

# 「巨大地震に対する鋼構造建築物の倒壊防止に関する設計・評価技術の開発」(平成31年度～平成33年度) 評価書(事前)

平成31年 3月 13日(水)  
建築研究所研究評価委員会  
構造分科会長 林 静雄

## 1. 研究課題の概要

### (1) 背景等

#### 1) 背景及び目的・必要性

今後、発生が懸念される首都直下地震や巨大海溝型地震などでは、これまでの設計の想定よりも大きな速度応答スペクトルの地震動や長い継続時間の地震動(大きなエネルギー-スペクトルの地震動)が建築物に作用する可能性がある。現在、相模トラフ沿いの巨大地震についての検討が行われており、そこで想定される地震動は、1～2秒程度の短周期領域での速度応答スペクトルが、地域によっては現状の耐震基準の数倍程度のレベルになることが予想されている。このような地震動に対して、現状の耐震基準で設計されている中低層建築物には大きな損傷が生じることが予想され、建築物の倒壊や崩壊の危険性も考えられるレベルである。このような巨大地震に対して、建築物の倒壊、崩壊を防止するためには、建築物の最大耐力以後の終局状態の挙動の解明と倒壊防止のための評価法、設計法の確立が急務である。

巨大地震に対する鋼構造建築物の倒壊、崩壊挙動では、梁端部の破断とともに柱にもヒンジが発生して、最終的には柱の座屈や破断による耐力低下によって建築物が崩壊すると考えられる。このような鋼構造建築物の倒壊、崩壊を防止するためには、柱の局部座屈や破断に伴う耐力劣化現象を解明し、それを評価する方法が必要となる。前年度までの課題では、梁端部破断までの疲労限界性能とそれを用いた評価法を検討した。そこで本研究課題では、鋼構造建築物の倒壊や崩壊を防止するために、鋼構造柱部材の破断や局部座屈に関する疲労限界性能の検討を行うとともに、柱の耐力劣化による建築物の倒壊を防止するための評価法や設計法を確立することを目的として、実験的、解析的検討を行う。

また、鋼構造建築物では、構造躯体が内外装材に覆われているために、巨大地震後に梁端部等で破断が生じているかどうか容易に確認できない。前年度までに実施した梁端部の損傷検知手法のうち、実用化の可能性が高いと判断された手法について、外装材等の非構造部材や床スラブなどがある場合の影響を調べるための実験的検討を行う。

相模トラフ沿いの巨大地震については、近々に、内閣府等から情報が公表されると考えられる。それに対して、建築物がどのような応答になるか等を適切に評価し、倒壊や崩壊を防止する方法を確立することは、建築研として重要な任務と考えられる。

#### 2) 前課題における成果との関係

前課題では、鋼構造建築物の梁端部破断までの疲労限界性能とそれを用いた評価法を検討し、梁端部の疲労限界性能式を用いた耐震安全性評価法の提案を行った。この成果を踏まえて、本課題では柱の破断や局部座屈を伴う建築物全体の倒壊を防止するために、鋼構造柱の疲労限界性能の検討とそれを用いた建築物の耐震安全性評価方法及び設計法の検討を行う。また、前課題で実施した梁端部の損傷検知手法のうち、実用化の可能性が高いと判断された手法について、外装材等の非構造部材等の影響を調べるための実験的検討を行

う。

## (2) 研究開発の概要

本研究課題では、鋼構造建築物の柱部材の破断や局部座屈に関する疲労限界性能の検討を行うとともに、柱部材の耐力劣化による建築物の倒壊を防止する評価法や設計法を確立することを目的として、実験的、解析的検討を行う。また、地震後の梁端部等の破断等の損傷検知手法に関しては、実用化の可能性が高いと考えられる手法を対象にして、外装材等の非構造部材の影響を調べるための検討を行う。

### (1) 鋼構造柱部材の破断や局部座屈に関する疲労限界性能の検討

鋼構造建築物の柱部材に関して、繰り返し変形に対する柱の破断や局部座屈による耐力劣化までの限界繰り返し性能を明らかにするために、一定振幅での多数回繰り返し载荷による実験を行い、柱の疲労限界性能曲線を検討する。

### (2) 柱部材の破断等を伴う鋼構造建築物の倒壊を防止するための評価法と設計法の検討

柱の破断や局部座屈による耐力劣化による建築物の倒壊を防止するための評価法や設計法を確立することを目的として、振動台実験や相模トラフ沿いの巨大地震で想定される地震動による地震応答解析等を行う。また、柱の疲労限界性能曲線を考慮した評価法としてエネルギー法による評価法について検討し、建築物の倒壊を防止するための設計法を検討する。

### (3) 地震後の鋼構造建築物の梁端部破断等の推定のための非構造部材等の影響を考慮した実用的な損傷検知手法の検討

地震後に梁端部の破断が容易に確認できないと考えられる鋼構造建築物の安全性確保を目的として、前年度までの検討で実用化の可能性が高いと判断された手法（地震計の加速度の積分、スマホによる被災度評価、ピエゾセンサによる破断検知、等）について、外装材等の非構造部材等がセンサの検知に及ぼす影響を調べるための実験的検討を行う。

## (3) 達成すべき目標

- 1) 鋼構造建築物の柱部材の破断や局部座屈による耐力低下を考慮した疲労限界性能曲線式の提示。
- 2) 柱部材の破断等による鋼構造建築物の倒壊までの評価法と倒壊防止に関する設計法に関する技術資料の提示。
- 3) 実建物の地震後の梁端部の破断の発生の推定が可能な実用化も考慮した手法に関する技術資料の提示。

## 2. 研究評価委員会（分科会）の所見（担当分科会名：構造分科会）

- 1) 現行基準法の枠を超える外力に対する鋼構造建築物の倒壊という観点からすると、まだまだ多くの課題があると思うが、研究の過程として適切な目標が設定されている。
- 2) 研究対象が柱の場合、斜め方向からの外力を受けた場合や、長期の曲げモーメントを受けた方向と直交方向の地震力に対する挙動、いわゆる2軸曲げによる挙動に関する検討も必要ではないか。
- 3) 角型鋼管柱の今回実験で、幅厚比、径高さ比、細長比等のパラメータが設定されているが、これ以外にP- $\delta$ 効果および柱脚の境界条件等の因子も無視できないと考えられる。今後、これについての影響度合いも検討する必要があると考える。
- 4) 実建物の地震後の梁端部の破断の発生の推定が可能な実用化も考慮した手法は、全ての鋼構造建物を対象とするのか、重要な建物に限定されるのか、利活用のイメージをより明確にさせていただくと良いと思

いました。

- 5) エフォートの高い担当者が一名だけなのが少し気になります。他機関とも連携・役割分担して遺漏のないように進めてください。
- 6) (1)と(2)の項目は建築研究所に相応しい研究開発課題と思います。(3)については、既に民間企業で実用化されているシステムが複数あり、これらとの違い・優位性を明確にして進める必要があると思います。
- 7) 設計・評価技術開発はある意味永遠の課題だから、研究課題で得られた要素技術や派生して得られた成果をひとつずつ論文で成果の普及・公開に努めていただければと思います。
- 8) 前研究(H28-30)で得られた成果と課題、それに基づく本研究の位置付けで、3年間での達成目標が示されるとより良いと思います。

### 参考：建築研究所としての対応内容

- 1) 中長期的な目標も念頭に置いて、本課題で設定した目標に向けた検討を行っていききたいと思います。
- 2) 柱の地震時の挙動として、2軸曲げの影響は重要な課題と思います。梁崩壊形で設計されている建築物が倒壊、崩壊する場合には、2方向からの地震入力の影響もあると考えられますので、基本的な柱部材の疲労限界性能が把握できた後に、柱の2軸曲げの実験なども検討したいと思います。
- 3) 建築物の1階柱脚は、巨大地震における建築物の崩壊挙動を左右する重要な部分と考えられます。鋼管柱の疲労限界性能が把握できた後には、露出柱脚の検討も進めたいと思います。また、P- $\delta$ 効果の影響については、モデル建物の地震応答解析により検討を進めたいと思います。
- 4) 建築物の地震後の梁端部の破断の検知手法は、全ての鋼構造建物を対象として検討していますが、一般的な建築物にセンサ等を設置する場合の利活用の方法やその有用性なども考慮して検討を進めたいと思います。
- 5) 前課題と同様に、他機関と共同研究を結んで検討を進める予定です。それぞれの機関の役割分担や協働体制などを明確にして検討を進めたいと思います。
- 6) 梁端部の損傷検知の方法については、既往の研究や民間の研究開発の情報なども調査し、それらとの違いや優位性を明確にして進めていききたいと思います。
- 7) 研究で得られた成果は、建築研究資料や建築学会等の論文によって、随時、出版、公表していきたいと思います。
- 8) 前課題で得られた研究成果と今後の課題も十分に検討しつつ、本課題の達成目標が着実に実現できるように、検討を進めていききたいと思います。

### 3. 評価結果

- A 新規研究開発課題として、提案の内容に沿って実施すべきである。
- B 新規研究開発課題として、内容を一部修正のうえ実施すべきである。
- C 新規研究開発課題として、実施すべきでない。