



## 社寺建築解体修理における強度保証のための 古木材の引張 XRD 測定

住岡雅将\*1、高橋賢二\*1、杉本貴紀\*2、山崎真理子\*3、佐々木康寿\*3  
\*1 (株)中村建築研究所、\*2 あいち産業科学技術総合センター、\*3 名古屋大学

### 1. 測定実施日

2015 年 5 月 19 日 10 時 – 18 時 30 分 (2 シフト) , BL8S1

2015 年 6 月 16 日 10 時 – 18 時 30 分 (2 シフト) , BL8S1

2015 年 9 月 8 日 10 時 – 18 時 30 分 (2 シフト) , BL8S1

### 2. 概要

社寺建築における古木材の活用や、住宅解体木材の構造材としての再利用を念頭に、古材の利活用を促進する科学的実証を行うための基礎的知見を得ることを目的として、アカマツの新材、古材（170 年経過・250 年経過）について引張応力下でのセルロース 004 面の X 線回折測定を行った。同時に、試料のひずみと引張荷重を測定した。

新材・170 年古材・250 年古材のいずれにおいても、引張応力が増加して試料がひずむのにつれて、セルロースの格子歪も大きくなる傾向が得られ、これら古材では引張荷重に対するセルロース結晶の歪挙動が新材と同様に維持されていることが実験的に明らかとなった。

### 3. 背景と研究目的

社寺建築における古木材の再利用は、当時の材をできるだけ活用し、歴史的価値の高い建築を保存して次世代に伝えるという社会的観点から極めて重要である。そのためには、古木材の強度発現メカニズムについて、木材の主要構成素材であり、外力を担うセルロース結晶を対象とした科学的検証が必要である。また、現状では破碎・チップ化されている住宅解体木材を構造材としてそのまま再利用するという産業的観点からも、このような実験は有効性が高い。

そこで、築 100 年以上経過した社寺建築解体・修理時にサンプリングした古木材と未使用材を対象として、特別に作製した専用治具を用いて段階的に引張荷重を与え、BL8S1 にて引張応力下のセルロース結晶の格子歪を測定する。未使用材と比較してセルロース結晶の挙動を調べ、古木材特有の特徴があるか

どうかを検討することにより、古木材の強度発現メカニズムに迫る基礎的知見を得ることを目的とする。

## 4. 実験内容

### 4.1 試料

広葉樹であるアカマツの新材、古材（170年経過・250年経過）を試料とした。引張試験用のダンベル形状に加工し、平行部の寸法を幅約5mm、厚さ約5mmとした。

### 4.2 測定方法

BL8S1にて、作製した専用治具を用いて試料に引張負荷を与え、ある一定の引張応力下でのセルロース004面の回折ピークを2次元検出器であるPILATUSにより測定した（図1左）。無負荷時及び、引張負荷を段階的に大きくして、測定を行った。

シンクロトロン光のエネルギーは9.16keV(波長：1.35 Å)とした。セルロース004面の回折ピークは、この波長では $2\theta = 28^\circ \sim 32^\circ$ 付近に得られることから、 $2\theta = 25^\circ \sim 35^\circ$ の範囲で $2\theta / \text{スキャン}$ を行った。

シンクロトロン光の測定に同期させて、専用治具に付属のロードセルにより引張荷重を、試料のX線照射面の裏面に貼付したひずみゲージにより引張ひずみを測定し、データロガーで記録した（図1右）。



図1 試験の様子 左：概観、右：治具に取り付けた試験片

### 4.3 解析方法

PILATUSの回折像から、セルロース004面のピークトップの回折角を得て、格子歪を算出した。また、歪ゲージから試料の引張ひずみを、ロードセ

ルにて測定した荷重から試料の（公称）引張応力を算出した。

## 5. 結果および考察

PILATUS で測定したセルローズ 004 面の回折像と、回折像から得た回折ピークを、アカマツ新材を例に図 2 に示す。

セルローズは木材の軸方向に配向しており、その配向を示すように回折像が 2 軸に直交する円弧方向に広がったスポットになっていることが分かった。また、回折ピークは、引張応力が大きくなるにつれて低角側にシフトし、セルローズ 004 面の面間隔が引張応力により広がっている様子が捉えられた。このような結果から、セルローズ結晶の格子歪を算出した。

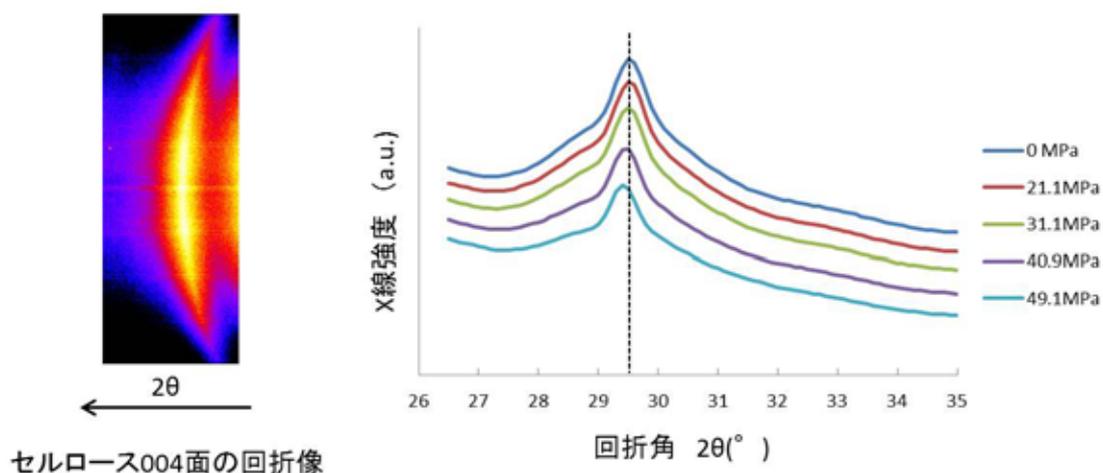


図 2 セルローズ 004 面の回折像と引張応力下での回折ピークの例

アカマツ新材、アカマツ古材 170 年、アカマツ古材 250 年の各試験体の引張応力 ひずみ曲線を図 3～5 に示す。

アカマツ新材では、引張応力の増加とともに、格子歪も大きくなる傾向がみられ、バルクの木材試験体の、引張応力によるセルローズ結晶の歪挙動を捉えることができた。図 3 左では、低応力域でセルローズ結晶が大きく歪んだ後、高応力域では歪が一定で推移した。一方、図 3 右では、低応力域ではセルローズ結晶はあまり歪まずに、高応力域で大きく歪む傾向がみられた。このように、引張応力に対するセルローズ結晶の歪挙動の傾向は天然材料ゆえのばらつきがみられ、今後試験数を増やすなどして精査する必要がある。

アカマツ古材 170 年、250 年では、アカマツ新材と同様に、引張応力の増加とともに格子歪が大きくなる傾向がみられた（図 4, 5）。このことから、こ

れら古材では引張荷重に対するセルローズ結晶の歪挙動が新材と同様に維持されていることが実験的に明らかとなった。

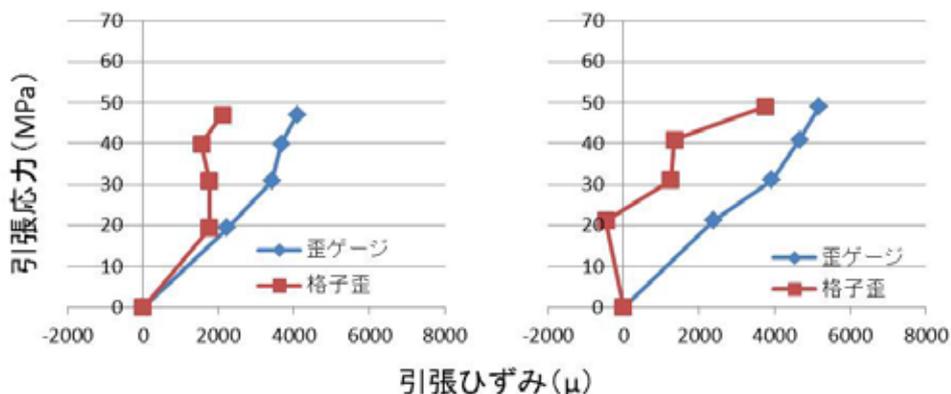


図3 アカマツ新材の応力-ひずみ曲線

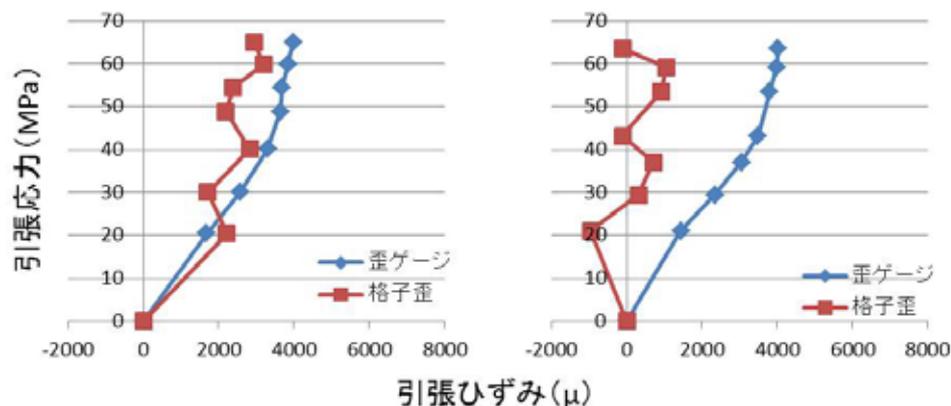


図4 アカマツ古材 170年の応力-ひずみ曲線

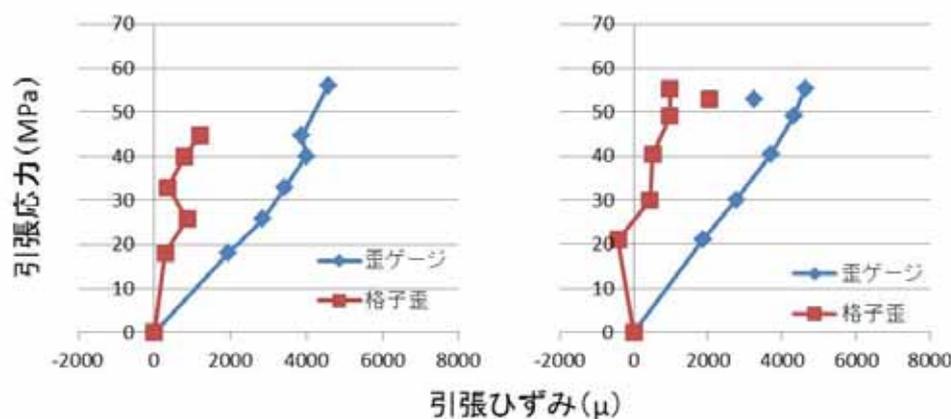


図5 アカマツ古材 250年の応力-ひずみ曲線

## 6. 今後の課題

建材としての再利用を考えると、柱などでは圧縮荷重下におかれることから、圧縮応力に対するセルローズ結晶の歪み挙動を調べる必要がある。