

道産CLTを用いた実験棟の気密性能

性能部 平間 昭光

■はじめに

CLT (Cross Laminated Timber) は、ひき板 (ラミナ) を繊維方向が直交するように積層した集成板で、軽量で強度に優れた面材料であるため、これまで木造ではできなかった中高層の建築を可能とするなど、木材の需要を飛躍的に拡大する可能性を持った建築材料です。国内でのCLTの利用に向けた取組は平成22年頃から始まり、CLTを製造するための材料規格や利用するための建築関連法規の整備などが急速に進められています。国内の森林は、戦後植林された人工林資源が利用期を迎えており、木材の利用拡大を進めるためにもCLTへの期待が高まっています。北海道でも、「道産CLT利用拡大に向けた推進方針」¹⁾を策定し、CLTの利用拡大に向けた目標や産学官の連携による当面10年間の取組などを示すことで、道産CLTの利用拡大を計画的に推進しています。

こうした動きを受け、林産試験場でも道産木材 (トドマツ, カラマツ) を用いたCLTの様々な研究開発に取り組んできており、平成29年度の国土交通省サステナブル建築物等先導事業 (木造先導型) によりCLTモデル実験棟「Hokkaido CLT Pavilion」 (以下、「実験棟」) (写真1) を林産試験場の敷地内に建設しました (※建物概要や建築状況については林産試だより2019年5月号²⁾をご参照ください)。

本稿では、実験棟の気密性能を把握するため、現場測定に基づく試験を実施したので報告します。

■試験方法

試験方法は、日本産業規格の「送風機による住宅等の気密性能試験方法」 (JIS A2201) に準じて行いました。

実験棟の南西面には、換気設備 (排気ファン, 吸気口) が設置されているので、試験前に外側から目張りを行いました (写真2)。

実験棟には、北西面に玄関ドアと排煙用突き出し窓 (開口部1), 南東面に掃き出し窓 (開口部2) があります。玄関ドアを解放し透明ビニールシートで開口を塞ぎ、図1に示す位置に送風機を設置しました。

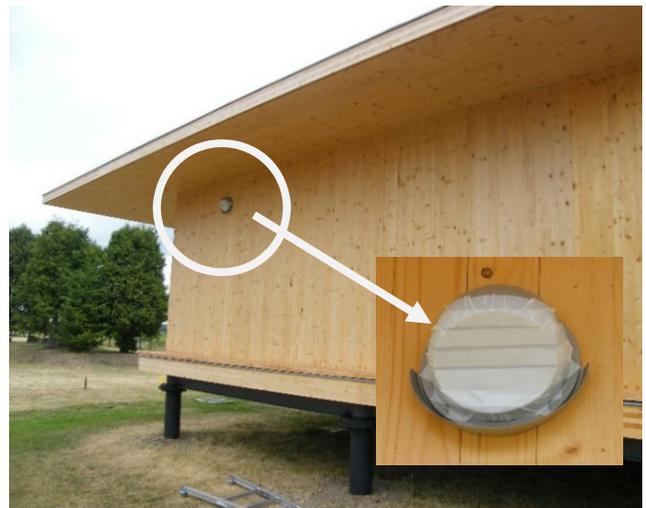


写真2 吸気口の目張り状況



写真1 実験棟 (北側)

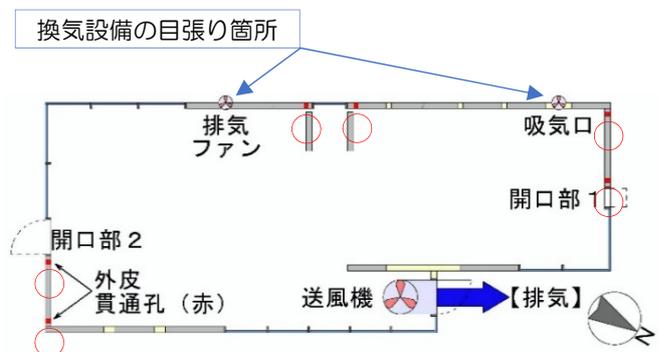


図1 実験棟平面図

玄関に設置した送風機から室内空気を排出（排気）することで室内を減圧し（写真3），建物外皮（床，壁，屋根，開口部）の隙間から流入してくる空気の量（通気量）と室内外の圧力差の関係から，実験棟全体の隙間に相当する開口面積（総相当隙間面積）を算出します。



写真3 送風機設置状況（左：室内，右：屋外）



写真4 開口部1の目張り状況



写真5 開口部2の目張り状況

試験は以下に示す4条件で，それぞれ3回測定しました。

条件1：目張りなし（対照区）

換気設備以外，目張り処理をしない状態

条件2：開口部1と2を目張り（写真4，5）

ロック（施錠）した状態で，外側から開口部四周を目張り処理した状態

条件3：条件2+外皮貫通孔目張り（写真6）

引きボルト端部の座金とナットを留め付けるためにCLT壁面を120×105mmの四角形に穿った12箇所（図1の6箇所×上下2）を室内側から目張り処理した状態

条件4：目張り無し

フローリング施工後，床面のジョイント部に気密テープを貼り，壁と床のジョイント部はコーキング処理した状態（図2）

条件4だけは，床下に断熱材，床上にフローリングを施工した後に，条件1と同じ目張りをしない状態で試験を実施しました。条件1との大きな違いは，床のジョイント部の気密テープ貼り，壁と床のジョイント部のコーキング処理を行った点です。

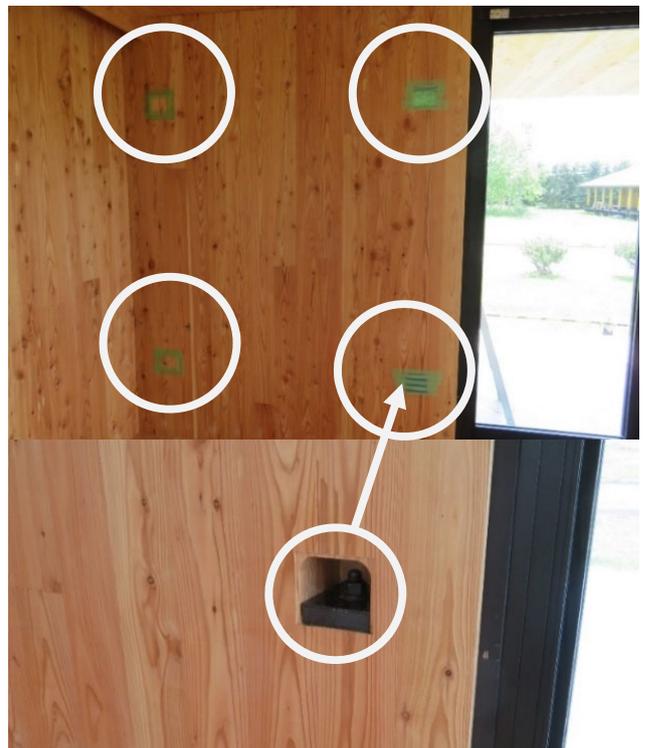


写真6 南東壁面の外皮貫通孔の目張り状況

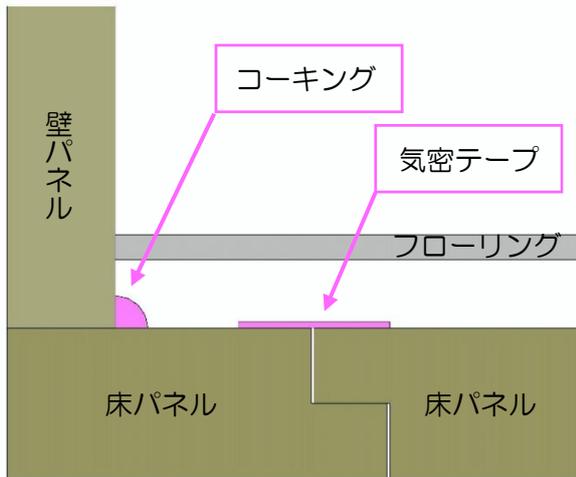


図2 条件4の気密処理概要

■総相当隙間面積 (αA) の算出

漏気の経路となる建物の隙間は、内部仕上げや外部被覆により隠されることもあり、目視検査だけで検出するのが困難です。また、様々な形態で存在する隙間をすべて検知することも困難なため、気密の程度を示す指標として、総相当隙間面積 (αA) を用いることがあります。これは、建物内外の圧力差が9.8Pa時の通気量から、隙間と等価の単純開口の有効面積を算出したものとして定義されています。計算方法がわかりづらいかもしれませんが、簡単に説明します。

1回の測定では、20～50Pa前後の範囲で圧力差 (ΔP) がほぼ等間隔になるように通気量 (Q) を5段階上昇させ、各条件で15 (5段階×3回) のデータが得られます。得られた ΔP と Q の自然対数を下記のように定義します。

$$x_i = \ln(\Delta P_i)$$

$$y_i = \ln(Q_i)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 15$$

一般に用いられる圧力差に対する通気量の関係を示す通気特性式は以下の通りです。

$$Q = a * (\Delta P)^{1/n}$$

*a : 通気特性式の係数で、建物内外の圧力差が1Paのときの1時間当たりの通気量

**n : 隙間の状態を表し、通気特性式を対数で表した場合の直線の傾き

通気特性式に x_i , y_i を当てはめ、最小二乗法によって回帰させたグラフが図3です。回帰直線の一般式は、 $y = \ln(a) + (1/n)x$ となります。

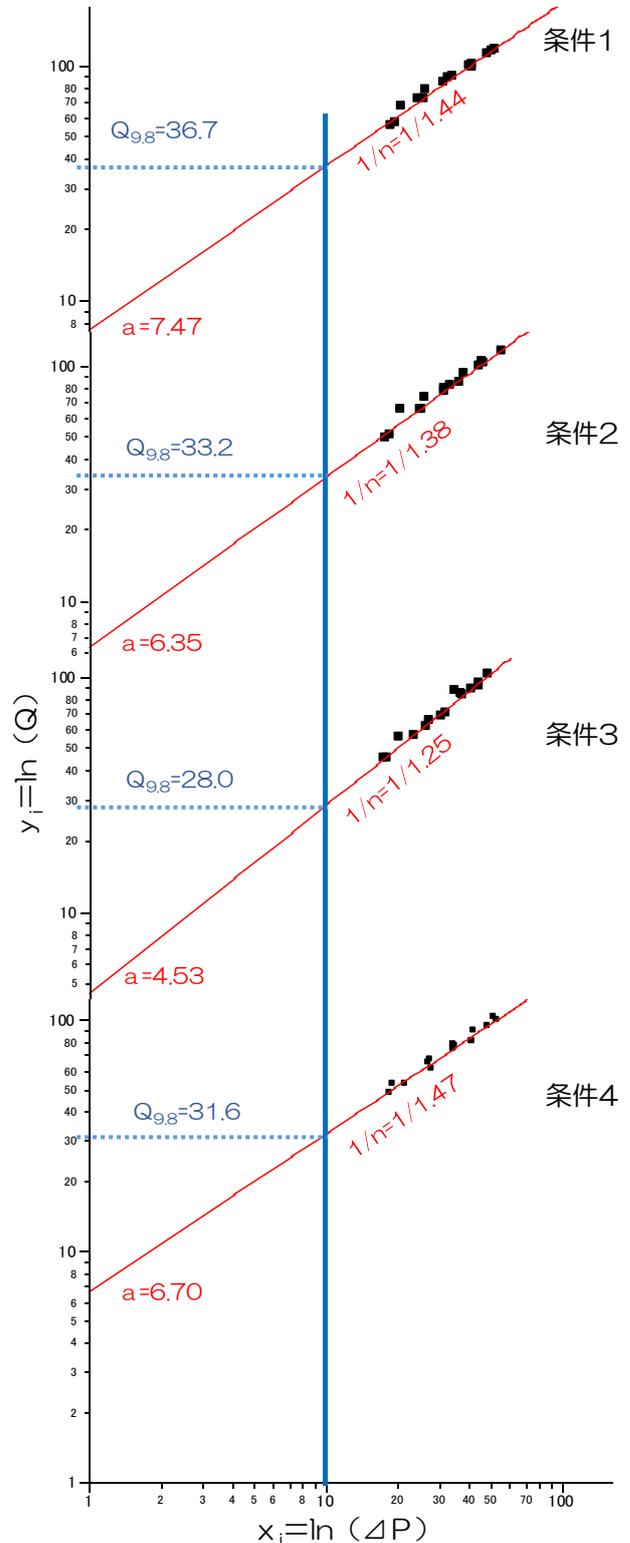


図3 通気量グラフと回帰線図

計算の概略は、図3に示す回帰式から ΔP が9.8Pa時の通気量(Q9.8)を求め(回帰直線と実線の交点)、20°Cの空気密度を1.2041kg/m³とした時に、実験棟の隙間を流れる空気密度を外気温で補正することで算出します。大気圧も関係するのですが、その影響は非常に小さいので、JIS A2201では考慮していません。計算結果の概要を表1に示します。

表1 計算結果概要

条件	1	2	3	4
隙間特性値n (無次元)	1.44	1.38	1.25	1.47
通気率a (m ³ /(h・Pa ^{1/n}))	7.47	6.35	4.53	6.70
総相当隙間面積 αA (cm ²)	25.1	22.7	19.2	21.6

計算の結果、条件1の実験棟の αA は、25.1cm²となりました。この大きさは、図4に示すとおり、ほぼ名刺サイズの半分となります。

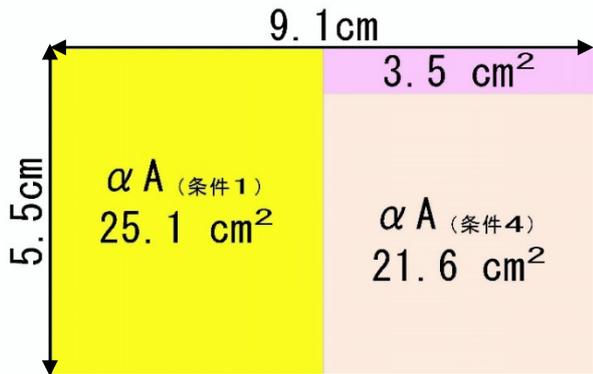


図4 αA の大きさ(名刺サイズで比較)

条件4の αA は21.6cm²なので、床面のジョイント部を気密処理することで3.5cm²に相当する隙間を減らすことができました。

偶然ですが、この大きさは、壁に開けた外皮貫通孔の隙間を目張りしたとき(条件2と3の差分)の減少量と等しくなりました。目張りした外皮貫通孔の四周長の総和と気密処理した床面のジョイント部の長さの総和を比較すると図5のようになります。

外皮貫通孔の四周長の総和は5.4m、気密処理した床面のジョイント部の総和は74.4mなので、単位長さ当たりの隙間量で比較すると、外皮貫通孔の隙間面積はジョイント部の10倍以上となります。

条件1と条件2の結果から、減少した αA の大きさが開口部1, 2の隙間量の総和と等しいと考えた場合、その大きさは2.4cm²となります。開口部1, 2と玄関

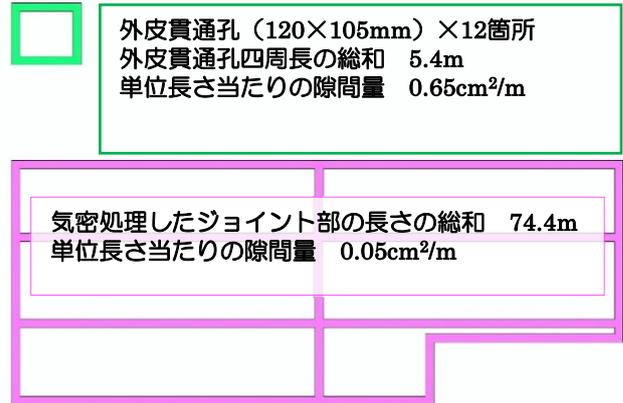


図5 外皮貫通孔と床面ジョイント部の比較

ドアは、同じ外開き形式の開閉方式なので、有効開口(建具の内り寸法)周辺の長さ当たりの隙間量と同じだと仮定すれば、有効開口周辺の単位長さ(1m)当たりの隙間量は、0.30cm²/mとなり、玄関ドア(開口部長さ6.16m)を含めた場合、 αA は27cm²程度と推定されます(図6)。

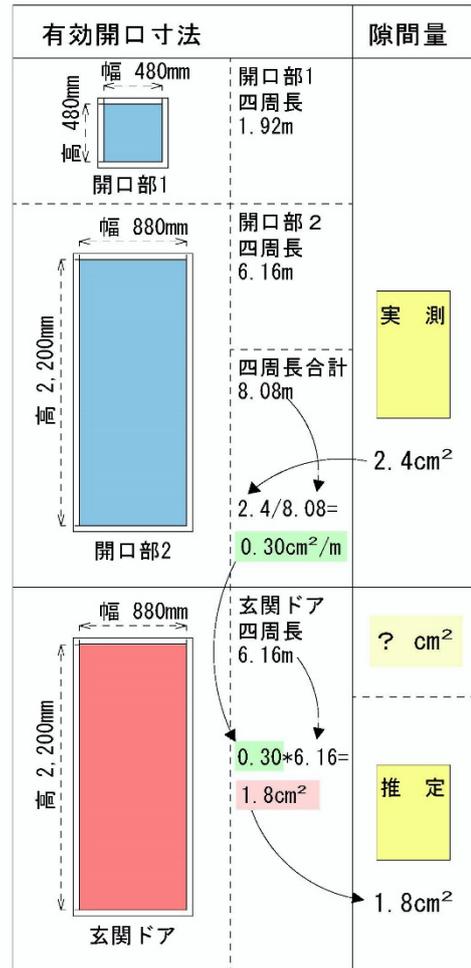


図6 開口部四周の隙間量

■相当隙間面積（C値）の算出

日本では、総相当隙間面積（ αA ）を建物外皮内の実質延べ床面積（ S ）で除した相当隙間面積（ C 値）に置き換えて評価することがあります。この場合、実質延べ床面積は、壁芯で囲まれた部分の水平投影面積とすることが一般的です。今回の実験棟では、カーテンウォールが壁面のほぼ半分を占めるため、壁芯を明確に定めることができなかつたので、実質延べ床面積が小さくなり評価上不利となりますが、内法面積を用いて評価しました（図7）。

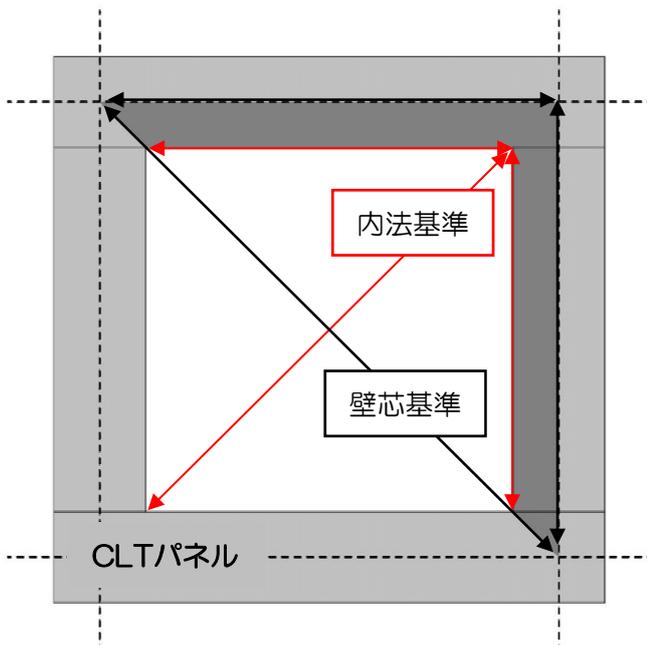


図7 内法寸法と壁芯寸法の考え方

CLT壁の内法から室内の床面積（ $S1$ ）を求め、吹抜となっている部分の気積（ $V1$ ）を通常の天井高2.35mとしたときの見かけの面積を加えて、実質延べ床面積（ S ）を算出しました（図8）。

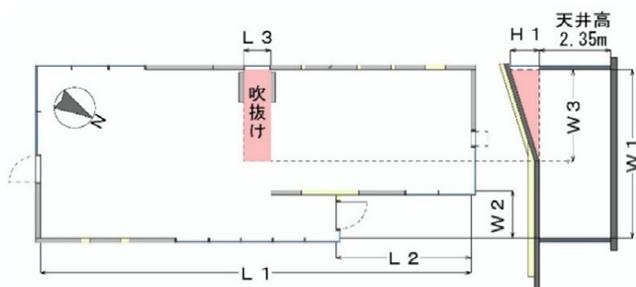


図8 実質延べ床面積の概要

図7のL1～3, W1～3, H1の寸法と計算式を表2に示します。

CLTパネルの内法を基準にした実質延べ床面積は

表2 図5の寸法値および計算結果

$L1=14.16\text{m}, L2=4.445\text{ m}, L3=0.9\text{ m}$
$W1=5.59\text{ m}, W2=1.58\text{ m}, W3=3.045\text{ m}$
$H1=0.946\text{ m}$
$V1=L3 \times (W3 \times H1) / 2 \rightarrow V1=1.296\text{ m}^3$
$S1=L1 \times W1 - L2 \times W2 \rightarrow S1=73.87\text{ m}^2$ $S=S1 + V1 / 2.35 \rightarrow S=74.43\text{ m}^2$

74.43m²となり、実験棟のCLTパネル壁芯から求めた床面積75.12m²と比べて1%程度の差しかなかったので、C値に与える影響も小さいことがわかりました。

計算の結果、条件1から4のC値は、0.34～0.26cm²/m²となりました（図9）。

北海道によって規格化された、北方型住宅の基準は2.0 cm²/m²以下、北方型住宅ECOの基準は1.0 cm²/m²以下なので、いずれの基準も満たしており、非常に気密性が高い結果となりました。



図9 実験棟における相当隙間面積のC値

■おわりに

今回実測した実験棟は、建物を覆う気密シートを使用せずに施工されたものですが、北海道によって規格化された北方型住宅ECO基準を満たしており、高气密性能を確保することができる工法であると考えられます。

高气密性が確保できた要因の一つとして、大版パネルを床などに使用したことで、床面積（73.87 m²）当たりの使用パネル枚数が少ないことが考えられます。通常の構造用合板（1,820×910mm）の大きさから考えると、45枚程度必要な床面積ですが、CLTの大版パネルだと6枚で済んでしまいます。さらに、相欠加工されたパネルジョイント部が、ビスで引き寄せられたことで十分な気密性が確保されたと考えられます（**図10**、**写真7**）。

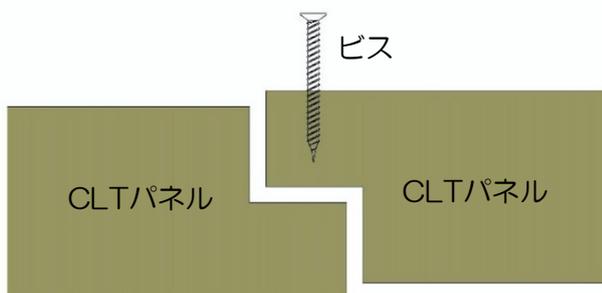


図10 床パネルジョイント部（相欠加工）



写真7 床パネルのビス留め付け状況

パネル接合部の隙間は、大きいところで幅5mm程度あり目視で容易に確認できたので（**写真8**），気密測定開始前に送風機を稼働させ、内外圧力差100Pa程度まで減圧し漏気箇所を触診で確認しましたが、C値の性能値からもわかるように、ほとんどの箇所で漏気は感じられませんでした。

今後は、相当隙間面積の経時変化や、換気や暖房システムに与える気密性能の影響などについて検証を行っていく予定です。



写真8 床パネルジョイント部の隙間

■引用文献

- 1) 北海道：道産CLT利用拡大に向けた推進方針
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rmm/grp/01/cltsuishinhouushin.pdf>
- 2) 大橋義徳：林産試だより2019年5月号，P.1-8
(2019)，道産CLTを用いた実験棟の建設
<http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fpri/dayori/1905/1905-1.pdf>