

4.1 屋根面架構の検討

ここでは、地震力によって架構間に生じる力（せん断力）が屋根面架構で伝達可能かどうかを検討する方法を示す。伝達可能であれば耐震性能は架構全体で評価してよいが、伝達可能でなければ各架構（構面、ゾーン）ごとに評価して、いずれの架構でも必要耐震性能を満足していることを確認する必要がある。屋根面架構は伝達すべき地震力に対して部材（ブレース）や接合部（溶接、ボルト、定着部）が十分な強度を有するかどうかを検討するのが主体であるが、剛性の検討が必要な場合もある。屋根面架構に生じる応力は以下の仮定にもとづいて算定する。

屋根面架構（ブレース）の応力は、架構全体が（必要）保有水平耐力に達するときに屋根面各要素に作用する水平力を以下の仮定により算出して、架構間で伝達されるべきせん断力として、構造解析により算出する。

- ア) 屋根面各要素に作用する水平地震力は負担する建物重量に共通の水平震度を乗じることにより算定しうるものとする。
- イ) 水平震度は原則として構造物全体の保有水平耐力（メカニズム）時に生じる値とするが、構造耐震判定指標（必要保有水平耐力）に対応する値として略算してもよい。
- ウ) 屋根面ブレースおよび架構全体の剛性を適切に考慮した構造解析により、下階の架構の応力負担およびブレースの応力を算定する。
以下に具体的な算出方法の例を示す。

4.1.1 屋根面架構の荷重伝達能力検討用節点外力の算出方法

- (1) 各要素に作用する水平力は以下の式による。

$$P_j = K_n \times w_j$$

P_j : 要素 j （または構面）に作用する水平力

K_n : 屋根面の水平震度

w_j : 要素 j （または構面）の建物重量（屋根面および下部構造の一部も含む）

以上の仮定は屋根面の剛性が十分でない場合、あるいは、構造物全体で振れが生じる場合など、水平変形（応答加速度）が構面ごとに異なる場合は成立しない。このような場合は本来さらに詳細な検討が必要であることに注意する。

- (2) 水平震度は以下の式による。

ア) 略算法

構造物が構造耐震判定指標に対応する水平力（必要保有水平耐力）に達したときに屋根面が降伏に至らないことを確認する方法である。水平震度 K_n は以下による。

$$K_n = I_{so} \times F_{esi} \times A_i / F_i$$

ただし、

$$K_n \geq 0.55 \times A_i \times F_{esi} \text{ とする}$$

ここで、

I_{so} : 構造耐震判定指標

F_{esi} : 最上層（屋根面直下層）の剛性率および偏心率による必要保有水平耐力の割増し係数。

ただし、通常の屋内運動場では $F_{esi}=1.0$ としてよい。

F_i : 最上層（屋根面直下層）の靱性指標

A_i : 最上層（屋根面直下層）の層せん断力係数の分布をあらわす係数

以上の式では必要保有水平耐力に対応する層せん断力係数を $(I_{so}/F_i) \times F_{csi} \times A_i$ で算定している。最小値の 0.55 は概ね、 $I_{so}=0.7$ 、 $F_i=1.3$ に対応している。多層にモデル化すると最上層で F_s が 1.0 以上になる場合があるが、このような場合でも高さ方向の地震力の分布を A_i によって精算している場合は $F_s=1.0$ としてよい。また、 F_e についても通常の構造形式の場合は $F_e=1.0$ と仮定してもよい。

イ) 精算法

構造物の保有水平耐力に達したときに屋根面が降伏に至らないことを確認する方法であり、水平震度 K_n は以下による。

$$K_n = P_{ui} / W_i$$

ここで、 P_{ui} : 保有水平耐力時に i 層（最上層）に作用する水平力の合計
 W_i : i 層（最上層）の建物重量

保有水平耐力時の水平力は屋根面直下層の負担せん断力の和になる。すなわち、

$$P_{ui} = \sum Q_{uij}$$

Q_{uij} : i 層（最上層）の j 要素（構面）の保有水平耐力時の負担せん断力

保有水平耐力が直下層以外のメカニズムできまっている場合は構造物全体の解析により構造物全体の保有水平耐力から最上層の水平力を算定してもよい。

この方法は、屋根面架構（ブレース）は構造物全体がメカニズムに至るまでに降伏しないようにするものであるが、実際の保有水平耐力が必要保有水平耐力をかなり上回る場合に、このようなブレース耐力を要求するのは過大になる。そこで、このような場合はア) 略算法のように必要保有水平耐力に対応するブレースの強度が確保されていればよいものとしている。しかし、これは全体架構がメカニズムに至るよりもブレースの降伏が先行する可能性があるということであり、構造耐震判定指標（必要保有水平耐力）を超える構造物の挙動は、ブレース（接合部）に一定レベルの靱性が期待できる場合に適用する。

4.1.2 屋根面架構の荷重伝達能力の検討に対する解析方法

屋根面架構の伝達能力を検討する解析方法として、

- (1) 弾性解析による方法
- (2) 保有水平耐力の算定結果に基づく方法
- (3) 弾塑性増分解析による方法

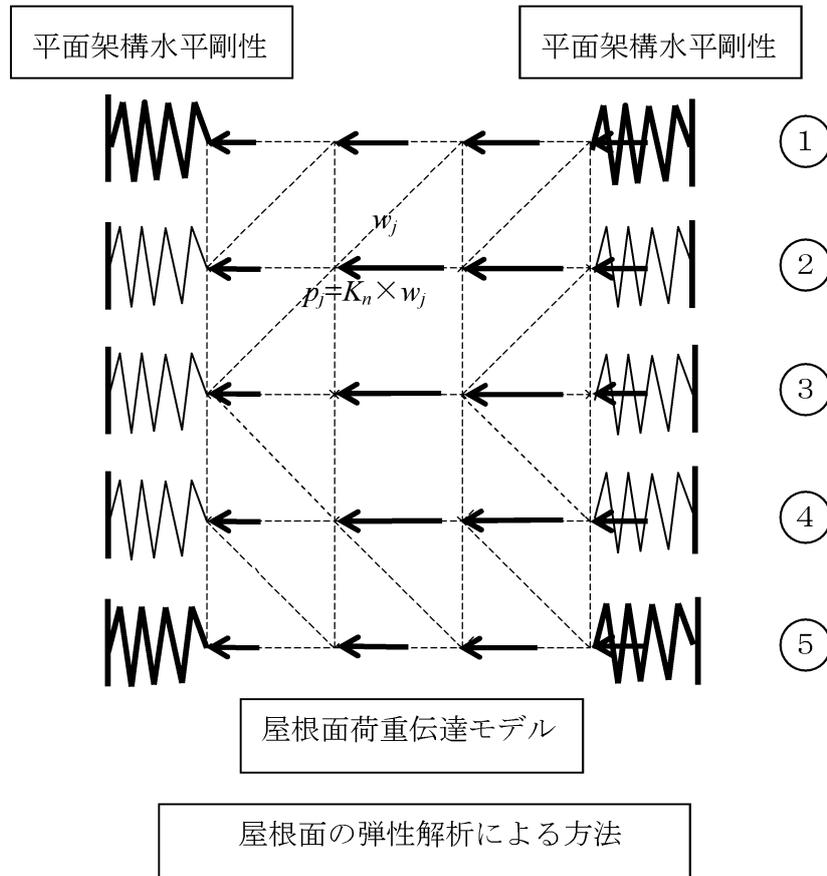
などがある。構造物の性状、各方法の仮定と精度を考慮して、適切な方法を選択する。

構造解析では、下層の架構は適宜省略してバネなどにモデル化し、弾性解析または弾塑性解析により屋根面各要素の応力を算定する。他に水平力が伝達可能な部材（中間層のスラブ等）があればその部材による水平力伝達も考慮してよい。

(1) 弾性解析による方法

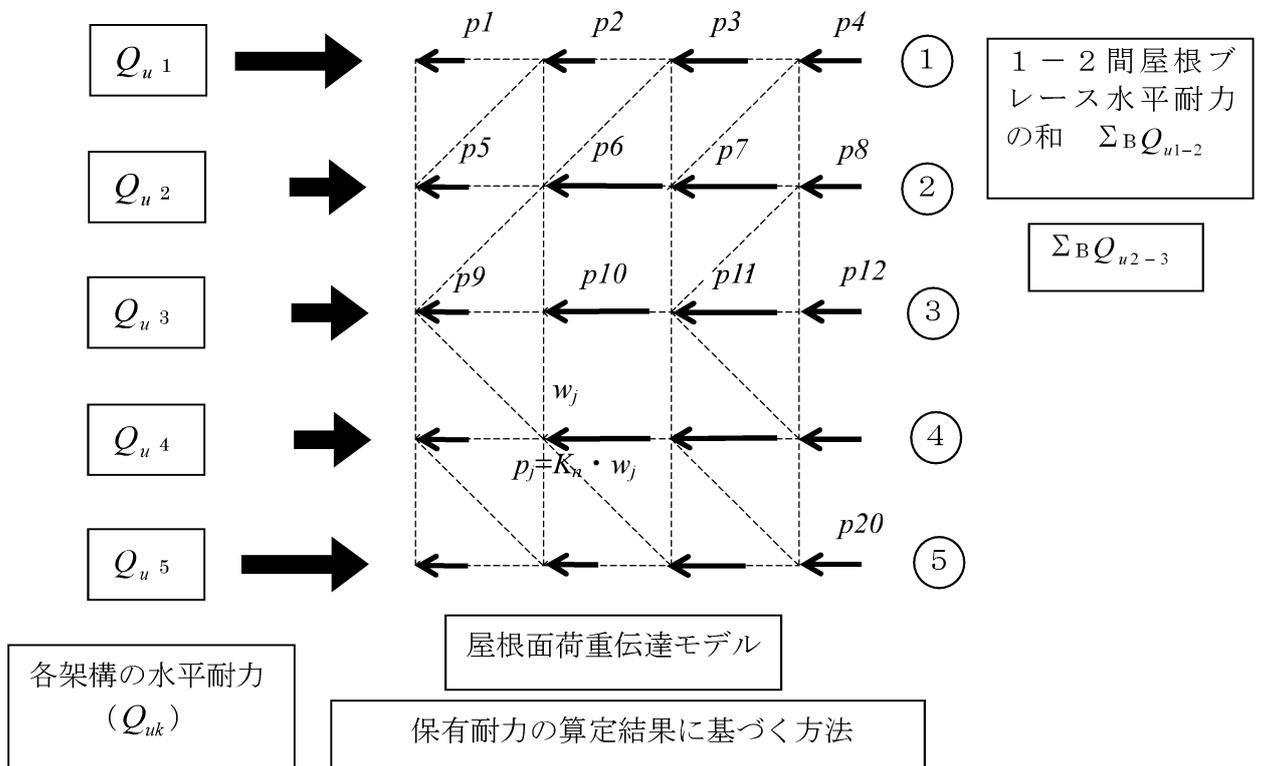
架構を立体的にモデル化しないで簡単に構造解析を行う場合は、下図のように、簡便に各架構の軒位置での水平剛性を算定し、屋根面全体がその水平剛性により支持される（水平バネ支持）ようにモデル化すればよい。このとき、圧縮となるブレースは考慮しない。

この方法では通常各節点位置に作用する水平力はア) 略算法による場合が多いが、イ) 精算法でもよい。とくに後者の場合は水平バネの反力が、その架構が終局時に負担しうるせん断力を上回っていないことを確認する必要がある。上回る場合はバネ定数を適宜低減して再計算する必要がある。



(2) 保有水平耐力の算定結果に基づく方法

各構面 k の剛性が相対的に極端に小さい場合を除いて、構面 k の屋根面に作用する水平力 Σp_j と保有水平耐力時の負担せん断力 Q_{uk} の差が構面 k から隣接架構に伝達されるものとして、屋根面ブレース応力の合計 $\Sigma_B N$ を算定し、これが屋根面ブレースの耐力の和 $\Sigma_B Nu$ 以下であることを確認すればよい。



上図で、2-3通り間のブレースに作用する軸力の合計 $\Sigma_B N(2-3)$ は、3通りの中央フレームに作用する地震力の合計 $(p9 + p10 + p11 + p12)$ から架構の負担せん断力 Q_{u3} を除いて、両側に1/2ずつ伝達されるものと仮定すると、以下のように算定される。

$$\Sigma_B N(2-3) = ((p9 + p10 + p11 + p12) - Q_{u3}) / (2 \cos \theta)$$

1-2通り間のブレースに作用する軸力の合計 $\Sigma_B N(1-2)$ は、2-3間でブレースにより伝達される軸力の合計 $\Sigma_B N(2-3)$ に、2通りのフレームに作用する地震力の合計 $(p5 + p6 + p7 + p8)$ から架構の負担せん断力 Q_{u2} を除いたものを、さらに加えたせん断力が伝達される必要があり、以下のように算定される。

$$\Sigma_B N(1-2) = \Sigma_B N(2-3) + ((p5 + p6 + p7 + p8) - Q_{u2}) / \cos \theta$$

以上のように架構の負担応力を算定する場合は通常保有水平耐力時の負担せん断力を仮定してよいが、このような評価法によると中間の架構が靱性のある架構で剛性が低い場合は負担せん断力を過大に評価する場合もある。このような場合は架構全体の弾塑性解析を行えば詳細な評価も可能であるが、剛性を考慮して工学的な判断で適宜低減すればよい。相対的にかなり剛性が低い場合は、単純にこの架構の負担せん断力を期待しないで算出すれば最も安全側の仮定になる($Q_{u2}=0, Q_{u3}=0$)。

以上の方法による場合、通りごとにブレース耐力の合計 $\Sigma_B Nu(2-3)$ 、 $\Sigma_B Nu(1-2)$ が上記のブレース応力の合計以上であれば、すなわち、

$$\begin{aligned} \Sigma_B Nu(2-3) &\geq \Sigma_B N(2-3) \\ \Sigma_B Nu(1-2) &\geq \Sigma_B N(1-2) \end{aligned}$$

であれば、屋根面は応力伝達可能であると判断してよい。

(3) 弾塑性増分解析による方法

各要素に作用する水平力の分布を同様に仮定して、部材応力を直接算定する。下部架構は弾塑性バネ等をもつ線材等に置換し、屋根面は弾性または弾塑性部材に置換する。構造物全体が(必要)保有水平耐力(メカニズム)に達したときの応力として屋根面ブレースの設計用応力は直接算定される。