

第 5 章

構 造

- 5-01 構造からみた非住宅木造建築物
- 5-02 非住宅建築物の特徴
- 5-03 木造の工法は色々あってわかりにくい
- 5-04 木造は容易にプランを変えられない
- 5-05 壁量計算ルート&構造計算ルート1,2,3
- 5-06 法令第46条2項ルート（壁量計算除外ルート）
- 5-07 混構造の難しさ
- 5-08 建物モジュール 尺とメートルどっちを選ぶ？
- 5-09 柱断面 105角と120角どっちを選ぶ？
- 5-10 階高いくつにする？
- 5-11 非住宅は重い
- 5-12 トラスは万能なのか？
- 5-13 燃えしろ設計でも断面をスッキリみせたい

構造からみた非住宅木造建築物

- 合理的な設計を目指すには住宅のルールに従う
- “積載荷重”や“重要度係数”は用途によって決まる
- “固定荷重”や“階高”、“大空間”は設計によって決まる

合理的な設計を目指すには住宅のルールに従う

特殊な建築物や、架構にこだわった建築物などの場合は除いて、コストを抑えて無理のない合理的な設計を心掛けるのであれば、非住宅施設であっても基本的には住宅の延長線上で考えることが合理的な設計の第一歩となります。

- 木材だけでなくサッシや面材なども、住宅で使われる一般流通材や規格材を用いる
- 梁幅を既製品の105mmもしくは120mmとし、製材であれば梁せい300mm以下程度、集成材であれば梁せい420mm以下程度までに抑える
- 梁のスパンは原則4m以下として、最大でも6m以下になるようにする
- 梁への負担を減らすためにできるだけ多く柱を立てて、上下階の柱は揃える
- 設計グリッドは尺モジュールもしくはメートルモジュールに合わせてプランニングする
- 柱は105角もしくは120角とし、柱長さ3m材以下になるようにする

いずれも単純なルールばかりですが、非住宅建築となると、あと少し広ければ、あと少し高ければとプランニングしていく中で、知らず知らずのうちにこのルールから外れてしまうこともあります。例えルールから外れる部分が出てきたとしても、「この箇所だけはコストが高くても実現したい空間だ」、と意識して、その他はルールに従い設計することで、要所を絞った設計にすることができます。

住宅と非住宅建築物との違い

構造的な観点から、以下の表のように、非住宅木造建築物は、基本的には木造住宅に比べて構造的に不利になる場合が多いです。これは、『用途の違い』と『プランニングの違い』の大きく二つに分けられ、例えば“積載荷重”や“重要度係数”などは建物用途によって建築基準法や官庁施設の総合耐震計画基準によって設定されている条件のため、設計者は実情に合わせて設計が求められます。対して、“固定荷重”や“階高”、“大空間”などは、依頼者の希望や設計の仕様によって条件が異なるため、場合によっては構造的に不利にならずに済む場合もあります。

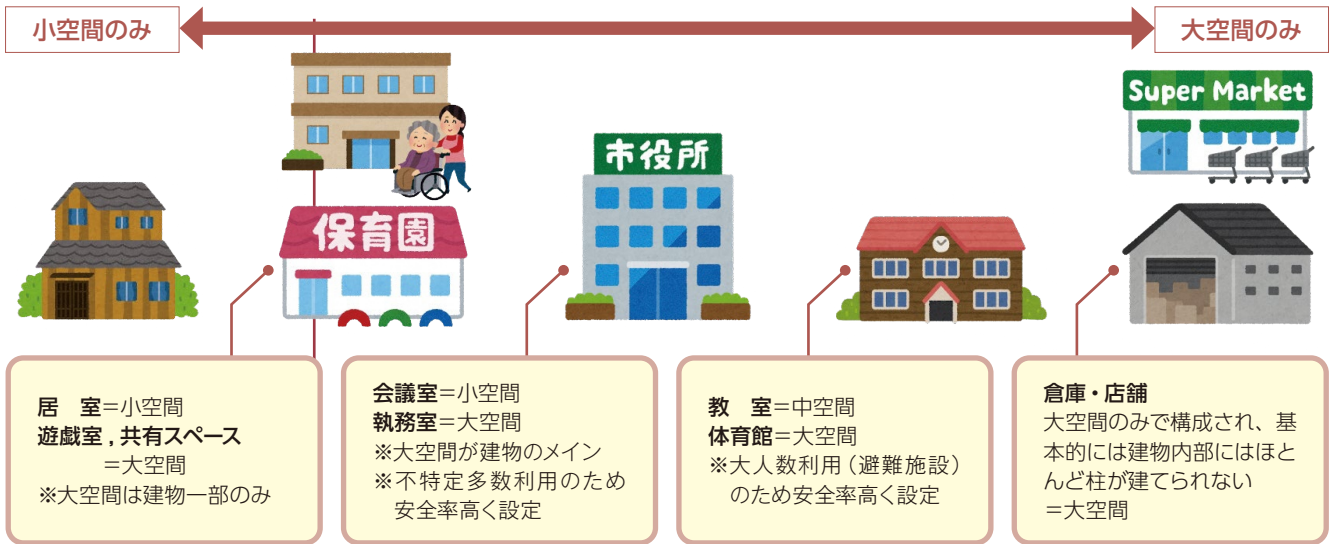
非住宅建築物を設計する際は、設計上避けられない条件なのか、設計でうまく回避できる条件なのかを意識することで、より合理的な設計を目指すことが可能となります。

条件・設定		住 宅	非住宅建築物	住宅に比べて構造的に不利になりやすい項目
荷重	積載荷重 (用途によって異なる荷重)	居室の用途であれば、同じ設定荷重	用途によって異なるが、事務所や学校用途など、住宅用途に比べ荷重が重くなる傾向にあり	・梁の断面アップ ・壁量アップ ・柱の断面アップ ・基礎断面、鉄筋量アップ
	固定荷重 (床や壁などの使用部材によって異なる荷重)	建物ごとに異なるが、居室用途ではおおそ同じような荷重になる	建物ごとに異なるが、遮音の関係で床にALCパネルを使用したり、防耐火関連で壁に石膏ボードを二重張りにするなど、住宅に比べて荷重が大きくなる場合が多い	・梁の断面アップ ・壁量アップ ・柱の断面アップ ・基礎断面、鉄筋量アップ
階高		建物ごとに異なるが、居室用途ではおおそH=2400mm程度が一般的	建物ごとに異なるが、階高確保や天井懐を確保するため階高が住宅よりも高く設定される場合もあり	・壁量アップ ・柱の断面アップ
重要度係数 (耐震性能)		基準法上は一律 (任意で耐震等級2,3を目指すことは可能)	公共建築物や避難施設等では、重要度係数により、住宅よりも高い耐震性能が求められる場合もある	・壁量アップ
大空間		施主の希望によっては、リビングやガレージでは大空間が必要になる場合もあり	幼稚園では遊戯室、学校施設では体育館など、建物用途に合わせた大空間が求められる	・梁の断面アップ ・柱の断面アップ

非住宅建築物の特徴

- 木造の低コスト化は住宅の規格にアリ
- 小空間=住宅の部材を汎用できる。大空間=汎用できないのでコスト高

空間別並び替え



木造施設の低コスト化は、住宅の規格にアリ

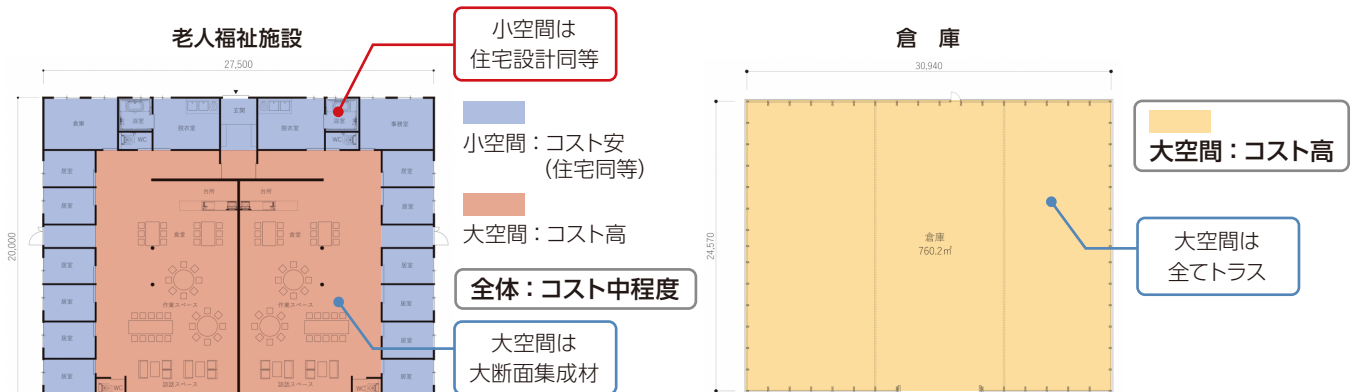
木造の非住宅建築物のコストを抑えるためには、“いかに“住宅”の規格を使えるか”がポイントとなります。

木造の場合、柱の断面や梁のスパンなどの木材の規格や、それに付属する窓や扉、壁の製品規格などは需要の高い木造住宅を基準に考えられているため、非住宅建築物においても木造住宅で使われている一般流通材や汎用性の高い製品を使って上手に建てることのできるかがポイントとなります。

たとえば、保育園や老人福祉施設などは、事務室やユーティリティ、各居室などの小空間が多くあり、柱や耐力壁を設けることができるため、住宅とほとんど変わらず設計できます。そして遊戯室や集会室などの一部の大きな空間をいかに合理的に設計するかがポイントです。

一方、倉庫や店舗などは建物全体が基本的に空間が広く、機能上内部には柱を建てることのできないことがほとんどのため、大空間を構成するための大断面の梁やトラスがメインで必要となってきます。これらは通常の住宅には使われない特殊な材料や一品生産品を用いるため、空間に対してのコストが高くなりやすい傾向にあります。

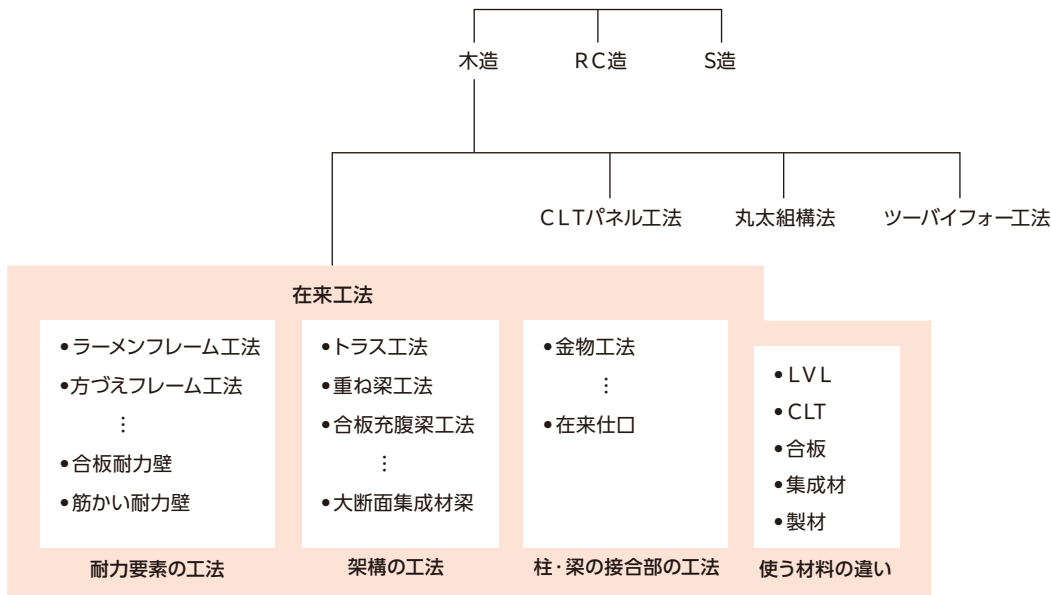
庁舎や学校などは、中空間や大空間が必要となり、また倉庫のように単一な空間だけではないことや、住宅と異なり不特定多数の人が利用することなどから公共性・安全性が高く、構造計画の難易度も高くなります。



木造の工法は色々あってわかりにくい

- 構造的な特徴で工法を分類
- 建物全体の工法なのか、部分的な要素に対する工法なのかを把握
- ○○（メーカー名）工法は分類すれば中身がわかる

木造の工法には、色々あり、わかりにくいと言われることが多々あります。基本的には、構造的に種類分けされていることが多いので、構造設計者は比較的理解しやすいですが、意匠設計者は直感的にわかりにくいと言えます。大きくは以下に整理できます。



構造的に整理してみると

構造的に大きく分類してみると、「耐力要素の工法」「架構の工法」「柱・梁の接合部の工法」の大きく分けて3つに分類され、いずれも在来軸組工法の中の一部であることがわかります。また、それぞれ部分的な要素に対する工法であるため、○○工法と名前が付いていても、その名称が建物全部を網羅しているわけではないことがわかります。

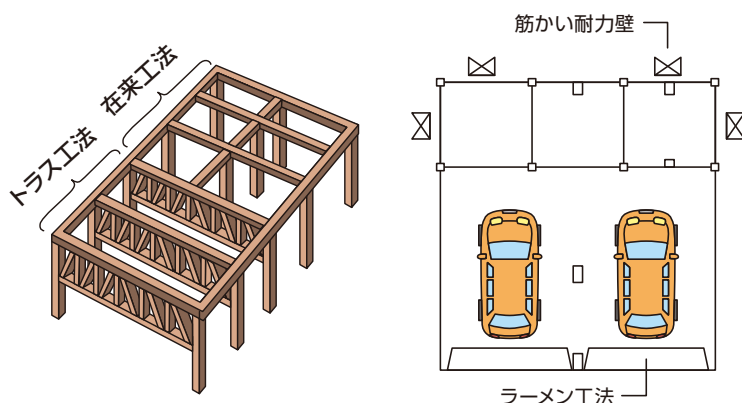
わかりにくい原因①<一つの建物内でも○○工法は混在できる>

○○工法と名前がついていても、建物全部を網羅しているわけではないため、トラス工法を採用したからといって建物全体をトラス工法にする必要は無く、大空間でスパンの飛んでいる箇所だけトラス工法を用いて、他の箇所は別の工法や普通の梁を掛けても問題はありません。また耐震要素はラーメン工法、梁はトラス工法、といったように一つの建物内に別の工法が混在していても、互いに支障をきたすような干渉がなければ問題ありません。

「ラーメン工法の代わりにトラス工法は使えますか」と聞かれることがありますが、耐力要素の工法と架構の工法では目的が違いますので、目的に合わせて考える必要があります。

また、「ラーメン工法と筋かい耐力壁を両方用いたら混構造になりますか」と聞かれることもありますが、1つは、建物全体をラーメン工法にする必要はありませんので適材適所で筋かいと使い分けても問題ありません。

”工法”と名前は付きますが筋かい耐力壁1本の代わりにラーメンフレームを使う、と考えるとイメージしやすいかと思います。もう1つは、混構造はRC造やS造と木造の併用を指すため、在来軸組工法の中の工法同士であれば混構造にはなりません。



わかりにくい原因②<世の中には〇〇工法が多すぎる>

ハウスメーカーや工務店などでオリジナルの〇〇工法というのを目にします。各社独自性を出し、差別化することで他よりも優れていることをPRするためオリジナル工法の名前を付けていますが、いずれの場合も中身を見てみれば、ある要素に対する部分的な工法であることがほとんどです。その工法がどの部分を指している工法なのかを確認できるとよいです。

どんな工法を選べばよいのか？

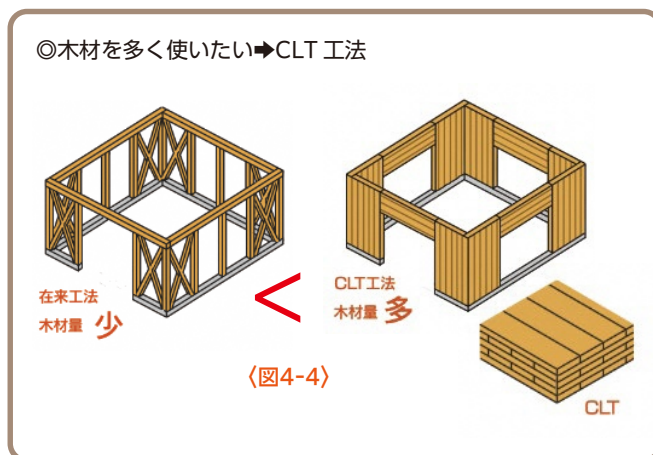
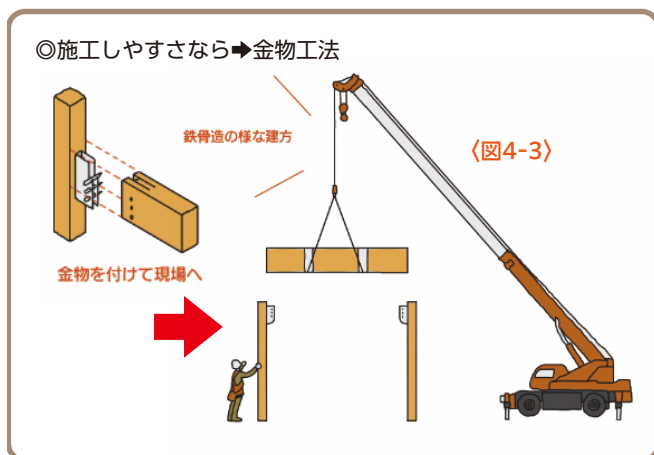
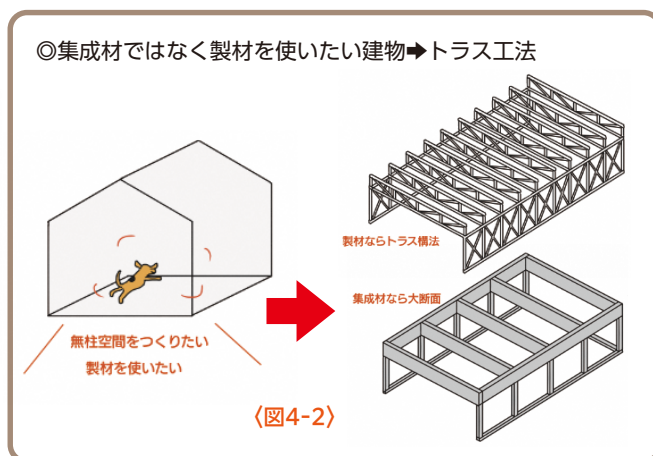
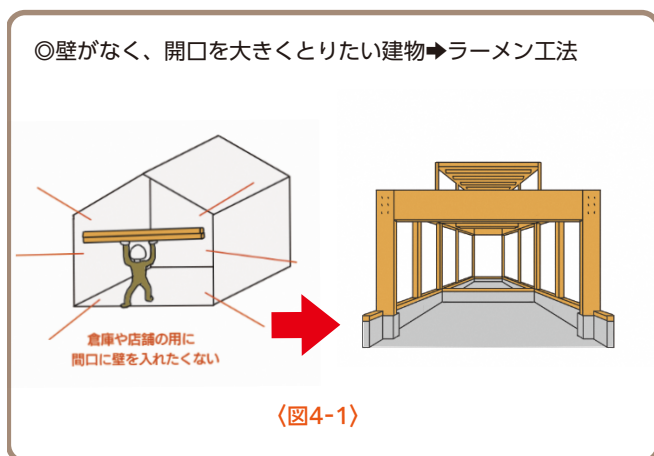
では、実際に木造建物を計画する際にはどうやって工法選定をしたらよいかですが、その建物の構造的特徴やその他要因から選ぶとよいと思います。

- 耐力壁が必要だが、壁が無く、開口を大きくとりたい→ラーメン工法
- 大断面集成材ではなく製材を使って梁スパンを飛ばしたい→トラス工法
- 施工しやすさ→金物工法
- 木材を多く使いたい→CLT工法

このように、各工法はそれぞれの用途に応じて開発されたものになりますので工法の分類を理解し、その特徴を理解して採用することでより合理的な設計が可能となります。

コストから工法を選ぶ

コスト面から工法を選ぶことは重要な要素の一つです。例えばトラス工法を採用した場合、大断面集成材に比べて木材料費は安くなりますが、その分金物費や組み立て費、運搬費など他の要因で総合的にどちらが安くなるか判断が難しい場合もあるので総合的に判断する必要があります。



木造は容易にプランを変えられない

- RC造やS造と木造は別の考え方で計画
- 木造で安易な壁位置の変更、柱移動、撤去は要注意

他構造と木造の考え方の違い

建物を計画していく上で、RC造やS造と木造の計画の仕方は、考え方が異なります。

RC造やS造は、基本的には、フレームでもたせる軸構造であるため、内外壁は比較的自由に、移動したり抜いたりすることができます（RC造の耐震壁や、S造のブレースは別）。

一方、木造、特に在来軸組工法は、フレームではなく耐力壁（内外壁）でもたせる壁構造であるため、容易に壁を移動したり抜いたりすることができません。

木造で計画する場合は、計画途中での変更が容易にできないことに留意しておく必要があります。【図1】

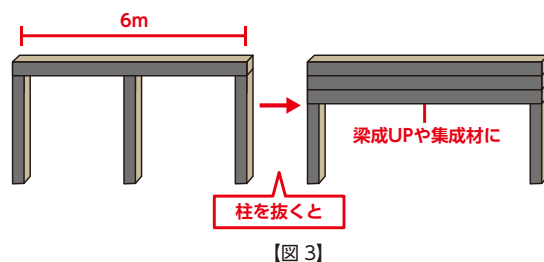
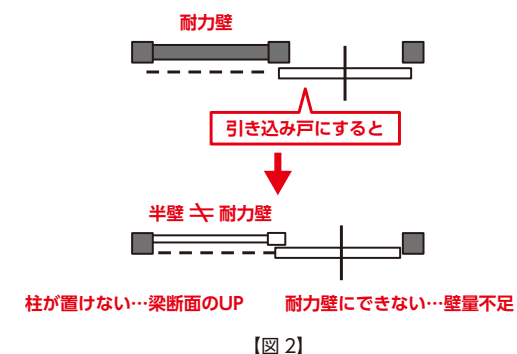
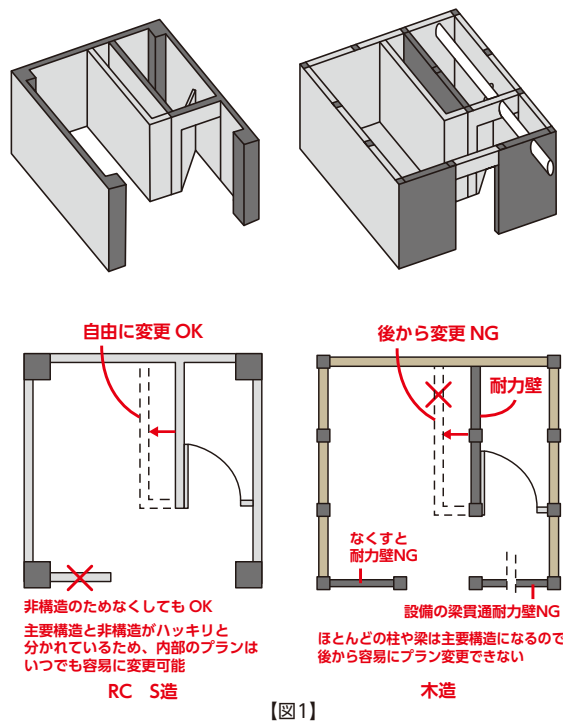
内壁の位置を少しずつずらす、消防設備や配管を通すために壁をなくすといったことは、計画していくなかで調整していくことですが、木造の場合、特に中規模以上の建築物になると、多数の壁が必要となる一方で、壁を配置する場所が機能上限られるため、壁の量がギリギリの設計となることがあります。こういった際に、当初予定していた箇所の壁がなくなると、構造計画が成立しなくなるという事態が起こります。

また耐力壁の量とともに、問題になるのが柱です。RC造やS造は、主要な柱をグリッド上に配置し、それに大梁をかける構造です。そのため、内部の壁（グリッドにのらない壁）を構成する柱は自由に動かすことができます。

一方、木造の場合は、グリッドを主として柱や壁を配置しますが、それ以上に壁が必要となるため、グリッドとずれる位置にも軸組を設置することがよくあります。そのため、柱が邪魔なので（引き込み戸にしたいなど）柱を抜くと壁が不足することにつながります【図2】。

梁については、木造梁は鉄骨などに比べ、柔らかく、製材となると断面は限られ、特殊材は単価が上がります。集成材でも断面が大きくなると極端に単価があがるといったことが起こるため、できるだけ梁のスパンを飛ばさない計画が経済的です。

そのため、柱を入れることのできる箇所はできるだけ柱を入れて梁断面を落とす工夫が必要です。後々柱を抜くと梁断面のアップ、それに伴う計画の変更といったことが起こるため注意が必要です【図3】。





5-05

壁量計算ルート&構造計算ルート1,2,3

- 500㎡以下なら住宅に限らず特殊建築物であっても壁量計算ルートでOK
- 500㎡を超えたら面積はどれだけ大きくなっても構造計算ルート1でOK
- 高さが上がると構造計算ルート2。中・高層階建て、混構造は意匠設計難易度もUP

建物の安全性は構造設計者が検討しますが、構造計算ルートがかわると意匠設計の制約も増えるため、まずはどんなルートになるのか意匠設計者も構造計算ルートの把握が大事になります。

壁量計算ルート

意匠設計者


住宅と同じ壁量計算なら構造設計事務所に頼まずとも自分でもできるなー!

POINT

- ①構造: 木造である (S造、RC造の混構造ではない)
- ②面積: 500㎡以下である
- ③階数: 2階建て以下である
- ④階高: 軒高さ9m以下、最高高さ13m以下である

ココに注目!!



用途は関係ない (事務所でも特殊建築物でもこれを満たせば壁量計算でOK!!)



構造設計者

基準法上はOKだけど、壁量計算では見えてこない安全を確認するための計算も多くあるし、非住宅は実際構造計算すると住宅よりも厳しい結果になるので、非住宅の建物は構造設計者に相談してみたほうがよいですよ。

構造計算 (ルート1)

意匠設計者


混構造でもいいし、何階建てでもいいんだ!

POINT

- ①構造: 木造、木造とS造、木造とRC造の混構造でもOK
- ②面積: -
- ③階数: -
- ④階高: 軒高さ9m以下、最高高さ13m以下である

ココに注目!!



- 面積の制限はなくなるため、500㎡を超えて1,000㎡でも2,000㎡でも大丈夫。
- 階高の制限はなくなるが、実質3階建て以下
- 混構造ではS造、RC造もルート1設計が必要 (例えば、S造ルート1-1では、柱スパンは6mまで)



構造設計者

軒高9m以下、最高高さ13m以下の規定があるので、実質3階建て以下になりますね。混構造は、計算が難しいだけでなく建物の設計プランにも影響するため、計画の早い段階から構造設計者と相談したほうがよいですね。

構造計算 (ルート2)

意匠設計者


もっと自由度が増した!あ、でもルート2は“適判”に回るから申請時間や手間、難易度も格段にUPするんじゃないよ?

POINT

- ①構造: 木造、木造とS造、木造とRC造の混構造でもOK
- ②面積: -
- ③階数: -
- ④階高: 最高高さ31m以下 (※1)

ココに注目!!

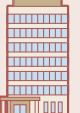

- 平面バランスを検討する偏心率 (0.15以下) に加え、上下階バランスを検討する、剛性率の検討が追加される
- 混構造では木造とRC造、S造の固さ (剛性) が異なるため、難易度がかなり高くなる。
- ルート2確認審査員による審査が行える場合、構造計算適合判定は不要にできる



構造設計者

建物がねじれないようにするため平面だけのバランス (偏心率) だけでなく上下階の剛性バランスを計画する必要がありますので4階建て、5階建てと階層が高いほど意匠設計にとっても構造設計にとっても難易度がグンと上がることになりますね。ただ、ルート2だからと言って必ず“適判”になるわけではないので、申請手続き上の心配は少し軽減できるかと思います。

構造計算 (ルート3)

意匠設計者


なんでもできちゃう!あ、でもこんな設計依頼来ても対応できるかな?

POINT

- ①構造: 木造、木造とS造、木造とRC造の混構造でもOK
- ②面積: -
- ③階数: -
- ④階高: 最高高さ31mを超え60m以下 (※1)

ココに注目!!

- 構造ルートとしては存在しているが、木造に関するルート3に相当する設計手法はまだ整備途中の段階。
- 免震構造や時刻歴応答解析、限界耐力計算などは、構造計算ルート1,2,3からも外れる特殊な計算手法となる。



構造設計者

(どこか大学の先生や大手構造設計事務所に相談しないと…)

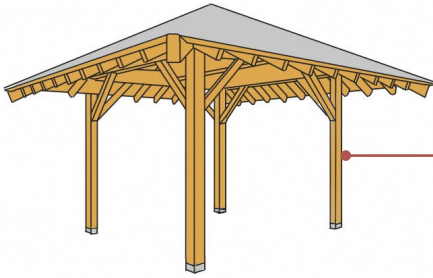
(※1: 高さ31m以下であっても構造の一定基準を満たさない場合には、構造計算ルート3になる場合があります)

5-06

法令第46条2項ルート (壁量計算除外ルート)

- 法令第 46 条 2 項ルートは、イレギュラーな建物用の計算ルート
- 法令第 46 条 2 項ルートは、建物全部の柱と梁を JAS 材を使って建てないといけない
- 法令第 46 条 2 項ルートは、設計の自由度と引き換えにコストが掛かる

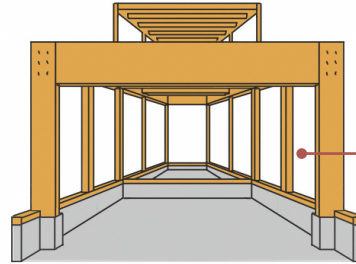
建物規模によらず、「法令第 46 条 2 項ルート」は耐力壁の無い建物に適用される構造ルートです。



温泉施設の東屋等には壁が無い

→実は、

耐力壁が無くても方づえフレームで耐震耐風の安全を確保



入口部分が全開口のガレージ等には壁が無い

→実は、

耐力壁が無くてもラーメンフレームで耐震耐風の安全を確保



意匠設計者

木造はS造やRC造と違って壁が必要だと思った。壁が無くてもいいなんて空間の自由度が広がるなー!!

なかなかそう簡単にはいかないんですよ。。。



構造設計者

法令第 46 条 2 項ルート (例) ラーメンフレーム

特注品が多い

フレームが耐震要素となるため、高強度で大断面の特殊な梁や柱が必要となります。またそれをガッチリと固めるための特殊な専用金物も必要になります。基礎にも負担が掛かるので基礎の設計にも影響してきます。

JAS 材が必須

フレームがそのまま耐震要素となるので、そのフレーム部材の品質が重要なポイントとなります。このため JAS という規定で品質担保を図っているのですが、気を付けなければならない最大のポイントは、フレームだけでなく、建物全部の柱、梁も JAS 材を使わないといけない、というルールになっているため、注意が必要です。

計算が難しい

フレームを解析ソフトでモデル化しながら検討。それを建物に組み込んで安全性を再度検討。手間と時間がかかります。

RC 造や S 造のようにはいかない

鉄骨やコンクリートと違い、木のフレームなのでどうしても強度に限界があります。このため、1 フレームの耐力には限界があるため、連続してフレームを並べる必要があり、フレーム数が増えるほどコスト UP につながります。



意匠設計者

コストをとるか、プランをとるか、悩ましい

門型フレームを自社開発している会社もあるので、得意な会社に頼むのも一つの方法かもしれませんね。



構造設計者

集成材等建築物と 2 項ルートの関係

元々、法令第 46 条 2 項ルートは、集成材等の大臣が定める材料を使った場合に適用できる構造ルートでしたが、告示改正により製材でも対応が可能となったため、今では集成材に限らず製材を使ったラーメンフレームも扱うことができるようになりました。ただし、製材を使用するためには、JAS による含水率や等級の規定があるため注意が必要となります。

混構造の難しさ

- 混構造には、平面混構造と立面混構造の2パターンがある
- 構造計算ルート2のRC造立面混構造は実質不可能
- S造ルート1-①の混構造は、鉄骨部分の柱スパン6m以下なので鉄骨の長所が活かしにくい
- 防火区画で見る木造とRC造の混構造は構造の混構造ではない場合が多い

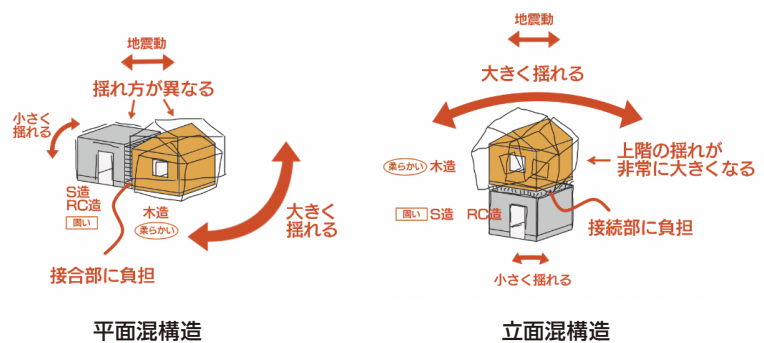
混構造は良いとこどり

大スパンを飛ばしたい、高層の建築物を建てたいなど、このような場合、全て木造だけで成立させるのには限界がありますので、RC造やS造と組み合わせる“混構造”とすることで実現可能となるケースもあります。ただし、異なる構造体を組み合わせることで、本来木造単体では問題にならなかったところが問題となる場合があり、構造設計だけでなく意匠設計の難易度も高くなるため、構造設計者と意匠設計者双方で基本計画段階から打ち合わせていく必要があります。

立面混構造と平面混構造

混構造には、平面混構造と立面混構造があります。平面混構造は、横方向への他構造との連結、立面混構造は、縦方向への他構造との連結です。

構造的な大きな特徴は、平面混構造は、地震の際に揺れ方が異なり、連結部分に負担がかかる。立面混構造は、上階の揺れが非常に大きくなるという特徴があります。そのため、前者では、偏心率(平面的な剛性のバランス)、後者では、剛性率(上下階での剛性のバランス)が重要になり、これらが守れるかが、建築の可否の判断となります。



RC造との立面混構造はルート1で

ルート2では剛性率(上下階での剛性のバランス)の検定が求められます。RC造と木造では構造体系だけでなく、建物の重量も、地震時の揺れ方も異なります。ルート2では、異なる構造体であっても例外なく上下階の建物の固さを揃えることが求められるため、軽くて柔らかい木造と重くて固いRC造とでは揺れ方を揃えることはかなりの難易度となるため、ルート1で納める必要があります。ルート1であっても混構造を加味して木造部分の耐震性能を上げなければならないルールはありますので、ルート2に比べると緩和された内容にはなりますが、混構造でない場合に比べ、木造の壁量が増えることは覚えておく必要があります。

また、3000m²を超えると耐火建築物にしなければならない、構造適合判定に掛かる、3階建て以上になると大臣認定を受けた耐火部材に限りがある、などの構造的な位置づけに加えて防耐火関連にも影響してくるため、通常は図の範囲で納めることが理想的です。

S造との混構造ではルート1-1だと鉄骨梁の長所を活かすことができないので要注意

- S造との混構造では、平成19年告示第593号第1項第三号が適用となり、次のいずれかを超えると構造設計ルートが2又は3となる。
- S造の柱スパン 6m
- 延べ面積 500m²
- 階数3階、高さ13m、軒高9m

S造との混構造の場合、ルート1-1設計の注意点としては、柱スパンは6m以下に抑えなければなりません。せっかく混構造で鉄骨の長所である大スパンを飛ばすことも制限されてしまうため、注意が必要です。

平面混構造に見えるが実際異なる防火区画

防火区画などでRC壁やRCの空間を間に挟む建築物をみることがあります。一見平面混構造と思われがちですが、実際には、構造的には平面混構造ではない場合が多いです。前述のように重くて固いRC造と軽くて柔らかい木造とでは、相性が悪く平面混構造にしにくいので、このような場合では木造とRC造はエキスパンションで区切り、それぞれ独立して建つ建物となっていることがほとんどです。

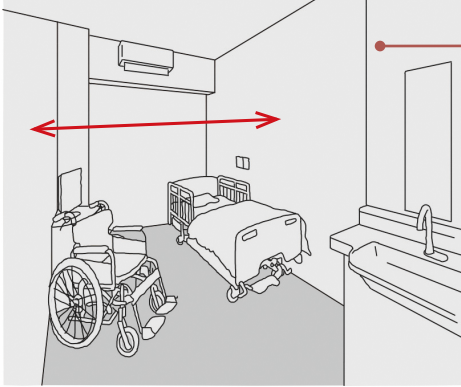
逆に言えば、平面混構造にするのは不可能であっても、エキスパンションで区切るという方法をとれば、木造とRC造(またはS造)との併用も容易になるということが出来ます。



建物モジュール 尺とメートルどっちを選ぶ？

- 中大規模ではメートルモジュールの方が廊下幅や開口幅を確保しやすい
- 木材の一般流通材は尺モジュールが基本
- 躯体だけでなく面材などにも影響してくる

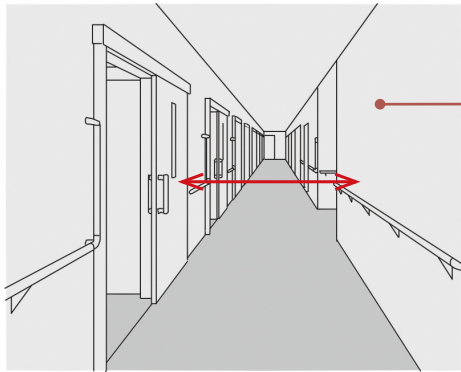
中大規模、施設系の設計ではメートルモジュールの方がプランニングしやすい



例えば老人ホームなどの場合

ベッドに収納、車いす置き場、手洗いなど考えると
少しでも部屋を広くしたい

尺モジュール→メートルモジュールに変更
居室面積
尺モジュールの 1.2 倍の広さに



例えば老人ホームなどの場合

引き戸をアウトセットにする、手すりを付ける、準耐
火建築物等で壁厚さが厚くなるなど、有効幅ギリギリ
になって狭くなる

尺モジュール→メートルモジュールに変更
廊下幅
尺モジュールの 1.1 倍の広さに

面材の尺版とメートル版では単価が違う

木造の規格寸法（モジュール）は、木造住宅の規格をメインに考えられているため、尺モジュールが一般的です。

これに合わせて合板などの“面材”も尺モジュールが流通品としては一般的で、メートルモジュール製品は尺モジュールに比べて割高になりやすく、取り扱い製品によっては納期にも注意が必要となります。

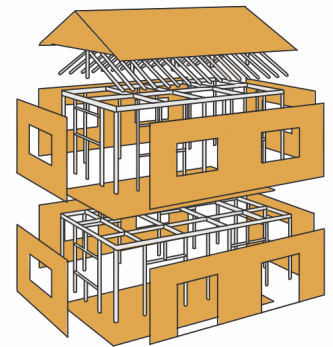
■合板の尺版&メートル版のコスト比較

ある延べ床面積 400㎡、二階建て施設の事例を元に使用した合板の量を調べてみました。

- 床合板 t24mm : 尺版 [910 × 1820 × t24] × 430 枚
- 屋根合板 t12mm : 尺版 [910 × 1820 × t12] × 230 枚
- 耐力壁 t9mm : 尺版 [910 × 1820 × t9] × 80 枚

単純計算で、150万円→200万円と約 1.3 倍のコスト差がでる可能性があります。
この他、プラスターボードや断熱パネル、サッシなども規格がそれぞれ尺とメートルで単価が異なるため、メートルモジュールでは割高になる傾向にあります。

モジュール設定は設計の初期に決定することが多いので、設計とコストを踏まえた選択がポイントとなります。



合板サイズ	尺版	メートル版
合板厚さ	910 × 1820	1000 × 2000
t9mm	¥1,100	¥1,650 (特注品)
t12mm	¥1,200	¥1,800
t24mm	¥2,600	¥3,400

参考価格 (2020年12月)

柱断面 105角と120角どっちを選ぶ？

- 105角と120角どちらも流通材のため、基本単価は変わらないが、材積は1.14倍増える
- 二階建てでは105角にすると構造的に要注意

柱材の105角と120角

梁の場合、梁せいは30mm刻みで調整ができますが、柱の場合は壁厚や納まりの都合上、「ここは105角、ここは120角」というように所々で容易に変更するのは難しいです。そのため計画当初の段階から105角にするのか120角にするのかを予め決めておく必要があります。

■ 105角のメリット

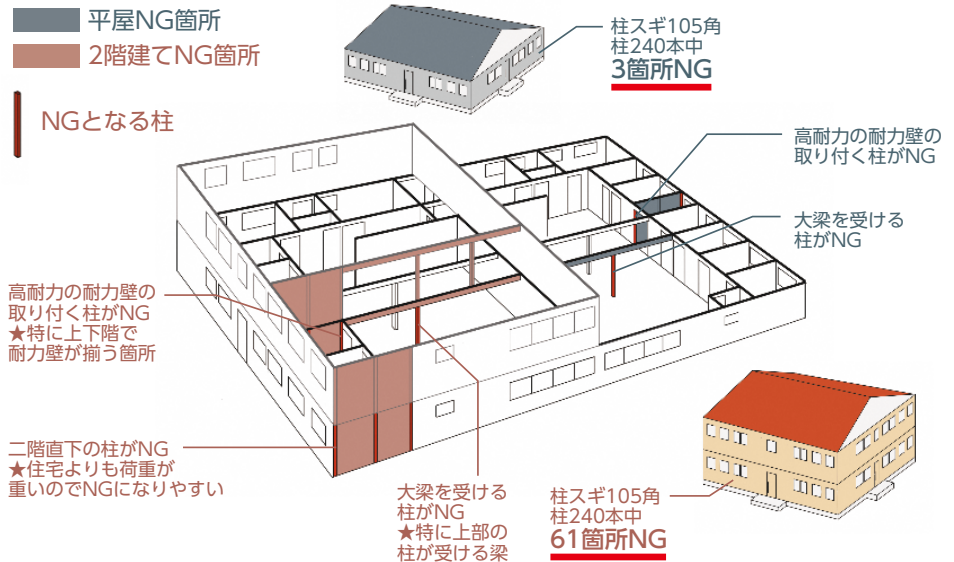
- 壁厚を薄く納めることができる
- 材積が減るので材料費が安くなる

■ 120角のメリット

- 断熱材が多く入る
- 筋かいや真壁納まりなどの場合、柱の見込みに余裕がある
- 柱の座屈、めり込みに対して有利になる

柱の座屈 比較検証

550㎡の平屋建てと二階建てのそれぞれ構造設計を行った際、スギ製材の柱の座屈でNGとなる箇所を調べてみました。



比べて分かった!ココがポイント!!

- 二階建ての場合、二階からの荷重が追加されるため、一階の柱の負担が大きくなりやすい。特に、非住宅建築物は住宅に比べて重量が重いため、より柱への負担が大きくなるので注意。
- 二階建ての場合、平屋に比べて必要な壁量が多くなるため、高倍率耐力壁が必要となり、柱への負担が大きくなりやすい。また、一階と二階で耐力壁が揃う箇所は、二階の耐力壁の分も一階の柱が負担するため負担が大きい。
- 105角柱の検定でNGとなった場合、部分的に120角にすることは壁厚が変わるため難しい。ヒノキ製材や集成材など、材料強度を上げる。105×180など扁平柱にして断面を上げる。

柱の価格 比較検証

105角柱と120角柱の米立単価は同じと仮定して長さ3m材のスギ柱材の米立単価を7,500円/㎡と仮定すると

【105角柱：2,480円/本 120角柱：3,240円/本】

と1本あたり+760円UPする計算となる。

先の例に挙げた平屋建てでは約550㎡で240本の柱を使用したため、単純計算で182,400円のコストアップになった。



スギ無等級材
75,000円/㎡
=105角柱2,480円/本



スギ無等級材
75,000円/㎡
=120角柱3,240円/本

階高いくつにする？

- 階高は柱材 3m で納まる高さにできると経済的
- 3m 柱材と 4m 柱材とではコストが 1.5 倍となる可能性も
- 中大規模建築は、高倍率耐力壁や荷重が大きくなるため柱負担が大きい

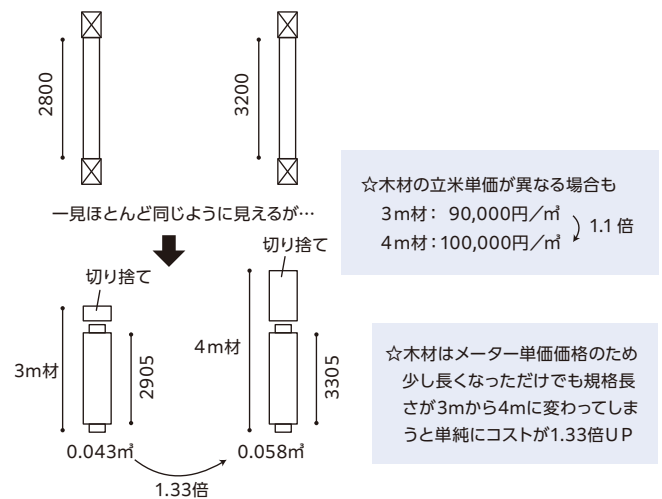
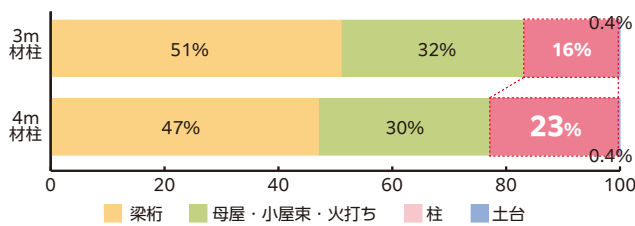
木造建物において、階高の設定は、計画初期で押さえておかなければならない重要な要素です。
階高の影響は柱の長さに影響するため、一般流通している柱材の基本は3mなので3mを基本に計画できるとよいです。

3m 材で納める理由1<コストが 1.5 倍になる可能性も>

図のように、一見ほとんど同じ階高に見える建物も、柱 1 本の価格を見てみると金額に差がでることがわかります。

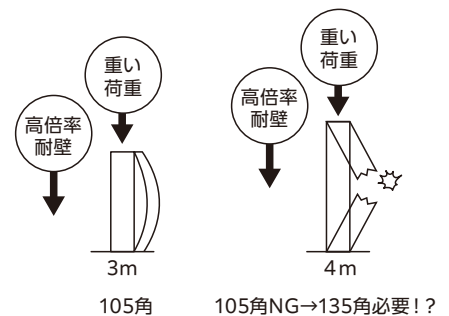
柱の価格×木材の材積 UP [1.33 倍] × 木材の米立単価 [1.1 倍 (仮定)] = 約 1.5 倍の増額の可能性も

実際に構造材費用の内訳をみてみますと、ある平屋建て 270㎡では、構造材費用の内、3m 材柱が占める費用の割合は約 16%でした。これを 4m 材にした場合、約 23%となり、6%のコストアップとなります。



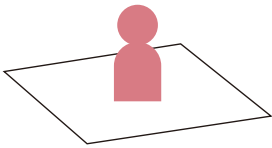
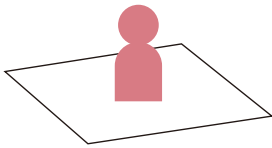
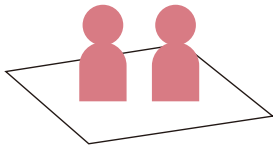
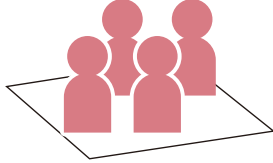
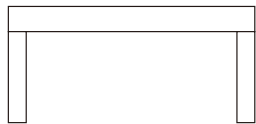
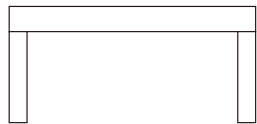

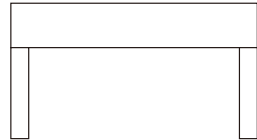
3m 材で納める理由2<構造計算で NG になる可能性も>

住宅設計では 105 角柱であっても階高 3m 以下であれば柱の計算で NG とするケースはあまり多くはありません。しかし、中大規模建築となると、建物の重量が住宅に比べて重くなる傾向にあり、また、必要な耐力壁の量も多くなり、高倍率の耐力壁が必要となる傾向もあります。建物重量や高倍率の耐力壁は、柱への負担が増すことになり、これに加えて階高が高くなるとより一層柱への負担が増すこととなります。階高の設定は構造に大きく影響する要素となり、柱の断面と併せて注意して設定する必要があります。



非住宅は重い

- 不特定多数の大人数用途になるほど建物も重くなる
- 重たい荷重は下階に移動すれば梁への負担は軽減
- 平屋にすれば人の重さは気にせず屋根の荷重だけ

住宅の居室	事務所、会議室	教室	集会場、学校の廊下等
			
約 60kg/m ² (600N/m ²)	約 80kg/m ² (800N/m ²)	約 110kg/m ² (1100N/m ²)	約 210kg/m ² (2100N/m ²)
			
スギ：105 × 210 EW：105 × 150	スギ：105 × 240 EW：105 × 180	スギ：105 × 270 EW：105 × 210	スギ：105 × 300 EW：105 × 240

[条件：梁スパン 3.64m、ピッチ @910、EW: 対象異等級構成集成材 E105-F300、スギ：機械等級 E70]

非住宅は重い

構造設計において、建物の重量は大きく分けて、屋根自身や床合板などの下地や梁などの部材の重量を合わせた建物自体の重さ（固定荷重）と人の利用条件による重さ（積載荷重）、雪が屋根に積もることによる雪の重量（積雪荷重）の3種類があります。

例えば遮音性能を上げるために二階床に ALC パネルを設けたり、防耐火被覆のために石膏ボードを二重張りしたりすると固定荷重が増えたり、一つの空間に多数の人が集まる集会場や教室の場合にはこれを考慮して積載荷重が重くなる、といった具合に非住宅建築物の場合、住宅よりも重量が重くなる傾向にあります。

建物の重量が重くなると、

- 基礎への負担が増す→鉄筋量、コンクリート量が増える
- 梁への負担が増す→梁断面が大きくなる
- 建物が揺れやすくなる→必要な耐力壁の量が増える

というように構造的には厳しい条件となり、これによる意匠性の制限やコストアップに繋がる場合があります。

積載荷重の大きい部屋は下階に配置

少しでも構造への負担を減らすためには、書庫や設備室等の重い部屋は下階に配置することが望ましいです。これにより、梁断面を抑えることができます。

例えば上階が居室の場合と書庫を設けた場合とでは、

居室：120 × 210 書庫：120 × 330

と梁断面が大きく異なり、梁材の一般流通材単価で比較するとおおよそ 2.0 倍～2.5 倍の単価となることから、単純な比較とした場合でも重たい部屋は下階層に配置することが低コストに繋がると言えます。

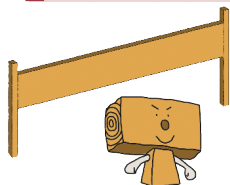
平屋が断然有利

このように、住宅に比べて非住宅建築物は建物の荷重が重いいため、二階建て、三階建てと階層が増えると柱や梁、基礎への負担が増加します。構造的には平屋の方が低コスト化しやすく、二階建て、三階建ての場合にはプランニングに注意が必要となります。

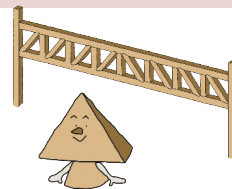
トラスは万能なのか？

- 大空間を飛ばすための手法の一つであるトラスだが、コストの観点からは問題点も多い
- トラス架構は大断面集成材に比べても、コスト高となりやすい
- 項目ごとに注目することにより、コストを抑えるポイントが見つかる

大断面一本梁 VS トラス



中大規模建築物の大空間を実現する上で、トラスは欠かせない架構方法の一つです。ここでは、大断面集成材とトラスを比較した際の違いから、トラスを採用する場合の注意点を紹介します。



大断面一本梁

大断面、長スパンはコスト高

大スパンを飛ばす場合、一般流通材では対応できず、大断面、長スパンの特殊材となるためコストアップ



材料費

特別な運搬は不要

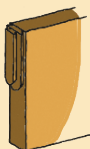
他部材と同じく運搬可能
※長スパン梁の場合には注意



運搬費

通常プレカット加工

通常のプレカット加工機に入るサイズであれば他の梁と同コストで加工ができる。(プレカット機械にもよるが、梁幅 150mm 以下、梁せい 450mm 以下程度)
※特殊加工機で加工する場合や手加工となる場合にはコストアップ



加工費

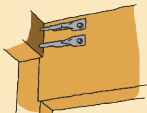
なし

一本部材のため、組み立て費用は掛からない。
なお、現場建て方の際、大断面、長スパンとなることで、クレーンが必要となる。住宅規模に比べるとクレーン費用が多く掛かる場合がある。

組立費

接合部の数が少ない

接合部の数が少ないため、金物は少なく済む。
在来金物、金物工法用金物ともに、市販品の種類が豊富なため、大断面であっても対応できることが多く、単価も安い。



金物費

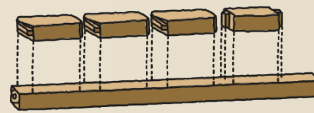
大断面集成材の梁であっても、通常の梁と計算方法は同じ。
梁の計算は、建物の構造計算費用に含まれているため、追加費用は掛からない。

計算費用

トラス

細い部材で加工できる

流通材を使えばコストダウン



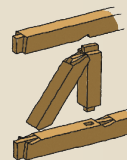
工場組み立てのトラスは運搬費が高い

工場組み立ての搬入の場合、運搬費はコストアップ



加工数が多い

パーツが多いため加工数も多くなる。また、柱・梁桁の工場ラインとは異なる加工が必要のため、建物本体のプレカット費用とは別で加工費用が掛かる
※プレカット対応できる加工形状にすることでコストを抑えることがポイント



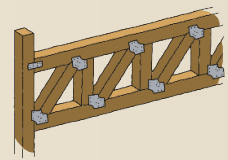
一般的な施工よりも高い

接合部の構造が複雑で、工場組み立て、若しくは現場組み立ての技術や組立人工が必要となる。



パーツの数だけ金物が必要

製作金物の場合、金物が高くなる。
※市販品や規格品を活用することでコストを抑えることがポイント



追加費用が掛かる

特殊な解析や詳細検討が必要となるため、建物の構造計算費用とは別途でトラスの構造計算費用が掛かる。納まり詳細図や制作金物の図面も作成する必要があるため、図面費用も追加が必要となる。



まとめ

中大規模木造において、大スパンを飛ばすトラスは無くてはならない手法の一つです。トラスを上手く活用するには、流通材を使用するとコストダウンになります。

しかし、加工・組み立てといった作業手間、金物費、また運搬費を考慮すると物件によっては割高になってしまうことがあります。トラスの場合、大断面一本梁の場合と比較しながら計画していくことをおすすめします。

燃えしろ設計でも断面をスッキリみせたい

- 燃えしろ寸法は足し算ではなく引き算で必要最小寸法が決まる
- 燃えしろ部材は JAS 材が必要。事前に入手できる製材所や納期に注意。
- 鉛直荷重を受けない部材は燃えしろ検討から除外されるので好きな寸法にできる

3 階建以下に適用できる木造準耐火構造の技術開発・普及が進んでいます。木造は熱伝導率が低く、燃えると表面に空洞を持った炭化層を形成します。炭化層は断熱性が高く、熱の侵入を抑制します。

この性質を生かし、木材の表面から一定深さの燃えしろを設けて残りの断面積で構造計算を行い、火災継続中にその構造が倒壊しないようにするのが燃えしろ設計です。

通常火災に基づく加熱時間	30 分間	45 分間	1 時間	75 分間
構造用集成材 構造用単板積層材	25mm	35mm	45mm	65mm (フェノール樹脂等接着剤使用) 85mm (非フェノール樹脂等接着剤使用)
構造用製材	30mm	45mm	60mm	—
その他の条件	—	—	—	残存断面の小径 200mm 以上
備考 (関連する告示)	昭 62 建告 第 1901 号 第 1902 号	平 12 建告 第 1358 号	令 1 国交告 第 195 号	令 1 国交告 第 193 号

燃えしろ寸法は足し算ではなく引き算

ここで誤解されがちなのが、燃えしろ=部材断面が大きくなる、というイメージです。

『通常時の必要断面+燃えしろ寸法』と、単純に燃えしろ寸法分断面を大きくしなければならぬように思われがちですが、実際には、『通常時の必要断面-燃えしろ寸法』の残り断面(残存断面)で火災が終了するまで建物が崩壊せずに自立し、延焼を防止できればよいことになります。

準耐火建築物の場合、消防活動が行われ火災が終了されるまでの間、建物が倒壊しないだけの性能を確保できればよいこととなります。

建築士の悩み



木の温かみや快適性をいかした老人ホーム高齢者施設は法 27 条による特殊建築物、準耐火建築物だ。主要構造部を燃えしろ設計で計画しよう。

1500m²の平家建ては 45 分準耐火構造、製材だと燃えしろは 45mm だから
巾 120 + 45 + 45 せい 180 + 45 + 45 ということは 巾 210 × せい 270 ??

大きな
小さく
できないかな?



◆燃えしろ設計の断面を小さくする解決方法

B	C	D-1	D-2
210 × 270 (120+45+45) × (180+45+45) A の断面に 45mm ずつ断面を足した断面 → (×) 過剰設計	150 × 330 (150-45-45) × (330-45-45) 残存 60 × 240 火災が起きなくても残存断面で成立する断面 → (×) 過剰設計	150 × 210 (150-45-45) × (210-45-45) 残存 60 × 120 火災時に残存断面で成立する断面 → (○) ただし、巾 150 以上は材料入手に要注意!	135 × 240 (135-45-45) × (240-45-45) 残存 45 × 150 火災時に残存断面で成立する断面 → (○)

思ったより
ゴツくならず
済んだな

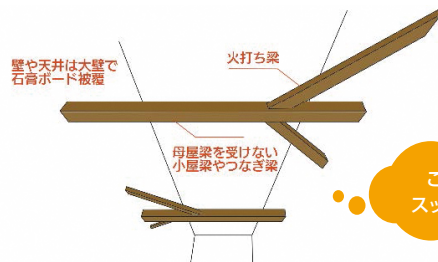
燃えしろ設計の部材は入手に注意

燃えしろ設計を行う上で最も注意が必要なのが「その材料が入手可能かどうか」です。

梁断面が大きくなることで規格材(一般流通材)から外れる可能性があります。特に梁幅には注意が必要です。

燃えしろ設計に使う材料は JAS 材としなければなりません。

現状 150mm 幅以上の製材の柱・梁を JAS 材として製造できる製材所は少ないので、設計時には事前に調査が必要となります。また、規格品から外れる特注品となることでコスト高、入手可能な期間にも影響が出てきますので、燃えしろ設計を行う際には十分に注意が必要となります。



これは
スッキリ!

鉛直荷重の掛かっていない、火打ち梁やつなぎ梁、非構造梁などは、化粧であっても燃えしろ設計にしなくても OK!

→ スッキリとした部材で現わしにすることができます。

