

木質材料の流動成形に関する研究 (素材の変形挙動に及ぼすバインダの影響)

産総研 ○三木 恒久, 杉元 宏行, 重松 一典, 金山 公三

Effect of Binder on Flow Deformation Behavior of Wood

Tsunehisa MIKI, Hiroyuki SUGIMOTO, Ichinori SHIGEMATSU and Kozo KANAYAMA

1 はじめに

我々の研究グループでは、塊状の木材が特定の雰囲気下で流動する現象を見出し、それを利用した“木質材料の流動成形”の開発に取り組んでいる¹⁾。この加工法では、木材を構成する細胞間での相対的なすべり変形によって、巨視的な大変形を与えることができる。一方で、得られる材料・部材としては、成形に伴って生じた細胞間でのすべり（剥離）面での強度低下を低減する処理が必要である。すなわち、良好な流動成形を実現するためには、細胞間での良好なすべりの蓄積と、細胞間の接合という相反する現象を制御することが要求される。

これまでに、細胞間すべりと接合を温度条件によって制御するバインダとして、フェノール樹脂水溶液を木質素材に導入した流動成形を試みてきたが、木材に含浸したバインダの種類・量によって、流動化条件に変化が生じることがわかった。

そこで本報では、木材の変形・流動化挙動に及ぼすバインダの影響について検討するために、バインダ（フェノール樹脂＋水）を含浸した木材の自由圧縮試験を行った。そして、流動化が生じる条件についてバインダとしての含有水分量およびフェノール樹脂の影響を調べ、良好な流動変形を与えることのできる条件を検討した。

2 実験方法

2.1 木材試料およびバインダ 本研究で用いた木質素材はブナ (*Fagus crenata*)、スギ (*Cryptomeria japonica*)、タケ (*Phyllostachys pubescens*) であり、直径約 30mm、高さ 20mm (タケは約 9 mm) の板目面円盤形状に切断して、以後の含浸・調湿処理および圧縮実験に供した。先ず、送風乾燥器にて 105℃ 2 時間の乾燥を行い、全乾試料 (含水率 Moisture content: MC 0%) を得た。さらに、そのうちの一部の試料については、恒温恒湿条件下 (20℃ 65%R.H.) で調湿し、含水率 10% 程度の気乾試料 (MC10%) を、減圧・加圧注入法により水を注入し飽水状態に調整した飽水試料を準備した。ブナの試料については、平均分子量 400 程度のフェノール樹脂水溶液を含浸し、重量増加率 20% のフェノール含浸試料を得た。この含浸試料についても、恒温恒湿状態での含水率調整を行い、含水率は約 10% で圧縮実験に供した。

2.2 自由圧縮実験 自由圧縮実験の概略を Fig. 1 に示す。2.1 の要領で作製された木材試料を、直径 30mm の円盤状金属工具で半径 (R) 方向に圧縮した。工具は、予め設定温度に加熱しており、試料を工具に設置すると迅速に 10mm/min の一定速度で最大荷重 180 kN まで圧縮した。なお、工具の木材試料との接触面は鏡面仕上げを施し、圧縮に際して潤滑剤などは一切用いなかった。

3 実験結果および考察

3.1 含有水分の影響 Fig. 2(a)~(e)、Fig. 3(a)~(c)に木材試料 (ブナ) の圧縮試験における試料の変形過程の側方外観変化ならびに圧縮試験における圧縮応力-ストローク線図を示す。なお、圧縮応力は測定荷重を試料断面積で除した面圧である。Fig. 2 に示した変形挙動は、自由圧縮試験において試料が圧縮され ((a)→(c))、流動化が開始し(d)、流動変形が進行(e)した一例である。この変形挙動と Fig.3 を照らし合わせると、Fig. 3(a)のバインダと

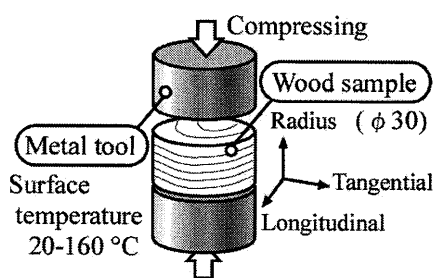


Fig.1 Schematic drawing of free compression test.

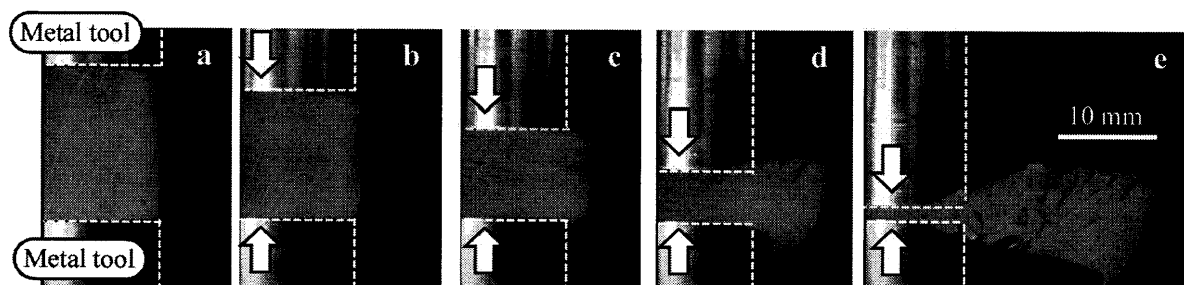


Fig.2 An example of deformation process of wood during compression.

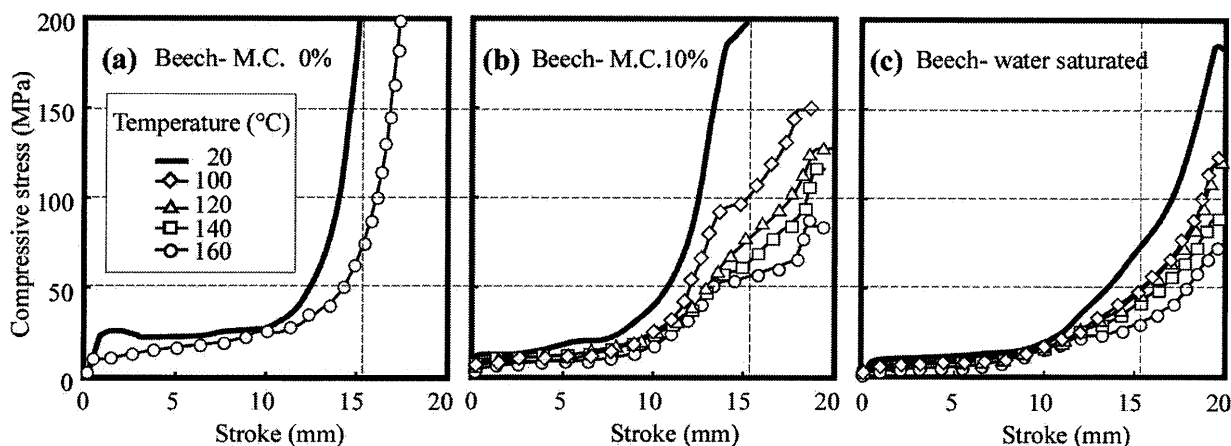


Fig.3 Compressive stress vs stroke of wood with various moisture conditions.

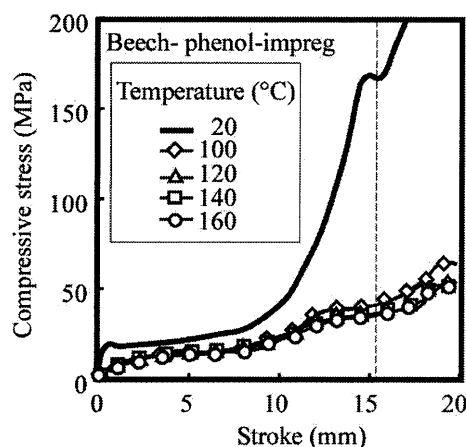


Fig.4 Compressive stress vs stroke of wood impregnated with phenol-resin.

しての含有水分がない全乾状態 (MC 0%) の場合では、初期に細胞内孔を押し潰し、見かけ密度が上昇する圧密領域が見られたあと、工具温度 20℃ではストローク 12mm 以上において急激に応力が上昇し設定値に達した。この時の試料外観は、Fig. 2(c)の状態であり、流動化は生じなかった。工具温度を上昇させても、ストロークは若干進んだものの流動化には至らなかった。含有水分を若干保持した場合の Fig. 3(b)においては、全乾状態の場合と大きく変形挙動が異なっているのがわかる。すなわち、工具温度 100℃以上においても、ストロークが上昇した。その時の外観変化は Fig. 2(d)-(e)の状態であり、流動化が生じた。さらに、含有水分が十分に存在する飽水状態においては、工具温度 20℃においても、ストロークが 20mm 付近にまで比較的低い応力状態で進み、容易に流動化が生じ変形が進行した。以上のことから、木材試料の流動化の発現には、バインダとしての含有水分が非常に重要な役割を果たすことがわかった。

3.2 フェノール樹脂の影響 Fig.4 にフェノール樹脂を含浸した木材試料 (ブナ) の圧縮応力-ストローク線図を示す。樹脂を含浸した場合では、工具温度 100℃以上において、飽水状態と同程度の低い応力状態で流動化が開始し、さらに飽水状態よりも低い応力状態で流動変形が

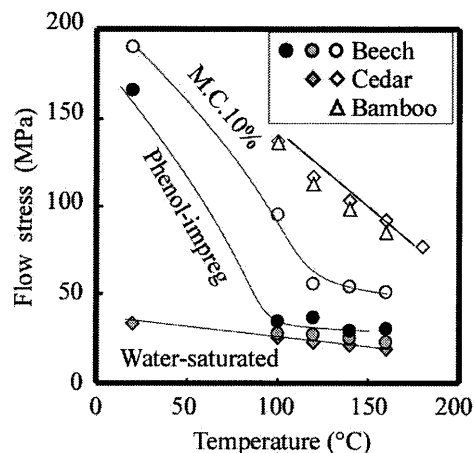


Fig.5 Effects of splices and tool temperature on flow stress of wood with various binders.

進行した。また、100℃以上の工具温度について、応力値の変動が比較的小さく、安定した変形挙動を示すことがわかった。

3.3 樹種の影響 Fig.5 に、ブナ、スギ、タケの流動化開始応力 (流動応力) について工具温度に対して整理した結果を示す。バインダとしての水分量が少ない場合 (MC 10%) は、樹種による流動応力の差は大きい (タケ=スギ>ブナ) 傾向にあるが、十分に水分を保持した場合には、工具温度によらず約 40MPa にまで流動応力が低下した。また、フェノール樹脂などの分子量が大きいバインダを意図的に木材試料に導入することによって、飽水状態と同等以下の流動応力で大変形が与えられることがわかった。

4 おわりに

木材の流動化発現には、水を含めたバインダ添加が有効であった。今後、水以外の溶媒についても検討する。

参考文献

- 1) 例えば, Tsunehisa Miki, et al: 2010 MRS Fall Meeting Proc., 1304, mrsf10-1304-z10-05.

謝 辞

この研究成果の一部は、NEDO 平成 23 年度先導的産業技術創出事業により得られたものである。