

建築施工管理の合理化に関する研究

—大型型わく工法による躯体工事の計画と実施—

三 根 直 人
野 中 稔

§ 1. 緒 言

型わく工事の省力化、システム化を目的として大型型わく工法が普及しているが、実施された例について、工程、能率、および精度を詳しく調査分析した資料は少ない。本報告は型わく工事の省力化、コンクリート成形寸法の精度の向上を目的として、外周壁の型わくにAPシャタリング (All Purpose Shuttering) 工法を採用した1つの事例について、工事計画と管理、作業能率、習熟効果、精度の実態を調査し、分析したものである。

本工事の外壁はコンクリート打放しの上に吹付けタイル仕上げであったために、精度の高いコンクリート面が要求され、また設備機械の搬入時期から考えて躯体工事が工程計画上のポイントになり、その計画と管理が工事を進める上で最も重要な課題であった。したがってコンクリート工事、型わく工事に重点をおき躯体工事の計画を練った。

本報告は大きく2つに分かれ、§ 5. に型わく計画の実施最終案がまとまるまでの経過を示し、§ 6., § 7. に実施案と、実態調査の結果および考察をまとめた。

§ 2. 調査の目的

本報告はAPシャタリング大パネルを使用した大型型わく工法の施工上の問題点を明らかにするとともに、実施された工事について実態調査し、工程、能率、所要工数および型わく精度と変形量のデータを得ることを目的とする。

§ 3. 調査の項目と調査方法

i) 型わく工事を中心とした施工計画の概要

施工計画の段階から計画に参画し、実施案に至る

までの経過を調査した。

ii) 型わく工事の工程

施工計画段階で立てた日程計画をもとに実施状況をフォローし日程の調査をするとともに、基準階の詳細な工程を明らかにして16mmメモ・モーション手法を用いて各工程のタイム・スタディを行なった。

iii) 所要工数と能率

調査員を現場に常駐させ、所定の調査用紙を用いて型わく工事に関連したすべての職種について工数を調査するとともに、各階の型わく建込み面積を求め、能率、作業の習熟効果を調査した。

iv) 型わくの建込み精度と変形

トランシットを用いて型わく建込み精度と、成形されたコンクリート精度を測定調査した。

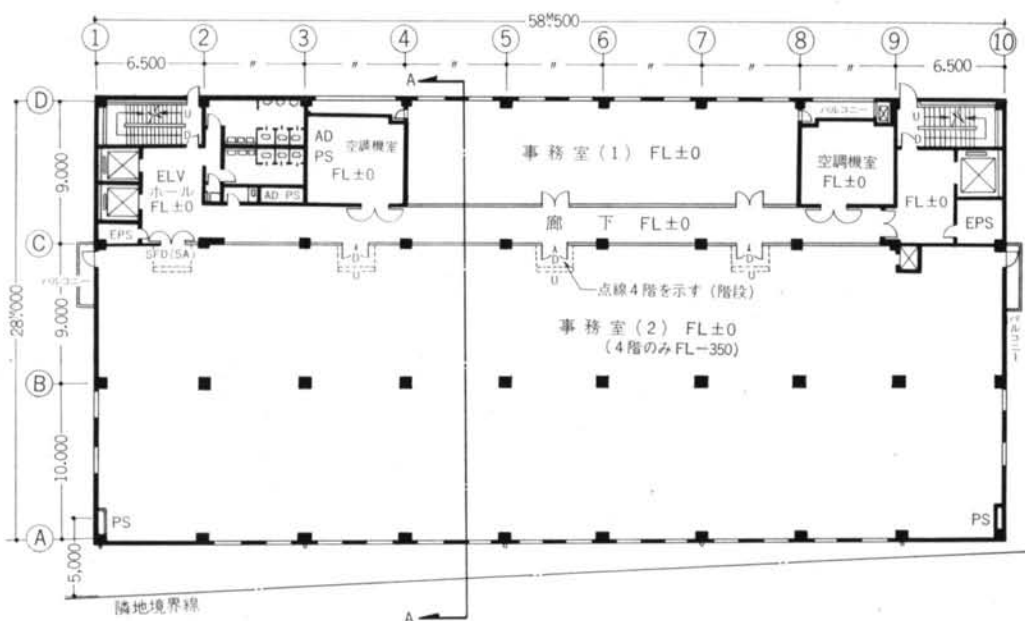
§ 4. 調査の対象および調査の概要

4.1 建物の概要

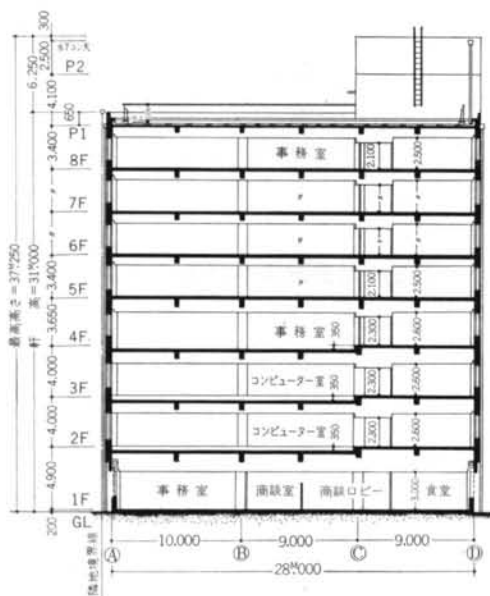
調査の対象とした建物の概要を表-1に、平面図を図-1、断面図を図-2に示す。

項 目	内 容
1. 用 途	事務所および計算機センター
2. 主要構造	鉄骨鉄筋コンクリート造
3. 規 模	敷地面積 11,341 m ²
	建築面積 1,732 m ²
	基準階床面積 1,732 m ²
	延床面積 13,958 m ²
	階 数 地下なし、地上8階
	塔屋2階
最高建物高さ	37 m
最高軒高	31 m
基準階階高	3.4 m
4. 外壁仕上げ	合板型わく打放しコンクリートの上吹付タイル仕上げ (目地付)

表-1 建物の概要



図一1 基準階平面



図一2 A-A断面

4.2 工事の概要

工事の全体工程計画を図一3に、仮設計画を図一4に示す。

§ 5. 実施案決定までの経過

5.1 施工条件

5.1.1 スランプ15cmのコンクリートの打設

外壁のひび割れを少なくする目的でスランプ15cmのコンクリートを打設するので、外周壁にコールド・ジョイントを作らないように片押しによる連続打設となり、さらに密実に締固めるために振動機を多用する。その結果型わくにかかるコンクリートの側圧は大きくなることが予想される

5.1.2 躯体工事の工期

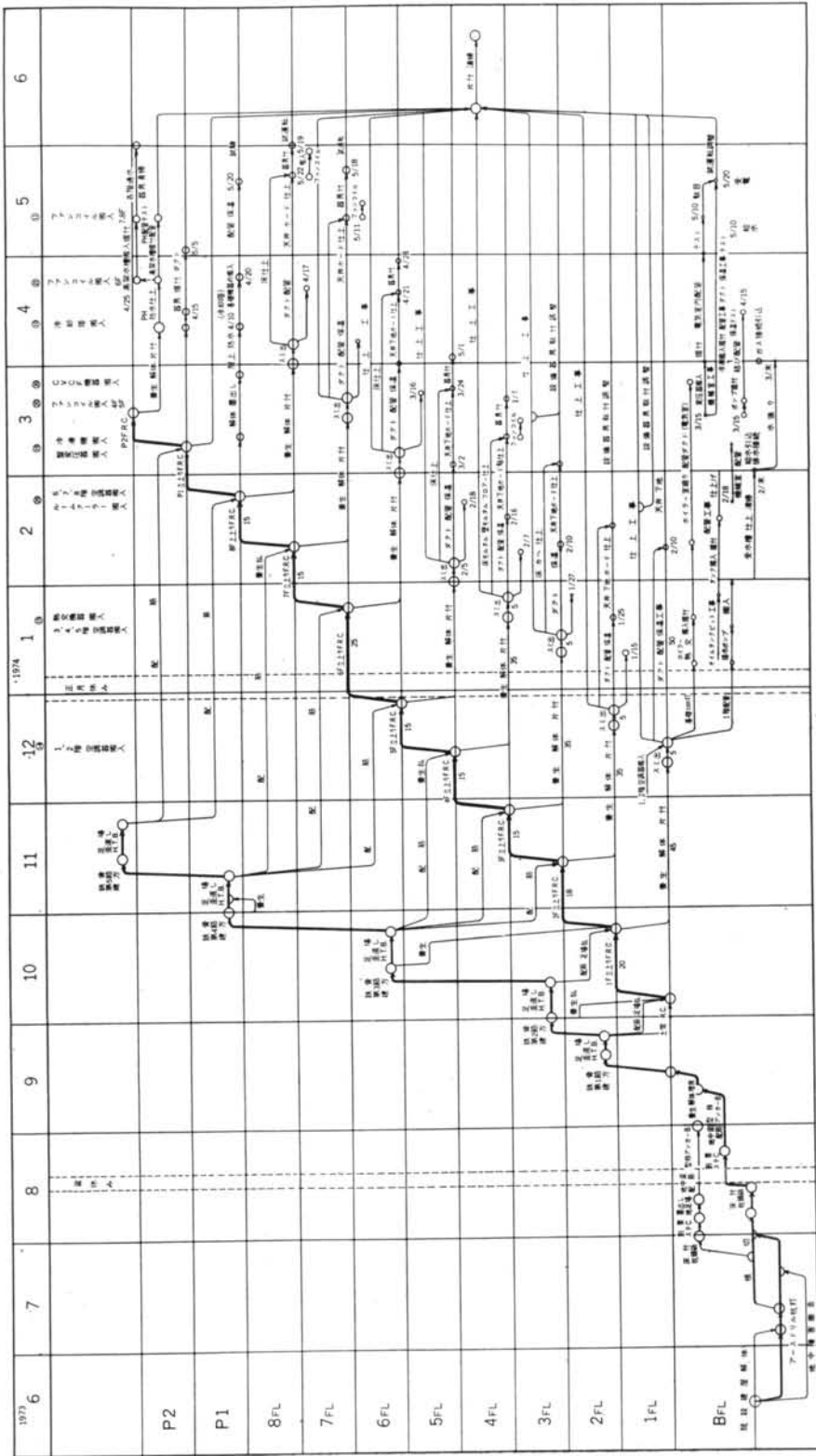
機械の搬入時期が決められている関係で、躯体完成時期が2月末、それから逆算して躯体工期を求めると1フロア15日工程となる。躯体工事の後半が正月にかかり、その時点で、大工の労務事情が悪くなると予想されるので、それ以前に型わく工程をできるだけ短縮しておく必要がある。

5.1.3 敷地の条件

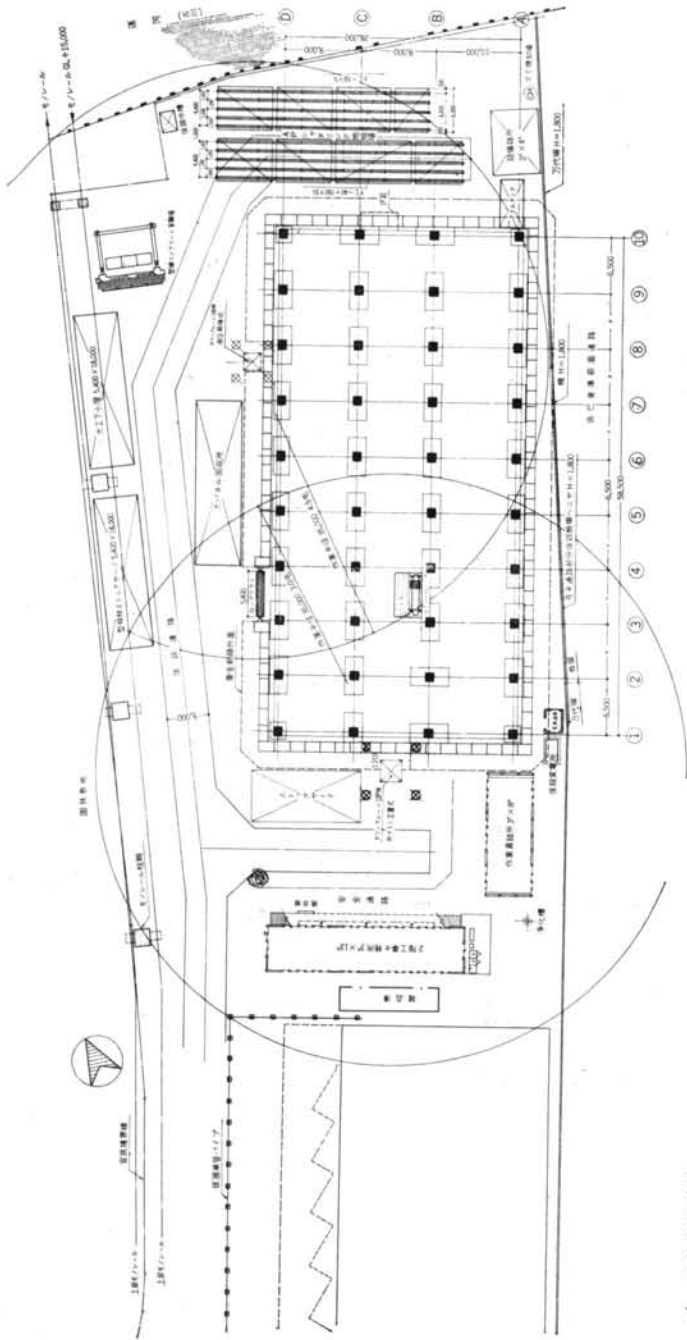
新築建物のまわりの敷地には余裕があり、資材搬出入・仮置きが楽である。また市街地から外れた地域に位置するため、資材搬入の時間的な規制も受けない。

5.1.4 外周壁の仕上げ

外周壁はコンクリート打放しの上に吹付けタイル仕上げであり、精度の高いコンクリート面が要求される。



图一3 全体工程計画



図一四 全体仮設計画

出典	推定式	最大側圧値
ACI 提案式	柱 $P = 150 + \frac{9000R}{T}$ ($P_{max} \leq 2000 \text{ psf} \approx 9.8 \text{ t/m}^2$)	9.8 t/m ²
	壁 $P = 750 + \frac{2800R}{T}$ ($P_{max} \leq 2000 \text{ psf} \approx 9.8 \text{ t/m}^2$)	9.8 t/m ²
Stuttgart 式	$P_{max} = P_0 \cdot H(H = Z \cdot R)$ (ただし $R = 0.5 \text{ m/分}$)	10.8 t/m ²
	$P_{max} = P_0 \cdot H \times 0.75$	8.1 t/m ²
PACの方法	柱 $P_{max} = P_0 \cdot H \cdot e^{-0.006t}$, $\beta \cdot (1 - \alpha)$	10.3 t/m ²
	壁 $P_{max} = P_0 \cdot H \cdot e^{-0.021t}$, $\beta \cdot (1 - \alpha)$	8.9 t/m ²

表一三 各式から推定した最大側圧値 (P_{max})

項目	記号	値
コンクリート打設速度	R	30 m/時間(100 ft/時間)
コンクリート温度	T	15°C (60°F)
コンクリートの単位容積重量	P ₀	2.4 t/m ³
コンクリートの打設高さ	H	4.5 m (14 ft)
コンクリート打込み開始から凝結開始までの時間	Z	2.5時間
コンクリート打込み所要時間	t	9分
コンクリート温度による補正係数	β	1 (安全側に見積)
鉄筋の拘束率	α	0 (")

表一四 コンクリート側圧の推定に用いた値

5.2 施工条件に対する対策

5.2.1 省力化工法の検討

躯体工期の短縮・労務節減を当面の目標として種々の省力化工法が検討された。それらの主なものは以下である。

- (1) スラブをデッキプレート敷きのうえ、コンクリート打ちとするデッキプレート工法
- (2) 外周壁と床のコンクリート打設を分離したVH工法（壁部分の施工には大型型わくを使用する）
- (3) 階段のPC化、または鉄骨化
- (4) 間仕切壁の乾式化（PC版、ALC版、軽鉄間仕切など）
- (5) サッシュ先付工法
- (6) 外周壁底、バルコニーのPC化
- (7) システム化のための型わく工事を中心としたモジュールネットワークの作成（現場を2工区に分ける）

以上に示された各省力化工法を技術・工程・コストの面から検討した結果、提案された各工法のうち最終的に以下を採用することに決定した。

- i) 階段は鉄骨化する。
- ii) 外周壁のサッシュは先付工法とする。
- iii) 現場を2工区に分け、工程をシステム化する。

5.2.2 型わく強化のためのコンクリート側圧の推定

コンクリートの側圧はいくつかの実験式を参考にして推定したが、最終的には現場で行なわれる実物大模型実験における側圧測定の結果で確認することとした。

表-2に各推定式から推定した最大側圧を示す。表-3に側圧を推定するのに用いた各値を示す。

各式より求めた最大側圧値は8~11t/m²の範囲である。図-5に実物大模型実験における側圧測定の結果（柱）を示す。

図-5ではコンクリート打設高さ2.3mまでしか示されていないが、それ以後側圧が直線的に増加すると仮定して4mの高さまで一気に打設したとすれば、最大側圧は3.8t/m²となる。型わく設計上安全を見込んで30%増

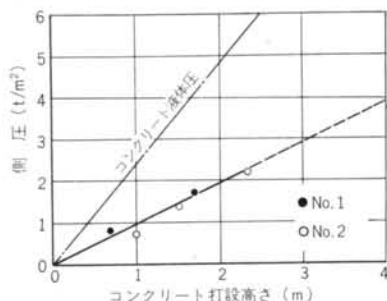


図-5 コンクリート打設高さと側圧との関係

しの側圧5t/m²を最大側圧と考えて型わくを設計した。

5.2.3 外周壁コンクリート面の放たし精度

APシャタリング工法の大型パネルを用いた場合のコンクリート打上がり精度については、過去の使用経験から実績があり、外周壁型わくにAPシャタリング大パネルを使用すれば高い精度で施工できる見通しがついた。しかし、精度に関する定量的なデータに乏しいので型わく建込み時と、コンクリート打上がり後の精度についてデータを収集することにした。

5.3 型わく計画

5.2に示した施工条件に対する対策を基本として型わく計画を練った。当初は現場を2工区に分け、さらに外周壁と内部の柱・梁・床を分離して型わく・コンクリート工事を行なうVH工法を想定して、外周壁部分にAPシャタリング工法を採用する方針に沿って計画を進めた。

5.3.1 パネル割りおよび型わく転用計画

1フロア15日工程で現場を桁行方向でA、B2工区に分割する施工計画のもとで、大パネルは1工区分を準備し、図-6に示すような転用計画を立てた。

型わく建込みの作業クレーを外周壁建込みクレー、内部柱・梁・床建込みクレーの2クレーに分け、各クレーが常にA、B両工区に組織的に配置されるように計画した。本作業システムでは各々のクレーの1サイクルは7日工程である。作業システムのモジュールネットワークを図-7に示す。

5.3.2 工程上の問題（鉄筋工程との関連）

図-7のモジュールネットワークに示すごとく、外周壁外側大パネルを建込んだ後、内側大パネルを建込むまでの間の鉄筋工事が工程的に厳しく、一時期に多くの鉄筋工が必要となり、鉄筋工の配員の変動が大きくなる。また、後打ちの床との打継用鉄筋に関連した作業も複雑で、工事を円滑に進めるためには鉄筋工を相当数確保する必要があるが、鉄筋工の不足している時点では非常に困難な問題である。



図-6 大パネルの転用計画

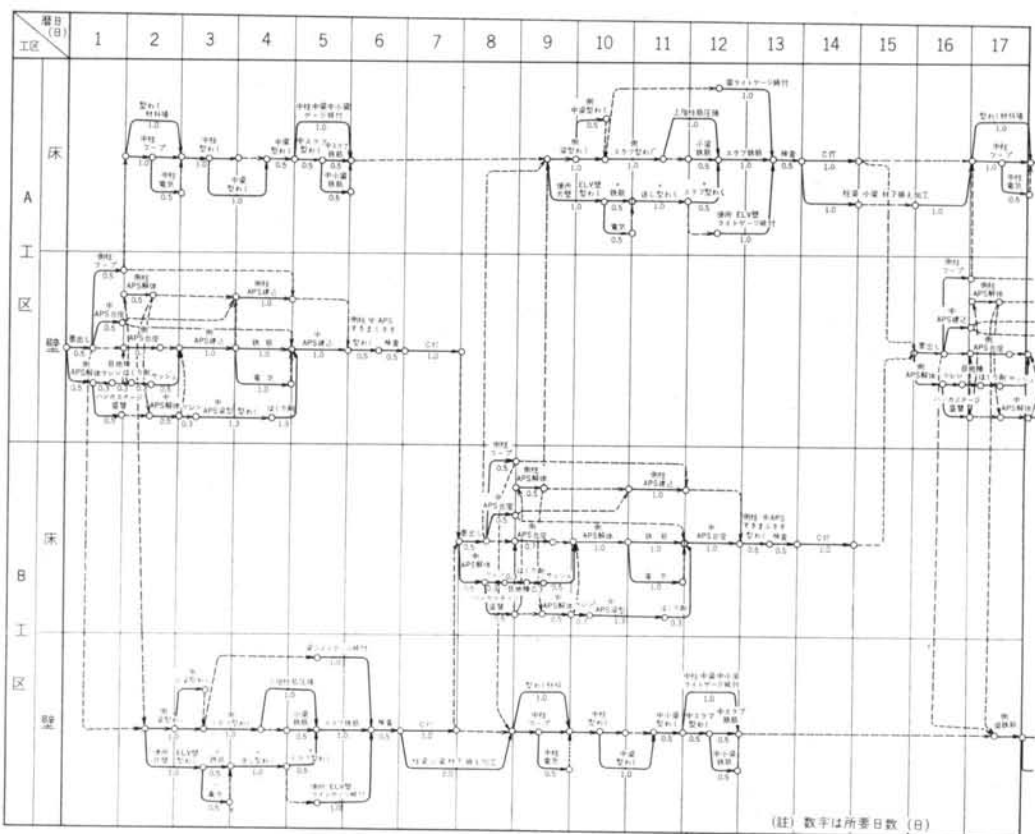


図-7 型わく工事における作業システムのモジュールネットワーク

項目	A 案	B 案
方法	鉄骨を最上層まで一気に建上げてその後コンクリート工事にかかる	鉄骨工とコンクリート工事を平行して行なう
工期	平行作業でないため、工期は単純であるが工期が増す	工期は短くなるが、工期が複雑になる
安全	上下同時作業にならないため比較的安全である	上下同時作業が多くなるため安全について十分な配慮が必要
工程		
その他	鉄骨製作工程がクリティカルになる	揚重機の稼働計画を綿密に立てる必要がある

表-4 鉄骨建方方法の比較

また、型わく工事が鉄骨建方・鉸鉸・鉄筋工事と錯綜し、上下同時作業となるため、その面からも躯体工事の全体工程の調整が必要である。特にVH工法を採用する場合、在来の仮設・段取りでは不都合な点が各所に現われてくる。ここで問題となった項目は以下である。

i) 鉄骨建方時期の選定

ii) 鉸鉸・鉄筋工事(梁鉄筋)に使用する吊足場のために内側大パネルの吊込み・取出しが難しい。

i) については表-4に示す2つの案を検討した結果、鉄骨の製作工程との関連で、表-4のB案を採用することに決定した。

ii) については以下に示す2つの対策案が検討された。

A案：在来の□型軽量型鋼(角パイプ)を使用した吊足場に代えてハイステージ足場を設け、内側大パネルの吊込み・取出しを容易にする。

B案：□型軽量型鋼(角パイプ)を使用した在来の吊足場の一部に大パネル吊込み・取出し用の開口を設け、大パネルをいったんその場に集積しクレーンで揚重する。

A案は仮設材のコストが割高となり、大パネルの吊込み・取出しのためだけにハイステージを設けるメリットは少ない。B案は吊込み・取出し用の開口部への大パネルの運搬が困難であり、大パネル工法を採用したメリットが半減する。

5.3.3 能率の予測

A Pシャタリング工法による型わく工事の能率については過去のデータに乏しいため、以前に施工したU現場

項目	U現場(実績)	本現場(見積)
パネル転用回数	26回	16回
パネル数	140ピース	40ピース
1階分建込面積	約2,000㎡	約750㎡
工程	実施 230日 不稼働 60日 170日	1~3回目 10日/回 →30日 4~7回目 7日/回 →28日 8~16回目 5日/回 →45日 103日
	シャタリング工程 170日/26回 =6.5日/回	シャタリング工程 103日/16回 6.4日/回
作業員編成	職種 作業人数 合計	職種 作業人数 合計
	鷹 吊 込 2	鷹 吊 込 2
	大工 吊 込 4 小物取付 3 締 付 2	大工 吊 込 2 小物取付 2 締 付 1
	土工 ケレン掃除 3	土工 ケレン掃除 2
	合計 14	合計 9
1人1日当りのパネル建込面積	$2000 / (14 \times 6.5) = 22 \text{㎡}$	$750 / (9 \times 6.4) = 13 \text{㎡}$
1人1日当りのパネル建込ピース数	$140 / (14 \times 6.5) = 1.5 \text{ピース}$	$40 / (9 \times 6.4) = 0.7 \text{ピース}$

表一五 U現場と本現場のAPシャタリング工法の能率の比較

のデータをもとに能率を予測した。その結果を表一五に示す。

表一五の見積りによれば、本現場の場合U現場の例に比較して能率の面からはかなり余裕があり、工程計画十分に安全側にあると考えられた。

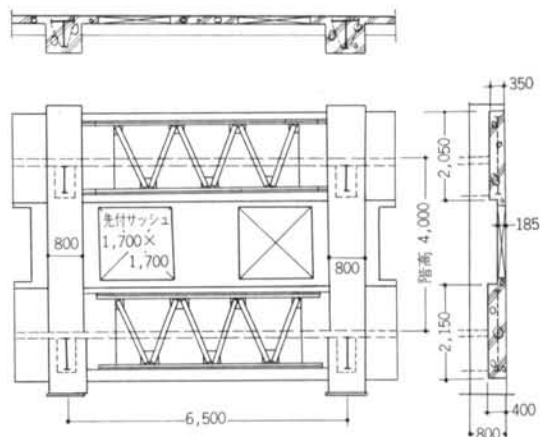
5.4 実物大模型実験とその後の検討

5.4.1 型わく建込みと脱型上の問題

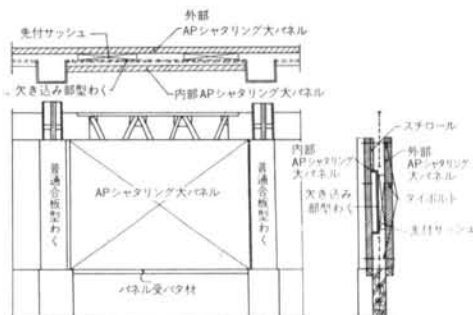
実験体は桁行方向の1スパンを現場敷地内に設けた。

図一八に実験体、図一九に型わくの建込み状態を示す。

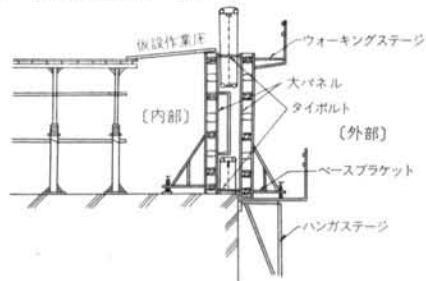
実験の結果から内側大パネルの脱型時に欠き込み部分の型わくのために脱型が困難で、無理に脱型しようとしたら欠き込み部分の型わくが破損することがわかった。欠き込み部分の型わく形式を種々検討したが、いずれも取扱いの面でAPシャタリング工法のメリットを十分に



図一八 実物大模型実験体



図一九 実物大模型実験の型わく



図一十 VH工法による場合の外周壁型わくの形式生かすものとはならず、満足できる解決案は見出せなかった。

5.4.2 コンクリート打設上の問題

実物大模型実験では外側大パネル上部にウォーキングステージを設け、コンクリート打設作業時の作業足場としたが、実施時の状況を考慮すると以下の問題がある。

VH工法による場合の外周壁型わくの施工時の状況を図一十に示す。

- i) 内部の足場がないとコンクリート打設時の作業性が悪く、またウォーキングステージのみでは、大パネル建込み時の足場としては不十分である。

ii) コンクリート圧送管の配管方法に問題がある。

5.5 VH工法を採用する上での問題点

すでに述べたように、外周壁内側の型わくをAPシャタリング大パネル工法とするにはかなり問題の多いことが確認された。指摘された問題点に対する各々の対策も十分とはいえず、APシャタリング大パネルを使用したVH工法を採用するメリットよりも、技術的・価格的なデメリットが大きいと判断されたため、VH工法を採用する件について再検討することとした。

VH工法を採用した場合のメリットとして以下があげられる。

- i) 型わく労務が削減できる。
- ii) 型わくの精度が良い。
- iii) 型わく工事の工期が短縮できる。
- iv) ハングステージを併用するので、外部作業足場が不要となる。

一方、VH工法を採用する上での障害を整理すれば以下のごとくである。

- i) 床を後打ちとした場合の打継部の鉄筋のジョイントがむずかしい。
- ii) 吊足場が邪魔になり外周壁内側大パネルの脱型がむずかしい。
- iii) 外周壁内側型わくの欠き込み部分が、脱型時に破損し、適切な対策もない。
- iv) 外周壁のコンクリート打設時の作業足場、配管足場設置の問題。
- v) 工程的に鉄筋工程に無理がかかる。

以上にあげたメリットとデメリットを比較すると、型わく工事だけを考えればVH工法を採用するメリットは大きい。が、躯体工事全体を考えればVH工法を変更する必要があるとの結論が得られた。

ここで5.1にあげられた施工条件を満足させることを考慮し、外周壁外側のみをAPシャタリング大パネル工法として、これを一般に用いられている大パネルと同じ概念で使用し、内部を在来の合板型わく工法とし、内部柱・梁・床と外周壁立上りのコンクリートを同時打ちすることで計画を練り直した。

§ 6. 実施計画

外周壁型わくの形式を図-11に示す。

本工法とAPシャタリング大パネルを使用したVH工法との違いを列挙すれば以下のごとくである。

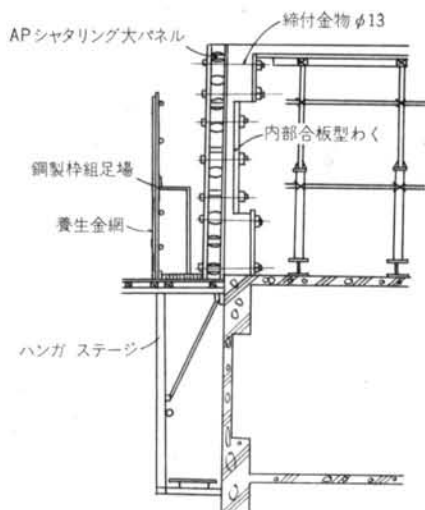


図-11 外周壁型わくの形式

部	材	材	料
外部大パネル	せき板	ラワン合板	t=12mm
	横バタ材	松	50×100 @300
	シャタリング梁	2□-60×60×2.3	@600
パネル割	はくり剤	AP-27-300H	@900
	セパレータ	S社製 鉱物油パラフィン系	
内部	セパレータ	O社製 丸セバW-1/2 (13φ)	
	サッシュ	先付工法 押え金物: O社製 S式開口部支持枠	
	せき板	ラワン合板	t=12mm
	横バタ材	□-60×60×2.3	@300
	セパレータ	2□-60×60×2.3	@600
合板型	セパレータ	O社製 丸セバW-1/2	
	せき板	ラワン合板	t=12mm
	横バタ材	□-60×60×2.3	@300
わく	根太	2□-60×60×2.3	@900
	大引	2□-60×60×2.3	@900
	支柱	鋼製支柱	PS20A
	つなぎ材	鋼製支柱使用時	□-60×30×2.3 @900

表-6 型わく使用材料

- i) 外側大パネル上部のウォーキングステージを取止めハングステージ上に鋼製わく組足場を溶接し、型わく工事にも利用できる足場とした(コンクリート打設時のたたき作業用足場も兼ねる)。
- ii) 19φタイボルトを取止め13φ締付金物とし、金物間隔を600mm×900mmとした。

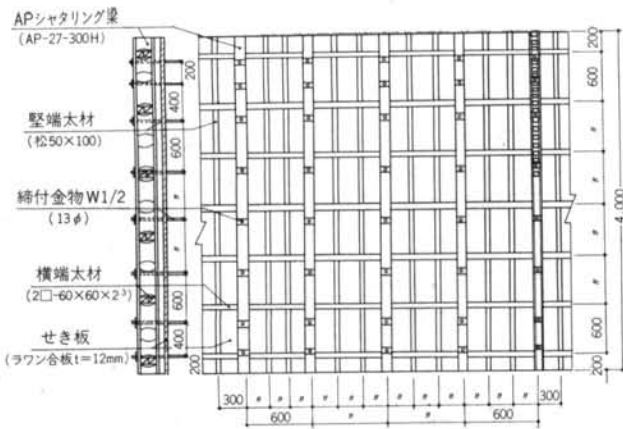


図-12 APシャタリング大パネル



図-13 基準階1工区分の型わく工程

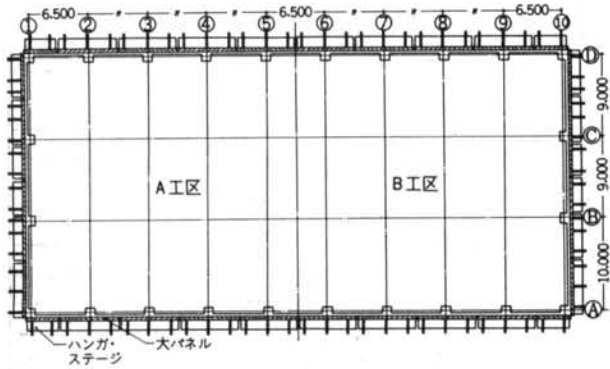


図-14 大パネルとハンガーステージの割りつけ

iii) APシャタリング大パネルのベースブラケットを取止めた。

本工法の型わく使用材料を整理し、表-6に示す。

APシャタリング大パネルを図-12に示す。

図-13に基準階1工区分の工程を示す。

VH工法で計画した時点においては大パネルを1工区分のみ準備しそれを転用する方式としたが、コンクリート打設後の養生(コンクリート打設時期が冬期<10月~2月>にかかると、翌日脱型は不可能なため2~4日養生する)を考慮して、工程に支障をきたさないように大パネルは1階分(28ピース)準備する。図-14に大パ

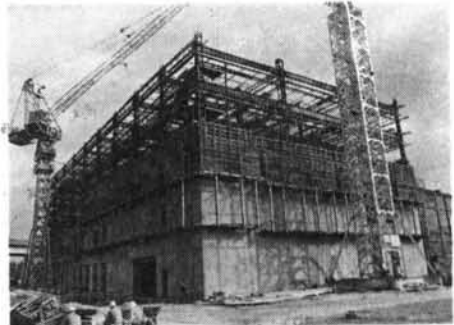


写真-1 APシャタリング大パネルの建込み状態

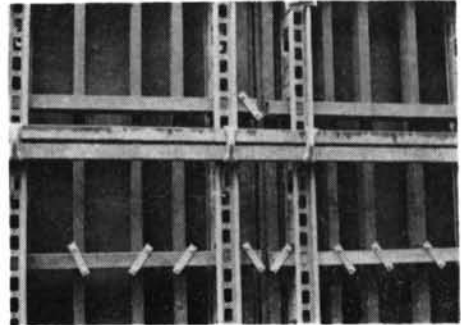


写真-2 大パネルの詳細

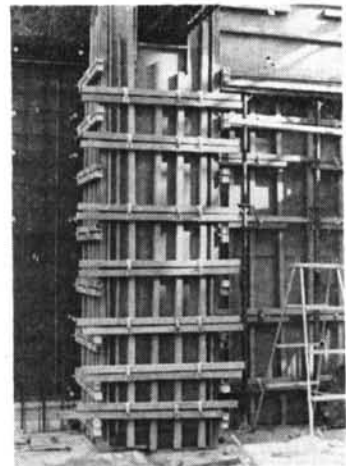


写真-3 外周壁内部の合板型わくパネルとハンガーステージの割りつけを示す。

§ 7. 調査結果と考察

§ 5. に述べた経過を経て実施された工事について、以下に示す観点から実態調査した。

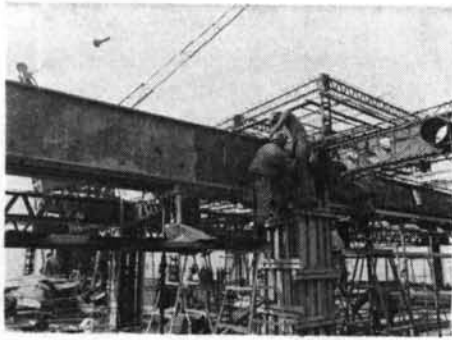


写真-4 内部柱・梁の型わく建込み状況

- i) 実施工程
- ii) 所要工数と能率
- iii) 型わくの建込み精度とコンクリートの成形精度

写真-1にAPシャタリング大パネルの建込み状態を、写真-2に大パネルの詳細を示す。写真-3は外周壁内側の合板型わく、写真-4は内部柱・梁の型わく建込み状況である。

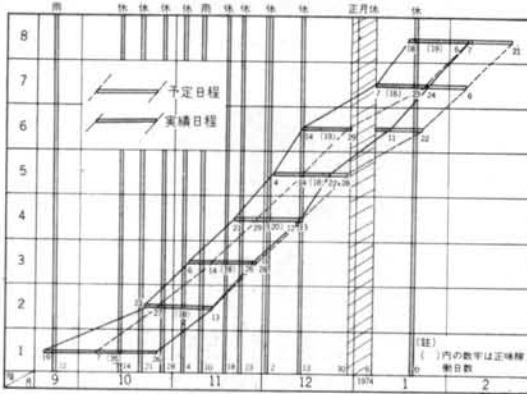


図-15 型わく工事の予定と実績との日程比較

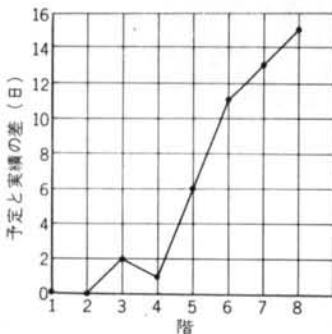


図-16 各階のコンクリート打設日の予定と実績との差の推移

7.1 実施工程

7.1.1 日程

図-15に型わく工事の日程の予定と実績を比較して示す。

図-15によれば階を追うごとに実績が予定を早まる傾向にあり、各階のコンクリート打設日についてみれば、最終的に日程を15日短縮している。図-16に各階のコンクリート打設日の予定と実績（予定日-実績日）の差の推移を示す。

図-16から、5階をさかいに日程が急激に早まりはじめていくことがわかる。図-16の実績は各階の工程をA工区の型わく下拵え開始日からB工区のコンクリート打設日までの工程であらわしたが、実際にはA、B両工区の作業がラップしているために工事の進捗状況を適確にあらわしていない。ラップした部分を適確にあらわすため図-17に各階、各工区の工程を「材料下ごしらえ」、「建込み」と「コンクリート打設までの余裕期間」にかけて示した。また表-7に各工区の不稼働日数を除いた日程の内訳を示す。

図-17から1階の建込み日数が他の階に比較して多いことがわかる。2階以後徐々に日程を縮め、6階でい

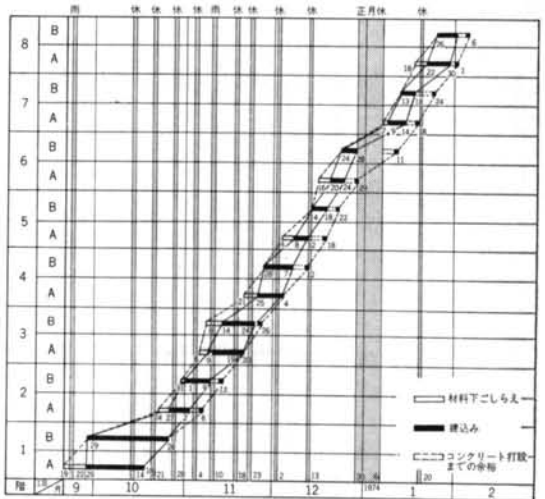
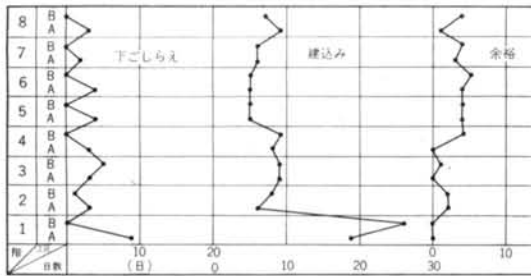


図-17 各工区の実績工程

工程	1		2		3		4		5		6		7		8		合計	1工区 当り平均
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B				
下ごしらえ	9	0	3	1	3	5	3	0	4	0	4	0	2	0	3	0	37	2.3
建込み	18	25	6	8	9	9	8	9	5	5	5	5	6	6	9	7	140	8.8
C打までの余裕	0	0	2	2	0	1	0	4	4	4	4	5	3	4	1	4	38	2.4
合計(C打1日含)	28	26	12	12	13	16	12	14	10	14	11	12	11	14	12		C打16日含 231	14.4

表-7 不稼働日を除いた各工区の日程の内訳



図一18 「材料下ごしらえ」、「建込み」、「余裕」の所要日数の階別変動

ったん安定し、7、8階で多少乱れている。

表一6に示すごとく、コンクリート打設日を1日含んだ1工区当りの平均所要工数は14.4日である。またコンクリートが打設され型わくを建込める状態になってからの実際の建込み日数は1工区平均8.8日で全日数の61%、下ごしらえには1工区平均2.3日(16%)、床配筋、電気配管工事のための余裕期間が2.4日(16%)である。

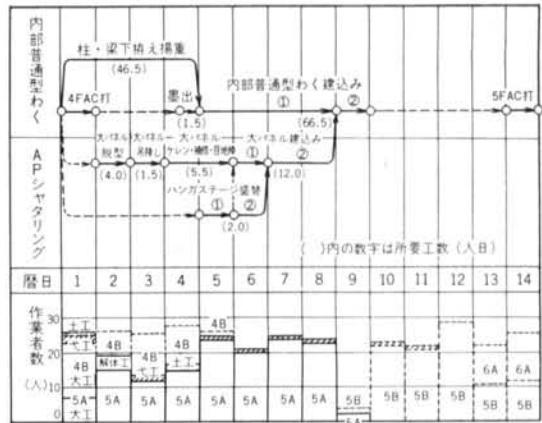
図一18に各工区の「材料下ごしらえ」、「建込み」、「型わく建込み後のコンクリート打設までの余裕」のおおのの所要日数の変化を示す。

B工区の「材料下ごしらえ」工程の日数がほとんどないのは多くの場合、A工区の下ごしらえ時にB工区の建込み分も同時に行なうためである。建込み日数および建込み後の余裕は、5、6階でいったん安定している。これは作業に慣れ工程が軌道に乗ったことを示しているが、その後再び多少の乱れがみられる。これはその間に正月休みをはさんだため、いったんリズムに乗ったペースがくずされたためと考えられる。また、8階にはパラペットなど屋上工事に関連した細かい作業が多いためと考えられる。

図一15のように1工程をA工区の開始からB工区のコンクリート打設までとして表わした場合に1工程20.5日であったものが、1階を2工区に分割し、タクト方式によるシステム工法を採用したことで図一17および表一6に示されたとおり、1工区当り14.4日で予定の15日を下回っている。このことからシステム工法を採用したことが日程管理の上で有利に働いたことがよくわかる(配員安定化のメリットについては後述する)。

図一17および図一18に1階の工程が大幅に遅延していることが示されているが、その原因として以下が考えられる。

- i) APシャタリング工法が本工事を担当した大工にとって初めての経験であったために大パネルの下ごしらえ、建込みに手間を要した。
- ii) 階高が4.9mと大きかったために床の建込み作業



図一19 基準階における型わく建込み工程と毎日の作業人数の変化の例(5階A工区の例)

に手間を要した。

- iii) APシャタリング大パネル設置用の基礎造りに手間を要した(2階以後はハンガステージ上に大パネルを設置)。
 - iv) 型わく建込み面積が他の階に比較して約30%多かった。
- また、型わく工事の全体工期が予定に比較して短縮した原因として以下が考えられる。
- i) コンクリートの手配が順調であった。
 - ii) 敷地に余裕があったために材料のストックが自由で、材料待ちによる工事の遅れがなかった。
 - iii) 天候にめぐまれ雨天による不稼働がほとんどなかった(型わく工事全期間を通して雨天による不稼働日は2日)。
 - iv) 型わく建込みの作業能率がよかった。

7.1.2 型わく工事の細部工程

当初の計画時点の型わく工事の基準階工程を図一13に示したが、実施工程は各階で多少変化した。作業が安定しはじめた時点の基準階の型わく工程を図一19に示す(図一19は5階A工区の例である)。

5階A工区の場合、14日工程で本工事の平均的な日程である。1フロアを2つの工区に分けシステム工法を採用したことで両工区で平行作業が可能となり、1つの工区で作業人数は日々変動するが全体の作業人数は図一19に示すごとく毎日ほぼ平均している。1つの工区のみについてみれば、工程の前半は柱・梁材の下ごしらえおよびAPシャタリング大パネル建込みに関連した作業で、後半は内部の合板型わく建込み工程で、この段階に作業者が集中している。10日目以後は鉄筋・電気・設備工事のために十分な余裕期間がある。

作	業	職 種	人数	所 要 工 数		所 要 時 間		合 計 (人分)			
				(人分/㎡)	(人分/ピース)	(分/㎡)	(分/ピース)	(人分/㎡)	(人分/ピース)		
外周壁 A P シヤタリ ン グ 工 程	建込み 準 備	ケ レ ン 除 掃	土 工	1	0.25	5.79			4.05	62.92	
		は く り 剤 塗 布	"	1	0.20	4.83					
		目地棒取付	墨 出	大 工	1	0.25	5.70				
			取 付	"	1	1.05	24.46				
		窓 わ く 取 付	"	1	1.83	10.60					
	吊り込み	高 クレーン	台 付	高 工	1	0.18	3.14	0.06	1.57	(分/㎡)	(分/ピース)
			吊 り 込 み	クレーン	1	0.09	2.15	0.09	2.15		
			取 付	大 工	3					(0.35)	(8.95)
			ブ ー ム 戻 し	高 工	2	0.70	18.10	0.14	3.62	鷹3名として	
		大 工	位 置 決 め パ ネ ル 固 定 セ パ レ ー タ 設 置	クレーン	1	0.07	1.63	0.07	1.63	1.05人分/㎡	25.02 人分/ピース
	"			2	0.17	4.46			0.59	15.82	
	"			2	0.15	3.97					
	大 工	"	1	0.27	7.39						
	脱 型	セ パ レ ー タ 外 し 型	解 体	解体工	1	1.73	44.93			1.95	51.33
			"	"	1	0.22	6.40				
	吊り降し	台 付 脱 り 降 し ブ ー ム 戻 し	高 工	高 工	2	0.12	2.70	0.06	1.35	(分/㎡)	(分/ピース)
			"	"	2	0.06	1.38	0.03	0.69		
			ク レ ー ン	クレーン	1	0.10	2.35	0.10	2.35	(0.24)	(5.79)
			"	"	1	0.06	1.42	0.06	1.42	0.34人分/㎡	7.85 人分/ピース
	ハンガ ス テ ー ジ 盛 替 え	台 替 付 え ブ ー ム 戻 し	高 工	高 工	2	0.42	11.36	0.21	5.68	(分/㎡)	(分/ピース)
"			"	2							
ク レ ー ン			クレーン	1	0.24	6.63	0.08	2.21	(0.37)	(10.07)	
"			"	1	0.08	2.18	0.08	2.18	0.74人分/㎡	20.17 人分/ピース	
パネル 解 体	セ キ 板 解 体 シ ヤ タ リ ン グ 梁 解 体	大 工	大 工	1	4.68	121.68			13.33	346.58	
		"	"	1	8.65	224.90					
内 部 合 板 型 わ く 工 程	下 ご し ら え	ベ ニ ヤ 切 断 パ ネ ル 組 立 て	大 工	大 工	1	0.55	1.82		6.92	22.86	
			"	"	1	6.37	21.04				
	柱	せ き 板 建 込 み	墨 出 し 加 工 建 込 み	大 工	大 工	1	2.85	20.92		13.59	104.26
				"	"	1	5.76	42.28			
		支 保 工 設 置	小 運 搬 置	"	"	1	1.60	13.21			
				"	"	1	3.38	27.85			
	梁	せ き 板 建 込 み	諸 段 取 底 側	大 工	大 工	3	3.56	61.66		19.88	201.72
				"	"	3	8.31	35.41			
		支 保 工 設 置	梁	"	"	3	5.97	77.90			
				"	"	1	2.04	26.75			
	小 梁	せ き 板 建 込 み	諸 段 取 底 側	大 工	大 工	2	3.93	33.33		22.97	93.33
				"	"	2	13.19	24.00			
		支 保 工 設 置	梁	"	"	2	4.20	28.00			
				"	"	1	1.65	11.00			
	サ ッ シ ュ 先 付 け	サ ッ シ ュ 取 付 け 押 え 金 物 取 付 け	大 工	大 工	2	4.01	11.60		8.12	23.48	
			"	"	2	4.11	11.88				
	外周壁 返 し 壁	壁	せ き 板 建 込 み 支 保 工 設 置	大 工	大 工	2	7.76	88.95		10.92	347.95
				"	"	2	3.16	36.30			
		梁 型	せ き 板 建 込 み 支 保 工 設 置	大 工	大 工	2	14.39	149.20		21.48	
				"	"	2	7.09	73.50			
床	サ ポ ー ト 建 込 み	小 運 搬 段 取 建 込 み	大 工	大 工	2	0.73			5.29		
			"	"	2	1.69					
	根 太 材 設 置 せ き 板 設 置	設 置	"	"	1	0.27	0.44				
			"	"	1	2.60					

表一8 型わく工事における各作業の所要工数

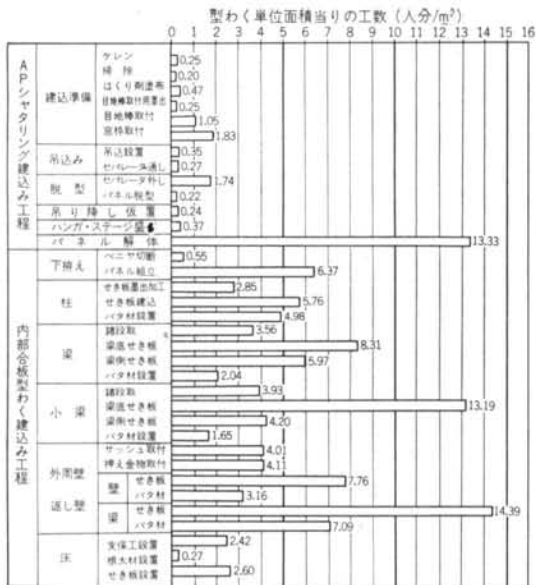


図-20 各作業の型わく単位面積当りの所要工数の比較

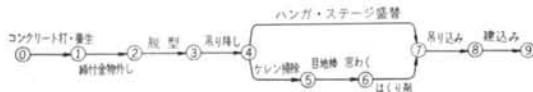


図-21 APシャタリング工程の作業手順

すでに述べたごとく5階A工区は工程が安定しはじめた時期で、内部の合板型わく建込み工程が5日間、型わく建込み完了後の余裕は4日間である。型わく工事の建込み能力がこのように良かった原因として以下が考えられる。

- i) 大工の技能レベルが高かった。
- ii) 現場をA, B 2工区に分けシステム工法を採用したため作業者のあそびがなくなり、また、繰返し回数も多くなり習熟効果が促進された。
- iii) クレーンが各工区に1基ずつ合計2基設置されていたため大パネル、材料の揚げ降しがスムーズであった。
- iv) 敷地に余裕があったためAPシャタリング大パネルの仮置きが楽で、作業がスムーズに進められた。
- v) 鉄筋工程が順調で型わく工程を阻害することがなかった。
- vi) APシャタリング工法を採用したことで外周壁工程がスムーズに運んだ。
- vii) APシャタリング大パネルを1階分準備したため大パネルの転用に余裕が持てた。
- viii) 正月前後の滞省時期に大工を確保できた。

7.1.3 型わく工事の細部工程における所要工数

(1)各工程の所要工数

作業 項目	作業				合計
	台付	脱型	吊り降し	ブーム戻し	
最大値	2.50	1.00	3.25	2.25	8.00
最小値	0.75	0.25	1.75	1.00	4.25
標準偏差	0.60	0.28	0.53	0.45	1.42
平均値	1.35	0.68	2.35	1.42	5.80
平均の区間推定	1.35±0.40	0.68±0.18	2.35±0.35	1.42±0.30	5.80±0.93
平均値の割合 (%)	23.3	11.7	40.5	24.5	100.0

平均の区間推定は信頼度95% (単位:分/ピース)

表-9 大パネル吊り降し作業のクレーン稼働分析結果

作業 項目	作業				合計
	台付	吊り込み	取付	ブーム戻し	
最大値	2.50	6.00	6.67	3.08	12.83
最小値	0.92	0.83	2.33	0.50	5.25
標準偏差	0.65	1.33	1.25	0.87	2.50
平均値	1.57	2.15	3.62	1.63	8.97
平均の区間推定	1.57±0.38	2.15±0.77	3.62±0.72	1.63±0.50	8.97±1.45
平均値の割合 (%)	17.5	24.0	40.4	18.2	100.0

平均の区間推定は信頼度95% (単位:分/ピース)

表-10 大パネル吊り込み作業のクレーン稼働分析結果

作業 項目	作業				合計
	台付	盛替え	ブーム戻し	合計	
最大値	9.75	4.50	2.75	15.25	
最小値	1.75	0.75	1.50	5.25	
標準偏差	2.35	1.15	0.48	2.72	
平均値	5.22	2.02	2.00	9.24	
平均の区間推定	5.22±1.50	2.02±0.73	2.00±0.30	9.24±1.73	
平均値の割合 (%)	56.5	21.9	21.6	100.0	

平均の区間推定は信頼度95% (単位:分/ピース)

表-11 ハンガステージ盛替え作業のクレーン稼働分析結果

細部工程について型わく単位面積(大パネル工程については大パネル1ピース当りに対しても)当りの所要工数をメモ・モーション手法(16mm)を用いてタイム・スタディした。メモ・モーションの撮影間隔は1コマ5/100分(3秒)とした。表-8に分析結果を示す。

図-20に各作業の型わく単位面積当りの工数の比較を示すが、内部の合板型わく建込み工程の各作業に比較してAPシャタリング工程に関連した作業の所要工数の小さいことがわかる。この結果は大パネル工法を採用したメリットをはっきりと示している。しかし大パネル解体工程にはかなりの工数を要している。また、本調査では測定できなかったが、大パネル下ごしらえ工程は解体工

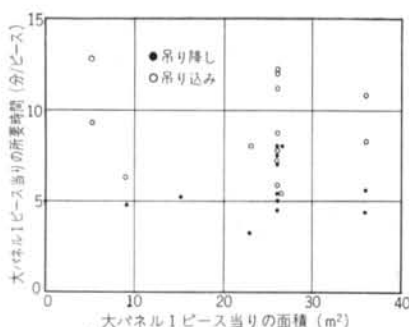


図-22 大パネル面積と1ピース当りの所要時間との関係

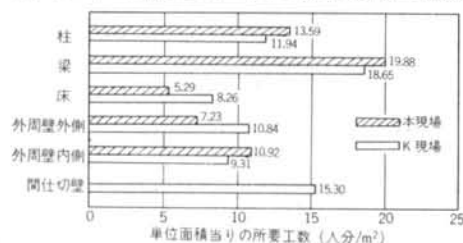


図-23 各部位の型わく単位面積当りの所要工数の比較
程以上の工数を要するであろうことが推定できる。

(2) A P シャタリング工程の分析

基準階におけるA P シャタリング大パネル建込みの作業手順を図-21に示す。

図-21のフロー・チャートで、③-④、③-⑦、⑦-⑧はクレーンを主体とした作業である。これらの作業におけるクレーンの稼働分析結果（8階A工区の作業について測定）を表-9～11に示す。結果は大パネル1ピース当りの所要時間で表わした。

図-22に大パネル面積と建込み所要時間の関係を示すが、これからは大パネルの面積と所要時間の間に相関関係は認められない。

7.1.4 各部位の所要工数

図-23に各部位の型わく建込み所要工数を比較して示す。参考に他現場（Kビル：SRC造、事務所ビル）の調査結果も示す。

部位別工数の大小関係は、K現場とほぼ同じ傾向である。梁が最も大きく床が最も小さい。外周壁外側がK現場より少ない理由は、A P シャタリング大パネル工法による工数の低減があらわれたものと考えられる（K現場の外周壁は幅900mm×高さ3,300mmのパネルを使用した）。

7.2 全階を通しての所要工数の調査

各階の型わく建込み面積を表-12に示す。

7.2.1 平均能率と平均所要工数

1～8階を通して各職種、各工程の平均能率と平均所要工数をA P シャタリング工程と内部の合板型わく工程

階	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
内外周壁側	867	708	646	708	602	602	602	602	5,337
内部合板型わく	4,973	4,212	4,064	3,792	3,638	3,598	3,598	3,858	31,733
合計	5,840	4,920	4,710	4,500	4,240	4,200	4,200	4,460	37,070

(単位：m²)

表-12 各階の型わく建込み面積

職	種	能率 (m²/人日)	所要工数 (人日/m²)	工数比 (%)
大	工	14.6	0.068	65.6
鳶	工	270.0	0.004	3.6
土	工	1,072.0	0.000	0.9
解体	工	35.1	0.029	27.4
鍛	治	346.0	0.003	2.8
統	計	9.6	0.104	100.0

表-14 各職種の平均能率と平均所要工数

にわけて表-13に示す。また表-14に型わく工事全工期を通じての各職種の平均能率と平均所要工数を示す。

表-13に示した値は各職種、各工程について全階合計工数を全階合計型わく面積で除した値である。スランブ15cmのコンクリートを打設するので振動機を多用し、コンクリートの側圧が上昇すると予想され、締付金物の締付を慎重に行ない、支保工に□型鋼端太材（ライトゲージ）に代えて□型鋼端太材（角パイプ）を用いたことで作業の負担が増し、型わくの建込み能率が低下すると考えられていたが、大工の平均能率は14.6m²/人・日で普通合板型わく建込みの平均的な能率であった。

A P シャタリング工程においては大パネル建込み（建入れ、通り、出入り直し、締付金物の締めつけなどの作業を含む）作業に全体の30%近い工数を要しており、その平均能率は23m²/人・日である。またA P シャタリング大パネルの下ごしらえ作業の平均能率は7m²/人・日(0.2ピース/人・日)であった。

A P シャタリング工程と内部の合板型わく工程を比較すると能率は前者が7m²/人・日、後者10m²/人・日で、タイム・スタディと逆の結果がでている。この理由として

- i) タイム・スタディでは不確定な段取り作業を把握していない。
- ii) タイム・スタディでは手直し、手戻りなど不定常作業を把握していない。
- iii) タイム・スタディでは午前と午後の休憩、昼休みその他の職場余裕が含まれていない。

などが考えられ、A P シャタリング工程では正味の作業よりもこれらの要素の比率がかなり大きかったと予測さ

型わく	職種	工 程	能 率		所 要 工 数		工 数 比 (%)	備 考	
			㎡/人日	ピース/人日	人日/㎡ (人分/㎡)	人日/ピース (人分/ピース)			
A P シ	大 工	大パネル建込み用基礎型わく	23	0.7	0.0438 (21.03)	1.36 (651.4)	4.8	1階 APS分面積・ピース	
		" 下拵え場造り	109	3.4	0.0092 (4.43)	0.29 (137.1)	1.0	"	
		" 下拵え	7	0.2	0.1465 (70.31)	4.54 (2177.1)	16.1	"	
		目地棒サッシュ枠取付	89	3.2	0.0112 (5.40)	0.31 (146.9)	7.6	1階 APS分面積・ピース除く	
		大パネル建込み	23	1.0	0.0428 (20.55)	1.02 (489.6)	28.9		
		" 補修	244	10.0	0.0041 (1.98)	0.10 (47.1)	2.8		
	" 解体	217	1.1	0.0046 (2.20)	0.88 (420.0)	3.1	8階 APS分面積・ピース		
	ヤ タ リ	薦 工	ハンガーステージ組立	41	1.6	0.0244 (11.73)	0.62 (296.6)	1.0	2階 APS分面積・ピース
			ハンガーステージ盛替足場板敷	88	3.8	0.0173 (5.42)	0.26 (123.7)	7.5	1階 APS分面積・ピースを除く
		大パネル吊込み	164	6.7	0.0061 (2.95)	0.15 (70.3)	4.1		
" 吊降し		145	6.3	0.0069 (3.29)	0.16 (78.4)	4.6			
シ ン グ 工 程	解体 工	大パネル脱型	79	3.3	0.0126 (6.02)	0.30 (143.6)	8.5		
		木コーン・目地棒・窓わく取除	122	5.3	0.0082 (3.92)	0.19 (93.4)	4.9		
	土工	大パネル掘除・ケレン・はくり剤	130	6.7	0.0077 (3.70)	0.15 (73.9)	4.4		
職 種 別 合 計	大 工	11	0.4	0.0952 (45.69)	2.27 (1088.6)	64.4	APSに関係した各職の総 出面 APS総面積 5,337㎡ 延ピース数 224ピース		
	薦 工	39	1.6	0.0257 (12.34)	0.61 (294.0)	17.3			
	解 体 工	48	2.0	0.0207 (9.95)	0.49 (237.0)	14.0			
	土 工	154	6.7	0.0065 (3.10)	0.15 (73.9)	4.4			
	合 計	7	0.3	0.1481 (71.07)	3.53 (1694.4)	100.0			
内 部 合 板 型 わ く 工 程	大 工	下拵え・材料掲	78		0.0129 (6.20)		13.3		
		建 込 み	19		0.0514 (24.68)		53.0		
	解 体 工	解 体	55		0.0182 (8.74)		18.8		
		針仕舞・片付・材料降し	86		0.0116 (5.55)		11.9		
	鍛 冶 工	大工相番鍛冶作業	303		0.0033 (1.61)		3.0		
	職 種 別 合 計	大 工	16		0.0638 (30.60)		66.3		
		解 体 工	34		0.0298 (14.30)		30.7		
		鍛 冶 工	303		0.0033 (1.61)		3.0		
合 計		10		0.0970 (46.52)		100.0			

表-13 型わく工事における各作業の平均能率と平均所要工数

工 程	工 数 査	タイム・スタディ	タイム・スタディ/ 工 数 査
大パネル・ケレン・掃 除・はくり剤塗	3.70	0.92	0.25
目地棒・窓わく取付	5.40	3.13	0.58
ハンガステージ盛替え	5.42	0.74	0.14
大パネル吊り込み	2.95	1.64	0.56
大パネル吊り降し	3.29	0.50	0.15
大パネル脱型	6.02	1.95	0.32
大パネル解体	2.20	13.33	6.06

(単位:人分/m²)

表-15 APシャタリング工程における各作業の工数調査とタイム・スタディの結果の比較

項目		予 定	実 績	実績/予定
能 率	単 位			
能 率	m ² /人日	13.0	8.5	0.65
能 率	ピース/人日	0.7	0.4	0.57

表-16 APシャタリング工程の予定と実績の比較

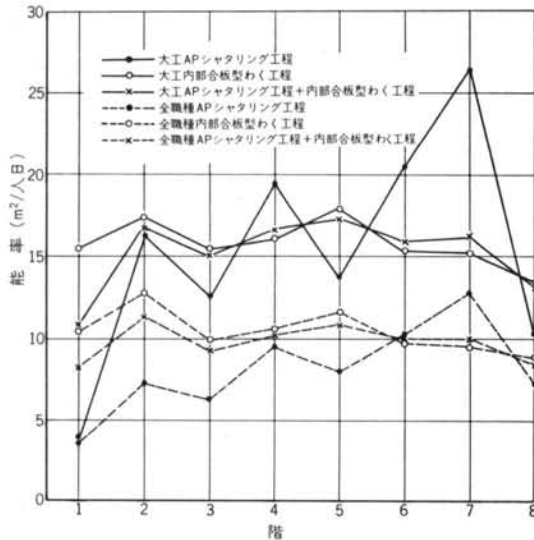


図-24 型わく工事における各階の能率変動

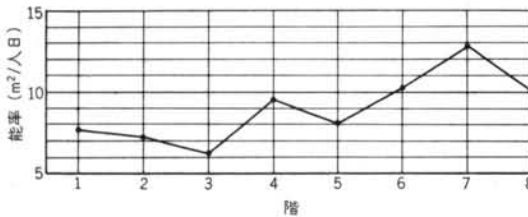


図-25 APシャタリング工程における各階の能率変動

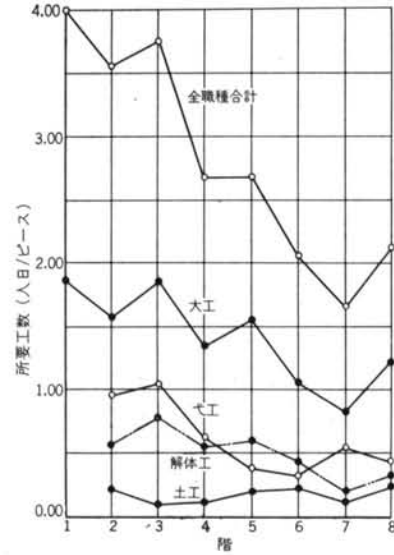


図-26 APシャタリング工程における各職種の所要工数の階別変動

れる。表-15にAPシャタリング工程における各作業の平均所要工数について、タイム・スタディの結果と工数調査の結果を比較して示す。

表-16にAPシャタリング工程における能率の予定と実績の比較を示す。表-15の予定は表-5に示した工事前の予測値である(予定値は大パネル下ごしらえに関連した工程と大パネル解体工程は含まないため、実績値もそれらを除いて同一条件にした)。

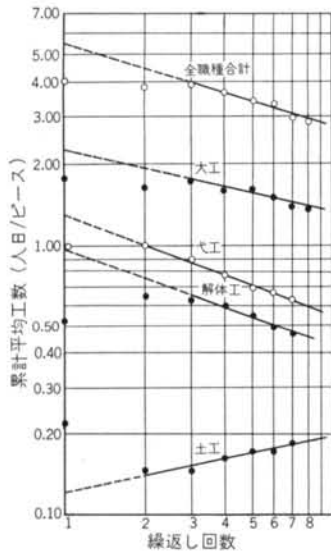
7.2.2 各階の所要工数の変化と習熟

型わく工程全体、外周壁APシャタリング工程、内部合板型わく工程おのおのについて、型わく工事に関係した全職種、大工、解体工、土工、鷹工、鍛冶工の合計工数および大工のみの工数をもとにした階別の能率の変化を図-24に示す。

図-24から内部合板型わく工程の能率は全職種合計についてみれば8.8~12.7m²/人・日、範囲3.9m²/人・日、大工13.4~17.9m²/人・日、範囲4.5m²/人・日と比較的安定しているが、外周壁APシャタリング工程に関しては、全職種合計3.5~12.9m²/人・日、範囲9.4m²/人・日、大工3.9~26.2m²/人・日、範囲22.3m²/人・日で内部の合板型わく建込み工程に比較して大きく変動しており、また全体として階を追って能率の向上する傾向が認められる。図-24ではAPシャタリング工程の1階、8階の能率が極端に低い。その要因の主なものは以下である。

1階の能率が低い理由

- i) 他の階にない「大パネル下ごしらえ」「大パネル下ごしらえ場造り」「大パネル建込み用基礎型わく



図—27 各職種の繰返し回数と累計平均工数との関係

職 種	習熟係数	習熟率	関係式
大 工	0.25	84%	$T=2.40R^{-0.25}$
大 工	0.38	77%	$T=1.30R^{-0.38}$
解 体 工	0.35	78%	$T=0.96R^{-0.36}$
全 職 種 合 計	0.31	81%	$T=5.53R^{-0.31}$

(注) T : 累計平均工数 (人日/ピース), R : 繰返し回数

表—17 各職種の習熟に関する特性値

分類	作 業 の 内 容	習熟率
I	高層事務所ビル, 地方の住宅のような普通の構造の建物の工事全体	95%
II	型わく, 電気配管, 鉄骨建方, コンクリート打設など躯体工事の作業	90%
III	石工事, 床・天井のタイル工事, 塗装工事など仕上げ工事の作業	85%
IV	トラス, 型わくパネルの製作, 鉄筋加工など工場組立ラインのような作業	80%
V	扉, 窓, 台所キャビネット, PCパネルなどの工場生産	90~95%

表—18 建築作業の習熟率

造り」工程が含まれているため所要工数が大きくなった。

8階の能率が低い理由

- i) 他の階にない「大パネル解体」工程が含まれている。
- ii) 屋上工事に関連した諸作業を含むため。

A Pシャタリング工程について全階の条件を同一にするため1, 8階のみに含まれる作業を除いた能率を図—25に示す(1階の「大パネル建込み用基礎型わく造り」

工程は, 他の階の「ハンガステージ盛替え」工程に相当するため1階の工程に含める)。

(1)各職種の習熟

図—25よりA Pシャタリング工程の能率は階を追って向上する傾向がある。これは習熟効果によるものと考えられる。習熟の問題を取扱う場合, 特性値として所要工数を用いるのが一般的であり, また, A Pシャタリング工法のような大パネルによる工法では, 型わくの単位面積当りの工数よりも大パネル1ピース当りの工数を用いた方が適当である(図—22参照)。

A Pシャタリング工程の全職種合計と各職種の大パネル1ピース当りの平均工数について階別の変化を図—26に示す。

図—26からA Pシャタリング全体工程(全職種合計), 職種別の累計平均工数は, 土工を除いて階を追うにしたがって(繰返し回数を増すにしたがって)低減する傾向が認められる。逆に土工の場合, 階を追うにしたがって多少増加する傾向がみられる。

この種の習熟はその累計平均をとると, 繰返し回数との間に指数関数関係になることはすでに知られている。今回の調査の結果も指数関数型習熟に近似できると仮定して, 職種別に繰返し回数と累計平均工数の関係を両対数グラフ上にプロットして図—27に示す。

図—27より, いずれの職種とも繰返し2~3回以後は対数線型モデルとして近似できる。土工以外の職種については繰返し回数の増加にしたがって習熟効果があらわれているが, 土工の場合繰返しを重ねるにしたがって累計平均工数が増加している。これは大パネルの転用にしたがってパネル面が損耗し, ケレン・清掃作業の負担が大きくなり, 作業量の増大が習熟効果を打消した結果と考えられる。

ここで, 図—27より習熟係数(直線の勾配), 習熟率(繰返し回数を2倍にしたときの累計平均工数の, もとの工数に対する割合), 繰返し回数 R と累計平均工数 T の関係を求め表—17に示す。

習熟率が小さいほど習熟効果は大であるが, 表—17に示されたとおり各職種の習熟率は80%前後である。表—18に, 建築作業の習熟率として報告されている例を示す¹²⁾。

型わく工事は表—18の第II類に属する作業であるが, 大パネルを使用したA Pシャタリング工法はむしろ第IV類に属すると考えられる。今回測定した結果は第IV類の習熟率に近い。

内部の合板型わく工程にはほとんど習熟効果が認められずにA Pシャタリング工程に習熟効果があらわれた要

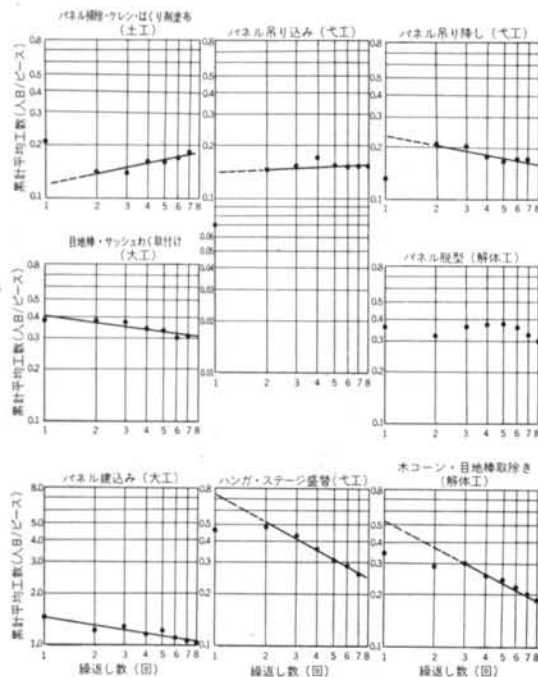


図-28 各作業の繰返し回数と累計平均工数の関係

作 業	習熟係数	習熟率	関係式
目地棒・窓わく取付	0.14	91%	$T=0.42R^{-0.14}$
大パネル建込み	0.16	90%	$T=1.45R^{-0.16}$
ハンガステージ盛替え	0.53	69%	$T=0.74R^{-0.53}$
大パネル吊り降し	0.17	85%	$T=0.23R^{-0.17}$
木コーン目地棒取除	0.45	73%	$T=0.49R^{-0.45}$

表-19 各作業の習熟に関する諸特性値

因として、APシャタリング工法が担当した作業者にとって初めての経験であったため、習熟効果が大きくなる要素を含んでいたことがあげられる。

(2)各作業の習熟

図-28に各作業の繰返し回数と累計平均工数の関係を示す。

各作業の習熟パターンも職種別の場合にほぼ類似して2~3回繰返し後に安定する傾向がある。また「大パネル吊込み」、「大パネル脱型」、「大パネル掃除・ケレン・はくり剤塗布」作業には習熟効果は認められない。習熟効果の認められる各作業の習熟係数、習熟率、繰返し回数Rと累計平均工数Tの関係を表-19にまとめて示す。

7.3 型わく建込み精度とコンクリートの精度

7.3.1 測定箇所と測定方法

測定箇所は3、4階外周壁の一部について型わく建込み完了後と、型わく脱型後のコンクリート面とした。測定は締付金物の部分(縦600mm, 横900mm間隔)としてそ

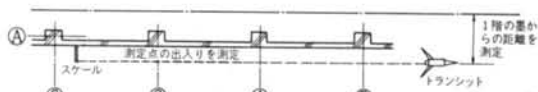


図-29 精度の測定箇所と測定方法

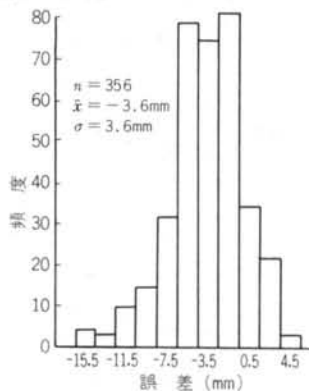


図-30 型わく面の誤差の分布

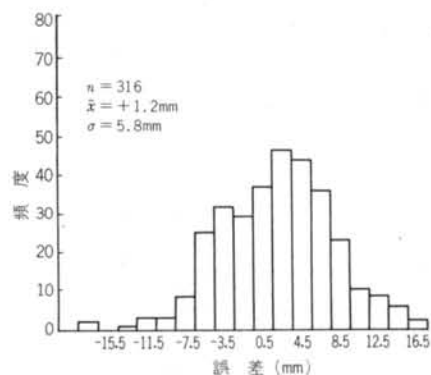


図-31 コンクリート面の誤差の分布

の凹凸を計った。

トランシットを用いて図-29に示す方法で測定した。なお、基準は1階の地墨として、型わくの精度については型わくの建込みが完了した時点で測定するためせき板合板の外側、またコンクリートの精度についてはコンクリート面を測定した。

7.3.2 測定結果と考察

建込まれた型わく精度の誤差の分布を図-30に、型わく脱型後のコンクリート面の精度の誤差の分布を図-31に示す。

正規の位置からの誤差の平均は型わく面で -3.6mm, コンクリート面で +1.2mmと型わくは建物の内側に寄っているが、コンクリート面は逆に外側に寄っている(建物の外側への誤差をプラス, 内側への誤差をマイナスで表わす)。また、その分布状態についてみれば、型わくよりもコンクリート面のばらつきが大きい(各々の標準偏差は型わく3.6mm, コンクリート5.8mmであった)。

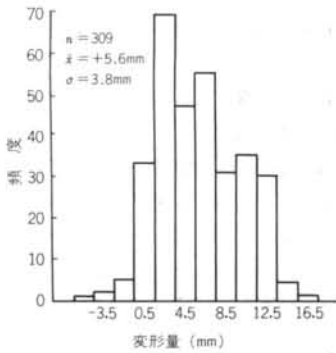


図-32 外部大パネルの変形量の分布

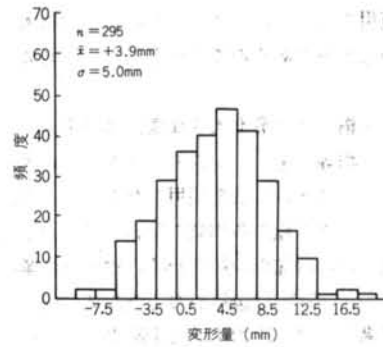


図-33 内部型わくの変形量の分布

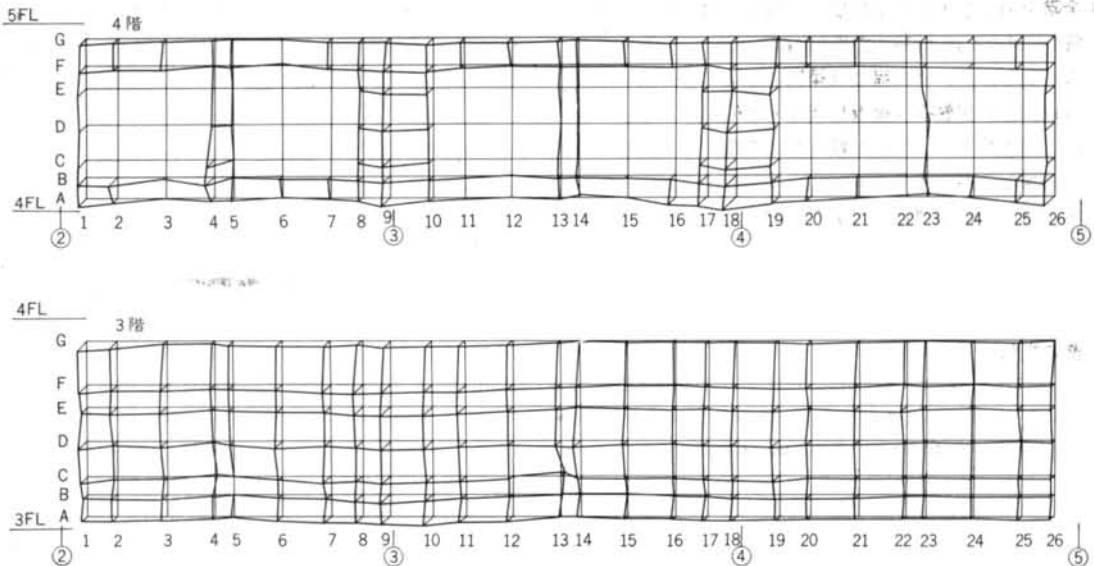


図-34 各測定点の変形パターン

型わくとコンクリート精度の差を型わくの変形量として、その分布状態を図-32に示す。変形量の平均は+5.6mmで型わくは建物の外側に変形することがわかる。図-33には同じ位置の内部の型わくの変形量の分布を示すが、変形量の平均は+3.9mmで外部の大パネルと同様に外側に変形している。これは外周壁の型わく全体が建物の外側に向かってそっくり移動したことを示している。この原因として以下が考えられる。

- i) 大パネル下部の固定が不十分であった。
- ii) 外周壁の型わくは床の型わくによって建物の内部から拘束された状態にあるために、コンクリート打設時の衝撃で外部に移動しやすい。

図-34に各測定点の変形量を40倍にして示す。

図-34より、3階、4階とも型わくが全体として外側に変形していること、②、③、④、⑤通りの柱の部分で

変形量が大きくなっていることがわかる。柱の部分で型わくの変形量が大きくなった原因として、コンクリートの側圧が、柱部分で大きくなるのが主な原因と考えられる。

§ 8. 結 言

APシャタリング大パネルを用いた型わく工事について、工程、作業能率、作業の習熟効果、型わくの精度と変形に関するデータが得られた。

それらを要約すれば以下のごとくである。

- (1) ラーメン構造では柱型・梁型などを大パネルで造作することは脱型時の破損の問題でむずかしい。また、□型軽量型鋼(角パイプ)を用いて一面に敷きつめた梁

配筋・鉋鉋用の吊足場は、クレーンによる内部大パネルの取扱いに不便であるので工法を検討する必要がある。

- (2) 予定工期を短縮できた最も大きな要因は現場を2工区に分け配員の均等化を計り、APシャタリング大パネルを使用したシステム工法を採用したことである。
- (3) APシャタリング工程の各作業の型わく単位面積当りの正味作業工数は内部の合板型わくの建込み作業に比較して小さいが、段取り、余裕が多く全作業の合計（工数調査の結果）工数で比較すると全階平均工数は0.15人・日/㎡で、内部の合板型わく工程(0.10人・日/㎡)より大きかった。
- (4) 全階を通した大工の平均建込み能率は14.6㎡/人・日、解体工の平均解体搬出能率は34.0㎡/人・日であった。
- (5) APシャタリング工程には繰返しによる習熟効果がみられ、その習熟率（繰返し回数を2倍にしたときの累計平均工数の、もとの工数に対する割合）は職種によって異なるが、APシャタリング工程全体では81%であった。これは型わく工事の一般的な習熟率（90%）

よりも工場組立ラインのそれ（80%）に近いものである。

- (6) 外周壁の型わくは、床の型わくによって内部から拘束された状態にあるために、コンクリート打設時の衝撃で型わく全体が建物の外部に向って移動する傾向がある。今回の調査ではAPシャタリング大パネルの平均移動量は5.6mmであった。また、柱の部分で変形量が大きくなるパターンを示していたが、これはコンクリートの側圧による影響が最も大きいと考えられる。

当初外周壁と床のコンクリートを分離して打設するVH工法を採用することで施工計画を練ったが、柱・梁型の多い壁面を大パネルで施工することの技術的な問題を克服できなかったためにVH工法が採用できず、APシャタリング工法のメリットが半減した。しかし、それにもかかわらず予定の工期を短縮できた大きな要因は、APシャタリング大パネルを使用したシステム工法が成功したことにある。作業に習熟効果が認められたことから考えて、パネルの転用回数が増せば、工期・労務・コスト面で有利になる。

<参考文献>

- 1) Economic Commission for Europe: "Cost Repetition Maintenance" (ST/ECE/HOU/7) United Nations, 1963
- 2) Economic Commission for Europe: "Effect of Repetition on Building Operations and Processes on Site" (ST/CE/HOU/14) United Nations, 1965