

**2023 年度（第 21 回） 建築・住宅技術アイデアコンペ**

提案タイトル		「やわらかい木」の曲線を活かした木質構造躯体の開発
提案概要 (200 字程度)		「やわらかい木」とは木材突板をシート状粘着剤で積層接着し、柔らかく自在に曲げ・ねじることができる木質素材である。この新感覚木質材料は容易に曲がるため、曲げ応力が生じない面内せん断抵抗要素として使って耐力壁を構成した。このような構造上の工夫により「やわらかい木」の曲線を活かした意匠性の高い造形を持つ木質構造躯体を提案する。
提案ポイント	① 新規性	「やわらかい木」の特徴的な触感を提供するのにスツール等の座面に試用されてきたが、極めて柔らかいという性質から構造用には使うことができなかった。そこで一例として部分的にせん断抵抗面材として利用した耐力壁を試作した。これまでにない「やわらかい木」の創り出す曲線を活かした構造を実現するという点で新規性が高い。
	② 実用性	「やわらかい木」を使った木造耐力壁は、木造住宅でよく用いられる壁倍率で 1.0～1.5 倍程度の性能を発揮できる。屋内建物等の意匠性の高い耐力壁として利用可能で、適用範囲が広く実用性がある。この場合、「やわらかい木」を使った構造躯体は、訪れた人々が触れられるように、現しで使う設計が望ましい。
	③ 異業種関連度合	大規模建築内の屋内建物や内装木質化技術として利用するだけでなく、木造住宅や中大規模木造の耐力壁としての利用も想定できる。そのため、建材メーカー、住宅メーカー、設計事務所、ゼネコン等の共同研究や共創活動が見込め、異業種関連度合は高い。本技術はこれまでにない特徴的な意匠性を具備するため、各業種で新規的である。
	④ 建築や社会に対するインパクト	「やわらかい木」の曲線を活かした様々な寸法・形状の木質構造躯体が実現できれば、木材利用の新たな可能性が拡張される。木質構造の意匠性が向上するだけでなく、音環境の改善や採光設計にも役立つ技術への展開が期待される。このような木造化・内装木質化技術の開発が、今後の建築構工法に与えるインパクトは大きい。

提案ポイントについて

① 新規性：	「従来の建築・住宅技術」に対する新規性について述べて下さい。
② 実用性：	ご提案のアイデアが、学術研究や情報の蓄積や整理の範囲にとどまらず、都市・建築空間で実地に用いる、あるいは実際に役立つ点を述べて下さい。
③ 異業種関連度合：	コンソーシアムの特徴として異業種連携による研究活動をうたっています。ご提案のアイデアが、研究活動における異業種関連度合について述べて下さい。
④ 建築や社会に対するインパクト：	生活や産業経済、建築空間に対する影響など、研究目標が達成され、成果が実用化された場合の建築や社会に対するインパクトについて述べて下さい。

※ こちらにご記入頂いた内容も審査の対象となります。提案ポイント項目は審査評価基準に基づきます。

## 「やわらかい木」の曲線を活かした木質構造躯体の開発

### 【着想の経緯】

「やわらかい木」は薄い木板を粘着剤(シート状)で積層接着したもので、粘着層が大きなせん断変形を許容することから(図 1)、容易に曲げたり、ねじったりすることができる、特徴的な触感を持った新感覚の木質材料である(写真 1)。一方、曲げ応力がかかると簡単に大きく変形してしまうため、躯体を構成する構造部材としての利用が難しく、スツールやベンチの座面等の用途に限られていた(写真 2)。そこで、「やわらかい木」の用途拡大を目指し、構造部材としての利用方法の提案を試みる。

「やわらかい木」を構造部材として利用するには、曲げ応力がかからないようにする必要がある。そのため、①トラスやアーチ構造の構成部材とするか、在来軸組構法で使われる面材張耐力壁のように、②面内せん断力の抵抗要素となる面材としての利用が挙げられる。後者②は接合部の構成が比較的簡単であるため、面材張耐力壁による構造躯体の開発を先行して実施した。

### 【これまでの取組み (2023 年度)】

「やわらかい木」を耐力壁とした木造パーゴラ(軒先や庭に設けるつる性植物を絡ませる棚、スパン 5,170mm、高さ 2,770mm、奥行 3,060mm)を設計・試作した。水平力の抵抗要素として一方向にカラマツ集成材を用いた木質ラーメン構造とし、直交方向に「やわらかい木(スギ薄板+粘着剤シート)」を面材として留付けた耐力壁構造とした(写真 3)。

「やわらかい木」は幅 300×長さ 1,860mm、厚さ 9mm とし、集成材(240×60×2,760mm)2 本を同材料のスペーサー(120×60×300 mm)で合わせた柱に対して一部を曲げながら柱の表裏に編込むように纏わせた。合わせ柱は 720mm ピッチで 5 本配し、「やわらかい木」は合わせ柱の位置で継いだ。継手位置では「やわらかい木」は曲げずに、平面として柱に沿って左右 2 辺を各 6 本計 12 本のビスで留付けており、この部分が面材耐力壁として機能するように設計した。

図 2 に水平力  $Q$  に対する抵抗機構を示す。「やわらかい木」が合わせ柱の表裏に現れるように編み込まれるため、面材部が壁の表裏に散在することになる。これら面材部の抵抗モーメント  $M_i$  の総和  $\sum M_i$  が、壁全体の抵抗モーメントとなって、耐力壁全体のせん断性能を発揮する機構となっている。

### 【研究の目的】

本研究では、上記に示した、意匠性の高い「やわらかい木」を面材とした耐力壁と、それで構成される構造躯体を実用化するため、木造軸組との接合方法の開発と実大実験による耐力壁の構造性能の確認を目的とする。また、構造性能に加え、部分的に曲がった形状に起因する音響特性の確認や採光設計のためのデータ収集を実施し、各種性能付与の実現可能性について検討する。

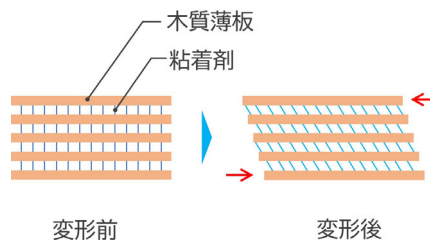


図 1 材料構成と変形機構



写真 1 「やわらかい木」(棒状)



写真 2 ベンチ座面



写真 3 「やわらかい木」の耐力壁

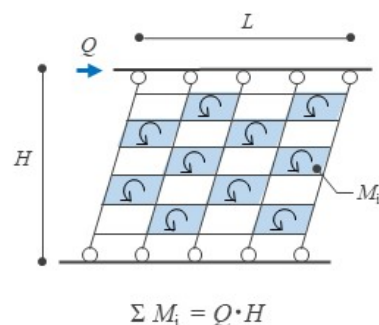


図 2 水平力  $Q$  に対する抵抗機構

### 【研究方法と内容】

「やわらかい木」を使った構造躯体を実用化するため、以下に示す方法と内容を実施する。

#### 1) 接合部試験

「やわらかい木」でできた面材と軸組材との接合性能と破壊性状を明らかにするため、接合部のせん断試験を実施する。また、「やわらかい木」は構造用合板とは異なり支圧剛性が小さいため、必要に応じて、ビスや釘の釘頭貫通試験なども併せて実施する。これらの試験結果を「やわらかい木」自体の断面設計にフィードバックし最適設計を行う。

#### 2) モックアップを用いた施工実験

「やわらかい木」を構成する単板厚さと枚数、また接着剤特性によって「やわらかい木」の変形のしやすさ(例えば、曲げやすさの指標として最大曲率)が異なる。そのため想定する耐力壁形状を部分的に再現したモックアップを製作して施工実験を実施する。ここでは、「やわらかい木」の寸法・形状、留付けピッチ等をパラメータとする。「やわらかい木」を曲げながら柱の表裏に編込む施工をする場合、最終的な留付け曲率の 1.5~2.0 倍程度で曲げる必要があることが経験的に知られている。施工実験にて施工性を確認すると同時に、「やわらかい木」が曲げ破壊しないことを確認する。

#### 3) 実大試験体を用いた耐力壁の面内せん断試験

接合部試験から得られたせん断性能データを用いて、図 2 に示した抵抗機構に基づき、耐力壁全体の剛性・耐力を計算で求める。これらの構造計算に基づき耐力壁を設計する。設計した実大の耐力壁を製作し面内せん断試験を実施して、破壊性状を確認するとともに短期基準せん断耐力を求める。計算と実験の結果を比較・検証し、得られた知見を設計にフィードバックする。

#### 4) その他の性能の検討

「やわらかい木」を用いた構造躯体はこれまでの構造用合板では創り出すことができなかった曲線・曲面を有する。これらの形状や壁面テクスチャが、構造性能以外の性能を与えるかどうかについて検討を行う。例えば、音響性能を考えると、曲面によって音が拡散・反射したり、またはパラボラアンテナのように表面に近い空間の一部の音圧を上げたりするような現象が起きうる。こうしたその他性能の検討については、研究会に参画される他業種の方のご意見やアイデアに大いに期待したい。

### 【先行研究との比較】

先行研究として、湾曲集成材を使った方法や構造用合板を曲げ留め付ける方法で曲面を作ったり、線材を少しずつずらしたりねじったりしながら曲面を作る方法は存在するが、「やわらかい木」が発現する曲線は、とりわけ木質構造として、既存の材料では創り得なかった形状やテクスチャを有しており(写真 4)、見る人々に少なからず驚きを与えている。

### 【予想されるインパクト・将来の見通し】

上記に示したように、「やわらかい木」という新たな材料を使って新たな意匠性を具備する木造化・内装木質化技術を開発することは社会にインパクトを与え、木材利用促進に寄与すると考えられる。具体的な用途としては、例えば、視線調整のための木造住宅内の界壁や屋内店舗の耐力壁、音楽ホールの内装壁などへの適用が考えられる。また研究会が開催されれば、そこに参画される他業種(材料メーカー、住宅メーカー、設計事務所、ゼネコン等)の関連技術者との連携によって、より多面的な検討を通じてオープンイノベーションが図られ、新たな用途創出が期待できる。



写真 4 「やわらかい木」を耐力壁としたパーゴラ