

# 災害拠点建築物の機能継続技術の開発

Development of function sustaining technologies for buildings used for disaster management  
(研究期間 平成 25～28 年度)

建築研究部 Building Department	部長 澤地 孝男 Head Takao SAWACHI	建築災害対策研究官 石原 晃彦 Research Coordinator for Disaster Mitigation of Building Akihiko ISHIHARA
	建築品質研究官 小山 信 Research Coordinator for Quality Control of Building Koyama SHINN	
基準認証システム研究室 Standards and Accreditation System Division	室長 成田 潤也 Head Zyunnya NARITA	主任研究官 喜々津 仁密 Senior Researcher Hitomitsu KIKITSU
	主任研究官 岩田 善裕 Senior Researcher Yoshihiro IWATA	研究官 平山 鉄也 Researcher Tetsuya HIRAYAMA
	研究員 石田 裕士 Research Engineer Yuzi ISHIDA	
構造基準研究室 Structural Standards Division	室長 森田 高市 Head Kouichi MORITA	主任研究官 諏訪田 晴彦 Senior Researcher Haruhiko SUWADA
	主任研究官 柏 尚稔 Senior Researcher Hisatoshi KASHIWA	
設備基準研究室 Equipment Standards Division	室長 平光 厚雄 Head Atsuo HIRAMITSU	主任研究官 山口 秀樹 Senior Researcher Hideki YAMAGUCHI
評価システム研究室 Evaluation System Division	主任研究官 脇山 善夫 Senior Researcher Yoshio WAKIYAMA	

The Great East Japan Earthquake which occurred in 2011 caused tremendous damage to many buildings. Especially, some of them couldn't maintain the function as the disaster base originally expected. Given this fact, we developed mainly six techniques in order to contribute to the function sustaining for buildings used for disaster management and merged the results of this researches into the guideline.

## 〔研究目的及び経緯〕

平成 23 年に発生した東日本大震災においては、自治体庁舎も被災する中で、地震の揺れによる倒壊・崩壊は免れたものの、津波による大きな被害や非構造材の著しい損傷により建築物の使用が困難となるものが発生した。これにより、本来期待されていた災害応急対策の拠点としての機能を継続することが不可能になる事例が見られた。このことを契機とし、また、平成 24 年に茨城県つくば市等で発生した竜巻、平成 28 年の熊本地震による建築物被害も考慮し、平成 25 年度から 4 年間にわたり総合技術開発プロジェクトとして「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」を実施してきた。

本研究の目的は、技術的提案により、(南海トラフ巨大地震、首都直下型地震等の)大規模災害発災時においても拠点機能(災害情報の収集・分析や災害応急対策の指示機能)を継続できる性能を有する災害拠点建築物の普及に資することである。またこれにより、大規模災害時の迅速・適切な応急対策の展開を建築技術

面から下支えし、早期避難や人命救助・被害の拡大防止、迅速な復旧に寄与することもねらいである。

## 〔研究内容〕

### 1. 壁を活用した損傷制御設計法の開発

袖壁・腰壁・垂れ壁を活用して強度と剛性を高め、大地震時の建築物の被災度を軽微に留める設計法を開発した。

### 2. 非共振天井材の開発

水平力抵抗部材を用いて天井材の脱落防止を図ると共に天井裏利用の自由度を高めるシステムを開発した。

### 3. 外壁材脱落を考慮した耐津波設計法の開発

実大の外壁材を用いた構造実験や水理模型実験を通して、津波襲来時に外壁材を脱落させることで津波による波力を低減する設計法を開発した。

### 4. 低抗力型設計法の開発

建築物の形状や柱配置に配慮した低抗力型建築物モデルを用いた水理模型実験や、水路幅に関する実験、

解析等を通じて、直接的に津波による波力を低減する検討手法を示した。

## 5. 飛来物対策評価法の開発

飛来物等に対する外装材の耐衝撃性能を評価する方法について試験方法をまとめると共に、外装材衝撃試験装置を用いた実験を行い、外装材の対飛来物衝撃性能の適切な評価方法を開発した。

## 6. 建築設備の機能維持技術の検討

被災地や先進事例等を含めて幅広く調査を行い、災害拠点建築物として必要な設備の計画設計手法を検討した。

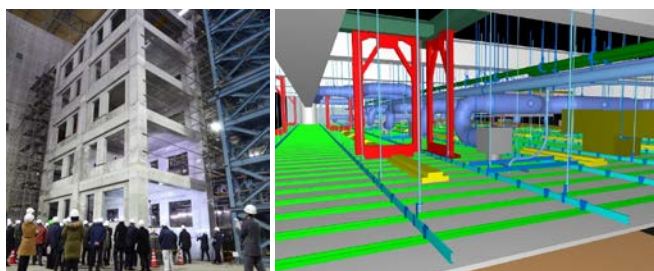
### 【研究成果】

#### (1) 壁を活用した損傷制御設計法の開発

実大5層鉄筋コンクリート造建築物の載荷実験（写真-1）や、袖壁・腰壁つき柱部材実験、袖壁活用型架構の試設計を実施し、通常ではスリットで切り離される袖壁・腰壁・垂れ壁（開口部周りの壁）等の部材を構造壁として活用し設計する方法を開発した。この設計法では、高いコストをかけずに架構の剛性を高めることで災害時の最大級の荷重・外力に対しても層間変形角を一定の範囲にとどめ、柱梁接合部や非構造部材の損傷を低減することができる。

#### (2) 非共振天井材の開発

特に東日本大震災において落下の事例が多数見られた吊り天井に関して、天井裏に多くの斜め部材を設置して地震時に天井に生じる慣性力を伝達する従来の方法ではなく、慣性力を水平力抵抗部材で受け構造躯体に伝えることで、天井裏の部材を減らし、設備配管等天井裏利用の自由度を高める方法を開発した（写真-2）。



（左）写真-1 実大5層RC造建築物の載荷実験

（右）写真-2 水平力抵抗部材を設置した天井裏のイメージ

#### (3) 外壁材脱落を考慮した耐津波設計法の開発

東日本大震災において津波被害を受けた一部の鉄骨造建築物の中には、低層階の外壁材が流出したものの構造躯体は大きな損傷を免れ残存した例があった。このような事例を踏まえ、外壁材の脱落による津波波力低減効果に関する実験（写真-3）を実施し、外壁材脱落を考慮した耐津波設計法を開発した。

#### (4) 低抗力型設計法の開発

低抗力型建築物モデルに対して、様々な条件の津波を作用させ、津波荷重に関する実験データを取得する水理模型実験（写真-4）を実施し、水平波力・鉛直波力の低減効果等を検証した。これらの成果を踏まえ、津波荷重低減効果に関する技術的知見を整理し耐津波設計の方法や標準的な水理実験方法を提案した。



（左）写真-3 水圧で外壁材を破壊させる水理実験

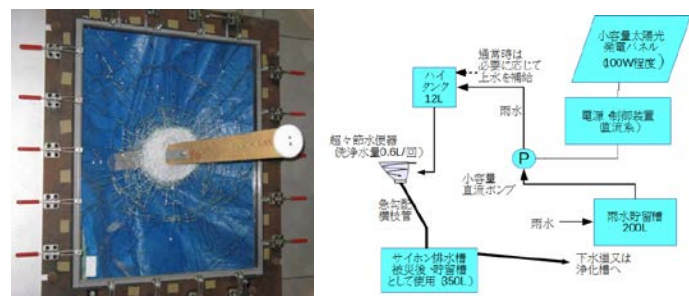
（右）写真-4 低抗力型モデルでの水理実験

#### (5) 飛来物対策評価法の開発

飛来物による衝撃を受ける外装材について、国内外の試験法や評価法に関する規基準や調査研究事例を整理し加撃体の仕様を決め、外壁や開口部を対象とした衝撃試験を実施した（写真-5）。また、検討結果を元に要求性能等を整理し、外装材の耐衝撃性能の試験法・評価法を提案した。

#### (6) 建築設備の機能維持技術の検討

東日本大震災被災自治体等へのヒアリング調査、災害拠点建築物に有用な設備技術の情報収集（図-1等）、防災設備の現行法制度内で可能な事項の検討、インフラフリー型設備システムの事例収集等を通して、ライフライン途絶に対応した対策や機能継続のための運用・管理技術等について整理した。



（左）写真-5 飛来物衝撃試験の試験体

（右）図-1 雨水を活用する防災型超々節水システム

（戸建て住宅用）

### 【成果の活用】

研究の総括的な成果物として「災害拠点建築物の設計ガイドライン（案）」をとりまとめ、地方自治体の防災・建築担当部局の他、民間企業や設計者が、災害拠点建築物等の計画・設計に当たり参照することができるように国総研HPに公開した。同ガイドラインには、開発した要素技術を適用し、異なる立地条件を想定した災害拠点建築物の設計例も添付した。

# 熊本地震における被災建築物応急危険度判定に関する調査

Research on the postearthquake quick inspection of damaged buildings after the 2016 Kumamoto Earthquake

(研究期間 平成 28 年度)

建築研究部

Building Department

建築災害対策研究官

Research Coordinator for Disaster Mitigation of Building

研究官

Researcher

石原 晃彦

Akihiko ISHIHARA

平山 鉄也

Tetsuya HIRAYAMA

After the 2016 Kumamoto Earthquake, the postearthquake quick inspection of damaged buildings conducted for the first time in Kumamoto Prefecture. We investigated and organized the results of this inspection in Mashiki Town in particular. This research will be useful to consider improving efficiency in the quick inspection system of damaged buildings in other regions in Japan.

## 〔研究目的及び経緯〕

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震の被災地となった熊本県においては、県内で初めてとなる被災建築物応急危険度判定が実施された。

本研究では、今後、国内の他の地域においても発災時に同様に実施される可能性のある応急危険度判定作業の効率化・迅速化に資することを目的として、判定の実施状況を調査し、判定作業や判定方法、推進方法等に関する実地的なポイントを抽出し傾向を整理・分析した。

## 〔研究内容〕

### 1. 被災建築物応急危険度判定マニュアルの概要と情報の整理

応急危険度判定士の教本となる「被災建築物応急危険度判定マニュアル」及び調査票について、特に判定方法や判定上の留意事項を中心に概要と特徴を整理し、以下 2.、3. における分析に繋げた。

### 2. 応急危険度判定の結果と総合判定に関する整理・分析

平成 28 年（2016 年）熊本地震において特に甚大な被害を受けた熊本県益城町で実施された応急危険度判定の調査票の情報を元、総合判定の結果について要因の整理と分析を行った。

### 3. 応急危険度判定調査票におけるコメント内容に関する整理・分析

益城町で実施された応急危険度判定の結果について、調査票に書かれたコメントに注目して整理を行い、調査項目や総合判定とコメントとの関係を分析した。

## 〔研究成果〕

### (1) 被災建築物応急危険度判定マニュアルの概要と情

## 報の整理

「被災建築物応急危険度判定マニュアル」について、判定方法の仕組みを整理し、要点を明らかにした。調査票については、項目とデータ化（電子化）の際の情報内容との対応について整理した。

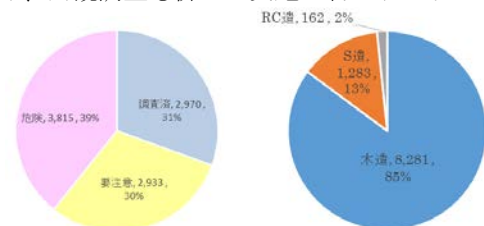
なお、熊本県 HP において公開されている県全体での応急危険度判定の実施状況について、簡単な整理を行った。熊本県内での全市町村における判定結果の集計では、調査済 40%、要注意 33%、危険 27%となる。

### (2) 応急危険度判定の結果と総合判定に関する整理・分析

熊本県から提供を受けた平成 28 年（2016 年）熊本地震における益城町の被災建築物応急危険度判定の調査票に関する電子データを元に整理を行った。なお、総数は 9729 棟であるが、以下の記述では整理の都合上総数が必ずしも一致しないことがある（未記入や明らかな誤入力等を除き整理しているため）。

#### 1) 基本情報

各総合判定の割合を図-2、構造種別の割合を図-3 に示す。木造の構造形式については、約 95%が在来軸組構法、用途については約 82%が戸建て専用住宅で占められていた。また、調査方法については外観のみ実施が約 82%、内観調査も併せて実施が約 18%であった。



(左) 図-1 総数と総合判定

(右) 図-2 総数と構造種別

#### 2) 総合判定結果の判定要因

特に地震による被害が大きかった益城町の木造建築



物に着目し、総合判定とその他の情報との関係整理を行った。

総合判定の結果と、その判定の要因となった調査種別（調査1：一見して危険と判定される、調査2：隣接建築物・周辺地盤等及び構造躯体に関する危険度、調査3：落下危険物・転倒危険物に関する危険度）との関係は図-3のようになる。

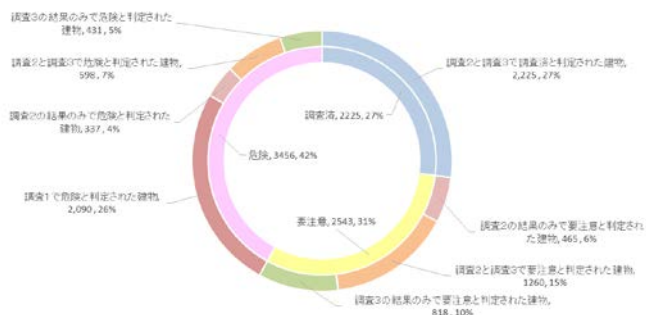


図-3 総合判定と調査種別

また、要注意及び危険の場合においてその要因が当該建築物によるものであるか、それ以外によるものであるかを整理したところ、図-4の様な結果となった。

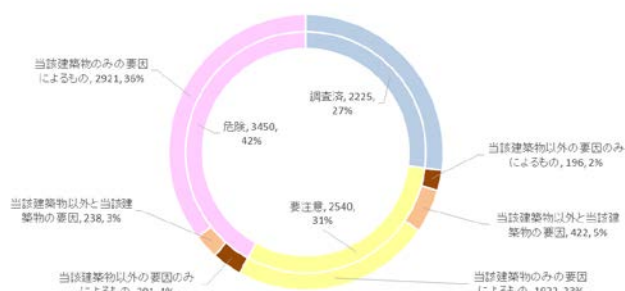


図-4 総合判定と要因（当該建築物・以外）

### 3) 建築物用途・階数と総合判定

木造建築物に関し、建築物の用途と総合判定結果の関係では、倉庫の危険判定が約70%と高かった。

また、建築物の階数と総合判定結果については特段の相関は見られなかったが、2階建てよりも平屋建ての方が危険判定された割合が多かった。これについては、要因の調査種別に極端な差はないものの平屋建ての方が調査1で危険と判定された割合が1割程大きく、また調査3（瓦等の落下に関する危険度）が低いことも影響しているとみられた。なお階数と用途の関係を整理すると、平屋建ての危険判定が多いことには平屋建ての倉庫の危険判定が多いことも影響していると分かり、戸建て専用住宅だけで見れば2階建ての方が危険判定の割合は高いという結果であった。

### 4) 判定結果と調査者によるコメント

木造建築物に関し、総合判定及び調査種別とコメント有無の関係については、図-5のようになった。基本的

には90%以上の割合でコメントが付されていることが分かる。なお、調査1については判定項目1（建築物全体又は一部の崩壊・落階）におけるコメント有りの割合が約70%であり他判定項目に比して低かった。



図-5 総合判定の要因（調査種別）とコメント有無（棟数）

### (3) 応急危険度判定調査票におけるコメント内容に関する整理・分析

益城町における木造建築物の判定結果を対象とし、まず、要注意及び危険判定について調査項目（調査種別の判断の元となる複数の判定項目のこと）ごとのコメント有無の割合を調べた。最も低い調査項目においても約93%、他はほぼ95%以上の割合でコメント有となった。加えて、調査項目ごとにキーワードを設定した上でそれらの有無の割合を調べることも行った。

また、コメント有りのものについて、コメントのスタイルとして、部位の説明、事象の説明、危険説明又は注意説明が含まれているかでスタイル分類を行い整理した。総合判定が要注意のものについては図-6、危険については図-7のようになった。

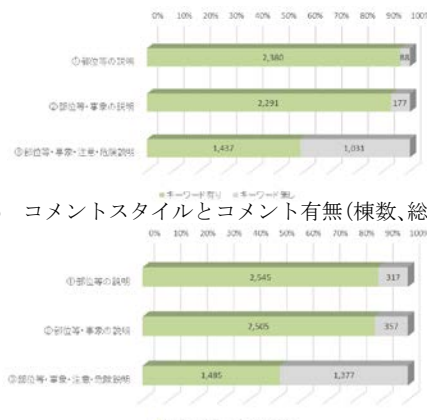


図-6 コメントスタイルとコメント有無（棟数、総合判定要注意）

図-7 コメントスタイルとコメント有無（棟数、総合判定危険）

なお、コメント有りのものについて「注意」又は「危険」のキーワード有無を調べると、総合判定が要注意と危険のいずれも約60%にキーワードが含まれることが分かった。また、「外観調査のみ実施」コメントの有無は、調査済で約60%、要注意で約15%が有りとなった。

### 【成果の活用】

今後の大規模災害時における、円滑・適切な応急危険度判定の運用や結果の整理等の参考となる。

## 木造住宅の簡易な性能評価法の開発

Development of simple performance evaluation method for wooden houses

建築研究部 基準認証システム研究室

(研究期間 平成 28～30 年度)  
室 長 成田 潤也  
主任研究官 中川 貴文

### **[研究目的及び経緯]**

現在、良質な住宅の普及のために住宅性能表示制度が設けられており、本制度の普及をより一層促進することが求められている。しかしながら、性能表示制度の必須項目の一つとなっている耐震等級取得には構造計算が必要であり、戸建て住宅生産を担っている中小工務店にとっては大きなハードルとなっている。同制度の普及にあたっては、木造住宅の簡易な性能評価法の整備が必要である。本研究では、木造住宅の生産時の図面等も情報から構造性能評価を容易に行うことができる支援手法を整備し、木造住宅の性能表示の推進等に資する研究開発を行う。

平成 28 年度は、木造住宅の加工に用いる三次元 CAD から出力したファイルから構造解析ソフトへ変換できる手法の構築・改良を行った。また、実大の木造躯体の振動台実験を実施し、終局挙動の確認を行った。研究成果を受けて、国総研が HP で公開している構造解析ソフトに新たに部材等の強度データの設定機能を追加し、平成 28 年 10 月から公開を開始した。また、本課題の研究成果に関する公開カンファレンスを東京、広島、名古屋、埼玉で実施した。

# 巨大地震に対する中低層建築物の地震被害軽減技術に関する研究

Study on seismic damage reduction technologies for middle low-rise buildings from great earthquakes

(研究期間 平成 26～28 年度)

建築研究部 構造基準研究室  
Building Research Department  
Structural Standards Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
主任研究官  
Senior Researcher

森田 高市  
Koichi MORITA  
諏訪田 晴彦  
Haruhiko SUWADA  
柏 尚稔  
Hisatoshi KASHIWA

In the 2011 off the pacific coast of Tohoku earthquake, serious damage in secondary reinforced wall like wing wall, spandrel wall and hanging wall and in piles was observed in the buildings which did not collapse. Such buildings secured human lives, but could not maintain continuities. In this study, reducing damage technology for secondary reinforced wall and seismic design technology for pile to great earthquakes are proposed.

## 〔研究目的及び経緯〕

巨大地震による被災からの迅速な復興という観点から、巨大地震後においても建築物の継続利用を可能とする範囲に被害を軽減できる耐震技術の確立が求められている。巨大地震に対し建築物を完全に無損傷に留めることはコスト面で不合理であるが、地震後の修復性を考慮した上で損傷を一定水準内に許容する設計を実施できれば、建設コストをそれほど上昇させることなく、地震後に建物利用者の速やかな社会活動の復帰を可能とする建築物を実現できる。本研究では、建築物の多くを占める中低層建築物を対象に、効率的に中低層建築物の地震被害を軽減させる耐震技術の研究を行う。

## 〔研究内容〕

中低層建築物の地震後の継続利用を損ねる代表的な被害パターンとしては、2011 年東北地方太平洋沖地震等での過去の被害事例の分析から、鉄筋コンクリート造の袖壁、腰壁、垂れ壁等の二次壁のせん断ひび割れと杭の被害による建築物の傾斜が挙げられている。そこで、本研究では、鉄筋コンクリート造における二次壁の損傷抑制技術と大地震に対する杭設計の耐震設計技術について研究を行った。

## 〔研究成果〕

### 1. 鉄筋コンクリート造における二次壁の損傷抑制技術

近年の大地震では、図 1 に示したように柱、梁の損傷は軽微であるが、二次壁に大きな損傷が生じて取り壊しとなったり、継続使用が困難となる事例が数多く報告されている。現状では、これを避けるために構造スリットを設けて躯体と切り離す方法がとられているが、この場合、剛性や強度の確保に有効な二次壁をあえて活用しないことになる。本研究では、スリットを設けず二次壁による剛性や強度を確保しつつ、損傷を軽減できる方法として、ひび割れ抵抗性に優れた繊維補強コンクリート（以下、FRC）を二次壁に利用する技術に着目し、実大部材実験および地震応答解析を実施して損傷低減効果を検証した。

実大部材実験から得られた復元力特性を用いて 5 階建てモデル建物（板状集合住宅）の地震応答解析を行った結果では、最大層間変形角が概ね 0.5%程度となった。写真 1 は、実大部材実験における層間変形角が



図 1 東日本大震災での被害例（※柱、梁の被害は軽微であるが、取り壊しとなっている）



写真1 実大部材実験における層間変形角0.5%時の損傷状態

0.5%時の損傷程度を示したものであるが、本実験では、ほとんどのひび割れが補修を要しない0.3mm以下のひび割れに収まっていることが確認され、FRCのひび割れ抵抗性が二次壁の損傷を抑制し、地震後の継続使用性確保に有効であることが明らかとなった。

これらの検討結果に基づき、材料に求められる品質確保のための評価基準および構造性能を発揮させるための評価基準（案）を作成した。

## 2. 大地震に対する杭設計の耐震設計技術

### 2.1 建築における杭基礎の設計

近年頻発している大地震では、建築物の基礎構造が被害を受け、上部構造が健全であっても建物の機能性が著しく損なわれた事例が数多く報告されている。現状として、建築分野では杭基礎に対しては大地震における性能照査を義務付けていないが、避難等を鑑みると、地震後に建物の機能性を確保することは極めて重要であり、杭基礎においても大地震に対する耐震設計を実施することが望ましい。図2に示すように、大地震に対する杭基礎の耐震設計では、地震外力として、上部構造慣性力に起因する杭頭せん断力と地盤応答に起因する地盤変位を考える。この中で、杭頭に作用する上部構造地下部分の水平震度（以下、地下震度とい

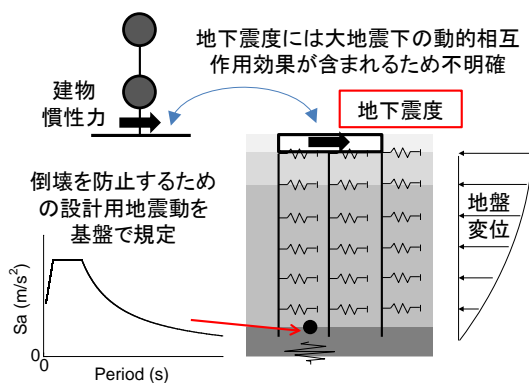


図2 大地震に対する杭基礎設計の概要

う）に関しては実証研究例が少なく、根拠のある設計用外力を設定するに至っていない。このような背景を受けて、杭基礎模型建物の遠心場振動実験を実施し建築物の地下震度評価のための基礎データを収集した。

### 2.2 建築における杭基礎の設計

写真2に示すように、約 $2.0 \times 0.8 \times 0.5$ mのせん断土槽に杭基礎模型を設置し、漸増振幅で地震波の連続加振を実施した。実験パラメータは基礎の埋込み深さと地盤剛性である。図3に地表面の最大加速度に対する基礎の最大応答加速度の関係を示す。中小地震に相当する加振では地表面の加速度 $\approx$ 基礎の応答加速度となっているが、大地震では地表面の加速度 $>$ 基礎の応答加速度となっており、大地震に対しては地下震度の合理的な設定が望まれる。

#### 【成果の活用】

二次壁の損傷抑制技術に関しては、建物の継続使用性を確保するためのFRC二次壁の品質や構造性能に対する評価基準として、大臣認定の取得等に活用される。

大地震に対する杭設計の耐震設計技術に関しては、建物の継続使用性を確保するために要求される地震外力の合理的な設定法に活用される。

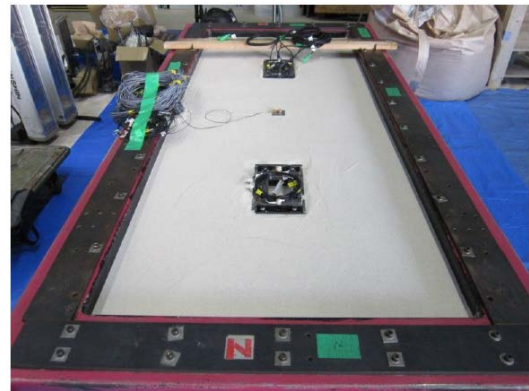


写真2 遠心場振動実験用模型地盤

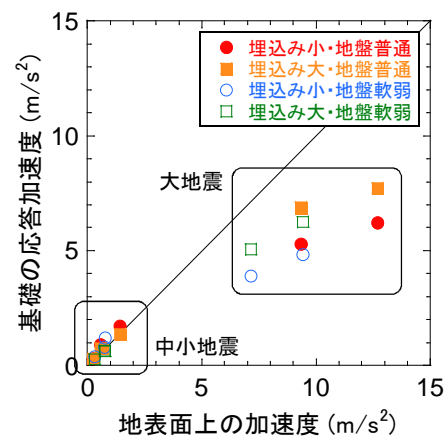


図3 地表面加速度と基礎の応答加速度



# 住宅の経年劣化・瑕疵等の要因分析と対処法の検討

Study on the degradation factor of wooden houses and its remedy.

(研究期間 平成 27～28 年度)

建築研究部 構造基準研究室  
Building Department  
Structural standards Division

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室  
Housing Department  
Housing Stock Management Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
主任研究官  
Senior Researcher

森田 高市  
Kouichi MORITA  
宮村 雅史  
Masashi MIYAMURA  
西田 和生  
Kazuo NISHIDA

The subject of the materials covers evaluation of rain penetration, condensation, and deterioration risks, recommended construction method of external envelope, and propagation and conveyance of necessary information.

## 〔研究目的及び経緯〕

我が国の旧来の木造住宅は、雨仕舞の所作を中心とした比較的開放的な外皮構成を持ち、環境共生的な生活様式も手伝って躯体や各部の木材は保存されやすい環境にあった。近年、戸建て住宅の構法や形態は著しく変化し、軒の出や庇の少ない壁面、陸屋根や一体型バルコニーの採用など、防水への依存度が高い閉鎖的な外皮構成が一般化している。また、品確法の制定や長期優良住宅普及促進による省エネルギー性能や構造耐力性能の向上は、同時に外皮の高気密化や透湿抵抗の増大を伴い、浸入雨水や内部結露水、その他の水分の滞留による木部の劣化リスクが従前に比べて高まっている。このため、建設後数年など極めて早期に著しい劣化を引き起こす事例が増え、問題となっている。

本研究の一環として、2011 年度から 2015 年度までの 5 年間、共同研究「木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究」を実施した。共同研究では、戸建ての木造住宅を対象として、耐久性を損なう各種の劣化要因を調査・研究し、建物外皮の設計・施工方法について検討・分析・提案するとともに、各種の構法や材料・部材の耐久性に関する評価方法を提案した。最終的には設計・施工者だけでなく、住まい手自らが適切な外皮構造・仕様を選択し、住まいの安全・安心および資産価値を確保することを可能にするための情報として整備することを目標としている。

## 〔研究成果〕

本研究の概要を以下に示す。

### 1) 木造住宅外皮の設計施工に起因する不具合事例集

木造住宅外皮各部に生じている不具合の事例は、木造住宅の設計・施工における劣化リスクの所在を確認し、劣化発生状況を理解する上で貴重な情報源である。

このため、木造住宅外皮における不具合の発生傾向と原因を整理するとともに、屋根、外壁、バルコニー基礎・床下の各部位で、発生している不具合事例を収集して、不具合の状況、発生要因、対応および制御に関する考察を加えた事例調査シートに整理し、これらを住まい手の耐久性に関する関心を高め、作り手の劣化抑制への意識向上に有用な資料として取りまとめた。

### 2) 木造住宅の水分に起因する劣化リスク分析

木造住宅の早期劣化と外皮構造の関連の実態、および背景としての設計・施工体制に関わる情報収集に基づいて、主として水分に起因する木造住宅の劣化リスクを高める要因の分類と抽出を行い、要因毎に想定される現象と必要な対応について解説を記述した。

### 3) 木造住宅外皮における雨水浸入リスクの評価手法

住宅内に使用されている木部の雨水に由来する劣化のリスク予測に不可欠な、外皮各部からの雨水浸入量および浸水頻度の定量的把握を可能にするため、浸水外力としての外皮面が受ける雨水の量および外装材表裏に生ずる圧力差を明らかにした。また、風雨を受ける外皮面上の目地、取り合い間隙、ひび割れ等の連続した間隙から外皮内に浸入する水量を推定する一般的な方法を提案するとともに、いくつかの具体的外皮構造を対象として浸水量を評価した事例を提示した。

### 4) 木造住宅の外皮木部の水分履歴に応じた腐朽危険度予測手法

木部の劣化事象のうち主として腐朽について取り上げ、腐朽と他の生物劣化との相違について概説し、木



材そのものが持つ耐久性（耐朽性・耐蟻性）の特徴とその評価方法、木造住宅の耐久性確保における木材保存について位置づけ、さらに、木材保存剤が外皮構成部材へ与える影響などの懸案事項を示した。また、木材中の水分が腐朽を律速し且つ制御可能な因子であることから、木材の吸水異方性に関する考察するとともに、外皮木部の水分履歴に応じて木部の腐朽危険度を予測する方法とその適用例を示し、外皮内における水分制御の重要性とリスク評価に関する知見について述べた。

#### 5) ラスモルタル外壁の構造耐力に及ぼす接合部の耐久性評価方法（案）

木造住宅のラスモルタル外壁を対象として、水分に起因するラス、ステーブル、釘などの接合部の耐久性に関する実験を行い、「ラス・ステーブルの劣化を考慮した耐久性評価方法（案）」および「木材の含水率を考慮したラス下地材等の留付強度評価方法（案）」を提案し、実験の概要および評価手法の考え方を記述した。

#### 6) 外皮構造の異業種施工取り合い部の標準工程と施工要領（案）

外皮における異業種取り合い部に多く発生している不具合事例から、異業種取り合い部の納まり別工程と必要材工数を調査し、従来の職能区分で施工した場合の問題を検証した。検証結果から異業種取り合い部における職能の多能工化に焦点を置き、不具合発生防止上有効な標準工程と施工要領を策定した。更に適正な多能工育成による不具合抑制と施工合理化策を提案した。

#### 7) 通気下地屋根構法の設計施工要領（案）

屋根葺き材と下葺き材の間に通気空間を確保することにより、通常の下地構法に比して、高い防水信頼性を有し、かつ長期間屋根下地部材および小屋組部材の劣化抑制が可能な屋根葺き下地を構成する屋根葺き構法の確立を目指し、実大屋根における施工実験、屋根試験体の暴露試験を実施した。併せて各部納まりおよび施工方法について検討し、その結果に基づいて、通気下地屋根構法の設計施工要領（案）を提案した。

#### 8) 木造住宅外壁の劣化対策重点部位の推奨納まり図（案）

これまでの調査により、木造住宅外壁で最も漏水リスクの高い部位であることが明らかになっている「開口部取り合い部（乾式外壁、湿式外壁）」「屋根取り合い部」「バルコニー（手すり壁、排水等）」の現状の納まりについて、劣化要因の分析を行うとともに、劣化リスクを明確にするため各種の実験を行い、これらの結果に基づいて劣化対策上望ましい納まりを検討し、推奨納まり図（案）として提示した。

#### 9) 真壁木造外壁の防水設計施工基準（案）

真壁構造外壁の特性、性能評価における課題、採用の現状、既往の知見等を整理・分析したうえで、伝統土壁構法、モルタル真壁直張り構法およびモルタル真壁通気構法を対象に、木部－外壁取合い部の防水性に関して、アンケート調査、ヒアリングおよび散水実験等を行い、その結果に基づき、真壁木造外壁の防水設計施工基準（案）を提案した。

#### 10) 木造住宅外皮の換気・通気計画ガイドライン（案）

現在の木造住宅外皮構造に求められる耐震性、省エネルギー性、防水性、防耐火性等の性能を満たしつつ雨水浸入や結露による木材の水分劣化リスクを軽減し耐久性を維持・向上するため、外皮内の換気・通気は極めて重要であるが、小屋裏、床下空間を除き明確な基準が示されていない。このため、外壁、バルコニーなどを含め、住宅外皮全体において確保すべき通気経路を明確にするとともに、各経路において適用し得る換気口のディテールについて検討し、それらをガイドラインとしてまとめた。

#### 11) 住まい手のための木造住宅外皮維持保全の手引き

住まい手に建物の耐久性を確保する上で外皮構造を維持保全していくことが重要であることを啓発する資料の作成を目的に、主要な外皮構造仕様の経年変化を整理するとともに、外皮仕様選定における LCC 的評価の重要性を示す資料を実態調査に基づき作成した。また、外皮構造の維持保全に不可欠な点検・モニタリングについて、その具体的方法や実施上の留意点について整理し、最後に建物の耐久性を損なわない住まい方に関する主要な注意点をまとめた。

#### 12) 住宅の耐久性向上のための外皮構造と仕様選択の手引き

外皮構造・仕様に関わる情報伝達不足や初期費用削減の優先が、住宅の耐久性向上のための適切な外皮構造と仕様選択を阻んでいる実態・背景を示すとともに、最終的に建築費用を負担する住宅取得予定者（住まい手）を主たる対象にして、木造住宅の外皮構造および構成部材に関する基本情報を分かりやすく提示し、各種の仕様を適切に選択・評価する際に利用するための各種のシートを提案した。また、それらの目的や使用方法について解説した。

#### 〔成果の活用〕

本研究により得られた成果は、住宅品質確保促進法、住宅瑕疵担保履行法および設計施工基準、関係学会や関係業界に対して、設計・施工の際の技術資料になり得るものと思われる。本成果の具体的な内容は、国総研資料として公表される予定である。

## 熊本地震火災の調査分析による被害拡大防止要因に関する研究

Analysis on the Fires Following Kumamoto Earthquake and their Damage Mitigation Factors

建築研究部 防火基準研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)  
室 長 竹谷 修一  
主任研究官 水上 点晴  
樋本 圭佑

### 【研究目的及び経緯】

木造家屋が大半を占める日本では、過去、大地震の際に市街地火災へと発展することが多い。地震時は、建築物の倒壊や道路の寸断により消防隊の到着が遅れる他、消火栓などの消防設備の破損や同時多発火災により通常期待できる消防力が得られないことが大きな要因と考えられる。2016 年熊本地震では幸い市街地火災へと至らなかったが、現行規制の有効性や改善点を示すエビデンスとして提示するためには、過去の調査も含めた個別の火災事例について更なる分析が必要である。

本年度は、熊本地震による非構造部材の被害が火災安全性に与える影響について、玄関扉の閉鎖障害に焦点を当てた検討を行った。その他の特筆すべき火災事例における延焼要因として、糸魚川火災屋根の飛び火現象、および埼玉倉庫火災における防火シャッターの閉鎖障害の状況について分析を行った。また過去の市街地火災において被害が拡大した事例として 1995 年兵庫県南部地震を取り上げ、これまでに整備されてきた建物 GIS データベースに火災範囲の時系列拡大データを追加して、建物間延焼要因の分析を行えるようにした。

## 防火集団規定の性能評価に関する基礎的研究

A Preliminary Study on the Performance-based Evaluation of Building-to-Building Fire Spread

建築研究部 防火基準研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)  
室 長 林 吉彦  
主任研究官 樋本 圭佑  
鈴木 淳一  
水上 点晴

### 【研究目的及び経緯】

市街地火災の被害発生防止の観点からは、例えば建築物の開口部など、特定の部位の性能を重点的に強化させる防火手法も考えられる。しかし、防火地域・準防火地域においては、全ての主要構造部に対して一律に防耐火性能を要求しており、設計の自由度が狭められている。このため、各部位の防耐火性能を加味した形で建築物の延焼危険性を評価できるようにすることで、防火集団規定の性能的な読み替えを行えるようにする必要がある。

本年度は、防火集団規定を読み解いて想定すべき火災シナリオを設定し、建築物の延焼リスクを確率的に評価する手法を開発した。また、延焼リスクを比較することで、要求性能の同等性を検証するための条件式を整備した。さらに、本手法を用いたケーススタディとして、内部構造を木造とした場合に外皮に要求される性能を評価した。

**防火・避難規定等の合理化による既存建物活用に資する技術開発**

Technical Development for the Effective Utilization of Existing Buildings by Rational Regulations on Fire Safety and Evacuation and Others

		(研究期間 平成 28～32 年度)	
建築研究部	防火基準研究室	室 長	林 吉彦
		主任研究官	鈴木 淳一
		主任研究官	樋本 圭佑
		主任研究官	水上 点晴
		主任研究官	吉岡 英樹
建築研究部	材料・部材基準研究室	室 長	竹谷 修一
都市研究部	都市防災研究室	室 長	勝又 済
都市研究部	都市開発研究室	室 長	木内 望
都市研究部	都市計画研究室	室 長	平光 厚雄
建築研究部	設備基準研究室		

**[研究目的及び経緯]**

歴史的建築物を含めて既存建築物を用途変更や改修で有効活用し、地域活性化や観光振興の核とするため、防火・避難規定や立地規制の合理化による既存建築物の用途変更や改修の円滑化が求められている。本研究では、建築物の防火・避難規定や立地規制の合理化に向け、調査、実験等を行い、法令改正に係る技術基準案、ガイドライン案を作成する。

本年度は、防火・避難規定全般の性能規定化に向け、避難時間の合理的な算出方法、規制の根幹となる用途区分の再整理、大規模木造建築物や市街地建築物に求められる性能の明確化、代替措置等について調査、検討を行った。また、建築物の立地規制について、特定行政庁における特例許可の運用実態、近年多様化しつつある新用途の実態、用途の市街地環境影響の評価方法等について調査、検討を行った。

# フランキングを考慮した床衝撃音予測精度の向上に関する研究

## Study on improvement of the floor impact sound prediction precision in consideration of flanking transmission

(研究期間 平成 26～28 年度)

建築研究部 設備基準研究室  
Building Department  
Equipment Standards Division

室長  
Head

平光 厚雄  
Atsuo HIRAMITSU

The Act for Promotion of Use of Wood in Public Buildings was enforced in 2010. A public building in a low layer is supposed to attempt making to timber construction by this act. It is expected that the building such as apartment houses comes to be made from wooden construction. Among the objections and the troubles of houses in Japan, the sound insulation performance is one of the most serious issues, especially floor impact sound. In the meantime, the floor impact sound insulation of timber construction is generally lower than of concrete construction. A purpose of this study is the improvement of the floor impact sound prediction precision in consideration of flanking transmission. Moreover, CLT (Cross Laminated Timber), which had been used in Europe, was standardized by JAS in 2014. However, we have little knowledge about sound insulation of CLT. Therefore, we built a 3-story CLT model building for experiments and investigated the floor impact sound insulation.

### 〔研究目的及び経緯〕

集合住宅におけるクレームやトラブル等の相談事例をみると、遮音性能に関連する事項が多くみられる。その中でも、特に重量床衝撃音に関する内容が大半となっている<sup>1)</sup>。また、居住者へのアンケート調査においても、音環境に対する満足度が低くなっていた<sup>2)</sup>。これは、集合住宅の床衝撃音遮断性能が向上しているものの、居住者の問題意識や要求性能が高くなったことなどが考えられる。

また、平成 22 年 10 月に公布された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」により、低層の公共建築物については、原則としてすべて木造化を図ることとなった。それに伴い、集合住宅等の一般の建築物についても、木造化の波及効果が期待されている。しかしながら、一般に木造建築物の音環境性能（特に、床衝撃音遮断性能）は、コンクリート構造の建築物と比較すると低くなっている。そのため、木造建築物の増加に伴い、床衝撃音が問題となると考えられる。この問題に対し、木造建築物の床衝撃音遮断性能向上が必要となるとともに、建物設計時からの精度の高い床衝撃音遮断性能の予測が求められる。

床衝撃音の発生概念図について図-1 に示す。コンクリート構造と比較して軽量の床構造である木造建築物では、上階で衝撃加振された音は天井面から放射される音が主であるが、振動が伝搬して壁から放射される迂回路伝搬音（フランキング）の影響も大きくなる。そのため、床衝撃音遮断性能の精度の高い予測を行う

為には、フランキングを考慮する必要がある。これまで、床衝撃音遮断性能の向上に関する検討では、床断面仕様のみを変更した検討を行ってきたが<sup>3)</sup>等、フランキングの影響の考慮した性能向上や予測手法の検討はほとんど行われていない。これは、木造建築物における床面と壁面の接合部（junction）が工法により多種に渡るためである。

以上のような背景から、木造建築物を中心とした床衝撃音遮断性能の精度の高い予測手法にはフランキングを考慮することが重要であると考えられる。

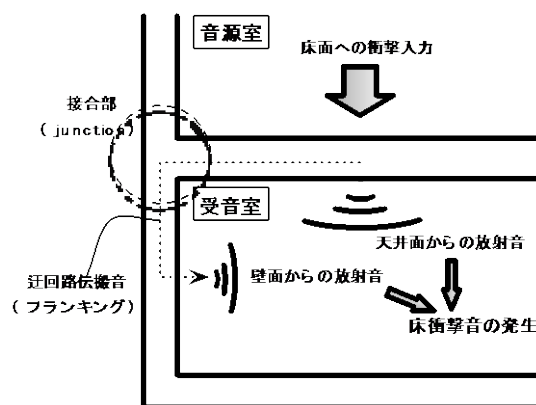


図-1 床衝撃音の発生概念図

### 〔研究内容〕

#### 1. 木造建築物の調査

木造建築物の断面仕様および床面と壁面の接合部（junction）と床衝撃音遮断性能の測定データは整備



されているとはいえない。そこで、文献調査等により、性能の把握を実施する。

## 2. CLT パネルの模型実験

木造建築物の内、平成 25 年に JAS として公布された CLT（直交集成板）に関する検討を中心に行う。床衝撃音遮断性能については、駆動点インピーダンス変化による推察できるため、駆動点インピーダンスの測定を行う。さらには、フランキングの影響を低減させる緩衝材の効果も確認する。

## 3. 3 階建て CLT 実験建物による実験

3 階建て CLT 実験建物を対象とした実験を実施する。2、3 階の床は 150mm 厚の CLT（5 層 5 プライ）、各壁は 90mm 厚の CLT（3 層 3 プライ）となっており、表-1 に示すように、緩衝材（ポリウレタンエラストマー（PUR）発泡体）、天井、乾式二重床構造などの床断面仕様を変更して、床衝撃音遮断性能の測定を実施する。

表-1 試験体一覧

No.	緩衝材	1 階・2 階天井	2 階・3 階の床仕様	
			乾式二重床	アスファルトシート
0	無	無	無	—
1	A（2 階壁-2 階床）	無	無	—
2	B（2 階壁-2 階床）	無	無	—
3	B（3 階床-2 階壁）	無	無	—
4	無	有	無	—
5	無	無	有	無
6	無	無	有	1 枚
7	無	無	有	2 枚
8	無	有	有	無
9	無	有	有	1 枚
10	無	有	有	2 枚

## 【研究成果】

### (1) 木造建築物の調査

論文・報告書等で公表されている、木造建築物の音環境性能について文献調査を実施した。その結果、音環境性能の内、戸建などの小規模木造建築物の床衝撃音遮断性能の測定事例はあるものの、大規模木造建築物の測定はほとんどなかったが、断面仕様別に床衝撃音遮断性能の整理を行った。

### (2) CLT パネルの模型実験

図-2 に 150mm 厚のコンクリートスラブと CLT パネルの駆動点インピーダンスの測定結果例を示す。両者を比較すると、概ね 20～30dB 程度の差があるため、床衝撃音対策には衝撃入力を低減できる乾式二重床構造の施工、躯体の質量、剛性を増加させる材料の挿入、防音天井や緩衝材の設置が必要であると考えられた。

さらには、床衝撃時の壁からの放射音低減のために、床面と壁面に緩衝材を使用することで、効果があることが確認できた。

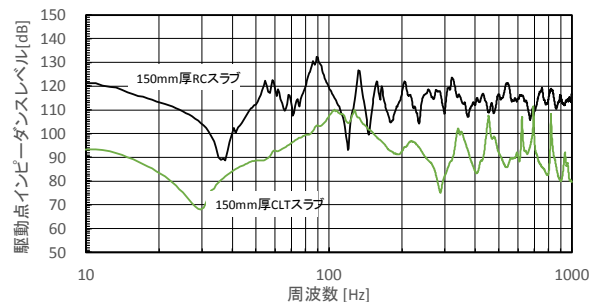


図-2 150mm 厚のコンクリートスラブと CLT パネルの駆動点インピーダンス測定例

### (3) 3 階建て CLT 実験建物による実験

試験体に施工したそれぞれの仕様の効果をみるために、試験体 0 に対する効果を図-3 に示す。これを見ると、緩衝材は床下と壁面に挟むことで、63Hz 帯域で下室壁面の振動が減衰しフランキングの影響が小さくなり、5dB 程度の低減が可能であることを明らかにし、床衝撃音遮断性能の予測向上に資することができた。さらには、天井は全帯域で 5dB 程度、乾式二重床構造は、重量、軽量床衝撃音遮断性能の向上が確認できた。

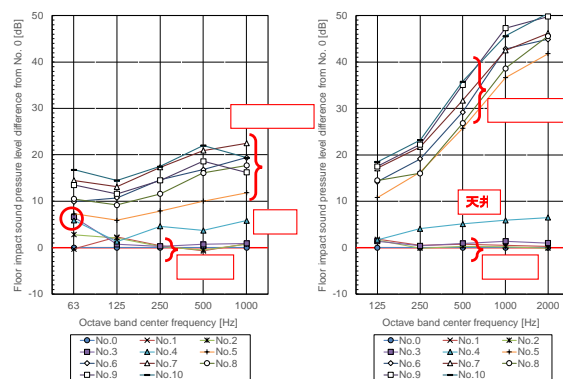


図-3 床衝撃音レベル差算出結果例

（左：ゴムボール衝撃源、右：タッピングマシン）

## 【成果の活用】

フランキングを考慮することにより、床衝撃音遮断性能の予測精度が向上されるだけでなく、正確な予測により、床衝撃音遮断性能の向上が可能となる。その結果、居住者の満足度が向上されることが考えられる。

## 【参考文献】

- 1) (財)住宅リフォーム・紛争処理支援センター：相談統計年報 2008（2000 年度～2007 年度の相談集計・分析，2008
- 2) 平光厚雄：床衝撃音遮断性能の評価基準と性能向上に関する研究，日本大学大学院理工学研究科博士後期課程建築学専攻，2013.1
- 3) Atsuo Hiramitsu: Effect of ceiling specification on floor impact sound insulation of wood-frame construction, Proceedings of Inter-Noise2012, 2012.8

## 室用途に応じた照明システムの明るさ性能評価法に関する基礎研究

Brightness performance evaluation method of lighting system according to room use

(研究期間 平成 28～29 年度)

建築研究部 設備基準研究室

主任研究官 山口 秀樹

### [研究目的及び経緯]

建築空間の視的快適性を向上する手法として「明るさ感」に基づく照明設備の設計・評価が注目されている。従来指標である水平面照度では明るさ感の評価には十分ではなく、壁面等の鉛直面の光量に基づく評価が必要となる。鉛直面の光量は、室内仕様（内装反射率、照明配置等）と照明器具仕様（配光特性、保守率等）により大きく異なるため、これらの仕様から照明システムの明るさ性能を評価・予測する必要がある。そこで本研究では、(1)既存の明るさ感評価手法の整理および評価・予測のための共通入力仕様の抽出、(2)室内仕様も含めた照明システムの明るさ性能評価・予測法の開発と室用途に応じた適切な明るさの検討、の2つを主として検討を行うこととしている。

本年度は、主に(1)の既存の評価手法の調査を行い、様々に提案されている手法ごとに評価対象空間の適用範囲について整理を行った。整理した内容については、2017 年 2 月に建築学会のシンポジウムにて情報公開を行った。

## 大地震後における音環境性能向上技術の開発

Development of sound insulation performance improvement technology after the major earthquake

(研究期間 平成 28～29 年度)

建築研究部 設備基準研究室

室 長 平光 厚雄  
主任研究官 山口 秀樹

### [研究目的及び経緯]

東日本大震災や熊本地震のような大地震後でも、避難所、仮設住宅において最低限の生活環境を構築する技術の検討が必要となっている。そこで本研究課題では、音環境性能について着目し、避難所や仮設住宅での居住性向上技術に関する技術開発を行うことを目的としている。研究内容としては、①避難所での実態の文献調査および音環境とプライバシーの両方を考慮したパーティションの開発と運用方法の検討、②応急仮設住宅のスペックおよび実性能に関する文献調査および建築基準法第 85 条の仮設建築物に規定されている応急仮設住宅の性能向上に関する検討、の2つを主として検討を行うこととしている。

本年度は、震災時の避難所等における音環境に関する課題検討のために、過去の震災において開設された避難所等において、音環境性能が問題となった事例について、文献等の資料を収集し、整理を行った。さらには、震災時の避難所に設置するパーティション検討のため、各種建築材料の吸音率に関する文献等の資料を収集した。

# 高流動コンクリートによる建築物の品質確保

Quality Assurance of Buildings with High Fluidity Concrete

建築研究部 材料部材基準研究室

(研究期間 平成 28～29 年度)

室 長 古賀 純子

主任研究官 土屋 直子

建築新技術統括研究官 鹿毛 忠継

## 〔研究目的及び経緯〕

建築分野において、高流動コンクリートは、国土交通大臣の認定（法 37 条および H12 建告第 1446 号に基づく大臣認定）が必要ではあるが、免震基礎や鋼管充填コンクリート（CFT）など締固め作業が困難な部位・部材あるいは過密配筋対策、作業省人化・効率化のための使用実績が増加している。そのため、本研究は、増粘剤含有高性能 AE 減水剤（一液タイプ）（以下、VSP）を用いた低粉体系（高水セメント比・普通強度）の高流動コンクリートの標準化のための性能評価方法と使用規準等を検討し、当該コンクリートの普及とこれらを用いた建築物の品質確保を実現することを目的としている。本年度は、骨材条件を一定とした比較的材料分離が生じやすいと考えられる調合条件の下で、スランプフローおよび J リングフロー試験を行い、これらの試験指標である PJ 値および B 値の評価基準の有効性の確認とともに、強度区分（呼び強度）の設定に関するデータの収集を行った。