

# 繊維強化コンクリート板を使用した型枠工法に関する研究

徳富 久二・久米 国幹・橋口 隆・小吉 尚久\*

(受理 平成4年5月31日)

## Study on Permanent Formwork System Using Glass-Fiber Reinforced Concrete Panels

Hisashi TOKUTOMI, Kunimoto KUME,  
Takashi HASHIGUCHI, and Akihisa KOYOSHI

The shortage of skilled laborers in Japan has been pointed out as one of the causes of the deterioration of buildings in recent years. This paper presents a new permanent formwork system designed to simplify complicated procedures in the fabrication of form. Glass-fiber reinforced concrete panels (G. R. C. panels) and aluminum frames are mainly used in the new formwork system. The panels are used for the sheathing boards which contain the freshly mixed concrete, and the aluminum frames support the panels to hold the configuration of the panels. Line scratching is made on the inner surface of the panels, a method which improves the adhesion strength between the panel and the concrete after the hardening of concrete.

Construction experiments using the new formwork system were made to investigate the efficiency of the system. The experimental data, such as the accuracy of dimension at the finish of work, the adhesion strength between the panel and the concrete, and the time of work, were compared with the date used in a conventional formwork system.

The conclusions are as follows : the time of work and human energy required for the fabrication of these panels were effectively shortened by introducing the new formwork system : a deterioration of adhesion strength was not observed over a period of several months : and, therefore, the new formwork system is superior to the previous system and available for practical use.

### 1. 序

近年、建設産業界における技能労働者の不足は深刻な状況にあり、それに伴う建設費の高騰や施工技術の低下が問題となってきた。型枠大工の年齢構成は45歳以上が全体の43%を占め、24歳未満の若年労働者は9%に過ぎなく、これに地域的狀況も加わって鹿児島など地方都市では一層深刻である。また内外装仕上材の剥離に代表される建築物の障害は技能労働者不足に伴う施工技術の低下に起因するものとも考えられる。

一方、型枠工事に使用される合板は、大部分が南洋

産木材であり、また伐採された熱帯林の多くが日本に輸出され、その大部分が合板として使用される。コンクリートの型枠工事に使用される合板は、3～4回転用された後廃棄される。このような熱帯林の乱伐と建設廃棄物の発生は社会問題化する傾向にあり、今後合板の使用が制限される状況である。このような背景のもとで、鉄筋コンクリートの型枠工事の省力化、合理化、工期の短縮がとくに要求されてきている。

本研究は、型枠工事の省力化、合理化、工期の短縮を目的として開発した打込型枠システムについて、従来の施工技術と比較し、これを評価する実験的研究である。

---

\* : (協同組合) 鹿児島建設技術研究所

## 2. 研究の目的

打込型枠の施工システムに関する研究は、近年に始まったものではなく、プレキャスト部材、タイル打込工法などその考え方は古くから提案され、それらは建築物に実施されている。しかしながら、これまでの開発が特定の建築物に対する省力化、高品質化を目的とするものであり、これは必然的に機械力を導入した大型化の方向を持つものであった。

これまでに開発されたシステムが普及しない理由は、コンクリートパネルとしての合板が比較的安価に入手できることと加工性がよいことが第一の理由である。また、実際の建物では、超高層 RC 造のように同一平面が各階に連続することが少なく、多くの建築物は複雑に構成され、システムがこの複雑な形状に対応できないこと、形状が複雑なため合板加工が多くなることなども普及しない要因であると考えられる。開発されたシステムが特定の建築物に対して設計され、大型のものであることと、そのために寸法に自由度がないことによるものである。我々は、一般の建築物を対象に研究目標を設定し、設計に自由度を持たせることを念頭に開発しようとするものである。

システムの開発にあたり、次のような条件を前提とした。

- 1) 施工システムに自由度があること
- 2) 打込型枠であること
- 3) 型枠としてセメント系材料を使用すること

開発されたシステムについて、

- a) 施工精度
- b) 付着
- c) 構法

について、型枠システムを評価するものである。

開発研究は、初めから完全なシステムとして開発できるものでなく試行錯誤しながらより完成されたシステムへ進展するものであり、それぞれの段階における実験に上述の前提条件、目的を対応させて検討した。

## 3. 実験計画および実験結果

研究開発の開始にあたり、現行型枠システムにせき板としてセメント系材料を使用するときの問題を検討するための予備実験を行った。予備実験の目的は GRC (Glassfiber Reinforced Concrete) 板をせき板として通常のコンクリートパネル (合板) と同様に使用したとき、施工上どのような問題が生じるか検討するものである。垂直壁を組立て、コンクリート打設を行っ

て、組立、施工において生じる問題を検討した。組立過程、コンクリート打設、完成後に互り観察した結果を以下に示す。

GRC 板 (せき板) と栈木を木ネジで固定し、パネルとして組立てる方法で行ったが、木ネジによる固定も十分でなく、せき板の表面を傷める結果となる。当然釘の使用は考えられない。GRC 板のようなセメント系のせき板を使用する限り、型枠としてこれらが自立するには何等かの固定金物が必要であり、またその金物は完成後取り外すことが可能でなければならない。セメント系のせき板は重量が大きく合板と同様な大きさでは施工能率に著しく影響する。GRC 板と GRC 板の接合箇所は付き合わせて施工するものであったが、この接合箇所からのコンクリートのノロが漏出した。栈木間隔の少ない箇所はコンクリートの側圧による変形が生じる。実験後数日経過して壁上面部で打ち込まれたコンクリートと GRC 板の間に剥離が見られる、などであった。

このような結果から、GRC 板をせき板として使用する施工システムを開発するとき、つぎの事項について研究する必要があることが判明した。

- ・釘などの固定式の結合部材を使用せず、GRC 板を自立させる組立システムの開発
- ・施工性を上げるため、GRC 板の重量を小型化する。そのためにパネルとしての開発
- ・コンクリートと GRC 板の付着に関連して、GRC 板の裏面処理の検討
- ・パネルとして開発するとき、パネル同士の接合箇所の処理方法の検討 (ノロ漏出対策)

である。以上の研究方法にたいして、つぎのような基本組立システムについて実験的研究を行うものである。

図 1. は組立システムの基本的構成を示すものである。

組立は GRC 板とフレームを仮に結合して組立場所に設置するものである。設置するとき、セパレータ、フォームタイによって周辺の GRC 板、フレームと固定する。木ネジなどを使用せずセパレータ、フォームタイによって互いを仮固定する。その上から縦バタ、横バタを配置してフォームタイを締め付ける。

実験は二度に互り行い、これを実験 I、実験 II と称す。実験 II は実験 I の結果を検討して行った。

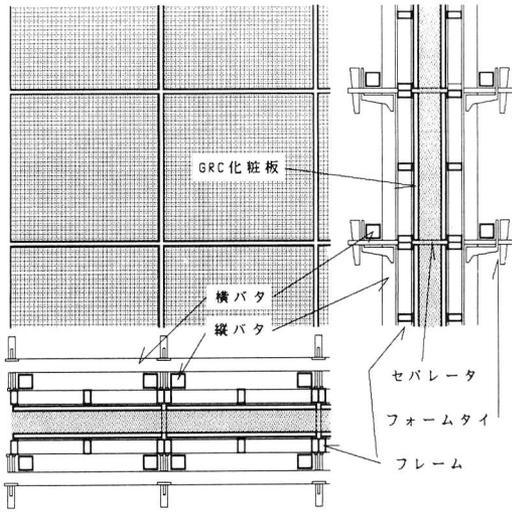


図1. 組立の基本構成

### 3.1 実験 I

#### 3.1.1 目的および方法

組立の基本構成にしたがって施工するとき、組立過程において生じる問題点および予備実験で生じた問題点について検討するものである。

組立終了後、コンクリートを打設してその硬化後にフレームを除去して完成する打込型枠工法であるので、実用上使用するフレームの材料として、アルミ・FRPなどの耐久性のあるものの使用を考えているが、初めから完全なシステムとして完成させることは困難である理由から、木製のフレームを製作して実験を行い、検討することとした。

実験 I の検討項目は、

- ・施工精度      ・付着強度
- ・側圧            ・組立施工方式の問題点

である。

本型枠工法を建築物としての実用に供するためには、施工精度が従来のそれより劣ることは許されない。したがって、木製フレームの断面決定にあたっては従来の栈木と同等以上の曲げ変形性能を持ち、施工効率の低下しないことを考慮して、従来の木製栈木と同等の断面性能を有する材を選定することとした。一方、GRC板と直接接するフレームが変形性能を満足しても、セバレータ間隔と、フレームの外側にある縦、横バタ材の配置によって変形能力が異なる。したがって、この時点で組立システムを予測して（図1.参照）、その予測された組立システムにおける変形性能について

検討するものである。

図2. に示す直交する壁を組立て、コンクリート打設を行った。図2. a) は平面を示し、図2. b) は図2. a) のAB方向から見た組立構成および断面を示す。GRC板およびフレームの寸法は、900mm×900mmとした。この寸法を採用した理由は、板の重量がこの寸法以上では大きくなり作業性が悪くなることと、この寸法は基本モジュールであることによる。

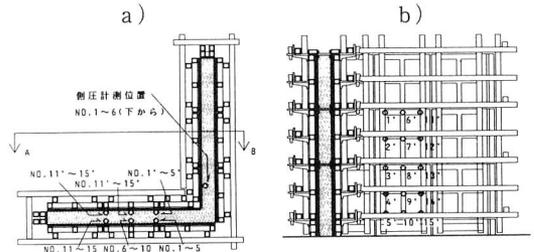


図2. 実験 I 平面および立面、断面図

変形性能を評価するには、本システムの基本構成による精度と従来のコンクリートパネルによる精度を比較することによってなされるものであるが、本システムを採用するいま、フレームの断面性能は設計によって決定することができるので、バタ材の配置方法が変形性能に与える最大の要因となる。従来のコンクリートパネルによるバタ材は、およそ45cm間隔であるので、縦バタが45cm間隔で配置される場合と本システムで想定する間隔（およそ80cm）の場合の変形を比較検討することとした。

縦バタの配置は図に示すように、フレームの中間部がない場合を本システムの普通の配置として、この中間部に縦バタを配置した場合（図の正面）の配置があり、その両者を比較する。計測箇所は図のNo. 1～No. 15とその裏No. 1'～No. 15'の30箇所である。横バタ材と栈木フレームの両方に、紙に計測線をひきその上からこれを保護するカバーガラスを接着して、計測点を設ける。コンクリート打設前と打設後のフレームの変形を二つの三角定規を垂直に接着したスケールを計測点に垂直に設定して計測する。

予備実験において、コンクリート打設後約1カ月経過した時点で、壁頂上部からGRC板と打設したコンクリートの間に亀裂が発生し、付着力の低さを窺わせた。本実験では、付着力を増大させるため、製造過程で裏面を櫛びきして付着面積を大きくしたGRC板を使用した。このGRC板を使用したコンクリート打設による側圧を計測した。図2.のように、フレームの

栈を避けた GRC 板の中心部に下から No.1 から No.6 ままで 6箇所に、圧力計を設置して、コンクリート打設開始後の側圧を計測するものである。計測の理由は、今後本組立工法において、GRC 板も含めたフレームおよびバタ材の間隔などの設計に資することを目的とするものである。

また、予備実験で GRC 板同士を突合せた納まりとした結果、コンクリート打設においてノロの漏出があり、なんらかのノロ防止対策が必要であることが判った。このことより図3.のように GRC 板周辺にゴム製のガスケットを巡らしノロの防止を目的とした。これらの効果をコンクリート打設時と、打設後に確認する。

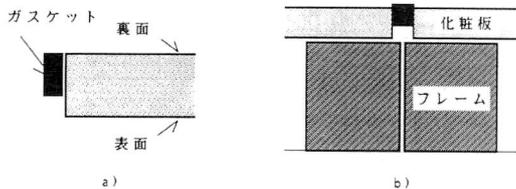


図3. GRC 板の納まり (ガスケット)

3.1.2 実験 I の結果と考察

図4.は、コンクリート打設前と打設後の変形を計測した結果を示す。数字はコンクリートの打設によって、はらみだす方向をプラスで示すもので、マイナスは反対に変位した計測結果を意味する。また、-はコンクリート打設時に計測点のカバーガラス上にコンクリートが落下して計測点が移動し、計測不能であったものである。図3. a)は縦バタのある場合、b)はその裏面の縦バタのない場合である。

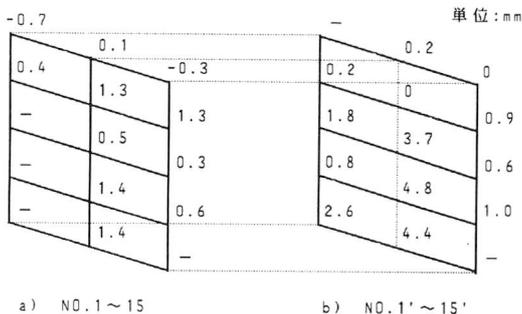


図4. コンクリート打設によるフレームの変形

フレームの中央部と端部で差が生じているかどうかを母分散が同一であるとする帰無仮説をたてて検定する。解析は統計解析で使用する慣用記号を使用する。

縦バタがあるときの計測値を表1. のようにまとめる。これから、平方和 (S)、分散 (V) を求めると、

表1. 計算表 (縦バタがあるとき)

$X_i = x_i \times 10$						$\Sigma X_i$	$\Sigma X_i^2$
1	13	5	14	14		47	587
-7	-3	4	13	3	6	16	288

$$S(X_1) = 587 - 47^2/5 = 145.2$$

$$S(X_2) = 288 - 16^2/6 = 245.3$$

$$V(X_1) = S(X_1) / \phi = 145.2 / (5-1) = 36.3$$

$$V(X_2) = S(X_2) / \phi = 245.3 / (6-1) = 49.1$$

したがって、分散比 ( $F_0$ ) は

$$F_0 = 49.1 / 36.3 = 1.35 < F(4, 5, 0.025) = 7.39$$

となり、有意でない。したがって分散に違いがあるとはいえない。そこで、平均値の差の検定を行うと、

$$\bar{X}_1 = 47/5 = 9.4 \quad \bar{X}_2 = 16/6 = 2.67$$

$$V_x = (S(X_1) + S(X_2)) / (\phi + \phi) = 43.4$$

$$t_0 = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{V_x \cdot \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} = 1.68 < t(9, 0.05) = 2.26$$

となり、有意な差はない。

同様に、フレームの中央部にバタがない場合は (表2.)、

表2. 計算表 (縦バタがないとき)

$X_i = x_i \times 10$						$\Sigma X_i$	$\Sigma X_i^2$
2	0	37	48	44		131	5613
0	9	6	10	8	18	79	1285

$$S(X_1) = 5613 - 131^2/5 = 2180.8$$

$$S(X_2) = 1285 - 79^2/8 = 504.9$$

$$V(X_1) = S(X_1) / \phi = 2180.8 / (5-1) = 545.2$$

$$V(X_2) = S(X_2) / \phi = 504.9 / (8-1) = 72.1$$

したがって、分散比 ( $F_0$ ) は

$$F_0 = 545.2 / 72.13 = 7.56 > F(4, 7, 0.025) = 5.52$$

となり、有意である。

これらの結果を総合すると、フレームの中央部に縦バタを配置する場合は中央部と端部で計測値に差がない。つまり、剛性が確保されることを意味する。一方、中央部にバタがない場合は中央部と端部では差がある。つまり、剛性が確保されないことを意味するものである。これらは相対的な結論であって、実験で使

フレームでは中央部に縦バタを配置しないときを、配置したときと比較すると明らかに変形性能が劣ることを意味する。縦バタを配置する時の変形が標準値であるならば、本システムでは中央部に縦バタを配置する必要があることになる。しかしながら中央部にバタ材を配置することは、省力化・工期短縮を目標とするとき好ましいものではない。つまり、縦バタは1パネルにつき2本とすることが要件であると考えられる。変形性能はフレームの断面およびバタの配置方法と相対的であるので、これらの条件のもとにフレームを設計するものであり、設計については後述する。

図5. は各測定点における側圧 (t/m<sup>2</sup>) と打設時間 (sec) の関係である。打設速度は2.7mをおよそ800 secで打設されたことが判り、これは12m/hとなる。本実験では比較的速くコンクリートを打設したことが判る。したがって設計側圧は次式で与えられる。

$$2.0 \cdot W_0 + 0.4 \cdot W_0 \times (H - 2.0)$$

ただし、

$W_0$  : フレッシュコンクリートの単位容積重量 (t/m<sup>3</sup>)

$H$  : フレッシュコンクリートのヘッド (m)

この式でコンクリートヘッド (H) を2.7mとすると、設計側圧は5.5 t/m<sup>2</sup>となる。計測結果は3.3 t/m<sup>2</sup>である。設計側圧は安全をみて決められているもので、計測結果は妥当な値を示すものと考えられる。つまり、GRC板を使用した打込型枠工法における設計側圧は従来のコンクリートパネルを使用するときの側圧と変わるところはないと判断できる。

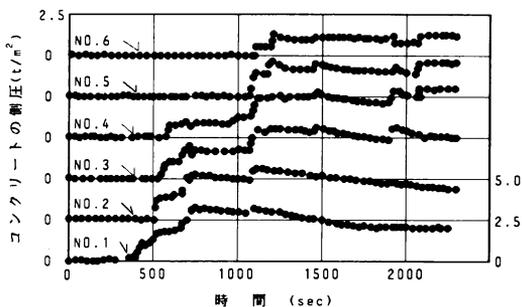


図5. 側圧の計測結果

表3. はコンクリート打設後一定の期間において、建研式付着力試験機によって、付着強度試験を行った結果である。表のA~Dは試験した期間 (2~5ヶ月)を表し、Aが2ヶ月後、B, C, Dはおよそ1ヶ月おきの計測を示す。結果は年単位の付着強度の結果を示すものではないが、付着強度は10kg/cm<sup>2</sup>以上の値を示

し、実験したGRC板の裏面処理方法によると、付着力に問題はないものと判断できる。

表3. 付着強度試験結果 (kg/cm<sup>2</sup>)

	A	B	C	D
No. 1	27.4	16.8	20.0	16.6
2	22.6	14.2	14.7	17.6
3	19.9	12.7	16.7	15.0
平均	23.3	14.6	17.1	16.4

図3. のように、GRC板周囲にゴム製のガasketを配置して、コンクリート打設を行った。コンクリート打設において、ガasketが原因と思われるノロの漏出は見られなく、ほぼ満足のいく結果を示すものであった。しかしながら、実験で使用したガasketは市販ゴムシートを張り付けたもので、精度が悪く、GRC板の仕上がりに影響を与える結果 (意匠的に好ましくない) となった。GRC板表面からのガasketの位置など考慮する必要がある。

本実験におけるその他の問題は、GRC板の精度とフレームの精度に起因する問題である。実験に使用したGRC板に反りがあり、フレームとの仮固定が正確に行えないとき、設置に手間がかかり、本工法の目指すところである施工性の向上が図れない。さらに実験に使用した木製フレームは寸法精度が悪く、隣接するフレームが密着しない状態であった。このような箇所はコンクリートのノロが漏出してGRC板を汚す、またフレーム除去に際し、これらノロの付着が除去作業を困難とし、無理に除去することがGRC板を傷める結果を生じた。フレームの精度の向上が本組立工法に重要であることが判った。

### 3.2 実験II

実験Iにおける問題はフレームの精度であり、これによって組立工法の可能性が左右されることが判った。そのため、アルミ製のフレームを設計し、このフレームを使用する施工法を企画した。

#### 3.2.1 アルミ製フレームの設計

フレームの精度の向上が本型枠工法で組み立てるとき最も必要であることを先の実験から学んだ。そこで寸法精度の良いフレームを設計することから本実験は始まる。

実験Iで、縦バタのある場合とない場合のフレームの変形を計測し、縦バタは実験Iのフレームの条件か

らは必要であることが判った。しかしながら、従来のコンクリートパネルではバタ間隔は約45cmであるのに対して、縦バタを入れると間隔はきわめて小さくなり、それだけ資材が必要となる。これは省力化に資することとはならず、縦バタは多くてフレームにつき2本となる必要があることを先に述べた。

フレームの変形性能を向上させる方向で設計した。材質はアルミ製とし、GRC板とフレームが協力してコンクリートの側圧に抵抗するものとして設計した。設計は図6.に示すように、板の中央部分とはりの中央部分の変形を一致させて求めるものであり、板に作用する分布荷重と線荷重、はりに作用する線荷重による変形に関して弾性計算によって求める。

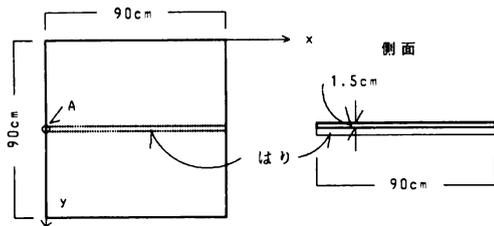


図6. フレームの設計条件

JASS5では、コンクリートの仕上りの平坦さの標準値は、コンクリートが見えがかりとなる場合、または仕上げ厚さがきわめて薄い場合、その他良好な表面状態が必要な場合、すなわち打放しコンクリート、直塗装、布直張りの条件では、3mにつき7mm以下であることが規定される。したがって、この平坦さの標準値を満足するようにフレームを設計するものである。

計算過程は紙面の都合上、本主題と離れるので割愛し、結論として、アルミ製フレームの断面が30mm×60mm、厚さ2mmのとき、はり、板中央点のたわみは計算によると2.0mmとなる。平坦さの標準値が3mにつき7mmとすると、90cmについては2.1mmが標準値となり、計算による変形は標準値内に納まっている。さらにフレームは十字に組まれていること、縦バタの配置がフレームの端部より内部に入った箇所にあることなどから、実際の変形はさらに小さくなることが考えられ、これらを余力と見るものとし、フレームの断面は30mm×60mm、厚さ2mmとする。アルミ製フレームの力学的性状の検討に加えて、フレームに他の施工上の機能を付与した。

GRC板の位置を決定するためにフレーム外周の主要箇所にアルミ平板を取り付ける。フレーム同士の位

置を決める目的から、フレームの外枠に2箇所づつ穴を開ける。組立段階でこれにピンを貫ぬいて位置を固定する。また縦バタ設置を容易にするため、および解体時に縦バタの転倒を防止するためにフレームの中央枠に穴を設け、縦バタの配置と同時にバタ位置がずれないようにするピンを設置する。などの機能を付与させた。

図7.が設計されたアルミ製フレームであり、これをアルミ製品メーカーに依頼して、36枚製作した。

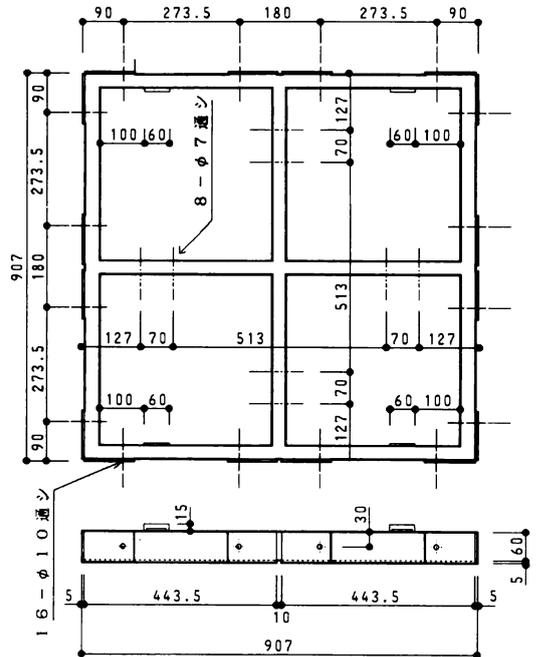


図7. アルミ製フレームの設計

### 3.2.2 実験Ⅱの目的と方法

この実験の目的は、実験Ⅰで検討された問題点を改良して施工実験を行うものであり、以下に示すような目的を持つ。

- 精度の良いフレームを製作し、これまでのフレームの精度における問題が解消されるかどうかについて検討・評価する。
- コーナー部の納まりを検討して、施工実験で確認・評価する。
- ガスケットの納め方

である。

フレームの精度における問題点とは、フレームの精度が悪いことに原因する、コンクリート打設時のノロ漏出、コンクリート打設後の解体作業の困難さ、とそ

れに伴うGRC板の損傷、および施工性に影響する組立速度の問題である。

図8.は直交する出隅、入隅部（コーナー部）の納まりである。このような治具をコーナー部に設置して、直交するGRC板をもったフレームをボルトで固定して隅を安定させる。

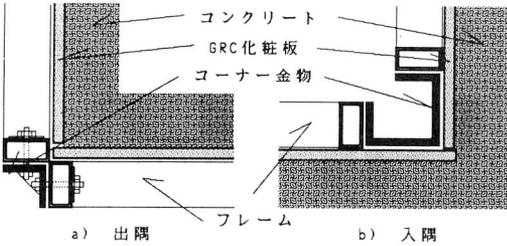


図8. コーナー部（出隅・入隅）の納まり

図9.はコンクリート打設時にノロ漏出を防止するために、GRC板周辺に巡らせるガスケットの形状である。a)は実験Iで実施されたもので、その機能は実証され評価されているものである。しかしながら、ガスケットをGRC板に配置するとき、GRC板の小口に精度よく配置することが困難であったため、GRC板の目地の仕上がりが満足いくものでなかった。そこで、b)のようなガスケットについて木製フレームについてであるが実験Iと実験IIの間に確認実験を行った。このガスケットは基本的にa)と同一であり、GRC板の圧着が比較的有効であることが判明した。b)のようなガスケットは市販されていないという意味から一般的でなく、実験では平板のガスケットをb)の形状に接着したものであった。そこで、実験IIでは図のc)のように単一材をGRC板裏に接着したガス

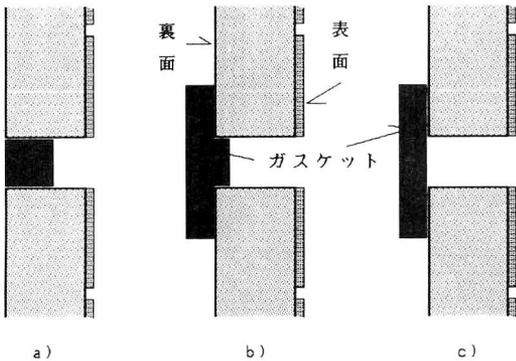


図9. ガスケット

ケットを使用して実験を行った。これはコンクリートの側圧によってガスケット同士の圧着効果を期待したものである。

実験IIの試験体は実験Iと同様の平面を持つもので、縦バタが実験Iと異なり、フレームの中央部分に存在しないものである。

### 3.2.3 実験結果と考察

アルミ製フレームは精度がよく、そのため組立作業が順調に進み、時間短縮を計ることができる。組立作業に揚重機（現場で手軽に移動できる）を使用すると比較的簡単に組み立てられることが判った。使用した揚重機は本工法用として開発されたものではないために、回転半径、高さなど組立作業に不都合な場合もあったが、概ね作業能率の向上に役にたつものと判断される。このような組立作業用の揚重機またはロボットの開発が本工法に今後必要であることを痛感する。

コーナー部に隅出、隅入用のコーナー金物を使用してコンクリート打設を行ったが、コーナーを金物によってよく固定できるものの、金物の寸法調整の不都合からノロの漏出を防止することができなかった。しかしながら、寸法調整してボルトを締め付けた状態で完全に固定できるようにするなど、解決に向かっての対策が考えられる。また、この金物は一本のものであったが、組立において一本ものは作業能率が悪く、フレームにつき2箇所程度の分割したコーナー金物の方がよいと考えられる。

図9.c)の形状のガスケットについて実験を行ったが、結論から述べるとこのようなガスケットは不適である。コンクリートの打設時のバイブレーターの振動によって圧着しているガスケットの隙間からノロが漏出すること、図9.a), b)の場合はGRC板同士を隣接して設置するとき、ガスケットがずれて設置されるようなことはなく、GRC板の重みで圧着効果上がるが、c)の場合はずれて設置されることもあり、その圧着効果を期待できないことによるものである。ガスケットの形状は、図9.b)のL型が最もよいが、製品精度を向上させるとa)でも可能であろう。

解体作業は比較的簡単で、GRC板を傷めることはない。このことはアルミ製フレームの精度が向上したことによるものである。

いずれにせよ本実験の結果から、GRC板を使用した打込型枠工法の実用化への見通しは明るいものであることが判った。

#### 4. 部位の構成

ここでは、これまでの実験を踏まえて本型枠工法を建築物の部位に適用する場合の納まりについて述べる。

図10. は開口部をもつ平面の構成を示す。本型枠工法システムの特徴を発揮する部位は、壁のように平面で構成される構造である。この納まりが本工法の基本的納まりである。組立現場付近でGRC板とフレームが仮固定治具で仮結合され、組立位置に運搬・設置される。これをセパレータとフォームタイによって仮に緊結する。それと同時にピンによってフレームの縦方向を連結し、隣接するフレームの横方向を緊結金物で連結する。一連の面が終了した後、鉄筋を挟んで対応する一方の面を組立てる。組立終了後、縦バタを1フレームにつき2本配置する。次に、フォームタイ上に横バタを乗せ、フォームタイを仮に緊結しておく。この作業の終了後に、建ち直しを行ってフォームタイを緊結する。以上が一般的組立順序である。

壁などの平面部に開口があるとき、開口部はフレームのみを空積みし開口部側面とまぐさ部にも、せき板(これはGRC板でも部分的に合板を使用しても可)を配置して、フレームから支保工をとってコンクリートの側圧に抵抗するものである。

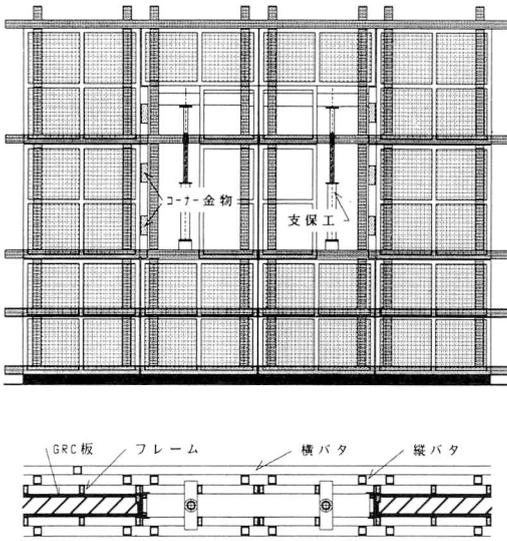


図10. 開口をもつ平面部の構成

図11. は壁と柱に代表されるように、出隅・入隅部の構成を示すものである。柱部はセパレータをGRC板の目地の中間部にとり、平セパレータを図のように

使用して側圧に抵抗すること、横バタの直交部に締め付け金物を取り付け、コーナー部の側圧をバタによって周囲のセパレータに流す。

これらの構成は図を断面として見ると判るように、床スラブ、はりに関する納まりにおいても適用される。

図12. は鉄筋コンクリートラーメン構造における、柱、はり、床スラブの構成を示す。基礎はり上から市販のパネル受けを使用してフレームを組立てる。外壁は4枚の

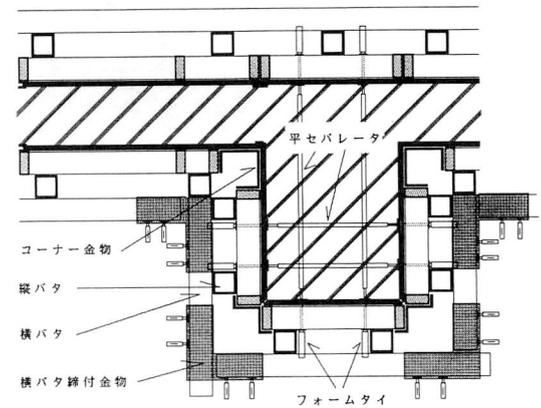


図11. 壁と柱の構成

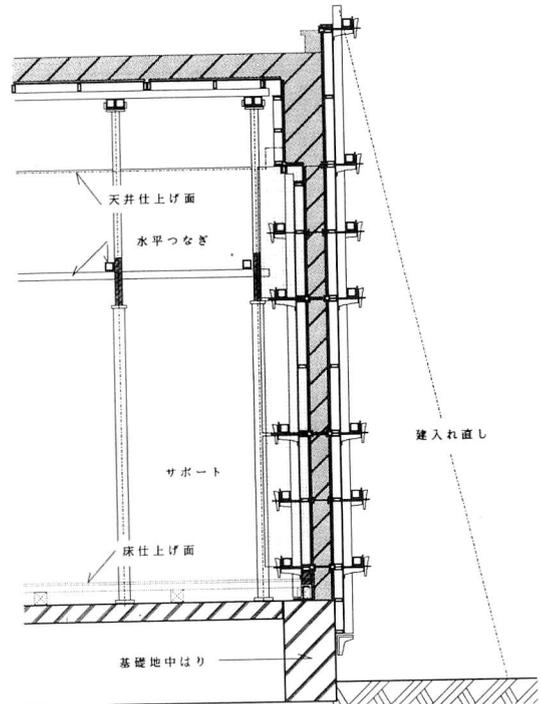


図12. 壁、はり、床スラブの構成

パネルで構成され、内部は3枚のパネルとはり部のパネルによって構成される。床スラブは支保工によって支持された大引、根太上にGRC板を持ったフレームを敷き並べてフレーム同士を治具で結合する構成である。直交する面は図のようにコーナー金物によって緊結する。

写真1. はアルミフレームの納まり（4枚のアルミフレームが隣接して組立られたとき）を示す。4枚のフレームが隣接する中央と辺にセパレータ・フォームタイを配置（写真ではフォームタイのみ見える）してGRC板をフレームに引き寄せ緊結する。フレーム

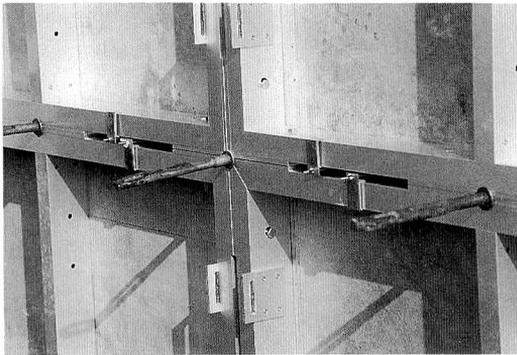


写真1. アルミ製フレームの納まり



写真2. 型枠工法システムの組立完了状況

(棧)の間の材がGRC板である。

写真2. は片面の組立完了状況を示す。これに対応する一方の面を組立て、縦バタ、横バタを配置して組立作業が完了する。

## 5. 結 論

建設産業界における技能労働者の不足に伴う建設費の高騰、施工技術の低下といった問題に対処するために、鉄筋コンクリート構造の型枠工程について、GRC板を使用した打込型枠工法を開発し、その実験を行って実用化へ向けて検討した。その結論として、

アルミ製フレームにGRC板を仮結合したパネルを、パネル周囲に配置される締付金物によって組立て、コンクリート打設後にフレームを除去することで完成する本工法は、組立作業を比較的簡単に行うことができ、その作業に要する時間も従来の合板を使用する型枠作業に比較して短い。GRC板に仕上げが施されている場合は、仕上工程を省くことができ、一層の工期短縮が可能となる。

本工法では、GRC板とその表面に仕上されたタイルなどの仕上材料および裏面の処理は、工場で一体として生産され、品質が管理できるので近年問題となっている外壁剥離などの障害を防ぐことができる。

アルミ製フレームは、表面を特殊塗料で被膜すればコンクリートに対する耐久性も確保され、このフレームは多くの回数の転用ができ、また再生もできる。建設廃材が生じない工法である。

一方、開発研究過程で生じた本工法適用に関する留意事項および今後の開発について述べると、

パネルとしての組立工法であるため、設計において一定の自由度が制約される工法であること、これを満足するには種々のパネルが必要となり、設計から材料の生産、施工まで一貫したシステムの構築が必要となる。このように、今後はロボットを含む施工機械の開発を含めた自動化のための研究開発が必要である。

## 謝 辞

本研究は、通産省融合化開発促進事業におけるシステム開発に関する研究および日本建築学会大会へ発表（平成2年～平成4年）したものをとりまとめたものであり、多くの方々を協力をいただいた。関係諸氏に記して謝意を表する。

## 参考文献

日本建築学会編 型枠の設計・施工指針案