

氏名	奥島俊介 おくしましゅんすけ
学位の種類	農学博士
学位記番号	論農博第828号
学位授与の日付	昭和55年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	Tensile Behaviour of Paper (紙の引張挙動)

論文調査委員 (主査) 教授 今村力造 教授 岡本 一 教授 杉原彦一

論文内容の要旨

本論文は、紙の引張時の力学的挙動を粘弾性挙動に重点を置いて研究し、組織的かつ綿密な実験によって現象面を明確にすると共に、力学模型を用いてそれらの現象を理論的に解析したものであり、得られた成果を実験および理論の部に分けて論述している。

実験の部においては、静的方法で、変形量および変形速度が各種の変形における応力、応力/ひずみ比およびひずみ成分に及ぼす影響を研究すると共に、応力緩和および回復、さらにそれらの同様な影響を研究し、その間、紙に特有と考えられる諸現象を明らかにしている。その主要な点は

- (1) 初回の荷重-変形曲線の初期直線部から求まる見掛けの弾性係数は、しばしば紙の特性値として記述されるが、遅い変形速度では速度依存性をもつこと。
- (2) 非回復ひずみを生ずるのは初回の荷重においてであり、再度荷重に際しては、初回の変形量まで非回復ひずみを生じないこと。
- (3) 荷重-変形曲線上の一点で振幅の狭い除重・荷重サイクルを繰り返した後に得られる弾性係数は、長期応力緩和後のそれに等しく、変形速度に依存しない紙の特性的な弾性係数であること。
- (4) 荷重-変形曲線上の一点よりの除重曲線には応力緩和も回復も起らない点が存在し、著者はこれを中和点と称しているが、一連の中和点を連ねた曲線は、長期応力緩和後の応力を変形量に対しプロットした曲線と一致し、これらは無限に遅い速度で変形した場合のいわゆる平衡荷重-変形曲線に相当すること。
- (5) 応力緩和に際し、時間を対数にとると、応力は数週間にわたって直線的に低下して平衡値に近づくこと。
- (6) 紙の破壊荷重は破壊直前の変形速度により決定されるが、破壊伸びは変形速度および履歴に関係なく一定で、紙の一つの特性値であること。

一方、理論の部ではその前半で、スプリングとフォクト要素を直列に結んだ三要素模型を用い、数学的に解析されたその挙動と実験で得られた諸現象を対比し、後者の多くが前者の解析結果によって理論づけられることを示している。

また後半において、この模型で説明し得ない諸点を指摘しているが、その主要な点是非回復ひずみを生ずること、および上述の応力緩和における応力と時間の関係である。ただし、後者は紙を構成する粘弾性要素が幅広い緩和スペクトルをもつことを示すものであり、ここで多数の三要素模型が並列に結ばれ、それらが連続的に荷重を担い、かつ初回の延伸で変形量に応じて破壊されて行く多要素模型を提案している。なお紙は乾燥に際して緊張度を増し、緊張時に形成される繊維間結合は、初回の変形においてその生成とは逆の順序で破壊されるが、この破壊をもって要素の破壊を理論づけている。

論文審査の結果の要旨

引張された紙がどのように変形し、外的条件にどのように影響されるかを解明することは、紙の実用面における挙動、また変形特性の改良などに対し極めて重要である。本論文は、引張時の粘弾性挙動に重点を置いてこの点を追求し、綿密かつ組織的な実験によって現象面を明確にすると共に、力学的模型を用いての理論的解析を行ったものであり、数多くの成果をおさめている。

得られた主要な点は次のとおりである。

I. 紙の粘弾性挙動に及ぼす外的条件の影響を広範囲に研究しているが、その間、紙に特有と考えられる種々の現象を明らかにした。すなわち、初回の変形は、その荷重-変形曲線の初期こう配より求まる応力/ひずみ比が変形速度に依存する点、およびこの過程で非回復ひずみを生ずる点で特異であり、一方、ある変形量で除重・荷重サイクルを繰り返したり、長期応力緩和させた後に求まる同様の応力/ひずみ比は変形速度に依存せず、特性的な紙の弾性係数を与えることを見いだした。また除重曲線上には応力緩和や回復の起らない点、すなわち中和点が存在し、これを連ねた曲線は、長期応力緩和後の応力を変形量に対しプロットした曲線と一致し、これらは平衡荷重-変形曲線に相当することを明らかにした。さらに破壊荷重は破壊直前の変形速度に依存するが、破壊伸びは変形速度や履歴に依存せず一定で、紙の一つの特性値であること、および応力緩和における応力と時間の特殊な関係を明らかにしている。

II. あらかじめ与えた変形量までの再度の変形では、非回復ひずみを生じないことを前提に、スプリングとフォクト要素を直結した三要素模型を用い、数学的に解析したその力学的挙動と実験で得られた現象を対比し、紙の粘弾性挙動の多くがこの模型で理論づけられることを明らかにしている。このような厳密で広範囲にわたる対比は今までの報告にみられない。

III. 三要素模型をもって説明し得ない主要な現象として、非回復ひずみが生成すること、および応力緩和に際し時間を対数にとると、応力低下は数週間にわたり直線的であることを指摘した。このような点をも包括し得る力学模型として、三要素模型が並列に結ばれた新しい型の連続負荷型模型を提案した。ただしこの模型によれば、初回の変形で、要素はその変形量に応じ破壊されることになり、この要素の破壊を、紙乾燥における繊維間結合形成の特異現象にもとづき理論づけている。

以上のように、本論文は、実験面においても数々の新しい現象を見いだすと共に、力学模型による理論的解析においても、紙構造の特殊性を考慮した新しい内容を盛り込んでおり、こうした成果は紙パルプ工学、林産工学に貢献する所が大きい。

よって、本論文は農学博士の学位論文として価値あるものと認める。