

## morinos 建築秘話 31-40

建物の隙間の大きさはどのくらい？(morinos 建築秘話 31) .....	- 1 -
構造システム "WOODS"(morinos 建築秘話 32) .....	- 5 -
構造に関する基本的な用語について(morinos 建築秘話 33) .....	- 6 -
木材の輸送過程を見つめるウッドマイルズ(morinos 建築秘話 34) .....	- 7 -
事前に1ステップ: morinos 構造計算の流れ(morinos 建築秘話 35) .....	- 9 -
構造材の品質(morinos 建築秘話 36) .....	- 10 -
morinos の基礎(morinos 建築秘話 37) .....	- 11 -
木質構造の「キモ」接合部(morinos 建築秘話 38) .....	- 12 -
CLT 面材による水平構面(morinos 建築秘話 39) .....	- 14 -
木材と鋼製材のハイブリッド耐風方立(morinos 建築秘話 40) .....	- 15 -

2020年04月08日(水)

## 建物の隙間の大きさはどのくらい？(morinos 建築秘話 31)

建物には目に見えない隙間がいたるところに開いています。

例えば、床と壁、壁と天井の取り合い、コンセントや配管廻り、サッシ廻りなど、ピッタリ納まっていると思っても、実際には、コンマ数ミリの隙間が開いています。

この目に見えない隙間を計測するのが「気密測定」です。有志の学生と一緒に気密測定をしてきました。

気密測定の仕組みは単純です。

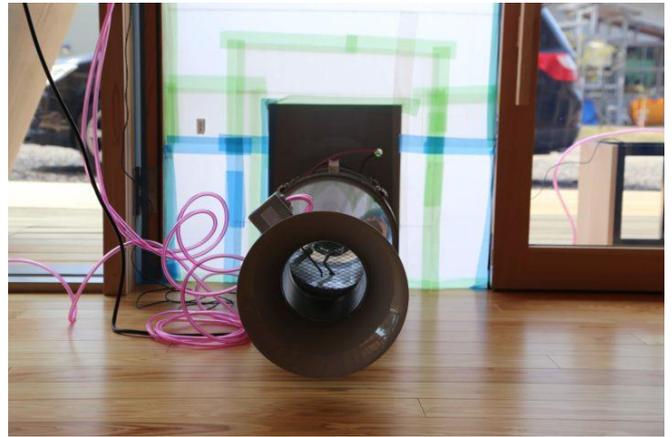
下の写真は気密測定機を組み立て始めたところです。真ん中にある白い筒は単なる強力な換気扇です。矢印の向きに空気を出します。この換気扇に、後ろのグレーの筒を付けていきます。単なる穴の開いた筒です。この筒で、空気の乱れをなくしスムーズに空気の移動を促します。



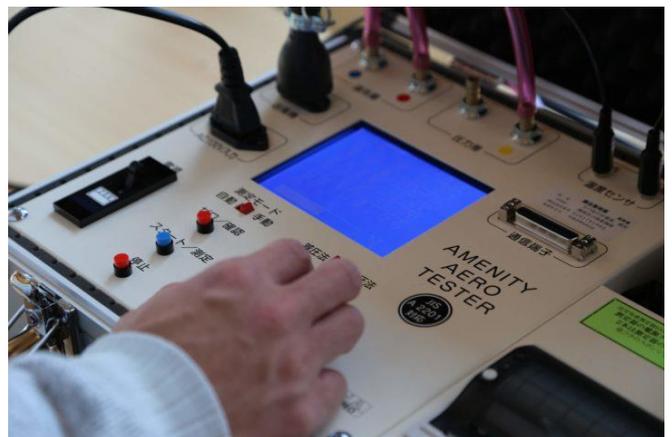
この組み立てあがった気密測定機を開口部にセットして廻りをプラダンボードで塞いで目張りをします。

そうすると下の写真のように、換気扇の取り付けいた筒の部分だけが穴が開いた状態になります。

筒に取り付いた2本のピンクチューブは、この筒を通り抜けた空気の量を測るものです。よく見ると、もう一本ピンクチューブが、外に出て行っているのも見えます。このチューブで屋外の気圧を計測します。

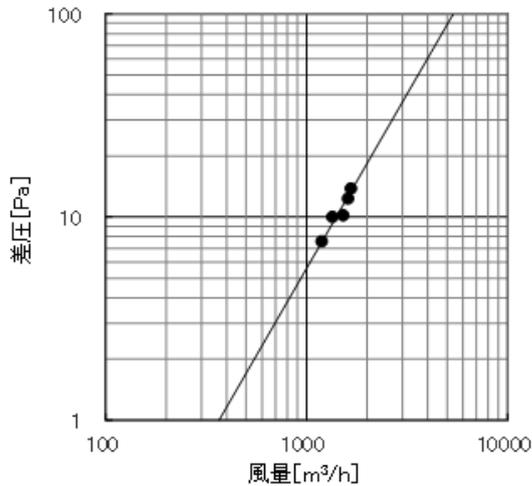


そして、計測器にこれらのチューブと室内と室外の温度センサーもセットすると、気密測定機のセット完了(下の写真)です。



この状態で換気扇を動かし、室内の空気を外に追い出します。(減圧法という測定方法)室内と室外の気圧を計測して、建物の隙間の大きさを測ります。隙間が少なければ、気圧差が大きくなりますし、隙間がたくさんあると、いくら空気を外に出しても気圧差が付きません。

さて測定結果は、相当隙間面積 C 値 4.41 c m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>、総相当隙間面積 αA 959 c m<sup>2</sup>でした。



相当隙間面積 C 値の意味するところは、床面積1㎡あたり、4.41c㎡の隙間が開いているということ。  
 総相当隙間面積  $\alpha A$  は建物全体でどのくらい隙間が開いているかということです。  
 といわれてもピンときません。

ちなみにアカデミー本校舎は、過去の実習でも計測したことがあります。C 値は、8~10 c㎡/㎡程度。  
 (アカデミー本校舎の気密測定の様子は[こちらのブログ](#)より)  
 アカデミー本校舎の概ね倍程度の性能です。(隙間が半分程度)

とすると、なかなかいいの?と思いますが、そうではありません。  
 現在の一般的な住宅で、C 値 4~5 c㎡/㎡程度ですので、morinos は普通くらいの性能です。

特に基準はありませんが、気密住宅といわれるのは C 値 2 c㎡/㎡程度。高气密住宅となると C 値 1 c㎡/㎡以下が目安です。  
 先月、私たちがプロジェクトで関わった近江八幡の住宅で気密測定をした時は C 値 0.6 c㎡/㎡でしたので、やはり悪めです。

ですが、ここであきらめてはいけません。

morinos はいろいろな実習場所。

気密測定機の換気扇を動かした状態で室内を負圧にしたまま、いろんなところから入ってくる隙間風を探します。  
 特に大きいのは、木製建具廻り。よく見ると、外の光が漏れています。

ではこれらの隙間を今後パッキン材等で気密改修をしていくとどの程度性能向上が見込めるか、順番に目張りをして、それぞれの建具の隙間の大きさを確認していきました。

まずは、東のメインエントランスの両引き戸。養生テープで目張りをしていきました。



この状態で再度気密測定を行うと、C 値は 3.94 c㎡/㎡。  
 $\alpha A$  は 856 c㎡。

つまり、この建具だけで、959 c㎡ - 856 c㎡ = 103 c㎡の隙間があったということ。  
 建具の大きさは 270 cm×220 cmの大開口。外周長さは4周で 980cm ですので、均等に隙間が開いていると、約1mm の隙間が全周囲にあるということです。

たった1mm と思うかもしれませんが、これだけで建物全体の性能に1割も効いてきます。

このように、建具一つずつの隙間を計測します。

次に、南側の3つの木製両開き戸も目張りをしてみます。



結果は、C 値は 3.32 c㎡/㎡。 $\alpha A$  は 721 c㎡。  
 ここでも、建具3か所で 135 c㎡の隙間がありました。東エントランスほどではないですが、かなりの大きさです。

ではさらに、北側の2枚の片引き戸と西側の1枚片引き戸、排煙窓の目張りです。



結果は、C 値は  $1.71 \text{ c m}^3/\text{m}^2$ 。αA は  $372 \text{ c m}^3$ 。4枚の建具で、 $349 \text{ c m}^3$  の隙間がありました。特に大きかったのが収納庫の木製建具。  $200 \text{ c m}^3$  近くあります。

ここまで目張りすると、気密建物と呼べる感じです。

今回のように隙間の位置がわかると対策も考えられます。今後、メンテナンスも兼ねて気密パッキン施工や建具加工を行い、少しずつ改修できればさらに室内環境が向上します。

もうこの段階までくると学生も慣れてきて、私が見ていなくてもどんどん計測を繰り返していました。頼もしいですね。



morinos マニアック -----

アカデミーで使用している気密測定機は、室内外圧力差が  $50\text{Pa}$  以上ないと自動計測できません。

今回、設置して自動で計測開始……エラー……圧力差が出ないために計測できません。そこで今回は、手動で換気扇の風量を調整して、圧力差を見ながら計測しました。

建具を全て目張りをした状態で、ようやく  $50\text{Pa}$  以上の圧力差が出て自動計測できました。

さて下の写真が、目張りを終えた最終段階の計測時の結果の表示画面です。



総相当隙間面積 αA は  $372 \text{ c m}^3$ 。相当隙間面積 C 値は  $2.9 \text{ c m}^3/\text{m}^2$  となっています。

あれっ、さっき書いていたのは C 値  $1.71 \text{ c m}^3/\text{m}^2$  ではないの？と思いますが、実は分母にあたる床面積の取り方は気密測定では4種類あり、どの値を使ってもよいことになっています。

1. 通常通りの床面積(吹き抜け部分は天井高さ  $2.1\text{m}$  以上あれば床に見込む)morinos では  $129.04 \text{ m}^2$  です。
2. morinos のような基礎断熱の床下空間や小屋裏空間があると、その気積を仮想天井高  $2.6\text{m}$  で割って仮想床面積を足した床面積。morinos では、 $166.26 \text{ m}^2$  になります。
3. morinos のような不規則な吹き抜けがある場合は  $2.6\text{m}$  以上の高さ分の気積を仮想天井高  $2.6\text{m}$  で割って仮想床面積を足した床面積。morinos では、 $173.89 \text{ m}^2$  になります。
4. 建物全体の気積を仮想天井高  $2.6\text{m}$  で割って仮想床面積を足した床面積。morinos では、 $217.32 \text{ m}^2$  になります。

複雑な形状の建物や天井の低い建物など、各種建物を公平に評価しやすいので、私は4の仮想床面積を使うことが多いです。

上に書いた気密性能も、4の仮想床面積 217.32 m<sup>2</sup>で算出した値です。  
仮に実際の床面積129 m<sup>2</sup>で求めると、上の液晶仮面のC値 2.9 c m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>になります。(最終の目張りをした性能)

さて気密測定には、もう一つ着目すべき数値があります。

隙間特性値 n 値です。上の液晶画面では n 値 1.54 となっています。

これは、隙間の形状をある程度予測するもので、必ず1~2の間の値になります。

1に近づくと空気の流れは層流域にあり、2に近づくと乱流になっています。

大きな穴があると乱流になりやすく、小さな穴が分布していれば層流になりやすいことから、穴の状態を表すと言われています。

つまり、傾向としては大きな穴がある場合は2に近づき、微細な穴が分散している場合は1に近づきます。(あくまで目安です。)

最終段階でn値 1.54 でしたが、目張りをしていない現状のmorinosは、n値 1.72 でした。やはり気密性能の向上によって n 値が小さくなっていました。

では morinos の気密性能でどの程度の隙間風(空気が入れ替わる)が想定されるのか、計算してみました。現状のC値 4.4 c m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>、n値 1.72 の値です。

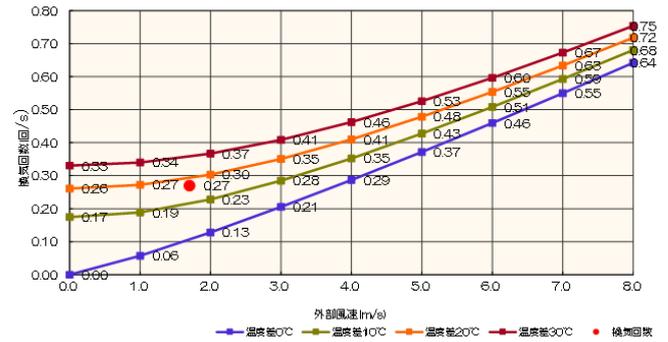
自然換気量 (漏気量) の目安				
名称	値	単位	説明	
C値	相当隙間面積 C値を直接入力 (優先)	4.4	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	※1 測定値の住宅用を直接入力
S	床面積	129	m <sup>2</sup>	面積、気密性/下部気密性デフォルト値を参照
V	建物気積	565	m <sup>3</sup>	計算に使用する値 C値、体積を参照
αA	総相当隙間面積	569	cm <sup>3</sup>	計算に使用する値 C値、体積を参照
Cp	風圧係数影響度	II : 住宅地	-	立地条件を参照
U	外部風速 (屋根高と季節・地域 冬・美濃アメダス)	1.7	m/s	1月2月のアメダステータスを参照
ΔT	室内外温度差	17	℃	季節に地域に合わせて選択 (詳細参照) 参考: 室温20℃として、1月、2月の気密性能(C値)を参照 ※1: 気密性能の目安を参照 ※2: 目に見えるような隙間を参照
N	隙間特性値	1.72	-	1月2月のアメダステータスを参照 ※1: 気密性能の目安を参照 ※2: 目に見えるような隙間を参照
Q自然	自然換気量	152.733	m <sup>3</sup> /h	自然換気量+建物気積
	換気回数	0.270	回/h	自然換気量+建物気積

美濃市の1月の平均風速は1.7m/s、平均外気温3℃なので温度差を 17℃と想定すると、1時間に 0.27 回程度空気が入れ替わる計算(上の表の最下段の数値)になります。

多いか少ないかの判断の目安としては、計画換気用の換気扇を回さずとも 0.5 回/h 程度(気密が高ければきちんと狙った給気口から入る想定)、アカデミー本校舎の C 値 10 c m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>で計算してみると 0.61 回/h(いろんなところからの空気の流入)です。

アカデミー本校舎でセミナーなど受けられた方だと、体感的にわかりやすいですが、外の寒い空気が入ってくるのが概ね半分程度の状況です。

もちろん風が強かったり、外気温が寒いと、隙間風も大きくなります。いろいろな状況での隙間風の量を計算してみました。



横軸に外部風速、縦軸に隙間風による換気回数を取っています。4色の色の線が外気温と室温との温度差です。赤い丸印が先ほどの 0.27 回(風速 1.7m/s、温度差を 17℃)を示しています。

風が強くなると換気回数が増えますし、外気温が下がって温度差が付いても換気回数が増えます。

気温や風速は、私たちではコントロールできません。隙間風を押さえるには、気密性能が大切というわけです。

ちなみ、建具の隙間がしっかり改修されて気密性能 C 値が 1.7 c m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>になった場合の結果も見てみます。

自然換気量 (漏気量) の目安				
名称	値	単位	説明	
C値	相当隙間面積 C値を直接入力 (優先)	1.7	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	※1 測定値の住宅用を直接入力
S	床面積	129	m <sup>2</sup>	面積、気密性/下部気密性デフォルト値を参照
V	建物気積	565	m <sup>3</sup>	計算に使用する値 C値、体積を参照
αA	総相当隙間面積	221	cm <sup>3</sup>	計算に使用する値 C値、体積を参照
Cp	風圧係数影響度	II : 住宅地	-	立地条件を参照
U	外部風速 (屋根高と季節・地域 冬・美濃アメダス)	1.7	m/s	1月2月のアメダステータスを参照
ΔT	室内外温度差	17	℃	季節に地域に合わせて選択 (詳細参照) 参考: 室温20℃として、1月、2月の気密性能(C値)を参照 ※1: 気密性能の目安を参照 ※2: 目に見えるような隙間を参照
N	隙間特性値	1.54	-	1月2月のアメダステータスを参照 ※1: 気密性能の目安を参照 ※2: 目に見えるような隙間を参照
Q自然	自然換気量	50.784	m <sup>3</sup> /h	自然換気量+建物気積
	換気回数	0.090	回/h	自然換気量+建物気積

換気回数が 0.09 回/hとなり、隙間風はほとんど感じない程度になります。

この morinos 建物自体が、いろいろな計測やメンテナンスの教材。  
今後の morinos の進化も楽しみにしてください。

准教授 辻 充孝

2020年04月09日(木)

## 構造システム "WOODS"(morinos 建築秘話

32)

ちょっと複雑な構造として、この建物を御覧になられている方もいると思います。しかし、構造のシステムとしては決して複雑な構造ではなく、むしろ非常に単純な構造となっています。

これから始まる一連の「morinos 建築秘話【構造編】」シリーズを御一読いただくと、morinos の構造は非常に単純な仕組みとなっているということにお気づきになると思います。建築実務者の方は、この建物が思ったよりも簡単に構造設計できるものなのだと理解できると思います。



この morinos は構造システムを"WOODS"(Wooden Object Oriented Design Structure、木材のオブジェクト指向型設計)と名付けた構造体です。各構造要素を組み合わせた効率の良い構造計画が実現しています。主要軸組(構造架構)は自重や積雪荷重などの鉛直荷重だけを支持するのではなく、地震力や風圧力などの水平力も負担できる構造架構を兼ねている部材があります。ここでいう構造架構とは、架構の接合部の回転性能に配慮し、ラーメン的構造性能を付加した架構のことです。北側壁面部分や収納部分の界壁等には面材耐力壁を配置し、水平構面は CLT 面材を配置しています。

主要軸組(構造架構)、耐力壁、面材水平構面を以下に示し

ます。

### 【主要軸組(構造架構)】

- ・W形配置丸太(ヒノキ丸太、E90、末口  $\phi=330\text{mm}$ )
- ・方杖(スギ製材、E90、 $150\times 150\text{mm}$ )
- ・レ形配置方杖(スギ製材、E90、 $150\times 150\text{mm}$ )
- ・90角鋼管梁(90角鋼管 2丁合わせ)
- ・登り梁(ヒノキ集成材、E105-F300、 $150\times 450\text{mm}$ )
- ・一般梁(ヒノキ集成材、E105-F300、 $120\times 150\text{mm}$ )
- ・架構柱(ヒノキ集成材、E105-F300、 $150\times 300\text{mm}$ )
- ・一般柱(スギ製材、E90、 $120\times 120\text{mm}$ )

### 【耐力壁】

- ・構造用合板耐力壁(大壁・3.7倍、構造用合板  $t=9\text{mm}$ 、 $\text{CN}50@75\text{mm}$ )
- ・構造用ハイバストウッド耐力壁(大壁・4.0倍、MDF  $t=9\text{mm}$ 、外周部  $\text{CN}65@100\text{mm}$ 、中間部  $\text{CN}65@150\text{mm}$ )
- ・筋かい(片筋かい・3.0倍、スギ製材、E90、 $150\times 150\text{mm}$ )

### 【面材水平構面】

- ・CLT 面材水平構面(A パネ・2.6倍、 $t=36\text{mm}$ 、釘打ち  $\text{N}90@150\text{mm}$ )



開放的な空間を構成するために、水平力の大部分を負担できる構造架構としました。東西方向は、南側の W 型配置丸太と北側の面材耐力壁で水平力を負担させています。南北方向は傾斜させている W 型配置丸太・方杖・レ形方杖・架構柱・登り梁からなる構造架構と収納部分の面材耐力壁、筋かい等で水平力を負担させています。

水平構面を A パネによる CLT 面材水平構面とし、大空間を構成する建物の一体性を高めました。基礎を一般的なバタ基礎としました。構造架構の一部を製作金物による接合部としているが、それ以外の接合部については市販補強金物による接合部としました。南側の大開口部のガラス窓への風圧力を支持するために、木材と鋼製材によるハイブリッド耐風方立としました。以上のように、構造システム "WOODS"により、各構造要素を組み合わせた効率の良い構造計画が実現しました。

教授 小原 勝彦

2020年04月10日(金)

## 構造に関する基本的な用語について(morinos 建築秘話 33)

morinos 建築秘話 32「構造システム "WOODS"」で専門用語をたくさん使ってしまったので、ちょっと基本的な用語を整理してみました。



### ◆木造ラーメン構造について

ラーメン構造とは、組まれた骨組みの各接合箇所を剛接合し、部材接合におけるモーメント抵抗が主な耐力機構(剛節接合架構)となっている構造形式をいいます。建築・土木構造の分野では柱と梁が剛接合している構造をラーメン構造といいます。

しかし、木造では接合部を完全な剛節にすることはできないのが現状です。従いまして、木造では接合部にモーメント抵抗を少し持たせたものを「半剛節接合架構」といいますが、近年これを一般的に「木造ラーメン構造」と呼びます。

接合部を強くすることで柱・梁だけで水平力に耐えられるフレーム(架構)を形成します。これにより、耐力壁による制約をなくすことができ、鉄骨造や鉄筋コンクリート造のような大開口や大空間を木造で実現可能となります。



### ◆耐力壁について

耐力壁(たいりよくへき)とは、建物が地震力や風圧力な

どの水平力に耐えるために必要な、構造上の役割を担う壁のことです。建物にある壁が全て耐力壁というわけではありません。構造的な役割を果たさない非耐力壁も混在しています。

木造の建築物は、接合部分が回転しやすいため、柱と梁だけでは地震や風などの水平荷重に抵抗できません。そのため、各階ごとに所定の量の耐力壁を設置することが義務付けられています。耐力壁の多い建築物は、耐震性・耐風性に優れています。

耐力壁は、軸組に筋かいを金物で取り付けたり、構造用合板などのボード類(面材)を所定の釘で打ち付けたりすることで行うことができます。

### ◆壁倍率について

耐力壁の構造性能を表す数値として壁倍率があります。壁倍率1.0倍は、壁長さ1m当たり1.96kNの水平力に抵抗できることを意味します。この値が高いほど、性能が高く、大きな水平力に抵抗することができます。

木造軸組構法においては、建築基準法令第46条と建設省告示1100号で、いくつかの仕様の耐力壁について、壁倍率を0.1~5.0の範囲で定められています。



### ◆水平構面について

木造建築物における水平構面とは勾配屋根水平構面(屋根・下屋)や床水平構面(2・3階床など、ただし1階床は含まない)、火打水平構面等を指します。

これに対して鉛直構面とは壁(耐力壁)を指します。

水平構面は建物に加わる地震力や風圧力等の水平力を各耐力壁線に分配・伝達させるために必要な水平面や勾配面のことです。

教授 小原 勝彦

2020年04月10日(金)

## 木材の輸送過程を見つめるウッドマイルズ (morinos 建築秘話 34)

「ウッドマイルズ」という言葉をご存知でしょうか。  
このブログを見られている木材にも関心の高い方は当然  
ご存知ですよ(笑)

名前の通り、木材(ウッド)の輸送距離(マイルズ)に関する  
環境指標です。



morinos の V 字柱用の演習林内の 100 年生ヒノキ。丸太の素性は明らかです。

今こそ林業白書にも出てくる言葉になりましたが、きっかけは森林文化アカデミーの1期生、滝口さん(ウッドマイルズフォーラム理事)が課題研究の一部として取り組んだのが始まりです。

さて、このウッドマイルズ評価を行うと何がわかるのでしょうか。morinos のウッドマイルズを計算したシートを見てください。

＜ 総合評価 ＞		
【地域の林業・木材産業への貢献】		★★★★★ AAA 300km以下
★★★★★ ウッドマイルズ	123 km	★★★★★ AAA 300km以下 ★★★★ A 100km以下 ★★★ B 1,000km未満 ★★ C 1,000km以上
【木材のトレーサビリティの確保】		★★★★★ AAA 90%以上
★★★★ 流通把握度	77.5 %	★★★★★ AAA 90%以上 ★★★★ A 70%以上 ★★★ B 50%以上 ★★ C 30%未満
【木材の輸送エネルギー削減】		★★★★★ AAA 75%以上
★★★★★ CO2削減率	80.3 %	★★★★★ AAA 75%以上 ★★★★ A 50%以上 ★★★ B 30%以上 ★★ C 10%未満

この3つの指標がウッドマイルズ評価の要です。

### 1. ウッドマイルズ

1つ目の指標は「ウッドマイルズ」です。  
木材1m<sup>3</sup>を平均何 km の距離を輸送したかです。当然近い方が輸送時の環境負荷が小さくなります。

morinos のウッドマイルズは 123 km と計算されました。

あれっ、意外と大きい??

長野県や滋賀県まで行ってしまいそうです。

morinos は、基本的に木材は全て岐阜県産材ですが、原木市場や加工場、プレカット工場などを、うろうろしながら現場にやってきました。

例えば、V 柱の丸太は、敷地のすぐ裏山のアカデミー演習林から伐採してきました。  
そのまま学内で加工して使用していれば、この丸太のウッドマイルズは1km もないでしょう。



アカデミー演習林の丸太を三つ紐伐りしている様子

ですが、さすがにアカデミーで加工するわけにもいかず、一度、郡上市白鳥町にある工務店の加工場に持っていき、木材乾燥や材料検査、大工さんによる加工を行いました。



丸太の加工が終わって morinos の現場への出発を待つ V 字柱

それから、再度アカデミーに戻っています。

つまり、V 字柱用の丸太 10 本は、アカデミーから白鳥町の加工場まで 51.9km 輸送し、加工後また 51.9km の距離を戻していますので、ウッドマイルズは 103.8 km となります。  
morinos 全体平均の 123km に近いですね。

他の材も、山から原木市場、加工場、morinos へと各地

を転々と移動して出来上がってきています。

ところで、日本の木材自給率をご存知でしょうか。

最新の統計では木材自給率は平均で 36.6%です。パルプ・チップ類の自給率が低く足を引っ張っていますが、製材品でも 48.9%です。(令和元年 9 月林野庁発表の平成 30 年度に実績より)

アカデミーが開学した 20 年前に比べて木材自給率が2倍近くになったとはいえ、まだまだ外材の方が使用量が多い現状にあります。

外材を使うとどの程度のウッドマイルズになるのでしょうか。

ウッドマイルズフォーラムで、各地の平均的な輸送距離をまとめていますので見てみましょう。

例えば、各国の山から日本の港までのウッドマイルズは、梁などによく使用される米松で、概ね 8,200km 木目があっさりしていて建具や家具などにもよく使用される欧州材で、概ね 21,400km morinos のウッドマイルズ 123km とは桁が1つか2つも違ってきます。morinos が、いかに近くの木材で建設されたかがわかります。

## 2. 流通把握度

2つ目の指標は「流通把握度」です。

伐採された山から現場まで、どれだけ経路を把握できているかの割合を示す指標です。

morinos の流通把握度は 77.5%と計算されました。

例えば、V 字丸太は私たちが演習林に入ってこの木を伐ろうとマーキングし、どの経路で加工されて戻ってきたかの流過程は全てわかっているため流通把握度は 100%です。

ですが、合板や集成材などは岐阜県産材を使用したということはわかっていますが、全ての材で、どの山から伐出してきたかは把握しきれていません。

この不明な分が流通把握度を落としている要因です。



例えば、ヒノキ集成材の登り梁は、岐阜県内のどこかの山から岐阜市の木材市場に集められました。ここまでが流通経路が不明なところ。ぎふの平均的な集積距離の 31km で暫定的に計算しています。

その後、中津川市加子母で集成材に加工され、郡上市白鳥町で大工さんが刻んで、現場に搬入されています。

ウッドマイルズは morinos の木材の中でも最も長い 255km。流通把握度は 88%でした。

## 3. CO2 削減率

3つ目の指標が「CO2 削減率」です。

使用された木材の輸送過程における CO2 排出量が外材も併用した場合の平均的な CO2 排出量(ウッドマイルズフォーラム試算)に対して削減された割合を示しています。

morinos の CO2 削減率は 80.3%と計算されました。8削減とはかなり少ないです。

ウッドマイルズが小さいと当然、輸送時の CO2 排出量も少なくなりますが、考えることはそれだけではありません。輸送時の効率を考える必要があります。

例えば、外国からやってくる船便であれば大量の木材を効率的に輸送できますが、国内輸送のトラックは船に比べて燃費が悪く、同じ材積、同じ距離を輸送するのに 20 倍以上もの CO2 を排出することもあります。

そのため、輸送手段による CO2 排出量も考慮した指標として、CO2 削減率が明示されています。

morinos は、船や鉄道に比べて輸送効率の悪いトラック輸送ばかりですが、ウッドマイルズが小さいというのが大きな削減ポイントになっています。

morinos と同程度の木造建築を地域材利用などを考えずに建設すると、平均的に 4399 km のウッドマイルズがかかるところ、morinos では 123 km と非常に近くのを用いています。(削減距離 4,276 km)

そのため、3931 kg もの CO2 を減らすことができると試算されました。



ウッドマイルズフォーラムの HP には、木材関連の図表や研究ノートなどいろいろな情報が掲載されていますので参考にしてください。



そのほかにも、ウッドマイルズを算出する過程で、いろいろな情報がまとってきます。

＜ 発 出 結 果 概 要 ＞	
製品名称	morinos
算出対象範囲	構造材、下地材、造作材、仕上材
算出地点所在地	徳島県徳島市
算出地点所在地	徳島県 徳島市香代888
供給者名称	株式会社
木材使用量	94 m <sup>3</sup>
炭素固定量 (CO <sub>2</sub> 換算)	63 t-CO <sub>2</sub>
想定使用期間	100 年
ウッドマイルズ	123 km
ウッドマイルージ	11,568 m <sup>3</sup> ・km
ウッドマイルズCO <sub>2</sub>	10 kg-CO <sub>2</sub>
ウッドマイルージCO <sub>2</sub>	967 kg-CO <sub>2</sub>



- ・木材使用料:94.194 m<sup>3</sup>
- 構造材(軸材):40.423m<sup>3</sup>
- V字丸太 :12.560m<sup>3</sup>
- CLT パネル :10.800m<sup>3</sup>
- 合板類 :6.013m<sup>3</sup>
- 造作材 :17.888m<sup>3</sup>
- 板材 :6.510m<sup>3</sup>

一般的な同規模の住宅では 20~25m<sup>3</sup> 程度なので4倍近い木材を使用しています。

- ・炭素固定量:63 t-CO<sub>2</sub>(使用している木材に含まれる炭素量)

建物を長く使用すればそれだけ長期間、炭素が固定されています。ハード的な劣化対策と、ソフト面からも長寿命化を目指すことが重要です。

- ・ウッドマイルージ:11,568 m<sup>3</sup>・km(ウッドマイルズ×材積)

- ・ウッドマイルージ CO<sub>2</sub>:967 kg-CO<sub>2</sub>(輸送時に総量でどの程度 CO<sub>2</sub> を排出したかの値)

近くの木で建設する魅力は、携わった方々の顔が見えやすく、愛着がわき丁寧な施設利用につながったり、身近な山の手入れが行き届き、山の健全化につながったり、近くの職人さんの仕事を生み出し地域経済の活性化につながったり、と、いろいろありますが、定量的に把握できる環境指標の一つとしての本学から始まったウッドマイルズ評価はいかがでしょうか。

准教授 辻 充孝

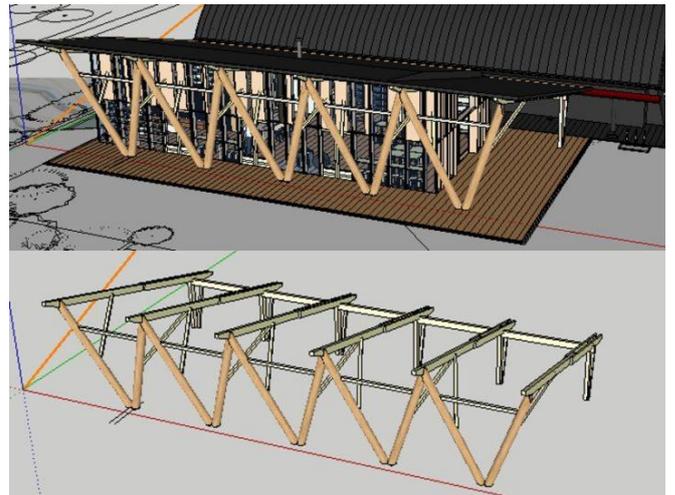
2020年04月11日(土)

事前に1ステップ: morinos 構造計算の流れ

(morinos 建築秘話 35)

一見、複雑な構造に見える建物ですが、事前準備を1ステップ追加するだけで、あとは一般的な構造計算をしています。

構造計算の流れについてお話しします。構造計算の流れが分かると一般的な木造住宅などでも大空間を構成するために構造架構を利用しやすくなるのではないのでしょうか。



水平力を負担する構造要素として、構造架構と耐力壁を併用し、開放的な空間と高強度の構造を実現しました。耐力壁については一般的な構造計算により検証できますが、構造計算に入る前に構造架構は事前準備が必要になります。

その構造架構の事前準備では、東西方向と南北方向では構造架構の強度は異なるため、各々の方向で許容耐力を求める必要があります。

構造架構の許容耐力を求める方法として、コンピュータを利用した構造解析を行います。コンピュータ上での構造のモデル化をする際には、完全な剛接合ではないため木造の接合部の特徴を捉えたモデル化が必要になります。

構造架構の許容耐力を構造解析により求めることで、一般的な耐力壁の構造計算と組み合わせています。一般的な構造計算(許容応力度計算)とすることで、一般的に設計可能な構造を実現できました。

次に、構造架構を有する木造建築の構造計算の流れの概要をステップに分けて示します。

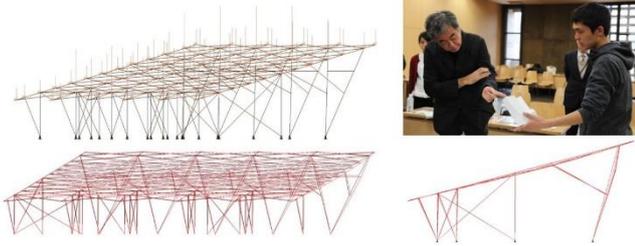
【Step 1】 一般的な構造計算に先立ち、構造架構の許容耐力を構造解析により求めます。この時に設計用の許容耐力に変換(低減※)する必要があります。

2020年04月12日(日)

## 構造材の品質(morinos 建築秘話 36)

※ 構造架構を構成する木材の材料品質のばらつき・乾燥のばらつき・施工精度のばらつきなどの不具合を構造設計時に考慮した低減

【Step 2】 構造架構の許容耐力を耐力壁と同様に扱い、一般的な構造計算(許容応力度計算)を行います。



### ◆morinos の構造架構の構造解析について

構造架構の構造解析は、一般的な線形構造解析により、構造架構の許容耐力を求めています。

構造架構をモデル化し、3次元構造解析により特定変形時の耐力を構造架構の許容耐力(東西方向:168kN、南北方向:157kN)とし、1m あたりの等価耐力壁の壁倍率(東西方向:8.58 倍、南北方向:16.03 倍)を算出しています。

ここから安全側に判断し、設計用の等価耐力壁の壁倍率(東西方向:7.20 倍、南北方向:13.30 倍)とし、面材耐力壁を考慮して構造計算を行っています。

教授 小原 勝彦

構造架構を構成している構造材や壁・屋根を構成している構造材の品質についてお話しします。

岐阜県では、岐阜県内で合法的に伐採された木材を「ぎふ証明材」と認定する制度があります。さらに、「ぎふ証明材」の中で品質・性能が担保された木材を「ぎふ性能表示材」と認定する制度があります。



また、JAS(日本農林規格)では集成材の外面の品質だけでなく、見た目ではわかりにくい接着性能や強度性能、ホルムアルデヒド放散量などについて、試験方法と適合基準が定められています。

この建物の構造材には「ぎふ証明材」、「ぎふ性能表示材」、「JAS 材」を使用しています。

建物の構造性能は、①これら規格に基づいた部材の品質・性能と、②構造材の断面形状・寸法など、から成立しています。従いまして、何人たりとも決して構造材の断面を欠損させるようなことをしてはいけません。



### ◆構造材について

構造材とは、建築物の構造部分を構成する建築材料のことを指します。構造用木材やコンクリートをはじめ、石材、レンガ、構造用鋼材なども構造材です。木造建築では、軸組、床組、小屋組など、構造上重要な部分に用いられる柱や梁なども指します。

教授 小原 勝彦

2020年04月13日(月)

## morinosの基礎(morinos 建築秘話 37)

この大きな建物を支えている基礎についてお話しします。



木造建築の上部構造体は軽量であるため、大掛かりな基礎(例えば、杭基礎など)にする必要がありません。

この敷地の地盤についてもそれほど弱い地盤ではないことが地盤調査により判明しましたので、鉄筋コンクリートの一般的なベタ基礎を採用しています。



基礎を構成する材料の品質について建設中にいろいろな検査をして、確認しています。配筋用の鉄筋については抜き取り検査により強度を検査しています。

また、JIS A 5308に基づいて、レディーミクストコンクリート(生コン)は、30-18-25N(呼び強度:30N/mm<sup>2</sup>、スランプ:18cm、粗骨材の最大寸法:25mm、セメントの種類:普通ポルトランドセメント)を使用しています。

現場での品質検査において、これらの事項に適合し、塩化物含有量は0.30kg/m<sup>3</sup>以下、空気量は4.5%±1.5%なども適合していることを検査して、確認しています。





#### ◆基礎について

基礎とは、建物を支える下部構造のことで、通常は地盤（地面）と建物の間で支える鉄筋コンクリート部分のことを指します。

基礎にはいろいろな種類がありますが、主なものとして杭基礎と直接基礎があります。杭基礎は地盤が建物重量を支持できないような耐力である場合（鉄筋コンクリート造や鉄骨造などで建物の重量が大きく、地盤がその重量などを支持しきれない場合など）に、地下の硬い支持層まで杭を打ち込んで建物を支える方法です。直接基礎には布基礎（ぬのきそ）、ベタ基礎などがあります。

土台の下部に布状（直線状）に鉄筋コンクリートなどの基礎で覆う「布基礎」は、上部構造にかかる力を地盤に伝え、上部からの力によって地盤で不同沈下しないようになっています。一方、住宅の床面全体を面状に鉄筋コンクリートなどの基礎で覆うものを「ベタ基礎」といいます。

教授 小原 勝彦

2020年04月14日(火)

## 木質構造の「キモ」接合部(morinos建築秘話38)

木造建築の構造の「キモ」のひとつである接合部についてお話しします。

このような非住宅の木造建築であっても、接合部は住宅で用いられる一般的な接合方法で十分なように設計することができます。



一般部分の接合部には、市販の補強金物を使用しています。それほど引張力が大きくない接合部には一般的な座金-ボルト接合なども使用しています。

また、一般的な構造用ビス(パネリード X)を併用している場合もあります。  
接合部に生じる引張力に応じて、ホールダウン金物などを使用しています。



しかし、構造架構においては、一般的に使用される接合金物では、設置できない場合や許容耐力が不足する場合などがあります。

そこで、製作金物が必要になります。その箇所に生じる力を十分に見極めて、その力による木材の破壊モードを十分に考慮した上で、製作金物を設計する必要があります。



この時に重要なことは、製作金物の許容耐力をどのように評価するかということになります。

製作金物の許容耐力を計算によって算出することも可能ですが、木造の接合部を計算によって評価することは、なかなか難しいです。

そこで、製作金物を設置した木造の接合部の実物大を実際につくり、試験を行って製作金物を設置した接合部の許容耐力を求めることを木造ではよく行います。

W形配置丸太やレ形配置方杖等の構造架構の各部材を接合する接合部は、2003年(平成15年)に指定性能評価機関建材試験センターにて技術評定を取得しています。

教授 小原 勝彦

2020年04月15日(水)

## CLT 面材による水平構面(morinos 建築秘話 39)

広い屋根面に CLT 面材を利用して、強い水平構面を構成しています。  
この CLT 面材による水平構面についてお話しします。

CLT パネルを軸組に水平構面用の面材として利用するために構造実験を実施しています。  
大空間における水平構面での利用を想定して 4m の間隔をこの CLT パネルを利用することで小梁無しで実現可能です。この A パネによる CLT パネルは岐阜県産材で製作されています。



この A パネによる CLT 面材水平構面は、2015 年(平成 27 年)に森林文化アカデミー・木材開放試験室で実大水平構面試験を実施した後、指定性能評価機関ハウスプラスにて技術評定を取得しています。  
一般的な住宅などでも水平構面として利用されている材料です。



また、この建物では CLT パネルを軸組に耐力壁用の面材として利用しておりませんが、A パネによる CLT 面材耐

力壁は、2015 年(平成 27 年)に森林文化アカデミーで実大耐力壁試験を実施した後、指定性能評価機関ハウスプラスにて大臣認定を取得しています。  
壁倍率を取得している耐力壁ですので、一般的な住宅などでも耐力壁として利用されている材料です。



◆CLT パネルについて  
CLT(Cross Laminated Timber)は、ひき板(ラミナ)を並べた後、繊維方向が直交するように積層接着した木質系材料のことです。  
厚みのある大きな板であり、建築の構造材の他、土木用材、家具など幅広く使用されている材料です。  
CLT は 1995 年頃からオーストリアを中心に発展し、イギリスやスイス、イタリアなどヨーロッパ各国でも様々な建築物に利用されています。  
さらに、カナダやアメリカ、オーストラリアでも CLT を使った高層建築が建てられています。日本では 2013 年 12 月に製造規格となる JAS(日本農林規格)が制定されました。また、2016 年 4 月に CLT 関連の建築基準法告示が公布・施行され、CLT の一般利用が始まっています。

教授 小原 勝彦

2020年04月16日(木)

## 木材と鋼製材のハイブリッド耐風方立(morinos

### 建築秘話 40)

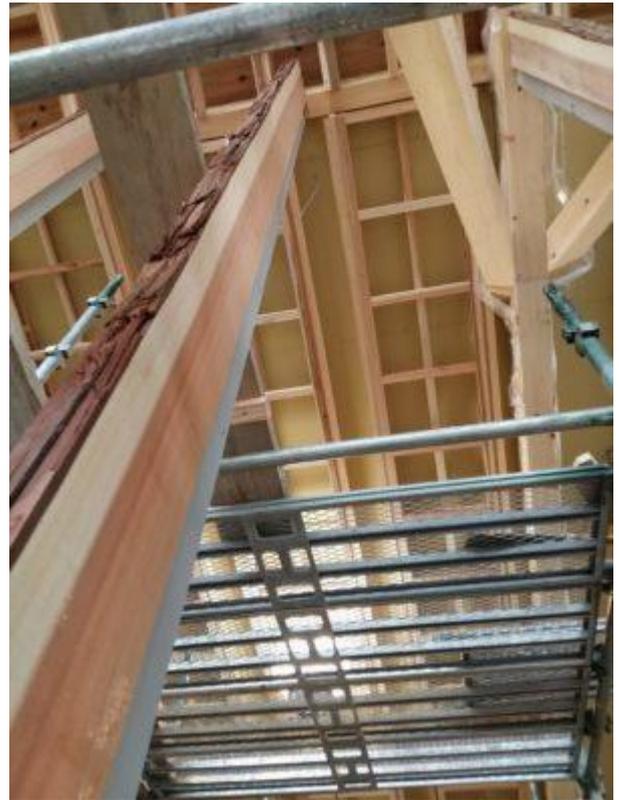
南側開口部は大きなガラスの窓となっています。このガラス窓を支える方立についてお話しします。



方立(ほうだて)とは横に連続した窓の間に設けられた垂直の棧のことで、

南側は桁まで非常に高くなっているため、風圧力を受けるガラス窓を支持するために鋼製材を利用しました。

しかし、鋼製材だけでは弱軸方向に座屈の恐れがあるため、木材と鋼製材によるハイブリッド耐風方立としました。



#### ◆座屈について

座屈(ざくつ)は、柱などに加える軸方向の荷重を次第に増加すると、ある荷重で急に柱の変形が変化し、柱の軸方向とは異なる方向に大きなたわみを生ずることです。

座屈は柱の長さに依存し、短い柱では座屈を起こさず、長い柱のみに座屈を生じます。

座屈現象は構造の不安定現象のひとつです。

この方立のように、ガラス窓を支持していることで鉛直荷重を受け、さらに風圧力による曲げ荷重を受ける部材は、座屈荷重と曲げ荷重の複合応力の検討が必要になります。

教授 小原 勝彦

