

## 各構造計算ルートについての検討(案)

(ルート 1、ルート 2、ルート 3、限界耐力計算について)

## 1. はじめに

一般に、構造計算は、適用範囲を広く取るほど、多角的な検証が必要となり精緻な検討が求められるとともに、解析方法が高度化し、工学的判断の入る余地も増え、その難易度も高くなると考えられる。

表 1 及び表 2 は、鉄筋コンクリート造 (RC 造) 及び鉄骨造 (S 造) についてのルート 1～3 の構造計算及び限界耐力計算で行われる計算内容の概要を示している。図の左欄に各種構造計算を挙げているが、最上段のルート 1 が、適用範囲となる建築物の規模、構造要件の範囲が最も狭く、下に行くほどこの範囲が広がり、限界耐力計算において最大となる。また、適用範囲が広がるほど、弾性解析に加え、(弾)塑性解析が求められるようになる等、構造計算の内容も精緻化、高度化している。

以下においては、構造計算の難易度を技術的に検討するに当たり、表 1 及び表 2 において、仮に、その難易度を区分する境界としてイ)～ハ) の 3 つを設定し、それぞれの境界を超えると、どのように難易度が高くなるかを整理する。

## 2. 範囲毎の検討

## (a) 境界イ) 以内の範囲(\* 現行の適合性判定の対象外)

境界イ) 以内は、建築物規模が一定以下に制限されているとともに、許容応力度計算に付加的計算や付加的条件が課されている。構造計算は弾性解析の範囲内であり、構造計算の方法は、許容応力度計算で終了するため容易であると考えられる。また、以下のように課されている条件からみて、安全性確認も比較的容易と考えられる。

(イ) 建築物高さ、床面積が制限されているため、不整形性により、平面上又は立面上での変形の偏りが生じても建築物の安全限界に大きく影響するまでには至らないと見なされる。

(ロ) 付加的計算や付加的条件が課されることにより、荷重、外力の見積り、壁の剛性評価等のばらつきが計算結果に与える影響は一定の範囲内に収まると見なされる。

## (b) 境界イ) ～ロ) の範囲

許容応力度計算のほか、中地震に対する層間変形角、偏心率及び剛性率、並びに、その他の付加的計算又は付加的条件が課される。

構造計算の方法は、(a)の場合と同様に弾性解析の範囲内にあるため、境界ロ)を超えるものと比較すると相対的に容易であると考えられる。一方、(a)の場合よりも、層間変形角、偏心率及び剛性率の計算が求められる分、構造計算の難易度は高くなると考えられる。

特に、これら層間変形角等の評価にあたっては、以下のような場合に、構造計算の難易度がより高くなると考えられる。

(1) 構造計画が特殊な場合：大きな吹き抜けがある場合や多剛床(ツインタワー等)の場合の剛性率・偏心率算定

(2) 部材配置が特殊な場合：段差梁が在る場合、スキップフロアーが在る場合等、変形が複雑になる場合の層間変形角の算定

また、規模の拡大等により、荷重の見積もりや計算の精度が結果に影響し易くなるため、以下のような場合には、境界イ) までの場合に対し、構造計算の難易度がより高くなると考えられる。

(3) 荷重の設定が特殊な場合：片土圧の設定等

(4) 部材形状が特殊な場合：RC 造の袖壁、腰壁、垂れ壁及び複数開口を有する壁、円形、矩形以外の断面形状が特殊な柱、はりの部材剛性評価等

(5) 部材配置が特殊な場合：段差梁が在る場合の応力解析用のモデル化、梁が偏心接合される場合の柱に生じるねじり応力の処理、これら段差梁等の取りつく接合パネルの断面検定等

(6) 構造計画が特殊な場合：大きな吹き抜けがある場合等の層せん断力係数分布評価と応力解析用のモデル化 (剛床か非剛床か)等

## (c) 境界ロ) ～ハ) の範囲

境界ロ) までの弾性解析に加え、崩壊形の判定、必要保有水平耐力の算出(RC 造の場合)及び保有水平耐力算出のための(弾)塑性解析が課されるため、境界ロ)を超えると、以下のような点において、構造計算の方法の難易度がさらに高くなる。

(1)  $M_x$ - $M_y$ - $N$  インタラクション、 $P$ - $\Delta$  効果等、部材、層の弾塑性挙動を支配する各種解析条件設定

(2) 各層の必要保有水平耐力評価時での外力分布( $Q_{un}$  分布の適用等)設定  
[RC 造の場合]

(3) 鉛直荷重の負担は考慮するが、大地震による水平荷重の負担は考慮しない

部材を配置する等、複雑な構造計画を行う場合の解析仮定の設定

また、扱える建築物の規模がより大きくなるのと、構造計算が精緻化、高度化するため、(b)に掲げた(1)～(6)について、さらに構造計算の難易度が高くなると考えられる。

#### (d) 境界ハ) を超える範囲

耐力ベースの保有水平耐力計算(ルート 3)に対し、変位ベースの構造計算となる。等価線形化法の概念を適用し、非線形領域まで構造物の変形を陽に評価する。

境界ハ) を超えると、以下のような点において構造計算の難易度がさらに高くなると考えられる。

(1) 安全限界変形角の評価

(2) 地表面上での  $Sa$ - $Sd$  スペクトル設定時における地盤増幅特性評価

### 3. 整理 (案)

以上を踏まえると、特定行政庁ヒアリングが示しているように、

①ルート 3 (RC造のルート 2-3を含む) 及び限界耐力計算について、特定行政庁が「審査が難しい」としていることは、構造計算の方法自体の難易度が高いことによるものと考えられ、妥当なものと考えられるのではないかと。

なお、構造計画によって例外的に容易なものも存在するとは考えられるが、構造計算の方法自体の難易度からみて慎重に検討すべきであり、これらについては今後の実情も踏まえた上で、機会を改めて検討する課題とすべきではないかと。

②ルート 2 (RC造のルート 2-3を除く) について、特定行政庁が工学的判断を要するもの(不整形のもの) について「審査が難しい」としていることから、さらに構造計画との関係で、難易度の高い場合を整理することが必要ではないかと。

③なお、ルート 1 については、前述のように、計算方法自体は容易と考えられるが、不整形部材等の取り扱い等については、さらに技術資料を充実する等で対応できるのではないかと。

表1 鉄筋コンクリート造(RC造)の構造計算概要

		計算内容					
適用条件		境界イ)			境界ロ)		境界ハ)
		弾性解析			(弾)塑性解析		
		許容応力度計算	層間変形角(大地震時)	剛性率・偏心率	保有水平耐力計算	層間変形角(大地震時)	
ルート1	高さ ≤ 20m、塔状比 ≤ 4 $\Sigma 2.5 \alpha Aw + \Sigma 0.7 \alpha Ac \geq ZW Ai$ 部材のせん断設計、構造規定	応力度 ≥ 許容応力度					
ルート2-1	高さ ≤ 31m、塔状比 ≤ 4 $\Sigma 2.5 \alpha Aw + \Sigma 0.7 \alpha Ac \geq 0.75 ZW Ai$ 部材のせん断設計、構造規定	応力度 ≥ 許容応力度	原則 1/200 以下	剛性率 ≥ 0.6 偏心率 ≤ 0.15			
ルート2-2	高さ ≤ 31m、塔状比 ≤ 4 $\Sigma 1.8 \alpha Aw + \Sigma 1.8 \alpha Ac \geq ZW Ai$ 部材のせん断設計、構造規定	応力度 ≥ 許容応力度	原則 1/200 以下	剛性率 ≥ 0.6 偏心率 ≤ 0.15			
ルート2-3	高さ ≤ 31m、塔状比 ≤ 4 全体崩壊形の確保 部材のせん断設計、構造規定	応力度 ≥ 許容応力度	原則 1/200 以下	剛性率 ≥ 0.6 偏心率 ≤ 0.15	※全体崩壊形の確認のみ		
ルート3	高さ ≤ 60m 構造規定	応力度 ≥ 許容応力度	原則 1/200 以下	Fs, Fe の評価			
限界耐力計算	高さ ≤ 60m	損傷限界耐力 Qd の評価	損傷限界変形 Δd の評価	各層変形分布の評価	安全限界耐力 Qs の評価	安全限界変形 Δs の評価	

※表において、境界は、計算内容と適用条件の組合せで決められている。

表2 鉄骨造(S造)の構造計算概要

		境界イ)		境界ロ)		境界ハ)	
		計算内容					
適用条件		許容応力度計算	弾性解析		(弾)塑性解析		
			層間変形角(大地震時)	剛性率・偏心率	保有水平耐力計算	層間変形角(大地震時)	
ルート 1-1	高さ $\leq 13\text{m}$ 、軒の高さ $\leq 9\text{m}$ 、階数 $\leq 3$ 、スパン $\leq 6\text{m}$ 、延べ面積 $\leq 500\text{m}^2$ 、塔状比 $\leq 4$ 許容応力度計算用 $C_0 \geq 0.3$ 筋かい端部・接合部の破断防止、冷間成形角形鋼管柱の応力割増し、構造規定	応力度 $\geq$ 許容応力度					
ルート 1-2	高さ $\leq 13\text{m}$ 、軒の高さ $\leq 9\text{m}$ 、階数 $\leq 2$ 、スパン $\leq 12\text{m}$ 、延べ面積 $\leq 500\text{m}^2$ 、塔状比 $\leq 4$ 許容応力度計算用 $C_0 \geq 0.3$ 筋かい端部・接合部の破断防止、局部座屈等の防止、冷間成形角形鋼管柱の応力割増し、構造規定	応力度 $\geq$ 許容応力度		(境界イ)) 偏心率 $\leq 0.15$			
ルート 2	高さ $\leq 31\text{m}$ 塔状比 $\leq 4$ 筋かいの $\beta$ による応力割増し、筋かい端部・接合部の破断防止、局部座屈等の防止、冷間成形角形鋼管柱の応力割増し、構造規定	応力度 $\geq$ 許容応力度	原則 1/200 以下	剛性率 $\geq 0.6$ 偏心率 $\leq 0.15$			
ルート 3	高さ $\leq 60\text{m}$ 構造規定	応力度 $\geq$ 許容応力度	原則 1/200 以下	Fs, Fe の評価			
限界耐力計算	高さ $\leq 60\text{m}$	損傷限界耐力 $Q_d$ の評価	損傷限界変形 $\Delta d$ の評価	各層変形分布の評価	安全限界耐力 $Q_s$ の評価	安全限界変形 $\Delta s$ の評価	

※表において、境界は、計算内容と適用条件の組合せで決められている。