

積雪寒冷地の木造住宅を考える

- 当社における在来構法の改良 -

米 田 昌 世

1. はじめに

北海道は本州に比べて夏は涼しく快適ですが、冬は寒さが厳しく雪も多く、しかもその期間が長いという気候的な特質を持っています。住宅の防寒対策として、昭和40年頃までは、大量の燃料を消費する暖房のみに頼っていましたが、その後グラスウール（以下GWと略す）等の比較的安価な断熱材が普及し、これらを用いて寒さに耐える木造住宅が建てられるようになりました。断熱材の厚さは、壁を例にとると、当初の25～50mmから100mmの時代を経て、現在では150～200mm（GW換算）に移行しつつあります。しかし、道内の木造住宅の主流を占める在来構法は、もともと温暖多湿な本州の気候風土に適した開放型の構法であり、この構法をそのままに断熱材をいくら厚くしても、断熱効果に限界のあることが徐々に明らかにされてきました。また、気密化、断熱化に対する正しい知識なしに施工をすると、壁内に水分（湿気）がこもり、木材を腐れやすくし住宅の耐久性を損うなど問題を生じています。

一方、北海道よりも寒さの厳しい米国北部、カナダ、北欧等の北方圏諸国の住宅は、いわゆる枠組壁工法で建てられています。この工法は、壁よりも先に床（プラットフォーム）を作るため、建物の気密化が図りやすく、また壁に筋違が無く断熱施工が確実に行えるなどの利点があり、道内でも着工数は年々増えています。ただし、この建物では、主として北米材等の輸入材が使われているので、道産材の需要にはあまりつながっていないのが現状です。

そこで当社では、道産の針葉樹製材が部材の大

半を占める在来の軸組構法についても、構法の改良によって耐久性や気密性、断熱性など諸性能の向上を図ることが可能であるとの観点から、様々な研究を進めてきました。

ここでは、これらの研究の中から、住宅部材の改良や施工法の合理化などを中心に、その概要を紹介します。

2. 住宅部材の改良

(1) 床組

北海道の住宅の特徴として、居間を大きく取る傾向があります。また、最近に住む人のライフサイクルに合わせて、間仕切りを自由に変えることが出来る構造の住宅が志向されています。いずれの場合も、床組には剛性の高い、長尺の梁が必要とされます。

かつて優良大径材が容易に入手できた頃は、大断面の木材で長いスパンを架け渡していましたが、大径材が得難くなるに従って木材に替わるものとして鋼製の梁が住宅にも利用されるようになってきました。しかし、鋼製梁は重い、桁など木材との取り合いが悪い、また断熱を必要とする寒地住宅において鋼材は熱的に弱点となり、結露を生ずるなど、いくつかの点で問題となっています。そこで、これまでの木製や鋼製梁に替わるものとして、今後の木材資源の質的变化にも対応できる新しい木質複合梁の研究を行っています。以下、代表的な例を示します。

集成材の梁

構造用集成材の断面設計法、製造法などに関して広範に試験を行っています¹⁾。カラマツにつ

いても、有効利用を目的に幅100mm、厚さ140mm（厚さ20mmのラミナ7層）の集成梁を製造し、曲げ性能を明らかにするとともに、適正なラミナの組み合わせ方法などを提案しました²⁾。

これらの成果が生かされ、現在では構造用大断面集成材の基準が制定されるに至っています。

トラス梁（写真1）

部材に断面40mm×90mmのスギ間伐材を用い、厚さ9mmの構造用合板をガセット板とし、釘打ち接合して組立てた平行弦トラスを、実際の建物（作業棟）に使用しました。スパンは5.4mです。トラスの施工にあたっては、梁せいが490mmとやや高いことから、転び止めを入れて横倒れを防ぎましたが、特に問題となるようなことはありませんでした。なお、間伐材を使っているため、従来のものより安いコストで建てることができました。

ラチス梁（写真2）

カラマツを用いたラチス梁の開発³⁾を進めてき

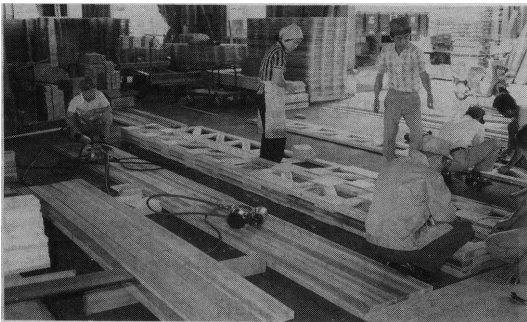


写真1 トラス梁の製造

ましたが、ここでは、乾燥材を接着接合した梁の製造と曲げ性能について述べます。

上下弦材は、節などの欠点を除いた短尺材をミニフィンガージョイントで縦継ぎし、断面16mm×50mmに仕上げた材をレゾルシノール樹脂接着剤で3層に積層しました。腹材（斜材：ラチス）は両端に深さ3mmの弦材受け用の欠き込み加工を施した単一の短尺材です。この腹材の両側に弦材を配して、両者の接点接合部はクランプを用い接着剤により圧縮接着しています。スパン5.8mの梁の曲げ試験を行い、強さを実験的に確かめるとともに、解析手法の妥当性について検討を加えました⁴⁾。

これらの成果を生かしたスパン12mのラチス梁は、昭和59年に小樽で開催された博覧会のサブテーマ館に使用されました⁵⁾。

簡易重ね梁（写真3）

角材など比較的断面の大きな材を何本か重ねて長いスパンに対応出来る梁を作ることは古くから行われていますが、ここでは、従来のボルトによる接合に替わる新しい接合金物の利用を目的に研究を進めています。

これまでの試験結果から、コーチスクリューおよびドリフトピンはボルトに比較し、先孔の径が小さくて良いため、ガタの無い接合部が形成でき加工、組立ても容易であるなど、簡易でかつ高剛性な重ね梁の実現性が期待されます⁶⁾。現在、接合金物の適正な配置に関して更に試験を進めています。

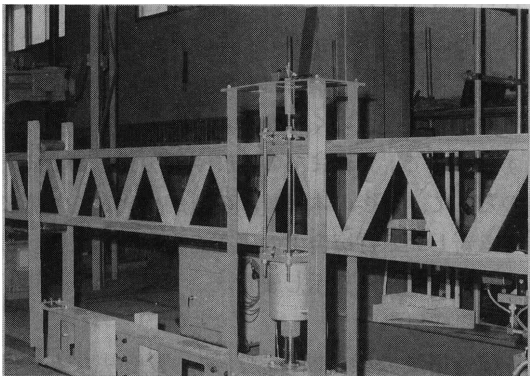


写真2 ラチス梁

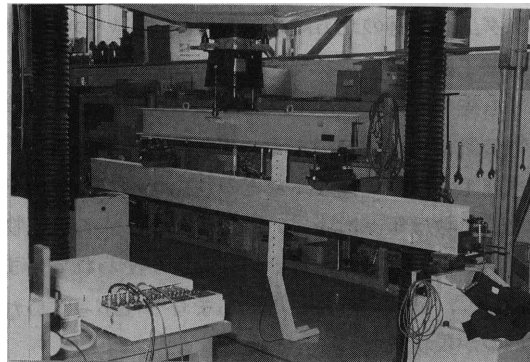


写真3 簡易重ね梁の曲げ試験

次に、在来軸組構法の弱点である床組の剛性の低さをカバーするための試験について述べます。

住宅の耐震、耐風性能を向上させるためには、壁を強化するだけではなく、床や屋根の水平剛性を高めなければなりません。そこで、特に弱いとされている2階の床構面を、プレハブ住宅や枠組壁工法住宅における床組のように、合板等の面材で床根太、床梁又は胴差し等に釘で直ばりする工法を試みることにしました。

具体的には、断熱作業を含め現場施工の合理化を考慮して、床組をパネル化することにし、パネル単体および複数のパネルを組み合わせた床組について強度試験を実施しています。この結果、水平荷重に対して剛性が確保され（ダイヤフラム構造）、従来の火打ち梁を省略することが可能との見通しを得ました。

(2) 軸組

高断熱住宅の壁の厚さを確保することと、間伐材を含む中小径材の有効利用を目的に組立て柱の開発を行いました。この柱が積雪荷重に対して十分に安全であることを、長柱座屈試験によって確認するとともに、理論的設計手法についても検討を加えました⁷⁾。また、筋かいと組み合わせた壁体の水平せん断試験を実施し、ソリッドの柱を用いた在来軸組構法と同等の耐力があることを明らかにしました⁸⁾。

(3) 小屋組

在来の軸組構法住宅の小屋組構造は、図1(a)に示す和小屋と呼ばれ、屋根からの荷重が加わると、合掌と束材には圧縮、小屋梁には曲げの力が働きます。したがって、小屋梁には大きな断面の材が必要となります。一方、トラス（洋小屋）構造では、同図(b)のように上弦材と斜材には圧縮、下弦材と束材には引張力が働き、部材に曲げの力は働きません。このため、下弦材は小さな断面の材ですみます。

このようにトラスの特徴は、小断面の材が使える、しかも全体の耐力および剛性が計算でかなり正確に予測出来ることです。また、現場での取り付けが簡単で施工時間を大幅に短縮することも可

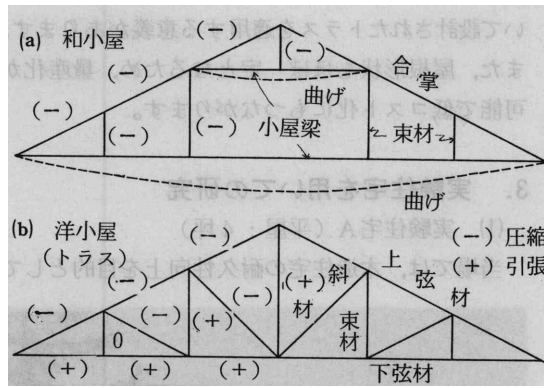


図1 和小屋と洋小屋（トラス）との比較



写真4 緩いこう配の片流れ屋根トラス



写真5 無落雪型の屋根トラスを用いた住宅
能です。

当場では、トラスの設計・製造に関する一連の試験^{9)~11)}を通して、その実用化を進めてきましたが、ここでは現在道内で広く普及している無落雪タイプの屋根を対象とした研究例を紹介します。屋根の形は、M形又は緩いこう配の片流れ（写真4、5）で、屋根の雪を長期間にわたり支えるため、小屋組の負担は大きく、強度的に信頼出来る構造が必要とされます。ここに、構造計算に基づ

いて設計されたトラスを適用する意義があります。また、屋根形状もほぼ一定となるため、量産化が可能で低コスト化にもつながります。

3. 実験住宅を用いての研究

(1) 実験住宅A（平屋：4坪）

当場では、木造住宅の耐久性向上を目的として

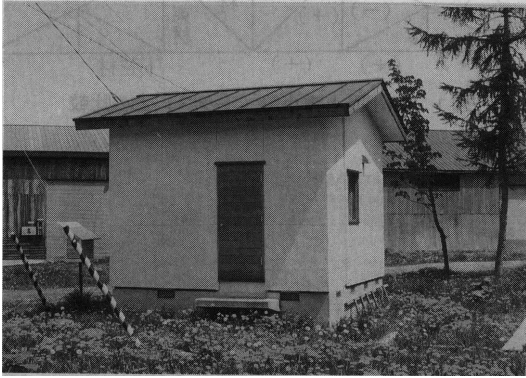


写真6 実験住宅A（4坪）の外観

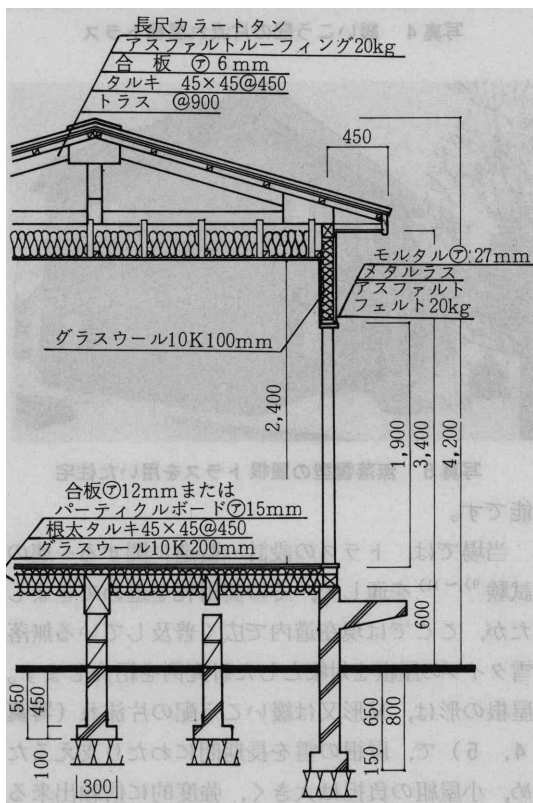


図2 実験住宅Aの矩計図

各種木材の処理法の研究や、被害を受けた住宅の実態調査を行っていますが、被害例をみると種々の条件が重なり、原因を特定することが不可能な場合が多くあります。

そこで、より普遍的なデータを得るために、室内の温湿度を任意に設定できる小規模な実験住宅を建て、任意の条件下で断熱性能や結露に関して研究を行うことにしました。床面積は間口3.6m×奥行3.6m=12.96m²（4坪）で、柱、土台、桁などにカラマツ10.5cm正角を用いた在来構法の住宅です。外観は写真6に、矩計図を図2に示しました。この建物では主に、床下環境の改善を目的に、換気口の適正な設置方法を検討するとともに、ポリエチレンフィルムなどによる防湿施工の効果調べました¹²⁾。また、外壁通気層が壁内の湿度を低下させ結露の防止に有効であり、木材ひいては住宅の耐久性向上に有効であることを明らかにしました¹³⁾。

(2) 実験住宅B（平屋：6坪）

床面積は3.64m×5.46m=19.86m²（6坪）で、屋根の形はこう配のゆるい片流れです（写真7、図3）。

壁は、これからの高気密、高断熱住宅を想定して厚さを200mmとし、柱には図4に示す2種類の組立柱（飼木式および添え板式すかし柱）を用いました。このほかに、林産試型のカラマツLVLを大引きおよび間柱に、カラマツ中小径材による屋根トラスを小屋組に、カラマツセメントボードを外壁の一部に使用しました。

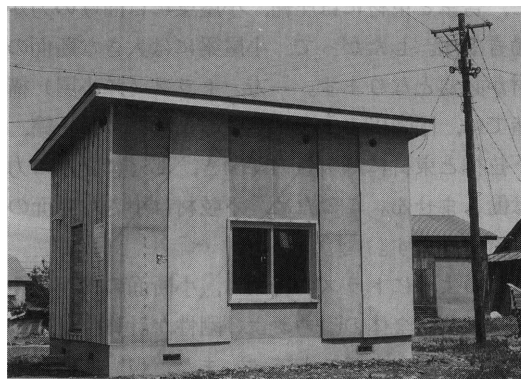


写真7 実験住宅B（6坪）の外観

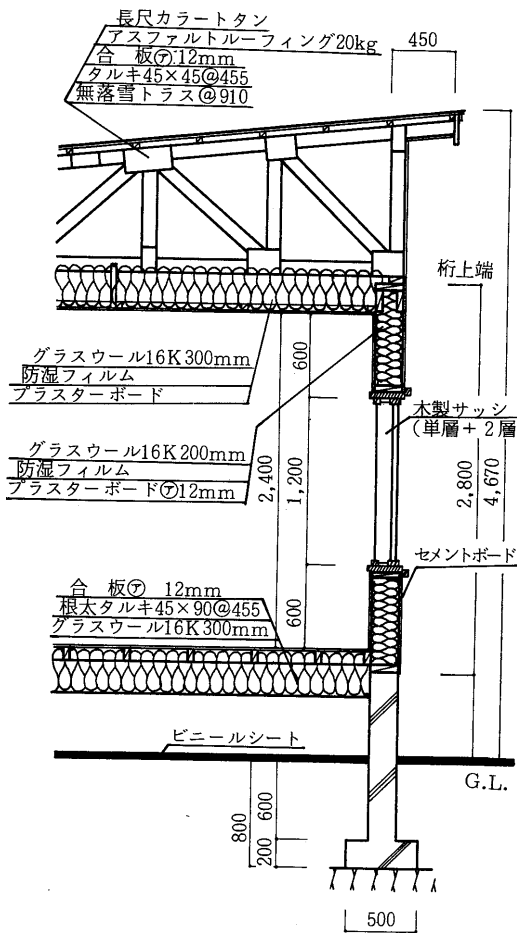


図3 実験住宅 Bの縦計図

断熱材はGW16kg/m³を用い、壁に200mm、床、天井には300mmを施工しました。この結果、例えば壁の設計熱貫流率*は0.18kcal/m²hとなり、在来構法で建てた実験住宅A(壁に10kg/m³のGW100mm)の場合の0.40kcal/m²hに比べて大幅に性能が向上しています。また、通気層の設置が、壁内湿度の低下を図る上できわめて有効であることを再確認しました¹³⁾。

この実験住宅に使用した当场開発製品の施工性並びに経時変化の調査結果の概要は以下のとおりです。

* 断熱性能を示す数値。温度差1℃で1m²の面積を1時間当たりに通過する熱量で表わす。数値の小さい程熱の損失が少なく、断熱性能が良い。

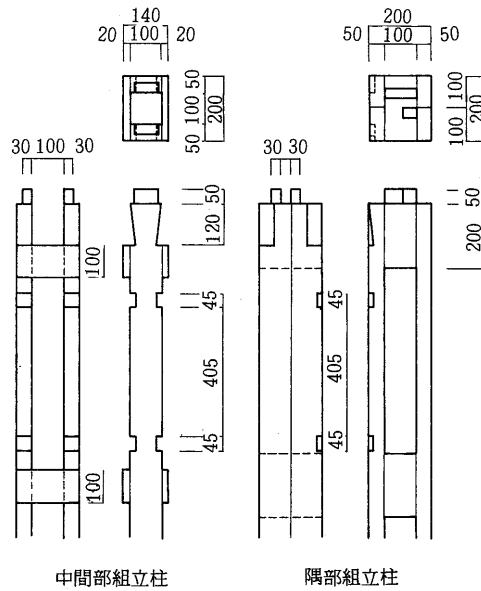


図4 カラマツ組立柱

組立柱については、軽量で大断面の柱が得られる利点がありますが、胴ぶち、筋違等の位置を考慮して飼木や添え板を入れておかなければ現場施工時に手間取ることになります。長所を生かすには、筋違の替わりに構造用合板等を面材として張る工法や、工場でパネル化して組立てる場合の部材として利用するのが良いのではないかと考えられます。

カラマツLVLは、材端部の切り込みに際して、一部接着層から欠けたものもありましたが、全般的に作業性は良く、梁せいの大きい材や幅広材の要求に応える部材として期待されます。

セメントボード(厚さ12mm)の施工性に関しては、使用したボード1枚の寸法が910mm×1800mmと大きいこともあり、取り扱いにやや難がりましたが、釘打ちは比較的容易で、使用後の観察結果からも収縮、変形には問題となるような変化は生じていません。

(3) 実験住宅C(2階建て, 12坪)

当场では、部材および施工の標準化、合理化を図り性能の良い木造住宅を作るため、人工乾燥材の使用、プレカット継手・仕口の採用などを前提に研究を進めています。

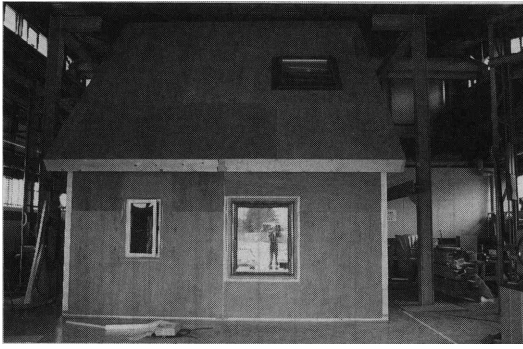


写真 8 実験住宅 C (12坪)の外觀

実験住宅は、工法に関する試験のほか、気密性、断熱性、遮音性や床の振動特性を調べたり、内装材の施工に関する試験を行うため、これらの実験がしやすいように当場の大型実験棟の中に建てました。大きさは、間口 5.4m (3間) × 奥行 7.2m (4間) で小屋裏利用の一部 2 階建てになっています (写真 8)。

住宅の構造は基本的には軸組構法とし、工場で生産した床、壁、屋根パネル (面材には構造用合板) を現場ではめ込んでいく方式です。気密、断熱の目標としては、枠組壁工法の柱に 2 × 6 材を使用した住宅に相当する性能を期待しています。

各種試験は現在継続中ですが、施工や性能試験の一部についての詳しい内容は、それぞれ本号の 7 頁、11 頁以降に述べられていますので参照して下さい。

4. おわりに

これまでの研究結果から、住宅内側での気密、防湿化と、外に向かった開放化によって、木材ひいては住宅の耐久性を向上させることが分かりました。施工の合理化についても、部材の改良を含めて、いくつかの新しい試みを行い、その成果を明らかにしてきました。

これからの木造住宅は、北国の生活にマッチしたゆとりのある空間をいかに作るかが設計のポイントになるものと考えます。それには地下空間の有効利用や、木造 3 階建てについても取り組むことが必要になってきます。また内部の間仕切りを容易に変えることが可能なシステム (フリースパン構法) の開発も、今後の課題になります。

木材需要の一層の拡大を図るには、防耐火性能の向上など、さらに軸組構法の改良を進める必要があるものと思います。

参考文献

- 1) 倉田久敬：林産試研報 No.70 (1981)
- 2) 伊藤勝彦，宮野博：林産試月報，200，9月号 (1968)
- 3) 小松幸平：林産試研報 No.70 (1981)
- 4) 前田典昭ほか 3 名：林産試月報，413，6月号 (1986)
- 5) 小松幸平ほか 5 名：日本木材学会北海道支部講演集，No.16 (1984)
- 6) 道立寒地建築研究所，道立林産試験場：「地下空間に関する研究」共同研究報告書 (1989)
- 7) 工藤 修：林産試場報，Vol. 1，No.1 (1987)
- 8) 工藤 修：林産試月報，412，5月号 (1986)
- 9) 伊藤勝彦ほか 3 名：林産試月報，319，8月号 (1978)
- 10) 米田昌世ほか 2 名：林産試だより，12月号 (1984)
- 11) 堀江秀夫，長谷川雅浩：林産試研報 No.75 (1985)
- 12) 土居修一ほか 3 名：林産試月報，385，2月号 (1984)
- 13) 石村和正，土居修一：日本木材学会北海道支部講演集，No.17 (1985)

(林産試験場 経営科)