建築の工業化とプラスチックの応用

仁 平 久 信*・武 井 吉 一**

1. 建築の工業化について

1-1. 建築工業化の必要性

1-1-1. 建築生産事情の悪化

建築生産工業化は現時点において建築界での大きな課題の一つであろう。この問題についてはそれぞれの研究者により戦後絶えず主張され、いろいろ論議されているが、これが大きくクローズアップされてきた最大の要因として次のようなことが考えられる。すなわちわが国の経済成長が昭和30年以降特にめざましい伸展を示し、第1図に見られるごとく特に34年から36年にかけては高度成長がみられる。

このような背景のもとに建築工事は著しく増大し国

第1図 経済成長率（名目）（建設白書）

第2図 着工建築物床面積の推移（建築統計年報）

* Hisanobu NIHEI 鹿島建設株式会社技術研究所建築部次長

** Yoshikazu TAKEI 同所研究員

Application of Plastics in Building Industry

民総生産の中に占める建築投資率は昭和31年の7.4%から昭和36年の10.9%、昭和38年の10.4%と上昇し国民経済に大きな比重をもっている。着工建築物床面積も第2図のごとく対昭和31年比で32年107%、33年104%、34年124%、35年150%、36年および37年188%、38年212%と伸びを示し、その建築投資額においても昭和38年度中の見込み額は28628億円に達し、さらに39年度は32449億円の見通しである。このように建築投資の著しい増加は当然のことながら建築労働力の相対的な量の不足、質の低下をまねき、さらに建築資材特に天然資材の不足をきたした。この結果労務賃金の値上りと建築資材の高騰により建築工事費は著しい値上りを示すに至った。労働省の技能労働力需要調査によれば技能労働者の不足状況は第1表に示すごとくで、全産業においても技能労働者は不足状態にあり、昭和39年2月の調べで不足率22.4%である。なかでも建築関係技能労働者の不足は深刻なものがあり、34%と最も高い不足率を示している。このような不足状態は数年来続いており、今後もこの傾向は続くと思われる。この原因としていろいろ考えられるが、建築産業における労働条件が他の近代産業部門より劣っていること、技能者養成の期間が長くかかることなどが大きな理由であろう。

一方建築資材の値上りに関しては第3図に見られるように、資材を天然資材と工業生産品とに大別した場合、

第3図 建築用材料価格指数の推移（建設省広報室編：建設月報）（建設月報1963年1月、1965年3月号より昭和31年を100に換算）

第1表 建築技能労働者の不足状況

	昭和35年2月			昭和36年2月			昭和37年2月		
	労働者数 (A) (人)	不足数 (B) (人)	不足率 (B/A) (%)	労働者数 (A) (人)	不足数 (B) (人)	不足率 (B/A) (%)	労働者数 (A) (人)	不足数 (B) (人)	不足率 (B/A) (%)
全技能労働者	5,503,362	811,354	14.7	5,786,476	1,163,642	20.1	6,118,714	1,256,842	20.5
大工	66,336	11,102	16.7	60,972	27,294	44.8	55,478	26,550	47.9
左官	18,426	3,862	21.0	15,434	4,548	29.5	14,232	5,292	37.1
ブロック工	3,336	652	19.5	4,420	1,514	34.3	4,492	1,540	34.3
板金工	60,474	12,006	19.9	68,840	19,910	28.9	76,086	22,232	29.3
配管工	33,538	3,818	11.4	34,282	7,532	22.0	41,348	8,506	20.6
建具工	—	—	—	32,266	7,872	24.4	45,998	11,380	24.7
塗装工	70,670	11,770	16.7	71,998	16,076	22.3	77,424	18,492	23.9
建設機械工	25,792	5,166	20.0	28,288	6,992	24.5	31,964	10,402	32.5
	昭和38年2月			昭和39年2月					
	労働者数 (A) (人)	不足数 (B) (人)	不足率 (B/A) (%)	労働者数 (A) (人)	不足数 (B) (人)	不足率 (B/A) (%)			
	6,132,512	1,108,026	18.1	7,318,912	1,637,534	22.4			
	85,588	31,664	37.0	104,442	49,608	47.5			
	15,396	5,936	38.5	20,858	8,930	42.8			
	5,952	2,122	36.5	7,446	4,812	64.6			
	76,666	19,352	25.5	83,800	23,626	28.2			
	38,140	7,496	20.2	61,760	16,686	27.0			
	41,326	10,582	25.6	53,754	14,440	26.9			
	78,190	15,834	20.3	96,882	25,070	25.9			
	26,654	6,014	22.6	40,124	8,454	21.1			

技術労働力需給状況調査（労働省）

前者において代表的なものとして木材、砂利などを見ると資材の枯渇、労務費の値上りの影響を強く受けて値上りが著しい。後者における鋼材・セメント・ガラスなどでは大体横ばいかむしろ値下りすらみられる。このように生産態勢、流通機構の合理化されたものほど値上りの影響を受けていないことがわかる。この結果、建築工事費についてみれば住宅建築のように木材が主となるものほど、天然資材の値上りの影響を強く受けており第4図に示すごとく対昭和30年比で昭和39年1月の指数で木造で163、鉄筋コンクリート造で135という結果で同時期の日銀卸売物価指数の103.6と比較していかに建築費

第4図 建築費指数の推移 (建設工業経営研究会：標準建築費指数および地域差指数月報)

の値上りの割合が高かったかがわかる。特に昭和34年から36年にかけての値上りは顕著でこれは第1図の経済成長率の高かった時期とも一致している。

1-1-2. 今後の建築需要の増大

このような建築界のすう勢の中にあって、今後の建築の需要については過大な設備投資に対する引き締めはあるにしても依然増大するであろう。特に建築工事の約半分を占める住宅関係の不足状況は深刻で早急に解決されなければならない問題である。政府は昭和45年度までに1世帯1住宅の実現を目標に39年度以降7カ年間に780万戸の建設を計画しているが、この中で300万戸以上を政府施策住宅、残り480万戸を民間自力建設と見込んでいる。このように大きな建築量を消化し、かつ生活水準の向上に見合った内容のあるものをつくるためには従来の建築生産態勢ではカバーしきれないであろうし、建築生産の工業化を強力に推進しなくてはならない理由もここにあるわけである。

従来建築工事を合理化するための努力は種々なされてきている。それであるからこそ不足する労働力の中で多くの建築量をこなしてきたのである。すなわち建築工事における機械化施工、工業生産による新しい建築材料の進出、建築部品の充実、さらにプレハブ化への努力というように研究されて実施され、きた。建設工事施工統計

第5図 住宅建設戸数の推移（建設白書）

調査による建設業者の建設機械取得額の推移をみると、昭和32年を100とすれば33年の指数は110、34年168、35年229、36年337、37年435で約1500億円に達し建設機械の高い普及率を示し、生産性の向上とコストダウン、工期の短縮などに寄与していることを示している。また新材料の生産状況は第6図に見られるよう

第6図 新材料の生産量の増加
モジュール割りと建築生産の工業化（日本建築学会）

に生産量は飛躍的に増加しており建設工事の合理化に役立っている。

1-2. 建築工業化の方法

このように建築工事は在来工法のままでもかなり合理化されてきている。しかし前記のごとく予想されるぼう大な建築量、中でも住宅建設を工期上からも予算上からも計画的に進行させるために建築生産を工業化する要があり、これを強力に推進するには建築を在来の現場生産的なものから工場生産的なものへの移行が重要な点である。すなわち建築の各部位（床、壁、屋根、天井などを

いう）を構成材に分割し、それぞれを工場において量産し、運搬し、それらを現場において組み立てるという考え方に立つものである。ここで工業化の程度によって2とおりのゆき方があると思われる。一つはコンクリート系のプレハブで代表されるもので建物全体を構成材を含めて工業生産する方法であり、他の一つは建物を各構成材に分解してその部位を工業生産してこれを組み合わせて建物を構成する方法であると考えられる。政府施策の公共住宅のプレハブはおおむね前者の範ちゅうに入ると思われるがその建設状況は第2表に示すごとく徐々

第2表 公共住宅のプレハブ化実績（単位：戸）

	36年度 以前	37年度	38年度 (計画)	39年度 (予定)
公 営 住 宅 (平家2階建)	—	835	6,000	12,000
公 団 (2階建)	964	637	—	—
“ (中耐)	—	—	32	1,000
公 庫 (不燃組立)	—	500	1,500	4,600
計	964	1,972	7,532	17,600

建設白書

に増加しており、中でも中層耐火住宅については住宅公団量産試験場において意欲的な研究・試作が進められ実施に移されており、今後かなりの数が建設される模様である。しかし現在のところでは昭和38年の統計で第5図と比較しても全住宅建設戸数の1%に満たない数である。さらにわが国の建築市場が分散的であり、比較的小規模工事の多いことを考えた場合、後者の方式を採用することは大きな需要が期待できると思われる。もちろんこの方法では構成材相互の互換性とか、それらの自由な組み合わせを考えて、比較的少ない種類の構成材で多種多様な構成効果をねらうべきであろう。その他にも構成材の生産方法、輸送方法、ジョイントの処理など技術的な問題があるが、何といても重要なことは前にも記したごとくに互換性とか、自由な組合せという問題からくる構成材寸法の標準化、規格化ということであろう。ここにモジュール割り (MC) が推進されなければならない理由がある。ここでモジュール割りというのは単に構成材だけの問題ではなく、建築の設計から組み立て、仕上げに至るまですべてにわたって考慮されなければならないもので建築生産の工業化の基礎をなす重要なものである。これに関しては数年来、日本建築学会が中心となり関係各方面で研究、努力が重ねられてきている。JIS A 0004 の定義によれば「モジュール割りとは建築および構成材の寸法関係をモジュールによって調整することという。」とあり、さらに建築生産の合理化と建設費の引き下げを目的としている。モジュールは構成材の製造、

組み立てに材料のムダと調整作用が少なくすむような寸法規格を定めるための基本となるものであり、JIS A 0001 によって建築モジュールの数値は定められていて、この中で優先サイズを選定して構成材の寸法の種類を減らし設計・製造・現場調整の作業を単純化するように考えられているものである。

2. 建築の工業化のためのプラスチック構成材

2-1. プラスチック建材の工業化の見通し

建築の構成材は建築材料業界の各分野にわたって生産されている。おもなものはセメント二次製品分野、金属加工分野、木材加工分野、プラスチック工業分野などである。部位的な面から見れば構造的な骨組みからパネル(耐力、非耐力)、さらに部品といった方が良いかもしれないが、ユニット類に至るまで広範囲にわたって製造されている。また材質的には前にも記したごとくにセメント、金属、木質、プラスチック系のものがおもであろう。この中で前3者は在来からのものであるが、特に注目されるのがプラスチックである。産業革命以来、鉄・セメント・ガラスを中心として発達してきた建築にさらに新しくプラスチック建材が大きく進出してきている。昭和30年以降わが国のプラスチック工業が著しい伸展を示し、プラスチック材料の生産額は第3表に示すように年々

第3表 プラスチック生産量と伸び率

年	生産量 (トン)	前年比 (%)
昭和 36	692,756	124.3
" 37	825,610	119.2
" 38	1,065,609	129.1
" 39 (推定)	1,373,234	129.0

通産省化学工業統計月報、ただし昭和39年の10~12月は日本プラスチック工業連盟推定

増加の一途をたどり、昭和39年には年生産額は繊維用レジンを除いて137万トンに達し、前年に比し29%の増加を示した。この中で約20%が建築材料向といわれるから年間約25~30万トンになり、さらに建築への利用はいっそう高まると推測される。一口にプラスチックといってもいろいろな樹脂があり、それぞれ長所、短所を有しているからこれを建築に应用する場合には各樹脂のもつ物理的、化学的性質を十分はあくした上で使用部位に適したものを選び合理的設計をするとともに工法に工夫を必要とする。このことはすべてにいえることではあるがプラスチックにおいては特に熱による影響とか、たわみの問題、耐候性の問題などに注意を必要とする。

建材としてのプラスチックを使用部位によって分類すると構造材、屋根材、外壁材、天井材、床材および設備材などになるが、これら各部位への適用にあたっての各部位の性能および注意すべき点については他の執筆者がと

りあげているので本稿では省略することとする。建築材料の種類別ならびに建築部位別に建築工業化しやすいと考えられる建築構成材の見通しについてはさきに述べた「モジュール割りと建築工業の生産化」委員会によって第4表のような試案が示されている。この第4表によれば、単一材としてのプラスチックは外壁板、手すり、間仕切壁板、押入部品、浴槽、戸ダナ、流し、天井部材、および設備材料としてのアッセンブリ、ならびに機械器具などであるが、このうち、特に重要構成材としては外壁板、間仕切壁板、設備用のアッセンブリおよび機械器具がある。すなわち単一材については全体として工業化のややすんでいる程度であるが、他の建材と複合した複合板としては屋根板、床板、戸境壁板などが考えられる。

2-2. プレハブ住宅などとプラスチック

5~6年ぐらい前から質の良い住宅を比較的低廉にしても工期を早く、見本どおりに製作するという考え方で、いわゆるプレハブ住宅が十数社により製作され、年々その普及度が高まっている。これらのプレハブ住宅を分類するには一般にその骨組構造による場合が多く、軽量鉄骨系、コンクリート系、木質系、アルミニウム系およびプラスチック系とすることができる。このうち前3者は相当実績があるが、アルミニウムおよびプラスチック系はまだその実績が少ない。

プラスチックプレハブ住宅は構造形態の進歩や燃えにくく、耐候性のあるしかも構造材としての諸性能を満たし、また価格も比較的安いプラスチックの使用などの点でまた無機質系材料を充てん材とし、プラスチックをバインダーとして将来は当然実用化されるに至るであろう。

プラスチックプレハブ住宅の場合は、ボートや航空機製作の経験が貢献している。しかし新しい構造形態による特性および使用法についても正確な知識の積み重ねが必要であり、特に、継続して荷重をかけたときの変形、耐久性、光線を一様に受けた場合の材料の内部応力の変化などが問題である。構造形態はいろいろ考えられるが、いずれも剛性を高める形状となるであろう。わが国では某プラスチックメーカーの試作品で住宅のユニットとして曲面および平面パネルの結合による「キャビン」が誕生している。表裏層は厚み1.5mmのFRPで、心材はウレタンフォーム厚み2.5cmである。このキャビンを1ユニットとして目的に応じて数個結合して使用する。一般のプレハブ住宅にプラスチックの利用としては屋根兼天井、外壁の複合板の中心材料としてプラスチックフォーム(一般に価格性能の点からスチレンフォームが多い)を挿入する例が多く、室内の居住性の向上に役立っている。その他外壁板に塩ビ鋼板を用いたり、床材としてボード類の床下にスチレンスポンジを用いたりして

第4表 構成材と工業化の見通し

材 料 種 類		構 成 要 素															備 具 他	計	工 業 化 の 現 状			
		地 業	基 礎	骨 組	屋 床	根 外 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)	壁 内 (壁・開口)						
		杭	布 基 礎 ・ フ ー チ	柱 梁	屋 根	床 板	階 段 材	外 壁 板	手 製 建 具	木 製 建 具	戸 間 仕 切 壁 板	押 入 部 品	木 製 建 具	金 属 製 建 具	床 部 品 (た 他)	浴 槽 ・ 戸 棚 ・ 流 し	天 井 ・ 部 材	ガ 生 の 配 管	ア ッ セ ン ブ リ	機 械 ・ 器 具		
単一材を主とするもの	木 質 (含木毛, 木片, 繊維板)																10	b				
	セメント	普 通	コ ン	ク リ ー ト	○	○	○	○	○	○	×	○					○				9	c
		軽	コ ン	ク リ ー ト			○	○			×	○	○								6	c
		量	コ ン	ク リ ー ト			○	○			×	○	○								4	a
		ブ	コ ン	ク リ ー ト			○	×	×	○	○	×	○	○				○		○	7	a
複 合 材	セメント	せ っ こ	磁	う								○	○				○		○		4	a
		陶 鉄		器		○											○		○		3	a
		軽 金		鋼	○	○	○		○	○		○			○		○	○	○		14	a
		プ ラ ス チ ッ ク		属				○	○		○		○				○	○	○		8	b
																	○	○	○		9	b
複 合 材					○	○	○				○	○	○			○	○	○		○	10	c
判 定 基 準	量 的 要 素	1		3	2	3	1	3	1	3	2	3	1	3	3	2	2	2	2	3	3	
	機 能 的 要 素	1		3	3	3	2	3	1	3	3	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	
	経 済 的 要 素	1		3	2	3	2	3	1	1	3	2	3	2	2	2	2	1	1	2	3	2
	級 別	3		9	7	9	5	9	3	5	9	6	8	4	7	7	6	4	4	6	7	7
優 先 サ イ ズ 適 用 対 象					○			○				○										

- (注) 1. 判定基準級別欄の { ○ — 重要構成材と思われるもの
 ◎ — すでに工業化の進んでいるもの
 a — 工業化の進んでいるもの
 b — 工業化のやや進んでいるもの
 c — 工業化の進んでいないもの

建築雑誌「建築工業化の研究」波多野一郎より

いる例もある。雨がかりにプラスチック積層鋼板を用いるときは種々の問題があり、下地の金属板を亜鉛メッキにしたり、またはアルミニウム板などの耐食性のあるものを用いることがのぞましい。外国における学校の実例としては外壁パネルとして大きさ 2.6 m 角重量 120 kg のものを使用している。この複合パネルは表および裏材が厚み 1.59 m/m の FRP 心材が厚み 25 m/m のプラスチックフォームを用いている。

また採光用の複合板としては表面層が透明なアクリルガラス、中心材にプラスチックハニカムを使用している。また別の型式の複合板は表面層が FRP、中芯材は厚み 15 cm のプラスチックフォーム、内層としては目的に応じたプラスチック仕上材を用いている。

2-3. 複合板 (サンドイッチパネル)

建築材料に要求される性能はいろいろあるので、種類の建材でこの条件を満たすことは困難なため、一般に異種材料を複合したいわゆる複合材料を建築構成材として、耐久性、軽量性、加工性、強度性能、断熱遮音性能

をもたせることが考えられ、実用化されているものが相当ある。これらの複合材料を工場で板状に製作したものが複合板 (サンドイッチパネル) であり、一般には表材、中芯材および裏材から構成される。

これらの用途としては屋根パネル、天井パネル、外壁パネル (外壁カーテンウォールを含む)、間仕切パネル、床パネルなどである。複合パネルの表材は薄く、軽くて耐久性があり、強度、耐衝撃性ならびに引張強さが大で剛性があり経済的でしかも用途に応じた耐燃焼性がのぞまれる。表材の種類としてはアルミニウム、ステンレス、ホーロー引鉄板、石綿スレート、難燃合板、ハードボード、FRP、塩ビ積層鋼板、さらに今後の材料として気泡コンクリート板 (ALC 板)、が考えられている。中芯材料としては断熱性能を主とした軽量材料で若干の強度および遮音性能を期待できるものでハニカム (プラスチック、ペーパー、およびアルミニウム) グラスウール、プラスチックフォーム (ポリスチレン、塩ビ、ポリウレタン) 木毛セメント板、パーライト板などがある。

第5表 軽量パネルに用いられるプラスチック材料

表 面 材				芯 材		裏 面 材				厚み計 (m/m)	単位重量 (kg/m ²)
材 種			厚み (m/m)	材 種	厚 み (m/m)	材 種			厚 み (m/m)		
F	R	P	1.5	ペーパーハニカム (ポリエステル処理)	17	F	R	P	12.0	19	6.0
F	R	P	1.5	同 上	17	F	R	P	1.5	26	6.5
F	R	P	1.5	泡 ガ ラ ス	24	F	R	P	1.5	27	8.8
塩ビ 鋼 板			1.6	塩ビ フォーム	15	難 燃 合 板			9.0	28	18.0
ス レ ー ト 平 板			4.0	ガ ラ ス ウール	38	塩ビ 鋼 板			0.29	50	10.8
塩ビ 鋼 板			0.29	パーライトモルタル 1:6	40	F R P 小 波 板			0.8		
F R P 小 波 板			0.8	パーライト成型品 (水ガラス成型)	40	塩ビ 鋼 板			0.59	42	32.0
塩ビ 鋼 板			0.59	パーライト成型品 (水ガラス成型)	40	同 上			0.59	42	22.2
同 上			0.59	鉛	23×2 1.5	同 上			0.59	50	44.4
同 上			0.59	ユリヤフォーム	60	ス レ ー ト 平 板			6.0	66	25.0
塩ビ 鋼 板			0.8	ウレタンフォーム	10	難 燃 合 板			4.0	15	5.0
F	R	P	1.0	同 上	20	F	R	P	1.5	23	5.6
F	R	P	1.5	塩ビ フォーム	25	メラミン化粧板			1.6	28	8.8
メラミン化粧板				同 上	25	メラミン化粧板			1.6	27	7.0
F	R	P	1.0								

裏材はそのまま内装材料となるもので表板と同様な膨張収縮を示すものがよい。軽量パネルの研究委員会が行なった軽量パネルのうちプラスチックに関するものを取りあげれば第5表のような組合せがある。

2-4. その他のプラスチック材料

2-4-1. バスユニット

ホテル、アパートなどの浴室施工は建築工事と設備工事が複雑にからみあい、その仕上工程はきわめてやっかいになる。したがって、この点を解決するには同一形態のバスユニットを工場生産して現場で組み立てる方向にもってゆくことが工期の短縮および精度の向上の上から一つのゆき方であると思われる。この方法としては浴室を一室一体化する考え方、すなわち浴室全体をユニット化する方法と細分割した形で現場組み立てする2種類の方法がある。浴室のバスタブ、ベッド（バスタブなどの取り付け台）便器、洗面器、甲板などはプラスチック製が適当であるし、さらに床の上にすえ付け構造体と関係なしに防水できる防水パンもFRPなどの採用が可能であり、すでに製作されている。ベッド、防水パンなどへのプラスチック材料の使用に関しては耐久性、変色、補修、熱膨張収縮によるねじれ、ひずみなどについて研究する必要がある。

2-4-2. 接着剤およびシール材

建築の工業化を考えると、急速に発達した各種の合成樹脂接着剤の使用が構成材の製作ならびに取付けが可能ならしめたとするも過言ではあるまい。その用途とし

ては集成材、各種合板、各種ボード類、プラスチック化粧ボードおよび複合板などである。工場における構成材ならびに材料の製作には主として熱硬化性樹脂接着剤の使用が多く、現場で使用する接着剤としては熱可塑性樹脂および合成ゴム系のものがある。

シール材は雨水などの侵入を防ぐため構成材の接合部などに充てんする充てん物であり、その形状としてはパテ状、リボン状などのものがある。パテ状としては油性コーキング材、ブチルゴム系、チオコール系、シリコン系などがありチオコール系およびシリコン系は硬化後ゴム状の弾性体となる。成形品としてはウレタンフォームにアスファルトを含ませ圧縮して接合部、すき間などに挿入しその復元力を利用して防水性をもたせるものもある。特に屋根、屋上、外壁などの構成材および外壁カーテンウォールのユニットパネルの接合部、サッシまわりなどは防水上の弱点となるので、今後ますますシール材の利用が多く見込まれる。その性能も油性系などの比較的耐久性の少ないものから特に耐久性を必要とする箇所にはチオコール系、シリコン系などの性能のすぐれたものへの移行が目立っている。

文 献

- 1) 「建設白書」建設省
- 2) 「建築統計年報」建設省計画局編
- 3) 「建設月報」建設省広報室編
- 4) 「モジュール割り」と建築生産の工業化」日本建築学会
- 5) 「プラスチック」工業調査会
- 6) 「経済白書」経済企画庁編
- 7) 波多野一郎：「建築工業化の研究」建築雑誌