

工業化住宅の構法についての研究

-Albert Farwell Bemis “The Evolving House III Rational Design” 巻末付録を通して-

玉垣 俊 (足立 裕司)

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

工業化住宅は発生から現在に至るまで住宅における技術的発展の中心的な位置にあった。国際的に見ても第2次世界大戦前後の応急住宅や、復興期の住宅需要の急増以降、各国で強く要求されるよう¹⁾になった。戦後は、1960年代を中心に研究開発され、その関心は現在でも薄れていない。

この一連の研究開発は量産のシステムの開発としてモジュラーコーディネーション（以下、MCと略す）を中心に行われており²⁾、その成果は欧米において発展した構法に適用されている。しかしながら、その構法についての起源や歴史については概説的なものや事例の紹介にとどまるものがほとんどであり、空間的な評価がなされていないのが現状である。

本研究では、工業化住宅の空間的・構法的な評価軸を得るため、現在の工業化住宅成立以前の空間と構法との関係を着眼し、どのような技術と空間構成の素地の上に成り立っているかを明らかにする。これによって現在の工業化住宅の成立の原点を捉え、その視座を得ることを主たる目的としている。

1.2 関連研究

先に述べたように、工業化住宅については開発期における多くの研究があり、特にMCや生産システムの研究が中心的である。この変遷については『モジュール割りと建築生産の工業化』³⁾において網羅的に述べられているが、これはMCを中心とした技術開発と普及を目的として編纂したものである。また、空間・構法を扱ったものについては、海外の事例を紹介したもの⁴⁾や、工業化住宅として成立した以後の研究が中心である。

現在の日本を含めた世界各国のMCは、戦後の国際組織であるEPAとISOにより基礎を統一されている⁵⁾。この国際組織が基礎を統一する際に参照した

のが、Albert Farwell Bemisによる「立体基準格子」理論であった。この詳細については先述の通り、多くの研究や概説がなされている⁶⁾ため、本研究では深くは扱わないが、この理論以前の構法への理解が、必要であると考えた。

1.3 研究の対象

本研究では、「立体基準格子」理論を発表した書籍である、アメリカの技師 Albert Farwell Bemis による著書 “The Evolving House III Rational Design”（以下 “Rational Design”）⁷⁾を研究の対象とする。前述の通り、「立体基準格子」は現在のMCの基礎にもなっていることから、この著書は工業化住宅において重要な位置を占めるが、ここで着眼するのは同書の巻末に「付録」として添付されている、1936年当時における先端の構法システム100事例である。

この事例集は①初め体系的な資料であること、②形態の種類の多さを意識していること、③データ収集に商業性を持たせず一般化していること、の3点が特徴として挙げられ、“Rational Design” 発刊当時の工業化住宅の構法を十分に包括していると考えられる。また、“Rational Design” 自体が初のMC理論書であったため、これらの事例はMC理論が影響する以前のものであることも理解される。以上から、本論文では“Rational Design”の事例集（以下事例集）を資料として分析を行う。

2. 事例分析の視点と手法

2.1 視点

本章では事例集の構法的・空間的な分析のために、必要な視点について検討した。プレハブ住宅の起源について書かれた書籍等⁸⁾の史実から、住宅のみならず建築の工業化・規格化において重要な視点として、「素材」「構成材⁹⁾」の構成要素¹⁰⁾「化」「構造形式」「接合部」が重要であることが得られた。

2.2 事例の整理

前節で得られた視点から事例集を整理した。事例の整理にあたり、住宅の部分を「基礎、最下層水平材（下梁、スラブ面）、垂直材、水平材（上梁、スラブ面）、屋根」に分類し、事例の構成要素をプロットした分析図を作成した。このプロットには、事例集を基にして構成要素と副次的要素を抽出したものも含んだ（図1）。構成要素の分類は田口らの研究¹⁾でも行われているが、相互の構成には触れられず、空間的な考察を行うことはできない。

また、分析図に加え、「構法名称」「成立年代」「開発国名」「主要素材」を記載し、基礎的資料とした。

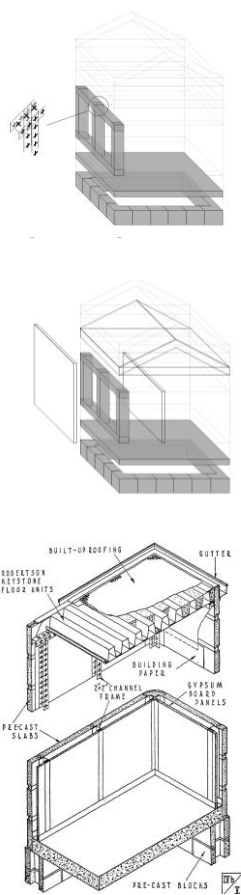


図 1: “E” Frame の分析図

3. 構造形式による分析

3.1 分析の手法

前章で作成した基礎的資料から構造形式を分類した結果、軸組系（柱梁に耐力を持つもの）と組積系（壁面に耐力を持つもの）に大別できた。またこれを素材別に分類して分析の基礎とした。（表1）

表 1: 構造形式の分類 筆者作成

構造形式名		鉄系	木質系	コンクリート系	その他
軸組系	柱梁構造（フレーム構造）	29	7	12	0
	吊り構造	3	0	0	0
組積系	パネル構造	10	9	13	1
	ブロック積造	0	1	11	0
	壁構造	0	0	16	0

また構造形式の空間構成への影響について基礎的資料を検討した結果、垂直材と水平材の構成に特徴が見られた。そこで、軸組系、組積系のそれぞれに見られた垂直材と水平材の関係を中心に分析を行った。（図2,3）

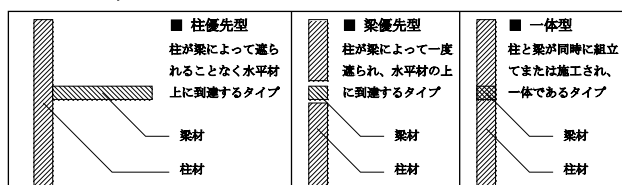


図 2: 軸組系、柱と梁の優先度によって分類している。

3.2 軸組系の傾向

軸組系には、素材毎に特徴的な結果が見られた。

■ 鉄系素材

柱優先型 14 事例と梁優先型 18 事例が確認されたが、柱優先型の中に特徴的な構造要素の構成方法が複数確認された。梁優先型は対照的に特徴的なものは 1 種類しか確認されなかった。特徴的な事例は次に示す通りである。

【柱優先型】：吊り構造、面外柱、面外梁、複合構造（コンクリート被覆）、複合構造（パネル）

【梁優先型】：隅柱無し

■ 木質系素材

柱優先型 1 事例と梁優先型 6 事例が確認されたが、柱優先型のものはセメントの壁構造との混構造であり、実質的に木質系は梁優先型の構法である。

木質系で特徴的なのは在来方法の改良や 2×x 材¹²⁾の利用など市場で一般的な材の利用が中心である。

■ コンクリート系素材

柱優先型 4 事例と一体型 8 事例が確認されたが、柱優先型のもののうち 2 事例は木質系との混構造であった。軸組系の中で一体型を確認できるのはコンクリート系素材のみでコンクリート系の特徴である。中でも特徴的な事例は次に示す通りである。

【一体型】型枠残し、水平面複合構造、柱壁複合構造

以上の素材毎の分析から、それぞれの構造形式毎で特徴的であった点は次の通りである。

■ 柱優先型

このタイプで特徴的であったのは鉄系における構成方法の多様性である。5 種類の構成方法の内 3 種類が純粋に軸組系であり、その共通点は特定の部材が構成要素分析図の垂直材の位置から離れている点であった（図4）。

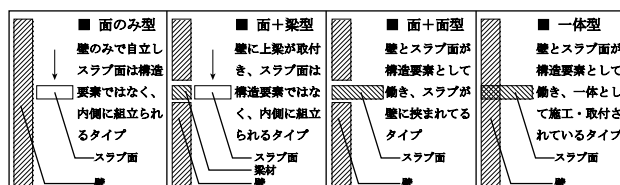


図 3: 組積系、壁とスラブ面の関係性と構造的性質によって分類。

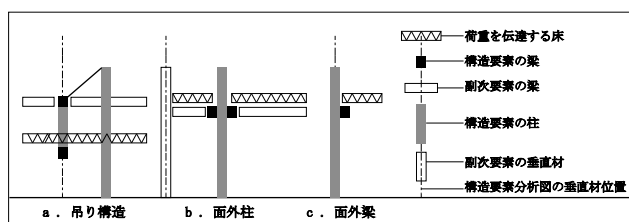


図4：柱優先型の3種類の特徴的な構成方法

このタイプにおける特徴は垂直材位置の力の流れであり、どの場合でも柱が荷重をすべて負担している。これは現代のカーテンウォールの基礎であると考えられる。

■ 梁優先型

このタイプは鉄系の半数と、木質系のほぼ全てに見られた。木質系は、柱を梁（下梁を含むケースもある）で結束して階高分の高さを持つ面を形成するような構成であった。鉄系についても同様の傾向を示し、特徴的であったのは梁の形状がそのまま垂直材位置の壁面の形状となっている点であった。

■ 一体型

一体型はコンクリートのみに見られた傾向であったが、型枠残し等の構法上の工夫点や、スラブ面や壁面との一体化による手順数を極端に少なくした例は特徴的であった。

3.3 組積系の傾向

組積系は対照的に空間構成はほぼ近いものであった。しかしながら、水平材と垂直材の構成については、その部材の断面性状に構成方法との関連性が確認された。

■ 鉄系素材

面独立7事例、面+梁2事例、面+面1事例が確認された。鉄系素材で特徴的なのは面独立型で、波形鉄板の使用である。部材の単位としては小さいが、構成要素を容易に製作できる点は重要である。他の事例についても端部の折板が用いられており、鉄系素材における技術的な基礎となっている（図5）。

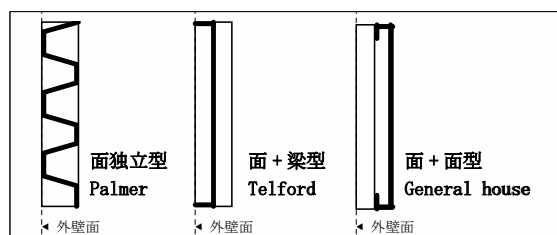


図5：鉄系素材に関する事例

■ 木質系素材

面独立3事例、面+梁4事例、面+面2事例が確認された。木質系ではこの3種類の間で断面性状に明確な差があった。面独立型は、内部に充填ないし筋交い等の構造補強が見られる。面+梁型は、面にフレームが付属し補強されている。面+面型は、面材の厚さが薄く補強の無い例も見られる（図6）。

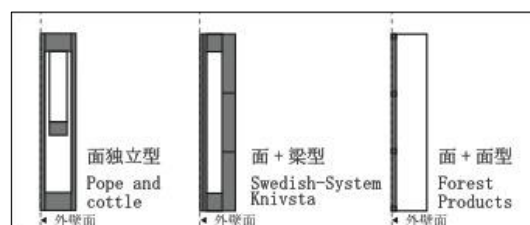


図6：木質系素材に関する事例

■ コンクリート系素材

コンクリートは事例数が多いため、結果について壁構造とパネル・ブロック構造を別に記載する。

【壁構造】面のみ5事例、面+梁2事例、一体型4事例が確認された。

【パネル・ブロック構造】面のみ5事例、面+梁5事例、一体型3事例が確認された。

壁構造は基本的にコンクリートの充填であり、ほぼ類似していたが、パネル・ブロック構造は差が見られた。面独立型は断面形状が壁構造とほぼ同じである。面+梁は面独立の場合に比べ、壁内の充填量が明確に減少している。面+面は他の場合に比べ、部材が明確に大型化している。また充填量も減少し、軸組系に近い形状になっている事例も見られた（図7）

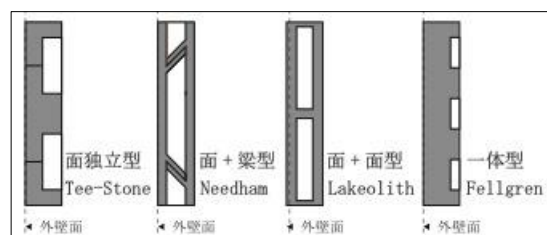


図7：コンクリート系パネル・ブロックに関する事例

4. 接合部による分析

4.1 分析の手法

接合部は建物の、構造要素同士の荷重を伝達する箇所に発生する。検討を行う中で接合部が部位によって集中していたり、分散しているケースが確認さ

れた。接合部が集中している構造要素は多くの荷重を伝達・支持していることであり、構成要素の中でも特に重要な構造要素であることに注目した。

この接合部の集中度合いを評価することで、それぞれの素材における構成要素間の重要さの比重を検討する。分析には基礎的資料に接合部を加筆したものをを用いて、各事例で接合部数の最も多い箇所を重要な構造要素として、その量的な面から検討を加え

構法名称	構成要素名称						
	基礎	最下層水平材 スラブ面	下梁	垂直材 柱	壁	水平材 上梁	屋根
Aluminaire	-	-	-	○	○	○	○
American ^① tohomes	○	○	○	○	○	○	○

図 8：接合部を抽出し、黒網かけとして基礎的資料に加筆した。

た(図 8)。

4.2 鉄系の傾向

鉄系は全体で 42 事例確認された。特徴として、特に柱において構造上の重点が置かれている点、壁への構造上の依存が少ない点、水平材への依存が極端に少ない点が確認された(図 9)。

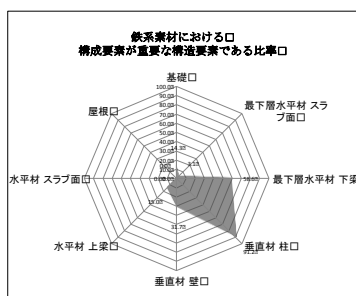


図 9：鉄系の傾向

4.3 木質系の傾向

木質系は全体で 16 事例確認された。特徴は下梁と垂直材の構造的な重要性が際立っている点に集約された(図 10)。

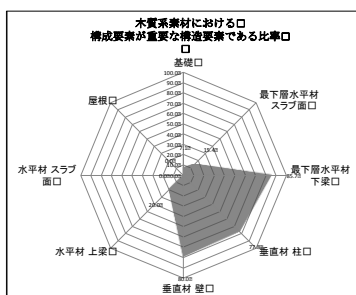


図 10：木質系の傾向

4.4 コンクリート系の傾向

コンクリート系素材は全体で 49 事例確認された。特に柱と壁などの垂直材において重要な構造要素を持つケースが多い点に加え、程度の

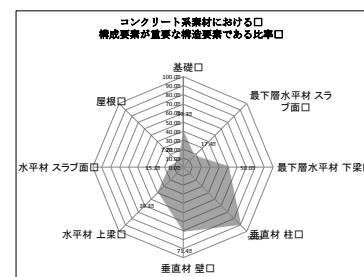


図 11：コンクリート系の傾向

多少はあるものの、基礎を始めとして全体的に重要な構造要素が分散していることに特徴がある(図 11)。

5. まとめ

事例集の多角的な分析を通して、MC 以前の構法に素材と構法と空間構成の豊かな関係性を確認できた。構造形式による分析では工業化や技術の発展による新素材の特性を力学的に生かすことで得られる空間が特徴的であった。また、接合部を通した分析では全体的な傾向を見たが、評価の難しいで素材と構造形式の評価の基準を示せた。

これらの分析の結果を基に、更に評価軸を増やしながら現代の工業化住宅を評価することで、工業化住宅の空間に新たな可能性を見いだせるのではないだろうか。

- 1) Ryan E. Smith, PREFAB ARCHITECTURE A GUIDE TO MODULAR DESIGN AND CONSTRUCTION, John Wiley & Sons Inc. (2010) pp12-13 参照
- 2) 日本では池辺揚, 内田洋哉らに代表される。
- 3) 日本建築学会, モジュール割りと建築生産の工業化, 日本建築学会 東京 (1964)
- 4) 前掲書 1 pp8-17 などに代表される。
- 5) 前掲書 3 pp4-5
- 6) 池田武邦, 欧米におけるモジュラー・コーディネーション(メートル法と建築モジュール特集), 建築雑誌 73(863), pp27-30 (1958), 田辺員人, 他, モジュラー・コーディネーションによるアパートの標準設計の展開の方法:(その 1)モジュラー・コーディネーションの意味について, 日本建築学会論文報告集 (60-2), 229-232, (1958) 等に詳しい。
- 7) Albert Farwell Bemis, The Evolving House Volume III Rational Design, The Technology Press (1936)
- 8) 川添登, 黒川紀章著, プレハブ住宅, 東京中日新聞出版局 東京 (1964), 内田祥哉, プレファブ: 近代建築の主役, 講談社 東京 (1968), 川添登, 黒川紀章著, プレハブ住宅, 東京中日新聞出版局 東京 (1964), プレハブ建築協会, プレハブ建築協会 20 年史, プレハブ建築協会 (1983) ジークフリート・ギーディオン著, 太田實訳, 復刻版 新版 空間・時間・建築, 丸善 東京 (2009), 前掲書 1 を中心に参照している
- 9) 構成材は建築大辞典によると「現場搬入前に何らかの加工組立てが行われ、現場では加工しないで組立てられた建築部品の総称」とあり、これを定義とする。以降、特筆無き専門語については建築大辞典を基準とする。
- 10) 構成要素を「建築構成材を一つ以上組み合わせた、現場での組立の直前における住宅の最大の大きさの部品」と定義し、本研究では以降この定義で扱う。
- 11) 田口裕子, 片野博, 井上朝雄, 岡本温子, プレハブ住宅のデータベース構築: 欧米・日本のプレハブ住宅における社会的・技術的変遷 その 1, 日本建築学会九州支部研究報告 44, pp313-316 (2005)
- 12) 2×x 材とは、材の断面形状が短辺 2in, 長辺 4in, 6in, 8in, 12in 等の部材のこと。現在でもツーバイフォー構法に用いられている。