

「既存鉄筋コンクリート造建築物の地震後継続使用のための耐震性評価手法の開発」(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

我が国の既存建築物においては、1981年以前、すなわち旧耐震基準により建設された公共建築物(特に学校校舎)を中心として耐震診断・補強が広く実施されており、平成27年度までに住宅および特定建築物の耐震化率を90%以上とすること目標に向かって様々な施策が実行されている。また、それらの設計体系は耐震安全性を確保する方法として広く社会に定着している。

2011年に発生した東日本大震災による震動被害では、過去の震災被害事例同様、現行基準で設計された建築物や現行基準に照らして耐震補強された建築物の倒壊は確認されていない。しかしながら、設計時に考慮していない部位が大きく損傷し、地震後継続使用できない建築物が散見され、現行基準の要求レベルを確保するだけでは、地震後の建築物の継続使用性は必ずしも確保されないことも明らかとなった。そこで2013年度より重点研究課題「庁舎・避難施設等の地震後の継続使用性評価手法の構築」として、地震後の継続使用が強く求められる庁舎および避難施設(RC造置き屋根体育館)の建物用途を対象に、また部位は地震被害が顕著であったRC造非耐力壁、RC柱と鉄骨屋根接合部、RC杭基礎を対象に絞って実施し、地震後の継続使用性を確保するための設計体系の基礎部分を確立するため、以下の検討を実施してきた。

1. 地震後継続使用性を確保するための要求性能の提案
2. 地震後継続使用性を判断する部位の損傷評価技術の開発
3. 地震後継続使用性を確保するための建築物の耐震設計と耐震性能評価手法の検討

以上より、新築建築物に対する設計では、構造部材の断面を要求性能に応じて設計できることから、その設計法の道筋や実現可能性はおおよそ示すことができたため、2016年度からは、新耐震以降に建設された既存建築物を対象として、地震後の継続使用性評価技術開発のため、以下の検討を実施した。

1. 地震後の継続使用性に資する建築物の耐震性評価手法の検討
2. 地震後の継続使用性に資する部位の耐震性能評価手法および継続使用性向上耐震技術の開発
3. 被災建築物の地震後継続使用性を迅速に判定技術のための基礎検討

以上の項目を実施したことで、新耐震以降に設計された既存建築物に対する地震後の継続使用性を確保するための基礎部分は概ね構築できたことから、今後はこれらの技術を用いて実用化に資する検討として、建築物の地震後継続使用のための耐震性評価手法の開発が必要である。

2) 前課題における成果との関係

本研究課題は平成28年度から3カ年実施してきた「既存建築物の地震後継続使用のための耐震性評価技術の開発」の後継課題である。以下に各検討項目における成果の概要を示す。

① 熊本地震で被災した建築物における地震後継続使用性評価の分析：

新耐震設計ならびに耐震補強された既存建築物を対象として、地震発生前および後における時点の地震後の建築物の継続使用性評価手法の構築を目的として、特に2016年4月に発生した熊本地震で被災した建築物を対象

とした検討を実施した。

熊本地震で被災した庁舎の継続使用性の状況やその判断に関するヒアリングを実施した結果、地震後における建築物の部分的な応急措置や使用禁止エリアなどを許容した形で継続使用性が確保されている事例が多く、かつ、非構造部材の損傷レベルは構造部材のそれより許容される程度が大きい。このことは前の重点研究課題で提案した、地震後の継続使用性を判定する性能レベルは、活動上重要なエリアとそれ以外のエリアに区分して、それぞれの許容損傷レベルに応じて決定することの妥当性を示すものであることを確認した。

さらには、熊本地震による既存建築物の被害要因分析として、各種構造（RC造、鉄骨造、木造、非構造、基礎構造、地震入力）について現地で被災調査等を実施し、被害要因分析結果を建築研究資料として取り纏めた。さらには、現行基準に適合しているRC造建築物で大破の要因となっているピロティ形式構造の柱および壁梁部材、純ラーメン架構における柱梁接合部に加えて、既製コンクリート杭については、地震後の継続使用性を確保するために評価や補強が必要になる場合があることを明らかにした。

また既存建築物の地震後継続使用性評価手法の構築に向けた準備作業として、2018年に示された国交省の防災拠点ガイドラインの原案作成に協力し、本検討で得られている知見のいくつかを提供し、社会実装に貢献した。

② 既存建築物の地震後継続使用性を確保する技術開発：

①の検討で明らかになった既製コンクリート杭を用いた検討として、大きな軸力が作用した際の既製コンクリート杭において現行の学会指針で想定する破壊モードと異なる破壊モードが存在すること、杭体の曲げ降伏後の靱性能は極めて小さいことを明らかにした。一方、実大規模の部分架構実験により杭頭接合面における降伏機構を用いた靱性能確保の可能性やパイルキャップ部分における合理的高密配筋による高靱性能化を図れる可能性があることを示した。

③ 既存中高層建築物の地震後継続使用性を確保するための耐震改修工法の技術開発：

地震時における損傷が顕在化している中高層RC造非構造壁を対象として、超高強度繊維コンクリートプレキャスト壁を用いた耐震補強工法を提案し、接着面要素実験、袖壁付き柱の部材実験および架構実験結果に基づき、耐震補強設計を実施するために必要な補強された部材の剛性および強度評価方法や圧縮応力の大きくなる位置のパネル形状を変化させることで靱性能を大きく改善できることを示した。さらには本補強を実施した場合の架構の挙動を評価するための解析的検討を行い、部材や架構のモデル化として必要となる技術資料を収集した。

④ 被災建築物の地震後継続使用性判定に資するツールに関する基礎検討：

建築物の地震後の損傷評価を行うにあたり、建築研究所の本館（SRC造耐震構造）をモデル化し、過去の強震観測結果と比較し、地震時に損傷する階や部材の特定を行った。さらに共同研究相手であるJAXAの研究開発推進棟（免震構造）を多質点系でモデル化し、地震時の応答挙動の把握を行った。上記の検討に基づき、加速度計による強震観測と衛星情報を用いた連携方法について取り纏め、SIPで実施する計画を取り纏めた。

地震時の部位の損傷を判定する個別ツールの開発として、地上型3次元レーザースキャナーを用いた建物の損傷評価システムの構築に向け、以下の知見を得た。

- ・袖壁付き柱試験体に対して浮きや剥落の損傷性状を計測し、それが点密度によって計測値が異なる程度を確認するとともに、通常目視により評価される結果との整合性を確認した。その結果、浮き剥落と言った局所的な損傷を評価するのに必要な点密度を明らかにした。

- ・熊本で杭基礎が被災し上部構造物が傾斜した建築物を対象に計測を実施した。現地調査では特定の箇所の傾斜角を既存の計測手法（下げ振りをを用いた計測）で別途計測し、両者を比較したところ、レーザースキャナーの計測結果は実被害を精度よく評価できていることを示した。さらに建物の床上面を計測した結果を用いて床の鉛直方向の変位分布を示し、より詳細な損傷性状の把握が可能であることを示した。

- ・端島において最も老朽化している30号棟を対象に過去2年間の劣化性状の比較を行い、点群計測データの活用方法を示した。

(2) 研究開発の概要

本研究課題では、新耐震以降の既存建築物の地震後の継続使用性確保に資する検討として、大別して以下2つの項目の検討を目的とする。

- 1) 近年の大地震による被害が顕在化している部位を対象として、地震時における耐震性評価手法を取り纏め、地震後の継続使用性の確保に資する検討を行うこと。
- 2) 被災建築物の迅速な被災状態の判定に資する検討を行うこと。

(3) 達成すべき目標

以下のアウトプットを具体の目標とする

- ① 新耐震以降の既存 RC 造建築物を対象とした大地震時に対する継続使用評価手法・補強設計方法に関する技術資料
- ② 既製コンクリート杭等を用いた基礎構造システムの設計手法に関する技術資料
- ③ 被災建築物の迅速な損傷性状評価手法に関する技術資料

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) 所見

①具体的な体制は不明だが、他機関との連携が予定されており、これらの機関と連携・役割分担して遺漏のないように進めて欲しい。

研究テーマが多岐にわかれており、他の機関とのプロジェクトとの切り分けについては十分に理解できませんでした。それぞれの研究成果を明確に分離した上で、成果の相互活用が望ましいと思います。PRISM や SIP2.0 など、他機関のプロジェクトと重複があると読み取れます。成果については、どちらのプロジェクトに帰するものか明確にすべきと考えます。衛星測位や新たなセンサー技術など、外から新たな技術を取り入れ異分野との共同研究を進めていただけたらと思います。

②熊本地震のように強い揺れに2度以上襲われる場合もあり、継続使用性の判断にはこのことも考慮する必要がある。被災建築物の迅速な損傷性状評価手法において、広範囲に評価できる衛星測位システムを、もっと有効活用できないか？

③計画書に書かれた、「…役立つ技術資料を提示する。」「…速やかな復旧復興に寄与する。」よりもう少し具体的に成果目標が示されているとなお良かったと思います。耐震基準で設計された既存 RC 造建築物の地震後継続使用性確保のための研究開発であるが、その必要性を別途、社会に発信することも重要と考える。

④靱性型基礎構造システムの具体的な仕組みを明確にすること。杭とパイルキャップの境界条件による影響も、今後の課題と考える。杭の損傷と構造物の損傷との関係を明確にして、基礎構造の使用性と安全性に関する限界状態を整理する必要がある。

⑤熊本地震では、新耐震の RC 造ピロティー建物が倒壊していますが、震度 VII 領域ではないと認識しています。益城町の低層住宅被害集中域で予測される大振幅地震動でも、地震後継続使用を念頭においているのかどうか、十分に理解できませんでした。鋼構造建物のように、過大入力に対する検討は、必要ないのでしょうか？

⑥個別の建物の設計に生かしていく課題と、国や県など広域な自治体に向けて提案するための課題が混在している。研究課題と成果の展開の方法をわかりやすく整理しておくのが良い。

参考：建築研究所としての対応内容

(2) 対応内容

所見①に対する回答：これまでの継続課題であるため、それまでに実施してきた所外機関と連携しつつ、適切な役割分担の下で進めたい。また外部機関や外部資金との成果の棲み分けについても前課題同様、

整理して進めたい。

所見②に対する回答：特に研究テーマ3においてご指摘の点を踏まえ、適用範囲を明確にしながら検討を進めたい。また衛星技術の活用はまずは個別の建物損傷評価に活用していく所存である。

所見③に対する回答：得られる研究成果に依存するため現時点での具体的な記載は難しいが、アウトカムとして社会実装を意識して検討を進めたい。

所見④に対する回答：研究テーマ2の検討においてご指摘の意見を踏まえて検討を進めたい。

所見⑤に対する回答：本研究課題では、大地震時における新耐震以降に設計された建築物の継続使用性の検討を実施することが、鉄筋コンクリート構造において優先順位が高く、鉄骨構造とは事情が異なるものと考えている。なお熊本地震における調査結果では、新耐震以降の鉄筋コンクリート造で倒壊した建物は確認されていないため、ご指摘のような倒壊事例があるかについても併せて検討を進めて参りたい。

所見⑥に対する回答：ご指摘を踏まえ、本研究課題では個別建物の評価や設計、被災度判定に活用できる技術に着目した検討を進めて参りたい。一方、広域エリアについての検討は外部資金による検討を進めていく所存である。

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。