

機関番号：32678

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560592

研究課題名 (和文) インフィル指向型スケルトンによる長寿命建築システムの開発研究

研究課題名 (英文) Development of Long-life Building System by Infill-oriented Skeleton

研究代表者

小見 康夫 (OMI YASUO)

東京都市大学・工学部・准教授

研究者番号：70409374

研究成果の概要 (和文)：建築の社会的寿命を延ばすためには、ストック及びフローのいずれにおいても SI (スケルトン・インフィル) のコンセプトを普及させていく必要があるとの観点から、本研究では、①「わが国の集合住宅における SI コンセプトの現状分析」②「海外における SI の実態把握」を行った上で、③「既存集合住宅のリノベーションにおけるスケルトンの制約及び既製インフィルの適用可能性の分析」並びに④「可変性を担保する戸建住宅のインフィル・システムの分析」を行い、スケルトンに制約を極力受けない汎用インフィル・システムとして⑤「自由連結型可動家具による空間改変手法の開発」を行った。続いて、特定のインフィルに拠ることなく従来よりも多様な内部空間構成を可能にするスケルトンとして、⑥「立体的住戸プランをもつ集合住宅の分析」を行い、最後に、立体的住戸プランを実現する汎用スケルトン・システムとして⑦「2+1.5 層スケルトンによる集合住宅モデルの設計提案」を行った。

研究成果の概要 (英文)：To extend social longevity of buildings, it is necessary to spread the “SI(Skeleton-Infill) /Open Building concept” all over existed and new buildings. This study achieved the following matters,

1. Analysis of the present state of “SI concept” in the field of housing complex in Japan.
2. Survey of the present state of “Open Building concept” in foreign countries.
3. Analysis on restriction of Skeleton and adaptability of ready-made Infill in case of renovation of existed housing complex.
4. Survey of Infill systems which enable changeability of detached house.
5. Development of space modification method by variably connectable/movable partition furniture.
6. Analysis on housing complex with three-dimensionally mixed unit plan.
7. Proposal of a housing complex model by 2+1.5 storey’s Skeleton module system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 都市計画・建築計画

キーワード：スケルトン・インフィル オープン・ビルディング 長寿命建築

1. 研究開始当初の背景

建築の長寿命化による国民資産の保全是、少子高齢化が進む日本が今後も持続的に発展する上で不可欠な課題である。ストック建築の有効活用や今後の新築建物の長寿命化を図るため、それらの社会的寿命すなわち建物の利用価値の存続期間を延長することが大きな課題となっている。

2. 研究の目的

長期にわたって建物の利用価値を存続するには、利用形態の時間変化に柔軟に対応できる仕組みを導入する必要がある。ここでは、建物のS・I（スケルトン・インフィル）が、互いに拘束し合うトータルシステムとして同一主体により構築されるのではなく、それぞれが別々の主体により生産・供給・維持管理・更新される緩やかな関係において、建物の価値を繰り返し再生可能する手法を提示することを目的とする。

具体的には、一方でスケルトンの制約を極力受けたくないインフィル・システム、他方で自由なインフィルを挿入しつつ多様な空間を可能にするスケルトン・システムをそれぞれ実践可能なかたちで提示する。

3. 研究の方法

(1)SI コンセプトの現状把握のための国内外の事例調査・分析

①わが国の集合住宅においてSIをコンセプトが現在どのような内容で用いられているかについて、事例を元にした文献調査から現状分析を行った。

②海外におけるSIの状況を把握するため、伝統的に集合住宅においてスケルトン(躯体)とインフィル(内装・設備)の供給が別の主体によって行われている中国において実態調査を行った。また、SI/オープン・ビルディング発祥の地であるオランダにおける初期のSI集合住宅が現在どのように使われているか等について調査を行った。

(2)既存住宅の更新におけるスケルトンの問題点とインフィルの可能性

③日本の既存集合住宅のリノベーションにおいてスケルトンがどのような制約要因となっているか、また、既製インフィルを適用する際に何が問題となるかについての事例調査・分析を行った。

④集合住宅よりも自由なインフィルを実現し易い戸建住宅において、可変性を担保した仕組みがどのように実現されているかについて事例調査・分析を行った。

⑤スケルトンの制約を極力受けたくない汎用インフィル・システムとして「自由連結型可動家具による空間改変手法の開発」に関する提案・考察を行った。

(3)立体的住戸プランを実現するスケルトンの分析と設計提案

⑥特定のインフィルに拠ることなく、多様な内部空間構成を可能にする「立体的住戸プランをもつ集合住宅」の事例を収集し、その調査・分析を行った。

⑦立体的住戸プランを実現する新しい汎用スケルトン・システムとして「2+1.5層スケルトン」を提案し、集合住宅モデルの試設計を行った。

4. 研究成果

(1)SI コンセプトの現状把握のための国内外の事例調査・分析

①わが国の集合住宅におけるSIコンセプトの現状分析

1960年～2008年に出版された一般情報誌、建築系雑誌、書籍に掲載された国内集合住宅事例の中から「SI」のキーワードに該当したもの(1980年代以前の事例については、1990年以降の専門書籍に「SI事例」として採り上げられたもの)を126件抽出し、「一般事例(一般誌等に掲載)」と「先進事例(専門誌等に掲載)」別に、SI項目別の適用率を分析すると(図1)、いくつかの項目で両者に顕著な差が認められた。一般事例では、「可変性」に関わる項目が極端に低く、「高耐久」などの項目が高いことから、SI住宅においても物理的な耐久性に偏り、社会的耐久性にとって重要な可変性の実現・普及が不十分であることが明らかになった。

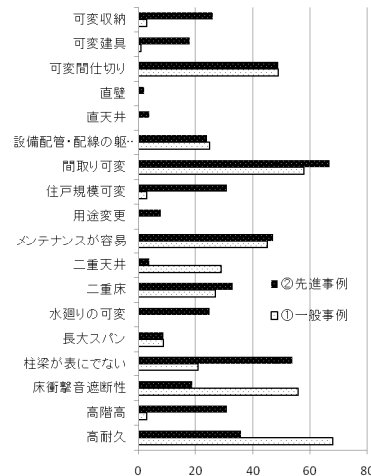


図1 SI項目別適用率

②海外におけるSIの実態把握

●中国における躯体・内装分離供給方式

社会主義体制下の中国で勤労者には給与住宅が唯一の形態であったが、開放政策で(建物部分の)所有が可能になると、躯体部分のみの状態で購入し、内装は居住者が購買力に応じて自分で調達する方式が一般化した。躯体の工事業者は内装工事を行わず、内装資材は「建材市場」と呼ばれる一般市場で

売買され、その工事は以下の方法がとられる。

- ・ 専門の内装工業者に依頼
- ・ 内装職人（出稼ぎ労働者が多い）を雇う
- ・ DIY

加えて最近では、建材市場が内装工事を行う販店機能を有しつつある実態も明らかになった。このような多様でオープンなインフィル市場は住宅の更新を活性化する可能性を有する一方、以下の問題点も指摘できる。

- ・ 集合住宅の躯体は壁式で間仕切壁も躯体の一部である上、設備配管の変更等もほとんど考慮されていないなど、スケルトン側に大きな問題がある（従って、SI コンセプトに依っているとはいえない）。
- ・ 未熟な施工業者も多いことなどから、内装の工事品質が担保されにくく、エンドユーザーの不満が大きい。
- ・ 集合住宅の新築後も常時どこかの住戸で内装工事が行われることが常態化し、騒音等によるトラブルが少なくない。

これらのことから、特に都市部の富裕層を対象とした物件では、躯体だけでなく内装も仕上げられた内装付き住戸（「全裝修住宅」と呼ばれる）が増加しつつある。ただし躯体工事と内装工事は別々の請負業者に対するデベロッパーの分離発注方式がとられる。

これらの動向とは別に、中国でも SI 住宅（オープンビルディング）が 1980 年代に紹介され、建築家・研究者などにより試作棟が建設された。将来ハウジングがフローからストックへと重心を移すようになれば、この国においても SI 住宅の重要性が広く認識されると予測されるが、躯体・内装の分離発注方式との親和性は高いため、SI 住宅がグローバル・スタンダードになることも考えられる。

● オランダにおけるオープン・ビルディング

SI コンセプトの元になったオランダのオープン・ビルディング方式の初期の例である Keyenburg の公共集合住宅 (Frans van der werf 設計:1984 年竣工) の調査を行った。築後 30 年を過ぎ、老朽化・荒廃のため取り壊しが検討されたが、養護施設にコンバージョンして使用されていた。インフィルの大部分は更新されていたものの、(ハブラーケン開発による SAR 方式で設計された) スケルトンが建物の社会的寿命を延長した好例である。

コーポラティブ住宅である Gespleten Hendrik Noord (J. de Jager, W. van Seumeren, E v. d. Werf. 設計:1996 年竣工) の調査では、メゾネット住戸のスケルトンを用いることにより、フラット住戸にはない縦方向の空間を利用した多様な空間が実現されていた。間仕切りの移設等による可変性とは異なるアプローチとして、今後の SI 住宅にも導入すべき設計手法と考えられる。

(2) 既存住宅の更新におけるスケルトンの問題点とインフィルの可能性

③ 既存集合住宅のリノベーションにおけるスケルトンの制約及び既製インフィルの適用可能性の分析

既存集合住宅の全面改修事例 87 件を対象に、改修前後における「PS から水回りまでの距離」「間仕切り・建具の変化の割合とスケルトンの(拘束的)要素」について分析した。PS～水回りの距離については、台所で増加の割合が突出するのに対して、便所や浴室では変化しない割合が多い(図 2)。また、スケルトンの拘束的要素である「PS」「開口部」「構造躯体(柱形等)」と間仕切り・建具の変化の割合(改修前後における不動部分の割合の補数)について調べると(図 3)、全般的に PS の関与する割合が高く、開口部の関与が相対的に低いことが判明した。これらから、台所を除く水回りについては、PS 近くに集約可能なスケルトンの設計手法が合理的と判断できる。

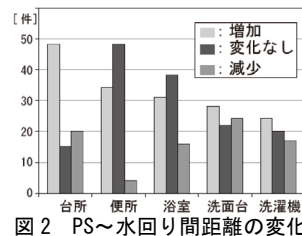


図 2 PS～水回り間距離の変化

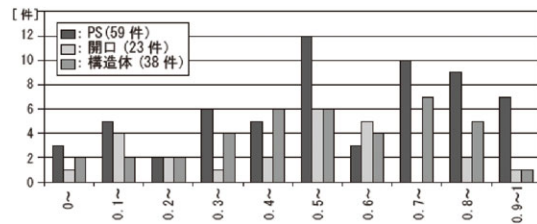


図 3 スケルトンの要素別・間仕切り/建具変化率

一方、スケルトンの個体差に依存しないインフィルの条件を明らかにするため、賃貸集合住宅の実物件をもとに、既製の内装建材を用いた改修シミュレーションを行い、求められる施工条件と課題について整理した(表 1)。

表 1 スケルトンに依存しないインフィルの施工条件

要素	条件設定の目的	条件の対象			条件
		オープンインフィル	インフィル	スケルトン	
作業レベル	製品取り付けの容易さ	○			居住者のDIYが可能等、改修を促すために製品の取り付け方法は作業レベルが低い必要がある
	道連れ工事の回避	○	○		工事の際に、道連れ工事が発生しないよう、取り付け方法は作業レベルが低い必要がある
	躯体影響の回避	○		○	賃貸住宅退去時に原状回復が発生しないよう、取り付け方法は作業レベルが低く躯体への影響がない必要がある
複数パーツ	サイズ調節の容易さ	○		○	規定サイズのパーツの連結や組み立てで取り付け部分の形状に対応できるように製品が複数パーツに分かれている必要がある
	製品取り付けの容易さ	○	○		既存内装との取り付け部分の取り付けが容易であるような製品が複数パーツに分かれている必要がある
誘発される改修の規模	改修の作業レベルを低く抑える		○	○	工事全体の施工難易度が上がらないよう、誘発される改修の作業レベルを製品と同じかそれ以下に抑える必要がある
	改修の数を減らす	○	○		異なる箇所の内装製品取り付けの際にそれぞれ改修が誘発される場合、その改修が同じ内容であり改修全体の数を減らせるような製品取り付けの組み合わせを選択する必要がある

④ 可変性を担保する戸建住宅のインフィル・システムの分析

戸建住宅は集合住宅に比べてスケルトン

の制約が小さいため、可変性を担保したインフィルの設計が比較的容易に実現できる。そこで過去 30 年間の文献（建築系雑誌）に登場した可変インフィルを抽出・分析し、設計手法として類型化した（図 4）。

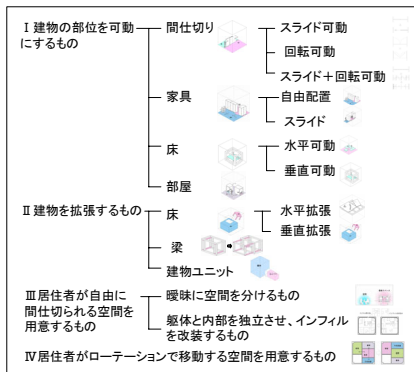


図 4 可変インフィルの設計手法の類型化

⑤ 自由連結型可動家具による空間改変手法の開発

スケルトンの制約を極力受けない汎用インフィル・システムの一つとして、自立・移動可能な家具の自由連続配置による空間分割手法の提案・理論的考察を行った。まず、端部を円弧形状とする家具を接しつづ連続すれば、自由な配置形状が得られることを、ボールチェーンのアナロジーにより示した（図 5）。

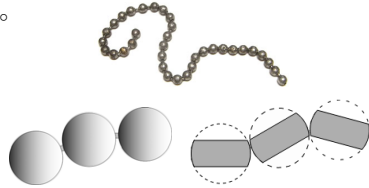


図 5 ボールチェーン型連結による自由配置

2つの家具の相対的位置関係は、中心軸同士によりつくられる接続角度（ $\angle a$ ）と、中心点間をつなぐ線分と中心軸によるねじれ角度（ $\angle b$ ）により表現でき（図 6）、両者の組み合わせ・連続で様々な配置が可能であることを示した（図 7）。

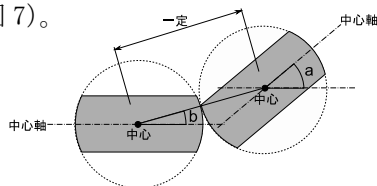


図 6 2つの可動家具の相対的な位置関係

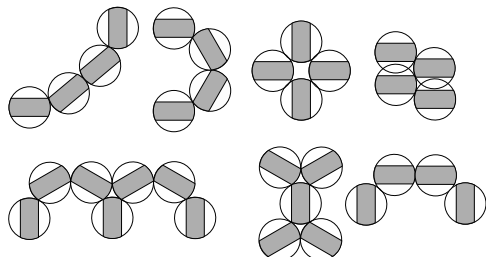


図 7 連続配置による空間分割パターンの例

(3) 立体的住戸プランを実現するスケルトンの分析と設計提案

⑥ 立体的住戸プランをもつ集合住宅の分析スケルトンの制約の大きい SI 集合住宅にとって住戸の多様性・可変性をインフィルのみで担保するには限界がある。海外調査からも判明した通り、住戸内を立体的に構成するスケルトンの設計手法を導入することは今後の SI 住宅の普及拡大に重要な認識から、立体的住戸プランをもつ集合住宅の事例分析を行った。具体的には、異なる形態のメゾネット住戸（2 層・3 層）を立体的に組み合わせた複雑な住戸構成をもつ集合住宅事例を抽出し（図 8）、スケルトンの設計手法とそれらの特性・課題等を分析した。

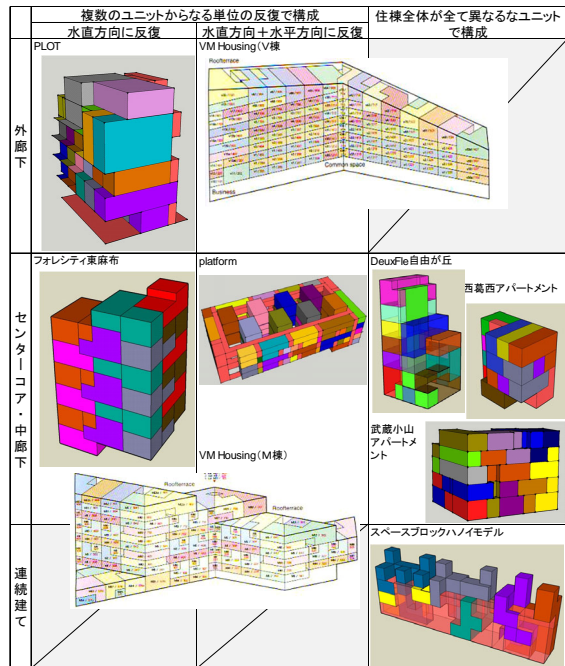


図 8 立体的住戸プランをもつ集合住宅の設計手法

これより、特定のインフィルに拠ることなく従来よりも多様な内部空間を可能にする集合住宅の新しいスケルトン設計手法として以下の 3 点を抽出した。

- ・メゾネットや高階高住戸により、立体的で多様な空間を構成
- ・水回りゾーン（変化が少ない部分）と居室ゾーン（大きな変化が見込まれる部分）の分離
- ・従来よりも多くの外部開口の実現（外部開口部が少ないと採光・通風確保のために内部の自由度が低くなる）

⑦ 2+1.5 層スケルトンによる集合住宅モデルの設計提案

⑥ で示した条件を満足する手法の一つとして、「2+1.5 層スケルトン」を導入した。その特長は以下の通りである。

- ・3 層分の階高をもつスケルトンの一部を 3

層(1層×3)、残りを2層(1.5層×2)とし、これら全体を上下2つの住戸で分割する。各住戸は(1層×2)の部分と(1.5層×1)の部分からなる。これを「2+1.5層スケルトン」と呼ぶことにする(図9)。

- 3層のうち中間階をこれら2つの住戸へのアクセス階とすると、1層と3層はアクセスのための廊下が不要になり、自由度の高い開口部を確保することが可能になる。
- 通常階高部分(1層)には変化が少ない水回り(PS含む)や個室などを配し、高階高部分(1.5層)には居間や台所など変化の大きな室を配することで、空間利用効率を高めるとともに、無理の少ない改修設計が可能になる。
- この「2+1.5層スケルトン」を上下左右に連続することで、小規模から大規模まで様々な住棟構成が可能になる。

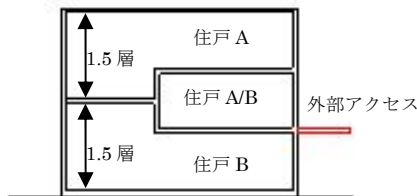


図9 「2+1.5層スケルトン」のイメージ

また、これらの手法を実践可能な形で示すため、「2+1.5層スケルトン」を用いた集合住宅のモデル設計を行い、設計資料としてとりまとめた(図10~12)。その主な特長は以下の通りである。

- 立体的空間構成により特定のインフィルに依らずに内部の自由度・可変性を確保
- 「重層長屋形式」により自由度の高い外部開口をより多く確保
- 3層に1層の外部アクセス階で複数の住棟をフライングコリドールでつなぎ、立体的・重層的な外部空間を実現

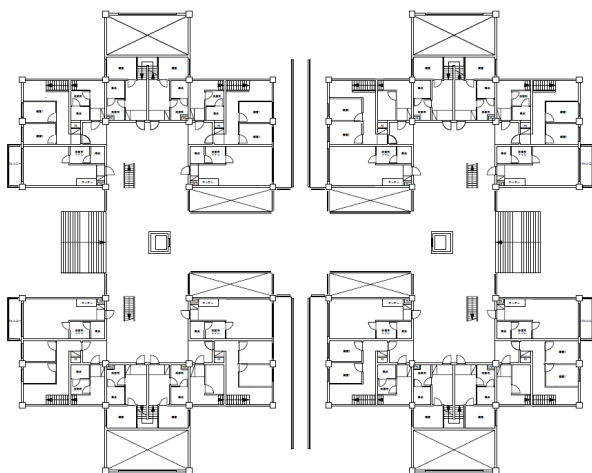


図10 モデル設計・基準階

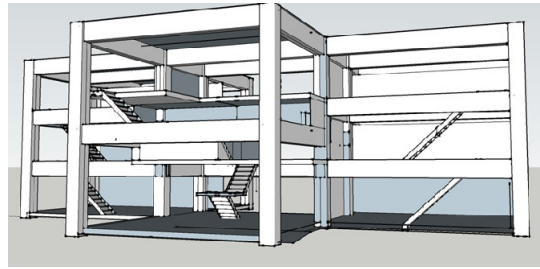


図11 2+1.5層スケルトンの概要

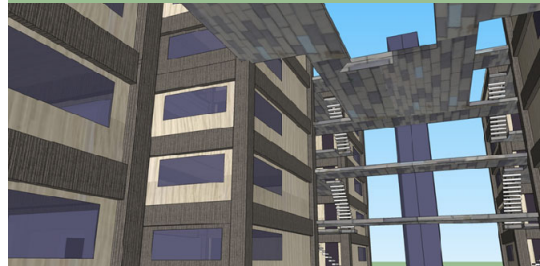
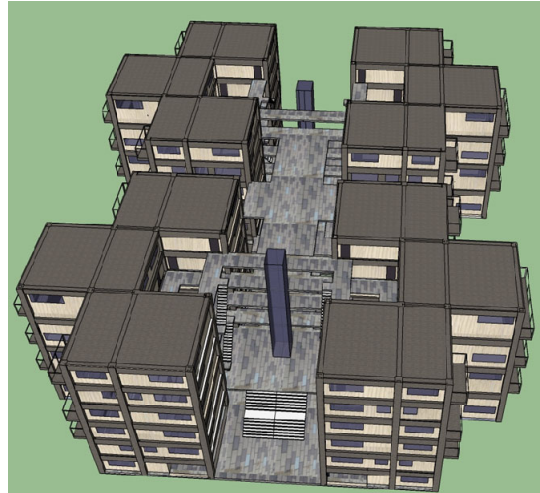


図12 住棟・外部空間の概要

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

①小見康夫、自由連結型可動家具による空間
 改変手法の研究、日本建築学会技術報告集、
 査読あり、No. 17、pp365-368、2011年2月

②高間英里・村上心、集合住宅計画における
 「SI」の適用手法、日本建築学会学術講演梗概
 集、査読なし、E-1、pp1159-1160、2010年
 7月20日

③雙田寛平・角田誠・後藤翼、スケルトンに
 依存しない内装製品の施工条件に関する調
 査研究、日本建築学会学術講演梗概集、査読
 なし、E-1、pp 1181-1182、2009年7月20日

〔学会発表〕(計1件)

①高間英里・村上心・川野紀江、集合住宅事
 例に基づくスケルトン/インフィルの適用手
 法、日本建築学会第5回住宅系研究報告会、
 2010年12月17日、建築会館(東京)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小見 康夫 (OMI YASUO)
東京都市大学、工学部、准教授
研究者番号：70409374

(2) 研究分担者

角田 誠 (TSUNODA MAKOTO)
首都大学東京、都市環境科学研究科、教授
研究者番号：10180035

村上 心 (MURAKAMI SHIN)
椙山女学園大学、生活科学部、教授
研究者番号：10247603