

## 既存木造建築物の木質部位の強度健全性診断 (2)

—木ねじプローブの引抜強度と木材密度・曲げ強度との関係—

正会員 〇山口修由\*, 佐久間博文\*\*  
同 中島史郎\*\*\*

木造 木材密度 木ねじプローブ  
曲げ強度 健全性 引抜強度

### 1. はじめに

既存木造建築物の耐震診断や各種改修(リフォーム・耐震補強)等においては, 既存木質部位の強度低下の推定や, 部材交換の必要性を判断するなどの, 木質部位・部材の健全性を判定する必要がある。既存木造建築物中の既存木質部材に対して, これらの部材を取り出さずに既存建築物の中で, 健全性を診断できる技術を開発することが, 本研究の目的である。本研究では, 健全性を評価するための指標として, 木ねじプローブの引抜強度を用いる方法を提案している。前報(1)では, 木ねじプローブの引き抜き・曲げ実験の結果を報告した。本報では, 木ねじプローブの引抜強度と, 試験体の木材密度・曲げ強度との関係を解析し, これらを使った, 簡易もしくは詳細な判定法の可能性について報告する。

## 2. 引抜強度と木材密度の関係を用いた簡易な判定法

### 2.1 密度との関係

木ねじの引抜強度は, ネジ長さや直径と樹種の比重に相関性が高いことが知られている(Fairchild 1926)。木ねじの引抜強度の計算式(木質構造設計規準など)は, この関係に基づいて定められている。“木ねじプローブ”の平均引抜強度(深さ方向の平均値)と, 各試験体の密度(含水率 12%時に換算)の関係を図1に示す。図1によると, 健全材(欠点の少ない新材)と劣化材(15年間屋外で暴露した材)のいずれの場合も, 平均引抜強度は木材密度と相関性があり, 相関係数は0.68~0.74程度であった。

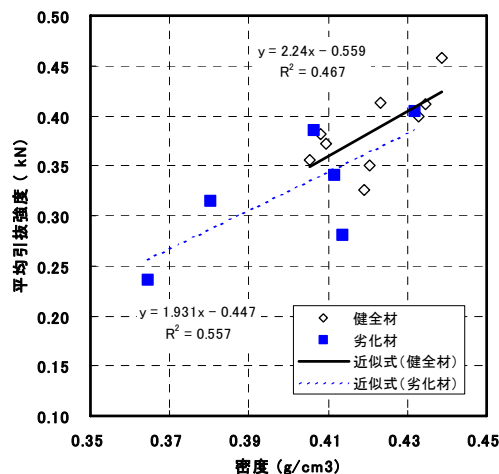


図1. 引抜強度と密度の関係

### 2.2 密度と曲げ強度の関係

木質構造設計規準では, 木材の曲げ強度は, 樹種ごとに定められている。樹種と比重(密度)の関係は相関性があるため, 木材の曲げ強度は, 密度と相関性があることが知られている。前報に示した曲げ強度実験の結果を, 密度(含水率 12%時に換算)と曲げ強度(応力度)の関係に整理した結果を図2に示す。図2によると, 健全材と劣化材のそれぞれにおいて, 密度は曲げ強度(応力度)と相関性があり, 相関係数は0.7と0.78程度であった。しかし, 実験で使用した健全材は, 劣化材よりも高い曲げ強度(応力度)を示した。これは, 健全材として使用した部材には, 欠点の少ない部材を選択したためであり, 欠点を含んだ健全材の曲げ強度(応力度)は, より低いと考えられる。

### 2.3 密度との関係を用いた簡易な判定法

腐朽した木材に関して, 木材密度の低下と曲げ強度の低下には, 相関性があることが報告されている。<sup>1)</sup> 従って, 樹種ごとに木材の密度にクライテリアを設定し, 対応する木ねじプローブの平均引抜強度を閾値とすることによって, 部材交換の必要性を判断するための, 簡易な部材交換判定法とすることが考えられる。

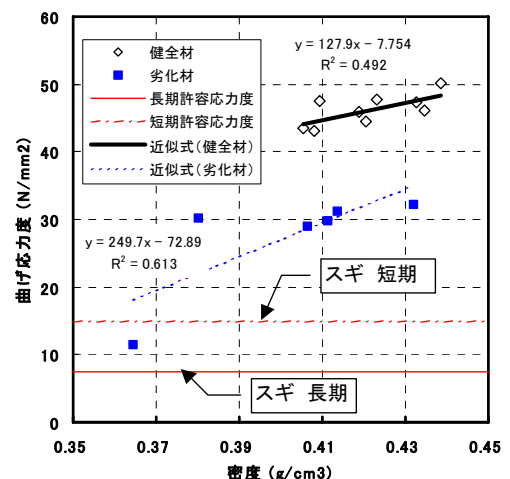


図2. 密度と曲げ応力度の関係

Inspection Method of Integrity of Wood Components on Existing Timber Construction (Part 2)

Relationship between Resistances to Axial Withdrawals of Wood-Screw Probes and Wood Densities, Bending Strengths

YAMAGUCHI Nobuyoshi, SAKUMA Hirofumi,  
NAKAJIMA Shiro

### 3. 引抜強度の分布を用いた詳細な判定法

#### 3.1 健全材の引抜強度分布と個別分布モデル

健全材の引抜強度分布(部材断面内)の例を図3中の○●□■で、これらの測定点の平均値を破線で、これらを近似する(個別)分布モデルの曲線を細実線で示す。分布モデルの曲線は、1)式に示す曲げ部材のせん断応力分布の式を、2)式に変形して用いた。

$$\tau = \frac{Q}{2I} \left( \frac{h^2}{4} - y^2 \right) \dots\dots\dots 1)$$

$$x = \frac{a}{b^3} (b^2 - (y - y_0)^2) \dots\dots\dots 2)$$

$$x_{max} = \frac{a}{b} \dots\dots\dots 3)$$

ただし、xは引抜強度、yは部材断面内の引抜測定位置(座標)、y<sub>0</sub>は部材の中心位置(座標)を示す。y=y<sub>0</sub>の場合、3)式の関係が成り立つ。

#### 3.2 平均分布・全体平均分布モデルと健全性検定用分布モデル

各試験体毎の個別分布モデルを密度別(H,M,L)に平均した平均分布モデル、密度別のモデルを統合した全体平均分布モデル、全体平均分布モデルと健全性判定用低減率(=0.6)の積を、健全性検定用分布モデルとして図4に示す。

#### 3.3 健全性検定用分布モデルと劣化材の引抜強度の比較

劣化材の引抜強度の分布に健全性検定用分布モデルを重ねた事例を図5と図6に示す。図5では、いずれの位置の引抜強度も健全性検定用分布モデルの引抜強度を満足したが、図6では、一部で引抜強度が不足しており、この部分が劣化範囲と判定された。

#### 3.4 引抜強度の充足率を用いた判定法

部材断面内の各測定位置における、健全性検定用分布モデルの引抜強度(閾値)に対する、劣化部材の引抜強度の比を、断面内充足率の分布として図7に示す。X1-⑤の部材では、断面内充足率が1.0以下の部分が大きな範囲で生じており、この部材は劣化した部分の範囲が大きいと判定できる。図8に引抜強度の重み付き平均充足率(材の中心からの距離の2乗で重み付け)と曲げ強度(応力度)の

関係を示す。重み付き平均充足率が1.0以下となった部材 X1-⑤の曲げ強度は、設計用の短期許容応力度(スギ)以下であるなど、引抜強度の重み付き平均充足率は、曲げ強度とおおむね対応する傾向を示し、引抜強度の充足率を用いた判定の可能性が示された。

【参考】1, T. Hayashi, .etc, Outdoor exposure tests of structural laminated veneer lumber (II):evaluation of the strength properties after nine years, The Japan Wood Research Society 2005, Vol.51

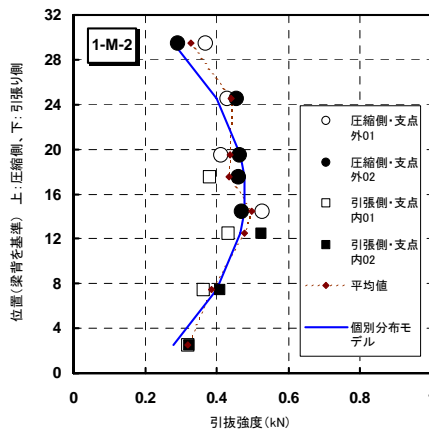


図3. 健全材の引抜強度の分布と個別分布モデルの例 (0.41<Dens.>0.43)

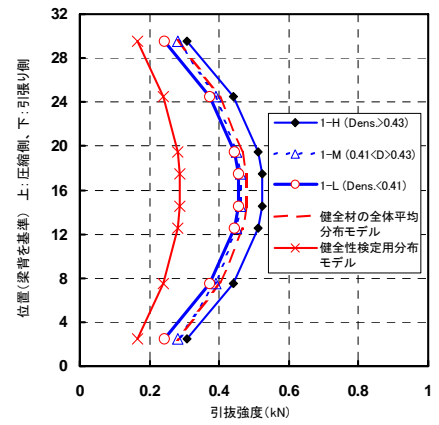


図4. 健全材の平均分布モデル・全体平均分布モデルと健全性検定用分布モデル

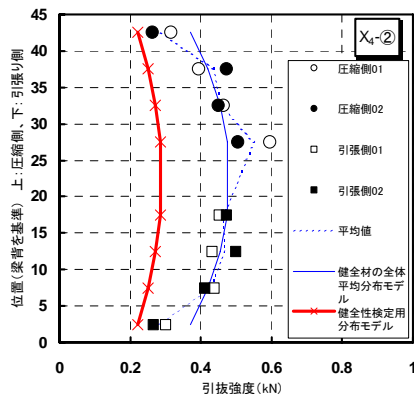


図5. 劣化材の引抜強度の分布の例と健全性検定用分布モデルの比較

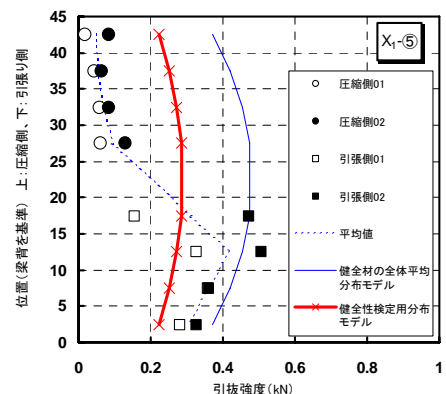


図6. 劣化材の引抜強度の分布の例と健全性検定用分布モデルの比較

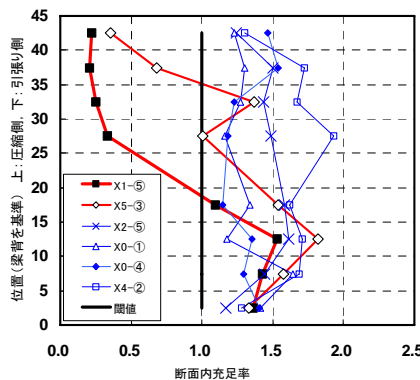


図7. 劣化材の断面内充足率の分布

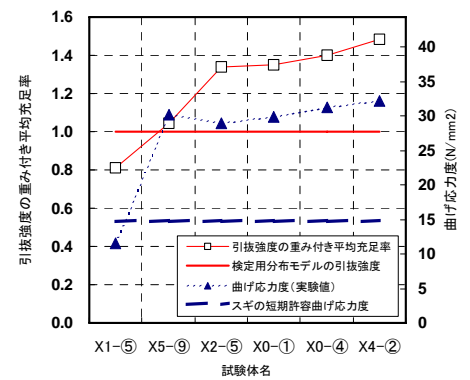


図8. 引抜強度の重み付き平均充足率と曲げ強度(応力度)との関係

\* 独立行政法人建築研究所 主任研究員  
 \*\* (財)バタリービング筑波建築試験センター 博士 (農学)  
 \*\*\*独立行政法人建築研究所 上席研究員 博士 (農学)

\* Senior Research Engineer, Building Research Institute  
 \*\* Tsukuba Building Test Lab., Center for Better Living, /Dr.Agr.  
 \*\*\* Chief Research Engineer, Building Research Institute /Dr.Agr.