

重層建築の工業生産化工法による鉄骨加工

清水建設(株)

建築設計本部

藤本伸典

1. はじめに

第二次世界大戦後今ほど求めれば容易に物質的に満たされる時代は歴史上未だかつてなかった。しかし社会を満たす虚無感も又今ほどひどい時代はないであろう。それは社会全般のことであって、個々にはどうしても無いことも知れない。かつてそれぞれの時代において働き甲斐という目標があり努力すれば何時しかそれらが満たされ、心の安らぎが得られたものである。

建築以外の社会ではたとえば1700年から1800年にまたがる40～50年の間にイギリスで起った織物工業などに端を発する産業革命は、それぞれの分野で生産の工業化に昇華して庶民の生活を豊かに潤した。公害に対しての配慮を常に怠らないならば、生産の工業化は一般社会に多くの貢献をなすことを誰も認めざるを得ないであろう。

建築の工業化は残念ながらわが国においては建設業界からではなく、建設業関係以外の新しい企業の開発による住宅産業から達成されてきている。多くの建設業は零細な庶民の住宅に対する切なる願いに思いを致しても、請負工事金額の多額な非住宅建築の一品一品の手工業的生産が企業として最も確実な手法であると思われ、また今迄の工事も社会の好景気に見舞われて殆んど切れ目なく受注していたので、専門分野で常に時代を切り開く先駆的な努力を怠って来たと思われたい訳にはいかないであろう。

非住宅建築の工業生産化は所謂ブレハブ的な画一的、粗悪な建築を提供するという誤解が設計者間に食わずぎらいで思い込まれ、また建設業では単に技術を開発すれば完成したと考えていた。しかし今やそれだけでは建築の工業化は達成出来ないことを、またそれには他の工業社会と同じように非住宅建築の計画販売とその建物のメンテナンス(維持管理)の必要性について考慮しなければならないことを建築に関心ある人々は徐々に悟ってきた。

この論文では工業生産化を考慮した建築躯体の設計手法の開発と、その鉄骨の製作法の協力が、建築生産の工業化、建物の品質、性能、工期、公害、価格、安全性の面で大きく貢献し、こゝでは特に鉄骨の生産性・精度の向上、また現場施工性の向上に寄与したことについてのべる。

2 建築の設計と施工

非住宅建築の設計生産はブレハブ住宅産業、自動車産業、家電産業などの設計生産手法と甚だしくその趣を異にしている。最近新聞などで華々しく宣伝されているブレハブ住宅の設計生産は、むしろこれらの産業が多数の顧客を対象として価格と性能条件を満足することで競争し、社会に貢献しているのと全く同じである。

非住宅建築の設計生産は量産ブレハブ住宅が開発される以前の一品一品その都度設計生産する手法と今も同じである。わが国の狭い道路、倭少でかつ不整形な敷地の制約から少しでも経済的に一杯土地を利用しなければという施主の要求で、敷地ごとに夫々異なった柱割りの建築の設計に終始してきた。又一般に建築設計者は常に大なり少なり芸術家として偉大な建築家たらんと一品一品の技

による芸術作品の製作に努力して来た。しかしそれを現実のものとして具現する職人は今や殆んど過去のものとなろうとしている。建物の建蔽率、容積率の制限が制定されているのだから設計者がその気になれば新しい時代の要求に対応できる建築の設計手法の開発とそれに伴う工業生産化手法の開発が可能となった。

3. 時代の要求する建築の生産技術

熟練工の不足、賃金の高騰などの労務事情の悪化や資材不足を背景として、建設現場担当者は建築生産の省力化を切望している。それは小人数で容易に建設できる工法、作業床が鉄骨建方と同時に組み込み安全に作業できる工法、短期間に建設できる工法、建設残材の発生が少い工法、作業が天候に左右されにくい工法、部品数が少く、規格化転用性の広い工法、建設作業員が日常平均化してできる工法、少人数でかつ経験度の浅い現場常駐社員で、施工管理が容易にできる工法など、また建設コストが下がる工法の開発が要求されている。

4. S Q U P (スキャップ) 工法の特徴

(1) 在来建築の平面計画 わが国の最近の事務所建築の平面計画の柱間隔をプロットしたのが図 4 - 1 です。張間方向と桁方向の柱間隔はそれぞれ異っていて、ほとんど同じものがないと言った方が良いでしょう。先にのべたように建築の設計は敷地に制約される要素が大きいので寸法モジュールを統一することが極めて困難であり、このことが建築の工業生産化を阻む主要因となっている。

(2) S Q U P 工法の特徴 新しく開発した S Q U P 工法は $\dot{S} \dot{Q} \dot{U} \dot{A} \dot{R} \dot{E} \dot{U} \dot{N} \dot{I} \dot{T} \dot{P} \dot{L} \dot{A} \dot{N}$ (正方形単位の計画) から由来している呼称である。

- ・ 柱間隔を正方形に配置する。すなわち基本モジュールを一つにする。
- ・ 柱間の小梁は図 4 - 3 のように夫々柱間で互い違いになるように配置する。

を特徴としている。

図 4 - 1
事務所建築の柱間隔

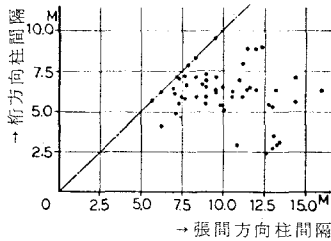


図 4 - 2
S Q U P 工法の柱間隔

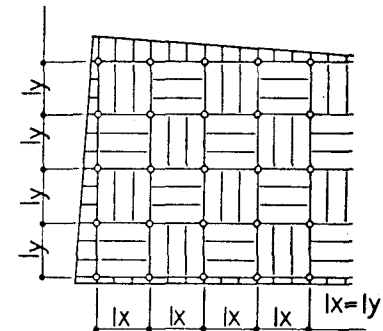
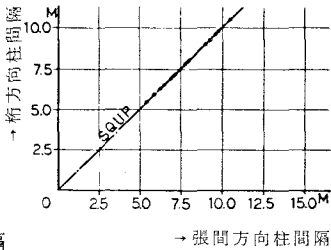


図 4 - 3 S Q U P 工法の柱梁伏図

図 4 - 2 のように 4 5 度の線上に乗った点が、柱間隔の配置が正方形であるもの、云いかえれば、S Q U P 工法の柱配置そのものである。不整形の敷地の場合は図 4 - 3 のように外周辺部の梁のはね出しによって或る程度処理できる。

5. SQUP工法の建築施工（生産）技術

主架構は鋼構造であり、超高層建築と同じように乾式構法である。床：P C 版、（但し床が湿式工法の場合は、床 デッキプレートの上に現場で配筋しコンクリート打設モノリシック仕上とする。）外周壁：金属カーテンウォール・気泡コンクリート版・P Cコンクリート版など、天井・照明、間仕切、耐火被覆など市販品が使用できる。内装仕上の前に電気配管配線工事・機械空調工事・衛生設備・給湯給水排水設備工事を施工する。

6. 超高層建築の建築施工（生産）技術との相違

超高層建築は日本全国で年間数棟、着工後竣工迄 20 数ヶ月を要し、使用鋼材は一棟で 1 万吨近くを必要とし、これを数社の大手建設会社が建設している。

高・中・低層の建築は超高層建築のように一棟での量のメリットは殆んど求められない。しかしこゝに正方形柱間隔という考えを寸法の基本モジュールとすることによって一棟の中での同手法の多数回繰り返しが計れる。例を躯体の鋼構造にとると、事務所建築であれば、図 4－3 から理解できるようにすべての小梁は同じ長さ・同じ部材となり、大梁も若干の力学計算の技術でほぼ 2～3 階分ごとに同長・同部材となり、建築躯体の鋼構造の工場での自動加工機の利用による工業生産化手法の採用現場で建方、施工の省力化が達成できる。

表 6－1 は地下 1 階、地上 9 階、塔屋 2 階建の事務所建築の鋼構造躯体の柱・大梁・小梁・筋違の使用鋼材の部材断面を表示したものである。この表を見れば先に述べた同じ構造部材の様子が一目で御理解いただけるであろう。

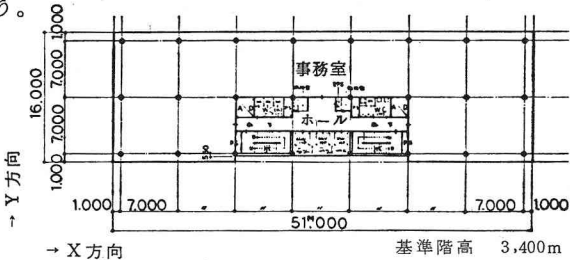
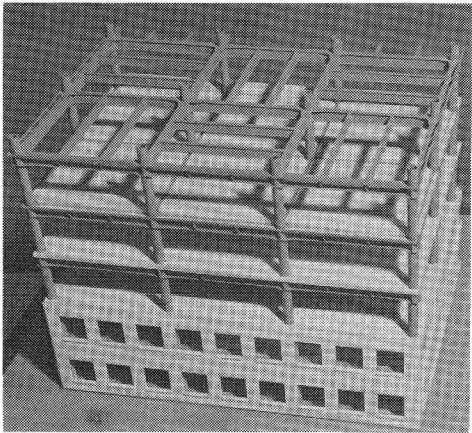


図 6－1 某事務所 平面図



写真－1 SQUP の模型

表 6－1 大梁、柱、筋違、小梁部材断面表

	大 梁		柱	筋 違		小 梁
	X 方 向	Y 方 向		X 方 向	Y 方 向	
PR-P2	H-396×199×7×11	H-396×199×7×11	P-406.4×6.4	P-139.8×4.0	P-139.8×4.0	H-396×199×7×11
P2-RF	H-496×199×9×14	H-496×199×9×14	同 上	同 上	P-190.7×5.3	同 上
RF-9F	H-396×199×7×11	H-396×199×7×11	P-609.6×9.5	—	—	同 上
9F-8F	H-496×199×9×14	H-496×199×9×14	同 上	—	—	同 上
8F-7F	H-596×199×10×15	H-596×199×10×15	同 上	—	—	同 上
7F-6F	同 上	同 上	同 上	—	—	同 上
6F-5F	H-582×300×12×17	H-582×300×12×17	P-609.6×12.7	—	—	同 上
5F-4F	同 上	同 上	同 上	—	P-190.7×5.3	同 上
4F-3F	同 上	同 上	P-609.6×16.0	—	同 上	同 上
3F-2F	同 上	同 上	同 上	—	同 上	同 上
2F-1F	同 上	同 上	同 上	H-200×200×8×12	H-175×175×8×11	同 上

7. 工業生産化加工法と在来鉄骨加工法の製品比較

工業生産化手法をとり入れたこの工法の鉄骨の柱梁接合部の詳細を図7-1に示す。また在来工法の柱梁接合部を図7-2に示す。また表6-1とこの詳細図から理解できるようにこの工法の柱の外径は1階から9階まで同じである。在来工法の場合の柱鉄骨は下階から上階に到るにしたがい外径が細くなっている。

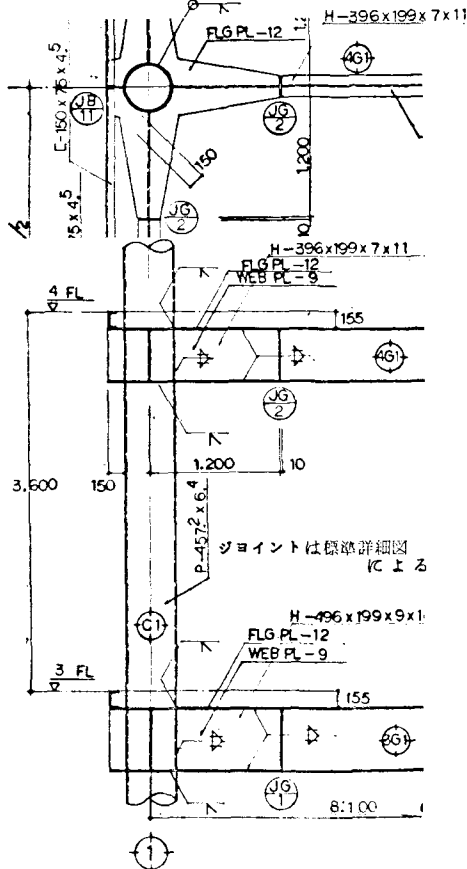


図7-1 SQUP工法の柱梁接合部詳細図

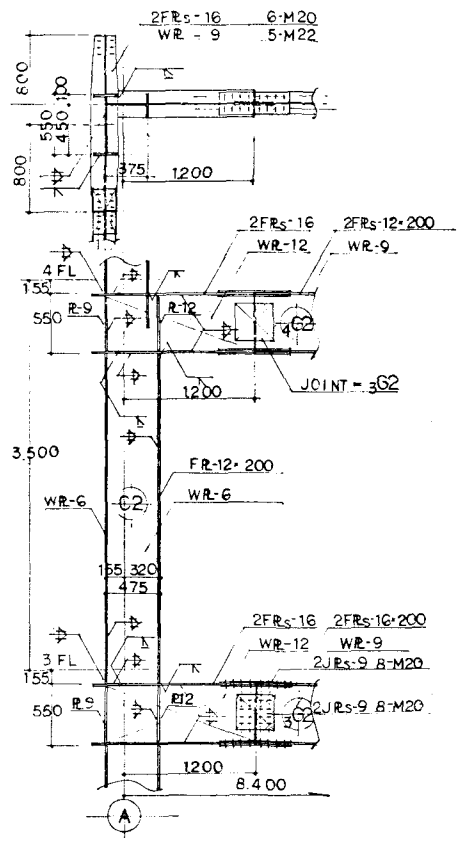


図7-2 在来工法の柱梁接合部詳細図

この事は鉄骨の機械加工の省力化にまたNC化に非常な威力を発揮する。これは単に鉄骨の工場加工組立てだけの問題ではなくて、建築物の柱を最終的に仕上げる場合にも工業化工法の採用を可能ならしめる。大梁の長さ、小梁の長さは図4-3から理解できるように夫々すべて同じ長さである。また各階の大梁はその階で同じサイズのH形鋼であるので端部の梁の継手加工は同一となる。このことが鉄骨製作の自動加工を非常にやり易くする。在来工法であると同階の梁継手の種類は最少限2種類以上は必要である。またこの工業生産化工法の小梁に到つては表6-1から明らかなように2階から塔屋まですべて同じ断面寸法で同じ長さであり、接合部仕口もすべて同じである。このことがこの小梁の機械加工に最適になる。簡明な設計の平面図(柱梁伏図)図4-3から鉄骨の機械加工は勿論、最終仕上工事まで建設施工の省力化が可能なのはこれ以上説明しなくても明らかなことである。

以下にこの工業生産化工法の製作上の利点を簡単に列記する。

S Q U P 工法の利点

- 加工
 - 部材数が少い
 - 部材の種類が少く互換性がある
 - 機械加工による能率と精度の確保ができる
- 組立
 - 取付長が少い
 - 組立精度がおさえ易い
- 溶接
 - 溶接長が少い
 - 柱溶接部に廻転治具が使い易い
- 仕上
 - 歪が少ない
 - 仕上り精度がおさえ易い
- 検査
 - 製品精度が高い・検査工数が短縮できる
 - 検査治具の使用可能
- 現場工事
 - 柱、梁とも共通マークで処理できるため部材の仕訳による遅れが短縮できる
 - 共通箇所が多いので建方が簡単
 - 同じく H T B の管理が容易

表 7 - 1 S Q U P 検査基準 - 精度基準

表 7 - 2 S Q U P 検査基準 - 溶接部の精度

項 目	精 度	要 領	略 図
全 (L) 長	± 2	ブロック番号、方向確認して原則として一方向を巻尺にて計測	
階 (l1, l2 ...) 高	± 2	下端より仕口フランジ上面まで巻尺にて計測	
梁 (C1, C2 ...) 成	± 2	仕口端部の上・下フランジ外面間をスケールで計測	
ジョイント部ノブ真円度 (D)	直径の ± 1 %	柱端部現場接手部の直径をスケールで計測	
柱			
本体及び仕口の振れ (α)	20'	水平台上におき水平と下振りにより先端の振れの量計測	
仕口の長さ (d1, d2 ...)	± 2	柱芯から仕口先端までスケールで計測	
大 (e) 曲 り	1/1000	ピアノ線を張り差越し寸法で計測	
ベースプレートアンカーボルト孔芯間隔	± 2	孔芯間隔をスケールで計測	
全 (L') 長	± 1.5	梁の両端までの長さを巻尺にて計測	
梁 (C') 成	± 2	両端の上下フランジ外面間寸法スケールで計測	
大 (e') 曲 り	1/1000	ピアノ線を張り計測	

項 目	精 度	図	測定器具
開 先 角 度 (a)	0 ~ 15°		ナカゲージ
ル ー ト 間 隔 (b1, b2)	ウラはつり (ウラ当なし) 0 ~ +3 ウラ当あり 0 ~ +3		ジョーゲージ
ル ー ト 面 (c)	± 1.5		ナカゲージ
肌 す き (d)	0 ~ +2		スキマゲージ
すみ肉溶接のサイズ (e)	0 ~ +3		ナカゲージ
アンダーカット (f)	0.5		ジョーゲージ
突合せ溶接盛 (g)	0 ~ +4		ナカゲージ

工業生産化工法による鉄骨柱の製品検査記録を表 7 - 3 に、在来工法による鉄骨柱の製品検査記録を表 7 - 4 に示す。図 7 - 1 から理解できるように中柱、側柱、隅柱は方向性がないので柱に東西南北の符号を必要としない。例えば側柱は何処の位置の側柱に使用してもよい。所謂互換性のある柱である。製品誤差は最大 - 3 mm で公差以内に在ることを示している。また在来工法表 7 - 4 では 2 階柱での誤差が - 5 mm とかなり大きい事を示している。

在来鉄骨に比し、工業生産化工法の方は加工、組立部材数が少く、溶接長もまた少いことが、この製品の誤差が在来のものに比し小さくなる原因である。

表 7 - 3 製品検査記録

工業生産化工法 Nビル 製品検査記録 (柱)						
柱 符 号		図番C-02	製品名CIA (1)			
検 査 項 目	符号	図面寸法	誤差	公差	備考	
全 長		11,375	- 1	± 3	mm	
階 高	2 階	東	4,050	- 1	± 3	
		西				
		南	4,050	- 1		
		北	4,050	- 1		
	3 階	東	7,650	0	± 3	
		西				
		南	7,650	0		
		北	7,650	0		
	4 階	東	11,375	- 3	± 3	
		西				
		南	11,375	- 3		
		北	11,375	- 3		
ブラケット (ガゼット) の 成	2 階	東	596	0	± 3	
		西				
		南	596	0		
		北	596	+ 1		
	3 階	東	596	+ 1	± 3	
		西				
		南	596	+ 1		
		北	596	0		
	4 階	東	496	+ 1	± 3	
		西				
		南	496	- 1		
		北	496	+ 1		
ブラケット (ガゼット) 長 さ	2 階	東	1,200	- 1	± 3	
		西				
		南	1,200	- 2		
		北	1,200	- 3		
	3 階	東	1,200	- 2	± 3	
		西				
		南	1,200	- 3		
		北	1,200	+ 2		
	4 階	東	1,200	+ 1	± 3	
		西				
		南	1,200	-2.5		
		北	1,200	-2.5		
曲り, 振れ	使用部材	溶接	取合詳細	ベースプレート 孔ピッチ, 径		
良	正	良	良	良		

表 7 - 4 製品検査記録

在来工法 Aビル 製品検査記録 (柱)							
柱 符 号			図番AICI	製品名ICIA			
検 査 項 目		符号	図面寸法	誤差	公差	備考	
全 長			10,025	- 3	± 3	mm	
階 高	1 階	東	5,425	+ 2	± 5		
		西					
		南					
		北	5,425	0			
	2 階	東	9,025	- 5	± 5		
		西					
		南					
		北	9,025	- 3			
ブラケット (ガゼット) の 成	1 階	東	550	0	± 3		
		西					
		南					
		北	550	0			
	2 階	東	550	+ 1	± 3		
		西					
		南					
		北	550	+ 1			
ブラケット (ガゼット) 長 さ		東	975	0	± 3		
		西					
		南					
		北	1,200	- 2			
		東	975	0	± 3		
		西					
		南					
		北	1,200	0			
	柱 断 面	上部	東 西	550	0	± 2	
			南 北	375	0		
		下部	東 西			± 2	
			南 北				
曲り, 振れ	使用部材	溶 接	取合詳細	ベースプレート 孔, ピッチ, 径			
良	正	良	良	良			

次に工業生産化工法による鉄骨梁の製品検査記録を表 7 - 5 に, 在来工法による鉄骨梁の製品検査記録を表 7 - 6 に示す。表 7 - 5 からすべての梁の全長の誤差が 0 であることを知る。

工業生産化工法によるものは図4-3の柱、梁伏図から明らかなようにすべての大梁の長さが等しく、又周辺部を除いてすべての小梁の長さが夫々等しいため鉄骨梁の製作に自動加工機の採用が全面的に可能になり、そのメリットを最大限に発揮していることを如実に示している。

表7-5 工業生産化工法
Nビル 製品検査記録 (大梁)

図番	製品名	全 長				梁 成				曲り	使用 部材	溶接	取合 詳細	備考
		符号	図面寸法	誤差	公差	符号	図面寸法	誤差	公差					
G01	3G1 (3FL)	L	5,680	0	± 3	H	596	- 1	± 3	良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	
		L	5,680	0		H	596	- 1		良	正	良	良	

表7-6 在来工法
Aビル 製品検査記録 (大梁)

図番	製品名	全 長				梁 成				曲り	使用 部材	溶接	取合 詳細	備考
		符号	図面寸法	誤差	公差	符号	図面寸法	誤差	公差					
A1G1	1GB4	L	3,780	0	± 3	Hn	550	0	± 3	良	正	良	良	
						Hs	"	0						
"	1GB2	L	3,780	+ 3		Hn	550	0		良	正	良	良	
						Hs	"	0						
"	1GB3	L	3,780	0		Hn	550	- 1		良	正	良	良	
						Hs	"	- 1						
"	1GB5	L	3,780	+ 2		Hn	550	+ 1		良	正	良	良	
						Hs	"	+ 1						
"	1GB1	L	3,780	+ 1		Hn	550	0		良	正	良	良	
						Hs	"	0						
"	1GE2	L	3,780	+ 2		Hn	550	0		良	正	良	良	
						Hs	"	0						
"	1GC2	L	3,780	0		Hn	550	0		良	正	良	良	
						Hs	"	0						
A1G2	1GC4	L	3,780	+ 3		Hn	550	- 1		良	正	良	良	
						Hs	"	0						
"	1GE6	L	3,780	0		Hn	550	+ 1		良	正	良	良	
						Hs	"	+ 1						
"	1GB6	L	3,780	+1.5		Hn	550	- 1		良	正	良	良	
						Hs	"	0						
"	1GB8	L	3,780	+ 2		Hn	550	0		良	正	良	良	
						Hs	"	0						

また表7-6をみると在来工法では夫々の梁の長さが3.780mと皆等しいにかゝらず誤差は最大3mmから最少0mmまでとそのばらつきの多いことを示している。こゝに示したのはその一例であつて建物の軀体を構成する鉄骨の柱、大梁、小梁の精度は出来上がる建築物としての製品の精度を左右する重要な要素であることに留意しよう。さらにこの鉄骨架構の外内に外周壁（PC版、ALC版、カーテンウォールなど）、間仕切壁などが後から取り付けられて建物の外殻、内殻を構成していくものであるから、これら鉄骨架構が建物のすべての基本になることが一層理解できよう。写真はFビルの竣工写真でPC版（プレキャストコンクリート外周壁）が版と版の目地が垂直水平に整然と通つて取り付けられており、この建物の精度の良いことが、さらにこの建物の出来栄に花を添えていることが理解できる。

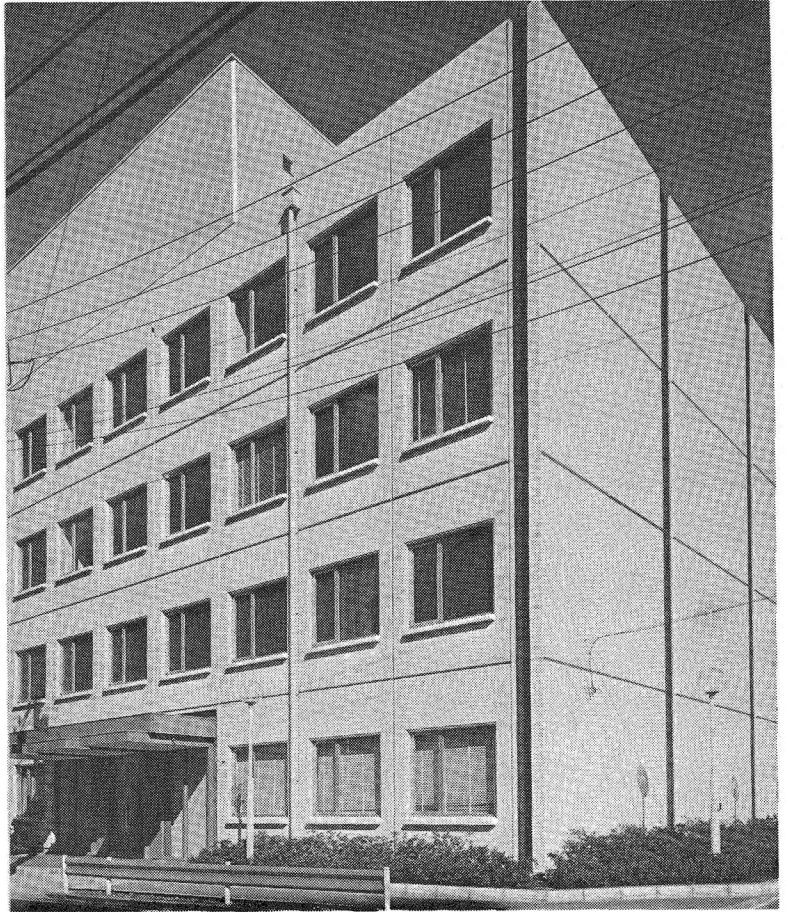


写真-2 Fビル外観

8. おわりに

建築の工業生産化手法の開発は単に建築界だけに止まらず、一般社会に多くの良い影響を与えることは明らかである。その1~2を言えば工場並に現場での生産、施工が合理化され工期が大巾に短縮される。これは建築主と建設業者の両者にとつても社会的経済的に好ましい事であり、外周壁が取り付けられるや直ちにガラスを嵌め込むと、建設に伴う騒音、ごみの飛散が防げ、ごみの発生が少く、コンクリートなどの斫りもないので建設公害が大巾に減少することになる。

良い性能の、靱性のある安全な、納得のいく価格で、工期を短縮し、建物の模様替え、増改築がし易く、建設公害の少い建物を社会に提供することが専門分野での建設業の任務である。建築の工業生産化手法の開発こそがそれを達成しうる唯一の手段であるように思われる。しかし建築社会は未だ工業化にあまり積極的でなく従らにその必要性とはなえるけれど一向に前進しようとしていないのは経済学者ワイルズが云つたように『われわれの家がまさに焼けつゝあるのに現在の経済理論は水の放出口を閉めてしまつてゐる。』たとえに丁度似てゐるのではなからうか。