

平成10年度 農林水産省補助事業
住宅資材性能規定化対策事業

住宅資材性能規定化対策事業

地域材性能評価事業・報告書

＜構造用木材の強度試験法＞

平成11年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

平成10年度 農林水産省補助事業、性能規定化対策事業 地域材性能評価事業報告書

I. 事業目的

建築基準法が平成10年6月に改訂されて、建築基準が従来の仕様規定から性能規定による制度へと変更されることになった。木材強度関係では、性能規定化に対応するためには、木材の強度性能を的確に把握することが重要な課題となってくる。特に各地域から産出される木材の需要はほとんどが当該地域で建築される在来軸組工法住宅であることから、構造体として使用される部材の強度、構造体等の強度性能を明らかにして、合理的かつ省資源的な使われ方であることが望ましい。部材や構造体の合理的な設計を行うためには、使用される木材の強度性能が明確化されていることが必要であり、そのためには試験を行って強度性能を評価することが前提となる。しかし、現状では試験方法並びにその評価方法について統一的な試験法が定められていない。そこで、本事業では、諸外国、ISOの試験法等を参考にして構造用途の木材の強度試験法を定めることとした。また、統一的な試験方法並びに評価方法に基づいて各地域材の強度性能把握を行うためには、試験方法を広く普及することが重要である。そこで、各地域において試験や性能把握に携わる研究者、技術者を対象として、作成した試験法マニュアルの研修会を実施することとした。

II. 実施概要

構造用木材の強度試験法を作成するために専門家による委員会を設置し、試験方法の検討を行うこととする。平成10年度は曲げ以外の強度試験について取り上げ、試験方法とその解説、並びに試験によって得られたデータの統計的解析方法等をとりまとめる。また、作成された試験方法マニュアルについて各都道府県の担当部署および試験機関を対象に研修会を開催し、成果の普及を行なう。

III. 委員会組織等

下記の専門家による委員会を設置し、試験方法案等の検討を行った。

1. 試験方法検討委員会（敬称略、順不同）

委員長	飯島 泰男	秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所、教授
委員	河合 直人	建設省建築研究所基準認証センター、認証システム研究室長
委員	神谷 文夫	農林水産省森林総合研究所木材利用部、構造性能研究室長
委員	長尾 博文	農林水産省森林総合研究所木材利用部、材料性能研究室主任研究官
委員	藤原 拓哉	北海道立林産試験場性能部、材料性能科
委員	池田 潔彦	静岡県林業技術センター、主任研究員
委員	中谷 浩	富山県林業技術センター木材試験場、主任研究員
委員	堀江 和美	(有)木質構造研究所、代表取締役
協力委員	小林 重善	林野庁林産課、住宅資材技術専門官
事務局	牧 勉	(財)日本住宅・木材技術センター、試験研究部長
事務局	山田 誠	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究所、主任研究員
事務局	高田 峰幸	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究所、技術主任

2. 委員会開催状況（平成9年度～平成10年度）

2.1 平成9年度

1) 打合せ

日 時：平成9年5月19日（月）、16:00～17:00

議事概要：事業の進め方、委員の選定、スケジュール等について検討

2) 第1回委員会

日 時：平成9年6月20日（金）、17:30～20:00

議事概要：事業目的及び実施概要の説明、試験法の草案の検討、スケジュールの説明等

3) 第2回委員会

日 時：平成9年7月30日（水）、14:00～17:00

議事概要：構造用木材の強度試験法の実施方法（案）、解説（案）について検討

4) 打合せ

日 時：平成9年9月9日（火）、17:00～18:00

議事概要：ISO案との摺り合わせ、試験方法・実施方法・解説（案）の検討

5) 第3回委員会

日 時：平成9年9月29日（水）、14:00～17:00

議事概要：曲げ試験方法案の検討、曲げ以外の試験方法についての検討、研修会の開催予定についての検討

6) 研修会

日 時：平成9年11月27日（木）13:30～17:00

11月28日（金） 9:00～14:00

場 所：静岡県林業技術センター

出席者：飯島、長尾、池田、中谷、堀江、山田、高田、他27名

研修概要：構造用木材の試験法解説、実施方法、データの統計的解析方法の説明
並びに実大曲げ試験の実習、データ解析の実演

7) 第4回委員会

日 時：平成10年2月4日（水）、14:00～17:00

議事概要：研修会の報告、平成9年度の報告書目次案の検討、平成10年度実施内容についての検討

2.2 平成10年度

1) 第1回委員会

日 時：平成10年9月24日(木) 15:00－17:30

議事概要：曲げ試験方法以外の試験方法原案の検討

2) 第2回委員会

日 時：平成10年11月26日(木) 14:00－16:30

議事概要：試験方法案の検討、研修会開催予定についての検討

3) 研修会（秋田会場）

日 時：平成11年1月28日(木) 13:30～17:00

1月29日(金) 9:15～14:00

出席者：飯島、神谷、藤原、堀江、岡、山田、高田、他20名

研修概要：構造用木材の試験法解説、実施方法、データの統計的解析方法の説明

並びに実大曲げ試験等の実習、データ解析の実演

4) 研修会（鹿児島会場）

日 時：平成11年2月4日(木) 13:30～17:00

2月5日(金) 9:15～14:00

出席者：飯島、長尾、中谷、池田、堀江、山田、高田、他18名

研修概要：構造用木材の試験法解説、実施方法、データの統計的解析方法の説明

並びに実大曲げ試験等の実習、データ解析の実演

5) 打合せ

日 時：平成11年2月18日(木) 13:00～14:00

出席者：飯島、長尾、池田、山田

議事概要：研修会報告と平成11年度の試験法追加項目について

構造用木材の強度試験法（1999.3）

はじめに

この強度試験法は「住宅資材性能規定化対策事業」における強度性能評価試験実施のために、ISOのprEN384/408、ISO/TC165のWG5における試験法草案、および建設省「木材の材料強度に関する評価基準(案)」を参考にして作成されたものである。

木材の材料強度の試験方法については、建設省建築指導課長通達（1997.3.29付け建設省住指発第132号）でも示されているが、本法の曲げ強さに関する試験法・評価法は、この通達の方法に適合するように作成されている。その上で、ヤング係数ほかの測定方法を追加し、試験および評価に際しての詳細な方法を定めている。

1. 適用範囲

この規格では構造用木材に関して、以下の強度特性を測定する方法およびこれらで得られたデータの解析法について規定する。

- (1)曲げ強さおよび曲げヤング係数
- (2)縦引張強さおよび縦引張ヤング係数
- (3)縦圧縮強さおよび縦圧縮ヤング係数
- (4)めり込み強さ（部分横圧縮強さ）およびめり込み剛性
- (5)せん断強さ
- (6)せん断弾性係数

2. サンプリング

サンプルは、生産、加工、流通及び施工のすべての段階で同定可能な母集団から、当該母集団の強度特性を適切に表すものになるように収集する。この場合、サンプルの収集に関わる以下にあげる事項を明らかにしておかなければならない。

2.1 母集団の情報

サンプリングが立木段階まで遡ることができる国産材の場合は、「齢級（または、樹齢）」「苗木の条件（実生、挿し木品種等）」「伐採地の標高」「地位」「立木密度」「採材部位」等を記録しておくことが望ましい。

一般市場流通製品においても、可能な限り母集団の情報を記す必要がある。

2.2 樹種（樹種群を含む）

樹種群とは、慣習的に複数の樹種を含んだロットが一般的に流通している場合を指す（エゾ・トド、SPFなど）。

試験においてはそれらについても樹種を特定することが望ましいが、試験が樹種群の強度を評価する目的であるときには、これらを一括して取り扱っても差し支えない。

2.3 試験体の断面寸法

本基準による木材強度の評価は、母集団の強度特性を適切に表すものとなるよう、原則として、木材が建築物に供給される際の規格断面寸法毎に行うこととする。

ただし、せい及び幅の寸法により分類した表1における同一区分内であれば、異なった断面寸法の材が混在していても、こ

表1.断面寸法による区分

せい(mm)		幅(mm)	
範囲	標準寸法	50未満	50超135未満
75以下	60	○	—
75超135以下	105	○	○
135超185以下	150	—	○
185超300以下	240	—	○
300超	300	—	○

れを同一標本集団と見なしても差し支えない。この場合、曲げおよび引張強さにおいては、測定値を11.2に示した方法により、表中の標準寸法時の値に調整するものとする。

なお表1中の○印の記された部分は、通常良く使用される部材断面の寸法の範囲であり、木材の部材断面を同表により分類した場合においては、それぞれの区分ごとに試験体をサンプリングしておくのが望ましい。

2.4 等級及び等級格付けの基準

試験体は等級格付けを行う。格付け方法は、針葉樹の構造用製材JASを標準とする。しかし、このほかの国内規格、WWPA（米国）、NLGA（カナダ）等、諸外国の目視または機械的グレーディング規格、また、当該産地で信頼できる方法及び基準を用いて等級格付けを行ってよい。

3. 試験体のサンプル数

試験体のサンプル数 n は、サンプルの変動係数 $CV(\%)$ を予測し、予測 CV が16%以上の場合、 n は40以上とする。

予測 CV が16%未満の場合、下式にしたがって求める。ただし、 n は27以上とする。

$$n \geq 0.1537(CV)^2$$

試験のとりまとめの結果、 CV が16%を大幅に超えるようであれば、試料を追加して実験を行うのが望ましい。

4. 試験における共通項目

4.1 試験体の含水率

試験体は原則として平衡含水率が15%となる条件で恒量に達したものとする。「恒量」の状態とは、6時間の試験体重量変化が0.1%以内になったときをいう。

試料が標準環境条件に設置できない場合は、環境条件を記載し、その条件下で恒量に達した試料を用いて実験を行っても差し支えない。このとき、11.1の方法にしたがって測定値を調整する。

なお、何らかの事情により試験材含水率が平衡条件に達していないことが明らかな場合、全乾法(JIS Z2101-94)によって断面内の含水率分布を測定することが望ましい。

また、高周波式等の含水率計による測定値は、評価結果を全乾法による値に換算する方法が特別な調査研究により明らかにされている場合を除いては、用いてはならない。含水率計の測定値を用いる場合には、根拠となる試験データを添付するものとする。

4.2 試験体の測定項目

試験体に関しては、以下に示す項目を測定・記録し、報告するものとする。

4.2.1 試験体寸法

試験体の寸法は誤差1%以内の精度をもつように測定する。すなわち、長さ100mmを超えるものはmm単位で差し支えない。しかし、幅、材せいは可能であれば精度1/20mm程度のノギスで測定することが望ましい。

断面寸法にむらがあるときは、材端から150mm以上離れた位置の任意の3点での測定値の平均値とする。

4.2.2 材面における節等の強度に影響する項目（欠点）の記録と等級格付け

強度に影響する項目（欠点）には節、丸身、纖維傾斜、割れ、曲り、ねじれ、もめ、腐れなどがある。

測定は、原則として荷重点間における全ての欠点および全区間での等級を確定する欠点のみについて行うものとする。

用いた等級格付けの方法はその内容を報告するものとする。

4.2.3 破壊部の状況観察と密度および含水率測定

各試験体は試験終了後、破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。

密度は、試験体全体の試験時密度(ρ_{test})および試験終了後、破壊箇所近傍から取り出した試験片の、平衡含水率12%となる条件（ $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $65 \pm 5\%$ RH）で恒量に達してからの標準密度(ρ_{12})を求める。密度は重量を体積で除した値とし、単位はkg/m³で1の位まで求める。

含水率は、原則として破壊箇所近傍から取り出した試験片に対する全乾法によることとする。

4.3 試験機器類の性能

使用する試験機器類はいずれも誤差1%以内の精度で測定できるものとする。とくに、ロードセル等電気的信号を用いた測定機器を使用する場合、校正係数等に誤りがないか常に監視しておく必要がある。また、試験機器そのものの定期的な検定を行っておくことが望ましい。

5. 曲げ強さおよび曲げヤング係数

5.1 支持および載荷方法

支持および載荷方法は図1に示す。

試験体は単純支持とし、スパンを材せいの18倍とした3等分点4点荷重法とする。すなわち、各寸法は、 $a=S=6h$ (h : 材せい) である。また、試験体の張り出し部分(e)は100mm以上とする。

やむを得ずこの条件の試験体が調達できない場合は、 $a=(6\pm 1.5)h$ 、 $S=(6\pm 1)h$ の範囲で設定できるものとする。このとき、11.2の方法にしたがって測定値を調整する。

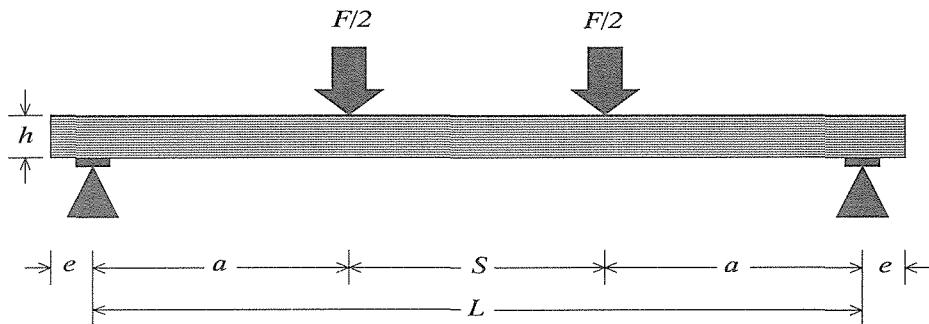


図 1.曲げ試験の方法

5.2 試験体の設置方法

試験体を設置する場合、最大節部分等の等級を決定する最大の欠点は、支点間に位置するものとするが、この欠点を圧縮側に配置するか、引張側に配置するかは、無作為とする。

5.3 載荷速度

荷重は、荷重点の移動速度がほぼ一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるように試験を行うこととする。

破壊までの時間はすべて測定し、その平均値を報告する。また、最大荷重に達するまでの時間が1分以内であった場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

5.4 試験結果

5.4.1 試験体の破壊状況の観察

各試験体の破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。

5.4.2 曲げ強さ

曲げ強さ(f_m)は以下の式から算出する。単位はMPaとし、小数点第1位まで求める。

$$f_m = aF_{max}/(2Z)$$

ここで、 a ：支点から荷重点までの距離

F_{max} ：最大荷重

Z ：断面係数、矩形断面では $bh^2/6$ 、ただし、 b は材幅である

5.4.3 曲げヤング係数

本法に定める載荷方法をそのまま用いて曲げヤング係数を評価するときは、図1におけるスパン中央の全体たわみを測定し、次の式によりせん断影響を含んだ曲げヤング係数(E_m)を算出する。単位はGPaとし、小数点第2位まで求める。

$$E_m = a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1) / \{48I(w_2 - w_1)\}$$

ここで、 I ：断面2次モーメント、矩形断面では $bh^3/12$

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。 F_1 は $F_{max,est}$ （最大荷重の推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

6. 縦引張強さおよび縦引張ヤング係数

6.1 試験体および載荷方法

試験体の載荷方法は図2に示す。

試験体長さは、チャック長さを除く、チャック間の距離が横断面の長辺の9倍以上となるものとする。

6.2 試験体の設置方法

試験体を設置する場合、最大節部分等の等級を決定する最大の欠点は、チャック間に位置するものとする。またチャック間と試験体が接する面積が小さいために、チャック部分で破断する起こす可能性のある場合には、試験体の上下にほぼ同一断面積の角材を当てるなどして、チャック部分の破断を防ぐ工夫を講じることとする。

6.3 引張試験機の性能

試験体は、曲げ応力を生じることなしに、均一な引張荷重をできるだけ加えることが可能な引張試験機を用いて負荷するものとする。実際に使用した引張試験機、試験機のチャックの形状、および負荷条件は報告する。

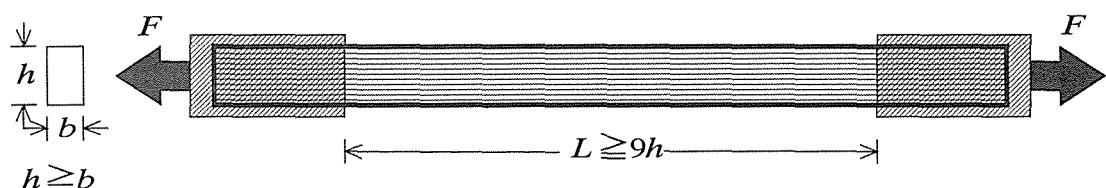


図 2.引張試験法

試験体に加える荷重の精度は1%以内で測定できるものとする。

6.4 載荷速度

荷重は、チャックの移動速度が一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるよう実験を行うこととする。

破壊までの時間はすべて測定し、その平均値を報告する。また、最大荷重に達するまでの時間が1分以内であった場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

6.5 試験結果

6.5.1 試験体の破壊状況の観察

各試験体の破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。もしチャックによる影響で破壊していた場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

6.5.2 縦引張強さ

縦引張強さ (f_t) は以下の式から算出する。単位はMPaとし、小数点第1位まで求める。

$$f_t = F_{\max} / A$$

ここで、 F_{\max} ：最大荷重

A ：試験体横断面の面積

6.5.3 縦引張ヤング係数

本法に定める載荷方法を用いて、縦引張ヤング係数を評価する場合は、以下の方法によるものとする。

伸びは、試験体の長辺の5倍以上を標点間距離とし、両端のチャックから幅の2倍以上離れた、材長方向の中央で測定する。その際、相対する2材面で伸びを測定し、その平均値を用いる。

伸びは1%以内の精度で測定できるセンサを用いる。また、載荷装置は試験体に加える荷重の1%の精度まで測定でき、最大荷重の10%以下の荷重の場合、最大荷重の0.1%の精度で測定できるものとする。

縦引張ヤング係数 (E_t) は以下の式から算出する。単位はGPaとし、小数点第2位まで求める。

ここで、 l ：標点距離

$$E_t = l(F_2 - F_1) / \{A(w_2 - w_1)\}$$

A ：試験体の横断面の面積

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分、 F_1 は $F_{\max,est}$ （最大荷重の推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

また、伸びを測定したセンサ、および標点距離は別途報告する。

7. 縦圧縮強さおよび縦圧縮ヤング係数

7.1 試験体および載荷方法

試験体の載荷方法は図3に示す。

試験体の長さは横断面の短辺の6倍とする。材端面は平らで、互いに平行かつ試験体の軸に垂直になるように正確に作製する。

7.2 縦圧縮試験機の性能

試験体は、曲げ応力を生じることなしに、できるだけ均一な圧縮荷重を加えることが可能な、球座の荷重ヘッドをもつ圧縮試験機、もしくは他の装置を用いて同心的に負荷するものとする。実際に使用した試験機（装置）、および負荷条件は報告する。

試験体に加える荷重の精度は1%以内で測定できるものとする。

7.3 載荷速度

荷重は、荷重ヘッドの移動速度がほぼ一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるように試験を行うこととする。

最大荷重に達するまでの時間が1分以内であった場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

7.4 試験結果

7.4.1 試験体の破壊状況の観察

各試験体の破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。

7.4.2 縦圧縮強さ

縦圧縮強さ (f_c) は以下の式から算出する。単位はMPaとし、小数点第1位まで求める。

$$f_c = F_{\max} / A$$

ここで、 F_{\max} ：最大荷重

A ：試験体横断面の面積

7.4.3 縦圧縮ヤング係数

本法に定める載荷方法を用いて、縦圧縮ヤング係数を評価する場合は、以下の方法によるものとする。

縮みは相対する2材面の、材長方向の中央で測定し、その平均値を用いる。

縮みは1%以内の精度で測定できるセンサを用いる。また、載荷装置は試験体に加える荷重の1%の精度まで測定でき、最大荷重の10%以下の荷重の場合、最大荷重の0.1%の精度で測定できるものとする。

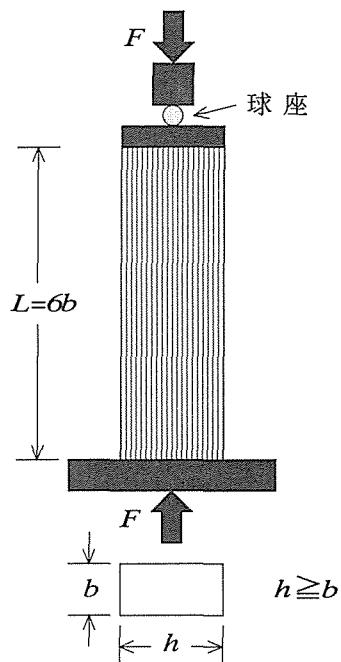


図 3.圧縮試験法

縦圧縮ヤング係数 (E_c) は以下の式から算出する。単位はGPaとし、小数点第2位まで求める。

$$E_c = l(F_2 - F_1) / \{A(w_2 - w_1)\}$$

ここで、 l ：標点距離

A ：試験体の横断面の面積

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分、 F_1 は $F_{\max,est}$ （最大荷重の推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

また、縮みを測定したセンサ、および標点距離は別途報告する。

8. めり込み強さ（部分横圧縮強さ）およびめり込み剛性

8.1 試験体

試験体の長さは材せいの6倍とし、試験体の加圧される2面は完全に平行、かつ平滑で、荷重方向に垂直であることとする。

また、試験体は製材品の機械による等級、もしくは目視による等級を決定する部分から採取する。ただし、加圧部分、および加圧板の端部から長さ方向に材せい長さの1/2以内の部分にめり込み強度を増加させる節等の欠点を含む試験体は用いることができない。

8.2 試験方法

試験方法は(a)材端部めり込み、(b)材中間部めり込み、の2種類とする。

図4に示したように、試験体の端部または中央部に鋼製の加圧板を置き、これを介して荷重を負荷する。加圧板の長さは90mm、幅は試験体の幅 b より10mm以上長いものとし、その端部は半径3mmの丸身をつける。

なお、材のせいと幅が等しい試験体の場合、

年輪に対する加圧方向は無作為とし、別途報告する。

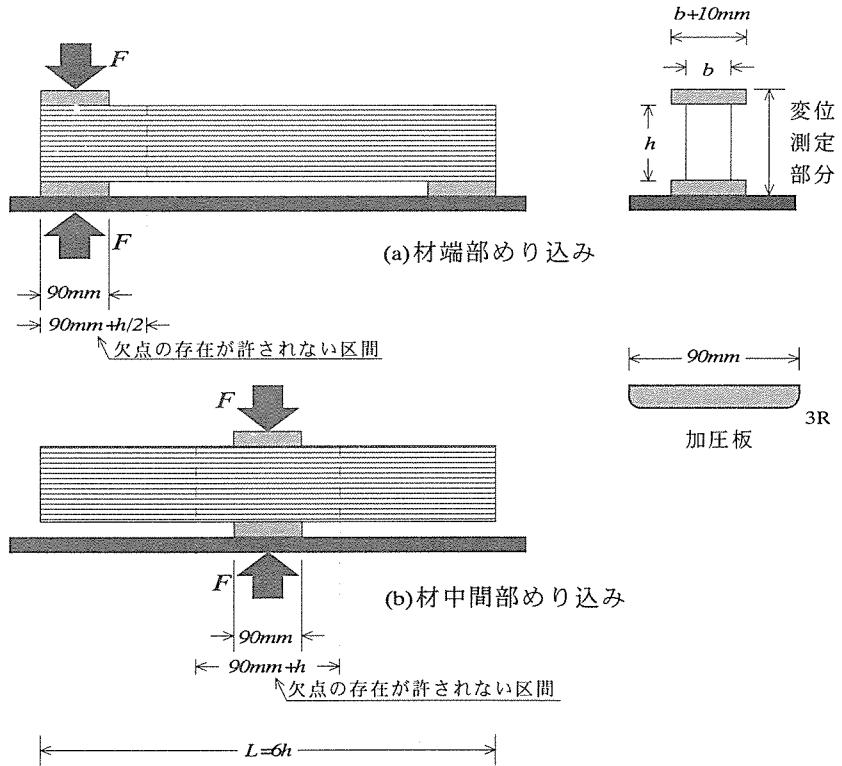


図4. めり込み試験方法

試験機の荷重ヘッドは、加圧板に傾きが生じないように固定したものとし、加圧板の上側から、移動速度がほぼ一定となるように荷重を負荷する。このとき加圧板間の変位量の変化を測定し、荷重と変位量の関係を記録する（図5）。

試験は試験体が破壊するか、変位が材せいの10%を超えるまで継続する。もし、試験体が座屈するようであれば、試験体を拘束する器具を使用してもよい。

8.3 試験結果

8.3.1 めり込み強さおよびめり込み降伏強さ

めり込み強さ ($f_{c,90}$) およびめり込み降伏強さ ($f_{c,90,y}$) は得られた荷重と変形の関係（図5参照）から、以下の式により算出する。単位はMPaとし、小数点第2位まで求める。

$$f_{c,90} = F_{\max} / (bl)$$

$$f_{c,90,y} = F_y / (bl)$$

ここで、 F_{\max} ：試験体が破壊したときの荷重 F_{ult} 、あるいは試験体材せいの10%の変形が生じたときの荷重 $F_{0.1h}$

F_y ：荷重変形曲線と、これの直線部分を延長し、さらに変形の増加方向に1mmずらした直線との交点における荷重

b ：試験体の幅

l ：加圧板の長さ (=90mm)

8.3.2 めり込み剛性

めり込み剛性 ($K_{c,90}$) は以下の式により算出する。単位はN/mm³とし、小数点第2位まで求める。

$$K_{c,90} = (\Delta F / \Delta w) / (bl)$$

ここで、 $\Delta F / \Delta w$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重と変形の比（図5参照）

b ：試験体の幅

l ：加圧板の長さ (=90mm)

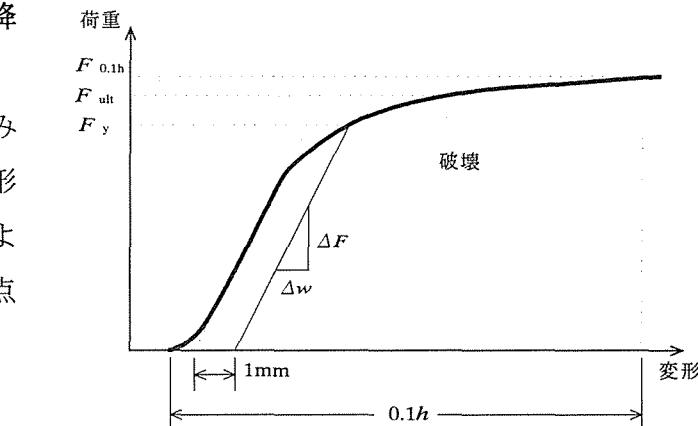


図 5. F_y 等の決定方法

9. せん断強さ

(審議中)

10. せん断弾性係数

11. 試験結果の評価法

11.1 含水率によるデータの調整

試験体の含水率が15%を超える試験体については、木材の強度は含水率が高いほど小さくなるので、その結果をそのまま安全側の数値として、強度評価に使用するデータとして採用して差し支えない。この場合において、含水率と強度との関係が特別な調査研究により明らかにされている場合には、試験結果を含水率が15%の場合の値として補正してよい。

含水率が15%未満の試験体については、特別な調査研究による含水率と強度との関係を用いて、試験結果を含水率が15%の場合の値に補正しなければならない。ただし、全試験体の含水率が $15 \pm 2\%$ の範囲に収まるような試験にあっては、強度の補正を行わなくともよい。

11.2 木材の寸法および荷重条件による調整

11.2.1 強さに対する調整

試料が、異なった数種の断面寸法の材を含むときには、曲げおよび引張強さに対し、以下の調整係数 k_1 を乗じて標準寸法時の値に調整する。

$$k_1 = (h/h_0)^{0.2}$$

ここで、 h ：試験寸法

h_0 ：標準寸法

で、曲げにおいては材せい、引張においては断面の長辺とする。

また、図1の曲げ荷重条件における内側荷重点間距離 S が $6h$ とは異なるとき、曲げ強さに対し以下の調整係数 k_2 を乗じる。

$$k_2 = (L_{ct}/L_{cs})^{0.2}$$

ここで、 L_{cs} は標準荷重条件、 L_{ct} は実験条件における $(L+5S)$ である。

11.2.2 曲げヤング係数の調整

曲げ試験条件が標準試験法と異なる場合は、以下の方法によって標準条件時の値に調整することができる。

$$E_m = \{1 + 2.4h^2(E/G)/(3L^2 - 4a^2)\} / \{1 + 2.4h_0^2(E/G)/(3L_0^2 - 4a_0^2)\} E_b$$

ここで、 E_m ：標準条件における曲げヤング係数

E_b ：実験条件における曲げヤング係数測定値

E/G ：真のヤング係数と剪断弾性係数の比、実験値または既往のデータによる

h 、 L 、 a ：試験条件における材せい、荷重スパン、荷重点－支点間距離

h_0 、 L_0 、 a_0 ：標準条件における上記の値

である

11.3 データの統計的解析

データの統計的解析は以下の手順による。

- (1)調整されたデータに対して標本平均値（以下、平均値）、標本標準偏差および平均値の信頼区間を計算し、度数分布を描く。
- (2)上記の結果から、適当な母集団強度分布形を仮定し、その母数パラメータを統計的方法によって推定し、適合度検定を行う。検定の結果、仮定分布が否定されなかった場合は、確率密度関数を計算し、重ね描きする。
- (3)材料強度は信頼水準75%の5%下側許容限界として求める。弾性係数については、平均弾性係数と下限弾性係数を求める。下限弾性係数は信頼水準75%の5%下側許容限界として求める。

「構造用木材の強度試験法」の解説および実施方法（1999.3）

はじめに

この強度試験法は「住宅資材性能規定化対策事業」における強度性能評価試験実施のために、ISOのprEN384/408、ISO/TC165のWG5における試験法草案、および建設省「木材の材料強度に関する評価基準(案)」を参考にして作成されたものである。

木材の材料強度の試験方法については、建設省建築指導課長通達（1997.3.29付け建設省住指発第132号）でも示されているが、本法の曲げ強さに関する試験法・評価法は、この通達の方法に適合するように作成されている。その上で、ヤング係数ほかの測定方法を追加し、試験および評価に際しての詳細な方法を定めている。

この「構造用木材の強度試験法の解説および実施方法」では、「構造用木材強度試験法」の解説と、それを実施するに当たっての具体的方法を述べる。

「構造用木材強度試験法」では構造用木材に関して、適用範囲の(1)～(6)の各項目について強度特性を測定する方法およびこれらで得られたデータの解析法について規定している。

木材の材料強度の試験方法については、建設省建築指導課長通達（1997.3.29 付け建設省住指発第132号）でも示されているが、本法の曲げ強さに関する試験法・評価法は、この通達の方法に適合するように作成されている。その上で、ヤング係数ほかの測定方法を追加し、試験および評価に際しての詳細な方法を定めている。

建設省建築指導課長通達の「第1 目的」では、

「本基準は、建築物の構造耐力上主要な部分に使用する木材の材料強度の評価方法を定めるものである。なお、ここに定める評価方法以外の方法であって、次の(1)又は(2)に該当する場合には、当該方法によることができるものとする。

(1)評価結果が、本基準に定める方法によるものと同水準又はそれ以下となることが明らかな場合

(2)評価結果を本基準に定める方法によるものとして換算する方法が特別な調査研究により明らかにされている場合であって、評価結果を当該方法により換算して木材の材料強度とする場合」

としており、本方法はこの(1)に該当するものと考えられる。

なお、現在のところ国際的な統一試験規格は十分に整備された状況にはなっていない。したがって、本試験法も、ISOでの審議によっては幾分改変される可能性がある。

1. 適用範囲

この規格では構造用木材に関して、以下の強度特性を測定する方法およびこれらで得られたデータの解析法について規定する。

- (1)曲げ強さおよび曲げヤング係数
- (2)縦引張強さおよび縦引張ヤング係数
- (3)縦圧縮強さおよび縦圧縮ヤング係数
- (4)めり込み強さ（部分横圧縮強さ）およびめり込み剛性
- (5)せん断強さ
- (6)せん断弾性係数

ここでは、構造用木材に関する、以上の強度特性のうち(1)～(6)の項目を測定する方法およびこれらで得られたデータの解析法についての具体的な方法を述べているが、ISOでは、このほかに「横引張強さ」も検討されている。

2. サンプリング

サンプルは、生産、加工、流通及び施工のすべての段階で同定可能な母集団から、当該母集団の強度特性を適切に表すものになるように収集する。この場合、サンプルの収集に関わる以下にあげる事項を明らかにしておかなければならない。

サンプルの収集に関わる以下にあげる事項として、生育地域（産地）、樹種（樹種群を含む）、試験体の断面寸法、等級及び等級格付けの基準を上げている。

2.1 母集団の情報

サンプリングが立木段階まで遡ることができる国産材の場合は、「齢級（または、樹齢）」「苗木の条件（実生、挿し木品種等）」「伐採地の標高」「地位」「立木密度」「採材部位」等を記録しておくことが望ましい。

一般市場流通製品においても、可能な限り母集団の情報を記す必要がある。

ここでは、静岡県が行った試験用立木のサンプリングの一例を紹介する。この調査試験は、同県天竜川流域のスギ林分から生産された製材の強度性能を検討するために行われたものであり、以下の項目は対象とする地域ごとに適宜変更して差し支えない。

伐採地の原木に関する情報とサンプリング方法は以下のとおりである。

1)苗木：同地域は、九州地域のように挿し木品種は無く、大半が在来系の実生苗木（最近は、

ほぼ100%が精英樹の実生もしくは挿し木である)が植栽されている。

2)施業体系: 生産目標別の施業体系を表A1のように分類すると、天竜地域は大半が植栽密度3000~3500本/haの一般材生産が行われている。そのため「中仕立て林分」を選択した。

3)地位、齢級: 静岡県の人工林収穫予想表・林分材積表では地位1(生長が早い)~5(生長が遅い)に分類されており、天竜地域の大半は地位が1~3に属すると推定される。齢級は林分材積表から平角が採材可能な範囲として、「地位1~3、齢級5~14の林分」を選択した。

表A1.天竜地域における施業体系

生産目標	仕立て密度	植栽密度(本/ha)
優良材生産	密仕立て	6000
一般材生産	中仕立て	3000~3500
大径材生産	粗仕立て	2500

4)伐倒方法: 試験木の伐倒搬出を考慮した場合、皆伐よりも間伐が適する。そこで「間伐予定の林分」を選択した。

5)採材部位: 今回の試験では1番玉とした。試験目的によっては、樹高方向別による調査も必要と思われる。

6)林分内の立木選定: 立木の胸高直径分布にフィットするように選定した。採材本数は本文の3.に示した式を用い、曲げ強さの変動係数を15~25%と見なして計算した結果の36~64から、林分ごとに50~60本とした。なお、立木の伐採数が多くできない場合には、胸高直径の平均値を目安に選定しても差し支えない。また、この時点で、立木のヤング係数(曲げによる「静的方法」、応力波伝播速度等による「動的方法」)や含水率等の材内分布の計測が可能であれば、立木材質のバラツキや形質と製材材質との関係等が把握できる。

2.2 樹種(樹種群を含む)

樹種群とは、慣習的に複数の樹種を含んだロットが一般的に流通している場合を指す(エゾ・トド、SPFなど)。

試験においてはそれらについても樹種を特定することが望ましいが、試験が樹種群の強度を評価する目的であるときには、これらを一括して取り扱っても差し支えない。

2.3 試験体の断面寸法

本基準による木材強度の評価は、母集団の強度特性を適切に表すものとなるよう、原則として、木材が建築物に供給される際の規格断面寸法毎に行うこととする。

ただし、せい及び幅の寸法により分類した表1における同一区分内であれば、異なった断面寸法の材が混在していても、これを同一標本集団と見なしても差し支えない。この場合、曲げおよび引張強さにおいては、測定値を11.2に示した方法により、表中の標準寸法時の値に調整するものとする。

なお表1中の○印の記された部分は、通常良く使用される部材断面の寸法の範囲であり、木

材の部材断面を同表により分類した場合においては、それぞれの区分ごとに試験体をサンプリングしておくのが望ましい。

本文では、試験体の断面寸法と測定値の調整法に関し、以上のように記載している。ISO では、せいの標準寸法を一律に 150mm としており、これまで公表された実験データのとりまとめの結果（住木センター：エンジニアリングウッド性能評価事業報告書、1998）では、曲げに関する調整法は概ね妥当と考えられている。しかし、通常良く使用される部材断面寸法の範囲に対して、それぞれの区分ごとに試験体をサンプリングしておくのが望ましい。

2.4 等級及び等級格付けの基準

試験体は等級格付けを行う。格付け方法は、針葉樹の構造用製材JASを標準とする。しかし、このほかの国内規格、WWPA（米国）、NLGA（カナダ）等、諸外国の目視または機械的グレーディング規格、また、当該産地で信頼できる方法及び基準を用いて等級格付けを行ってよい。

等級格付けの方法として、日本では「針葉樹の構造用製材 JAS」が標準的なものと思われるが、その他の国内規格（「枠組壁工法構造用製材の JAS」など）、WWPA（米国）、NLGA（カナダ）等の目視または機械的等級区分規格に格付けしても差し支えない。またこれらの諸規格のほか、当該産地で信頼できる方法及び基準を新たに作成し、これを用いて等級格付けを行ってもよい。

用いた等級格付けの方法はその内容を報告するものとする。

3. 試験体のサンプル数

試験体のサンプル数 n は、サンプルの変動係数 $CV(\%)$ を予測し、予測 CV が16%以上の場合、 n は40以上とする。

予測 CV が16%未満の場合、下式にしたがって求める。ただし、 n は27以上とする。

$$n \geq 0.1537(CV)^2$$

試験のとりまとめの結果、 CV が16%を大幅に超えるようであれば、試料を追加して実験を行

表1.断面寸法による区分

せい(mm)		幅(mm)	
範囲	標準寸法	50未満	50超 135未満
75以下	60	○	—
75超135以下	105	○	○
135超185以下	150	—	○
185超300以下	240	—	○
300超	300	—	○

うのが望ましい。

本文での、サンプル数 n の計算式、

$$n \geq 0.1537(CV)^2$$

は、母平均が中心極限定理により正規分布になることを利用し、母平均の区間推定において信頼率 95% の信頼区間が標本平均の ±5% 以内に収まるように、試験体のサンプル数を求めるために設定されたもので、ASTM D 2915 に記載されている。すなわち、母平均の分布形を正規分布とみなすと、推定精度を 0.05 のとき、サンプル数 n はサンプルの標準偏差(s)、平均値($X_{0.5}$)、変動係数 ($CV=100s/X_{0.5}$) から、次式で表される。

$$n = (ts/0.05X_{0.5})^2 = 0.04t^2CV^2$$

ここで、 t は両側 5% のとき、 $t=1.960$ であるから、予測式が得られる。

等級区分された製材のこれまでの実験結果では、機械等級区分材では $CV=15\sim20\%$ 、目視区分材では $CV=20\sim25\%$ 程度である。したがって、たとえば $CV=15, 20, 25, 30\%$ に対する必要サンプル数 n を本式にしたがって計算すると、35, 62, 97, 139 ということになる。しかし、式が母平均の区間を精度よく推定するためのものであるから、下限値のみを求めるためにはこれほど多くの必要はない。そこで、本文では ISO 案の「 $n \geq 40$ ($CV=16\%$ のとき相当する)」に準じた表現をした。

なお、試験結果をとりまとめた結果、 CV が 16% を超えるようであっても、統計計算を行うことは可能であるが、推定精度が低くなるため、かなり安全側の結果（すなわち、低い値）を示すことになる可能性が大きくなる。したがって、既往の実験結果から CV が 16% を大幅に超えることが予測される場合には、あらかじめ n を大きめにとっておく必要があろう。

また、サンプルの CV が明らかに小さいと見なせるとき、上記の式による必要サンプル数はかなり少ない値となる。この場合、実験データの分布に正規性が認められない際には、材料強度等の計算には順序統計の概念を用いなければならない。そこで、信頼度 75% の 5% 下限値として採用することを想定する場合に必要な数値として、27 個以上の最低個数を設けた（詳しくは 11.3 を参照）。

4. 試験における共通項目

4.1 試験体の含水率

試験体は原則として平衡含水率が 15% となる条件で恒量に達したものとする。「恒量」の状態とは、6 時間の試験体重量変化が 0.1% 以内になったときをいう。

試料が標準環境条件に設置できない場合は、環境条件を記載し、その条件下で恒量に達した試料を用いて実験を行っても差し支えない。このとき、11.1 の方法にしたがって測定値を調整す

る。

なお、何らかの事情により試験材含水率が平衡条件に達していないことが明らかな場合、全乾法(JIS Z2101-94)によって断面内の含水率分布を測定することが望ましい。

また、高周波式等の含水率計による測定値は、評価結果を全乾法による値に換算する方法が特別な調査研究により明らかにされている場合を除いては、用いてはならない。含水率計の測定値を用いる場合には、根拠となる試験データを添付するものとする。

本文での「平衡含水率 15%」の環境条件とは、20°C、75%RH 程度であるが、厳密な環境条件である必要はない。しかし、乾燥処理直後の人工乾燥材など、内部含水率分布の不均一さが予測される場合、あるいは、十分な恒量に達した試験体の採取が難しい場合には、全乾法によって断面内の含水率分布を測定しておくことが望ましい。

また、高周波式等の含水率計による測定値を用いる際には、対象ロットに関し、全乾法による値に換算する方法を、データによって確認する必要がある。含水率計の測定値を用いる場合には、根拠となる試験データを添付するものとする。

含水率測定法は、4.2.3 で述べる。

4.2 試験体の測定項目

試験体に関しては、以下に示す項目を測定・記録し、報告するものとする。

4.2.1 試験体寸法

試験体の寸法は誤差1%以内の精度をもつように測定する。すなわち、長さ100mmを超えるものはmm単位で差し支えない。しかし、幅、材せいは可能であれば精度1/20mm程度のノギスで測定することが望ましい。

断面寸法にむらがあるときは、材端から150mm以上離れた位置の任意の3点での測定値の平均値とする。

4.2.2 材面における節等の強度に影響する項目（欠点）の記録と等級格付け

強度に影響する項目（欠点）には節、丸身、纖維傾斜、割れ、曲り、ねじれ、もめ、腐れなどがある。

測定は、原則として荷重点間における全ての欠点および全区間での等級を確定する欠点のみについて行うものとする。

用いた等級格付けの方法はその内容を報告するものとする。

試験体は、材面における節等の欠点記録および等級格付け、および試験終了後の破壊部の状況を記録する。

(1)欠点の測定と等級格付け

欠点の測定は、試験目的に応じて、以下のような場合が考えられる。

- a.材長全ての欠点
- b.荷重点間における全ての欠点および全区間での等級を確定する欠点のみ
- c.等級格付けのみ

今後の規格の変化にも対応可能にするためには、a.法で欠点を記録しておくことが望ましいが、少なくとも b.法の欠点記録は行うこととする。

欠点の測定結果を基に、針葉樹の構造用製材 JAS 等にしたがった目視等級格付けを行う。

(2)欠点等の記録

節、丸身、纖維傾斜、割れ、曲り、ねじれ、もめ、腐れなどの欠点、心の位置、破壊部の状況等の記録様式例は付録 1 に示す。

4.2.3 破壊部の状況観察と密度および含水率測定

各試験体は試験終了後、破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。

密度は、試験体全体の試験時密度(ρ_{test})および試験終了後、破壊箇所近傍から取り出した試験片の、平衡含水率12%となる条件(20±2°C、65±5%RH)で恒量に達してからの標準密度(ρ_{12})を求める。密度は重量を体積で除した値とし、単位はkg/m³で1の位まで求める。

含水率は、原則として破壊箇所近傍から取り出した試験片に対する全乾法によることとする。

試験材は実験終了後、非破壊部より節を避けて、厚さ 2cm 程度の板を 2 枚鋸断し、1 枚を含水率、残りを密度測定用試片とする。

含水率の測定は、材の含水率分布が一様であることが確認できるときは、全体の平均値を全乾法により求める。表面と内部で差が認められるときは、曲げ試料の場合では材せいの両外側 1/5 部分と内部の 3/5 部分に分割し、それぞれの含水率を測定する。曲げ以外の試料については、「材せい」を「長辺」に読み替えるものとする。

試験体全体の試験時密度(ρ_{test})および試験終了後、破壊箇所近傍から取り出した試験片の、含水率 12% の環境下で恒量に達してから密度(ρ_{12})を求める。数値は重量を体積で除した値として求める。

なお、実験の前に両外側部分の含水率を高周波式含水率計で測定しておくと、実用的な実験のためのデータとなる。また、密度測定用試片を用いて平均年輪幅を測定する。

4.3 試験機器類の性能

使用する試験機器類はいずれも誤差1%以内の精度で測定できるものとする。とくに、ロードセル等電気的信号を用いた測定機器を使用する場合、校正係数等に誤りがないか常に監視しておく必要がある。また、試験機器そのものの定期的な検定を行っておくことが望ましい。

5. 曲げ強さおよび曲げヤング係数

本試験では以下の方法によって曲げ強さおよび曲げヤング係数を求める。

5.1 支持および載荷方法

支持および載荷方法は図1に示す。

試験体は単純支持とし、スパンを材せいの18倍とした3等分点4点荷重法とする。すなわち、各寸法は、 $a=S=6h$ (h : 材せい) である。また、試験体の張り出し部分(e)は100mm以上とする。

やむを得ずこの条件の試験体が調達できない場合は、 $a=(6\pm 1.5)h$ 、 $S=(6\pm 1)h$ の範囲で設定できるものとする。このとき、11.2の方法にしたがって測定値を調整する。

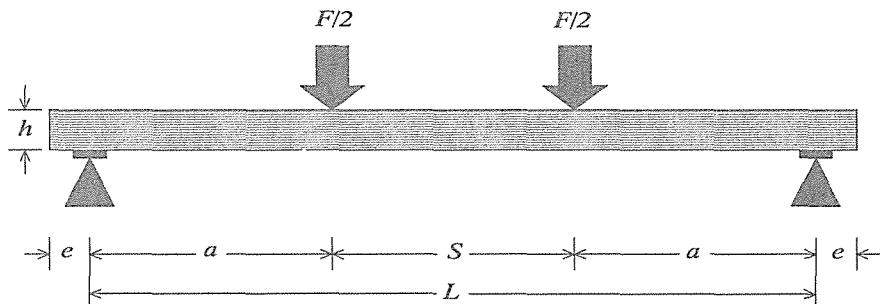


図1.曲げ試験の方法

5.2 試験体の設置方法

試験体を設置する場合、最大節部分等の等級を決定する最大の欠点は、支点間に位置するものとするが、この欠点を圧縮側に配置するか、引張側に配置するかは、無作為とする。

5.3 載荷速度

荷重は、荷重点の移動速度がほぼ一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるように試験を行うこととする。

破壊までの時間はすべて測定し、その平均値を報告する。また、最大荷重に達するまでの時間が1分以内であった場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

ISO 規格案（prEN408）では、「荷重は、最大荷重に 5 ± 2 分以内で到達するように調節して、一定荷重ヘッドの移動で加えるものとする。」としている。将来の国際基準への対応を考慮すると、最大荷重に達するまでの時間は、最低 3 分以上とすることが望ましいものと考えられる。

5.4 試験結果

各試験体の破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。

5.4.1 試験体の破壊状況の観察

5.4.2 曲げ強さ

曲げ強さ(f_m)は以下の式から算出する。単位はMPaとし、小数点第1位まで求める。

$$f_m = aF_{\max} / (2Z)$$

ここで、 a ：支点から荷重点までの距離

F_{\max} ：最大荷重

Z ：断面係数、矩形断面では $bh^2/6$ 、ただし、 b は材幅である

5.4.3 曲げヤング係数

本法に定める載荷方法をそのまま用いて曲げヤング係数を評価するときは、図1におけるスパン中央の全体たわみを測定し、次の式によりせん断影響を含んだ曲げヤング係数(E_m)を算出する。単位はGPaとし、小数点第2位まで求める。

$$E_m = a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1) / \{48I(w_2 - w_1)\}$$

ここで、 I ：断面2次モーメント、矩形断面では $bh^3/12$

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。 F_1 は $F_{\max,est}$ （最大荷重の推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

5.5 曲げ試験における実施方法

曲げ試験の実施方法を105mm角のスギ製材の場合を例にとって述べる。なお、長さの単位をmm、荷重の単位をkN（1kN=102kgf）としておくと、応力の単位は $1\text{kN}/\text{mm}^2 = 1\text{GPa} = 1,000\text{MPa}$ となる。

(1)荷重条件の設定

試験材の標準寸法を $b=h=105\text{mm}$ とすると

$$4.5h = 472.5 \leq a \leq 7.5h = 787.5, 5h = 525.0 \leq S \leq 7h = 735.0$$

から、ここでは $a=S=600\text{mm}$ とする。 $L=2a+S=1,800\text{mm}$

したがって、 $L=2a+S=1,800\text{mm}$ 、試験体全長は、 $1,800+2\times 100=2,000\text{mm}$ 、となる。材長

にあわせて a 、 S を許容範囲内で変更してもよい。

(2)推定最大荷重と支点めり込み量のチェック

推定最大荷重 (F_{\max}) は、推定曲げ強さ (f_m) を長期許容応力度（約7.5MPa）の3倍（「材料強度」に相当する）の22.5(MPa)と考えると、

$$F_{\max,\text{est}} = 2f_m Z / a$$

ここで、 $Z=105 \times 105^2 / 6 = 192,900$ (mm³)、 $a=600$ (mm)、から、 $F_{\max,\text{est}}=14.47$ (kN) となる。

つぎに、支点めり込み量は、支点鋼板長さを150mmとすれば、加圧面積は、

$$150 \times \text{材幅}(b) = 150 \times 105 = 15,750 \text{ mm}^2$$

となるので、 $F_{\max,\text{est}}$ 時で $14.47 / 2 / 15750 = 0.46$ (MPa)、程度で全体たわみに対して無視できるものと思われるが、①支点部のめり込み量を実測し全体たわみから差し引く、②めり込み量が全体たわみに比較して十分小さいことを予め確認する、③めり込み量が影響しない測定法を採用する、などの方法によって、測定精度を確かめておく必要がある。

(3)曲げヤング係数測定の荷重区間の設定と予想たわみ量および荷重速度の推定

曲げヤング係数測定の荷重区間は、 $F_{\max,\text{est}}=14.47$ (kN) から、下側 $F_1=0.1F_{\max,\text{est}}=1.5$ (kN)、上側 $F_2=0.4F_{\max,\text{est}}=5.5 \sim 6.0$ (kN) とする。デジタル型の変位計で測定する場合には、この間で10点以上の測定点を得るため、0.3～0.4kNごとにたわみを測定しなければならない。

予想たわみ量(w)は、次式による。

$$w = aF(3L^2 - 4a^2) / (48IE_m)$$

E_m は7GPa前後であるため、 $I=105 \times 105^3 / 12 = 10,129,000 \text{ mm}^4$ から、 $w=1.46 \text{ mm} / \text{kN}$ 、したがって $F_2=6$ kNのときでは、9mm程度の変形量になる。

以上の結果から1分につき15kN程度の荷重が加わる、または20mm程度のたわみになるように荷重点の移動量を調整すれば、概ね標準的な荷重速度になる。

なお、実験において、比例限度荷重や最大たわみの測定を行うときには、荷重が F_2 値を超えた後もたわみ測定を継続する必要があるが、破壊時の衝撃によってダイヤルゲージを破損するおそれがあるので、非接触型の変位計の使用が望ましい。

また、本方法によって非破壊的にヤング係数のみを測定する場合には、少なくとも長期曲げ許容応力度の1.2倍以上になるまで荷重を負荷する必要がある。

(4)曲げ試験結果のとりまとめの例

一例として、以上の実験条件で表A2のようなデータを得たときの計算方法を示す。ただし、 $F_{\max}=17$ kNであったとする。

曲げ強度 (f_m) は、

$$f_m = aF_{\max} / (2Z) = 600 \times 17 / (2 \times 192,900) = 26.4 \text{ (MPa)}$$

と計算される。また、 F_1 、 F_2 は、前項で示した予測値から、

$$F_1 = 0.1F_{\max,\text{est}} = 1.5 \rightarrow F_1 = 1.6, w_1 = 3.24$$

$$F_2 = 0.4F_{\max,\text{est}} = 6.0 \rightarrow F_2 = 6.0, w_2 = 9.82$$

とする。このとき、または実測値から、

$$F_1 = 0.1F_{\max} = 1.7 \rightarrow F_1 = 2.0, w_1 = 3.87$$

$$F_2 = 0.4F_{\max} = 6.8 \rightarrow F_2 = 6.8, w_2 = 11.00$$

としてもよい。

ここで、 w_1 から w_2 の間は十分比例していると見なせるので、

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 6.0 - 1.6 = 4.4$$

$$\Delta w = w_2 - w_1 = 9.82 - 3.24 = 6.58$$

とする（なお、 Δw のばらつきが大きい場合は、最小二乗法を用いて $\Delta F / \Delta w$ を計算することが望ましい）。したがって、曲げヤング係数 (E_m) は、

$$\begin{aligned} E_m &= a(3L^2 - 4a^2)(F_2 - F_1) / \{48I(w_2 - w_1)\} \\ &= 600 \times (3 \times 1,800^2 - 4 \times 600^2) \times 4.4 / (48 \times 10,129,000 \times 6.58) \\ &= 6.83 \text{ (GPa)} \end{aligned}$$

となる。なお、実測値を用いた場合は6.88GPaである。

(5) その他のヤング係数測定法

1) 荷重点間たわみから求める方法

図1の荷重条件において曲げモーメントが一定になる荷重点間のたわみからせん断影響を含まない曲げヤング係数 (E_b) を測定することができる。荷重点間たわみの測定は一般的に以下の方法がとられている。変位量が小さいため、1/1,000mm精度のダイアルゲージの使用が望ましい。

a. ヨークを使用：ヨークを中立面にセットするもの。中立面に釘を打ち、ダイアルゲージをセットしたアングルを乗せ、中央部に付けたL型金具の移動量を測定してもよい。

b. はかま型治具の使用：圧縮面上にダイアルゲージをセットした袴型の治具をのせ、矢高量を測定。

計算式は以下のとおりである。

$$E_b = aL^2(F_2 - F_1) / \{16I(w_2 - w_1)\}$$

ここで、 I ：断面2次モーメント、矩形断面では $bh^3/12$

a ：図1参照

l ：変位量測定区間

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分。 F_1 は $F_{\max,\text{est}}$ （最大荷重の推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

表A2. 実験データの例

$F(\text{kN})$	$w(\text{mm})$	Δw
0	0	
0.4	1.02	1.02
0.8	1.87	0.85
1.2	2.62	0.75
1.6	3.24	0.62
2.0	3.87	0.63
2.4	4.49	0.62
2.8	5.09	0.60
3.2	5.70	0.61
3.6	6.29	0.59
4.0	6.87	0.58
4.4	7.47	0.60
4.8	8.06	0.59
5.2	8.63	0.57
5.6	9.23	0.60
6.0	9.82	0.59
6.4	10.42	0.60
6.8	11.00	0.58
7.2	11.60	0.60
7.6	12.17	0.57
8.0	12.76	0.59

2) 縦振動法によるヤング係数の測定

本方法は図A1のように材の重量と固有振動数の測定し、以下の式によって縦振動ヤング係数(E_d)を計算するものである。

$$E_d = (2Lf)^2 \rho$$

ここで、 L ：材長

f ：一次共振周波数

ρ ：密度

材長をm、一次共振周波数をHz、密度をkg/m³の単位とすると、 E_d の単位はPaとなり、10⁹で除すとGPaとなる。

例： $L=3.10\text{m}$ の105mm角材で重さ（質量）13.3kg、 $f=750\text{Hz}$ であったとすれば、

$$\rho = 13.3 / (0.105 \times 0.105 \times 3.10) = 389 \text{ (kg/m}^3)$$

$$E_d = (2 \times 3.1 \times 750)^2 \times 389 / 10^9 = 8.41(\text{GPa})$$

ヤング係数の評価法には、この他にも市販のグレーディングマシンによるものなど、いくつかの方法が考えられる。この場合においては、本試験法によるヤング係数との調整を適切な方法で行う必要がある。

6. 縦引張強さおよび縦引張ヤング係数

本試験では以下の方法によって縦引張り強さ、および縦引張りヤング係数を求める。

ISO 8375-1985（「構造用製材- 物理的及び力学的性質の決定」、以下ISO 8375）では、縦引張り強さと縦引張りヤング係数の測定はそれぞれ別の項目として規定されているが、実際には別々に測定されることはほとんどないので、本試験では1つの項目として規定した。

6.1 試験体および載荷方法

試験体の載荷方法は図2に示す。

試験体長さは、チャック長さを除く、チャック間の距離が横断面の長辺の9倍以上となるものとする。

チャック間の距離について、ASTMでは長辺の8倍以上、ISO 改訂案（ISO/TC165のWG5における現時点でのISO8375の改訂案、以下ISO改訂案）では2250mm+長辺の8倍、ISO 8375では長辺の9倍以上と規定されている。現在、わが国の試験研究機関に設置されている引張り試験機は、

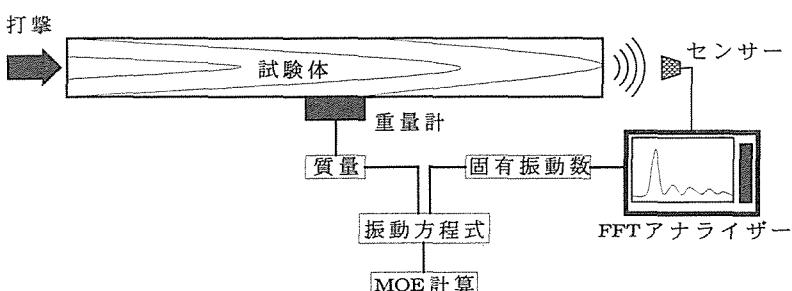


図 A1. 縦振動法によるヤング係数の測定

チャック間の距離が最大2000mm以下のものがほとんどであるため、一般的な製材やラミナの縦引張り試験を行う場合、ISO改定案のチャック間距離で実施することは困難である。よって、本試験ではISO 8375を採用し、チャック間距離は長辺の9倍以上と規定した。したがって、チャック間長に関する補正係数を今後検討する必要が出てくるものと思われる。

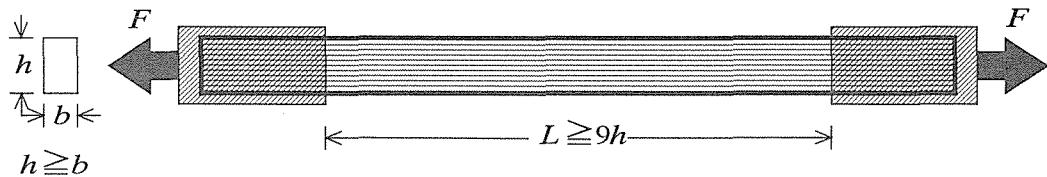


図 2.引張試験法

6.2 試験体の設置方法

試験体を設置する場合、最大節部分等の等級を決定する最大の欠点は、チャック間に位置するものとする。またチャック間と試験体が接する面積が小さいために、チャック部分で破断する起こす可能性のある場合には、試験体の上下にほぼ同一断面積の角材を当てるなどして、チャック部分の破断を防ぐ工夫を講じることとする。

くさび型のチャックをもつ引張り試験機の場合、引張り荷重が増加するのに伴ってチャック内の試験体は横圧縮を受けるため、チャック間の引張り破壊前にチャック切れを生じることがある。よって、横圧縮を受ける面積を増やす目的で木を使用するなど、チャックの影響による破壊が生じないための工夫を講じることとする。

6.3 引張試験機の性能

試験体は、曲げ応力を生じることなしに、均一な引張荷重をできるだけ加えることが可能な引張試験機を用いて負荷するものとする。実際に使用した引張試験機、試験機のチャックの形状、および負荷条件は報告する。

試験体に加える荷重の精度は1%以内で測定できるものとする。

6.4 載荷速度

荷重は、チャックの移動速度が一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるよう実験を行うこととする。

破壊までの時間はすべて測定し、その平均値を報告する。また、最大荷重に達するまでの時間が1分以内であった場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

6.5 試験結果

6.5.1 試験体の破壊状況の観察

各試験体の破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。もしチャックによる影響で破壊していた場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

6.5.2 縦引張強さ

縦引張強さ (f_t) は以下の式から算出する。単位はMPaとし、小数点第1位まで求める。

$$f_t = F_{\max} / A$$

ここで、 F_{\max} ：最大荷重

A ：試験体横断面の面積

6.5.3 縦引張ヤング係数

本法に定める載荷方法を用いて、縦引張ヤング係数を評価する場合は、以下の方法によるものとする。

伸びは、試験体の長辺の5倍以上を標点間距離とし、両端のチャックから幅の2倍以上離れた、材長方向の中央で測定する。その際、相対する2材面で伸びを測定し、その平均値を用いる。

伸びは1%以内の精度で測定できるセンサを用いる。また、載荷装置は試験体に加える荷重の1%の精度まで測定でき、最大荷重の10%以下の荷重の場合、最大荷重の0.1%の精度で測定できるものとする。

縦引張ヤング係数 (E_t) は以下の式から算出する。単位はGPaとし、小数点第2位まで求める。

ここで、 l ：標点距離

$$E_t = l(F_2 - F_1) / \{A(w_2 - w_1)\}$$

A ：試験体の横断面の面積

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分、 F_1 は $F_{\max,est}$ （最大荷重の

推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

また、伸びを測定したセンサ、および標点距離は別途報告する。

試験体の伸びを測定する標点間距離について、ISO 8375では長辺の5倍と規定されているが、試験体の寸法の違いによるヨーク長の調整の煩雑さを考慮し、本試験では長辺の5倍以上と規定した。

6.5 縦引張試験における実施方法

縦引張試験の実施方法を105mm角のスギ製材の場合を例にとって述べる。なお、長さおよび荷重の単位は曲げの場合と同様である。結果のとりまとめの例は、5.5(4)を参照されたい。

(1)荷重条件の設定

試験材の寸法を $h=105\text{mm}$ とすると、

$$L \geq 9h = 945(\text{mm})$$

から、これにチャック長の2倍を加えたものが試験体長となる。

(2)推定最大荷重

推定最大荷重(F_{\max})は、推定縦引張強さ(f_t)を長期許容応力度(約4.5MPa)の3倍の13.5(MPa)と考えると、

$$F_{\max,\text{est}} = A f_t$$

ここで、 $A=105 \times 105 = 11,025 (\text{mm}^2)$ 、から、 $F_{\max,\text{est}} = 148 (\text{kN})$ となる。

(3)縦引張ヤング係数測定の荷重区間の設定と予想伸び量の推定

縦引張ヤング係数測定の荷重区間は、 $F_{\max,\text{est}} = 148 (\text{kN})$ から、下側 $F_1 = 0.1 F_{\max,\text{est}} = 15 (\text{kN})$ 、上側 $F_2 = 0.4 F_{\max,\text{est}} = 60 (\text{kN})$ とする。デジタル型の変位計で測定する場合には、この間で10点以上の測定点を得るために、4kNごとにたわみを測定しなければならない。

伸び量測定の標点間距離(l)を、 $l \geq 5h = 525$ 、から $l = 600\text{mm}$ とすると、 E_t は7GPa前後であるため、1kNあたりの予想伸び量(w)は、

$$w = Fl / AE_t = (1 \times 600) / (7 \times 11,025) = 7.77 \times 10^{-3}(\text{mm})$$

したがって $F_2 = 60\text{kN}$ のときでは、0.47mm程度の伸び量になる。

7. 縦圧縮強さおよび縦圧縮ヤング係数

本試験では以下の方法によって縦圧縮強さ、および縦圧縮ヤング係数を求める。縦引張り試験と同様に、本試験では1つの項目として規定した。

7.1 試験体および載荷方法

試験体の載荷方法は図3に示す。

試験体の長さは横断面の短辺の6倍とする。材端面は平らで、互いに平行かつ試験体の軸に垂直になるように正確に作製する。

試験体の長さについて、ASTMでは細長比(λ)を17以下、ISO

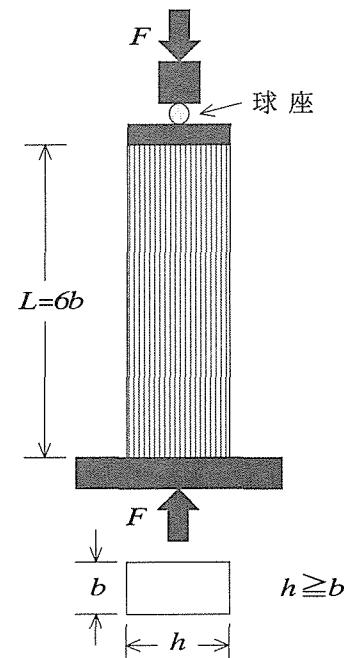


図3.圧縮試験法

改訂案では2000mm+長辺の8倍、ISO 8375では短辺の6倍（ $\lambda = 20$ ）と規定されている。ただし、わが国でISO改訂案の条件で実施できる試験機を所有する機関は、森林総研のみと思われる。よって、本試験では短柱圧縮試験とし、ISO 8375にしたがって、試験体の長さは短辺の6倍（ $\lambda = 20$ ）と規定した。

7.2 縦圧縮試験機の性能

試験体は、曲げ応力を生じることなしに、できるだけ均一な圧縮荷重を加えることが可能な、球座の荷重ヘッドをもつ圧縮試験機、もしくは他の装置を用いて同心的に負荷するものとする。実際に使用した試験機（装置）、および負荷条件は報告する。

試験体に加える荷重の精度は1%以内で測定できるものとする。

7.3 載荷速度

荷重は、荷重ヘッドの移動速度がほぼ一定となるように加え、最大荷重に達するまでの時間が1分以上となるように試験を行うこととする。

最大荷重に達するまでの時間が1分以内であった場合には、その試験体についての結果は試験結果評価データから除外し、別途報告する。

7.4 試験結果

7.4.1 試験体の破壊状況の観察

各試験体の破壊面における破壊形態および破壊の進展の特徴を記録する。

7.4.2 縦圧縮強さ

縦圧縮強さ (f_c) は以下の式から算出する。単位はMPaとし、小数点第1位まで求める。

$$f_c = F_{\max} / A$$

ここで、 F_{\max} ：最大荷重

A ：試験体横断面の面積

7.4.3 縦圧縮ヤング係数

本法に定める載荷方法を用いて、縦圧縮ヤング係数を評価する場合は、以下の方法によるものとする。

縮みは相対する2材面の、材長方向の中央で測定し、その平均値を用いる。

縮みは1%以内の精度で測定できるセンサを用いる。また、載荷装置は試験体に加える荷重の1%

の精度まで測定でき、最大荷重の10%以下の荷重の場合、最大荷重の0.1%の精度で測定できるものとする。

縦圧縮ヤング係数 (E_c) は以下の式から算出する。単位はGPaとし、小数点第2位まで求める。

$$E_c = l(F_2 - F_1) / \{A(w_2 - w_1)\}$$

ここで、 l ：標点距離

A ：試験体の横断面の面積

$F_2 - F_1$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重の増分、 F_1 は $F_{\max,\text{est}}$ （最大荷重の

推定値）の約10%、 F_2 は約40%とする。

$w_2 - w_1$ ： $F_2 - F_1$ に対応する変形の増分

また、縮みを測定したセンサ、および標点距離は別途報告する。

ISO 8375では、試験体の短辺の4倍を標点間距離として測定することが規定されているが、本試験ではストレイン・ゲージの使用を可能にするため、標点間距離を特に規定しなかった。しかし、ストレイン・ゲージによってひずみを測定する場合には、試験体の縮みを極局部的な評価にならぬよう、なるべくゲージ長を長いストレイン・ゲージを使用することが望ましい。

また、上下クロスヘッド間の変位によって求めた縦圧縮ヤング係数は、試験体本来の縦圧縮ヤング係数とは異なるので使用してはならない。

7.5 縦圧縮試験における実施方法

縦圧縮試験の実施方法を105mm角のスギ製材の場合を例にとって述べる。なお、長さおよび荷重の単位は曲げの場合と同様である。結果のとりまとめの例は、5.5(4)を参照されたい。

(1)荷重条件の設定

試験材の寸法を $b=105\text{mm}$ とすると

$$L=6b=630(\text{mm})$$

となる。

(2)推定最大荷重

推定最大荷重 (F_{\max}) は、推定縦圧縮強さ (f_c) を長期許容応力度（約6MPa）の3倍の18(MPa) と考えると、

$$F_{\max,\text{est}} = A f_c$$

ここで、 $A=105 \times 105=11,025 (\text{mm}^2)$ 、から、 $F_{\max,\text{est}}=198 (\text{kN})$ となる。

(3)縦圧縮ヤング係数測定の荷重区間の設定と予想縮み量の推定

縦圧縮ヤング係数測定の荷重区間は、 $F_{\max,\text{est}}=198 (\text{kN})$ から、下側 $F_1=0.1F_{\max,\text{est}}=20 (\text{kN})$ 、上側 $F_2=0.4F_{\max,\text{est}}=80 (\text{kN})$ とする。デジタル型の変位計で測定する場合には、この間で10点以上の測定点を得るために、5~6kNごとに縮みを測定しなければならない。

縮み量測定の標点間距離 (l) を、 $l=4b=420$ 、から $l=420\text{mm}$ とすると、 E_c は7GPa前後であるため、1kNあたりの予想縮み量(w)は、次式による。

$$w = Fl/AE_c = (1 \times 420) / (7 \times 11.025) = 5.44 \times 10^{-3}(\text{mm})$$

したがって $F_2=80\text{kN}$ のときでは、0.44mm程度の縮み量になる。

8. めり込み強さ（部分横圧縮強さ）およびめり込み剛性

8.1 試験体

試験体の長さは材せいの6倍とし、試験体の加圧される2面は完全に平行、かつ平滑で、荷重方向に垂直であることとする。

また、試験体は製材品の機械による等級、もしくは目視による等級を決定する部分から採取する。ただし、加圧部分、および加圧板の端部から長さ方向に材せい長さの1/2以内の部分にめり込み強度を増加させる節等の欠点を含む試験体は用いることができない。

めり込み強さは加圧されない部分の長さ(余長)にも影響され、試験体が短いと、樹種によつては変形が10%に達する以前に割れを生じことがある。そのため、試験体の長さは材せいの6倍としている。試験体の加圧される2面は完全に平行、かつ平滑で、荷重方向に垂直であることとする。

また、試験体は製材品の機械による等級、もしくは目視による等級を決定する部分から採取する。しかし、めり込み強さは他の強度性能と異なり、節の存在により増大する。さらにその位置によっては変形に大きな偏りを生じさせる。そのため、加圧部分、および加圧板の端部から長さ方向に材せいの1/2以内の部分にめり込み強度を増加させる欠点を含まないよう、試験体を採取する。

8.2 試験方法

試験方法は(a)材端部めり込み、(b)材中間部めり込み、の2種類とする。

図4に示したように、試験体の端部または中央部に鋼製の加圧板を置き、これを介して荷重を負荷する。加圧板の長さは90mm、幅は試験体の幅 b より10mm以上長いものとし、その端部は半径3mmの丸身をつける。

なお、材のせいと幅が等しい試験体の場合、年輪に対する加圧方向は無作為とし、別途報告する。

試験機の荷重ヘッドは、加圧板に傾きが生じないように固定したものとし、加圧板の上側から、移動速度がほぼ一定となるように荷重を負荷する。このとき加圧板間の変位量の変化を測定し、荷重と変位量の関係を記録する（図5）。

試験は試験体が破壊するか、変位が材せいの10%を超えるまで継続する。もし、試験体が座屈するようであれば、試験体を拘束する器具を使用してもよい。

本試験において変形に偏りをまったく生じさせないことは困難であるため、加圧板の両端そぞれに変位計を設置し、その変位の平均値を変形量として計測することが望ましい。

上記のような方法により変形量を計測する場合、変形に偏りが生じると、特に加力初期において片方の変位計に加力方向とは逆方向の変位が見られることがある。変位計の破損を防ぐため、加力方向だけでなく、逆方向についても十分なストロークを確保する。

クロスヘッド移動量を変形量とする場合は、荷重が上昇し始めたところを原点とする。

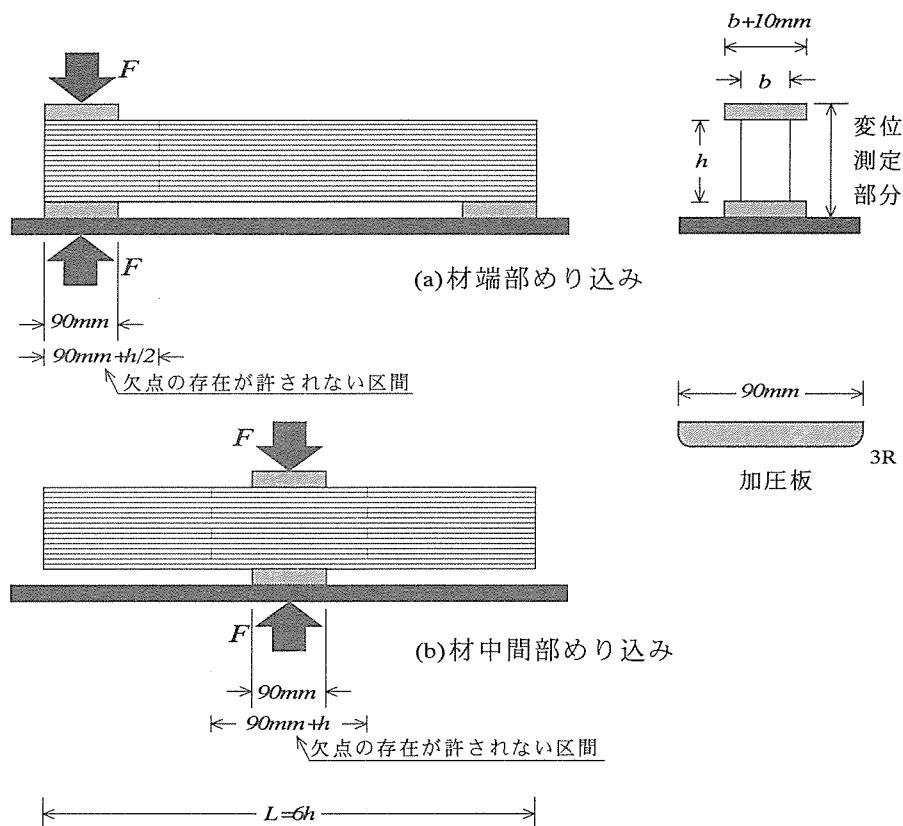


図4. めり込み試験方法

8.3 試験結果

8.3.1 めり込み強さおよびめり込み降伏強さ

めり込み強さ ($f_{c,90}$) およびめり込み降伏強さ ($f_{c,90,y}$) は得られた荷重と変形の関係(図5参照)から、以下の式により算出する。単位はMPaとし、小数点第2位まで求める。

$$f_{c,90} = F_{\max} / (bl)$$

$$f_{c,90,y} = F_y / (bl)$$

ここで、 F_{\max} ：試験体が破壊したときの荷重 F_{ult} 、あるいは試験体材せいの10%の変形が生じたときの荷重 $F_{0.1h}$ の小さい方の荷重
 F_y ：荷重変形曲線と、これの直線部分を延長し、さらに変形の増加方向に1mmずらした直線との交点における荷重
 b ：試験体の幅
 l ：加圧板の長さ (=90mm)

8.3.2 めり込み剛性

めり込み剛性 ($K_{c,90}$) は以下の式により算出する。単位はN/mm³とし、小数点第2位まで求める。

$$K_{c,90} = (\Delta F / \Delta w) / (bl)$$

ここで、 $\Delta F / \Delta w$ ：荷重変形曲線の直線部分の荷重と変形の比
(図5参照)

b ：試験体の幅

l ：加圧板の長さ (=90mm)

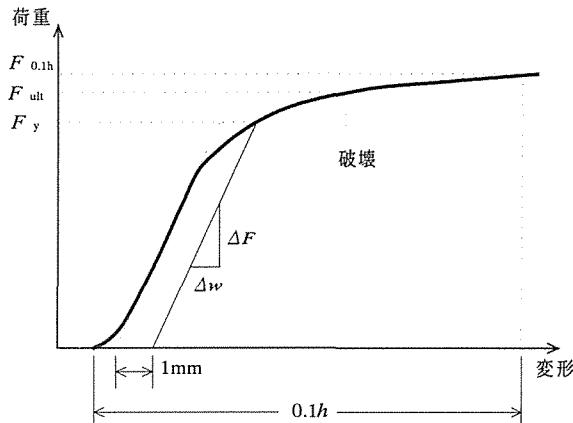


図5. F_y 等の決定方法

8.4 めり込み強さおよびめり込み剛性試験における実施方法

めり込み試験の実施方法を105mm角のスギ製材の場合を例にとって述べる。なお、長さおよび荷重の単位は曲げの場合と同様である。結果のとりまとめの例は、5.5(4)を参照されたい。

(1)荷重条件の設定

試験材の標準寸法を $h=105mm$ とすると

$$L=6h=630(\text{mm})$$

となる。

(2)推定最大荷重

推定最大荷重 (F_{\max}) は、推定引張強さ ($f_{c,90}$) を長期許容応力度 (約2MPa) の3倍の6(MPa) と考えると、

$$F_{\max,\text{est}} = blf_{c,90}$$

ここで、 $b=105$ 、 $l=90$ (mm) 、から、 $F_{\max,\text{est}}=56.7$ (kN) となる。

9. せん断強さ

(審議中)

10. せん断弾性係数

(審議中)

11. 試験結果の評価法

11.1 含水率によるデータの調整

試験体の含水率が15%を超える試験体については、木材の強度は含水率が高いほど小さくなるので、その結果をそのまま安全側の数値として、強度評価に使用するデータとして採用して差し支えない。この場合において、含水率と強度との関係が特別な調査研究により明らかにされている場合には、試験結果を含水率が15%の場合の値として補正してよい。

含水率が15%未満の試験体については、特別な調査研究による含水率と強度との関係を用いて、試験結果を含水率が15%の場合の値に補正しなければならない。ただし、全試験体の含水率が $15 \pm 2\%$ の範囲に収まるような試験にあっては、強度の補正を行わなくともよい。

含水率によるデータ調整法として提案されているのものには、以下に示すASTM D-2915、同D-1990、prEN384などがある。しかし、これらの式の適用に当たっては、当該試料に関する試験を予め行い、調整係数の妥当性を確認することとする。

(1)ASTM D-2915(1984)

同規格では、任意の含水率条件における各試験体ごとの強度値を、次式によって目標とする含水率条件での強度値に調整することとしている。ただし、含水率が22%以上はすべて生材と見なし、5%以上の含水率差がある場合の調整は避けるべきであるとしている。

表A3.ASTM D2915における

含水率定数

項目	α	β
弾性係数	1.44	0.0200
曲げ強さ	1.75	0.0333
引張強さ	1.75	0.0333
縦圧縮強さ	2.75	0.0833
せん断強さ	1.33	0.0167
横圧縮強さ	1.00	0.0000

ここで、 P_2 :含水率 M_2 における特性値の測定値

P_1 :含水率 M_1 における特性値の測定値

α 、 β :表 A3 に掲げる含水率定数

M_2 :含水率(単位 %)

M_1 :含水率(単位 %)

(2)ASTM D-1990(1991)

同規格はイングレイドテストされた目視等級区分材の実験結果から得られた5%下限強度値に適用されるもので、目標とする含水率への調整を行うこととしている。ただし、含水率が23%以上はすべて生材と見なし、5%以上の含水率の調整は避けるべきであるとしている。

1)曲げ強さ(MOR)、縦引張強さ(UTS)、縦圧縮強さ(UCS)

$MOR \leq 16.6 \text{ MPa}$ 、 $UTS \leq 21.7 \text{ MPa}$ 、 $UCS \leq 9.6 \text{ MPa}$ のときは調整しない。

MOR>16.6MPa、UTS>21.7MPa、UCS>9.6MPaのときは下式による。

$$S_2 = S_1 + (S_1 - B_1) / (B_2 - M_1)(M_1 - M_2)$$

ここで、 S_2 :含水率 M_2 における特性値の測定値

S_1 :含水率 M_1 における特性値の測定値

B_1 、 B_2 :表A4に掲げる含水率定数

M_2 :含水率(単位 %)

M_1 :含水率(単位 %)

2)弾性係数、横圧縮強さ、せん断強さ

下式から計算する。

$$P_2 = P_1 + (B_1 - B_2 M_2) / (B_1 - B_2 M_1)$$

ここで、 P_2 :含水率 M_2 における特性値の測定値

P_1 :含水率 M_1 における特性値の測定値

B_1 、 B_2 :表A4に掲げる含水率定数

M_2 :含水率(単位 %)

M_1 :含水率(単位 %)

(3)prEN384

prEN384では、実験結果から得られた5%下限強度値に対し、含水率10~18%の範囲内で1%含水率変化あたりの変化率を、縦圧縮強さ3%、弾性係数2%として調整する。曲げ強さと縦引張強さの調整はない。

11.2 木材の寸法および荷重条件による調整

11.2.1 強さに対する調整

試料が、異なった数種の断面寸法の材を含むときには、曲げおよび引張強さに対し、以下の調整係数 k_1 を乗じて標準寸法時の値に調整する。

$$k_1 = (h / h_0)^{0.2}$$

ここで、 h ：試料寸法

h_0 ：標準寸法

で、曲げにおいては材せい、引張においては断面の長辺とする。

また、図1の曲げ荷重条件における内側荷重点間距離 S が $6h$ とは異なるとき、曲げ強さに対し以下の調整係数 k_2 を乗じる。

$$k_2 = (L_{et} / L_{es})^{0.2}$$

ここで、 L_{es} は標準荷重条件、 L_{et} は実験条件における $(L + 5S)$ である。

表A4. ASTM D1990における
含水率定数

	B ₁	B ₂
曲げ強さ	16.6	40
縦引張強さ	21.7	80
縦圧縮強さ	9.6	34
弾性係数	1.857	0.0237
横圧縮強さ	1.000	0
せん断強さ	1.33	0.0167

材料の破壊が「最弱リンク理論にしたがう」と仮定したとき、その関係式は一般に次式で表

される。

$$\sigma_1 / \sigma_2 = (V_2 / V_1)^\alpha$$

ここで、 σ 、 V はそれぞれ添え字の条件時の破壊応力、体積、 α は定数である。この考え方

は、引張、圧縮のように、部材中に比較的均一の応力が発生する荷重条件では認識しやすい。

しかし、曲げ条件の場合にこの仮定を導入するとき、 V の範囲を長さ方向のどこまでに設定するか、が問題になる。

本文の調整式はいずれも ISO の prEN384 の 5%下限強度値に対する調整係数である。ここでは、材せいに関しては、 $k_1=(h/h_0)^{0.2}$ 、荷重条件に関しては、 $k_2=\{(L+5S)/(L_0+5S_0)\}^{0.2}$ をそれぞれ乗じるものとしている。これを総合すると、

$$k=k_1k_2=[\{h(L+5S)\}/\{h_0(L_0+5S_0)\}]^{0.2}=[\{h(S+0.2L)\}/\{h_0(S_0+0.2L_0)\}]^{0.2}$$

と書き換えるから、幅方向の影響を無視した上で、モーメント一定の中央区間の両側にモーメントの影響を考慮して材長の10%をそれぞれ加え、この区間の体積の0.2乗が曲げ強さに反比例する、との関係から誘導されたものと思われる。

なお、ASTM D 1990-91では、5%下限強度値に対する調整係数として、幅方向（狭い面）の影響は無視し、

$$k=k_1k_2=(h/h_0)^a \cdot (L/L_0)^b$$

ただし、曲げおよび引張強さ : $a=0.29$ 、 $b=0.14$

圧縮強さ : $a=0.13$ 、 $b=0$

としている。

したがって、たとえば、同一標本中に、 $h=90$ 、 105 、 120 (mm)の材が混在している場合、表1にしたがって $h=105$ mm の条件時に強度値を調整する。このとき、 $h=90$ 、 120 に対して、 k_1 はそれぞれ $(90/105)^{0.2}=0.970$ 、 $(120/105)^{0.2}=1.027$ 、となる。

また、材せい h の材に対する標準荷重条件は、 $L=18h$ 、 $S=6h$ 、であるが、たとえば、 $L=21h$ 、 $S=7h$ の条件で実験を行ったとすれば、

$$L_{es}=(18h+5 \times 6h)=48h$$

$$L_{et}=(21h+5 \times 7h)=56h$$

から、 $k_2=(56/48)^{0.2}=1.031$ 、となる。

なお、ISO では標準条件を $h=150$ mm にするように規定している。

11.2.2 曲げヤング係数の調整

曲げ試験条件が標準試験法と異なる場合は、以下の方法によって標準条件時の値に調整することができる。

$$E_m=\{1+2.4h^2(E/G)/(3L^2-4a^2)\}/\{1+2.4h_0^2(E/G)/(3L_0^2-4a_0^2)\}E_b$$

ここで、 E_m ：標準条件における曲げヤング係数

E_b : 実験条件における 曲げヤング係数測定値

E/G : 真のヤング係数と剪断弾性係数の比、実験値または既往のデータによる

h, L, α : 試験条件における材せい、荷重スパン、荷重点－支点間距離

h_0, L_0, α_0 : 標準条件における上記の値

である

本試験法での曲げヤング係数 (E_m) は 5.1.5 に示した式によって、せん断たわみの影響を含んだ見かけの値として評価する。

せん断影響を含まない曲げヤング係数 (E) との関係は、曲げヤング係数とせん断弾性係数の比を $\alpha = E/G$ (概ね 14~17) とすると、

$$E_b = E_m (1 + \phi)$$

$$\phi = 2.4 \alpha h^2 / (3L^2 - 4a^2)$$

と表される。ここで、標準荷重条件の $a=6h, L=18h$ を代入すると、 $\phi = 0.00290 \alpha$ が得られ、 $\alpha = 16$ と仮定すると $\phi = 0.0464$ となる。

本試験法における荷重条件の許容範囲内では $a=4.5h, S=5h, L=14h$ のときが標準荷重条件と最も誤差が大きくなる。このとき、 $\phi = 0.00473 \alpha$ であり、 $\alpha = 16$ と仮定すると $\phi = 0.0757$ となるから、標準条件時の E_m に対し、 $(1+0.0464)/(1+0.0757) = 0.973$ 、から 3%程度低めの値を示すことが予想される。

したがって、既存のデータ等によって曲げヤング係数とせん断弾性係数の比 α が特定できる場合に限っては、標準荷重条件時の E_m に換算しても差し支えない。

11.3 データの統計的解析

データの統計的解析は以下の手順による。

(1)調整されたデータに対して標本平均値（以下、平均値）、標本標準偏差および平均値の信頼区間を計算し、度数分布を描く。

(2)上記の結果から、適当な母集団強度分布形を仮定し、その母数パラメータを統計的方法によって推定し、適合度検定を行う。検定の結果、仮定分布が否定されなかった場合は、確率密度関数を計算し、重ね描きする。

(3)材料強度は信頼水準75%の5%下側許容限界として求める。弾性係数については、平均弾性係数と下限弾性係数を求める。下限弾性係数は信頼水準75%の5%下側許容限界として求める。

データの統計的解析の具体的手順は以下のとおりである。

(1)調整された強さ、弾性係数のそれぞれのデータに対して平均値、標準偏差および平均値の信頼区間を計算し、ヒストグラムまたは累積分布関数、あるいはその両者を描く。

平均値の信頼区間 (CI) は次式による。

$$CI = X_{0.5} \pm (ts/\sqrt{n})$$

ここで、 $X_{0.5}$:強度値の算術平均

n :データ数

t :データ数 n のときの t 値

s :標準偏差

(2)サンプリングされた試験体の試験結果から、適当な母集団強度分布形を仮定し、その母数パラメータを統計的方法によって推定し、適合度検定を行う。検定の結果、仮定分布が否定されなかった場合は、確率密度関数または累積分布関数を計算し、重ね描きする。

ヒストグラムの作成に当たっては階級数(k)を決定しなければならない。この決定方法にはJIS法（JIS-Z9041）と以下に示すステージエス式がある。

$$k = 1 + 3.32 \log_{10} n$$

本式にデータ数 n を代入して、階級数 k を計算すると、 n が90以下では7、90～180では8になる。したがって、統計的処理において、むやみに階級数を増やすことは意味がないが、実験結果の概要を把握するためには、階級数をやや多めに設定しておくとよい。

(3)材料強度および弾性係数

材料強度はサンプリングされた試験体の試験結果から、適当な母集団強度分布形を仮定するか、又は順位統計の考え方を用いて、信頼率75%の5%下側許容限界として求める。弾性係数はサンプリングされた試験体の試験結果から算術平均値および標準偏差を求めるとともに、材料強度と同様の方法によって信頼率75%の5%下側許容限界として求める。

計算方法は以下のとおりとする。その実施例は付録2の「母数推定、下限許容値の計算例」に示す。

1)サンプリングされた試験体の試験結果から、適当な母集団強度分布形を仮定し、その母数パラメータを統計的方法によって推定し、適合度検定を行う。「実施例」では積率法及び最尤法を用いて、正規分布、対数正規分布、2Pワイブル分布、3Pワイブル分布の母数の推定し、さらに、最尤法で推定された各仮定分布にコロモゴルフースミルノフ法（KS法）による、適合度検定を危険率95%で行っている。

上記の検定の結果、分布が正規分布とみなすことができる場合には、

$$f = f_{0.5} - Ks$$

として、信頼度75%の5%下限値を求める。

ここで、 f : 材料強度

$f_{0.5}$: 算術平均

K:片側許容限界を求めるための係数

s:標準偏差

である。また、分布が対数正規分布とみなすことができる場合には、データの対数が正規分布することになるから、上記の式の $f_{0.5}$ 、 s をデータの対数から計算されたものと読み替え、

$$f = \exp(f_{0.5} - Ks)$$

として求める。

なお、K値についての試験体数が表A5にないときは直線補間で求める。また $n > 250$ の場合につい

ては「実施例」を参照のこととする。

2)分布が正規分布、対数正規分布以外の場合には、順位統計にしたがって求める。すなわち、 n 個のデータを小さい順に並べ、表A6を参考にして、 $n_i \leq n < n_j$ の*i*番目と*j*=(*i*+1)番目のデータを x_i 、 x_j とし、下式から5%下限許容値(f)を計算する。

$$f = x_i + (x_j - x_i)(n - n_i) / (n_j - n_i)$$

3)ある曲げ強度試験の曲げ強さの統計解析で、表A7、図A2のような結果が得られ、正規分布仮定、対数正規分布仮定のいずれもが否定されなかった場合の計算例を示す。

- ・試料数： $n=52$

- ・係数K： $n=50$ 、 60 のときのK値は、表から、

$$K = K_{50} - (K_{50} - K_{60})(52 - 50) / (60 - 50)$$

$= 1.811 - (1.811 - 1.795) \times 2 / 10 = 1.808$ 、と計算される。真の値は1.807に近い。

- ・正規分布仮定：平均値 $\mu = 62.798$ 、標準偏差 $\sigma = 17.166$ から、下限値は、

$$f = \mu - K\sigma = 62.798 - 1.807 \times 17.166 = 31.779$$

- ・対数正規分布仮定：平均値 $\lambda = 4.102$ 、標準偏差 $\xi = 0.277$ から、下限値は、

$$f = \exp(\lambda - K\xi) = \exp(4.102 - 1.807 \times 0.277) = \exp(3.601) = 36.63$$

- ・順位統計法： $n=52$ から、 $n_i=27 \leq n=52 < n_j=54$ で、 $i=1$ となるから、 $j=i+1=2$ 、

である。数値の小さい方から1、2番目のデータは35.58、35.81であるため、

$$f = 35.58 + (35.81 - 35.58)(52 - 27) / (54 - 27) = 38.44$$

以上から、 f は正規分布仮定、対数正規分布仮定のいずれの採用も可能であるが、通常は適合度検定の結果を参考に決定する。

表A5.信頼度75%の5%下限許容値を求めるための係数Kの値

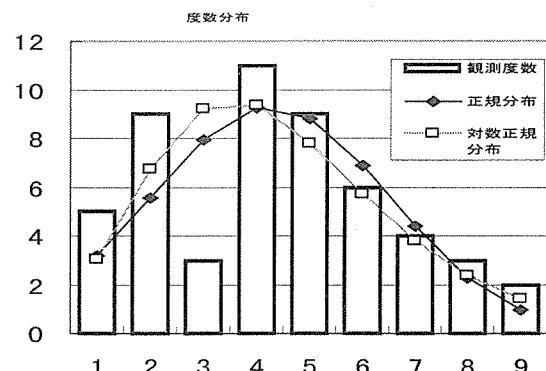
<i>n</i>	K	<i>n</i>	K	<i>n</i>	K
3	3.152	16	1.977	45	1.822
4	2.681	17	1.964	50	1.811
5	2.464	18	1.952	60	1.795
6	2.336	19	1.942	70	1.783
7	2.251	20	1.932	80	1.773
8	2.189	21	1.924	90	1.765
9	2.142	22	1.916	100	1.758
10	2.104	23	1.908	120	1.747
11	2.074	24	1.901	140	1.739
12	2.048	25	1.895	160	1.733
13	2.026	26	1.869	180	1.727
14	2.008	27	1.849	200	1.723
15	1.991	28	1.834	250	1.714

表A6.試験体個数*n*から信頼度0.75の5%下限許容値になる*i*値求める表

<i>i</i>	<i>n</i>	<i>i</i>	<i>n</i>
1	27	6	148
2	54	7	170
3	78	8	193
4	102	9	215
5	125	10	237

表A7.度数分布表

階級	観測度数			
	境界下限値	階級値	境界上限値	度数
1	31.542	35.583	39.624	5
2	39.624	43.665	47.707	9
3	47.707	51.748	55.789	3
4	55.789	59.830	63.872	11
5	63.872	67.913	71.954	9
6	71.954	75.995	80.036	6
7	80.036	84.078	88.119	4
8	88.119	92.160	96.201	3
9	96.201	100.242	104.284	2



図A2.表A7のデータの度数分布図

補足1：用語の「ISO/TC165の京都国際会議試験法草案」との対応について

この試験法で用いた用語の「ISO/TC165の京都国際会議試験法草案」との対応を以下に示す。

- 1) 曲げヤング係数 : modulus of elasticity in bending
- 2) 曲げ強さ : bending strength
- 3) 縦引張ヤング係数 : 規定なし
- 4) 引張強さ : tension strength parallel to grain
- 5) 縦圧縮ヤング係数 : 規定なし
- 6) 圧縮強さ compression strength parallel to grain
- 7) めり込み強さ（部分横圧縮強さ） : compression strength perpendicular to grain (京都草案では、材端のめり込みによっている)
- 8) せん断弾性係数 : torsional rigidity parallel to grain (京都草案ではねじり法によっている)
- 9) せん断強さ : shear strength parallel to grain

京都草案では、その他に、tension strength perpendicular to grain (横引張強さ) がある。

補足2：「1997.3.29付け建設省住指発第132号」との関連について

木材の材料強度の試験方法については、建設省建築指導課長通達（1997.3.29付け建設省住指発第132号、なお、本通達の全文は別添資料に示す）でも示されている。同通達の「第1 目的」では、

「本基準は、建築物の構造耐力上主要な部分に使用する木材の材料強度の評価方法を定めるものである。なお、ここに定める評価方法以外の方法であって、次の(1)又は(2)に該当する場合には、当該方法によることができるものとする。

(1) 評価結果が、本基準に定める方法によるものと同水準又はそれ以下となることが明らかな場合

(2) 評価結果を本基準に定める方法によるものとして換算する方法が特別な調査研究により明らかにされている場合であって、評価結果を当該方法により換算して木材の材料強度とする場合」

としており、本方法はこの(1)に該当するものと考えられる。

また、同通達では「第6 曲げ以外の強度試験について」として、

「(1) 圧縮及び引張の材料強度について

圧縮の材料強度については、5.1および6.1～3に定める方法により求められた曲げの材料強度値が30MPa未満の場合は、これに0.8を乗じて得た数値として、30MPa以上の場合は24MPaとする。

引張の材料強度については、曲げの材料強度値に0.6を乗じて得た数値とする。

ただし、曲げ強さと圧縮強さ又は引張強さとの関係について既に十分な調査が行われているものについては、当該調査結果に基づき、曲げ強さから圧縮強さ又は引張強さを求め、これからそれぞれの材料強度を計算してもよい。

(2)めり込み強さ及びせん断強さについて

めり込み強さ及びせん断強さについては、それぞれ無欠点小試験片を試験体としてJIS-Z2101-1994に定める部分圧縮試験及びせん断試験により試験を行うこととする。この場合において、試験体のサンプリング数は4.2.3に定める基準により設定し、それぞれの材料強度は、サンプリングされた試験体の試験結果から、適當な母集団強度分布形を仮定するか、又は順位統計の考え方を用いて、信頼率75%の5%下側許容限界として求める。なお、木材の等級格付け方法が、無欠点小試験片の強度に有意の差を生じさせない場合には、無欠点小試験片に関する試験は等級毎に行う必要はない。」

としている。

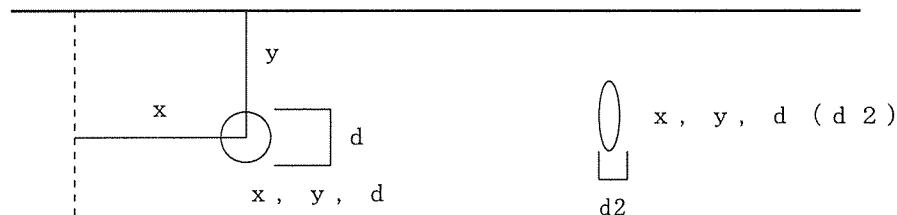
したがって、曲げ以外の各特性値（材料強度）については、本試験法の6～10に定める試験法を用い、11.1～11.3にしたがった計算によって求めるほかは、上記の方法によって評価することも可能と思われる。

付録1.欠点等の測定および記録方法

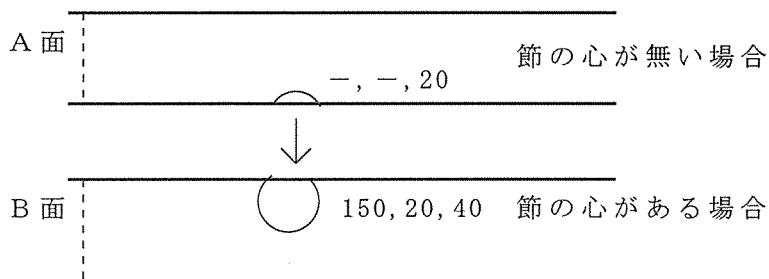
1.節

節の記録方法は、以下のように測定し、野帳（巻末）に記載する。

- ①荷重点間の全ての節および等級を決定する節（全材長で）を調査する
- ②測定は、基準線（荷重点がよい）からの材長距離、上材縁からの距離、節径の順で記録する。距離は、節の心を基にして測定すること（mm単位）。
- ③流れ節等、必要なときは短径を追加して測定記録する。
- ④2材面にわたる節は、心の有無を記録するとともに、同一の節とわかるように記載する。



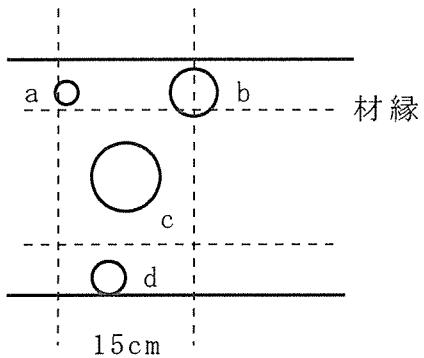
d/d2 が 2.5 倍以上ある場合に短径記入



節の測定法の詳細は規格を参照されたいが、注意点のみ記載する。

- a. 節径は材の稜線に平行な接線間の長さとして測ること
- b. 節ばかまを除いた部分を節とすること（判然としない場合は、色、けば立ち、乾燥材では節の割れなどを参考にして判断すること）
- c. 節が隣接する2材面にかかる場合は、節の心のある面の節のみが等級の対象とし、2面とも心があるか、ともに無いときは径の小さい節が等級の対象とする
- d. 節が3材面にかかる場合は、節の横断面の存する2材面の節が対象とする

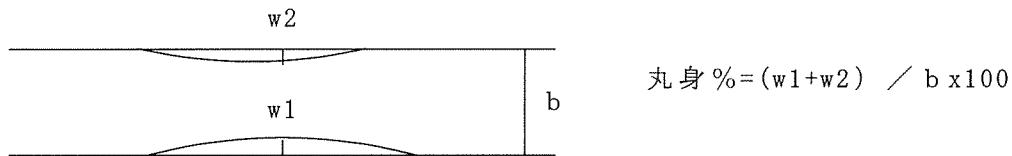
- e. 材縁の節かどうかは心の位置で決まる
- f. 集中節は15cm区間に係わる節であり、心の位置ではなく、節の一部が係っていれば集中節に加えられる。野帳では集中節とわかるように記載しておいたほうが良い。
- g. 正角材では4材面とも広い面として扱われる。したがって、材縁の節としての判定が必要となる。
- h. 材縁の集中節と中央の集中節は、対象節が重なる場合があるので注意すること。



左図では材縁の集中節としてa、b、dの節径の合計を判定し、中央の節としてa、b、c、dの節径の合計を判定する。

2. 丸身

野帳に図示し最大幅を記録する



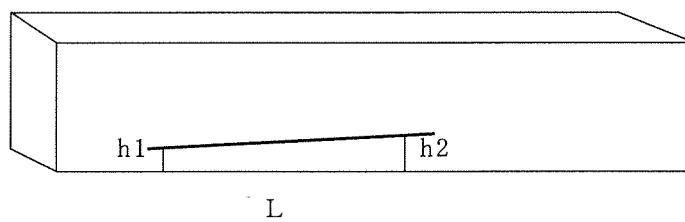
$$\text{丸身 \%} = (w_1 + w_2) / b \times 100$$

3. 繊維傾斜

荷重点間部分で各面の繊維傾斜を測定し最大のものを記録する（C面、BもしくはD面での測定でも可）

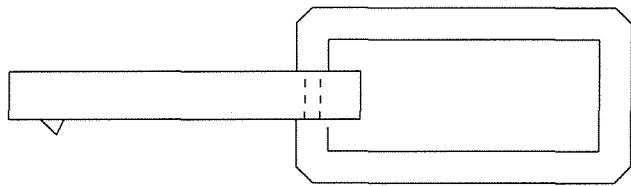
測定は、乾燥材では割れの方向から測定可能

割れの無い場合は、引っ搔き法で測定（道具は全木連で購入可能）



$$\text{繊維傾斜 mm} = (h_2 - h_1) / L * 1000$$

1m当たりの纖維傾斜mmで表す。測定では、1mの割れは観察されにくいので、Lは適当な長さ（30cm程度は必要）で行い、1m当たりに換算する。



纖維傾斜測定用具

4.貫通割れ、目回り、その他の欠点

JASを参考に等級に関わる場合に野帳に記録する。あてや腐れ等の特徴的なものがある場合も記録する。

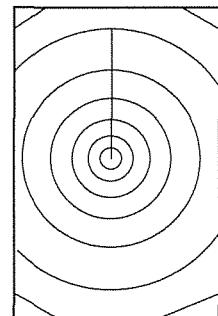
5.曲がり

曲がりは、針葉樹構造用製材の日本農林規格（以下、JAS）にしたがい、材面に水糸を張り最大の矢高を測定する。mm単位でも良いが、0.5mm単位のスチール製のものさしを用いるのが望ましい。

6.平均年輪幅および断面の心の位置の測定

平均年輪幅および断面の心の位置は試験終了後、破壊部近くで、ピスの位置のA面、B面からの距離を測定し野帳に記入する。心去り材では、年輪の様子を書き、ピスがどの方向にあるのかわかるようにする。

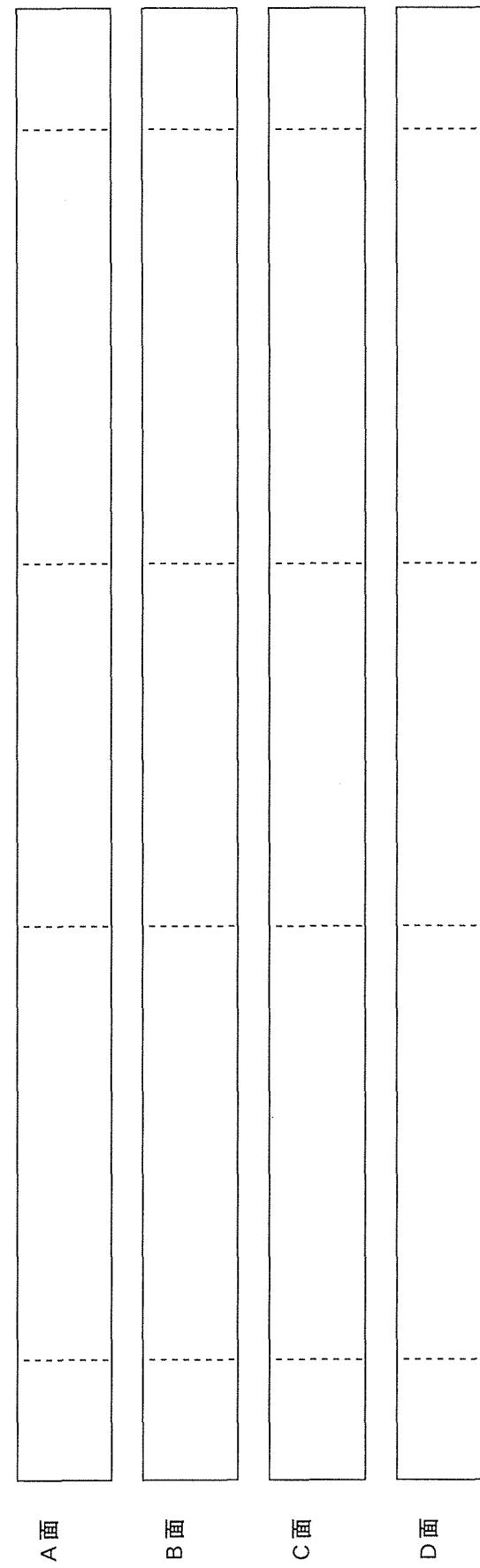
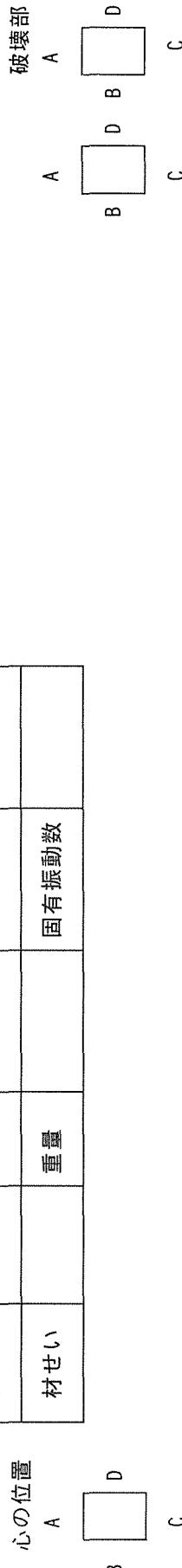
平均年輪幅は年輪幅が完全なものを対象とし、長さを年輪数で除して求める。ピスは1年輪と数えない。



野帳例

試験体 No		最大荷重	ヤング率	
--------	--	------	------	--

材幅	材長	含水率	
材せい	重量	固有振動数	



支点
荷重点

木口割れ	丸身	繊維傾斜AC	ねじれ	JAS 全体
材面割れ	年輪幅	BD	BD	JAS 中央

付録2. 「強度データ解析シート（mini）」を用いた データの統計的解析の方法

1.はじめに

1.1手順の概要

データの統計的解析は以下の手順による。

- (1)調整されたデータに対して標本平均値（以下、平均値）、標本標準偏差（以下、標準偏差）および平均値の信頼区間を計算し、ヒストグラムを描く。
- (2)上記の結果から、適当な母集団強度分布形を仮定し、その母数パラメータを統計的方法によって推定し、適合度検定を行う。検定の結果、仮定分布が否定されなかった場合は、確率密度関数を計算し、重ね描きする。
- (3)材料強度は信頼水準75%の5%下側許容限界として求める。弾性係数については、平均弾性係数と下限弾性係数を求める。下限弾性係数は信頼水準75%の5%下側許容限界として求める。

1.2「mini」について

以上の手順では各種の統計的処理による母数の推定、検定を行ったうえで、設計の基準値となる「材料強度および弾性係数」を求めることとしている。この計算では、収束計算等が含まれ、かなりの計算量となることから、実際にはコンピュータによってデータ処理を行うことになる。

統計計算用のコンピュータソフトには自作の他、最小2乗法に特化したものや、統計処理汎用プログラムなど多くの種類のものが市販されており、これらを用いて計算を行うことも可能である。しかし、木材強度試験データの処理に対しては、いわば「帶に短し、たすきに長し」の状態であるため、ここでは、専用に開発されたツール（堀江和美による「強度データ解析シート（mini）」）を用いた計算例を示し、併せて計算上の注意点を解説する。これは「Microsoft Excel97（以下 EXCEL97）」上でプログラミングされたものである。

「強度データ解析シート（mini）」は、試験法に示された手順といくぶん異なっているが、試験により得られた測定値を「解説6.1～2」にしたがって調整した値を入力した後、以下に示した計算が自動的にできるように設計したもので、木材強度データ解析の最低限の機能^{注)}を搭載し、かつ処理スピードの向上を目指したものである。

- (1)基本統計量の算出：基本統計量として、平均値 ($X_{0.5}$)、標準偏差 (s)、歪度 (SK) を

求め、度数分布を作成する。ここで、異常値の有無を確認し、もしあれば、データを修正または削除する。

(2)確率分布モデルの設定：確率分布モデルとして、正規分布、対数正規分布、2母数ワイブル分布、3母数ワイブル分布、の4種類を取り上げる。

(3)母数の推定：各確率分布モデルの母数を最尤法と積率法を用いて推定する。

(4)相対適合度の算出：最尤法で推定された各仮定分布にコロモゴルフースミルノフ法（KS法）による、適合度検定を危険率95%で行う。

(5)信頼水準75%の5%下側許容限界の算出：上記の検定の結果、分布が正規分布または対数正規分布とみなすことができる場合には、パラメトリック法およびノンパラメトリック法（順位統計法）によって、それ以外の場合にはノンパラメトリック法によって信頼水準75%の5%下側許容限界を求める。

これらの手法を汎用または自作のプログラムによって行うことも可能である。もし、自作の計算手法を適用する場合には、3.で示したデータを用いた結果を、本プログラムの計算結果と比較し、 $\pm 0.1\%$ の誤差範囲内であることを予め確認した上で使用されたい。

注：本プログラムのフルバージョン版では、このほかに「打ち切りデータの場合の最尤法による母数の決定」「最小2乗法による母数の決定」「 χ^2 検定法相対適合度の算出」「適合度検定における危険率の変更」「下限値を求める場合の信頼度変更」等が可能である。

2.計算例

以下、ダフリカカラマツ105mm×105mm材の曲げ強度試験結果（飯島泰男・中谷浩：富山県木材試験場報告、No.63、1985）のうちの機械的強度等級E110材、42本のオリジナルデータ (f_m) を用いた具体的な解析結果を示す。

2.1並べ替えデータ及び基本統計量

試験で得られたデータは、通常アトランダムとなるが、並び替えられたデータでも、最尤法、積率法により得られる結果は変化がないから、計算データとして、小さい順に並び替えたものを使用する。

基本統計量の平均値 $X_{0.5}$ 、標準偏差 s 、歪度 SK は右式から求めることができる。

計算結果から表2の数値が得られる。

表1.並び替えられたデータ(f_m :MPa)

順位	f_m	順位	f_m	順位	f_m
1	31.1	15	46.0	29	58.3
2	31.6	16	46.3	30	58.4
3	32.2	17	47.7	31	59.3
4	33.6	18	47.9	32	59.6
5	37.6	19	48.8	33	61.5
6	40.2	20	49.7	34	63.8
7	41.3	21	49.7	35	63.9
8	42.3	22	49.8	36	64.0
9	42.3	23	50.2	37	64.0
10	42.9	24	51.2	38	65.2
11	43.7	25	53.4	39	65.5
12	44.0	26	53.6	40	66.5
13	45.7	27	56.4	41	67.0
14	45.8	28	57.8	42	69.1

また、平均値の信頼区間（CI）は次式による。

$$CI = X_{0.5} \pm (ts/\sqrt{n})$$

ここで、 $X_{0.5}$ ：強度値の平均値

n ：データ数

t ：データ数 n 、信頼係数95%のときの t 値
(両側)

s ：標準偏差

したがって、上記のデータでは、

$$CI = 51.164 \pm 2.020 \times 10.619 / 6.481 = 51.164 \pm 3.310$$

となる。

2.2 母数の推定

適当な母集団強度分布形を仮定し、その母数パラメータを統計的方法によって推定し、適合度検定を行う。

miniでは正規分布、対数正規分布、2母数ワイブル分布、3母数ワイブルの4つの仮定分布に、積率法、最尤法を適用して母数を推定する。このうち、積率法はコンピュータが利用できなかった計算方法であり、現在では、母数推定で最も多く利用されている最尤法の初期値を求めるために使用されていることが多い。そこで、本計算例題では、最尤法をメインにすえて記述することにする。

母数パラメータの推定で、収束計算が必要になるものは、2母数ワイブル、3母数ワイブルの積率法、最尤法である。

収束計算は、初期値の与え方により、収束しない場合や、収束時間が長くなる場合があるので、本シート上では、初期値の与え方は、表3のようにしている。

2母数ワイブル分布パラメータ m の線形最小2乗法による推定では、順序統計量の分布関数 $F(t_i)$ として、平均ランク、メジアンランクの2つの方法があるが、メジアンランクを使用している。

メジアンランクはEXCEL97の累積 β 確率密度関数の逆関数：BETAINV(確率, α , β , A, B)を使用し、データ i 番目のメジアン値はBETAINV(0.5, i , $n-i+1$)と計算すると楽にできる。

$$X_{0.5} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - X_{0.5})^2}$$

$$SK = \frac{n}{(n-1) \cdot (n-2)} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - X_{0.5}}{s} \right)^3$$

表2. 基本統計量

データ数	n	42
平均値	μ_x	51.164
標準偏差	s	10.619
変動係数	CV	20.754
歪度	SK	-0.111

表3. 初期値の与え方

分布	積率法	最尤法
正規	なし	なし
対数正規	なし	なし
2母数 ワイブル	線形最小2乗法 より	2母数ワイブル分布 積率法より
3母数 ワイブル	2母数ワイブル 分布積率法より	3母数ワイブル分布 積率法より

また、シート上で使用しているEXCEL97の統計関数は以下の通りである。

$$\text{メジアンランク} : \int_0^{F(t_i)} \frac{1}{B(i, n-i+1)} \cdot t^{i-1} \cdot (1-t)^{(n-i+1)-1} dt = 0.5 \quad \dots \dots \quad 6.2)$$

- 標準正規分布パーセント点：NORMSINV(確率)
 - 回帰直線の傾き：SLOPE(既知のy, 既知のx)
 - 線形回帰直線の切片：INTERCEPT(既知のy, 既知のx)
 - 相関係数：CORREL(配列1,配列2)
 - ガンマ関数 $\Gamma(x)$ の値の自然対数：GAMMALN(x)

$\Gamma(x)$ 関数は、最尤法で使用するが、EXCEL97では、ガンマ関数 $\Gamma(x)$ の値の自然対数しか用意されていないので、 $\exp(\text{GAMMALN}(x))$ として求めている。

EXCEL97では、収束計算機能として、非線形収束問題解決の「ソルバー」と線形収束問題解決の「ゴールシーク」という機能があるが、母数推定で使用するのは、「ソルバー」であり、そのオプションとして図1のように設定している。

以上の計算を進めて、母数の推定は表4となる。

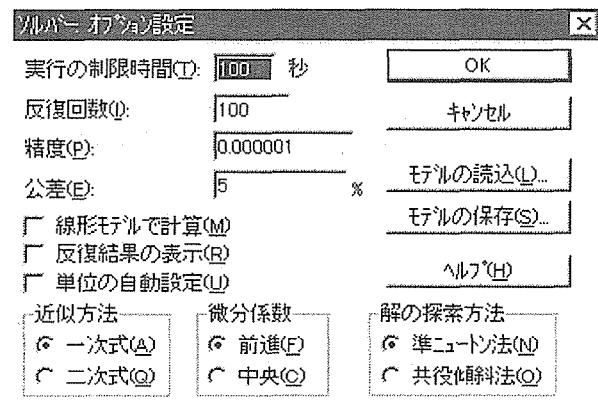


図1. 「ソルバー」 オプションの設定

表4.母数の推定値

仮定分布	推定法	積率法	最尤法
正規	μ	51.164	51.164
	σ	10.619	10.619
対数正規	λ	3.914	3.9126
	ξ	0.2054	0.2182
2Pワイル	η	55.382	55.429
	m	5.5685	5.6204
3Pワイル	η	42.811	36.242
	m	4.1191	3.5256
	γ	12.295	18.62

2.3 度数分布と理論度数分布

分布形を直感的に理解するために、度数分布を描き、最尤法で求めた母数パラメータを

使用して、理論度数グラフを重ね合わしたもののが、図2であり、その数値は表5になる。

表5.観測度数と理論度数

階級	境界値 以上	階級値	境界値 未満	測定 度数	理論度数（最尤法）			
					正規	対数正規	2Pワイル	3Pワイル
1	28.725	31.100	33.475	3	1.284	1.146	1.365	1.309
2	33.475	35.850	38.225	2	2.673	3.189	2.496	2.776
3	38.225	40.600	42.975	5	4.569	5.640	4.044	4.620
4	42.975	45.350	47.725	7	6.414	7.198	5.776	6.359
5	47.725	50.100	52.475	7	7.396	7.228	7.149	7.344
6	52.475	54.850	57.225	3	7.006	6.066	7.441	7.089
7	57.225	59.600	61.975	6	5.450	4.443	6.242	5.638
8	61.975	64.350	66.725	7	3.482	2.931	3.992	3.618
9	66.725	69.100	71.475	2	1.828	1.783	1.817	1.828

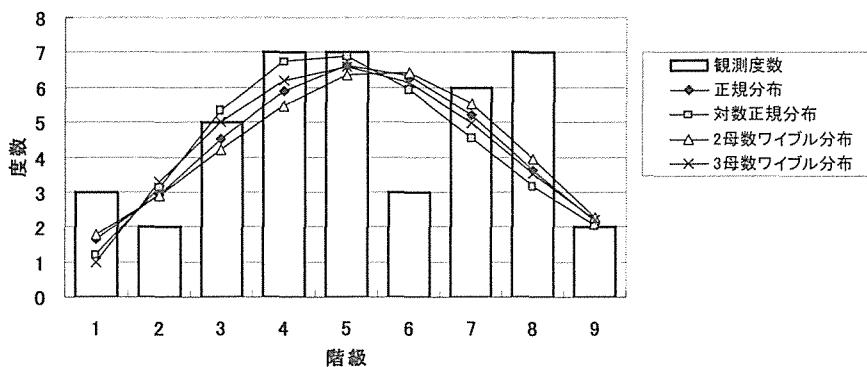


図2. 度数分布

なお、度数分布の作成では階級数(k)を9としている。この決定方法にはJIS法（JIS-Z9041）と以下に示すスタージェス式がある。

$$k = 1 + 3.32 \log_{10} n$$

本式にデータ数nを代入して、階級数kを計算すると、nが90以下では7、90～180では8になる。したがって、統計的処理において、むやみに階級数を増やすことは意味がない。

2.4 相対適合度（KS法）の計算

階段状の累積度数関数 $S_n(x)$ を作成し、最尤法による推定母数から計算される累積分布関数 $F(x)$ を用いて、 d_n 値を計算する。

$$d_n = \max | F(x) - S_n(x) | \quad \dots \quad 6.3)$$

i 番目の $S_n(x_i)$ は、

$$\{(i-1)/n < S_n(x_i) \leq (i/n)\}$$

となり、 d_n 値は、

$$d_n = \max\{|F(x_i) - (i-1)/n|, |(i/n) - F(x_i)|\}$$

となる。

実験データに関して、以上計算を1よりnまで行って、 d_n 値を求めると、表6のようになる。

2P、3Pワイブル分布についても同様の方法によって d_n 値を求め、結果をまとめると表7を得る。ここで付表1より、 d_n 両側5%限界パーセント点 $d(0.05,42)$ の近似値は0.20517であり、表7のそれぞれの d_n 値はいずれも $d(0.05,42)$ より小さい値となるから、全ての仮定分布を否定できない、すなわち仮定分布が適当となる。また、 d_n 値が最も小さい正規分布が最も良好な分布であることになる。

表6. d_n 値の計算（正規・対数正規分布のみ）

i	xi	Sn(x)		F(xi)	$d_n = 0.0972$	正規分布		対数正規分布	
		(i-1)/n	i/n			①	③	②-③	④
		②	③			④	④-①	②-④	
1	31.1	0.0000	0.0238	0.0294	0.0294	0.0056	0.0147	0.0147	0.0091
2	31.6	0.0238	0.0476	0.0327	0.0089	0.0149	0.0176	0.0062	0.0300
3	32.2	0.0476	0.0714	0.0371	0.0106	0.0344	0.0217	0.0259	0.0497
4	33.6	0.0714	0.0952	0.0491	0.0224	0.0462	0.0340	0.0374	0.0612
5	37.6	0.0952	0.1190	0.1007	0.0055	0.0183	0.0953	0.0000	0.0238
6	40.2	0.1190	0.1429	0.1509	0.0319	0.0081	0.1580	0.0390	0.0152
7	41.3	0.1429	0.1667	0.1765	0.0336	0.0098	0.1897	0.0469	0.0231
8	42.3	0.1667	0.1905	0.2019	0.0353	0.0114	0.2209	0.0542	0.0304
9	42.3	0.1905	0.2143	0.2019	0.0114	0.0124	0.2209	0.0304	0.0066
10	42.9	0.2143	0.2381	0.2182	0.0039	0.0199	0.2405	0.0262	0.0024
11	43.7	0.2381	0.2619	0.2410	0.0030	0.0209	0.2676	0.0295	0.0057
12	44.0	0.2619	0.2857	0.2499	0.0120	0.0358	0.2781	0.0161	0.0077
13	45.7	0.2857	0.3095	0.3034	0.0177	0.0061	0.3391	0.0534	0.0296
14	45.8	0.3095	0.3333	0.3067	0.0028	0.0266	0.3428	0.0332	0.0094
15	46.0	0.3333	0.3571	0.3134	0.0200	0.0438	0.3501	0.0168	0.0070
16	46.3	0.3571	0.3810	0.3234	0.0337	0.0575	0.3612	0.0041	0.0197
17	47.7	0.3810	0.4048	0.3721	0.0088	0.0326	0.4135	0.0325	0.0087
18	47.9	0.4048	0.4286	0.3793	0.0255	0.0493	0.4209	0.0162	0.0076
19	48.8	0.4286	0.4524	0.4119	0.0167	0.0405	0.4545	0.0260	0.0022
20	49.7	0.4524	0.4762	0.4452	0.0072	0.0310	0.4879	0.0355	0.0117
21	49.7	0.4762	0.5000	0.4452	0.0310	0.0548	0.4879	0.0117	0.0121
22	49.8	0.5000	0.5238	0.4489	0.0511	0.0749	0.4915	0.0085	0.0323
23	50.2	0.5238	0.5476	0.4638	0.0600	0.0838	0.5062	0.0177	0.0415
24	51.2	0.5476	0.5714	0.5013	0.0463	0.0701	0.5421	0.0055	0.0293
25	53.4	0.5714	0.5952	0.5834	0.0119	0.0119	0.6174	0.0460	0.0221
26	53.6	0.5952	0.6190	0.5907	0.0045	0.0283	0.6239	0.0287	0.0049
27	56.4	0.6190	0.6429	0.6890	0.0700	0.0462	0.7085	0.0895	0.0657
28	57.8	0.6429	0.6667	0.7340	0.0911	0.0673	0.7458	0.1030	0.0792
29	58.3	0.6667	0.6905	0.7492	0.0825	0.0587	0.7583	0.0917	0.0678
30	58.4	0.6905	0.7143	0.7522	0.0617	0.0379	0.7608	0.0703	0.0465
31	59.3	0.7143	0.7381	0.7782	0.0639	0.0401	0.7820	0.0677	0.0439
32	59.6	0.7381	0.7619	0.7865	0.0484	0.0246	0.7887	0.0506	0.0268
33	61.5	0.7619	0.7857	0.8348	0.0729	0.0491	0.8279	0.0660	0.0422
34	63.8	0.7857	0.8095	0.8830	0.0972	0.0734	0.8674	0.0816	0.0578
35	63.9	0.8095	0.8333	0.8848	0.0753	0.0515	0.8689	0.0594	0.0356
36	64.0	0.8333	0.8571	0.8866	0.0533	0.0295	0.8704	0.0371	0.0133
37	64.0	0.8571	0.8810	0.8866	0.0295	0.0057	0.8704	0.0133	0.0105
38	65.2	0.8810	0.9048	0.9069	0.0259	0.0021	0.8875	0.0066	0.0172
39	65.5	0.9048	0.9286	0.9115	0.0067	0.0171	0.8915	0.0133	0.0371
40	66.5	0.9286	0.9524	0.9257	0.0029	0.0267	0.9039	0.0247	0.0485
41	67.0	0.9524	0.9762	0.9321	0.0203	0.0441	0.9096	0.0428	0.0666
42	69.1	0.9762	1.0000	0.9544	0.0218	0.0456	0.9305	0.0457	0.0695

表7.KS検定結果(最尤法)

	正規	対数正規	2Pワイブル	3Pワイブル
d_n 値	0.0972	0.1030	0.1115	0.1007
検定	OK	OK	OK	OK
検出力	100%	94%	87%	97%

2.5 信頼水準75%の5%許容限界の計算

材料強度は以下の方法によって信頼水準75%の5%下側許容限界として求める。

また、下限弾性係数もこの計算方法を準用して求める。

1)分布が正規分布とみなすことができる場合には、

$$f = f_{0.5} - K_s$$

から求める。

ここで、 f ：材料強度

$f_{0.5}$ ：平均値

K ：下側許容限界を求めるための係数（付表2）

s ：標準偏差

である。

したがって、 K は $n=42$ より、

$$K = K_{45} + (K_{40} - K_{45})(45 - 42) / (45 - 40) = 1.822 + (1.834 - 1.822) \times 3 / 5 = 1.829$$

また、 $f_{0.5}=51.1643$ 、 $s=10.6188$ より、

$$f = f_{0.5} - Ks = 51.1643 - 1.829 \times 10.6188 \rightarrow f = 31.7$$

となる。

2)分布が対数正規分布とみなすことができる場合には、データの対数が正規分布することになるから、上記の式の $f_{0.5}$ 、 s をデータの対数から計算されたものと読み替え、

$$f = \exp(f_{0.5} - Ks)$$

として求める。

したがって、 $f_{0.5}=3.9126$ 、 $s=0.2182$ より、

$$f = \exp(f_{0.5} - Ks) = \exp(3.9126 - 1.829 \times 0.2182) \rightarrow f = 33.6$$

となる。

3)分布が正規分布、対数正規分布以外の場合には、順位統計にしたがって求める。すなわち、 n 個のデータを昇べきの順に並べ、これより付表3を参考にして、 $n_i \leq n < n_j$ の i 番目と $j=(i+1)$ 番目のデータを x_i 、 x_j として材料強度(f)を計算する。

$$f = x_i + (x_j - x_i)(n - n_i) / (n_j - n_i)$$

付表3によれば、 $n=42$ のとき、 $i=1$ 、 $j=i+1=2$ 、 $n_i=27$ 、 $n_j=54$ であるから、表1から、 $x_i=x(1)=31.1$ 、 $x_j=x(2)=31.6$ 、となり、

$$f = x_i + (x_j - x_i)(n - n_i) / (n_j - n_i)$$

$$= 31.1 + (31.6 - 31.1)(42 - 27) / (54 - 27) \rightarrow f = 31.4$$

が得られる。

4)下側許容限界の決定

以上の結果から、ここでは3種の方法による下側許容限界が計算可能であることが示された。すなわち、

①分布を正規分布と見なしたとき： $f=31.7$

②分布を対数正規分布と見なしたとき： $f=33.6$

③順位統計にしたがったとき： $f=31.4$

である。ここで表7のKS検定結果を参照すると、 d 値が最も小さい正規分布が最も良好な分布であることから、許容下限値を①の $f=31.7$ を採用するのが適当といえる。

<参考文献>

本書で使用した用語は「JIS Z8101－品質管理用語」と「JIS Z8115－信頼性用語」等を参考にされたい。また、関連する文献リストを以下にあげる。

1)用語

- 芝 祐順・渡辺 洋・石塚 智一 編 「統計用語辞典」 新曜社

2)種々の分布

- Alfredo H-S.Ang、Wilton H.Tangu 著 伊藤 学・亀田弘行・共訳 「土木・建築のための確率・統計の基礎」丸善

- Alfredo H-S.Ang、Wilton H.Tangu 著 伊藤 学・亀田弘行・黒田勝彦・藤野陽三 共訳 「土木・建築のための確率・統計の応用」丸善

- 石村 貞夫 著「統計解析のはなし」東京図書

3)試験体の必要個数

- 山内 二郎 編 「統計数値表 JSA-1972」 日本規格協会

- 日本木材学会 木材強度・木質構造研究会編 「構造用木材－強度データの収集と分析」

- 「Standard Practice for Evaluating Allowable Properties for Grades of Structural Lumber」ASTM D2915-94

4)母集団パラメータの推定

- 真鍋 肇・宮村 鉄夫・鈴木 和幸 共著 「信頼性モデルの統計解析」 共立出版

- 真鍋 肇 著 「信頼性データの解析」 岩波書店

- 栗屋 隆 著 「データ解析」 学芸出版センター

- 中川 徹・小柳 義夫 著 「最小二乗法による実験データ解析」 東京大学出版会

- 益田 昭彦・鈴木 和幸 編 「CARE：パソコン信頼性解析法」 日科技連

- 佐藤 郁郎 著 「最小2乗法ソフト耕太郎のすべて」 山海堂

- 一松 信 編 「新数学事典」 丸善

5)相対適合度

- 脇本 和昌・垂水 共之・田中 豊 編 「パソコン統計解析ハンドブック」 共立出版

- 石村 貞夫 著「統計解析のはなし」東京図書

- 柳川 堯 著 「ノンパラメトリック法」 培風館

- Alfredo H-S.Ang、Wilton H.Tangu 著 伊藤 学・亀田弘行・黒田勝彦・藤野陽三 共訳 「土木・建築のための確率・統計の応用」丸善

6)母数推定、設計基準値の計算例

- 大滝 厚・鈴木 和幸・長沢 伸也 著 「パソコン BASIC統計解析」 東海大学出版会

- 小島 紀男・町田 東一 著 「パソコンBASIC 数値計算 I」 東海大学出版会界

- マイクロソフト「EXCEL97」マニュアル

7)相関・回帰

- Alfredo H-S.Ang、Wilton H.Tangu 著 伊藤 学・亀田弘行・共訳 「土木・建築のための確率・統計の基礎」丸善

- 奥野忠一他 著 「応用統計ハンドブック」 養賢堂

付表1. 両側 α %限界パーセント値 $d(\alpha, n)$

α n	0.25	0.10	0.05	0.01	α n	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.87500	0.95000	0.97500	0.99500	51	0.13954	0.16796	0.18659	0.22385
2	0.64644	0.77637	0.84188	0.92929	52	0.13822	0.16637	0.18482	0.22173
3	0.53829	0.63604	0.70759	0.82900	53	0.13694	0.16482	0.18310	0.21968
4	0.46788	0.56521	0.62393	0.73422	54	0.13570	0.16332	0.18144	0.21768
5	0.42385	0.50944	0.56327	0.66852	55	0.13449	0.16186	0.17981	0.21573
6	0	0.46799	0.51926	0.61660	56	0.13331	0.16044	0.17823	0.21383
7	0.36222	0.43607	0.48342	0.57581	57	0.13216	0.15905	0.17669	0.21199
8	0.34002	0.40962	0.45427	0.54179	58	0.13104	0.15770	0.17519	0.21019
9	0.32172	0.38740	0.43001	0.51332	59	0.12995	0.15639	0.17373	0.20843
10	0.30617	0.36863	0.40921	0.48893	60	0.12888	0.15510	0.17230	0.20672
11	0.29262	0.35240	0.39120	0.46770	61	0.12784	0.15385	0.17091	0.20505
12	0.28073	0.33814	0.37542	0.44902	62	0.12683	0.15263	0.16955	0.20343
13	0.27020	0.32548	0.36143	0.43246	63	0.12584	0.15144	0.16823	0.20184
14	0.26081	0.31417	0.34890	0.41760	64	0.12487	0.15027	0.16693	0.20028
15	0.25235	0.30397	0.33759	0.40419	65	0.12393	0.14913	0.16567	0.19876
16	0.24467	0.29471	0.32733	0.39200	66	0.12301	0.14802	0.16443	0.19728
17	0.23766	0.28626	0.31796	0.38085	67	0.12210	0.14693	0.16322	0.19583
18	0.23122	0.27851	0.30936	0.37061	68	0.12122	0.14587	0.16204	0.19441
19	0.22528	0.27135	0.30142	0.36116	69	0.12035	0.14482	0.16088	0.19302
20	0.21979	0.26473	0.29407	0.35240	70	0.11951	0.14380	0.15974	0.19166
21	0.21468	0.25857	0.28724	0.34425	71	0.11868	0.14281	0.15863	0.19033
22	0.20992	0.25283	0.28087	0.33665	72	0.11787	0.14183	0.15755	0.18903
23	0.20541	0.24746	0.27490	0.32953	73	0.11708	0.14087	0.15648	0.18775
24	0.20124	0.24242	0.26931	0.32285	74	0.11630	0.13993	0.15544	0.18650
25	0.19731	0.23768	0.26404	0.31656	75	0.11553	0.13901	0.15442	0.18527
26	0.19361	0.23320	0.25907	0.31063	76	0.11479	0.13811	0.15342	0.18407
27	0.19011	0.22898	0.25438	0.30502	77	0.11405	0.13723	0.15243	0.18289
28	0.18679	0.22497	0.24993	0.29970	78	0.11333	0.13636	0.15147	0.18173
29	0.18365	0.22117	0.24571	0.29466	79	0.11263	0.13551	0.15052	0.18060
30	0.18065	0.21756	0.24170	0.28986	80	0.11193	0.13467	0.14959	0.17948
31	0.17781	0.21412	0.23788	0.28529	81	0.11125	0.13385	0.14868	0.17839
32	0.17509	0.21084	0.23424	0.28093	82	0.11058	0.13305	0.14779	0.17732
33	0.17250	0.20771	0.23076	0.27677	83	0.10993	0.13226	0.14691	0.17626
34	0.17001	0.20472	0.22743	0.27279	84	0.10928	0.13148	0.14605	0.17523
35	0.16764	0.20185	0.22425	0.26897	85	0.10865	0.13072	0.14520	0.17421
36	0.16536	0.19910	0.22119	0.26531	86	0.10800	0.12997	0.14436	0.17321
37	0.16317	0.19643	0.21826	0.26180	87	0.10739	0.12923	0.14354	0.17223
38	0.16107	0.19389	0.21541	0.25843	88	0.10679	0.12850	0.14274	0.17126
39	0.15904	0.19146	0.21270	0.25518	89	0.10620	0.12779	0.14195	0.17031
40	0.15710	0.18911	0.21010	0.25205	90	0.10562	0.12709	0.14117	0.16937
41	0.15522	0.18685	0.20758	0.24904	91	0.10505	0.12640	0.14040	0.16846
42	0.15341	0.18467	0.20516	0.24613	92	0.10449	0.12572	0.13965	0.16755
43	0.15166	0.18256	0.20281	0.24332	93	0.10393	0.12506	0.13891	0.16666
44	0.14997	0.18052	0.20055	0.24060	94	0.10339	0.12440	0.13818	0.16579
45	0.14833	0.17855	0.19836	0.23798	95	0.10285	0.12375	0.13746	0.16492
46	0.14675	0.17665	0.19624	0.23542	96	0.10233	0.12312	0.13675	0.16407
47	0.14522	0.17480	0.19419	0.23296	97	0.10181	0.12249	0.13605	0.16324
48	0.14373	0.17301	0.19220	0.23058	98	0.10130	0.12187	0.13537	0.16242
49	0.14229	0.17128	0.19027	0.22827	99	0.10079	0.12126	0.13469	0.16160
50	0.14090	0.16959	0.18840	0.22603	100	0.10030	0.12066	0.13403	0.16081

n>100の場合には以下の近似式で求める。

$$d(0.25, n) = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \ln\left(\frac{2}{0.25}\right)} = \frac{1.019667}{\sqrt{n}}$$

$$d(0.10, n) = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \ln\left(\frac{2}{0.10}\right)} = \frac{1.223873}{\sqrt{n}}$$

$$d(0.05, n) = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \ln\left(\frac{2}{0.05}\right)} = \frac{1.358102}{\sqrt{n}}$$

$$d(0.01, n) = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \ln\left(\frac{2}{0.01}\right)} = \frac{1.627624}{\sqrt{n}}$$

V. 「構造用木材の強度試験法」研修会

構造用木材の強度試験法のマニュアルを作成し、各都道府県の林産振興課並びに試験機関等の関係部署に開催案内を送付し、主に各都道府県の木材強度関係の試験を実施している試験機関の担当者を対象に2箇所で研修会を開催した。研修会の実施概要は以下のようであった。

1. 秋田会場

- ・開催場所：秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所
- ・開催日時：平成11年1月28日（木） 13：30～17：00
平成11年1月29日（金） 9：00～14：00
- ・参加人数：24名（表-1の参加者リスト参照）
- ・参加都道府県数：11（講師の北海道を含む）
- ・研修会講師：
 - 飯島 泰男 秋田県立農業短期大学、木材高度加工研究所教授
 - 神谷 文夫 農林水産省森林総合研究所、構造性能室長
 - 藤原 拓也 北海道立林産試験場、材料性能科
 - 堀江 和美 (有)木質構造研究所、代表取締役
- 事務局：岡 勝男
山田 誠、高田 峰幸 (財)日本住宅・木材技術センター

研修会は、平成11年1月28日(木)13：30から10都道府県他、24名の参加者及び4名の講師により秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所内の研修室で開催した。事務局岡理事長による開会の挨拶、秋田県立農業短期大学木材高度加工研究所佐々木 光所長の挨拶後、事務局による地域材性能評価事業と構造用木材の強度試験法を取りまとめた経緯を説明後、飯島泰男講師による試験法の概要説明、神谷文夫講師による曲げ、引張試験法と試験法解説及び実施方法について説明、藤原拓也講師による圧縮、せん断試験法と試験法解説を行った。また、試験の実施方法やサンプリング等について飯島泰男講師及び神谷文夫講師により補足説明があった。次いで、堀江和美講師によりデータの統計的解析方法に関する講習があり第1日目を終了した。

第2日目の平成11年1月29日(金)は9：00から開始され、各県の参加者を下記に示す班分けを行って飯島泰男講師、神谷文夫講師、藤原拓也講師による集成材の実大曲げ試験の実習と飯島泰男講師、堀江和美講師によるパソコンを用いた統計的解析方法（研修会参加者に配布した書籍とCD-ROM）の実習を行った。

実大曲げ試験では、試験装置が設置してある実験室において、試験体の欠点部分を

野帳に記入する方法等の説明後、曲げ試験機に大断面集成材試験体を設置し、曲げ試験とデータの取り込み等を実施しながら参加者に説明した。

統計的解析方法については、研修会参加者に研修会資料として統計的解析方法の解説の書籍と解析用CD-ROMをあらかじめ配布した。パソコンにEXCEL97ソフトをインストールし、このソフトに対応した木材強度データの確率・統計的手法ソフト(CD-ROM)から計算シートを読み出し、CD-ROMに例題として収納してあるデータを読み出して統計的に処理する方法をパソコンを用いて説明した。各受講者は6台のパソコンを用いて実際に操作しながら処理方法を研修した。

A班：9：15～11：00（統計的解析の実習）、11：15～14：00（曲げ試験の実施）

秋田県、青森県、岩手県、山梨県、福井県（10名）

B班：9：15～11：00（曲げ試験の実施）、11：15～14：00（統計的解析の実習）

山形県、宮城県、福島県、新潟県、三重県、（10名）

- 各実習を終了後、質疑応答を行い、研修会を終了し解散した。

2. 鹿児島会場

- 開催場所：鹿児島県工業技術センター
- 開催日時：平成11年2月4日（木）13：30～17：00
平成11年2月5日（金） 9：00～14：00
- 参加人数：25名（表-2の参加者リスト参照）
- 参加都道府県数：16（講師の秋田県、富山県、静岡県を含む）
- 研修会講師：

飯島 泰男 秋田県立農業短期大学、木材高度加工研究所教授

長尾 博文 農林水産省森林総合研究所、材料性能研究室、主任研究員

中谷 浩 富山県林業技術センター木材試験場、主任研究員

池田 潔彦 静岡県林業技術センター、研究主任

遠矢良太郎 鹿児島県工業技術センター、木材工業部長

堀江 和美 (有)木質構造研究所、代表取締役

事務局：山田 誠、高田 峰幸 (財)日本住宅・木材技術センター

研修会は、平成11年2月4日(木)13：30から14都道府県他、25名の参加者及び5名の講師により鹿児島県工業技術センター内の研修室で開催した。事務局による開会の挨拶、鹿児島県工業技術センター 清藤 純一副所長の挨拶後、事務局による地域材性能評価事業と構造用木材の強度試験法を取りまとめた経緯を説明後、飯島泰男講師による試験法の概要、中谷 浩講師による曲げ試験法解説及び実施方法、長尾博文講師による引張、圧縮試験法と試験法解説、池田潔彦講師によるせん断とねじり

試験法と試験法解説を行った。次いで、堀江和美講師によりデータの統計的解析の方法に関する講習があり第1日目を終了した。

第2日目の平成11年2月5日(金)は9:00から開始され、各県の参加者を下記に示す班分けを行って飯島泰男講師、長尾博文講師、中谷 浩講師による集成材の実大曲げ試験の実習、池田潔彦講師によるねじり試験の実習を行い、飯島泰男講師、堀江和美講師によるパソコンを用いた統計的解析方法(研修会参加者に配布した書籍とCD-ROM)の実習を行った。

実大曲げ試験では、試験装置が設置してある実験室において、試験体の欠点部分を野帳に記入する方法、打撃法による曲げ強度区分の実施方法の説明後、曲げ試験機に大断面集成材試験体を設置し、試験体の曲げ試験とデータの取り込み等を実施しながら参加者に説明した。

統計的解析方法については、研修会参加者に研修会資料として統計的解析方法の解説の書籍と解析用CD-ROMをあらかじめ配布した。パソコンにEXCEL97ソフトをインストールし、このソフトに対応した木材強度データの確率・統計的手法ソフト(CD-ROM)から計算シートを読み出し、CD-ROMに例題として収納してあるデータを読み出して統計的に処理する方法をパソコンを用いて説明した。各受講者は6台のパソコンを用いて実際に操作しながら処理方法を研修した。

A班：9:15～11:00(統計的解析の実習)、11:15～14:00(曲げ試験の実施)

秋田県、青森県、岩手県、山梨県、福井県、富山県、鹿児島県(15名)

B班：9:15～11:00(曲げ試験の実施)、11:15～14:00(統計的解析の実習)

山形県、宮城県、福島県、新潟県、三重県、(10名)

・各実習を終了後、質疑応答を行い、研修会を終了し解散した。

質問などあれば、事務局または講師に直接連絡することとした。特に確率・統計的手法ソフトに関しては、FAX、Eメールにより直接堀江講師に操作方法等を質問することとした。

3. 各県の参加状況について

平成9年度および平成10年度の2カ年の研修会により32都道府県、延べ74名の技術者および行政関係者が講習を受講し、性能試験に関する各県試験機関の関心が高まっている。

平成10年度農林水産省補助事業、地域材性能評価事業

表-1 「構造用木材の強度試験法」秋田会場研修会参加者リスト

	氏名	所属	TEL	FAX
1	阿部 雅弘	秋田県林務部木材産業課高度加工担当	018-860-1963	018-860-3854
2	本間 定寿	同 上	同 上	同 上
3	宇野 良樹	青森県林業試験場林産部	0177-55-3257	0177-55-4494
4	能登谷 優	同 上	同 上	同 上
5	高芝 俊雄	岩手県林業技術センター	019-697-1536	019-697-1410
6	東野 正	同 上	同 上	同 上
7	久慈 敏	同 上	同 上	同 上
8	高橋 幹夫	山形県森林研究研修センター	0237-84-4301	0237-86-9377
9	後藤 徹	同 上	同 上	同 上
10	清川 雄司	宮城県林業試験場	022-345-2816	022-345-5377
11	江刺 拓司	同 上	同 上	同 上
12	遠藤 啓二郎	福島県林業試験場	0249-45-2160	0249-45-2147
13	高橋 博志	新潟県工業技術研究所	0256-52-0133	0256-52-9010
14	名取 潤	山梨県森林総合研究所	0556-22-8007	0556-22-8002
15	小澤 雅之	同 上	同 上	同 上
16	土田 博澄	福井県総合グリーンセンター	0776-67-0002	0776-67-0004
17	吉川 敏彦	三重県林業振興課	059-224-2562	059-224-2567
18	橋爪 翔	三重県林業技術センター	059-262-5352	059-262-0960
29	真弓 哲裕	三重県木材協同組合連合会	059-228-4715	059-226-0679
20	板垣 直行	東北大学工学部建築学科	022-217-7865	022-217-7886
21	森 拓郎	信州大学工学系研究科	026-226-4101	
22	佐藤 裕司	秋田市技術開発センター		
23	保坂 達治	同 上		
24	鈴木 有	秋田農業短大木高研	0185-52-6987	0185-52-6975
25				
26				

平成10年度農林水産省補助事業、地域材性能評価事業
表－2 「構造用木材の強度試験法」鹿児島会場研修会参加者リスト

	氏名	所属	TEL	FAX
1	仲市 安彦	静岡県志太榛原農林事務所農林振興課	054-644-9243	054-644-9209
2	富田 守泰	岐阜県森林科学研究所	0575-33-2585	0575-33-2584
3	志津田 亨	岐阜県郡上県事務所林務課	0575-67-1111	0575-65-6440
4	雜賀 伸浩	和歌山県農林水産総合研究センター林業センター	0739-47-2468	0739-47-4116
5	永井 智	兵庫県森林・林業技術センター	0790-62-2118	0790-62-9390
6	大原 明伸	鳥取県林業試験場	0858-85-2511	0858-85-2512
7	大平 智恵子	同 上	同 上	同 上
8	網田 克明	徳島県林業総合技術センター	0886-32-4237	0886-32-6447
9	坂田 和則	同 上	同 上	同 上
10	藤田 誠	愛媛県林業試験場	0892-21-2266	0892-21-3068
11	占部 達也	福岡県森林林業技術センター	0942-45-7982	0942-45-7901
12	山口 修	佐賀県林業試験場	0952-62-0054	0852-51-2013
13	芦原 義伸	大分県林業試験場	0973-23-2146	0973-23-6769
14	城井 秀幸	同 上	同 上	同 上
15	山本 幸雄	大分県産業科学技術センター	0973-23-2213	0973-24-7221
16	園田 太志	熊本県林業研究指導所	096-339-2221	096-338-3508
17	池田 元吉	同 上	同 上	同 上
18	荒木 博章	同 上	同 上	同 上
19	荒武 志朗	宮崎県工業技術センター	0986-22-4581	0986-23-4480
20	森田 秀樹	同 上	同 上	同 上
21	遠矢 良太郎	鹿児島県工業技術センター	0995-43-5111	0995-43-1175
22	福留 重人	同 上	同 上	同 上
23	団師 朋弘	同 上	同 上	同 上
24	村田 忠	山佐木材(株)	0994-31-4141	0994-31-4142
25	久長 弘一	同 上	同 上	同 上