

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
	建築災害対策研究官	穴村 範夫
基準認証システム研究室	室 長	村上 真祥
	主任研究官	喜々津 仁密
	主任研究官	中川 貴文
	主任研究官	坂下 雅信
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	諏訪田 晴彦
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	水上 点晴
材料・部材基準研究室	室 長	古賀 純子
評価システム研究室	室 長	眞方山 美穂
	主任研究官	脇山 善夫

[研究目的及び経緯]

木材需要の多くを占める建築領域での木材資源の活用が求められており、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、水平・鉛直方向の防耐火上の区画を考慮して木材をあらゆる軽微な防耐火被覆で用いることのできる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、実建物として用いる際の構造設計上の課題の抽出、プロトタイプを対象として、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（竣工後 10 年超の建物を中心）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 simple performance evaluation method for wooden 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	室 長	村上 真祥
	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 29 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い解析手法の精度・適用範囲が明らかになった。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制振壁や金物の強度の設定機能を追加し公開を開始した。また本課題の研究成果に関する公開カンファレンスを仙台、大阪、福岡で実施し意見交換を行い、計算ツールのニーズ等が明らかになった。

竜巻による突風荷重の精緻化と構造性能評価体系への適用に関する研究

Study on development of tornado-induced load on buildings and its application to conceptual framework of structural performance evaluation

建築研究部 基準認証システム研究室

(研究期間 平成 29～30 年度)
室 長 村上 真祥
主任研究官 喜々津 仁密

[研究目的及び経緯]

つくば竜巻(2012年)など、近年の竜巻によって顕在化した建築物被害の実態を踏まえ、建築研究部が2017年3月に公表した「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」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。同ガイドライン案では、現時点で竜巻を考慮した荷重の考え方は整備されていないため、その作用と概ね等価な結果を与える定常な風圧力に置き換えて設定することを基本としている。そして、荷重の設定に当たっては実験的研究の結果を参考にできることから、今後、上記の考え方を補完する技術資料の整備が求められる。そこで本研究は、より実況に近い作用形態を反映した竜巻による突風荷重の構築に資する実験的な検討を行うものである。

本年度は、竜巻特有の非定常な気流を生成できる竜巻発生装置を活用した風圧実験を実施した。そして、地表面粗度の違いを実験パラメータに追加し、実験結果を研究担当者が既往研究で提案した突風荷重の算定式に反映し、精緻化を図った。

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

Development of design method of pile foundation building for large earthquake based on seismic damage reconnaissance

建築研究部 構造基準研究室

(研究期間 平成 30～31 年度)
主任研究官 柏 尚稔

[研究目的及び経緯]

1995年兵庫県南部地震や2016年熊本地震において、上部構造部材は概ね健全な状態だが杭基礎の損傷により建物が傾斜し、使用不可となった事例が少なからず生じた。大地震時においては、杭応力および上部構造の応答に影響を及ぼす地盤-構造物間の非線形現象が生じるが、その実態は明確になっていない。実際の被害地震で見られた現象を詳細に分析する必要がある。

本年度は、2016年熊本地震において、建物内での強震記録が得られた益城町役場(杭基礎建物)に対して地盤-杭基礎建物連成系の地震応答解析を実施し、動的相互作用効果が建物の地震応答に及ぼす影響を分析した。(道路地震防災研究室と共同で研究)杭-地盤間の剥離の影響に加えて、杭頭固定度の著しい低下を考慮することにより、益城町役場における強震観測記録の特徴を概ね表現できることを明らかにした。

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 an evaluation method for safety and reusability of buildings damaged by a fire following earthquake

(研究期間 平成 26～29 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
主任研究官
Senior Researcher

林 吉彦
Yoshihiko HAYASHI
鈴木 淳一
Junichi SUZUKI
水上 点晴
Tensei MIZUKAMI
樋本 圭佑
Keisuke HIMOTO

Research and development of an evaluation method for structural safety of building elements damaged by a fire following earthquake (FFE) was conducted in this study. Typical damage of structural elements by FFE is degradation of structural material induced by heat flow increase through cracks or gaps. The influence of cracks on thermal or structural behaviors in fire and aftershocks was carefully researched in experiments from bench to mid-scale and a numerical analysis. A draft of quick assessment methods was developed based on cracks width and fire exposure duration To assess a typical method for immediate recovery after a fire following earthquake, water jet chipping to concrete covering and polymer cement mortar repair was conducted.

[研究目的及び経緯]

首都直下型や南海トラフ等巨大地震が発生すると、建築物は地震被害のみならず、建築物内部や周囲で発生する火災の影響を受ける恐れが高い。同時多発的な火災の発生等により、通常想定される公設消防による消火活動を期待することが困難となることも想定され、火災被害の影響も大きくなる可能性がある。

震災直後には、二次災害の防止等の観点から応急危険度判定が実施されるが、火災被害をも被った建築物に対しては、十分な安全性の確認方法が構築できていない。また、地震による影響により、構造体や防火被覆に損傷が発生していると、構造体の温度が上昇やすくなるため、通常時の火災被害よりも、その影響が大きい可能性がある。

本研究では、地震後火災を被った建築物の安全性の評価方法を構築することを目標として、地震により損傷を受けた主要構造部の耐火性能や構造耐力の残存性能を実験・解析的に把握するとともに、補修方法について検討した。

[研究内容]

地震後火災の損傷の定量化、安全性評価、補修方法の構築を目的として、主として、以下の項目について検討を行った(図1)。

- (1) 地震による損傷と火災時の受熱特性の把握
- (2) 地震火災による耐力低下特性の把握
- (3) 地震後火災の安全性と修復特性の把握

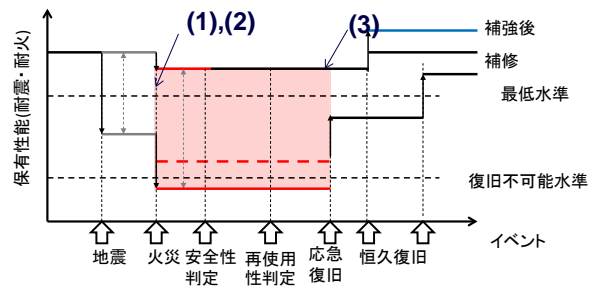


図1 地震後火災のイベントと研究内容

表1 地震後火災を受けた部材の損傷ランク

	地震による部材損傷					
	なし	I	II	III	IV	V
火災時の部材損傷	なし	○	○	○	○	○
火災等級	なし	○	○	○	○	○
残留：受熱温度、変形	なし	○	○	○	○	○

■ 主な対象範囲

[研究成果]

- (1) 地震・火災被害と主要構造部の損傷の類型化と対象

範囲の検討

主要構造部の地震後の火災被害の損傷状況を評価するため、地震による部材の被災度区分、火災時の部材の火害等級の判断を踏まえて、部材の損傷ランクと適用範囲を設定した(表 1)。地震後火災の影響が及ぶ範囲としては、地震による被害が II~IV、火害等級が II~IV となる範囲を想定した。なお、地震被害が軽微な I であれば火害診断等級に基づく判定、また火害等級が I であればその影響は軽微であるため被災度区分のみの判定を利用できるとものとした。また、地震、火災被害が甚大である IV ランクとなる条件については、安全性評価、再使用評価としても対象外となる。

(2)地震による損傷と火災時の受熱温度に関する検討

地震被害による火災時の材料、部材への熱影響を把握するため、地震による損傷を想定したひび割れ・亀裂・隙間等を有する主要構造部の加熱試験・を実施しその影響を定量化した。典型的な防火被覆材料の損傷を有する耐火被覆された鋼材、損傷を有する鉄筋コンクリート部材の実験を実施し、地震被害(亀裂幅)に応じた主要構造部の受熱特性の評価技術を構築した(図 1、2)。

(3)地震火災による耐力低下に関する検討

迅速な安全性評価の技術資料を整備するため、地震被害及び火災被害による材料、部材への力学的影響を、鋼材(建築用鋼材、鉄筋)、鉄筋の付着性、コンクリート柱梁の等の加熱後の残存耐力を実験・解析的に把握し、隙間幅と受熱温度に応じた耐力残存率に関する評価技術を構築した(図 3、4)。

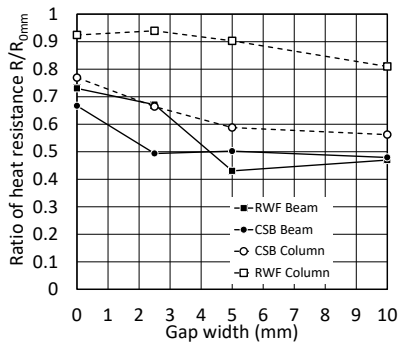


図 3 亀裂幅と熱抵抗係数の低下率

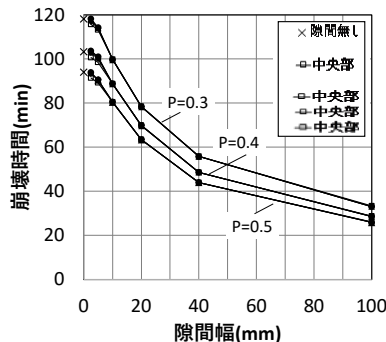


図 4 亀裂幅と崩壊時間

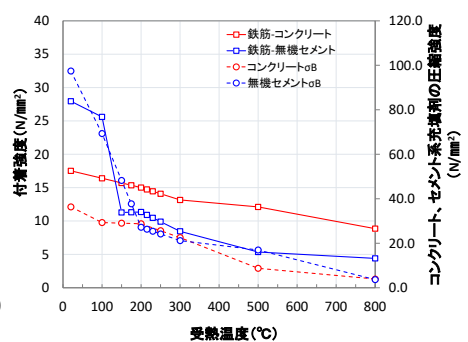


図 5 受熱温度と耐力低下



図 6 鉄筋コンクリート部材の損傷・修復過程の状況 (c), d)は梁下が上面

(4)地震後火災の安全性評価と修復方法の検討

地震被害と火災被害を被った主要構造部の安全性評価と再使用性評価に関する技術資料を整備するため、柱梁を抽出した試験体に対して、加熱・载荷試験を交互に繰り返し、地震被害(II~III)、火害(II~III)を想定した損傷をさせ、損傷の程度に基づく安全性評価手法、標準的な補修方法の手順について検討した。主要構造部の安全性に関しては、亀裂・隙間幅に応じて評価する枠組を構築した。また損傷部分の修復工法と再使用性を把握するため、ウォータージェットにより被災分の除去、有機量を制限したポリマーセメントモルタル、ひび割れ部分の充填材の補修方法とその後の復旧後の性能を定量化した。

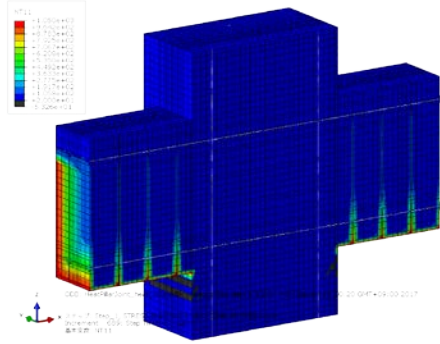


図 2 亀裂を有する部分の温度上昇

[成果の活用]

本研究の成果は、地震火災を被った建築物の応急危険度判定方法の見直し、補修方法選定するための技術資料として活用する。

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

(研究期間 平成 28～29 年度)

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

主任研究官
Senior Researcher

樋本 圭佑
Keisuke HIMOTO

Building Standard Law of Japan (BSL) requires a building to maintain certain fire safety performance on preventing building-to-building fire spread in urban area. The level of requirement on a building changes with the site location, total floor area, and number of floors of the building, though in a prescriptive manner. In this study, a prototype of risk assessment method is developed for the performance-based fire safety design of a building in regard to building-to-building fire spread prevention. For the consideration to maintaining continuity from the existing building regulation to an alternative building regulation, equivalency of the requirement level of the two building regulations are validated by comparing the fire spread risk of a building that can be built under each regulation. A case study was performed with a building located in the Fire Protection Zone (FPZ). The result showed that there are several combinations of design parameters such as the fire resistive times of exterior wall and opening that satisfy equivalent level of the requirement in terms of the fire spread risk in addition to the ones prescribed in the existing regulation.

〔研究目的及び経緯〕

市街地火災による被害の発生を防止・軽減するには、市街地に建つ個々の建築物が一定以上の火災安全性能を有している必要がある。こうした性能の確保には、例えば、開口部や外壁を重点的に強化することで、内部の性能の低さを許容するような設計も考えられるが、現行の規定では、防火地域・準防火地域に建つ建築物の主要構造部や開口部などに対して一律に防耐火性能を要求しており、設計の自由度を狭めている。

そこで本研究では、ある建築物が延焼火災に対して抵抗することができる性能を「延焼抵抗性能」と定義し、主要構造部や開口部に対して一律ではない性能を与えられた建築物が、現行規定で要求される性能と同等の性能を有しているのか否かを検証するための手法を開発する。

〔研究内容〕

(1) 検証手続きの開発

延焼抵抗性能の検証にあたり、(A) 着目する建築物の内部で発生した火災が拡大した後、周囲の建築物に延焼するシナリオ、(B) 隣接する建築物で発生した火災が着目する建築物に延焼、内部で拡大した後、さらに周囲の建築物に延焼するシナリオ、の2つのシナリオを想定する。想定する延焼シナリオを図1に、延焼シナリオに対応するイベントツリーを図2に示す。イ

ベントツリーの各事象は、延焼抵抗に寄与する火災対策に関連付けられており、最終的に隣接する建築物に

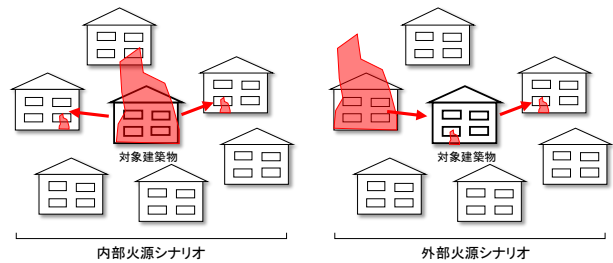
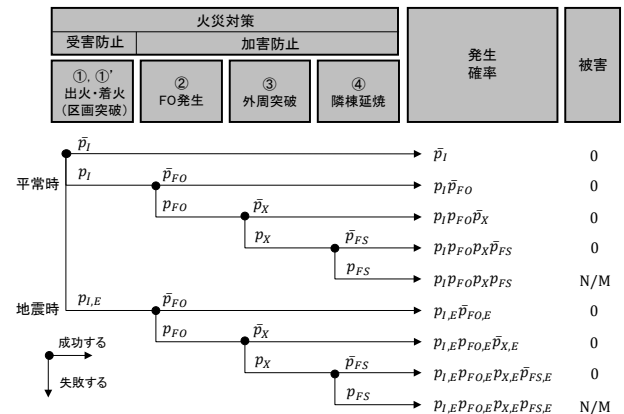


図1 想定する延焼シナリオ



※ 区画突破による着火(①')の場合には \bar{p}_I 、 p_I 、 $p_{I,E}$ を、それぞれ \bar{p}_C 、 p_C 、 $p_{C,E}$ に置き換える

図2 延焼被害発生に関するイベントツリー

延焼する確率 p は、各事象において火災対策が延焼抵抗に失敗する確率の積として表される。ここでは、周囲の建築物に対する影響の大きさを考慮するため、延焼する建築物の数 N に延焼確率 p を掛けた延焼建築物数の期待値を、延焼抵抗性能を表す尺度として定義する（延焼リスク R ）。

$$R = \sum pN = \sum p_I p_{FO} p_C p_X p_{FS} N \quad (1)$$

防火地域・準防火地域において要求される性能を満たす建築物であるのか否かは、延焼リスク R を現行規定における基準延焼リスク R_0 と比較することで判定する。すなわち、延焼抵抗性能の同等性検証条件式では、次のようにイベントツリーを構成する各事象の確率比の積が 1 を下回ることを要求するものになる。

$$\frac{R}{R_0} = \left(\frac{p_I}{p_{I,0}} \right) \left(\frac{p_{FO}}{p_{FO,0}} \right) \left(\frac{p_C}{p_{C,0}} \right) \left(\frac{p_X}{p_{X,0}} \right) \left(\frac{p_{FS}}{p_{FS,0}} \right) \left(\frac{L_B}{L_{B,0}} \right) \leq 1 \quad (2)$$

ここで、 p_I は出火・着火防止、 p_{FO} はフラッシュオーバー発生防止、 p_C は内部拡大防止、 p_X は外皮突破防止、 p_{FS} は隣棟延焼防止にそれぞれ失敗する確率である。また、添え字の 0 は基準条件である。

(2) 同等性検証条件式の各項のモデル化

イベントツリーの各事象の発生確率 p は、建築物を構成する各部材の性能の組み合わせに応じて評価することになる。具体的には、室内の収納可燃物量と同様に対数正規分布をとる等価な火災継続時間 t_F^* と、着目する部材の延焼抵抗時間 t_R の大小関係で決まるものと考え、次のように発生確率 p を表す。

$$p = \text{prob}(t_F^* > t_R) = 1 - \Phi \left(\frac{\ln t_R - \lambda_F^*}{\xi_F^*} \right) \quad (3)$$

ここで、 Φ は標準正規分布の確率分布関数、 λ_F^* と ξ_F^* は t_F^* の平均と標準偏差により決まる対数正規分布の係数である。

なお、標準加熱曲線による加熱とシナリオで想定する火源による加熱は一致しないことから、入射熱流束の累積値が等しい場合に部材の損傷程度が同程度になるとの仮定の下、火災継続時間 t_F を等価な火災継続時間 t_F^* に換算してある。ここでは、屋内火源から防火区画の壁・床への加熱、開口噴出火炎から建物の外壁・開口部への加熱、屋外火源から離れた場所にある建物の外壁・開口部への加熱、の 3 つの加熱条件の下での等価な火災継続時間 t_F^* を求めた。

[研究成果]

(1) ケーススタディ

同等性検証手法を用いたケーススタディとして、延

床面積 3000m²、3 階建ての耐火建築物を例にとり、内部構造に木材を使用することを前提として、外壁・開口部の性能を強化した場合に、耐火建築物と同等の延焼抵抗性能を有する建築物の条件について検討した。検討条件は表 1 に示す通りであり、防火区画の壁や床の延焼抵抗時間は現行の 75 分から 45 分に緩和する中で、外壁と開口部の延焼抵抗時間を段階的に変化させ、式(2)に示した延焼リスク比 R/R_0 が 1 以下となる条件を調べた。計算結果を表 2 に示す（開口部の延焼抵抗時間が外壁の延焼抵抗時間を上回る条件は起こりえないことから除外してある）。これによると、防火区画の壁や床の性能が緩和された場合であっても、例えば「外壁 70 分、開口部 30 分」の組み合わせのように、外周部を強化することで同等性を確保できることが確認できた。一方で、現行規定においては認められている「外壁 60 分、開口部 20 分」の組み合わせでは同等性が確保できないとの結果も得られており、防火区画の壁や床の性能を緩和することで、外周部の要求性能に一定の制限が加えられることも確認できた。

[成果の活用]

本研究の成果は、建築基準法の関連する政令・告示の改正における基礎資料として利用していく。なお、ケーススタディで得られた結果は、仮の値を設定して得られたものであり、最終的な結果ではない。

項目	耐火建築物	代替案
延べ面積	3,000 m ² (各階 1,000 m ²)	3,000 m ² (各階 1,000 m ²)
階数	3 階建	3 階建
セットバック距離	0m	0.5m
外壁	外壁	75 分※
	開口部	20 分
内壁	区画面積	1,000 m ² (各階)
	壁床等 (区画)	75 分※
	壁床等 (区画以外)	75 分※
		10~90 分
		10~90 分
		1,000 m ² (各階)
		45 分
		0 分

※ 耐火構造の性能確認で、加熱時間を 2 割増しにより加熱終了後の放置・性能維持の確認を免除する規定に基づく

延焼抵抗時間 (分)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
10	329	306	247	167	97.9	54.7	32.3	19.8	12.1	7.31	4.59	2.99	2.01	1.38	0.93	0.7	0.52	0.39	0.29
15	317	286	221	152	87.3	50.9	30.6	18.9	11.3	6.95	4.37	2.87	1.94	1.33	0.90	0.67	0.50	0.37	0.28
20	290	253	185	132	78.2	46.4	28.2	17.2	10.4	6.41	3.99	2.69	1.82	1.25	0.88	0.65	0.48	0.36	0.27
25	257	216	150	87.7	49.3	27.6	16.7	10.1	6.29	3.84	2.39	1.62	1.13	0.80	0.59	0.43	0.32	0.24	0.18
30	232	187	125	70.9	36.8	20.7	12.1	7.31	4.59	2.99	2.01	1.38	0.93	0.7	0.52	0.39	0.29	0.22	0.16
35	215	166	106	59.1	30.6	15.2	8.95	5.47	3.47	2.28	1.54	1.07	0.76	0.55	0.41	0.3	0.23	0.17	0.12
40	202	148	91.3	50.1	26	13	6.31	3.89	2.49	1.65	1.12	0.79	0.56	0.41	0.3	0.23	0.17	0.12	0.08
45	189	132	78.9	42.9	22.4	11.3	5.52	2.62	1.69	1.13	0.77	0.54	0.39	0.27	0.19	0.14	0.11	0.08	0.06
50	175	118	68.2	36.9	19.3	9.86	4.86	2.33	1.1	0.74	0.51	0.36	0.26	0.19	0.14	0.11	0.08	0.06	0.04
55	161	104	59	31.5	16.8	8.64	4.31	2.08	0.95	0.47	0.33	0.23	0.17	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03
60	146	90.7	49	26.5	13.7	7.64	4.17	2	0.8	0.4	0.28	0.19	0.14	0.1	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02
65	132	79.1	4	21.5	11.1	6.86	3.8	2.1	0.7	0.38	0.27	0.19	0.14	0.1	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02
70	117	68.6	37.9	20.7	11	6.4	3.6	2.1	0.6	0.35	0.25	0.18	0.13	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01
75	104	59.4	32.8	18	9.83	5.26	2	1.1	0.5	0.3	0.22	0.16	0.11	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01
80	90.8	51.4	28.3	15.7	8.65	4.68	2	1.1	0.5	0.3	0.22	0.16	0.11	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01
85	79.2	44.4	24.6	13.7	7.64	4.17	2	1.1	0.5	0.3	0.22	0.16	0.11	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01
90	68.8	38.3	21.3	12	6.76	3.73	1.98	1.01	0.5	0.29	0.19	0.14	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0

表 2 外壁・開口部の延焼抵抗時間とリスク比の関係

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

(研究期間 平成 28～29 年度)

建築研究部 防火基準研究室

主任研究官

水上 点睛

都市研究部 都市防災研究室

室長

樋本 圭祐

Fire Standards Division,

Senior Researcher

竹谷 修一

Building Department

Head

Tensei MIZUKAMI

Urban Planning Department

Keisuke HIMOTO

Urban Disaster Mitigation Division

Shuichi TAKEYA

Current building regulation has been established based on ultimate sacrifices and the lessons learned from past fire occurents. During the research period, there are some fire incidents to be mentioned specifically, such as Kumamoto earthquake(2016.4), Itoigawa city fire(2016.12), Saitama storage fire(2017.2), and NILIM sends researchers to investigate. These fire incidents pose classical problem such as the vulnerability of hystorical town on one side and reveal the change of fire trend affected by social shift on the other side. For example, department stores are closed in major urban cities and giant storages are built in the highway junction area by the trend of online shopping. And Saitama storage fire has been occurred such a area that faces few legal regulations. According to these investigation, fire brands, fire detector and its cable are focused as the responsible cause to the disasters in Itoigawa city fire and Saitama storage fire, respectively. In this research, several experiments are conducted to demonstrate these fires, and the effectiveness of countermeasure is also confirmed.

[研究目的及び経緯]

個々の火災事例に対してその要因分析を行うことは一般的な建築規制のあり方やその不備を検討するうえで非常に有効である。本研究では、熊本地震火災の調査分析を当初の研究対象に据えていたが、研究期間中に発生した特筆すべき火災事例についても調査を行い、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を挙げて、その原因と対策について検討を行った。

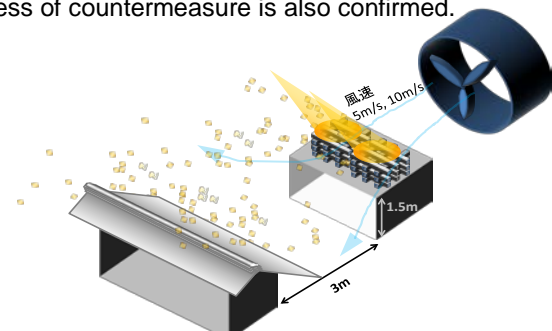


図1 瓦屋根の火災風洞実験概要

[研究内容]

(1) 熊本地震火災調査

熊本地震での被災建物について、耐火被覆の脱落や扉の閉鎖障害、SP設備の損傷等の火災被害調査を行った。幸い市街地火災には至らなかったが、これらの潜在的な火災リスクが地震による被害でどれほど高まっていたのかの検証を行った。

(2) 糸魚川市街地火災での飛び火発生要因

現地調査・ヒアリングを元に、被災建物の多くを占めた昭和初期の瓦屋根を再現する試験体を作成し、当時の気象条件を再現した風速 10m/s で火の粉を吹き付ける火災風洞実験を行った。

(3) 埼玉県倉庫火災でのシャッター閉鎖障害要因

防火シャッターの作動状況について調査を行い、閉鎖障害が火災の長期化に寄与したことを明らかにした。防火シャッターが閉鎖しなかった原因として、アナログ感知器の電線の短絡が、系統全体の伝送線の機能喪失に寄与した可能性が考えられたため、小型炉を用いた感知器及び電線の耐熱性実験を行った。



図2 防火シャッターの閉鎖障害の発生状況

〔研究成果〕

(1) 熊本地震での構造被害と扉の開閉障害の相関性

統計的な整理が可能な扉の開閉障害について調査し、構造被害との相関性が確認できた。これより災害時の機能継続性等の被害予測につなげることが可能である。

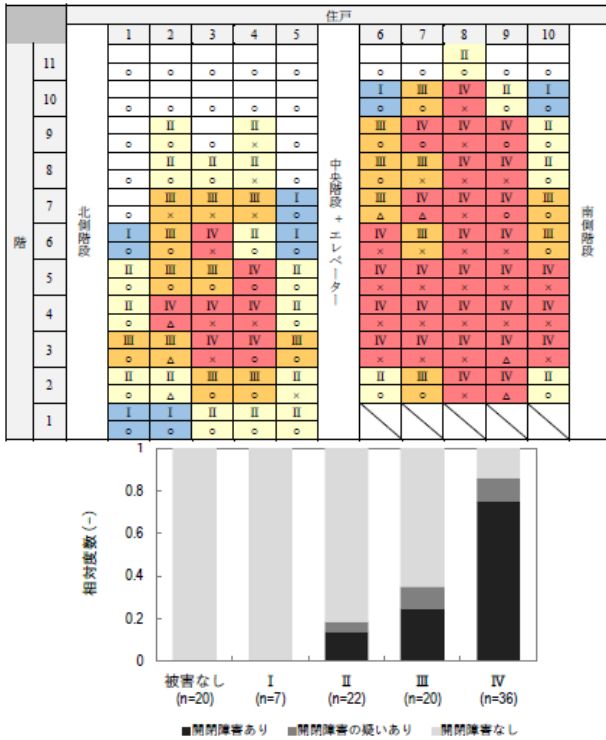


図3 共同住宅における構造被害と閉鎖障害調査

(2) 糸魚川市街地火災での飛び火発生要因

昔の瓦は反りが大きく、重ね部に生じた隙間より火の粉が侵入しやすいこと、一旦、屋根下地に侵入すると、防水層が燃えやすく容易に屋内延焼することが明らかとなった。一方で現代仕様の瓦屋根試験体を用いた実験では、飛散して来た火の粉は瓦上部に堆積して燃えるだけで、屋内へは延焼せず、僅かに侵入した火の粉も屋根下地への着炎には至らないことが分かった。

◇昭和初期仕様では風速10m/s時のみ燃え抜け◇



◇現代仕様では燃え抜けなし◇

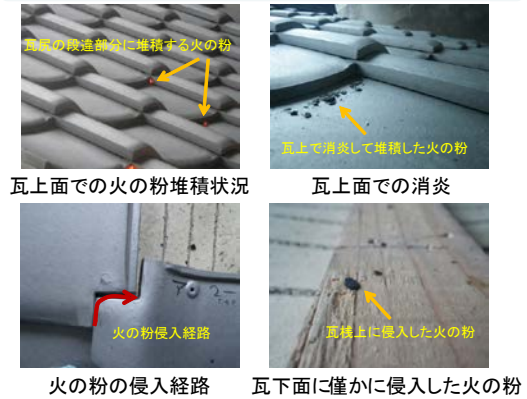


図4 瓦屋根の実験結果

(3) 埼玉県倉庫火災でのシャッター閉鎖障害要因

加熱条件として、出火室直上の柱の防火被覆の熱劣化具合と火災信号の記録を元に推定曝露温度 800℃に7分で到達するものと推定した。その結果、加熱により耐熱電線の温度が上昇すると、耐熱被覆および絶縁被覆が熔融し、導線がむき出しとなり短絡等の異常が発生した。次に電線の短絡を防止するための対策を施して実験を行い、貫通部に充填材(パテ、GW)を施し、高温ガスの漏煙を防いだ上で導線を+と-に分離して被覆すること、あるいは耐熱電線を使用することで有効に短絡を防止できることが分かった。

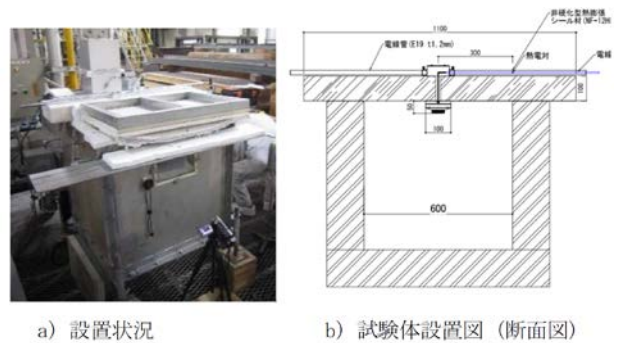


図5 感知器及び電線の耐熱性実験

〔成果の活用〕

本研究の成果は、甚大火災発生後の原因究明や二次災害防止のための迅速な意思決定(指導課通達)に活用された他、安全・安心な街づくりのための再発防止対策の提言(糸魚川火災は国総研報告資料第980号、埼玉県三芳町倉庫火災は「防火対策及び消防活動のあり方に関する検討会」資料)として取りまとめた。

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、建築物の柱や壁などの主要構造部について、在館者の避難安全性の確保、建築物の倒壊防止、市街地での延焼抑制の観点から合理化の検討を行い、火災減衰時間を消防活動に応じて算定する方法、代替構造方法の現行基準との同等性を評価する方法の提案などを行った。また、建築物の立地規制について、用途緩和型の特別用途地区及び地区計画等の運用実態や特例許可事例、新用途の実態や条例等による規制の運用実態、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。

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。

本年度は、CLT 構造建築物の断面仕様の調査、ツーバイフォー6 階建て実大実験棟や CLT つくば実験棟などの床衝撃音遮断性能等の現場測定を実施し、実際の床断面仕様と性能に関するデータベースの作成を進めた。さらには、実際の建築物に多く採用されている、代表的な CLT パネル (厚さ 90mm、120mm、150mm および 210mm) について、実験室においてパネル単体の駆動点インピーダンスの測定を実施し、CLT パネルの特性を把握した。

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
Building Department
Equipment Standards Division

主任研究官
Senior Researcher

山口 秀樹
Hideki YAMAGUCHI

Several new space brightness evaluation methods have been proposed in recent years. We examined the applicable scope of these new evaluation methods and developed brightness evaluation model based on common idea in these methods. We also developed a basic scheme to utilize the new space brightness evaluation method for housing design.

〔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・評価が注目されており、学会や産業分野においても明るさの新しい指標を検討する動きが活発である。建築空間の明るさ基準として一般的に用いられている JIS 照明基準では、オーバースペックな明るさとなる場合もあり、室用途に応じた適切な明るさ基準の検討と、新しい明るさ指標に対応した設計手法の構築が必要となる。

そこで本研究では、近年様々に提案されている明るさ感評価手法の整理と適用範囲の検討を行い、新しい明るさ評価指標を設計に活用する際の基本的なスキームを構築することを目的とする。

〔研究内容〕

1. 新しい明るさ評価指標の整理と適用範囲の検討

企業等で開発されている新しい明るさ評価指標について、これらに共通するロジックを整理し、評価が適用可能な範囲を検討した。

2. 新しい明るさ評価指標を設計に活用する基本スキームの検討

空間の明るさ指標を設計に活用しやすくするために、室内仕様（部屋の大きさ、内装材の反射率、照明器具配置等）と照明器具特性（配光、保守率等）に基づく基本スキームを構築し、これと合わせて住宅における室用途に応じた適切な明るさレベルの検討を行った。

〔研究成果〕

(1) 新しい明るさ評価指標の整理と適用範囲の検討

近年新しく提案されている明るさ評価指標として 5 種類の指標を検討対象とし、これらに共通するロジッ

クの整理と適用範囲について検討した。図-1 は共通するロジックをフローチャートとして模式化したものである。各指標の共通点は、鉛直面方向の光分布、すなわち輝度分布や鉛直面照度に着目している点であり、これを入力として、外れ値除去等の前処理を行った後に、平均化と補正処理を施すことで、空間の明るさ評価値を得るというものである。

次に各指標による明るさ評価の適用範囲を検討すべく、図-2 に示す 9 つの環境に対して評価結果の比較検討を行った。ここで検討した環境の多くは、図-1 に示す「平均化処理」までで、おおよそ空間の明るさを表現できていることが確認できた。しかしながら、窓面が大きく昼光が多く入射している環境など、極端な輝度差が生じている環境に対しては、空間の明るさを的確に推定できる指標は無く、図-1 に示す「補正処理」の手法を改善するなど、今後の改良が必要であることが示された。

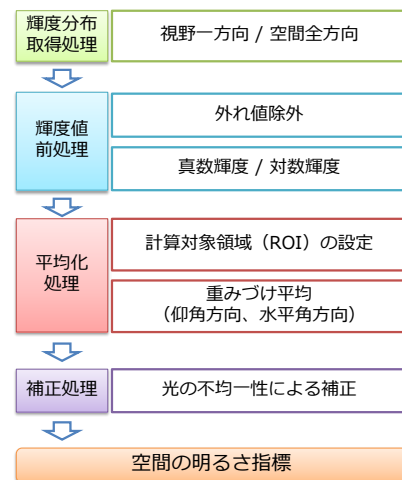


図-1 空間の明るさ評価モデルの全体像

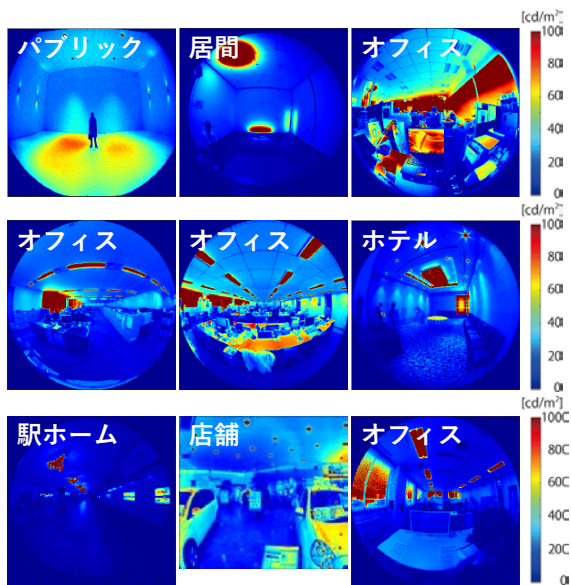


図-2 検討対象とした空間の輝度分布取得例

(2) 新しい明るさ評価指標を設計に活用する基本スキームの検討

前項にて検討した新しい空間の明るさ指標による評価では、計測やシミュレーションによって得られる輝度分布を入力する必要がある。新しい評価技術を広く普及させるためには、設計段階で室仕様程度の情報から簡易に空間の明るさを推定できる手法が必要となる。

本研究では住宅を対象として、①室用途に応じた明るさレベルの設定 (表-1、2)、②昼光利用による室内明るさへの寄与、③照明設備による室内明るさへの寄与、④計画した環境の省エネ性能の確認という流れで、図-3に示す基本スキームを構築した。このスキームにおいて、各室の明るさと省エネ性能は、室内仕様 (部屋の大きさ、内装材の反射率、照明器具配置等) と照明器具特性 (配光、保守率等) から概算することが可能である。

具体例として、上記②の検討で用いる、室仕様から室内の明るさを推定するための読み取り表の一部を表-3に示す。昼光利用によって得られる室内の明るさ (床面平均照度) は、採光部に到達した屋外の光量を、表-3における室内内装反射率、開口率、部屋の形状 (奥行/間口) の組合せによって決まる変換係数をかけることで求めることが可能である。

なお本研究で構築したスキームは、現状で一般に普及している従来指標 (水平面照度) と対応付けする形式で示しているが、鉛直面照度や平均輝度との対応付けも考慮した上で構築したものであり、(1)の手法の整備や普及状況に応じて柔軟に改善が可能なものである。

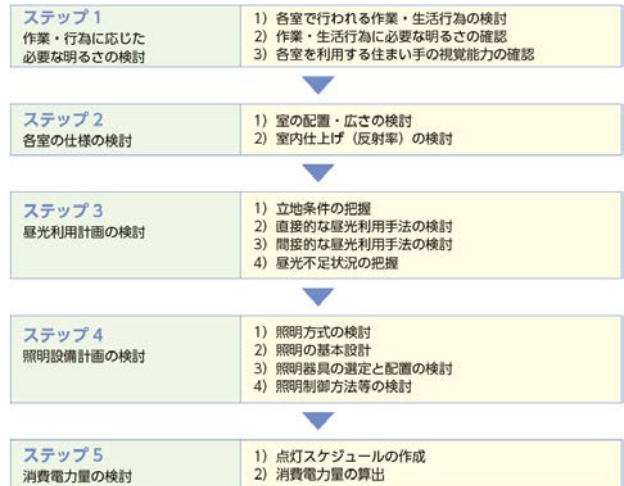


図-3 住宅における明るさ指標を活用する設計の基本スキーム

表-1 室用途に応じた明るさレベルの設定例

室	生活行為	光環境	
		照明部分	明るさレベル
リビング	読書	テーブル面	4
	団談	テーブル面	2
	パソコン	テーブル面	3
	TV・ゲーム	-	-
	くつろぐ	-	-
ダイニング	音楽鑑賞	-	-
	食事	テーブル面	3
	飲酒	-	-

表-2 明るさレベルの分類

明るさレベル	1	2	3	4
照度 (lx)	50	100	200	400*

*明るさレベル4は、通常は天井照明でなく、補助照明 (スタンドライトなど) にて対応します。

表-3 室仕様の違いにおける昼光利用時の採光量と室内明るさとの変換係数 (一部抜粋)

内装反射率 天井、壁、床 70%、30%、10%	奥行/間口	開口率							
		0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
0.75以下	0.75以下	0.090	0.111	0.129	0.143	0.167	0.203	0.200	0.240
	0.75~1.5	0.087	0.105	0.121	0.129	0.148	0.174	0.171	0.203
	1.5以上	0.075	0.092	0.102	0.114	0.135	-	-	-
0.75~1.5	0.75以下	0.101	0.124	0.144	0.162	0.191	0.232	0.233	0.279
	0.75~1.5	0.097	0.119	0.137	0.148	0.172	0.203	0.202	0.240
	1.5以上	0.086	0.106	0.118	0.133	0.157	-	-	-
0.75~1.5	0.75以下	0.114	0.143	0.165	0.188	0.226	0.272	0.280	0.335
	0.75~1.5	0.111	0.138	0.159	0.176	0.208	0.246	0.251	0.299
	1.5以上	0.102	0.127	0.142	0.162	0.192	-	-	-

[成果の活用]

(国研) 建築研究所および (一財) 建築環境・省エネルギー機構と共同で行っている「住宅・建築における省エネルギー性能評価手法の研究開発」において整備している設計ガイドラインのうち、照明設備設計に関するガイドライン改訂の基礎資料とすることを予定している。

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
Building Department
Equipment Standards Division

室長
Head

平光 厚雄
Atsuo HIRAMITSU

If a massive earthquake occurs, the number of sufferers is expected to increase. The shelters will be established in that cases, in the past major earthquake concerning the environment of shelters, but, has become problems. For this reason, it is necessary to consider techniques to build a minimum living environment at shelters even after the major earthquake. Therefore we developed technology concerning the improvement of habitability from the viewpoint of acoustics environment at the shelter. This research agenda was started as a preliminary survey of itemized research "Development of technologies to improve and renovate equipment to maintain the sufferers' health and secure safety in a shelter".

[研究目的及び経緯]

巨大地震が発生した際は、避難者数が多くなると予想されている。その場合、学校の体育館などに避難所は設置されるが、過去の震災では避難所の環境等について問題となってきた。そのため、地震後でも避難所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きた。そこで、避難所での音環境面からみた居住性向上技術に関する技術開発を行った。

なお本研究課題は、事項立て課題「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」(平成 29～31 年度)の予備調査として平成 28 年度に開始され、平成 29 年度は事項立て課題を補完する検討課題として実施されたものである。

[研究内容]

1. 避難所等における音環境問題に関する文献調査

過去の震災で開設された避難所等において指摘された音環境を中心とした課題等について文献調査・整理を行い、問題把握を行った。

2. 震災時の避難所に設置するパーティション検討のための材料の吸音率に関する資料収集

避難所に設置される吸音性能をもつパーティション開発に参考とするためのデータの収集を目的とし、各種建築材料の吸音率に関する文献、吸音率データ等の資料を収集・整理を行った。

3. 吸音性をもつ避難所用パーティションのための基礎調査

避難所での音環境性能の向上を目的とし、喧騒感を低減させる手法として、設置されるパーティションに

吸音性をもたせるための基礎検討を実施した。

[研究成果]

(1) 避難所等における音環境問題に関する文献調査

避難所運営ガイドラインや阪神・淡路大震災、新潟県中越地震、東日本大震災、熊本地震など音環境問題に関する論文を中心とした文献調査を実施した。

新潟県中越地震時の避難所の問題点の例として図-1に示すが、いずれの震災においても、避難所での問題点は「設備(トイレ、風呂)」、「広さ」、「温熱環境」、「プライバシー」、「音」が特に顕著となっていた。

また、避難生活初期の場合はライフラインに特化した問題の重要度が高くなっているものの、避難が長期化すると、プライバシー保護、快適性向上を求め、音の問題や子供の声などの騒音問題が顕在化することがわかった。

表 1: 避難所の生活環境の問題に対する愁訴者数

生活環境要素	愁訴者数
設備の問題	54 (68.4%)
生活空間の広さ	52 (65.8%)
避難所の温度	37 (46.8%)
プライバシーの確保	37 (46.8%)
音	35 (44.3%)
におい	18 (22.8%)
明るさ	12 (15.2%)

図-1 新潟県中越地震時の避難所の問題点
(永幡幸司, 震災がもたらす音環境の諸問題について, 建築音響研究会資料, AA2011-40, 騒音・振動研究会資料, N-2011-47, 2011. 11)

(2) 震災時の避難所に設置するパーティション検討のための材料の吸音率に関する資料収集

各種建築材料の吸音率に関する文献等の資料を収集し、整理を行った。一般建築材料（コンクリート、フローリング、カーペット、ガラスなど）については54種類、多孔質材料（グラスウール、ロックウール、木毛セメント板など）については98種類、多孔質板材料（岩綿吸音板、ロックウール吸音板など）については18種類、板状材料（フレキシブルボード、せっこうボード、合板など）については67種類、穴あき板材料については139種類、計376種類の材料等についての吸音率データの整理を行った。収集した吸音率データ一覧の抜粋を表-1に示す。

表-1 収集した吸音率データ（抜粋）

分類	番号	材料	厚み	吸音率(周波数(Hz))						引用文献	
				125	250	500	1k	2k	4k		
グラスウール	B-11	(18~24kg/m ³)	20	0	0.27	0.40	0.53	0.64	0.70	0.80	イ
	B-12		40	0	0.15	0.20	0.30	0.37	0.40	0.55	ア
	B-20		100	0.27	0.57	0.63	0.67	0.69	0.70	ア	
	B-21		300	0.66	0.70	0.71	0.69	0.74	0.75	ア	
	B-22		0	0.20	0.65	0.90	0.95	0.95	0.95	ア	
	B-23		40	0.25	0.60	0.95	0.95	0.95	0.95	ア	
	B-24	100	0.45	0.91	0.99	0.95	0.95	0.95	ア		
	B-25	0	0.12	0.30	0.65	0.80	0.83	0.85	ア		
	B-26	40	0.12	0.45	0.65	0.80	0.85	0.90	ア		
	B-27	100	0.25	0.70	0.90	0.95	0.95	0.95	ア		
	B-28	300	0.75	0.85	0.85	0.80	0.80	0.85	ア		
	B-29	0	0.60	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	ア		
	B-30	0	0.12	0.30	0.65	0.80	0.83	0.85	ア		
	B-31	40	0.28	0.90	0.95	0.87	0.85	0.84	ア		
	B-32	100	0.50	1.00	0.98	0.85	0.70	0.60	ア		
	B-33	40	0.28	1.00	0.99	0.84	0.60	0.50	ア		
	B-34	100	0.60	1.00	0.99	0.83	0.64	0.44	ア		
	B-35	ロックウールボード	グラスウール	40	200	0.74	0.94	0.93	0.83	0.85	0.90
B-36	ロックウールフェルト	(50kg/m ³)	25	0	0.08	0.25	0.40	0.50	0.60	0.80	イ
B-37	0	0.20	0.60	0.90	0.95	0.95	0.95	イ			
B-38	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-39	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-40	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-41	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-42	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-43	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-44	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-45	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-46	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-47	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-48	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-49	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-50	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-51	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-52	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-53	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			
B-54	0	0.08	0.30	0.70	0.85	0.85	0.85	イ			
B-55	0	0.20	0.65	0.90	0.90	0.90	0.90	イ			

パーティションの案を作成した(表-2)。この10種類のパーティションについては、事項立て課題内の検討として、実際に試作し、JIS A 1409によって吸音率の測定を実施し、吸音性能変化について把握した。



写真-1 パーティション設置イメージ

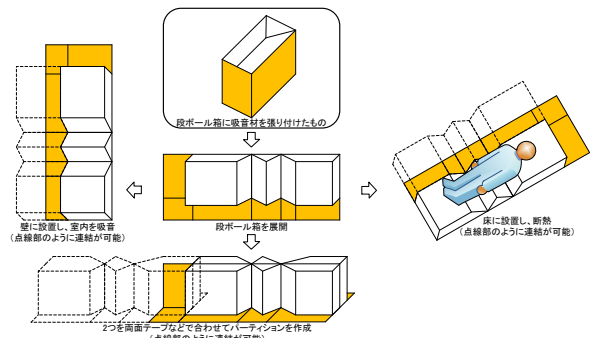


図-2 パーティションの運用方法の案

(3) 吸音性をもつ避難所用パーティションのための基礎調査

吸音性をもつ避難所用パーティションについては、筆者らが過去に検討(東日本大震災直後)を行った、下記の文献が参考となった。

○平光厚雄、星和磨、上田麻理：避難所におけるパーティションを利用した音環境改善の検討例、音響技術、No. 165 (vol. 43 no. 1)、pp. 8-12、2014年3月

当時の検討では、パーティションを吸音材(ポリエステル不織布)単体で構成し、避難所(体育館内)を吸音処理することを提案している(写真-1)。さらには、パーティションの運用方法に関する案も示されており、十分に参考となるものであった。

しかしながら、容易に入手できる材料かつ吸音性の高い材料で構成した材料でパーティションを提案することが、運用上、穏当であると考えられる。そのため、表-1で取り纏めた材料のうち、ロックウールとグラスウールを吸音材として採用し、その下地材についても容易に入手できる合板やダンボール板を下地材とした

表-2 提案したパーティションの断面構成

No.	断面構成
i	構造用合板(12mm厚)のみ
ii	構造用合板(12mm厚)にグラスウール(32K、25mm厚)片面貼り
iii	構造用合板(12mm厚)にグラスウール(32K、25mm厚)両面貼り
iv	構造用合板(12mm厚)にロックウール(80K、25mm厚)片面貼り
v	構造用合板(12mm厚)にロックウール(80K、25mm厚)両面貼り
vi	ダンボール板(5mm厚)のみ
vii	ダンボール板(5mm厚)にグラスウール(32K、25mm厚)片面貼り
viii	ダンボール板(5mm厚)にグラスウール(32K、25mm厚)両面貼り
ix	ダンボール板(5mm厚)にロックウール(80K、25mm厚)片面貼り
x	ダンボール板(5mm厚)にロックウール(80K、25mm厚)両面貼り

[成果の活用]

今回得られた成果については、事項立て課題「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」において、音環境とプライバシーの両方を考慮した避難所用パーティションの開発に活用されることができた。最終的には、避難所の設備等改修マニュアル(案)を策定し、自治体などの災害対応マニュアルに反映することを目標としている。これにより、避難所生活における身体的・精神的健康被害の軽減することが可能となるものと考えられる。

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

建築研究部 設備基準研究室

(研究期間 平成 29～31 年度)
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、東日本大震災において津波被害の大きかった三陸海岸周辺の避難所 3 箇所での運営経験者への電力等の需要、運用状況等に関するヒアリング調査を実施した。その結果、避難所の規模、運営主体によっても状況は変化し、更にはライフラインの復旧状況によっても、課題がそれぞれ異なることが明らかになった。また、音環境とプライバシーの両方を考慮した避難所用パーティションの試作、吸音率の測定を実施し、試作したパーティションの吸音性能を把握することができた。

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

Research on the reaction-to-fire performance evaluation of fire-retardant-treated wooden facades with respect to weathering and aged deterioration

建築研究部 材料・部材基準研究室

(研究期間 平成 29～30 年度)
室 長 古賀 純子
主任研究官 吉岡 英樹

[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、本研究課題では、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新しい性能評価手法を検討し提案するものである。

本年度は、先進諸外国における促進劣化試験方法（北欧 NT 規格や欧州 CEN 規格等）に関する情報を収集すると共に、まず経年劣化を施さない状況における難燃薬剤処理木材外装試験体を作成し、国総研等の研究成果を基に開発された JIS A 1310:2015「建築ファサードの燃えひろがり試験方法」に準拠する火災実験を実施して、外装試験体としての燃えひろがり性状の確認を実施した。更に、日本国内の気象外力を考慮した促進劣化試験方法の検討を開始し、新しい JIS 規格原案の作成作業に着手した。

高流動コンクリートによる建築物の品質確保

Standardization of High Fluidity Concrete for Quality Control of Building Materials

(研究期間 平成 28～29 年度)

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

主任研究官 土屋 直子
Senior Researcher Naoko TSUCHIYA
室長 古賀 純子
Head Junko KOGA
建築新技術統括研究官 鹿毛 忠継
Chief Research Officer Tadatsugu KAGE

The purpose of this research is standardization of high fluidity concrete using superplasticizer with viscosity modifying agent by experimental study. Passing ability by J-Ring flow test and strength were measured. The results show adequate mix design consisted of unit cement contents, bulk volume of coarse aggregate and chemical admixture, for passing ability and separating resistance. Also, validity of test method are confirmed.

[研究目的及び経緯]

高流動コンクリートの打設量については、近年、増加傾向にあり、特に増粘剤含有高性能 AE 減水剤（一液タイプ）（以下、VSP）を用いた高流動コンクリート（いわゆるトンネル覆工コンクリートとして使用される中流動コンクリートも含む）が増加している。建築分野において、この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。また、経産省による試験方法及び評価基準の JIS 化に向けた検討もされてきた（H30.1 月に JIS 化）。しかし、現在のところ VSP を用いた高流動コンクリートの調合決定のための標準的な使用規準が整備されているとはいえない。

本研究は、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。

[研究内容]

(1) 標準的な調合の検討

1) 単位セメント量の標準的な使用量の検討、2) 単位粗骨材かさ容積の標準的な使用量の検討、3) 化学混和剤の違いによる影響、について、表-1 に示す調合水準について実験的検討を行った。J リングフロー試験およびスランプフロー試験を行い、間隙通過性の指標である PJ 値、B 値、T500、T500j の測定^{1) 2)}、また空気

量、標準養生による 28 日圧縮強度について確認した。なお、PJ 値は J リングフロー試験によるリング中央と周辺部の高さの差異であり、B 値は J リングフローおよびスランプフローの差異である。

(2) 評価方法の妥当性の検討

1) 市販 7 銘柄による試験方法・評価基準値の検討

2) 3 種類の試験治具の測定値差異の検討

について、表-1 に示す水準について、上記 (1) と同じフレッシュ性試験測定を行った。試験治具の仕様の違いは間隙の大きさ（バーの距離）である¹⁾。

表-1 調合水準

目標SF (mm)	単位セメント量C (kg/m ³)				
	300	325	350	375	400
425	0.525◇	-	-	-	-
500	0.525◇	0.500□, 0.525◇□, 0.550□	0.475□, 0.500□, 0.525□, 0.550□, 0.575□	-	-
600	0.525◇	0.525◇	0.525◇□	0.500□, 0.525□, 0.550□	0.475□, 0.500□, 0.525□, 0.550□, 0.575□
700	-	-	0.525	-	0.525□
W/C(%)	60	55	51	48	45
推定強度	29.2	32.9	36.5	39.7	43

◇：28日圧縮試験実施、7銘柄実施、VSP剤使用区

□：3種類の治具にて試験実施、SP剤及びVSP剤いずれも実施
いずれも単位水量180kg/m³、AIR：4.5±1.5%

※σ28=-12.51+25.08 C/W

[研究成果]

(1) 標準的な調合の検討

1) 単位セメント量の標準的な使用量の検討

図-1にPJ値およびB値の結果を示す。全体的な傾向としては、スランプフローが大きくなるにつれて、PJ値は小さくなるのがわかる。また、単位セメント量が少ない場合に、B値は大きくなる傾向にあった。B値はPJ値と比較するとVSPの種類によるバラツキも大きい、単位セメント量が350kg/m³未満の場合には、PJ値およびB値とも間隙通過性の評価基準²⁾を上回る場合が散見される。

2) 単位粗骨材かさ容積の標準的な使用量の検討

図-2にPJ値およびB値の結果(一例)を示す。本研究での材料・調合では、単位粗骨材かさ容積が0.500~0.550 m³/m³での使用でPJ値およびB値ともに基準値に対して比較的小さい値となり、0.575 m³/m³の場合、PJ値およびB値ともに大きくなり、粗骨材がアーチングなどによりバーで閉塞され、間隙通過性が低下した。

3) 化学混和剤の違いによる影響

図-3にVSPおよびSPを用いたコンクリートによるPJ値の結果(一例)を示す。目標SFが600mm調合では、モルタルと粗骨材間の材料分離抵抗性の違いが影響し、材料分離抵抗性の高いVSPの方が粗骨材がアーチングを起こしにくかったと考えられる。また、単位セメント量が400kg/m³において単位粗骨材かさ容積によるB値の変動が大きかった⁴⁾ことから、単位粗骨材量による分離抵抗性の制御が難しいことが示唆される。

4) 強度区分の検討

図-4に強度試験結果(空気量1%につき圧縮強度5%補正)を示す。図中の線は、水セメント比算定式³⁾を示している。VSPの種類による強度の違いは確認されるが、平均値から10%内外の範囲の値であり、前述の算定式から推定した圧縮強度の1.2倍程度であった。

VSPを用いた高流動コンクリートに要求される流動性(スランプフロー)や間隙通過性を満足させるために必要な単位セメント量を把握したことで、標準化

(2) 評価方法の妥当性の検討

1) 市販7銘柄による検討

使用した全てのVSPは、JIS A 6204(コンクリート用化学混和剤)の高性能AE減水剤に適合するが、各社ごとに粘性や適切な調合条件が異なるため、VSPを用いたコンクリートの評価基準の策定において、例えば許容差の設定や状態判定など留意が必要である。

2) 3種類の試験治具の測定値差異の検討

SPを用いたコンクリートのバー間隔が広い治具でのB値を除き、試験治具のバー間隔が狭いほどPJ値およびB値が大きくなる傾向が見られた。

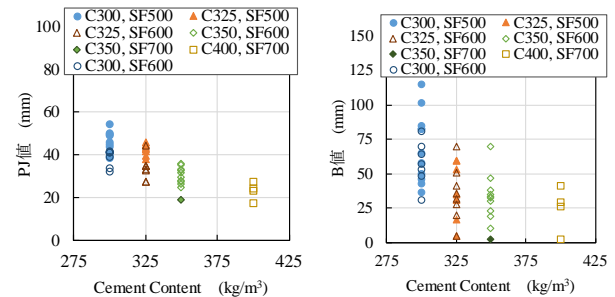


図-1 SFとPJ値およびB値の関係(一例)

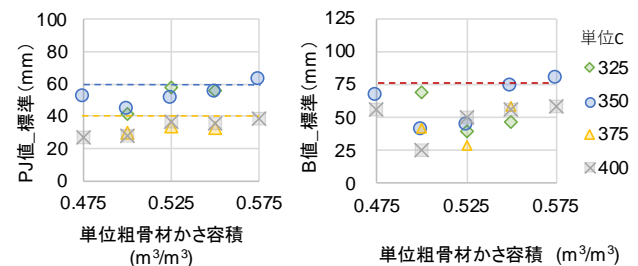
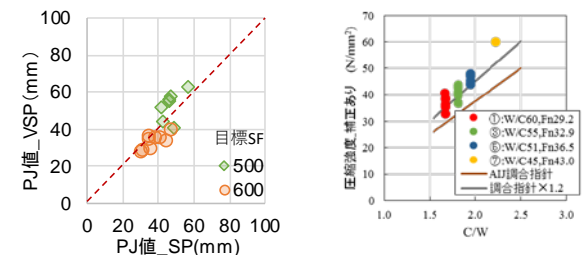


図-2 単位粗骨材かさ容積とPJ値およびB値(一例)



(左) 図-3 VSPおよびSPを用いたコンクリートによるPJ値の対比(一例), (右) 図-4 強度試験結果

[成果の活用]

本研究で得られた成果は、建築基準法37条が指定するJIS A 5308における呼び強度の区分の規格化、学会が示す当該コンクリートの調合設計指針などへの活用が見込まれる。

参考文献:

- 1) JIS A 1159:2018(コンクリートのJリングフロー試験方法)
- 2) JIS A 1160:2018(増粘剤含有高性能AE減水剤を使用した高流動コンクリートのワーカビリティの評価基準)
- 3) 日本建築学会:コンクリートの調合設計指針・同解説, 2015.2
- 4) 土屋直子他, 日本建築学会学術講演梗概集, 2018

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

Research on The impact of food waste disposers to sewage facilities

建築研究部 評価システム研究室

(研究期間 平成 29～30 年度)

室 長 眞方山 美穂

主任研究官 脇山 善夫

[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において、ガラス窓のガラス及び窓障子の損傷・脱落が報告されている。学校体育館のガラス及び窓障子の損傷・脱落はその被害形式から、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。本研究では、近年の地震で見られた学校体育館におけるガラス窓の被害事例について検討し、被害につながる要因を検討するとともに、被害事例を模した実大試験体を対象とした構造実験を通じて、ガラス窓における被害発生のプロセスを明らかにするとともに、構造的な補強等による被害低減方策について技術的検討を行うものである。

本年度は、過去の地震で桁行構面の横連窓等に被害を生じた体育館を踏まえて、地震被害が生じるプロセスについて検討するとともに、次年度に実施する構造実験の試験体を作成した。