

北海道型木造住宅を探るために

～最近の「木造軸組構法に関する研究」の動向～

古 屋 剛

はじめに

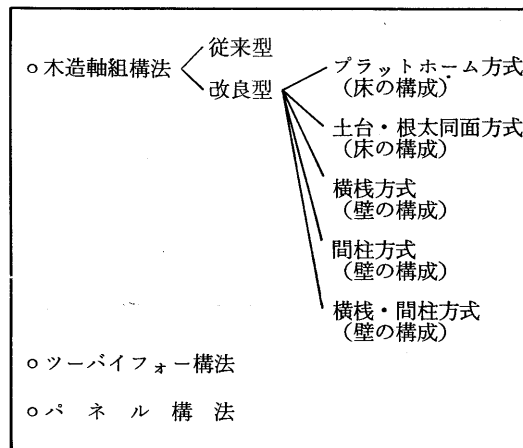
我が国における木造住宅の歴史は古く、地域の自然や文化にあわせ、その社会で継承されてきた技術をもとに木造軸組構法が伝統的構法として定着しています。しかし、北海道の住宅構法は他地域とはかなり異なっています。それは、北海道の歴史の浅さが木造住宅に対する各種の試みを促し、同時に北海道の厳しい環境が、我が国（本州）の伝統的な住宅構法の単なる移植を許さなかったということだと思います。その1つとして、壁の構造が真壁から大壁に変わったことが挙げられます。特にこの数年来、北海道の住宅構法は生活様式の近代化に伴い急速な変化を遂げており、更に近年の省エネルギームードも、それに拍車をかけています。その結果、防寒上からメリットの大きいツーバイフォー構法や、工場生産により品質が安定した木質系パネル構法などが増えています。なかでも、北米材使用を前提としたツーバイフォー構法は順調に伸びており、住宅着工数の急激な増加が望めない現在では木造軸組構法を圧迫しています。国内最大の木材産地北海道でも、木造軸組構法による住宅着工数の減少が、木材業界の発展を妨げる要因の1つとなっています。

住宅構法の変化は、木材業界にもこの様に大きな影響を及ぼすので、木材業界の今後の発展を期するためには、地域に適した木造軸組構法の改良に関する研究が必要です。このような時に、在来構法のシェア回復につながる改良型についての下記の研究報告が日本建築学会北海道支部から出されました。

「高断熱・高气密化を目的とした木造改良軸組構法について」

日本建築学会北海道支部 材料施工委員会
木造在来構法の改良に関する研究小委員会
(主査・室蘭工業大学 鎌田紀彦)
1985年6月

ここでは、報告書の中から主として断熱施工について解説します。改良型はいずれも気密性の向上をめざしており、次のように5種類に分類することができます。床の構成については2種類、壁の構成については3種類の改良型を提案しています。



1. 断熱施工の現状

快適な室内温度環境の要素として、
温度むら

ふく射環境

空気の流れ

の3つを挙げることができます。つまり、
は、室内の上下温度差、場所による温度差は
快適性を損なう。

は、内壁材の表面温度が低いと、室温の割に
寒く感じる。

は、室内での空気の流れはある程度小さい方
がよい。

ということです。このことから、特に寒冷地北海道では、気密・断熱性能が住宅の性能において重要な位置を占めることが分かります。

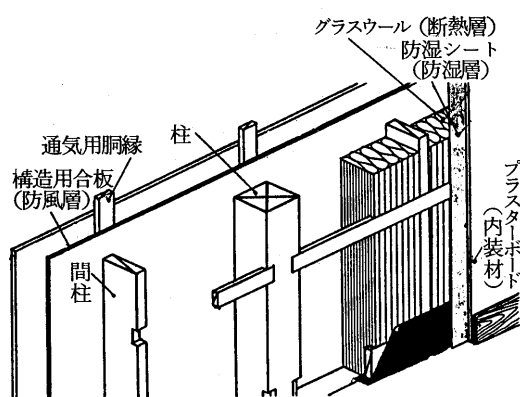


図1 断熱施工した外壁構成の例

木造軸組構法において断熱施工の基本を忠実に守った外壁構成の例を図1に示します。グラスウール(断熱層)の室内側に防湿シート(防湿層)を設け、断熱層に室内の水蒸気が漏れないようにします。水蒸気は、室内と屋外とでわずかな気圧の差が生じて壁内を通り抜けてしまうからです。しかし、コンセントボックスや施工ミスにより防湿シートには穴があくので完璧な防湿は困難ですから、断熱層の外側に通気層を設け、断熱層に漏れてしまった水蒸気を通気層をとおして外へ排出します。通気層内の冷風の流れが速くなり過ぎると、表面からどんどん断熱層内部の熱が奪われてしまい断熱性能の低下を来すことがあります。そのため、水蒸気を通しやすく、通気層内の速い冷風に対する防風効果のある材料で、通気層と断

熱層の間に防風層(構造用合板やシート状のもの)を形成しなければなりません。これらは断熱施工に不可欠のもので、丁寧に正しい施工が行われないと、本来の断熱性能の半分も発揮できないことや壁内結露が起こることもあります。

全道の工務店に対するアンケート調査結果によると、断熱施工の現状は次のとおりです。

断熱材の種類

床・壁はグラスウール使用が大部分を占め、厚さはほとんどが柱厚さと同じ100mmで、密度は16~24kg/m³です。グラスウール単独だけというのは50%程と意外と少なく、あとはアスファルトクラフト紙張り・ポリエチレン張り等の二次加工グラスウールを使用したり、ボード状の断熱材と併用しています。これからは、“普通のグラスウール100mmの水準プラス”の時代と思われます。天井は凹凸が多く狭いため施工が困難であることから、ブローイング工法が約半数を占めています。

結露対策

壁内結露防止の基本は、室内側に防湿層(ポリエチレンシート等)の施工、外側に通気層の施工をすることです。防湿層は、床・壁・天井とも10年以上前から普及していますが、まちがった解釈から断熱材の外壁側に防湿層を設けているところもみられます。通気層は、大手のホームビルダーが積極的に導入したことから6年程前から急激に普及しはじめ、普及率は50%を超えています。通気層の厚さは、胴縁の厚さの18mmが主流です。

耐力壁の構成

壁の断熱施工には横棧方式(従来の間柱と胴縁の配置を逆にした方式・図2)が、ずり落ちてこない点からグラスウールの支持に適していますが、使用率は8%でした。筋違いについては、柱三ッ割(幅90~120mm、厚さ30~36mm)のものが多く、最近では柱二ッ割(幅105mm、厚さ40~45mm)のものもかなりみられます。厚い筋違いをを使うことにより、水平方向の力(風や地震)に対する強度は大きくなります。一方、構造用合板による耐力壁は筋違いと比べて施工性も良く、地震による左右の揺れにも強いのですが使用率は低く25%程度です。

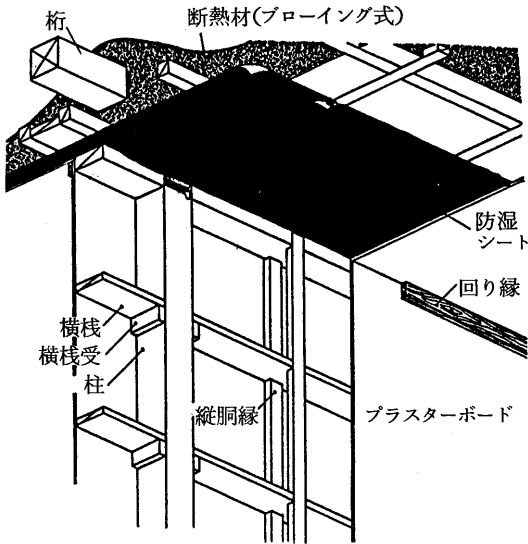


図2 横棧方式

これに対しシーリングボードの使用率はかなり高く、これは、シーリングボードが構造用合板に比べて安く、防風層としてもすぐれているからです。

2. 木造軸組構法の改良点

木造住宅が、十分な断熱性能を発揮するためにはどのように改良すべきか、そのために気密化をどう図るべきかについて、材料施工委員会で検討した結果を以下に紹介します。

従来型住宅の断熱施工の欠陥を3点に集約すると、

間仕切壁内部と床下・天井裏との連結

1階小屋裏と2階床下との連結

外壁の断熱層と床下・天井裏との連結

となり、これらの欠陥に

より間仕切壁内および外壁断熱層内で冷気流が発生します(図3)。これらの欠陥がないと仮定した住宅の、灯油消費量の推定と実際の消費量を比較すると、ツーバイフォー構法住宅では上記3点の欠陥がないため、計算した灯油消費量と実際が一致しますが、従来型住宅では3点の欠陥のために実消費量が推定消費量を上回っています。従来型住宅の改良にあたっては上記3点の欠陥を改良し、断熱材の能力を100%発揮できるようにすることが第一です。つまり、断熱材をむやみに多く施工したり、窓の断熱性能をあげたりしただけでは大きな効果は期待できません。ツーバイフォー構法のような気密性を高くし壁内気流を止めることこそ、住宅の熱損失を抑える上では最も効果が大きいことが分かります。

気密性能を上げると、室内で発生した水蒸気の逃げ場がなくなり、非暖房室や窓面での表面結露が発生します。結露しやすい冷域をつくらないようにするためには全室暖房が必要です。その時の灯油消費量は、気密化のメリットが生かされてい

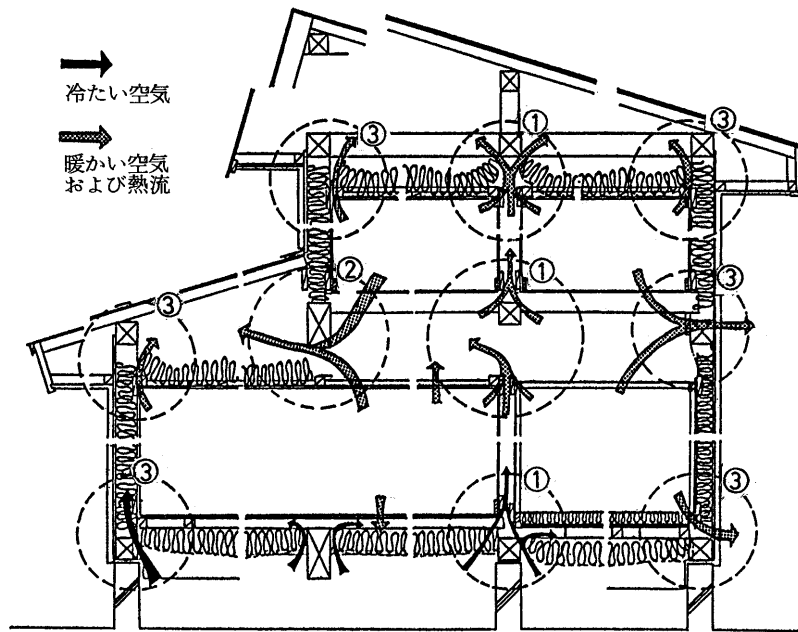


図3 従来型住宅における断熱施工の欠陥箇所

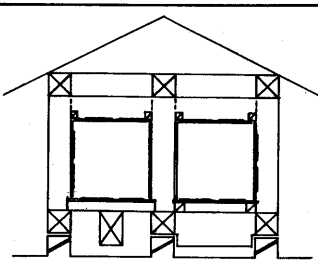
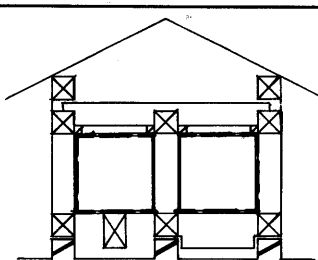
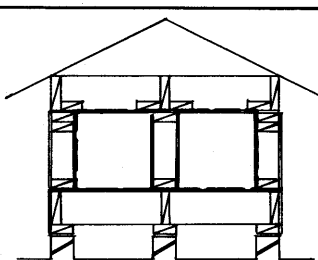
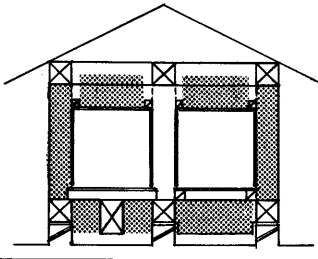
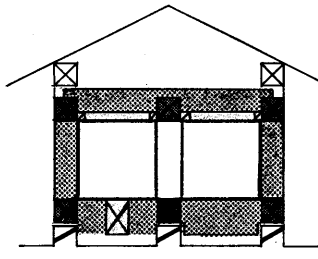
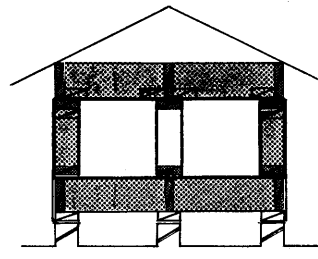
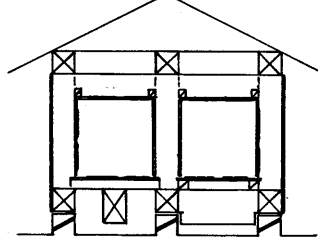
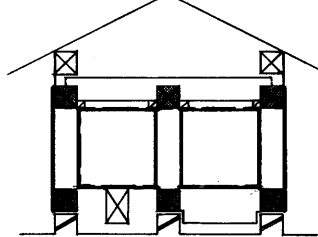
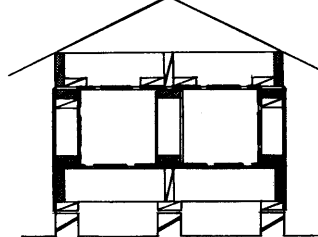
	従来型	改良型	ツーバイフォー構法
防湿層			
断熱層			
気密化した部位			

図4 気密化の方法

るため増大することはありません。また、壁内気流を止めることにより壁の表面温度を一定に保つことができ、快適な室内温度環境の要素である「温度むら」「ふく射環境」「空気の流れ」を満足させます。気密化に重点を置いて改良を行うことにより、従来型住宅でも必要な断熱性能を確保することができます。

従来型、改良型、ツーバイフォー構法における気密化¹の方法は図4のようになっています。

防湿層

壁内結露を防ぐため、室内の水蒸気が断熱層に漏れないようにするのが防湿層です。防湿層には、

水蒸気を通しにくく、施工しやすく、内装材に影響を及ぼさないポリエチレンフィルム・アルミ箔などが用いられます。北海道のように室内外の温度差および水蒸気量の差が非常に大きい地域では、特に壁内結露に注意しなければなりません。いったん壁内結露が発生すると、断熱材の性能が著しく低下し、更に結露の被害は広がります。最後には、断熱材はべちゃべちゃになって役にたたなくなり、最悪の場合にはその回りの木材も腐り始め、建物全体の断熱性と構造強度が低下することもあります。防湿層の丁寧な施工によりこのような被害から住宅を守ることは可能です。本来このような目的のために設けられた防湿層は住宅の気密化にも役立ちます。ツーバイフォー構法では、ある程度防湿層で室内を包みこむのでかなり気密化す

1 外気が室内・断熱層および間仕切壁内に侵入するのを防ぐことを目的とする。

ることができます。しかし、従来型、改良型の場合は床・天井の防湿層が間仕切壁によって切られ不連続になるなど、完全な気密化というには限界があります。

断熱層

断熱層内の気流を防ぐこと、つまり断熱層の気密化は、改良型ではツーバイフォー構法と同程度まで達成可能です。従来型に比べ改良型における断熱層は床・壁・天井それぞれが、木枠で取り合い部が仕切られ独立して納まっています。また、木材の収縮により発生する床と壁、壁と天井の接合部の透き間を防ぐには、テープ・パッキン・シール等を用います。このようにすれば、ほぼ完全に断熱層内の気流の発生を防ぐことができます。

防風層

室内から断熱層に水蒸気が漏れると、室内と屋外の温度差のため断熱層で結露しやすくなります。漏れた水蒸気を屋外へ放出するのが通気層です。通気層には絶えず湿度の低い冷風が流れ、断熱層の水蒸気は通気層の冷風中に拡散し、冷風と共に小屋裏などから排出されます。通気層の効果をよく表しているのが図5です。ア)は、通気層がある場

合の基本的な外壁の構成を示しています。水蒸気が断熱層に漏れたとき、通気層があれば水蒸気を容易に屋外へ排出することができます。このような外壁における露点温度分布と空気温度分布を並記したのがイ)です。漏れた水蒸気は通気層を通り屋外に放出されるので、断熱層内の水蒸気量が少なく、したがって露点温度もそれだけ低くなっています。二つの温度分布は交わることなく、常に空気の温度が露点温度を上回っており結露が発生しません。通気層がない外壁では、これらの温度分布はウ)のように断熱層と外壁材の境界部で交わり、結露が発生してしまいます。このように防湿層が完全でないときには、通気層がある場合とない場合では結露の有無がはっきりしています。しかし、断熱層の外側に直接通気層を設けると、断熱材の中に通気層の冷風がまいてしまい、暖かい空気を押し出して断熱性能を低下させてしまいます。また、通気層にはみ出した断熱材が除湿のための冷風の流れを阻止してしまうので、防風層を通気層と断熱層の間に入れ断熱性能を落さないようにします。そのため、防風層は通気層の冷風が断熱層に侵入しないように気密化され、

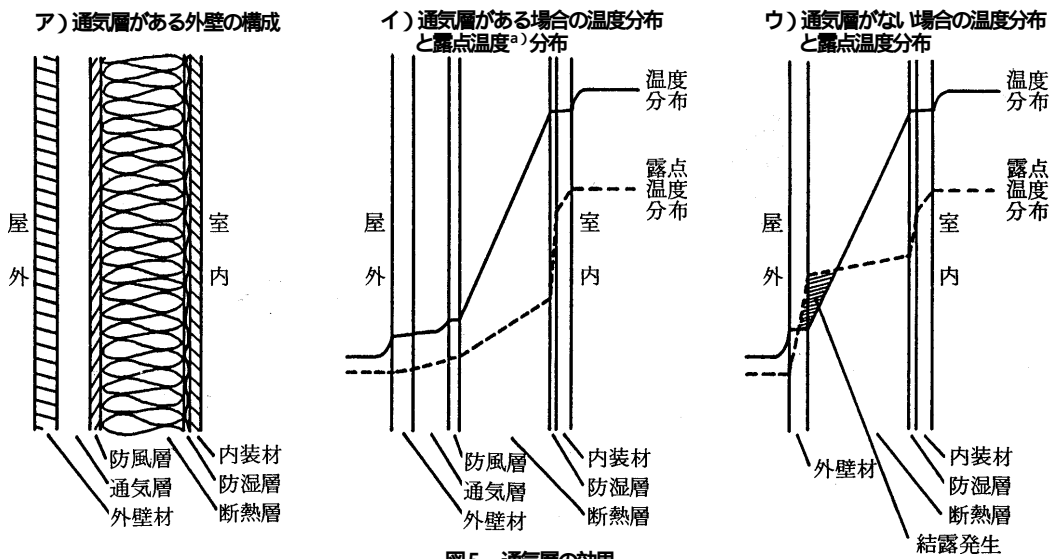


図5 通気層の効果

注 a) 温度が低くなるほど空気中に含むことのできる水蒸気量は少なくなる。したがって、今ある量の水蒸気を含んでいる空気の温度が下がっていくと、どこかの温度で結露が始まるが、この温度を露点温度という。

よく水蒸気を通す材料できている必要があります。また、直接この層が外壁にかかる風圧の何%かを受けることを考えると、防風層によって気密化がはかれることは断熱性能上大きな効果をもたらすことになります。防風層の材料としては、ボード状のものと、シート状のものが考えられます。シート状の防風層とするときは、その重ね目等から冷風が侵入したりしないよう配慮する必要があります。

3. 改良型住宅の性能

報告書では、従来型および改良型による住宅について、気密性能・温度性状・燃料消費量の測定を行い、その結果をもとに次のように述べています。

なお、改良型としてここではプラットホーム方式(図6)による住宅を取り上げます。概要は以下のとおりです。改良型は住宅の気密化をはかることをねらいとしたもので、プラットホーム方式とは柱部分を切り欠いた床合板を、柱組み立て直後に床全体に敷く方法です。床と壁、壁と天井の取り合い部で、木材の納まりによって気密化をは

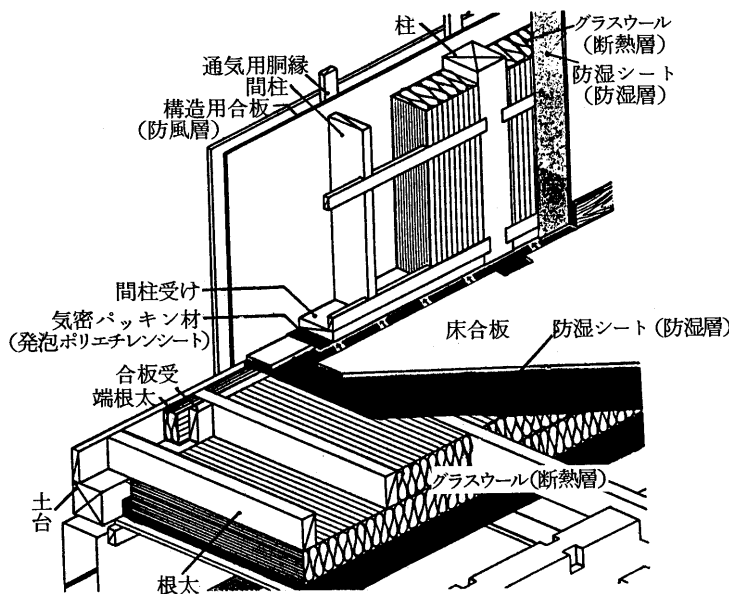
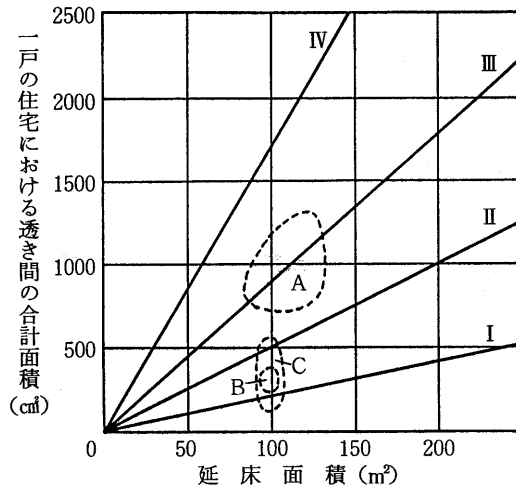


図6 プラットホーム方式

建物の気密性状のランク

- (1.8cm²/m²) : RC造, コンクリートブロック造による住宅程度
- (5.0cm²/m²) : ツーバイフォー構法の住宅程度
- (9.0cm²/m²) : 最近の従来型木造住宅程度
- (17.0cm²/m²) : 古い従来型木造住宅程度



- A : 従来型木造住宅
- B : 改良型木造住宅
- C : ツーバイフォー構法の木造住宅

図7 各種建物の気密性能調査結果

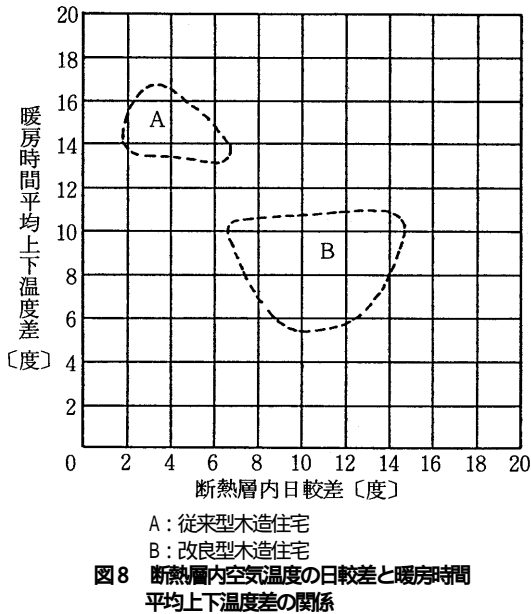
かっています。

(1) 気密性能

図7のように、明確な差となって現れています。従来型は の線に近く、改良型は に近づいています。気密性能からいえば、改良型はほぼ満足のいく結果です。 のレベルの気密性があると計画的に換気を行うことが可能です。一般には熱交換換気装置を用いて熱を逃さずに換気をします。

(2) 温度性状 (図8)

暖房室の天井付近と床付近の温度差は、従来型では15度前後、改良型では8度前後です。温度差



が大きくなる原因は一般に、低温な内装材表面からの下降気流と、透き間からの外気侵入による冷却と考えられます。このうち透き間風は、従来型でも最近の防湿シートの施工による気密化に伴い無視できるようになったので、主な原因は従来型住宅の内装材の表面温度が低いことのみとなります。床下と外壁がつながっていて床下の冷気が断熱層へ自由に流れ込めば、断熱層の温度はいつまでも低く、その結果、内装材の表面温度の低下による室内の温度むらは環境悪化の最大の原因となります。この床下、断熱層間の通気を止めることができれば、内装材の表面温度は暖房室温に近づいて高くなり、室内の温度むらをなくすることができるはずで、図8に、このことが示されています。すなわち、断熱層内の冷却度合の大きい従来型住宅では、断熱層内空気温度の日較差は小さく、そのかわりに室の上下温度差が大きくなっています。これに対して冷気の侵入が少ない改良型住宅では、断熱層内での日較差が大きく、その分だけ室の上下温度差が小さくなるという、全体として逆比例の関係が明りょうに現れています。これは、気密性能の測定結果と対応し、明らかに壁と床、壁と天井の取り合い部における気密性能が、室内

の温度むらに影響を与えていることが分かります。

(3) 灯油消費量

灯油消費量と室内外温度差の関係を調べると、年間の必要な灯油消費量の予測が可能です。一般に建物自体の灯油消費量は気密性能の高低で増減するので、従来型では改良型と比べ消費量が多くなっています。

4. 木造軸組構法の改良に関する総括

(1) 改良型の原則 (図9 - a . b)

施工が容易で、コストアップを避ける。

すべての壁と床下・天井裏との境界部を気密にふさぐ。(a, b, c, d, e, f)

間仕切壁上下端も気密にふさぐが、断熱層と取り合わない部分はこの限りでない。(g)

1階小屋裏と2階床下部の境界部は、断熱された下り壁とする。(d)

断熱層は、家全体をすっぽり包む。

断熱材としては、廉価なグラスウール・ロックウール等のフェルト状断熱材を用い、室内側に防湿層を施工することを前提とする。

防湿層の継ぎ目はすべて10cm以上重ね、ボード・木材等ではさむようにして釘止める。

断熱層厚は、床・天井 200mm、外壁 100mmをめやすとし、断熱材を透き間なく充填する。

(2) 気密性能の目標値

改良型における気密性能の目標値は、換気回数²で0.3~0.5回/h程度、これはツーバイフォー構法の住宅に相当します。この目標値は、現在の従来型を3倍ほど気密化した値であり、現時点ではこれ以上の気密化を目指すことは得策ではありません³。

(3) 構法上のポイント

- 2 建物(部屋)の容積と同量の空気が透き間をとおして1時間当たり何回入れ替わるかで、その建物(部屋)の気密の程度が分かる。回数の少ない方が気密性能は高い。
- 3 快適な室内環境は、いろいろな性能のバランスがとれていて成り立つため、1つだけ良くても快適にはならない。

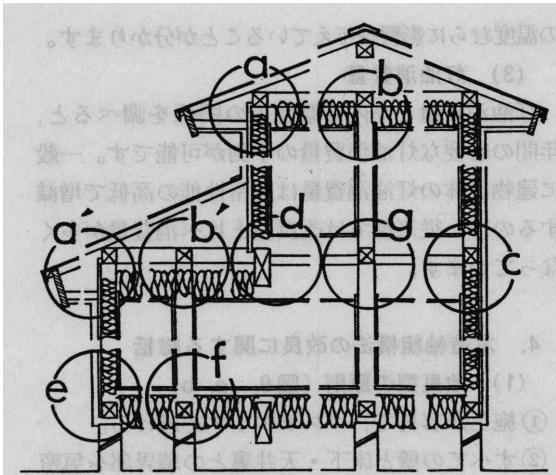


図9 - a 改良型の要点

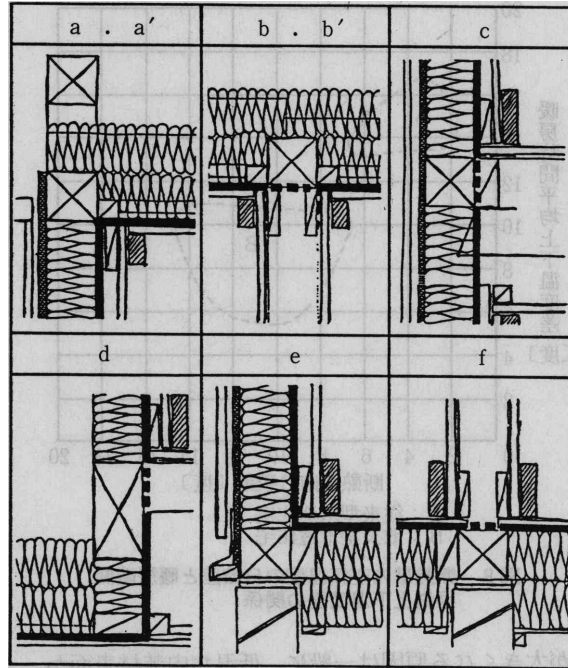


図9 - b 取り付け部における気密化のしかた



外壁の断熱層厚100mmという最低のレベルで住宅の熱的な性能を確保するために、筋違いをいわず構造用合板で耐力をとることを提案しています。グラスウール使用が、外壁の断熱材の9割を占めている現状では、筋違いがあると丁寧な施工がしづらく透き間ができるからです。構造用合板を使えば、構造性能をさらに強化することもできます(写真)。

床をツーバイフォー構法のようにプラットホーム化することも提案しています。床下から断熱層内への冷気を遮断することができ、断熱性能の向上がはかれるからです。

断熱材の性能をみると、外壁の断熱材をロックウール・高密度グラスウール・細繊維グラスウール等に換えることにより、“普通のグラスウール100mmの水準プラス”の断熱性能を確保するこ



とが可能です(写真)。

おわりに

木造軸組構法における断熱性能の向上を目的とした改良型は、数年前から研究されてきました。ここで取り上げた方式は改良型の一つにすぎませんが、最も新しい研究の成果としてここに紹介しました。今後、見方を変えて北海道の気候にあった改良型を林産試験場からも提案したいと考えています。
(林産試験場 強度科)