

## 8 建築研究部

### 災害拠点建築物の機能継続技術の開発

Development of functional continuance technology for disaster preparedness facilities' structure

(研究期間 平成 25～28 年度)

建築研究部	部 長	澤地 孝男
	建築新技術統括研究官	奥田 泰雄
	建築災害対策研究官	石原 晃彦
建築研究部 基準認証システム研究室	室 長	呉 祐一郎
	主任研究官	岩田 善裕
	主任研究官	壁谷澤 寿一
建築研究部 評価システム研究室	室 長	井上 波彦
	主任研究官	脇山 善夫
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〕

本研究は、東日本大震災等の被害を踏まえ、応急・復旧活動等の拠点となる建築物が、災害直後から機能を継続するための技術開発等を行うことを目的とする。本年度実施した4つの技術開発項目等の検討経緯は、以下のとおりである。

(1) 低抗力津波避難ビルの開発については、形状・柱配置に配慮した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実験を実施し、水平波力・鉛直波力の低減効果等を検証した。(2) 非共振天井材の開発については、昨年度に構造実験を実施した吊り天井を災害拠点となる庁舎建築物の最上階に設置した場合を想定した試設計を行うとともに、災害拠点建築物における天井設計の考え方について取りまとめた。(3) 壁を活用した損傷制御設計法の開発については、架構に付帯する袖壁に加えて垂れ壁や腰壁等の通常ではスリットで切り離される部材を構造壁として設計し活用することで、高いコストをかけずに強度と剛性を高め、大地震時の建築物の被災度を軽微に留める設計法について実大5階建て鉄筋コンクリート造建築物の静的載荷実験を行い、検証した。(4) 災害拠点における設備システムの機能継続技術に関する検討については、平成26年度までの検討を踏まえ、「災害拠点における設備システムの計画・設計・運用ガイドライン」の骨子作成、被災後の機能要求に対応した設備システムの維持・運用管理手法に関する文献収集・分析、ヒヤリング調査等を実施した。

# 構造物の崩壊荷重に基づく津波荷重の評価法に関する研究

A Study on evaluation method of tsunami Load based on the collapsing load of the structures

(研究期間 平成 25~27 年度)

建築研究部 基準認証システム研究室  
評価システム研究室

Building Department  
Standards and Accreditation System Division  
Evaluation System Division

主任研究官

Senior Researcher  
室長

Head

壁谷澤 寿一

Toshikazu KABEYASAWA

井上 波彦

Namihiko INOUE

The hydraulic test and the static loading test is carried out on the 1/20 scaled reinforced concrete standing wall specimens in order to evaluate the nonlinear response of the structure under the wave load. The different overturning moment strength is given by the position of the tensile rebar, while the specimen has identical shape. The strong specimen shows elastic response, and the weak specimen overturned by the identical tsunami wave load. The standard specimen deformed, but restore its original position after the yielding of the tensile rebar.

## [研究目的及び経緯]

従来の水理模型実験では荷重計や波圧計による荷重計測が一般的であり、波力によって建築構造物が崩壊する場合の津波荷重についてほとんど検証されていない。したがって、どの程度の津波荷重と継続時間が構造物を倒壊に至らしめるのかについて実験的なデータはほとんど得られていないといえる。そこで、本研究では鉄筋コンクリート造模型試験体を用いて水理破壊実験および静的載荷実験を実施し、実験および解析に基づいて崩壊する建築構造物に作用する津波荷重の評価法の精度を水理破壊実験より検証するものである。

## [研究内容]

本研究では3種類合計6体の鉄筋コンクリート造試験体について静的載荷実験および水理実験を実施した。いずれの試験体も高さ700mm、幅800mm、厚さ120mmの壁状構造物である。試験体平面図および立面図を図1に示す。試験体はモルタルおよび極細径鉄筋( $\phi 2$ )により製作した。実験では津波により転倒崩壊が生ずる鉄筋コンクリート造建築物を模擬しており、試験体は引張鉄筋の降伏により波力および静的外力に対して全体転倒が生じるように計画した。

試験体は外周および底面の壁厚は50mmとした。3種類の試験体では外形は同一であるが、2本の定着された引張鉄筋の配筋位置のみを変えて、異なる転倒抵抗耐力を与えている。引張鉄筋のコンクリート圧縮縁からの距離は、高強度試験体では110mm、標準強度試験体では60mm、低強度試験体で35mmである。計測装置等を含めた試験体質量は97kgである。

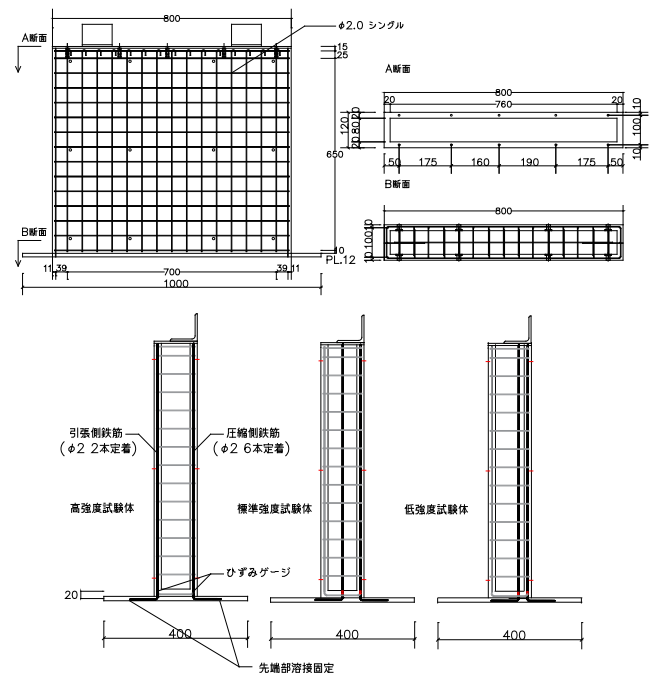


図1 試験体 平面および断面配筋図

水理実験では試験体設置前に通過波検定試験を行った。検定時の最大浸水深は0.206m、最大流速と最大浸水深に基づくフルード数は2.13であり、浸水深に対する津波荷重としては上限を与える流速値となっている。図2に水平波力による転倒モーメントと自重および浮力を含んだ転倒抵抗耐力を比較した。通過波浸水深に相当する水位(0.20m)ではいずれの試験体においても津波波力は転倒耐力を超過していない。堰上げを伴う水位が0.50mを超過すると静水圧が低強度試験体の転

倒耐力に達し、試験体高さに達すると静水圧が高強度試験体の転倒耐力に達している。また、既往の研究で津波波力が上限に達すると指摘されている通過波浸水深の3倍に相当する静水圧は標準強度試験体の転倒耐力と概ね一致している。

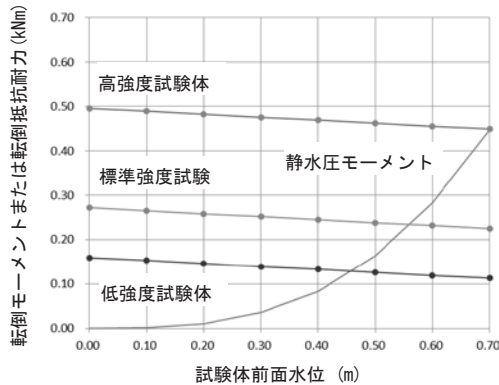


図2 転倒モーメントと転倒抵抗耐力の比較

[研究成果]

いずれの試験体の水理実験においても堰上げにより波は試験体頂部を越流した。高強度試験体では試験体底面と鋼板間の不陸に伴うわずかな弾性変形が見られた。一方、低強度試験体では引張側鉄筋が伸びて転倒し、最終的にはすべての鉄筋が破断して元位置から0.3 m程度離れた位置で横倒しの状態となった。標準強度試験体では明らかに引張側鉄筋が伸びて降伏し、試験体頂部に大きな応答変形が観察されたものの、試験体前面の水位の低下に伴って変形前の状態に戻る現象が見られた。水理実験後に試験体の引張側底部と鋼板には間隙が確認された。上記のように水理実験において試験体はそれぞれの転倒抵抗耐力に応じて、(1)弾性変形、(2)塑性応答後復元、(3)転倒破壊と異なる損傷状況を示しており、構造物の保有耐力と被災に明確な相関関係があることが実験的に検証された。

図3に各試験体の作用する転倒モーメントと引張鉄筋歪の時刻歴応答波形を示す。波先端部の衝撃的は波力については瞬間的ではあるが、転倒モーメント最大値をやや下回る程度の最大荷重が計測されている。しかしながら、衝撃的な荷重に対しては試験体の引張鉄筋の歪はほとんど反応しておらず、継続時間の長い後続波に対して大きな歪値が計測された。したがって、鉄筋の塑性化を伴う被害形態では波力が十分な継続時間を有することが必要となることが明らかになった。

図4に試験体前面水位と転倒モーメントの関係を示す。また、同図には比較のため補剛試験体における履歴曲線と水位相当の静水圧分布から算定される転倒モーメント算定値についても重ねて示した。試験体前面

の水位が0.6m程度までは静水圧にと波圧積分による転倒モーメントは概ね一致しているが、0.6m以上では転倒モーメントが概ね頭打ちとなっている。これは既往の研究において作用荷重の上限として指摘されている通過波浸水深の3倍に相当していた。

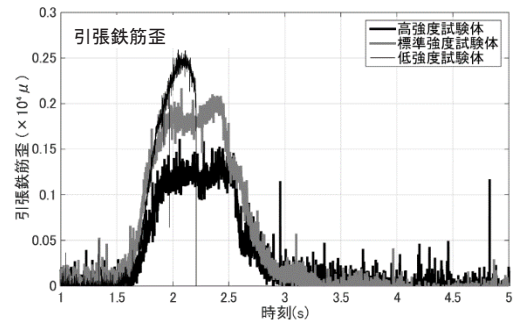
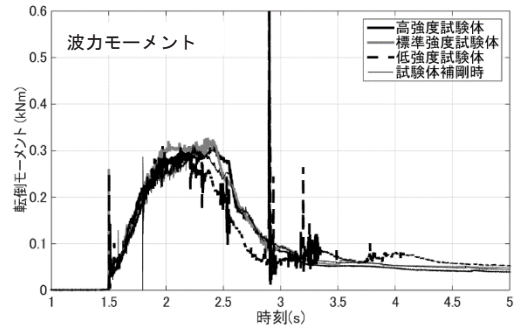


図3 水理実験時の時刻歴応答波形

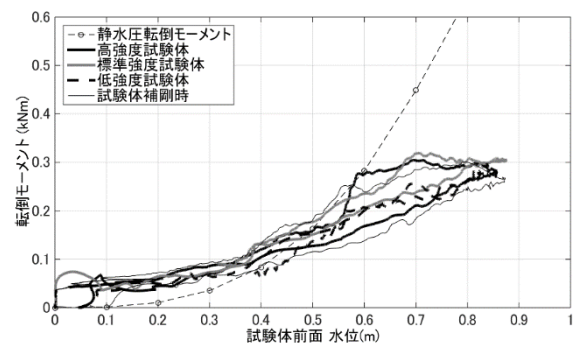


図4 水理実験時の水位モーメント関係の比較

[成果の活用]

本研究より、(1)構造物の保有耐力と波力に対する挙動に相関があること(2)構造物に作用する津波荷重が浸水深の3倍を上限としていること(3)衝撃的な波力について構造物の塑性化に与える影響は限定的であることがわかった。今後、さらなる検証を行い、津波避難ビル等の構造上の要件等に反映されることで、津波避難ビル等の実務設計に対する一助になると考える。

# 建築物等の維持管理段階における基準認証システムに関する研究

Research on standards and accreditation system of building, elevator equipment, amusement facilities etc. in the maintenance stage

(研究期間 平成 26～27 年度)

建築研究部 基準認証システム研究室	室 長	呉 祐一郎
Building Department Standards and Accreditation System Division	Head	Yuuichirou GO
	主任研究官	岩田 善裕
	Senior Researcher	Yoshihiro IWATA
	主任研究官	壁谷澤 寿一
	Senior Researcher	Toshikazu KABEYAZAWA
	招へい研究員	野村 之三
	Visiting Researcher	Yukizou NOMURA

In this study , we examined a review to improve safety more about the periodical inspection and reports system, as standards and accreditation system in the maintenance stages such as an elevator and amusement facilities, based on Building Standard Act, the legal inspection once in from six months to one year is a required system.

## 〔研究目的及び経緯〕

本研究においては、昇降機、遊戯施設等の維持管理段階における基準認証システムとして、建築基準法に基づき維持管理段階におおむね6ヶ月から1年に1回の法定検査が義務付けられている定期報告制度について、より安全性を向上させるための見直し等について検討を実施した。

昇降機、遊戯施設については、2006年から2007年にかけて、東京都港区におけるエレベーター死亡事故や大阪の遊園地におけるコースター死亡事故など重大事故の発生が相次いだことから、検査項目、検査方法及び結果の判定基準について2008年に告示が新たに制定された。この施行から5年以上が経過したことから、現場の実態、意見等を踏まえた定期検査業務の適正化を図っていくことが求められている。

このため、最近の事故事例、検査現場の実態・意見の把握や、国内外における制度や実施体制等に関する調査を行い、それらの実情を踏まえた業務基準の見直しに必要となる基準原案の作成を目的として検討を行った。

## 〔研究内容〕

有識者、関係機関、本省担当者等とともに検討会を設け、昇降機（エレベーター、エスカレーター、小荷物専用昇降機）及び遊戯施設について、定期検査の現場の実態や意見を把握するとともに、最近の利用者災害発生事故の原因分析も行いつつ、より合理的で信頼

性の高い検査制度とするための検査内容（検査項目、検査事項、検査方法、結果の判定基準）や検査結果表（様式）及び定期検査業務基準書の解説の見直しについて検討を実施した。

昇降機については以下の現状の制度の実情の把握等の取組みを行った。

- ・関係機関（（一社）建築性能基準推進協会）によるエレベーターの定期検査報告に係る調査報告から、定期検査の実施状況等実情を把握
  - ・昇降機・遊戯施設定期検査報告制度運営委員会との意見交換及び要望事項を把握
  - ・昇降機保守会社での業務内容実態（現場作業）の調査
  - ・他の製造物（自家用自動車、鉄道車両）における保守点検・定期検査との比較検討
- また、以下の点に留意し整理・検討を行った。
- ・判断基準が定量的でないなど判断が困難な項目はないか
  - ・製造者が基準を指定していない場合の判断基準（数値）は妥当か
  - ・本来、工事完了検査や、日常メンテナンスの中で行うべき検査と混同しているところがないか
  - ・調査を通じて、新たに検査が必要と思われる項目、事項等はないか

## 【研究成果】

### 1. 昇降機（主な見直しの提案）

#### ①検査内容の見直し案を作成

##### (a) ロープ式エレベーター

・巻上機に係る「綱車と主索のかかりの状況」の検査方法に、溝の摩耗の状況確認、溝と主索のすき間の測定に加え、主索の綱車外周からの出張りの測定を追加し、判定基準に「溝の摩耗に著しい段差があること」を追加（小荷物専用昇降機も同様）

・駆動装置等の耐震対策の「転倒及び移動を防止するための措置の状況」の判断基準「巻上機等の駆動装置及び制御器を機械室にボルトで緊結していない等」「はり等へ堅固に取り付けていないこと」に見直し

##### (b) エスカレーター

・駆動鎖に係る検査項目「スプロケットと駆動鎖とのかみ合いの状況」の検査方法「目視及び聴診により確認」に「駆動鎖の伸びを測定」を加え、判断基準に「かみ合いに異常があること」に「駆動鎖の伸びが許容値を超えていること」を追加

・駆動鎖に係る検査事項に「潤滑油の給油の状況」「駆動鎖の張りの状況」、「駆動スプロケットとメインスプロケットの芯ずれの状況」を追加

・踏段鎖又はベルトに係る検査事項に「劣化の状況」、「鎖の給油の状況」を追加

#### ②現行定期検査業務基準書の解説の見直し案の作成

検査方法、判定基準等で不明瞭な表現の部分など検査現場に趣旨の徹底を図るべき部分の解説を見直す案を作成した。

#### ③検査結果表（別記様式）の見直し案を作成

上記検討に合わせた検査結果表の見直し案を作成した。

### 2. 遊戯施設（主な見直しの提案（現行→提案））

・構造物に係る「設置時の荷重を超える荷重の有無」の判定基準「設置時の荷重以外の外力又は荷重を受け、安全上支障をきたすおそれがあること」→「設計図書と異なる構造物及び装飾物等が設置されていること」

・軌道等部分に係る「軌道等のき裂及び変形の状況」及び「支持部材のき裂及び変形の状況」の判定基準「運転上支障をきたすおそれがあるき裂又は変形があること」→「き裂がある事又は運転上支障をきたすおそれのある変形があること」

・駆動車輪装置に係る「車輪の取付け及び給油の状況」の判定基準「回転時に異常音、異常な発熱若しくは異常な振動があること又は給油が適切でないこと」に「異常なすべりがあること」を追加

・チェーンコンベア巻上装置に係る検査事項「巻上用チェーンの劣化及び損傷の状況」に「給油の状況」を

加え、判定基準「チェーンのリンクに著しい錆、腐食又はき裂があること」に「給油が適切でないこと」を追加

・非常止め装置に係る検査事項、判断基準等について昇降機に係る内容と整合を図る

・客席部取付装置に係る検査事項「客席部を吊る丸鋼、リンクチェーン等の取り付けの状況」を対象として「鋼管」を加え、判定基準を現行の測定に基づく摩耗率から「き裂、破損、変形若しくは著しい錆、腐食があること」に変更

・受電盤、制御盤及び操作盤に係る検査事項「盤の取付け並びに劣化及び損傷の状況」に検査項目「盤内の設置環境の状況」、判断基準「盤内に著しい水分、ホコリ、ゴミなどがあること」を追加

・電気設備に係る「リミットスイッチ及びセンサーの破損の状況」の判定基準「破損していること」→「錆、腐食又は破損していること」

・耐震対策に係る「釣合おもりの状況」の判定基準等については、昇降機との整合性を図る

## 【成果の活用】

### 1. 基準等への反映見直し等

#### (1) 昇降機

・検査内容の見直しについては、本省で告示（平成20年告示第283号）改正案を2016年度にとりまとめ、公布する方針

・定期検査業務基準書の改定については関係団体と連携しすみやかに実施する方針

#### (2) 小荷物専用昇降機

・小荷物専用昇降機については、事故防止の観点から今後本省で本検討を踏まえてさらに基準等の見直しについて検討を行う方針

#### (3) 遊戯施設

・今後本省で本検討を踏まえて平成20年告示第284号の見直しに向けて検討を行う方針

### 2. 今後に向けた課題等

定期検査以外の日常の施設等の適切なメンテナンスの実施の確保、経年劣化する以前の機器の交換基準や、基準どおり確実に交換を確認するしくみの検討が必要だと考えられる。

遊戯施設について、構造方法が、駆動方法、構造など様々であるため、検査基準告示には定めのない事項でも、施設に応じて特記事項欄等を用いて必要な検査を行うことなどが望まれ、検査員の能力、意識向上を図る取り組みを併せて行うことが必要と考えられる。

今後も、研究成果を受けた本省における基準等見直しについて引き続き技術的な支援を行い、安全な建築物等の維持管理手法の構築に取り組む。

## 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

Research on earthquake damage reduction technology of the middle low-rise buildings for the large earthquake

(研究期間 平成 26～28 年度)

建築研究部 構造基準研究室

室 長

森田 高市

主任研究官

新井 洋

主任研究官

諏訪田 晴彦

室 長

井上 波彦

建築研究部 評価システム研究室

### **【研究目的及び経緯】**

本研究は、使用材料や基礎構造と上部構造のバランス等の工夫を加えることで、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について検討を行う。

平成 27 年度は、昨年度に実施した繊維補強コンクリート二次壁の実大実験データについて、地震時における層間変形角とひび割れ幅の推移について詳細に分析した。また、上部構造一杭基礎一地盤連成系の縮小模型（試験体）を作成し、遠心振動実験を実施した。データの詳細な分析は次年度に行うが、地下根入れ深さと土圧の大小関係が地震動レベルによって逆転する傾向など、既往の知見で得られていない興味深い事象がいくつか観測された。さらに、29 棟の対象建物の内外で同時に観測された地震観測記録を収集し、建物振動特性や地盤と構造物との動的相互作用効果について、分析を行った。

## 木造住宅の経年劣化・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

室 長

森田 高市

主任研究官

宮村 雅史

主任研究官

西田 和生

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室

### **【研究目的及び経緯】**

本研究では、住宅外皮を構成する材料・部材の経年変化や不具合による劣化状況を収集し、その要因を各種の検証試験により分析することにより、劣化外力と各部位の仕様との関係による劣化メカニズムを把握し、その得られた知見から推奨仕様を示すなど、対応策を提案するものである。

平成 27 年度は、下記の関する試験を実施した。

- 1) 平板系屋根葺き材けらば納め部からの雨水浸入機構に関する検証試験
- 2) 各種屋根葺き材および下地構法を用いた実大屋根の曝露試験
- 3) 二重野地板間隙の排湿性能に関する実験
- 4) 試験家屋における小屋裏空間内の換気性状に関する検証試験
- 5) 木造外壁開口部まわりの施工方法と防水性に関する検証試験
- 6) 各種構造用合板の吸水性試験
- 7) 透湿防水シートの長期防水性試験
- 8) バルコニー手すり壁上端部における固定具貫通部の止水性比較評価試験

## 地震誘発火災を被った建築物の安全性・再使用性評価法に関する研究

Research on clarification of the requirements of fire standards for timber buildings

建築研究部 防火基準研究室

(研究期間 平成 27～29 年度)

室 長	林 吉彦
主任研究官	鈴木 淳一
主任研究官	水上 点晴
研 究 官	五頭 辰紀

### [研究目的及び経緯]

過去の震災から推定される震災被害想定では、首都直下地震では最大で約 41 万棟、南海トラフ巨大地震では最大 75 万棟の地震によって誘発される火災被害が想定されている。震災直後には地震火災を受けた建築物に対しては安全性の判定方法が整備されていない。本研究は、地震火災による被害を受けた中高層の耐火建築物の危険度判定方法の構築、ならびに、再使用のための評価技術の構築・体系化を目的としている。

本年度は、鋼構造建築物および鉄筋コンクリート造建築物の地震被害状況とそれに伴う火災の影響についての検討をした。防火被覆にひび割れなどが発生して、火災時に局所的に高温化した部材の耐力や火災後の保有耐力を推定するために必要となる、鋼材の高温時耐力や加熱冷却後の機械的特性の劣化、部材の温度上昇特性について明らかにした。

# 木造建物の防火基準の要求性能の明確化に関する研究

Research on clarification of the requirements of fire standards for timber buildings

(研究期間 平成 26～27 年度)

建築研究部 防火基準研究室  
Building Department  
Fire Standard Division

室長	林 吉彦
Head	Yoshihiko HAYASHI
主任研究官	鈴木 淳一
Senior Researcher	Junichi SUZUKI
主任研究官	水上 点晴
Senior Researcher	Tensei MIZUKAMI
研究官	五頭 辰紀
Researcher	Tatsuhiko GOTO

Large scale timber buildings might cause severe damage on occupancies and surrounding buildings in a fire because the intensity of the fire could be beyond the performance of general fire brigades. The fire resistance of specific fire walls in the buildings should be clarified to mitigate the fire development. The measure for upward fire spreading should be also clarified. In this study, a series of experiments and analysis was conducted to develop the requirements of the building elements.

## [研究目的及び経緯]

建築基準法第 21 条「大規模の建築物の主要構造部」および第 27 条「耐火建築物又は準耐火建築物としなければならない特殊建築物」の改正において、大規模木造建築物や木造の特殊建築物の火災安全に係る技術基準の整備が必要となっている。通常期待される消防能力を上回る火災を防止するために大規模木造建築物に 3,000m<sup>2</sup> 以内毎に設ける壁等の技術基準、開口部から噴出する火災による上階延焼防止のための技術基準に関して、その要求性能を明確にする必要がある(写真 1)。また、木質系構造材料を用いた建築物や様々な防火被覆を施した木質系部材の防耐火性能を明確化して、耐火構造や準耐火構造の技術基準原案を作成する必要がある。大規模木造建築物の延焼防止対策に関して、本研究では、区画実験および解析等により、壁等に関する外壁および開口部の要求性能、上階延焼防止に関する開口周囲の必要性能を明らかにすること、木質系耐火構造等に必要とされる防耐火性能とその仕様を明確にすることを研究目的とした。

## [研究内容]

### 1. 壁等の要求性能の明確化

法 21 条に規定される大規模木造建築物の延焼防止のために設置される壁等の構造方法を明らかとするため、有風下に於ける縮小規模模型を用いた区画火災実験および数値解析による分析を行った。その結果に基づき、延焼防止性能を確保するために必要となる外壁の防・耐火性



写真 1 防火壁を越えた延焼

能と範囲を明確化した。

### 2. 特殊建築物の主要構造部等の要求性能の明確化

火災覚知から在館者が安全に避難できる十分な時間を確保するため、有効に上階延焼を防止する必要がある。無風条件・有風条件における開口からの噴出火炎性状に関して、火災風洞での区画実験および数値解析を行った。

袖壁や底などの突出寸法を主な因子として、壁面へ入射する熱流束や温度分布等に関する知見を蓄積し、防火構造・耐火構造の外壁を要求する範囲、防火設備や特定防火設備の要求する範囲を明確にした。

### 3. 木質系構造の耐火性能

木質系耐火構造部材の構造方法に関して、強化せっこうボードを防火被覆として用いた柱及び梁の耐火性能を加熱実験により明らかとした。実験においては、隅角部における熱侵入の影響について検討した。

## [研究成果]

### 1. 壁等の要求性能の明確化

大規模木造建築物の延焼によって生じる火災及び熱気流は、図 1 に示すように開口の上方及び風下に大きく広がる。また、火災が 3 階建て木造建築物の全層に拡大す



ると、より大きな噴出火炎が屋外に形成される。建築物外壁面等から袖壁を突出させることで、非火災区画側への延焼を抑制することが可能と考えられる。図2は、外壁面からの突出長さを0m~1.5mまで変化させた場合の外壁面の入射熱流束である。突出長さが大きくなるほど、入射熱の大きい範囲が小さくなる傾向があるが、0.5m程度ではほとんど効果が期待できないこともわかる。一連の解析結果に基づき、入射熱流束が50kW/m<sup>2</sup>、15kW/m<sup>2</sup>を下回る範囲と突出長さの低減率を整理すると図3が得られる。

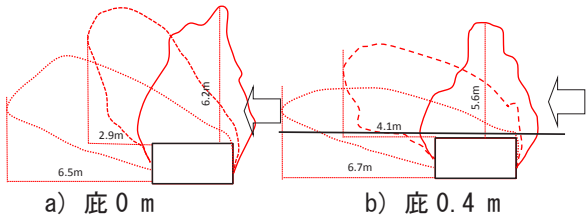


図1 有風下における開口噴出火炎長さ(実大換算)  
開口幅3.6m,高さ1.8m,風速0,4,8(m/s)

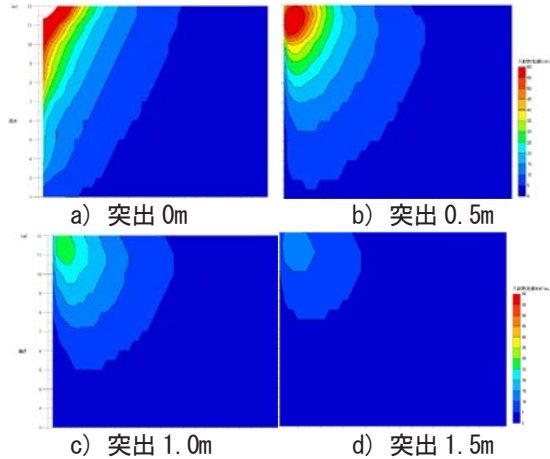


図2 防火壁の突出と壁面への入射熱流束

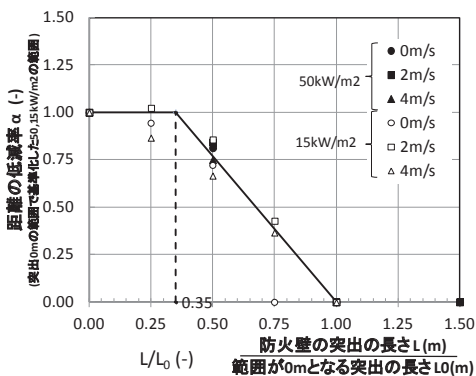


図3 壁等の突出と離隔距離の低減効果

## 2. 特殊建築物の主要構造部等の要求性能の明確化

単一開口部から噴出する火炎が影響を及ぼす範囲は、火災区画内の可燃物の熱分解速度と屋内外での可燃ガスの燃焼の程度、区画開口のアスペクト比や開口高さ等に依存する。実大実験結果や解析結果を整理すると、最大

で、6.2m程度に達することがわかる(図4)。また、水平方向への広がりも、概ね3m程度となった。

## 3. 木質系構造の耐火性能

60分及び90分の耐火性能を有する木質系部材の構造方法の明確化を目的に、スギ同一等級集成材柱(200x200, E65-F255)、スギ同一等級集成材梁(500x200, E65-F225)に強化せっこうボード(GB-F(V))を被覆した試験体の加熱実験を行った。60分及び90分の防火被覆厚さは、それぞれGB-F(V)21mm×2枚、21mm×3枚である。試験体の隅角部の一部には、L-100x100 t0.4mmの溶融亜鉛メッキ鋼板を設置した。写真2より、隅角部は、目地の開きやビス等により熱侵入が大きくなるため、炭化しやすいがコーナーボードにより抑制されることが明らかとなった。

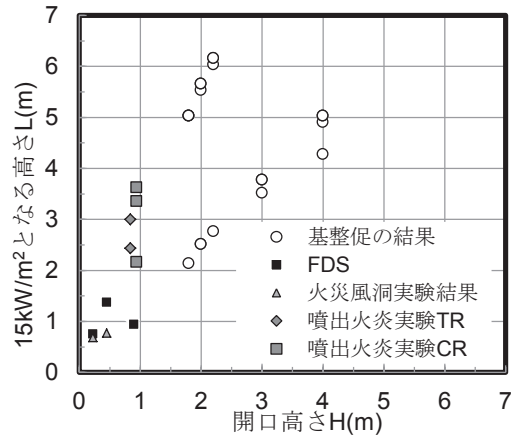


図4 壁面入射熱が15kW/m<sup>2</sup>となる高さLと開口高さ

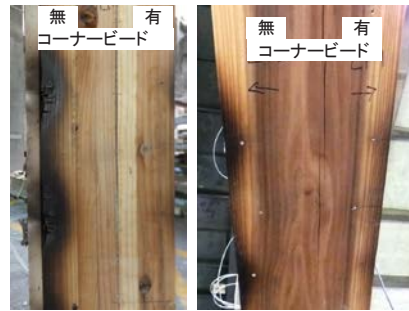


写真2 木部の炭化状況(60分)

## [成果の活用]

本研究の成果は、壁等の構造方法に関する技術基準(H27 国土交通省告示 250号)、特殊建築物の主要構造部の構造方法等に関する技術基準(H27 国土交通省告示 255号)の改正に活用された。また、平成26年度基準整備促進事業の成果と合わせて、耐火構造等の構造方法(H12 建設省告示 1358号、1399号、H27 国土交通省告示 253号)の改正に反映された。

# 町並みを活かした防火改修手法と評価手法に関する研究

Study on a fire prevention method and its evaluation approach for historical townscape

(研究期間 平成 27 年度)

建築研究部 防火基準研究室  
Building Department  
Fire Standard Division

室長 林 吉彦  
Head Yoshihiko HAYASHI  
主任研究官 鈴木 淳一  
Senior Researcher Junichi SUZUKI  
主任研究官 水上 点晴  
Senior Researcher Tensei MIZUKAMI  
研究官 五頭 辰紀  
Researcher Tatsuhiko GOTO

Sustainable development and advancement of rocal tourism are the core principle of regional revitalization. And historical townscape is drawing attention as a tourism resource. However, those historical houses are usually non-comformed to current building standard, especially for fire ratings. Moreover, current fire resistance rating system is suited for modern industrial products, but it is not feasible for traditional craftsmanship such as adove wall and straw roofing, which has a wide variety of thickness, materials and techniques. This research propose a more pragmatic evaluation approach adapted to the actual situation.

## 〔研究目的及び経緯〕

地域創生の政策として、地域資源である歴史的な既存建物の利活用が期待されている。その多くは現在の建築基準法の要求耐火水準を満たさない既存不適格建造物であるが、防火改修を行う場合は、その行為によって歴史的建造物の価値である美観を損ねないような配慮が求められる。そこで本研究では、町並みを活かした防火改修手法の事例調査と、その効果の定量化および評価手法の提案を目的とする。

表 1 に示すように歴史的建造物はその文化財としての価値に応じて、現状変更の制限と基準法の緩和規定がある。本研究で対象とするのは、基準法第 3 条第 1 項第 3 号において、特定行政庁が保存計画を策定し、建築審査会の同意を得て指定することにより、適用除外とすることができることとされている古民家、武家屋敷、庄屋等の歴史的建築物であり、建築審査会の同意基準策定に資する評価手法の提案を意図するものである。

表 1 文化財の種類（現状変更等の制限）と建築基準法の適用除外の関係

根拠法	指定文化財	登録文化財	伝建地区	条例指定建物 景観条例等
	文化財保護法			
保存の範囲	全面保存	外観保存		自治体が保存 計画・審査会同 意基準を策定
変更の制限	許可制	届出制	許可制	
基準法の緩和	適用除外 (自治体指定は要 審査会同意)	適用下	要審査会同 意	

## 〔研究内容〕

基準法の緩和措置に対する代替策については、指定文化財や旧 38 条認定が先行していると考え、保存対策調査報告書や各条例における防火対策について整理を行った。これを踏まえて、既存建物を活かした防火改修手法の提案と、耐火性能の定量化および個別対応による規制緩和が可能な評価手法の提案を行った。

## 〔研究成果〕

### 1. 既往事例の整理

旧 38 条等に基づき当該認定の技術審査が行われた案件のうち、木造建築物の案件を抽出して評定内容の整理を行った。これらの具体的対策を整理したところ、以下の点で工学的手法として一般化が期待できると考えられた。

- ①個別対応による規制緩和（例：実態可燃物や空間特性に応じた火源設定、離隔距離や木材不燃化に応じた着火危険性の判定）
- ②出火リスクと損害期待値を念頭に置いた代替手法の同索性評価（例：出火リスクの高い場所を限定して防火区画化することで、その他の面積制限を排除）  
また同様に指定文化財の保存対策では、現状変更の制限のため躯体の改変は難しく、
- ③散水設備や防災設備の後設による防火性能の向上が期待されていること
- ④防火改修単体ではなく断熱性能や耐久性能の改修に

付随して耐火性能の向上を図る、複合的な改修手法の需要が高いことが明らかとなった。

## 2. 防火改修手法の提案と耐火性能評価

市町村へのヒアリングと法第 85 条の 3 を適用した伝統的建造物群保存地区内の制限緩和状況より、防火改修の需要が高いと判断した外壁開口部への防火戸設置について、防火改修手法の提案を行った。

H12 建設省告示第 1360 号では、防火設備の技術基準として、0.5 m<sup>2</sup>以下の面積であれば、防火塗料を塗布した木材に網入りガラスを嵌めた開口部が認められている。伝建地区の緩和条例では、この面積制限を排して採用されているケースが多くみられた他、諸外国における防火規制では、非防火開口部の面積制限を離隔距離に応じて設定する例もみられた。本研究で対象とする条例指定建物では、隣接建物の開口部の実況配置が特定できる場合が多く、当該建物の開口部との離隔距離に応じて防火戸を要求する等の個別対応による規制緩和が有効と考えた。

また防火塗料は溶脱など耐候性の問題、網入りガラスは眺望が制限されるなどの点を改善し、特殊な材料を要さず施工が比較的容易な仕様として以下の断熱・防火措置を行った試験体を作成した。

- ・既存開口部の内部に防火戸を設置した二重窓で平時の断熱性能も併せて向上
- ・防火戸には素地のままのスギの木製枠と透明で同価格帯の耐熱強化ガラス 5mm を採用
- ・防火戸の障子見込寸法を 15+5+15=30mm に抑制
- ・ガラス周囲の遮炎性向上にシリコン製コーキングの使用と、押縁の面取による熱気流の滞留阻止
- ・ガラス呑みこみ深さは、裏面への熱抜けと温度差による熱割れの双方を考慮して 15mm で設定
- ・召し合わせ部の防火措置として、V レールとネジ締金具の採用、たて枠を溝加工するとともに内部窓枠は外側に偏芯配置することで火炎への露出を制限

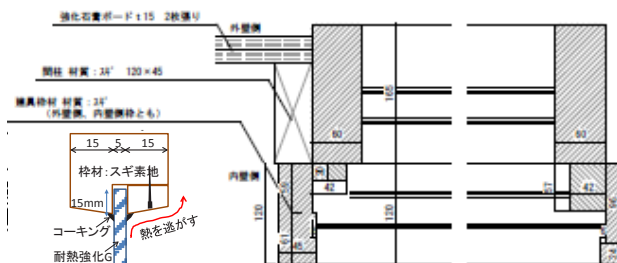


図2 防火戸障子および建具枠断面図 (内壁側が防火戸)

試験体は、開口高さ 0.72m×開口幅 1.1m および 1.82m=開口面積 0.79 m<sup>2</sup> (小窓) および 1.31 m<sup>2</sup> (大窓) の 2 種類として断熱性能試験および加熱試験を行った。まず JIS A 4710 「建具の断熱性能試験方法」によ

り、既存木製開口部 (フロートガラス 3mm) 単独の熱貫流率と、内窓を取り付け二重窓としたときの熱貫流率を測定した (表 2)。いずれの大きさの窓も二重窓とすることで断熱性能が 2 倍近く改善された。

表 2 熱貫流率測定値

熱貫流率 W/(m <sup>2</sup> ・K)	既存窓単独	既存窓+内窓
大窓 0.72m×1.8m	6.26	3.00
小窓 0.72m×1.1m	6.25	3.13

次に ISO834 の標準加熱曲線を用いて二重窓の遮炎性能を測定した。加熱側に配置した既存窓のフロートガラスは、加熱開始 1 分時に割れて脱落した。しかし図 3 に示すように内側に配した防火戸により、大窓では 16 分時まで、小窓では 19.5 分時まで遮炎性が担保された。火炎の貫通は、上枠の炭化により障子との間に隙間が生じたことによるものであった。また加熱は 20 分間継続したが、耐熱強化ガラスは脱落しなかった。大窓中央より 1m の離隔距離で測定した受熱量については、大窓における出炎の前後で 4.4→5.2kW/m<sup>2</sup> と一時的に急上昇したが、その後ガラスが脱落しなかったこともあり、20 分時でも 6.7 kW/m<sup>2</sup> 程度であった。

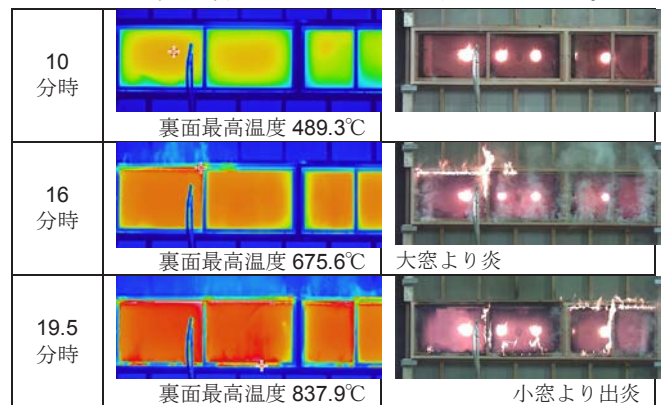


図3 非加熱側への遮炎性能および熱映像

## 【成果の活用】

本研究で防火設備の遮炎性能の基準 20 分間には満たないものの、簡易な木製二重窓の設置で一定時間、遮炎性能が担保された。基準法第 3 条第 1 項第 3 号が対象とするような既存建築物については、①隣接建物の開口部との離隔距離から当該建物への加熱強度を個別に想定することで、耐火試験 (標準的な火災加熱の下) で測定された遮炎性能を読み替えて評価する手法や、②避難安全性の向上など他の防火対策と組み合わせることで、個々の対策は満点でなくても総合としてみた時に火災安全が担保されるような評価手法が求められる。今後、これらの研究については、別途実施する総プロに引き継ぎ、地域資源の活性化に資する建築審査会の同意基準案策定を目指す。

# 防火材料等の性能評価体系の高度化に関する研究

Research on the improvement of evaluation methodology for fire prevention materials

(研究期間 平成 25～27 年度)

建築研究部 防火基準研究室  
Building Department  
Fire Standard Division

室長	林 吉彦
Head	Yoshihiko HAYASHI
主任研究官	鈴木 淳一
Senior Researcher	Junichi SUZUKI
主任研究官	水上 点晴
Senior Researcher	Tensei MIZUKAMI
研究官	五頭 辰紀
Researcher	Tatsuhiko GOTO

This report investigated the fire prevention performance needed for noncombustible material on the Building Standard Law. And the approval evaluation system of fire prevention material was investigated. Moreover, the minister approval evaluation test method of noncombustible material examined whether the fire prevention performance would be evaluated appropriately.

## [研究目的及び経緯]

不燃材料、準不燃材料、難燃材料（通称防火材料（以下防火材料））の新たな性能評価認定制度が平成 12 年に施行されてから 10 年以上経過したが、その間、性能評価体系で想定していなかった新しい材料が開発され、その防火性能が適切に評価されているか懸念される場合も生じている。そこで、防火材料の性能評価認定制度についてより適した制度を検討するため、現行制度の問題点を調査・整理し、改善検討項目を明確にするための資料を得ることを目的として実施した。

## [研究内容]

ここでは、防火材料の内、不燃材料について建築基準法上で、不燃材料はどの条文により使用を規定されているかを整理することにより、建築基準法上で不燃材料に求められている防火性能を考察した。

また、防火材料認定評価制度を整理することにより、その要求防火性能に対して現状の不燃材料大臣認定評価試験法は、適切に防火性能を評価できているのかについて検討した。

## [研究成果]

### (1) 建築基準法上での不燃材料

建築基準法では、防火材料を防火性能の優劣により、①不燃材料、②準不燃材料、③難燃材料の 3 種類に分類し規定している

施行令第 129 条「特殊建築物の内装（内装制限）」では「劇場、病院、ホテル等」の特殊建築物等の内装仕上げ材料（壁、天井）に準不燃材料、難燃材料を用

いることが規定されている。ただ、この条文では不燃材料の使用は求められていない。

不燃材料が内装仕上げ材料として使用規定されているのは、表面仕上げ材と下地材とも不燃材料で造るとの規定が施行令の 4 つの条文にあるだけである

（施行令第 112 条、第 123 条、第 128 条の 3、第 129 条の 13 の 3）

### 令第 112 条第 7 号 防火区画の緩和規定

建築物の 11 階以上の部分の、壁・天井の表面仕上げ材を下地材とも不燃材料で造ると、防火区画面積が 100 m<sup>2</sup>から 500 m<sup>2</sup>に緩和できる。

不燃材料の使用規定が多いのは、主要構造部に用いる規定で、基準法と施行令で計 12 条文ある、その他設備材料に用いるものも多い。

例えば、主要構造部に用いる規定では、

### 法第 26 条 防火壁(1,000 m<sup>2</sup>区画)の適用除外規定

卸売市場の上家、機械製作工場等、主要構造部を不燃材料で造る。

### 法第 35 条の 3 無窓の居室の主要構造部

無窓の居室を区画する主要構造部は耐火構造とするか不燃材料で造る。

内装仕上げ材料としての不燃材料は、表面側の燃焼性能（出火防止性、避難安全性）が優れていることが求められている。

しかし、主要構造部等に用いられる不燃材料は、耐火構造等に代わる構造体の構成材料であるので、表面側の内装仕上げ材料としての燃焼性能のみではなく、

芯材や裏面材までも不燃性を有していることが求められていると考えられる。

#### 不燃材料の例示（告示第 1400 号）

- 1)コンクリート、2)れんが、3)瓦、4)陶磁器質タイル、
- 5)繊維強化セメント板、6)ガラス繊維混入セメント板（厚さ 3mm 以上）、7)繊維混入ケイ酸カルシウム板（厚さ 5mm 以上）、8)鉄鋼、9)アルミニウム、10)金属板、
- 11)ガラス、12)モルタル、13)しっくい、14)石、15)せっこうボード（厚さ 12mm 以上）、16)ロックウール、
- 17)グラスウール板

これらは、表面側が燃焼しないだけでなく、芯材や裏面材までも不燃性を有している材料と思われる。

#### **（2）不燃材料の評価認定方法**

不燃材料の国土交通大臣認定条文

#### 法第 68 条の 26 構造方法等の認定

防火材料等の認定について規定。必要な評価を「指定性能評価機関」に行わせることが出来る。

#### 法第 77 条の 56 指定性能評価機関

防火材料等の認定評価を行う。

#### 省令第 13 号 指定性能評価機関等に関する省令

##### 第 6 章 指定性能評価機関

##### 第 63 条 性能評価の方法

四号ロ「不燃材料、準不燃材料、難燃材料」の試験方法

(1)実際と同一の材料及び寸法の試験体を用いる。

(2)通常の火災による火熱を適切に再現することができる装置を用い、通常の火災による火熱を適切に再現した加熱により行う。

(3)発熱量及びその他の数値により適切に判定を行う。

#### 指定性能評価機関業務方法書

不燃材料の評価は、指定性能評価機関の業務方法書により、燃焼性を評価する試験として 1)不燃性試験（ISO 1182）、或いは 2)発熱性試験（ISO 5660-1、通称コーン試験）のどちらかで評価される。

不燃性試験は、電気炉中(750℃)に試験体(φ45mm×h50mm)を挿入する試験法で、ほぼ均質な材料で若干の有機物を含むけい酸カルシウム板等の基板の芯材まで防火性能を評価するのに適した試験方法である。

発熱性試験は、水平に置かれた 10cm 角の試験体の上方よりコーン状の電気ヒーターにより加熱する試験法で、表面化粧のある材料等の表面燃焼性状を評価する試験法である。（内装仕上げ材料の評価）

現状では、試験方法は申請者が選択するため、比較的合格しやすい、表面側の燃焼性状を評価する発熱性試験により大部分が評価・認定されている。

ただ、発熱性試験方法は、電気ヒーターの輻射熱により加熱する試験法であるため、材料表面側にアルミ箔等があれば輻射熱を反射し、有利な試験結果となる

恐れがある。

実際、材料表面にアルミ箔等を設け、裏面側をダンボール紙やプラスチックフォーム等の有機質材料とした材料等の不燃材料認定がされている。

昭和 45 年～（旧認定時代）

アルミ箔を用いた不燃材料の認定件数は 29 件で、不燃材料全体の認定件数は、約 2,367 件

$$29 \text{ 件} / 2,367 \text{ 件} = \text{約 } 1.2\%$$

平成 12 年～（現状の認定）

アルミ箔を用いた不燃材料の認定件数は 395 件で、不燃材料全体の認定件数は、約 3,766 件

$$395 \text{ 件} / 3,766 \text{ 件} = \text{約 } 10.5\%$$

平成 12 年以降では、約 9 倍増えている。アルミ箔を用いれば確実に試験に合格するため、使用する場合が多くなっていると思われる。

#### **まとめ**

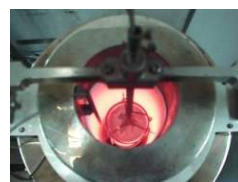
1) 建築基準法上では、不燃材料は表面側の燃焼性能のみでなく、芯材や裏面材までも不燃性を有していることが求められていると考えられる。

2) 現状、内装仕上げ材料評価としての発熱性試験による表面側の燃焼性状評価のみで不燃材料認定する 경우가多く、材料芯材・裏面材まで不燃性があることを充分には評価されていない。

3) 建築基準法において不燃材料は、内装仕上げ材料としてよりも、主要構造部等の構造体構成材料としての防火性能を求められていると考えられるので、不燃材料大臣認定評価法は、内装仕上げ材料評価として評価ではなく、構造体材料としての芯材や裏面材まで不燃性を有することを評価する方法とするべきである。

#### **【成果の活用】**

本研究の成果は、我が国における建築防火材料性能評価制度の改善資料として活用される。また、評価機関の業務方法書改善資料としても活用される。



不燃性試験(ISO1182)



発熱性試験(ISO5660-1)

## 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

Research on improvement of prediction precision of the floor impact sound insulation in consideration of flanking

(研究期間 平成 26～28 年度)

建築研究部 設備基準研究室

室 長 平光 厚雄

### **[研究目的及び経緯]**

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）の影響も大きい。床衝撃音遮断性能の向上や精度の高い予測を行う為には、設計時からフランキングを考慮する必要がある。しかしながら、フランキングの影響の予測手法は確立されていない。本研究は、木造建築物の接合部の仕様を調査し、模型を用いたフランキングの実測を行い、さらには床衝撃音遮断性能の予測手法を確立することを目的とする。

平成 27 年度は、木造建築物の床断面仕様および接合部を整理し、平成 26 年 1 月に JAS 化された CLT (Cross Laminated Timber、直交集成板) の接合部の防振材有無による振動伝搬特性の実験の解析を行った。さらには、CLT を用いた界壁の遮音性能に関する実験を行い、性能向上に資する仕様に関する検討を行った。

# 空間の明るさ感評価に基づく設計手法の構築と

## 普及促進手法の整備

Development and promulgation of illumination methods based on space brightness evaluation  
(研究期間 平成 25-27 年度)

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

主任研究官  
Senior Researcher

山口 秀樹  
Hideki YAMAGUCHI

Development and promulgation of energy-efficient design methods are important today because the energy efficiency of buildings is expected to be further improved. The visual comfort of the indoor environment must also be ensured at the same time. In this study, we developed a new evaluation method of space brightness as the index of visual comfort. To diffuse the evaluation method, we also developed a light distribution measurement tool that uses a commercially available digital single-lens reflex camera.

### 【研究目的及び経緯】

東日本大震災後、照明はその節電対策において大きな役割を果たしてきたが、今後とも継続的に省エネルギー照明を普及させていくためには、照明環境の視的快適性の維持手法を合わせて検討していく必要がある。そのためには、水平面照度で視的快適性要件を規定してきたこれまでの照明基準に加えて、鉛直面方向の光の配分を重視して視的快適性の担保を可能とする「明るさ感指標」の確立が望まれる。

本研究では、(1)明るさ感推定モデルの確立、(2)室用途や行為ごとの適切な明るさ感範囲の導出、(3)普及促進のための光分布計測ツールの開発を行うことを目的とする。

### 【研究内容】

#### (1) 明るさ感推定モデルの確立

空間の光分布から明るさ感を推定するモデルを構築するために、①ほぼ均一な光分布で総光量が異なる場合、②総光量がほぼ一定で光分布が不均一な場合、の2つの観点から被験者実験を行い、光分布との関係を整理した。

#### (2) 室用途や行為ごとの適切な明るさ感範囲の導出

「適切な明るさ」は、室用途や行為によって様々である。また構築した設計手法を広く海外でも展開していくためには、国内外での「適切な明るさ」を調査しておく必要がある。本研究では、まず日本とフランスにおける被験者実験から両国間での差異について検討した。

#### (3) 普及促進のための光分布計測ツールの開発

明るさ感の推定には鉛直面の光分布である、輝度分布計測が必要となる。現在、市販されているツールは存在するものの、撮像範囲の不足や固有のハードウェアが必要なことなど、多くの人が使用するには不向きである。本研究では、普及しやすさの観点から、市販のデジタル一眼レフカメラを用いた、輝度分布計測ツールの開発を行った。

### 【研究成果】

#### (1) 明るさ感推定モデルの確立

##### ① 総光量が異なる場合

図1(左)に示す部屋において、複数の照明器具を設置し、これらの点灯パターンを組み合わせることで、総光量が異なる条件における明るさ感推定モデルについて検討した。図1(右)は室の平均輝度と明るさ感の関係を示したものである。平均輝度の算出は、室中央から室全体の輝度分布を計測し、その平均を求めたものである。ほぼ均一な光分布で総光量が異なる場合は、室全体の平均輝度で良く推定できるといえる。

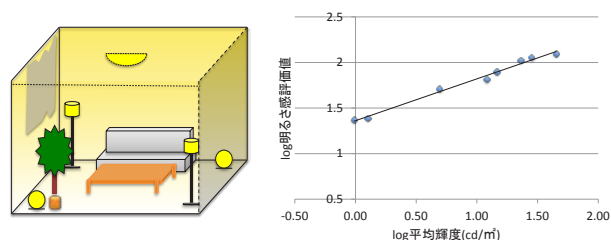


図1 総光量が異なる場合の明るさ感評価実験

## ②光分布が不均一な場合

図2のように各壁面の光分布に大きな偏りが総じている場合における明るさ感推定モデルについて検討した。これらの条件で総光量はほぼ等しく設定されているが、明るさ感評価が異なることが示された。光分布に大きな偏りがある場合では、室全体の平均輝度のみでは推定が不十分であり、光分布の偏りによる影響を加味する必要がある。光分布の偏りを評価する手法を検討したところ、輝度分布に対して上下（鉛直）方向と左右（水平）方向でそれぞれ異なる重みづけを施したのちに平均化することで、明るさ感の推定が可能であることを示した。

以上の成果から、室全体の輝度分布に基づく明るさ感推定モデルについて、基本的なスキームを示すことができた。

### (2) 室用途や行為ごとの適切な明るさ感範囲の導出

適切な明るさ感範囲の検討結果の一例を図3に示す。図3はリビング等での雑談を想定した場合における空間の明るさ感の適否を、室全体の平均輝度との関係で示したものである。雑談等に適切な明るさと判断される平均輝度は、日仏とも差がないことが示された。平均輝度が高い条件においては、フランスのほうが「明るすぎる」側に判定する傾向が見られたが、平均輝度が低い条件での「暗すぎる」側の判定には日仏の差が見られないことを示した。

### (3) 普及促進のための光分布計測ツールの開発

カメラの機種に依存することなく、光分布の計測が可能となるツールの開発にあたっては、任意のカメラに対応可能なカメラ制御プログラム、および画像から光分布（輝度分布、色度分布）へ変換するための校正手法が必要であり、これらの開発を行った。得られた校正データを計測ソフトウェアに読み込むことで、任意のカメラによる視野の光分布（輝度分布、色度分布）の取得が可能となる（図4）。

#### 【成果の活用】

以上の成果から、鉛直面の光分布に基づく明るさ感推定モデルの構築と、適切な明るさ感範囲について基本的な知見を得ることができた。また鉛直面の光分布計測ツールを開発したことで、本手法を普及させるための準備が整いつつある。今後は推定モデルの精緻化や、計測ツールの更なる簡易化を行うことで、視的快適性の担保と省エネルギー性の両立を可能とする照明環境の整備手法の開発へと活用する。

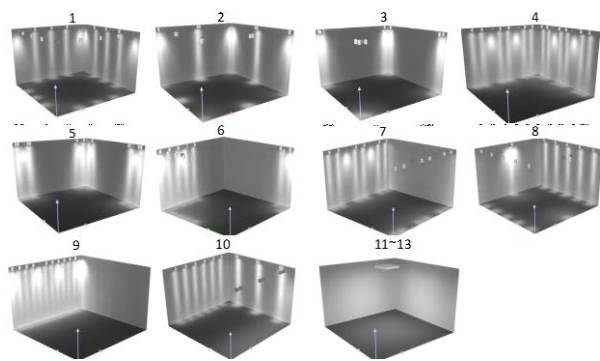


図2 光分布が不均一な場合の明るさ感評価実験

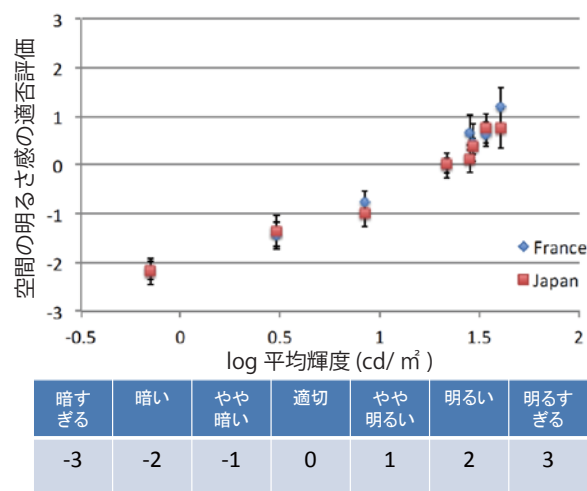


図3 雑談時における空間の明るさ感の適否と平均輝度の関係（日仏比較）

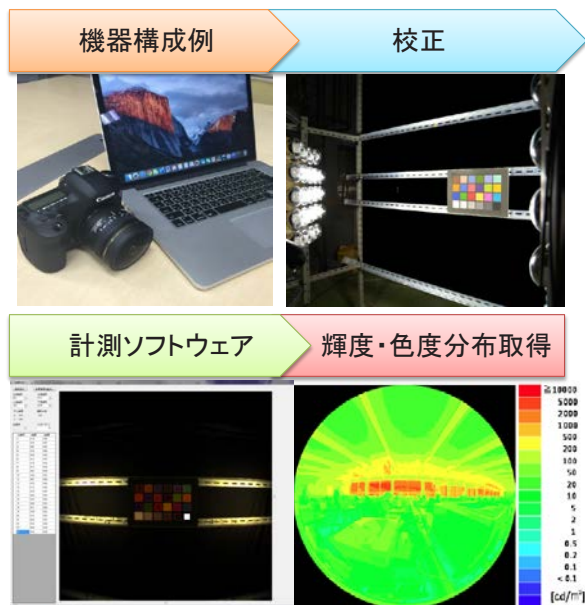


図4 光分布計測ツールの概要



# 木材加工情報を活用した木造住宅の 履歴情報管理と構造的な性能評価に関する研究

Study on history information management and structural performance evaluation  
of wood houses using processing information of wood.

(研究期間 平成 26～27 年度)

建築研究部  
材料・部材基準研究室  
Building Department  
Building Material and Component Standards Division

主任研究官  
Senior Researcher

中川 貴文  
Fumiaki OGAWA

More than 95% of newly built Japanese post-and-beam wooden houses were constructed using “Pre-cut” timber frames. “Pre-cut” means the timber frames which edges and connecting area are cut by the wood processing machines in the mills before built-up at construction site. Pre-cut materials are processed by full auto 3D CAD/CAM system. The 3D CAD processing information of wooden houses can be easily translated to 3D structural analysis model. In this study, we developed new structural analysis method collaborating with 3D pre-cut CAD system.

## 〔研究目的及び経緯〕

新築の木造戸建て住宅については、その 85%以上がプレカット材を利用して建築されている（図 1）。このプレカット材は、プレカット加工の際の CAD データに木造住宅の構造的な性能評価に活用できる軸組、接合部に関する情報が三次元情報として含まれており、これらを用いることにより戸建て住宅の耐震性能を比較的容易に把握することが可能となる。またその情報を保管することで、リフォームの際に履歴情報を容易に把握することが可能となる。図 2 に木造住宅の設計・生産の標準的な流れを示したが、現状では、意匠設計の段階で確認申請が行われ、その後プレカット加工に入り初めて軸組の架構等の構造に関する検討が行われることが一般的である。この流れを変えてプレカット加工の際の三次元情報を構造設計に活かすことができれば、合理的により構造安全性の高い木造住宅の生産が可能となる。

## 〔研究内容〕

本研究では、木造住宅用 CAD の構造図やプレカット加工の際に作成される三次元 CAD 情報に着目し、高度な構造的な性能評価と連携する手法の検討を行った。

## 〔研究成果〕

三次元 CAD 情報として研究対象としたのは、木造住宅用 CAD の共通フォーマットである CEDXM（シーデクセマ）ファイルフォーマットであり、これを国総研・建築研究所が開発した木造住宅用の構造解析ソフトウェア（wallstat：ウォールスタット：図 3）と連携

させることを試みた。

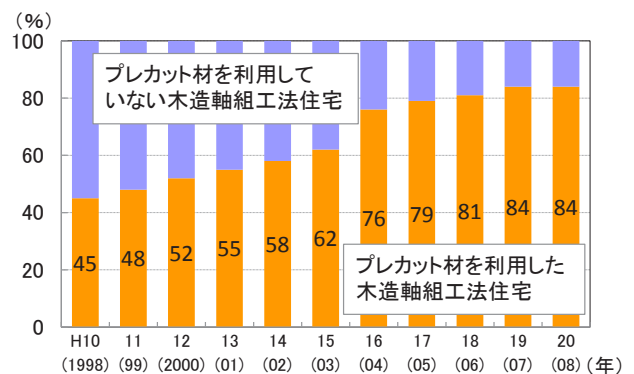


図 1 プレカットを利用した木造軸組構法住宅の割合  
(資料：全国木造住宅機械プレカット協会)

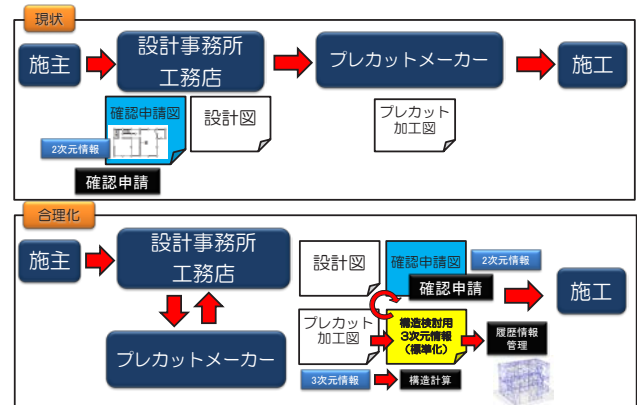


図 2 木造住宅の住宅生産の現状と合理化イメージ

プレカットの際に作成される三次元 CAD 情報は、構造解析モデルとの親和性が高いということは、プレカット材を用いて生産される木造住宅全てが高度な三次元構造解析を行える状況にあることとなる。本研究ではプレカットの際の三次元情報を活用した木造住宅の耐震性能評価（構造計算）が広く普及することを目指して、CEDXM ファイルを介して wallstat で木造住宅の三次元 CAD 情報を読み込み、自動で耐震シミュレーションを行うことが出来る連携手法の検討を行った。wallstat は解析モデル作成の際に、テキスト入力で軸組や構面の端部の 3 次元座標を入力する必要があり、木造住宅 1 棟分の主要構造部材や耐震要素を全て入力すると、1 日かかりの作業となり、ユーザーの負担となっていた。CEDXM と連携して、三次元座標を自動で解析モデルに変換できれば、この負担が大きく軽減されることになる。

木造住宅用 CAD ソフトによって CEDXM ファイルで出力する際の軸組等の情報の精密さ（解像度）が異なるところがあり、wallstat で解析モデル作成の際に必要なとされる情報についても、CAD ソフトで異なるところがあった。そこで、表 1 に示した通り、情報の解像度に応じて、両者の連携により自動でモデル化される項目のレベル分けを行い整理を行った。この検討結果を反映して、CEDXM ファイルを直接読み込む機能を実装した新たなバージョン wallstat ver.3 を 6 月からインターネットで公開を開始した。各種 CAD ソフトから出力された CEDXM ファイルから、簡単な操作で解析モデルを作成し、地震応答シミュレーションを実行することが可能となった。ファイルを直接読み込むだけで自動生成される解析モデルの連携レベルは 2 程度であるが、新たに開発したプリ・ポスト処理を行う GUI インターフェース (wallstat studio) により、鉛直構面、水平構面、接合部等の手直しを簡単に行うことが可能となり、自動処理ではないが、レベル 4 相当の連携も実現された。ver.3 のアップデートでは CAD データとの連携の他、図 4 に示したように建物の強さを自動で変化させ、地震応答シミュレーションを連続実行する機能（パラメトリック・スタディ用ツール）の追加も開始された。

#### [成果の活用]

本研究による成果は、下記 URL の国総研ホームページから無償でダウンロード可能である。今後もユーザーや開発者の意見を反映させて改良を続けていく予定である。

※木造住宅倒壊解析ソフトウェア wallstat URL  
<http://www.nilim.go.jp/lab/idg/nakagawa/wallstat.html>

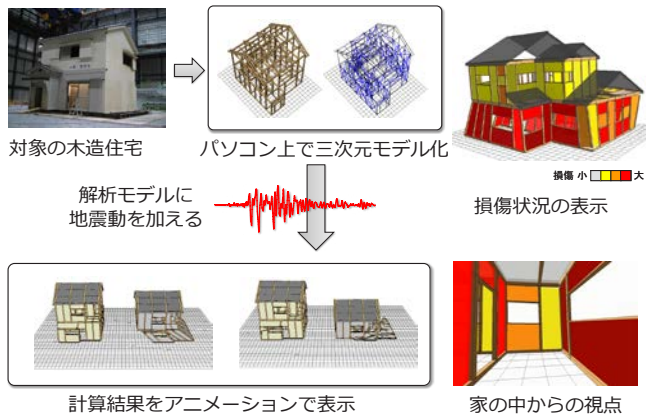


図 3 木造住宅倒壊解析ソフトウェア wallstat

表 1 wallstat と CEDXM の連携のレベル

モデル化する項目	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4
軸組	○	○	○	○
筋かい耐力壁	○	○	○	○
筋かい以外の耐力壁	×	○	○	○
開口部 (小壁のモデル化)	×	×	○	○
接合部の変形	×	×	×	○
水平構面の変形	×	×	×	○

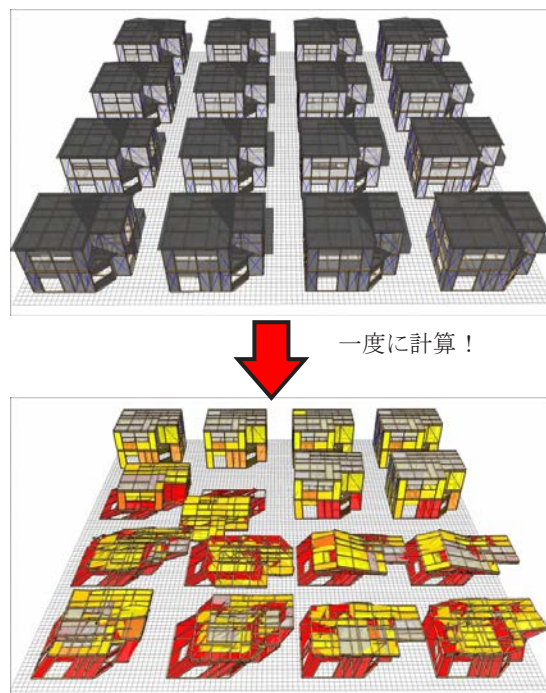


図 4 強さの異なる木造住宅のパラメトリック・スタディ

# 基礎ぐいの支持層確認結果の信頼性向上に関する検討

Study on a reliability improvement for construction of precast concrete piles

(研究期間 平成 27 年度)

建築研究部評価システム研究室  
Evaluation System Division, Building Department

室長  
Head

井上 波彦  
Namihiko INOUE

Triggered by the non-reaching problem about the precast concrete pile in the construction work that occurred in 2014 November, the establishment of confirmation method to determine whether the pile has reached the bearing layer is required.

In this study, we try to make a simple confirmation method without using the construction record during the pile driving, by utilizing the Pile Integrity Test which used to the non-destructive failure detection for the pile settled in the ground. The method also can be used at the Interim and/or the Final Inspection.

## 〔研究目的及び経緯〕

平成 26 年 11 月に発生した基礎ぐい工事における杭の支持層への未達問題に端を発し、特に先端支持層の土質を直接確認できない既製杭の施工（セメントミルクによる杭先端根固め部や杭周の処理を併用するもの）において、現場で先端支持層への到達を直接判断できる手法の確立が求められている。

これまで支持層への到達の判断に用いられてきた電流計（積算電流計）に基づくデータの管理では、掘削

工事中のデータのヒューマンエラーによる喪失やデータ（グラフ）のコピーなど、各種の運用上の問題が指摘されてきたところである。そこで、これまで杭体の健全性を非破壊で調査するために用いられてきた打撃による試験法（IT 試験）を活用し、中間検査の段階など、掘削時のデータに頼らず先端支持層への到達状況を簡易に判定する手法について検討を行った。

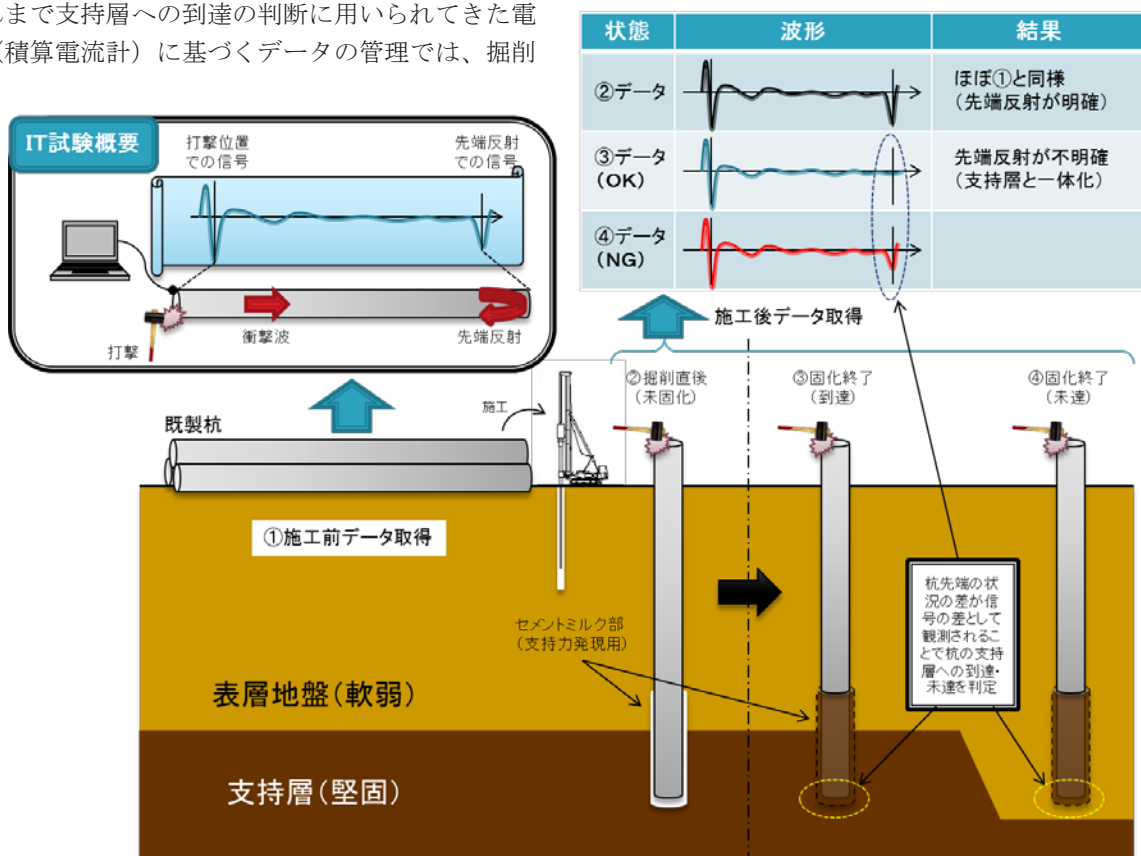


図 1 研究の概要

**[研究内容]**

概要を図1に示す。本研究で活用を想定しているIT試験とは、杭頭部を杭先端に向かって打撃し、通常であれば杭先端の反射のみ確認されるところ、杭体にひび割れ等の問題がある場合はその部分からの反射も観測されることから、加速度計で観測された波形を処理して反射の位置を判定することで杭体の健全性を把握するために用いられる試験手法である。本検討では、①杭先端及び杭周のセメントミルクが固化する前の状態（杭先端の反射が明確）及び②セメントミルクが十分に固化し杭先端部が周囲の支持層と一体化した状態（杭先端の反射が不明瞭）、この2種類の状態についてIT試験を実施することで、杭の先端支持層への到達の状況を判断できる可能性について検討した。

実験は、岐阜県瑞穂市内において、図2に示す通り、支持層深さ21mの地盤に対し、既製コンクリート根固め杭2本を用いて長さ18mの未達杭、長さ22mの到達杭を施工して実施した。

また、施工後の経過時間（施工後1時間、1日、1週、2週、3週、4週の6回）に応じてIT試験を実施し、図3に示す通り、杭頭部と杭先端反射の信号を比較した。杭頭の信号で基準化し、先端反射の入力に対する振幅比として図4に示す。これより次のことが分かった。

- 1) 先端反射の入力（杭頭の信号）に対する振幅比は、施工後の経過時間にしたがって低減した。これは、根固め部のセメントミルク固化に伴う周辺地盤との一体化の発現状況を反映したものと考えられる。
- 2) 先端支持の条件を未達とした杭の振幅比は、到達とした杭に比べて大きかった。これは、杭先端地盤の状況の差を反映したものと考えられる。

**[成果の活用]**

杭の支持層到達を確認するためにIT試験を活用することを提案し、杭施工時のデータを用いずに支持層への到達の判断を行うことについて、一定の可能性が示された。一般の施工管理のほか、中間検査や完了検査など工事監理の各段階での適用が期待できる。ただし、今回現象を確認できた地盤や杭種以外の条件において提案手法を用いるためには、引き続きさまざまな地盤や杭種について実験データを蓄積し、適用範囲の拡大と判断基準の明確化を行ってゆく必要がある。

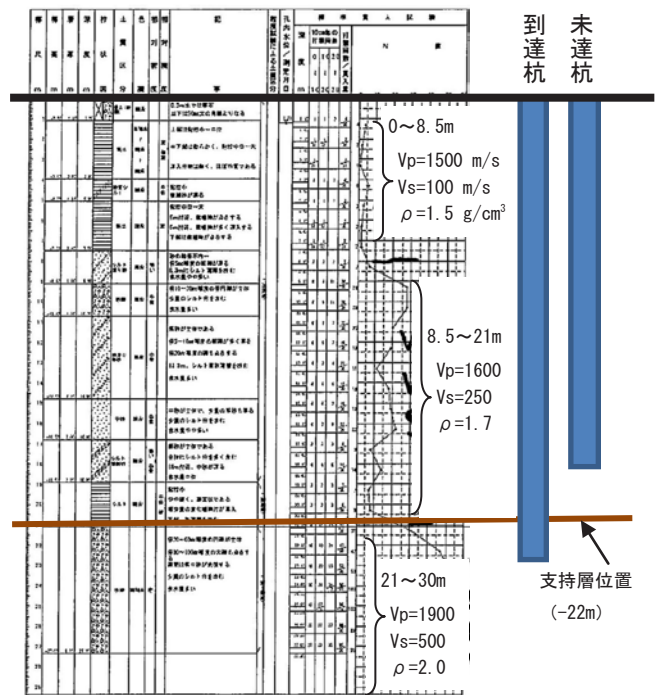
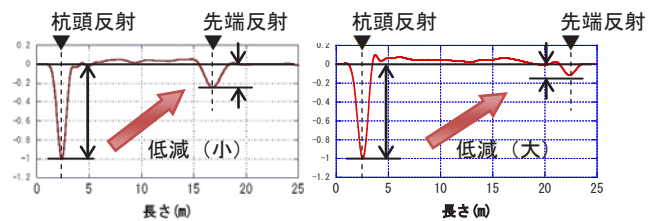


図2 地盤柱状図及び杭長等



(a) 未達杭（杭長 18m） (b) 到達杭（杭長 22m）

図3 波形の比較例

（杭頭反射で基準化：施工後28日時点）

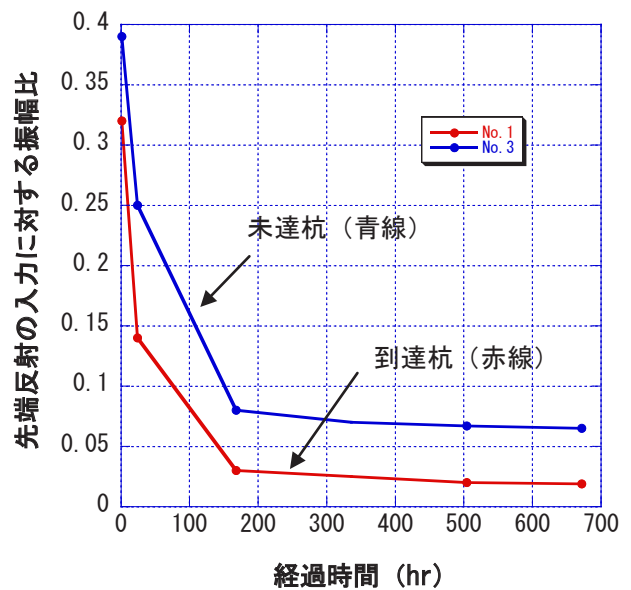


図4 経過時間ごとの振幅比

# 建築構成部材の構造性能検証に資する外力評価及び試験方法 に関する研究

Study on External Force and Experiment Method contributing to Structural Performance  
Verification for Building Members

(研究期間 平成 25～27 年度)

建築研究部  
建築研究部 評価システム研究室  
Building Department  
Evaluation System Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher

井上 波彦  
Namihiko INOUE  
脇山 善夫  
Yoshio WAKIYAMA

This study, which targets damages that occurred on nonstructural elements that were not paid much attention until the earthquakes of recent years. The main subject is glass screen, which is presumably be affected greatly by off - plate direction deformation/vibrations by an earthquake ground motion. Shaking table test was conducted to evaluate the primary natural period of the facade glass and confirm the observed damage. Earthquake response observation and earthquake response analysis based on 3D analytic model were conducted to evaluate response characteristic of a one-story steel structure.

## [研究目的及び経緯]

建築物について耐震設計法の開発により耐震性能が向上してきている。近年の地震では地震動による構造体の被害報告の減少が見られる一方、構造体以外の非構造部材等の建築構成部材の被害防止が課題となっている。それらの被害の中では、非構造部材を支持する構造体や他の非構造部材の変形・振動により生じる面外方向への変形や慣性力による影響が大きいと推定される被害も確認されるようになってきている。

本研究では、近年の地震により非構造部材に生じた、従来はあまり着目されなかった被害を対象に、地震動により建築構成部材に作用する外力評価及び当該部材の構造性能検証に資する技術資料を整備することを目的としている。本研究では、地震被害発生に面外方向の変形・振動の影響が大きいと推定されるガラススクリーンを対象とした。



写真1 地震によるガラススクリーンの被害

## [研究内容]

過去の地震の際に低層鉄骨造建築物の地上階に設置されたガラススクリーンの面ガラスの被害が多く報告されている。被害の発生について面ガラスの面外方向（法線方向）への共振による影響を想定すると、面ガラス自体と面ガラスを支持する部材の振動特性を把握することが重要である。本研究では、面ガラスの固有周期の把握や被害再現のための振動台実験と、低層鉄骨造建築物の固有周期を把握するための地震観測及び固有周期算定のための解析を実施した。

## [研究成果]

ガラススクリーンの面ガラスを面外方向に加振する振動台実験により、面ガラスの固有周期を把握するとともに面ガラスの損傷を再現した。ガラススクリーンの被害が多く報告されている低層鉄骨造建築物について地震観測とモデル解析を行い、低層鉄骨造建築物について、固有周期が建築物の設計に用いられる略算式で求められる値と比べて相当程度大きくなること、モデル解析では境界条件を十分検討することで地震時の挙動を概ね再現できることを確認した。

### (1)ガラススクリーンの振動台実験

写真2に示す試験体1体を水平1軸振動台上に作成し、面ガラス（厚さ10mm）の面外方向（法線方向）に加振した。加振波は、過去に面ガラスの被害を生じた地点に近い場所における当該地震の観測記録（2008年の岩手県沿岸北部の地震の際に気象庁震度観測点の二

戸（以下、JMA 二戸）で記録された地震波の東西成分、2011年東北地方太平洋沖地震の際に同じく仙台（以下、JMA 仙台）で記録された地震波の南北成分）の振幅レベルを調整したものを主に用い、正弦波加振や振動特性を確認するためのランダム波加振も実施した。

加振実験の前に面ガラスの自由振動を計測し、面外方向の固有周期が0.16秒（6.1Hz）であることを確認した。地震波による加振は、JMA 二戸 EW を振幅レベルで20～200%に調整して計7回、JMA 仙台 NS を同じく20～250%で計8回行い、面ガラスは面外方向に大きくはらむものの、破損はしなかった。加振レベルと面ガラスの応答の関係を図1で見ると、加振レベルと応答が比例関係にあるのは加振時の最大加速度  $400\text{cm/s}^2$  程度までであり、それ以降は低減することを確認した。

地震波による加振を一通り実施後、振幅一定の正弦波を連続的に振動数 6～8Hz で変化させる加振を実施し、7.3Hz付近（0.14秒）で面ガラスが全面的に割れた。地震波による加振の結果と合わせると、面ガラスの面外方向の応答が一定程度が大きくなると、固有振動数が大きくなる（固有周期が伸びる）と推定される。

### (2) 低層鉄骨造建築物の地震観測

建築物前面ガラススクリーンのある低層鉄骨造建築物（茨城県牛久市、平屋、一部2階建）の地震観測を行った。図2に、観測期間内に最大レベルの加速度応答を記録した地震（2015年5月25日14時28分発生）時の観測記録の床面（Floor）と梁（Beam）のフーリエ振幅スペクトル比を示す（X方向、Y方向は図3を参照）。これより構造体の1次固有周期はX方向で3.30Hz（0.30秒）、Y方向で2.77Hz（0.36秒）と推定され、建築物の設計で用いられる略算式により算定される固有周期（高さ4mの鉄骨造で0.12秒）より相当程度大きいことが確認された。

### (3) 低層鉄骨造建築物のモデル解析

ガラススクリーンへの地震時入力への検討に有効となる詳細な立体モデルを使った時刻歴応答解析を、(2)と同じ建築物を対象に実施した（図3）。当初の解析では1次固有周期はX方向1.92Hz（0.52秒）、Y方向1.82Hz（0.55秒）となったが、(2)の地震観測結果と比較すると実際の建築物に対して長めとなることが分かった。このため立体モデルを再検討し、境界条件を見直す等によって地震観測結果を概ね再現できる解析モデルを得られることを確認した。

#### 【成果の活用】

一連の実験、観測は一定の仕様のガラススクリーンや低層鉄骨造建築物を対象にした検討より得られたものである。今後、より一般化するために、固有周期の算定式やモデル解析等について検討し、建築物におけるガラススクリーンの設計指針等への反映を検討する。

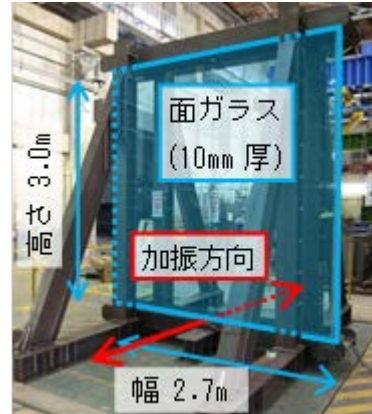


写真2 振動台実験の試験体

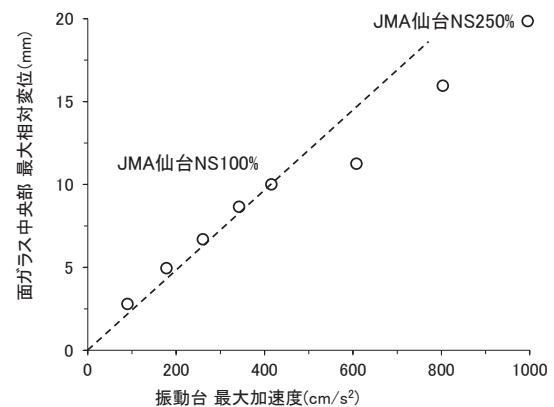


図1 振動台実験での加振レベルと応答の関係

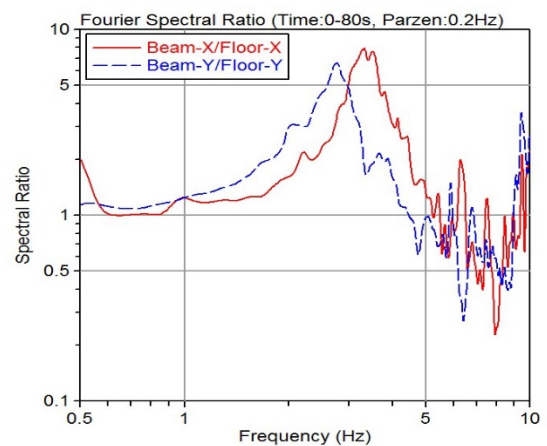


図2 フーリエ振幅スペクトル比（床面と梁位置）

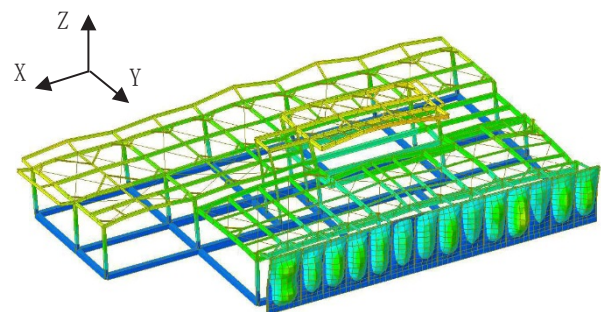


図3 低層鉄骨造建築物の解析モデル