

「一般建築物の構造計算に関わる技術的判断基準の明確化」

(平成21年度～平成22年度) 評価書 (事後)

平成23年7月11日 (月)

建築研究所研究評価委員会

委員長 深尾 精一

1. 研究課題の概要

(1) 背景及び目的・必要性

建築物の構造計算については、2005年の耐震偽装事件に端を発する構造計算書の抽出調査により“不適切な工学的判断”が数多く見られたことから、計算方法に関する規定化が行われた。一方、それらの規定をサポートする「建築物の構造関係技術基準解説書」は、技術的知見の不足および時間的制約の両面から、技術情報の大幅な改訂や追記は見送られた。これには従来の解説書に従った適切な設計が踏襲できるようにという配慮もあった。また、他方では、適合性判定制度が導入されたことから、構造計算における工学的判断の技術的な根拠について詳述するよう求める声が増えている。しかしながら、設計の条件は物件ごとに異なるため、一律に判断することは必ずしも適切ではない。さらに、建築構造の多様性や構造設計の自由度を確保(維持)するためには、適切な判断に足る工学的な知見の蓄積が必要となる。このような状況下において現在の解説書の技術情報は、構造設計者が設計のさまざまな場面で遭遇する工学的判断を支える技術情報集としては、まだ不足しているといわざるを得ない。

そこで、本課題では、構造計算における技術的判断基準の明確化のために、必要な知見を収集し、工学情報として整理・公開することを目的とする。

(2) 研究開発の概要

構造計算の様々な局面で求められる適切な工学的判断を支援するための技術的な知見を取得し、その課題に関する考え方や評価方法を整理して提示した。検討課題は、国土交通省の「建築基準整備促進事業」の一環として民間と共同研究を実施する課題等を含み、それらを分野ごとに5つのサブテーマに分類し、その中で工学的な判断基準の明確化に資する検討を進めた。

サブテーマ(1)：上部構造の構造計算における判断基準の明確化に関する共通課題

サブテーマ(2)：RC構造建築物の構造計算における判断基準の明確化

サブテーマ(3)：鋼構造建築物の構造計算における判断基準の明確化

サブテーマ(4)：木造建築物の構造計算における判断基準の明確化

サブテーマ(5)：建築基礎構造の構造計算における判断基準の明確化

(3) 達成すべき目標

サブテーマ(1)：上部構造の構造計算における判断基準の明確化に関する共通課題

1) 床の面内剛性を考慮した建築物の偏心率評価方法に関する技術資料

サブテーマ(2)：RC構造建築物の構造計算における判断基準の明確化

2) 柱はり接合部の構造安全性評価に関する技術資料

3) 変断面部材の構造安全性評価に関する技術資料

4) 開口付き耐力壁の構造安全性評価に関する技術資料

5) 耐力壁周辺架構の構造安全性評価に関する技術資料

6) あと施工アンカーの長期設計に関する技術資料

7) 脆性破壊後の構造安全性評価に関する技術資料

サブテーマ(3)：鋼構造建築物の構造計算における判断基準の明確化

- 8) 冷間成形角形鋼管を柱に用いた鋼構造建築物の補強方法に関する技術資料
- 9) 中規模鉄骨構造建築物の簡易性能評価法に関する技術資料
- 10) 立体的に複雑な鉄骨造接合部の例示仕様に関する技術資料
- 11) 避難施設となる鉄骨造体育館等の耐震設計法に関する技術資料

サブテーマ (4) : 木造建築物の構造計算における判断基準の明確化

- 12) さまざまな樹種や集成材・単板積層材の長期性能に関する技術資料
- 13) 木材のめりこみが安全性に与える影響に関する技術資料
- 14) 変形能の異なる耐力要素併用時の設計法に関する技術資料
- 15) 不整形な木造建築物の設計法に関する技術資料

サブテーマ (5) : 建築基礎構造の構造計算における判断基準の明確化

- 16) 宅地擁壁近傍の建築物の評価に関する技術資料
- 17) 既存杭基礎の評価に関する技術資料
- 18) 地盤調査法に関する技術資料

(4) 達成状況

目標通り、下記 18 種類の技術資料が得られた。それぞれの概要は下記の通り、

サブテーマ (1) : 上部構造の構造計算における判断基準の明確化に関する共通課題

1) 床の面内剛性を考慮した建築物の偏心率評価方法に関する技術資料

平 19 国交告第 594 号第 5 のただし書きにある特別な調査・研究の内容として、技術基準解説書の p. 301 に関連する「建築物の偏心率評価方法」について考え方を明確化し、一例として取りまとめた。具体的には、下記に示す知見等が得られた。この内容は、技術基準解説書の当該部分 p. 301 に盛り込むことを想定している。

- ・床の面内剛性が弱構面側のフレーム剛性の 10 倍程度あれば、剛床仮定が成立すると考えて現行の算定方法に従って偏心率を評価することが可能である。
- ・大きな吹き抜けを有するような多剛床建築物を単剛床として評価するとねじれ量を過小評価する危険性がある。
- ・地震動の加速度一定領域にある建築物では、偏心を考慮した耐力割増しにより偏心層の応答変形は小さくなるが、速度一定領域にある建築物ではそれほど明確ではない。また、層に含まれる部材耐力を一律に割増しても、振れ応答を大きく低減させる効果は期待できない。

サブテーマ (2) : RC構造建築物の構造計算における判断基準の明確化

2) 柱はり接合部の構造安全性評価に関する技術資料

技術基準解説書の p. 371~373 の「柱梁接合部がせん断破壊した場合の柱の部材種別の考え方」を明確化した。具体的には以下の通り。この内容は、技術基準解説書の当該部分及び付録 1-3 「鉄筋コンクリート造に関する技術資料」に盛り込むことを想定している。

- ・従来せん断挙動と考えていた柱梁接合部の挙動を、曲げ挙動で評価することにより、部材種別判定の考え方の明確化が可能である。すなわち、柱梁接合部が釣合補強量以上の場合に、接続する柱の部材種別を FD とする考え方である。この評価法に基づく場合には、柱梁接合部のせん断破壊の検証は不要とできる。
- ・柱梁架構の面内方向に耐力壁、腰壁、垂壁が接続している柱梁接合部は、剛であり破壊しないものと考えることができる。それ以外は、柱梁曲げ強度比や仕様により接合部の強度低減の検討が必要である。
- ・柱梁接合部の最小横補強量、通し主筋の付着、接合部内定着筋に関する構造規定を設ける。
- ・接合部の強度を低減する柱梁接合部が負担するせん断力の層せん断力に対する比を制限する。

3) 変断面部材の構造安全性評価に関する技術資料

技術基準解説書の p. 368 の「壁が取り付く柱及び梁の設計上の取り扱い」を明確化した。具体的には以下の通り。この内容は、技術基準解説書の当該部分及び付録 1-3「鉄筋コンクリート造に関する技術資料」に盛り込むことを想定している。

- ・ 袖壁付き柱の剛性、許容耐力、終局耐力の評価法を提示。
- ・ 腰壁・垂れ壁付き梁の、剛性、許容耐力、終局耐力の評価法（腰壁・垂れ壁にスリットが取り付く場合の剛性評価法を含む）を提示
- ・ 袖壁付き柱、腰壁・垂れ壁付き梁の部材種別の考え方を提示
- ・ 袖壁・腰壁・垂れ壁が取り付く柱梁接合部の剛域の考え方を提示

4) 開口付き耐力壁の構造安全性評価に関する技術資料

平 19 国交告第 594 号第 1 のただし書きにある特別な調査・研究の内容として、技術基準解説書の p. 282～285 に関連する「開口付き耐力壁の強度・剛性評価法」を明確化し、一例として取りまとめた。具体的には下記の通り。この内容は、技術基準解説書の当該部分及び付録 1-3「鉄筋コンクリート造に関する技術資料」に盛り込むことを想定している。

- ・ 告示のただし書きに基づき使用できる複数開口や偏在開口を有する開口付き壁の強度・剛性評価法を提示。

5) 耐力壁周辺架構の構造安全性評価に関する技術資料

「耐力壁周辺架構の構造要件」を明確化した。具体的には下記の通り。この内容は技術基準解説書の 6. 4. 4 「鉄筋コンクリート造のルート 3 の計算」、および、付録 1-3「鉄筋コンクリート造に関する技術資料」に盛り込むことを想定している。

- ・ 枠梁の梁型は省略することができる。ただし、壁板が横方向への拡がることによる耐力低下を防ぐために、梁主筋と枠柱による横方向の拘束は必要。その考え方を提示。
- ・ 枠柱に求められる条件の考え方を提示。

6) あと施工アンカーの長期設計に関する技術資料

あと施工アンカーの長期設計の考え方を明確化した。具体的には下記の通り。この内容は技術的助言や技術基準解説書の当該箇所に盛り込むことを想定している。

- ・ あと施工アンカーの長期許容応力度を提示。
- ・ あと施工アンカーの長期荷重に対する設計方針とその留意点を提示。

7) 脆性破壊後の構造安全性評価に関する技術資料

技術基準解説書の p. 308～309 の「構造部材が脆性破壊した後の保有水平耐力の算定に関する考え方」を明確化した。具体的には下記の通り。この内容は技術基準解説書の当該箇所に盛り込むことを想定している。

- ・ 構造部材の脆性破壊後の状態を考慮して保有水平耐力を算定する場合には、特別な調査・研究により脆性柱の軸力保持能力を含む脆性度および、柱脆性破壊後の梁による軸力伝達を考慮した再配分応力および当該応力を負担する柱の靱性能などを把握する。そうでない場合は、原則として構造部材が脆性破壊した時点で保有水平耐力を算定する。

サブテーマ (3) : 鋼構造建築物の構造計算における判断基準の明確化

8) 冷間成形角形鋼管を柱に用いた鋼構造建築物の補強方法に関する技術資料

STKR 柱の補強方法と補強設計方法を明確化。具体的には、鋼板、山形鋼、根巻き、鋼板+PC 鋼棒、による 4 種類の補強方法の有効性を構造実験により確認し、その補強設計式等を提示した。これらの補強方法の内容は、技術基準解説書の該当部分に盛り込むことや、「冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル」に付録と

して掲載することを想定している。

9) 中規模鉄骨構造建築物の簡易性能評価法に関する技術資料

中規模鉄骨造建物の簡易な安全性評価方法として、ルート1の適用範囲の拡大の検討やルート2で簡易な評価が可能な範囲等の検討を行った。また、幅厚比、横補剛、梁端部設計法、等に関する問題点を整理し、対応策を提示した。これらの内容は、技術基準解説書の該当部分及び付録 1-2「鉄骨造に関する技術資料」に盛り込むことを想定している。

10) 立体的に複雑な鉄骨造接合部の例示仕様に関する技術資料

部材が偏心接合される場合や斜めに取り付く場合など、平面的、立面的に複雑となる柱梁接合部やブレース接合部について、例示資料集を作成することによって、これらの接合部の設計方法や施工方法を明確化。これらの内容は、技術基準解説書の該当部分及び付録 1-2「鉄骨造に関する技術資料」に盛り込むことを想定している。

11) 避難施設となる鉄骨造体育館等の耐震設計法に関する技術資料

体育館や工場等の大スパンのブレース構造を対象に、屋根面の応答の影響やダンパーまたはブレースによる耐震改修の方法を検討し、このような大スパン架構の耐震設計方法に関する技術資料を作成。これらの内容は、「耐震改修促進法のための既存鉄骨造建築物の耐震診断および耐震改修指針・同解説」や「実務者のための既存鉄骨造体育館等の耐震改修の手引きと事例」に盛り込むことを想定している。

サブテーマ(4)：木造建築物の構造計算における判断基準の明確化

12) さまざまな樹種や集成材・単板積層材の長期性能に関する技術資料

技術基準解説書の p. 467 の「木材の短期許容応力度に対する長期許容応力度の比」を明確化するための技術資料を整備した。具体的には下記の通り。この内容は技術基準解説書の当該箇所に盛り込むことを想定している。

- ・建築基準法施行令第 89 条で規定する、木材の短期許容応力度に対する長期許容応力度の比は、荷重継続時間の調整係数に基づいて $1.1/2$ とされているが、これはベイマツの無欠点小試験片による数値であったことから、我が国で広く用いられているスギ、ヒノキその他の樹種や、接着再構成した集成材や単板積層材の荷重継続時間の調整係数について、荷重継続時間の影響に関する既往データの収集整理及び実験を行い、その妥当性を検証した。

13) 木材のめりこみが安全性に与える影響に関する技術資料

技術基準解説書の p. 475~483 の「特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件」を明確にするための技術資料を整備した。具体的には下記の通り。この内容は技術基準解説書の当該箇所に盛り込むことを想定している。

- ・平成 20 年の平成 13 年国交告示 1024 号改正により緩和された長期に生じるめり込み応力に対する許容応力度の妥当性を検証する目的で、木材がめり込みによって損傷を受けた場合における建築物全体への影響に関する既往研究等の収集・整理及び土台に使用される主要な樹種に対して短期めり込み試験およびめり込みクリープ試験による検討を行った。

14) 変形能の異なる耐力要素併用時の設計法に関する技術資料

変形能力の異なる耐力要素併用時の設計法に関する考え方を明確にするための技術資料を整備した。具体的には下記の通り。この内容は技術的助言や技術基準解説書の当該箇所に盛り込むことを想定している。

- ・各種の耐力要素の荷重変形関係に関する実験データの収集整理と、これを用いた各種の構造物を想定した

静的及び動的試験を行い、設計法誘導のための検討を行った。

1 5) 不整形な木造建築物の設計法に関する技術資料

スキップフロア建築物の設計法および平面不整形建築物の設計法に関する考え方を明確にするための技術資料を整備した。具体的には下記の通り。この内容は技術的助言や技術基準解説書の当該箇所に盛り込むことを想定している。

- ・日本住宅・木材技術センター発行の軸組み工法木造住宅の許容応力度設計（2008年版）（以下「許容応力度設計法」）には、スキップフロア建築物の設計法および平面不整形建築物の設計法が規定されているが、その妥当性については十分な検証がなされていなかったため、立体フレームモデルを用いた時刻歴応答解析シミュレーションにより、上記の規定を満足する建築物の地震応答性状を把握し、当該規定の妥当性を検証した。

サブテーマ (5) : 建築基礎構造の構造計算における判断基準の明確化

1 6) 宅地擁壁近傍の建築物の評価に関する技術資料

建物近傍に擁壁を設置する場合の考え方を明確にした。具体的には以下の通り。この内容は、技術基準解説書の当該箇所（工作物の構造計算等）に盛り込むことを想定している。

- ・被害擁壁の主要な原因毎の構造形式の分類、被害の影響範囲、技術的課題を整理。
- ・解析による敷地と住宅に対して安全上の配慮が必要な条件と対応方針を提示。

1 7) 既存杭基礎の評価に関する技術資料

既存の杭基礎を再利用する上で必要な情報や確認項目、技術的課題を明確化するとともに、杭基礎の新たな耐震改修方法の一例を実験により検証した。この内容は、技術基準解説書の当該部分に盛り込むことを想定している。

- ・既存杭基礎の再利用上の技術的課題を整理し、検討フローを提示。
- ・回転貫入鋼管杭を斜杭として用いる杭基礎の耐震改修方法を実験により検証し、技術資料として提示。

1 8) 地盤調査法に関する技術資料

技術基準解説書 p. 515~538（告示 1113 号、地盤調査の方法とその結果に基づく地盤許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を定める方法）の解説を明確化した。具体的には下記の通り。この内容は、技術基準解説書の当該部分に盛り込むことを想定している。なお、ここでは地盤調査法について整理しているが、その結果を用いた液状化の評価基準の明確化については今後の課題である。

- ・地盤調査法・試験方法の特徴と適用限界、設計用地盤定数決定の留意点、地盤調査で得られた設計用地盤定数の精度と設計への影響について整理。
- ・建築物規模及び構造計算方法別の地盤調査法の適用と考え方を提示。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見と建築研究所の対応（担当分科会名：構造分科会）

(1) 所見

- ①実際の構造設計で、個々の検討項目について、技術的判断をどうするかに関する研究で、地味ではあるが、社会的に必要かつ重要な研究である。多岐にわたるテーマを扱っており、それぞれに手堅い成果を得ているが、その成果が、与えられた基準さえ守ればよいという構造設計の硬直化を招くことなく、構造設計者の倫理観と能力を引き出して、より安全な建築物が造られる方向になるように心がけていただきたい。
- ②このような研究の成果は研究としては目立たないかも知れないが、実務的には非常に重要で有益な研究で、建築研究所が率先して行う研究と考え、この点において高く評価する。この研究成果は技術的な指針などに反映されると考えられるが、その際に設計の自由度を少なくするような方向には向かわず、より健全な構造

ができる方向に導いて欲しい。

③本研究は、現実の一般建築物の構造設計で実務者が日頃疑問に感じていた項目に適正な解答を与え、構造計算の運用をより妥当なものとするに大いに役立つものである。この種の課題解決は極めて重要であり、本研究はさらに重点課題に位置付け継続してもらいたい。

④成果の中には新しい知見が含まれているが、これらについては建築学会等で十分な検討・議論が必要と思われる。

⑤本研究の課題は多岐にわたっているが、課題によっては、現行の構造基準を改正すべきものが見受けられる。それらについては、具体的に改正内容にまで踏み込む必要がある。

(2) 対応内容

所見①及び②に対する回答

基準への反映の際に、設計のあり方や出来上がる建築物の特性についても心がけます。

所見③に対する回答

平成 23～24 年度は個別重点研究「建築構造計算の一層の適正化に資する工学的判断基準の明確化に関する研究」において検討します。それ以降も、必要な課題の設定について検討していきます。

所見④に対する回答

新たな知見に関しましては、学会等でのコンセンサスも重視します。

所見⑤に対する回答

基準等への反映につきましては、今後、本課題の成果を踏まえ、国土交通省住宅局や国土技術政策総合研究所において検討が進められる予定です。建築研究所は、その検討に対して技術的な支援を行います。

3. 全体委員会における所見

構造計算の様々な局面で求められる工学的判断を支援するため、答えを見つけておかないと構造設計や建築確認の実務上支障が出るようなテーマについて地道に検討を進めており、本研究で目指した目標を達成できたという分科会の評価を支持し、全体委員会の評価としたい。

4. 評価結果

- A 本研究で目指した目標を達成できた。
- B 本研究で目指した目標を概ね達成できた。
- C 本研究で目指した目標を達成できなかった。