中から採取

した直後の木材についてピン貫入量から腐朽を判定すると、腐朽度が過大評価されるおそれがある。この場合には、木材の含水率を測定することにより、次式を用いてピン貫入量を補正するとよい。

$$P_a = P_w - C (M_w - M_a) \quad (1)$$

ここで、 P_a ：補正後のピロディン試験値 (mm)

P_w ：補正前のピロディン試験値 (mm)

C ：補正係数 (mm/%) (既往の研究^{13,15~17}より $C=0.05$ とする)

M_w ：測定時の含水率 (%)

M_a ：野外での一般的な含水率で、30 (%) とする。

上記の含水率は、乾量基準含水率、すなわち木材の全乾質量を基準にして含有水分の質量の割合を表した値である。測定時の含水率 M_w は、木材試料を採取して全乾法により求める。試料の乾燥前の質量は現地で測定するか、乾燥しないようにアルミ箔に包みポリ袋で密封して¹⁸⁾、実験室に持ち帰り測定する。試料採取には成長錐と呼ばれるコア採取器具(写真-解1)を用いることができる。なお、市販の木材水分計では、飽水状態に近い木材の含水率は測定できない。



写真-解1 成長錐

3.4 その他の試験

3.4.1 荷重測定器付きドライバーによる評価

ドライバーや千枚通しを木材に突き刺して腐朽の有無を診断する刺診は従来から行なわれていたが、最近提案された本方法^{17,19~23)}は荷重測定器を用いて一定の荷重で突き刺したドライバーの貫入深さを測るため、評価者の経験によらず客観的、定量的に評価できる。また、ピロディンよりも安価、安全、引き抜きが容易、腐朽厚さを直接計測できる、ピロディンの測定限界の40mmを超える腐朽厚さも計測できる、などの利点もある。



写真-解2 荷重測定器付きドライバー

荷重測定器は、「フォースゲージ」等の商品名で市販されている。ドライバーは軸径が3mmで、軸長が90mm以上の市販のドライバーの先端部を長さ90mm程度に切断し、アタッチメントを介して荷重測定器に取り付ける。貫入深さ測定時に目印になるゴム製のリング等をドライバーに取り付けておく。測定時は荷重が150Nに達するまで勢いをつけずにドライバーを木材に貫入させた後、ドライバーを引き抜き、ドライバー先端からゴムリングまでの距離を定規等で測定して貫入深さとする。

既往の研究では、飽水状態の健全材に荷重150Nでマイナスドライバー(ベッセル社製 No.9900, 軸径3mm, 先端厚0.45mm)を貫入させたとき¹⁵⁾の貫入深さの平均値は、ベイマツとカラマツで約4mm, アカマツで約5mm, トドマツで約10mm, スギで約8mmであり、プラスドライバー(大創産業製, 軸径3mm, head#0, No.312)の場合には¹⁷⁾, スギで約6mmであった。これらの値を大きく超えて貫入した場合、木材に劣化が生じている可能性が高い。

3.4.2 縦振動試験

木材試験体をクッション上に静置するか吊り下げ支持し、片方の木口面をハンマーで打撃し、マイクロフォン等で振動を検出し（写真-解 3）、周波数成分解析ソフトウェア（WaveSpectra など）を用いて縦振動の1次の固有振動数を求め、式(2)により動的ヤング係数を算出する。

$$E=(2L \cdot f)^2 \rho \quad (2)$$

ここに、 E : 動的ヤング係数(N/m²)

L : 材長(m)

f : 固有振動数(Hz)

ρ : 密度(kg/m³)

この方法により、試験体内の平均的な縦ヤング係数が評価できる。一般に木材の動的弾性係数は静的弾性係数より 5~10%大きな値を示し、その理由は静的測定の場合に塑性ひずみの影響が避けられないためとされている²⁴⁾。試験体の形状は棒状であることが望ましく、面材のような形状では曲げ振動やねじり振動の影響が顕著となる²⁴⁾。直径約 20cm の場合に 50cm 以上の材長が必要であるとする実験結果がある²⁵⁾。



写真-解 3 縦振動試験の一例⁴⁾

3.4.3 縦圧縮試験

丸太などは、長さが直径の 2~4 倍で、端面が並行になるように丸ノコなどで切断し、縦圧縮試験を実施する（写真-解 4）。また丸太やその他の木材から角柱試験体を採取して縦圧縮試験を行ってもよい。その場合の試験体寸法は、JIS Z 2101（木材の試験方法）に準じて、一辺の長さ(a)を 20~30 mm の正方形の断面とし、繊維に沿った長さを一辺の長さ(a)の 2~4 倍の直方体とする。

圧縮試験時の供試体の質量を測定し、全乾法により試験時の含水率を求める。

縦圧縮試験の結果を、ハンドブック類に記載されている樹種別の標準的な圧縮強度の値や、規準類に記載されている許容応力度の値と比較し、木材の健全性について考察する。その際、含水率が強度に及ぼす影響に注意する。繊維飽和点（含水率約 28%）以下の木材では、水分は結合水として存在し、結合水の増加は木材実質を膨潤させるとともにその凝集力を低下させる²⁶⁾ため、強度が低下する。このため木質構造設計規準²⁷⁾では、常時湿潤状態におかれる環境での含水率影響係数を 0.70、断続的に湿潤状態となる環境での含水率影響係数を 0.80 としている。

縦圧縮試験後の丸太は、必要に応じて乾燥させ標本とする。その際、背割りを入れておくとよい（写真-解 5）。



写真-解 4 縦圧縮試験の一例



写真-解 5 標本の一例

3.4.4 樹種判定

国内で木杭などに用いられる主な木材の樹種を表-解1に示す。樹種の識別は、密度、心材色、早晚材の移行などの年輪構造の特徴、木理（繊維の走行の状態）、肌目、光沢、匂い、道管・仮道管・樹脂道・柔組織等の特徴により行なう。顕微鏡観察により、一般的に植物分類学の属レベルまでの識別が可能である³⁰⁾。必要に応じて、専門家に樹種判定を依頼する。

表-解1 木杭などに用いられる主な樹種

木材名	針葉樹 / 広葉樹	植物学上の分類		平均的な 気乾密度 1.28) (g/cm ³)	心材色 1.28,29)
		学名	科		
スギ (杉)	針葉樹	<i>Cryptomeria japonica</i>	スギ科	0.38	淡紅色～暗赤褐色、 ときに黒褐色
ベイスギ (western redcedar)	針葉樹	<i>Thuja plicata</i>	ヒノキ科	0.32	暗赤褐色
アカマツ (赤松)	針葉樹	<i>Pinus densiflora</i>	マツ科	0.52	淡褐色～赤褐色
クロマツ (黒松)	針葉樹	<i>Pinus thunbergii</i>	マツ科	0.54	淡褐色～赤褐色
ペイマツ (Douglas fir)	針葉樹	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	マツ科	0.51	淡褐色～赤褐色
カラマツ (唐松, 落葉松)	針葉樹	<i>Larix kaempferi</i>	マツ科	0.50	褐色
トドマツ (榎松)	針葉樹	<i>Abies sachalinensis</i>	マツ科	0.40	灰白色～淡黄白色
エゾマツ (蝦夷松)	針葉樹	<i>Picea jezoensis</i>	マツ科	0.43	淡黄白色
モミ (樅)	針葉樹	<i>Abies firma</i>	マツ科	0.44	灰白色～淡黄白色
ヒノキ (檜, 桧)	針葉樹	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ科	0.44	淡紅色～淡黄褐色
バイヒ (Port Orford cedar, Lawson cypress)	針葉樹	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	ヒノキ科	0.47	黄白色～淡黄褐色
ヒバ (檜葉)	針葉樹	<i>Thujopsis dorabrata var. hondae</i>	ヒノキ科	0.45	淡黄色～淡黄褐色
バイヒバ (Araska cedar, yellow cypress)	針葉樹	<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	ヒノキ科	0.51	淡黄色～黄白色
ツガ (栂)	針葉樹	<i>Tsuga sieboldii</i>	マツ科	0.50	帯桃淡褐色
ベイツガ (western hemlock)	針葉樹	<i>Tsuga heterophylla</i>	マツ科	0.45	帯桃淡褐色
クリ (栗)	広葉樹	<i>Castanea crenata</i>	ブナ科	0.60	淡灰褐色～褐色
クス (楠, 樟)	広葉樹	<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ科	0.52	黄褐色～淡褐色
ケヤキ (欒)	広葉樹	<i>Zelkova serrata</i>	ニレ科	0.69	黄褐色～帯黄紅褐色

3.4.5 加害生物種の判定

地中・水中木材に加害する生物の例を表-解2に示す。必要に応じて生物種の判定を専門家に依頼する。

腐朽菌の菌種の判定は、子実体（きのこ）を形成させる方法や、DNA 配列に基づく同定法により行なわれる³¹⁾。細菌による劣化については、近年欧州で調査と対策の検討が活発化している³²⁾。細菌による劣化進行速度は腐朽菌と比較して非常に緩慢で、0.1～0.5mm/年程度であり、また劣化が心材部に達すると進行速度が著しく低下するとされている³³⁾。日

表-解2 地中・水中木材に加害する生物

種類	生物の例
褐色腐朽菌	オオウズラタケ, イドタケ, ナミダタケ
白色腐朽菌	カワラタケ, ホシゲタケ
軟腐朽菌	ケトミウム
細菌 (バクテリア)	
シロアリ	ヤマトシロアリ, イエシロアリ
海虫 (貝類)	フナクイムシ
海虫 (甲殻類)	キクイムシ, コツブムシ

本ではこれまで地中埋設木材の細菌による劣化の事例は見当たらない。

シロアリについては³¹⁾、日本全土に分布し湿潤材を好むヤマトシロアリと、温暖な海岸地域に分布し地中などに大きな巣を作り乾燥材にも激しい食害を与えるイエシロアリが、地中木材に加害する可能性がある。

海虫は海水と接する木材に加害する可能性がある。貝類のフナクイムシは木材内部に穿孔し石灰質の管を形成して生息する。甲殻類のキクイムシやコツブムシは木材の表面付近に巣穴を掘り生息する。キクイムシ食害は、密度が低く軟らかい針葉樹に生じやすい³⁴⁾。木材表面のキクイムシ食害が進行すると、木材内部のフナクイムシの石灰管が表出する(写真-解6)。コツブムシは河口部などの汽水域に多く、国内でも河川の感潮域の水制工に食害した事例が近年報告されている(写真-解7)³⁵⁾。



写真-解6 フナクイムシ食害とキクイムシ食害を受けたカラマツφ10cm 円柱材³⁶⁾



写真-解7 コツブムシ食害を受けた水制工のアカマツ丸太杭³⁵⁾

4. その他

4.1 木材の運搬

木材を試験室などに運搬する際には、以下のように行なうとよい。

- ①採取した木材を、水などで洗浄する。
- ②洗浄した木材には、上下方向や番号などを記しておく。特に、丸太などは縦方向に基準線を引いておくと切断した場合に、向きを合わせることができるので、便利である。
- ③洗浄した木材は、乾燥しないようにラップなどで覆う(写真-解8)。
- ④なお、丸太のように長いものをそのまま運搬できない場合には、1~2m程度に切断して運搬する。



写真-解8 木材の切断とラッピング

4.2 室内搬入

室内に運んだ木材は、以下のように入庫準備を行なう。

- ①材は十分洗浄する(写真-解9)。
- ②木材の状況についてスケッチや写真撮影をする。この時、丸太などの場合は先端部(地盤中で下端部)を画面上の左側へ向け、手前にスケールを設置する(写真-解10)。
- ③木材の各位置や方向などが分かるように油性ペン(三菱鉛筆のポイントマーカーではPX-20(中字)が丁度良い太さで、飽水状態の暗色の木肌には白、黄、桃、水色が目立つ)でマーキングを行なう。



写真-解9 搬入した丸太の洗浄

丸太などの場合、縦に基準線を引いておくことと便利である。目視腐朽度判定のために、4cm×4cmの正方形のマスを木材の適切な位置に描く。丸太などの場合は、縦方向に丸太先端部（地盤中にて下端部）より10～100cmごと、周長方向には45～90°ごとにマスを描く。丸太上端にもマスを描く（写真-解11）。ただし、節は避ける。また、健全度に応じ明らかに健全な箇所は間引く。

④切断する場合は、縦圧縮試験などその後実施する試験の供試体の長さを考慮して、適切な長さに切断する。



写真-解10 丸太の写真撮影の一例



写真-解11 マスの記入例

参考文献

- 1) 岡野健, 祖父江信夫編: 木材科学ハンドブック, 朝倉書店, 2006.
- 2) 屋我嗣良, 河内進策, 今村祐嗣編: 木材科学講座 12 保存・耐久性, 海青社, 1997.
- 3) 島地謙ら: 木材の構造, 文英堂出版, 第5版, pp.12-13 (執筆者: 佐伯浩), 1994.
- 4) 三村佳織: 丸太による液状化対策工法の地盤改良効果と生物劣化に関する研究, 学位論文, 2017.
- 5) 土木学会木材工学委員会: 土木技術者のための木材工学入門, 丸善, 2017.
- 6) 土木学会木材工学委員会: 木材利用ライブラリー005—国内の構造物基礎における木材利用事例と設計方法の変遷, 2012, <http://committees.jsce.or.jp/mokuzai/system/files/005.pdf>
- 7) 沼田淳紀, 中村裕昭, 本山寛, 水谷羊介, 濱田政則: 85年前に軟弱地盤に構築された木杭基礎の調査, 木材利用研究論文報告集9, pp.10-16, 2010.
- 8) 中村裕昭, 濱田政則, 沼田淳紀: 土木分野での木材地中使用の歴史的事例, 木材利用研究論文報告集11, pp.95-101, 2012.
- 9) 山田昌郎: 木材の海虫害とその防除法ならびに臨海部の気中での風化に関する実験, 港湾空港技術研究所資料 No.1281, 2014, <https://www.pari.go.jp/files/items/7226/File/no.1281.pdf>
- 10) 坂本寛章, 近藤政弘, 細井幹生, 西岡英俊: 長期間供用された鉄道橋りょうの木杭調査, 第11回地盤工学会関東支部発表会, 2014.
- 11) 林業試験場木材防腐研究室: 木材防腐実地試験資料1, 浅川分室廿里苗畑防腐処理外柵被害調査, 林業試験場研究報告, 第103号, pp.155-158, 1957, <https://www.ffmpegri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/101/documents/103-10.pdf>
- 12) 林業試験場木材防腐研究室: 木材防腐実地試験(3) 本場テニスコート防腐処理外柵の年間の4～7年間の被害調査(2), 林業試験場研究報告, 第130号, pp.193-194, 1961, <https://www.ffmpegri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/101/documents/130-11.pdf>
- 13) 飯島泰男: 土木用木質構造物の耐用年数評価について, 木材保存, Vol.25, No.5, pp.209-218, 1999, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwpa1975/25/5/25_5_209/_article/-char/ja/
- 14) 森満範, 宮内輝久, 杉山智昭, 前田典昭, 藤原拓哉, 今井良: 北海道内で土木資材として使用されているカラマツの耐朽性, 北海道立林産試験場報 Vol.20, No.1, pp.17-24, 2006, <http://www.f>

pri.hro.or.jp/rsjoho/20620131724.pdf

- 15) 山田昌郎, 原忠, 水谷羊介, 三村佳織, 沼田淳紀, 中村克彦, 吉田雅穂, 森満範, 末次大輔, 野田龍, 梅津啓史: 木材の含水率がピロディン試験値とドライバーの貫入深さに及ぼす影響, 木材利用研究論文報告集 16, pp.63-70, 2017, <http://committees.jsce.or.jp/mokuzai07/system/files/r1614.pdf>
- 16) 皆川隆一, 大西裕二: 品質保証された県産スギ構造用製材の生産のための試験, 平成 18 年度宮城県林業試験場業務報告 (第 40 号), pp.1-2, 2007.
- 17) 佐山達哉, 野田龍: 水分変動下におけるピン打ち込み抵抗特性, 第 67 回日本木材学会大会研究発表要旨集 CD-ROM, 2017.
- 18) 秋田寛己: 木堰堤の密度に関する経年変化—長野県内における最大 9 年経過の調査結果より—, 日本森林学会誌, Vol.97, pp.127-131, 2015, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjfs/97/2/97_127/_pdf/-char/ja
- 19) 内藤洋司, 真柄泰央, 南谷将光, 山内仁人, 臼田寿生, 和多田友宏, 明石浩和, 石川芳治: 木製治山ダムの維持管理手法—簡便で効果的な腐朽厚の測定—, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集 A, pp.268-269, 2015, <http://www.jsece.or.jp/event/conf/abstract/2015/pdf/P1-088.pdf>
- 20) 明石浩和, 森拓郎, 田淵敦士: 木製治山ダム部材の簡便な劣化診断手法, 第 66 回日本木材学会大会研究発表要旨集 CD-ROM, 2016.
- 21) 木製治山構造物技術指針検討会: 木製治山構造物技術指針 (案) (耐久性を期待する木製治山構造物の設計・施工・維持管理), 2016, <https://web.tuat.ac.jp/~sabo/img/file11.pdf>
- 22) 野田龍, 佐山達哉, 佐藤利樹, 後藤文彦, 佐々木貴信: フォースゲージを用いた劣化診断手法の開発, 第 33 回木材保存協会年次大会論文集, pp.22-23, 2017.
- 23) 野田龍: 荷重測定器を用いた腐朽劣化診断手法の基礎的実験, 木材保存, Vol. 44, No. 4, pp. 226-234, 2018, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwpa/44/4/44_226/_article/-char/ja
- 24) 日本住宅・木材技術センター: 構造用木材の強度試験マニュアル, 2011, <http://www.howtec.or.jp/files/libs/1828/201712121507021978.pdf>
- 25) 原忠, 三村佳織, 林聖淳, 矢野和則: 高知県国分川の木製水制工を対象とした長期耐久性評価 その 2 縦圧縮強度特性, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, V-011, 2018.
- 26) 伏谷賢美ら: 木材の物理, 文英堂出版, 第 3 版, p.109 (執筆者: 竹村富男), 1991.
- 27) 日本建築学会: 木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—, 第 4 版, 2006.
- 28) 森林総合研究所監修: 改訂 4 版 木材工業ハンドブック, 丸善, 2004.
- 29) 村山忠親, 村山元春: 原色木材大事典 170 種, 誠文堂新光社, 2008.
- 30) 安部久: 木材の樹種識別の重要性と識別技術, 木材学会誌, Vol.62, No.6, 2016, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwrs/62/6/62_240/_article/-char/ja/
- 31) 日本木材保存協会, 木材保存学入門 (改訂 3 版), 2012.
- 32) Klaassen, R.K.W.M.: Life Expectation of Wooden Foundations - a Non-Destructive Approach, International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), 2015, https://www.ndt.net/article/ndtce2015/papers/120_klaassen_rene.pdf
- 33) Zelada-Tumialan, G., Konicki, W., Westover, P. and Vatovec, M.: Untreated Submerged Timber Pile Foundations, Part 1: Understanding Biodegradation and Compressive Strength, STRUCTURE magazine, Dec. 2013, pp.9-11, <https://www.structuremag.org/?p=1235>
- 34) 山田昌郎, 森満範: 無処理木材の密度および硬さと海生キクイムシ食害の関係に関する実験, 木材利用研究発表会講演概要集 17, pp.93-100, 2018.

- 35) 三村佳織, 原忠, 加藤英雄, 本田賢児, 中内卓也: 汽水域における木材の劣化要因に関する考察, 木材保存, Vol.43, No.1, pp.2-12, 2017, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwpa/43/1/43_2/_article/-char/ja
- 36) 山田昌郎, 森満範: 海虫害を受けた木材の質量減少と強度低下, 木材利用研究論文報告集 10, pp.124-129, 2011.

地中使用する木材の耐久性評価に関する研究小委員会

	氏名	所属
(委員長)	末次 大輔	佐賀大学
(副委員長)	山田 昌郎	(国研) 港湾空港技術研究所
(幹事長)	水谷 羊介	兼松サステック (株)
	原 忠	高知大学
	桃原 郁夫	(国研) 森林総合研究所
	阿部 慶太	(公財) 鉄道総合技術研究所
	五十嵐 一朗	昭和マテリアル (株)
	五十嵐 幸毅	昭和マテリアル (株)
	池田 浩明	昭和マテリアル (株)
	植田 謙三	近畿設計測量 (株)
	久保 光	福井県
	鈴木 博	(株) 寒風
	辻井 修	(株) 安藤・間
	手塚 大介	兼松サステック (株)
	富澤 幸一	北武コンサルタント (株)
	中瀬 仁	東電設計 (株)
	中村 克彦	水産庁
	梅津 啓史	(国研) 水産工学研究所
	中村 裕昭	(株) 地域環境研究所
	沼田 淳紀	飛島建設 (株)
	三浦 哲彦	(株) 軟弱地盤研究所
	三村 佳織	兼松サステック (株)
	森 満範	(地独) 北海道立総合研究機構
	吉田 雅穂	福井工業高等専門学校
	尾崎健一郎	(株) 熊谷組
	秋田 寛己	(国研) 土木研究所

(執筆者 山田昌郎)