

「かんたん鉄骨造」計算理論

この文書は「かんたん鉄骨造」の計算理論について説明するものです。操作方法についてはヘルプファイルをご覧ください。

このプログラムの計算は各種法令と日本建築学会「鋼構造許容応力度設計規準」(2019) ならびに「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(2018)に基づいていますが、それらにある一般的な計算式については説明を省いています。ここでは、このプログラムに特有な考え方についてのみ記します。

1. プログラムの概要

建物の構造種別

純鉄骨造。最下階の梁は RC 造ですが、この部分は断面計算の対象にはなりません。

建物の規模

最大階数は地上 5 階建、最大スパン数は 10。

建物の階数に算入されない「中間床」(非剛床扱い)を 1 個所指定することができます。

計算ルート

1-1 / 1-2 / 2 のいずれか。計算ルートの自動設定あるいは判定を行うことができますが、1-1 / 1-2 の場合の延床面積に関する検証は行っていません。また、1-2 / 2 の場合の接合部や柱脚の破断に関する検証も行っていません。

取り扱う荷重

常時(固定荷重・積載荷重) / 積雪荷重(一般区域・多雪区域) / 地震荷重 / 風荷重。

断面形状・部材形状

梁は H 形鋼、柱は H 形鋼・角形鋼管・円形鋼管。トラス材(ブレース・方杖・タイバー)については溝形鋼や山形鋼の他、断面積を直接指定することも可能。

梁については、通常の水平梁の他、方杖付き水平梁・山形梁・タイバー付き山形梁が指定可能。

応力計算

変位法による平面骨組解析。

断面計算の対象

大梁・柱・トラス材(ブレース・方杖・タイバー)・地中梁。

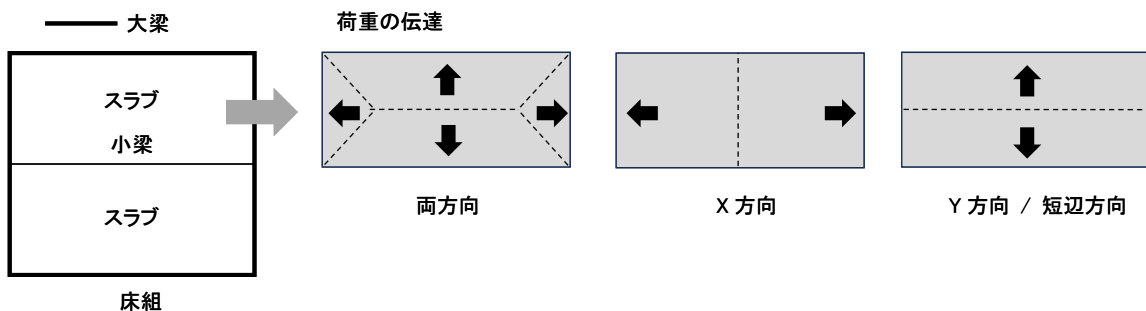
2. 鉛直荷重の計算

床の荷重

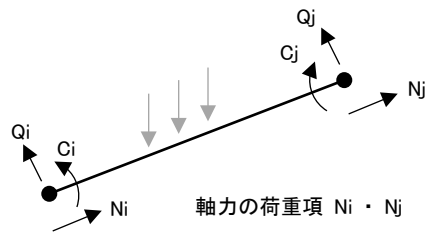
このプログラムでは、四周を大梁で囲まれた長方形の領域を「床組」、その床組内に配置された小梁によって区画された領域を「スラブ」と呼んでいます(下図左)。

スラブの荷重(固定荷重および大梁用の積載荷重)は、ユーザーの指定による荷重の伝達方向に応じて周辺の大梁または小梁に伝達されます(下図右)。小梁に伝達された荷重は大梁に伝達され、最終的には大梁の荷重項になります。

この時、小梁の自重は床組内の等分布荷重(= 小梁自重の総和 / 床組の面積)として処理されます。



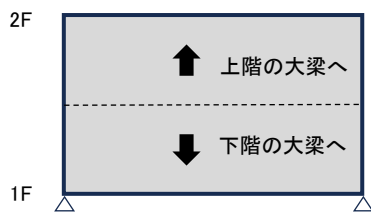
大梁に傾斜がある場合は、通常の荷重項(曲げ・せん断)の他、軸方向の荷重項も考慮します。



壁の荷重

壁の重量は、それを階高の 1/2 で上下に分割し、上半分は上階の梁、下半分は下階の梁に等分布荷重として作用させ、最終的に大梁の荷重項になります。

この時、壁の支持材とブレースの自重は壁内の等分布荷重(= 自重の総和 / 壁の面積)として処理されます。



節点重量

ある節点(XY 方向の軸の交点)に取り付く大梁の荷重項(せん断力)を集計したものが「節点重量」です。ここには、大梁を通じて伝達されない柱の自重も含まれます。

常時の節点重量 = 固定荷重 + 大梁用の積載荷重 (多雪区域の場合はその荷重の 70%を含む)

積雪時の節点重量 = 積雪荷重

地震時の節点重量 = 固定荷重 + 地震力用の積載荷重 (多雪区域の場合はその荷重の 35%を含む)

この値は、下部に柱が取り付け節点に対してのみ集計されます。下部に柱がない場合は、その位置に応じ、下部に柱がある節点に重量を配分します。

地震時の節点重量は応力計算時、常時の節点重量は偏心率の計算時に使用されます(後述)。

3. 水平荷重の計算

地震荷重

法令に定める設計地震力は建物の各階に生じる「層せん断力」を定めたもので、地震時の外力とは異なります。

そこで以下の式により、これを震度に変換した値(換算震度)を求めます。

(ある床位置の)換算震度 = (下階の層せん断力 - 上階の層せん断力) / その床位置の建物重量

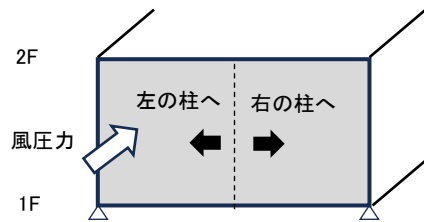
ここにある「建物重量」は、その階の地震時の節点重量の総和です。ここから、ある節点に作用する地震時の外力は以下のようにして得られます。

節点に作用する地震時外力 = その床位置の換算震度 × 地震時の節点重量

風荷重

建物に作用する風荷重は柱の荷重項として算入されます(耐風梁については後述)。

下図のように、風圧力を受ける壁面をスパンの 1/2 位置で分割し、風圧力を左右の柱の等分布荷重として作用させます。



風圧力を受ける大梁については、床荷重の場合と同様な小梁を介した荷重の伝達機構により荷重項を求めます。

4. 応力計算モデル

構造階高

応力計算は、基本的に、各方向の各通りを独立した平面骨組として扱いますが、骨組の高さ方向の位置は、入力された階高ではなく、大梁の中心位置とします。ここから「構造階高」が定まります。

各通り・各階の大梁の中心位置はその階の梁の標準梁せい(梁せいの平均値)の 1/2 になりますが、プログラムでは、これを以下の式で求めています。

$$\text{ある階の標準梁せい} = \Sigma(\text{その階の個々の梁の長さ} \times \text{梁せい}) / \text{その階の梁の総長さ}$$

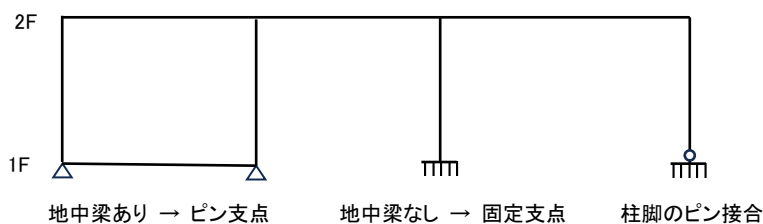
したがって、同一方向の通りであっても、通りによって構造階高が異なる場合があります。

なお、最下階の地中梁の標準梁せいは、プログラムの初期設定では考慮しない(床位置を構造階高芯とする)になっていますが、ユーザーの指定により、通常の梁と同様の扱いをすることが可能です。

支点の設定

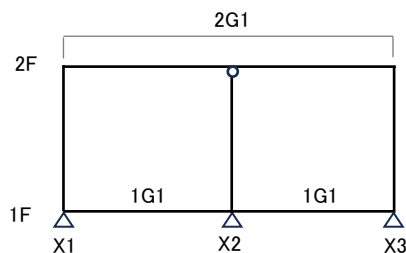
最下階の支点の設定も各通りごとに行われます。

下図の通り、その節点の左または右に地中梁がある場合はピン支点、それ以外の場合は固定支点になります。したがって、平面的には同一の節点であっても、X 方向の通りではピン支点・Y 方向の通りでは固定支点、というようなことは起こります。ただし下図右にあるように、固定支点に取り付く柱脚の接合部をピン(あるいは回転バネ)とすることは可能です。



部材のピン接合

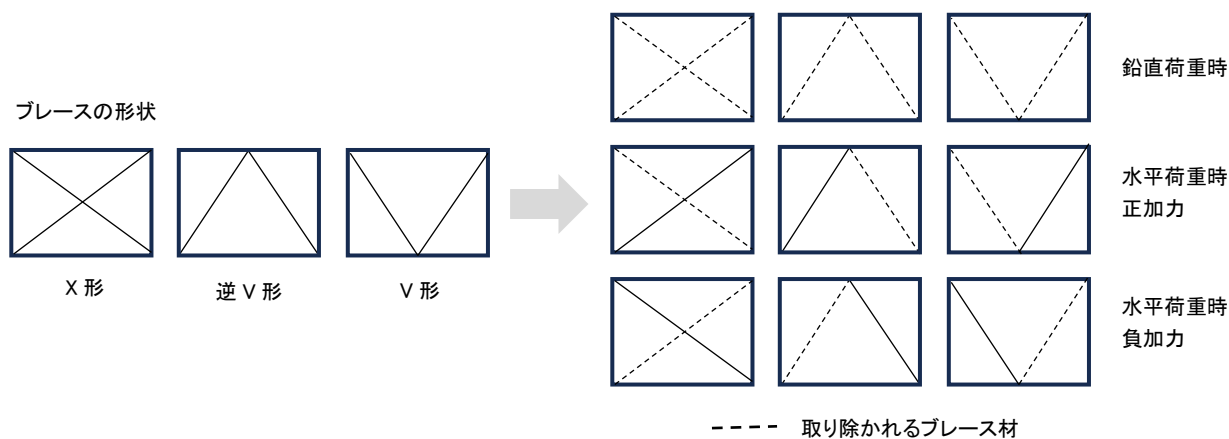
このプログラムでは「複数のスパンにまたがる大梁」を作ることができます(下図参照)が、この梁の上または下に柱が取り付け場合、その接合部は自動的にピンになります。



またプログラムの初期設定では、H 形鋼の柱の弱軸側に取り付く大梁の接合部も自動的にピン接合になりますが、これについてはユーザーの指定で変更できます。

ブレース材の取り扱い

プログラムの初期設定では「ブレース材に圧縮力を負担させない」となっています(ユーザー指定で変更可能)。
 この場合、下図に示すように、鉛直荷重時(常時・積雪時)にはブレース材を取り除きます。また、水平荷重(地震時・風圧時)の正加力時には右下がり、負加力時には右上がりのブレース材を取り除きます。



5. 応力計算の方法

荷重条件

以下にあるような計 10 個の荷重条件について、それぞれ独立に応力計算を行います。

常時

積雪時

X 方向地震時：正加力（軸組図上で左から右に荷重が作用する）

X 方向地震時：負加力（軸組図上で右から左に荷重が作用する）

Y 方向地震時：正加力

Y 方向地震時：負加力

X 方向風圧時：正加力

X 方向風圧時：負加力

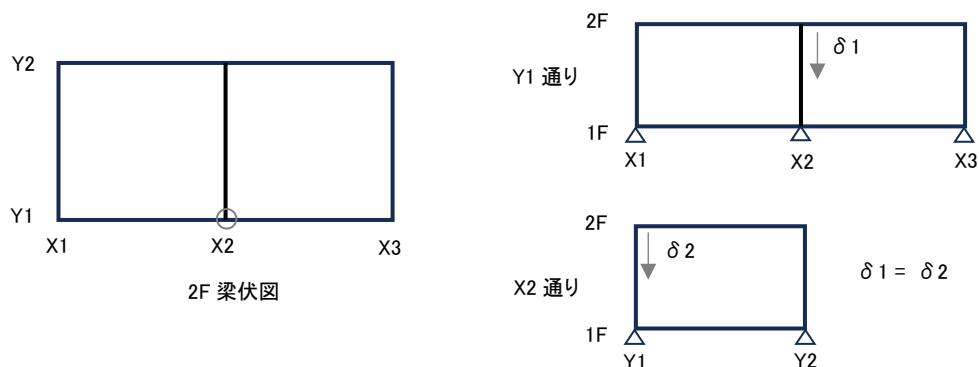
Y 方向風圧時：正加力

Y 方向風圧時：負加力

鉛直変位の等値

応力計算時に各方向・各通りはそれぞれ独立した平面骨組として扱われますが、X 軸と Y 軸の交点となる節点の鉛直方向の変位は X 方向の通り・Y 方向の通りで同じになるように等値します(下図参照)。

この操作はすべての荷重条件について適用されます。



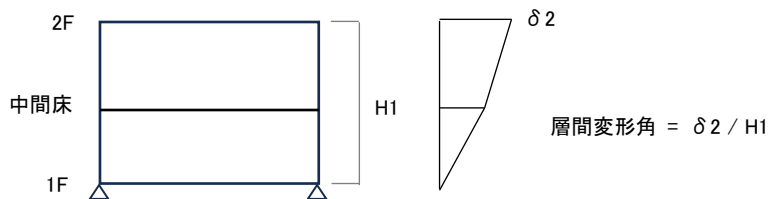
水平変位の等値

剛床仮定により、水平荷重時(地震時・風圧時)の加力方向の水平変位は、ある階に含まれるすべての節点において等値されま

す。ただし、中間床の節点については等値されません。

層間変形角・剛性率

層間変形角は剛床階の床の変位差から求めます(下図参照)。剛性率の検証から中間床は除外されます。

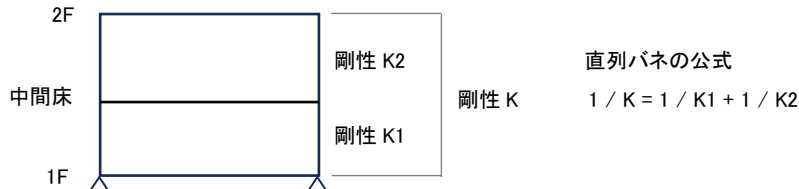


偏心率

偏心率の検証から中間床は除外されます。

各階の重心位置は節点重量の累計値から求めます。累計値とは、各節点ごとに、階の直上階から最上階までの常時の節点重量を足し合わせたもので、近似的にはその階の常時の柱軸力に等しくなります。

各階の剛心位置は柱の水平剛性(= 負担せん断力/上下の変位差)から求めますが、中間床を含む柱の場合は、下図にあるように、中間床の上下の柱の剛性から直列バネの公式を使って剛性を求めます。



6. 断面計算の方法

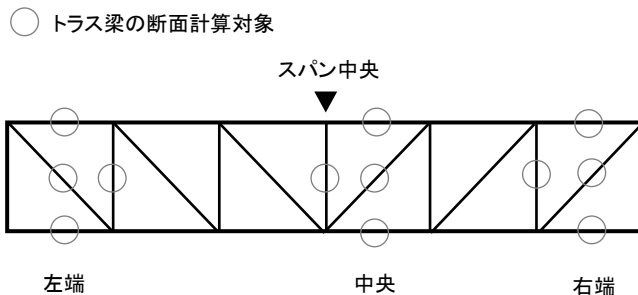
補剛間距離

大梁の許容応力度を求める際の補剛間距離は小梁の配置間隔から自動的に設定されます。

柱の許容応力度を求める際の補剛間距離は、その柱に隣接する壁に配置された水平方向の支持材の間隔から自動的に設定されます。

トラス梁の断面計算

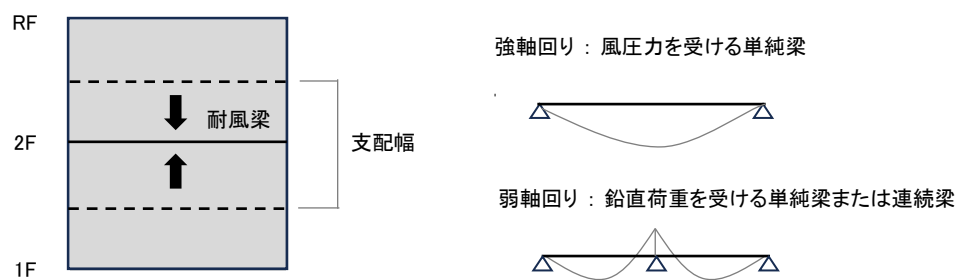
トラス梁の場合、それを構成するすべての部材について断面計算を行うわけではありません。下図にある○で囲んだ上下弦材と鉛直ラチス材・斜めラチス材が断面計算の対象になります。断面計算の詳細出力時にはそれぞれを「左端」「中央」「右端」と表示しています。



耐風梁の断面計算

耐風梁は、強軸回りに風圧力、弱軸回りに鉛直荷重(壁の重量・梁の自重等)を受けるものとして設計します。

次の図にあるように、耐風梁の上下の壁を階高の 1/2 で分割し、その間を梁の荷重の支配幅とします。強軸回りは支配幅分の風圧力を受ける単純梁です。弱軸回りは、壁の鉛直方向の支持材がある場合はそれを支点とした連続梁になります。



地中梁の断面計算

地中梁の断面計算は「常時」「地震時 1」「地震時 2」の荷重ケースについて行います。「積雪時」「風圧時」の検討は行いません。地震時の短期せん断力の検討は「大地震動に対する安全性の確保」の式で行いますが、この時の短期設計せん断力 QD は以下により求めます。

$$QD = QL + n \cdot QE \quad (QL: \text{常時のせん断力}, QE: \text{地震時のせん断力})$$

上式の割増し係数 n は、上部構造がルート 1 の場合は 1.5、ルート 2 の場合は 2.0 とします。