

第4章 まとめ

4.1 本調査結果について

本調査の結果を以下にまとめる。

・第2章について

複数の建物事例(試設計例)を作成し、これらについて、複数の市販の一貫構造計算プログラムで構造計算を行い、結果を比較することで、構造計算プログラムによる計算結果のばらつき幅の実態を把握した。

線形範囲に収まる構造計算では、プログラム内での計算方法が明確に指定される限りプログラム間でのばらつきは小さいこと、非線形範囲に及ぶ場合では、鉄骨造より鉄筋コンクリート造の場合にばらつき幅が大きくなる傾向が見られること、崩壊形の判定が異なるものにならないければ耐力についてはプログラム間で安定した結果が得られること、耐力よりは変形の方がばらつきは大きくなる傾向にあること等を確認した。

鉄骨造より鉄筋コンクリート造の計算結果にばらつきが生じやすくなるのは、鉄筋コンクリート造では軸方向と曲げのほかせん断成分の評価も重要となること、また復元力特性の設定においてひび割れ耐力と剛性の評価が不可欠になること、線材要素を基本とする構造計算プログラムを面的な拡がりを持つ耐力壁や2次壁に適用するには、線材要素に剛域や開口による低減率を組み合わせる等、解析上の様々な工夫が求められること等の理由が挙げられる。すなわち、プログラム内での数値モデルや計算処理が複雑化する分、ばらつきも生じ易くなるものと考えられる。

・第3章について

建物事例を用いた調査の結果、プログラム間で構造計算結果のばらつき幅が大きくなることが判明した鉄筋コンクリート造の二次壁を含む架構について、構造実験を実施し、改めて、この種の架構に一貫構造計算プログラムを用いる場合のモデル化手法等について検討を実施した。

壁付き架構の実験では、 $\pm 1\%$ 加力サイクル時に全体崩壊形が形成され、最大耐力を示した。この時点の梁端部の回転角を分析した結果、袖壁フェイス位置の回転角が卓越しており、最大耐力が発揮される変形レベルまでを構造計算の対象とする場合、梁の剛域端及びヒンジ位置を袖壁フェイス位置とすることは概ね適切であること、壁付き架構の解析では、各プログラムで採用されている終局強度式および式の各パラメータに用いる値に差があり、せん断力-全体変形角関係およびヒンジ形成状況に比較的大きなばらつきが見られること、多くの一貫構造計算プログラムで採用されている包絡開口と剛域設定によるモデル化では、本論文で対象としたようなドア開口と窓開口が混在し、方立壁を有する壁付き架構の破壊過程や荷重-変形関係の再現は難しいこと等を確認した。これらの結果を受け、壁付き架構を対象として現状の一貫構造計算プログラムで解析を行う際の当面の対応案として以下を示した。

- ① 方立壁は短スパン部材となる場合が多く、小さな層間変形角で損傷する可能性が高いうえ、架構の保有水平耐力に大きく寄与することは少ないと考えられるため、極力、スリットを

設ける。

- ② 開口のモデル化は、窓開口を包絡するように行い、腰壁・垂れ壁付き梁を考慮した保有水平耐力を計算する。なお、腰壁・垂れ壁付き梁の剛域および塑性ヒンジ位置は袖壁フェイスとする（最大耐力が発揮される変形レベルまで）。
- ③ ②のモデルでは上下階のドア開口に挟まれる短スパン梁が考慮されないため、別途、短スパン梁のせん断設計（保証設計）を行う。

4.2 構造計算プログラムの適用のあり方についての考察

構造計算プログラムは様々な計算ルーチンで構成されており、現状においてプログラム間での結果を完全に一致させることは困難であると考えられる。ここで、第2章において作成した建物事例モデルは、崩壊形を意識して作成したものではないことに留意しておきたい。想定され得る崩壊形に対応した耐力が近接する場合には、プログラム仕様の差異がわずかであっても、プログラムにより異なる崩壊形が生じる結果となる可能性があり、このような場合には耐力等の計算結果においてもプログラム間での差異が大きくなるものと予想される。第2章2.2節に示す2次壁を有する派生モデル2の結果は、このような崩壊形の判定の差異により結果のばらつき幅が拡大された典型的な事例であろう。逆に言えば、崩壊形の判定にプログラム間で違いが無ければ、事例建物群Ⅱの基本モデルのX方向や派生モデル1の比較結果に見られる通り、耐力に関してはプログラム間で安定した結果が得られるものと考えられる。構造計算プログラムの適用において、そのばらつきの影響を避けるためには、まず、構造物の崩壊形を明確に意識し、想定した崩壊形を確実に実現するための保証設計を十分に行うことが必要であると考えられる。このことは鉄筋コンクリート造に限らず鉄骨造等の他の構造でも同様であろう。本調査検討は、平成24年時点のものであるが、このような考え方は平成30年現在でも変わりはない。

非線形範囲に及ぶ構造計算において、特に鉄筋コンクリート造の場合に耐力よりは変形の方が、ばらつきが大きくなる傾向が見られた。変形のばらつきとは、ひび割れ降伏後の剛性のばらつきであり、保有水平耐力を1/100等の一定の層間変形角時での耐力と定めれば保有水平耐力の評価に影響する。事例建物群Ⅱの基本モデルのX方向では、あるプログラムではひび割れ後の剛性を小さく見積もっているために1/100の変形より大きな変形で降伏することになり、結果として、他のプログラムによる結果と異なり、保有水平耐力は必要保有水平耐力を下回る結果となった。他のプログラムと比較すれば、安全側の評価を与えている、又は安全性を過少評価していると言える。逆に、ひび割れ後の剛性をより大きく見積もるプログラムを使用する場合には、危険側の評価が下されることもあり得る。この場合でも、崩壊形を意識した保証設計を十分に施しておけば、プログラムによりやや危険側の評価が下される場合があっても倒壊等の危険性は避けられると考えられる。

本調査では、構造計算方法として保有水平耐力を対象としているが、限界耐力計算においては変形性能の検証や等価粘性減衰の評価において、変形を直接的に評価する必要があるため、ここに示した変形に係る計算結果のばらつきはより重要な問題となる。また、第2章2.1節に示したように柱部材にファイバー要素（MS要素(マルチスプリング要素)を用いた場合も同様）と、M-Nインタラクションを考慮したビーム要素を用いた場合で、ひび割れ後の剛性評価が異なっている

問題もある。現状において、限界耐力計算が構造計算プログラムの大臣認定の範囲に含まれた事例はない。限界耐力計算への利用を想定した場合の構造計算プログラムの信頼性を向上させるには、今後、このような変形軸でのばらつきの問題を検討していく必要があると考えられる。

