

北の民家モデル・設計マニュアル

N P O 法人 北の民家の会

平成 24 年 3 月

はじめに

北海道は所謂「内地」とは比較出来ないほどの厳しい自然条件を持っています。北海道における住宅建築は冬の寒さへの挑戦であり、高断熱と高気密の確保を重視してきました。北海道への移住が始まった明治期の家づくりは、慣れ親しんだ開放的な和風の住まいでしたが、特に昭和期における低廉な断熱材の開発により、断熱材の充填厚確保の観点、気密を確保する上での施工性の容易性等から大壁の家づくりが中心となっていきます。大壁づくりは構造材等の木材が室内側に見えないため、木造住宅であっても木の雰囲気を感じられない住宅がほとんどです。

現在、北海道内においても大手ハウスメーカーやパワービルダーが多く営業活動を行っている状況であり、地域に密着した中小工務店が行う家づくりに対する考え方と差別化が問われています。生き残りを掛けるには、中小工務店の強みである地場の森林資源と人的資源を活かした家づくりを行っていく必要があります。「北の民家モデル」は地域材と職人の技による「木の骨組み」を全面に出した空間デザインを基本としています。それらの住宅建築を行うには、現状の森林資源と木材流通の状況を踏まえた架構や、木材産業との連携が必要です。

「民家型の住宅」というと「古くさい」「寒い」「住みにくい」というネガティブなイメージが先行しがちです。現在、木造軸組構法においても面材利用や通気構法、充填断熱工法など、断熱・気密の技術開発が重ねられており、架構が見える真壁造りの住宅でも十分に長期優良住宅の性能を満たすことが可能です。「北の民家モデル」では、かつて北海道の住まいが持っていた大らかで開放的な暮らし方を提案していきます。また、平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災で明らかになったように電気・ガスがなくとも最低限の安全が確保されることが重要です。

このような状況において、「北の民家モデル」プロジェクトでは、高気密・高断熱・高耐力などの北海道で必要な性能を満たしながらも、職人の技による木の骨組みを全面に出した住宅建築を進めるため、平成 21 年度国土交通省地域木造住宅市場活性化推進事業において、「北の民家モデル・基本的な考え方」を取りまとめました。本冊子はその取り組みをより具体的に発展させ、現在の道産材における供給の実態や構造材としての性能の確認を行い、設計事務所や工務店が取り組むための「北の民家モデル・設計マニュアル」として取りまとめたものとなっています。

平成 24 年 3 月
NPO 法人 北の民家の会
理事長 羽深久夫

目次

第1部 「北の民家モデル」設計マニュアル

1 . 「北の民家モデル」の理念	1
(1) 「性能」～雪深い地域ならではの架構形式	
(2) 「資源」～道産材の状況に合わせた加工	
(3) 「暮らし」～居間を中心とした構造材現しの大らかな空間	
2 . 本事業における取り組みの方向性	3
(1) 構造材として道産材を利用するための課題整理	
(2) 道産材を構造材として利用するための諸条件の整理	
3 . トドマツの構造材利用に向けた課題	7
(1) 道産材の強度と物性の確認	
(2) 木材の含水率と乾燥	
(3) 道産トドマツを用いた接合部耐力試験の実施	
(4) 道産トドマツの利用に向けた可能性と課題	
4 . 「北の民家モデル」のコンセプトモデル設計	17
(1) 「北の民家モデル」のコンセプト	
(2) 「北の民家モデル」コンセプトモデルの設計	
(3) コンセプトモデル設計	
5 . 「北の民家モデル」設計マニュアル	27
(1) 軸組架構の設計方針	
(2) 耐力壁の設計方針	
(3) 水平構面の設計方針	
(4) 接合部の設計方針	
(5) 温熱環境に対する考え方	
(6) メンテナンスに対する考え方	
(7) 建設費試算	
(8) 敷地バリエーションによる展開の検討	
6 . 事例編	42
(1) C A S E 1 . 道産トドマツの無垢材を構造材として利用する～幌西の家	
(2) C A S E 2 . 森から住まいをつくる～美唄の家	
(3) C A S E 3 . 現代風古民家～千歳の家	

第2部 技術編 46

1. 道産トドマツ材を用いた伝統的接合部の強度性能評価

2. コンセプトモデルにおける耐震等級2のチェック

3. コンセプトモデルにおけるQ値計算 (QPex ver.2.07)

4. コンセプトモデルにおける住宅事業建築主の判断基準

住宅事業建築主の判断基準とは

建売戸建住宅を新築・販売する事業者（以下、住宅事業建築主）の方を対象とした基準です。戸建住宅の仕様・性能を決定し、設計・新築し販売することを業とする住宅事業建築主に対し、自らが新築・販売する建売戸建住宅について、目指すべき省エネルギー性能を定めたものが「住宅事業建築主の判断基準」です。

本書の構成

第1部は「北の民家モデル」～設計マニュアル～となっています。北海道における現在の森林資源の状況からトドマツ材を使用した家づくりを基本とし、伝統的な仕口・継ぎ手を用いた架構体を実現するために実施した接合部の耐力試験の概要が記載されています。また、「北の民家モデル」の設計の進め方について、コンセプトモデルの設計を通じて把握できる構成になっています。

第2部は技術編となっています。本事業において実施した伝統的な仕口・継ぎ手による接合部の耐力試験の詳細、コンセプトモデルの設計時に検討した住宅性能表示制度における耐震等級2のチェック結果、省エネ法における住宅事業建築主の判断基準における算定、Q値計算結果などをまとめており、「北の民家モデル」を設計する際に参考として利用する資料となっています。

(2)「資源」～道産材の状況に合わせた加工

現在、道産の無垢構造材の供給体制は整っていない状況です。今後、利用を前提に生産側との連携を深めていく必要があります。その際に、使用する材料の寸法・長さなどの規格の整理や利用部位、加工方法を明確にしていくことで、供給側と利用側のリスクを軽減することが出来ます。

加工の方法としては手刻みを前提としつつも、プレカットとの併用など、予算に合わせたメニューの整備を進めることや、長ぼぞ込栓打ち、追っかけ大栓などの伝統的仕口・継ぎ手の道産材による耐力実験により建築用材としての特性を明らかにしていくなど、今後取り組む課題は多くあります。

素材生産側、木材加工側と連携を深め、状況に合わせた木材の供給・加工の体制を整備することで、今後の道産材の活用や大工技術の継承につなげます。



プレカット機械と手刻みの併用



道産トドマツ材による長ぼぞ込栓打ちの耐力実験



(3)「暮らし」～居間を中心とした構造材現しの大らかな生活空間～

北海道の住まいは過酷な冬の寒さへ適合するため、洋風化からスタートし、特に昭和 30 年前後から数十年の間に寒地建築の技術を進化させてきました。一方で、5～10 年毎に住宅のスタイルが大きく変わり、柱の見えない大壁造りを基本とした個室中心の室内、細い構造材など、かつて持っていた大らかで開放的な住空間は姿を消しつつあります。

「北の民家モデル」では、かつてそうであったように、家族の集まる場所として居間を捉え、それを中心として生活空間を構成します。また、吹き抜けを通じた温度環境の均一化や南面の大開口による太陽エネルギーの利用、薪ストーブの導入などに代表される環境負荷の少ない生活空間とします。



薪ストーブのある居間の団欒



吹き抜け空間

2. 本事業における取り組みの方向性

北海道の森林面積は、554 万 ha であり、本道の総面積の約 7 割に当たります。また、全国の森林面積の 22% を占めるなど、全国的に見ても豊富な森林資源を擁しています。

北海道の森林にはトドマツやエゾマツなどの針葉樹とミズナラやカンバ類、イタヤ、ブナなどの広葉樹で構成される天然林、トドマツ、カラマツ、スギなどの針葉樹を中心に植えられた人工林があります。人工林は、高度経済成長期の大量伐採に応じて植林された背景があり、現在、伐採に適切な時期（伐期）を迎えようとしています。

これらの森林資源を適切に利用し、循環を図ることで、国土の保全や水資源の涵養、地球温暖化をもたらす二酸化炭素の吸収・貯蔵、道産材利用による木材調達の運輸エネルギーの削減など、多くの効果を得ることが出来ます。

「北の民家モデル」では構造材として道産材を利用することが前提です。北海道における森林資源の状況よりカラマツ、トドマツについて利用できる可能性が高いことから、特にこれまで性能が確認されてこなかったトドマツについて利用の方向性について検討を行います。

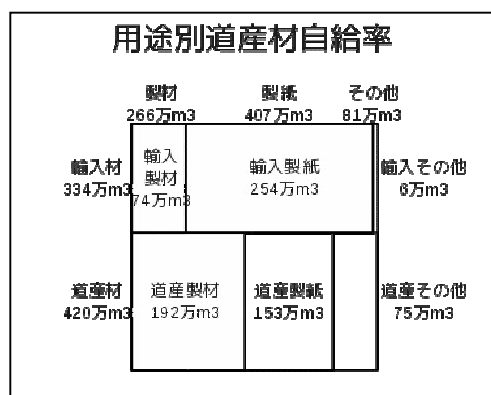
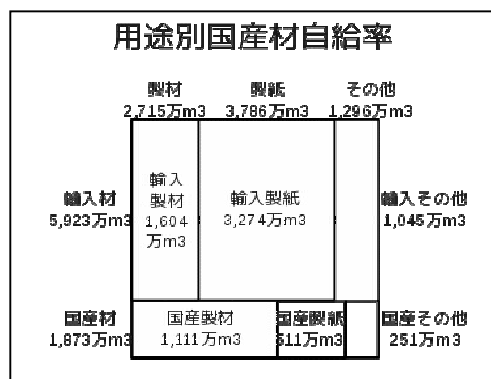
（１）構造材として道産材を利用するための課題整理

）住宅分野における道産材の活用

北海道における木材自給率は 56% であり、全国平均の 24% と比較して倍以上の自給率となっています。しかし、その利用状況において、製材用としての利用は 46% に留まっている上、製材の内訳では 51% が梱包資材であり、建築材への利用は 43% 程度となっています。

また、道内の新築住宅工事における道産材の自給率は 27% に留まっており、構造材ではなく羽柄材や板材として利用されている実態が報告されています。

一方で、財団法人日本住宅・木材技術センターや各金物メーカー等で行われている接合部の試験等はスギ、ヒノキ等で行われており、構造材として道産材を利用しようとする場合、トドマツやカラマツといった主道産材について構造的な試験がされていない実態があります。これまでトドマツについてはスギ同等、カラマツについてはヒノキよりも強い材料として扱われていますが、建築用材としてのきちんとした性能確認が必要と考えられます。



新築住宅道産材自給率

$$\begin{aligned} \text{自給率} &= \frac{\text{道産丸太挽き建築材の道内出荷量}}{(\text{道産丸太挽き建築材の道内出荷量} + \text{外国産丸太挽き建築材の道内出荷量} + \text{外国産建築材の輸入量} + \text{道外産建築材の移入量})} \times 100 \\ &= 27\% \end{aligned}$$

）北海道の森林蓄積と利用状況

戦後植林された人工林は 50 年を経過して利用期に入ったものもあることから、今後は針葉樹を主体とする人工林材の利用を促進していく必要があります。人工林面積における樹種別の割合ではトドマツが52%、カラマツが 30%となっています。樹種別の森林面積と齢級のグラフを見ると、カラマツについては人工林で8 齢級～ 11 齢級程度（40～55 年生）の蓄積が多くなっている事が分かります。トドマツについては人工林で6 齢級～ 10 齢級（30～50 年生）の蓄積が多くなっています。

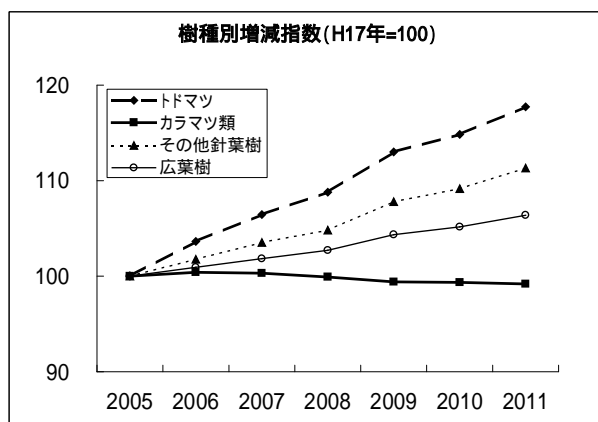
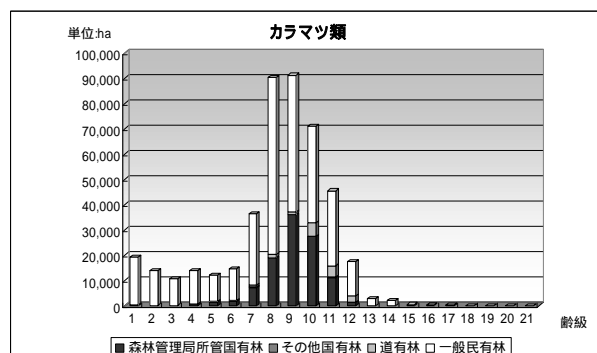
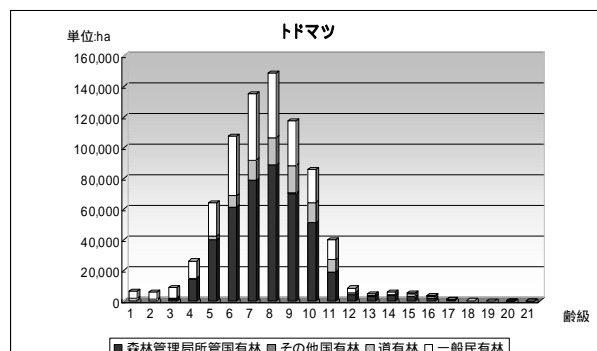
北海道水産林務部の行ったカラマツの素材生産予測では、2012 年以降、カラマツの大径木の割合が増加することが予測されています。また、トドマツについては齢級と蓄積状況から、およそカラマツから10 年遅れの 2022 年前後には大径木の割合が増加されることが予想され、同様に建築用材としての利用が求められています。

利用状況では、カラマツについては生長量とほぼ同量の伐採が行われており、将来的に資源が減少する可能性があります。一方トドマツは伐採量が生長量の半分以下に留まっており、有効な資源活用が求められています。

）道産材の製材可能寸法と調達

戦後に植林されたトドマツ人工林の成熟により、現在 50 年生程度のトドマツ（末口径 30cm 程度）の出荷量が増加しています。逆に末口 40cm を超える丸太は数%の出荷に留まっていることから、末口 30～36cm 程度の丸太から製材可能な寸法を基本として構造材の寸法を整理していく必要があります。

北海道では、丸太長さが 12 尺（3.65m）で玉切りされることが多いため、それ以上の長さの材を確保するためには林業者や製材事業者と連携を深め、計画的に進めることが重要です。また、大壁主流の状況から、105mm×105mm よりも大きな断面の材料を確保することも同様の状況にあります。



トドマツの原木

(2) 道産材を構造材として利用する為の諸条件の整理

(1) に示した北海道の森林資源の状況を踏まえ、道産材を構造材として利用するための検討・確認事項を以下にまとめます。

トドマツの利用を前提とする

道内の森林資源の及び利用における現況より、生長量に比較して伐採量が低いトドマツをどのように利用するかが今後の課題として挙げられます。特に 2022 年前後には大径木のトドマツの割合が増加することが予想されており、建築用材として有効に活用した家づくりが求められています。

構造材としての基礎的データの収集

トドマツについてはエゾトドと呼称され、エゾマツ、トドマツが同じ材料として扱われてきた歴史がありますが、実体としては異なる材料です。また、トドマツはスギと同等の材料として区分されていることに加え、人工林の齢級が低く、羽柄材としての利用が主であったことから、住宅の構造材として利用するための一般的な接合部の強度試験等はこれまでに北方建築総合研究所や林産試験場等でも実施されていない模様です。現在、長期優良住宅や住宅瑕疵担保履行法など、性能に関する明示と責任が家づくりの担い手に求められており、道産トドマツの持つ性能を明確にすることが利用する範囲を広げていくことにつながります。

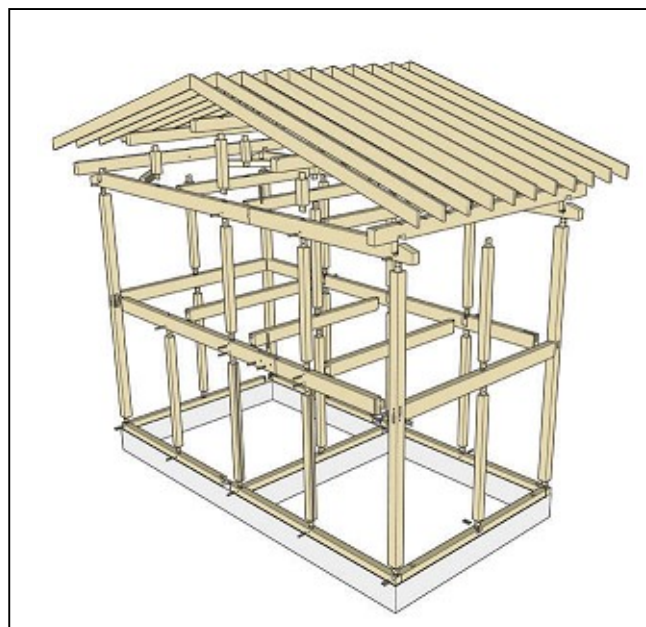
道産トドマツを住宅に利用する構造材について考えた場合、選択肢として製材と集成材が考えられます。ここでは、集成材は性能が明確であること、生産コストが製材に比べて高いことから、普及性と生産性を考慮し、今後の活用の幅を広げるためトドマツ製材について接合部の強度試験を実施することとします。

また、接合部の加工方法としては大工の手刻みによる伝統的な仕口・継ぎ手、プレカットによる仕口・継ぎ手、金物接合があります。「北の民家モデル」では可能な限り手刻みとしていること、特定の加工機械や金物に頼らないことでの普及性を考慮し、伝統的な仕口・継ぎ手による接合部での性能確認を行うこととします。

実験を実施する接合部の選定については、「北の民家モデル」に留まらず一般的な在来工法でも利用可能な接合部であること、過度に難しい仕口・継ぎ手ではないことを考慮し、財団法人日本住宅・木材技術センターで公開している木造住宅耐力要素データベースを参考とし、以下に示す 4 種類の仕口・継ぎ手とします。

長ほぞ差し込栓打ち / 柱の柱頭・柱脚
追っ掛け大栓継ぎ / 胴差と胴差、桁と桁
小根ほぞ差し込栓打ち / 胴差と通し柱
大入れ蟻掛け / 胴差・大梁と床梁

「北の民家モデル」は上記の 4 つの仕口・継ぎ手を用いることを原則とし、必要な部分については Z マーク金物等で補強していくものとして考えます。仕口・継ぎ手を揃えることで、合理的な可能が可能になり、大工の習熟効果による作業性の向上も期待されます。



～ の接合部による架構体イメージ

）柱は4寸角（120mmx120mm）、梁は4寸平角（120mmx240mm）・長さ4mによる架構計画とする

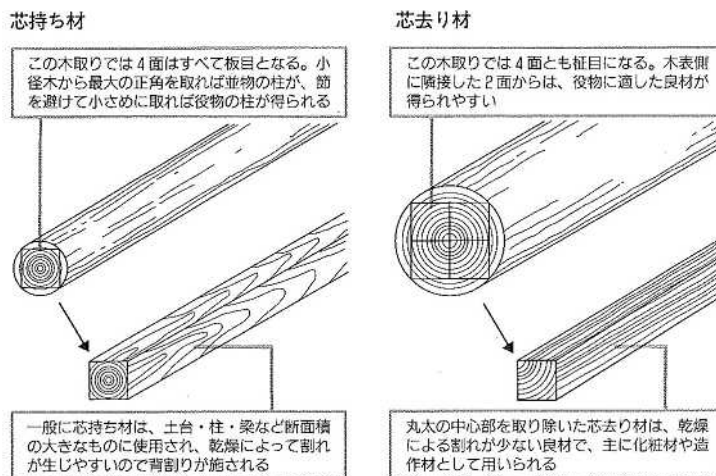
森林の蓄積状況からトドマツの供給状況は50年生（末口径30cm～36cm）が中心の供給であり、合わせ梁で必要とされる5寸角等の製材品を安定供給することは難しい状況にあり、現状で無理のない製材が可能な寸法での活用を検討していく必要があります。

また、トドマツは乾燥に伴って割れが生じやすい特性があります。芯去り材とすることで割れを防止することも出来ますが、平角や長尺材は末口36cm程度以下の丸太では芯去り材としては製材出来ない場合もあります。

柱材については4寸角であれば問題なく芯去り材が確保出来るため、4寸角、芯去り材を基本とします。また、通し柱については6m材（一般的な通し柱材の規格）の安定供給は難しいこと、伝統的な接合部では四方差しとした場合、断面欠損が大きくなることから、原則として通し柱は四隅を含む外周部に限定した架構体として考えます。

梁材は床や積雪の荷重を受けるため、4寸角では架構に制限が係りすぎるため、平角（120mm×240mm）の利用を基本とし、木取りは芯持ち材とします。ただし、芯持ち材は確実に芯までの深さの割れが生じますので、建築主への十分な説明が必要です。また、四方差しになる通し柱は用いず、梁勝ちの納まりを原則としますが、柱上では継ぎ手が組めないことや、継ぎ手の加工に1尺程度の長さが必要なことから、4m以上の材が必要になる場合があります。

北海道の製材は大壁の家づくりが主流のため105mm巾での製材が中心となっており、多くの製材事業者では120mm巾の材料は特殊製材になります。また、長さも通常は3.65mですので、4m以上の材は原木段階から計画的に行う必要があります。近年120mm巾での製材に取り組んでいる事業者も見受けられますが、現時点ではまだ一般的ではありません。



芯持ち材と芯去り材

（出典：エクスナレッジムック 新・木のデザイン図鑑）

平角の割れは強度の低下になるか？

平角の割れは、通常、大きな材面（側面）に芯までの深さで生じます（芯が中央部にある場合は幅の1/2程度）。全ての延長にわたって割れが生じますが、ある断面を見ると、通常は1面にしか割れは生じません。

梁材は、上面には圧縮、底面には引っ張りの力がかかります。材の中央部は圧縮と引っ張りの力が拮抗し、大きな力が生じません。割れによって若干の強度低下は生じますが、構造的な問題は生じません。



トドマツ平角の割れ

3. トドマツの構造材利用に向けた課題

「北の民家モデル」の木組みの構造に道産トドマツを利用するために、トドマツの性能確認や品質管理における課題を整理します。

トドマツは乾燥に伴って芯部の割れが生じやすい樹種です。これまで多くの方法が試されてきましたが、現状では芯部の割れを防ぐ乾燥方法は確立されていません。ただし、割れは繊維方向に沿った形でしか発生せず、木材の持つ強度に影響はありません。また、「製材の日本農林規格（JAS）」において構造用製材の割れに対する基準が「貫通割れ」のみ規定対象になっています。これらは繊維方向に入る「表面割れ」は、繊維の連続性を大きく断絶することなく、軸（繊維）方向に作用する曲げ、引っ張り、圧縮等の応力に対して強度の低下要因に当たらないとする考え方に因っています。但し、接合部に用いる場合は割れと接合具（釘、ビス等）の位置が重ならないように施工することが重要です。これらのことから、「北の民家モデル」はエンドユーザーへの説明を前提とした上で、表面割れについては許容するものと考えています。

（1）道産材の強度と物性の確認

木材の強度を示す値として、曲げ強度、圧縮強度、せん断強度、曲げヤング係数の4つが使われます。右表は北海道内で主に住宅用材として利用可能なエゾマツ（国産・北洋材）、トドマツ、カラマツについてまとめたものです。各樹種の強度と物性の確認は、内地で柱・梁などの構造材として利用されているヒノキとスギとの比較により行います。

樹種	気乾比重	強度 (kg/cm ²)			曲げヤング係数
		曲げ強さ	圧縮強さ	せん断強さ	
国産エゾマツ	0.43	720	360	75	95
北洋エゾマツ	0.47	695	310	80	95
トドマツ	0.45	650	330	65	80
カラマツ	0.53	850	450	80	105
ヒノキ	0.41	750	400	75	90
スギ	0.38	660	340	80	80

曲げ強度

曲げとは、主に横架材に作用する力です。また、外周部では風圧力を受けるため、柱や横架材にも作用し、支点間の中央部で最大になります。曲げ強度とはこれに対する強度を示す数値です。

樹種別に見るとエゾマツ（国産・北洋材）、カラマツはスギよりも強度が高くなっていますが、トドマツについては若干低くなっています。

圧縮強度

圧縮とは、部材を押す力のことです。木造住宅では主に柱に作用する力です。

樹種別に見ると国産エゾマツ、カラマツはスギよりも高く、トドマツ、北洋エゾマツは若干低くなっています。

せん断強度

せん断力とは、繊維を断ち切るような平行で逆向きの力で、部材のせん断耐力が不足すると、繊維方向に引き裂かれる破壊性状を示します。特に、せん断力は梁端部の下側で最大になります。

樹種別に見ると、カラマツ、北洋エゾマツはスギと同等、国産エゾマツは若干低く、トドマツは更に低くなっています。

曲げヤング係数

曲げヤング係数とは荷重をかけたときの部材の変形のしにくさを示す数値で、数値が高いほどたわみにくくなります。屋根や床の重みを支える梁材で、重要な特性を示すものです。

樹種別に見ると、エゾマツ（国産・北洋材）、カラマツはスギよりも強く、トドマツはスギと同等の性能があります。

（２）木材の含水率と乾燥

含水率とは木材に対する水分の比率です。腐朽や製作後の変形、狂い、割れを少なくするためには、しっかりと木材を乾燥させる必要があります。一般的に構造材の含水率は強度及び狂いの防止から 20% 以下が望ましいとされています。最終的には築後、数年を経てその地域の平衡含水率^１（14～17%程度）に近い値に落ち着いていきます。しかし、北海道においては冬季のエアコン利用等により室内が過乾燥状態となることで、8%前後まで含水率が落ちることがあり、表面割れの発生につながることがあります。トドマツは乾燥に伴って割れが生じやすい樹種特性であることから、納材時の含水率は 12%をターゲットに、15%以下を基準とすることで、表面割れの発生を低減することとします。

また、繊維方向に入る表面割れは木材の強度に影響は少なく、日本農林規格（JAS）においても規定されていませんが、実際に利用する上では以下の２つの懸念事項があります。

エンドユーザーの不安につながる

接合具を留めた場合、期待する耐力が得られない

に対しては、相談や設計の段階からきちんとエンドユーザーへの説明を繰り返し、事前に納得を得ておくことで、引き渡し後のクレームにつながることを防止出来ます。また、^２に対しては、特に地震時の水平力にきちんと抵抗するため、柱部材については芯去り材を用いることで期待される耐力を得ることが可能です。また、背割り材^２も表面割れを防止するのに有効な方法です。かつては、柱・梁とも背割りを施していました。現在は主に柱材において利用されますが、四国などでは横架材に利用した取り組みも見られます。但し、断面欠損や曲げ強さの低下に注意が必要となります。

割れやねじれを抑止するトドマツの乾燥技術については、現在も取り組みが継続されており、多くの乾燥方法があります。例えば表面割れやねじれを抑止する高温乾燥材は、内部割れが生じやすい乾燥方法です。手刻みの場合、材の内部に割れがあると接合部の弱点になってしまうことなど、乾燥方法や使用する部位、接合方法を検討した上で材料を選択していく必要があります。

１ 木材の収縮・膨張と平衡含水率：

木材の水分は、細胞壁内にある結合水と、細胞内腔にある自由水に分かれます。伐採した木を乾燥させると、まず自由水が蒸発して消失した後、結合水の蒸発が起こります。自由水が消失した時の木材の含水率は約 30%であり、この状態を「繊維飽和点」といいます。

繊維飽和点に達した木材を一定の温度・湿度に調節された環境に放置すると、ある含水率に達した時点で木材の吸湿と放湿が同じスピードになり、見かけ上木材が吸放湿を行わなくなり、木材の収縮・変形は収まります。この平衡に達する含水率は温度と湿度によって一意に定まり、平衡含水率と呼びます。この状態にある木材が「気乾材」です。日本の場合、外気の平衡含水率は季節や地域によって異なりますが、おおむね 12 - 16%程度となります。平衡含水率は前述の通り温度と湿度によって定まることから季節や室内環境により異なり、吸放湿を繰り返すことにより木材の収縮・膨張が発生し、表面割れ等が生じます。

２ 背割り材：

主に真壁造りの住宅等の室内側に柱を現して用いる場合、柱の一面にのみ予め芯に達する割れ目（背割り）を入れておくことで、人の目に入る柱の他の面に割れが生じないようにした材料です。

(3) 道産トドマツを用いた接合部耐力試験の実施

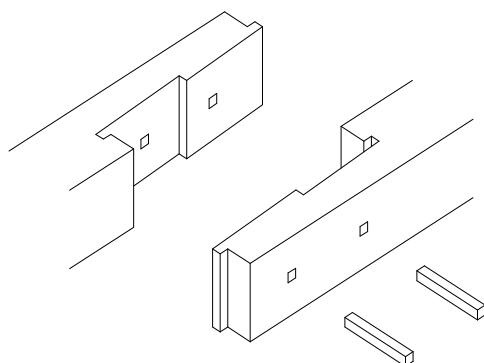
試験の概要

2.(2)-)で記載した通り、道産トドマツについてはこれまで接合部に関する耐力試験等は実施されてこなかったため、正確な性能が分からない状態です。接合部耐力試験は財団法人日本住宅・木材技術センターの木造住宅耐力要素データベースを参照し、「北の民家モデル」に留まらず、実際に木造住宅で利用することを視野に入れて以下の4つとしました。

追っ掛け大栓継ぎ（引張試験）では地震時の水平力により生じる横架材接合部（胴差-胴差、桁-桁等）での引張力に対する耐力、 長ほぞ差し込み栓打ち（引張試験）では地震時の水平力により生じる柱頭・柱脚での引き抜き力に対する耐力を確認しています。

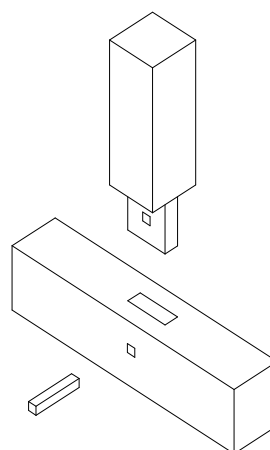
また、 大入れ腰掛け蟻落とし（せん断試験）では床荷重等の鉛直荷重を伝達する横架材接合部（胴差-床梁等）における端部支持の耐力、 小根ほぞ差し込み栓打ち（せん断試験）では鉛直荷重を受ける横架材と通し柱の接合部における端部支持の耐力を確認しています。

追っ掛け大栓継ぎ（引張試験）



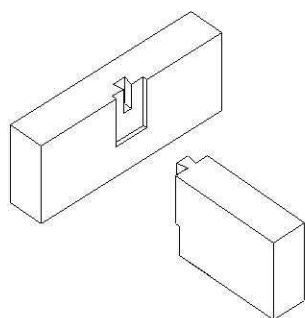
主な接合部
・ 胴差と胴差
・ 桁と桁

長ほぞ差し込み栓打ち（引張試験）



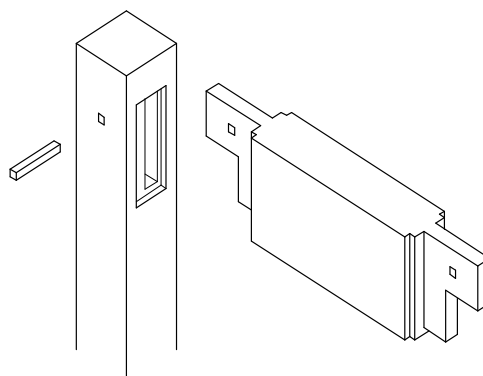
主な接合部
・ 柱と土台
・ 柱と横架材
・ 束と横架材

大入れ腰掛け蟻落とし（せん断試験）



主な接合部
・ 大梁と床梁
・ 胴差と床梁

小根ほぞ差し込み栓打ち（せん断試験）



主な接合部
・ 通し柱と胴差
・ 通し柱と小屋梁

大入れ腰掛け蟻落とし（せん断試験）は第2部 技術編 1. 道産トドマツ材を用いた伝統的接合部の強度性能評価における大入れ蟻掛けBに該当します。

）試験体の製作

製材の寸法形式は、梁材用の平角(130×250×3750mm)および正角(130×130×3750mm)であり、中温条件による人工乾燥処理を行ったものから試験体を製作しました。

これら製材について、2011年9月に製材工場において打音を用いたヤング係数の測定を実施しました。図に示すように、平角の平均密度は0.374g/cm³、平均ヤング係数は9.8kN/mm²(n=25)、正角は同0.393g/cm³、10.6kN/mm²(n=38)との結果が得られました。



写真 2-1 平角材の状態



写真 2-2 正角材の状態



写真 2-3 打音測定の様子

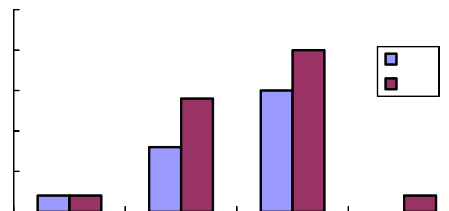


図 2-2 ヤング係数の分布

上記の製材品より、)で示した各接合部についてそれぞれ4体の試験体を製作し、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場において耐力試験を実施しました。

各接合部の試験結果及び考察

各接合部の耐力試験により得られた結果について、以下に示します。

追掛け大栓継ぎの引張試験

平角用トドマツ製材から作製した試験体(4体、含予備実験)及び込み栓(ナラ)を用いて引張試験を実施しました。

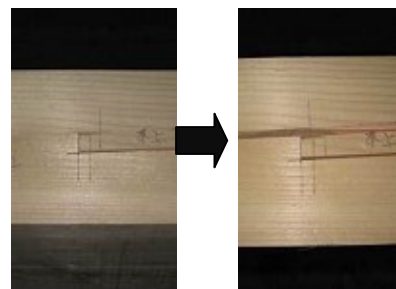
試験体はいずれもあご部分から先がせん断破壊により部材が破断し、荷重が急激に低下しました。ただし、突き付け部には偏心荷重が加わるため、目

違い部に割裂が生じた後にせん断破壊に至ったと考えられます。一方、込み栓の変形は少なく、引っ張り荷重を負担する割合は小さいと考えられます。

破断した荷重はいずれも 55kN ~ 60kN であり、住宅として考えた場合、大きな地震の 3 ~ 4 倍程度の荷重がかかった状態であることから、住宅用の接合部としては十分に役割を果たすことが確認されました。一方、横架材同士の継ぎ手として用いられることから、今後、曲げやせん断を負担した場合の性能についても確認していく必要があると考えられます。

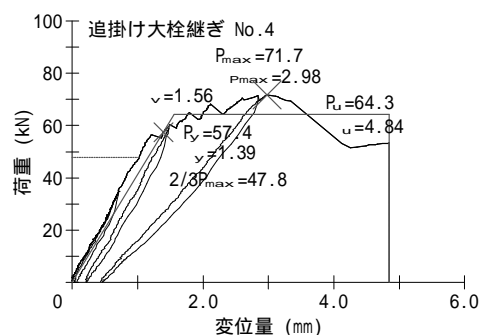
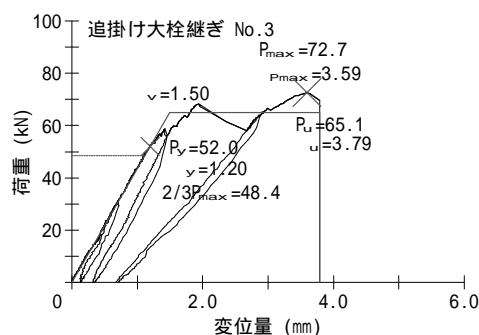
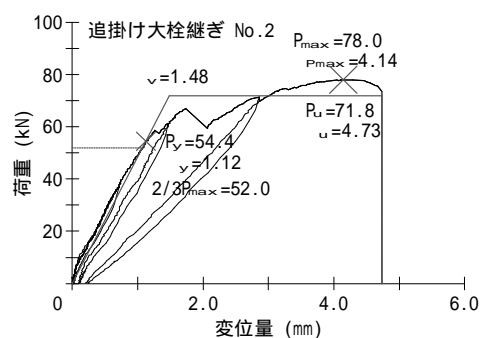
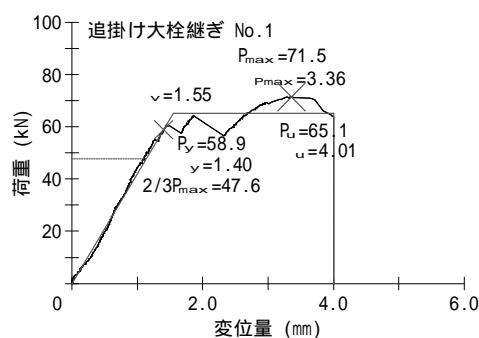


試験実施状況



試験終了後の状態

追掛け大栓継ぎ	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	71.50	3.36	58.90	1.40	41.94	1.55	65.10	2.58	0.49	47.67
2	78.00	4.14	54.40	1.12	48.37	1.48	71.80	3.19	0.43	52.00
3	72.70	3.59	52.00	1.20	43.37	1.50	65.10	2.52	0.50	48.47
4	71.70	2.98	57.40	1.39	41.27	1.56	64.30	3.11	0.44	47.80
平均(2~4)			54.60							49.42
変動係数			0.05							0.05
下限値			46.07							42.31



試験結果表における各項目の解説

P_{max} : 最大耐力(kN), 特定変位に達するまでの間に接合部に加わる最大荷重の値

P_u : 降伏耐力(kN), 接合部の損傷が生じていないとみなすことのできる限界の耐力

一般に接合部の耐力は、 P_{max} に安全率 2/3 を乗じた値と、降伏耐力のうち、小さい方の値を用いる。のせん断試験では長期荷重による変形を考慮するため、 $1/3 P_{max}$ 及び $\delta_{1/3P_{max}}$ ($1/3 P_{max}$ 時の変位) を表記している。

$\delta_{P_{max}}$: 最大耐力時の変位(mm), P_y : 降伏耐力(kN), δ_y : 降伏耐力時の変位(mm), K : 初期剛性 (kN/mm),

δ_v : 降伏点変位(mm), μ : 塑性率, D_s : 構造特性係数, $2/3 P_{max}$: 最大耐力の 2/3(kN), $1/3 P_{max}$: 最大耐力の 1/3(kN)

長ほぞ差し込み栓打ちの引張試験

正角用トドマツ製材から作製した試験体（４体、含予備実験）及び込み栓（ナラ）を用いて引張試験を実施しました。

試験体はいずれも込み栓がせん断破壊されたことによって最大耐力が決定されました。しかし、破壊後も長ほぞとほぞ穴の間に込み栓がめり込みながら

挟まっていたため、最大耐力の概ね 1/2 以上を維持したままねばり強い挙動を示し、完全に耐力を失うには至りませんでした。

これまで実施された他の樹種による同様の実験では、込み栓部のほぞの端抜けや、土台の割裂破壊が生じたものもあり、長ほぞ差し込み栓打ちの破壊形態は、樹種や柱と土台材、込み栓の強度、そしてそれらの寸法によって変化することが分かっています。トドマツとナラを用いた本試験ではこれらのバランスが適切であったと考えられます。

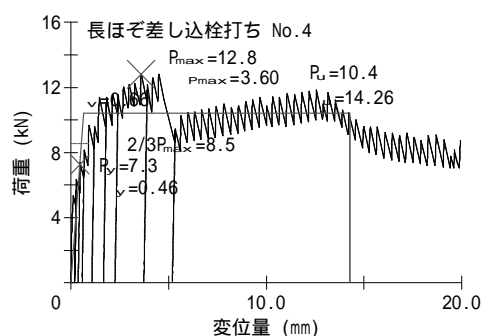
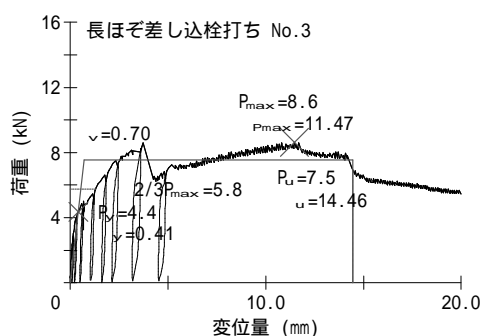
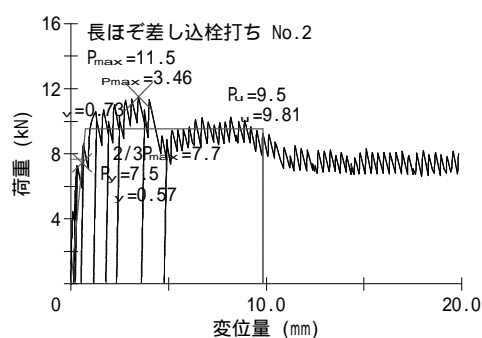
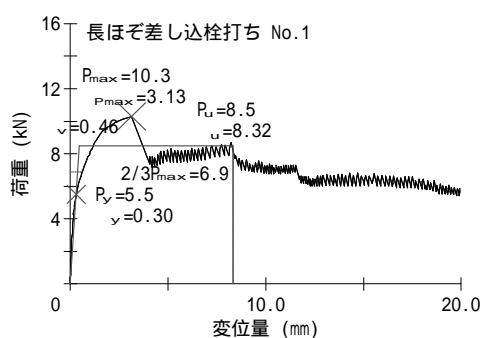


試験実施状況



試験終了後の状態

長ほぞ差し込み栓打ち	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	10.30	3.13	5.50	0.30	18.58	0.46	8.50	18.23	0.17	6.87
2	11.50	3.46	7.50	0.57	13.01	0.73	9.50	13.39	0.20	7.67
3	8.60	11.47	4.40	0.41	10.74	0.70	7.50	20.62	0.16	5.73
4	12.80	3.60	7.30	0.46	15.69	0.66	10.40	21.49	0.15	8.53
平均(2～4)			6.40							7.31
変動係数			0.27							0.20
下限値			0.93							2.79



大入れ腰掛け蟻落としのせん断試験

平角用トドマツ製材から作製した試験体（４体、含予備実験）を用いて引張試験を実施しました。

試験体はいずれも変形が 30mm 程度で最大荷重を示しており、蟻ほぞ部に加えて大入れ腰掛け部でも大きな横圧縮変形が確認されました。せん断耐力を向上させるためには蟻ほぞやあごの大きさを大きくしてめり込み面積を大きくすることが重要となります。実際には男木の蟻掛け接合部には梁材のたわみ等による引張力も発生するため、女木の有効断面積が不十分の場合には引張耐力は低下することに注意し、負担加重を考慮した上で寸法を決定する必要があります。



試験実施状況

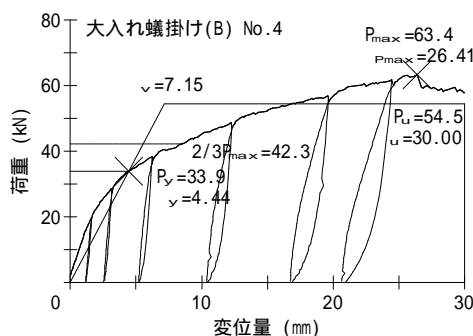
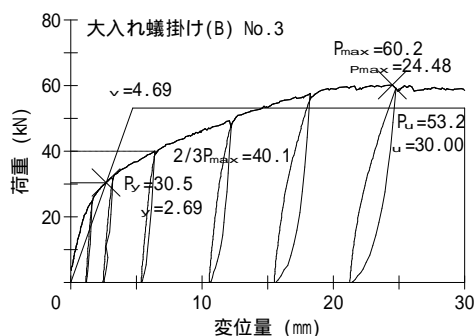
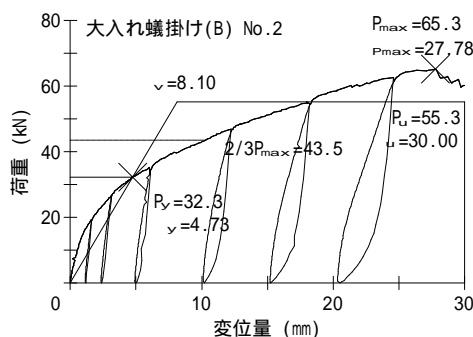
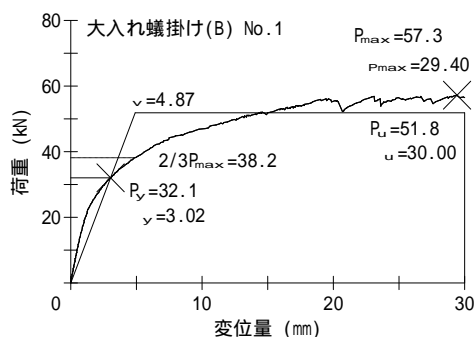


試験終了後の状態

大入れ腰掛け蟻落としは主に２階の床梁と胴差に用いる仕口であり、せん断試験により長期加重による変形を確認しているものです。通常の使用状況において、3mm 程度以上床梁が下がってしまうと床鳴りの原因となりますが、試験結果では初期の変形が加重に対して緩やかであり、1/3 P_{max} の平均変位も 2mm 以下であることから、十分に居住性を確保出来ることが確認されました。

長期荷重による端部支持の耐力を向上させる（変位量を小さくする）には仕口のせん断耐力を増す必要があります、女木の寸法を 1 寸（30mm）大きくすることにより女木腰掛け部の残り寸法を大きくするなどの検討を行っていくことが考えられます。

大入れ蟻掛け(B) (1接合部)	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	2/3 P_{max}	1/3 P_{max}	$\delta_{1/3P_{max}}$
1	28.65	30.00	16.05	1.98	5.32	2.86	25.90	10.49	0.224	19.10	9.55	1.03
2	32.65	19.22	16.15	3.96	3.41	6.99	27.65	4.29	0.363	21.77	10.88	2.06
3	30.10	24.05	15.25	4.32	5.68	6.55	26.60	4.58	0.350	20.07	10.03	1.01
4	31.70	29.26	16.95	8.15	3.82	12.69	27.25	2.36	0.518	21.14	10.57	1.74
平均(2~4)			16.12							20.99	10.49	1.60
変動係数			0.05							0.04	0.04	0.34
ばらつき係数			0.83							0.87	0.87	
下限値			13.44							18.28	9.14	



小根ほぞ差し込み栓打ちのせん断試験

平角用トドマツ製材から作製した試験体（４体、含予備実験）及び込み栓（ナラ）を用いて引張試験を実施しました。

主な破壊性状は小根ほぞの横圧縮及びせん断破壊であり、横架材のほぞのめり込み変形が進行し、その後ほぞの割裂破壊が生じて荷重が低下しました。

一方、込み栓はほとんど変形が確認されなかったことから、込み栓はせん断荷重を負担していないと考えられますが、仕口に引張力が生じた場合は逆に込み栓のみが荷重を負担する仕口になるので適切な寸法及び位置に込み栓を設ける必要があります。

小根ほぞ差し込み栓打ちは主に小屋や２階床の大梁と通し柱、胴差と通し柱等に用いる仕口であり、腰掛け蟻落とと同様、せん断試験により長期加重による変形を確認しているものです。通常の使用状況において、3mm 程度以上床梁が下がってしまうと床鳴りの原因となりますが、試験結果では初期の変形が加重に対して緩やかであり 1/3Pmax の平均変位も 1mm 以下に納まっていることから、十分に居住性を確保出来ることが確認されました。

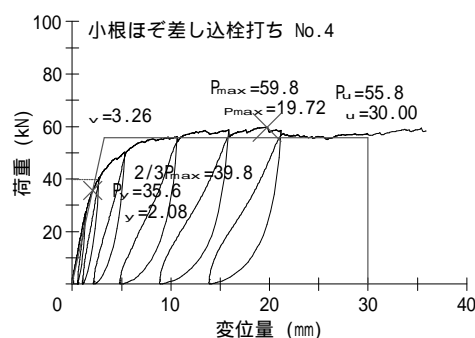
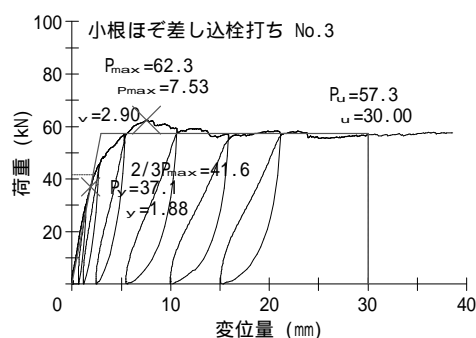
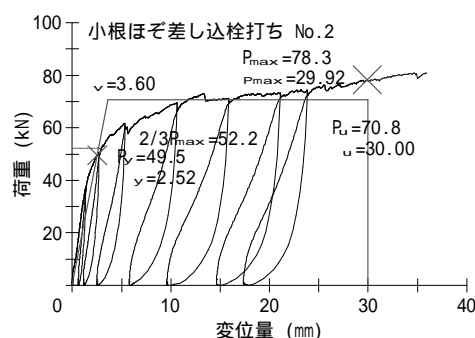
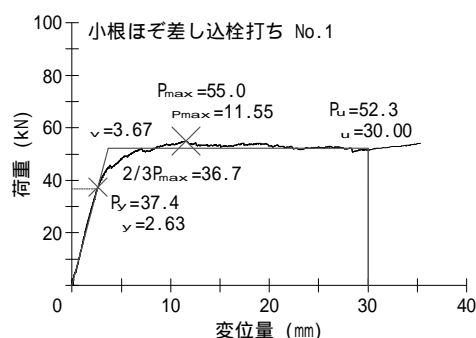


試験実施状況



試験終了後の状態

小根ほぞ差し(1接合部)	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$	$1/3P_{max}$	$\delta_{1/3P_{max}}$
1	27.50	11.55	18.70	2.63	14.24	3.67	26.15	8.17	0.255	18.34	9.17	1.21
2	39.15	29.92	24.75	2.52	19.66	3.60	35.40	8.33	0.253	26.10	13.05	0.89
3	31.15	7.53	18.55	1.88	19.74	2.90	28.65	10.34	0.225	20.77	10.38	0.85
4	29.90	19.72	17.80	2.08	17.14	3.26	27.90	9.21	0.240	19.94	9.97	0.94
平均(2～4)			20.4							22.3	11.13	0.89
変動係数			0.19							0.15	0.15	0.05
下限値			8.34							11.7	5.86	



(4) 道産トドマツの利用に向けた可能性と課題

(3) で得られた接合部耐力試験の結果及び考察より、道産トドマツ材による伝統的な仕口・継ぎ手について、住宅として十分利用出来る接合部であることが確認されました。今後、道産トドマツ材を利用した「北の民家モデル」の可能性と課題について整理します。

）プレカットに頼らない大工技術の継承

今年度を実施した試験により、手刻みによる伝統的な仕口・継ぎ手を用いた道産トドマツ材の架構について、大きな障害はない状態となったと考えられます。プレカットに頼らずに構造材の加工を行うことで、手仕事の味わいや大工技術の継承などの効果を得ることが出来ます。但し、特に柱頭・柱脚部は耐力壁による引き抜き力が集中するため、全て手刻みのみの仕口とすることは難しいと考えられます。また、一方で、手刻み中心の加工とすることにより、建設工事費における大工手間が増大する可能性もあることも注意が必要です。基本的には手刻みを前提としつつ、予算と構造に合わせてプレカットや金物を併用するなど、臨機応変な対応をしていく必要があります。

）材料の状況に合わせた構造材の寸法

今年度はトドマツ人工林の現況に合わせ、供給状況を考慮した寸法として柱：4 寸角(120mm × 120mm)、梁：8 寸平角(120mm × 240mm)を用いて接合部の耐力試験を行っています。

今後、森林蓄積が増加し、現在よりも径の太い丸太の供給が期待されます。そのような状況においては、今年度の試験結果を踏まえ、5 寸角(150mm × 150mm)を用いた合わせ梁の試験等を行い、材料利用のバリエーションを増やしていく必要があります。

）材料の供給体制

北海道では古くから 105mm、12 尺(3.65m)を基本とした流通がなされてきた経緯があり、4m 材についての流通は整備されているとは言いがたい状況です。近年は徐々に取り組みも増えつつある状況が分かっていますが、住宅市場の整備が進んでおらず、巾が 4 寸(120mm)の材料は特殊製材になってしまい、現在の流通に乗らないのが現状です。

「北の民家モデル」では、本年度のモデル設計を通じて使用する道産トドマツ材の規格（長さ、断面等）を整理するとともに、次年度以降の材料の供給体制に合わせて利用する材の規格を見直していくことで、生産側のリスクを低減するとともに、道産木材の効率的な利用を検討していきます。

4. 「北の民家モデル」のコンセプトモデル設計

「北の民家モデル」の具体的な空間と性能を確認するため、コンセプトモデルの設計を行いました。設計に当たり、(1)で示した理念に基づき、以下の9つのコンセプトを整理し、「北の民家モデル」の加工や材料、架構について検討しています。これらのコンセプトは平成21年度に実施した「国土交通省住宅市場活性化推進事業」における取り組みから継続し、見直しをしているものです。

(1) 「北の民家モデル」のコンセプト

1. 大黒柱のある骨太な構造

北の民家モデルは、かつて古民家がそうであったように、地域の材料と地域の技術で作る住まいとします。道産材を中心に利用し、骨太な木材による大きな架構を、伝統的な仕口・継ぎ手などの積極的な利用により、木のぬくもりと手仕事の跡が感じられる味わいのある空間とします

また、家を支える架構と骨太な木の力強さを象徴し、居間や吹き抜けを囲む架構の中に大黒柱を配置し、家族の集まる場所を中心とした空間づくりを行います。

2. 薪ストーブのある居間を暮らしの中心に

かつて北海道では、生活の中心に囲炉裏やストーブなど、火を使った「暖」の空間があり、その空間が家族の集まる場所でした。核家族を中心に小家族化が進む中、北の民家モデルは家族のつながりをもう一度見直し、家族の集まる場所として薪ストーブを設置した居間を中心にした間取りを提案します。

薪ストーブは熱により空気循環を促し、ホコリを燃焼させることでの空気清浄効果だけでなく、遠赤外線による輻射熱で体の芯から温める効果などが得られます。また、薪(木材)は再生可能な燃料であり、二酸化炭素を増やさないカーボンニュートラルの省エネ材料としても注目されています。

居間と火を中心に、開放性と回遊性のある民家的な間取りにより、軒や庇などと合わせて、四季を通じた快適性を確保する空間づくりを行います。

3. 吹き抜けのある家

家の中心に吹き抜け配置し、上下階のつながりや回遊性を重視した間取りにより家族の一体感を体現します。また、室内空気の循環による温度環境への寄与や、冬季の低い日射を室内の奥まで導き入れるなどの効果が得られ、熱エネルギーへの負荷を軽減するなどの効果が得られます。

4. 家の南面には大きな開口部を

吹き抜けと南面の大開口により、冬季の日射を室内の奥まで最大限取り入れます。合わせて蓄熱床や無垢材の床などの仕様とすることにより、太陽エネルギーの有効活用を行います。

また、南面の大開口や妻窓など、既製サッシを使わないディテールとすることで大工工事の比率を増やし、生産エネルギーの低減と共に、地域の技術利用と経済循環を重視します。

5. 雪が落ちやすい大きく丈夫な屋根

古くから日本の住宅は夏をむねとして造られており、夏季の日射は庇や軒によってコントロールしてきました。また、大きく単純な屋根とすることで、スムーズな落雪や無理のない屋根材の継ぎ目など、耐久性の向上を図ります。

合わせて夏季の通風を確保するなど、南北、東西に風通しの良いプランとすることで、四季を通じた快適性と開放性を確保します。

6. 「北方型住宅 E C O モデル」 相当の高気密・高断熱

北海道の住宅の歴史は寒さとの戦いであり、寒地の建築技術として確立されていきました。優れた断熱・高気密・高断熱の技術は内地でも応用され、広く利用されています。北海道が推奨する安心で高性能な家が「北方型住宅 E C O モデル」であり、断熱気密性能について断熱性能：熱損失係数（Q 値） $= 1.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 以下、気密性能：相当隙間面積（C 値） $= 1.0 \text{ c m}^2/\text{m}^2$ 以下の基準値が示されています。「北の民家モデル」では建物の断熱性能として「北方型住宅 E C O モデル」と同等の Q 値 $1.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 以下の性能を基準としています。

7. 世代を超えて住み継いでいける「長期優良住宅」仕様

人口減少や少子高齢化といった社会的な状況を考えた場合、これからの住宅は将来にわたり住み継がれていくものである必要があります。また、住まい方やライフスタイル・価値観の多様化など、住まいへのニーズが変化しており、特徴的な住まいが求められています。

北の民家モデルは、住宅そのものの基本性能を確保するとともに、道産材や職人の技術を生かし、社会的生産コストと生産時のエネルギー低減に取り組みます。開く部分を制限したサッシのディテールや大工工事による造作棚など、木工事の比率を高め、職人の手仕事による味わい深い空間をつくります。

また、本年度に実施した耐力試験により性能が明らかになった道産トドマツ材を利用した長ほぞ込み栓打ちや追っ掛け大栓などの伝統的な仕口・継ぎ手について、積極的に利用していきます。

8. 除雪を少なくする工夫

「北の民家モデル」も冬季の積雪などに対し、化石エネルギーを利用した対策ではなく、雁木空間などによる対応で除雪が必要な面積を少なくする工夫をします。自動車の車庫や住宅へのアプローチ、屋外倉庫などを一体的に設えるなど、建築的な対応を基本とします。

屋外の堆雪スペースは、夏季には緑の空間や可動式のウッドデッキなど、屋外の生活スペースとして利用し、1 年を通じた快適な生活を支えます。

9. 「まち並みと調和」する住宅デザイン

北海道の良好な自然環境を採り入れるために、一棟の建物のみを考えるのではなく、街並みや敷地との関係を考慮した空間デザインとします。

北方型住宅 E C O

昭和 63 年度から北海道が取り組む「北方型住宅」（北国の住まいに必要な“性能基準”、設計・施工データ等の住宅履歴情報を第三者機関が保管する“サポートシステム”、“認定技術者による設計・施工”の 3 つの安心機能を備えた住宅）の取り組みを発展させ、国の長期優良住宅のモデル事業に対応するため、北方型住宅の断熱気密性能をさらに進化させた住宅です。

(2)「北の民家モデル」コンセプトモデルの設計

主な構造材として道産トドマツ材、接合部に伝統的な仕口・継ぎ手を用いた木組みを前提とし、(1)で示したコンセプトによる「北の民家モデル」コンセプトモデルの設計を行いました。

）諸元

想定敷地：札幌市郊外

敷地規模：324 m² (98.01 坪)

防火地域指定：法 22 条区域

積雪：1.4m (落雪屋根、無落雪も対応可能)

延床面積：160.65 m²

建築面積：91.09 m²

最高高さ：7.36m (煙突高さを除く)

軒高さ：5.49m

）性能

2009 年 6 月に「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」が施行となり、全国で長持ちする住まいづくりとして長期優良住宅の建設が行われています。

「北の民家モデル」はこれを踏まえ、長期優良住宅の仕様とします。木造一戸建ての長期優良住宅は右表で示す住宅性能表示項目の等級及びその他の基準を満たすことが必要であり、その性能を満たすコンセプトモデルとしてコンセプトモデルの設計を行います。

木造一戸建ての長期優良住宅の認定基準

設計住宅 性能表示	耐震等級	構造躯体の倒壊等防止	等級2
		構造躯体の損傷防止	等級2
	劣化対策等級（構造躯体等）		等級3
	維持管理対策等級（専用配管）		等級3
	省エネルギー対策等級		等級4
その他の 基準	床下・天井点検口の設置		
	床下空間の有効高さ330mm以上		
	維持保全の方法		

）主な仕様

外部仕上げ

外 壁：ラスモルタル t=20mm

板張り部は敷地条件により法 22 条区域の延焼のおそれのある部分にかかることがあるため、ここではラスモルタルを基本とする。

屋 根：ガルバリウム鋼板厚 0.35mm 縦ハゼ葺き

開口部：住宅用樹脂サッシ、Ar ガス Low-e ペアガラス

軒 裏：ケイカル板

内部仕上げ

床：構造用合板 24mm + トドマツフローリング（無垢）15mm

壁：せっこうボード t=12.5 の上、漆喰仕上げ

天 井：せっこうボード t=12.5mm の上、クロス

断熱材

基 礎：スタイロ B3（両面）t=75mm + 75mm

外 壁：高性能 GW16K t=100mm + 90mm（真壁）

屋 根：高性能 GW16K t=140mm + 140mm + 100mm

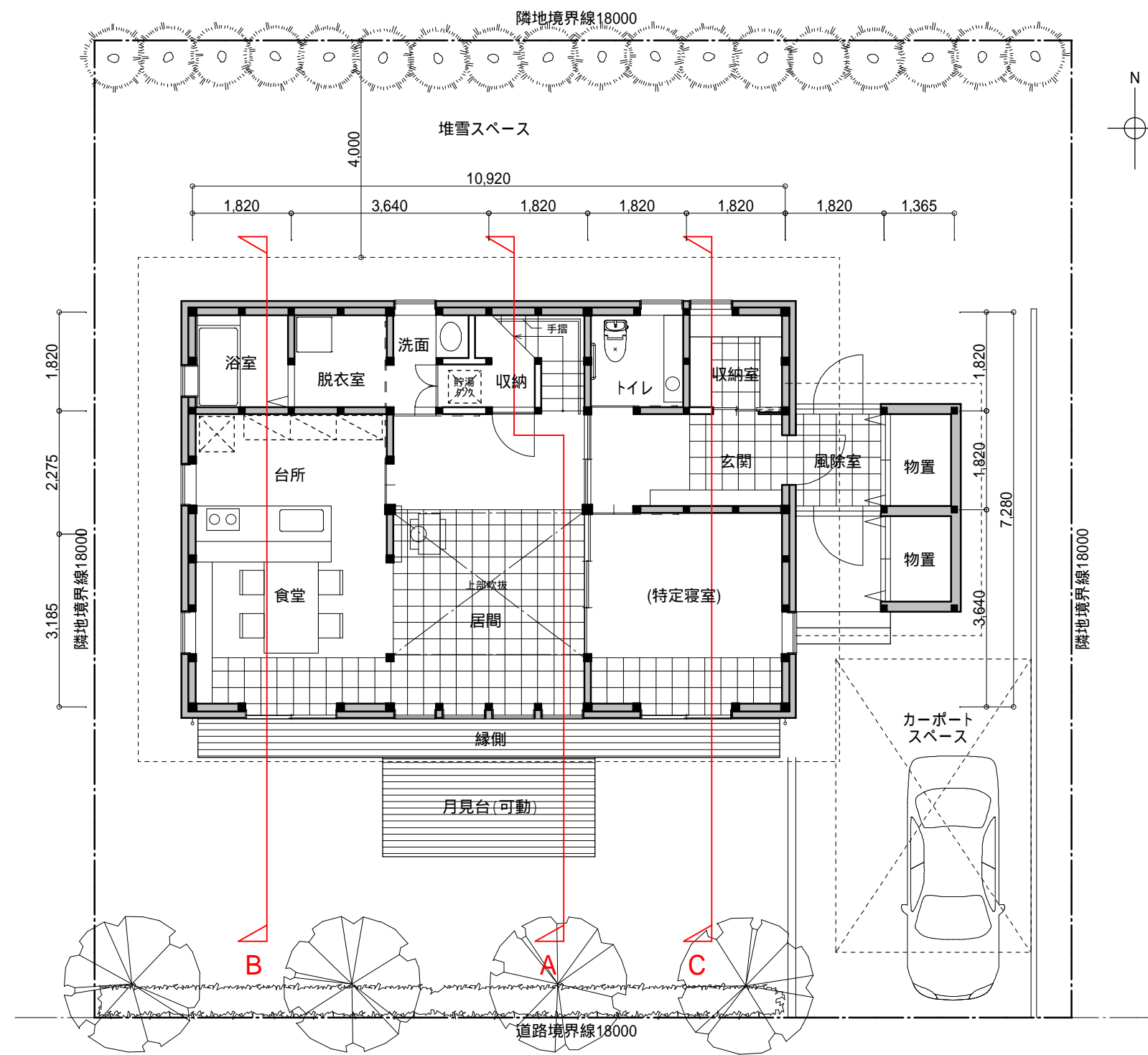
(3)「北の民家モデル」コンセプトモデル

）特記仕様書（木工事）

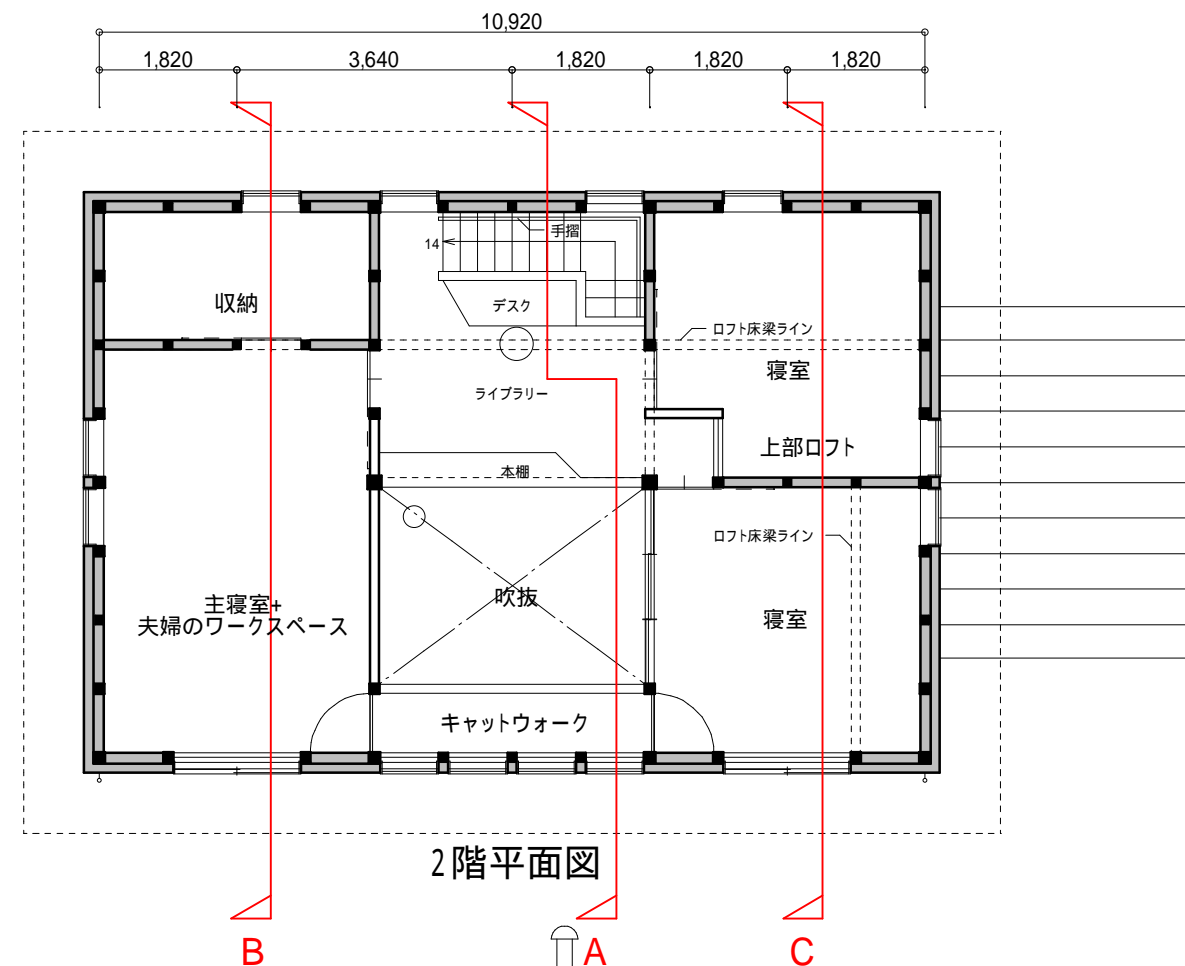
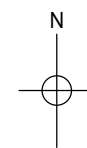
コンセプトモデルの設計において、現在の北海道内におけるトドマツの蓄積状況や生産体制等を考慮し、構造材の品質について以下の特記仕様書を定めました。

特記仕様書（木工事）

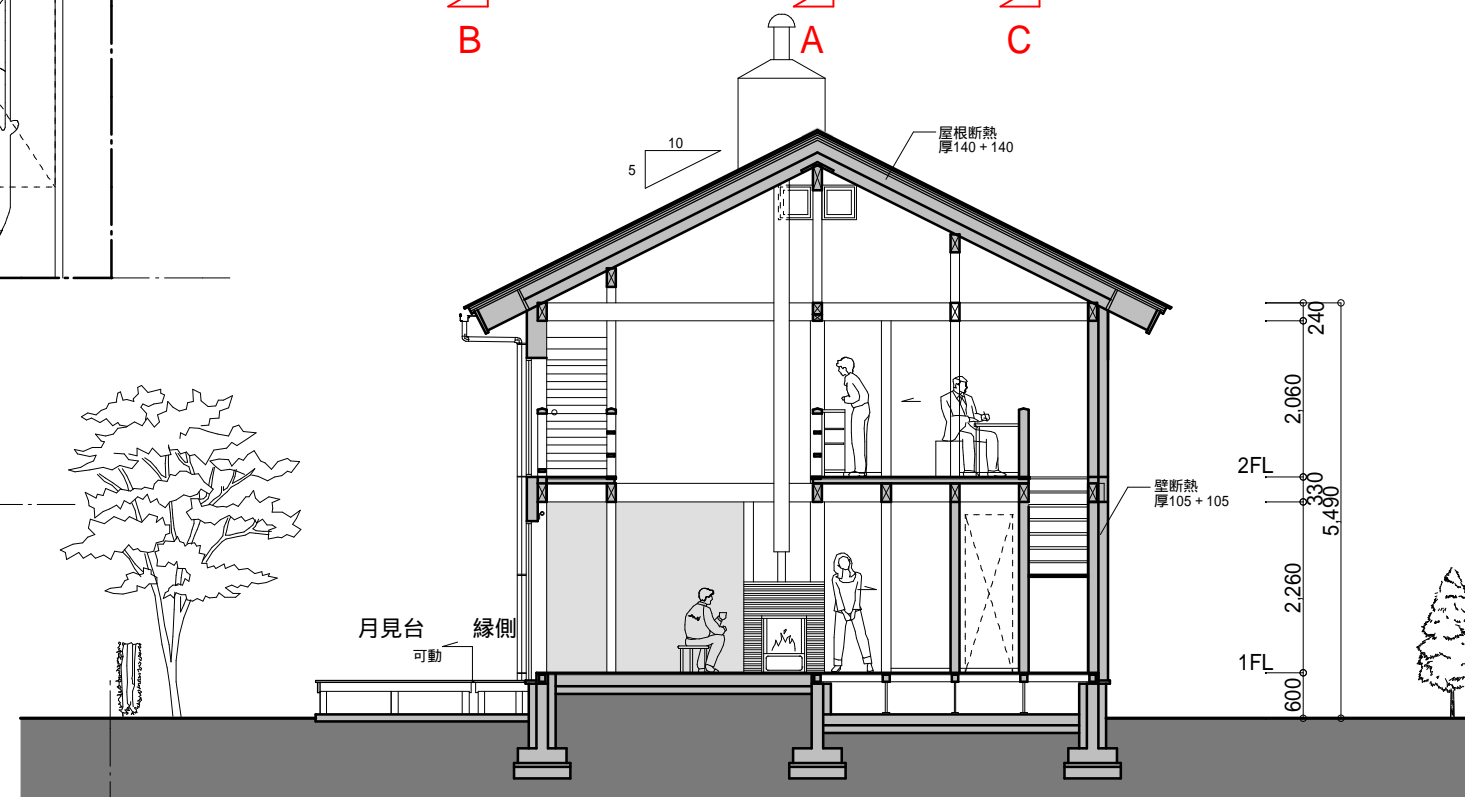
- | | |
|-----------|--|
| 1．総則 | 本工法では、柱や梁が現しとなるため、材の養生には十分に注意し、完成後の狂いや収縮、割れを最低限に抑える材の乾燥は特に注意を行うこと。
特記仕様並びに木拾い書に記載されていない事項は「日本建築学会建築工事標準仕様書 JASS11 木工事図解」を参照の上、工事監理者と協議すること。 |
| 2．樹種 | 樹種は木拾い表による。原則として代用樹種は認めない。 |
| 3．用材 | 「とどまつ」の柱、梁などの構造材は原則として樹齢 50 年以上の材とすること。使用する部位を製材者に伝え、適材を使用するように心掛けること。また、柱材にあっては、原則芯去り材とする。
原木の製材に当たっては、乾燥によるやせや曲がりを考慮し、適切な分増しを行い、切削後の仕上げ時に設計寸法を確保出来るようにすること。
また、芯持ち材については、芯が偏ってるもの、著しく変形して芯を通しての製材が不可能なものは使用してはならない。
製材後は必ず栈積みとすること。
製材の引き渡し時には、本項目について自主検査を行うこと。 |
| 4．乾燥と修正挽き | 全ての構造材は乾燥を行うこと。
木材の含水率は原則として乾燥完了時に辺材において 15%以下とすること。
また、高温乾燥材の使用は不可とする。乾燥後は、材中の含水率を均一化を図るため、2 週間以上養生することが望ましい。乾燥が不十分であるものについては、工事監理者と協議の上、適切な処置を行うこと。製材品の修正挽きでの仕上がり程度は、自動かな削り仕上げ以上とし、逆目や節飛び、深目、かなな傷がないこと。 |
| 5．仕上げの程度 | プレカット加工においては接合部や外見にルーター跡が極力生じないように留意し、生じる場合は工事監理者と協議すること。 |



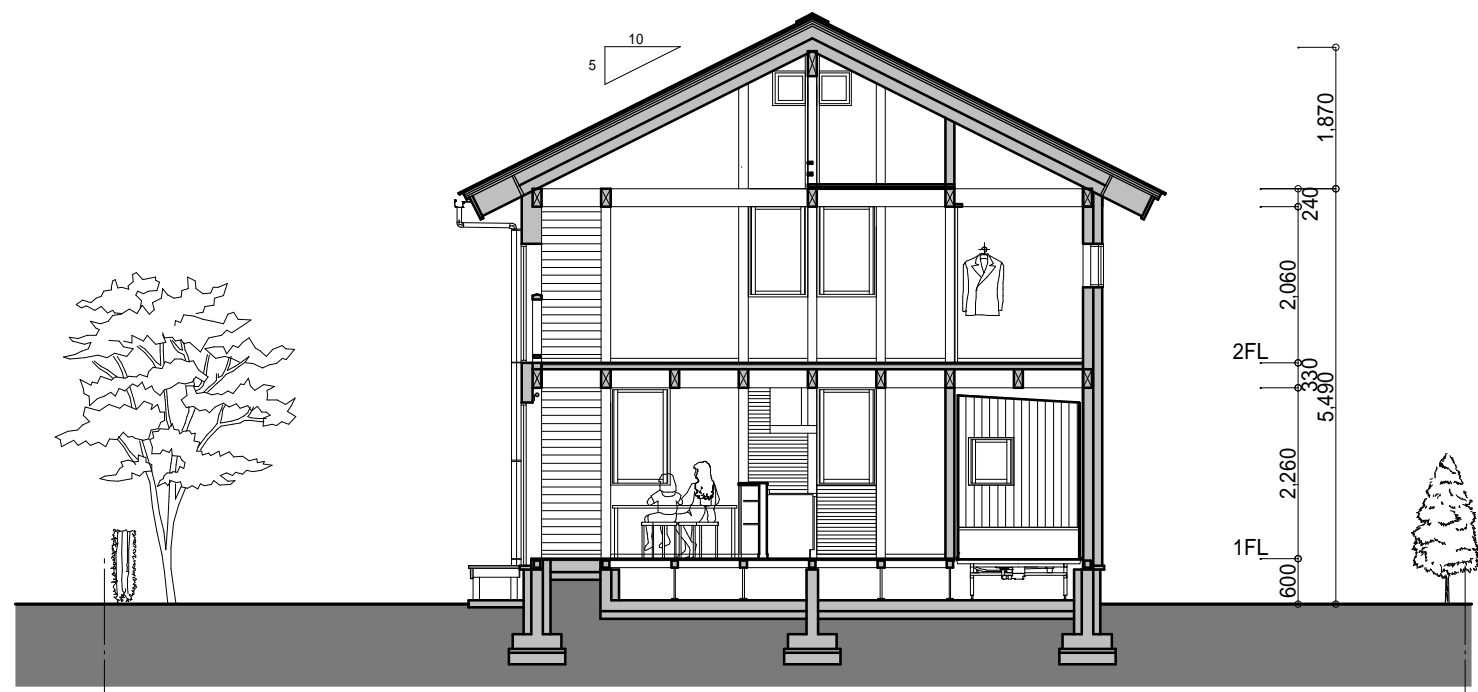
配置図兼1階平面図



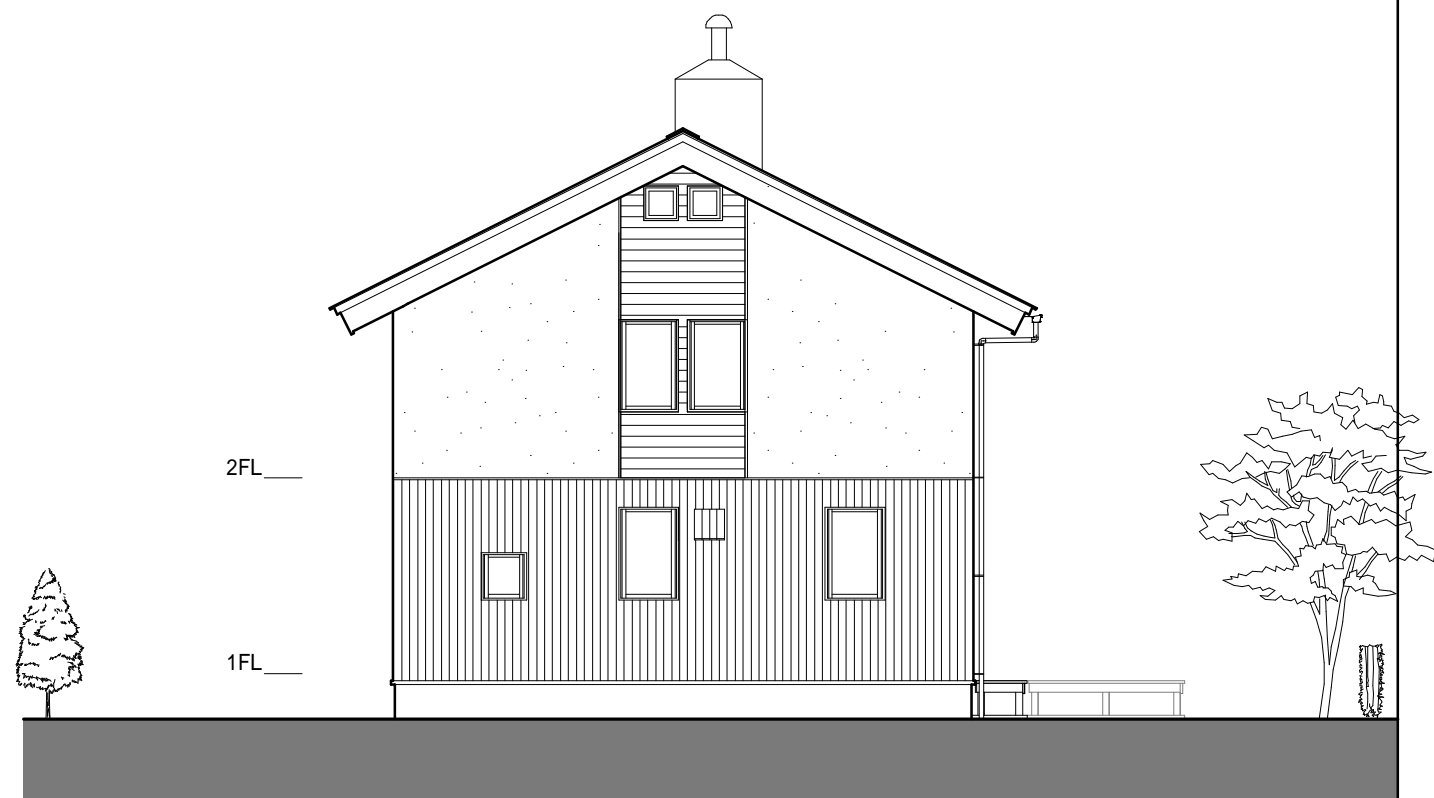
2階平面図



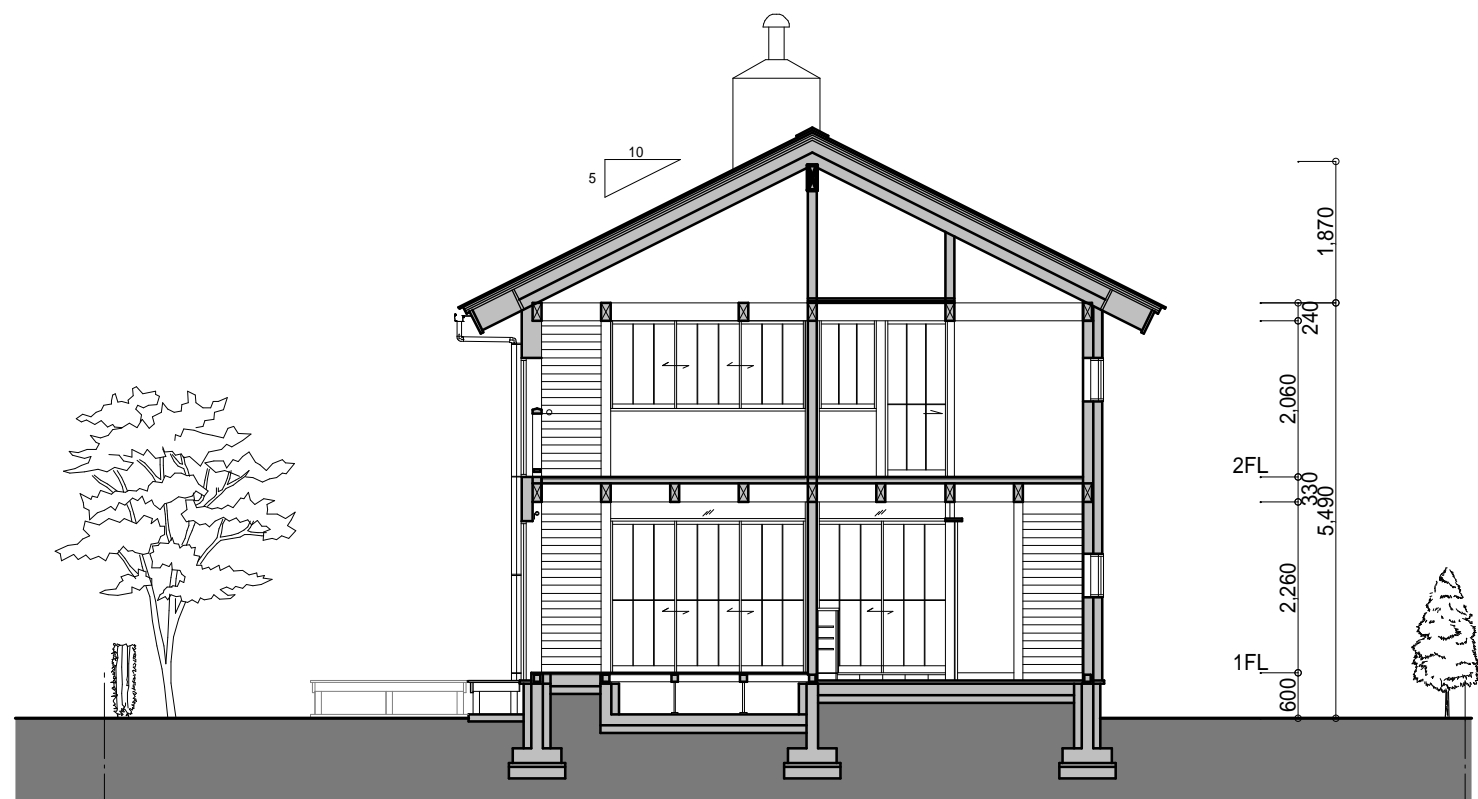
A断面図



B断面図



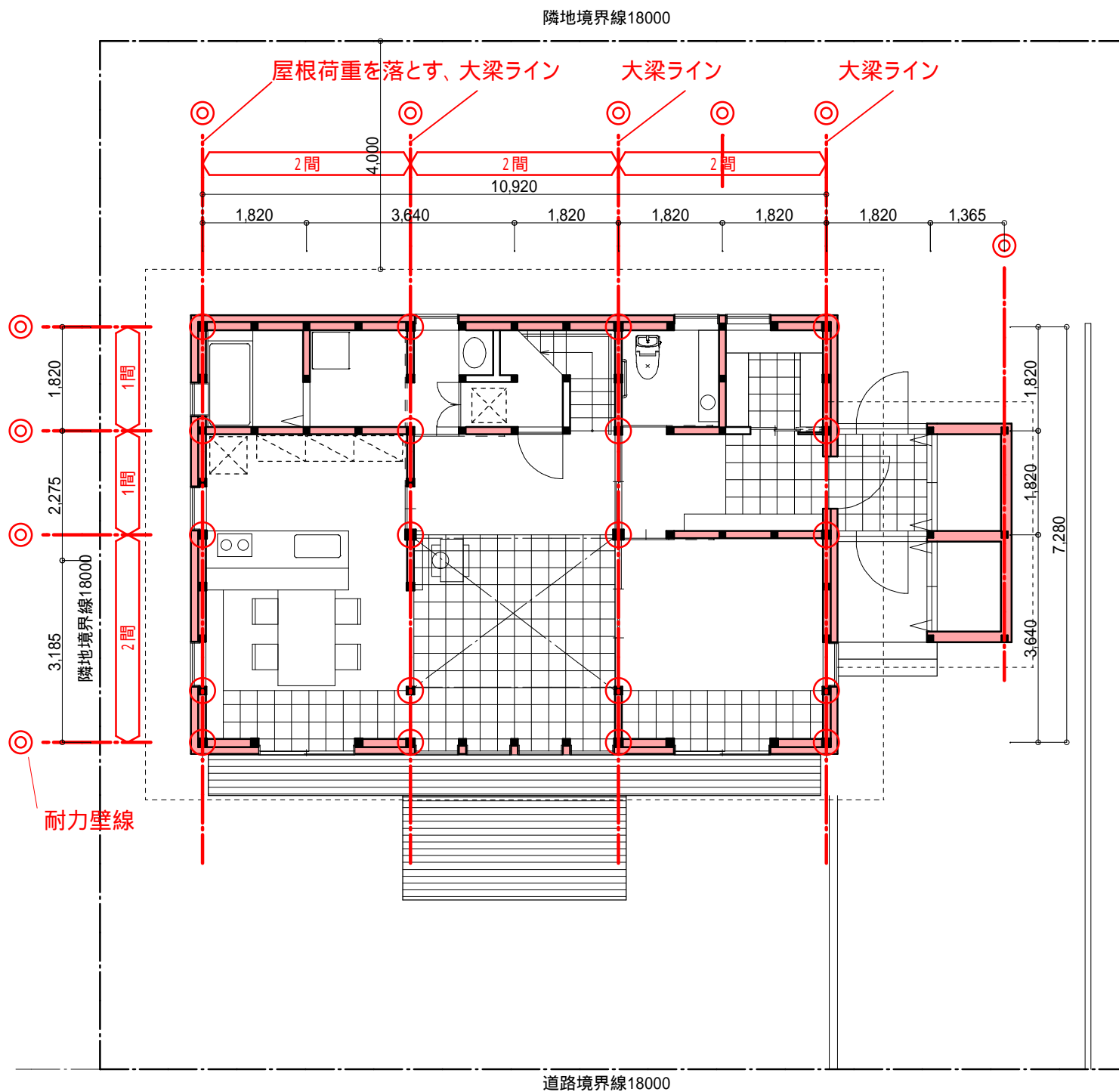
西立面図



C断面図



南立面図

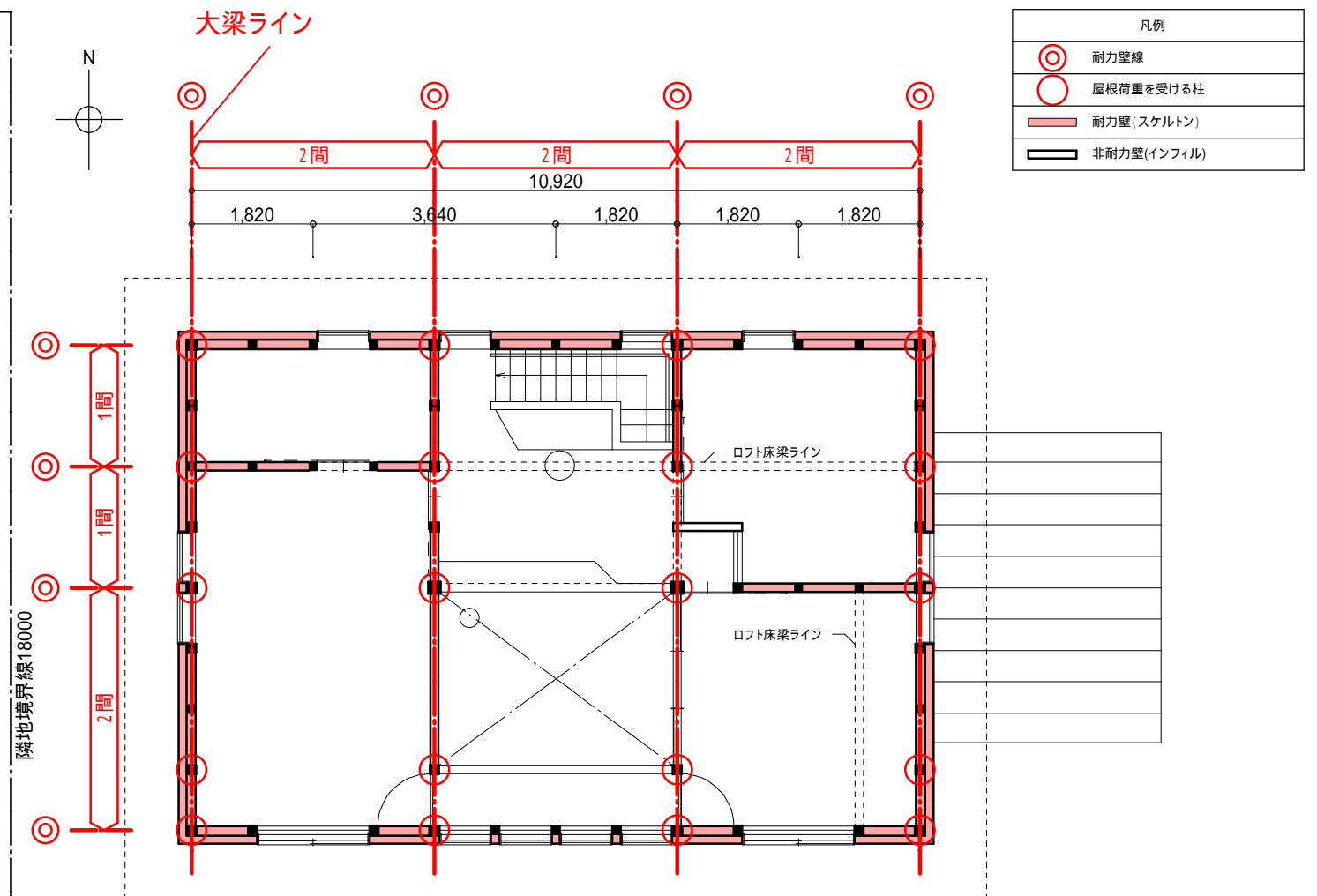


配置図兼1階平面図

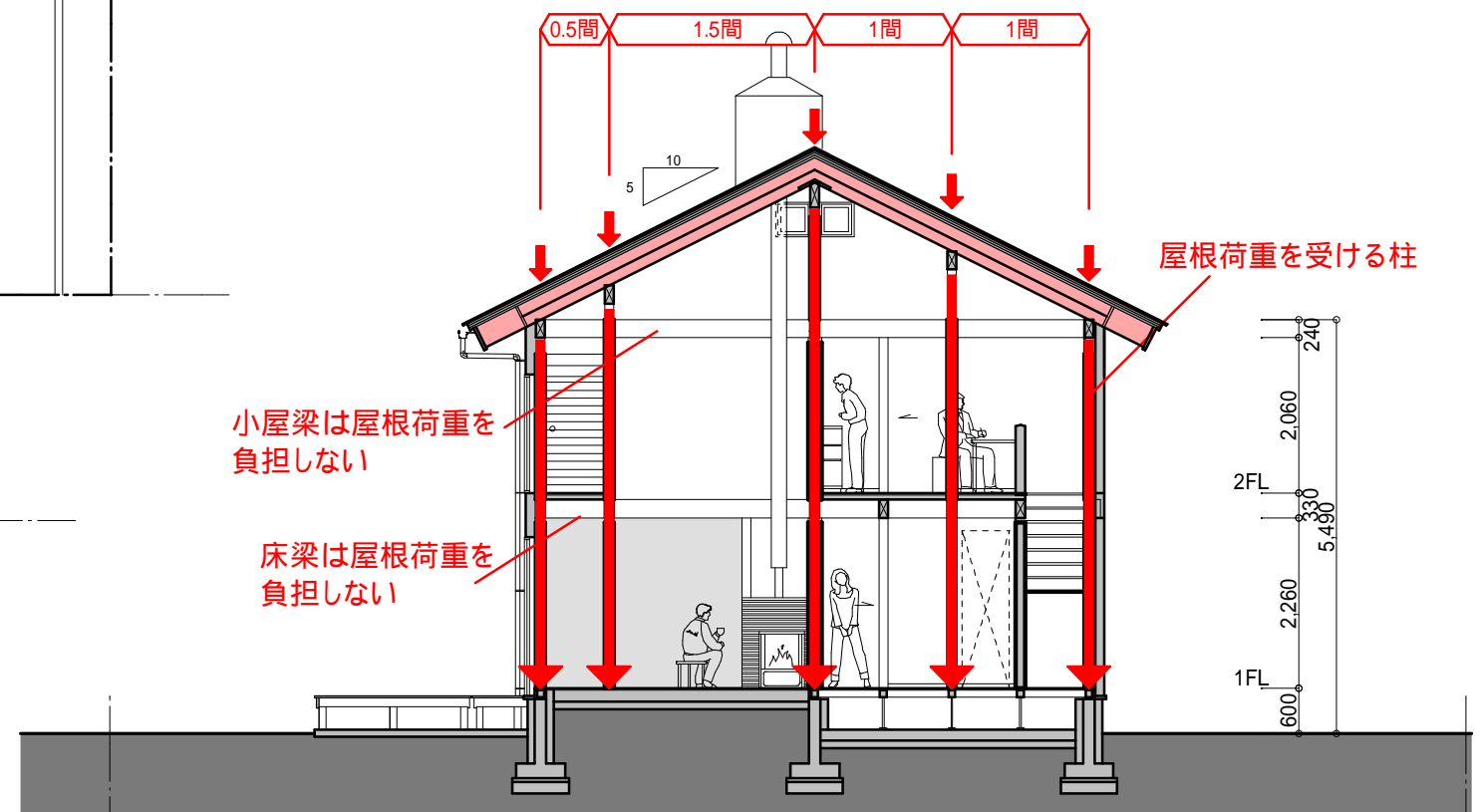
・屋根の床倍率1.0を想定し、
耐力壁間距離 2間(3.64m)以内とする。

(参考)	スパン	倍率
小屋の必要床倍率	2.73m	0.71以上
	3.64m	0.84以上
	5.46m	1.41以上

屋根荷重を外壁と、大梁ゾーンの5本の「柱」に集中させ
内部に負担の軽い梁(8寸無垢、合わせ梁)を架ける場を生む

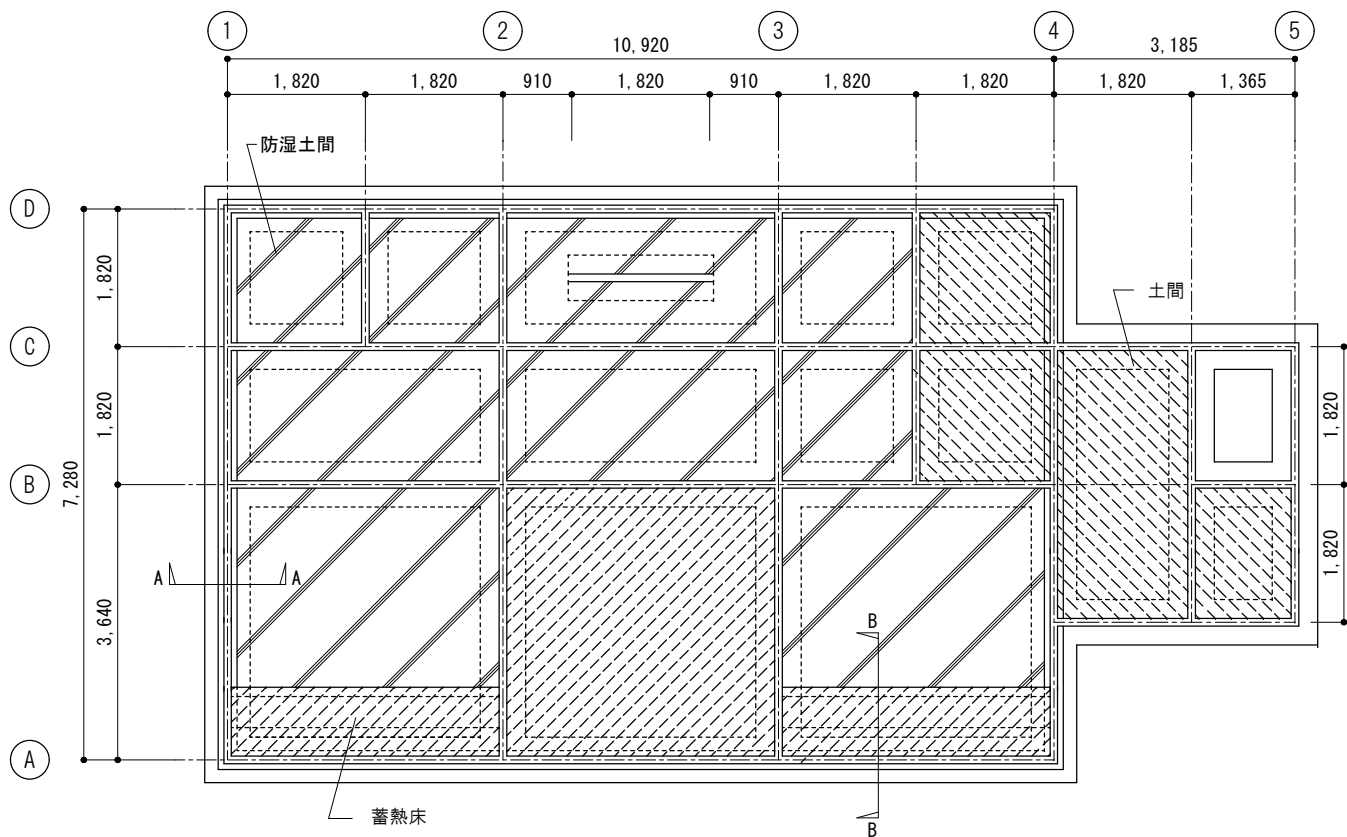


2階平面図

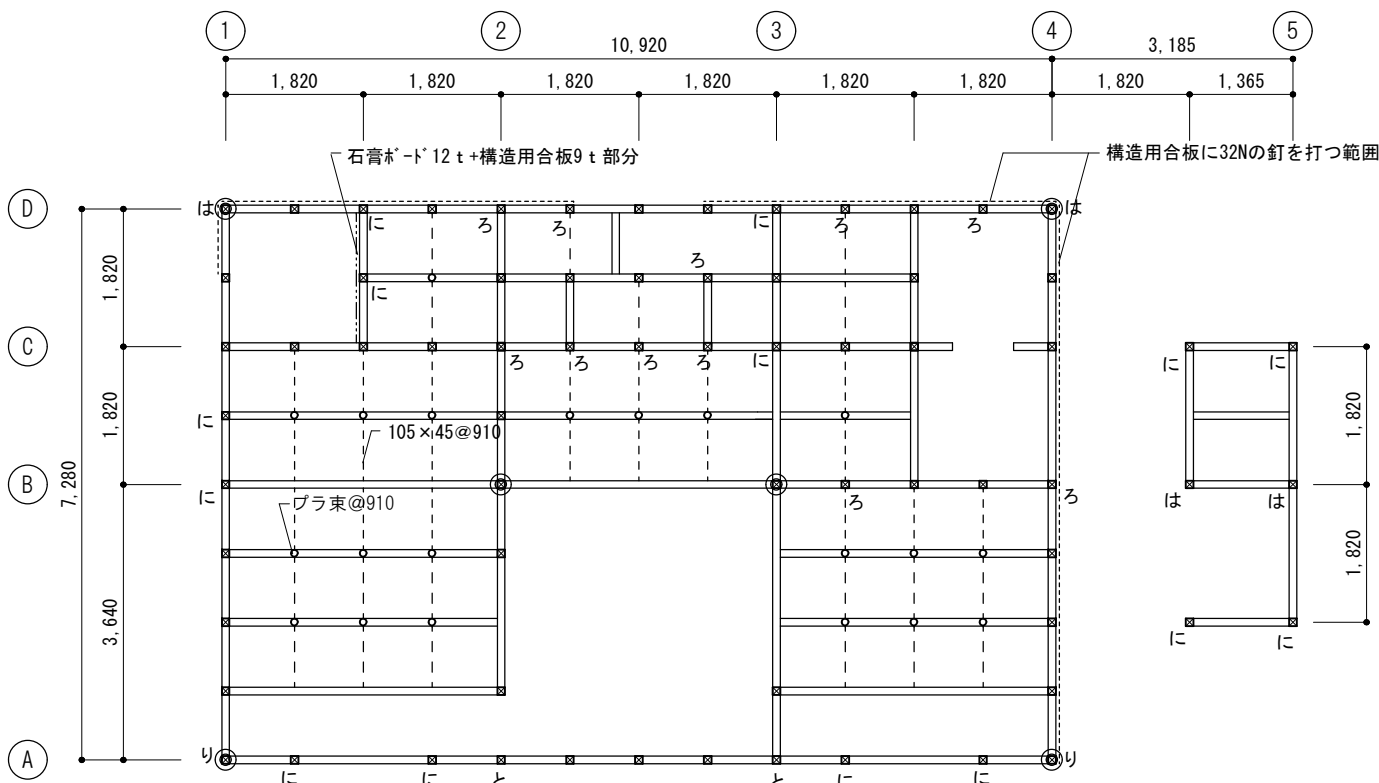


A断面図

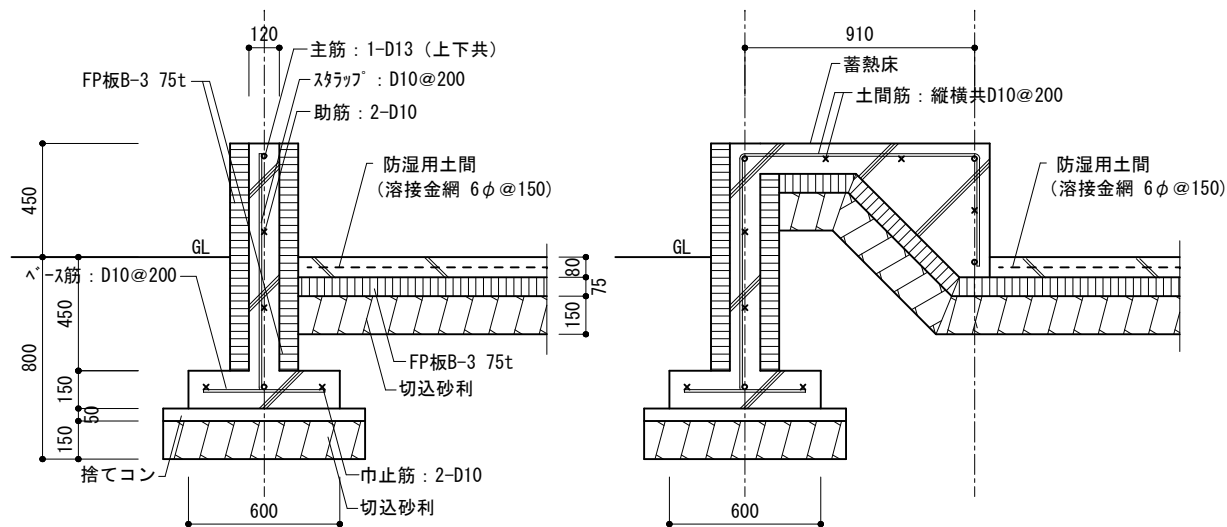
・必要壁量を、上下階合わせて配置



基礎伏図



1階床伏図



A-A 断面詳細図 S=1/30

B-B 断面詳細図 S=1/30

- 凡 例
- ◎ 通し 柱: 135×135
 - 上部管柱: 120×120
 - 下部管柱: 120×120
 - ⊠ 両筋かい: 30×90×2
 - △ 片筋かい: 30×90

柱端部接合部の仕様と許容引張耐力

符号	柱脚・柱頭接合部の仕様	許容引張耐力 (kN)
い	短ぼぞ差し	0.0
ろ	長ぼぞ差し込み栓打ち	3.81
ろ	Ｌ字型のかど金物 くぎCN65×10本	3.38
は	Ｔ字型のかど金物 くぎCN65×10本	5.07
は	山形プレート金物 くぎCN65×8本	5.88
に	羽子板ボルトφ12mm又は短冊金物	7.50
ほ	羽子板ボルトφ12mmに4.5φスクリュー釘50mm×1本	8.50
へ	引き寄せ金物 φ12mmのボルト×2本	10.0
と	引き寄せ金物 φ12mmのボルト×3本	15.0
ち	引き寄せ金物 φ12mmのボルト×4本	20.0
り	引き寄せ金物 φ12mmのボルト×5本	25.0

構造上の特徴

1階木造床: 構造用合板24mm厚、根太なし直張り4週釘打ち、N75@150とする。

外壁: 基本的には構造用合板9mm厚、N50@150以下。ただし、上図の外壁の点線部分については構造用合板9mm厚、N32@150とする。

内壁: 石膏ボード12.5mm厚 (床勝ち仕様)、GNF40orGNC40@150とする。ただし、2点鎖線部分については片面は石膏ボード12.5mm厚にするものの、もう片面は構造用合板9mm厚とする。

凡 例

- ◎ 通し柱：135×135
 ■ 上部管柱：120×120
 ○ 下部管柱：120×120

構造材一覽表

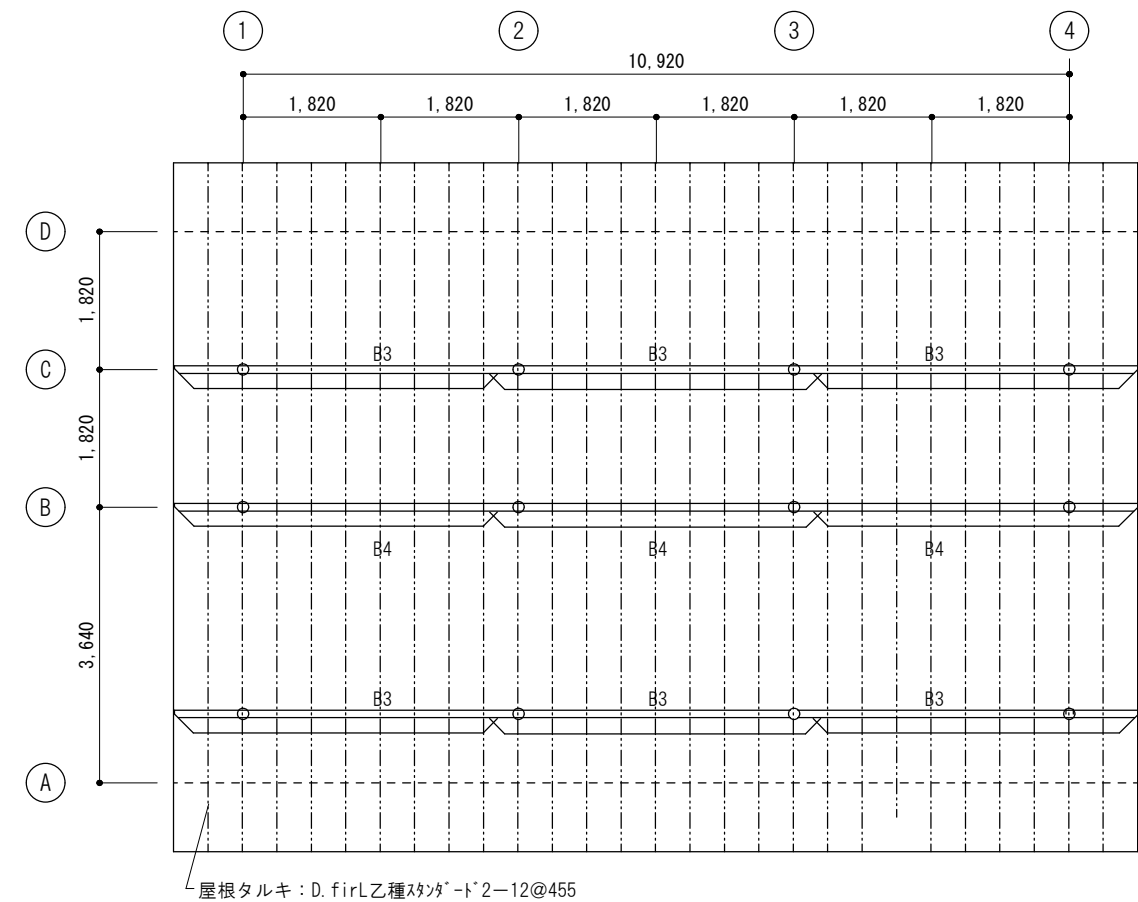
名称・記号	材 種	等 級	断面寸法	摘 要
土 台	ヒ バ	1・2	120×120	
大 引	とど松	1・2	120×120	
B1	とど松	1・2	120×240	
B2	とど松	1・2	120×240	
B3	とど松	1・2	120×240	
B4	とど松	1・2	150×240	
特記なき梁	とど松	1・2	120×120	
隅通し柱	とど松	1・2	120×120	
大 黒 柱	とど松	1・2	150×150	
管 柱	とど松	1・2	120×240	

構造上の特徴

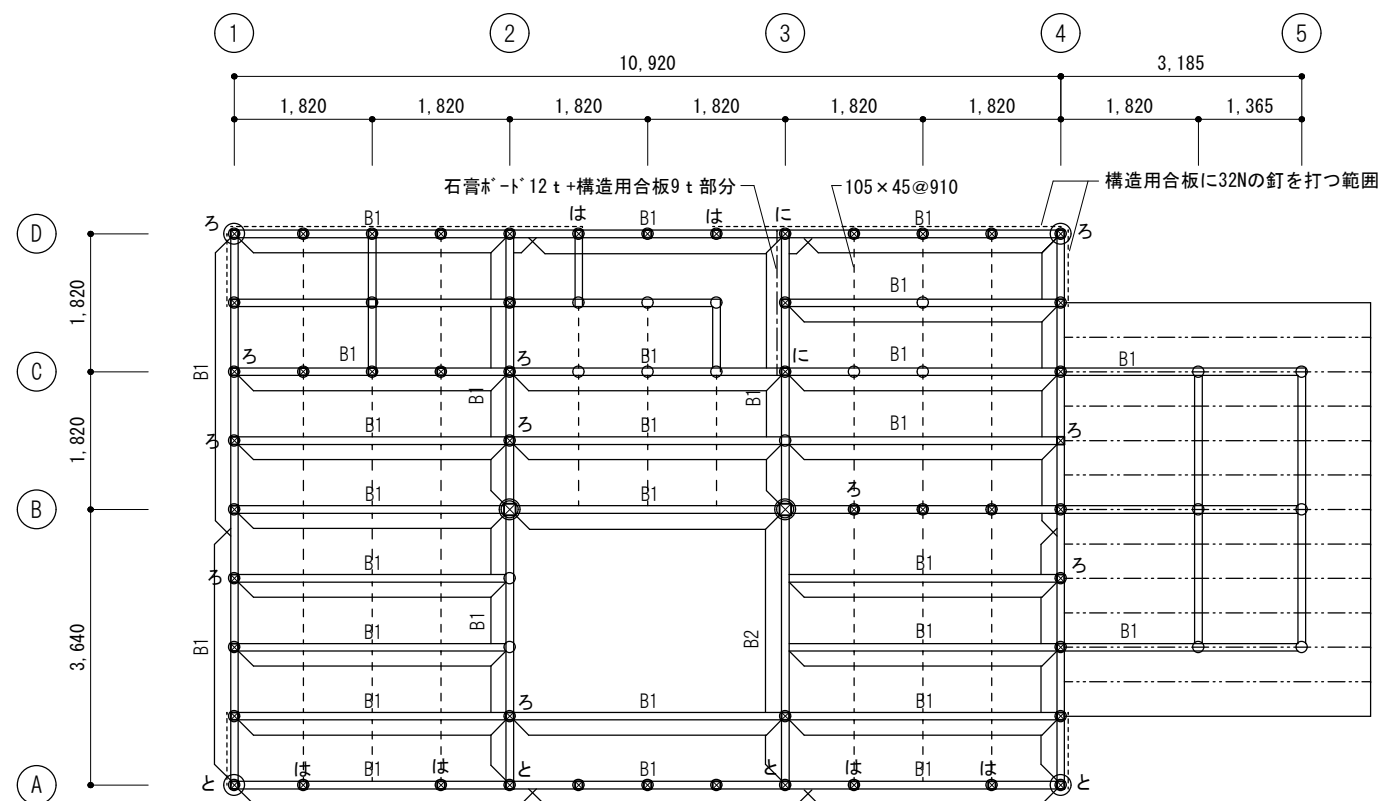
2階床及びロフト床：構造用合板24mm厚、根太なし直張り4週釘打ち、N75@150とする。

外壁：基本的には構造用合板9mm厚、N 50@150以下。ただし、下図の外壁の点線部分については構造用合板9mm厚、N 32@150とする。

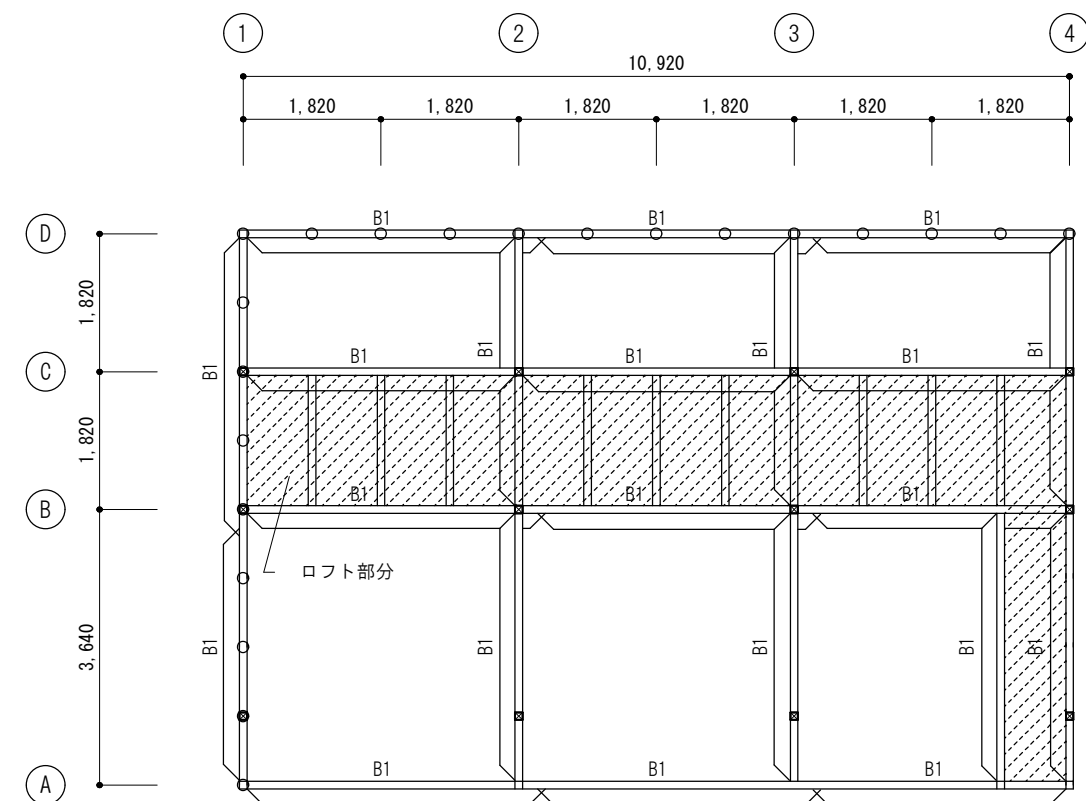
内壁：石膏ボード12.5mm厚、GNF40orGNC40@150とする。ただし、2点鎖線部分については、片面は石膏ボード12.5mm厚とするが、片面は構造用合板9mm厚とする。



小屋梁伏図



2 階床梁伏図



2 階桁梁伏図

5 .「北の民家モデル」設計マニュアル

(1) 軸組架構の設計方針

北海道内は多くの市町村で多雪区域が設定されており、積雪加重は $30\text{N}/\text{m}^2 \cdot \text{cm}$ となっています。1m の積雪量であれば 1m^2 当たり約 300kg、1.5m の積雪量であれば 1m^2 当たり約 450kg の加重が加わることになります。この積雪荷重を、床加重などを支える梁に負担させると、下階でそれを支える梁の断面や柱が次々と必要になり、内部空間の開放性や間取りの自由度に制約が生じてしまいます。

民家らしい開放性と住み続けられる可変性を確保するため、積雪加重を出来るだけ素直に、横架材に負担させない形で地面に伝える軸組架構の形式とすることが必要です。

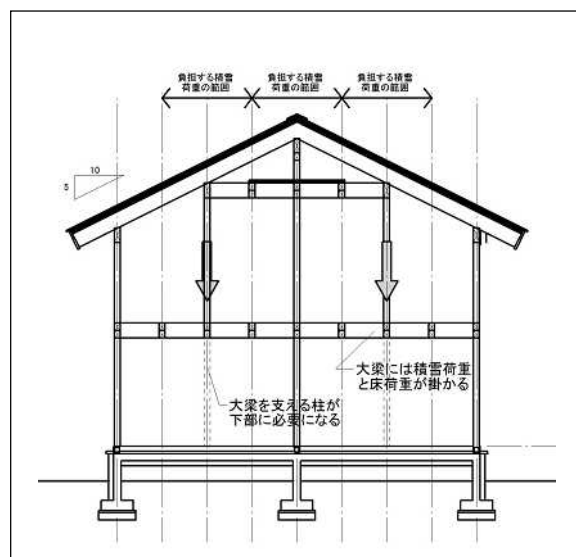
また、北海道では道産 6m 材の生産・流通がほとんど整備されていない状況です。また、同じく 4m 以上の材も今後の取り組みが必要ですが、6m 材と比較して入手しやすい環境が整いつつあります。断面は 4 寸角 (120mm × 120mm) が中心であり、伝統的な仕口・継ぎ手を用いた場合に断面欠損が大きくなることから、原則として通し柱は建物の外周部 (三方差し) とし、内部の柱は梁勝ちの架構とします。今後はトドマツ人工林の蓄積状況に合わせ、合わせ梁など、人工林材の利用や無垢材利用のための工夫と性能の確認に取り組んでいく必要があります。

横架材への負担を軽減する架構の基本方針

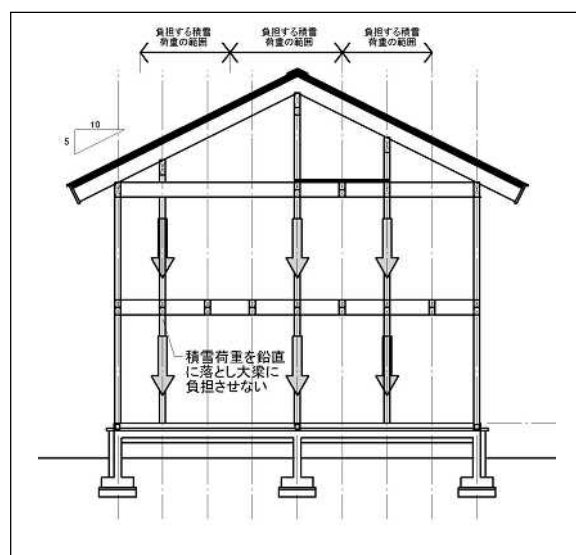
トドマツ無垢材で梁を構成する場合、丸太の太さを考慮すると、できるだけ梁成を低く抑えることが必要です。トドマツで芯持ち角とすると確実に割れを生じますが、梁成を抑えて芯去りで製材することができれば、割れの発生を最小限に抑えることができます。本モデルでは、梁の断面サイズを 120mm × 240mm に設定しました。

シンプルな架構を考えた場合、1 間毎に母屋や柱を入れて、軸力を横架材に負担させていく軸組架構となります。一方で開放的な室内空間とするためには、スパン (柱の間隔) を飛ばした軸組架構とする必要があります。そのような考え方により架構を組むと、右図のようになり、2 階の床梁で積雪加重を負担することになってしまいます。つまり、この部材の断面寸法や性能への要求が大きくなり、材料調達や性能確保の面から集成材しか選択出来ない状況になってしまいます。開放性と材料選択の自由度がある合理的な軸組架構とするためには、多雪区域の積雪荷重を横架材に負担させない形の架構を考えていく必要があります。

内部空間やプランニングの自由度、主に南側に居室、北側に水廻りを配置することを踏まえ、架構の検討を行ったところ、南側は 1 間半 (2.73m) + 3 尺 (0.91m) のフレーム、北側は 1 間 (1.82m) + 1 間 (1.82m) のフレー



床大梁に負担の掛かる架構



南側：1 間半 + 3 尺、北側：1 間 + 1 間の架構

ムとする架構体を基本構造とし、柱の直下率（上下階で柱の位置を揃える）を高めて考えると、積雪荷重のスムーズな処理と同時に、室内空間の開放性を確保した回遊性のあるプランが実現出来ることが分かりました。

次に小屋組みの検討ですが、太陽光発電を行う可能性を考慮しながらも、札幌市内では落雪スペースが十分に取れない場合もあることを考慮し、5 寸勾配の落雪屋根としました。無落雪屋根とする場合には小屋組の部材を太く利用することで対応可能です。無落雪屋根とする場合、5 寸以上の勾配では吹き溜まりが生じて屋根の積雪量が増加する可能性がありますので注意が必要です。また、落雪屋根とする場合は、5 寸以上の勾配が必要です。5 寸勾配の落雪屋根の場合、積雪荷重に 0.827 の低減率を乗じた値とすることができます。

棟木は、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」（日本住宅・木材技術センター）に示された積雪時長期荷重によるたわみを 1/200 以下にすることに則り、150mm×240mm のトロマツ無垢材により基準をクリアしています。ただし、積雪量の多い地域で無落雪とする場合は考慮が必要です。

また、天秤梁として棟木の負担荷重を減らす方法があります。しかし、多雪区域においては、風向きや日射の方向により屋根の部位によって雪の残り方が異なり、偏荷重となり、屋根に悪影響を及ぼす恐れがあり、基本形には向いていません。

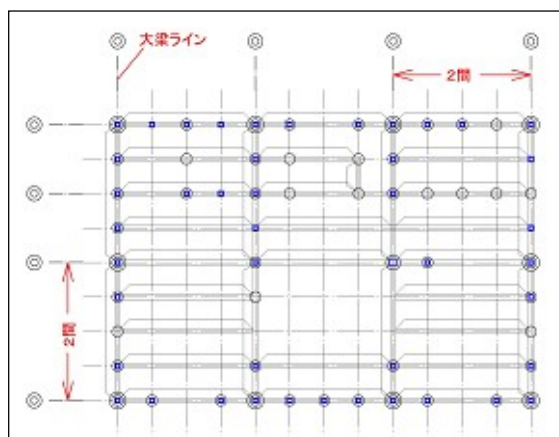
屋根垂木について、屋根断熱にしてグラスウール厚 300mm 程度により断熱性能を確保し、かつ、垂木を継がずに 1 本で掛ける場合、ツーバイフォー部材の 14 フィート 212 材（38mm×286mm×4,267mm）の使用が効率的です。なお、道産材では 14 フィートの 212 材は生産されていないので注意が必要です。

）大梁と小梁の掛け方の基本方針

2 階の床組は 2 間×2 間のスパンで構成されているため、小梁の長さや仕口等を揃えることが出来ます。

）より積雪荷重を 1、2 階柱で直接負担させる通り芯を大梁ゾーンとして考えた場合、大梁は積雪荷重を負担せず、小梁の 2 階床荷重を掛ける構造とすることができます。小梁を掛ける方向は、1 階の間取りや（1）の積雪荷重を踏まえた 1 間半+3 尺、1 間+1 間のフレームを考慮し、構造体のメインフレームである大梁に掛ける方向の床組とします。

また、大梁ゾーンは耐力壁線と一致させ、鉛直荷重を支える柱と耐力壁端部の柱を兼ねる軸組とすることで、室内空間の開放性や回遊性を確保するとともに、柱の引き抜き力等の押さえ込み効果等の効果も期待出来ます。



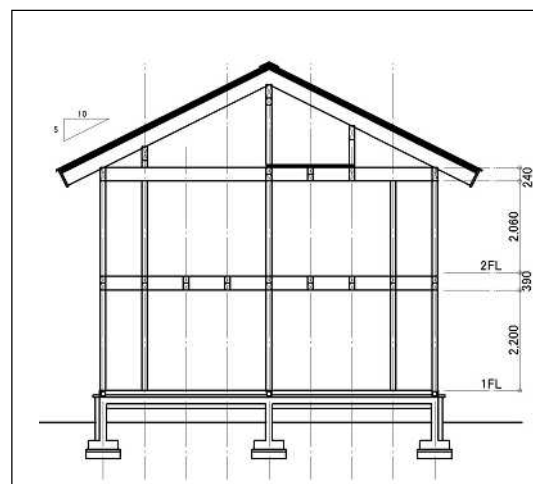
大梁ラインと小梁のかけ方

）軒桁の高さの基本方針

）で検討したとおり、垂木には屋根断熱材の厚みを考慮し、北海道内で一般的に施工されている 212 材（38mm × 286mm）による屋根組とします。この屋根形式は屋根及び天井の下地を同時に組むことになるので、建設コスト的にも有利になります。

一般に 2×12 材を用いる断熱仕様とした場合、棟付近の天井高さが高くなってしまいうことから、軒桁のレベルについては2階FLより2m程度に抑えることが多くみられます。

北の民家モデルでは、1 間半フレームの母屋下端で 2.06m とし、居室の居住性と断熱性を確保しています。また、屋根断熱とすることで小屋なりの空間を創出し、開放的な造りとなっています。



軒高さを抑えて棟部の高さを調整する

）母屋、棟木への集成材の利用

）で検討したとおり、積雪荷重など、大きな荷重を負担する梁や、下部に柱を立てて軸力を負担させたくない場合などに、性能のはっきりしている集成材を部分的に利用した軸組架構とすることが考えられます。

特に、下部に柱を立てると室内空間への影響が大きい母屋や棟木などは2 間スパンでの架構となります。棟木や母屋などは積雪荷重を負担するので、必要な断面は他の部材に比べて大きくなります。こうした大きな横架材の入手が困難な場合などに、集成材を必要に応じて利用することが考えられます。



集成材を母屋に用いた屋根組

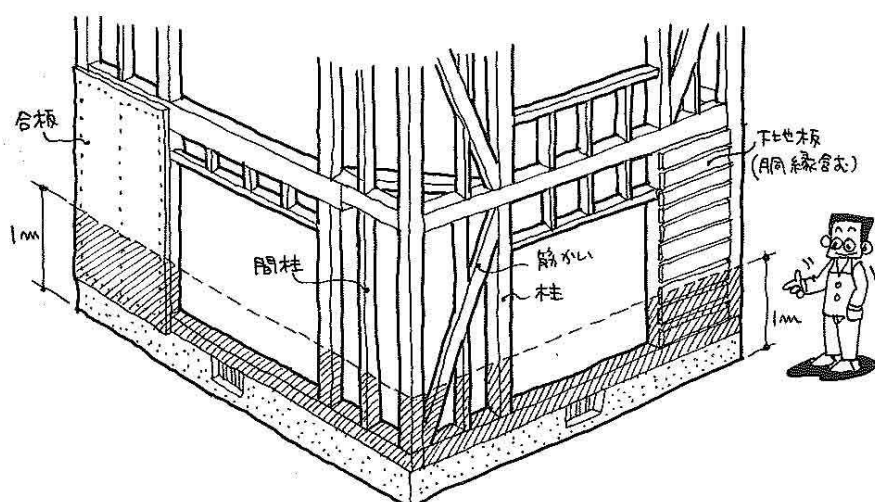
）外壁の軸組等の防腐防蟻

長期優良住宅の基準として、住宅性能表示制度の劣化対策等級における等級3の取得が求められており、地面からの高さ1m以内の部分には防腐処理を行う必要があります。「北の民家モデル」では基本的に外壁を通気工法とすることとを考えているため、外壁の軸組に以下の措置を行う必要があります。

部位	措置
柱、柱以外の軸材・下地材 (間柱・筋かい・胴縁等)	製材、集成材等を使用し、薬剤処理(注1)
	耐久性区分D1(注2)の樹種の製材、集成材等で小径が120mm以上の材を使用
	小径が135mm以上の製材、集成材を使用
	耐久性区分D1の特定樹種(注2)を使用
合板	構造用合板等を使用し、薬剤処理

コンセプトモデルでは柱にトドマツ 120mm、耐力面材として構造用合板を利用しているため、劣化対策等級3を取得するためには薬剤処理をすることが求められます。ここで薬剤処理が必要とされる外壁の軸組の範囲とは以下の表の太線内が該当します。また、通気胴縁や室内側のせっこうボードを張るための下地材に道産材を利用する場合はカラマツとするか薬剤処理をしたトドマツとする必要があります。コンセプトモデルでは薬剤処理は原則として行わない方針のため、カラマツやヒノキ等を利用するものとして考えています。

	室内側に露出していない部分	室内側に露出した部分
外壁の軸組	柱・間柱・梁・筋かい・耐力面材	真壁造の柱・梁
下地材	下地材(外部側) 下地材(室内側)	
土台	土台・火打土台	



外壁の軸組等

- ・外壁部の柱、間柱、筋かい又は合板、下地材(胴縁を含む)等を示します。
- ・薬剤処理を行う場合は柱・間柱の木口・ホゾまで行い、柱の室内側の見えがかりには行わないものとします。
- ・建築基準法施行令第49条(外壁内部等の防腐措置等)の規定は別途適用されますので、注意して下さい。

出典) 木造住宅のための性能表示
(財)日本住宅・木造技術センター

）土台の樹種について

土台については防腐性・防蟻性が求められます。北海道においては防蟻処理は求められませんが、近年は道内においてもシロアリ被害が確認されており、また、長期優良住宅では躯体の劣化対策等級として等級3が求められていることから、耐久性区分D1のうち特定樹種¹とするかK2相当以上の薬剤による防腐防蟻処理²を施す必要があります。耐久性区分D1の特定樹種はヒノキ、ヒバ、クリ等であり、道産材では入手が難しい材料が多いことから、「北の民家モデル」では国産材を利用することとし、コンセプトモデルではヒノキ120mm×120mmを採用しています。

注1．薬剤処理

有効な薬剤を塗布、加圧注入、浸漬、吹き付け、接着剤に混入したものをいいます。

1．現場処理の薬剤の例

・（社）日本しろあり対策協会又は（社）日本木材保存協会認定の防腐・防蟻材

2．工場処理による防腐・防蟻処理材の例

・JASの保存処理（K1を除く）の規格に適合する保存処理材

・JISK1570（木材保存剤）に定める加圧注入用木材保存剤、又は（社）日本木材保存協会認定の加圧注入用木材防腐・防蟻剤を用いてJISA9002による加圧式保存処理を行った木材

・認証木質建材（AQマーク表示品）として認証された保存処理材

注2．耐久性区分D1及び耐久性区分D1の特定樹種

製材のJAS、枠組壁工法構造用製材のJASに規定する耐久性区分D1に区分される製材又はこれにより構成される集成材等で、以下の樹種をいいます。これらの他に同等と見なされるものについては、JASの運用によります。

ヒノキ、ヒバ、ベイヒバ（パシフィックコーストイエローシーダー）、ケヤキ、アビトン、ウェスタンラッシュ、ウェスタンレッドシーダー、カプル、カラマツ、クヌギ、クリ、ケンパス、スギ、セランガンバツ、タイワンヒノキ、ダグラスファー、ダフリカカラマツ、タマラック、ベイスギ、ベイヒ、ベイマツ、ミズナラ、サイプレスパイン、ボンゴシ、イペ、ジャラ

また、上記の樹種のうち、土台として防腐・防蟻処置をせずに利用可能な特定樹種は以下に樹種による製材又は集成材に限られます。

ヒノキ、ヒバ、ベイヒ、ベイスギ、ケヤキ、クリ、ベイヒバ、タイワンヒノキ、ウェスタンレッドシーダー

注3．K2相当以上の防腐・防蟻処理

製材のJAS、枠組壁工法構造用製材のJASに規定する保存処理の性能区分のうち、K2以上の防腐・防蟻処理をいい、JISK1570に規定する木材保存剤またはこれと同等の薬剤を用いて、K2以上の薬剤の浸潤度及び吸収量を確保する工場処理その他これと同等の性能を有する処理を含みます。

北海道、青森県はK2相当以上の防腐処理ですが、それ以外の都道府県はK3相当以上の防腐防蟻処理となります。

(2) 耐力壁の設計方針

北海道は寒冷地であり、積雪量が1.0mを超える多雪区域が多くなっています。「北の民家モデル」では、長期優良住宅を仕様の目安としており、住宅性能表示制度における耐震等級2（躯体の倒壊等防止・躯体の損傷防止）同等以上の仕様とする必要があります。多雪区域の場合、積雪量を必要壁量に加算する必要があります。雪のない地域に比べて耐力壁長さが大きくなるので、耐力壁の枚数を増やしていく必要があります。

耐力壁は軸組間（土台と床梁、床梁と小屋梁など）に留められている必要がありますので、内部に耐力壁を無計画に配置してしまうと、将来的な間取りの変更や使い勝手に影響が出てしまいます。

また、耐力壁は地震時などの水平力を受けると回転しようとし、端部の柱には圧縮力や引張力などの集中荷重が働きます。梁の断面が小さい場合、耐力壁の足元が沈んでしまい、水平力を受ける方向の変形量が増大することで、耐力壁の剛性が低下するおそれがあります。

）耐力壁の壁倍率の基本方針

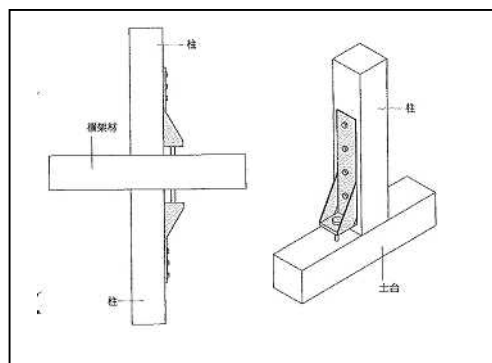
多雪地域では、必要壁量の計算に積雪量に応じた係数を加えて計算する必要があります。積雪1.5mでは一般値と比較して約1.5倍程度の壁量が必要になります。また、耐震等級2の壁量計算には室内側の下地材であるせっこうボードを準耐力壁として算入可能ですが、柱を見せない大壁造りとなることから、「北の民家モデル」ではせっこうボードの準耐力壁の算入は行わないものとします。また、軸組部材について伝統的な仕口・継ぎ手による接合部を原則としていることから、壁倍率は過度の応力集中を防ぐため、構造用合板による壁倍率2.5倍を原則とし、スケルトンインフィルによる内部空間の自由度を高める意図から外周部については構造用合板に室内側のせっこうボードを加えた壁倍率3.5倍を原則として考えます。

コンセプトモデルの設計において、床面積と積雪量1.4m（札幌市郊外を想定）の条件で計算すると必要壁量はX・Y方向それぞれに1階5,362cm・2階4,147cmとなります。この長さは外周部のみでは取りきれないため、内部の間取りの自由度や可変性、壁量のバランスを考慮しながら耐力壁長さや位置を検討していきます。また、（ ）における耐力壁線になる耐力壁線長さを検討しながら必要な壁を配置していきます。

単純に壁倍率を法定基準で最大の5倍とした場合、必要な壁枚数は少なくなります。しかし耐力壁1枚当たりが負担する水平力の増加により、柱への引き抜き力が大きくなることから、木材のみでは負担しきれず、大型のホールダウン金物などに頼らざるを得ない仕口になってしまいます。

種類	番号	材料	最低厚さ	規格	釘打ちの方法 種類	間隔	倍率
大壁	面材を釘打ちした壁を設けた軸組	屋外壁等で耐震措置無し	7.5（特種）	JAS/SS1告示第894号	N50	15以下	2.5
		構造用合板	5（特種）				
		上記以外	9	JIS A 5908・1994			
		パーテクルボード	12	JIS A 5908・1994			
		構造用パネル	-	JAS/SS2告示第360号			
		ハートボード	5	JIS A 5937・1977			2.0
		硬質木片セメント板	12	JIS A 5417・1985			
		炭酸マグネシウム板	12	JIS A 5701・1983			1.5
		バルブセメント板	8	JIS A 5415・1988			
		構造用せっこうボードA種（屋内壁）	-				1.7
		構造用せっこうボードB種（屋内壁）	12	JIS A 6901・2005			1.2
		せっこうボード・強化せっこうボード（屋内壁）	-				0.9
		シーゾグインシュレーションボード	12	JIS A 5905・1979	SN40	*1	1.0
		ラスシート	角波亜鉛鉄板の厚さ0.4mm以上 メタルラスの厚さ0.6mm以上	JIS A5524・1977	N38	15以下	1.0
真壁	面材を閉縁に釘打ちした壁を設けた軸組	上記 - の面材	上記	上記	N32	15以下	0.5
		構造用せっこうボードA種（屋内壁）	-		N50	15以下	1.6
		構造用せっこうボードB種（屋内壁）	12	JIS A6901・2005			1.0
		せっこうボード・強化せっこうボード（屋内壁）	-				0.9
		構造用合板	屋外壁等	7.5（特種）			2.5
		上記以外	7.5	JAS/SS1告示第894号			
		パーテクルボード	12	JIS A 5908・1994			1.5
		せっこうラスボード	9	JIS A 6906・1983			
		構造用せっこうボードA種（屋内壁）	-				1.5
		構造用せっこうボードB種（屋内壁）	12	JIS A 6901・2005			1.3
		せっこうボード・強化せっこうボード（屋内壁）	-				1.0
		構造用合板	屋外壁等	7.5（特種）	N50	15以下	2.5
		上記以外	7.5	JAS/SS1告示第894号			
		パーテクルボード	12	JIS A 5908・1994			1.5
		せっこうラスボード	9	JIS A 6906・1983			
		構造用せっこうボードA種（屋内壁）	-				0.8
		構造用せっこうボードB種（屋内壁）	12	JIS A 6901・2005			0.7
		せっこうボード・強化せっこうボード（屋内壁）	-				0.5
		上記のうち2つを併用した軸組	-				*5
		表1と上記を併用した軸組	-				

建築基準法上の耐力壁となる壁の仕様と壁倍率その2
（建築基準法告示第1100号）



ホールダウン金物の取付図

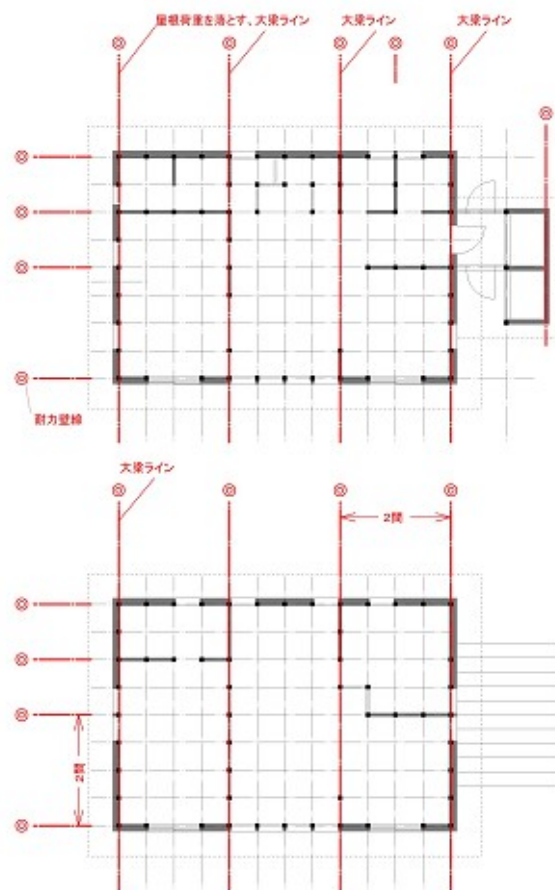
）耐力壁線間距離の基本方針

水平力を耐力壁にきちんと伝えるためには、床や屋根などの水平構面を固め、建物の一体化を図る必要があります。ここではその水平構面の検討に必要な耐力壁線間距離について基本方針をまとめます。

耐力壁線とするためには、右記の条件を満たす必要があります。2.5 倍の壁倍率であればX方向に3枚以上、Y方向に2枚以上の枚数が必要です。

「北の民家モデル」では基本的な架構形式に2間×2間を一つの単位としていることから、耐力壁線もこれに合わせて配置していくことを基本とします。これにより8帖を居室の基準とすることが可能で、将来的な間取りの可変性などを担保することが出来ます。

耐力壁線間距離が長くなると、より固い水平構面の仕様とする必要があります。床面に関しては火打梁等の部材を入れなくてもある程度の固さを確保することは可能ですが、小屋面に関しては火打梁なしでは必要な床倍率の確保が難しくなります。また、吹き抜けや階段などは床構面が確保出来ません。一方で、必要耐力壁長さは外周壁のみでは確保しきれないことから、コンセプトモデルでは耐力壁線間距離を2間程度となるように配置し、必要床倍率を低減することを基本とします。



耐力壁線位置の検討（1階・2階）

耐力壁線の条件		記号
その通りの存在壁量	その通りの床の長さ×0.6	
かつ		
(1) その通りの存在壁量	400cm	
(2) 各階・各方向の最外周壁線で(1)の条件を満たさないもの		

）上下階の耐力壁位置についての基本方針

横架材の中間に耐力壁を配置した場合、耐力壁は水平力により回転しようとする力が働きます。耐力壁端部には必ず柱がありますが、この柱に圧縮力や引張力が働くので、横架材には床荷重に加えて集中荷重がかかることになります。この力に対して、横架材の強度やたわみ、仕口の支持能力を検討する必要があります。

このような変形を抑えるためには、力の加わる2階柱の下部に柱を配置し、集中荷重を負担させ変形を抑えたり、上下階で耐力壁の位置を揃えて、梁への負担を軽減することが有効です。それにより耐力壁線の位置も揃い、必要床倍率の計算に必要な係数は小さくなります。力の流れの素直な壁配置とすることを基本とします。

また、建築基準法では小屋梁より上部への耐力壁の配置は規定されていませんが、建物としての一体性を高めるために、垂木や棟木と小屋梁間についても構造用合板を入れることを基本とします。

各階における耐力壁線の条件とαの関係

2階建て の2階 平屋建て	1.0	2.0
	0.5	2.0
2階建て の1階 及び 下屋	1.0	2.0
	2.0	2.0

$$\text{地震力に対する必要床倍率} = \text{係数 } \alpha \times \text{耐力壁線間距離 } l \text{ (m)} \times \frac{\text{品確法の地震に対する単位面積当たりの必要壁量}}{200}$$

必要床倍率の計算式

：上図による床区画の係数

200：壁倍率1の耐力壁長さ1m当たりの基準耐力

(3) 水平構面の設計方針

床組、小屋・屋根組には、人や家具、積雪などの鉛直荷重を支える役割と、地震などで発生する横方向のエネルギー（水平力）を耐力壁に伝達する役割があります。床組・小屋組を固めることで、力の伝わり方のねじれを防ぎ、耐力壁に分散して水平力を負担させることができます。この床組・小屋組のことを水平構面（面内せん断剛性）と呼び、耐力壁と同様に床倍率によって表示されます。

床組について、耐力壁の基本方針より耐力壁線間距離を2間とした場合、水平構面の仕様は床倍率1.2を原則とします。但し、吹き抜けや階段が同じ床区画にあることから、この部分については耐風梁・回遊性の確保を兼ねてキャットウォークを入れ、その床面で必要な床倍率を確保することとします。

小屋・屋根組について、小屋の大きな空間を生かすために、ツーバイ材による屋根構面の実験を本年度事業として行い、床倍率として1.0倍程度の確保が可能との推測が得られたことから、小屋梁面での火打梁を省略したツーバイ材による屋根構面を採用することとします。

2 階床組の基本方針

床組には、鉛直荷重を支える役割と、水平力を耐力壁に伝達する役割があります。水平構面である床の剛性をきちんと確保しない場合、水平力に対して床面の変形に差が生じてしまい、局部的に力がかかるおそれがあります。床の剛性を高める目的は、耐力壁に均等に水平力を分配するために、床面に有害な変形が生じないようにすることです。

コンセプトモデルの設計において、2階床組は工事中の足場の確保や施工性を考慮し、甲乙梁を入れた構造用合板24mm以上四周釘打ちによる床倍率3.0を原則とします。また、吹き抜けなど、床倍率を取りきれない箇所では、キャットウォーク等による床倍率の確保を行います。但し、構造材現しのため、天井仕上げ＝合板面となることから、36mmの三層パネルなどの化粧材を兼ねた製品の利用や合板下に天井面を仕上げる等の方法が考えられます。



道産カラマツの構造用合板と床梁の天井仕上げ



床梁間に天井を貼った仕上げ

構面	水平構面の仕様	存在床倍率 QE
床構面	構造用合板12mm以上又は構造用パネル1・2級以上、根太@340以下落とし込み、N50@150以下	2
	構造用合板12mm以上又は構造用パネル1・2級以上、根太@340以下半欠き、N50@150以下	1.6
	構造用合板12mm以上又は構造用パネル1・2級以上、根太@340以下転ばし、N50@150以下	1
	構造用合板12mm以上又は構造用パネル1・2級以上、根太@500以下落とし込み、N50@150以下	1.4
	構造用合板12mm以上又は構造用パネル1・2級以上、根太@500以下半欠き、N50@150以下	1.12
	構造用合板12mm以上又は構造用パネル1・2級以上、根太@500以下転ばし、N50@150以下	0.7
	構造用合板24mm以上、根太なし直張り4周釘打ち、N75@150以下	3
	構造用合板24mm以上、根太なし直張り川の字釘打ち、N75@150以下	1.2
	幅180板材12mm以上、根太@340以下落とし込み、N50@150以下	0.39
	幅180板材12mm以上、根太@340以下半欠き、N50@150以下	0.36
	幅180板材12mm以上、根太@340以下転ばし、N50@150以下	0.3
	幅180板材12mm以上、根太@500以下落とし込み、N50@150以下	0.26
	幅180板材12mm以上、根太@500以下半欠き、N50@150以下	0.24
	幅180板材12mm以上、根太@500以下転ばし、N50@150以下	0.2

構造用合板等の釘打ちは、特記がない限り、根太に対して川の字で打ち付ける事

) 小屋・屋根組の基本方針

北海道は多雪区域であり、北の民家モデルではスムーズな落雪が可能な 5 寸勾配以上の屋根とすることを基本的な方針としています。5 寸勾配とした場合、下に示す屋根の水平構面の仕様では構造用合板 9mm 以上の存在床倍率 0.7 が基本的な仕様になります。

屋根・小屋床面における必要床倍率は、一般地と比較して多雪地域の方が高く、1.5m の積雪の場合で約 1.5 倍の数字になります。耐力壁間距離にもよりますが、2 間の場合で試算すると屋根構面の必要床倍率は 1.0 倍程度になります。

存在床倍率 1.0 倍の確保において、従来認められている屋根の仕様では剛性が不足し、0.3 倍程度の火打構面を入れて存在床倍率を高める必要があります。少なくとも 8 帖（2 間×2 間）ごとに火打梁による水平構面を構成する必要があり、架構に影響があるだけでなく、室内空間を狭く感じさせたり、使い勝手の面でも邪魔になったりします。

「北の民家モデル」では屋根断熱による屋根なりの空間を基本的な考え方となっております。コンセプトモデルでは火打ち梁を用いずに、構造用合板 24mm によるロフト床を設けることで水平構面を確保する考え方としております。

構面	水平構面の仕様	存在床倍率 QE
屋根構面	3寸勾配以下、構造用合板9mm以上又は構造用パネル1・2・3級、垂木@500以下転ばし、N50@150以下	0.7
	5寸勾配以下、構造用合板9mm以上又は構造用パネル1・2・3級、垂木@500以下転ばし、N50@150以下	0.7
	矩勾配以下、構造用合板9mm以上又は構造用パネル1・2・3級、垂木@500以下転ばし、N50@150以下	0.5
	3寸勾配以下、幅180杉板9mm以上、垂木@500以下転ばし、N50@150以下	0.2
	5寸勾配以下、幅180杉板9mm以上、垂木@500以下転ばし、N50@150以下	0.2
	矩勾配以下、幅180杉板9mm以上、垂木@500以下転ばし、N50@150以下	0.1

構造用合板等の釘打ちは、特記がない限り、垂木に対して川の字で打ち付ける事

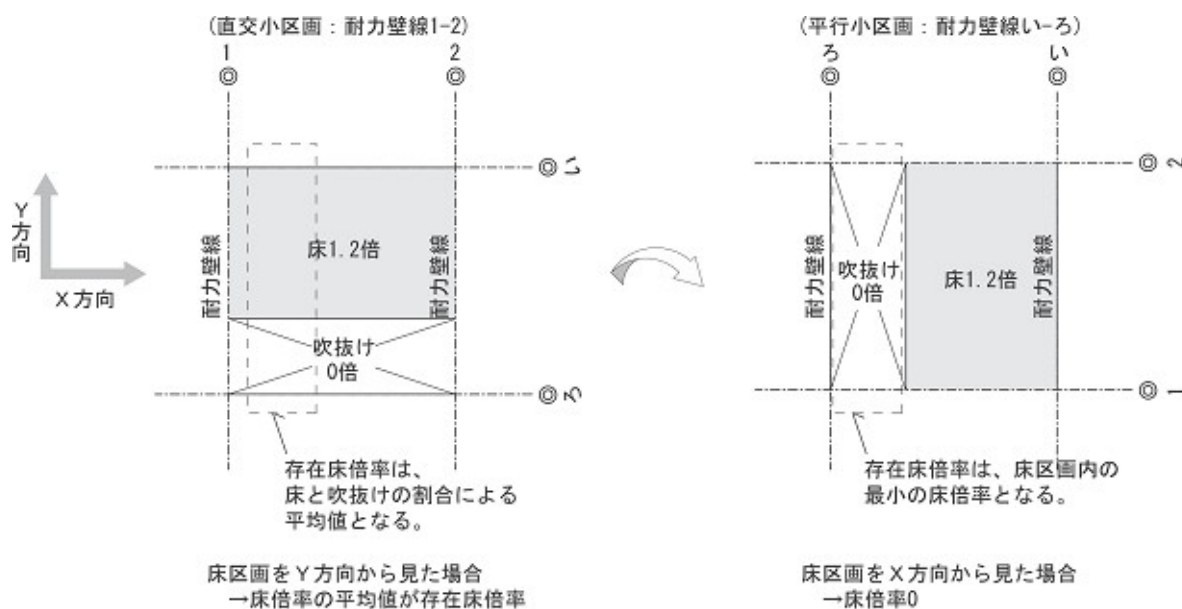
屋根面の堅牢さ（剛性）を示す存在床倍率の一覧表。従来の仕様では 0.7 倍までしかない。

構面	水平構面の仕様	存在床倍率 QE
火打構面	火打金物、平均負担面積2.5㎡以下、梁背240以上	0.8
	火打金物、平均負担面積2.5㎡以下、梁背150以上	0.6
	火打金物、平均負担面積2.5㎡以下、梁背105以上	0.5
	火打金物、平均負担面積3.3㎡以下、梁背240以上	0.48
	火打金物、平均負担面積3.3㎡以下、梁背150以上	0.36
	火打金物、平均負担面積3.3㎡以下、梁背105以上	0.3
	火打金物、平均負担面積5.0㎡以下、梁背240以上	0.24
	火打金物、平均負担面積5.0㎡以下、梁背150以上	0.18
	火打金物、平均負担面積5.0㎡以下、梁背105以上	0.15
	木製火打90×90mm、平均負担面積2.5㎡以下、梁背240以上	0.8
	木製火打90×90mm、平均負担面積2.5㎡以下、梁背150以上	0.6
	木製火打90×90mm、平均負担面積2.5㎡以下、梁背105以上	0.5
	木製火打90×90mm、平均負担面積3.3㎡以下、梁背240以上	0.48
	木製火打90×90mm、平均負担面積3.3㎡以下、梁背150以上	0.36
	木製火打90×90mm、平均負担面積3.3㎡以下、梁背105以上	0.3
	木製火打90×90mm、平均負担面積5.0㎡以下、梁背240以上	0.24
	木製火打90×90mm、平均負担面積5.0㎡以下、梁背150以上	0.18
	木製火打90×90mm、平均負担面積5.0㎡以下、梁背105以上	0.15

小屋面の天井の四隅に入れる火打梁の存在床倍率。設置箇所を増やし、負担面積を小さくすることで倍率は高くなる。

）吹き抜けのある場合

同じ床区画でもX方向、Y方向の検討方向により存在床倍率が異なります。吹き抜けや階段室は床を張らないため、その部分の存在床倍率は0倍となりますが、全てが吹き抜けでない限り検討方向によって存在床倍率は異なります。また、複数の仕様を組み合わせることも可能ですが、水平構面の固さが異なると耐力壁に均等に水平力を分散出来ないため、あまり多くの仕様を組み合わせることは望ましくありません。



(4) 接合部の設計方針

接合部は、一方の部材が負担した力を、他方の部材に伝達する重要な役割を担っています。接合部には柱と梁のように異なる方向の部材の交点となる「仕口」と、梁と梁のように同じ方向の部材をつなぎ合わせる「継ぎ手」があります。

木造の場合、他の構造形式と比べて、接合部の形状が複雑であり、種類も多くなっています。また、木造における接合部は建物全体の強度や変形を左右する最も重要な部分になります。

木造の接合部は、古くから大工技術による手加工の伝統的な仕口・継ぎ手があり、木造住宅についてもそれらが利用されてきました。しかし、戦後の高度経済成長社会において、大量供給とコストの低減の視点から、機械によるプレカットが主流となりました。また、阪神・淡路大震災後の建築基準法の改正等に伴う急速な金物普及により、伝統的な仕口・継ぎ手による接合部は敬遠されていきます。一方で、伝統的な仕口・継ぎ手の構造的な耐力が不明であったことなども要因として考えられます。

これらの状況に対し、伝統的な仕口・継ぎ手の耐力を耐力実験等により確認し、見直す動きも出てきています。これらは主にスギ、ヒノキ等を用いた実験が行われてきましたが、今年度の取り組みにおいて道産トドマツ材における性能確認を行ったことで、スギと同等として扱うことが可能であることが分かりました。

また、全ての仕口・継ぎ手を手加工で刻む場合、加工の期間や手間が増大することも考えられます。今後コスト検証などを行い、プレカットとの併用などの予算に合わせたメニューの整備について検討していきます。プレカットを用いる場合、接合部は金物補強が必要ですが、「北の民家モデル」は天井を貼らない構造材現しの天井仕上げなので金物を見せない工夫が必要です。また、長ホゾ込み栓と金物補強を併用するなど、全体の構造を考えた上で適切な接合部の計画を行う必要があります。

）接合部の種類と考え方

接合部には大きく分けて3つの考え方があります。

金物を使用しないタイプ（伝統的な加工）

金物を併用するタイプ

金物のみの接合

通し柱等の柱勝ちにするか、梁を通す梁勝ちとするかにより接合部の種類は変わりますが、接合部の考え方は基本的に同じです。

とした場合、基本的に接合部は大工による手加工となります。今後、コスト検証等を行い、実態を把握する必要がありますが、一般的に加工の期間や大工手間が増大することが考えられます。一方で、基本的に使用する仕口・継ぎ手の統一などにより、作業の効率化やスピードアップを図り、加工に掛かる費用を低減するなどの考え方もあります。また、繰り返し作業による大工の習熟効果も期待出来ます。

とした場合、「北の民家モデル」では構造材現しの天井仕上げになりますので、金物がそのまま見えない工夫が必要です。意匠性を考慮し、梁の断面内に引きボルトを設け、大入れ部分とボルトで抵抗する仕口などがあります。ボルト接合を用いる場合、座金のめり込みで耐力が決まることがあるので、使用する樹種



引きボルト接合による仕口

の性能をきちんと把握する必要があります。

とした場合、木材の含水率管理や寸法安定性、加工精度などが要求されます。主に性能が明確である集成材を利用する場合に用いられます。

コンセプトモデルは原則として外周部に対し2間ごとに通し柱を配置し、それ以外の柱は梁勝ちのディテールとしており、接合部には本年度実施した4種類の伝統的な仕口・継ぎ手を用いることとしています。しかし、特に柱の柱頭柱脚については長ホゾ込み栓打ちでは必要な耐力を満たすことが出来ないため、金物を併用することとしています。また、ホールダウン金物の変わりにアンカーボルトから胴差、桁までを全ネジボルトで緊結し、引き抜きに抵抗する方法もあります。

）プレカットと手刻みを併用する

現在、構造材の加工はプレカット工場での機械加工が主流です。プレカット化することで、工務店などの作り手側は加工場や加工器具などの経費が軽減され、また、加工手間などのコストダウンを図ることが出来ます。一方で、構造材現しの室内空間において、伝統的な仕口・継ぎ手などの木組みの良さが感じられないのは寂しいとの声も聞かれます。前述した地域内での経済循環や職人技術の継承といった点からも、全てをプレカット機械による加工とするのではなく、部分的に手刻みを併用する方法などが考えられます。



横架材接合部のみ手刻みとしている軸組の施工

接合部の考え方としては ） - に該当しますが、プレカット機械で対応出来ない部分を手加工で行うことが考えられます。また、横架材の接合部に追掛け大栓などの伝統的な継ぎ手を用いることや、柱の引き抜きに対して長ホゾ込み栓打ちと併用して軸ボルトを入れるなど、仕口を補強する方法などがあります。

これらの手加工を行うには、当然大工手間をきちんと積算する必要があります。コスト検証などをしっかりと行い、併用のメニューを整備していくことが重要です。また、道産材を用いた場合の伝統的な仕口・継ぎ手の耐力実験、めり込みなどの計算のための道産材の性能など、今後、道産材の利用に向けた取り組みが必要です。

(5) 温熱環境についての考え方

北海道における熱損失係数と相当隙間面積の基準として、平成 21 年度に国土交通省の長期優良住宅先導的モデル事業に採択された「北方型住宅 E C O プロジェクト」で採用されている熱損失係数 (Q 値) $1.3 \text{ w} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ 以下、相当隙間面積 (C 値) $1.0 \text{ c m}^2 / \text{m}^2$ 以下を目安とします。「北の民家モデル」コンセプトモデルでは、建物本体の性能として Q 値 $1.3 \text{ w} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ 以下、C 値 $0.8 \text{ c m}^2 / \text{m}^2$ 以下を基準とします。

Q 値が $1.3 \text{ w} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ 以下に確保された状態であれば、どのような熱源を利用しても十分な暖房効果が得られます。また、熱源の種類によっては、1 次エネルギー (主に石油) の消費量や二酸化炭素排出量が異なり、特にバイオマスエネルギーを活用する場合は石油消費量・二酸化炭素排出量がほとんどありません。

しかし、薪・ペレットを利用した熱源のみとするためには、敷地内に燃料の保管スペースが必要となります。また、燃料供給や灰処理の手間がかかること、燃焼機器の価格が高いことから住み手がどのように考えているかによって、薪・ペレットなどのバイオマスエネルギーを熱源として活用することを基本としながらも、状況に応じて、一次エネルギー消費量等の少ないガスや灯油による暖房に変更することとします。また、脱衣所、洗面所等のユーティリティを比較的余裕を持って確保しておくことで、将来的な熱源の変更に對して柔軟に對応出来る造りとしています。

コンセプトモデルでは、熱源として薪ストーブを設置し、建物内に薪を保管することが可能な物置を確保する計画としています。

(6) 長期に亘る維持保全計画と地域で育てる大工職人

長期優良住宅には建築主が維持保全を行うことが義務づけられています。維持保全を行う部分は 構造耐力上主要な部分 雨水の浸入を防止する部分 住宅の給排水設備の 3 つで、右表に示す維持保全の方法の基準に則り、

維持保全の方法の基準

1. 構造耐力上主要な部分等の仕様、点検項目、時期
2. 工事完了等からの点検実施期間
3. 点検の結果に基づく調査、修繕、改良
4. 地震時及び台風時に臨時点検
5. 劣化状況に応じた維持保全の方法の見直し
6. 長期優良住宅建築等計画の変更に伴う維持保全方法の変更

必要であれば修繕を行う必要があります。また、維持保全の状況に関する記録を作成し、保存することが義務づけられています。このとき、柱や梁などの構造躯体が現しの造りであれば、目視確認が容易となり、問題が生じた場合もすぐに分かります。

しかし、実際には建築主が自分で点検・修繕を行う場合があるなど、維持保全の記録を作成することは困難であり、地元で営業を行う地域工務店などがメンテナンスや記録作成をサポートしていく体制が必要です。

そのような体制を地域内に整備していくためには、柱や梁など、構造耐力上主要な部分をきちんと確認し、必要な措置を講じることの出来る大工職人を地域で育てていくこと、また、その技術を継承していくことが重要です。地域で地域の住宅を守る体制が長期に亘る住宅の利用と資産価値の維持につながります。

(7) 建設費の試算

「北の民家モデル」コンセプトモデル(延床面積 160.65 m²)について、建設費の試算を行いました。
試算結果及び各工事費の概要は以下の通りです。

総工事費：¥ 24,990,000

工事金額：¥ 23,800,000 -

消費税：¥ 1,190,000 -

工事費内訳

費 目		金 額	規 格 ・ 仕 様
1	仮設工事	680,000	仮設足場他
2	基礎工事	1,580,000	基礎断熱：スタイロフォーム 100mm
3	木工事	5,700,000	在来工法 柱：120mm×120mm 横架材：120mm×240mm 接合部：手刻み・金物
4	屋根板金工事	880,000	縦ハゼ葺き
5	外部建具工事	880,000	断熱樹脂サッシ
6	木製建具工事	590,000	製作建具
7	外壁工事	1,230,000	ラスモルタル()
8	タイル左官工事	640,000	天端均し・タイル仕上げ
9	塗装工事	400,000	内部木枠他
10	内装工事	2,070,000	フローリング・漆喰仕上げ
11	防湿断熱気密工事	930,000	グラスウール断熱(壁 100mm×2、屋根 140mm×3)
12	雑工事	2,100,000	UB・システムキッチン：既製品、熱交換換気
13	電気設備工事	620,000	照明器具他
14	給排水衛生設備工事	1,190,000	給排水・衛生器具
15	暖房設備工事	1,250,000	薪ストーブ・煙突(補助：電気温水パネル)
	諸経費	3,111,000	
	精 査	-51,000	
	合 計	23,800,000	消費税別途

7. 外壁工事における仕様について
想定敷地は法 22 条区域であることから、敷地条件によっては外壁の一部が延焼のおそれのある部分に係る可能性があることから、ここではラスモルタル t=20mm 仕上げによる防火構造で対応することを基本として積算を行っている。

(8) 敷地バリエーションによる展開の検討

今年度は、札幌市から自動車で1時間圏内程度のある程度ゆとりある郊外型住宅地を敷地として想定し、「北の民家モデル」のコンセプトモデルの設計を行い、構法や材料などについての基本的な方針とコンセプトモデルを通じたマニュアルとしてまとめました。

来年度以降、札幌市近郊で考えられるいくつかの敷地条件を想定し、「北の民家モデル」のバリエーション展開を検討していくことも必要です。

）まちなか型の宅地における北の民家モデル

札幌市内における近年の分譲住宅の敷地規模は、50坪～55坪程度での分譲が多く見られます。

札幌市内のような人口の密集した市街地においては、法規的な条件や堆雪スペースなど、建築的な要件以外にも、共働きの多く、利便性重視であるなど、住まいに対するニーズが異なる可能性があります。特に近年、年間収入は減少傾向にあり、パートタイムなどでの共働きを選択する世帯が増加傾向にあり、働きやすい立地を選ぶ動きが見られます。また、子どものいないディンクス世帯、子育てが終わり利便性を求めるシニア世代など、ニーズの多様化が想定されます。

このような状況を踏まえ、まちなか型の宅地における北の民家モデルの開発を行い、都市部での展開の可能性と問題点を浮き彫りにし、今後の「北の民家モデル」の方向性を検討する必要があります。

）郊外型の宅地における小規模住宅の北の民家モデル

今年度検討した郊外型の宅地においても、シニア世代の住まい方やエネルギー効率を重視したコンパクトな住まいへのニーズが生まれてくることが予測されます。

こういったニーズに対しても、バリアフリーや車いすなどの高齢化に対応したコンパクトなモデルの開発を行っていく必要があります。コンパクトな住まいはシニア世代や高齢者世帯だけでなく、夫婦のみなどの若年世帯のニーズも予想され、のびのびとした郊外型のライフスタイル提案にもつながります。

）多様なニーズへの基本解としての北の民家モデル

今年度は比較的ゆとりのある郊外型の北の民家モデルを開発しました。来年度以降は今年度開発した北の民家モデルを基本の型として、まちなか型や郊外コンパクト型などの立地特性や暮らし方に応じた北の民家モデルの開発を行い、多様化するニーズに対する北の民家モデルとして提案していきます。）

6. 「北の民家モデル」の空間イメージ

CASE 1. 道産トドマツの無垢材を構造材として利用する～幌西の家



室内側を真壁として仕上げ、構造材が見える造りとして



南に面する開放的な土間

北海道産のトドマツをたくさん使い、骨太なしっかりとした軸組み構造を作ることをご心がけました。金物も使っていますが、継ぎ手や仕口には「追い掛け大栓」や「長ホゾ込栓差し」など伝統的な構法を多用しています。林業家、製材所や大工さんなど多くの人が関わってきた木材ですから、住宅内部は「真壁」としてなるべく構造材が見える造りとしています。壁や天井に塗った「しっくい」は北海道産の原料を現場で調合し、仕上げました。「北海道色」の壁ができました。

建物 DATA

所在地：北海道札幌市

防火地域指定：法 22 条区域

屋根形式：無落雪屋根（2/10）

落雪屋根（3/10）

構造・階数：木造 2 階建て

設計：一級建築士事務所マヌファット

施工：武部建設株式会社



平屋部分は道産トドマツ板材による板張り仕上げとしている



軸組模型



建て方の様子

主な仕上げ

- 外壁：着色モルタル、トドマツ板 18mm 横張
- 1階 床：トドマツ縁甲板 30mm
- 壁：せっこうボード 12.5mm の上、漆喰
- 天井：せっこうボード 9.5mm の上、漆喰
- 2階 床：トドマツ縁甲板 30mm
- 壁：せっこうボード 12.5mm の上、漆喰
- 天井：せっこうボード 9.5mm の上、月桃紙張り

断熱材各部厚さ

- 基礎：スタイロ B3 100mm (外面)
- 外壁：高性能 GW16K 90mm + 90mm
- 屋根：高性能 GW16K 280mm

主な構造材

- 柱：トドマツ 120mm × 120mm
- 床梁：トドマツ 120mm × 210mm、240mm、270mm、300mm
- 桁、棟木：トドマツ 120mm × 120mm、240mm、270mm、300mm、360mm
- 土台：本州産ヒノキ 120mm × 120mm
- トドマツは全て北海道産材を用いる

CASE 2 . 森から住まいをつくる～美唄の家



構造材現しの開放的な室内空間

立ち木の選定、伐採、製材工場での製材工程、現場での建て方と、建築主自らが森や工場へ行くことで、森から住宅までの一連の流れが目に見える建築としてつくることが実現しました。

室内は構造材が見える真壁造としています。モダンな仕上げを好む建築主とともに、工事を進めながらデザインを決定するプロセスにより開放的かつ、落ち着きのある空間が実現しました。また、エコジョーズ、太陽光発電の採用により効率的なエネルギー利用を行っています。



落雪屋根（10/10）と太陽光発電パネル



南面の大きな開口部

主な仕上げ

- 外壁：カラマツ板 18mm 張り
- 1階 床：ナラフローリング 15mm
- 壁：せっこうボード 12.5mm の上、壁紙
- 天井：構造用合板現し
- 2階 床：化粧フロアー12mm
- 壁：せっこうボード 12.5mm の上、壁紙
- 天井：せっこうボード 12.5mm の上、壁紙

断熱材各部厚さ

- 基礎：スタイロ B3 75mm（両面）
- 外壁：高性能 GW16K 105mm + 50mm
- 屋根：高性能 GW16K 245mm

主な構造材

- 柱：カラマツ 105mm × 105mm
- 床梁：カラマツ 105mm × 105mm
- 桁、棟木：カラマツ 105mm × 240mm
- 土台：ヒバ 105mm × 105mm

建物 DATA

- 所在地： 北海道美唄市 防火地域指定： なし
- 屋根形式：落雪屋根 構造・階数：木造 2 階建て
- 設計： 武部建設一級建築士事務所
- 施工： 武部建設株式会社

CASE 3 . 地元の材・地元の手で家をつくる～岩見沢 春日町の家



地場カラマツ材の天井格子と薪ストーブ



切り出した材を見学する施主

施主自身に地元の材、地元の工務店で家を作りたいという明確な方向性があり、設計がスタートしました。森での伐採、製材所や工務店での加工見学など、あらゆる工程を「見える化」して進めました。外装の下見板、木製サッシ、床材の塗装などを施主自ら行っていたのが維持管理を考えた時の設計者の基本方針です。

暖房も高断熱化により、薪ストーブにおける薪使用量の持続可能性を目指していますが、電気や灯油に比べれば圧倒的に手がかかります。工業化された住宅との違いは、住み手が主体となり、地元の工務店と一緒に手間をかけて住みつくことだと考えています。

主な仕上げ

外壁 カラマツ下見板張り、ラスモルタル

1階 床：ナラフローリング 15mm

壁：せっこうボード 12.5mm の上、水性塗装

天井：シナ合板張り、カラマツ木製格子

2階 床：ナラフローリング 15mm

壁：せっこうボード 12.5mm の上、水性塗装

天井：せっこうボード 12.5mm の上、水性塗装

断熱材各部厚さ

基礎：スタイロ B3 100mm (基礎断熱)

外壁：高性能 GW16K 100mm+100mm

屋根：高性能 GW16K 140mm+140mm+140mm

主な構造材

柱 カラマツ 105mm × 105mm

床梁、小屋梁 カラマツ 105 mm × 300 mm 他

桁 カラマツ 105 mm × 240 mm

土台 ヒバ 105mm × 105mm

建物 DATA

所在地：北海道岩見沢市 防火地域指定：なし

屋根形式：無落雪屋根 (1/100)

構造・階数：木造 2 階建て

設計：中村よしあき建築研究所

施工：武部建設株式会社

技術編は以下の4つについて取りまとめたものとなっています。

1．道産トドマツ材を用いた伝統的接合部の強度評価試験

本年度に実施した伝統的接合部の強度試験についてまとめた資料です。

2．コンセプトモデルにおける耐震等級2のチェック

コンセプトモデルの設計において、設計住宅性能表示制度の耐震等級2について検討を行った資料です。横架材の断面、耐力壁、床構面、接合部、について検討を行った資料です。

3．コンセプトモデルにおけるQ値計算

コンセプトモデルにおいて、Q p e x（ver.2.07）を用いて行ったQ値計算の結果です。

4．コンセプトモデルにおける住宅事業建築主の判断基準

コンセプトモデルにおいて、住宅事業建築主の判断基準算定用プログラムを用い、建設される地域区分、暖房（又は冷房）方式、換気方式に応じて定められた基準一次エネルギー消費量と、それぞれの住宅の断熱性能や設備の仕様・性能から算定される一次エネルギー消費量の比率として、住宅の省エネルギー性能に関する基準達成率を算定した結果です。

道産トドマツ材を用いた伝統的接合部の強度性能評価

目次

1 はじめに	1
2 伝統的継手・仕口の引張試験，せん断試験	2
2.1 伝統的接合部の仕様	2
2.2 試験体	3
2.3 無欠点小試験体での強度試験.....	4
2.4 追掛け大栓継ぎの引張試験	5
2.5 長ほぞ差し込栓打ちの引張試験	7
2.6 大入れ蟻掛けのせん断試験	10
2.7 小根ほぞ差し込栓打ちのせん断試験	13
2.8 既往の試験結果との比較	15
3 耐力算定式による検証と性能評価	15
3.1 既往の研究成果	15
3.2 追掛け大栓継ぎの引張耐力推定	15
3.3 長ほぞ差し込栓打ちの引張耐力	16
3.4 大入れ蟻掛けのせん断耐力	18
3.5 小根ほぞ差し込栓打ちのせん断耐力	20
4 終わりに	21

1 はじめに

木造建築の接合部は、古くから大工技術による手加工の伝統的な仕口・継手があり、木造住宅についてもそれらが利用されてきた。しかし、戦後の高度経済成長社会において、大量供給とコスト低減の視点から、機械によるプレカットが主流となり、また阪神・淡路大震災後の建築基準法の改正等に伴う急速な金物工法の普及により、伝統的な仕口・継手による接合部は敬遠されていった。さらには、伝統的な仕口・継手の構造的な耐力が不明であったことなどもその要因として考えられる。

これらの状況に対し、伝統構法は日本の伝統文化のひとつのかたちであり、その良さを再発見しようという近年の大きな流れの中で、伝統的な仕口・継手の耐力を実験等により確認し、見直す動きも出てきている。

NPO 法人「北の民家の会」では、平成 22 年度に実施した「北の民家モデル構築と普及促進プロジェクトに関する事業」(地域木造住宅市場活性化推進事業(国土交通省))で、北の民家モデル住宅のコンセプトを取りまとめている。この中で、道産材を用いて架構を構成するに当たり、構造材現しの仕上げの箇所が多いため、接合部にはできるだけ金物を使用せず、伝統的な継手・仕口による接合方法を採用する方針が盛り込まれている。しかし、道産材を用いた場合の伝統的な接合部については、強度試験データはほとんどないことから、データの整備が望まれている。

一方、当场では、H19～22 年度に渡って、(財)日本住宅・木材技術センターが実施した事業に参画し、統一された仕様の試験体及び試験方法に基づいたデータの収集に取り組んだ経緯がある。この事業では、伝統的な木造軸組住宅の供給の促進のために、構造計算に用いる構造要素(継手・仕口)の構造耐力データ等を住宅生産者が容易に入手できる体制を整備することを目的とし、おもにスギ・ヒノキを用いた継手・仕口の強度試験を多数実施している。

そこで本研究では、北海道産の木材需要拡大を目標として、民家型住宅で用いられる継手・仕口を対象とした接合部強度試験を実施し、北海道産のトドマツ材を用いた場合の伝統的な継手・仕口の性能評価を行った。

研究期間は平成 23 年度単年度であり、研究項目と概要は以下のとおりである。

1) 研究項目 1 : 伝統的継手・仕口の引張試験、せん断試験

- ・ねらい：道産材を用いた伝統的継手・仕口の強度試験を実施し、強度データを収集する。
- ・試験項目等：追掛け大栓継ぎの引張試験、小根ほぞ差し込栓打ちのせん断試験、大入れ蟻掛けのせん断試験、長ほぞ差し込栓打ちの引張試験

2) 研究項目 2 : 耐力算定式による検証と性能評価

- ・ねらい：既往の耐力算定式を用いて耐力を検証するとともに、性能評価を行う。
- ・試験項目等：各種強度パラメータを用いた解析

なお本研究は、林野庁 H23 年度 地域材供給倍増事業のうち地域型住宅づくり支援事業の一環として実施するものである。

2 伝統的継手・仕口の引張試験，せん断試験

2.1 伝統的接合部の仕様

伝統的な仕口・継手の耐力を実験等により確認し，見直す動きも出てきている。これらは樹種や断面形状により性能が異なるので，道産材の利用を視野に入れた場合，実験による確認が必要となる。

伝統的木造建築で用いられている仕口・継手のうち，本研究で対象としたのは以下の 4 種類とした。

追掛け大栓継ぎ：桁や胴差の継手に用いられ，曲げにも抵抗させることが多い。

長ほぞ差し込栓打ち：柱と土台もしくは柱と梁との仕口に用いられる。

大入れ蟻掛け：土台の仕口または桁，梁など，大材に小材を取り付ける場合や，柱上での取り合いの仕口としても使われる。

小根ほぞ差し込栓打ち：柱と横架材の仕口に用いられる。

それぞれの形状を図 2-1 に示す。

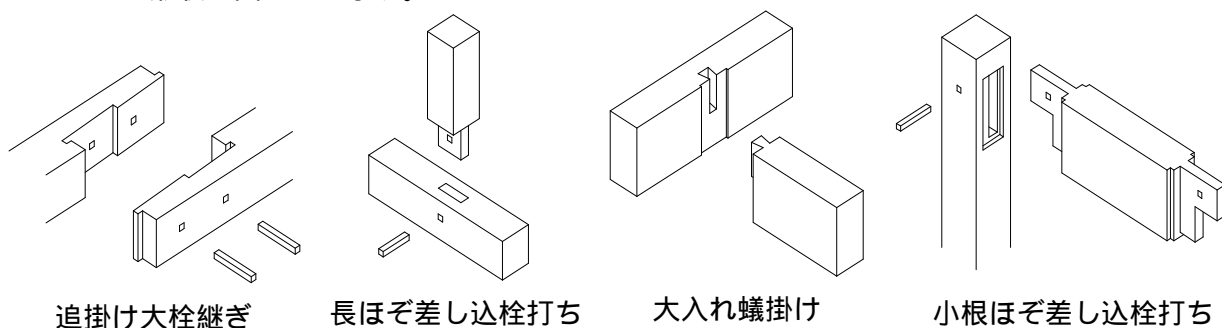


図 2-1 伝統的接合部の形状

2.2 試験体

本研究での試験体に用いた樹種はトドマツであり、製材の寸法形式は、梁材用の平角(130×250×3750mm)および正角(130×130×3750mm)である。人工乾燥処理は中温条件で行なっている。

これら製材について、2011年9月に製材工場において打音を用いたヤング係数の測定を実施した(写真2-1~3)。その結果、図2-2に示すようなヤング係数の分布が得られた。平角材の平均密度は 0.374g/cm^3 、平均ヤング係数は 9.8kN/mm^2 ($n=25$)、正角材は同 0.393 、 10.6 ($n=38$)であった。



写真 2-1 平角材の状態



写真 2-2 正角材の状態



写真 2-3 打音測定の様子

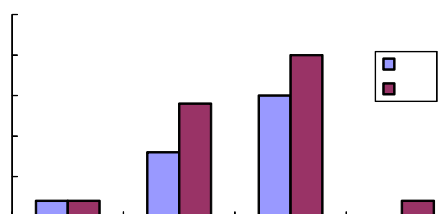


図 2-2 ヤング係数の分布

2.3 無欠点小試験体での強度試験

実験に用いたトドマツ材の基礎材質を把握するため、試験終了後の試験体から基本断面 20 × 20mm の無欠点小試験体を作製し、JIS Z 2101 に基づく木材の強度試験を実施した。試験項目は曲げ、圧縮、部分横圧縮、せん断である。試験の実施状況を写真 2-4 に、試験結果を表 2-1 に示す。概ねトドマツの文献値と一致する値が得られている。

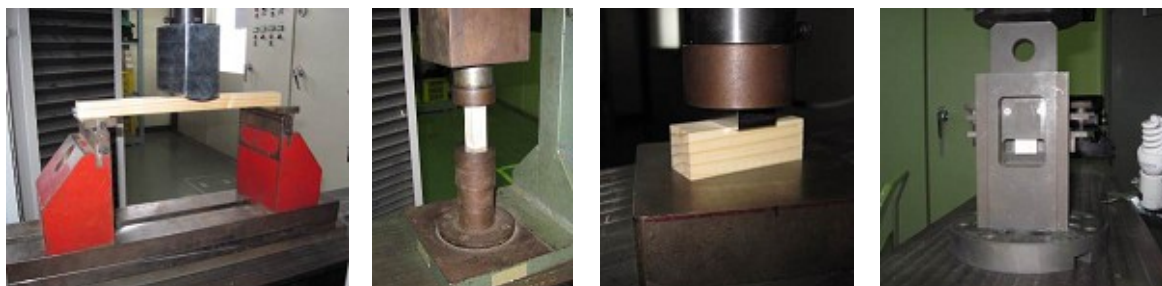


写真 2-4 強度試験の実施状況（左から曲げ，縦圧縮，部分圧縮，せん断）

表 2-1 強度試験結果

	曲げヤング係数 (kN/mm ²)	曲げ強さ (N/mm ²)	縦圧縮強さ (N/mm ²)	部分圧縮強さ ¹⁾ (N/mm ²)	せん断強さ ²⁾ (N/mm ²)	試験時密度 (g/cm ³)	含水率 (%)
試験体数	40	40	40	24	40	160	160
平均	8.6 (8.1)	70.2 (62.0)	42.4 (35.7)	6.4	8.1	0.36	9.9
変動係数	0.11 (0.11)	0.10 (0.10)	0.09 (0.11)	0.19	0.15	0.07	0.08
下限値	6.9 (6.49)	57.4 (51.1)	35.3 (28.5)	4.0	5.9	-	-
()は含水率補正後の値							
トドマツ文献値 ³⁾							
平均値	8.0	65	30	-	6.5	0.4	15
最小値	6.0	45	25	-	4.5	-	-
スギ文献値 ³⁾							
平均値	7.5	65	35	-	6.0	0.38	15
最小値	5.5	50	25	-	4.0	0.3	-

1) 加力方向は半径方向

2) せん断面は柃目

3) 木材工業ハンドブック（丸善）

2.4.1 試験体および試験方法

追掛け大栓継ぎの引張試験は、「木造住宅耐力要素試験法指針 - 接合部用 - 」（（財）日本住宅・木材技術センター，平成 21 年 3 月）の“継手・仕口接合部の引張試験”に準じて実施した。

写真 2-5 試験実施状況

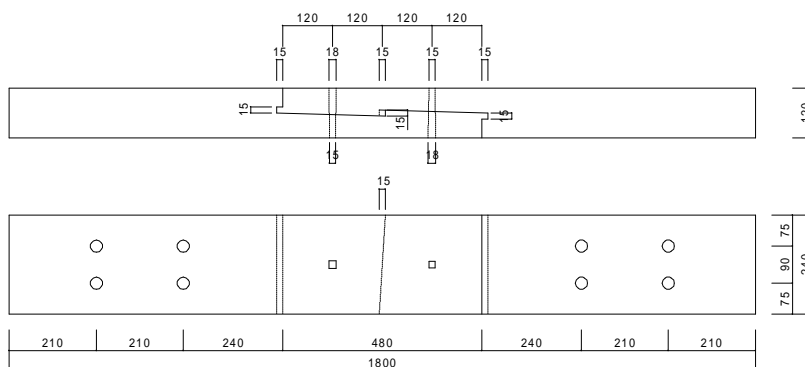


図 2-3 試験体の形状（追掛け大栓継ぎ，単位：mm）

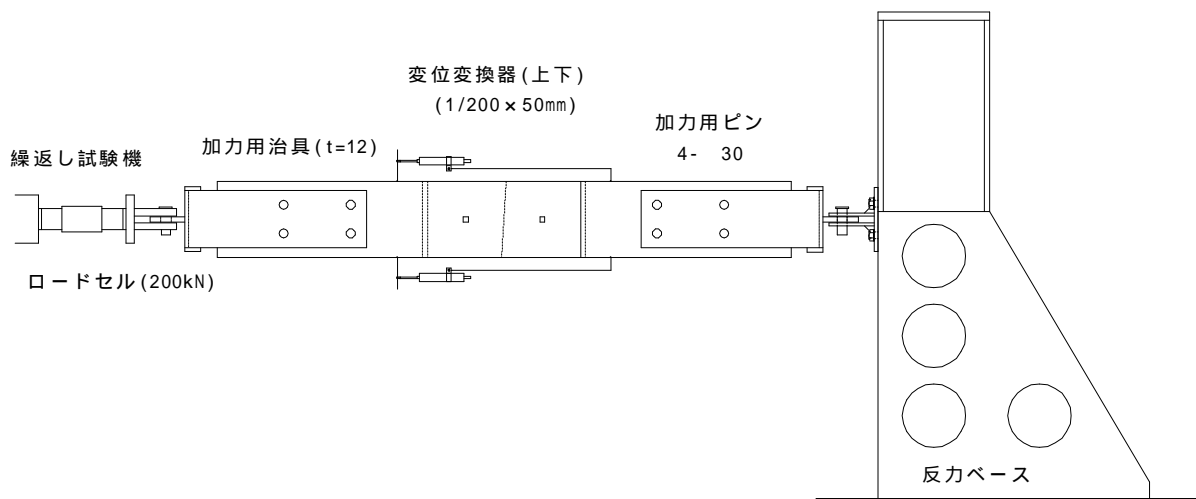


図 2-4 試験方法

2.4.2 試験結果

引張試験結果を表 2-2 に、荷重 - 変位量の関係を図 2-5 に、試験終了後の様子を写真 2-6 に示す。いずれもせん断破壊によって部材が破断し、荷重が大きく低下した。

表 2-2 試験結果（追掛け大栓継ぎ）

追掛け大栓継ぎ	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	71.50	3.36	58.90	1.40	41.94	1.55	65.10	2.58	0.49	47.67
2	78.00	4.14	54.40	1.12	48.37	1.48	71.80	3.19	0.43	52.00
3	72.70	3.59	52.00	1.20	43.37	1.50	65.10	2.52	0.50	48.47
4	71.70	2.98	57.40	1.39	41.27	1.56	64.30	3.11	0.44	47.80
平均(2~4)			54.60							49.42
変動係数			0.05							0.05
下限値			46.07							42.31

ここで、 P_{max} ：最大耐力(kN)、 $\delta_{P_{max}}$ ：最大耐力時の変位(mm)、 P_y ：降伏耐力(kN)、 δ_y ：降伏耐力時の変位(mm)、 K ：初期剛性 (kN/mm)、 δ_v ：降伏点変位(mm)、 P_u ：降伏耐力(kN)、 μ ：塑性率、 D_s ：構造特性係数、 $2/3 P_{max}$ ：最大耐力の 2/3(kN)

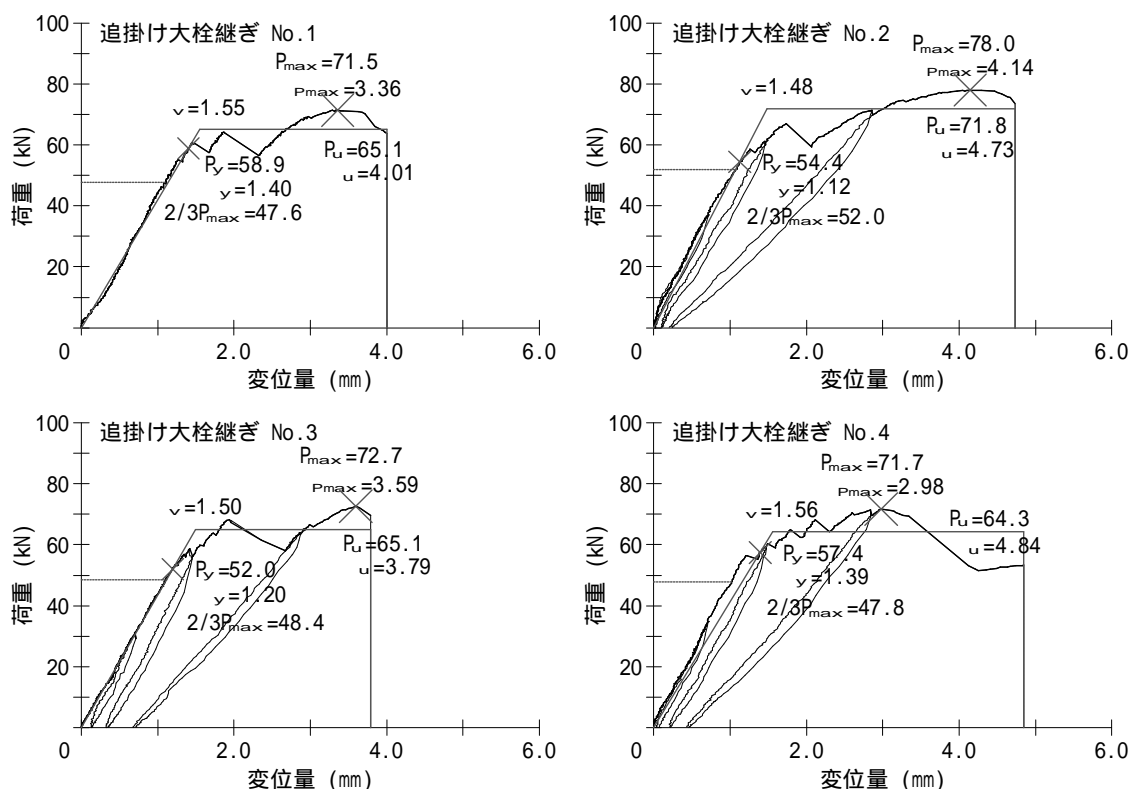


図 2-5 荷重と変位量の関係（追掛け大栓継ぎ）



写真 2-6 試験終了後の状態

2.5 長ほぞ差し込釘打ちの引張試験

2.5.1 試験体および試験方法

試験体は、正角材から作製した。込釘にはナラ（平均密度 0.64 g/cm^3 ）を用いた。試験体数は 4 体（予備試験含む）である。

長ほぞ差し込釘打ちの引張試験は、「木造住宅耐力要素試験法指針 - 接合部用 -」（（財）日本住宅・木材技術センター，平成 21 年 3 月）の“継手・仕口接合部の引張試験”に準じて実施した。使用した試験機および測定条件は追掛け大釘継ぎと同様であり、柱・土台の相対変位を表裏 2 か所で測定した。また、比較のため Z マーク表示金物である山形プレート（VP）を用いた同仕様の試験体を作製し、試験に供した。

試験体の形状を図 2-6～7 に、試験方法を図 2-8 に、試験の様子を写真 2-7 に示す。

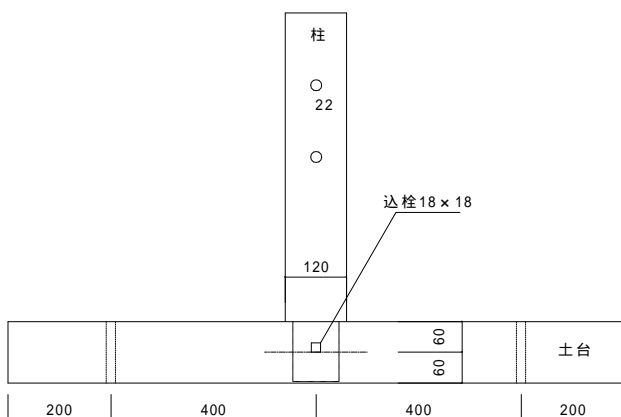
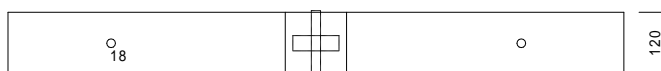


図 2-6 試験体の形状（長ほぞ差し込釘打ち，単位：mm）



写真 2-7 試験の様子

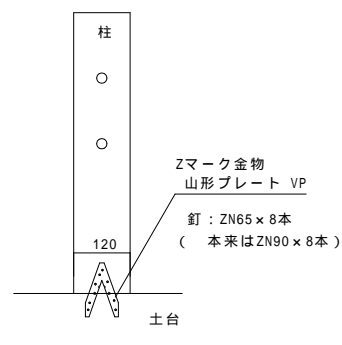
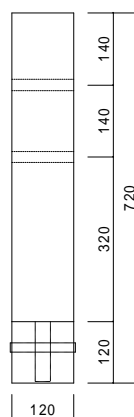


図 2-7 試験体の形状（山形プレート，単位：mm）

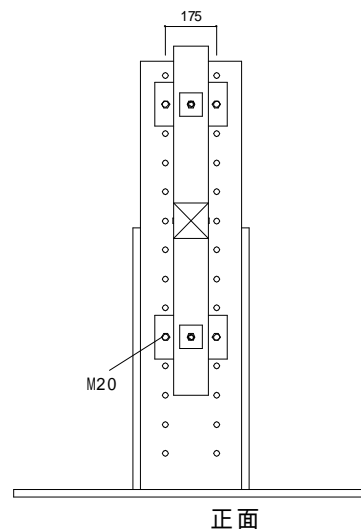
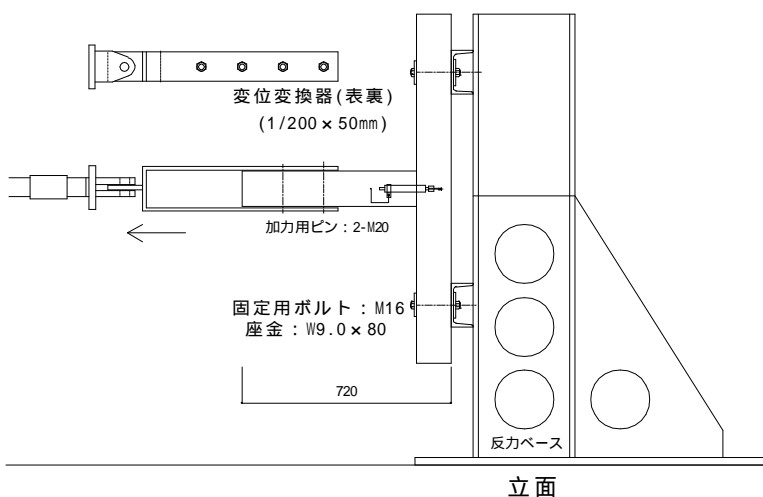


図 2-8 試験方法（長ほぞ差し込釘打ち）

2.5.2 試験結果

長ほぞ差し込栓打ちの引張試験結果を表 2-3 に、荷重 - 変位量の関係を図 2-9 に、試験終了後の様子を写真 2-8 に示す。いずれも込栓が破壊したことによって最大耐力が決定されたが、破壊後もねばり強い挙動を示した。

表 2-3 試験結果（長ほぞ差し込栓打ち）

長ほぞ差し込栓打ち	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	10.30	3.13	5.50	0.30	18.58	0.46	8.50	18.23	0.17	6.87
2	11.50	3.46	7.50	0.57	13.01	0.73	9.50	13.39	0.20	7.67
3	8.60	11.47	4.40	0.41	10.74	0.70	7.50	20.62	0.16	5.73
4	12.80	3.60	7.30	0.46	15.69	0.66	10.40	21.49	0.15	8.53
平均(2～4)			6.40							7.31
変動係数			0.27							0.20
下限値			0.93							2.79

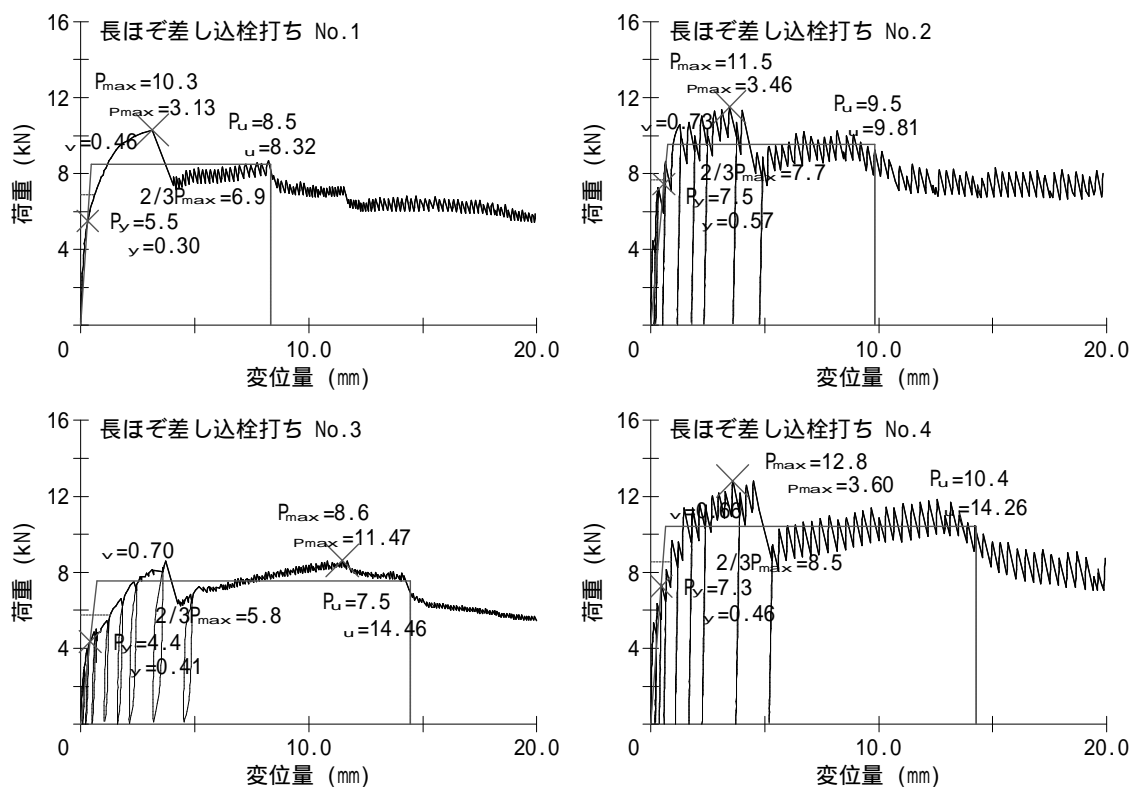


図 2-9 荷重と変位量の関係（長ほぞ差し込栓打ち）



写真 2-8 試験終了後の状態

山形プレートの引張試験結果を表 2-4 に、荷重 - 変位量の関係を図 2-10 に、試験終了後の様子を写真 2-9 に示す。予備試験体（単調加力）では、釘が引抜けていくねばり強い挙動が認められたが、本試験（繰り返し加力）では、いずれも土台の横引張破壊によって荷重が急激に低下し、比較的脆性的な挙動を示した

表 2-4 試験結果（山形プレート）

山形プレート	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	12.50	8.24	7.60	0.75	10.19	1.09	11.10	25.21	0.14	8.33
2	10.50	6.25	5.50	0.93	5.89	1.54	9.10	4.81	0.34	7.00
3	13.40	13.35	7.50	1.88	3.99	2.93	11.70	5.10	0.33	8.93
4	10.00	5.97	5.30	1.28	4.14	2.09	8.70	3.10	0.44	6.67
平均(2～4)			6.10							7.53
変動係数			0.20							0.16
ばらつき係数			0.37							0.49
下限値			2.27							3.69

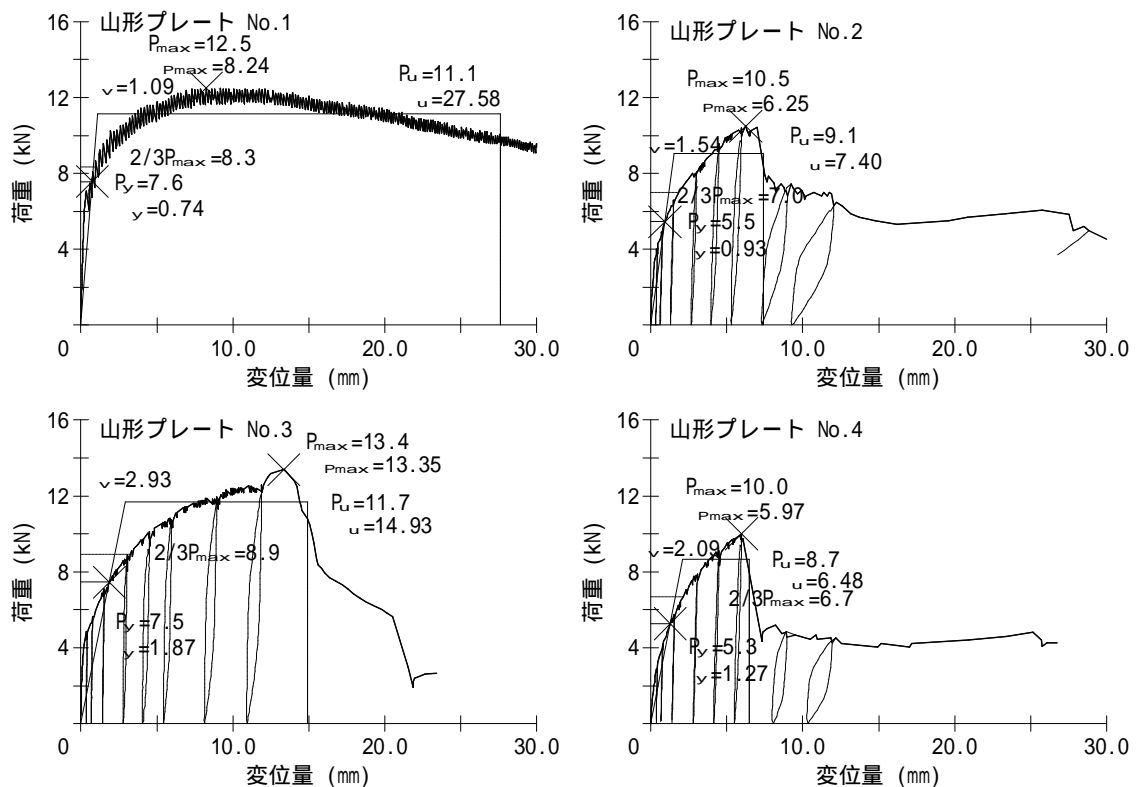


図 2-10 荷重と変位量の関係（山形プレート）



写真 2-9 試験終了後の状態

2.6 大入れ蟻掛けのせん断試験

2.6.1 試験体および試験方法

試験体は、平角材から作製した。大入れ蟻掛けの仕口仕様は2種類であり、形状を図2-11に示す。試験体数は各4体（予備試験含む）である。

大入れ蟻掛けのせん断試験は、「木造住宅耐力要素試験法指針 - 接合部用 - 」（（財）日本住宅・木材技術センター，平成21年3月）の“仕口接合部のせん断試験”に準じて実施した。

使用した試験機は、東京衡機製の強度試験機であり、ロードセル（容量200kN）で荷重値を、定格容量50mmの変位変換器で左右接合部の変位をそれぞれ表裏で測定した。荷重値の1/2と両接合部の平均変位から、1接合部あたりの荷重と変形量の関係を求め、規格に示された「完全弾塑性モデルによる降伏耐力及び終局耐力等の求め方」から特性値を算出した。繰り返し履歴は、予備試験（単調加力試験）で得られた降伏変位の1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16倍とし、それぞれ各1回ずつとした。試験方法を図2-12に、試験の様子を写真2-10に示す。

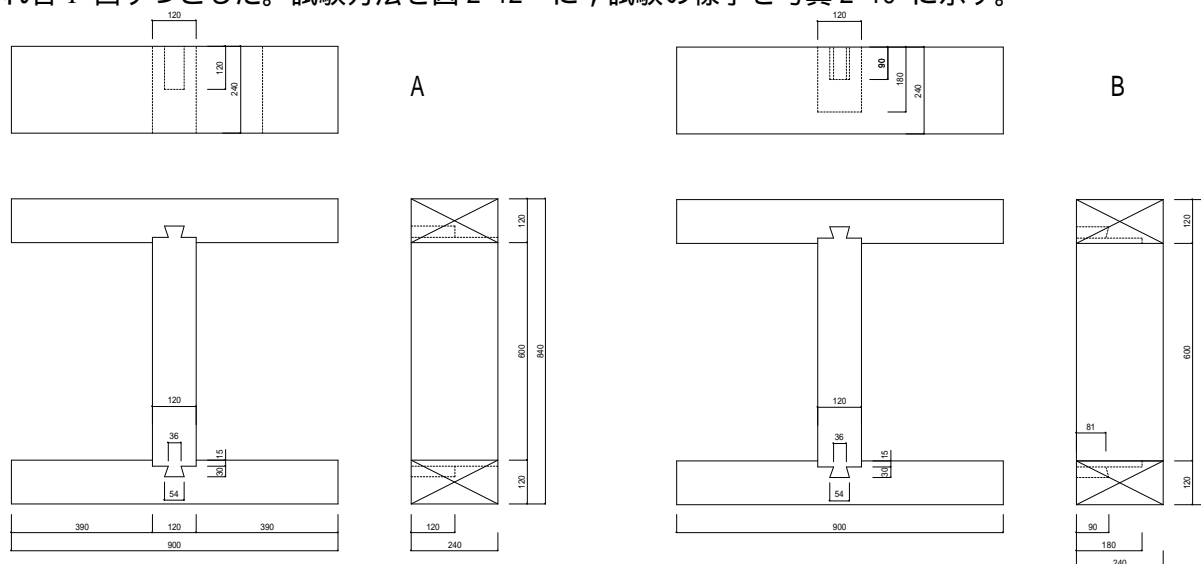


図 2-11 試験体の形状（大入れ蟻掛け，左：仕様 A，右：仕様 B，単位：mm）

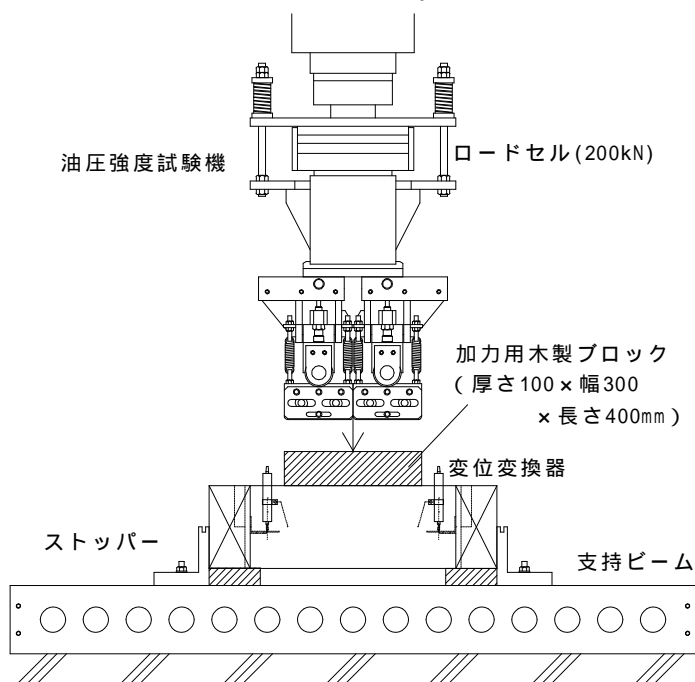


図 2-12 試験方法（大入れ蟻掛け）



写真 2-10 試験の様子

2.6.2 試験結果

大入れ蟻掛け (A) のせん断試験結果を表 2-5 に、荷重 - 変位量の関係を図 2-13 に、試験終了後の様子を写真 2-11 に示す。変形が 30mm に達しても明確な荷重低下は認められず、男木の蟻ほぞ部の大きな横圧縮変形が確認された。

表 2-5 試験結果 (大入れ蟻掛け A)

大入れ蟻掛け (A) (1接合部)	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	12.85	30.00	7.75	1.98	3.93	2.86	11.20	10.49	0.224	8.57
2	11.00	19.22	5.45	3.96	1.37	6.99	9.60	4.29	0.363	7.34
3	11.00	24.05	6.25	4.32	1.45	6.55	9.50	4.58	0.350	7.34
4	15.25	29.26	8.50	8.15	1.05	12.69	13.25	2.36	0.518	10.17
平均(2~4)			6.73							8.28
変動係数			0.23							0.20
下限値			1.75							3.13

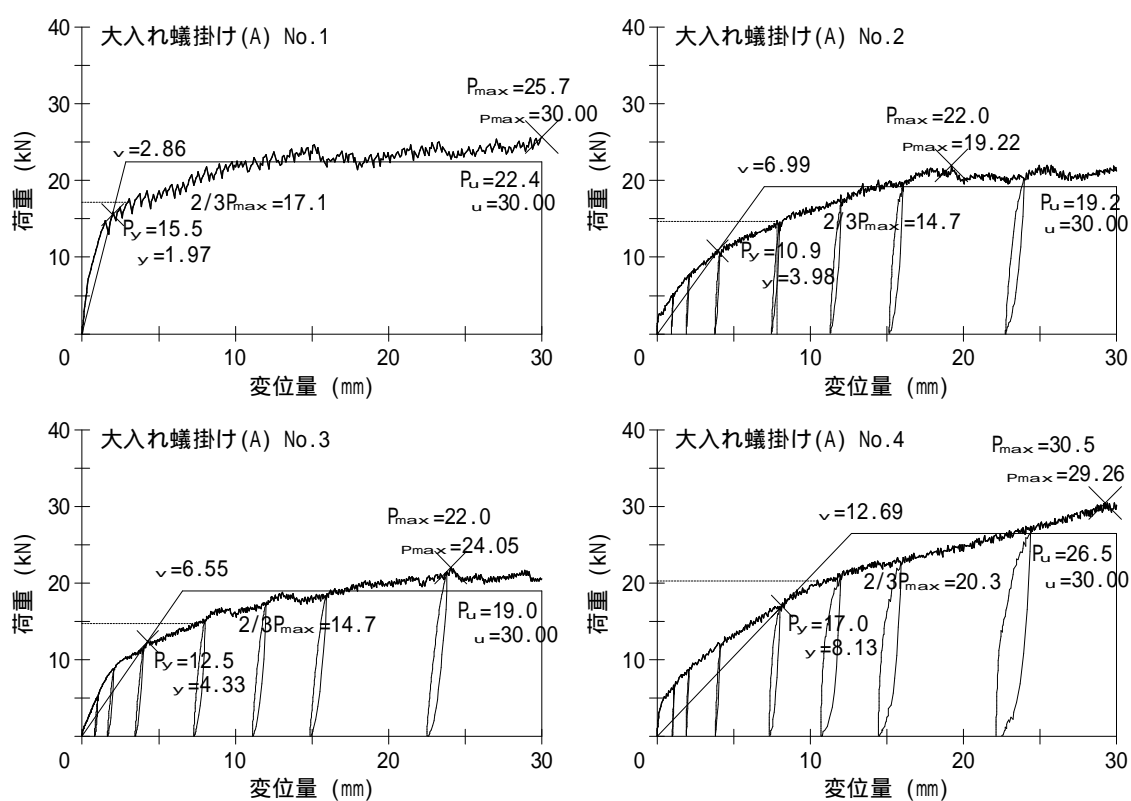


図 2-13 荷重と変位量の関係 (大入れ蟻掛け(A), 荷重値は 2 接合部計)



写真 2-11 試験終了後の状態

大入れ蟻掛け（B）のせん断試験結果を表 2-6 に，荷重 - 変位量の関係を図 2-14 に，試験終了後の様子を写真 2-12 に示す。変形が 30mm 程度で最大荷重を示しており，蟻ほぞ部に加えて大入れ部でも大きな横圧縮変形が確認された。

表 2-6 試験結果（大入れ蟻掛け B）

大入れ蟻掛け(B) (1接合部)	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	28.65	30.00	16.05	1.98	5.32	2.86	25.90	10.49	0.224	19.10
2	32.65	19.22	16.15	3.96	3.41	6.99	27.65	4.29	0.363	21.77
3	30.10	24.05	15.25	4.32	5.68	6.55	26.60	4.58	0.350	20.07
4	31.70	29.26	16.95	8.15	3.82	12.69	27.25	2.36	0.518	21.14
平均(2～4)			16.12							20.99
変動係数			0.05							0.04
ばらつき係数			0.83							0.87
下限値			13.44							18.28

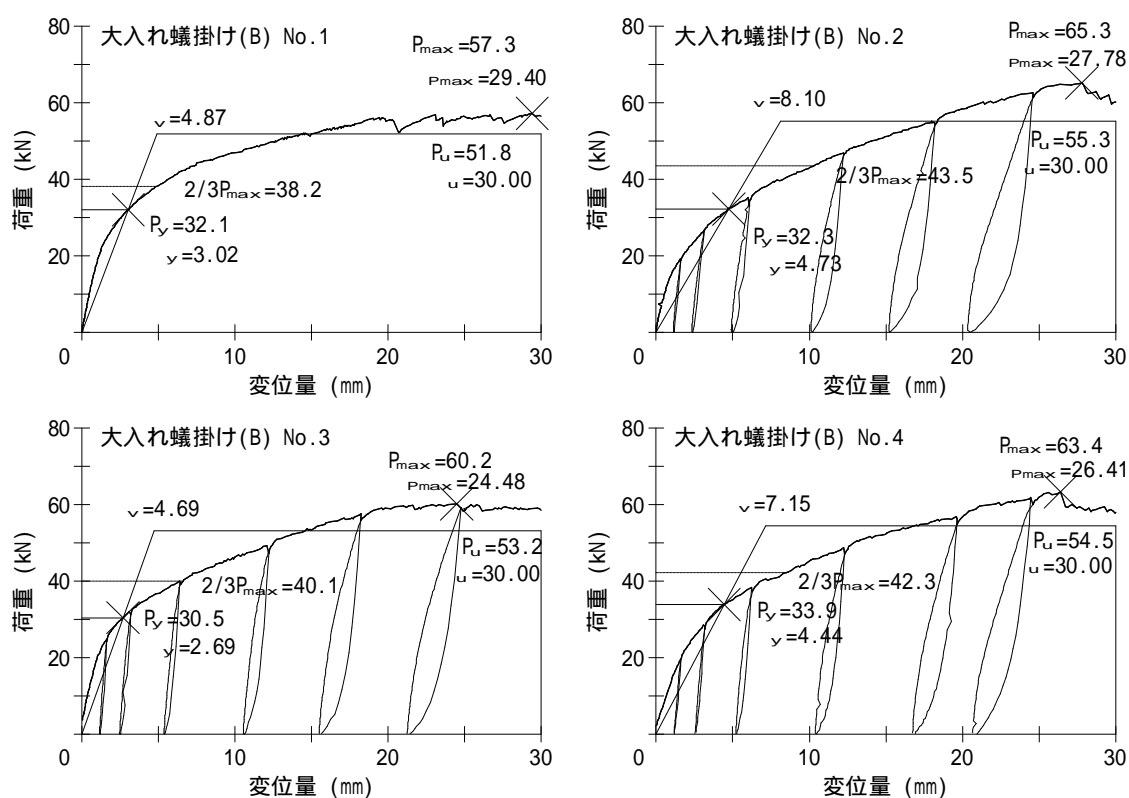


図 2-14 荷重と変位量の関係（大入れ蟻掛け(B)，荷重値は 2 接合部計）



写真 2-12 試験終了後の状態

2.7 小根ほぞ差し込栓打ちのせん断試験

2.7.1 試験体および試験方法

試験体は、平角材から作製した。試験体の形状を図 2-15 に示す。試験体数は 4 体（予備試験含む）である。

小根ほぞ差し込栓打ちのせん断試験は、大入れ蟻掛けと同様に実施した。

試験体の形状を図に、試験方法を図 2-16 に、試験の様子を写真 2-13 に示す。

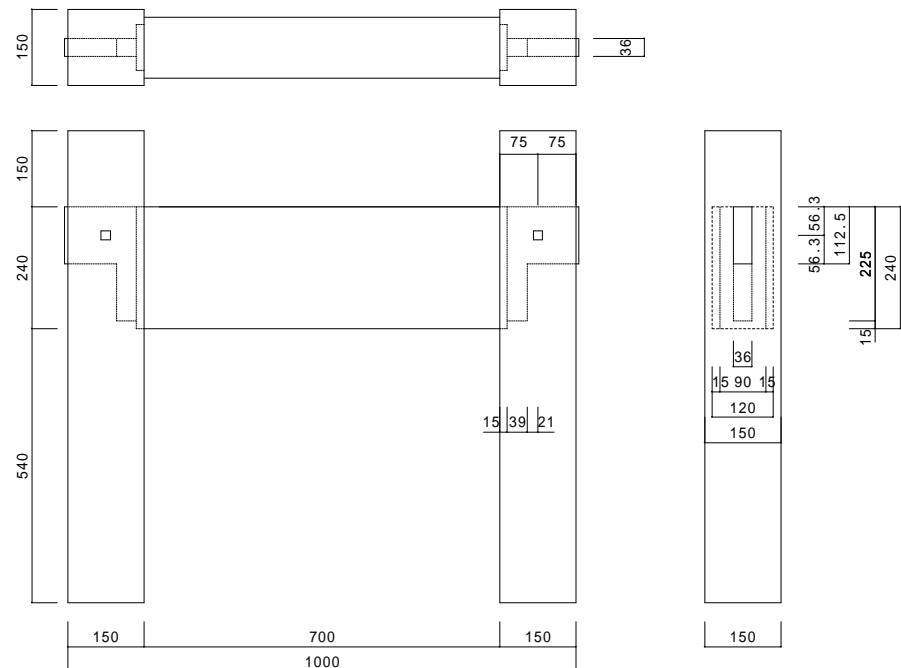


図 2-15 試験体の形状（小根ほぞ差し込栓打ち，単位：mm）

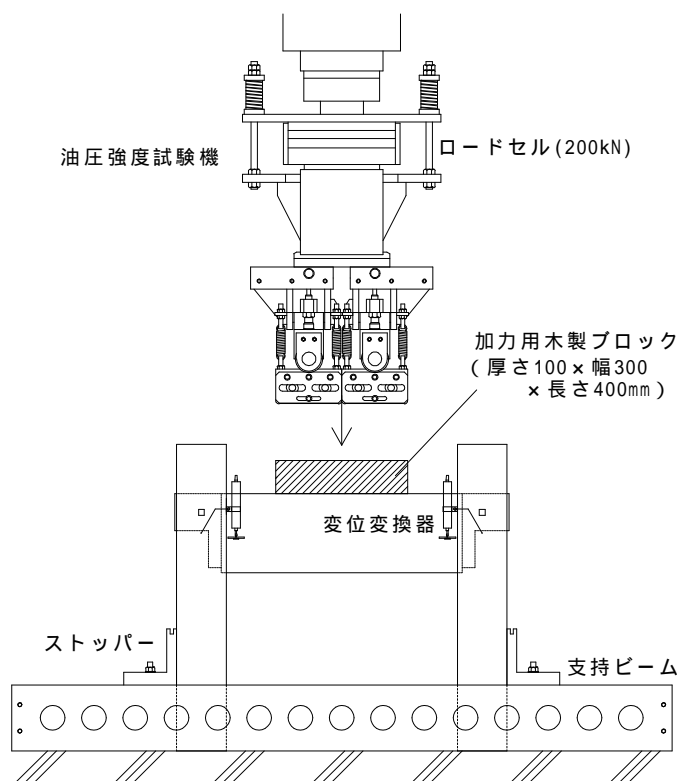


図 2-16 試験方法（小根ほぞ差し込栓打ち）

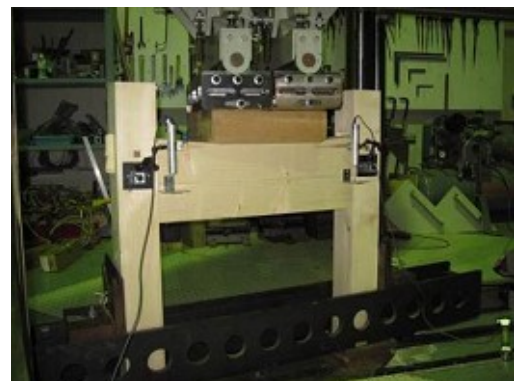


写真 2-13 試験の様子

2.7.2 試験結果

小根ほぞ差し込栓打ちのせん断試験結果を表 2-7 に、荷重 - 変形曲線を図 2-17 に、試験終了後の様子を写真 2-14 に示す。主な破壊形態は、ほぞの横圧縮およびせん断破壊であり、込栓の変形はほとんど認められなかった。

表 2-7 試験結果（小根ほぞ差し込栓打ち）

小根ほぞ差し(1接合部)	P_{max}	δ_{max}	P_y	δ_y	K	δ_v	P_u	μ	D_s	$2/3P_{max}$
1	27.50	11.55	18.70	2.63	14.24	3.67	26.15	8.17	0.255	18.34
2	39.15	29.92	24.75	2.52	19.66	3.60	35.40	8.33	0.253	26.10
3	31.15	7.53	18.55	1.88	19.74	2.90	28.65	10.34	0.225	20.77
4	29.90	19.72	17.80	2.08	17.14	3.26	27.90	9.21	0.240	19.94
平均(2～4)			20.4							22.3
変動係数			0.19							0.15
下限値			8.34							11.7

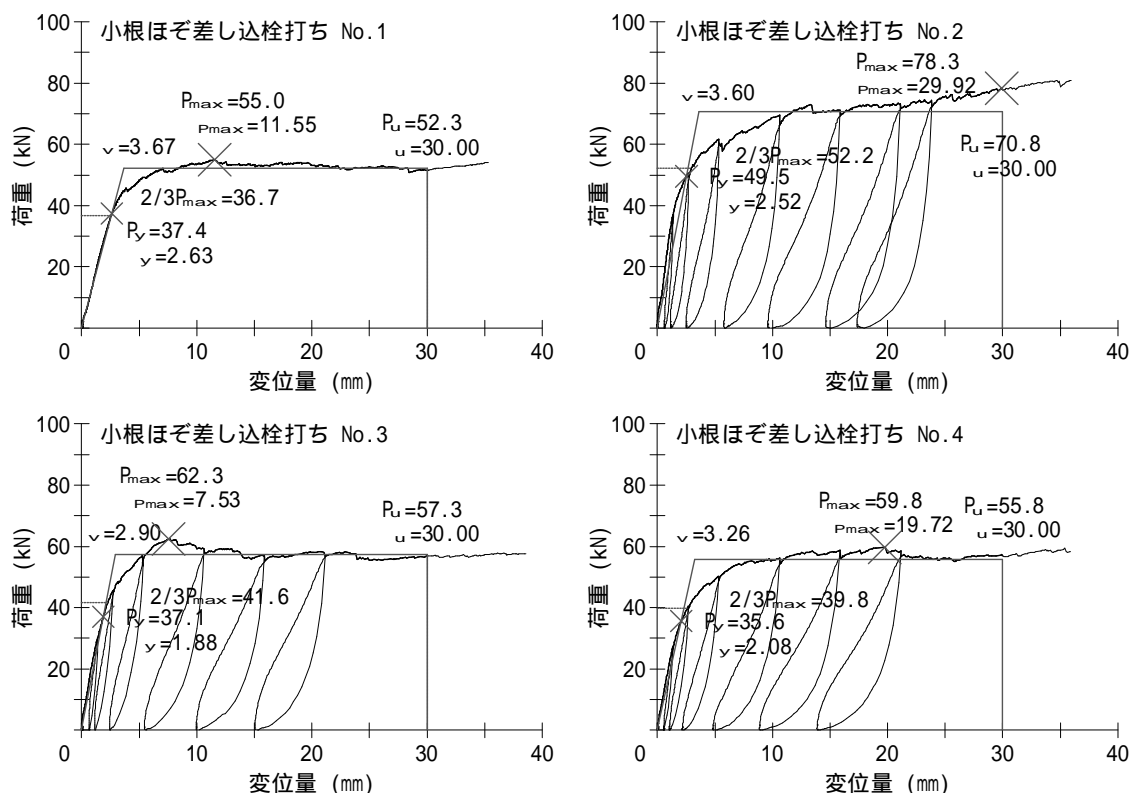


図 2-17 荷重と変位量の関係（小根ほぞ差し込栓打ち、荷重値は 2 接合部計）



写真 2-14 試験終了後の状態

2.8 既往の試験結果との比較

掛け大栓継ぎ，長ほぞ差し込栓打ち，大入れ蟻掛けについて，これまで実施したスギを用いた試験結果と比較した結果を表 2-8 に示す。

表 2-8 強度試験結果

継手・仕口	試験項目	トドマツ		スギ ¹⁾	
		P_y	$2/3P_{\max}$	P_y	$2/3P_{\max}$
		(kN)		(kN)	
追掛け大栓継ぎ	引張	54.6	49.4	44.6	51.4
長ほぞ差し込栓打ち	引張	6.4	7.3	6.3	6.8
大入れ蟻掛け(A)	せん断	6.7	8.3	7.8	8.6

(P_y : 降伏耐力, $2/3P_{max}$: 最大耐力の2/3)

1) 木造住宅耐力要素データベース委員会資料((財)日本住宅・木材技術センター, 平成 19~21 年 3 月)

これを見ると，概ねスギと同等以上の性能が得られることが確認された。

3 耐力算定式による検証と性能評価

3.1 既往の研究成果

伝統的な仕口・継手の耐力については，古くは「木構造の計算」(後藤一雄，鹿島出版会，昭和 55 年)に追掛け大栓継ぎについての検討事例が紹介されている。近年では「木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計法 - 」(日本建築学会，2004 年，第 4 版，以後“設計規準”)や「木質構造接合部設計マニュアル」(日本建築学会，2009 年，第 1 版，以後“マニュアル”)で代表的な継手・仕口について，耐力発生メカニズムについての研究が進められている。

ここではこれらの資料をもとに，今回対象とした 4 種類の継手・仕口について耐力の推定を試みた。

3.2 追掛け大栓継ぎの引張耐力推定

追掛け大栓継ぎの引張破壊形態は，(1)あごから先の鎌部分のせん断破壊と，(2)あご面の圧縮破壊，(3)目違いの開きによる割裂破壊，の 3 つが想定され，それぞれ以下の式から計算される。

(1) あごから先のせん断破壊(図 3-1 参照)

$$P_{us} = \frac{1}{2} F_s \cdot L \cdot H$$

ここで， F_s : せん断強度， L : 継手長さ， H : 材せい
せん断強度については，国交省告示で示されているトドマツのせん断基準強度である $1.8 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ を用いて計算し，以下の結果が得られた。

$$P_{us} = 104 \text{ (kN)}$$

(2) あご面の圧縮破壊(図 3-1 参照)

$$P_{uc} = F_c \cdot e \cdot H$$

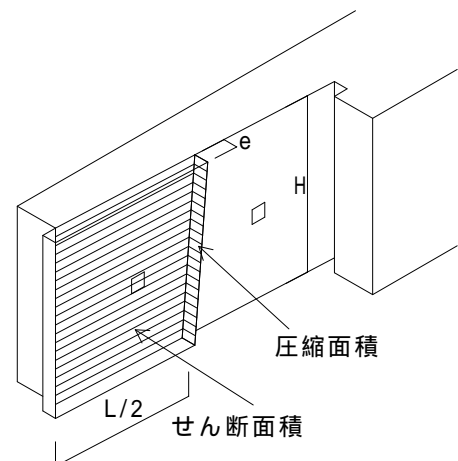


図 3-1 せん断と圧縮の負担部分

ここで， F_c ：圧縮強度， e ：あご幅

圧縮強度については，せん断強度同様に国交省告示で示されているトドマツ E90 の基準強度である $16.8 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ を用いて計算し，以下の結果が得られた。

$$P_{uc} = 60 \text{ (kN)}$$

(3) 目違いの開きによる割裂破壊（図 3-2 参照）

$$\text{目違いを横に割り裂く力 } Q_k = \frac{P_{uk} \times \left(\frac{e}{2} + \frac{W}{4} \right)}{L}$$

$$\text{有効断面積 } A_e = \frac{\left(\frac{W}{2} - f \right)^2}{W} \cdot H$$

$$\frac{1.5Q_k}{A_e} \quad F_s \text{ より } \frac{3P_{uk} \cdot \left(\frac{e}{2} + \frac{W}{4} \right)}{2 \cdot L \cdot A_e} \quad F_s$$

$$P_{uk} = \frac{2 \cdot F_s \cdot L \cdot A_e}{3 \left(\frac{e}{2} + \frac{W}{4} \right)}$$

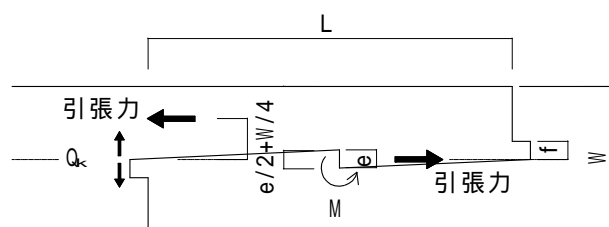


図 3-2 目違い部での割裂発生メカニズム

ここで， A_e ：有効断面積， e ：あご幅， W ：材幅，

f ：目違い幅

これより， $P_{uk} = 62 \text{ (kN)}$ が得られた。

$P_u = \min(P_{us}, P_{uc}, P_{uk})$ であり，最大耐力はあご面の圧縮破壊で決定される 60 (kN) と推定された。したがって，実験ではあごから先のせん断破壊が終局的な破壊形態であったが，その前にあご面で破壊を生じていたと考えられる。実験値の最大耐力は平均で 74 (kN) ，下限値で 63 (kN) であったことから，推定値は概ね下限値と一致することが確認された。

3.3 長ほぞ込栓打ちの引張耐力

長ほぞ差し込栓打ちの引張破壊形態は，(1) 込栓 2 面せん断接合部の降伏，(2) 長ほぞ先端のせん断破壊，(3) 女木を込栓が割り裂くことによる割裂破壊，の 3 通りが想定される。

(1) 込栓 2 面せん断接合部の降伏 P_y （図 3-3 参照）

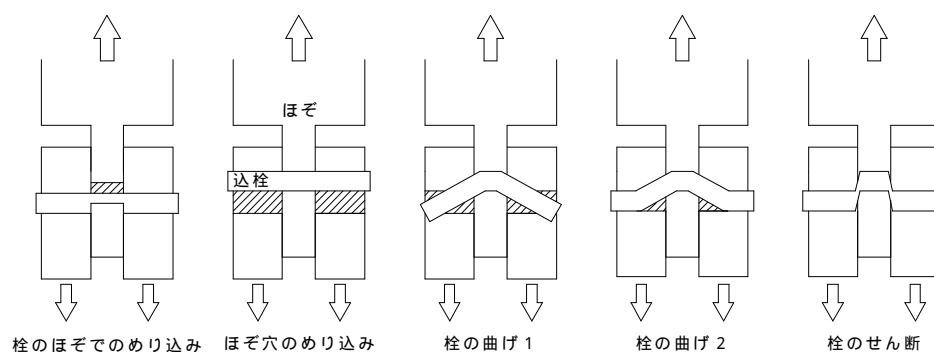


図 3-3 込栓 2 面せん断接合部の降伏形態

$$P_y = \min. \begin{cases} 1) & dt_1 F_{\text{Ecp1}} \\ 2) & dt_1 F_{\text{Ecp1}} \times 2\alpha\beta \\ 3) & dt_1 F_{\text{Ecp1}} \times \left\{ \sqrt{\frac{8\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{K\beta\gamma\left(\frac{d}{l}\right)^2}{(2\beta+1)^2}} - \frac{2\alpha\beta}{2\beta+1} \right\} \\ 4) & dt_1 F_{\text{Ecp1}} \times \frac{d}{l} \sqrt{\frac{K\beta\gamma}{1+\beta}} \\ 5) & \frac{2 \times A \times F_s}{\kappa} \end{cases}$$

$$F_{\text{Ecp1}} = \min \{ F_{\text{E1}}, F_{\text{cvf}} \}, F_{\text{Ecp2}} = \min \{ F_{\text{E2}}, F_{\text{cvf}} \}$$

$$\alpha = L_2/t_1, \beta = F_{\text{Ecp2}}/F_{\text{Ecp1}}, \gamma = F_b/\max\{F_{\text{E1}}, F_{\text{E2}}\}$$

ここで、 d ：込栓の径、 t_1 ：ほぞ厚さ、 F_b ：込栓の曲げ強さ、 A ：込栓の断面積（ $=d^2$ ）、 κ ：せん断補正係数で、矩形断面のとき 1.2、 F_s ：込栓のせん断強さ

K ：塑性断面係数に係る係数であるが、木製込栓の場合は鋼材のように全塑性モーメントを仮定できないので、弾性断面係数とみなして 8/3 を用いる。

F_{E1} ：柱材の圧縮強度（繊維方向）、 F_{E2} ：土台材の圧縮強度（繊維直角方向）

F_b はナラの曲げ基準強度 29.4 (N/mm²) を用いた。また F_{E1} 、 F_{E2} は資料¹⁾に示されているトドマツの機械等級製材 (E90) の基準圧縮強度の 16.8 (N/mm²)、およびトドマツのめり込み基準強度の 6.0 (N/mm²) とした。

F_{cvf} ：込栓のめり込み降伏応力で、設計規準に示されている 10.8 (N/mm²) とした。

F_s ：込栓のせん断基準強度で、ナラの場合 3.0 (N/mm²)。ただし建築基準法施行令 89 条第 2 項により 2 倍した 6.0 (N/mm²) を用いた。

これより、1)5832、2)9720、3)4848、4)5634、5)3888

と計算され、込栓のせん断破壊が最小となり、 $P_y=3888$ (N) =3.9 (kN) となる。

(2) 長ほぞ先端のせん断破壊 P_{us} (図 3-4 参照)

$$P_{us} = F_{s1} \times \left(l_1 - \frac{d}{2} \right) \times b \times 2$$

ここで、 F_{s1} ：柱材のせん断強度、 l_1 ：土台の底面から込栓までの距離、 d ：込栓の径、 b ：ほぞ幅

F_{s1} として基準強度 1.8 (N/mm²) を用いて計算した結果、 $P_{us}=6480$ (N) =6.48 (kN) となる。

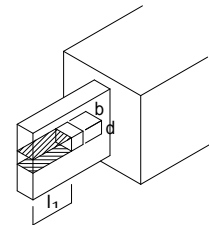


図 3-4 ほぞの端抜け

(3) 女木を込栓が割り裂くことによる割裂破壊 P_{uk} (図 3-5 参照)

$$P_{uk} = \frac{2(W-b) \cdot C_r}{\sqrt{\frac{1}{l_2} - \frac{1}{L}}}$$

ここで、 W ：材幅、 C_r ：トドマツの場合 8.0 (N/mm^{1.5})、 l_2 ：土台上面から込栓芯までの距離、 L ：土台せい

これより $P_{uk}=11575$ (N) =11.6 (kN) となる。

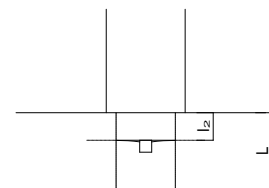


図 3-5 土台の割裂

以上より， $\min(P_y, P_{us}, P_{uk}) = P_y = 3.98 \text{ (kN)}$ となる。

実験で得られた降伏耐力の平均値は 6.4 (kN)，最大耐力の 2/3 の平均値は 7.3 (kN) であり，算定値は概ね 2/3 程度であり，安全側の評価が可能となった。

3.4 大入れ蟻掛けのせん断耐力

3.4.1 大入れ蟻掛け A

大入れ蟻掛け A の破壊形態は，(1)男木蟻根のせん断破壊，(2)男木蟻の横圧縮破壊，(3)男木蟻根部の割裂破壊の 3 通りが想定される。

(1) 蟻根のせん断破壊 (図 3-6 参照)

$$P_t = A_{s \text{ 蟻根}} \times F_s$$

ここで， $A_{s \text{ 蟻根}}$ ：蟻根の面積=蟻根幅×蟻丈， F_s ：せん断基準強度

F_s として基準強度の 1.8 (N/mm²) を用いると，一接合部あたり $P_t=7.8 \text{ (kN)}$ となる。

(2) 蟻の横圧縮破壊 (図 3-6 参照)

$$P_t = A_{s \text{ 蟻横圧縮}} \times F_{\text{材端めり込み}}$$

ここで， $A_{s \text{ 蟻横圧縮}}$ ：横圧縮を受ける蟻面積=(蟻根幅+蟻先幅)×蟻長さ/2，

$F_{\text{材端めり込み}}$ ：材端のめり込み基準強度

$F_{\text{材端めり込み}}$ として基準強度の 4.8 (N/mm²) を用いて計算すると， $P_t=6.5 \text{ (kN)}$ となる。

(3) 蟻根部の割裂破壊 (図 3-7 参照)

本実験での蟻根部の割裂破壊は図 3-7 の左のような形態であったが，これまで耐力算定用に想定されている形態とは異なっており，算定式をそのまま適用させることは難しい。ここでは過小な評価にはなるが，図 3-7 の右に示すような形態とみなして以下のように耐力算定を試みた。

一般に，引張側に切欠きがある場合のせん断耐力は以下の式で計算される (木質構造設計規準)。

$$P_t = A_e \cdot F_s / \alpha$$

α ：断面形状で決まる値で，長方形の場合は 3/2

A_e ：有効断面積で， $A_e = A_o^2 / A$ ，ただし A_o ：正味断面積， A ：全断面積

F_s ：せん断基準強度

ただし，この計算式の適用範囲は切欠きが材せいの 1/3 以内の場合であり，本仕様のように 1/2 の場合にまで拡張して適用するには根拠が不足している。

そこで，材せいの 1/2 まで切り欠いた試験体を対象としている藤井の報告³⁾をもとに，非切欠き材に対する強度比を用いて耐力を推定した。

上記報告によると，105 角のラワン LVL の両端に材せいの 1/2 の切欠きを設けた場合の非切欠き材に対する強度比は，荷重方向が積層面に垂直な場合で 0.22，水平な場合で 0.19 と示されている。本試験体仕口については水平な場合とみなして，以下の式で耐力を算定した。

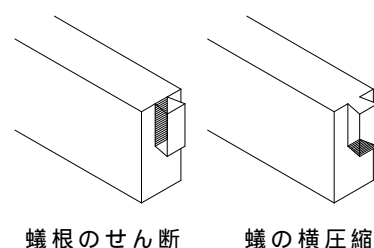


図 3-6 大入れ蟻掛けの破壊形態

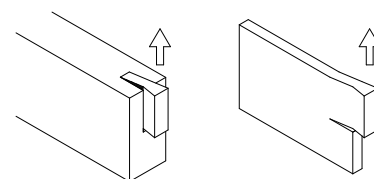


図 3-7 蟻根部の割裂破壊

$$P_t = A \cdot F_s / \alpha \times 0.19$$

F_s として基準強度の 1.8 (N/mm²) を用いると, $P_t=6.6$ (kN) となる。

(1)~(3)より, (2)が最小となったことから, 大入れ蟻掛けは男木の横圧縮によって耐力が決定されると予想された。また降伏耐力の実験平均値は 6.7 (kN), 最大耐力の 2/3 は 8.3 (kN) であったことから, これらと同等もしくは下回る評価となった。

3.4.2 大入れ蟻掛け B

大入れ蟻掛け B の破壊形態は, (1)大入れのせん断破壊, (2)大入れの横圧縮破壊, (3)大入れの割裂破壊の 3 通りが想定される (図 3-8)。

(1)大入れのせん断破壊

$$P_t = A_s \times F_s$$

ここで, A_s : 大入れ幅×大入れ高さ,

F_s : せん断基準強度

F_s として基準強度の 1.8 (N/mm²) を用いると, 一接合部あたり $P_t=38.9$ (kN) となる。

(2) 大入れ・蟻の横圧縮破壊

$$P_t = A_{\text{横圧縮}} \times F_{\text{材端めり込み}}$$

ここで, $A_{\text{横圧縮}}$: 横圧縮を受ける面積=(大入れ幅×大入れ深さ)+(蟻根幅+蟻先幅)×蟻長さ/2, $F_{\text{材端めり込み}}$: 材端のめり込み基準強度

$F_{\text{材端めり込み}}$ として基準強度の 4.8 (N/mm²) を用いて計算すると, $P_t=15.1$ (kN) となる。

(3)大入れの割裂

仕様 A で示したように, 一般に, 引張側に切欠きがある場合のせん断耐力は以下の式で計算される。

$$P_t = A_e \cdot F_s / \alpha$$

α : 断面形状で決まる値で, 長方形の場合は 3/2

A_e : 有効断面積で, $A_e = A_o^2 / A$, ただし A_o : 正味断面積, A : 全断面積

F_s : せん断基準強度

仕様 B では切欠きが材せいの 1/3 以内であるため, この計算式での算定が可能である。この式より, $P_t=19.4$ (kN) となる。

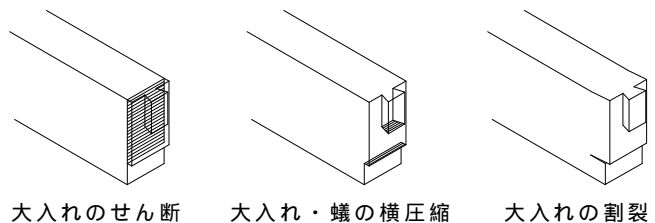


図 3-8 大入れ蟻掛け(B)の破壊形態

(1)~(3)より, (2)が最小となったことから, 大入れ蟻掛けは大入れ・男木蟻の横圧縮によって耐力が決定されると予想された。また降伏耐力の実験平均値は 16.1 (kN), 最大耐力の 2/3 は 21.0 (kN) であったことから, これらと同等もしくはやや下回る評価となった。

なお, 算定式から明らかなように, 仕様 A と B とともに耐力は横圧縮で決定されるため, 耐力の比は負担面積の比となり, 今回の仕様で 2.33 となる。一方, 実験で得られた耐力の比を見ると, 降伏耐力で 2.40, 2/3 P_{max} では 2.54 となり, ほぼ一致していた。このように, 耐力発生のメカニズムを明らかにすることによって, 仕様の変更に伴う耐力の変化を推定することが可能となる。

3.5 小根ほぞ差し込釘打ちのせん断耐力

小根ほぞ差し込釘打ちの破壊形態は、(1)ほぞの横圧縮破壊と、(2)せん断破壊である。

(1) ほぞの横圧縮破壊 (図 3-9)

図の A1, A2, A3 に同等に横圧縮応力が生じると仮定すると、

$$P_t = A_s \text{ 横圧縮} \times F_{\text{材端めり込み}}$$

ここで、 $A_s \text{ 横圧縮}$: 横圧縮を受ける面積
 $= A1 + A2 + A3$

$F_{\text{材端めり込み}}$: 材端のめり込み基準強度

$F_{\text{材端めり込み}}$ として基準強度の 4.8 (N/mm²)

を用いて計算すると、 $P_t = 29.8$ (kN) となる。

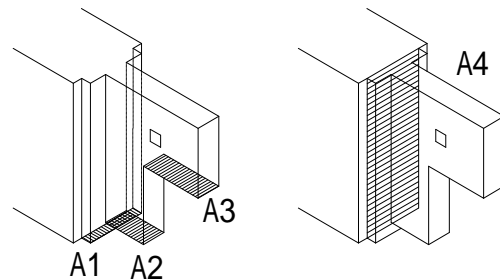


図 3-9 小根ほぞ差し込釘打ちの応力負担図

(2) せん断破壊

$$P_{us} = A_s \times F_s$$

ここで、 A_s : せん断力を負担する面積で、図 3-9 の A4

F_s として基準強度の 1.8 (N/mm²) を用いると $P_{us} = 38.8$ (kN) となる。

したがって、(1)(2)より小根ほぞ差し込釘打ちのせん断耐力はめり込み耐力で決定されるが、実際の破壊形態をみると、最初にほぞの割裂破壊が生じているため終局的に有効なめり込み面積は図 3-9 の A1 と A2 となる。この場合、めり込み耐力は 13.2 (kN) となり、降伏耐力の実験平均値 20.2 (kN)、および最大耐力の 2/3 である 22.3 (kN) の 2/3 程度であったことから、安全側に評価することが可能であった。

参考文献

- 1) 木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計法 - , 日本建築学会, 2006 年, 第 4 版
- 2) 木質構造接合部設計マニュアル, 日本建築学会, 2009 年, 第 1 版
- 3) 藤井毅: 単板積層材の強度性能(), 木材工業 Vol.37-8, 1982

4 終わりに

本研究では、道産トドマツを用いた伝統的継手・仕口の引張試験，せん断試験を実施し，許容耐力のもととなるデータを整理した。また過去の試験結果と比較した結果，スギ材と同等以上の性能を有することが確認された。さらに既往の研究成果に基づき耐力の算定を試みた結果，おおむね試験結果と一致することが確認された。

北海道に豊富に蓄積されているトドマツは適材適所に使用することによって構造用材として十分活用可能であり，本研究が道産材需要拡大の一助となれば幸いである。

(地独)北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場

性能部 耐久・構造グループ 研究主任

戸田正彦

主査(構造)

藤原拓哉

第2部 技術編

2. コンセプトモデルにおける耐震等級2のチェック

梁の断面算定

壁量と壁配置の検討

床倍率の計算及びチェック表

接合部の検討

構造的要素の計算過程とその結果

梁の断面算定

1. 使用部材の性能 (構造用製材の日本農林規格による。ヤング率は一部、木造軸組工法の許容応力度設計添付資料による。)

材種	区分	等級	基準許容応力度 (N/mm ²)				ヤング率 (kN/mm ²)
			f _c (圧縮)	f _t (引張)	f _b (曲げ)	f _s (せん断)	E(設計用弾性係数)
カラマツ	甲種	1級	7.8	6	9.8	0.7	7.84
		2級	6.8	5.2	8.6		
	乙種	1級	7.8	4.8	7.8		
えぞまつ とどまつ	甲種	1級	9	6.8	11.4	0.6	6.86
		2級	7.6	5.8	9.4		
	乙種	1級	9	5.4	9		
異等級対称 構成集成材	E120-F330		8.4	7.4	10.8		11.76
	E95-F270		7.2	6.2	9		9.31
ツ-ハイ材 SI D.fir-L乙種スタンダード			5.8	2.2	3.2	0.8	9.1

2. 荷重の設定

1) 積雪荷重 札幌地区を想定 : 積雪140cm地域

屋根勾配 = 5 寸、 = 26 ° 26 屋根勾配による低減率 $y = 1.62 - 0.03 = 0.827$

一般的には屋根勾配が5寸以上あれば、上記の低減率を掛けて低減するのであるが、札幌市のように土地の価格が高いところでは、落雪屋根ではなく無落雪にすることが多いので、本計算では低減をしないものとする。

長期荷重 = $30 \text{ N/(m}^2 \cdot \text{cm)} \times 140 \text{ cm} \times 0.7 = 2,940 \text{ N/m}^2$

短期荷重 = $30 \text{ N/(m}^2 \cdot \text{cm)} \times 140 \text{ cm} \times 0.35 = 1,470 \text{ N/m}^2$

2) 積載荷重 用途が住宅なので、左記のように仮定する 床用の積載荷重 = $1,800 \text{ N/m}^2$

柱や梁用の積載荷重 = $1,300 \text{ N/m}^2$

地震時の積載荷重 = 600 N/m^2

3) 固定荷重	屋根	長尺カラー鉄板、野地板、タリ	300	N/m ²	
		梁材	200	N/m ²	
		天井仕上材	200	N/m ²	700 N/m ²
2階床		床材及び下地合板	200	N/m ²	
		梁材	250	N/m ²	
		天井仕上材	150	N/m ²	600 N/m ²

4) 設計荷重

(単位: N/m²)

部位	種類	床用	柱・梁用	地震用
屋根	積雪荷重	2,940	2,940	1,470
	固定荷重	700	700	700
	合計	3,640	3,640	2,170

部位	種類	床用	柱・梁用	地震用
2階床	積載荷重	1,800	1,300	600
	固定荷重	600	600	600
	合計	2,400	1,900	1,200

3. 断面算定 (とどまつ甲種2級で算定)

2階床梁 B1

$$\text{荷重 } W = 1,900 \text{ N/m}^2 = 0.002 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{スパン } L = 3,620 \text{ mm} \quad \text{梁の負担幅 } D = 910 \text{ mm}$$



$$\text{等分布荷重} = W \cdot D = 0.0019 \times 910 = 1.729 \text{ N/mm}$$

$$\text{曲げモーメント } M = \frac{1}{8} \cdot L^2 = 1.729 \times 3,620^2 / 8 = 2,832,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{断面サイズ: } 120 \times 240$$

$$\text{断面係数 } Z = 1,152,000 \text{ mm}^3 \quad \text{断面二次モーメント } I_x = 138,200,000 \text{ mm}^4$$

$$= M/Z = 2.46 \text{ N/mm}^2 < 1.1 \times f_b = 1.1 \times 9.4 = 10.3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$= \frac{5 \cdot \frac{1}{8} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = \frac{5 \times 1.729 \times 3,620^4}{384 \times 6,860 \times 138,200,000} = 4.08 \text{ mm} = \frac{1}{887} < \frac{1}{800} \quad \text{OK}$$

< 解説 >

長期の許容応力度は、基準許容応力度の1.1倍なので $1.1 \times f_b$ 。

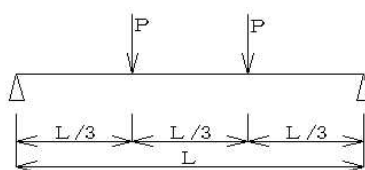
木質構造設計基準(日本建築学会発行)では、梁のたわみ量は $1/300$ 以下。木造軸組工法住宅の許容応力度設計(日本住宅・木材技術センター)では、人が生活する床を支える部材の場合で $1/600$ 、それ以外の箇所で $1/400$ を限度として設定している。そして、積雪時長期の屋根に限って $1/200$ 以下とする。

これらのことを踏まえて本マニュアルでは、人が生活する部材で $1/800$ 以下、それ以外で $1/400$ 。そして、積雪時長期で $1/200$ 以下を目安とした。

2階床梁 B2

$$\text{荷重 } W = 1,900 \text{ N/m}^2 = 0.002 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{スパン } L = 2,730 \text{ mm} \quad \text{梁の負担幅 } D = 1,820 \text{ mm}$$



$$\text{集中荷重 } P = W \cdot D \cdot L/3 = 0.002 \times 1,820 \times 910 = 3,147 \text{ N}$$

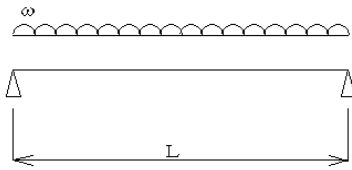
$$\text{曲げモーメント } M = P \cdot L/3 = 3,147 \times 2,730 / 3 = 2,864,000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\text{断面サイズ: } 120 \times 240$$

$$= M/Z = 2.49 \text{ N/mm}^2 < 1.1 \times f_b \quad \text{OK}$$

$$= \frac{23 \cdot P \cdot L^3}{648 \cdot E \cdot I_x} = \frac{23 \times 3,147 \times 2,730^3}{648 \times 6,860 \times 138,200,000} = 2.4 \text{ mm} = \frac{1}{1,138} < \frac{1}{800} \quad \text{OK}$$

小屋梁 B3



$$\text{荷重 } W = 3,640 \text{ N/m}^2 = 0.0036 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{スパン } L = 3,640 \text{ mm} \quad \text{梁の負担幅 } D = 1,820 \text{ mm}$$

$$\text{等分布荷重} = 0.0036 \times 1,820 = 6.552 \text{ N/mm}$$

$$\text{曲げモーメント } M = 6.552 \times 3,640^2 / 8 = 10,851,422 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

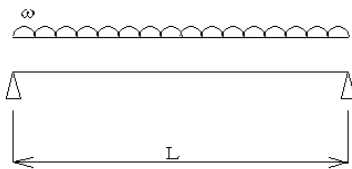
$$\text{断面サイズ: } 120 \times 240$$

$$= M/Z = 9.42 \text{ N/mm}^2 < 1.43 \times f_b = 12.3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$1.43 \times \text{基準許容応力度} = \text{中長期許容応力度 (3カ月程度)}$$

$$= \frac{5 \times 6.552 \times 3,640^4}{384 \times 6,860 \times 138,200,000} = 15.8 \text{ mm} = \frac{1}{230} < \frac{1}{200} \quad \text{OK}$$

棟梁 B4



$$\text{荷重 } W = 3,640 \text{ N/m}^2 = 0.0036 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{スパン } L = 3,640 \text{ mm} \quad \text{梁の負担幅 } D = 2,275 \text{ mm}$$

$$\text{等分布荷重} = 0.0036 \times 2,275 = 8.190 \text{ N/mm}$$

$$\text{曲げモーメント } M = 8.190 \times 3,640^2 / 8 = 13,564,278 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

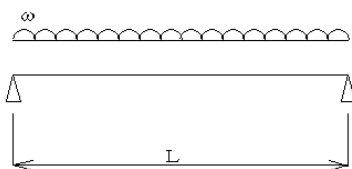
$$\text{材種と断面サイズ: とどまつ } 150 \times 240$$

$$\text{断面係数 } Z = 1,152,000 \text{ mm}^3 \quad \text{断面2次モーメント } I_x = 172,800,000 \text{ mm}^4$$

$$= M/Z = 11.77 \text{ N/mm}^2 < 1.43 \times f_b = 12.9 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$= \frac{5 \times 8.190 \times 3,640^4}{384 \times 6,860 \times 172,800,000} = 15.79 \text{ mm} = \frac{1}{231} < \frac{1}{200} \quad \text{OK}$$

屋根タルキ



$$\text{荷重 } W = 3,190 \text{ N/m}^2 = 0.0032 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{スパン } L = 2,730 \text{ mm} \quad \text{梁の負担幅 } D = 455 \text{ mm}$$

$$\text{等分布荷重} = 0.0032 \times 455 = 1.456 \text{ N/mm}$$

$$\text{曲げモーメント } M = 1.456 \times 2,730^2 / 8 = 1,356,428 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\text{材種と断面サイズ: ツーバイ材 } 38 \times 286$$

$$\text{断面係数 } Z = 518,041 \text{ mm}^3 \quad \text{断面2次モーメント } I_x = 74,079,911 \text{ mm}^4$$

$$= M/Z = 2.62 \text{ N/mm}^2 < 1.43 \times f_b = 4.6 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$= \frac{5 \times 1.456 \times 2,730^4}{384 \times 9100 \times 74,079,911} = 1.56 \text{ mm} = \frac{1}{1750} < \frac{1}{200} \quad \text{OK}$$

壁量と壁配置の検討

1 壁量のチェック

1) 地震に関する必要壁量

耐震等級2とするためには、建築基準法とは別に必要壁量が定められている。本モデルの場合は、2階建て地域は札幌市、軽い屋根なので必要壁量は下表の式によって算出することになる。

積雪量	屋根の仕様	階	必要壁量 (cm/m ²)	本モデルの必要壁量 (cm)
最深積雪量 = 1.5m	軽い屋根	1階	$\{(45 \cdot K1 + 24) \cdot Z\} \cdot S1$	5362
			58.9 $\cdot S1$	
		2階	$(42 \cdot K2 \cdot Z) \cdot S2$	4147
			52.2 $\cdot S2$	

$$S1 = 1\text{階壁量計算用床面積} = 10.92 \times 7.28 + 3.185 \times 3.64 = 91.09 \text{ m}^2$$

$$S2 = 2\text{階壁量計算用床面積} = 10.92 \times 7.28 = 79.5 \text{ m}^2$$

$$Rf = \frac{S2}{S1} = 0.87$$

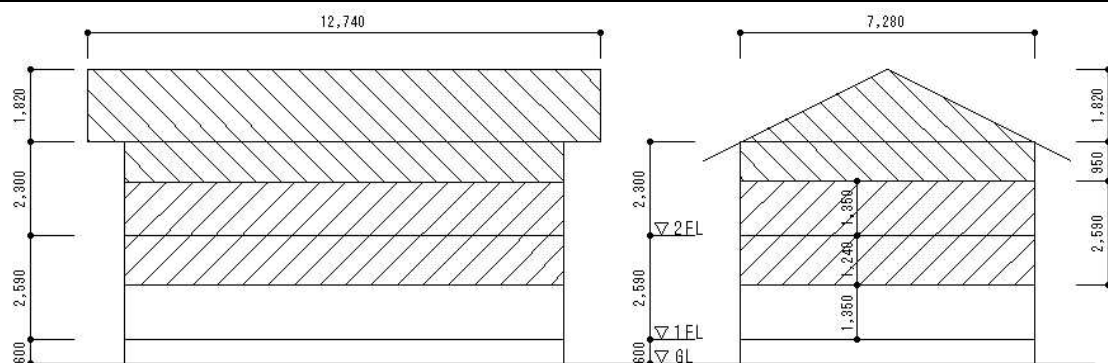
$$\text{札幌市は } Z = 0.9 \text{ (地震地域係数)}$$

$$K1 = 0.4 + 0.6 \cdot Rf = 0.92 \quad K2 = 1.3 + 0.07 / Rf = 1.38$$

2) 耐風に関する必要壁量

地域基準風速は札幌市の場合 $V_0 = 32$ 必要壁量: 60

部位		本モデルの見付面積A (m ²)	必要壁量 A × 60 (cm)
桁面	2階	$12.74 \times 1.82 + 0.85 \times 10.92$	32.5
	1階	$32.5 + 2.59 \times 10.92$	60.8
妻面	2階	$7.28 \times 0.85 + 7.28 \times 1.82 / 2$	12.8
	1階	$12.8 + 7.28 \times 2.59$	31.7



全ての面で耐風より地震に関する必要壁量が勝っている。以後、地震に関する必要壁量で算定する。

3) 存在壁量の算定

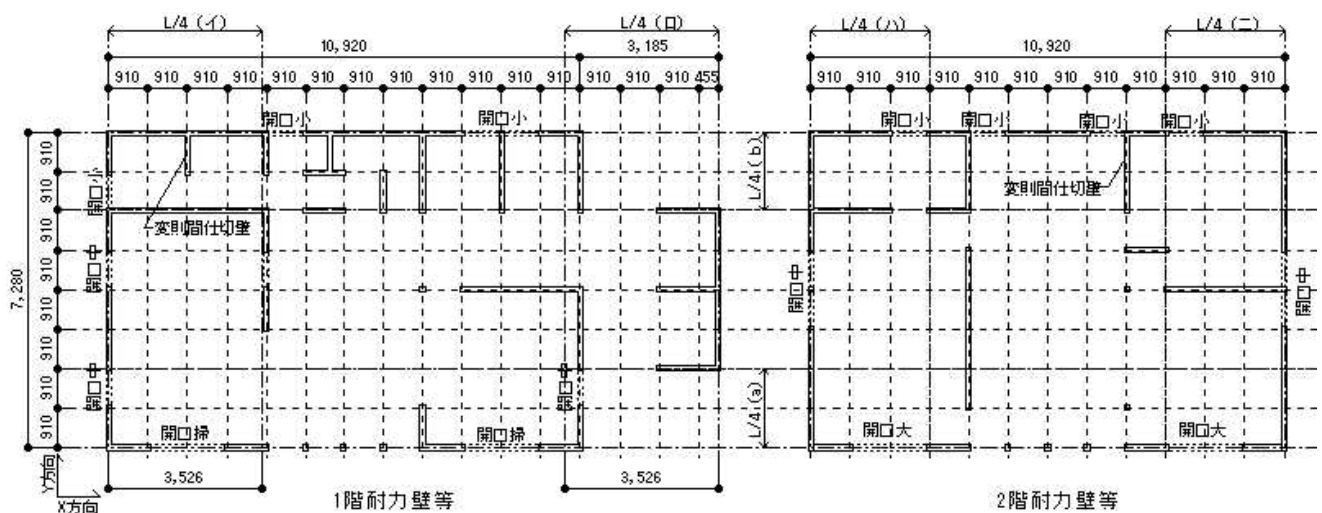
イ) 耐力壁の壁倍率

外壁	外部	構造用合板9t (釘N50) = 2.5 倍	合計	3.5	倍
	内部	石膏ボード12.5t (釘CNF40等) = 1 倍			
	外部	構造用合板9t (釘N32) = 0.5 倍	合計	1.5	倍
	内部	石膏ボード12.5t (釘CNF40等) = 1 倍			
間仕切壁		石膏ボード12.5t × 2		2	倍
変則間仕切壁		石膏ボード12.5t + 構造用合板9t		3.5	倍

ロ) 外壁腰壁等の壁倍率

1階開口小 (H= 60cm以下) :	2.5	×	0.6	×	1.99	÷	2.59	=	1.15	倍
同上でN32の釘を採用 :	0.5	×	0.6	×	1.99	÷	2.59	=	0.23	倍
2階開口小 (H= 60cm以下) :	2.5	×	0.6	×	1.7	÷	2.3	=	1.11	倍
同上でN32の釘を採用 :	0.5	×	0.6	×	1.7	÷	2.3	=	0.22	倍
1階開口中 (H=120cm以下) :	2.5	×	0.6	×	1.39	÷	2.59	=	0.81	倍
同上でN32の釘を採用 :	0.5	×	0.6	×	1.39	÷	2.59	=	0.16	倍
2階開口中 (H=1260cm以下) :	2.5	×	0.6	×	1.1	÷	2.3	=	0.72	倍
同上でN32の釘を採用 :	0.5	×	0.6	×	1.1	÷	2.3	=	0.14	倍
2階開口大 (H=160cm以下) :	2.5	×	0.6	×	0.7	÷	2.3	=	0.46	倍
1階掃出し (H=210cm以下) :	2.5	×	0.6	×	0.49	÷	2.59	=	0.28	倍

二) 存在壁量



1階 構造用合板の面材には、基本的にN50の釘を採用する。しかし、北面と東面の全て（物置は別）の面材にはN32を採用する。さらに、西面の北端の91cm

X 方 向	L/4(a)	3.5 × 91 × 5.5 + 0.28 × 91 × 4	1,854 cm
	中 間	2 × 91 × 4.5	819 cm
	L/4(b)	3.5 × 91 × 1.5 + 1.15 × 91 × 3 + 1.5 × 91 × 9 + 2 × 91 × 5	2,930 cm
	合計		5,603 cm
Y 方 向	L/4(イ)	3.5 × 91 × 4 + 0.81 × 91 × 2 + 1.15 × 91 × 1 + 3.5 × 91 × 1	1,845 cm
	中 間	2 × 91 × 9	1,638 cm
	L/4(ロ)	3.5 × 91 × 4 + 0.16 × 91 × 1 + 1.5 × 91 × 5	1,971 cm
	合計		5,454 cm

2階 2階の構造用合板についても、N50の釘打ちを基本とするが、北面については中央の1.82m間のみN50を採用し、それ以外の北面にはN32の釘を採用。また、東西の面については、両端の0.91mのみN32を採用する。

X 方 向	L/4(a)	3.5 × 91 × 4 + 0.46 × 91 × 4	1,441 cm
	中 間	2 × 91 × 4	728 cm
	L/4(b)	3.5 × 91 × 2 + 0.22 × 91 × 4 + 2 × 91 × 3 + 1.5 × 91 × 6	2,082 cm
	合計		4,251 cm
Y 方 向	L/4(ハ)	3.5 × 91 × 4 + 1 × 91 × 2 + 1.5 × 91 × 2	1,729 cm
	中 間	2 × 91 × 6 + 3.5 × 91 × 2	1,729 cm
	L/4(ニ)	3.4 × 91 × 4 + 1 × 91 × 2 + 1.5 × 91 × 2	1,693 cm
	合計		5,151 cm

ホ)存在壁量 必要壁量の確認

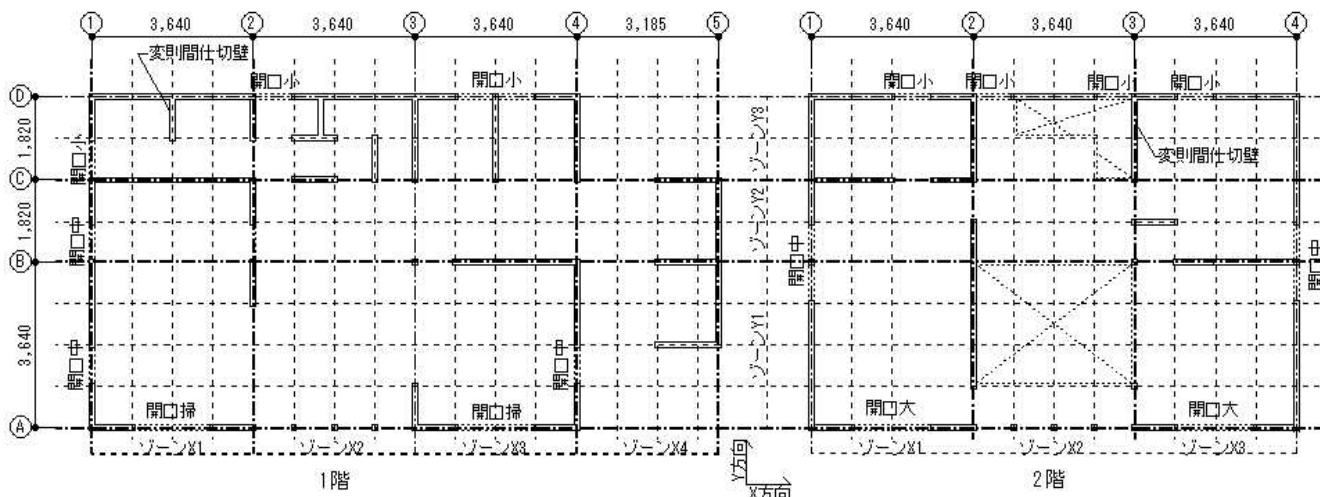
階	方向	存在壁量	必要壁量	判定	階	方向	存在壁量	必要壁量	判定
1	X	5,603 cm	5,362 cm	OK	2	X	4,251 cm	4,147 cm	OK
	Y	5,454 cm		OK		Y	5,151 cm		OK

2 壁配置のチェック

階	方向	箇所	床面積			軸組量 cm/m ²	必要壁量 cm	存在壁量 cm	充足率	壁率比	判定
			m	×	m = m ²						
1	X	L/4(a)	1.82	10.92	19.9	58.9	1,172	1,854	1.58	0.63	> 0.5 OK
		L/4(b)	1.82	10.92	19.9			2,930	2.5		
	Y	L/4(イ)	3.526	7.28	25.7	58.9	1,514 830	1,845	1.22	0.51	> 0.5 OK
		L/4(ロ)	0.341	7.28	14.1			1,971	2.37		
			3.185	3.64							
2	X	L/4(a)	1.82	10.92	19.9	52.2	1,039	1,441	1.39	0.7	> 0.5 OK
		L/4(b)	1.82	10.92	19.9			2,082	2		
	Y	L/4(ハ)	2.73	7.28	19.9	52.2	1,039	1,729	1.66	1	> 0.5 OK
		L/4(ニ)	2.73	7.28	19.9			1,693	1.63		

床倍率の計算及びチェック表

1 耐力壁略図



2 2階床(1階壁)

方向	通り		有効壁長さ	耐力壁線長さ	0.6L	判定	耐力壁線間距離	上階耐力壁の有無	床剛性係数	必要壁量	C _E	必要床倍率	C _W	必要床倍率(風)	ゾーンX1				ア			
		1	L					W	W	Q _{NE}		Q _{NW}	床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量					
		m	m	m	m			cm/ m ²	/200	C _E	V ₀ =32	C _W /L		a	a	cm	cm					
X	A	13.75	14.105	8.46	OK	5.46	有	1	58.9	0.29	1.58	1.68	0.65	F1	3	3	3.64	10.9				
	C	13.87			OK																	
	C	13.87	14.105	8.46	OK	1.82	有	1	58.9	0.29	0.53	1.68	0.22	F1	3	3	3.64	10.9				
	D	15.42			OK																	
方向	通り	ゾーンX2				イ	ゾーンX3				ウ	ゾーンX4				エ	0 a の合計	0の合計	平均存在床倍率	必要床倍率	判定	
		床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量	床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量	床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量						0 a の合計
			a	a	cm			cm	a	a			cm	cm	a							
X	A	F1	1.5	1.5	3.64	5.5	F1	3	3	3.64	10.9	R1	0.7	0.7	3.64	2.55	29.85	14.560	2.05	1.58	OK	
	C																					
	C	F1	1.5	1.5	3.64	5.5	F1	3	3	3.64	10.9	R1	0.7	0.7	3.185	2.23	29.53	10.920	2.7	0.53	OK	
	D																					

方向	通り	有効壁長さ	耐力壁線長さ	0.6L	判定	耐力壁線間距離	上階耐力壁の有無	床剛性係数	必要壁量	C_E	必要床倍率	C_W	必要床倍率(風)	ゾーン1・2				ア
		1	L						W	W	Q_{NE}	$V_0=32$	Q_{NW}	床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量
		m	m	m		m			cm/m ²	/200	C_E		C_W /L		a	a	cm	cm
Y	1	16.62	7.28	4.37	OK	3.64	有	0.5	58.9	0.29	0.53	1.68	0.42	F1	3	3	5.46	16.4
	2	5.46			OK													
	2	5.46	7.28	4.37	OK	3.64	有	0.5	58.9	0.29	0.53	1.68	0.42	F1	1.5	1.5	5.46	8.2
	3	5.46			OK													
	3	5.46	7.28	4.37	OK	3.64	有	0.5	58.9	0.29	0.53	1.68	0.42	F1	3	3	3.64	10.9
	4	6.82			OK													
	4	6.82	7.28	4.37	OK	3.185	無	1	52.2	0.26	0.83	1.68	0.74	R1	0.7	1.18	1.82	2.1
	5	12.74			OK									H1	0.48			

方向	通り	ゾーン3				イ						ゾーンの合計	平均 存在 床倍率	必要 床倍率	判定	
		床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量	床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量					ゾーンの合計
		a	a	cm	cm	a	a	a	cm	cm	cm	cm	/	or		
Y	1	F1	3	3	1.82	5.46					21.86	7.280	3	0.53	OK	
	2															
	2	F1	0.75	0.75	1.82	1.37					9.57	7.280	1.31	0.53	OK	
	3															
	3	F1	3	3	1.82	5.46					16.36	5.460	3	0.53	OK	
	4															
	4	R1	0.7	1.18	1.82	2.15					4.25	3.640	1.17	0.83	OK	
	5	H1	0.48													

3 屋根(2階壁)

方向	通り				判定	耐力壁線 間距離	上階 耐力 壁の有無	床剛 性係 数	必要 壁量	C _E	必要床倍 率	C _W	必要床倍 率(風)	ゾーンX1				ア											
		有効壁 長さ	耐力壁 線長さ	0.6L						W	W /200		Q _{NE}	Q _{NW}	床 記号	床倍 率	床倍 率の 合計	ゾー ンの 長さ	床量										
		1	L																	0	0 a								
		m	m																	m	m	cm/m ²	C _E	V ₀ =32	C _W /L	a	a	cm	cm
X	A	14.41	10.92	6.55	OK	3.64	無	1	52.2	0.26	0.95	0.84	0.28	R1	0.7	0.7	3.64	2.5											
	B	7.28			OK																								
	B	7.28	10.92	6.55	OK	3.64	無	1	52.2	0.26	0.95	0.84	0.28	R1	0.7	2.2	3.64	8											
	D	16.92			OK									F1	1.5														
方向	通り	ゾーンX2				イ	ゾーンX3				ウ	ゾーンX4				エ		ゾーンの 長さの 合計	平均 存在 床倍 率	必要 床倍 率	判定								
		床 記号	床倍 率	床倍 率の 合計	ゾーンの 長さ	床量	床 記号	床倍 率	床倍 率の 合計	ゾーンの 長さ	床量	床 記号	床倍 率	床倍 率の 合計	ゾーンの 長さ	床量	0 a の 合計												
																						0	0 a	0	0 a	0	0 a	0	0 a
																						a	a	cm	cm	a	a	cm	cm
X	A	R1	0.7	0.94	3.64	3.4	R1	0.7	0.7	3.64	5.3						11.2	10.920	1.03	0.95	OK								
	B	H2	0.24				F1	3	3	0.91																			
	B	R1	0.7	2.2	3.64	8	R1	0.7	2.2	3.64	8						24	10.920	2.2	0.95	OK								
	D	F1	1.5				F1	1.5																					

方向	通り													ゾーンY1				ア				
		有効壁 長さ	耐力壁 線長さ	0.6L	判定	耐力壁線 間距離	上階 耐力 壁の有無	床剛性係 数	必要 壁量	C _E	必要床倍 率	C _W	必要床倍 率(風)	床記号	床倍 率	床倍 率の 合計	ゾー ンの 長さ	床量				
		1	L						W	W			Q _{NE}						Q _{NW}	0	0	a
		m	m			m			m	cm/㎡			/200						C _E	V ₀ =32	C _W /L	a
Y	1	15.72	7.28	4.37	OK	3.64	無	1	52.2	0.26	0.95	0.84	0.42	R1	0.7	0.7	3.64	2.5				
	2	10.92			OK																	
	2	10.92	7.28	4.37	OK	3.64	無	1	52.2	0.26	0.95	0.84	0.42	R1	0.7	0.7	3.64	2.5				
	3	6.37			OK														1.82			
	3	6.37	7.28	4.37	OK	3.64	無	1	52.2	0.26	0.95	0.84	0.42	R1	0.7	0.7	3.64	2.5				
	4	15.72			OK																	

方向	通り	ゾーンY2				イ	ゾーンY3				イ		0の合計	平均存在床倍率	必要床倍率	判定				
		床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量	床記号	床倍率	床倍率の合計	ゾーンの長さ	床量	0 aの合計								
																	0	0 a	0	0 a
																	a	a	cm	cm
Y	1	R1	0.7	3.7	1.82	6.73	R1	0.7	0.7	1.82	1.27	9.23	7.280	1.27	0.95	OK				
	2	F1	3																	
	2	R1	0.7	3.7	1.82	6.73	R1	0.7	0.7	1.82	1.27	9.23	7.280	1.27	0.95	OK				
	3	F1	3																	
	3	R1	0.7	3.7	1.82	6.73	R1	0.7	0.7	1.82	1.27	9.23	7.280	1.27	0.95	OK				
	4	F1	3																	

F1 = 厚さ24mm以上の構造用合板を張った床

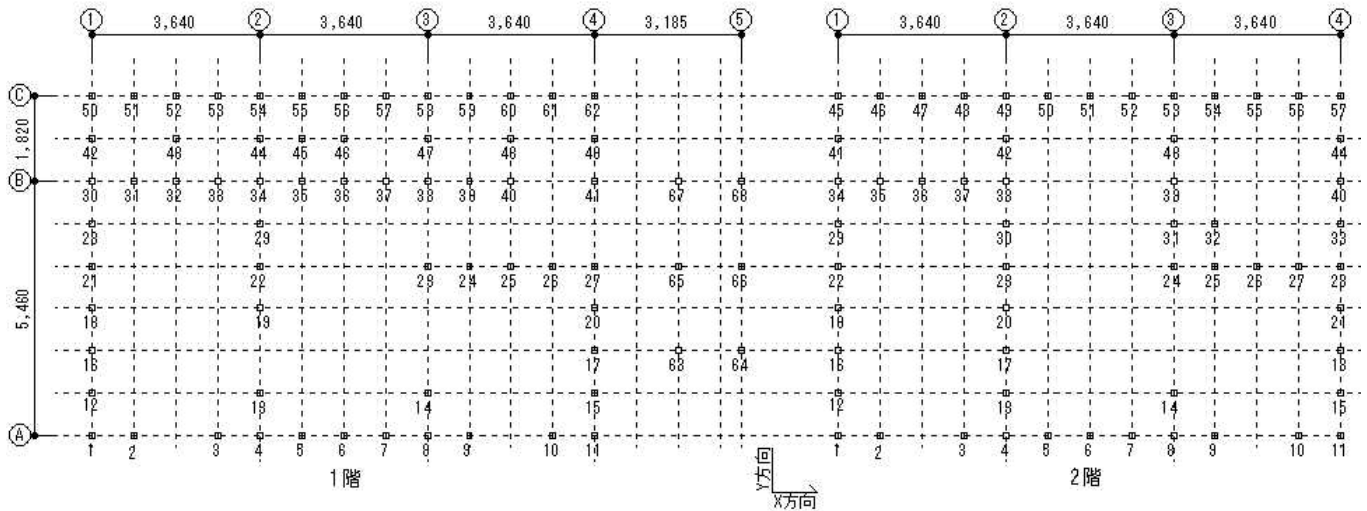
R1 = 厚さ9mm以上の構造用合板を張った勾配が5寸以下の屋根

H1 = 3.3㎡に1本以上の火打ち材を配した床及び屋根 (梁背240以上)

H2 = 5㎡に1本以上の火打ち材を配した床及び屋根 (梁背240以上)

接合部の検討

1 柱頭・柱脚



N値法によって金物を決定する。

2階建ての1階の柱 : $N = A1 \cdot B1 + A2 \cdot B2 - L$ 平屋及び最上階の柱 : $N = A1 \cdot B1 - L$

A1: 柱両側のN値の差、A2: 上階の柱両側のN値の差、B1・B2・L: それぞれの定数

階	柱NO	A1	B1	A2	B2	L	N	金物記号
1	1、 11	3.5	0.8	3.5	0.8	1	4.6	り
	2、 3、 9、 10	3.22	0.5	2.86	0.5	1.6	1.4	に
	4、 8	3.5	0.5	3.5	0.5	1.6	1.9	と
	12、 16	2.69	0.5	0	0.5	1.6	-0.3	い
	14、 19、 22、 30、 35、 36、 37、 42、 60	2	0.5	0	0.5	1.6	-0.6	い
	15、 17	1.34	0.5	0	0.5	1.6	-0.9	い
	18	0	0.5	2.5	0.5	1.6	-0.4	い
	20	0	0.5	0.4	0.5	1.6	-1.4	い
	21、 28	2.69	0.5	2.78	0.5	1.6	1.1	に
	22、 44	2	0.5	0	0.5	1.6	-0.6	い
	24、 27、 36、 54	2	0.5	2	0.5	1.6	0.4	ろ
	25、 26、 31、 39、 40、 45、 46、 47、 48、 49、 51、 56	0	0.5	0	0.5	1.6	-1.6	い
	29	2	0.5	-2	0.5	1.6	-1.6	い
	30、 42	2	0.5	0	0.5	1.6	-0.6	い
	32、 33	0	0.5	2	0.5	1.6	-0.6	い
	34	2	0.5	2	0.5	1.6	0.4	ろ
	38、 58	2	0.5	3.5	0.5	1.6	1.2	に
	41	1.5	0.5	0	0.5	1.6	-0.9	い
	43、 52	3.5	0.5	0	0.5	1.6	0.2	ろ
	50、 62	1.5	0.8	1.5	0.5	1	1	は
	53、 57、 61	1.27	0.8	0	0.5	1.6	-0.6	い
	55、 59	1.27	0.5	0.83	0.5	1.6	-0.6	い
2	63、 64、 67、 68	3.5	0.5			0.4	1.4	に
	65、 66	2	0.8			0.6	1	は

階	柱NO	A1	B1	A2	B2	L	N	金物記号
2	1、4、9、11	3.5	0.8			0.4	2.4	と
	2、3、9、10	3.04	0.5			0.6	0.9	は
	5、6、7、12、14～17、20、 22、23、26～28、35、40 ～44、46、51、56	0	0.5			0.6	-0.6	い
	13、25、28、30、31、32、 34、38、49	2	0.5			0.6	0.4	ろ
	19、21、29、33	2.78	0.5			0.6	0.8	ろ
	45、57	1.5	0.5			0.4	0.4	ろ
	47、48、50、54、55	1.28	0.5			0.6	0	い
	39、53	3.5	0.5			0.6	1.2	に

上記以外の全ての柱の柱頭・柱脚の金物記号は「い」とする。

2 胴差と通し柱の接合部

- ・ 1階の柱NO 1、11、49、63の通し柱は、胴差をかたぎ大入れ短ほぞ差しの上、かね折り金物を緊結
- ・ 1階の柱NO 22、23の通し柱は、胴差をかたぎ大入れ短ほぞ差しの上、羽子板ボルトでそれぞれの胴差しを緊結

3 屋根・床の外周の横架材の接合部の検討

下屋の付け根の接合部

存在平均床倍率 = 1.17 耐力壁線間距離 = 3.185 m

必要接合部倍率 = $1.17 \times 3.185 \times 0.185 = 0.69$ 0.7 金物記号で「に」

筋かい端部の金物は、建築基準法による。

第2部 技術編

3. コンセプトモデルにおけるQ値計算 (QPex ver.2.07)

- ・ 各部の熱損失係数及び開口部の熱損失
- ・ 各部の実質熱貫流率

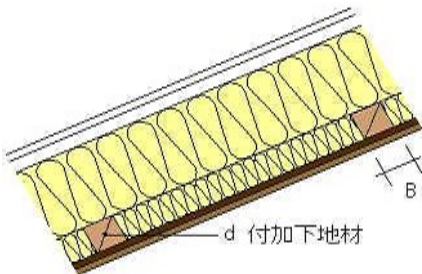
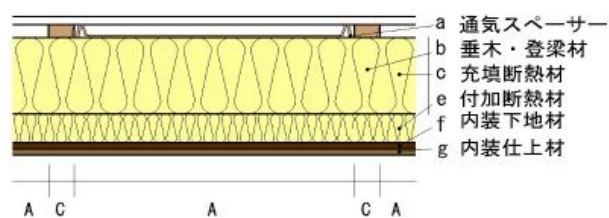
QPEX Ver.2.07

記号	方位	取付位置	サッシ種類	断熱戸種類	熱貫流率 U[W/m ² K]	サッシ寸法(mm)		面積 A[m ²]	熱損失 U・A[W/K]
						W(幅)	H(高)		
W1	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	1,690	2,070	3.50	4.79
W2	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	2,070	1.61	2.21
W3	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	2,070	1.61	2.21
W4	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	2,070	1.61	2.21
W5	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	2,070	1.61	2.21
W6	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	1,690	2,070	3.50	4.79
W7	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	1,690	1,570	2.65	3.64
W8	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,570	1.22	1.68
W9	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,570	1.22	1.68
W10	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,570	1.22	1.68
W11	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,570	1.22	1.68
W12	南	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	1,690	1,570	2.65	3.64
W13	東	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,170	0.91	1.25
W14	東	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,170	0.91	1.25
W15	東	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,170	0.91	1.25
W16	東	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	400	400	0.16	0.22
W17	東	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	400	400	0.16	0.22
W18	西	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,170	0.91	1.25
W19	西	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,170	0.91	1.25
W20	西	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	460	570	0.26	0.36
W21	西	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,170	0.91	1.25
W22	西	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	1,170	0.91	1.25
W23	西	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	400	400	0.16	0.22
W24	西	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	400	400	0.16	0.22
W25	北	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	570	0.44	0.61
W26	北	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	570	0.44	0.61
W27	北	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	570	0.44	0.61
W28	北	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	570	0.44	0.61
W29	北	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	570	0.44	0.61
W30	北	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	570	0.44	0.61
W31	北	壁面A	VCトリプル2Ar2Low-Eガラス	なし	1.37	780	570	0.44	0.61
W32	東	壁面A	ドア 断熱等級H-5	なし	2.33	990	2,090	2.07	4.82
全体計								36.13	51.487
壁面A計								36.13	51.487
壁面B計								0.00	0.000
天井面計								0.00	0.000
屋根面計								0.00	0.000

屋根の実質熱貫流率

記号	No.	建材名	厚さ d mm	熱伝導率 W/m・K	部分記号	A	B	C	D
					部分名	充填断熱 付加断熱	充填断熱 付加下地	構造部材 付加断熱	構造部材 付加下地
					熱抵抗	熱抵抗	熱抵抗	熱抵抗	熱抵抗
					d/ m ² K/W	d/ m ² K/W	d/ m ² K/W	d/ m ² K/W	d/ m ² K/W
-	-	外気側表面熱伝達抵抗 Ro	-	-	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
a	1	なし	-	-	-	-	-	-	-
b	41	木材 1種	200	0.12	-	-	-	1.67	1.67
c	5	HGW16K	280	0.038	7.37	7.37	-	-	-
d	41	木材 1種	100	0.12	-	0.83	-	-	0.83
e	5	HGW16K	100	0.038	2.63	-	2.63	-	-
f	64	せっこうボード	9.5	0.22	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
g	1	なし	-	-	-	-	-	-	-
-	-	室内側表面熱伝達抵抗 Ri	-	-	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
熱貫流抵抗 R= d /					10.22	8.42	4.52	2.72	
熱貫流率 Un=1/ R					0.10	0.12	0.22	0.37	
熱橋面積比 a					0.79	0.08	0.12	0.01	
実質熱貫流率 = 平均熱貫流率 U= (a・Un)					0.117				

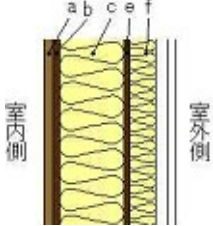
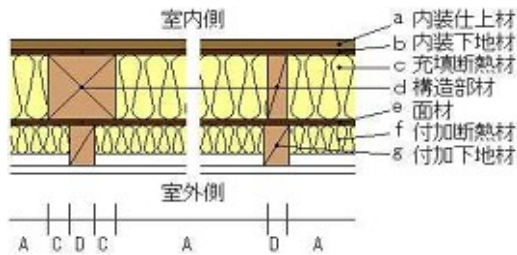
緑のセルは熱橋面積比が変わる場合のみ変更してください。



外壁の実質熱貫流率

記号	No.	建材名	厚さ d mm	熱伝導率 W/m・K	部分記号	A	B	C	D
					部分名	充填断熱 付加断熱	充填断熱 付加下地	構造部材 付加断熱	構造部材 付加下地
					熱抵抗	熱抵抗	熱抵抗	熱抵抗	熱抵抗
					d/ m ² K/W	d/ m ² K/W	d/ m ² K/W	d/ m ² K/W	d/ m ² K/W
-	-	室内側表面熱伝達抵抗 Ri	-	-	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
a	1	なし	-	-	-	-	-	-	-
b	64	せっこうボード	12.5	0.22	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
c	5	HGW16K	90	0.038	2.37	2.37	-	-	-
d	41	木材 1種	90	0.12	-	-	0.75	0.75	0.75
e	57	合板	9	0.16	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
f	5	HGW16K	100	0.038	2.63	-	2.63	-	-
g	41	木材 1種	100	0.12	-	0.83	-	0.83	0.83
-	-	外気側表面熱伝達抵抗 Ro	-	-	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
熱貫流抵抗 R= d /					5.33	3.53	3.71	1.92	
熱貫流率 Un=1/ R					0.19	0.28	0.27	0.52	
熱橋面積比 a					0.79	0.04	0.04	0.13	
実質熱貫流率 = 平均熱貫流率 U= (a・Un)					0.238				

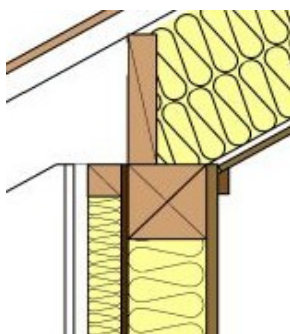
緑のセルは熱橋面積比が変わる場合のみ変更してください。



桁等木部の実質熱貫流率

記号	No.	建材名	厚さ d mm	部分記号		
				部分名	A	B
					構造部材 付加断熱	構造部材 付加下地
				熱伝導率	熱抵抗 d / m ² K/W	熱抵抗 d / m ² K/W
-	-	室内側表面熱伝達抵抗 Ri	-	-	0.11	0.11
a	41	木材 1種	90	0.12	0.75	0.75
b	57	合板	9	0.16	0.06	0.06
c	5	HGW16K	100	0.038	2.63	-
d	41	木材 1種	100	0.12	-	0.83
-	-	外気側表面熱伝達抵抗 Ro	-	-	0.11	0.11
熱貫流抵抗				R= d /	3.66	1.86
熱貫流率				Un=1/ R	0.27	0.54
熱橋面積比				a	0.57	0.43
実質熱貫流率 = 平均熱貫流率 U= (a・ Un)					0.387	

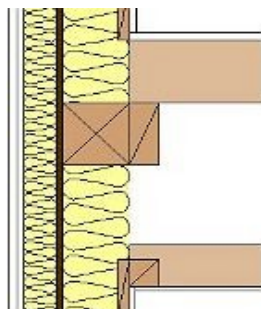
緑のセルは熱橋面積比が変わる場合のみ変更してください。



階間木部の実質熱貫流率

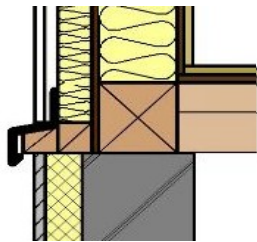
記号	No.	建材名	厚さ d mm	部分記号		
				部分名	A	B
					構造部材 付加断熱	構造部材 付加下地
				熱伝導率	熱抵抗 d / m ² K/W	熱抵抗 d / m ² K/W
-	-	室内側表面熱伝達抵抗 Ri	-	-	0.11	0.11
a	5	HGW16K	90	0.038	-	-
b	41	木材 1種	90	0.12	0.75	0.75
c	57	合板	9	0.16	0.06	0.06
d	5	HGW16K	100	0.038	2.63	-
e	41	木材 1種	100	0.12	-	0.83
-	-	外気側表面熱伝達抵抗 Ro	-	-	0.11	0.11
熱貫流抵抗				R= d /	3.66	1.86
熱貫流率				Un=1/ R	0.27	0.54
熱橋面積比				a	0.83	0.17
実質熱貫流率 = 平均熱貫流率 U= (a・ Un)					0.318	

緑のセルは熱橋面積比が変わる場合のみ変更してください。



土台の実質熱貫流率

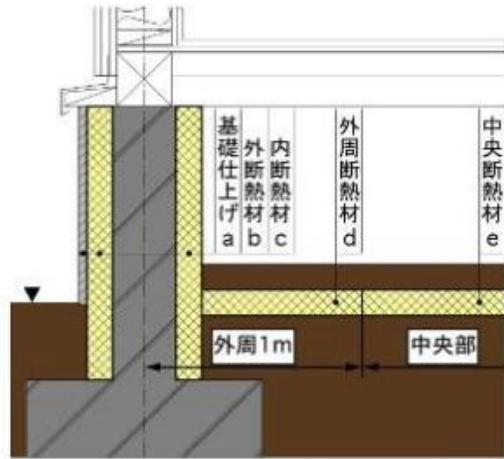
記号	No.	建材名	厚さ d mm	熱伝導率 W/m・K	部分記号	A	B	C	D
					部分名	土台	土台 付加下地	土台 断熱材	その他木部
						熱抵抗 d/ m ² K/W	熱抵抗 d/ m ² K/W	熱抵抗 d/ m ² K/W	熱抵抗 d/ m ² K/W
-	-	室内側表面熱伝達抵抗 Ri	-	-		0.11	0.11	0.11	1.11
a	0	未入力	0	0		-	-	-	0.00
b		未入力		0		-	-	-	-
c	41	木材 1種	105	0.12		0.88	0.88	0.88	0.88
d	41	木材 1種		0.12		-	0.00	-	-
-	-	外気側表面熱伝達抵抗 Ro	-	-		0.11	0.11	0.11	1.11
熱貫流抵抗 R= d /						1.10	1.10	1.10	3.10
熱貫流率 Un=1/ R						0.91	0.91	0.91	0.32
実面積 A						0.00	1.64	2.18	0.92
実質熱貫流率 = 平均熱貫流率 U= (a・ Un)						0.799			



基礎の熱損失

全面基礎断熱

記号	No.	建材名	厚[mm]	熱伝導率[W/(m・K)]	熱抵抗値[m ² ・k/w]
a	51	セメントモルタル	10	1.500	R _{W1} 0.01
b	25	押出法PSF3種	75	0.028	R _{W2} 2.68
c	25	押出法PSF3種	75	0.028	R _{W3} 2.68
d	25	押出法PSF3種	75	0.028	R _F 2.68
e	1	なし	-	-	R _F 0.00
基礎深さ				450	mm
土の熱伝導率				1.00	W/mK
床の外周の熱損失					
R _W =R _{W1} +R _{W2} +R _{W3}					5.36
B=[(0.63+0.16/)+0.98(l ^{0.1} -l ₀ ^{0.1})]R _W ^{0.32} +(0.075+0.156)R _F ^{0.42}					1.70
e ^{-B}					0.18
熱貫流率 U _L =1.46 ^{0.28} e ^{-B} [W/mK]					0.27
床の外周の長さ L _F [m]					36.40
熱損失 L _F *U _L					0.00
床の中央部の熱損失					
C=[0.157+0.19(l ^{0.15} -l ₀ ^{0.15})]RW0.3+0.2 RF					0.80
e ^{-C}					0.45
熱貫流率 U _F =0.21 e ^{-C} [Wm ² /K]					0.09
床の中央部の面積 A _F [m ²]					47.10
熱損失 A _F *U _F					4.46
土間床の熱損失					
Q _F =L _F *U _L *1+A _F *U _F [W/K]					4.464



第2部 技術編

4．コンセプトモデルにおける住宅事業建築主の判断基準

**当該住宅事業建築主が新築した特定住宅(建売戸建住宅)(住宅タイプ)の省エネルギー性能等の詳細
【算定用プログラムに基づく報告用】**

1. 当該住宅(タイプ)の一次エネルギー消費量等

(1) 特定住宅(住宅タイプ)の名称	北の民家 05-3		
(2) 地域区分	I b		
(3) 当該特定住宅(住宅タイプ)の戸数(当該地域区分における戸数を記入)	1	戸	
(4) 当該特定住宅(住宅タイプ)の基準一次エネルギー消費量(1戸当り) ……①	114.2	GJ/戸・年	
(5) 当該特定住宅(住宅タイプ)の一次エネルギー消費量(1戸当り)			
(5-1) コージェネレーションシステムを設置しない場合	A 暖房設備エネルギー消費量	53.1	GJ/戸・年
	B 冷房設備エネルギー消費量	0	
	C 換気設備エネルギー消費量	4.1	
	D 給湯設備エネルギー消費量	25.3	
	E 照明設備エネルギー消費量	8.3	
	消費量小計(A+B+C+D+E) ……②	90.8	
	F 太陽光発電設備の発電量(評価分)	0	
	合計(②-F) ……③	90.8	
(5-2) コージェネレーションシステムを設置する場合 ……④	****	GJ/戸・年	
(6) 当該特定住宅(住宅タイプ)の基準達成率 ①／(③あるいは④)×100	126	%	

2. 当該特定住宅(住宅タイプ)の仕様

(1) 断熱性能	構造の種類: 木造(軸組構法) 入力方法の選択: Q値(熱損失係数)を入力する Q値: 1.24W/m ² K
----------	--

(2) 各設備仕様	
設備項目	設備仕様
A. 暖房設備	(a-1) 新築時に暖房設備が設置されていない

設備項目		設備仕様
B. 冷房設備		
C. 給湯設備	節湯型機器	節湯型機器(台所):節湯A「手元止水(止水が容易な機構)」 節湯型機器(浴室シャワー):節湯A「手元止水(止水が容易な機構)」 小口径配管:設置あり
	太陽熱温水器	設置なし
	給湯設備	ガス瞬間式(従来型)給湯器
D. 換気設備		ダクト式第2種または第3種換気設備 モーターの種類:DCモーターを採用する
E. 照明設備	e-1 LDKの照明設備	照明器具の種類:白熱灯は使用していない 調光:調光を採用している器具はない
	e-2 LDK以外の居室の照明設備	照明器具の種類:白熱灯は使用していない 調光:LDK以外の居室で、調光をどの器具にも採用していない居室がある
	e-3 非居室の照明設備	照明器具の種類:白熱灯は使用していない 人感センサーまたは照度センサー:1つの器具で採用、またはいずれの器具にも採用していない
F. 太陽光発電設備		設置なし
G.コージェネレーションシステム		設置なし

N P O 法人 北の民家の会プロジェクトチーム

羽深 久夫 ・ 武部 豊樹

中田 信広 ・ 中村 欣嗣 ・ 北島 詳三

中渡 憲彦 ・ 正田 亨 ・ 上島 信彦

アドバイザー

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

建築研究本部 北方建築総合研究所 高倉 政寛
森林研究本部 林産試験場 戸田 雅彦

株式会社現代計画研究所

今井 信博 ・ 樋口 祥一

山辺構造設計事務所

山辺 豊彦

表紙デザイン

金澤 和彦(デザイン工房・金澤)

北の民家モデル・設計マニュアル

平成 24 年 3 月 31 日

発行：N P O 法人 北の民家の会（会長：磯田憲一）

〒005-0864 札幌市南区芸術の森 1 丁目
札幌市立大学デザイン学部 羽深研究室
TEL：011-592-2300 / 011-592-2618(研究室)
FAX：011-592-5421
Email：h.habuka@scu.ac.jp

この冊子は平成 23 年度林野庁地域材供給倍増事業・水平連携等木材産業活性化のための支援・地域型住宅づくり支援事業において地域型住宅モデル設計マニュアルとして取りまとめたものです。