

かしこい建築・住まいの実現のための 建築技術体系に関する研究

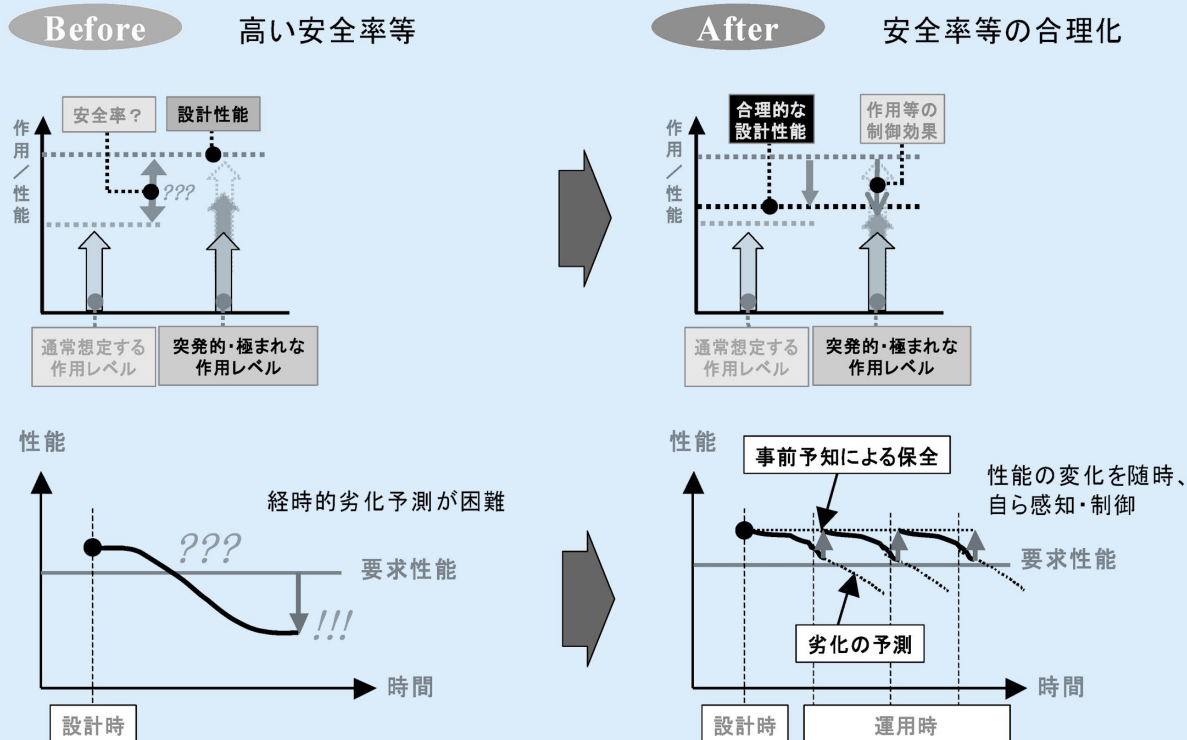
国土交通省国土技術政策総合研究所

ひらの よしのぶ
建築研究部長 平野 吉信

1. はじめに

今日の高度化・多様化しつつある建築物に求められる機能や性能を実現しようとした場合、材料・部材自体が具える物性等に依存して諸性能を確保してきた従来の建築技術体系では、すべての要求

を満たすためには過度に高度な水準を確保しなければならない等、適切な解を見出すことが非常に困難となっている。これに対して、技術革新や高性能化が飛躍的に進展している高知能・高機能化技術を活用し、さまざまな外力や負荷・状態の変化や経時的な劣化を感知することにより、構造物の性能特性や空間の状態を自ら制御・修復する技術（本研究では、このような技術を「かしこい技



図—1 「かしこい技術」の効用

術」と定義する。)を建築物に組み込むことによって、より合理的に必要な機能や性能を実現できるような仕組が実用化されることが期待される。

図—1は、このような状況を模式的に示したものである。例えば、設計において通常想定する作用レベルを超え、極めて稀に発生する突発的な作用に対して、部材の断面を大きくすることで備えること(図—1 Before)よりも、そのような突発的な作用を「かしこい技術」を用いて感知・制御することによって建築物の安全性を確保すること(図—1 After)の方に合理性があることは十分あり得る。また、建築物が供用される期間は数十年～百年程度と非常に長いため、その間の不確実な経年劣化を設計時に織り込む(Before)よりも、「かしこい技術」であるセンサー等を組み込んで性能の変化を随時感知し、部材自ら補修すること、または適切な維持・保全措置を講ずることを可能とする(After)方が高い合理性をもつ場合もある。

本研究では、同図 After のような状況を実現するために、技術革新が進展している情報・通信技術や制御技術・高機能材料等を活用した「かしこい技術」を確立し、これを建築物に組み込むことによって、合理的な経済性の下に、建築物・居住環境に対するニーズ・要求性能の高度化・多様化に対応することができる「かしこい建築・住まい」を実現するための新たな建築技術体系に関する開発・整備を目指したものである。

この「かしこい建築・住まい」を実現するための建築技術体系として位置付けたものは、以下の二つである。

第1は、「かしこい技術」の狙った特性が確実に建築・住まいで実現されるようにするための、耐震、火災安全等の各種の機能・性能項目に対応する個々の技術適用パターンを想定した「かしこい建築・住まい」の設計・建設・維持に関する技術体系である。

第2は、こうした「かしこい建築・住まい」の建設・供給が実現されるための必須条件としての、組み込んだ「かしこい技術」の有効性・信頼

性を社会として評価し受け入れるための「かしこい建築・住まい」に対応した建築基準体系である。

2. 「かしこい建築・住まい」の設計・建設・維持に関する技術体系

前項に述べた建築技術体系の第1の対象とする技術を検討するにあたり、平成15年度に(社)建築業協会を通してニーズ調査を実施した。表—1は調査結果の一覧である。さらに、建築基準法旧第38条に基づく大臣認定の事前評価(評定)を行っていた(財)日本建築センターの協力を得て、過去の評定案件を整理した結果およびその他の情報を下に、本研究で対象とする要素技術開発項目を以下のa.~d.に絞り込んだ。

a. 耐震(構造安全)

- ・地震動を感知し、その建築物への影響を打ち消すまたは軽減する方向に建築物の挙動や挙動特性を制御するもの
- ・高機能材料を用い、建築構造物の耐震上の弱点となりうる部位の性能(例: ひび割れを起こさず高い強度と変形能を維持することにより地震エネルギーを吸収する等の役割を果たすこと)を必要に応じて作りこむもの

b. 火災安全

- ・火熱や煙発生等を感知し、その避難安全等に対する悪影響を抑制するように煙や火熱の生成・拡散・移動等を制御するもの

c. 耐久性

- ・外力等の作用履歴やひび割れ・腐食等の発生量を測定・記録し、合理的な維持管理の計画的実施に資するもの

d. 室内空気質

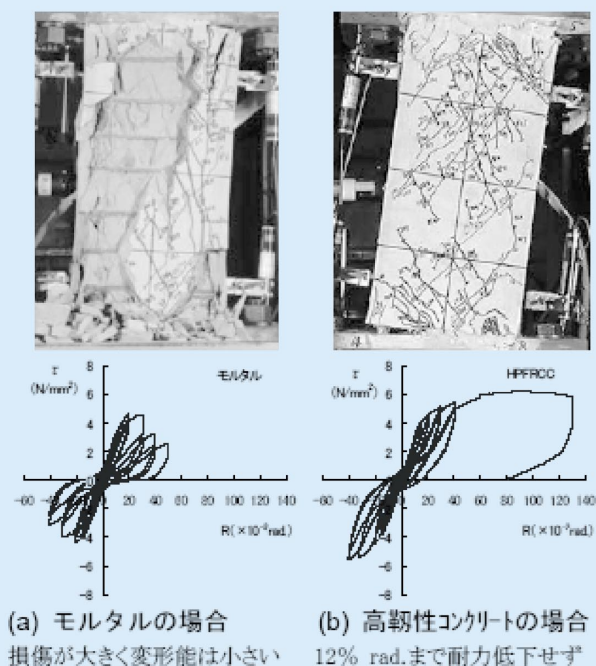
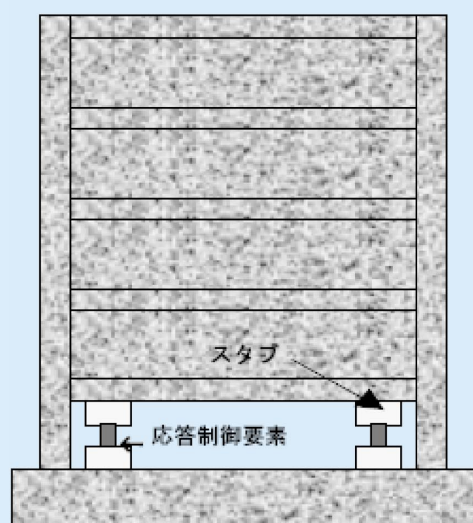
- ・ホルムアルデヒド等の有害化学物質を感知し、素材自らが吸着して室内の濃度を低下させ、空気質を向上させるもの

より具体的には、以下の適用技術に関して検討した。

- ▶ 地震時挙動のセミアクティブ制御 [a 耐震

表—1 「かしこい技術」に関するニーズ調査結果（（社）建築業協会会員対象）

#	アイデア名と概要	関連分野
1	セミアクティブ免震構法 セミアクティブ制御による免震建築物の地震応答の低減	構造，免震制御
2	汚染物質等の自動監視・制御システムによる室内環境の向上 湿気，ガスを検知・排出する壁紙。CO等の有毒ガスを検知する塗料が塗布された壁・天井材。避難誘導を指示する音声センサーを組み込んだ壁・天井材	環境，防火，内装材
3	繊維補強セメント系材料の性能評価 同材料の性能評価の方法の明確化と基準法第37条への対応	材料，構造
4	可変形状トラス VGT を利用した可動型構造物 宇宙構造物用に関与された VGT（Variable Geometry Truss）技術を発展させ，制御等を付加することにより，自在に可動できる構造物を可能とする	構造，制御，可動構造
5	電子タグを利用した車椅子自動誘導システム 高齢者等にハートフルな住宅を提供する。タグと ITS（Intelligent Transport Systems）技術の融合による室内空間の創成，電子標識	室内環境，弱者対応
6	地震モニタリングシステム 地盤の揺れを検知し，制振装置の起動，警報発令や避難路確保に寄与する	地震，防災・減災
7	部材の健全性モニタリングシステム 部材・空間状態をモニタリングし，異常の監視を行う。超音波探査等の劣化診断も行う	材料・部材，環境，損傷検知
8	火災時の避難安全性の確保「火災フェイズ管理型防災システム」 火災進展モニタリングによる対策の総合化，早期避難，最適制御による被害拡大防止	防火，避難安全
9	火災時の延焼拡大防止「ドレンチャー水幕型防火区画システム」 水幕により炎・煙の遮断，設計自由度の拡大	防火，延焼防止
10	無耐火被覆柱 部材個々の耐火性能評価から架構全体における耐火性能の評価へ	防火，構造
11	自動日射遮蔽装置 太陽の動きに合わせた遮蔽装置	環境，日射
12	自動吹き出し調整口 冷暖房時で自動的に吹き出し口が変化する	室内環境，空調
13	行動認識と異常時監視システム 数多くのセンサーにより，居住者の行動パターンを認識したデータベースをもとに異常時を認識するシステム	室内環境，防犯，一人住まい，対策
14	トリプルスケルトン構造システム 三つのスケルトンに機能を分担させ，高耐震性，高耐久性，可変空間，簡易解体等を可能とするシステム	構造，地震，制御
15	アクティブ制振 制御アルゴリズムの改良による制御の高精度化	構造，地震，制御
16	複合制振ダンパー 弾塑性ダンパーと粘弾性ダンパーの複合による微小振動から大地震まで効率的に応答を低減できる制振ダンパー	構造，地震，制振部材



図—2 高靱性セメント系複合材料を用いた応答制御要素の水平加力実験

(構造安全)]

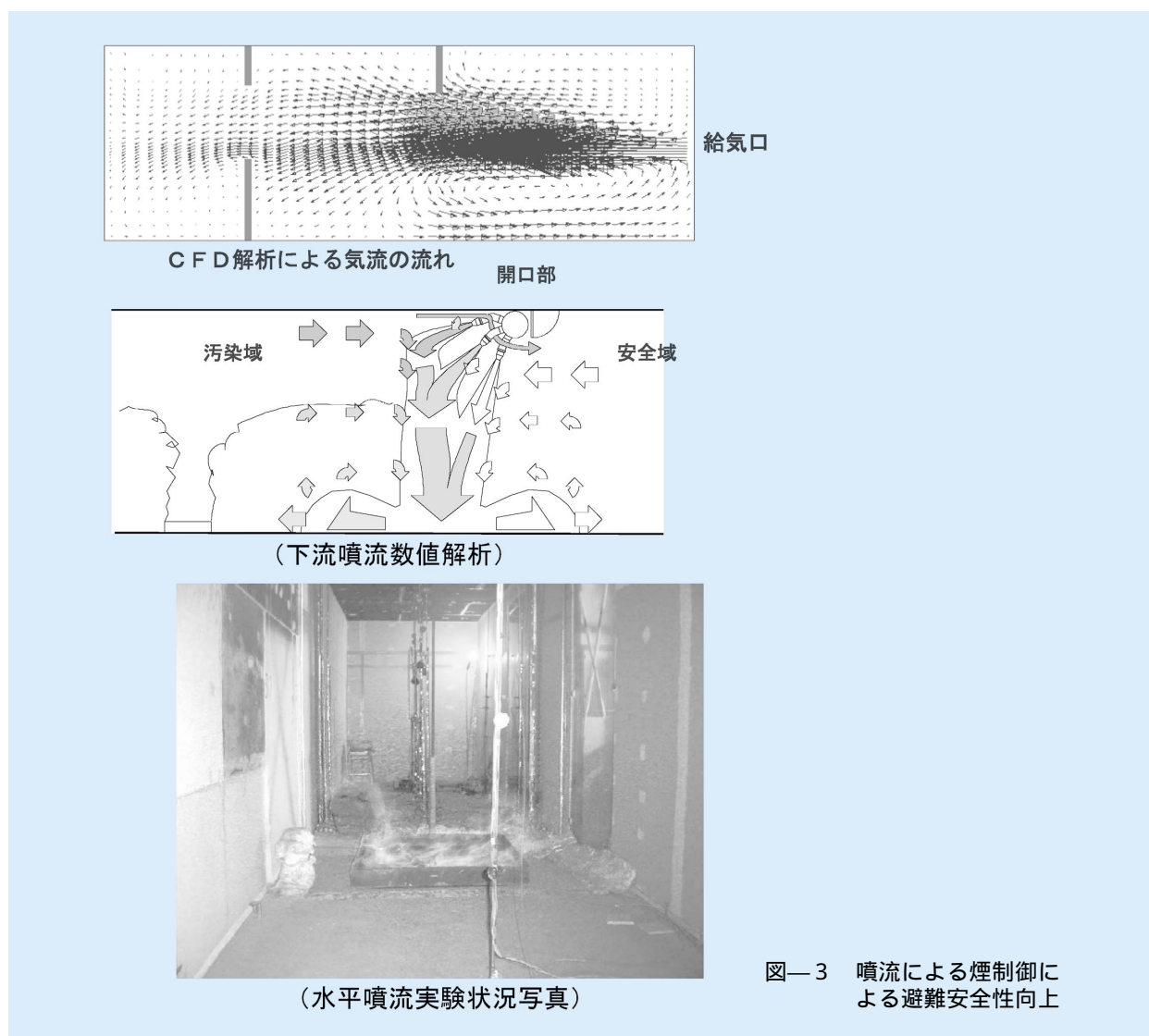
- ▶ 浮き上がりを活用した地震入力低減 [a 耐震 (構造安全)]
- ▶ 高靱性セメント系複合材料の特性評価 [a 耐震 (構造安全)]
- ▶ 噴流による煙制御技術による避難安全性向上 [b 火災安全]
- ▶ 電気化学的手法による材料の耐久性評価 [c 耐久性]
- ▶ RFID タグセンサーを用いた ON-OFF 型構造物損傷検知 [c 耐久性]
- ▶ 吸着性建材による室内空気質の向上 [d 室内空気質]

それぞれの適用技術に対して、実験・解析等による基本特性の調査、設計手法、施工方法、維持の手法等に関して検討し、例えば、高靱性セメント系複合材料 (図—2) に関してはその性能評価基準の原案をとりまとめ、噴流による煙制御技術に関しては水平噴流式制御システム (図—3) の適用・性能評価に関するガイドライン案としてとりまとめる等、設計・建設・維持に関する技術体系としての成果を得た。

3. 「かしこい建築・住まい」に対応した建築基準体系

前述のとおり、組み込んだ「かしこい技術」の有効性・信頼性を社会として評価し受け入れ可能であることは、「かしこい建築・住まい」の建設・供給が実現されるための必須条件である。いくら開発者が良いと信じる技術があっても、その技術を組み込んだ建築物が想定された性能・機能を狙い通り発現することを第三者に対して明示できないければ、社会としては受け入れることができないであろう。

社会的な受入れの一つの重要な側面である建築基準法において、「かしこい建築・住まい」はどのように扱われているのであろうか。残念ながら、現行の建築基準法では「かしこい建築・住まい」はその「かしこさ」を明示的に評価する枠組みが確立できていない。そこで、本研究では建築基準法においても明示的に「かしこさ」を性能評価するための建築基準体系を検討した。その結果、従来型の建築物と異なり、「かしこい建築物」の場合には組み込む「かしこい技術」の稼働信頼



性が建築物の性能に支配的であり，稼働信頼性は維持・管理に強く依存すること等を明確にした上で，「かしこい建築・住まい」に対する性能評価のフレームワークとしてとりまとめた。

本研究で想定した「かしこい建築・住まい」に関しては，当面の間，建築物として大臣認定の手続きを取る必要がある。その性能評価を実施するために指定（承認）性能評価機関が定める業務方法書においては，上記の性能評価のフレームワークを反映したものとすることが期待される。また，「かしこい技術」を開発し，それを組み込んだ「かしこい建築・住まい」を計画する場合においては，開発者・設計者等が，当該建築物等の性能を建築主や第三者に開示するためにこの性能評価のフレームワークが活用できる。

4. ま と め

平成15年度から17年度にわたる3年間，「かしこい技術」およびその建築物への適用に関して多くの知見を蓄積できた。また，組み込んだ「かしこい技術」の有効性・信頼性を社会として評価し受け入れるための「かしこい建築・住まい」に対応した建築基準体系についても検討を進めた。今後，本研究で得られた成果がさらに深められ，建築・住宅市場においてこれまでにない先進的な技術を活用する「かしこい建築・住まい」づくりが促進され，高度化・多様化しつつある建築物に求められる機能や性能を合理的に実現されることが期待される。