

大型ハーフ PC 板の生産計画に関する研究

高田 博尾
(技術研究所)

§ 1. まえがき

工事現場の昨今の労務者不足は一過性の現象としてでなく、建設産業の構造的変革を早急に実施すべしと促している前兆と捉えるべきである。工事の労務担当者が目前の員数確保に高賃金で応じざるを得ないとしても、皮相的な対策でなく、より根源にある現場の労働生産性の向上を図りながら、労務集約型産業からの脱皮を達成して行く地道な努力が必要であると考えられる。

建設業においては、従来から工事現場の労働生産性を向上する努力を行ってきた。その主な手法の一つとしてプレハブ化がある。プレハブ化工法は1955年代後半に提案され、1973年頃に年間約20万戸の住戸が建設されピークとなっている。この時期のプレハブ化工法は建築物を部品化し、各部品を標準化・単純化・規格化し、それにより同一部品を大量発注できるようにした、いわゆる少品種大量生産方式により高生産性を確保することに重点をおくことが基本的な考え方であった。したがって、このような考え方に基づくプレハブ化工法は大量発注の基盤が緩むと量産効果が低減し、「プレハブ化工法は工期は短く、高品質ではあるが、高価でもある」との認識が蔓延した。

しかし、筆者らは「クリティカルパス上の作業を外作し、半製品を生産工程に持ち込むことにより工事現場で高い労働生産性を達成できる」との、従来のプレハブ化とは異なる新しい考え方を採用し大型ハーフ PC 合成床板工法を開発した。

本論文は、工事現場の労働生産性を向上する目的で開発した大型ハーフ PC 合成床板工法を取り上

げ、PC 板の生産計画を立てる場合の論理について検討した結果を述べる。生産計画では工程を定常化し、労務を平準化することにより作業の習熟効果を高め、同時に作業のミスをも低減することに主眼をおいた。さらに、この生産計画のロジックを電算化して施工計画支援システムを構築し、これを実際の工事現場に適用してシステムの有効性を確認した結果についても述べる。

§ 2. 大型ハーフ PC 合成床板工法

大型ハーフ PC 合成床板工法の概要を図-1 に示す。大型ハーフ PC 合成床板工法は、躯体床板のおよそ下部を PC 板（大型ハーフ PC 板）とし、大型ハーフ PC 板を型枠としてコンクリートを打ち込むことにより合成床板を構築する工法である。

大型ハーフ PC 合成床板工法の特徴を表-1 に示す。

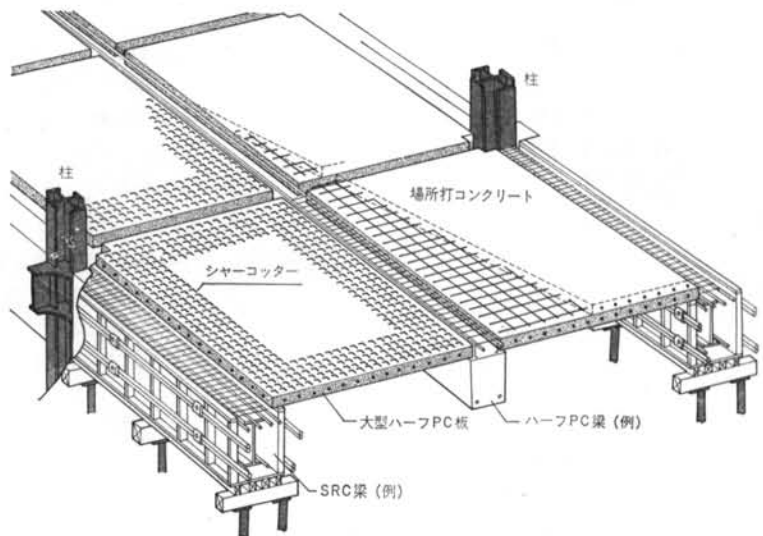


図-1 大型ハーフ PC 合成床板工法の概要

§ 3. 大型ハーフ PC 板の生産に関する検討

3.1 検討の目的と条件の整理

建設工事現場の労働生産性を向上させ、さらに作業の人的ミスを減少することを目的にした大型ハーフ PC 合成床板工法に関して、工事現場内で大型ハーフ PC 板を積層して製作する作業の計画の論理について検討した。

大型ハーフ PC 板の製作を検討するに際しての狙い、拘束条件を整理して表一 2 に示す。

3.2 大型ハーフ PC 板製作の最適化の検討

3.2.1 大型ハーフ PC 板製作工程の基本モデル

PC 板製作工程の基本モデルを図一 2 に示す。

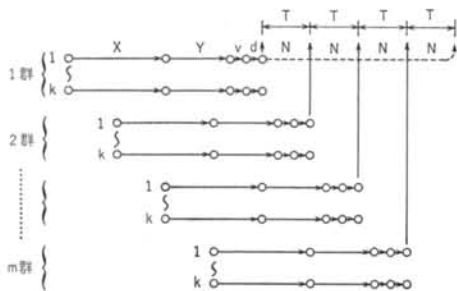
PC 板製作にかかわる基本工程およびその工程に必要な日数は、PC 板を製作する日数 (X : PC 板積層枚数と同じ数となる)、PC 板の養生日数 (Y : 積層製作した PC 板の最上層の PC 板に必要な最少養生日数)、余裕日 (v)、および PC 板を施工場所に揚重するのに必要な吊上げ日数 (d) である。また、施工速度 (T) とは PC 板を躯体工事の現場へ供給するピッチ (日数) であり、躯体工事で 1 フロアの立ち上がりにかかる日数 (T) で

- ① 1 枚/グリットの大型ハーフ PC 板を使用する
- ② 大型ハーフ PC 板は工事現場内で積層して製作する
- ③ 2 方向構造の合成床板である

表一 1 大型ハーフ PC 合成床板工法の特徴

狙い	作業の定常化による投入資源の最少化
拘束条件	① PC 板の製作作業を定常化する (一定クルー数、一定クルーメンバー数、一定作業量、一定量と規模の生産設備、PC 板の製作一定高さ、等) ② PC 板の生産量を定常化する (1 枚/1 日/1 ベッド、一定 PC 板数/階、等) ③ 躯体工事を定常化する (一定施工速度/階、一定工区数/階、等)

表一 2 狙いと拘束条件



図一 2 大型ハーフ PC 板の製作工程の基本モデル

ある。1 フロアを多工区で施工する場合は T を工区数 A で除した数 (T/A) に相当する。

次に、供給する PC 板の数量 (N) とは 1 フロアで敷設する PC の枚数であり、1 フロアを多工区で施工する場合は N を工区数で除した値 (N/A) に相当する。

施工速度 T 、供給する PC 板の枚数 N および PC 板の最大積層可能製作数 (x) から複数のベッドが必要となる場合がある。この同一時期に PC 板を製作・養生・供給するための複数のベッドを「群」と定義する。1 群の中には数量 k のベッドが存在する。

ここで、 $T < X + Y + d$ が成立する場合には複数のベッド群 (m) が必要となる。このとき、1 工事現場の全ベッド数は mk となる。

3.2.2 PC 板のコンクリートの打ち込み

工事現場内でベッドの上の PC 板製作用型枠内にコンクリートを打ち込む際、コンクリート運搬車から直接シュートで流し込む方法が最も合理的である。

PC 板 1 枚と PC 板間に介在する PC 板製作のための仮設材を含む厚さを h (cm)、コンクリート運搬車からのシュート打ちが可能な最大高さを H (cm) とすると、1 つのベッドで積層可能な PC 板の枚数 (x) は $x \leq H/h$ を満足する整数の最大値である。ここで、PC 板は 1 日 1 枚製作すると定義しているの、 $x \geq X$ となる。

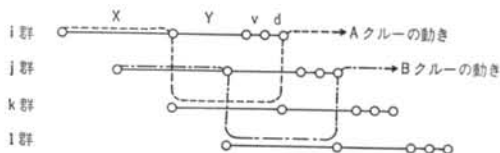
この際、1 群中には $k \geq H/X$ を満足する最小整数のベッドが必要である。

3.2.3 配員計画

PC 板を製作する作業員のチーム (クルー) の効率の向上を対象とするために、クルーを単位として検討した。クルーの作業を断続のない繰り返し作業とし、習熟により投入労務量、時間、仮設材料の量等を低減させるとともに、人的ミスの低減をも図るように計画した。図一 3 にクルーの動きを示す。クルーは i 群で X 日間 PC 板製作に従事した後、間断なく k 群で PC 板の製作に従事させる。クルーが多数となった場合も同様である。クルー数と同一の数だけ、毎日どの群かで PC 板の製作が行なわれている状態にする必要がある。

全てのクルーが完全に平準化できている場合には、次の 2 つの式が満足されている。

$$X + Y + v + d = C_1 \cdot T \quad \dots\dots(1)$$



図一 3 クルーの動き図

$$X = C_2 \cdot T \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 C_1 、 C_2 は正の整数である。なお、 C_1 はなるべく小さい値であることが望ましい。

式(1)は、作業余裕日(v)を考慮することにより、容易に満足させることが出来る。式(2)は1フロアのPC板数量(N)、工区数(A)、施工速度(T)、1つのベッドで積層可能なPC板の枚数(x)などにより満足するように設計して行く。しかし、実工事の段階になると種々の外的要因から、式(2)を常に満足させることは出来ない。したがって、最終的には計算値に対する実施工事での実績値の比で評価することにした。

3.2.4 コンクリート養生日数

吊上げ時のPC板のコンクリート強度は、施工計画を標準化するために一定の値に規定しておく方が合理的である。ここでは、標準的なPC板の1枚の大きさや厚さから、吊上げ用フックの数やスラブ受け大引の数などを算定する場合の合理性を考慮して $F_c = 120 \text{ kgf/cm}^2$ とし、養生日数は最上層のPC板のコンクリート圧縮強度が 120 kgf/cm^2 を超えるに要する日数とした。したがって、使用するコンクリートの種類や設計基準強度、および施工時期などにより養生日数は変化する。

普通コンクリートを使用した場合の養生日数を Y_n 、早強コンクリートの場合を Y_f とし、計算上 $X + Y + v + d$ に与えられる日数を P とすると、以下の養生日数が最少値となる。

$$P \geq X + Y_n + d \quad \text{ならば、} \\ Y = Y_n, \quad v = P - (X + Y_n + d) \quad \dots\dots(3)$$

$$P < X + Y_f + d \quad \text{ならば、} \\ \text{コンクリートの養生期間がとれず不可} \\ X + Y_f + d \leq P < X + Y_n + d \quad \text{ならば、} \\ Y = Y_f, \quad v = P - (X + Y_f + d) \quad \dots\dots(4)$$

$$\text{あるいは、} \\ Y = Y_n \quad \dots\dots(5)$$

ただし、この場合にはPC板の最上層から下層へ $Y_n - Y$ の数に相当する層数までは、早強コンクリートを使用してPC板を製作することになる。

3.2.5 PC板の製作順序

PC板はベッドの上で積層して製作する。したがっ

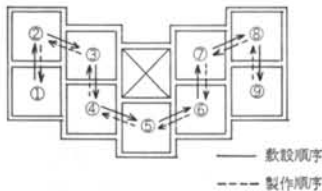


図-4 PC板の製作計画

て、揚重は最上層のPC板から開始する。そこで、PC板の製作順序はPC板の敷設順序とは逆になる。図-4に、PC板の敷設および製作順序を示す。PC板は①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨の順序となり、PC板の積層・製作順序は⑨→⑧→⑦→⑥→⑤→④→③→②→①となる。

3.3 システムのアウトプットの例

大型ハーフPC板製作工程の解を求めるには、前節の3.2.1~3.2.5を順次計算して求める。これを電算化し、大型ハーフPC合成床板工法を採用する全ての工事現場で最適な施工計画を短時間に立案できるように、大型ハーフPC合成床板工法の施工計画支援システム(CAE)を作成した。図-5~図-6にCAEのアウトプットの例を示す。図-5では、ベッドの群と数、PC板の製作・養生・余裕および吊上げ日数、クルーの平準化した動き等を実作業日のスケジュールとともに示している。実作業日については、躯体工事が雨天等により稼働しない場合には、PC板の製作も行なわないことでリンクしている。図-6ではどのPC板を、どのクルーが、どのベッドで製作するかを示している。

§ 4. 現場試行の結果と考察

4.1 試行工事の概要

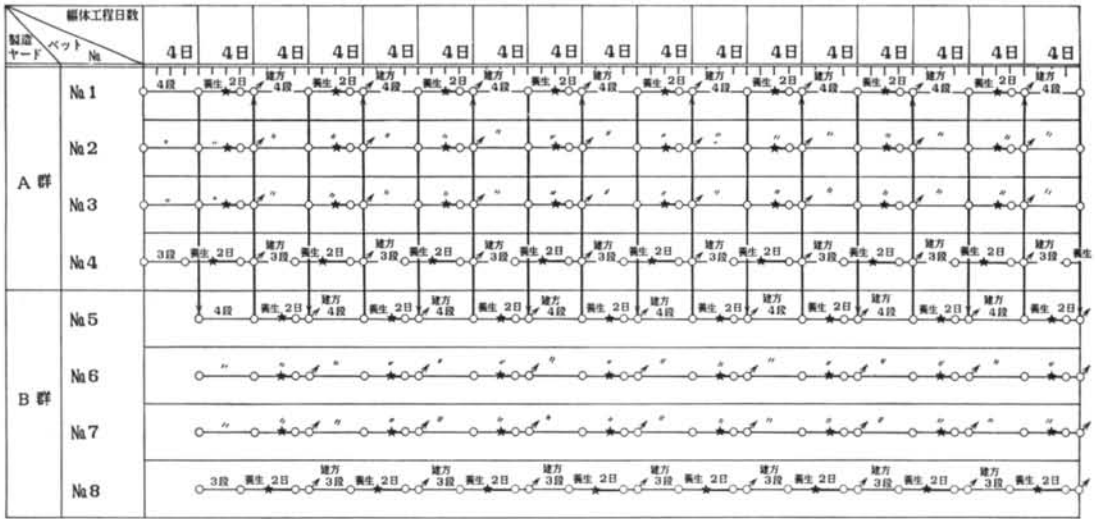
大型ハーフPC合成床板工法を試行した建築物の概要を表-3に、工事の概要を図-7に敷地計画と標準階平面、図-8に躯体工程で示す。また、大型ハーフPC合成床板工法にかかわる工事内容を表-4に示す。

4.2 現場試行の結果の概要

試行工事の与条件からCAEにより計算した施工計画と、実際に試行した施工実績について比較調査した結果をまとめて表-5に示す。

ベッド数については、CAEでは3群×1群当たり1ベッド=総数3ベッドと算出しているが、実際の試行工事では2群×1群2ベッド=総数4ベッドで施工している。この原因は、工事担当者が作業に対する冗長を見込んだことによる。

投入労務量については、CAEではクルー数2、全大型ハーフPC板製作の延作業日数を64日、全PC板製作の延作業日数を256人日で完全な労務平準化ができると算出している。一方、試行工事ではクルー数2、全大型ハーフPC板製作の延作業日数を56日、全PC板製作の延作業日数は299人日であり、CAEの算定値に対する



注) ★ 作業余毎目, ○ 作成枚数違い

図-5 CAE のアウトプット例(1)

工程	4月																												5月																							
	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	6	7	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23															
A 群	Na 1	24	20	18	12							29	30	27	28								24	20	16	12									29	30	27	28									24	20	16	12		
	Na 2	11	10	9	8							26	22	25	23								11	10	9	8									26	22	25	23									11	10	9	8		
	Na 3	7	8	5	4							18	21	17	19								7	6	5	4									18	21	17	19									7	6	5	4		
	Na 4	3	2	1								14	13	15									3	2	1									14	13	15									3	2	1					
B 群	Na 5					29	30	27	28							24	20	16	12									29	30	27	28									24	20	16	12									29
	Na 6					26	22	25	23							11	10	9	8									26	22	25	23									11	10	9	8									26
	Na 7					18	21	17	19							7	6	5	4									18	21	17	19									7	6	5	4									18
	Na 8					14	13	15								3	2	1									14	13	15									3	2	1									14			

図-6 CAE のアウトプット例(2)

用途	共同住宅
構造	壁式プレキャストコンクリート構造
規模	地上8階建, 最高軒高27m

表-3 建築物の概要

1フロアのPC板数	16枚
1フロアの施工速度	8日/階
1フロアの工区数	1工区/階
PC板の厚さ(スラブの厚さ)	75(185)mm
PC板の最大積層高さ	1200mm
コンクリートの種類(強度)	普通 ² (240kgf/cm ²)
コンクリートの養生日数	6日間
PC板の寸法(面積)	4,800×8,200mm(39.36m ²)
PC板の施工面積(板数)	5,000m ² (128枚)
支持サポート層	1層

表-4 大型ハーフPC板工事

試行工事の比率は1.17であった。

この主な原因は、天候等の気象条件や労務逼迫等の社会条件から、躯体工事の工程と大型ハーフPC板の製作

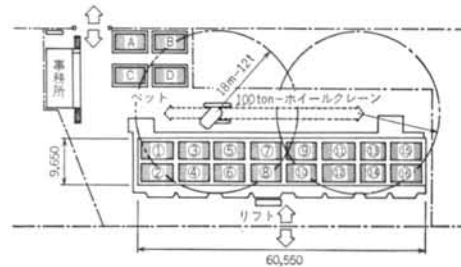


図-7 敷地計画と標準階平面

	1F	2F	3F
	1.....8	1.....8	1.....8
置出し・サポート			
壁PC板建方			
床PC板建方			
鉄筋工事			
コンクリート打	1Fへ		
PC板製作	A B	製作	養生
	C D		

図-8 躯体工程の概要

	ベットの数	延作業日数	総労務投入数
CAE 計算値	3	64	256
試行工事値	4	56	299
比率	1.33	0.88	1.17

表一五 調査結果

人分 PC板	準備・ 後片付	型枠 組立	鉄筋 組立	コンクリ ート打	コッター 成形	その他 の作業	手もと り作業	小計	不作業	合計	
No4	1.5	459	1529	868	737	342	149	78	4084	186	4270
6	2.5	522	354	619	673	327	0	36	2495	144	2639
8	2.5	630	542	681	306	295	0	51	2454	44	2498
10	2.5	615	563	673	270	288	0	44	2409	36	2445
12	2.5	419	660	739	211	248	100	81	2377	72	2449
17	2.5	432	411	621	256	342	59	21	2121	43	2164
19	2.5	363	330	658	287	205	107	60	1950	98	2048
23	2.5	579	477	591	241	172	0	43	2060	105	2165
25	2.5	555	553	577	226	124	0	35	2035	79	2114
29	1.5	561	821	578	587	377	0	96	2924	0	2924
33	1.5	583	808	561	538	368	0	0	2858	14	2872
41	1.5	371	774	479	519	347	0	0	2522	41	2563
49	1.5	331	707	533	520	321	0	0	2412	33	2445
51	2.5	291	398	435	333	277	0	0	1734	56	1790
57	1.5	322	765	563	485	328	0	0	2463	39	2502
67	2.5	236	387	469	307	215	0	0	1614	150	1764
103	1.5	599	578	553	287	54	0	0	2071	0	2071
120	1.5	549	513	545	284	51	0	0	1942	0	1942

表一六 大型ハーフ PC 板の製作作業調査結果(人×分/枚)
工程との進捗に差ができ、両者間のバランスが取れなかったために、完全な労務平準化に対して毎日の労務量が1.14倍となり、平均して作業日8日毎に1日の割合で作業に休日が出来たことによる。

4.3 労務投入量に関する検討

一定量の作業に労務を投入するとき、作業者の作業消化能力(歩掛り)から適正な人数を算定し配置する。大型ハーフPC板を製作する作業においては、一般にはPC板1枚について2人/日の配置を計画しているが、PC板を1日当たり2枚以上製作することも多い。このような場合、1つのクルーを何人にし、何枚のPC板を担当させるのが適当であるのかを試行工事で検討した。

試行工事現場では、大型ハーフPC板の製作作業についてクルーの構成人数をPC板1枚当たりで1.5人/日と2.5人/日に変化させたときの労務投入量(人×分/枚)を調査した。調査結果の概要をまとめて表一六に示す。

大型ハーフPC板を1枚製作するために投入する労務量は、PC板の製作枚数が増すに従って暫時低減して行くが、いずれの時点においてもクルーの構成人数により大きな違いが認められた。また、大型ハーフPC板の製

作作業を構成する諸作業への投入労務量については、作業種により異なることが分かった。すなわち、準備や後片付け作業と鉄筋作業への労務投入量は、PC板1枚当たりのクルー構成人数を多くするほど多くなり、その他の諸作業ではクルー構成人数の変化に大きな影響を受けない。また、PC板を1枚製作するために投入する労務量の違いは、準備や後片付け作業と鉄筋作業への労務投入量の差にあることが認められる。

以上のことから、大型ハーフPC板を製作するために必要な労務投入量に関しては、次のことがいえる。

(1)準備や後片付け作業と鉄筋作業を除く他の作業、型枠作業、コンクリート打ち込み作業、コッター作業、その他の作業はクルー構成人数をPC板1枚当たり1.5人/日～2.5人/日の間で配置すると良い。

(2)鉄筋作業では、労務投入量の多少による作業時間の余裕・逼迫が、結束作業の歩掛りの違い(2.93秒～4.46秒/1箇所当たり)となっている。結束作業の結束数、スペーサ位置や数などについて検討した後、クルーの構成人数を決定する必要がある。

(3)準備や後片付け作業は、クルーの構成人数が1.5人/日以上であれば他の作業から決定して良い。

4.4 習熟効果に関する検討

試行工事現場で大型ハーフ板の製作作業について、クルーの構成人数をPC板1枚当たりで1.5人/日と2.5人/日に変化させたときの大型ハーフPC板を1枚製作するための投入労務量、およびPC板の製作作業を構成する諸作業への投入労務量の変化とPC板の製作繰り返し数(サイクル)との関係を調査した。その結果を図一9～図一17に示す。試行工事現場ではクルー構成人数が1.5人/日枚の場合では、大型ハーフPC板を製作する作業では習熟率が93%であり、PC板の製作作業を構成する諸作業の習熟率は各々、準備・後片付け93%、型枠作業90%、鉄筋作業95%、コンクリート作業90%、コッター作業86%、その他の作業91%であった。また、クルー構成人数が2.5人/日枚の場合では大型ハーフPC板を製作する作業では習熟率が96%であり、PC板の製作作業を構成する諸作業の習熟率は各々、準備・後片付けは100%、型枠作業95%、鉄筋作業96%、コンクリート作業91%、コッター作業96%、その他の作業89%であった。

一方、建設工事に関する既往の調査結果では、一般の建設作業の習熟率は75～95%の範囲内にあることが認められる。これに対して、試行工事の結果も範囲内にあるが良い習熟率を示しているとはいえない。

この原因としては、試行工事現場では当初の試行計画

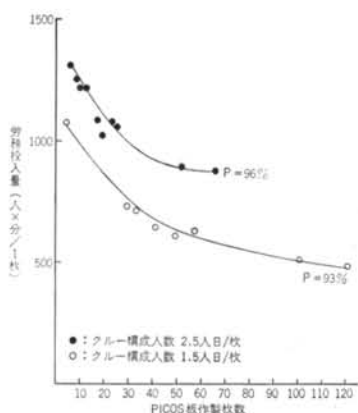


図-9 全作業への労務投入量の変化

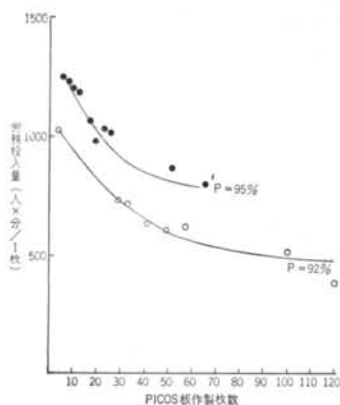


図-10 作業(手戻りを含む)への労務投入量の変化

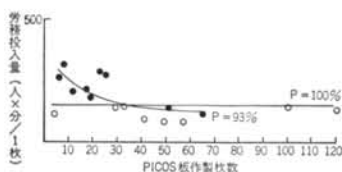


図-11 準備・後片付け作業への労務投入量の変化

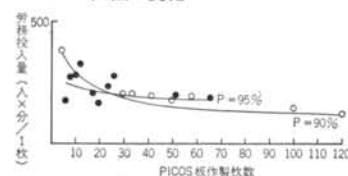


図-12 型枠組立作業への労務投入量の変化

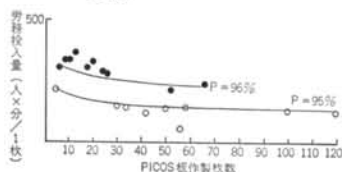


図-13 鉄筋組立作業への労務投入量の変化

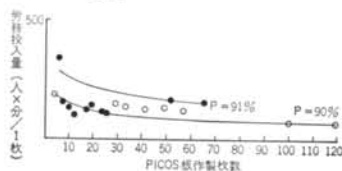


図-14 コンクリート打ち込み作業への労務投入量の変化

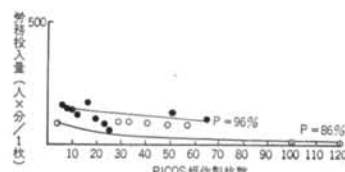


図-15 コッター作業への労務投入量の変化

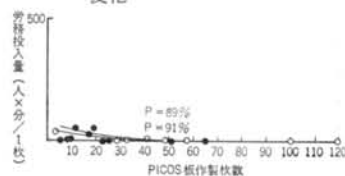


図-16 その他の作業への労務投入量の変化

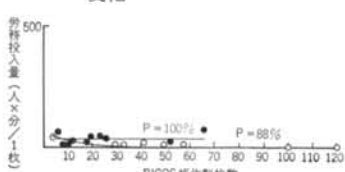


図-17 無作業への労務投入量の変化

と異なり、同一クルーに同一作業者が大型ハーフ PC 板製作の全期間を通じて作業に携わったわけではなく、クルー内の作業者の入れ替わりや作業休日が多くあったためと思われる。

そこで、習熟に関する Gates の提案式から、作業者の入れ替わりや作業の中断が一定作業への投入労務量に与える影響について検討する。

作業の繰返し回数と累計平均所要時間の関係は、式(6)で与えられる。

$$T_a = t_1 \cdot X^{-n} \quad \dots\dots(6)$$

ここで、 T_a : 累計平均所要時間
 t_1 : 第1回目の所要時間
 X : 繰返し数
 n : 習熟係数

したがって、この式から何回か繰返し作業を行なった際の総所要時間(T_t)は、次式で求められる。

$$T_t = X \cdot T_a = t_1 \cdot X^{1-n} \quad \dots\dots(7)$$

繰返し数が2倍になるとき、累計平均所要時間の低減率を習熟率(P)といい、次の式で算定できる。

$$P = (1/2)^n \cdot 100 \quad (\%) \quad \dots\dots(8)$$

4.4.1 作業者の入れ替わりの影響に関する検討

試行工事現場で大型ハーフ PC 板を製作する際、同一作業者を全期間通して固定することは困難であり、クルー内の幾人か入れ替わった。クルーの構成人数は PC 板製作の作業量から2名を基本としており、入れ替わる人数のクルー内で占める割合は、1回の入れ替わりにつき50, 100%の2通りである。ここで、試行工事での入れ替わり率約5%を、10サイクル毎に1人の入れ替わりがあったとモデル化したときのクルーの労働生産性の低下の度合を、総所要時間(T_t)の増加の程度で検討した。

図-18に示すように、繰返し数 X_1 で1名入れ替った場合の繰返し数 X_2 の時点での総所要時間の増加の比率 α は、

$$\alpha = (T_1 + T_2 + T_3) / 2 T_2 \quad \dots\dots(9)$$

$$\therefore \alpha = (1 + T_1/T_2 + T_3/T_2) / 2 T_2 \quad \dots\dots(10)$$

で、表現できる。ここで、

$$T_1 = t_1 \cdot X_1^{1-n} \quad \dots\dots(11)$$

$$T_2 = t_1 \cdot X_2^{1-n} \quad \dots\dots(12)$$

$$T_3 = t_1 \cdot (X_2 - X_1)^{1-n} \quad \dots\dots(13)$$

したがって、モデル化したクルー構成員の入れ替わりと投入労務量の増加との関係は図-19のようになり、 $P=90\%$ と仮定すると、式(7)、(8)から入れ替わりが無かった場合に対して1.46倍程度の労務投入量の増加があったと考えられる。

4.4.2 作業中断の影響に関する検討

試行工事では大型ハーフPC板の製作について、作業の習熟効果により労働生産性を向上させることを目指して連続生産が図られるよう計画したが、PC板の製作工程は躯体工事の工程とリンクしているために、躯体工事や他の作業の遅れ、および降雨等から作業が数回中断した。この作業中断が労務投入量に与える影響について、式(14)に示す M. Gates の提案式により検討した。

$$T_a = T_i + [1 - 1/\log(d+10)](t_1 - T_i) \quad \dots\dots(14)$$

ここで、 T_a : 中断後1回目の所要時間

T_i : 中断前の所要時間

X_i : 中断までの繰返し数

d : 中断日数

X_1 サイクル目に中断した場合の生産性の低下は、作業者の入れ替わりと同様に総所要時間(T_i)の増加で表現できる。図-20に示すように、繰返し数 X_1 で d 日間中断した場合の繰返し数 X_2 での総所要時間の増加比率 β は、

$$\beta = (T_1 + T_2) / T_3 \quad \dots\dots(15)$$

と表現できる。ここで、

$$T_1 = t_1 \cdot X_1^{1-n}$$

$$T_2 = T_a \cdot [X_2^{1-n} - (X_1 + d)^{1-n}]$$

$$T_3 = t_1 \cdot X_2^{1-n}$$

したがって、試行工事での作業中断状況から20日毎に1日の作業中断とモデル化すると、作業の中断と生産性の低下との関係は図-21のようになる。したがって、作業の中断がほとんど無いと想定した場合に対して $P=90\%$ と仮定した場合、式(14)、(15)から2.06倍程度の労務投入量の増加があったと考えられる。

4.4.3 PC板製作計画のための習熟率の検討

大型ハーフPC板を現場で製作する際の習熟の程度について、試行工事の調査結果に基づいて検討してきた。その結果、PC板を現場で製作する際の習熟の程度は、クルーを構成する作業者の入れ替わりの比率や時期、および作業の中断などにより変化することが分かった。

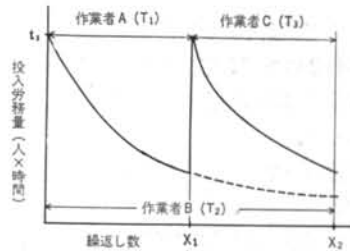


図-18 クルー内構成員の入れ替わりモデル

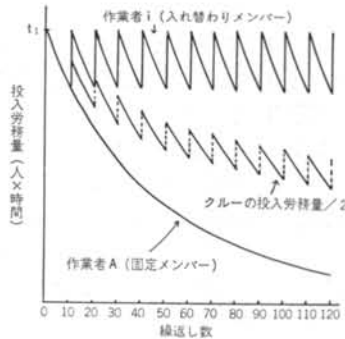


図-19 クルー内構成員が入れ替わった場合の投入労務量の変化

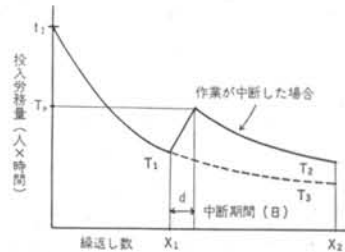


図-20 作業の中断モデル

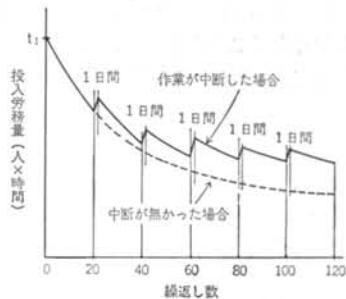


図-21 作業が中断した場合の投入労務量の変化

そこで、これらが大型ハーフPC板の製作作業の習熟率の低下に及ぼす影響の大きさについて検討した。検討は、作業者の入れ替わりと作業の中断について試行工事現場の状況をモデル化し、また、そのときの大型ハーフPC板の製作作業の習熟率を参考にし、 $P=90\%$ と仮定して式(7)により計算した。その結果、作業者の入れ替わり

りや作業の中断が全く無い場合の習熟率は約77%，作業者の入れ替わりのみが5%程度ある場合の習熟率は約85%，作業の中断のみの場合の習熟率は約81%程度であることが分かった。

今後、大型ハーフ PC 板を現場で製作する際に施工計画で採用する習熟率は、作業者の入れ替わり率5%以下か、作業の中断率が5%以下（冬季、梅雨期、農繁期等を除く時期）のような施工環境が比較的良好な場合には習熟率80~85%程度を、また作業者の入れ替わり率5%以上かつ作業の中断率も5%以上（冬季、梅雨期、農繁期等の時期）のような施工環境が悪いと考えられるときは習熟率85~90%程度を採用すると良いと考えられる。

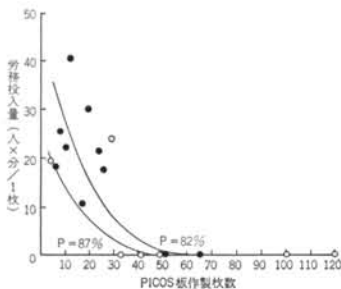
4.4.4 作業ミスの低減に関する検討

大型ハーフ PC 板を現場内で積層して製作するに当たり、出来るだけ作業の繰返し数を多くし習熟による労働生産性の向上を図るとともに、安全性および信頼性を高めるよう計画し、試行工事で実施した。この試行工事から、作業の安全と信頼性確保の基本となる作業ミスの低減について調査した結果を、以下に述べる。

試行工事現場における大型ハーフ PC 板の製作作業について作業ミスを調査するに当たり、作業ミスか否かの評価および計測は、施工計画で示した作業方法や作業手順と異なった方法や手順で作業した結果、手戻りとなった作業を作業ミスとし、その作業に要した時間を計測した。調査結果の概要を表一6に示す。

図一22に、手戻り作業に要した時間と大型ハーフ PC 板の製作枚数との関係を示す。PC 板の製作枚数が30枚程度までは、多くの手戻りのための作業時間が必要であるが、それ以降はほとんど無くなる。

すなわち、作業ミスは作業を一定回数繰返すことでほとんど発生しなくなることが分かる。このことは、大型ハーフ PC 板を工事現場内で積層して製作する作業を計



図一22 手戻り作業への労務投入量の変化

画する際、躯体工事がタクト工程に乗る以前に30枚程度の事前教育を兼ねた試行製作期間を設定することが、作業ミスの低減に有効であることを示している。

§ 5. 結論

今日の工事現場の顕著な労務集約を変革することを目的に、筆者らはプレハブ化に新しい機能を見出し、これを大型ハーフ PC 合成床板工法として具現化した。

この工法では、大型ハーフ PC 板を工事現場で積層して製作する。本論文はこの PC 板の製作作業について、最適な生産計画を立案するための論理について研究した結果をまとめたものである。この論理は、出来るだけ作業の繰返し数を多くすることにより、習熟による労働生産性の向上と安全性および品質の信頼性を確保することを基本としている。

この論理の妥当性を評価するために、大型ハーフ PC 合成床板工法を工事現場で試行する際、論理に基づいて大型ハーフ PC 板の生産計画を立て、実施した。

試行の結果、以下のことが明らかとなった。

(1)大型ハーフ PC 板の生産計画では、労務の平準化を100%に計画出来たが、試行工事での平準化の達成度は88%であった。

(2)試行工事での大型ハーフ PC 板の製作作業の習熟率は90~95%程度であった。作業者を100%平準化出来れば、試行工事のデータに基づく理論計算では、現状の方法でも77%程度まで改善できる。

(3)大型ハーフ PC 板製作での作業ミスは作業の習熟向上とともに減少し、繰返し数30程度でほぼ無くなる。

なお、大型ハーフ PC 合成床板工法を試行した床工事では、従来の床工事における型枠の組立、解体、小運搬や床板下半分の鉄筋やコンクリート工事に相当する部分での比較では、床の単位面積当たりの資源投入量で見ると、作業者では約50%減、仮設材（重量比）では約85%減、床工事工期では約50%減となっている。

試行工事から、工事現場で積層して PC 板を製作する場合の生産計画の論理の有効性と今後の課題、および課題解決のための多くの知見を得ることが出来た。また、大型ハーフ PC 合成床板工法が工事現場の労務集約を改善するために有効であることも確認出来た。今後、自然現象や社会現象にも対応できる作業平準化の論理について、さらに検討を進めることにしている。

<参考文献>

- 1) 松本信二他：“建築施工の作業計画方法に関する研究” 日本建築学会計画系論文報告集 第380号（1987年）
- 2) 室英治：“設計施工競技における 芦屋浜団地建設に関する 調査報告（現場労務工数と揚重機の使用効率）” 日本建築学会論文報告集 第313号（1982年）
- 3) M. Gates & A. Scarp：“Learnig and Experience Curves” J. of Construction Div., ASCE, Vol.98, No.1 (1972)
- 4) 田村恭他：“建築現場施工の合理化に関する研究，第一報～第五報” 日本建築学会関東支部研究報告集（1963年～1966年）
- 5) 人見勝人：“生産システム工学” 共立出版（1975年）

