

# 「耐震化率向上を目指した普及型耐震改修技術の開発」

## （平成18年度～平成20年度）評価書（中間）

平成20年2月27日（水）

建築研究所研究評価委員会

委員長 松尾 陽

### 1. 研究課題の概要

#### ①背景及び目的・必要性

これまでの耐震補強の多くは、空間的および採光などの環境的利便性を犠牲にして、耐震性能を向上させるケースが多かった。その為、耐震補強のインセンティブはそがれ、特に耐震性能（ $I_s$  値）が低い建築物ほど適切な対策が施されず、そのまま放置されている事が多い。平成15年に国土交通省がまとめた「既存建築物の耐震診断・耐震改修の状況」にあるように、新耐震以前の特定建物のうち、耐震性が確認された建物は民間建築物で4%に過ぎず、民間主導型で耐震化率を上げることが困難である状況が明らかとなっている。木造戸建て住宅に関しては、総数約2450万戸のうち耐震性の不十分なものが約1000万戸あるという推計が国交省から出されている。耐震改修の必要性が叫ばれており、自治体による補助金等の行政的支援もあるが、期待されるほど改修が進まないのが現状である。

国土交通省に設けられた住宅・建築物の地震防災推進会議の提言にもあるように、耐震性の低い建物が大地震時に大きな被害を受けることが懸念されており、人的被害を最小限に食い止めるためには、耐震性能の低い建築物も含めて、耐震性能のみならず空間的、環境的利便性を向上させる耐震補強技術を開発し、住宅・建築物の耐震化率を上げることが急務とされている。また、新潟県中越地震では、旧基準で建設されていた鉄骨造体育館に大きな被害が生じ、災害時の避難拠点としての役割を十分に果たすことができなかった。このような重要度の高い建築物の高性能な耐震補強技術の開発も急務である。一方、これまで建築物の耐震診断や改修に関しては、主として建築物の崩壊防止を目的としており、建築物を支持する基礎や地盤については直接対象とすることは少なかった。しかしながら昨今の地震では、がけ付近などでの地震被害も数多く発生しており、敷地や基礎の診断・補強技術も重要になっている。

そこで本研究では、古くて耐震性能に問題があるような建築物を対象として、建物を耐震補強すると同時にその利便性が改善され、安心して安全な建築空間が実現される安価で、実用性の高い改修技術について検討する。また、重要度の高い建築物の耐震補強技術の検討を行うとともに、鋼材ダンパー等を用いた高性能な補強技術の普及を促進するために、このような補強方法に適した簡易評価法の検討を行う。さらに、ハード技術の開発に加えて、本研究では、耐震改修の普及の阻害要因を調査し、それに基づいて普及促進の方策を検討する。

すなわち本研究は、中央防災会議が掲げた「今後10年間で死者数・経済被害額を半減する」という地震防災戦略の中の大きな柱である「平成27年までに特定建築物の耐震化率を現状の75%から9割とする」という、国土交通省・住宅建築物の地震防災推進会議の提言を推進するために実施されるものである。

#### ②研究開発の概要

1. 耐震改修の普及の阻害要因の調査と、普及促進の方策の検討
2. 建物機能を阻害せず性能向上度が高いRC建築物の高性能耐震改修技術の開発
3. 鋼材ダンパーを用いた高性能な耐震改修技術と評価法の開発
4. ユーザーの視点に立った木造住宅の合理的な耐震補強構法選択システムの開発
5. 敷地・基礎の耐震診断・改修技術の開発

#### ③達成すべき目標

- ・ 耐震改修の阻害要因を踏まえた普及促進戦略
- ・ RC 建造物の耐震改修技術ショーケース（性能向上度が高く建物機能を阻害しないような RC 建造物の高性能耐震改修方法）
- ・ 鋼材ダンパーを用いた耐震改修の簡易性能評価法
- ・ 重要度の高い鋼構造建築物（主に避難所となる体育館）の高性能耐震改修方法
- ・ ユーザーの視点に立った木造住宅の改修構法選択システム
- ・ 戸建て住宅の敷地・基礎の耐震診断・改修技術指針
- ・ 宅地防災のユーザーズマニュアル

#### ④達成状況

##### サブテーマ1) 耐震改修の普及の阻害要因の調査と、普及促進の方策の検討

###### 平成18年度：

- ① 普及の阻害要因と対策の整理  
阻害要因については、A. 費用負担、B. 労力負担、C. 業者・改修効果に対する信頼不足、D. 費用対効果の分かりにくさ、E. 制度面の不足、F. 知識の不足、G. ライフサイクルとの不適合、に分類して整理したものを、各分科会に提示し、今後の研究計画に反映するように依頼した。
- ② 普及方策に関わるアンケート調査  
アンケート調査は、地方自治体毎に組織を持つ各県の建築設計事務所協会に対して実施した。このアンケート調査では、施主と施工者の間に立って耐震補強工事の設計を行っている設計事務所から、耐震補強の実態について意見を集めることによって、阻害要因をより明確に把握することを目的としている。
- ③ 普及方策に関わるヒアリング調査  
ヒアリング調査では、普及促進に向けた独自の取り組みとして「世代継続する地震に強いまちづくり」を推進している田中礼二先生（東北工業大学教授）および耐震安全性の市場評価に関して松本光平先生（明海大学名誉教授）からお話を伺った。

###### 平成19年度：

- ① 耐震改修の普及方策の検討  
民間では経済原理に基づいた PML (Probable Maximum Loss) や BCP (Business Continuity Plan)、戸建住宅では、被害の悲惨さや命の大切さなどをうたえるなど、主体、用途、構造等に応じた耐震改修の普及方策を検討した。(社) 建築業協会の協力により、ゼネコンにおける PML 活用の現状を紹介するシンポジウムの開催を計画している。また、阻害要因の因果関係と普及促進のために必要な具体的な施策・事業を明らかにするために、阻害要因と対策の関係を理論的に整理したロジックモデルの構築を行っている。
- ② 耐震改修の阻害要因と対策のデータベース化  
これまで検討した耐震改修の阻害要因と対策をデータベース化し、建築主の置かれた状況と阻害要因から、適切な対策の選択肢を提供し、その結果として得られる効用やリスクを明らかにする、“人・建物のライフ・シミュレーション” ツールの基本設計を行っている。インターネット上で、震災体験と建物の耐震補強を仮想体験する、ストーリー性のあるものを計画している。

##### サブテーマ2) 建物機能を阻害せず性能向上度が高い RC 建築物の高性能耐震改修技術の開発

###### 平成18年度：

- ① ソフトランディング免震：  
柱破壊後の軸力保持機構を確保し、かつ、免震構造として機能させるために必要な、柱せん断破壊の制御の可能性と軸力バイパス機構への応力伝達評価について実験的に検討を行った。
- ② 超高強度・軽量部材による構面内補強工法：接合部の追加検討：  
間柱補強を対象に、引張とせん断を受ける接合部のディテールを3種類提案し、それぞれについて引張およびせん断性能を実験的に検討した。また、間接接合方法については複合応力下の繰り返し特性を部材試験により確認した。
- ③ 耐震改修技術ショーケース  
技術提案コンペを実施し3機関から6種類の工法について申請があった。今後、公表内容を審査するとともに評価を加え、公表の手続きを取る予定である。

###### 平成19年度：

- ① ソフトランディング免震：  
ピロティ柱の破壊後の軸力保持機構に関する追加検討の実験を実施した。また、全体システムの妥当性に関する技術的な検討を振動台実験と応答解析に基づき実施した。
- ② 超高強度・軽量部材による構面内補強工法：接合部の追加検討：  
接合部の構造性能評価のために引張やせん断性状を確認するための追加実験を実施した。
- ③ 耐震改修技術ショーケース：  
技術提案コンペ応募技術の内容を審査し、公表内容について検討するとともに、評価を行った。その結果を、「耐震改修技術ショーケース」として建築研究開発コンソーシアムのHPにて11月に公開した。

### サブテーマ3) 鋼材ダンパーを用いた高性能な耐震改修技術と評価法の開発

#### 平成18年度：

- ① 鋼材ダンパーを用いた耐震改修の性能評価法と設計法：  
・性能評価法及び設計法に関する解析的検討のためのモデル建物として、4階建RC造学校校舎及び5階建集合住宅を選定し、基礎的な解析（pushover）を行った。  
・ダンパーとRC梁接合部の設計法に関する検討のため、接合部の静的疲労実験の計画を行い、試験体4体を製作した。
- ② 鉄骨造体育館の高性能な耐震改修技術：  
・性能評価法及び設計法に関する解析的検討のためのモデル建物として、下部がRC造である鉄骨造体育館を選定し、基礎的な解析（pushover）を行った。

#### 平成19年度：

- ① 鋼材ダンパーを用いた耐震改修の性能評価法と設計法  
・モデル建物を用いた評価法に関する検討及び鋼材ダンパーを用いた耐震改修の有効性の検討のための地震応答解析の準備として、設計用模擬地震動を作成した。今後、補強建物の時刻歴応答解析を実施する。  
・鋼材ダンパーとRC梁接合部試験体4体について、静的疲労実験を実施した。  
・旧基準のRCフレームを鋼材ダンパーで補強した架構試験体について検討した。架構試験体の破壊モードは、「柱せん断破壊」、「梁端曲げ降伏後ねじれ破壊」、「柱曲げ降伏破壊」の3体を基本とする。今後試験体を作成する予定。
- ② 鉄骨造体育館の高性能な耐震改修技術：  
・質点系解析モデルによる地震応答解析を実施し、既存部分の補修方法を解析パラメーターとして、通常のブレースにより補強する場合とダンパーで補強する場合の地震応答を比較し、ダンパー補強の有効性や設計方法を検討した。

### サブテーマ4) ユーザーの視点に立った木造住宅の合理的な耐震改修構法選択システムの開発

#### 平成18年度：

- ① 合理的な耐震改修構法選択システム：  
耐震改修構法選択システムで考慮すべき住宅特性及びユーザー要求を検討し、その一次案を作成した。また、選択システムの全体像を検討し、定性的選択を行う簡易バージョンから定量的な選択を行う詳細バージョンまでの可能性を提案した。
- ② システム構成に必要な技術的検討  
木造住宅の各種耐震補強構法に関するデータ収集、各構法の住宅特性への適用性について試設計を含めた検討を行った。また、各種補強を行った無筋コンクリート布基礎の曲げ試験及びアンカーボルト引抜試験を行い、補強効果の確認を行った。

#### 平成19年度：

- ① 合理的な耐震改修構法選択システム：  
定量的な選択を行うシステムを中心に、耐震改修構法選択システムの骨格となる構法選択手順のアルゴリズム作成に着手した。
- ② システム構成に必要な技術的検討  
住宅特性・ユーザー要求に対する構法選択時の判断基準の整理として、各種耐震改修構法について、建物の単位床面積及び評価向上点1点当たりのコストを算出し基礎資料とした。また、各種構法の建物側の制約条件についても精査中。  
補強構法の不足分野として基礎の補強構法について追加試験の計画案を策定中。
- ③ 耐震補強コンペの実施

木造分科会内にコンペ実行チームを組織して、コンペの内容案を作成し、木造分科会に諮り、基本的な方向について承認を得た。

## サブテーマ5) 敷地・基礎の耐震診断・改修技術の開発

### 平成18年度：

- ① 敷地・基礎の耐震診断、耐震改修技術の開発：
  - 1) 技術指針及びマニュアルの構成・内容等の検討  
目次構成案（資料編を含む）を作成した。
  - 2) 神戸・鳥取・新潟など全国各地の液状化による被災地における地盤調査  
各地で表面波探査による地盤調査を実施し、敷地の診断法としての利用方法を検討した。
  - 3) 玄界島・横浜市など擁壁の損傷及び健全性に関する実地調査  
損傷を受けやすい擁壁の特徴などを把握した。
  - 4) 擁壁の診断・改修技術に関する資料収集及び検討  
診断・改修事例を収集し、現在の知見をとりまとめた
  - 5) 切盛図の作成方法の検討  
公開されているプログラムを利用して切盛図を作成する手法を検討し、切盛図を作成した。
  - 6) 擁壁や土留めの設計・施工に関する資料収集  
擁壁の施工状況や被害に関する写真などを収集した
  - 7) 擁壁の振動実験に関する計画立案  
防災研にて実施する振動実験の試験体や試験方法の検討を実施した。
  - 8) その他  
がけ地における杭基礎の設計法などについて検討した。

### 平成19年度：

- ① 擁壁の損傷及び健全性に関する実地調査  
能登半島地震、新潟県中越沖地震による擁壁の被害調査を実施。  
首都圏の既存擁壁の実態調査を実施中（上野、赤羽地域は実施済み）。
- ② 表面波探査による宅地の耐震性能評価に関する調査  
液状化判定や切盛評価に関する現地調査を実施中。  
能登半島地震、新潟県中越沖地震による液状化被害地域での表面波探査を実施。
- ③ 実大擁壁の振動台実験の実施  
（独）防災科学技術研究所の振動台を使用したブロック擁壁（空積み及び練積み）の比較破壊実験を実施。
- ④ 基礎及び擁壁の診断・改修技術に関する事例収集  
診断技術、改修技術、事例等の収集・分析を実施中。

## 2. 研究評価委員会（分科会）の所見とその対応（担当分科会名：**構造分科会**）

### ① 所見

- 1) 耐震改修の技術開発は重要であるが、市民がそれぞれの住まいを完全なものにしようとする気持ちになることの方がさらに重要である。耐震改修促進法などがあるが、さらに有効な方法を考えだして欲しい。
- 2) WG方式で活動しているが、分科会の成果が耐震化率向上に繋がるというストーリーが見えない。
- 3) 耐震改修技術のショーケース化で民間技術の活用を積極的に働きかけて欲しい。
- 4) 全体にテーマが多岐に渡っているので、第2期中期計画に当たって全体としての調整が必要と思う。
- 5) 簡易な木造耐震補強を期待する。
- 6) 戸建て住宅の耐震改修は、比較的築年が少ない使用価値が高い住宅を改修する本格的手法に加え、老朽化しているが高い改修費用負担を負担できない住宅用に、応急的補強を行う手法も研究し、対策の一貫とすべきである。
- 7) 成果の活用方法は、テーマ毎に関連団体と連携されたい。

## ②対応内容

- 1) 普及促進分科会において、市民の気持ちに訴えかける方策とその有効性について引き続き検討を行い、有効な方策を提案していきたい。
- 2) 耐震化率向上のために必要な研究課題は構造分野ごとに状況が異なるため、分科会ごとの活動目標を定めて研究を実施しているため、それぞれが耐震化率向上に必要な課題であると認識している。ただし、これら技術の普及方策も合わせて検討が必要であるため、各分科会を横断するような位置づけで普及促進分科会を組織し、検討している。これらをより有機的に機能させていきたい。
- 3) 追加公募を行い、民間技術の活用を積極的に働きかけていきたい。
- 4) 個々のサブテーマの進捗を把握し、最終成果に到達するための予算とスケジュールを再確認していきたい。
- 5)、6) 簡易な耐震補強についても情報提供を行いたい。これについては、耐震補強コンペにて、さまざまな耐震補強技術が提案されることに期待している。
- 7) 成果の活用方法については、テーマ毎に関連団体と連携して行きたい。

## 3. 全体委員会における所見

非常に重要な課題であり、耐震改修技術の普及及び耐震化率の向上を目指して研究を進めて欲しい。

## 4. 評価結果

レ	1 新規研究開発課題として、提案どおり実施すべきである。
	2 新規研究開発課題として、研究評価委員会の意見に留意して実施すべきである。
	3 継続研究開発課題として、修正の上実施すべきである。
	4 継続研究開発課題として、大幅な見直しを要する。