

2.2.8 建築研究部

新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発

Development of design and construction technology for mixed structures utilizing newly developed wood-based materials

(研究期間：平成 29～33 年度)

建築研究部	部 長	福山 洋
	建築品質研究官	犬飼 瑞郎
基準認証システム研究室	室 長	村上 晴信
	主任研究官	喜々津 仁密
	主任研究官	荒木 康弘
	主任研究官	坂下 雅信
	研 究 官	伊藤 圭祐
	研 究 員	津留崎 聖斗
構造基準研究室	室 長	森田 高市
	主任研究官	宮村 雅史
	研 究 官	三木 徳人
防火基準研究室	室 長	成瀬 友宏
	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
設備基準研究室	室 長	平光 厚雄
材料・部材基準研究室	室 長	脇山 善夫
評価システム研究室	室 長	石原 直

【研究目的及び経緯】

地方創生、環境問題への対応、木のある空間の創出などの観点から、建築物の木造化・木質化の促進が求められている。その促進のため、木材を比較的規模の大きい建築物の構造材料として用いることは有効であると考えられる。その実現のため、CLT 等の木質系大型パネルを用いた木造と他構造種別等の中層木質混構造建築物に関する、一般技術を用いた、構造設計法、防耐火設計法、及び耐久設計法等が求められていることから、その整備に資する技術開発を行う。

本年度は、CLT+集成材、RC ラーメン+CLT のプロトタイプの設定の検討、プロトタイプ構造について構造試設計を行い、防耐火の観点も加え、現行防火規定および防火避難総プロの成果に基づく、防火区画のあり方と主要構造部の必要性能の明確化、及び木質材料を用いた混構造建築物の耐久性能を検討するため、既存の中・大規模木造建築物の事例の収集・整理等を行った。

木造住宅の簡易な性能評価法の開発

Development of simplified seismic performance evaluation method for wood houses

(研究期間 平成 28～30 年度)

建築研究部 基準認証システム研究室
Building Department
Standards and Accreditation System Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

村上 晴信
Harunobu MURAKAMI
荒木 康弘
Yasuhiro ARAKI

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】

本研究では、現在、住宅性能表示制度の中小工務店への普及を目的として、現在作成されている図面等から簡単な操作で住宅の構造性能を把握できる評価法の開発を行った。現在、新築されている戸建木造住宅の85%が軸組構法であり、そのうちの90%がプレカット（あらかじめ工場で木材を加工して、現場で短期間に組み上げること）を利用して生産されている。プレカット加工は三次元 CAD・CAM を用いた全自動機械加工が主流となっている。木造住宅の耐震性能を評価するためには、軸組・接合部に関する設計情報が必要であるが、プレカット加工用 CAD 情報には上記情報が三次元情報として作成されており、許容応力度計算や応力解析との親和性は極めて高い。

【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、耐震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。またこの計算ツールを用いて精密診断法 2 による木造住宅の耐震診断を行う手法を整備した。

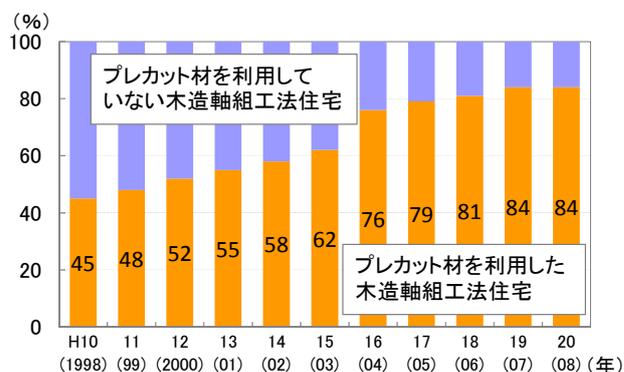


図 1 プレカットを利用した木造軸組構法住宅の割合 (資料：全国木造住宅機械プレカット協会)

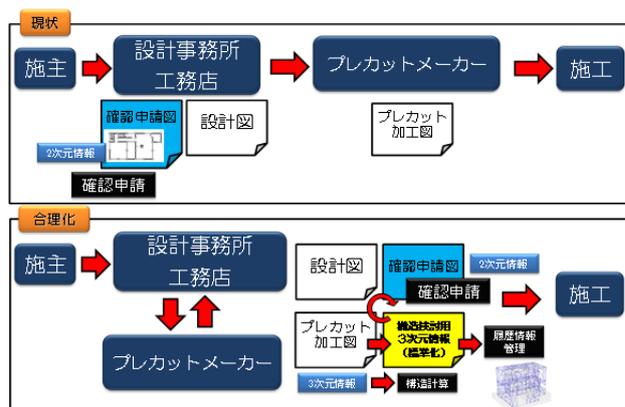


図 2 木造住宅の住宅生産の現状と合理化イメージ

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 日がかりの作業となり、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・書き出す機能を実装した新たなバージョンを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軸材や耐力壁の情報だけでなく、重量や開口部の情報まで自動生成される連携レベル 4 が実現した。

また、この簡易耐震性能評価ツールを改良して、既存木造住宅の応答解析を行う機能を追加した。図面情報から解析モデルを作成し、接合部や壁の劣化状況等を入力し、プッシュオーバー解析行うことで、保有水平耐力計算、及び限界耐力計算による耐震診断を行うためのマニュアルの整備を行った。

【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>

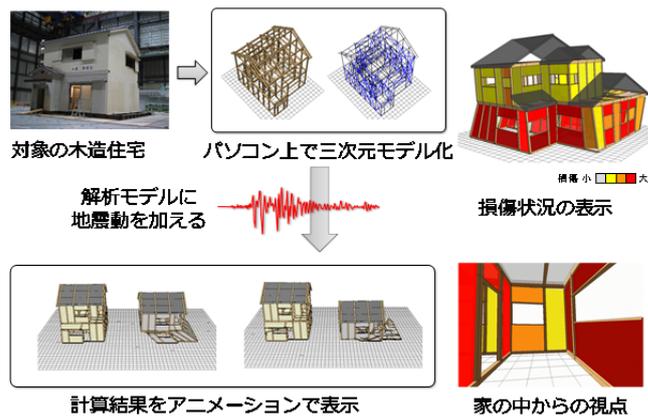


図 3 木造住宅倒壊解析ソフトウェア wallstat

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	×	×	×	○

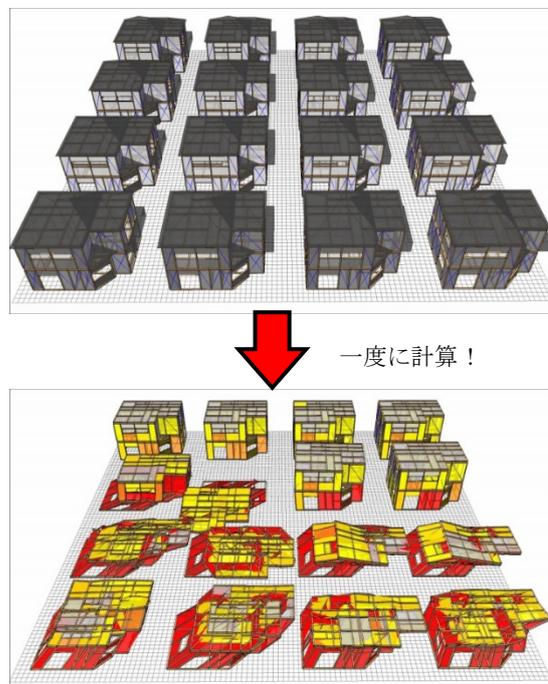


図 4 強さの異なる木造住宅のパラメトリック・スタディ

竜巻による突風荷重の精緻化と 構造的評価体系への適用に関する研究

Research on development and improvement of the tornado-induced wind load and its application to the framework for evaluation of structural performance

(研究期間 平成 29～30 年度)

建築研究部 基準認証システム研究室
Building Department
Standards and Accreditation System Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

村上 晴信
Harunobu MURAKAMI
喜々津 仁密
Hitomitsu KIKITSU

This study aims to develop and improve the tornado-induced wind load model by carrying out flow visualization and wind pressure experiments with a tornado simulator. The condition related to roughness terrain on the ground is taken into consideration for the development of the model. The flow visualization experiment illustrated that the characteristics of tornado-like flow depend on roughness condition. The authors developed the model for wind force coefficients, whose parameters depend on roughness condition. The model was verified by the comparison with the result of wind pressure experiments

【研究目的及び経緯】

つくば竜巻(2012 年)等の近年の竜巻で顕在化した建築物被害の実態を踏まえ、「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」¹⁾では、竜巻が想定すべき大規模災害の1つに位置づけられた。ただし現時点では、竜巻による突風荷重(以下、竜巻荷重)が未整備であるため、ここでは概ね等価な結果を与える定常な風圧力に置き換えた設定を基本とするが、荷重設定の際には実験結果を参考にできることとされた。本研究では、この考え方を補完する技術資料の整備を目的として、より実況に近い竜巻荷重の構築に資する実験的な検討を行う。さらに竜巻を例題にして、偶発作用を建築物の構造的評価体系に適用する際の課題を整理する。

【研究内容】

1. 竜巻荷重の精緻化と妥当性の検証

竜巻特有の非定常な気流を生成できる竜巻発生装置を使用し、4通りの粗度ブロック配置のもとで風圧実験を実施した(表-1、図-1)。そして、既往の竜巻荷重の算定式に実験結果を反映して、地表面粗度の影響を考慮した屋根の風力係数をモデル化し、実験結果との比較を通して妥当性を検証した。

2. 偶発作用としての竜巻の構造的評価体系への適用に関する検討

国内外の基規準として、日本建築学会の指針類、原子力発電所の安全に係る規制基準類、ISO2394(構造物の信頼性設計に関する国際規格)、米国の建築モデルコードを調査し、偶発的に作用する荷重外力の種類とそ

の設定方法に関する知見を収集した。

表-1 地表面粗度条件

実験ケース	一辺長さ	配置間隔	粗度密度
R0	ブロックなし		0
R1	20mm	240mm	0.014
R2	20mm	120mm	0.056
R3	30mm	120mm	0.125

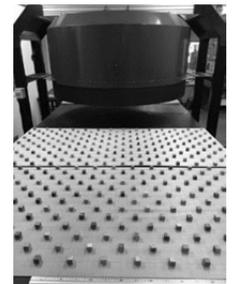


図-1 粗度ブロックの配置状況

【研究成果】

(1) 竜巻状気流の可視化実験

流体の可視化手法の1つであるPIV(Particle Image Velocimetry)実験を行い、竜巻状気流の水平・鉛直断面の性状を把握した。図-2に鉛直断面の測定例を示す。フレームレート1000Hz、画像数3118枚の結果を時間平均したものである。この結果から、地表面粗度の導入によって気流の3次元的な流れ場の構造が変化することがわかった。

(2) 地表面粗度を考慮した屋根の風力係数の提案

以下では、PIV実験結果等を用いて屋根の風力係数のモデル化を試みた。旋回流の風速の動径成分を(1)式、接線成分を(2)式でそれぞれ表す。ここで、 r は旋回流の中心からの距離、 R は最大接線風速半径で、 v_{rm} 及び $v_{\theta m}$ は正值とする。

$$v_r = \begin{cases} \pm v_{rm} \left(\frac{r}{R}\right)^{\alpha_r} & (|r| \leq R) \\ -v_{rm} \left(\frac{|r|}{R}\right)^{\alpha_r} & (|r| > R) \end{cases} \quad (1) \quad v_\theta = \begin{cases} v_{\theta m} \left(\frac{r}{R}\right)^{\beta_\theta} & (|r| \leq R) \\ v_{\theta m} \left(\frac{|r|}{R}\right)^{\beta_\theta} & (|r| > R) \end{cases} \quad (2)$$

そして、速度圧を $v_{\theta m}$ で規定し、屋根に作用する竜巻による突風荷重 P を(3)式で表す。

$$P = \frac{1}{2} \rho v_{\theta m}^2 C_p \quad (3)$$

ここで、 ρ は空気密度で、風力係数 C_p は(4)式に示す内外圧係数から構成される。 C_{ae} 、 C_{we} 、 C_{ai} は、急激な気圧降下による外圧係数、旋回流の直接作用による外圧係数、内圧係数であり、それぞれ a)と b)にまとめる。

$$C_p = C_{ae} + C_{we} - C_{ai} \quad (4)$$

a) 係数 C_{ae} 、 C_{ai} 既報²⁾³⁾にしたがって、これらの係数を(5)~(6)式で表す。

$$C_{ae} = \begin{cases} C_{ae}^* \left[\frac{1}{\beta_i} \left(\left(\frac{|r|}{R} \right)^{2\beta_i} - 1 \right) + \frac{1}{\beta_o} + s_v^{-2} \left\{ K_i \left(\left(\frac{|r|}{R} \right)^{2\alpha_i} - 1 \right) + K_o \right\} \right] & (|r| \leq R) \\ C_{ae}^* \left[\frac{1}{\beta_o} \left(\frac{|r|}{R} \right)^{2\beta_o} + s_v^{-2} K_o \left(\frac{|r|}{R} \right)^{2\alpha_o} \right] & (|r| > R) \end{cases} \quad (5)$$

$$C_{ai} = \varepsilon_r C_{ae} \quad (6)$$

ここで、 C_{ae}^* と ε_r は既報³⁾に示す建築物／竜巻間の相対的な大小関係を表す R の関数である。(5)式中の s_v 、 K_i 、 K_o は(7)~(9)式のとおりである((8)式は(1)式と複号同順)。

$$s_v = \frac{v_{\theta m}}{v_{rm}} \quad (7) \quad K_i = \frac{\pm(\alpha_i+1)-\alpha_i}{\alpha_i} \quad (8) \quad K_o = -\frac{2\alpha_o+1}{\alpha_o} \quad (9)$$

b) 係数 C_{we} 係数 C_{we} は、風速の接線成分又は鉛直成分の寄与が大きいものと仮定して、(10)式で表す。

$$C_{we} = \begin{cases} C_{we}^* \left[b \left(\frac{|r|}{R} \right)^{2\beta_i} + a s_v^{-2} (\alpha_i + 1)^2 \left(\frac{z}{R} \right)^2 \left\{ 1 - \left(\frac{|r|}{R} \right)^{2\alpha_i} \right\} \right] & (|r| \leq R) \\ C_{we}^* b \left(\frac{|r|}{R} \right)^{2\beta_o} & (|r| > R) \end{cases} \quad (10)$$

ここで、 C_{we}^* は既報³⁾に示す建築物／竜巻間の相対的な大小関係を表す R の関数、 z は床面からの高さで水平内の PIV 測定高さの 40mm とする。これは模型の屋根平均高さに概ね等しい。また、 a と b は調整係数である。

(3) 提案モデルと実験結果との比較

上述のモデルによる算定結果と風圧実験結果を図-3に併記した。算定に必要な風速分布のべき指数、最大風速、最大接線風速半径は既報²⁾の実験結果から読み取った。調整係数 a と b は、実験結果に整合するように設定し、R0 と R1 では $a \approx 0$ 、 $b = 1$ 、R2 では $a = 3$ 、 $b \approx 0$ 、R3 では $a = 5$ 、 $b \approx 0$ である。適切に各種係数を設定することで、実験結果に整合した結果を得ることができた。

【成果の活用】

本研究結果は、文献1)や建築物に作用する荷重外力に係る指針類等を改定する際の基礎資料として活用する予定である。

【参考文献】

- 1) 国土技術政策総合研究所：災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)，国総研資料第 1004 号，平成 30 年。
- 2) 喜々津ほか：竜巻状の旋回流による突風荷重モデルに関する研究 その 3，日本建築学会学術講演梗概集，pp.171-172，2018。
- 3) 喜々津ほか：竜巻状の旋回流による突風荷重モデルに関する研究 その 1，日本建築学会学術講演梗概集，pp.141-142，2016。

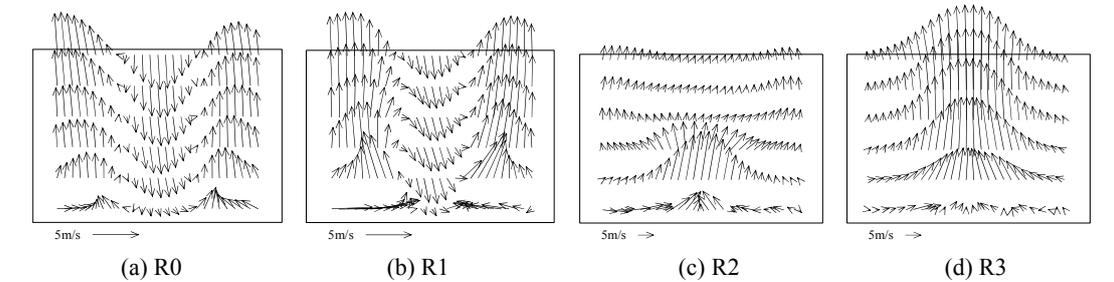


図-2 竜巻状気流の鉛直断面の PIV 実験結果

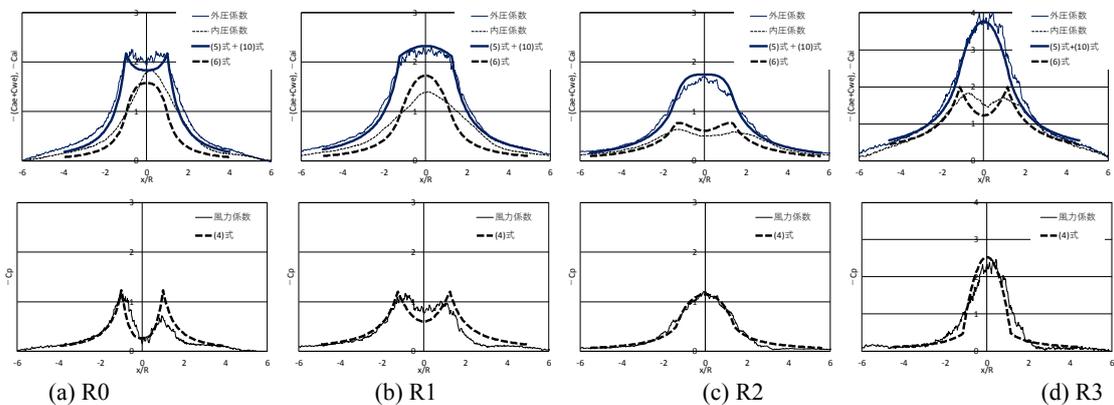


図-3 内外圧係数(上段)と風力係数(下段)に関する提案モデルと実験結果との比較

建物における日常事故予防のための研究

Study for preventing from the building related accident

(研究期間 平成 30 年度)

建築研究部 基準認証システム研究室
Building Department
Standards and Accreditation System Division

研究員
Researcher
研究官
Researcher
室長
Head

津留崎 聖斗
Masato TSURUSAKI
伊藤 圭祐
Keisuke ITO
村上 晴信
Harunobu MURAKAMI

For preventing from a building related accident, we publish knowledge base, which has causes and safety measures about accident, to designers in the Internet (since 2009). With making situations of accident known to managers and users, we analyzed the data of ambulance service, and created the booklet of checkpoints to prevent from accident. The booklet is consist of 7 checkpoints and descriptions about falling down on stairs and a floor and so on.

【研究目的及び経緯】

建物の廊下で転ぶ、階段から転落するなどの日常生活における建物内での事故件数が年々増加している。これらの事故の中には、建物の設計者、管理者の不注意による場合も多いことから、当研究室では平成 21 年より建物設計者向けに日常生活における建物事故の事例、安全対策を集積した「建物事故予防ナレッジベース」¹⁾を Web 上で公開している。平成 30 年度は管理者・利用者への情報提供の強化として、救急搬送データから最近の事故傾向の分析を行ったほか、一般の方でも取り組むことができる事故予防チェックポイント集の作成を行ったので紹介する。

【研究内容】

1. 救急搬送データの分析

平成 28 年 (2016 年) の東京消防庁管内における救急搬送データから最近の建物事故の傾向を分析した。

2. マンションにおける日常事故予防のためのチェックポイント集の作成

マンション管理組合向けに、マンション内での墜落、転倒、転落事故を予防することを目的としてチェックポイント集の作成を行った。

【研究成果】

(1) 救急搬送データの分析

建築・住宅における日常災害の実態を明らかにすることを目的に、平成 28 年 (2016 年) の東京消防庁管内における救急搬送データから、被害者の人的属性および事故種別の各種項目に基づき分類を行うとともに、

既往研究データ (1976 年) との比較分析を行った。

図 1 は、1976 年及び 2016 年の 1 年間の救急搬送件数を 10 万人あたりの割合 (以下「搬送率」とする) で算出し、事故種別ごとに示したものである。

まず、全体を見ると (各事故種別の搬送率を合計すると)、2016 年の搬送率は 1976 年当時と比べ、138.3 (件/10 万人・年) から 350.1 へと約 2.5 倍になっている。この変化の背景として、救急体制の充実、通信の普及、高齢化の影響等が考えられる。

次に事故種別ごとに見ると「墜落²⁾」「火傷」が大きく減少していることが読み取れる。この 2 つは乳幼児に多い事故である。図 2 は 0~4 歳の「墜落」「火傷」の搬送率を表したものであるが、1976 年から 2016 年にかけて「墜落」は 124.7 から 18.4 へと、「火傷」は 103.3 から 3.9 へと搬送率が大きく減少している。この背景として、ベランダの墜落防止手すりや熱源機器の安全対策の充実が考えられる。それに対し、「転倒」「転落³⁾」は著しく増加していることが読み取れる。この背景として高齢化の影響が大きいと考えられる。図 3 は「転落」「転倒」の搬送率を年齢層ごと (64 歳以下、65~74 歳、75 歳以上) に表したものであるが、「転落」の搬送率は順に 58.0、141.8、270.3、「転倒」は 58.0、260.0、1500.0 となっており 75 歳以上の搬送率が著しく高いことがわかる。

(2) マンションにおける日常事故予防のためのチェックポイント集の作成

マンション管理組合向けに、マンション内での墜落、転倒、転落事故を予防することを目的としてチェックポイント集の作成を行った。作成にあたって、「建物事

「建物事故予防ナレッジベース」上のマンションに関連する事故や予防策を活用するとともに、マンション管理士会連合会、マンション管理業協会へのヒアリングから得られた意見を参考にした。

本チェックリストは、図4のような7つのチェックポイントとそれぞれに対応する解説編（図5）により構成されている。解説編はチェックポイントに関する詳しい内容や対策例についてイラスト等を使い分かりやすくまとめている。

【成果の活用】

今回行った救急搬送データの分析を定期的に行うことで事故傾向の把握に努める。

また、チェックポイント集は「建物事故予防ナレッジベース」上で公開している。マンション向けとしてマンションで多い事故についてまとめたものであるが、戸建てや商業施設など建物全般に共通する事項も多い内容となっており、各団体と連携・情報共有を図り、さらなる普及に努める。

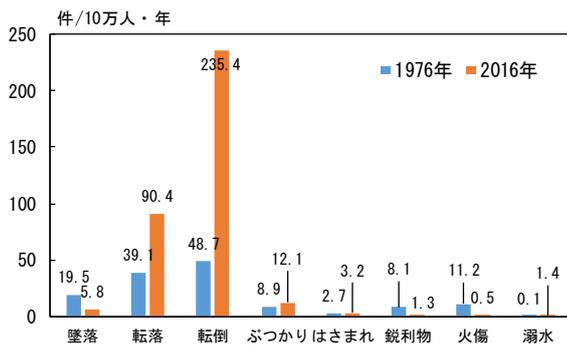


図1 1976年、2016年データにおける東京都の救急搬送率

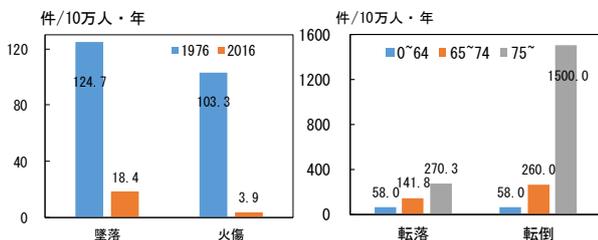


図2 0~4歳の救急搬送率 図3 年齢層別搬送率 (2016)

■ 高い所からの落下を防ぐ

① 適切な手すりがついていますか？
手すりがぐらついたり、はずれたりしていませんか？
☆対策は3ページへ

② 外廊下やベランダ、窓際に子どもがよじ登れる物が置かれていませんか？
☆対策は5ページへ

③ 子どもが高い所で遊んでいませんか？
☆対策は7ページへ

■ 転倒、転落を防ぐ

④ 床に穴や溝、浮きや凹み、小さな段差はありませんか？
☆対策は9ページへ

⑤ 床が滑りやすくなっている場所はありませんか？
☆対策は10ページへ

⑥ 夜間に暗く見えにくい場所はありませんか？
☆対策は11ページへ

⑦ 廊下や階段に物が置かれていませんか？
☆対策は12ページへ

図4 チェックポイント一覧
(チェックポイント集より抜粋)

手すりが無い壁窓

手すり子の間隔が大きい手すり

劣化してぐらぐらになっている手すり

こんな事故が起っています

- 事例1 住民が屋上に落ちた枝葉などを拾う作業をした際、手すり（柵）がなかったため地面に落下した。
- 事例2 1歳の子どもの、自宅6階バルコニーの手すりのすき間から落下した。
- 事例3 2階バルコニーで、住民がバランスを崩しアルミ製手すりに掴まったところ、手すり子部分が脱落し一緒に落下した。
- 事例4 1歳の子どもの3階の自宅居間でカラーボックスと段ボールによじ登り、出窓の網戸を押して遊んでいるうち網戸と一緒に落下した。

図5 解説編—墜落防止手すり—
(チェックポイント集より抜粋)

- 1) 「建物事故予防ナレッジベース」
<https://www.tatemonojikoyobo.nilim.go.jp/kjkb/>
- 2) 墜落：ベランダなど高所から落下すること。
- 3) 転落：階段やエスカレータから転がり落ちること。

実被害事例に基づいた大地震に対する 杭基礎建物の設計手法の高度化

High precision design method for pile foundation during large earthquake
based on seismic damage cases

(研究期間 平成 29～30 年度)

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

主任研究官 柏 尚稔
Senior Researcher Hisatoshi KASHIWA

Dynamic response analyses of a building with pile foundation at Mashiki town office are conducted for the 2016 Kumamoto earthquakes, considering the effects of soil-structure interaction (SSI) based on geophysical and geotechnical surveys. The SSI analyses have resulted in good agreement with the strong motion records observed at base foundation of the building during the earthquakes. This indicates that the SSI could have a significant effect on the strong motion records during the earthquakes. Also, it is revealed that the gap caused between pile and soil could increase the base response during the main shock.

【研究目的及び経緯】

2016 年熊本地震において活断層近傍に位置する益城町では、震度 7 の地震動が 1 日程度の間隔で 2 回観測された。数多くの木造建物が甚大な被害を受けた益城町中心部²⁾では約 700m の距離があるものの、地表³⁾ (KMMH16 と呼ぶ) と杭基礎建物 1 階床上¹⁾ (益城町役場、MTO と呼ぶ) の 2 地点で強震記録が得られている。MTO の強震記録は KMMH16 の地表のそれと大きく異なる特徴をもっており、動的相互作用効果が影響している可能性が考えられる。一方、杭基礎の被害は上部構造の機能継続性に大きく影響を及ぼすことから、防災拠点や避難施設、事業継続性を考慮する建物に対する要求として大地震時に対する杭基礎の耐震設計は重要である。このとき、杭基礎への地震外力には地盤・杭・上部建物に生じる非線形現象を含めた地盤と建物の動的相互作用効果を考慮する必要があるが、その考慮方法を検討する上で、MTO の強震記録は極めて貴重であり、詳細な分析により大地震に対する杭基礎の耐震設計に大きく貢献する検討事例となる。

以上の背景を踏まえて、本研究では解析的な分析を実施することにより、MTO の強震記録に含まれる動的相互作用効果について検討すると共に、杭基礎の損傷評価に対して影響を及ぼす要因について分析した。

【研究内容】

(1) 益城町庁舎のモデル化とシミュレーション解析

図 1 に示すように、益城町役場を支持する群杭基礎中から最も数の多い 4 本群杭 (杭中心間距離は杭径の

2.5 倍) のフォーミングを抽出して 1 本の杭として集約し、上部構造と杭を一本の梁ばねモデルにモデル化して、地盤-建物連成系の地震応答解析を行う。上部建物は設計図書を参照し、弾性の多質点系でモデル化する。上部構造の 1 次固有周期は 0.25 秒である。杭部材は梁要素でモデル化し、曲げ変形特性 (曲げモーメント-曲率関係) の非線形性をファイバーモデルで考慮する。杭頭は基礎版に剛接合し、杭先端はピンローラーで支持する。杭周地盤ばねの地盤反力-変形関係は、多折れ点の非線形モデルでモデル化する。このとき、浅部で杭と地盤の剥離が生じた可能性があるため、履歴曲線には、スリップ特性を付与する。
(2) 杭の損傷評価に及ぼす影響因子の検討
浅部の地盤の局所的な非線形化および上部建物の非線形化が益城町庁舎の地震応答に及ぼす影響を分析するために、(1) で構築した解析モデルを用いてパラメトリックスタディを行う。

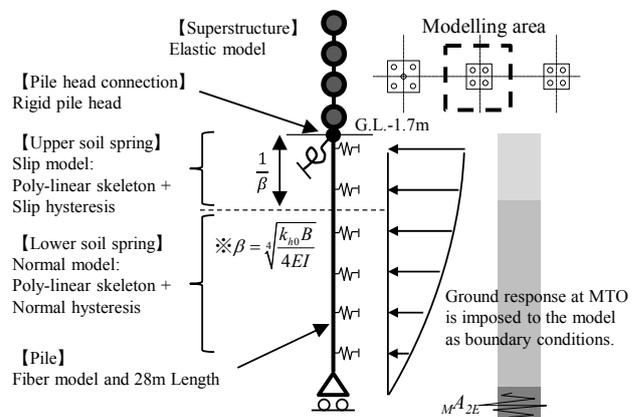


図 1 益城町庁舎の地震応答解析モデル

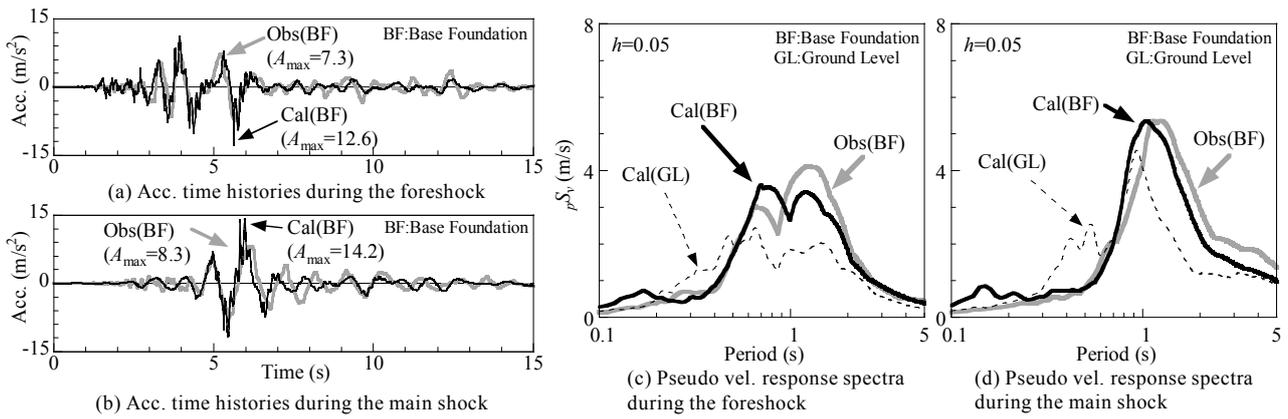


図2 MTOにおける観測記録と解析結果の比較

【研究成果】

(1) 益城町庁舎のモデル化とシミュレーション解析

図 2(a)、(b)に基礎版の加速度応答時刻歴波形 (Cal(BF)) を MTO の強震記録のそれ (Obs(BF)) と比較して示す。解析結果の波形は強震記録のそれに見られる特徴を概ね捉えている。図 2(c)、(d)に地表の推定地震動 (Cal(GL)) および基礎版の加速度応答から計算した擬似速度応答スペクトル (減衰定数 5%) を MTO の強震記録のそれと比較して示す。本震では、基礎版の擬似速度応答スペクトルにおける周期 1~3 秒の成分は MTO の本震記録のそれより若干小さいものの、地表のそれに比べると大きい。KMMH16 と MTO の自由地盤上の地震動は同程度と推定できることから、MTO の本震記録における周期 1~3 秒の成分が KMMH16 の地表の記録と大きく異なったのは、地盤と建物の動的相互作用効果の寄与が支配的と考えられる。

(2) 杭の損傷評価に及ぼす影響因子の検討

図 3 に上部構造の耐力 C_{by} と曲率の最大応答値の本震における関係、および $C_{by}=0.6, 1.0, 2.0$ での杭頭の水平抵抗を示す。図 3(a)より、 C_{by} が 0.6 から 1.0 に増大すると曲率の最大応答値が大きく増大する。図 3(b)より、 $C_{by}=1.0$ では杭頭せん断力が 1200kN 程度で頭打ちになっており、杭の水平抵抗の最大値に相当すると考えられる。上部建物の耐力が杭の水平抵抗の最大値を超える場合には地盤に対する基礎版の相対変位が増大しやすく、曲率の最大応答値も大きくなると考えられる。

図 4 にスリップモデルの考慮深さ l_{slip} と曲率の最大応答値の本震における関係、および $l_{slip}=0.0, 0.35, 1.95$ での杭頭の水平抵抗を示す。図 4(a)より、 l_{slip} の増大に伴って曲率の最大応答値は増大し、本ケースの場合には $l_{slip}=1.15$ を超えるとおおよそ一定値となる。図 4(b)より、杭頭せん断力の最大値はほとんど変わらないものの、 l_{slip} の増大に伴って杭頭の水

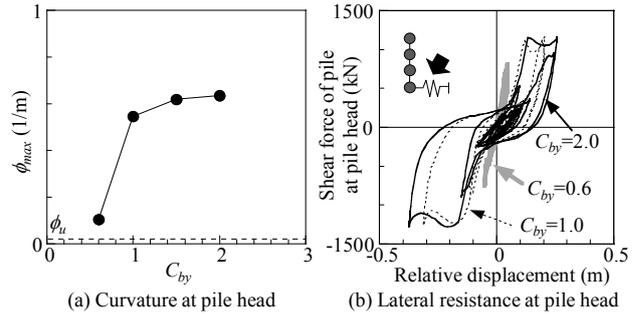


図3 上部建物の耐力が曲率の最大応答値および杭頭の水平抵抗に及ぼす影響 (本震)

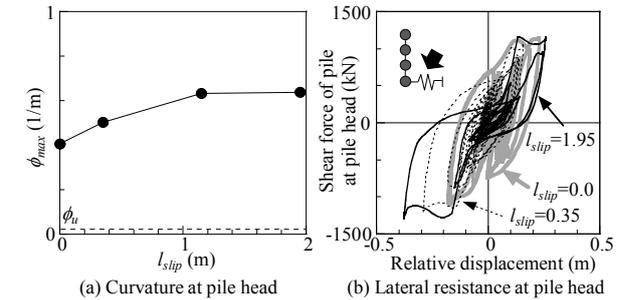


図4 Slip モデルの考慮深さが曲率の最大応答値および杭頭の水平抵抗に及ぼす影響 (本震)

平抵抗の等価剛性が低下しやすくなり、地盤に対する基礎版の相対変位も増大することが分かる。

【成果の活用】

本課題の成果は、大地震において杭基礎と上部構造を一体的に性能評価する設計法を構築するための技術資料として活用する。

【参考文献】

- 1) Japan Meteorological Agency, Japan (JMA), 2016 http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/index.html (accessed 2018.10.2)
- 2) 国土技術政策総合研究所他: 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震建築物被害調査報告 (速報), 国土技術政策総合研究所資料, No.929, 2016
- 3) National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan (NIED), 2016 <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/> (accessed 2018.10.2)

木造住宅の耐久性向上に資する外皮の施工監理と住まい手との情報交換ツールの開発

Development of a tool for the communication which improves the durability of the wooden house.

(研究期間 平成 30～31 年度)

建築研究部 構造基準研究室

主任研究官 宮村 雅史

[研究目的及び経緯]

住宅瑕疵保険の事故の中で防水事故の割合は9割を超えており、雨水浸入および結露対策は木造住宅の耐久性を確保する上で極めて重要な課題である。国総研では、産学官連携の共同研究(合計24機関)を5年間にわたり実施し、木造住宅の劣化を防止するため雨水浸入や結露に伴う劣化要因と外皮の仕様の選択方法や施工方法についてのガイドラインと、住まい手向けのツールを公表している。本年度は、住まい手向けの4つのツールの使い勝手を評価し改善するため、住宅供給団体に委託して以下の項目についてチェックの上、使いやすさを改善した。

①判りやすさ、②削除・追加すべき項目、③正確性、④公平性、⑤WebのLink状況、⑥国総研Webサイトの利用度、⑦検索結果の上位度、⑧ツールを開く所要時間、⑨住宅供給団体からの要望・意見

現在、この4つのツールに対して、使い勝手の評価を実施し、その結果を反映することにより、より使い勝手の良い住まい手用のツールを開発している。

鋼種の違いが鉄骨造柱梁接合部の構造性能に及ぼす影響に関する研究

Study of the influence of the difference of the steel grade on structural performance of steel beam-to-column connection

(研究期間 平成 30～31 年度)

建築研究部 構造基準研究室

研究官 三木 徳人

[研究目的及び経緯]

近年では、地震動に対する建物の機能継続も踏まえた耐震性能の確保が、重要な社会的要請として認識されつつある。また、現在、鋼材の一樣伸びや降伏比が部材の性能に及ぼす影響の技術資料がほとんどないため、基礎資料を整備しておく必要がある。本研究では、鉄骨造柱梁接合部の変形性能を定量的に把握するための基礎資料として、鋼種毎に部材性能がどの程度変化するか検討するため、材料試験と、柱梁接合部実験を様々な鋼種について行う。

今年度は、来年度に行う材料試験および柱梁接合部実験に向けて、治具および試験体の一部を製作した。また、鋼材の伸び能力と材料強度の関係について、既往の実験データを用いて分析し評価法を検討し、鋼材の一樣伸びの平均的な値を捉えられることを確認した。

準耐火基準に適合する構造方法に関する研究

Research on construction methods for quasi-fire-resistive construction

(研究期間 平成 30 年度)

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

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

成瀬 友宏
Tomohiro NARUSE
鈴木 淳一
Junichi SUZUKI
水上 点晴
Tensei MIZUKAMI

The building Standard Law of Japan was amended to broaden the scope of design liberty by exhaustively carrying out general evaluations and establishing performance standards in June 2018. On the point of view of promoting the use of wood in medium-rise buildings, the articles 21-1, 27, 61 and 62 were amended to allow the use of modes of construction other than fire-resistive construction with designs that facilitate fire-fighting operations. Therefore, in this report, based on the test results, we proposed the draft of the construction methods for quasi-fire-resistive construction specified in the notification of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism.

【研究目的及び経緯】

平成 30 年 6 月に建築基準法（以下、法という）第 21 条第 1 項（木造等の高さ制限）、法第 27 条（特殊建築物に対する避難安全）、第 61 条・62 条（防火地域・準防火地域内の建築物）について、必要な性能を要求するための改正（性能規定化）が行われ、平成 31 年 6 月施行に向けて、建築物の主要構造部に要求する準耐火性能を具体的に整理している。

4、5 階建といった中層の建築物の主要構造部には、1 時間を超える準耐火基準に適合する構造が必要になるものの、告示に例示できる構造方法は定まっていない。告示により例示されない場合、国土交通大臣の認定を取得する方法があるが、従来燃えしろについては、大臣認定の対象ではないため告示に仕様として例示する必要があり、代表的な被覆の仕様については、これまでと同様に告示で例示することが必要とされている。

【研究内容】

1. 高度な準耐火構造としての性能確保方策

今般の法改正により見直される内容は、従来、耐火構造（一定の時間の加熱が終了した後も性能を失わない構造）が要求されてきた建築物に対して、一定の条件の下で準耐火構造（一定の時間の加熱が終了するまで性能を失わない構造）が適用できることである。準耐火構造は保有性能時間を超えれば直ちに性能を失う可能性があり、その性能は構成する材料の品質や施工のばらつきに支配されるため、高度な準耐火性能が要求される部材の性能には従来に増して、品質を確保す

ることが要求される。そのためには、試験における標本の数を増やす必要があるものの、費用や時間の観点から、従来から国土交通大臣の認定の申請に必要な性能評価でも 2 回の試験結果に基づいて判定していることから、このようなものに対しては同様に試験を行うものの、試験結果に対してある一定の安全率を見込むことで品質を確保することとし、安全率に関する提案を行う。

2. 燃えしろ寸法(案)の整理

平成 30 年建築基準整備促進事業 F13 の実験結果¹⁾を含めた木材の火災時の炭化速度に関する既往の知見から、高度な準耐火性能が要求される部材に対して、安全率を見込んだ燃えしろ寸法を整理して提案する。

3. 被覆の例示仕様(案)の整理

燃えしろ寸法(案)の整理と同様に、既往の知見に基づいて、高度な準耐火性能が要求される部材に対して、安全率を見込んだ被覆仕様(案)を整理して提案する。

【研究成果】

1. 高度な準耐火構造としての性能確保方策

従来から、準耐火性能の保有性能（遮熱性・遮炎性・非損傷性）は、加熱開始後一定時間経過後の性能の判定項目（温度・変位等）が基準値を上回るかどうかにより判定されてきたため、保有性能時間の観点では高度な準耐火性能が要求される部材の品質を定量的に議論するための十分な知見が蓄積されていない。加熱後一定時間における保有性能に関しては、既存の研究結果²⁾より、性能評価試験のうち最もデータ数が多いせ

っこうボードを主な被覆とした準耐火構造の耐火試験 (41 事例) から、各事例で行われた 2 回の試験結果の差に関する知見が得られており、判定値の 20%を見込むことで多くの実験結果を包含できることが示されている。

また、耐火性能等の評価に関する区画部材等の欧州規格 (EN 1634-1) では、仕様の拡張等を含めて評価する際に、要求性能の約 1.1~1.2 倍の終局性能を要求することによって安全率を設定している。

保有性能時間を確保する上で、これらの知見等に基づいて、図-1 に示すように試験において性能損失する時間である性能限界時間 (2 回の試験結果の短い方の時間) を安全率 1.2 で割ることにより準耐火時間を定めることとする。

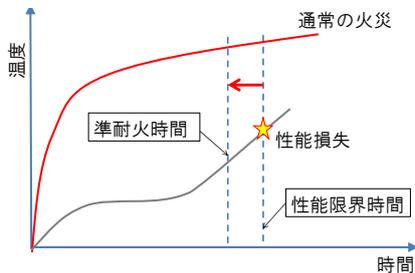


図-1 準耐火性能における安全率の考え方

2. 燃えしろ寸法(案)の整理

図-2 に平成 30 年建築基準整備促進事業 F13 の実験結果¹⁾等を含めた木材の火災時の炭化深さに関する既往の知見をまとめて示す。加熱が 1 時間を超えると、1 時間以下のものに比べてばらつきが大きくなっていること、炭化深さの増加の割合 (炭化速度) が上昇していることを踏まえ、保有性能を確保する上で性能限界時間を安全率 1.2 で割ることにより必要燃えしろを算出し、かつ、荷重支持部材 (柱、梁、壁・床) については、残存断面の温度および含水の上昇による耐力の低下を見込んで最小断面寸法の制限も求めることとする。

75 分準耐火基準に適合する構造方法として、燃えしろ 62mm (集成材・LVL・CLT において、接着剤にレゾルシノールを用いた場合)、かつ、1 辺 20cm 以上の残存断面を有することを仕様案としてまとめた。

3. 被覆の例示仕様(案)の整理

図-3 に平成 30 年建築基準整備促進事業 F13¹⁾および (国研) 建築研究所にける実験結果³⁾等を含めたせっこうボード被覆の遮熱性に関する既往の知見をまとめて示す。

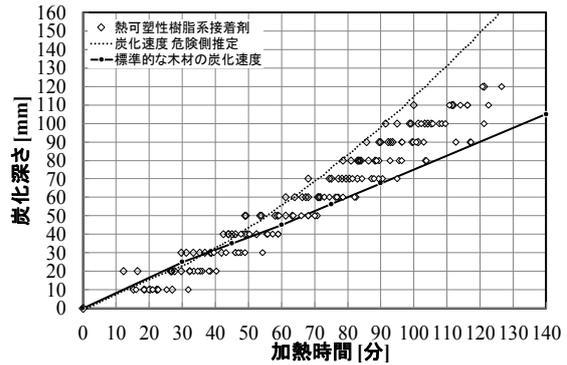


図-2 炭化深さの測定結果の例

この結果から、告示では木材以外に荷重支持部分に関する制限がないことから、荷重支持部分の炭化を判断基準とし、75 分準耐火基準に適合する構造方法として、強化せっこうボード (ボード用原紙を除いた部分のせっこうの含有率を 95%以上、ガラス繊維の含有率を 0.4%以上とし、かつ、ひる石の含有率を 2.5%以上としたもの) に限る。以下同じ。) を 2 枚以上張ったもので、その厚さの合計が 40 mm のものを仕様案としてまとめた。

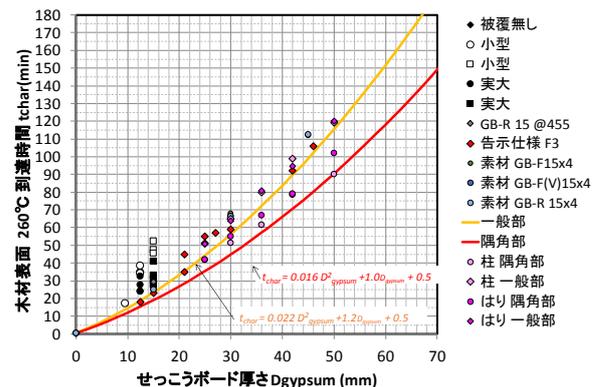


図-3 せっこうボード被覆の遮熱性の測定結果の例

【成果の活用】

本研究結果は、75 分準耐火基準に適合する構造方法を定める告示を制定する際の基礎資料として活用する予定である。

【参考文献】

- 1) 一般社団法人 建築性能基準推進協会、平成 30 年建築基準整備促進事業 F13 報告書、平成 31 年 3 月
- 2) 成瀬友宏、鈴木淳一、水上点晴ほか、防耐火構造の終局性能の確認方法、日本火災学会研究発表会概要集、平成 29 年
- 3) 成瀬友宏、鈴木淳一ほか、メンブレン防火被覆型木質耐火構造の加熱実験 第 9 報 耐火部材の準耐火性能 2、日本火災学会研究発表会概要集、平成 31 年

隣棟延焼過程における火災外力評価手法の高度化

Advancement of the building-to-building fire spread evaluation method

(研究期間 平成 30～31 年度)

建築研究部 防火基準研究室

主任研究官 樋本 圭佑

[研究目的及び経緯]

2016 年 12 月に新潟県糸魚川市で発生した火災では、147 棟の家屋を焼失する被害を出した。被害拡大要因の分析では、市街地を構成する建物 1 棟 1 棟の火災性状を再現する数値シミュレーションモデルが活用されたが、既存のモデルでは、市街地風に対して一様な分布を仮定しており、延焼の主たる原因であったとされる飛び火等の影響をどの程度適切に評価できているのか、十分に検討できていない。そこで本研究では、延焼拡大要因（火災外力）の危険性をより合理的に評価するため、数値流体力学的方法により火災建物周りの流れ場を市街地レベルで解析するための計算プログラムを開発し、その妥当性を火災風洞実験により検証することを目的としている。

本年度は、計算プログラムの検証用データを取得することを目的として火災風洞実験を行い、異なる火源条件、流入風条件の下での、火源周辺の流れ場、温度場の計測を行った。また、古典的なプルームモデルに横風の効果を追加して分析することで、プルーム中心軸の軌跡、プルームの軸上温度上昇、火源風下側の床面近傍温度上昇を、それぞれ簡便な手続きで計算するための関係式を作成した。今後は、開発を進めている計算プログラムとの比較を行い、その妥当性を確認していく。

火災感知手法と連動型防火システムに関する研究

Development and implementation of observation, analysis and prediction technology for water-related disasters

(研究期間 平成 30～31 年度)

建築研究部 防火基準研究室

主任研究官 水上 点晴

[研究目的及び経緯]

日常生活環境の改善に比べ、非日常的な防火対策は費用対効果が特に問われる分野であり、従来型のパッシブな防火被覆・防火区画設計に対して、アクティブ型防火システムが商業施設を中心に採用されている。一方で 2017 年 2 月に発生した埼玉県大規模倉庫火災では、管轄領域が多岐にまたがる防火システム（火災感知器、防火シャッター、コンベア等のマテハン機器）間の連動不良による延焼拡大が指摘された。原因究明と再発防止対策は行われたものの、アクティブ型防火システムの信頼性評価手法を早急に確立する必要がある。そこで本研究では、火災感知と防火システム作動時の火災外力の低減効果についての実験的検討を行う。

本年度は、区画模型で発生させた開口噴出火炎に対する上階延焼防止対策を対象として、庇と組み合わせた散水設備の火災外力低減効果について実験的検討を行い、上階延焼防止に有効な庇の必要長さについての知見を得た。今後、異なる設計条件下での実験を積み重ねるとともに、実験結果の解析を通じて、必要散水量の定量化を行い、水平防火区画として位置づけられている庇やバルコニーの代替策として提案することで、設計自由度の拡大につなげていく。

耐火性能評価試験法と性能評価方法の合理化に関する研究

Development and implementation of observation, analysis and prediction technology for water-related disasters

(研究期間 平成 30～31 年度)

建築研究部 防火基準研究室

室 長 成瀬 友宏

主任研究官 鈴木 淳一

[研究目的及び経緯]

耐火試験の国際規格として IS0834 が発行されているが、国内特有の要求性能(火災の終了)の確認のための試験条件の明確化が不十分な状況にある。本研究は、標準的な方法が無い状態で運用及び実施されてきた試験の部分について分析により、明確化を行うことが目的である。特に、主として柱、梁に関して、木質系および鋼系耐火構造の耐火性能評価及び試験方法の合理化のため、耐火性能に与える種々の支配因子の特定及び分析を行う。耐火性能評価試験における試験条件、試験体の条件の変化・ばらつきが、試験結果に与える影響を実験及び解析的に定量化し、性能評価試験技術の高精度化と合理化に資する。アウトプットとして、試験・性能評価方法の改定のための技術資料を作成する。

耐火試験の国際規格として IS0834 が発行されているが、国内特有の要求性能(火災の終了)の確認されており、試験条件の整備が不十分となっている。本年度は、耐火試験時における火災終了後の再現に関して、冷却条件(炉内温度、空気供給量等)、耐火炉と試験体の条件(大きさ、可燃物量)関係性を把握した。今年度は、火災終了後の冷却条件(炉内温度、空気供給量等)、耐火炉と試験体の条件(大きさ、可燃物量)による不確定要素が大きいことが明らかとした。

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	成瀬 友宏
		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
建築研究部	材料・部材基準研究室	主任研究官	吉岡 英樹
都市研究部	都市防災研究室	室長	竹谷 修一
都市研究部	都市計画研究室	室長	勝又 済
都市研究部	都市開発研究室	室長	石井 儀光
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〕

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、建築物の柱や壁などの主要構造部について、以下の検討を行った。

- ①避難時間が短いことが期待される 3 階建て 200m² までの建築物について、避難安全の観点から、避難を確実にするため、警報設備の設置、階段室等の堅穴部分に区画を設置することで主要構造部への耐火構造の要求の緩和
- ②木造建築物の火災時の倒壊防止の観点から、通常の消火措置の効果を考慮して、火災時の建築物の倒壊防止を実現するための主要構造部等の評価方法の構築
- ③特殊建築物の在館者の避難安全の確保の観点から、検索救助に必要とされる主要構造部等の評価方法の構築
- ④市街地の延焼抑制の観点から、代替構造方法による現行基準との同等性を評価方法の提構築

また、建築物の立地規制について、以下の検討を行った。

- ①建築基準法第 48 条ただし書許可に係る全国特定行政庁における許可基準及び許可実例の多角的な傾向分析と、許可手続きの合理化に向けた周辺影響対策や技術基準の包括的整理
- ②建物用途規制の緩和型運用に係るガイドライン（素案）の作成
- ③騒音、夜間照明等、建物用途の周辺影響に関する簡易評価ツールのプロトタイプ作成

避難所における被災者の健康と安全確保のための設備等改修技術の開発

Development of technologies to improve and renovate equipment to maintain the sufferers' health and secure safety in a shelter

(研究期間 平成 29～31 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]

過去の震災では、天井の脱落や建築設備の損壊およびライフライン途絶により避難所としての機能を十分に果たせない施設が多数見られた。また、エコノミークラス症候群等の健康面に関する問題も発生している。そのため、避難所において健康被害等が生じないための住環境改善手法の整備が必要となってきた。本研究では、避難所の住環境確保のための具体的な手法等について提示することを目的としている。なお、電気、水、下水、ガス等のライフライン途絶状況や災害直後からの復旧状況に応じた対応技術を提示することとしている。さらには、避難所の使用可否判断技術の開発についても検討を実施する。

本年度は、学校施設にある設備の普及状態や、各種設備のメリット、デメリットを鑑みて、建築設備の災害対応技術に関して収集した情報を活用し、「日常生活に近いレベル」、「過去の避難所事例に同程度のレベル」、「重大な健康被害が生じない最低限のレベル」の生活環境の3段階のレベルの目標水準の整理を行った。さらには、これらの目標水準を満足するために電気設備や給排水設備等の各要素の災害対応技術の情報を収集し、各技術のメリット・デメリットについても整理を行った。また、地方公共団体の担当者や避難所の実質運営者等へのヒアリング調査を実施し、津波被害の有無によりライフラインの支援や復旧の速度が大きく異なること、トイレが一番困ったことであること、校舎の一般教室を適宜開放することが有効であることなどがわかった。

新しい空間の明るさ評価指標の活用に向けた照明設備基本設計法の開発

Development of general design method of lighting equipment using new spatial brightness index

(研究期間 平成 30～31 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]

建築物の省エネ基準適合義務化が進むなか、照明設備の省エネ性能はLED器具の急速な技術開発・普及により向上したが、次の段階として、設計の工夫による更なる省エネ性能追及と光環境の高品質化を両立する方法論が必要とされている。省エネと光環境の質の両立の観点からタスク・アンビエント照明方式による設計は有効であるが、従来の設計手法である光束法をそのまま活用するだけでは想定以上に暗く感じる光環境が生じることもあり、設計法の整備が望まれている。本研究の目的は、光束法を改良することで、新しく提案されている明るさ評価指標（光環境の質の評価に適した）を基本設計スキームに組み込む手法を開発することである。

今年度の研究において、近年複数提案されている明るさ評価指標に関して、その評価値に影響を与える建築的要素を抽出するために、被験者実験を実施した。これにより、室形状、照明配置、照明光量、内装仕上げ等の建築的仕様が、明るさ評価に与える影響に関して定量的な整理を行うとともに、明るさ評価指標により評価可能な室内環境についての境界条件を明らかにした。また、室内の光分布性状を取得するための画像測光による計測システムを構築した。

CLT 構造建築物の新たな重量床衝撃音レベル予測計算方法の開発

Development of new prediction calculating method for heavy-weight floor impact sound level of the CLT building

(研究期間 平成 29～31 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]

「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の施行により、木材の利用が推進され、木造建築物が増加することが予想されている。また、国内産木材を効果的に利用するための施策として、新たな建材の CLT (Cross Laminated Timber、直行集成板) の普及が進められている。CLT は JAS に規格化されるとともに、建築基準法などの基準類の整備も行われている。しかしながら、コンクリート構造建築物に比べ、木造建築物の重量床衝撃音遮断性能は低くなっており、性能向上が求められている。また、木造建築物の重量床衝撃音レベルを事前に予測計算する手法は殆どなく、予測計算手法の開発が望まれている。本研究では、CLT 構造建築物の重量床衝撃音レベルの新たな予測計算方法を開発するとともに、性能向上の手法等を提示することを目的とする。

今年度は、床衝撃音遮断性能に大きな影響を与える、CLT パネル床上部に施工される床仕上げ構造の影響の実験的検討を行った。つくば CLT 実験棟において、断面仕様を変化させた乾式二重床構造を施工し、その影響 (床衝撃音レベル低減量) を測定した。その結果、防振ゴムのないプラ束支持では、重量床衝撃音遮断性能は悪化するが、防振ゴム付の乾式二重床構造では、重量および軽量床衝撃音に効果があることあり、表面仕上げ材の面密度も性能変化に大きく影響を与えることを明らかにした。

建築物の外装・防水層の長寿命化改修に資する既存 RC 部材の評価技術の開発

Development of evaluation technology on exterior and waterproofing membrane coating for long-life repairing of existing RC members.

(研究期間 平成 30～32 年度)

建築研究部 材料・部材基準研究室

室 長 脇山 善夫

主任研究官 土屋 直子

住宅研究部 住宅生産研究室

主任研究官 根本 かおり

[研究目的及び経緯]

建築物の長寿命化、維持管理の効率化は、資源の有効活用や建築専門技術者等の担い手不足により、従前から喫緊の課題である。外装・防水層は、外気からの負荷を直接受け、構造躯体と比べて耐用年数は短い、その躯体保護効果は建築物の長寿命化で重要な役割を果たしている。建築物の長期にわたる使用を想定すると、改修工事の際に下地となる既存部材は、改修後の品質確保や耐久性向上にとって重要であり、その評価技術の開発および改修仕様の決定に必要な建物の調査技術の整備が必要である。

今年度、外装について塗料および仕上塗材、複合改修構工法で改修された外壁ならびにシーリング目地を対象に種々の検討を行っている。塗料および仕上塗材は、20 年以上屋外暴露した壁試験体を用いて、改修仕様として複数の材料や下地処理水準を設定し、それらを壁試験体に適用して、検証実験を開始した。複合改修構工法は導入後 20 年以上経過しており、再劣化による次の改修工法に備えるための検討として、劣化状態を的確に把握するための調査方法について検討している。シーリング目地は、改修後の品質確保に必要な評価技術を検討している。屋上防水層は、アスファルト防水・アスファルトシート防水、シート防水、塗膜防水ならびに FRP 防水を対象に、改修した屋上防水の再劣化事象の整理ならびに、改修工事における性能担保のための設計限界について、防水層改修だけでは対応しきれない屋上改修設計上の課題について整理を行っている。

地震被害を踏まえたガラス窓の耐震性向上に関する研究

Study on improvement of seismic resistance of glass windows

(研究期間 平成 29～30 年度)

建築研究部 材料・部材基準研究室

室長

脇山 善夫

Building Department

Head

Yoshio WAKIYAMA

Material and Component Standards Division

The glass window damage like sliding door falling-off and window sash inclination is dangerous in view point of human casualty. This study conducted a shaking table test to clarify the damage cause and accumulate the knowledge of seismic design of glass windows. The specimen was made in imitation of a part of horizontal glass windows severely damaged by earthquake. The relative displacement by the maximum shaking test between the sliding door and the supporting light gauge steel, which will cause the falling-off of sliding doors, was more than the bearing width and there was no falling-off. There was some tear-off damage observed after the maximum shaking that will lead to the inclination and falling-off of the windows.

【研究目的及び経緯】

近年の地震の際に、構造体に大きな被害が見られない学校体育館でガラス窓のガラス及び窓障子の損傷・脱落等が報告されている。被害は特に、体育館 2 階ギャラリーレベルの片持ちの軒下に桁行方向に設置された横連窓で生じており (図-1)、窓障子の脱落や、サッシ枠上部接合部の外れ及びそれに伴うガラス窓の傾斜・脱落等が見られる。ガラス、窓障子あるいはガラス窓自体の損傷・脱落は、その被害形態により、建築物の使用に影響を与えるだけでなく、利用者の人身に危害を及ぼすおそれがあり、被害要因の究明及び耐震対策の検討が求められる。

本研究は、過去の地震で体育館において生じたガラス窓の地震被害について、実大実験を通して、被害要因の検討及び耐震対策につなげるための技術資料を得ることを目的として実施した。



図-1 地震被害の例 (文献 1 より)

【研究内容】

非構造部材の耐震設計における検討は、慣性力に対する検討、強制変形角に対する検討、総合的検討、がある (文献 2)。窓障子のみの脱落やサッシ枠上部の外れなどの被害については、ガラス窓鉛直方向に生じる強制変形の影響が想定される。このため、面内方向の慣性力や強制変形のみでは被害の発生を説明することは難しく、面外方向の慣性力や強制変形、あるいは、それらを総合的に検討することが必要となる。

面外方向の慣性力や強制変形による影響を検討するために、実際に被害を確認した体育館の仕様を参照して、図-2 に示すような試験体 (ガラス窓 2 面) を作成して加振実験を実施した。



図-2 試験体全景 (白破線がブレース設置箇所)

試験体の主な部材の諸元は以下の通りである。被害を受けたガラス窓は横連窓であるが、実験の関係上、サッシ1スパン分を取り出した形の試験体としている。

- 躯体想定部分 (H4000mm、W2500mm、D4000mm)
 - 柱：H-500x200x10x15
 - 軒：H-200x100x5.5x8
 - 垂れ壁：C-100x50x20x2.3
- 横連窓想定部分 (※軽量形鋼の枠は 1200x1650mm)
 - 引き違い窓 (ビル用引違い窓、2枚建、1540x1055)
 - ※耐風圧、遮音、断熱、気密、水密の各性能は建築基準法で求める最低基準を満たすものとする。
 - ガラスは透明のフロート板ガラス (厚さ3ミリ)

通常は横連窓はサッシ間の方立を含め製造者が供給する部材で構成されるが、本試験体は、方立に見立てた軽量形鋼にサッシ枠を、アンカープレートと鉄筋の溶接により取り付け等、試験体としての設定を優先した部分がある。

加振は、躯体想定部分からの強制変形 (層間変形) の程度を見るためにブレースの有無で違いをつけ、加振波は正弦波 (振動数を各加振で 5~10Hz の間で 1Hz 刻み) で振幅を No.1~12 では 3mm 程度、No.13 では 5mm 程度を目標として、加振時間を 30 秒とした。

計測は、加速度を、基礎鉄骨上、柱頂部、垂れ壁下部、窓障子、サッシ枠下の軽量形鋼、変位を、基礎鉄骨、柱 (基礎鉄骨上端から高さ 2813mm の位置)、サッシ枠上部の軽量形鋼と窓障子の相対変位、としている。

[研究成果]

主な計測結果等を表 1 に示す。加振時の振動台の目標振幅は必ずしも一定しなかったが、基礎鉄骨上の加速度は、No.1~12 では 300~600cm/s² 程度、No.13 では 800cm/s² 超となっている。最大入力加速度 (基礎鉄骨上の加速度) に対して、サッシ支持部と窓障子の間に生じた相対変位の関係を図-3 にプロットした。同相対変位が大きくなると、窓障子がサッシから外れて脱落することが想定されるが、最大で 12mm 超を計測したものの、窓障子は脱落には至らなかった。また、ブレースの有無では、ブレース無の場合に相対変位が大きくなることを確認した。一方で、No.13 の加振終了後に、東面サッシ枠上部で図-4 に見られるような損傷を 2箇所確認したが、このような損傷がサッシ枠上部接合部に多く生じると、横連窓全体の傾斜・脱落被害に繋がることも想定される。

[成果の活用]

本調査結果は、今後の検討と合わせて、ガラス窓や関連する非構造部材の耐震設計に関する技術資料や、建築物の耐震設計のための技術資料への反映に繋げる。

表-1 加振スケジュール及び主な計測結果等

No.	基礎鉄骨上		ブレース	鉄骨柱		ガラス窓 (東)	ガラス窓 (西)
	振動数 (Hz)	加速度 (cm/s ²)	有無	相対変位 (mm)	変形角 (rad)	上部鉛直方向相対変位 (mm)	
1	5	544	有	1.40	0.0005	0.54	0.72
2	6	336	有	0.80	0.0003	0.92	1.22
3	7	388	有	1.00	0.0004	0.96	1.14
4	8	527	有	0.65	0.0002	0.60	0.58
5	9	529	有	1.30	0.0005	0.50	0.52
6	10	552	有	0.70	0.0002	0.48	0.42
7	5	263	無	0.80	0.0003	1.04	1.02
8	6	349	無	0.85	0.0003	0.78	0.76
9	7	444	無	1.10	0.0004	0.90	0.76
10	8	514	無	1.25	0.0004	0.88	0.74
11	9	524	無	3.05	0.0011	1.16	1.22
12	10	570	無	4.15	0.0015	2.70	5.44
13	10	848	無	16.15	0.0057	12.62	9.82

※各値 (振動数、ブレースの有無を除く) は計測値の絶対値の最大を示す。

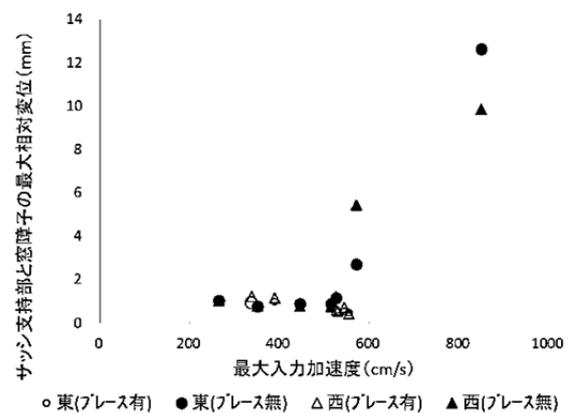


図-3 最大入力加速度とサッシ支持部と障子の相対変位

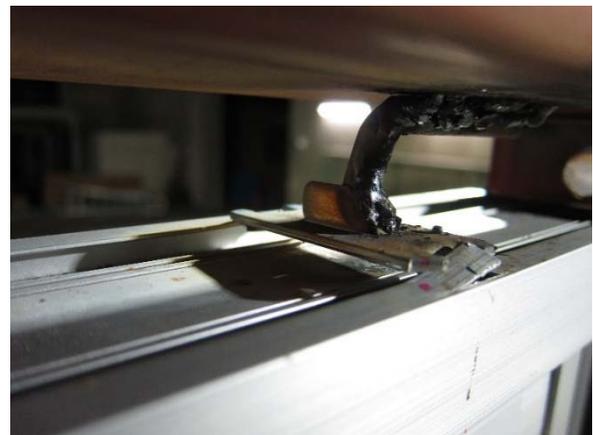


図-4 東面サッシ枠上部における損傷

[参考文献]

- 1) 国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所：平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震建築物被害調査報告、2008 年 10 月
- 2) (社) 日本建築学会：非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領、2003 年

経年劣化・気象外力を考慮した建築物薬剤処理木材外装の 防火材料性能評価に関する研究

Study on assessment of reaction-to-fire performance of fire-retardant treated wooden facade
with respect to aged deterioration and weathering

(研究期間 平成 29～30 年度)

建築研究部 材料・部材基準研究室	室長	脇山 善夫
Building Department	Head	Yoshio WAKIYAMA
Material and Component Standards Division	主任研究官	吉岡 英樹
	Senior Researcher	Hideki YOSHIOKA

After the performance-based revision of building standard law of Japan in 2000, it has been expected to enhance the usage of wooden materials for buildings with fire safety being taken into consideration. Fire-retardant treated (FRT) wooden materials are promising from the viewpoint of fire safety, but when they are used as building exterior facades for a certain period of time, reaction-to-fire performance will deteriorate because the chemicals will leach away from the surface due to exposure to rainfall etc. In this research, authors tried investigating the reaction-to-fire performance of FRT wooden facade by simulating the situation it has been exposed to outdoor environment for a certain period of time, by conducting the Facade Test according to JIS A 1310.

〔研究目的及び経緯〕

木材を外壁の最外側に施す事例が昨今見られ、火災安全上の懸念から、加圧注入処理等を行った薬剤処理木材が使用される事例も多い。薬剤処理木材は、建築防火材料認定を取得している事例もあるが、これらは現時点では、風雨に晒された場合や経年劣化に伴う火災安全性能の低下については考慮されておらず、処理直後の状態における性能評価に加えて、経年劣化が発生した後の性能についても工学的に検討することが望ましい。

本課題では、難燃薬剤処理木材を外装に使用する際の経年劣化・気象外力を考慮した性能評価技術に関して、海外の関連規格情報を調査すると共に、国内で使用するのに相応しい促進劣化手法を施した後に実施すべき火災試験方法について検討した。

〔研究内容〕

1. 関連する海外規格・研究の調査

現時点で日本国内では、経年劣化を考慮した建築物薬剤処理木材外装の防火材料性能を評価する試験規格は存在せず、ISO (国際標準化機構) においても関連規格は存在していない。そこで欧州における関連規格、学術研究に関する情報を調査する。

2. 実験の実施

経年劣化によって薬剤が析出した状態をシミュレー

トした試験体を作成すると共に、難燃処理直後の試験体、及び、全く難燃処理を行わない試験体も用意して、それらの火災試験を実施して、それらの火災性状を比較検討する。

〔研究成果〕

(1) 関連する海外規格・研究の調査

欧州では大きく2つの規格、NT FIRE 053 (北欧規格)¹⁾ 及び CEN/TS 15912 (欧州規格)²⁾ が存在している。両者ともに、薬剤により難燃処理した木材の燃焼試験用促進暴露手法を定めた試験規格であり、具体的には試験体の寸法条件、試験体に対する散水手法、乾燥時の条件、散水・乾燥の時間とサイクル数等に係る詳細な条件が記載されている。なお、これらは現時点で欧州域内の規格ではあるが、これらを基にして国際規格 (ISO 規格) を作成しようとする動きも既にあり、日本における研究を促進して成果を発信することも、今後重要になると考えられる。また、北欧を中心として、難燃処理木材を外装として設置した際の防火材料性能の経年劣化の問題に関して、屋外暴露および促進劣化を各々施した後に火災実験を実施して、それらの性能評価を比較する学術的な検討もなされている³⁾。

(2) 実験の実施

先ず、以下の3種類の試験体を作成した。①難燃処理を施さない未処理の木材、②難燃処理を施した後に

促進劣化処理を与えた状態の木材、③難燃処理を施した直後の木材。なお試験体寸法は、JIS A 1310 建築ファサードの燃えひろがり試験方法⁴⁾に準拠し、幅1,820mm×高さ4,095mmである(図-1)。

なお、本実験で準拠したJIS A 1310 建築ファサードの燃えひろがり試験方法は、建築物の外壁が開口噴出火炎にあぶられた際の建築ファサードの燃えひろがり測定する試験方法であり、小型発熱性試験⁵⁾では確認することが困難な、実規模の状態における工法を加味した火災性状を総合的に判断する事が可能となる。図-2に示される通り、燃焼チャンバー(高さ1350mm×幅1350mm×奥行1350mm)の中に設置されたガスバーナーで模擬火炎を発生させ、開口部(910mm角)から噴出する火炎および熱気流でファサード試験体が炙られた際の火災性状を実規模で確認するものであり、昨今では、研究目的等で使用される機会が増えつつあるJIS試験法である。

試験結果の概要として、図-3に、火災試験中で最も激しく燃焼した時点の各試験体の状況を示す。①では試験体の上端まで大きい火炎に包まれており激しい燃焼が確認される一方で、③では開口噴出火炎より上に火炎が拡大しておらず、試験体自身による燃えひろがりほぼ発生していない。②では①ほど激しい燃焼ではないが、開口噴出火炎より上の部分においても、木材が少し燃焼している様子が見られる。促進劣化処理により、難燃処理直後よりは性能が衰えること、及び、無垢の木材よりは性能が良く、そのレベルまでは劣化していないこと、等が確認された。

[成果の活用]

当該成果等を関係者と情報共有し、更に新しいJIS規格等の作成につなげることを予定している。

[参考文献]

- 1) NT FIRE 053, “Accelerated weathering of fire-retardant treated wood for fire testing”, Nordtest, 2003.
- 2) CEN/TS 15912, “Durability of reaction to fire performance. Classes of fire-retardant treated wood-based product in interior and exterior end use applications”, CEN, 2012.
- 3) Östman, B., et al., “Durability of the reaction to fire performance for fire retardant treated (FRT) wood products in exterior applications - a ten years report”, 2nd International Seminar for Fire Safety of Facades, Lund, Sweden, May 2016.
- 4) JIS A 1310, 建築ファサードの燃えひろがり試験方法, 2015
- 5) ISO5660-1, コーンカロリメータ試験, 2015

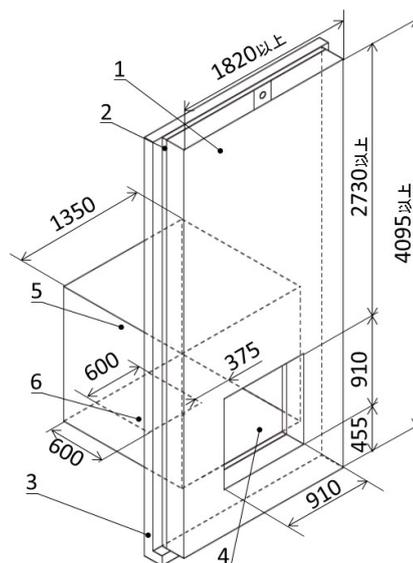


図-1 試験装置及び試験体

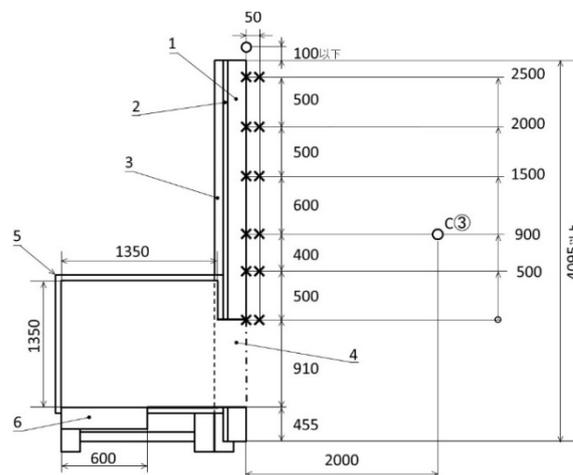


図-2 試験装置の配置



図-3 火災試験実施時の状況
(左から順に、試験体①・②・③)

天井のねじれ応答に関する研究

Study on seismic torsional response of ceilings

(研究期間 平成 30～31 年度)

建築研究部 評価システム研究室

室 長 石原 直

[研究目的及び経緯]

建築基準法に基づく天井の基準では、地震時の天井のねじれ応答を抑制するため、斜め部材を釣り合い良く配置することとされている。しかし、設備機器等との関係から斜め部材が偏った配置となる場合に、何をどの程度満足すれば釣り合い良い配置とみなしうるか必ずしも明確にされていない。そこで、本研究では地震時の天井のねじれ応答について検討し「釣り合い良い配置」の条件の明確化を目指す。

平成 30 年度は、図解によるねじれ応答の評価・表示方法に関して検討した。また、地震動が入力となる構造躯体に比べて、構造躯体の揺れが入力となる天井の方が、一定の条件下ではねじれ応答を生じにくいことなどを時刻歴応答解析により明らかにした。