

集合住宅の長期耐用化のための設計・改修技術

材料研究グループ 主任研究員 濱崎 仁

建築生産研究グループ 主任研究員 藤本 秀一

目 次

はじめに

研究の背景

- 1) 集合住宅の現状と問題
- 2) 建築研究所における研究課題

研究開発の概要

- 1) 集合住宅の計画技術の開発
- 2) 集合住宅の診断・補修技術の開発

研究開発の成果

- 1) 長期耐用化のための計画技術
 - SI 住宅の計画技術
 - SI 分離の新たな住宅供給方式の開発と建築関連制度の整備
- 2) 長期耐用化のための診断・補修技術
 - 既存集合住宅の診断技術
 - ストック志向型の改修技術
 - ユーザーおよび社会のニーズに対応した目的別改善改修技術

おわりに

参考文献

はじめに

我が国の集合住宅の黎明期は、関東大震災後からの同潤会、東京市、横浜市などによる震災復興住宅に見ることが出来るが、第二次大戦後の社会の構造変化、戦災復興に伴い大きな変化を遂げて来た。それまでは、大工・工務店による木造在来工法の戸建・長屋建がほとんどを占めているという構造から、非木造・共同建・工業化手法という産業が生まれた。戦後の復興に伴う都市部への人口集中に対応するために、多くの公共集合住宅が建設され、都市部居住の新たな形態が創出された。この時期の集合住宅は、建設後 50 年を経過し、その多くはすでに建替えられたり、建替えの対象となっているものである。

その後 1962 年に区分所有法が制定され、集合住宅の供給主体が公共から民間へと移行していく。民間の分譲集合住宅（いわゆるマンション）は、1970 年代以降、集合住宅の中心となり様々な形態の変化（立地、用途複合、規模など）を経て今日に至っている。このマンションの初期のものは、すでに建築後 30 年以上を経過し、狭小なプランや設備の陳腐化、耐久性、安全性の不安を抱えるものも少なくない。

以上のように、80 年以上の歴史を持つ我が国の集合住宅であるが、欧米諸国と比較すると、住宅の寿命は短く、社会的な要請と相まってスクラップ&ビルド的な構造となっていることは否めない。建築研究所では、今後の低成長社会への対応、地球

環境を保護するという立場からも、資源の浪費や廃棄物の増大を避けるとともに、都市居住を支える集合住宅に関わる諸問題に対応した、耐用性の高い住宅の設計・改修技術の開発を行ってきた。長期耐用性の高い住宅とは、「長期にわたって存続することが可能な集合住宅」のことであり、物理的な耐久性を確保し、長期の使用にも耐えられる住戸規模や可変性を持った住宅のことである。また、新築住宅だけでなく、既存の住宅ストックも改修によって、より耐用性の高い住宅に変換していく必要がある。

本稿では、最近の建築研究所における集合住宅の長期耐用化に関する研究の概要を紹介し、その成果と今後の取り組みなどについて紹介する。

研究の背景

1) 集合住宅の現状と問題

都市居住としての集合住宅の定着

図1に分譲集合住宅(マンション)の新築戸数とストック数の推移を示す((財)マンション管理センター調べ)。

民間主体による分譲集合住宅の供給が本格的となった1970年代以降、新築の供給戸数は順調な伸びを見せ、最近では、毎年20万戸程度の新築のマンションが供給されている。平成16年度の建築着工統計では、新築のマンションの着工戸数は、207,442戸であり、これは、全住宅の着工戸数の約17%に相当する。首都圏(東京・神奈川・埼玉・千葉)だけを見ると約27%、東京都に限れば、約34%に相当し、都市部の居住形態として、集合住宅が定着していることが分かる。

日本の住宅寿命の短さと長期耐用化への要請

図2に各国の住宅寿命の目安(ストック数/フロー数)を示す。また、図3に建築年代別のストック数を示す。

図2の目安は集合住宅に限ったものではないが、RC造の集合住宅の寿命の代表値が38.9年であるという報告もある¹⁾。いずれにしても、日本の住宅の寿命は40年程度であり、諸外国と比較しても極端に短命である。この寿命の短さは、木造戸建て住宅であれば、物理的な耐久性によるものも多くを占められるが、RC造の集合住宅の場合、陳腐化や狭小なプランなど時代のニーズに合わないといった社会的な耐用年数によるものも少なくない。

図1および図3から分かるとおり、現在、分譲集合住宅のストック量は、約400万戸以上と言われており、今後も増加する傾向にある。すでに、建築後30年以上を経過したストックが50

万戸以上、20年以上を経過したストックが100万戸以上もあり、耐久性や設備更新などの問題が生じる可能性のあるストックが少なくない。

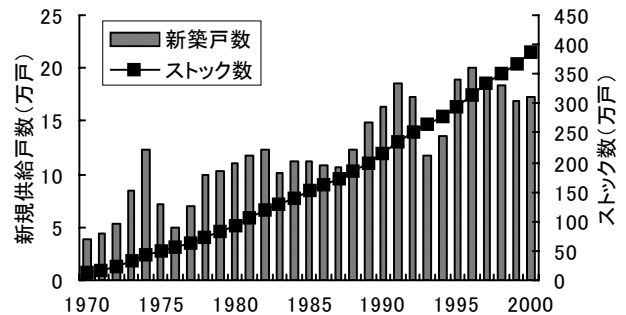


図1 集合住宅の新築戸数とストック数

(建築統計において3階建て以上・非木造・分譲・共同住宅に限定)
(財)マンション管理センター調べ

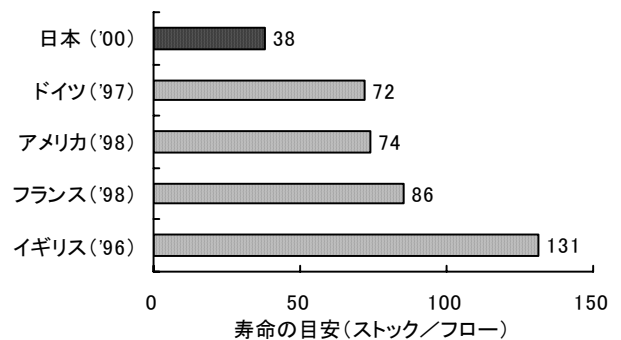


図2 各国の住宅の寿命の目安(ストック/フロー)

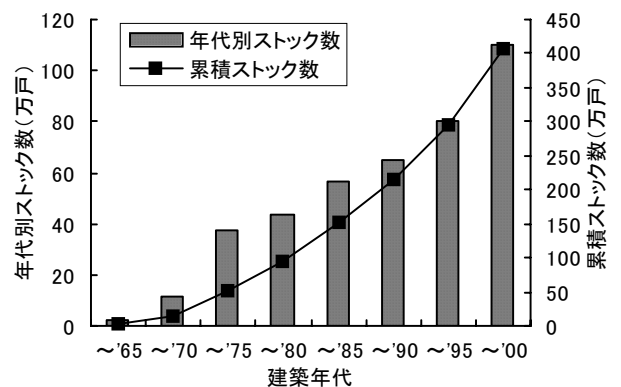


図3 年代別ストック数と累積ストック数
(国土交通省調べを基に算出)

住宅ストックの質的問題

図4に集合住宅の1戸あたりの専有面積の変遷を示す。また、表1に公庫融資住宅を対象とした調査におけるスラブ下躯体高さの割合を示す。

図4の値は賃貸住宅を含むものであるため、必ずしも分譲集合住宅のみの値ではないが、戸あたりの専有面積は、年代が進むにしたがって大きくなっており、1970年以前の平均は42.5㎡だったものが、2001年～2003年までの範囲では、54.7㎡となっている。また、スラブ下躯体高さは、住宅の変性（水回りや間取りの変更、バリアフリー化）を左右するが、最近の10年間でスラブ下躯体高さが大きく取られている傾向が伺える。しかしながら、近年でも面積や階高を切りつめた狭小な住宅が供給されていることも事実であり、これらはいずれ低質なストックとなることが危惧される。このような現状を見直し、ゆとりある居住空間を実現することによって、今後の生活水準の向上や住宅へのニーズの変化にも対応することが可能となる。

集合住宅の抱える問題

これまで見てきた集合住宅の現状に対して、今後のストック化社会において問題となることを整理すると、下記のことが挙げられる。

- ・長期耐用性を持つストックの不足
 - 狭小な空間、不十分な遮音・断熱性、耐久性など
 - ・老朽化や安全性に対する不安
 - 躯体や設備、防水等の不具合の発生や構造安全性に対する不安
 - ・建替えが円滑に進まない
 - 高齢者の増加などの居住者の問題、法制度の問題など
- また最近では、用途変更（コンバージョン）などへの対応や、ニーズ対応型の改修手法など、複合的なニーズやユーザーの視点に立った研究開発も求められている。

2) 建築研究所における研究課題

これまでに見てきた集合住宅に関する問題に対応し、適切な対応策を検討するため、建築研究所では、図5に示すような研究課題を実施してきた。図に示した課題は、主に計画的、耐久性の側面からの課題を整理したものである。このうち、設計計画的手法や制度的な問題に関するソフト的な検討、については主にハード的な部分についての検討、については、両面からの検討を行っている。なお、建替えの円滑化についての検討は、当初、のマンション総プロにおいて実施していたが、組織改編に伴い主に、国土技術政策総合研究所で実施しているため、その内容については、ここでは割愛させて頂く。

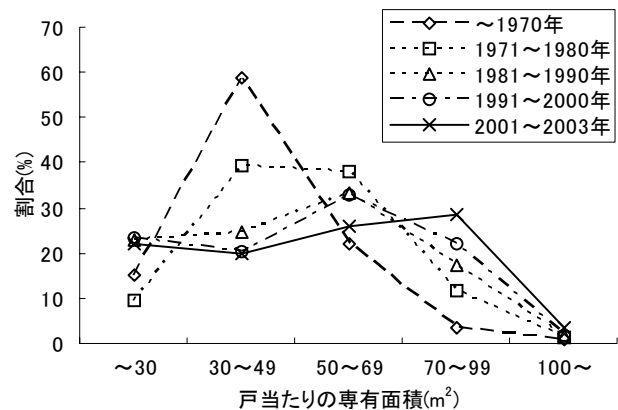


図4 集合住宅1戸あたりの専有面積の変遷
(住宅・土地統計調査(専用共同住宅・非木造)より算出)

表1 公庫融資住宅の調査におけるスラブ下躯体高さの割合

調査年度	スラブ下躯体高さ ¹⁾ の割合(%)						
	2.35m未満	2.55m未満	2.65m未満	2.7m未満	2.7m以上	2.75m未満	2.75m以上
1990	4.0	18.8	55.9	-	-	17.8	3.4
2001	0.0	5.4	43.3	24.3	27.0	-	-

¹⁾ : 1990年の調査は、階高から床スラブ厚平均15cmを減じて算出

課題名	~H12	H13	H14	H15	H16	H17
① 長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発(マンション総プロ)	■	■				
② 住み手のニーズ対応型住戸改修手法に関する研究			■	■	■	
③ 既存建築物の有効活用に関する研究—ユーザー要望および社会ニーズに対応した目的別改善改修技術の開発—				■	■	■
④ 建築ストック等の総合的マネジメント手法の開発に関するフィージビリティ・スタディ						■

図5 建築研究所における集合住宅の長期耐用性に関する最近の研究課題

研究開発の概要

集合住宅の長期耐用化に関しては、新築住宅と既存住宅では、問題点やその対応策が異なる。ここでは、設計技術と診断・改修技術に整理して、研究開発の概要を述べる。

1) 集合住宅の計画技術の開発

長期耐用型の集合住宅としてスケルトン・インフィル住宅(SI住宅)を中心として、その計画技術について検討を行った。「長期耐用都市型集合住宅の建設・再生技術の開発」(以下「マンション総プロ」という)においては、SI住宅としての要件整理のほか、モデル実験等を通じて、SI分離による新たな住宅供給方式の開発を行うとともに、現行の建築関連制度における課題整理と解決策の提案(制度提案)を行った。モデル実験は、公共賃貸、民間分譲等、10事例を対象に実施している。

「住み手のニーズ対応型住戸改修手法に関する研究」においては、長期賃借権を用いたスケルトン賃貸の仕組みなど、マンション総プロの検討をもとに、ストックを含めた住戸改修の合理化の仕組みについて研究開発を実施した。

「建築ストック等の総合的マネジメント手法の開発に関するフィージビリティ・スタディ」においては、既存ストック活用モデル実験等を通じて、スケルトン定借の手法の応用等を検討し、研究開発課題の整理を試みている。

2) 集合住宅の診断・改修技術の開発

集合住宅に限らず、建物は年を経るごとに劣化等によって初期の性能は徐々に低下する。また、初期の性能の低下だけでなく、建物に対する要求性能が向上した場合には陳腐化を伴う場合もある。したがって、既存ストックの長命化を考える場合、以下の3点が重要となる。

- 1) 建物の老朽度(劣化の度合い)を的確に把握する
- 2) 建物に対する要求性能(クライテリア)を明確にする
- 3) 劣化の度合い、要求性能に応じた改修を行う

「マンション総プロ」においては、主に劣化診断の標準的な手法と考え方の提案および長命化のための改修技術の選択の考え方などについて検討を行った。マンション総プロにおけるストック長命化の考え方を図6に示す。

「既存建築物の有効活用に関する研究 - ユーザー要望および社会ニーズに対応した目的別改善改修技術の開発 - 」(以下、「改善改修課題」という)においては、主に、ユーザーの要求性能を明確にし、これに対応する改修技術の整理と要素技術の評価および開発を行った。

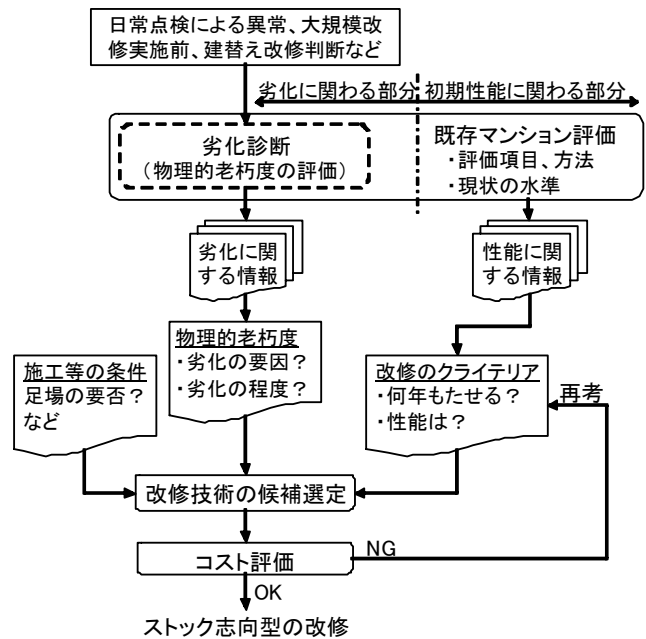


図6 マンション総プロにおける既存ストックの長命化の考え方

研究開発の成果

1) 長期耐用化のための計画技術

SI住宅の計画技術

a) SI住宅の概念と計画技術

SI住宅とは、建物の構造躯体等(スケルトン:S)と住戸の内装設備(インフィル:I)を分離・独立して計画し、前者は長期の耐久性を重視し、後者は住まい手のニーズ変化等への追従性、可変性を重視してつくられる住宅をいう。

従来の集合住宅の多くは住戸内に共用立配管等が入り込むなど、専用の部分と共用の部分の物理的、空間的に絡み合い、これが建物のメンテナンスや住戸の可変性の確保を難しくしている。SI住宅では、これらを物理的、空間的に整理することで、インフィルが老朽化してもスケルトンはそのままインフィルの改修、修繕により対応し、建物として長期耐用を目指している。

こうした基本的概念を念頭に、既往プロジェクト、提案等の調査・整理、SI住宅供給の実態把握等をもとにSI住宅に必要な計画技術の概要整理を行った。

b) SI区分の考え方

SI住宅におけるスケルトン・インフィルは物理的、空間的に区分されると同時に所有・権利関係や変更等に際しての意思決定主体、費用負担についても整理されなければならない。狭義

のスケルトン、インフィルに関しては、既往事例及び既往研究から概ね一致した認識ができていたといえる状況にある。狭義のスケルトンとしては建物を構造的に支える柱・梁や耐力壁が該当し、狭義のインフィルとしては住戸内の内装、造作、設備機器が該当する。

しかし、上記以外の空間や部位（主に住戸まわりの空間や部位）については、スケルトン（狭義）とインフィル（狭義）の中間的な性格を持つ、あるいは、具体事例によって区分が異なる（スケルトン側に分類されることもあれば、インフィル側に分類されることもあり得る）として曖昧な状態で残されてきた。

これらの部分は補修・改修時の費用負担やリフォームに際しての取り扱いなど、問題になりやすい部分といえる。よって、これらの部分の権利関係や耐久性等を考慮してもう少し細かく捉え直し、それぞれの性格に応じた扱い方をすることが重要となる。以上の観点からスケルトン・インフィル区分の考え方を整理すると図8のようになる。

c) SI 住宅としての要件

長期耐用性をもつ SI 住宅として配慮すべき事項を整理し、SI

住宅の指針（案）として整理を行った。これを表2に示す。

SI 住宅はまずスケルトン・インフィルの区分を明確にすることから始まる。またスケルトンの基本的な性能として物理的な耐久性とともにスケルトンでほぼ決まる性能（例えば重量床衝撃音遮断性能）を確保することが必要である。しかし、物理的な耐久性だけでは長持ちしないことは歴史が証明しているところである。インフィルの可変性を確保できるスケルトン空間の

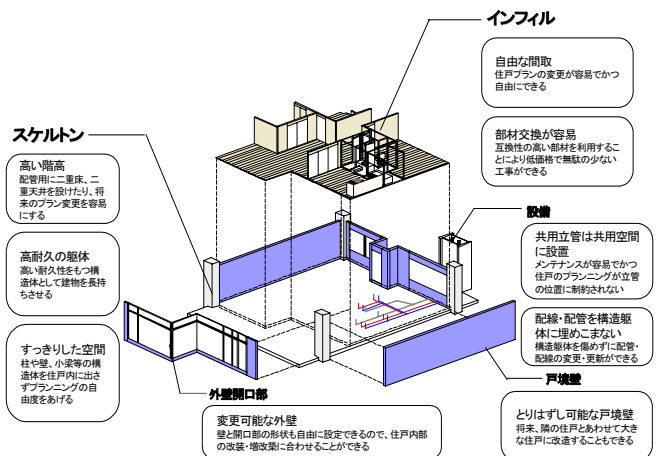


図8 SI 住宅の計画技術（例）

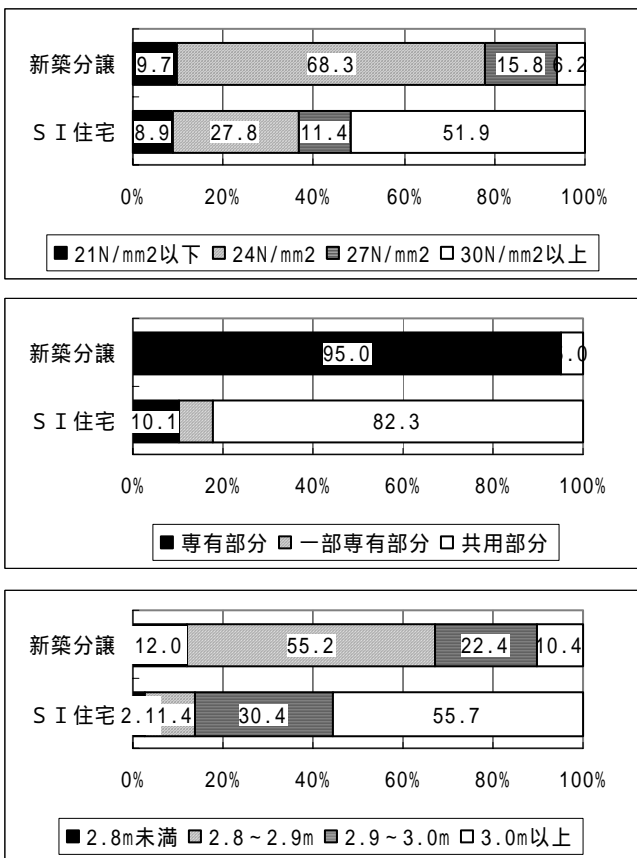
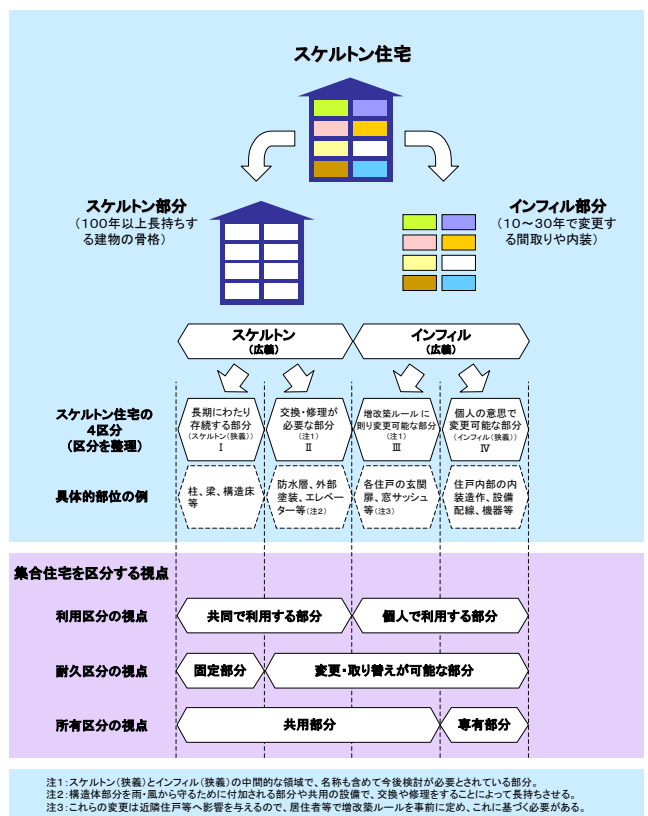


図7 SI 住宅と称して分譲された住宅と一般分譲住宅の比較 (上から躯体強度、共用排水管の位置、階高)



注1 スケルトン(狭義)とインフィル(狭義)の中間的な領域で、名称も含めて今後検討が必要とされている部分。
注2 構造体部分を用い、風から守るために付加される部分や共用の設備で、交換や修理をすることによって長持ちさせる。
注3 これらの変更は近隣住戸等へ影響を与えるので、居住者等で増改築ルールを事前に定め、これに基づき必要がある。

図9 SI 区分の基本的な考え方

キャパシティが重要になる。

共用空間のゆとりも計画時に十分な配慮が必要である。長期耐用の建物として、長持ちさせるに値する価値を有しなければならない。街並みに配慮し、長く親しまれるデザイン、街のインフラとしての機能も重要な要素といえる。

100年という長い時間軸で建物が良好に使われ続けるには、維持管理や建物の可変性を有効に機能させるためのシステムも重要になる。ハードシステムの計画とともにそれを確実に実施できるための体制や情報、ルールを整備し、それを受け継いでいくことも不可欠であろう。

SI 分離の新たな住宅供給方式の開発と建築関連制度の整備

SI 方式では、建物の計画における SI 分離だけでなく、住宅供給・管理においても SI 分離による新たな方式が考えられる。SI 分離での住宅供給、不動産流通という概念が新たなものであるため、現在の建築基準や検査システム、不動産流通システム（登記や融資等）では十分に対応できない面もある。そこで、SI 分離による新たな事業方式のモデル実験を通じて、現在の法制度等のシステム下での新たな住宅供給方式の可能性（適用限界）を探るとともに SI 分離による建築、所有、流通の実現に向けた課題整理と制度提案を行った。ここでは、新たな住宅供給

の事業モデルの開発及び建築関連制度の整備について紹介する。

a) SI 分離による新たな住宅供給方式

従来の分譲集合住宅では、構造躯体や共用部分、住戸の内装設備を一体のものとして事業主（ディベロッパー等）が建設、販売し、住まい手となるユーザーは出来合いのプラン（標準的な3LDK等）の住宅を購入する。近年では、複数プランからの選択ができるメニュープラン、間仕切りや仕様の一部を変更できるもの（これを「フリープラン」と呼んでいる場合も多い）もあるが、基本的には事業主が用意した間取り・仕様の住宅を購入するものである。賃貸住宅では、住戸の間仕切り・内装も含め貸主側から用意されたものを借りることになり、住まい手の住宅に対する個別の要求を取り入れる余地はないのが一般的である。

これに対して、SI 分離を活用した住宅供給方式では、図 10 のようになると考えられる。スケルトンは事業主（売主や貸主）が用意し、インフィルはユーザー（住まい手）がスケルトン上の空間（区画）に設置する。インフィルの設計者、施工会社はユーザーが選定することができる。ユーザーがスケルトン上の空間（区画）を購入する場合は「スケルトン分譲」、借りる場合は「スケルトン賃貸」と呼ぶことができる。また、土地を定期

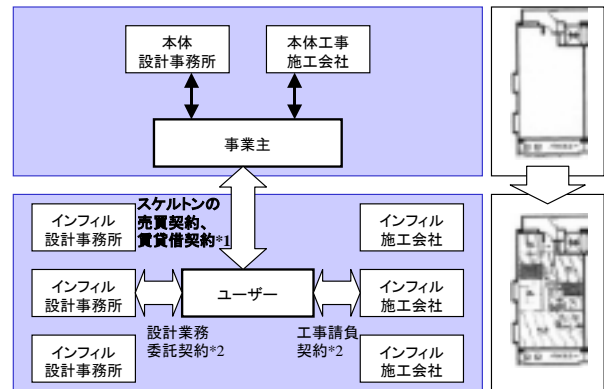
表2 SI住宅の指針（案）

1. 建物における部材等の耐用年数、意思決定の主体、空間の利用形態の相違を考慮したスケルトン・インフィルの分離が図られていること。
2. 構造躯体等（スケルトン）の耐久性・耐震性が確保されていること。
2-1 構造躯体等の耐久性が確保されていること（劣化軽減のための対策がとられていること）
2-2 構造躯体等の耐震性（地震に対する安全性）が確保されていること（そのための対策がとられていること）
3. メンテナンス（維持・補修、交換・更新等）の容易性が確保されていること。
3-1 共用部分（うち構造躯体等を保護する部分、附属物・施設等）のメンテナンスの容易性が確保されていること。 (1) 構造躯体等を保護する外装等、外装のメンテナンスの容易性が確保されていること。 (2) 附属物・施設のメンテナンスの容易性が確保されていること。
3-2 共用及び専用の配管等のメンテナンスの容易性が確保されていること。 (1) 共用の配管・配線のメンテナンスの容易性が確保されていること。 (2) 専用の配管・配線のメンテナンスの容易性が確保されていること。
3-3 メンテナンスが有効に実施されることが期待できる対策（図面等の建物情報の整備、管理の体制・区分の明示等）がとられていること。
4. 住戸の内装・設備（インフィル）の可変性が確保されていること（可変性に必要な空間のゆとりが確保されていること）。
4-1 構造躯体で囲まれた空間の面積（スケルトン面積）が多様で豊かな住戸を実現できる広さを持つこと。
4-2 構造躯体に挟まれた空間の高さ（スケルトン天井高）が多様で豊かな住戸を実現できる高さを持つこと。
4-3 構造躯体の壁、柱、梁等が住戸内部に存在する場合、これらが住戸の可変性に悪影響を及ぼすことがないこと。
4-4 各部屋の採光・通風等が確保された住戸プランが無理なく実現できる構造躯体であること。
5. 快適でゆとりのある居住性能を確保できること。
5-1 共用部分（うち廊下、階段、共用施設等）に空間的なゆとりがあるように構造躯体が計画されていること。
5-2 相隣関係に関する遮音性能等について、適切な性能水準を確保できる構造躯体として計画されていること。
6. 周辺の街並みとの調和が考慮されていること。

借地として、そこにSI住宅を建設する「スケルトン定借」も考えられる。

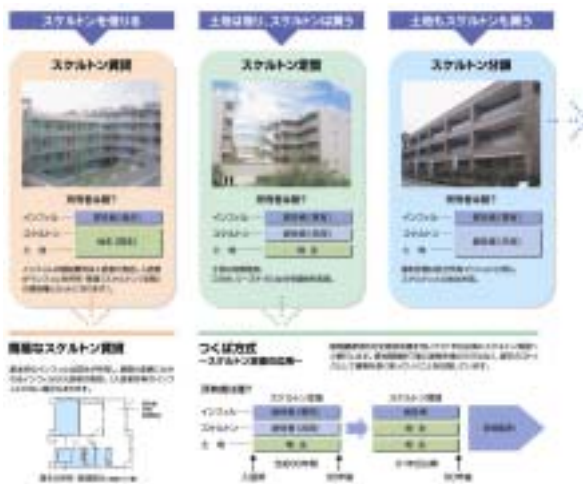
建築研究所では、SI分離による新たな住宅供給方式として、これら3方式の事業モデルを開発し、モデル実験等を通じてその検証を行ってきた。これらの事業モデルの概要は図11のとおりである。また、スケルトン分譲における戸別施工方式（住戸により完成時期が異なる方式）のフローを図12に示す。

スケルトン賃貸では部分的な簡易なスケルトン賃貸から、長期の定期賃借権を用い、本格的なスケルトン賃貸を目指した「賃借権方式」の提案を行っている。賃借権方式では、建物賃借権を登記簿の乙区に登記し、これを売買の対象とし、インフィルは賃借権に附随する財として実質的に売買されることを想定している。賃借権方式の構成の概要を表3に示す。



*1 スケルトンの売買契約であればスケルトン分譲、賃借契約であればスケルトン賃貸
*2 インフィル設計者・工事会社を市場から調達

図10 SI分離による新たな住宅供給方式の可能性



スケルトン分譲などの新しい買い方・借り方を支える建築、登記、融資等の仕組みが整いつつあります。マンション総プロの検討によって、建物1棟単位ではなく、住戸ごとに造っていくことへの道がひらかれました。

1. 仮使用承認の運用が改正されました。
(H19.3.31建設省通達 建設省住指発第169号)
(申請手続書については「工事中建物の仮使用手続書マニュアル」(財)日本建築物防災協会に詳しく)
2. 消防用設備等の設置検査についての運用が改正されました。
(H12.3.27消防庁通達 消防予第74号)
3. スケルトン住宅の登記上の取扱いが明確化されました。
(仮使用で入居する場合、スケルトン状態の住戸の用途名称は「原宅(未内装)」となります。)
(H14.10.18法務省通達 法務省民二第2474号)
4. 住宅金融公庫の優良分譲住宅が設計変更対応方式に対応できるようになりました。
(H13.4.1より)

建築確認から建物完成まで(概略の流れ)

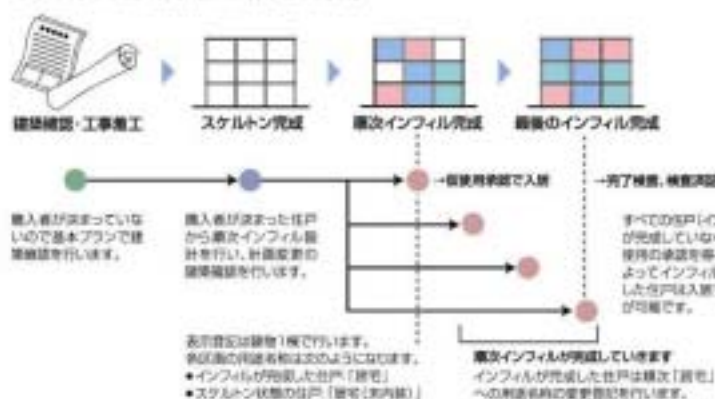


図11 新たな住宅供給方式と建築関連制度の整備

スケルトン定借は「つくば方式」とも呼ばれ、これまで全国で十数事例が実現している。

においてもスケルトン分譲を目指したものが現れてきている。

b) 建築関連制度の整備（課題整理と解決策の提案）

現行の建築関連の法制度ではSI分離の発想がなく、また建物の確認、検査、登記等の扱いが原則棟単位であり、住戸ごとに分けて扱うことは想定されていない。

一方、スケルトン分譲等のSI分離の住宅供給では、インフィルは購入者のニーズを受けて個々に造っていくことになるため、住戸によって完成時期が異なることも想定される。すると一棟の建物のなかで、完成住戸とスケルトン状態のままの住戸が混在することになる。現行法上このような状態では建物は未完成とみなされ、検査や表示登記ができないことが問題とされていた。このため建物の竣工に間に合わせるべく標準プランで造られ、購入者がそれを入居前にリフォームする事態も起きている。これは資源の無駄にもつながり、循環型社会に向けて、ニーズが多様化するなかでの住宅づくりに新たな方向性が求められているといえよう。そこでモデル実験を通じて現行法制度上の課題と対策の検討を行い、解決に向けた制度提案を行った。

課題と対策の整理を表4に、制度提案をもとにした施策反映の例を図11に示した。仮使用承認制度や不動産登記制度の運用改善等、これらの制度的改善をもとに民間分譲マンションの供給

表3 賃借権方式によるスケルトン賃貸の構成概要

- 1) 区分所有建物として表示登記する。
- 2) 全ての専有部分を一人（地主や公的組織）が所有するとして保存登記する。
- 3) 各住戸に（長期・定期）賃借権を設定し、これを乙区に登記する。
- 4) 賃借権の登記順位は、専有部分所有者の借入金の抵当権に優先させることを金融機関は了解する。
- 5) 賃貸借契約は、定期借家権によるスケルトン賃貸とし、賃借権の譲渡及び転賃を認める契約とする。
- 6) 賃借権者に対する融資を行うために、賃借権者と金融機関が仮登記担保契約を締結し、賃借権に対して担保仮登記を行う。賃借権者の破産時には、金融機関が賃借権（インフィルを含む）を取得し、これを処分できる旨に建物所有者はあらかじめ同意する。
- 7) 賃借権者の組合を設立し、生活ルールや建物維持管理等に関する組合規約を締結する。賃貸借契約には、賃借権者はこの組合の一員となる旨を記す。
- 8) 建物所有者が建物を維持管理することを原則とする。しかし、その管理が停滞した時は、賃借権者は賃料のうち維持管理費相当分を留保し、これを用いて維持管理を代行できる旨を賃貸借契約に盛り込む。

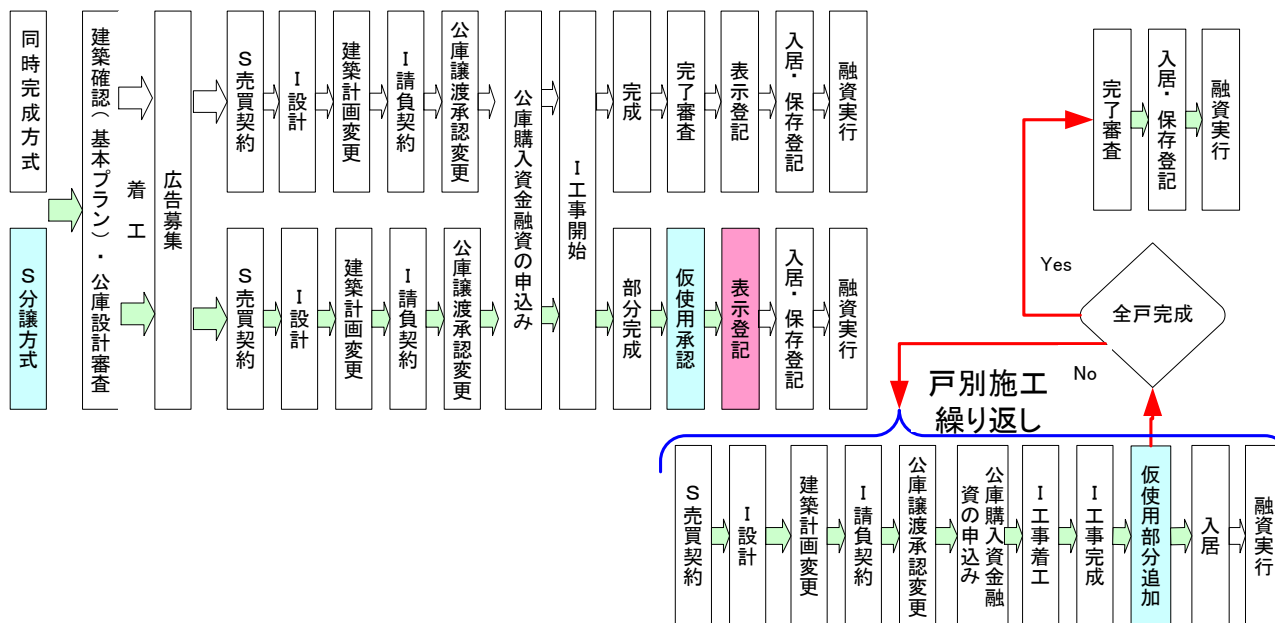


図12 スケルトン分譲（戸別施工方式）のフロー



写真1 求道学舎の外観（リノベーション前）

2) 長期利用化のための診断・補修技術

既存集合住宅の診断技術

一口に集合住宅の診断といっても、耐震診断を含め様々な目的、方法がある。マンション総プロでは、SI住宅の考え方に基づき、まずスケルトン（躯体）部分の健全性、耐久性を確保するという観点から、集合住宅の躯体部分の劣化診断技術について「既存マンション躯体の劣化度調査・診断技術マニュアル」⁶⁾（以下、「診断マニュアル」という）をまとめた。

集合住宅における建物の維持管理は、区分所有者（管理組合）が自ら行う場合、管理会社に委託する場合、あるいはその中間の形式がとられる。平成12年に制定されたマンション管理適正化法により、マンション管理業、マンション管理士などの位置付けが明確にされたが、大規模改修の要否やその内容、建替えの判断などの判断材料となる場合も多く、専門的知識に基づいた見解が必要とされる。また、集合住宅の場合、特に診断の依頼者と実施者間の認識の違いが大きい。今回提案した診断マニュアルは、このような問題を低減するために、劣化診断技術の普及と管理組合と診断実施者間の共通ルールとして使われることを目的としたものである。診断マニュアルは、平成13年に診断マニュアル（案）として公開し、診断技術者、管理組合の双方からのアンケート調査によって意見照会を行い、その結果を踏まえて改訂を行った。診断マニュアルの目次を表5に示す。

診断マニュアルの内容は、躯体および躯体との関わり合いが大きい外装仕上げ（タイル・塗材）に関することが主であり、診断技術者を対象にまとめている。防水、設備については管理組合あるいは管理を委託された業者が行う日常点検の内容を紹介し、専門業者による詳細な診断が必要かどうかの判断ができるようにしている。第4章では、高次診断として詳細な調査の手順、評価の方法を示している。診断マニュアルの考え方とし

て、構造物への損傷を極力抑えることを前提としており、小径コア、ドリル削孔程度の微破壊試験も有効であると考えている。ただし、非破壊試験、微破壊試験で分かる範囲や精度には限界があることも確かであり、診断実施者には建物の状況、求められる精度などを考慮し、管理組合との調整の中で適切な方法を選択して頂きたいと考えている。

第5章では、それまでの各調査の結果から、建物の躯体の劣化度を総合的に判断する方法を提案している。現在の劣化診断技術では、劣化の進行を完璧に予測することは不可能に近い。しかし、マンションの診断における管理組合からのリクエストとして、「あとどれくらいもつのか」ということは重要な項目である。ここでは、可能な範囲ではあるが、表6のように劣化の現状と将来的な進行の予測を分けて考え、表7に示す両者の組み合わせによって劣化状況を評価することを提案した。それぞれの項目に対する評価基準については、次頁にその一部を紹介させて頂くが、評価の基準については、あくまで参考として定めたものであり、建物や地域の実状にあわせて適宜修正することが望ましい。

表5 診断マニュアル目次

第1章 総則
1.1 目的
1.2 適用範囲
1.3 用語
1.4 調査・診断の流れ
第2章 日常点検
2.1 点検の目的・頻度
2.2 点検方法
第3章 1次診断
3.1 建物資料調査
3.2 現地概要調査
3.3 診断
第4章 高次診断
4.1 コンクリート強度
4.2 鉄筋の腐食
4.3 塩化物量
4.4 中性化深さ
4.5 かぶり厚さ
4.6 凍害によるコンクリートの劣化
4.7 アルカリ骨材反応によるコンクリートの劣化
4.8 タイル・モルタルの浮き
4.9 仕上げ塗材の劣化
第5章 総合診断
5.1 初期性能の把握
5.2 劣化の状況と進行の予測
5.3 対策
5.4 建物の総合診断
付録1 診断事例
付録2 各種試験方法

表6 劣化の現状と進行速度のグレーディングの定義

劣化の現状		劣化の進行予測	
グレード	状態	グレード	状態
	劣化が見られない、あるいはごくまれである	1	停止～非常に低速（通常の劣化の速度）
	軽微ではない劣化が見られる	2	中速（今後、速くなると予想される）
	激しい劣化、あるいは広範囲にわたる	3	高速
		N	不明

表7 現状と進行予測の組み合わせによる劣化状況の評価

段階	状態	グレーディングの組み合わせ	
		進行速度が既知	進行速度が不明
健全期	劣化は進行しておらず、通常通りの使用が可能	-1・-2	-N
進展期	潜在的に劣化の恐れがあり、点検強化などの措置が必要	-3・-1・-2	-N
加速期	劣化が進行しており、早急な対策を講じることが望ましい	-3	
劣化期	劣化が顕在化し、構造安全性、日常安全性に問題がある、早急な対策が必要	-1・-2・-3	-N

劣化状況の評価基準の例

劣化状況の評価（現状評価）

コンクリート強度

グレード	推定圧縮強度 (F)			
	平均値		最小値	
	F	Fc	F	Fc
	F	Fc	0.8Fc	F < Fc
	0.8Fc	F < Fc	0.8Fc	F < Fc
	F < 0.8Fc		F < 0.8Fc	

Fc：設計基準強度

鉄筋腐食（中性化より判断する場合）

グレード	中性化深さ(Cd)と最小かぶり厚さ(D)の関係
	Cd < 0.5D
	0.5D < Cd < 0.7D
	0.7D < Cd

鉄筋腐食（塩化物量より判断する場合）

グレード	塩化物イオン量(kg/m ³)（可溶性は1.7倍）	
	最小かぶり厚さ 設計かぶり厚さ	最小かぶり厚さ < 設計かぶり厚さ
	0.6以下	0.3以下
	0.6~1.2	0.3~0.9
	1.2以上	0.9以上

鉄筋腐食（中性化と塩化物量により判断する場合）

中性化による鉄筋腐食の可能性のグレード	塩化物イオン量(kg/m ³) ^{注)}		
	0.6以下	0.6~1.2	1.2以上
		()	()

アルカリ骨材反応による劣化

グレード	状況 ^{注)}
	ひび割れがない、または幅0.1mm以下のひび割れがある。
	幅が0.1mmを超え0.3mm以下のひび割れがある。
	幅が0.3mm以上のひび割れがある。

注) ひび割れはアルカリ骨材反応に起因するものを対象

劣化進行速度の評価（将来予測）

コンクリート強度
コンクリート強度は、原則として将来的な予測は行わない。

鉄筋腐食（中性化より判断する場合）

グレード	中性化速度係数 A (mm/年 ^{0.5})
1	A < 1.0
2	1.0 < A < 2.0
3	A > 2.0

$$A = \frac{C}{\sqrt{t}}$$

ここに、

A：中性化速度係数の実測値 (mm/年^{0.5})

C：中性化深さの平均値 (mm)

t：経過年数 (年)

鉄筋腐食（塩化物量より判断する場合）

現状評価のに準ずる。ただし、塩害地域（海岸からの距離が近く遮蔽物が少ない場合）にあつては、表面からの濃度分布や屋内外の塩化物量の比較などから適宜修正する。また、外壁仕上げの状況等も併せて考慮する。

鉄筋腐食（中性化と塩化物量により判断する場合）

中性化の進行速度のグレード	塩化物イオン量(kg/m ³) ^{注)}		
	0.6以下	0.6~1.2	1.2以上
1	1	2	3
2	2	2	3
3	3	3	3

注) 上記と同様に地域区分等によって評価が異なる。

アルカリ骨材反応による劣化

グレード	状況
1	残存膨張率が3ヶ月材齢で0.05%未満。
2	残存膨張率が3ヶ月材齢で0.05%未満であるが、6ヶ月材齢0.05%以上。
3	残存膨張率が3ヶ月材齢で0.05%以上。

劣化度の総合評価は、建物全体を劣化の要因や段階、補修・改修の容易さなどを考慮して、安全性、機能性、美観などの観点から総合的に評価しなければならない。診断マニュアルでは、劣化の影響度という形で整理している。劣化の影響度は、建物全体の劣化による性能の低下を、構造安全性、日常安全性、改修の容易性、美観といった4つの観点から捉え、劣化の要因とその程度に対してその重要度、改修の容易さなどを考慮した重み付けをしたものである。劣化の影響度の計算方法は、表8の配分表を参考に計算ができる。計算方法は以下の通りである。

表8 劣化の影響度の配分表の例（凍害を考慮しない場合）

評価項目	性能	構造安全性		日常安全性		改修容易性		美観	
	劣化度	重要度係数		重要度係数		重要度係数		重要度係数	
強度		55		15		30			
中性化				5		10			
塩化物				10		10			
鉄筋腐食		35		25		15		10	
凍害									
ASR		10		15		20		15	
浮き				30		10		5	
外観								35	
塗材						5		35	
各性能への影響度		=100		=100		=100		=100	

- 1) 性能項目ごとの重要度係数を合計 100 になるように配分する（縦の太線囲み）。配分は表8の値を参考にし、調査の内容、診断実施者の判断に応じて適宜修正する。
- 2) 評価項目ごとに劣化度の欄に、劣化の段階を目安に数値を入れる。（健全期=0、進展期=1、加速期=2、劣化期=3）
- 3) 評価項目、性能項目ごとに、 $\text{劣化度} \times \text{重要度係数} \div 3$ を計算し、各欄に記入する。
- 4) 各性能項目の縦の列を合計し、各性能への影響度を求める。

本稿では、集合住宅の劣化診断技術について、診断マニュアルの内容をもとに紹介させて頂いた。しかし、現実の診断は、ケースバイケースであり、むしろマニュアル通りに事が進むことの方が少ないのではないかとも思う。技術者においては、日頃からコンクリートの耐久性や劣化に関する理解を深めることが大切なことであろう。また、建物の長命化のためには、普段の維持管理によって建物の状態を把握し、早期発見早期治療ということが基本となる。建物のユーザー（住まい手）に対して、そのことを理解してもらうということも、技術者の重要な役割の一つであると言える。

ストック志向型の改修技術

マンション総プロにおいては、既存集合住宅の長期耐用化を目的とした、ストック志向型の改修技術について検討を行った。

長持ちさせると一口に言っても、対象とする建物に応じて考え方が異なる。ここでは、集合住宅を社会資産として位置付け、意識的に長持ちさせる、即ちストックを志向する改修として、次の二つの観点によって検討を行った。

一つは新築又は比較的新しい既存集合住宅の長期耐用性がはじめてから考慮されている集合住宅を対象として、初期性能の維持とともにその時代の変化に対応し、機能・性能を向上させ、かつコスト的につりあうような合理的な補修・改修技術をどう選ぶかという観点である。

もう一つは長期耐用性がはじめてから考慮されていないような既存集合住宅に対し、建物の供用期間中、所定の機能・性能を発揮でき、かつコスト的につりあうような合理的な補修・改修技術をどう選ぶかという観点である。この二つは、同じ考え方の場合もあるが、想定する耐用年数が異なるため、自ずと選定される合理的な材料構工法は異なってくる。

マンション総プロでは、このような改修構工法の選択手法を「ストック志向型改修指針（案）」⁷⁾としてとりまとめた。ここでは、その考え方の概略を紹介する。

改修技術の候補を選択する場合、まずどれだけの年数を想定するかが重要な条件の一つとなる。補修・改修技術選定の際にはその前提として、そもそも、その集合住宅を何年までもたせたいのか、何年で取り壊すのか等、今後どうするのかということも考慮した上で選定する必要がある。しかし、一般的な場合、何年で取り壊すといったことが決まっている例は少ない。そこで、長期修繕計画の中では、概ね10年から20年のスパンで大規模修繕が決められていることが多いため、この時点の一つの目安として、表9に示すような四つのタイプに分類した。

この集合住宅のタイプに応じた、補修・改修技術選定の考え方のフローを図14に示す。また、表10にタイプに応じた躯体

表9 大規模修繕の予定に応じた集合住宅のタイプ

記号	大規模修繕の予定
タイプA	次々回又はそれ以降も大規模修繕を行う予定としている
タイプB	次の大規模修繕を行う予定としている
タイプC	次の大規模修繕を行うかどうかは未定である
タイプD	次の大規模修繕を行わず、取り壊すことがほぼ確実である

部分の補修の考え方を示す。それぞれについては、劣化の進展度合いによって講ずる措置は異なる。当然のことながら劣化していないものについては、処置を講ずる必要はない。ここでは、RC造の躯体に対して二つの考え方を採用している。一つは、従来の考え方と同様、コンクリート自体で耐久性をもたせるもので、もう一方は仕上材の保護効果にも期待するものである。また、コストの関係で、根本的な対策がとれない場合も考えられるが、その場合は点検を強化する等の措置を行うこととする等、メンテナンスをセットとして考慮している。

補修や改修によって既存の集合住宅を長命化させようとする場合には、まず、住まい手が自らの建物をどうしたいのか（どれくらい長持ちさせたいのか）という目的意識を持つことが重要になる。しかしながら、住まい手側には具体的な技術に関する情報が十分ではなく、専門的な知識も持ち合わせない場合がほとんどである。このような背景のもと、ユーザー（住まい手）のニーズを掘り起こし、ユーザー自らの意志決定を支援するための検討として、次稿に示す研究課題を実施した。

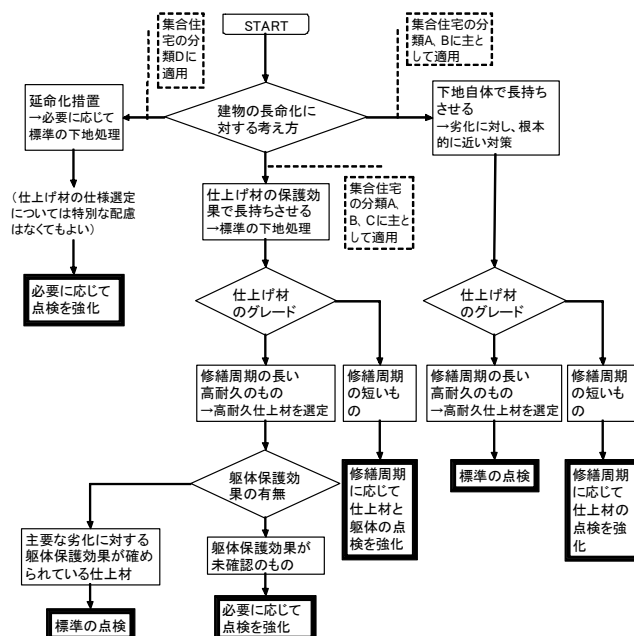
ユーザーおよび社会のニーズに対応した目的別改善改修技術

改修に対するユーザー（居住者）のニーズは、近年ますます複雑になっており、改修技術についてもこれらのニーズへの対応が必要とされている。改善改修課題においては、ユーザーのニーズを把握し、これに対応する技術のマッピング、ユーザーが改修の目的を明確にし、工事の内容を決定できる仕組みについて検討を行った。また、要素技術の評価・開発として、いくつかの要素技術について実験的な検討を行った。ここでは、改修技術に関するユーザーのニーズの概況と改修内容を選定できる仕組みの概要、要素技術として吹付けコンクリートを使用した補修技術について述べる。

a) 改修に対するニーズの概況

図15に改修の要望と実施した内容について管理組合に対して行ったアンケートの結果を示す。また、図16に実際の改修工事についての不満点を示す。回答のあった管理組合は、約半数が大規模改修を1回、残りの約半数が複数回行っている。

要望と実際に行った内容とも多いのは、美観、防水性、耐久性の向上であり、また、要望よりも実施した数が多い結果になっており、やむにやまれずという状況も伺える。また、空間規模の拡大や遮音性の向上、構造安全性、防耐火の安全性の回復・向上など比較的大規模な工事となるもの、安全性の確保に



- 注) 図中の用語
- ・標準的点検：診断マニュアルに定める日常点検による
 - ・点検の強化：標準的点検よりも点検の頻度や内容を強化する
 - ・標準の下地処理：ひび割れ処理等
 - ・根本的に近い対策：中性化に対する再アルカリ化、塩分に対する脱塩工法等
 - ・高耐久仕上材：適切なタイル仕上げ、適切な塗り仕上げ、パネル材の被覆

図14 集合住宅の補修・改修技術選定の考え方のフロー

表10 スケルトン（躯体）部分の補修・改修の考え方

記号	補修・改修の考え方
タイプA	ひび割れ、欠損その他の劣化状況に応じた補修を行い、必要に応じ再アルカリ化等初期状態に回復させる措置を行うとともに、躯体保護効果の高い仕上材を施すか又はこれと同等以上の劣化の進展を送らせる効果を有する措置を講じる
タイプB	ひび割れ、欠損その他の劣化状況に応じた補修を行うとともに躯体保護効果のある仕上げ材を施すか又はこれと同等以上の劣化の進展を送らせる効果を有する措置を講じる
タイプC	安全上支障のあると思われる劣化状況および管理組合等から改善要求があった不具合について最低限の補修を行う
タイプD	

関する改修については、要望、実施ともに少なく、改修の決め手となる動機にはなっていない。その理由としては、調査時点では安全性に対する意識の低さや工事にかかる費用、工事期間中の仮住まいの確保などの阻害要因から、改修によって改善することを諦めてしまっている状況にあると推測される。住宅の可変性や安全性の確保は、ストックを長期耐用化する上で欠かせない要素であり、これらに対する普及型の技術も求められていると言えよう。

改修の工事に対する不満点としては、工期、工事費用のほか、居ながら工事にかかる項目や情報の行き違いに関する不満も多

く見られた。不満点は、即ち工事に対する要望であり、改善を要する部分である。

b) ユーザーの意志決定を支援するためのツール

前項では、建物のユーザー自らが長命化に対する目的意識を持つことが重要であると述べた。改善改修課題においては、ユーザーのニーズおよび社会的なニーズ（長寿命化や環境負荷の低減、近隣環境への配慮など）を踏まえて、適切な改修技術を選択するためのツールを検討した。現在、最終的な検討を行っているため、その具体例についてはここでは割愛させて頂くが、その構成を図17に示す。なお、この課題では、集合住宅だけでなく、木造の戸建て住宅についてもあわせて検討を行っている。また、ここでは補修・改修という代わりに、分かりやすい言葉としてリフォームという用語を用いているが、集合住宅で言えば計画修繕などもこの中に含んでいる。

ユーザー向けの資料としては、集合住宅および戸建て住宅の住まい手（ユーザー）向けに、リフォーム（改修）の基礎知識を提供する。この中には、業者の選び方や合意形成の重要性、契約、施工中の注意事項などリフォーム工事を終えるまでに必要な情報を含めている。また、リフォーム計画策定の手引きとして、どのようなリフォームが可能なのかというイメージを伝えるメニューカード、適切な診断を行ってもらうための診断技術カード、個別の改修技術についてその概要（工事の目的、概要、効果、費用、生活への影響など）を知るための改修技術のリスト・カードなど、必要な情報を選択して見ることが出来る内容としている。また、これらはWeb上で閲覧することにより、関連する工事の内容や参考情報などが得られるようにしている。

技術者向けの資料としては、各技術・工法ごとの材料選択や施工上の留意点、粉じんや騒音などの施工中の環境配慮に関する情報などを含めて技術の解説を加えることとしている。

これらの情報をユーザーと技術者が共有することにより、ユーザーの目的を明確にし、目的に応じた無駄や無理のない改修を支援することを考えている。

c) 吹付け工法による躯体の改修技術

改善改修課題では、複雑化するユーザーのニーズ、社会のニーズに対応した要素技術の評価、開発を行った。ここでは、その一つとして、ポリマーセメントモルタルの吹付け工法による躯体の補修技術について紹介する。

表11に吹付け工法を建築物に適用する場合のメリットとデメ

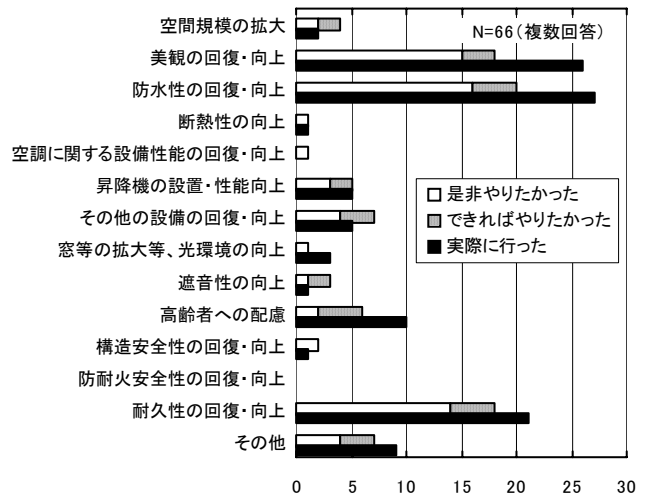


図15 改修の要望と実施した内容

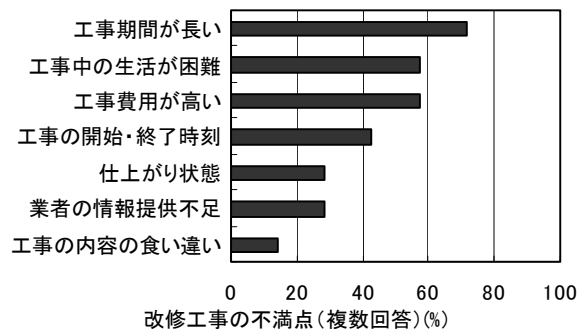


図16 改修工事に関する不満点

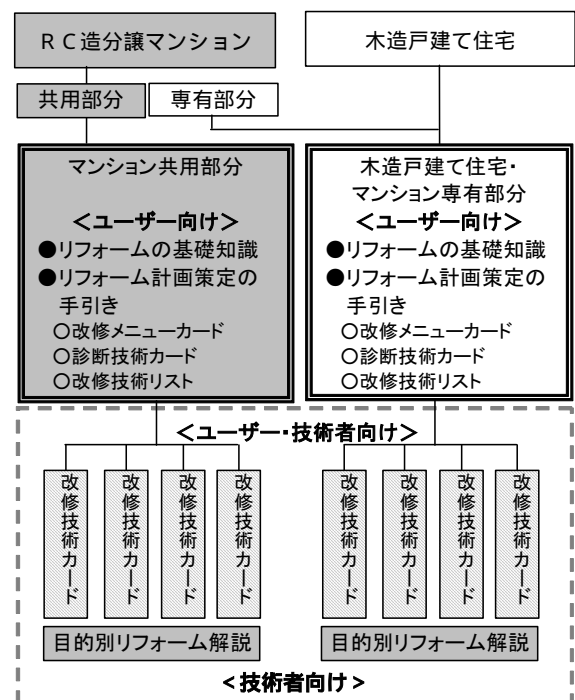


図17 意志決定のための支援ツールの構成

リットをまとめている。表に示すように吹付け工法には工期短縮や、耐久性だけでなく構造安全性、遮音性などにも効果が期待できるなど、メリットも多い反面、居ながら工事の難しさなどデメリットとなる部分もある。

本稿では、居ながら工事の可否について、実際の建物に施工して、粉じんや騒音などの状況を確認した結果について述べる。なお、この他にも材料の物性や既存躯体との一体性などに関する多くの実験を行っており、その詳細については文献^{8),9)}を参照頂きたい。

吹付け工法には、大きく分けると、湿式工法と乾式工法があり、いずれの工法も圧搾空気や遠心力によってポリマーセメントモルタル等の材料を既存躯体と一体化させる工法である。それぞれの特徴をまとめると表 12 のようになる。施工時の環境測定は、湿式工法、乾式工法のそれぞれについて行った。

施工実験は、実験用住宅（RC 造 3 階建・6 室）の 1 室の天井およびスラブ面に吹付けによる施工を行い、施工時の騒音、粉じん量の測定を行った。施工時の状況を写真 2、写真 3 に示す。

表 13 に施工時における騒音レベルを示す。施工時の騒音は、作業室内および建物周辺に設置したコンプレッサーの周辺では、80dBA を超えるものの、隣室や上下階などの測定箇所では、概ね

50dBA 以下であった。一般に 70dBA を越える場合には、会話が困難な状況と言われるが、50dBA 以下であれば居ながらの工事も十分に可能な範囲である。

表 14 に施工時における粉じん量を示す。乾式工法では、養生内の粉じんを集塵機で捕集しながら作業を行っている。粉じん量は、湿式、乾式工法ともに作業室内（養生内）では非常に高く、粉じん対策無しでは立ち入ることが出来ない状況である。作業室外では「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」（ビル管法）に規定される浮遊粉じん量の規定値である 0.15mg/m³を下回り、粉じん対策を施すことにより、作業室外では居ながらの工事も可能な範囲にある。

この吹付け工法は、前述の求道学舎のリノベーションプロジェクトにおいて、劣化したモルタル外壁の補修、内壁の増し厚

表 11 吹付け工法を建築物に適用するメリット・デメリット

メリット	補修材料の付着性、密実性の向上
	型枠不要による工期短縮、施工の省スペース化
	天井下、バルコニー上げ裏などへの下面への施工も可能 スラブや壁の増厚による遮音性の向上等も期待できる
デメリット	居ながら施工の困難さ（粉じん、騒音等の発生）
	施工単位が小さく、出入り隅や開口、凹凸が多い
	コンプレッサー、ミキサ等の設備が必要であり、小規模工事には不適

表 12 吹付け工法の概要

工法	湿式工法	乾式工法
概要	予めミキサで混練した材料を圧搾空気または遠心力等により吹き付ける工法	水以外の材料と水を圧搾空気により別々に搬送し、吹付けノズル内で混練、吹き付ける工法
長所	・粉塵、リバウンド（跳ね返り）量が少ない ・予め混練するので、品質管理が比較的容易	・施工の自由度、調合の自由度が高い（高層建物への適用も可） ・厚付け（10cm 以上）も容易
短所	・施工の自由度が低い	・粉塵、リバウンド量が相対的に多い



写真 2 施工時の状況（湿式工法）



写真 3 施工時の状況（乾式工法）

表 13 施工時における騒音レベル

工法	等価騒音レベル(dBA)				
	作業室	直上室	直下室	隣室	屋外
湿式工法	80.2	47.3	44.9	43.4	80.8
乾式工法	86.0	51.6	46.7	48.1	81.8

：測定箇所はコンプレッサー周辺

表 14 施工時における粉じん量

工法	粉じん量(mg/m ³)		
	作業室（養生内）	作業室（養生外）	作業室外
湿式工法	9.627	-	0.144
乾式工法	8.178	0.447	0.108

のための工法として適用した。この工事では、湿式工法、乾式工法の両者を適用し、大幅な工期の短縮が可能となった。

おわりに

本稿では、集合住宅の長期耐用化に関する最近 5 年間の建築研究所における研究課題とその成果の概要について紹介した。冒頭にも述べたように、集合住宅は、社会資産として長期に渡って安全に快適に使われ続けることが求められる。このためには、新築時に適切な対応を行っておくこと（設計技術）、既存の建物を長寿命化すること（診断・改修技術）のどちらも欠かすことが出来ない。

これまでの研究の成果もあり、新築の集合住宅については、SI の概念が市場にも浸透し、長期耐用性を持つ住宅の供給が進みつつある状況にあると言える。今後は、これらの流れをより促進するための枠組みの整備なども必要であろう。

既存の集合住宅についても、診断の重要性や、適切な補修・改修、維持管理を行うことが重要であることは、おおそ認識されていると言える。しかしながら、既往の法制度や不動産評価、融資制度などの制度的な枠組みが、必ずしも既存住宅の実状に即した体系とはなっていない側面もある。

このようなことから、建築研究所においては、平成 18 年度以降、集合住宅も含めた既存建築ストックの再生・活用に関する研究を実施する予定である。この研究では、今後のストック化社会において直面するであろう様々な問題（既往の建築関連基準、金融の仕組みなどに起因する再生、改修の選択肢の限定、経年による中性化によって躯体コンクリートが鉄筋の保護効果を失ったストックなど）を抱えたストックに対しても対応が容易となる手法、制度的な仕組みを整えるための検討を予定している。また、改修や補強などのハード的な技術についても、新たに提案する枠組みの中で、より有効に活用するための検討を行うことを予定している。

参考文献

- 1) 小松幸夫,加藤裕久,吉田卓郎,野城智也:わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査 1987 年固定資産台帳に基づく推計,日本建築学会計画系論文報告集, No.439, pp.101-110, 1992.9
- 2) 国土交通省「これからはスケルトン住宅」, 2003.1
- 3) 小林秀樹, 藤本秀一, 他「スケルトン状態を有する分譲共同住宅の不動産登記の検討」, 都市住宅学42号, pp.98-109, 2003.7
- 4) 藤本秀一, 小林秀樹, 他「長期賃借権によるスケルトン賃貸の仕組み」, 都市住宅学43号, pp.72-77, 2003.11
- 5) 藤本秀一, 小林秀樹, 他「民間事業者による S I 住宅供給の実態 民間分譲集合住宅における二段階供給方式に関する研究 その3」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1, pp.741-742, 2003.9
- 6) 独立行政法人建築研究所: 既存マンション躯体の劣化度調査・診断技術マニュアル, 2002.3
- 7) 独立行政法人建築研究所: ストック志向型改修指針(案)・同解説, 2002.3
- 8) 濱崎仁: 吹付け工法による補修技術の建築分野への適用, コンクリート工学, pp.96-99, 2006.1
- 9) 濱崎仁, 大和田文雄, 伊藤弘, 鹿毛忠継, 長谷川拓哉, 中島史郎: 吹付けコンクリートによる鉄筋コンクリート躯体の改善改修技術に関する研究 その1・その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.117-120, 2005.9