

# 第3章

## 木材の特性

## 第3章 木材の特性

丸太杭は、土木構造物の基礎杭以外にも柵杭、造園資材など広く活用されている。本章では、丸太杭基礎に用いる丸太杭の基本事項について解説する。

### 3.1 木材の基本事項

使用材料は主に針葉樹材（スギ・ヒノキ・マツ等）を使用するが、「福井県木材利用基本方針」を踏まえて県産材を利用し、特にスギ、ヒノキの間伐材の使用が望まれる。杭径の呼び径は末口を基本とし、一般的な地盤補強の丸太杭には末口径 $\phi_e=12\text{cm}\sim 18\text{cm}$ 、杭長 $2\text{m}\sim 8\text{m}$ が用いられているが、本県においては、現況の森林状況から末口径 $\phi_e=10\text{cm}\sim 16\text{cm}$ 、杭長 $2\text{m}\cdot 3\text{m}\cdot 4\text{m}$ を標準的寸法とし、杭長 $4\text{m}$ を超える場合は受注生産とする。樹皮は、土壌との摩擦力低減の原因となるため剥ぎ取り、末口および元口の切断面は可能な限り水平とし、杭頂部が地下水面以浅に位置する場合を除き防腐処理は行わない。防腐処理を施した丸太杭を使用する場合は、最低でも製材の日本農林規格の保存処理K3相当以上の処理とする（表-3.1.1）。また、防腐剤の種類を確認し、河川、水路、耕作地などに悪影響を与えないように配慮しなければならない。土壌汚染の影響が考えられる場合は、その対策を考慮する必要がある。

表-3.1.1 日本農林規格の性能区分

性能区分	樹 種 区 分	基 準
K1	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が90%以上
K2	耐久性D1の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が20%以上
	耐久性D2の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
K3	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
K4	耐久性D1の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
	耐久性D2の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ15mm（厚さが90mmを超える製材については、20mm）までの心材部分の浸潤度が80%以上
K5	すべての樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ15mm（厚さが90mmを超える製材については、20mm）までの心材部分の浸潤度が80%以上

注) 1 耐久性D1の樹種：ヒノキ、スギ、カラマツ等心材の耐久性がこれらに類するもの

2 耐久性D2の樹種：アカマツ、クロマツ等心材の耐久性がこれらに類するもの

## 3.2 コンクリート杭や鋼管杭と比較した丸太杭の長所および短所

### 3.2.1 丸太杭の長所

- ① 丸太杭は、コンクリート杭や鋼管杭に比べて軽量で鉛直支持力の面で有利となり、重量の割に十分な強度を備えている。
- ② 杭打設時に発生した周辺粘土中の過剰間隙水圧は杭周面に水膜を発生させることになるが、丸太杭はその特性から水膜を吸収するので地盤との密着性が確保される。
- ③ 大規模な施工機械を必要としないため、軟弱地盤における施工性に優れている。
- ④ 無泥水・無排土での施工及び間伐材の利用が可能であり、材料としては他の材質による杭よりも経済的であり、常時水面下であれば腐らず耐久性がある。
- ⑤ 丸太杭に加工される樹木が大気中の二酸化炭素を吸収固定し、それを地中に打設することから、二酸化炭素を地中貯蔵し温室効果ガス削減に貢献となる。

### 3.2.2 丸太杭の短所

- ① 材料の寸法、特に雪害・獣害による形状（根曲り・先折れ等）にばらつきがあり、品質確保と品質管理の上で注意が必要である。
- ② 地下水より上の部分は腐朽しやすいので、対策が必要となる。

## 3.3 丸太杭の耐久性

### 3.3.1 木材劣化の要因

木材は、長期的に使用できる生物素材であるが、さまざまな理由で劣化していく。時間の経過とともに劣化が進むと木材の強度低下などの問題が発生し、目的とした使用に耐えられなくなる。それに至るまでの時間は、外部の環境条件や木材の種類、発生した劣化の種類などによって異なってくるので、ここでは木材に発生する劣化の種類について解説する。

#### (1) 木材腐朽菌による劣化（褐色腐朽、白色腐朽、軟腐朽）

木材が劣化する主な原因の一つで、一般的にキノコとして知られている担子菌類によるものが多い。分解の仕方により、褐色腐朽、白色腐朽、軟腐朽に分けられ、これらを引き起こす菌類を木材腐朽菌類と呼ぶ。

褐色腐朽は針葉樹材に多く、木材の主要成分であるセルロース、ヘミセルロースが分解されるが、リグニンはほとんど分解されないため、腐朽した材は褐色に見える。

白色腐朽は広葉樹材に多く、セルロース、ヘミセルロース、リグニンのすべてが分解されるため、腐朽した材は、白色に見える。

軟腐朽は、セルロース、ヘミセルロースを分解するが、褐色腐朽のようにセルロースを急激に分解はしない。リグニンも幾分は分解する。原因となる菌は、子のう菌類や不完全菌類であり、橋脚材や土壌に接する高含水率状態の木材を腐朽させる。

#### (2) その他の菌類やバクテリアによる劣化（表面汚染菌、変色菌、バクテリア）

表面汚染菌は、真菌類のいわゆるカビで、木材表面の糖などしか利用できないため、質量減少や強度低下などの劣化は大きくない。

変色菌は、主に子のう菌類が原因で、木材の辺材部に変色を起し辺材内部にまで影響する。しかし、木材の構成要素であるセルロースやリグニンはほとんど分解されないため、強度低下などにはあまり影響しないといわれているが、衝撃曲げ強度が若干低下するという報告も

ある。

バクテリアは、木材が湿った環境下にある時、初期に侵入してくる。また、長期間、池や河川に貯木したり、地中に埋めたり、海水中に浸積したとき、特殊な環境下ではバクテリアによる劣化が生じる。ただし、木材腐朽菌（担子菌など）と比べ、質量の減少（バクテリアによる分解）は少なく、実際にどの程度木材を劣化させるかについては、詳しくは明らかになっていない。

### (3) 虫による劣化（シロアリ、その他による被害）

虫による劣化において、もっとも被害が大きいのはシロアリによる食害であり、日本ではヤマトシロアリやイエシロアリの被害が多い。住宅等における虫害にはヒラタキクイムシなどの甲虫類による被害もあるが、土壌中の湿った環境で使用する丸太の場合には無視しても良い。

### (4) ウェザリング（weathering）による被害

野外に暴露することにより劣化する現象で、一般的には紫外線や光酸化によるリグニンの分解などがある。野外に暴露すると、1週間程度で黄変がみられ、その後退色により白くなる。さらに進むと1年もたたないうちに暗い灰色に変色する。分解された成分は、水可溶性の成分になることで、木材表面から溶脱していく。

## 3.3.2 木材が腐朽する条件

本項は、木材劣化の要因の中から、木材の強度低下をもたらす最も重要な原因の一つである木材腐朽菌（褐色腐朽菌、白色腐朽菌、軟腐朽菌）による劣化、腐朽の発生条件について述べる。木材の腐朽が発生するには、腐朽菌が活動するために必要な水分、空気（酸素）、温度の条件が大きく関係している。これら必須条件のうち、いずれか1つでも腐朽菌が好まない方向へと変えてやり、その状態を維持することができれば木材腐朽の活動を大幅に抑えることができる。ここでは、腐朽菌が活動するために必要なそれぞれの条件について解説する。

### (1) 水分

木材腐朽菌の生育には水を必要とする。木材中に含まれる水分量を含水率と呼び、湿った状態の木材中に含まれる水分量をその木材を乾かした際の木材の質量で割った値の百分率で表す。

含水率(%) = (湿った木材の質量 - 完全に乾いた木材の質量) ÷ 完全に乾いた木材の質量  
が、40%~150%の範囲で腐朽が生じやすい。

### (2) 空気（酸素）

生物が活動していくには、必ずエネルギーを必要とする。このエネルギーは、栄養分を分解することで獲得されるが、その方法には、酸素を必要とする「呼吸」と、酸素を必要としない「発酵」の2つの方法が存在する。木材の腐朽をもたらす木材腐朽菌は、呼吸を行う生物の仲間であるため、空気（酸素）の存在しない環境下では活動すること（エネルギーを得ること）ができない。したがって、木材の腐朽も生じない。

水中などで長期に木材を保存した場合、木材内部の細胞空洞すべてに水が満たされることになる。そうすると、結果的に酸素不足になり、木材は腐朽しにくくなる。

### (3) 温度

木材腐朽菌の生育は、温度によって影響を受ける。一般的に低温では生育が悪く、適温で最も繁殖する。高温になると菌の生育が悪化し、ついには死滅するか孢子による休眠状態に陥る。木材腐朽菌が生育できる温度は、およそ0℃～50℃である。

#### 3.3.3 木材の種類による耐朽性の違い

腐朽に対する木材の抵抗性と深い関係がある抽出成分について解説し、各樹種の耐朽性について示す。

腐朽に対する木材の抵抗性（耐朽性）は、樹種の組織構造、比重や硬さなどの物理的な性質などにも関係するが、最も関係深いのは木材に含まれている抽出成分である。抽出成分とは、ヘキサン、ベンゼン、エーテル、アセトン、アルコール、水などによって木材から抽出される、フェノール類やトロポノイド、キノイド、スチルベン類およびロウ質類、テルペン類などの成分の総称である。これらの成分は、腐朽菌の活動を阻害したり、ロウ質類のように木材内部で疎水性の成分として働くことで、木材を保護する役割をしている。

抽出成分は、木材の心材部分に存在し、辺材部分にはあまり存在しない。加えて、辺材部分には、腐朽菌が利用しやすい糖やでんぷん、窒素化合物が心材よりも含まれていることから、どの樹種でも辺材は腐朽しやすい。抽出成分を含む心材については、樹種により耐朽性に大きな違いがあるため、その評価結果を表-3.3.1に示す。

表-3.3.1 各樹種の心材の耐朽性<sup>1)</sup>

耐久性の区分	日本材	北米材, ソ連材	南洋材
極大 (野外で9年以上)			ギアム、コキクサイ、バラウ、セラングンバツ、ヤカール、エボニー、ウリン、イピール、メルバウ、インツィア、ビチス、チーク、バンキライ、コムニャン
大 (野外で7-8.5年)	ヒノキ、サワラ、ネズコ、アスナロ、ヒバ、コウヤマキ、クリ、ケヤキ、ヤマグワ、ニセアカシヤ、ホオノキ	ベイヒ、ベイヒバ、インセンスシーダー、ベイスギ、センベルセコイア、ブラックウォールナット	レンガス、レザック、ナリグ、ケラット、ホワイトメランチ、セプターパヤ、パドーク、ピンカドー、セドレラ、チュテールバンコイ、マホガニー
中 (野外で5-6.5年)	シラベ、カラマツ、クサマキ、イチイ、カヤ、トガサワラ、スギ、カツラ、スダジイ、クヌギ、ナラ、アラカシ、シラカシ、ダブノキ	ダフリカカラマツ、ベイマツ、ホワイトオーク、ベカン、バターナット	カナリウム、クルイン、カブール、ブジック、ライトレッドメランチ、イエローメランチ、マラス、メンガリス、ケンバス、アルトカルプス、バカウ、スロークラハム、カロフィルム、テラリン、メルサワ、チュテールサール、ボルネオオーク
小 (野外で3-4.5年)	モミ、アカマツ、クロマツ、イチヨウ、マカンバ、コジイ、コナラ、アベマキ、イヌエンジュ、アカガシ、イチイガシ、ヤチダモ、キハダ、ヒメシャラ	ボンデローサマツ、スラッシュマツ、ストローブマツ、テーダマツ、ベイツガ、ソフトメープル、イエローバーチ、ヒッコリー	アローカリア、カポック、ドリアン、ターミナリア、エリマ、アピトン、アルモン、レッドラワン、タンギール、マンガシノロ、ニュージランドビーチ、ピンタンゴール、ゲロンガン、ジョンコン、マングローブ、マトア、タウン、カサイ、ナトー、ケレダン、ユーカリ
極小 (野外で2.5年以下)	ハリモミ、アオモリトドマツ、トドマツ、エゾマツ、トガサワラ、イタヤカエデ、セン、ヤマハンノキ、ミズメ、シラカンバ、アカシデ、ミズキ、ブナ、イヌノキ、トチノキ、クスノキ、シナノキ、シオジ、ドロノキ、オオバヤナギ、イイギリ、オオバボダイジュ	ベイモミ、スプルース、ラジアタマツ、アスペン、コットンウッド、アメリカシナノキ	アガチス、ブライ、ジェルトン、カラス、パラゴムノキ、ラブラ、アンベロイ、セルチス、キャンプノスパーマ、アルストニア、プランチョネラ、バスウッド、ロヨン、ホワイトシリシス、ラミン、カナリウム、オベチエ、アルマンガ、ビヌアン、カランバヤン、チャンバカ

参考文献

1) 社団法人 日本木材保存協会, 木材保存学入門 改訂版, 2001.