

改正建築基準法の構造体の部材寸法への影響

北海道開発局営繕部 営繕整備課

○谷口 和久
森 喜人
上松 謙太

平成19年の建築基準法改正により、構造設計に関する様々な規定が施行された。この結果構造計算に関して、これまで以上に余裕・安全率の確保が求められるようになっている。これにより部材寸法が増加し、コストアップする傾向が見受けられる。

本報告では、法改正によりどのような割増しが必要になったかを洗い出し、法改正以前に設計された庁舎と比較し、部材寸法への影響を調べた。これにより、今後の構造設計における注意点、コスト計画に寄与する項目を検討した。

キーワード：構造設計、コスト、耐力壁

1. はじめに

耐震偽装事件を契機に、平成19年6月20日に改正建築基準法が施行され、国の工事における計画通知でも、構造に関する審査と、構造計算の方法（以下、設計ルート）等により構造計算適合性判定（以下適合性判定）を受けることとなった。さらに、構造設計の厳格化が求められ、様々な規定が改正された。これにより、法改正以後の構造体は、部材寸法が大きくなる傾向が見られるようになった。

本報告は、法改正以前に建築されたRC庁舎をモデルとして法改正に適合した構造設計との比較により、法改正による応力の割増しや仕様規定の改正等が、構造計算に与える影響を検討し、構造躯体がどのように変化するかを検証することで、今後の構造設計に役立てていこうとするものである。

2. 検証方法

検証は、二つの側面から行った。

- 改正建築基準法で改正された項目を洗い出し、改正がどのように構造計算、構造設計に影響を及ぼしているか、検証する。
- 改正建築基準法施行以前に設計・施工された庁舎について、法改正に対応した構造計算プログラムを使用し、応力の再計算を行う。再計算後、法改正が構造部材にどのような影響を与えるか、確認した。

3. 改正項目の検証

改正建築基準法における、構造計算に関わる改正項目について、法令・条文の調査を行った。これまで参考資料扱いだった検討項目が政令に定められ、検討項目や検討内容がこれまで以上に複雑化・高度化している。

(1) 耐力壁を有する剛節架構に作用する応力の割増し（告示第594号）

設計ルートは、ルート1からルート3まで、大きく3つの計算ルートに分けられる。図-1に示す様に、設計ルートにより審査が異なる。ルート1で大臣認定プログラムを使用しなかった庁舎は、計画通知と構造計算書の提出を行う。ルート1で大臣認定プログラムを使用したもの、またはルート2・3で設計された庁舎は、適合性判定も受ける必要がある。ルート1の建物は強度型的设计であり、多くの耐力壁及び柱により十分な耐力を持つ設計を行い、大きな靱性は必要としない。その他、耐力が大きく、かつやや靱性のあるルート2-1、耐力が大きく、かつ靱性のあるルート2-2、各部材の靱性に期待す

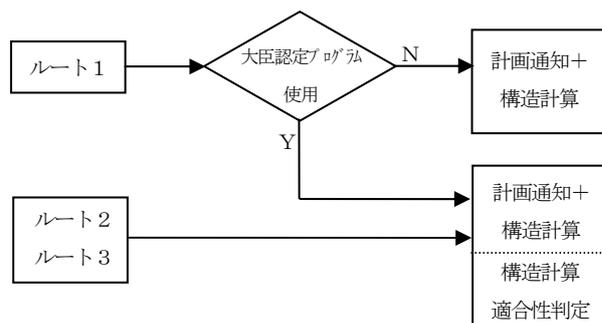


図-1 設計ルートによる審査の違い（概要）

るルート 2-3、構造特性係数 D_s を設定し、それに応じた耐力及び靱性を確保するルート 3 がある。

法改正により、耐力壁の水平力負担率に応じて、剛接架構部分の応力を割り増し告示が示された。これにより、耐力壁に耐力を期待する設計ルートを採用した場合、より大きな割増しが必要となる。

応力の割増しについては告示第 594 号において、『地震力作用時にある階の耐力壁が負担するせん断力の和がその階の層せん断力の 1/2 を超える場合には、その階の剛接架構部分の応力を割り増す』と定められている。割増しは、25% ($C_0=0.05$ 相当) 以上である。この改正は、壁に損傷が生じた場合でも、柱・梁に強度を持たせるとともに、靱性が確保できる設計を行うためである。そのため、今まで耐力壁に耐力を期待していたルート 1 の建物の多くは、柱・梁に応力の割増しを受けることとなった。

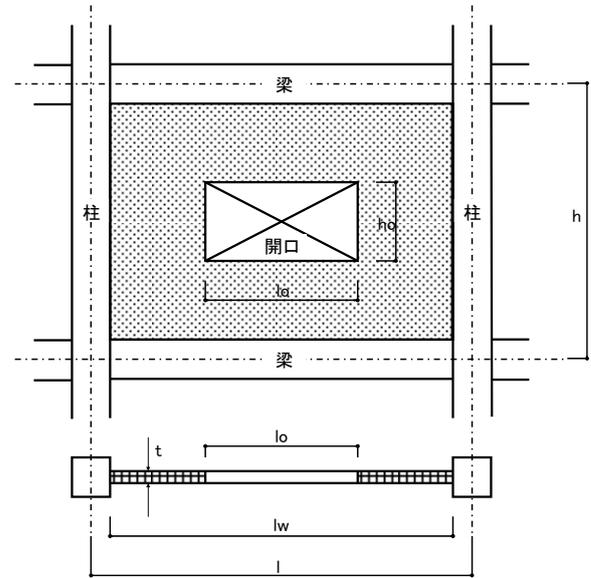


図-2 耐力壁の開口による低減率算定

(2) 耐力壁の開口による剛性・耐力の低減

図-2に示す有開口耐力壁の低減率の計算式を、表-1に示す。開口を有する壁が『耐力壁』となるかどうかの判定は、(1)式により算定した開口周比 γ_0 が 0.4 以下の場合とされている。

壁のせん断剛性低減率 γ_1 は、開口周比 γ_0 より (2)式から算定され、壁のせん断耐力の低減率 γ_2 は、開口周比 γ_0 のほか、支点間距離に対する開口の長さ比 l_0/l 、高さ比 h_0/h により、(3)式から算定される。今回の法改正では、(3)式に高さ比『 h_0/h 』の項が追加された。これは、開口の高さ方向に対する低減である。このため、開口周比 γ_0 が 0.4 以下で耐力壁となり、縦横どちらかに細長い開口が取り付く場合、剛性の低減率が小さいため負担応力は大きくなるが、耐力の低減率が大きくなる。

なお、この規定については、これまで日本建築学会の SRC 基準に制定されていた項目を、RC の規定として盛り込んだものである。

(3) モデル化

これまでは非構造と捉えていた部材 (パラペット、腰壁、たれ壁、袖壁等) を、『構造体』として捉え、柱・梁部材の剛性評価を詳細に検討することとなった。

これは、建物の平面的・立面的な剛性のバランスが変化し、上下階の応力が変化する要因となっている。

実務上では、屋上階に設備機器の目隠し壁等を RC で設計した場合、R 階梁の剛性が大きくなり、応力が集中するため、その解消策として目隠し壁に水平スリットを設置した実例もあった。同様に偏心率・剛性率の計算結果に違いが生じることも想定される。

また、仕上げ材料として、これまでは荷重として評価していた増しコンについては、構造体の断面として扱う様になり、部材剛性が増加する要因となった。

表-1 有開口耐力壁低減率の計算式

$\gamma_0 = \sqrt{\frac{h_0 \cdot l_0}{h \cdot l}}$	— (1)
$\gamma_1 = 1 - 1.25\gamma_0$	— (2)
$\gamma_2 = 1 - \max\left\{\gamma_0, \frac{l_0}{l}, \frac{h_0}{h}\right\}$	— (3)

(4) 梁主筋の柱内定着

柱主筋を柱内に定着する長さは、以前より建築基準法施行令第 73 条で規定されていたが、公共建築工事標準仕様書では建築基準法施行令第 73 条 5 項を根拠として、梁主筋の柱内定着を 35d と規定していた。しかし、法改正により同項が削除されたため、ルート 1 の場合は 40d を確保する必要が生じた。例外規定として、保有水平耐力の検討等を行い、安全性が確認されたものは標準仕様書の定着長を使用できる。

4. 一貫構造計算プログラムによる検証

『3. 改正項目の検証』において確認した各改正項目が構造計算結果にどのように反映され、建物全体・部材にどのような影響が生じるか、一般的に市販されている一貫構造計算プログラム (以下、『電算プログラム』) より、確認を行った。

電算プログラムによる検証を行うに当たり、改正建築基準法以前に設計・施工が行われた庁舎を選定し、改正建築基準法施行後の電算プログラムにおいて、どのような計算結果となるか検証した。

対象とした建物は、RC造で比較的規模が小さい中低層で、耐力壁が設けやすく強度型の建物設計が容易な、設計ルート1の庁舎である。設計ルート3とした場合、構造スリットを多用した構造体となる傾向が見られる。開口を複数設けたり、耐力壁が少なく応力が集中する場合にスリットを設けるが、スリットは意匠上の制約や、漏水等の懸念がある。さらにルート1の採用は、計画通知提出時に、適合性判定が不要で、判定期間が短いというメリットがある。

以上の条件に当てはまる庁舎を、表-2のように選定した。選定した3庁舎は、RC造2～4階建て、法改正以前に設計された庁舎である。

事前に当初の設計時に使用されている電算プログラムを確認したところ、営繕部で現在所有する電算プログラムによりルート1で設計された該当物件は無かった。そのため、電算プログラムの違いも計算結果に影響するが、他社製電算プログラムにて設計された庁舎を、営繕部で所有する電算プログラムにて再モデル化・再入力することにより比較・検討した。

(1) 剛接架構応力の割増し

電算プログラムによる計算の結果、既存庁舎を再検討した全ての建物において、壁の負担力が多いために、柱・梁応力の割増しが必要となり、部材断面が不足した。

表-3に、耐力壁のせん断力負担率が1/2を越える場合における柱せん断力の割増倍率の例を示す。

検証に使用した電算プログラムでは、『その階が負担する軸力(ΣNL)に層せん断力係数(Ci)と負担率25%(係数0.25)を乗じて求めたせん断力』を、『その階の柱が負担する層せん断力(ΣQE)』で除した係数を『割増倍率』としている。

この例では、Y方向1階柱の割増倍率が『4.14』となっており、当初負担していた1階柱のせん断力の合計が72.6kNから300.6kNへ割増されている。

上記より既存庁舎での再計算結果では、柱や梁で耐力が不足し、断面で1割の増加、主筋が2割増加、せん断補強筋が2割増加するため、部材寸法を変更する必要が生じた。

(2) 耐力壁の開口によるせん断耐力の低減

表-4に、法改正前後における、 γ_2 の数値の変化を示す。図-3に、開口高比が大きくなる壁の例を示す。耐力壁に縦長の開口が空く場合、 $\gamma_2=0.727$ がこれまでの低減値であったが、法改正後は $\gamma_2=0.552$ として扱われることとなった。例の場合、耐力壁のせん断耐力が、2割以上落ちている。このため耐力壁に多くの鉄筋を入れても、耐力が増加しない。開口の横に間柱を追加して γ_2 を改善する、建物に壁を追加する等、躯体量の増加が必要となる。

表-2 検証対象の庁舎

庁舎名	設計年	構造種別	規模	延床面積(m ²)	使用プログラム	再計算プログラム
A庁舎	2005年	RC	3階	1,497	A社ソフト	B社ソフト
B庁舎	2005年	RC	2階	1,411	B社ソフト	B社ソフト
C庁舎	2005年	RC	4階	3,198	C社ソフト	C社ソフト

表-3 耐力壁の応力の割増し例

Y方向	壁負担率	Σ軸力×0.25	割増倍率
3F	0.936	263.9kN	2.6
2F	0.759	409.6kN	3.7
1F	0.979	300.6kN	4.1

表-4 有開口耐力壁耐力の低減率

		開口周比	開口幅比	開口高比	γ_2
EW15	法改正前	0.834	0.727	—	0.727
	法改正後	0.834	0.727	0.552	0.552
EW15	法改正前	0.758	0.604	—	0.604
	法改正後	0.758	0.604	0.352	0.352

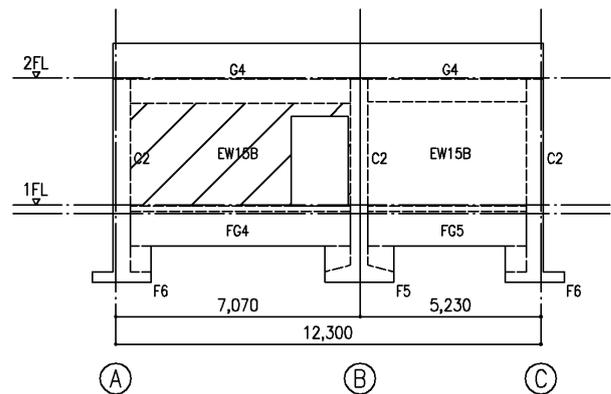


図-3 耐力の低減が大きい壁の例

5. 考察

(1) 法改正項目の検証

法改正により、構造計算の考え方が告示で詳細に示された。今までは構造設計者が考えた『設計方針』に沿って適宜応力の割増しを行っていた項目も、画一的に割増しを行うことが告示に明示されている。

(2) 比較検討の結果

検証を行ったすべての庁舎において、梁・柱部材の断面寸法の不足、鉄筋量の不足が生じた。改正された項目から考えると、法改正によって、これまで以上に部材に余裕を求めるようになった事が大きく影響していると思われる。検討によって判ったことを、以下にまとめる。

a) 剛接架構応力の割増し

耐力壁の水平力負担率が大きい建物に関して、剛接架構が負担する水平力の割増しが追加された。この規定は、壁量が多く剛接架構に負担させるせん断力が小さい建物において、壁のせん断破壊により建物が崩壊する事を防ぎ、剛接架構の靱性を確保するために設けられたものである。そのため、法改正以前の柱・梁断面より一割程度断面が大きくなる傾向がある。

さらに耐力壁の配置はルート1の必要壁量を満足する必要がある。また、RC壁にスリットを設ける設計は、壁量が減少する一方、コンクリート重量による躯体自重が増加し、応力面とコスト面で不利となる。躯体のコストを考慮すると、必要なRC壁の設置は必要最小限にする等、意匠設計者と詳細に壁の配置を検討する事が、コスト計画上也重要となる。

また、応力の割増しが必要となるかを考慮し、部材断面を早期に決定出来るよう、壁が負担する地震力の割合を概略設計の早い時点で把握する必要がある。

b) 耐力壁の開口によるせん断耐力の低減

法改正以降、耐力壁に空けられた開口の『高さ寸法』についてせん断耐力を低減する必要が生じ、階高が低く、縦に細長い開口（ドア、縦長の窓、等）が開いている壁は、高い剛性を評価し、必要なせん断力が増加する一方、設計上の耐力が大きく低減される事となった。今後は、意匠設計者・設備設計者にも改正建築基準法を理解し、大きな縦開口が開く耐力壁では、間柱を設けるか、開口形状を変更する等、設計段階での打合せが大変重要になる。

c) 剛性評価

法改正により、構造体に取り付く部材は、スリットが設置された壁以外は全て剛性を評価する必要が生じた。パラベット、垂れ壁・袖壁・腰壁、雑壁全てについて、適切に剛性を評価することとなっている。また、増しコンの厚さについても、部材断面の増加として剛性評価が求められるケースが多くなっている。これにより、意匠・設備設計における開口位置、設備方式・ルートの変更が生じた時の対応、仕上げが変更となった時の対応が問題となる。壁開口を全て構造設計に反映させる必要があり、修正の度に構造計算結果が変化するため、そのような状況を回避するには構造スリットをどの壁にも設置する状況が発生する。

以上のように、今回の調査・再計算による検討を行った結果、法改正前に設計された庁舎では部材寸法や必要鉄筋量が不足する等、法改正後に適用する構造設計を行うと、コストがアップする結果となった。

6. おわりに

構造設計一級建築士制度の開始に伴い、構造設計者は意匠図・構造図・設備図に押印を行う必要が生じた。これまで以上に構造設計者の責任が大きくなると共に、負担する作業が膨大に増えている。限られた設計期間でこれらを全てクリアする必要があり、設計初期段階での作業がより重要となった。

今回の課題に取り組むに当たり、法改正に関する改正部分の資料は非常に少なく、構造計算プログラムの改正点を参考に、告示等を読み直す作業が主になった。告示に関しても、公布後すぐに改正されている告示もあり、改正の内容が複雑化している事を再認識した。

本報告では、営繕部での設計が比較的多い中低層の建物を対象として、設計ルート1に関する検討のみを行っている。設計ルート2、3に関する文献調査・再計算、及び、コスト低減等、残された検討項目は今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建築指導課他監修：2001年版建築物の構造関係技術基準解説書
- 2) 国土交通省住宅局建築指導課他監修：2007年版建築物の構造関係技術基準解説書