

## 等断面製材を用いた木造住宅建設システム開発に関する基礎的研究

主査 荒木 康弘\*<sup>1</sup>

委員 鈴木 香菜子\*<sup>2</sup>, 榎藤 智之\*<sup>3</sup>, 米澤 修二\*<sup>4</sup>

本研究では国産材利用促進を意図した等断面構法用金物を開発し、その構造的性能を構造実験によって解明するとともに開発時に想定した資源循環に対する効果を木質資源循環フロー調査によって検証し構法を改良する方向性を明らかにする。この金物により 120 mm 角程度の等断面製材のみを構造に用いた木造住宅生産が可能になり、製材の安定供給や乾燥品質向上、コスト削減にも効果をもつと考え開発を行った。効果の検証では、兵庫県丹波・篠山地域において木材の素材生産の段階から使用、再資源化の段階までの木質資源循環フロー全体を対象とした聞き取り調査を行い、開発時に見込んだ効果を検証するとともに県産材利用の現状や課題を把握した。

**キーワード** : 1) 国産材, 2) 等断面構法, 3) 木質資源循環フロー, 4) 兵庫県丹波・篠山地域  
5) 金物開発, 6) 構造実験

### DEVELOPMENT OF WOODEN HOUSE BUILDING SYSTEM USING ONLY ONE SIZE LUMBER

Ch. Yasuhiro Araki

Kanako Suzuki, Tomoyuki Gondo, and Shuji Yonezawa

To promote using domestic lumber, this paper proposes new wooden house building system, which uses metal joints to make coupled beam, and test its effect in 2 ways. First, from the interview with groups and companies in each level of wooden distribution system in Tamba and Sasayama area, this paper shows the each level's problems and how effective the new building system is. Second, from the bending tests, this paper shows the Structural performances of proposing coupled beam. And from these 2 results, this paper shows how to improve this wooden house building system.

#### 1. はじめに

##### 1.1 研究の背景

近年、木造住宅分野において、木質資源の循環利用を通じた環境問題への取り組みが見られる。そして、この取り組みで対象となる木質資源の中心は国産材である。しかし、その利用・促進に当っては、木質資源の品質確保、安定供給、コスト削減等の課題も多い。

そうした課題に対し、我々は 120mm 角程度の等断面製材のみを用いた木造住宅構法を提案する。これは大断面の断面性能が必要となる部位に、等断面製材を重ね合わせた「重ね梁」を用いるシステムであり、これに必要な重ね梁接合金物を新たに開発した。

本システムで用いる、120 mm 角の製材は「4 寸角」と呼ばれ広く流通しており、横架材に通常用いられる長方形断面材（平角材）に比べ乾燥も容易であるなど、流通、乾燥、素材生産、製材、使用など木質資源循環フローの各段階にわたって多くの効果を持つことが期待される。こうした見込まれる効果については、3.2 にまとめる。

一方で、多段階的な木質資源循環フローにおいてこうした効果が具体的にどのような条件で、どの程度実現す

るかといった点は検証する必要がある。

また、等断面構法の技術的課題として「重ね梁」の構造性能を実験的に解明する必要がある。さらには、フロー調査や構造実験を踏まえて住宅建設システムについて、どのような改良を加えれば良いかも明らかにする必要がある。

##### 1.2 研究の目的

以上のような背景を踏まえ、本研究は以下の 3 点を目的とする。

(1) 等断面製材を用いた木造住宅建設システムが木質資源循環フローに与える効果の検証

等断面製材のみを用いた木造住宅建設システムが、製材の品質確保・安定供給・コスト削減にどの程度効果があるかについて調査・分析する。また、その過程で特定地域における現在の木質資源循環フローの課題や取り組みを把握することも目的とする。

(2) 等断面材からなる「重ね梁の構造性能の解明

等断面製材からなる「重ね梁」の構造性能を実験的に解明する。

\*<sup>1</sup> 建築研究所 構造研究グループ 研究員

\*<sup>2</sup> 国士舘大学 講師

\*<sup>3</sup> 東京大学大学院 博士課程

\*<sup>4</sup> ディープランヨネザワ 代表取締役

(3) 等断面製材を用いた木造住宅建設システムの改良提案

(1)、(2)の検討結果を踏まえ、等断面製材を用いた木造住宅建設システムの改良提案を行うと同時に、今後、検討すべき課題について考察する。

### 1.3 研究の方法

本研究では、1.2の目的に照らし、1)木質資源循環フローの実態調査、2)構造実験、3)構法提案を行う。

#### (1) 木質資源循環フローの実態調査

まず、木質資源循環フローの実態調査では、兵庫県の丹波・篠山地域を対象とし、木質資源循環フローの現状把握と等断面構法が持ちうる効果の検証を行った。具体的には、等断面構法に見込む効果を仮定した上で、素材生産や製材、施工などフロー各段階を対象とした現地調査を行い、聞き取り調査、資料収集を行った。

尚、地域を限定した理由は、木質資源循環フローは地域性が強いためである。例えば、地域によって森林資源の量や樹種などの質、あるいは木材加工設備、消費地との距離は大きく異なる。また、こうした条件は、新構法の有効性に直接影響を与えるものであるため、本研究では、対象地域を限定した調査を行った。

また、兵庫県丹波・篠山地域を対象とした理由としては、兵庫県丹波・篠山地域は古くからの林産地であり、素材生産、原木市場、製材所等、木材流通の川上側と呼ばれる主体が活動していること、本研究主査および金物開発者である委員が兵庫県内で活動しており、調査協力が得られやすいこと、の2点が挙げられる。

#### (2) 構造実験

次に等断面製材からなる重ね梁の構造性能を確認するための曲げ試験を実施した。この実験結果より、重ね梁の破壊性状、変形状等の力学的資料を得ることを目的としている。重ね梁は120角のスギの人工乾燥材を3段重ねた試験体とし、120 mm×360mmのスギ平角の人工乾燥材と構造性能を比較した。

#### (3) 構法改良提案

最後に構法改良提案を行った。開発した金物を用いた等断面構法に対し、木質資源循環フロー調査や構造実験から得られた知見を総合し、改良の方向性についてまとめた。

### 1.4 研究の構成

本論の構成について述べる。2章では、先行研究・先行事例と本研究の位置付けをまとめる。次に、「3. 等断面構法」では、本研究で開発し、検証の対象とする構法および、それに用いる金物の特徴、4章のフロー調査で等断面構法に見込んだ効果について述べる。「4. 木

質資源循環フロー調査」では、フロー各段階を担う主体に対する聞き取り調査、資料収集から、各段階の現状、課題、取り組みについてまとめる。そして、3章で設定した等断面構法に見込まれる効果について検証する。

「5. 構造実験」では、構造性能の面から等断面構法の効果を検討する。

### 2. 先行研究・先行事例と本研究の位置付け

本研究では、開発した構法の効果を「木質資源循環フロー調査」、「構造実験」の2点から検証する。

特定地域の木質資源循環フローを把握する近年の研究としては、秋田の秋田県を対象とした研究<sup>1)</sup>、早川の京都府を対象とした研究<sup>2)</sup>、などが行われている。このうち、秋田は、秋田県内の40主体を対象とした聞き取り調査から、秋田県内の木質資源循環フローを「主要フロー」と「再資源化フロー」に分けて把握している。加えて、製材業者、建材製造業者を対象としたLCA調査も行っており、再資源化を行う上での課題やその定量的評価に焦点が当てられている。また、早川は国産材流通における情報の流れに着目し、設計情報をどの段階で川上側に伝えるべきかというスケジュールモデルを提案している。加えて、このような国産材・地域材利用の取り組みは、近年各地域で様々な取り組みが見られるが、田中<sup>3)</sup>は地域材活用を目的に活動する18組織を対象として、アンケート調査からその組織構成や取り組みをまとめ、地域材利用の取り組みを進める4主体に対して聞き取り調査を行っている。

これらの先行研究に対し本研究は、兵庫県丹波・篠山地域の木質資源循環フローを取り上げ、特定の取り組み(等断面構法)が効果を用いるか、近年、地域材利用の取り組みが実際に行われる中でどういった課題が生じているかを各主体に対する聞き取り調査から分析する点に特徴がある。特に、国産材利用促進のための取り組みやその提案は建築関係者からも多く出されているが、建築的な提案を行った上でその効果を木質資源循環フロー全体にわたって検証した研究は希少である。

また、間伐材利用促進を意図した住宅構法の開発も行われており本研究と同様に重ね梁を対象とした研究も平嶋<sup>4)</sup>、吉田<sup>5)</sup>、今井<sup>6)</sup>によって行われている。このうち平嶋、吉田は接着剤を用いて重ね梁を製造しているが、今井らはラグスクリューボルトとジベルを併用した重ね梁を開発し、構造性能に関する実験的研究を行っている。今井らがラグスクリューのねじ部せん断抵抗のみで引き抜き力に抵抗するのに対し、本研究で提案する接合部はボルト等の金物を用いる点は共通しているがねじ部のせん断抵抗に加えて、ねじ端部が広がることにより引き抜きに抵抗する点で、今井らの接合金物と異なる抵抗機構を有しており、実験的に検討する必要がある。

### 3. 等断面構法

#### 3.1 等断面構法用金物

本稿で提案する等断面構法は、木造軸組住宅の構造材軸組部に 120 mm角程度の正方形断面の材のみを用いて、梁背の大きな材を製作するものである。これによって、単位体積当りの費用の高い長方形断面の材を用いないことによるコスト低減や、見込み生産等による素材生産・製材側の負担軽減などの実現を目指す。

そのため、本研究では、正方形断面材を重ね梁に接合するための金物を開発した。この金物は、①メスねじを有するアンカー部分と②ボルト（オスねじ）からなる。最初に木材に打ち込んだアンカー部分のメスねじにボルトをねじ込むと、アンカー端部が広がり引き抜き力に抵抗する機構を有する（図3-1）。

この金物を用いることで、プレカット工場のような大規模な加工設備を持たない小規模な住宅生産者であっても、電動ドリル等の工具を用いることで、等断面材から重ね梁を製作することが可能となる。尚、重ね梁を製作するに当たって、横ズレを防止するせん断金物（以下、せん断金物）が必要となったが、それについては後述する。

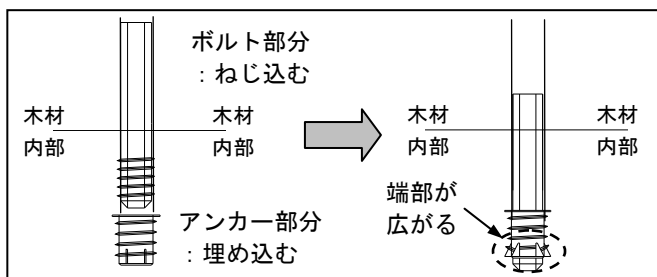


図3-1 接合金物の抵抗機構

#### 3.2 等断面構法に見込む効果

等断面構法は、構造上の利点に加え、木質資源循環フローの各段階で以下に述べるようなメリットを持つことが見込まれる。

まず、素材生産の段階では等断面材を利用することによって、間伐材利用の促進が見込まれる。これは行政等にも共通して効果を持つと考えられる。120 mm角の材の製材は末口で 18~20cm 程度の材寸があれば木取りが可能である。また、次の製材・乾燥段階で述べるように正角材のみの見込み生産が可能になり、年間でも伐採に適した時期「切り旬」の伐採が可能になると考えられる。

次に、製材・乾燥段階では、伐採と同様に製材の見込み生産化による製材業者の負担軽減（在庫の減少）が見込まれる。加えて、現在、人工乾燥材の普及が進んでいるが<sup>注1)</sup>、平角材では、乾燥時間が長くなることや、高温乾燥による内部割れの発生等の課題が指摘されている。そのため、等断面構法は、120 mm角程度の製材のみを用

いる事で、十分に乾燥し品質の安定した材を用いることができると考えられる。また、見込み生産が可能になれば乾燥にかかる期間に影響を受けず、環境負荷の小さい天然乾燥が行える可能性もある。

使用段階では、平角材に比べて体積当たりの単価の安い材の利用によって木材費の低減が可能になる。また、製材・乾燥段階で述べたことと重複するが、乾燥等の面で品質の高い木造住宅供給が可能になると考えられる。

また、再資源化に当たっては接着剤等を用いないことで木材のみの処分が可能と考えられる。

### 4. 木質資源循環フロー調査

#### 4.1 フロー調査概要

2009年6月から2010年9月にかけて、丹波・篠山地域を中心とする木質資源循環フローを構成する約20主体を対象として現地調査、聞き取り調査を行った（表4-1）。尚、原木市場が製材を行う事例や、製材所が木造住宅の施工を請け負う事例も見られたが、主たる業務を表記している。以下に、フロー各段階について、現状・課題と等断面構法に見込んだ効果が実現可能かについてまとめる。

表4-1 フロー調査の調査対象

フロー内の段階	上段：業種（調査対象数） 下段：見込む等断面構法の効果
① 素材生産	<ul style="list-style-type: none"> <li>・森林組合（2）</li> <li>・原木市場（1）</li> <li>・間伐材（小径木）活用</li> <li>・切り旬の伐採</li> </ul>
② 製材・加工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製材工場（3）、</li> <li>・集成材工場（1）</li> <li>・プレカット工場（2）</li> <li>・見込み製材可能。在庫減少</li> <li>・乾燥精度向上、期間短縮</li> </ul>
③ 使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設計事務所（2）、</li> <li>・工務店（5）</li> <li>・コスト低減</li> <li>・木材の品質向上</li> </ul>
④ 再資源化、最終処分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再資源化施設（2）</li> <li>・木材のみの処分が可能</li> </ul>
⑤ 行政、関連団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・行政（2）、県木連（1）</li> <li>・間伐材活用</li> </ul>

#### 4.2 素材生産段階

丹波・篠山地域の森林組合2社、原木市場1社を対象とした聞き取り調査、資料収集を行い、兵庫県内・丹波・篠山地域の素材生産の現状と課題を把握した。

「平成19年森林資源現況調査」（林野庁）によると、兵庫県の森林面積は562,066ha（全国第14位）である。兵庫県内には、丹波、但馬、宍粟、播磨の主要4林産地があり、神戸や大阪といった大消費地も近い。兵庫県の平成19年の素材生産量は針葉樹189,000 m<sup>3</sup>、広葉樹19,000 m<sup>3</sup>であるが、間伐がほとんど皆伐はほとんど行

われていない。これは丹波・篠山地域の2森林組合も同じである。このように間伐のみが行われているのは、現在、兵庫県では国からと兵庫県からの補助金を合わせて、60年生以下の間伐には100%の補助金が助成されるためである<sup>注2)</sup>。こうした間伐材であるが、2森林組合への聞き取り調査によると、それらの間伐材はほとんど搬出されず林地残材(切り捨て)となる<sup>注3)</sup>(写真4-1)。また、間伐も山林所有者からの依頼を受けて森林組合が行う事業が多く、計画的に十分な量の間伐が行えているとは言い難い。



写真4-1 林地残材が残された間伐後の森林

間伐材の搬出が行われないのは、搬出・運搬にかかる費用に比べて原木価格が安いためである。原木価格の推移を見ると、近年、スギ中丸太(14~22cm×4.0m)で10000~13000円/m<sup>3</sup>程度、ヒノキ中丸太(14~22cm×4.0m)で20000~24000円/m<sup>3</sup>程度である(図4-1)。

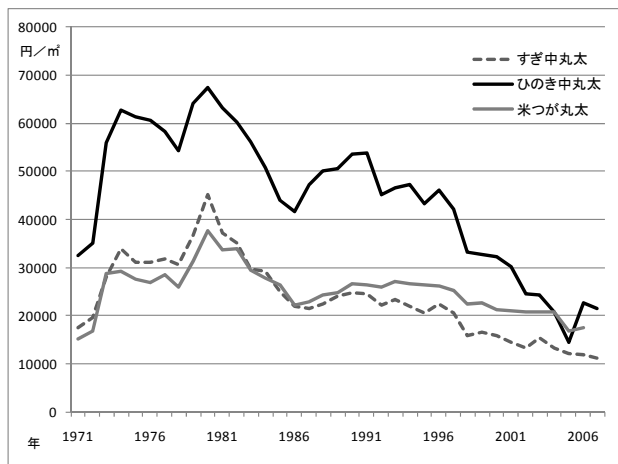


図4-1 素材価格の推移(兵庫県)注4)

これに対し、原木市場、森林組合への聞き取り調査から、伐採、搬出、輸送(原木市場まで)にかかる費用は11000円/m<sup>3</sup>ほどであり、これに原木市場等の経費が10~15%程度かかるため、森林所有者に利益が出ることは

少ない。また、ヒノキであっても15000円/m<sup>3</sup>程度の価格になる場合もあり、見込む利益が不確定である。そのため、間伐は行われても、ほとんどが搬出されず、林地残材として放置されている。

以上のように、林地残材等の課題はあるが間伐は国や県の補助金によって行われており、一方で植林を伴う皆伐はほとんど行われていない。図4-2に丹波市、兵庫県、全国の人工林の齢級別面積及び蓄積を示す<sup>注5)</sup>。丹波市、兵庫県、全国に共通して、9、10齢級(41~50年生)が占める割合が最も多く、面積ではそれぞれ38%、34%、30%を占め、蓄積量ではそれぞれ41%、38%、36%を占めている。加えて、丹波市の特徴として、30年生以下の人工林が占める割合が13%(全国22%)と小さい。これは近年の植林率の低下によるものと考えられ、主伐・植林による資源循環型の森林利用が求められていると言える。さらに、丹波・篠山地域および兵庫県では、間伐事業の補助対象とならない60年生を超える人工林蓄積量が17%を占めており、間伐事業への補助対象の見直しも必要であると言える。

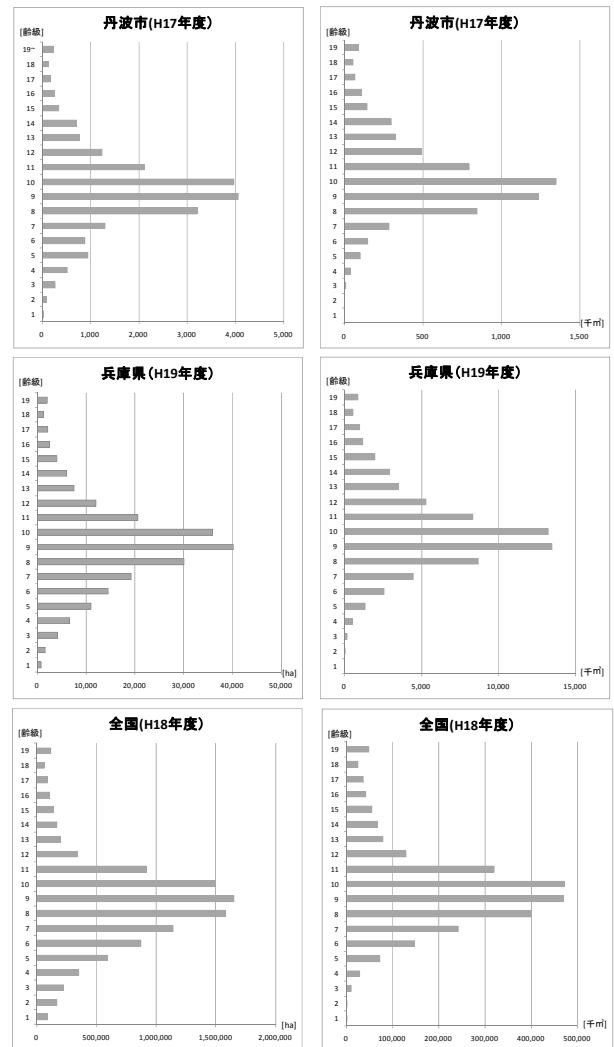


図4-2 人工林の齢級別面積(左、ha)・蓄積量(右、千m<sup>3</sup>)

現在、丹波・篠山地域で蓄積量が多く間伐対象となる41～50年生の材の寸法について森林組合、原木市場に対し、聞き取り調査で訪ねたところ、生育条件による差が大きい、スギ、ヒノキともに30cm程度未満で4寸角程度の正角材を得ることができる断面であるとの回答を得た。そのため、120mm角材のみを用いた等断面構法は間伐材を用いて実現可能だと言える。しかし、等断面構法では「間伐材＝小径木」という認識に基づき開発を行ったが、現在ではこうした認識は既に成立しない。また、直径30cmを超える間伐材も原木市場等で多く見られた。加えて、等断面構法によって見込み製材が可能となり、切り旬に集中的に伐採が行えることも想定したが、調査対象とした丹波・篠山地域の2森林組合は、切り旬を意識した伐採は現在、行っていないと答えた。

#### 4.3 製材・乾燥段階

次に、製材・乾燥段階について述べる。聞き取り調査の対象3製材所は丹波・篠山地域に所在する人工乾燥構造材のJAS認定（B製材認定）取得工場3工場全てであり、製材に加え乾燥も行っている。対象3製材所の事業内容等について表4-2にまとめた。

表4-2 対象製材所3社の概要

製材所	概要
M1社	所在地：兵庫県丹波市 製材事業開始：1973年 年間原木消費量：約17000 m <sup>3</sup> 年間製品出荷量：約10000 m <sup>3</sup> 製品出荷先：工務店等、兵庫県内7割程度
O1社	所在地：兵庫県丹波市 製材事業開始：2006年 年間原木消費量：約10000 m <sup>3</sup> 原木購入先 年間製品出荷量：約5000 m <sup>3</sup> 製品出荷先：8割プレカット工場、2割は商社、集成材工場、県内7割程度
O2社	所在地：兵庫県丹波市 製材事業開始：1958年 従業員数15名 年間原木消費量：約3000 m <sup>3</sup> 年間製品出荷量：約1500 m <sup>3</sup> 製品出荷先：大工、工務店8割、プレカット工場2割、8割は50km圏内

製材所3社全てで丹波・篠山地域産材を含めた県産材の製材、乾燥を行っている。県産材の製材、乾燥に対する課題としては、原木価格が不安定であることに加え、原木価格が下がると出荷量が減るなど原木出荷量も不安定なこと、平角材では乾燥が難しいこと、乾燥期間が高湿乾燥で1週間程度かかるなど在庫がない場合に発送までのリードタイムが多くかかること、平角材は標準的な住宅建設に用いられるものに限っても断面寸法の種類が多く見込み製材にはストックを抱えるリスクが伴うこと、小径木では芯持材になりやすいが芯持材の在庫を長く持つと割れ・狂い等の問題が生じやすいこと、正角材・平角材等の構造材を製材した後に残る側材の用途が少ない

こと等、多くの課題が挙げられた。例えば、平角材の断面寸法の多さについては、断面の幅が105、120mmの2種類、高さが105mm、120mmから30mm刻みで360mmまでの10種類、長さが3、4、5、6mの4種類とすると80種類の見込み製材をする必要がある。尚、木材の天然乾燥も等断面構法開発時に見込んでいたが、広い木材置き場が必要なことや、天然乾燥開始時に大量の在庫が発生することなどから実現は難しいとの回答を得た。

こうした課題の解決に向けて各製材所でのどのような取り組みを行っているかもたずねた。原木の価格や出荷量が不安定なことに対して、製材所M1社では、2007年度より少量ながら素材生産事業にも取り組んでおり、これによって、少しでも原木の入荷価格を安定させようとしている。また、乾燥期間がかかること等により、注文を請けてから発送するまでのリードタイムが長くなることに対しては、各製材所とも見込み製材する寸法を増加させている。120×240mmなど標準的な平角材については製材所3社とも見込み製材・乾燥が既に行われている（写真4-2）。等断面構法開発に当っては、見込み製材された寸法の材のみを用いることで乾燥、価格面での低下を意図していたが、正角材2本の重ね梁と同じ断面寸法の材は既に見込み製材されていた。



写真4-2 見込み製材された平角材（M1社）

次に、構造用製材の断面寸法・長さ毎の価格について述べる。木材価格は原木価格、製材価格ともに流動的であり詳細な比較は難しい。そこで、本研究では断面寸法や長さ毎の価格の比に主に着目した。県産スギ1等材の単価を製材所3社にたずねたところ、120mm角4m材では52000～72000円/m<sup>3</sup>程度なのに対し、120×240mmの4m材では65000～90000円/m<sup>3</sup>程度と1.25倍程度に価格が高くなる。また、120×360mmでは1.8倍程度に大きく上がる。尚、断面寸法に比べて長さの違いにおける価格比も調べたが、製材所3社では2、3、4m材から5m以上の材になると1.4倍～1.6倍程度に上がる。

#### 4.4 集成材工場

木質資源循環フローの中で、集成材工場、プレカット工場については、等断面構法の効果は特に見込んでいないが、ここでは丹波・篠山地域産材も用いる集成材工場1社、プレカット工場2社の聞き取り調査結果を県産材利用の現状と課題についてのみまとめる。

まず、集成材工場0社についてである。丹波・篠山地域にJAS認定の集成材工場はない。JAS認定事業者・工場リスト<sup>注6)</sup>によると、兵庫県内のJAS認定集成材工場は5工場(4事業者)があるが、工場所在地の内訳は宍粟市3工場、神戸市1工場、姫路市1工場である。本研究ではこのうち、製材所01社で製材したラミナを用いて県産集成材を製造する姫路市の0社に対し、聞き取り調査を行った。

対象とした集成材工場では、兵庫県産材を用いたスギ集成材の製造を2004年から行っている。現在、スギ集成材が集成材出荷量に占める割合は10%程度である。集成材全体では年間6000㎡程度を出荷し、出荷先はプレカット工場が大半で、県内が7、8割を占める。

県産スギ材を用いる上での課題として、節が十分に乾燥していないなど、乾燥のばらつきをあげた。特に、集成材製造に当っては含水率が20%程度を超えると接着が難しくなる。また、ラミナの価格が外国産材より高いことに加えて、含水率の高い節を除去することで歩留まりも悪化し県産集成材の価格は外国産材より高い。加えて、県産集成材は出荷量の10%程度であるため在庫が少なく、大量の注文や特殊な注文を受ければ発送までに時間がかかることも述べた。特に集成材工場として県産材利用促進に向けた取り組みは行われていない。尚、集成材製造では、ラミナを積層するため集成材の断面高さが変わっても単位体積当りの価格は変わらないと述べた(写真4-3)。等断面構法においては、断面高さの大きな材を費用の安い正角材で製造することを意図しているが、集成材ではこうした断面高さの違いによる価格差という問題は存在していない。



写真4-3 集成材製造の様子

#### 4.5 プレカット工場

次に、プレカット工場2社の聞き取り調査結果についてまとめる。尚、丹波市、篠山市にはプレカット工場が1社のみあるが、調査への協力が得られなかった。対象としたプレカット工場2社は、それぞれ、4.2で対象とした製材所3社のうち2社が取引先としてあげたプレカット工場である。

兵庫県加西市のプレカット工場Y社は月間加工能力が5000坪程度と兵庫県内で最も大きい。現在、Y社で加工する木材のうち25%が国産材である。この割合は直近3年程度の間国や県の施策や輸入材の価格・供給量が不安定であるため意図的に10%から25%程度まで増加させている。Y社は県産集成材を用いるための課題として、まずコストの高さを上げた。次に、集成材を除く県産材の90%はKD材(KD材以外はヒノキの土台や羽柄材など)であるが、Y社はKD材の中でも含水率のばらつきが大きく、輸入材や集成材に比べて工務店や居住者からのクレームが発生しやすい点を課題として挙げた。他の課題としては、ベイマツ等に比べて強度が低いことや乾燥収縮が大きいこと、県産材の無垢材はストックしているだけで割れること、などが指摘された。

兵庫県養父市のプレカット工場S社は月間加工能力が1200坪程度とY社の4分の1程度であり、木材を工務店等が持ち込み加工のみを依頼する賃加工が90%以上を占める点特徴的である。プレカット工場S社は加工する木材の90%以上が国産材であり、そのうち8割程度が県産材である。県産材利用に当たっての課題としては、Y社と共通する乾燥やコスト、強度面での課題に加え、工務店が軸組を表し仕上にする割合が高く、木材を選別するのに手間がかかることや、兵庫県産材が他地域と比べて節が多い場合が多いことも述べた。

#### 4.6 使用(設計・施工)

次に使用(設計・施工)段階の国産材利用についてまとめる。丹波・篠山地域の工務店5社、丹波・篠山地域材を用いるネットワーク「木の道」の設計事務所2社を対象に聞き取り調査を行った。表4-3に対象とした工務店、設計事務所の概要をまとめた。設計事務所F社を除いた6社の所在地は兵庫県丹波・篠山地域内である。

対象とした工務店、設計事務所は全て何らかのかたちで県産材利用を行っているが、工務店5社では県産材を利用する部位や適用割合に違いが見られた。工務店I社、S社、N社、Y社は、構造材、羽柄材に県産材を用いる割合が高いが、横架材にはベイマツ材や構造用集成材も用いる。これは、設計事務所2社も同様である。これに対し、製材所M社の建築部門から独立した工務店E社では構造材、羽柄材に加え下地材(壁、床)にまで全て県産材を用いている。

表 4-3 対象設計事務所・工務店の事業概要

工務店・設計事務所	概要
工務店 I 社	所在地：兵庫県丹波市 従業員数：12 名（大工含まず） 沿革：創業 1950 年（素材生産業） 1975 年建設部創設 2009 年度新築完工棟数：7 棟
工務店 E 社	所在地：兵庫県丹波市 従業員数：5 名（大工含まず） 沿革：建築請負開始 1981 年（製材所）、2008 年別会社として独立 2009 年度新築完工棟数：25 棟
工務店 S 社	所在地：兵庫県篠山市 従業員数：4 名（4 名全て大工） 沿革：1976 年創業 2009 年度新築完工棟数：2 棟
工務店 N 社	所在地：兵庫県篠山市 従業員数：12 名（内社員大工 8 名） 沿革：創業 1962 年、設立 1993 年 2009 年度新築完工棟数：3 棟
工務店 Y 社	所在地：兵庫県丹波市 従業員数 15 名（内社員大工 6 名） 沿革：創業 1965 年（大工 3 代目） 2009 年度新築完工棟数：8 棟
設計事務所 F 社	所在地：大阪府池田市 従業員数：2 名 沿革：設立 1978 年 非住宅が主な対象
設計事務所 S 社	所在地：兵庫県篠山市 従業員数 5 名 沿革：1989 年県内別地域で創業 1994 年有限会社として設立 2009 年度新築完工棟数：3, 4 棟

工務店、設計事務所の県産材利用の目的については、地産地消や気候に合った材料を使うといった目的が挙げられた。また、工務店 I 社、工務店 S 社、工務店 N 社は創業当初から現在まで少なくない割合に県産材を用い続けており、何か目的があって外国産材等の使用をやめて県産材を使い始めたものではない。これは資源循環などを特別に意図したものではなく、かつては周辺の製材所で木材を選ぶことが一般的であったためであり、かつては京都府や岡山県などの他府県産材も多く用いられていた。現在では県産材融資制度などもあり、県産材利用はハウスメーカー等の他社との差別化に用いられている。一方で、県産材融資制度について、新築工事完工以降でないと融資金を受け取れないため施主に勧めていないと述べた工務店も見られた。

県産材利用に向けた課題としては、特に横架材においてベイマツ材や集成材と比較した場合の「コストの高さ」、「設計時に用いる強度（値）の低さ<sup>注7)</sup>」「リードタイムの長さ」が挙げられた。他には、「県産材を付加価値と認識する施主が少ない」、「県産材にはスギが多いが、ヒノキと比べてスギは劣ると考えられてしまい使いにくい」などの課題が挙げられた。

以上のような課題に対して、以下のような取り組みが行われている。納期、リードタイムの長さに対しては、

木材の発注時期を早めるといった取り組みが見られた。特に長尺材や大断面材についてはどの程度必要かが分かった段階で他の材の依頼より先に依頼するといったことが行われている。また、木の割れ等について施主に説明することは全ての設計事務所、工務店で行われていた。他に、ベイマツ材等と比較した場合の強度の低さについては、断面寸法を一回り大きくするといった工夫が見られた。また、背の大きな横架材が少ないことに対して工務店 I 社では、本研究提案したのと同様の重ね梁構法（本研究と異なる点は 150 mm 角を縦に 2 本合わせて梁背 300 mm とした重ね梁を想定している点である）を用いている。

また、工務店、設計事務所といった小規模な主体では地域材利用を行っても供給量が少ないため、木質資源循環フローに与える影響が小さく、これも工務店や設計事務所が地域材利用に取り組む上での課題と考えられる。そうした問題意識から、設計事務所 2 社では、「木の道」発足当初の新築住宅を主たる対象とした活動から、公共施設や民家再生などの事業での地域材の利用への転換を意図的に行っている。公共施設等での木材利用では、住宅に比べ棟数当たりの県産材利用量は増加する。工務店 I 社も公民館等の設計施工に県産材を積極的に用いているなど、県産材の主たる利用対象の変化も見られた（写真 4-4）。



写真 4-4 工務店 I 社設計施工の公民館内部（ヒノキの梁）

次に使用段階における等断面構法の効果について主に費用の面から検討する。本研究で提案する等断面構法では、ウッドアンカー（1 個 250 円程度）とせん断金物（1 個 100 円程度）を 1 m 毎に付 1 箇所（端部から 50cm、1m50cm、2m50 cm…）に設置する。そのため、長さ 4m の重ね梁 1 本につき増加する材料費は 1400 円程度（4 箇所）となる。

次に、施工費に付いて検討する。重ね梁を製作する過程はボルト用穴開け、せん断金物用穴開け、重ね梁上部

の座掘、ボルトねじ込みに分けられる。それぞれの工程に1分程度がかかり、4箇所では合計15分程度がかかる。大工の日給を20000円(8時間労働)とすると15分で625円の施工費となる。必要な道具は電動ドリル4種類(穴開け、ボルトねじ込みなど)であり、大型の加工機械は必要としない(写真4-5)。これらの概算から、4mの重ね梁1本をつくるには材料・施工費で2025円の増加になる。この金物代と施工費とを合わせた場合にどの程度の費用低減が見込めるか概算する。



写真4-5 ボルト用穴開けの工程

製材所に対する聞き取り調査などから、120mm角のスギ正角材(長さ4m)を72000円/m<sup>3</sup>、120mm×240mmのスギ平角材(長さ4m)を90000円/m<sup>3</sup>とすると、重ね梁(120mm×240mm)と同断面寸法の製材品1本当りの価格は次のようになる。

重ね梁 :  $0.12 \times 0.24 \times 4 \times 72000 = 8294.4$  円/本  
 平角材 :  $0.12 \times 0.24 \times 4 \times 90000 = 10368$  円/本

以上から、両者では2073.6円/本の差額になる。つまり、施工費と合わせると、重ね梁にすることで削減できる費用は50円/本程度と限られる。

そこで、120mm角の正角材3本を重ねた重ね梁を考え、同じく長さ4m材で120mm×360mm(同じく132000円/m<sup>3</sup>として計算した)との比較を試みると、重ね梁が12441.6円/本、平角材が22809.6円/本となり、差額が10368円/本となる。材料費がせん断金物4個で400円増加し2000円程度、施工費が倍の4500円/本となっても、3868円/本のコスト低下が見込める。また、長さが6mの120×240mm断面(平角材を102000円/m<sup>3</sup>で計算した)で比較しても、同様の計算から5184円/本の木材費削減ができ、材料費、施工費ともに1.5倍で3037.5円/本程度がかかっても、2146.5円/本程度の削減が見込める。このように、梁の断面高さや長さが大きい平角材と同断面・同長さの重ね梁を比較すると平角材木材費の1~2割程度のコスト削減を実現できる。

#### 4.7 再資源化・最終処分

次に、木質資源循環フロー各主体に聞いた木質系副産物の種類と再資源化方法についてまとめる。木質系副産材は、木質資源循環フローのうち素材生産、製材・加工、建設、解体の各段階において発生するため、各段階を対象として聞き取り調査を行った。その結果を図4-3に示す。

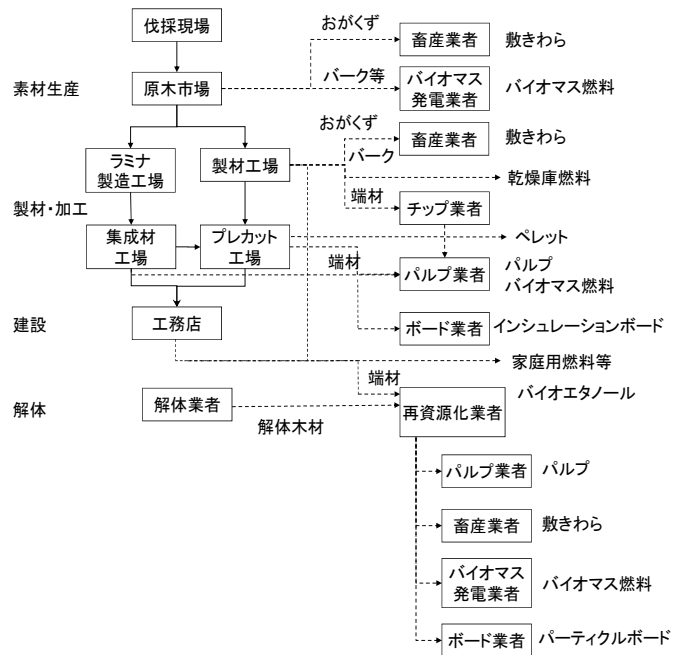


図4-3 木質系副産物の再資源化フロー

素材生産段階について、原木市場1社ではバーク、おが屑が発生する。バークはバイオマス燃料に、おが屑は敷地内の中間処理施設で敷きわらに再資源化し有価で売却している。

製材段階では、バーク、端材、おが屑などが発生する。製材所M1社では、バークは業者が無償で引き取り、敷きわらに再資源化する。端材はチップ化し県内製紙工場に有価で売却している。おが屑は畜産農家に有価で売却している。製材所01社では、端材、バークは工場内ボイラーで燃やし乾燥庫の燃料にしており、おが屑は畜産農家、チップは県内製紙工場に有価で売却している。製材所02社ではバークは業者が逆有償で引き取り堆肥にする。端材はチップ化して中間処理業者を経由し、皮なしは製紙原料に、皮ありはボードか燃料に再資源化される。

プレカット工場2社ではおが屑、端材が発生する。Y社では、おが屑は畜産農家に有価で売却し、端材は県内の製紙工場に有価で売却している(写真4-6)。S社ではおが屑をペレットにして売却している。





写真 4-6 おが屑 (プレカット工場 Y 社)

建設段階では、少量の端材などが発生する。工務店 I 社、N 社では木材は混合廃棄物の一部として排出され、廃棄物処理施設にて処理される。E 社ではグループ会社にてチップ化し県内製紙工場に有価で売却している。S 社、Y 社では地域の人が引き取り、風呂吹きや薪ストーブ等に使用する。

加えて、再資源化施設に対して聞き取り調査を行ったところ、D 社では、木くずを処理して別の事業所に輸送しバイオエタノールに再資源化しており、おが屑は RPF の原料にしている。H 社では、木くずのうち柱材（製材）はパルプ、壁材はパーティクルボードに再資源化しており、端材はバイオマス燃料、おが屑は敷きわらに再資源化している。また近年、機械解体が増えたことと集成材を用いた柱が排出されることから、パルプに再資源化する割合が減少する傾向にある。

本研究で提案した重ね梁構法用の金物は再資源化する際、取り外すことが可能である。そこで、製造時に接着剤を用いる集成材との比較を試みた。調査対象とした集成材工場 O 社では接着剤としてイソシアネートを使っているが、10%までのイソシアネートの混入であれば、チップとして有価で売却でき、それ以上であってもインシュレーションボード工場に有価で売却している。つまり、加工段階で発生する副産物の再資源化については、重ね梁構法に特に優位性は見られない。一方、解体段階で発生する副産物の再資源化については、集成材の使用が増えることによりパルプに再資源化する割合が減少していることから、重ね梁構法は再生原料としての品質という観点で有利である。

#### 4.8 行政・関連団体

行政・関連団体に対して、等断面構法が見込む効果（間伐材の利用促進）は 4.1 素材生産段階と同様と見なし、兵庫県や県木連等が現在行っている取り組みをまとめる。

兵庫県で現在行われている県産材利用促進のための取り組みは主に次の 3 事業である。第 1 に公共施設・公共工事での県産材利用促進である<sup>注 8)</sup>。ここでは県施設での木質化率 50%などが目標として挙げられている。第 2 に県産材を使った住宅への低利融資制度である。ここでは、県産木材使用量 60%以上で 2000 万円を上限として 25 年間固定金利 1.8%などの長期低利固定金利ローンを利用できる。利用者は 2008 年度 188 件であった。第 3 に身近な木製学習机への木材の利用促進であり、小中学校への木製学習機の導入などをすすめている。

#### 4.9 小結

本章では、兵庫県丹波・篠山地域の木質資源循環フローについて、現状や課題、等断面構法の効果が実現可能かといった観点からまとめた。フロー各段階の地域材利用に向けた現状・課題および等断面構法の効果が実現可能かについて表 4-4 にまとめた。

表 4-4 国産材利用に向けた課題

フロー	現状・課題（上段）	効果の検証
素材生産・行政	県産材利用に向けた現状・課題	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>原木価格の安さ</li> <li>間伐・植林が十分に行われず年齢分布が 40~60 年生に集中している</li> <li>県産材融資制度等を行っている</li> </ul>	
製材・乾燥	開発時の見込みとの比較	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>「間伐＝小径木」を見込んだが、直径 30cm 程度が間伐されている。</li> <li>適伐期を意識した伐採は行われていない</li> </ul>	
集成材	県産材利用に向けた現状・課題	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>原木価格・出荷量が安定しない</li> <li>平角材の断面寸法の多さ、リードタイム短縮のため芯持ち材をストックするリスク</li> </ul>	
プレカット	開発時の見込みとの比較	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>120×240 mm などの標準的な平角材は見込み製材されていた。</li> </ul>	
仕様	県産材利用に向けた現状・課題	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>乾燥のばらつき</li> <li>在庫が限られ、リードタイムが掛かる。</li> </ul>	
再資源化・最終処分	開発時の見込みとの比較	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>集成材は断面高さが大きくても m<sup>3</sup>単価は変化せず、大断面では価格的に有利。</li> </ul>	
再資源化・最終処分	県産材利用に向けた現状・課題	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>コストの高さ、強度の低さ</li> <li>リードタイムの長さ</li> <li>居住者が県産材利用を付加価値と認識していない。</li> </ul>	
再資源化・最終処分	開発時の見込みとの比較	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>120×360 mm や 6m 材ではコスト削減が可能</li> </ul>	
再資源化・最終処分	県産材利用に向けた現状・課題	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>木質系副産物の有価販売が増加している。</li> <li>課題は特に見られない</li> </ul>	
再資源化・最終処分	開発時の見込みとの比較	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>集成材製造時の端材もチップ、インシュレーションボード等に再資源化可能</li> <li>解体時にパルプ原料となり得る</li> </ul>	

県産材利用の現状・課題では、原木・製材品双方のコストの安さ・高さ、リードタイムの長さ、乾燥精度の問題、等が複数のフローから課題として挙げられた。乾燥については、製材所では平角材の乾燥も十分に行えるとされたが、プレカット工場や利用段階（設計事務所、工務店）からは以前課題も多いという意見が聞かれ、フローを構成する主体相互の認識の違いも明らかにした。加えて、近年の変化という面で見ると、上記の他に、製材所が素材生産を始めると言ったフロー川上側への事業拡大・垂直的統合や、設計事務所に見られる住宅から公共施設等への主たる設計対象の変化、行政による取り組みなどの変化が見られた。

一方、等断面構法開発時に見込んだ効果が実現可能かを見ると、乾燥やリードタイムの長さについては、等断面構法は平角材に対して優位性を持ちうると考えられるが、その優位性は当初想定したものより小さい。これは間伐の主たる対象が 40~60 年生へと変化していること、120×240 mm 角などの一般的な平角材は見込み製材されていることなど、近年の川上側の変化を考慮していなかったためである。また、製材段階でストック（在庫）の減少というメリットを生むためには需要をある程度まとめる必要がある。

## 5. 構造実験

等断面製材からなる重ね梁の構造性能を把握するための曲げ試験を実施した(写真 5-1)。

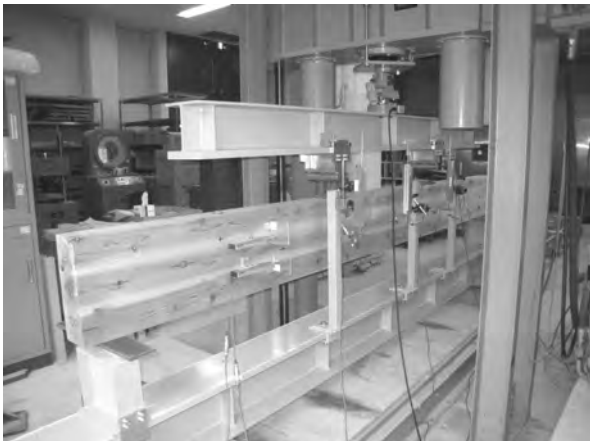


写真 5-1 曲げ試験

### 5.1 試験体概要

重ね梁試験体は、フロー調査の結果を踏まえて 120 角のスギの人工乾燥材を 3 段重ねた試験体を 3 体作成した。平角材と構造性能を比較するため、120 mm×360mm のスギ平角の人工乾燥材（「平角試験体」と呼ぶ）も 2 体実験を行った。重ね梁の主な使用用途としては木造住宅等を想定していることから、試験体スパン（支点間隔）

は 3800mm とした。

重ね梁の各材同士は図 5-1 に示す円形のせん断金物で横ズレを防止する。また図 5-1 に示す重ね梁の最下段に埋め込んだ雄ねじと雌ねじを有する木材用アンカー金物に、上段から M12 ボルトで緊結することで各木材を一体化する。

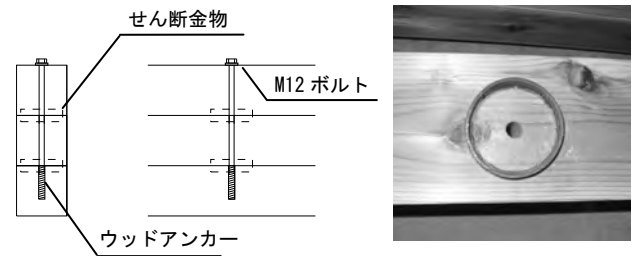


図 5-1 せん断金物、ウッドアンカー、試験体

### 5.2 実験方法

曲げ試験は図 5-2 に示す 4 点曲げ方式とした。支持条件は両端ともローラー支持とし、油圧ジャッキを用いて荷重を行った。計測項目は荷重、中央部および加力点の撓み、重ね梁試験体については重ね梁間の相対変位を測定した。

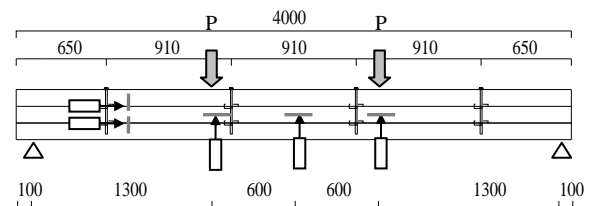


図 5-2 加力位置と計測計画

### 5.3 実験結果と考察

写真 5-2 に重ね梁試験体および平角試験体の破壊性状を示す。重ね梁試験体ではボルト接合部分から亀裂が発生し、最大荷重となるのに対し、平角試験体では等曲げ区間内の引張側で部材の折損が確認された。

図 5-3 に実験結果の M-θ 関係を示す。また表 5-1 に各試験体の剛性・最大曲げ耐力・最大撓み角を示す。

剛性については、せん断金物を 4 個配置した重ね梁では、平角試験体に比べ剛性は 1/4~1/5 程度となる。最大曲げ耐力については、重ね梁試験体の曲げ耐力は 70~78kNm であったのに対し、製材試験体では 110~120kNm となった。

重ね梁を木造住宅建築で使用する場合、曲げ剛性が課題となるが、せん断金物の配置数により剛性は向上できるものと考えられる。



(1) 重ね梁試験体 (2) 平角試験体

写真 5-2 破壊性状

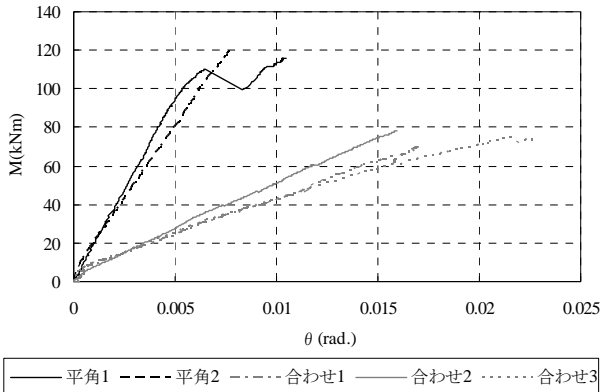


図 5-3 各試験体の M-θ 関係

表 5-1 各試験体の剛性・最大曲げ耐力・最大撓み角

	合わせ1	合わせ2	合わせ3	平角1	平角2
剛性 (kNm/rad.)	3647	4931	3615	18753	15285
曲げ耐力 (kNm)	70	78.2	74.9	110.5	121.5
最大撓角 (rad.)	0.017	0.016	0.022	0.0065	0.0078

#### 5.4 まとめ

実大曲げ試験より、3 段タイプの重ね梁試験体の破壊性状、変形性状、降伏耐力および最大耐力を確認した。これらの力学的資料より、様々な荷重条件に対応可能な重ね梁部材が設計可能になると考えている。

### 6. 構法改良提案

#### 6.1 木質資源循環フロー調査から

フロー調査、構造実験から現在の等断面構法の改良すべき点がいくつか明らかになった。以下にフロー調査、構造実験それぞれを踏まえた構法の改良提案・方針をまとめる。

まず、フロー調査から、開発時に想定した「4m 程度の 120 mm 角材 2 本で 120×240 mm 角材をつくる (2 層重ね梁)」のでは等断面構法の費用面での効果が小さいことが分かった。加えて 120×240 mm 程度の平角材は見込み生産・乾燥されており、リードタイム短縮等の効果も薄い。そこで、より大断面、あるいは長尺材への重ね梁への展開が考えられる。コスト比較では 120×360 mm の断面についても検討し、その結果を受けて構造実験も行

ったが、さらに長さや幅についても、より大きい断面寸法や長さの重ね梁への適用が考えられる。具体的には、今後間伐材がより大径化した場合や公共施設等での利用に備えて 150 mm 角材への適用や、断面寸法の変化よりも価格差が大きい長尺材への利用なども考えられる。これらについても今後、検討が必要である。また、製材所から要望のあった木材を余さず使い切るといった面から正角材のみで構成せず、側材も有効利用できる重ね梁なども今後の改良の方向性として考えられる。

また、木質資源循環フローのように多くの主体からなるフローに対して何らかの課題を認識し、その解決に向けた開発を行う場合、フローの他の段階によって開発当初に意図した課題が解決され、技術開発の意味が薄れる可能性がある。木質資源循環フローを取り巻く状況は、間伐材の大径化、製材・乾燥技術の進歩、公共施設等への木材利用対象の変化等、常に変化を続けている。同時に、森林の維持状況や、加工施設の規模や政策など、地域毎に条件は大きく異なると考えられる。こうした条件の変化や多様性をどの程度考慮するかも木質資源循環フローに対して開発を行う際の課題と言える。

#### 6.2 構造実験から

重ね梁では撓み角が問題となるため、曲げ剛性の確保重要な課題となることが今回の実験からも再確認できた。本研究で重ね梁の構造性能を把握するために実施した曲げ試験では、ウッドアンカーとせん断金物を同数配置している。しかし、剛性向上のためにはせん断金物のみの使用数を増加させる必要があるが、金物数の増加は重ね梁のコストアップにつながる。せん断金物の個数と金物寸法、さらにコストとの関係から最適な金物数を今後検討する必要がある。

#### 7. まとめ

本研究では、国産材の利用促進・循環利用を意図して、柱・梁などの主たる構造部に等断面製材のみを用いた等断面構法を提案し、その効果を木質資源循環フロー調査、構造実験の両面から検証した。

木質資源循環フロー調査では、兵庫県丹波・篠山地域を主たる対象としてフロー各段階 20 主体程度に聞き取り調査を行い、等断面構法に見込んだ効果を検証すると同時に、近年、各主体が地域材利用についてどのような課題を抱え、どのような取り組みを行っているかを明らかにした。構造実験では実大曲げ試験を行い、破壊性状等を確認した。

調査を行った結果、フロー調査からはさらに断面の大きな重ね梁構法への適用など、また、構造実験からはせん断金物の効果的な使用法を検討する必要があるといった改良の方向性が明らかになった。

## <注>

- 1) 「平成 20 年木材統計」(農林水産省、2009 年 5 月)によると、2008 年の製材出荷量に占める人工乾燥材の比率は 21.6%であり、2004 年の 15.5%から 6%程度増加している。
- 2) 兵庫県では現在 60 年生未満の間伐に対して国 68%、県 32%の補助金がある。
- 3) 兵庫県の 2007 年度の間伐材利用量 158226 m<sup>3</sup>、間伐実施面積 8217ha から、平均 19.3 m<sup>3</sup>/ha しか利用されていない。これに対し、例えば森林蓄積が最も多い 9 齢級(40~45 年生)では 40225ha に対し、13450000 m<sup>3</sup>の森林蓄積があることから、平均 335 m<sup>3</sup>/ha の森林蓄積がある(「平成 20 年度林業の振興と森林の保全」、兵庫県農政環境部農林水産局)。
- 4) 「平成 20 年度林業の振興と森林の保全」(兵庫県農政環境部農林水産局)のデータを元に作成
- 5) 用いたデータは、丹波市(2005 年度、丹波市森林・林業振興基本計画、丹波市)、兵庫県(2007 年度、平成 20 年度林業の振興と森林の保全、兵庫県農政環境部農林水産局)、全国(2006 年度、森林資源現況調査、林野庁計画課)である
- 6) 財団法人日本合板検査会による。2009 年 12 月 1 日現在
- 7) 例えば、集成材工場 0 社が製造する県産スギ集成材は強度等級 E95F315(同一等級)であるが、これに対し、出荷量の 4 割程度を占める欧州アカマツは強度等級 E135F405(同一等級)である。
- 8) 「公共施設等木造・木質化 50%作戦」、すべての木質化施設で木質化率 50%以上、県施設では木質化率 60%以上、また、全ての木質化施設の木質化率平均値 75%以上を目標としている。尚、2008 年の達成率は前者が 70%の施設(40 件中 28 件)で達成し、後者は 87%となっている。

渡辺 一史   国土館大学大学生  
遠藤 航太   国土館大学大学生  
浦西 幸子   東京大学大学生

## <参考文献>

- 1) 秋田典子, 他: 秋田県における木質系建材のマテリアルフローの実態と再資源化の取り組みに関する環境評価, 日本建築学会技術報告集, 第 14 巻, 第 27 号, pp.37~42, 日本建築学会, 2008.6
- 2) 早川慶朗, 他: 木造住宅の設計と木材調達のスケジュールに関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 73 巻, 第 632 号, pp.2173~pp.2179, 日本建築学会 2008.10
- 3) 田中亜希, 角田誠: 地域材活用を目的とした木造住宅の生産供給実態に関する調査研究, 日本建築学会学術講演梗概集(関東), E-1 分冊, pp.701~702, 日本建築学会, 2006.9
- 4) 平嶋義彦, 他: 正角材を用いた接着重ね梁の曲げ性能, 木材工業, 第 43 巻, 第 491 号, pp.14~19, 日本木材加工技術協会, 1988.2
- 5) 吉田孝久, 他: カラマツ接着重ね梁の製造と曲げ強度性能, 木材工業, 第 60 巻, 第 695 号, pp.65~69, 日本木材加工技術協会, 2005.2
- 6) 今井克彦, 他: 重ね梁接合部のせん断耐力に関する研究(ジベルの押し抜き試験)-その 1 重ね梁の製作-, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), C-1 分冊

## <研究協力者>

角倉 英明   国土技術政策総合研究所研究官  
川鍋 亜依子   秋田県立大学准教授  
田中 裕子   東京大学大学院修士課程  
木本 誠也   国土館大学大学生