

4. 構造材の干割れと力学的性質

宮崎県工業試験場工芸支場

荒武志朗

はじめに

構造材を乾燥する過程で発生する損傷には、割れ、落ち込み、狂い、表面硬化、変色など¹⁾がある。これらの損傷は、場合によっては利用上大きな障害となり、クレームの対象となることも多い。特に、干割れに対する工務店やハウスメーカーなどの評価は厳しく、近年報告された乾燥に関するクレームの中でも一位にランクされている²⁾。その理由としては、外観上の問題(視覚的に見苦しい)、施工上の問題などの他に、力学的性質の低下も挙げられており、構造材としての性能自体を危惧する声も少なくないようである。一方、『針葉樹の構造用製材の日本農林規格』の割れに関する規定は、貫通割れのみを対象としているが、これは干割れが力学的性質に影響しないとの考えに基づいている。また、収縮率や密度との関連から、むしろ干割れを生じ易い材の力学的性質は優れていると推察されなくもない。

この様なことから、上述したユーザーサイドの危惧に対しては、早急に実験的な確認を行ったうえ、その結果を公表していく必要があろう。ここでは、国産材の代表であるスギの構造材(心持ち正角材)を供試して、力学的性質に及ぼす干割れの影響を実験的に検討したので、その結果を報告する。

1. 供試材と干割れの評価方法

実験には、宮崎県耳川流域産スギの心持ち正角材(長さ300cm, 断面10.5cm角)60体を用いた。これらに対し、2か月間の天然乾燥を実施した後、蒸気式により65～70℃、相対湿度80～95%で30日間の人工乾燥を実施した。また、供試体の積積み位置によって干割れの進行条件が異なるため、一定期間毎に積積みをし直して、全供試体がほぼ同期間外側に配列されるようにした。なお、乾燥終了時の密度は0.38g/cm³、含水率は13.2% (何れも平均値)であった。

干割れの評価は、以下の2通りの方法で行った。干割れが力学的性質に及ぼす影響を調べるためには、干

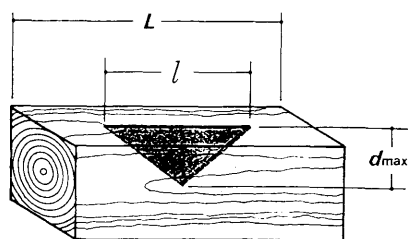
割れによって欠損した部分の縦断面積を求めなければならない。しかしながら、これを厳密に求めることは困難である。そこで、便宜上、第1図に示す干割れの長さ方向の両端と干割れの最大深さの位置を頂点とする三角形の面積の4材面における合計、すなわち $(ld_{max}/2) \times 4$ (cm²) を干割れによる縦断面の欠損面積とみなして評価することにした。以下、 $(ld_{max}/2) \times 4$ については、干割れ面積と記す。

一方、現場的には、簡易に干割れの長さのみから力学的性質に及ぼす影響を評価出来ることが望ましい。そこで、第1図に示す供試体4材面の長さの合計(4L)に対する同材面に生じた干割れ総長さ($\sum l$)の割合、すなわち $(\sum l / 4L) \times 100$ (%) を併せて評価した。以下、これを干割れ率と記す。

2. 実験結果

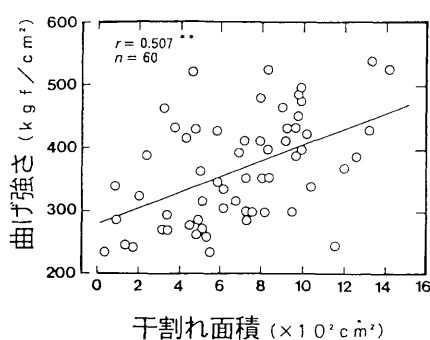
2.1 干割れの曲げ強さに及ぼす影響

干割れ面積と曲げ強さの関係、及び干割れ率と曲げ強さの関係をそれぞれ第2、3図に示す。同図から、両者の関係は、何れも危険率1%の高い相関を得ており、干割れが顕著なほど曲げ強さは高くなる傾向を示している。また、この傾向は、特に干割れによる縦断面の欠損面積を対象とした第2図で著しい。したがって、干割れによって縦断面を大きく欠損した材であっても曲げ強さが低いとは言えず、むしろ干割れを生じやすい材の強度は優れている可能性も考えらえる。以下、この原因について考えてみる。木材の収縮率と密度の間には密接な関係があるとされており³⁾、また、収縮率が干割れの発生に最も関係の深い因子とされている¹⁾。さらに、強度は密度に依存するとされており、今回も曲げ強さと乾燥後の密度の関係は、 $r=0.743^{**}$ の高い相関を得た。したがって、曲げ強さと干割れの関係は、高い強度→高い密度→著しい収縮→大きな干割れといった相互の関連から説明可能と推察した。ところが、乾燥後の密度と干割れ面積の相関性は、第4図に示すようにほとんど認められない。すなわち、干割れ材の曲げ強さが高い原因を密度との関連から説明

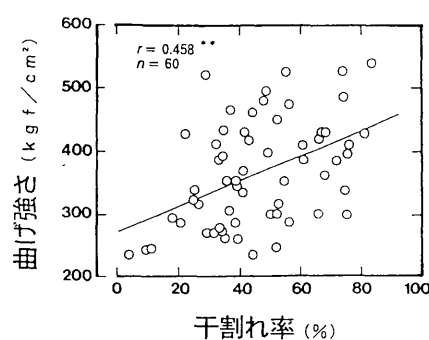


第1図 干割れの評価方法

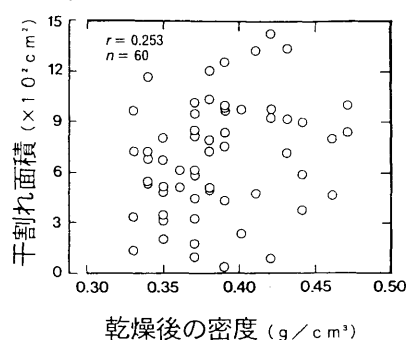
L : 材長 (cm)
l : 干割れ長さ (cm)
 d_{max} : 干割れの最大深さ (cm)



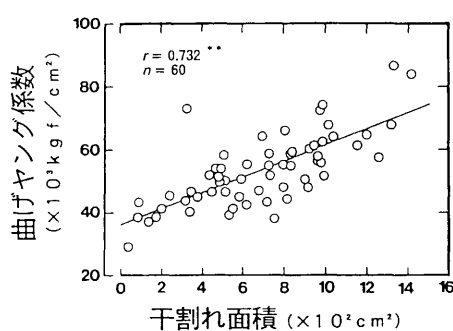
第2図 干割れ面積と曲げ強さの関係



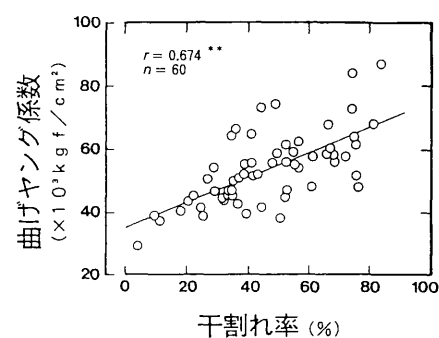
第3図 干割れ率と曲げ強さの関係



第4図 乾燥後の密度と干割れ面積の関係



第5図 干割れ面積と曲げヤング係数の関係



第6図 干割れ率と曲げヤング係数の関係

することは困難なようである。これについては、引き続き次節で考察を加える。

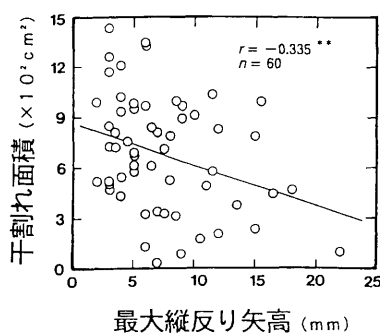
2.2 干割れの曲げヤング係数に及ぼす影響

干割れ面積と曲げヤング係数の関係、及び干割れ率と曲げヤング係数の関係をそれぞれ第5, 6図に示す。同図から、両者の相関は曲げ強さにおけるよりもさらに高くなっている。また、この傾向は、曲げ強さと同様に、干割れによる縦断面の欠損面積を対象とした場合(第5図)において特に著しい。すなわち、曲げヤング係数についても干割れを生じやすい材の方が相対的に高い結果となった。この原因について、以下考えてみる。最大縦反り矢高と干割れ面積の関係を第7図に示す。同図から、両者の関係は危険率1%で負の相関を得ており、縦反りが大きいほど干割れが少ない傾向を示している。一方、図には示していないが、最大縦反り矢高と曲げヤング係数の間には危険率5%で負の相関を得ており、縦反りが大きいほど曲げヤング係数が低い傾向を示した(干割れが著しい場合と逆の傾向である)。ここで、木材は、含水率が繊維飽和点以下になると収縮しようとするが、材内の水分傾斜や収縮異方性などによって収縮が制約される。このとき、

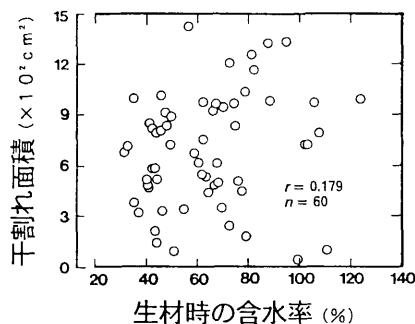
細胞自体の変形が容易であれば、干割れに結びつくと思われる細胞間層からの破断が生じにくくなる代わりに、変形(反り)が生じやすくなるはずである。すなわち、第7図に示したような縦反りと干割れの関係は、主として細胞自体の変形の難易によって生じるものと考えらえる。また、このような変形の難易が曲げヤング係数の大小に密接に関わると考えれば、前述したような、縦反りが大きい(細胞自体が変形し易い)ほど曲げヤング係数が低い傾向を示した結果や、干割れが著しい(細胞自体が変形しにくい)ほど曲げヤング係数が高くなる傾向を示した第5, 6図の結果も、十分に説明出来る。

ところで、一般的な傾向と同様に、ここでも曲げ強さと曲げヤング係数の相関は高い結果が得られた($r=0.628^{**}$)。したがって、干割れを生じやすい材を曲げヤング係数の高い材と考えれば、前述した干割れと曲げ強さの関係も容易に理解できる。

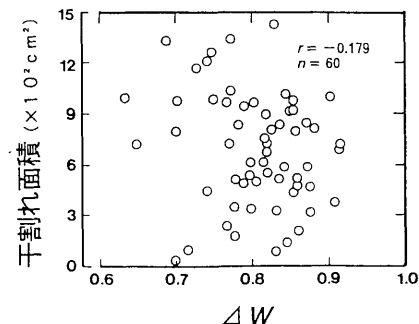
以上の結果は、干割れによって縦断面を大きく欠損した場合であっても材質の低下にはほとんど影響しないことや、干割れを生じやすい材の材質が、少なくとも変形しやすい材の材質に比べて相対的に高いことを示している。



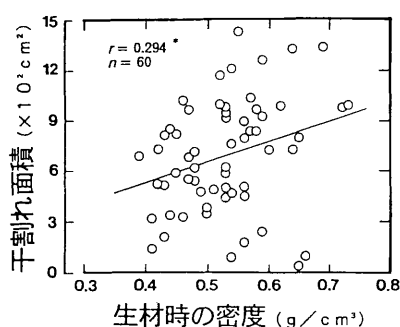
第7図 最大縦反り矢高と干割れ面積の関係



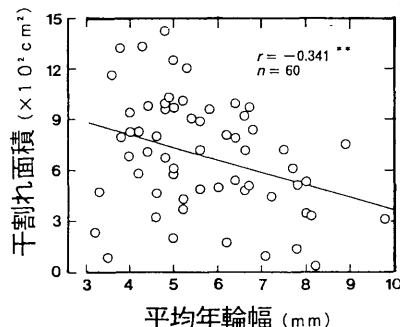
第8図 生材時の含水率と干割れ面積の関係



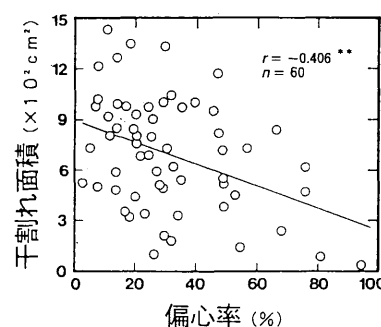
第9図 生材重量に対する天然乾燥1カ月経過後の重量の比(ΔW)と干割れ面積の関係



第10図 生材時の密度と干割れ面積の関係



第11図 平均年輪幅と干割れ面積の関係



第12図 偏心率と干割れ面積の関係

2.3 干割れの予測因子

ここでは、干割れを生じやすい材の予測可能性について検討する。

供試体の生材時の含水率と干割れの面積の関係、生材時の重量に対する天然乾燥1カ月経過後の重量の比(以下ΔWを記す)と干割れ面積の関係、及び生材時の密度と干割れ面積の関係をそれぞれ第8～10図に示す。各図を見てみると、第8、9図では有意な相関が得られておらず、第10図でも危険率5%の相関を得ているもののばらつきが大きい。したがって、これらの結果では構造材の干割れは、生材時の含水率や乾燥初期の含水率変化の程度には大きく依存しなかった。

平均年輪幅と干割れ面積の関係を第11図に示す。同図を見ると、平均年輪幅が小さいほど干割れが生じやすい傾向を示している。すなわち、干割れに対する平均年輪幅の関与が認められた。

偏心率と干割れ面積の関係を第12図に示す。同図から、大きく偏心している材ほど干割れが少ない傾向を示している。この原因の一つには、偏心材の繊維走向が材の軸方向に平行でないために干割れが連続しにくいことが考えられる。

以上の結果をベースに、干割れの面積を目的変数、上述した各因子及び曲げヤング係数を説明変数として変数減少法による線形重回帰分析を行った。その結果、最適重回帰モデルは曲げヤング係数、ΔW、偏心率の組み合わせがベストとなった。ただし、上述の各因子を全て組み合わせても曲げヤング係数単独よりも推定精度は低い。したがって、構造材の乾燥に当たって干割れが生じやすい材を予測する場合、曲げヤング係数に注意することが適切であろう。しかしながら、本研究では一般的に言われる干割れの原因とは必ずしも一致しない結果も得られていることから、実際には、干割れは水分傾斜、収縮異方性のみならず、製材方法、乾燥方法なども含めた各因子間の複雑な関連から発生することに注意する必要がある。

まとめ

スギ構造材(心持ち正角材)に対して、比較的厳しい乾燥条件により気乾状態まで乾燥した後曲げ試験を行い、干割れが曲げ強さ及び曲げヤング係数に及ぼす影響を調べた。また、干割れを生じやすい材の予測因子についても併せて検討した。その結果、干割れは曲

げ強さ及び曲げヤング係数には影響せず，むしろ干割れを生じやすい材の方が強度的に優れている可能性も示唆された。一方，干割れを生じやすい材の予測指標としては，偏心率などの視覚的因子よりも，曲げヤング係数の方が高い推定精度を示した。

これらの結果が，多少なりとも干割れ材の力学的性質に対するユーザーサイドの危惧の緩和につながれば幸いである。

文 献

1) 寺沢真，筒本卓造：“木材の人工乾燥”，社団法人

人日本木材加工技術協会，1976，p.44-56.

2) 大熊幹章：木造住宅における木材乾燥の実態とその適正化に関する研究，住宅・土地問題研究論文集(15)，271-316，財団法人日本住宅総合センター(1990)．

3) 伏谷賢美他 8 名：“木材の物理”，文永堂出版，1989，p.64.

4) 小林好紀：スギ心材の乾燥特性とその改善の試み，日本木材学会「スギ」分科会，43-44 (1991) ．