

日本の伝統的素材を用いた木材の耐久性向上技術の開発（第3報） 圧縮回復量の予測

三井勝也*¹, 伊藤国億*¹

Improvement of Durability of Wood using Japanese Traditional Materials (3) Prediction of Recovery after Compression

MITSUI Katsuya*¹, ITO Kuniyasu*¹

本研究では圧縮回復現象を用いた柿渋の含浸方法について検討するにあたり、圧縮変形量と回復量の関係について明らかにした。高含水率材の水の中での横圧縮において、塑性変形と思われる変形量の約83%は回復可能である。残りの約17%は破壊による変形であると考えられた。また、全回復量から予測される重量増加率と実測値を比較したところ、実測値の方が大きくなった。これは、試験体中への含浸だけではなく、表層への被膜分についても評価されたものであると考えられた。

1. 緒言

近年、木材の良さが再認識され、木材の屋外利用が盛んになっている。木材を屋外で利用するには、耐候性や耐腐朽性を向上させる必要があり、その方法として、強固な塗装や木材内腔に薬剤を注入する含浸や、木材の細胞壁中の化学成分を変化させる化学修飾などが多く研究されている¹⁾。

日本では古くから塗料としてベンガラや松煙炭、柿渋が利用されている。現在ベンガラは工業的に製造されているが、古来は天然に産するものを利用していった。松煙炭や柿渋は、現在でも天然のものから製造されている。これらが古くから利用されてきたのは、いずれも無毒でありながら、耐水性や耐光性が高いことにある。また、近年、伝統的材料の見直しが各分野でもなされ、ベンガラについても新規な赤色酸化鉄への研究展開などが行われている²⁾。これまでは、ベンガラや柿渋は塗料としての利用が主であり、木材表面に塗布することにより、木材そのものの耐久性を向上させている。しかし、塗装表面に傷がつくと、木部が表面に現れ、そこから耐水性、耐光性を失い、劣化が進行することが懸念される。そこで、表層処理のみではなく、木材中に浸透させることにより、より耐久性を持った処理材を開発することを目的とし、前報³⁾では圧縮回復を利用した柿渋溶液の含浸方法の基本的知見を得た。

今年度は、圧縮変形量と回復量の関係を明らかにするとともに、回復量からの含浸量の推定を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材料

本研究にはスギ(*Cryptomeria japonica*)心材を用いた。試験体寸法は30mm(L)×30mm(T)×30mm(R)とした。試験体は恒温恒湿室内で平衡含水率に達するまで静置した。含水率は11.7%であった。また、気乾密度は0.35g/cm³であった。

2.2 溶液調製

柿渋には粉末柿渋(三樹嘉七商店,京都府木津川町)を用いた。常温の水700gに対し、柿渋を21g溶解した。

2.3 前処理

気乾状態のスギ心材を80℃の柿渋溶液中に5時間浸漬した。

2.4 圧縮回復試験

図1に示すように柿渋溶液に浸した状態で万能試験機を用い横圧縮した。加圧中に発生する木材からの空気が除荷時に再び木材に引き込まれないようにするため³⁾、柿渋溶液を緩やかに攪拌しながら加圧・除荷を行った。

荷重速度は2.0mm/minとした。指定の変位量まで負荷したのち除荷し、ただちに試験体の寸法および重量を測定した。

*¹ 試験研究部

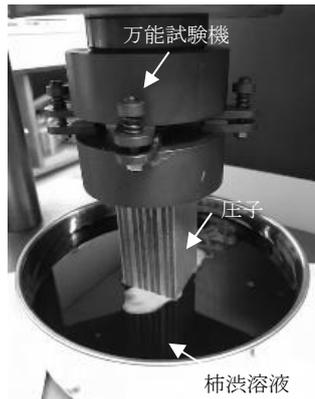


図1 柿渋溶液中での横圧縮試験

3. 結果と考察

木材を横圧縮したときの荷重変位曲線は、試験体の含水率状態で大きく異なる。図2に前報³⁾での結果を再掲する。

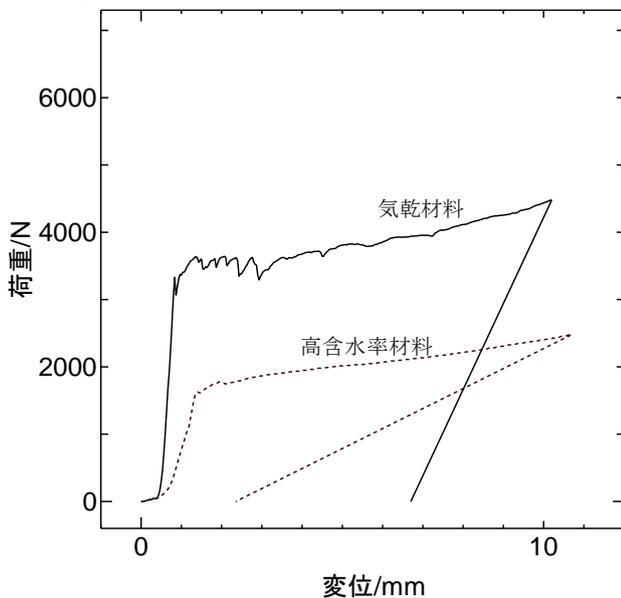


図2 横圧縮試験における荷重－変位曲線(前報³⁾の再掲)
気乾材料(MC=11.7%)、高含水率材料(MC=64.5%)

気乾材料と高含水率材料では大きく次の2点が異なる。一つは比例限度荷重が気乾材料の方が大きいこと、もう一点は、ある一定値まで変形させ除荷した時に、高含水率材料の方が大きく戻ることである。前者については、一般的に強度は含水率に依存することから、推測しうることである。その一方、後者については、高含水率材をどの程度変形させると、どの程度回復するのかは不明である。

含水率に依存する荷重の大きさは無視し、変形量のみに着目した場合のモデル的な荷重変位曲線を図3に示す。

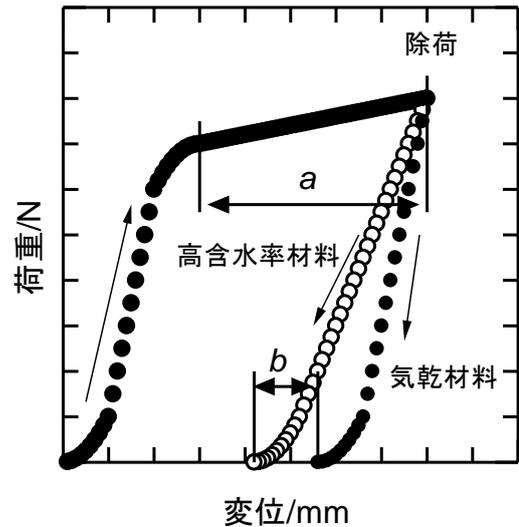


図3 横圧縮変形における荷重変位曲線のモデル図
●:気乾材料の場合, ○:高含水率材料の場合, a:比例限度後の変形量, b:全体の回復量と比例限度の変形量の差

ここに、●は気乾材料の場合、○は高含水率材料の場合の荷重変位曲線である。図中のaは比例限度を越えた後の変形量、bは全体の回復量と比例限度の変形量の差を示す。気乾材料は横圧縮変形後、比例限度の変形程度、すなわち、弾性変形による変化量程度のみ回復する。つまり、bは全回復量と横圧縮の弾性変形量との差である。

図4に弾性変形後の変形量(図3中のa)と全回復量と弾性変形量の差(図3中のb)の関係を示す。

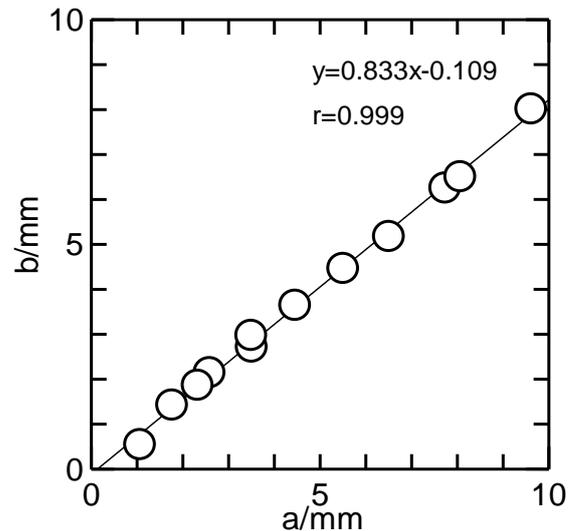


図4 高含水率材の横圧縮試験における弾性変形後の変形量(a)と全回復量と弾性変形量の差(b)の関係

aとbは非常に高い相関($r=0.999$)があることがわかる。荷重変位曲線における弾性変形後のなだらかな領域

は塑性変形を意味する。図4の回帰直線の係数0.833は、横圧縮により引き起こされた塑性変形が水分により回復した割合であり、言い換えれば、変形の約17%は破壊によるものであると考えられる。

水中で横圧縮変形を行い、変形回復時に木材中に溶液が含浸した場合、予測される重量増加率は次の手順によって求められる。

最大吸収可能液体量を $V_{a(max)}$ (mm³)、圧縮面の面積を A (mm²)、全圧縮回復量を R (mm)、空隙率を AS (%)とすると、

$$V_{a(max)} = A \times R \times AS / 100 \quad \dots(1)$$

となる。うち、固体分を S (g)、溶液濃度を c (%)とすると

$$S = V_{a(max)} / 1000 \times c / 100 \quad \dots(2)$$

となる。予想される最大重量増加率を WPG_{pred} (%)、全乾密度を ρ_{oven} (g/cm³)、木材の体積を V_{wood} (cm³)とすると、

$$WPG_{pred} = S / (\rho_{oven} \times V_{wood}) \times 100 \quad \dots(3)$$

となる。

図5に重量増加率の予測値と実測値の関係を示す。すべての範囲において、重量増加率の実測値は予測値より大きくなった。これは、実際の重量増加率は、木材中の空隙にのみ含浸するのではなく、木材表面に被膜を形成するため大きくなったものと考えられる。

4. まとめ

本研究では木材の圧縮回復を用いた柿渋溶液の含浸方法を検討するにあたり、次に2点について検討した。

1) 高含水率材の水中で横圧縮において、塑性変形の変形量と回復量には高い相関があり、変形量の約83%が回復可能であり、残りの約17%については破壊による変形であると考えられる。

2) 全回復量から計算する重量増加率と実測値を比較すると、実測の重量増加率の方が大きかった。これは、木材中への含浸のみならず、表層への被膜分についても評価されたものであると考えられる。

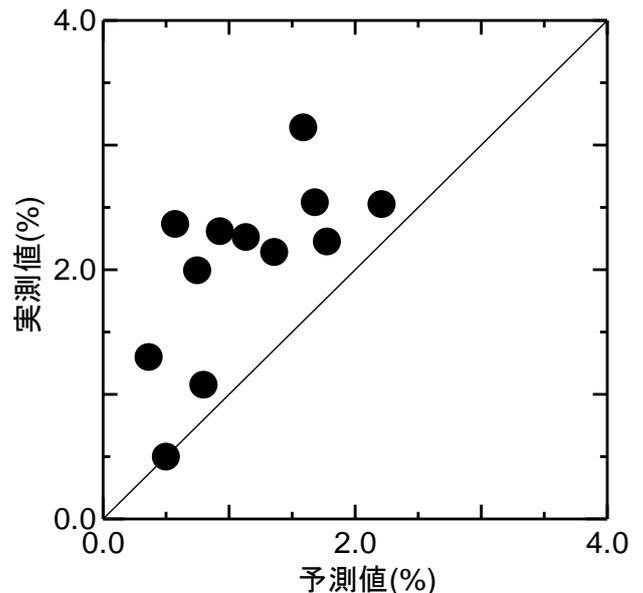


図5 重量増加率の予測値と実測値の関係

参考文献

- 1) Hill, C.: “Wood Modification Chemical, Thermal and Other Processes.”, John Wiley & Sons, Ltd. UK, 2006.
- 2) 高田潤, 中西真: 伝統の”ベンガラ”から新規な赤色酸化鉄への研究展開—備中吹屋ベンガラの復元から微生物由来酸化鉄ベンガラへの飛躍—, 材料 66(11), pp.799-803, 2017.
- 3) 三井勝也, 伊藤国徳: 日本の伝統素材を用いた木材の耐久性向上技術の開発(第2報) 圧縮回復を利用した柿渋の含浸, 岐阜県生活技術研究所研究報告, No.21, pp.23-25, 2019.