

圧縮による細胞壁の変形

琉球大学農学部 林 弘也・遠山 隆幸
実吉 安彦

1. はじめに

木材が圧縮荷重を受けて変形するとき、その変形過程は材を構成する種々の細胞や組織が係わりをもち、更にミクロな過程からマクロな過程まで広い範囲に及んでいるので、変形過程の解析は複雑である。

圧縮荷重による木材細胞壁の基本的な構造変化は Slip plane であるので、Slip plane の発生過程と変形量との関連性を明らかにすることが変形過程を解析する基礎的な知見を与えられ考えられる。本報告はスギ材の接線断面で検出される Slip plane の発生数と早晚材や放射組織との関連性および Slip plane 発生と断面の関連性を検討した。

2. 実験材料および方法

供試材は53年生のスギ (*Cryptomeria japonica*) 材の髄からの生長輪数30以上の成熟材を使用した。横断面20×20mm、繊維軸方向120mmの材を丸太から切り出し、試験片に加工した。圧縮試験は島津製作所製万能試験機RCS-5000型を使用した。試験片は室温20℃、相対湿度65%の恒温恒湿室で調湿した後に同じ条件下で試験した。圧縮試験後に試験片の中央部分を4ブロックに分割し、各ブロックを飽水状態にした。検鏡用の切片はエルマ光学製滑走式マイクロトームを用いて飽水ブロックから採取した。厚さ15~18μmの接線断面の切片を2切片毎に1切片をとり、合計20切片を採取した。切片は常法により永久プレパラートを作成し、検鏡した。

Slip plane は日本光学製偏光顕微鏡POH型により直交ニコルの下で検出した。1生長輪内の仮道管は接線壁の厚さの和に対する放射方向の細胞内腔径の比に基づいて3材部に区分した。この比が1.7以上を早材部、1.1~1.7未満を早材から晩材への移行部、1.0以下を晩材部とした。

3. 実験結果および考察

偏光顕微鏡を用いて検出した細胞壁の変形はWard-

ropら¹⁾を初め、2, 3の研究者^{2,3)}によって定義されているが、その定義はそれぞれ異なっている。しかし、Slip plane が細胞壁の構造変化であるという点では一致している。本報告では、Slip plane を構造変化の基本単位であると考え、相接する2細胞壁を基準単位のSlip planeを取扱った。

1) Slip plane と生長輪内の材部との関係

圧縮試験では、試験片横断面に等しい軸方向ひずみを与えたので、生長輪内の各材部とも同じ量のひずみを吸収していると考えられるが、図1に示したように晩材部に生じたSlip plane 数は早材部、移行部よりも少ない傾向を示した。仮道管の横断面を観察すると、晩材部の放射壁放射方向の長さは短かく、しかも壁が厚くなるセルコーナの影響もあるので、実質上の放射壁の長さは更に短くなる。壁として挙動できる放射壁が短かいためSlip plane の発生数が少なくなり、他材部との差異を生じたものであろう。

2) Slip plane と放射組織の関係

放射組織に接する仮道管壁と接しない仮道管壁のSlip plane 数とその比を各材部毎に表1に示した。破壊ひずみの120%ひずみをあたえた材の接線断面では、

表1 仮道管壁の長さ1mmあたりのスリッププレーン数

	早材部	移行部	晩材部
放射組織に接する仮道管壁	45.6	29.0	43.3
放射組織に接しない仮道管壁	64.5	79.9	50.7
比*	1.4	2.8	1.4
切線断面に接する放射組織	5.4	7.5	2.2
切線断面に接しない放射組織	100.2	136.6	76.6
比*	20.0	18.2	33.3

単位: 本/mm
*比=接する仮道管壁/接しない仮道管壁

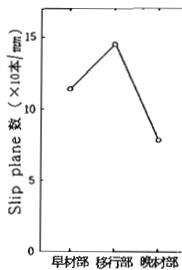


図-1 生長輪内の Slip plane 分布 (接線断面)

放射組織に接する早材部仮道管壁は接しない早材部仮道管壁のSlip plane 数に対して20.0倍の発生数が認められ、移行部、晩材部の仮道管でも同じ傾向にあり、放射組織に接する仮道管壁にSlip plane が著しく集中的に発生していた。接線断面では、このような集中的なSlip plane の発生によりひずみを吸収しており、放射断面とは顕著な差異が認められた。

放射組織の高さ方向の

Hiroya HAYASHI, Takayuki TOHYAMA and Yasuhiko SANEYOSHI (Coll. of Agric., Univ. of the Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-01)

Cell wall deformation under compression load applied parallel to grain

位置と Slip plane との関係は Ray margin からの距離と Slip plane 数との関係として図 2 に示した。Slip plane は、各材部とも、Ray margin に最も多く発生するが、放射組織の高さ方向の発生数分布には差異が認められ、晩材部は指数関数的に減少したが、早材部、移行部仮道管は高さの中央部分で、一度減少した発生数が再び増加する傾向を示した。

放射組織に接する仮道管壁の構造を考えると、放射組織に接する仮道管壁には分野壁孔があり、仮道管と放射組織柔細胞との連絡を保つ通路となっている。分野当りの分野壁孔数は早材部仮道管に最も多く、晩材部仮道管に向って次第にその数を減少する。この分野壁孔は力を負担する仮道管壁の量を実質的に減少させる効果も生じ、分野にある仮道管壁内に部分的に力（応力）の集中する壁部分を生じさせることになる。早材部や移行部仮道管は分野壁孔が多いために部分的な力の集中点を多く発生し、Ray margin の構造的な力集中の効果が消滅した壁部分でも多くの Slip plane を生じるのであろうと考えられる。一方晩材部仮道管は分野壁孔数が少ないことや壁自体が厚いことなどが作用して、放射組織の高さ方向の Slip plane が減少するのであろう。すなわち Ray margin の力集中の効果は顕著に認められる結果を生じたのであろう。

3) Slip plane と木材縦断面との関係

従来得られている結果⁴⁾と本実験結果を対応させると、木材の縦断面によって Slip plane の発生状態が異なっていることが認められたので、両者を比較検討した。

生長輪内各材部の Slip plane 発生数は、放射断面では各材部の仮道管ともほぼ同数であるが、接線断面では早材部および移行部の仮道管に比較して晩材部仮道管には少ない傾向にあった。生長輪内の各材部を構成する仮道管はその形状や仮道管壁の構造が異なり、そのことが影響を及ぼしているものと考えられる。

材の水平方向成分である放射組織は Slip plane の発生状況に影響するが、影響状態は材の断面によって異なっている。放射断面では、応力レベルの低い初期段

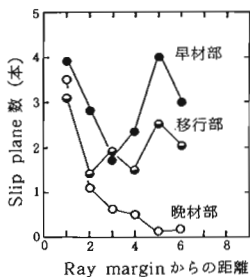


図-2 Ray margin からの距離と Slip plane

階には Ray margin に接する仮道管壁に生じ、ついで Ray margin の上下に位置する仮道管壁に Slip plane を生じる。ついに Ray margin に接する仮道管壁よりも多数生じるようになる。放射組織が影響しない仮道管壁は Slip plane を初期段階から生じ、応力レベルに応じて発生数が増加する。接線断面では、Slip plane は Ray margin に接する仮道管壁や放射組織に接する仮道管壁に生じ、その他の仮道管壁の発生数は著しく少ない。放射組織に接する仮道管壁への集中発生状態は応力レベルが高くなってでも変わらない。Slip plane はひずみを吸収する細胞壁の構造変化であるが、上述したようになり限定された分布をしている。接線断面の Ray margin 付近にある仮道管壁と Slip plane 数の関係を 1 例として図 3 に示した。

木材の圧縮ひずみ吸収は低応力レベルでは Ray margin に接する仮道管壁が担うが、高応力レベルになるに従い放射組織の上下にある仮道管壁、放射組織に接する仮道管壁に拡大してゆき、放射組織がひずみ吸収機構として重要な役割を担っていると考えられる。

得られた実験結果をまとめると

1. 仮道管壁に生じる Slip plane は生長輪内の各材部ともほぼ同数であるが、接線断面では晩材部仮道管壁がやや少ない傾向にあった。
2. 接線断面では、Slip plane は放射組織に接する仮道管壁に集中的に生じる。
3. 圧縮ひずみ吸収機構は放射断面と接線断面とは異なっていると考えられた。

引用文献

- (1) Wardrop, A. B., Dadswell, H. E.,: Aust. C. S. I. R. O. Bull., 221, 14~32, 1947
- (2) Kisser, J., Steininger, A.,: Holz als Roh- und Werk., 10(11), 415~421, 1952
- (3) Dinwoodie, J. M.: J. inst. of wood sci., 4(3), 37~63, 1968
- (4) 林 弘也・遠山隆幸・仲田 真: 日林九支論集, 40, 251~252, 1986

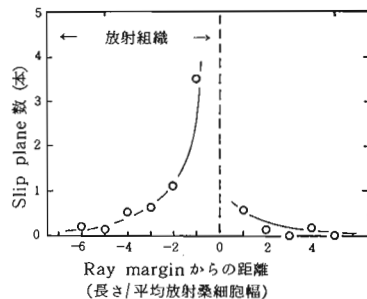


図-3 Ray margin 付近の仮道管の Slip plane 分布