

9. 「無仮設型枠工法」の開発

崎山 和隆 島垣 利久^{*1}
井之川英正^{*1} 浅沼 章之^{*1}
森 茂樹^{*2}

要 旨

このたび、比較的スパン長が大きく階高の高い鉄骨鉄筋コンクリート造建物を対象として、経済性と大幅な工期短縮を図れる型枠工法を開発した。

本工法は、エキスパンドメタルをせき板として使用したものであり、実大施工実験および実施工によって施工性、安全性等に問題のない事を検証した。

本報告では、その開発概要と実験結果を述べる。

キーワード

無仮設工法／エキスパンドメタル／側圧／コンクリート内部温度／ノロ／施工効率

目 次

1. はじめに
2. 工法概要
3. 予備試験
4. 第1回 実大施工実験
5. 第2回 実大施工実験
6. 第3回 実大施工実験
7. 事務所建築への適用
8. ま と め
9. あとがき

9. DEVELOPMENT OF EMBEDDED FORMWORK METHOD

Kazutaka Sakiyama Toshihisa Shimagaki
Hidemasa Inokawa Sho Asanuma
Shigeki Mori

Abstract

In order to obtain savings in time and money in the construction of a relatively long span, high rise, steel reinforced concrete building, a new concrete form method was developed.

This method, which involves the use of expanded metal as form sheathing, was used in full scale trials and for actual construction and it was found to be fully satisfactory, in terms of both construction and safety.

In this report are described the outline of the development and the trial results.

* 1 東京本店建築部技術課

* 2 東京本店建築部工事課

1. はじめに

近年、型枠大工の減少や高齢化が建築業界全体の大きな問題となっており、型枠工事の合理化、省力化が緊急の課題となっている。このような社会的背景から、当社では鉄骨鉄筋コンクリート構造のく体築造に型枠用仮設材をなくして大幅な省力化を図れる「無仮設型枠工法」の開発を進めてきた。

本工法は汎用性を目標とするものではなく、量販店、工場、倉庫等、型枠の変形がある程度許容できる建物に適用するものであり、従来の合板型枠工法とは発想を異にしている。

また、合板を使用せずエキスパンドメタルを型枠材として打ち込むので、熱帯雨林の保護および産業廃棄物の発生抑制にも役立つものと考えられる。

その開発に当たり、材料強度を確認するための予備試験を皮切りに3回の実大施工実験を行った後に、事務所建物へ適用し、工法の妥当性を検証した。

第1回実大施工実験では、コンクリートの側圧・内部温度、ノロの流出量および型枠の変形量等を主に、品質および施工性に関する全般的な実験を行った。

第2回実大施工実験では、低スランプのコンクリートがノロ流出に抑制効果を持つことに着目して、コンクリート打設実験を行った。

第3回実大施工実験では、当工法を実験的に適用する建物の仕様に合わせて1面をALC版打ち込み型枠とした供試体に流動化コンクリートを打設し、コンクリートの側圧と充填状況を確認するための実験を行った。

2. 工法概要

当工法は、建物の構成部材をユニット化、プレハブ化することで、鋼管パイプやサポート類の型枠用仮設材を排し、作業場では主として組立て作業を行うだけにして、型枠に安価なエキスパンドメタルを使用することで、型枠の解体および転用作業を省いた省力化工法である。このため、SRC造の従来工法と比較して、大幅な工期短縮と経済性が図れる工法である。

柱、梁は地上の先組みヤードで鉄筋および型枠まで先組みし、壁は開口の地下枠まで工場で組み込みユニット化する。床材についても亜鉛引鉄板にラチス筋を溶接したパネル状の工場製品としてプレハブ化を図っている。

型枠は丸セパレーターに押さえ座金で留めるだけとし、鋼管パイプ等によるバタ材は使用しない。

サポートについては、原則として使用しない。しかし、工期、経済性およびく体変形の許容値によっては使用する場合もある。

なお、コンクリートの側圧によるく体表面の変形量は、50mm程度を許容限度としており、ボード類を貼る事務所等の建物で変形の許容量を小さくする場合は、セパレーターの間隔を小さくする等、型枠の拘束を高めて対応するものである。

開発に当たって、当工法が目標としている規模で試設計を行い、施工、工期およびコスト等について妥当な工法であるかどうかの検討を行った。その試設計を行った建物のキープランを図-1に、細部の納まりを図-2に示す。

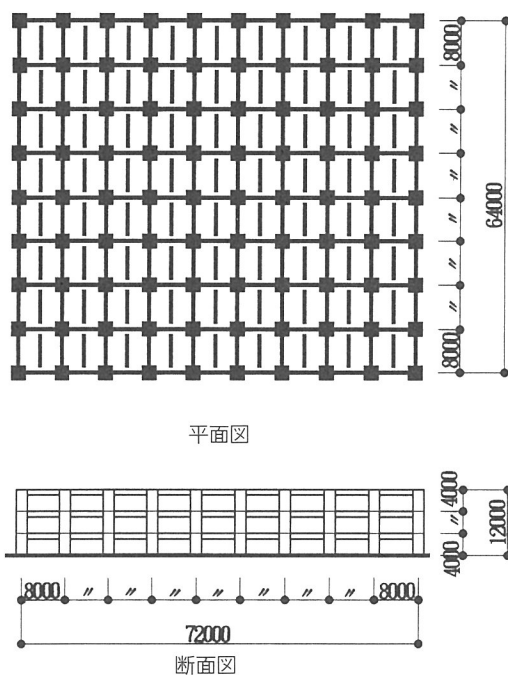


図-1 試設計建物のキープラン

3. 予備試験

3.1 目的

施工実験に先立って、型枠材として使用するエキスパンドメタルの破断強度と、型枠を定位置に留める座金の強度について確認を行った。これは、コンクリートを打設した際、型枠に加わるコンクリートの側圧に対して、安全性を検討するためのものである。

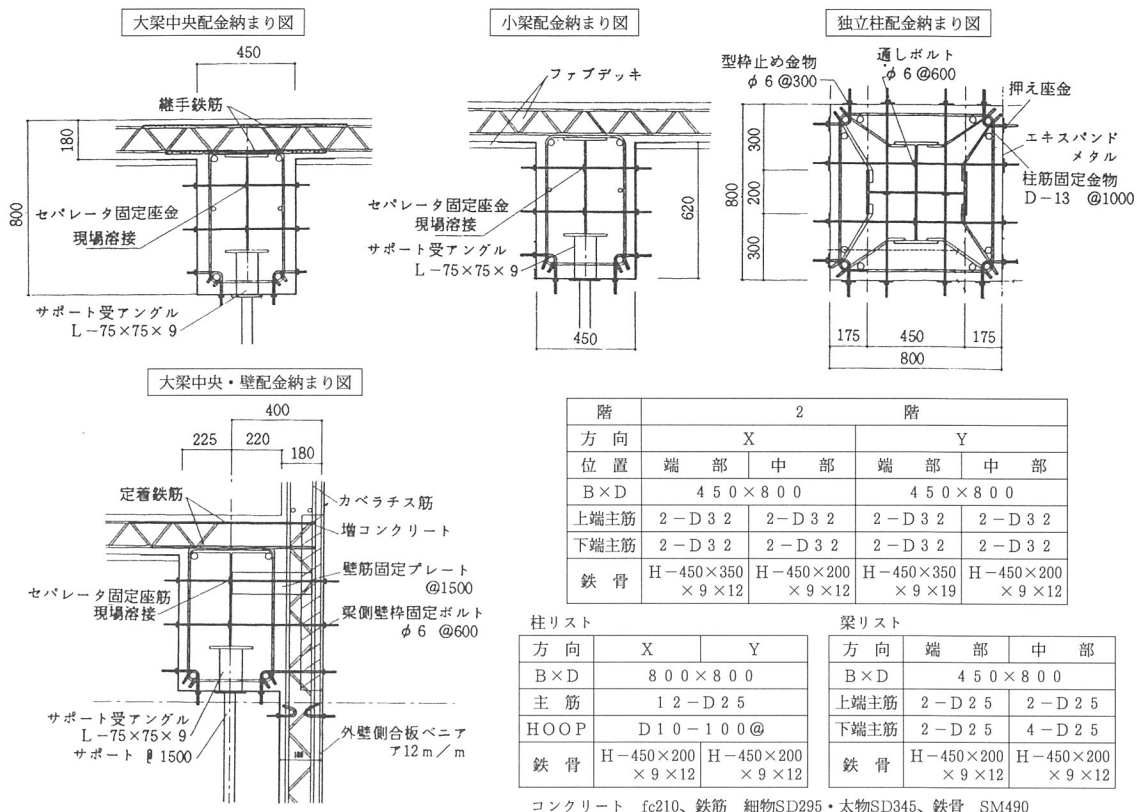


図-2 細部納まり図

3.2 使用材料

(1) エキスパンダメタル

試験に用いたエキスパンドメタルの種類を表-1に、各部の名称を図-3に示す。

表-1 エキスパンドメタルの種類

種 類 (JIS呼称)	メッシュ寸法 (mm)		ストランド寸法 (mm)		重 量 (kg/m ²)
	SW	LW	T	W	
XS 31	12	30.5	1.2	1.5	2.36
XS 32	12	30.5	1.6	2.0	4.19

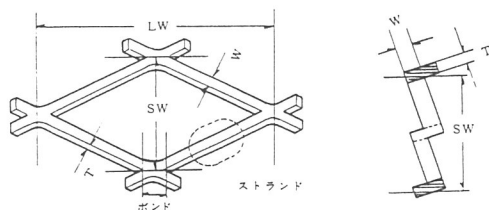


図-3 エキスパンドメタル各部の名称

(2) 座金

試験に用いた座金の種類と形状寸法を図-4に示す。

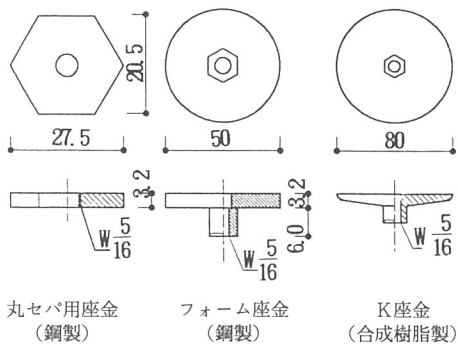


図-4 座金の種類と形状寸法

3.3 試験方法

エキスパンドメタルの破断強度試験は図-5に示すように、鋼製枠内にエキスパンドメタルを挿入しボルトで締め付けた後、丸セパレーターを中央部に貫通させ丸セパレーターの端部の雄ネジ部に各種の座金を取り付けて加力した。試験片3片を1ロットとして平均値で評価を行う。

座金の強度試験では、座金を取り付けた丸セパレーターをアムスラー試験機の耐圧板に通し、加力した。

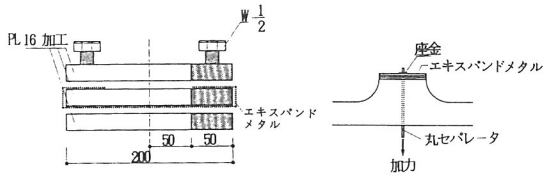


図-5 エキスパンドメタルの破断強度試験方法

3.4 試験結果と考察

エキスパンドメタルの破断強度試験結果を表-2に、座金の強度試験結果を表-3に示す。

X S 32はX S 31に比べて、ストランド寸法（メッシュの厚みと幅）が大きい分、破断強度が大きい。

座金の種別によるエキスパンドメタルの破断強度は、直径が大きくなるほど座金に掛かるストランドの数が多くなるために大きくなる。さらに、剛性の小さい合成樹脂製のものより鋼製のものを使用した方が大きな破断強度を示す。

座金の強度はエキスパンドメタルの破断強度に比べてかなり大きく、エキスパンドメタルの破断前に座金が破壊する危険は小さいといえる。

表-2 エキスパンドメタルの破断強度試験結果
(単位 kgf)

	丸セパ用座金	フォーム座金	K 座 金
X S 3 1	6 5 3	9 0 3	8 1 3
X S 3 2	8 9 0	1 3 0 3	9 4 7

表-3 座金の強度試験結果
(単位 kgf)

丸セパ用座金	フォーム座金	K 座 金
1 3 2 3	2 8 9 7	3 1 4 7

4. 第1回実大施工実験

4.1 実験の目的

実験は、実施工の計画立案に必要な資料収集を主な目的に、試設計建物の1階部分における断面寸法で鉄骨および配筋を配した柱・梁・壁の各部材について実大モデルで行った。

4.2 コンクリート材料と調査

実験に使用したコンクリート材料を表-4に、その調査を表-5に示す。コンクリートは実機プラントで製造し、製造後30分間経過してからポンプ圧送で打設を行った。

表-4 コンクリート材料

セメント	普通ポルトランドセメント、比重=3.16
水	地下水
細骨材 S ₁ S ₂	栃木県葛生産砕砂、比重=2.64、F M=3.00 千葉県印旛産山砂、比重=2.60、F M=1.90 質量混合比 S ₁ :S ₂ =70:30
粗骨材	栃木県葛生産砕砂、20mm-5mm 比重=2.67、実積率 60.0%
混和剤	A E減水剤 パリックSA

表-5 コンクリートの調査

呼び強度	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m³)					
			C	W	S ₁	S ₂	G	混和剤
210	63.0	48.0	283	178	608	260	954	2.830

4.3 試験体および測定項目

試験体の概要を図-6に示す。

柱の試験体は柱上の鉄骨梁ジョイント部を相互に接合した門型とし、2本の内1本を本実験に使用した。

型枠は柱4面の内、2面にX S 31を使用し、その1面を丸セパ用座金で、他の1面をフォーム座金で留めた。残る2面にX S 32を使用し、同様に座金の使い分けをし、エキスパンドメタルと座金の種類別による特性を調査した。さらに、合板型枠による同断面、同配筋の試験体を作成し、条件をほぼ同一にして比較を行った。

梁の試験体は、試設計による梁部材の内、鉄骨部分のジョイント間を抜き出し、単体の形状とした。型枠は両側面の1面ずつにX S 31とX S 32とを使い分け、座金はすべてフォーム座金を使用した。

壁については縮小モデルとし、合板型枠との比較を行った。

- 測定は ①コンクリートの側圧
②型枠の変形形状
③ノロの流出量
④コンクリートの強度特性
⑤コンクリートの内部温度特性

等の項目を中心に行った。

①については、丸セパレーターのひずみをワイヤストレンゲージ(W.S.G)で測定し、丸セパレーター間の中心線による面積分を側圧の受圧面積と考えて計算を行った。

②については、コンクリート打設前後の型枠面の位置をスケールで計測し、その差を変形量とした。

③については、試験体の設置床面にビニールシートを敷いてエキスパンドメタルの網目から流出したノロを受け、コンクリート打設終了後、約1時間経過してから収集し計量を行った。

④については、荷降ろし時に採取したシリンダー状供試体の強度とコア強度の比較を行った。

⑤については、試験体断面の中心部とコンクリート表面より50mm程度の深さの位置に熱電対を取り付けて、計測を行った。さらに、柱部材については上記2測定点の間での測定を追加した。

4.4 実験結果と考察

フレッシュコンクリートの性状を表－6に、硬化コンクリートの強度試験結果を表－7、表－8に示す。

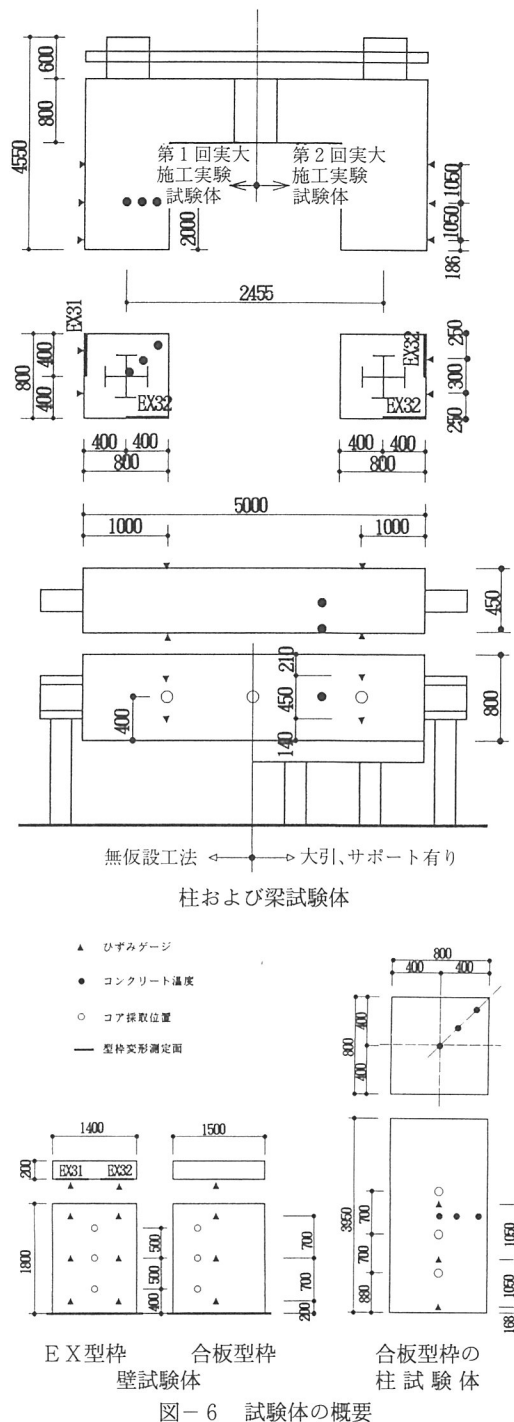
コア供試体の強度の内、柱と壁については上部、中央、下部の平均値である。コア強度は柱、壁とも合板型枠よりエキスパンドメタルを使用した型枠の強度がわずかに大きい。これは、メッシュによる脱気脱水効果によるもので、従来工法と同等以上の強度特性を有すると思われる。また、梁については、コア供試体の中にスターラップ筋が介在していたために強度が低下したものと考えられる。

柱内部におけるコンクリートの温度推移を図－7、図－8に示す。エキスパンドメタル型枠の放熱効果は顕著で、温度ひび割れや暑中期での対策に有利と考えられる。

コンクリートの側圧測定結果を表－9に示す。エキスパンドメタル型枠については、脱水量と型枠変位が大きいため、大幅に側圧が減じたものと考えられる。また、側圧の打設高さに対する比例勾配が一定ではないことから、側圧は打設高さだけではなく、多分に型枠の拘束度や変位量に影響されると考えられる。このことから、エキスパンドメタル型枠については、部分的に大きい側圧のかかるセパレーターの点在が予測され注意を要する。

コンクリート打設後の型枠変形結果を図－9、図－10に示す。型枠を拘束しているセパレーター部に比べその中間部での変形量は大きく、特にセパレーター間隔の大きい柱幅の中央は膨らみが大きい。また、ストランド寸法の小さいXS31($t=1.6$)は変形の絶対量が大きく、当工法が型枠にある程度の変形を許容しているとはいえ、実際の建物への適用は安全性の面からもためらわれる。

ノロ流出量の測定結果を表－10に示す。流出率、単



図－6 試験体の概要

位流出量とも柱、壁、梁の順位で小さくなり、部材成の大きさに比例する傾向を示している。

流出したノロを0.15mmのふるいで水洗いし、残った骨材を絶乾状態にした重量と水洗い前のノロの重量比

を残留骨材割合、ノロと残留骨材との差をセメントペーストとすると表-11に示す値となった。

写真-1に実験場全景を示す。

表-6 フレッシュコンクリートの性状

スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	スランブフロー (mm×mm)	単位重量 (kg/ℓ)
19.5	2.3	26.0	320×320	2.294

表-7 シリンダー供試体の強度試験結果

養生方法	圧縮強度 (kgf/cm ²)		ヤング係数 (×10 ⁴ kgf/cm ²)	
	7日	28日	7日	28日
標準	193	260	2.21	2.63
現場水中	192	251	2.17	2.63
封かん	181	241	2.36	2.73

表-8 コア供試体の28日強度試験結果
(kgf/cm²)

部 位	柱		梁	壁	
	合板	X S	X S	合板	X S
圧縮強度 (kgf/cm ²)	222	239	171	208	224

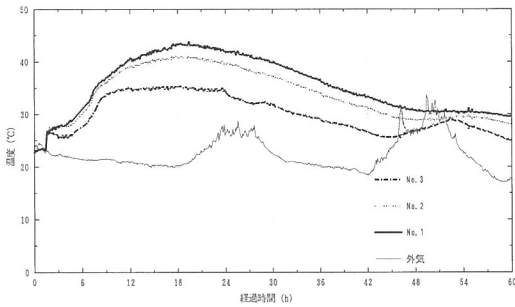


図-7 X S型枠による柱の温度推移

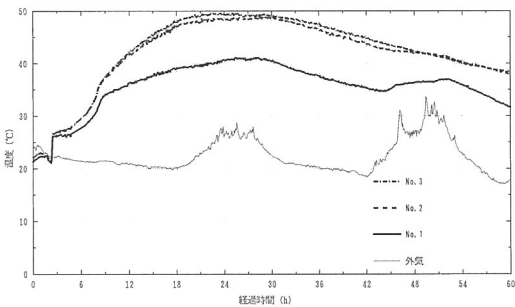


図-8 合板型枠による柱の温度推移

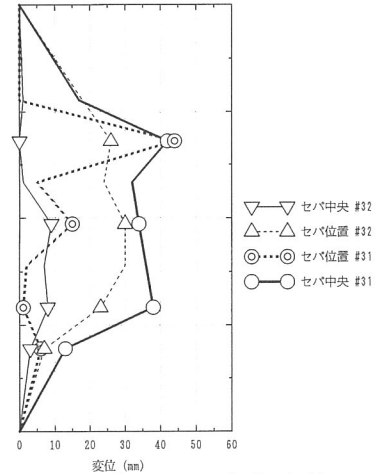


図-9 X S型枠を用いた壁面の変形

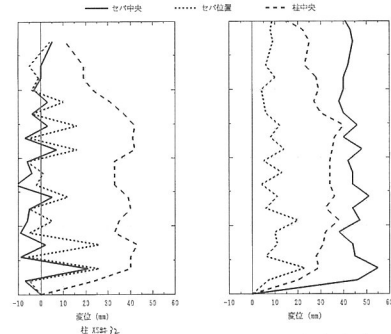


図-10 X S型枠を用いた柱面の変形

表-9 コンクリートの側圧測定結果

部 材	型 枠	位 置	側圧の最大値 (kgf/m ²)
柱	XS31	上中下	0.775 1.898 1.618
		上中下	0.357 1.898 1.618
	合 板	上中下	4.221 4.392 5.512
梁	サポート無し	XS31 上下	0.005 0.009
		XS32 上下	0.107 0.226
	サポート有り	XS31 上下	0.789 0.281
		XS32 上下	1.070 1.109
壁	XS31	上中下	0.022 0.677 2.274
		上中下	0.157 0.720 1.158
	合 板	上中下	0.602 4.518 8.089

表-10 流出したノロの測定結果

部材	流出量 (kg)	打設コン クリートの 重量 (kg)	型枠面積 (㎡)	流出量 (%)	単位流出量 (kg/㎡)
柱	289.69	6.181	14.16	4.7	20.5
梁	136.90	4.125	10.25	3.3	13.4
壁	91.29	—	5.04	—	18.1

流出量＝ノロの流出量／打設コンクリートの重量×100 (%)
単位流出量＝ノロの流出量／型枠面積 (kg/㎡)

表-11 ノロの構成割合

ノロ重量 (g)	単位重量 (kg/ℓ)	残留骨材 重量(g)	残留骨材 割合(%)	セメントペースト 割 合 (%)
599.8	2.13	346.4	57.8	42.2

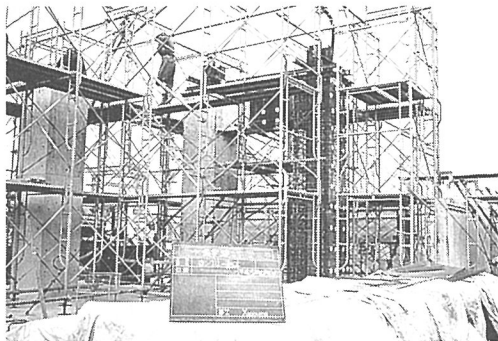


写真-1 実験場全景

5. 第2回実大施工実験

5.1 実験の目的

コンクリートのスランプを15cmと低下させ、他の条件は第1回実験と同一にした場合のノロの流出量をはじめ諸特性に与える効果を調べるために、柱1本のコンクリート打設実験を行った。

5.2 コンクリートの調査

実験に使用したコンクリートの調査を表-12に示す。

表-12 コンクリートの調査

呼び強度	W/C	s/a	単 位 量 (kg/m ²)					
	(%)	(%)	C	W	S ₁	S ₂	G	混和剤
210	63.0	46.9	270	170	604	259	994	2.700

5.3 試験体および測定項目

試験体は第1回実験の際、門型に架設した柱部材の試験体の内、残る1本を使用した。

型枠は柱4面ともXS32を使用し、型枠を留める座

金は2面ずつ丸セパ用座金とフォーム座金を使い分けた。

測定項目は第1回実験とほぼ同様としたが、コア供試体の採取は行わなかった。

5.4 実験結果と考察

フレッシュコンクリートの性状を表-13に、硬化コンクリートの強度試験結果を表-14に示す。

コンクリートの側圧はその大きさや経時による推移の傾向も第1回実験とほぼ同様であった。

コンクリート打設による型枠変形の測定結果を図-11に示す。変形量も第1回実験結果と同様の数値を示している。

ノロ流出量の測定結果を表-15に示す。第1回実験に比べて、流出率、単位流出量とも小さな数値を示した。これはコンクリートのスランプを低下させたためと考えられる。しかし、目視によるコンクリートの流動性状の観測から、本実験で使用した柱部材のように比較的大きな断面を持つ場合は問題とならないが、壁部材のように断面が小さい上に大きな開口がある場合は、開口の下部等ではコンクリートの充填に問題があることが推察された。

流出したノロの構成比率を表-16に示す。第1回実験に比べ、単位重量が低下しているにも関わらず残留骨材割合はほぼ同一の数値を示しており、コンクリートのスランプを低下させても残留骨材割合を低減するには効果がないようである。

表-13 フレッシュコンクリートの性状

スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温 度 (°C)	スランプフロー (mm×mm)	単位重量 (kg/ℓ)
16.0	5.5	23.0	290×290	2.292

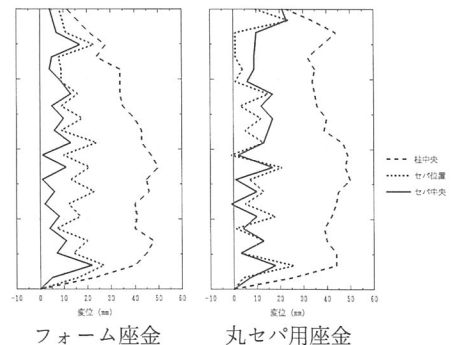


図-11 柱面の打設後の変形

表-14 シリンダー供試体の強度試験結果

養生方法	圧縮強度 (kgf/cm ²)	
	7 日	28 日
標 準	1 8 6	2 6 8
現 場 水 中	1 8 5	2 6 0
封 か ん	1 8 2	2 5 9

表-15 流出したノロの測定結果

部材	流出量 (kg)	打 設 し た コンクリートの 重量 (kg)	型枠面積 (m ²)	流出率 (%)	単 位 流出量 (kg/m ²)
柱	222.89	6.522	14.16	3.4	15.7

表-16 流出したノロの構成比率

ノロ重量 (g)	単位重量 (kg/ℓ)	残留骨材 重量(g)	残留骨材 割合(%)	セメントペースト 割 合 (%)
644.4	2.08	372.1	57.7	42.3

6. 第 3 回実大施工実験

6.1 実験の目的

当工法を実験的に当社の事務所建物に適用することにしたが、その建物仕様に基づいて、1面にALC版打ち込み型枠を使用したときのコンクリート側圧の変化、流動化コンクリートを用いたときの開口部下のコンクリート充填状況等を確認するため、本実験を行った。

6.2 コンクリートの調合

コンクリートは開口下部への充填を容易に行えるよう流動化コンクリートを採用した。実験に使用したコンクリートの調合を表-17に示す。

表-17 コンクリートの調合

呼び強度	W/C	s/a	単 位 量 (kg/m ³)					流動化剤 C x (%)
	(%)	(%)	C	W	S ₁	S ₂	G 混和剤	
210	63.0	50.4	278	175	643	275	916 2.780	0.7

6.3 試験体および測定項目

試験体は図-12に示す形状のもの1体とした。

型枠は、1面に厚さ37mmのALC版打ち込み型枠を、1面にX S 32を使用した。セパレーター間隔はALC版打ち込み型枠工法に準じたが、セパレーター間隔が大きいため(600×450mm)、型枠変形の抑制にはパットフォームを使用した。

測定および観測は、

- ①コンクリートの側圧
- ②型枠の変形性状

③ノロの流出量

④コンクリートの強度特性

⑤コンクリートの内部温度特性

⑥開口部下のコンクリート充填状況

等の項目を中心に行った。

これらの内①、③および⑥について述べる。

6.4 実験結果と考察

フレッシュコンクリートの性状を表-18に、硬化コンクリートの強度試験結果を表-19に示す。

コンクリートの側圧については、型枠の片面がALC版であるので、型枠の拘束度が大きいことから、側圧の上昇が予想されたが、最大1.224tf/m²と小さい数値を示した。このことから、1面だけでもエキスパンドメタル型枠が使用されていれば、脱水作用と型枠の変位により側圧の上昇は抑制されるものと考えられる。

ノロの流出量は測定していないが、目視では普通コンクリートより少量であった。

開口部下へのコンクリートの充填は特に大きな問題なく行えた。

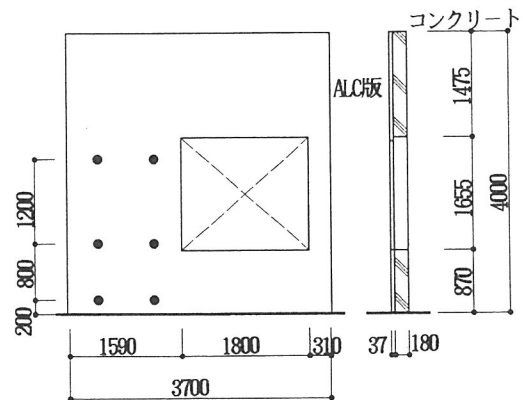


図-12 試験体の形状と測定位置

表-18 フレッシュコンクリートの性状

種 類	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	スランブブロー (mm×mm)
ベースコンクリート	19.5	5.2	12.0	—
流動化後	21.5	5.2	13.0	350×360

表-19 シリンダー供試体の4週強度

種類	ベースコンクリート	流動化コンクリート	
養生	標 準	標 準	現場水中
No. 1	2 6 0	2 7 1	2 4 6
No. 2	2 5 1	2 8 0	2 3 8
No. 3	2 5 7	2 6 0	2 4 8
平均値	2 5 6	2 7 0	2 4 4

7. 事務所建築への適用

当工法は、比較的長スパンで階高が大きく、かつ、型枠の変形がある程度許容できる建物を対象としているが、今回は工法展開の意味を含めて事務所建築へ適用した。

7.1 建物概要

工事名 (株)浅沼組機材部事務所建替工事

所在地 埼玉県南埼玉郡白岡町

大字下大崎字円明1-1

構造規模 鉄骨鉄筋コンクリート造 2階建

面積 建築面積 173.30㎡

延床面積 341.70㎡

高さ 最高高さ 8.80m

軒高 8.30m

建物概要図を図-13に示す。

7.2 施工概要

(1) 使用材料

・コンクリート

コンクリートは、型枠への充填性を考慮して、第3回実大施工実験に使用した調合と同一の流動化コンクリートを使用した。

・型枠

柱・梁および壁部材の屋内側の面はすべてXS32を使用し、屋外に面する部分はALC版の打ち込み型枠および合板型枠を使い分けた。

床については、亜鉛引鉄板にラチス筋を溶接して床筋と型枠を一体化し、プレハブ化した打ち込み鋼製型枠を使用した。

なお、XS32を丸セパレーターに取り付ける座金は、柱および梁については丸セバ用座金を、壁についてはパットフォームを使用した。

・ユニット壁筋

外壁用の鉄筋は、すべてラチス筋を使用したユニット鉄筋とした。これは工場生産によって予めコンクリート止め兼用のサッシ取付用鋼製枠も取り付けられており、剛性が高く取扱いが容易である。

・仮設材

型枠に関するパイプ、サポート類の仮設材については、屋外に面する部分に端太パイプを使用したのが、屋内側は一切使用しなかった。

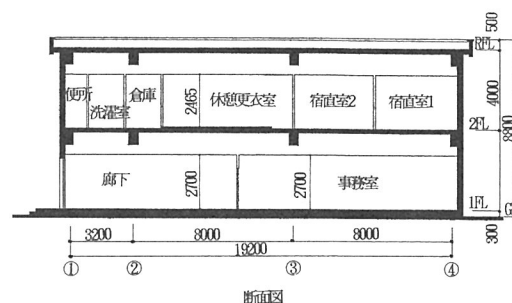
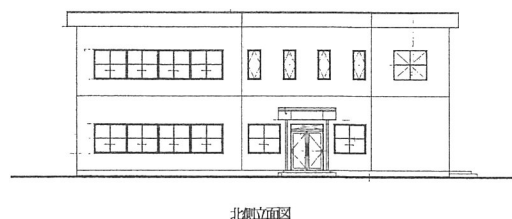
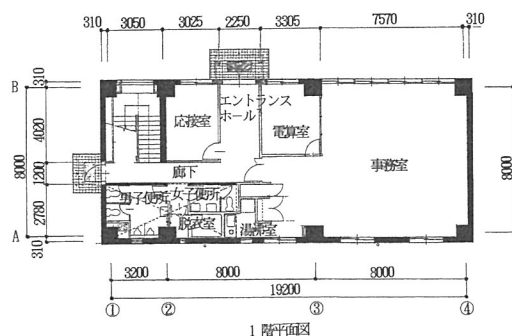


図-13 建物概要図

(2) 施工順序

①型枠の先組み

柱および梁部材については、鉄骨のジョイント部分を除き、前もって配筋・型枠の取付けを地上で行いユニット化する。

②先組み型枠の建方

先組みユニット化された柱および梁部材を建て込み、高力ボルトで接合する。

③ユニット壁筋の取り付け

外壁用のユニット鉄筋を取り付ける。

④壁型枠の建込み

屋外に面するALC版打ち込み型枠もしくは合板型枠を建込み、次いで屋内側にエキスパンドメタルを取り付ける。

⑤床打ち込み鋼製型枠の敷き込み

プレハブ化された床型枠を敷き込む。

⑥コンクリート打設

ポンプ圧送によりコンクリートを打設する。

7.3 調査項目

(1) 作業効率の調査

作業効率は工期およびコストを設定する際の重要なポイントとなるものであるが、本建物は規模も小さく参考にできないため、主として歩掛り調査と当工法の検証を目的とした。

調査は

①各階の工種別出面と歩掛り

②各部材における職種別出面

③先組に要する歩掛り

の項目について行った。

本報告は、その中で①の2階部分および③について述べる。

(2) 測定

3回の実大施工実験の結果をもとに施工計画をたてた。ここでは、これらの実験結果の再検証と施工過程の安全面に関する測定を中心にして行った。

計測は

①コンクリートの側圧

②応力集中が予測される部位の応力測定

③床ラチス筋の応力測定

④型枠の変形状

⑤コンクリートの強度特性

⑥コンクリートの内部温度特性

の項目について行った。

本報告は、その中で④について述べる。

7.4 調査結果と考察

2階における工種別の出面と歩掛りについて、その調査結果を表-20に示す。従来の合板型枠工法に比べて良好な結果を示している。特に型枠工は、地上での先組型枠と建物内での作業を均して $20\text{m}^2/\text{人}\cdot\text{日}$ 以上であり、在来工法に比べ作業効率が大幅に向上している。

先組み作業に要した歩掛りおよび作業効率を表-21に示す。柱部材については型枠工が、梁部材については鉄筋工が時間を費やしている。しかし、作業効率は高いレベルの数値を示し、習熟効果も期待できる。

型枠の変形測定の中で、本報告書に述べる変形状の測定箇所を図-14に、測定結果を図-15～図-18に示す。コンクリート打設後の型枠変形は、柱および壁部材で最大40mm程度、梁部材で最大45mm程度、スラブ

で最大50mm程度生じた。

写真-2～5に作業工程を、写真-6にコンクリート打設状況を、写真-7に当建物の竣工後の全景を示す。

表-20 工種別の出面と歩掛り

工 種	2 階			
	数 量	出面	歩掛り	作業効率
1. 鉄筋工	5.3 t	11人	2.075	0.48
2. 型枠工	800 m^2	37	0.046	21.6
3. 鉄筋溶接工	200ヶ所	5	0.025	40
4. 鉄骨建方工	12 t	17	1.417	0.71
5. デッキ工	120 m^2	15	0.125	8
6. 壁ユニット鉄筋	—	13	—	—
合 計	176 m^2	98	0.557 $\text{人}/\text{m}^2$	1.8 $\text{m}^2/\text{人}$

表-21 先組に要した時間分析

部位	階	工 種	1部材当たり 数 量 ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	1部材当たり 平均所要時間 (分)	1部材当たり 人 工 (人)	歩掛り ($\text{人}/\text{t}$ $\text{人}/\text{m}^2$)	作業効率 ($\text{t}/\text{人}$ $\text{m}^2/\text{人}$)
柱	1	鉄筋	415	70	3	1.20	0.83
		型枠	9.8	82	3	0.06	16.7
	2	鉄筋	415	55	3	0.95	1.05
		型枠	9.8	65	3	0.05	21.1
梁	1	鉄筋	163.6	88	3	3.84	0.26
		型枠	12.2	62	3	0.04	27.5
	2	鉄筋	163.6	57	3	2.49	0.40
		型枠	12.2	42	3	0.02	40.7

※ 1日の稼働可能時間は420分とする。

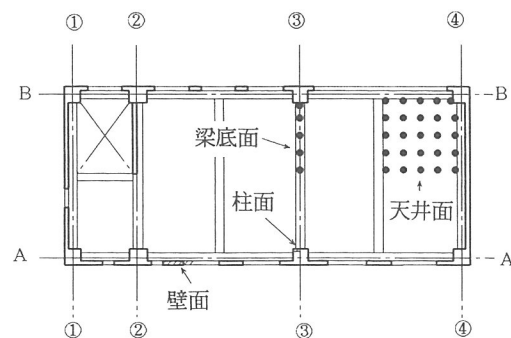
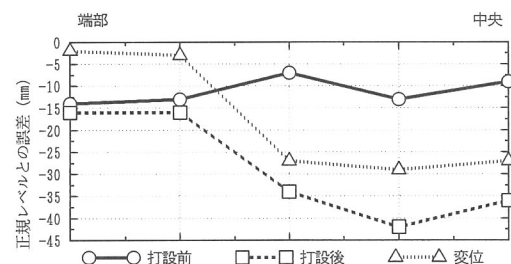


図-14 型枠面の変形調査箇所



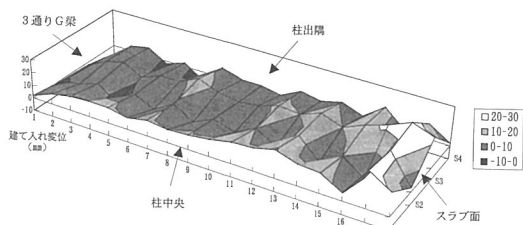


図-16 柱面の打設後の変形

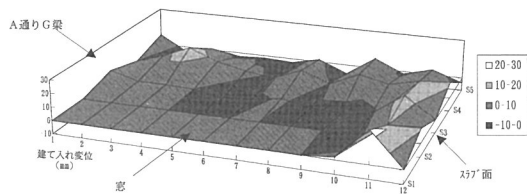


図-17 壁面の打設後の変形

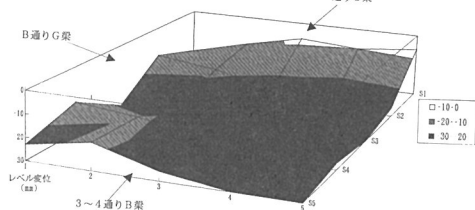


図-18 天井面の打設後の変形

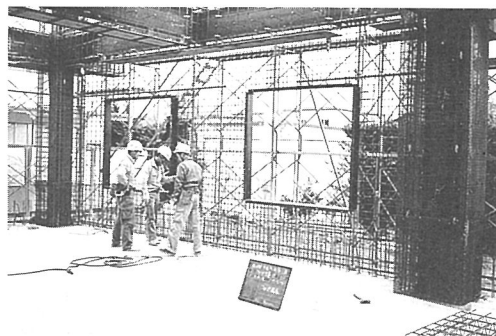


写真-4 壁筋ユニットの建て込み

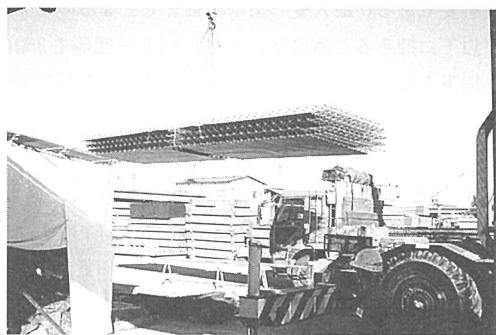


写真-5 床筋パネルの敷込み

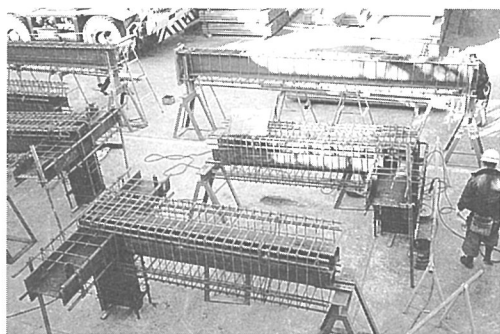


写真-2 柱、梁部材の先組み

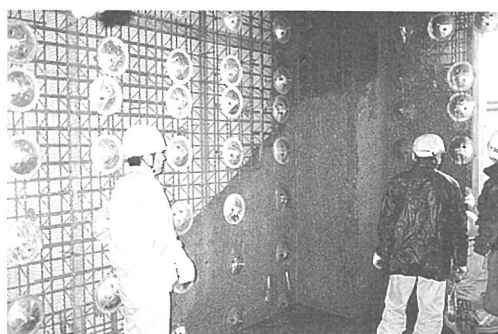


写真-6 コンクリートの打設状況

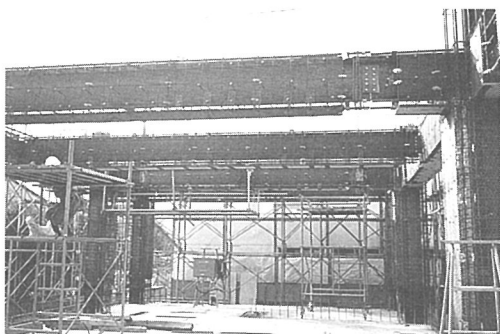


写真-3 先組み部材の建方



写真-7 竣工後の全景

8. まとめ

3 回の実大施工実験および実施工を通じて、無仮設工法の特徴およびそれに関連する問題点を検討した結果をまとめる。

- (1) 打ち込み高さが 4 m 程度の規模では、エキスパンドメタル型枠にかかる側圧は、合板型枠にかかる側圧の 25% 程度まで低減できる。
- (2) コンクリート側圧による型枠の変形量は大きいいため、仕上げ工事を行う事務所等の建物はもちろん、内部仕上げをしない量販店、倉庫の場合でも注意が必要である。最大変形量は 50mm までとなるので 50mm 以下に抑えるためには、セパレーター間隔を 350mm 以下とし、またエキスパンドメタルの種類を X S 32 とする必要がある。
- (3) 丸セパレーターを留める座金は、丸セパ用座金で十分だが、セパレーター間隔を大きくしたいときは、パットフォーム等を採用して、型枠の拘束度を高める。
- (4) 型枠の単位面積当たりのノロ流出量は 20kg/m² 前後、コンクリートの単位量当たりでは 5% 前後となった。流出したノロの中にはかなりの量のモルタルが含まれており、流出量の総量も多い。今後、ノロやモルタル分の流出量を低減する方法について検討する必要がある。
- (5) コンクリートの構造体強度に関しては、従来の合板型枠工法と同等以上の結果を得た。これはエキスパンドメタル面からの脱水効果によって、コンクリートの圧縮強度が大きくなることを示している。
- (6) エキスパンドメタル型枠では、その放熱性によりコンクリートの内部温度の上昇を低減することができる。したがって、暑中コンクリートおよびマスコンクリートの場合は、合板型枠工法より有利であると思われる。反面、寒中コンクリートの場合は初期凍害対策等の検討が必要である。
- (7) 当工法の場合、型枠用の鋼製パイプやサポート類が一切ないので広い作業空間が得られ、また、型枠にエキスパンドメタルを使用しているため、コンクリートの充填状況が目視できるという利点がある。その反面、ノロの流出に伴うノロ受けの処置とノロの搬出・清掃などの課題がある。

9. あとがき

本工法を実際の建物へ適用したとは言え、工法として一歩を踏み出したばかりの段階である。今後は工法の成熟化を目指し、特に、ノロの流出量、変位量の問題については、メッシュ寸法の最適化、補助シートの採用、局所的な補助等を検討し解消を図って行くとともに、コストについても S R C 造において在来工法に優るものの、R C 造の在来工法との比較では同程度とされており、検討を行ってコストダウンを図って行きたいと考えている。

最後に、開発に際し、本工法発明者の(株)ニチイ 榎清士郎氏および(株)TIS & PARTNERS 今川 憲英氏には多大なるご指導、ご助言を頂きました。また、東鋼産業(株)および伊藤忠金属(株)の担当者の方々にご協力を頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

[参考文献]

- (1) 薄肉構造研究会：無仮設薄肉床壁構造の調査・研究
- (2) 二村・藤田・木下・高橋：機能性型枠としてのメッシュ型枠工法の開発（セメント・コンクリート No. 554～555）