

10. 短繊維補強モルタルを使用した打込み型枠の開発研究

崎山 和隆
石原誠一郎
高見 錦一
立松 和彦

要 旨

型枠工事の省力化を目的として、ガラスまたはステンレスの短繊維で補強したモルタル製の薄肉PCa打込み型枠を開発した。実大試験体による性能確認試験を行い、型枠としての構造上の安全性を検討した。さらに、実際の建物において、この打込み型枠を梁部材に適用し、その有効性を確認した。

キーワード

型枠／打込み型枠／短繊維／ステンレス繊維／ガラス繊維

目 次

1. はじめに
2. 打込み型枠の概要
3. 試験概要
4. 試験結果および考察
5. 実 施 工
6. ま と め

10. RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PERMANENT FORM USING SHORT FIBER-REINFORCED MORTAR

Kazutaka Sakiyama
Seiichiro Ishihara
Kin-ichi Takami
Kazuhiko Tatematsu

Abstract

The thin permanent form using glass or stainless-steel short fiber-reinforced mortar was developed for the purpose of laborsaving in form work. A performance test using a full-scale model was conducted to examine the structural safety of the model as a form. In addition, the effectiveness of the model was confirmed through its application to an actual building structure.

1. はじめに

近年、型枠工事の省力化および熱帯雨林の保護を目的として、コンクリート製の打込み型枠がいくつか開発されている。この型枠には、現場での加工、組立および解体作業を減少させ、さらに合板型枠などで発生する廃材を減らすことができるなどの利点がある。

当社でも、短繊維補強モルタルを用いた薄肉PCa打込み型枠を開発し、実際の建物に適用した。

本報告では、薄肉PCa打込み型枠に用いた短繊維補強モルタルの力学的特性、実大試験体による型枠性能確認試験および実際の建物の梁型枠に適用した結果について述べる。

2. 打込み型枠の概要

開発した打込み型枠の概要を以下に述べる。

- 1) 打込み型枠の材料には、ガラス繊維またはステンレス繊維で補強した2種類のモルタルを採用する。
- 2) 型枠の製造は、スプレー法に比べ簡便で比較的成本の安価な流し込み成形で行う。
- 3) 打込み型枠は捨て型枠であり、構造部材として扱わない。そのため、出来るだけ薄い型枠厚が望ましいが、型枠としての部材強度を持たせ、流し込み成形ができるものとして、その厚さを25mmとする。
- 4) 適用する部位として、梁部材の型枠を対象とする。
これは柱や壁に比べ側圧が小さく、部材厚さが25mm程度と薄くしても、型枠として容易に対応が可能なためである。

3. 試験概要

ガラス繊維またはステンレス繊維で補強したモルタルを薄肉PCa型枠として使用するため、まず、それぞれの繊維で補強したモルタルの力学的特性を把握し、次に実大の試験体を製作し、型枠としての性能確認を行った。

3.1 使用材料

短繊維補強モルタルに使用した耐アルカリガラス繊維（GF）およびステンレス繊維（SSF）の形状寸法と機械的性質を表-1に示す。

3.2 調合

ガラス繊維補強モルタル（GRC）とステンレス繊維補強モルタル（SSFRC）の調合は表-2に示す通りである。

表-1 使用繊維の形状寸法と機械的性質

繊維種類	繊維直径 (μm)	繊維長さ (mm)	アスペクト比	比重	引張強度 (kgf/mm^2)
GF	13.5	19	1407	2.7	130以上
SSF	500	22	44	7.8	100

表-2 調合表

種類	W/C (%)	S/C (%)	繊維混入率 Vf (%)	セメント (kg)	骨材 種類	高性能 AE 減水剤	混和剤
GRC	34.5	73	2	早強 1000	珪砂 5号	セメント 重量 $\times 1.5\%$	増粘剤 消泡剤 収縮低減剤
SSFRC	30.0	83	2.5	早強 1000	珪砂 5号	セメント 重量 $\times 1.5\%$	増粘剤 消泡剤 収縮低減剤

表-3 試験体の成形と養生・試験方法

試験項目	試験方法	試験体形状	成形・養生方法および備考
フロー値	JIS R 5201		各試料のフローコン引き上げ後、無打撃時フロー値（自然フロー値）と15回打撃後のフロー値を測定。
単位容積重量	JIS A 1116		練り上がり直後に測定
圧縮強度	JIS A 1108	$\Phi 50 \times 100$ (mm)	現場封かん養生（試験材令 28日） 製造時期：2月 場所：大阪
曲げ強度	本文参照	厚 幅 長さ 15 $\times$ 50 $\times$ 275 (mm)	練り混ぜ後の試料を、500 $\times$ 500 $\times$ 厚さ15mmの型枠に打込み成形し、打込み後は屋外にて気中養生した。 3週間後に脱型し、得られた500 $\times$ 500mmの試験板からコンクリートカッターにて厚さ15 $\times$ 幅50 $\times$ 長さ275mmの試験体を6体切り出した。その試験体は材令4週まで再び屋外にて気中養生した。

3.3 試験方法

(1) フロー値・単位容積重量・圧縮強度

各試験は表-3に示すJISの試験方法による。

(2) 曲げ試験

曲げ試験方法は、日本GRC工業会の「短繊維補強セメント系複合材料の曲げ試験方法」に準じ、支点間距離を225mmとし、載荷は中央集中載荷とした。試験はデジタル計測制御方式精密万能試験機を用い、載荷速度1.5mm/minで載荷し、荷重-変位曲線を自動計測した。さらに、試験体の下端中央にひずみゲージを貼り付け、曲げによるひずみも計測した。

(3) 実大試験体による型枠性能確認試験

RC造集合住宅のバルコニー部の大梁への適用を想定した実大の打込み型枠試験体を製作した。型枠試験体の締め付け金物には現場での施工性を考慮してコの字型セパレータを用いた。

型枠試験体の材令4週時に、型枠内へコンクリート

を打設し、型枠のひずみ挙動、変位およびセパレータのひずみを計測した。コンクリートの打設は、トラックアジテータから直接打込み、約15cmごとに7層に分けて行った。なお、打込みに用いたコンクリートは呼び強度210、スランプ18cmである。

試験体の形状、寸法およびゲージの貼り付け位置、変位計測位置を図－1に示す。

4. 試験結果および考察

4.1 フロー値・単位容積重量・圧縮強度

各短繊維補強モルタルのフロー値、単位容積重量および圧縮強度の試験結果を表－4に示す。フロー試験の結果、流し込み成形を行うには、15回打撃後のフロー値が150mm以上必要ことが分かった。

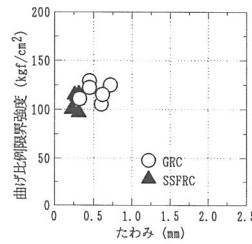
4.2 曲げ試験

材令4週での、曲げ比例限界強度（LOP）および曲げ強度（MOR）とたわみの関係を図－2、3に示す。

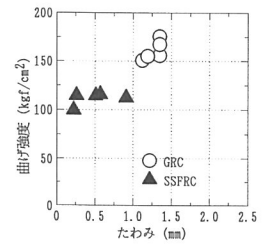
LOP、MORとも多少のばらつきが見られたが、L

表－4 フロー値・単位容積重量・圧縮強度

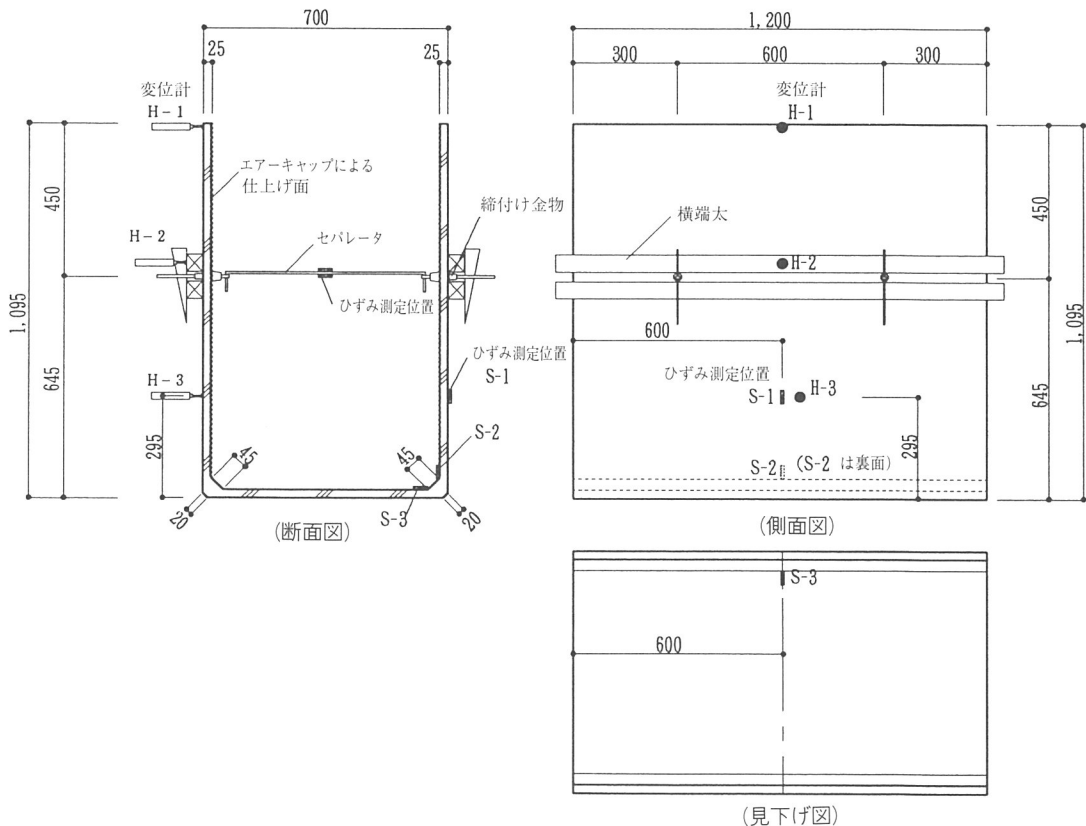
種類	自然フロー値 (mm)	15回打撃後 フロー値 (mm)	単位容積重量 (kg/ℓ)	圧縮強度 σ_{28} (kgf/cm ²)
GRC	108	155	2.15	614
SSFRC	133	174	2.33	780



図－2 曲げ比例限界強度とたわみの関係



図－3 曲げ強度とたわみの関係



図－1 試験体の形状・寸法およびひずみ・変位計測位置

OPは、SSFRCの場合、試験体平均で108kgf/cm²、GRCでは118kgf/cm²であった。MORは、SSFRCで、125kgf/cm²、GRCでは164kgf/cm²であった。さらに、曲げ比例限界時のひずみは、SSFRCで300～400×10⁻⁶、GRCで400～500×10⁻⁶であった。

SSFRCとGRCの曲げ応力度～たわみ曲線および曲げ応力度～ひずみ曲線の代表例を図-4、5に示す。

4.3 型枠性能確認試験

コンクリートを各試験体に打設して発生した型枠表面のひずみおよび変位と、打込み高さとの関係を図-6、7に示す。

GRCとSSFRCの両試験体とも打込み高さ105cmの時点で最大のひずみを示し、コンクリートの側圧が最大となる型枠の底部の計測位置S-2、S-3（図-1参照）で約200×10⁻⁶の値を示した。この値が、材料試験結果の曲げ比例限界強度時のひずみよりも小さいことから判断すると、型枠に作用した側圧による荷重はひび割れ荷重以下であったと考えられる。

型枠の変位については、両試験体とも型枠の頂部で2mm以上みられた。変位が比較的大きかった原因は、型枠の締め付け部での計測位置H-2（図-1参照）の変位が1.5mmと大きいことから、型枠試験体の締め付け金物として用いたコの字型セパレータの取付け部に、

わずかに遊びがあったためと考えられる。しかし、型枠に発生したひずみ量から判断すると、型枠の構造上からは特に問題ないとする。

セパレータ本体の応力～ひずみ曲線を図-8に、コンクリート打込み高さとセパレータに発生したひずみとの関係を図-9に示す。コンクリートの側圧によるセパレータのひずみは、約500×10⁻⁶と小さいため、セパレータに発生している応力は非常に小さいことが判る。以上の試験結果から、試作した打込み型枠は型枠構造上大きな問題もなく実用に十分供しうることが確認された。

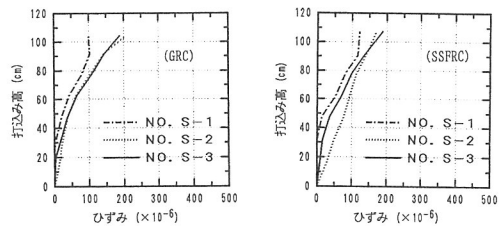


図-6 打込み高さと型枠のひずみとの関係

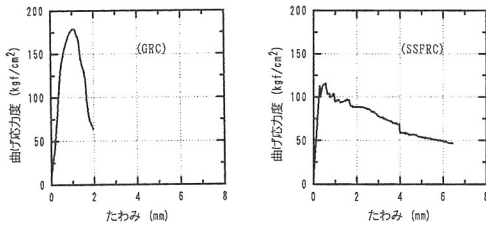


図-4 曲げ応力度～たわみ曲線（代表例）

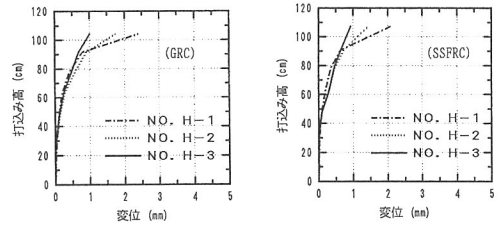


図-7 打込み高さと型枠変位との関係

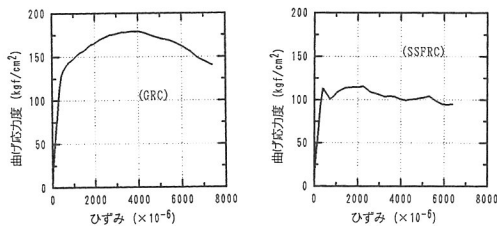


図-5 曲げ応力度～ひずみ曲線（代表例）

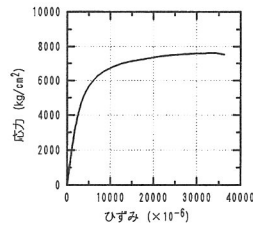


図-8 セパレータ本体の応力～ひずみ曲線

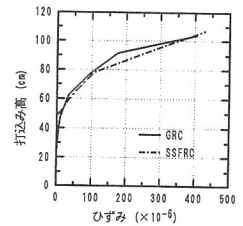


図-9 打込み高さとセパレータのひずみとの関係

5. 実施工

実際の高層RC造集合住宅の大梁部分に、この薄肉PCa打込み型枠を採用し、施工した結果を以下に述べる。

5.1 施工概要

図-10に示す、各階バルコニー横の大梁に、本工法を採用した。2階から14階大梁（3G～15G）はガラス繊維補強モルタルを用いた打込み型枠を、15階大梁（16G）以上はステンレス繊維補強モルタルを用いた打込み型枠を使用した。各階打込み型枠の寸法を表-5に示す。

薄肉型枠の設置は、柱のシステム型枠を組んだ後、薄肉梁型枠をサポートで支持して行った。使用した支保工は、通常の材料を用い、図-11に示すように通常の工法で組んだ。

コンクリート打設はVH分離工法で、ポンプ車で約40m³/hの速度でスラブ天端まで一度に打設し、棒状バイブレーターで締め固めを行った。ちなみに、打設コンクリートはFc=420～360kgf/cm²、スランプは20cmである。

コンクリート打設後、所定のコンクリート強度を確認し、横端太は6日目に解体し、サポートは21日目に解体した。

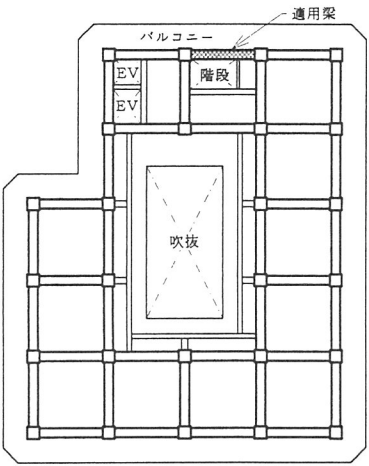


図-10 建物における本工法採用位置

表-5 薄肉PCa打込み型枠の寸法

部 位	使用材料	型 枠 寸 法			
		L (mm)	H 1 (mm)	H 2 (mm)	W (mm)
3G～7G	G R C	5060	925	745	700
8G～15G		5110	875	695	700
16G～18G	S S F R C	5110	825	645	700
19G～RG		5160	775	595	700

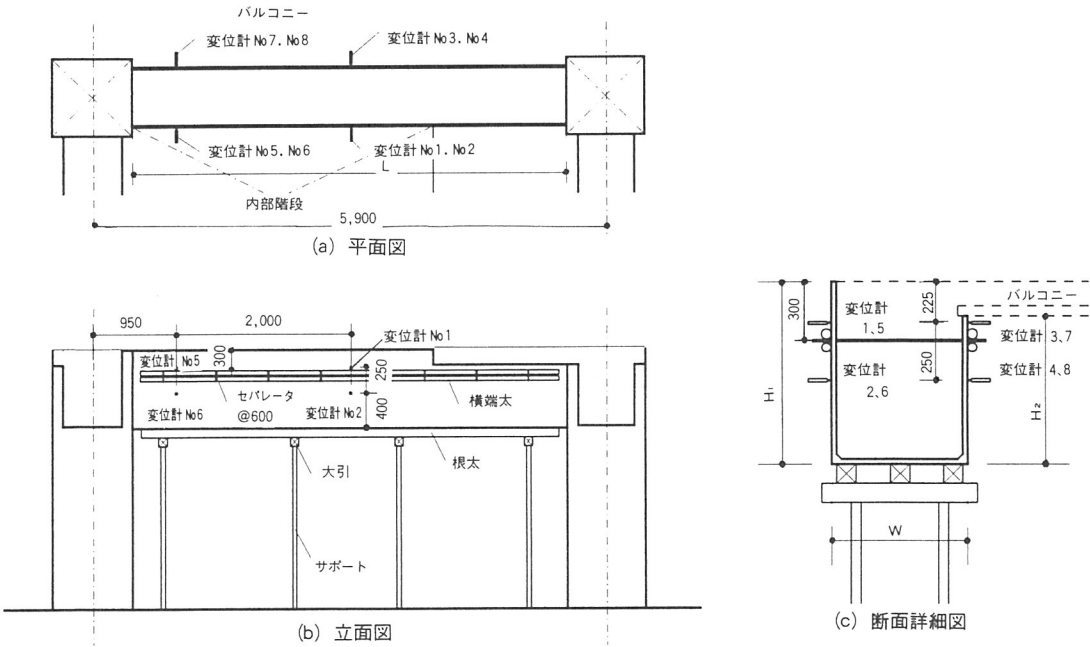


図-11 型枠設置概要と変位計取り付け位置

5.2 計測方法

チャンネルで計測用フレームを組み、変位計を梁側面に取り付け、コンクリート打設時および打設後の型枠側面の変位を計測した。

変位計の取り付け位置は、図-11 (c)に示すように、スパン中央部と端部の両面にそれぞれ上下2カ所ずつ計8カ所取り付けた。測定の間隔は、コンクリート打設中は5分ピッチで、打設後24時間は1時間ピッチで、その後は3時間ピッチで測定した。当初、コンクリート打設後14日間の計測を予定したが、3日目以降は変位にあまり変化が見られないため、12G以降は、打設後3日で、計測を打ち切った。計測状況を写真-1に示す。

5.3 計測結果

コンクリート打設開始後の経過時間とコンクリートの側圧による薄肉PCa梁型枠側面の変位を図-12に示す。

変位量は、梁自体の全体的な移動が考えられるため、各々向かい合う変位量を平均した。

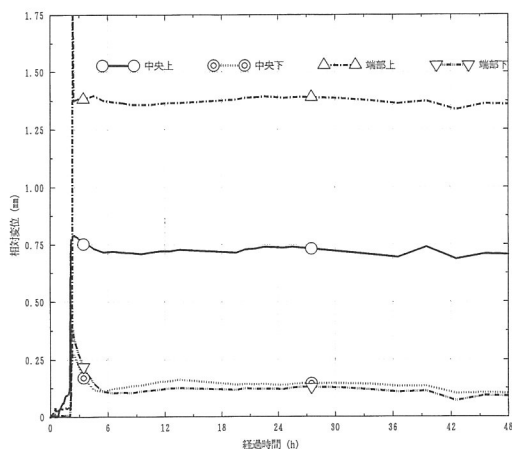
各階、各位置ともコンクリート打設直後に最大の変位量を示し、その後約4時間で、コンクリートの硬化に伴い変位量は減少した。12時間以上経過した後は、変位量にあまり大きな変化は見られなかった。

梁上部と梁下部では上部の変位量が下部の変位量より大きな値を示した。これはセパレータの伸びと締め付け時、金物に若干の緩みがあったためと思われる。

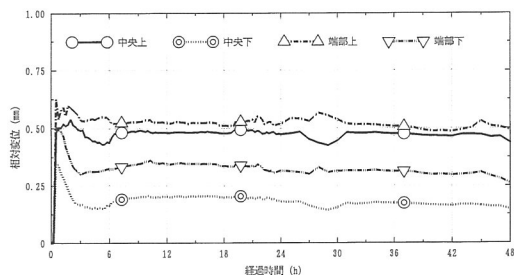
6G端部上の変位を除き、変位量はすべて1mm以下であり実施工面で問題はなかった。また、型枠表面を目視で検査したが、有害なひび割れは発見されなかった。



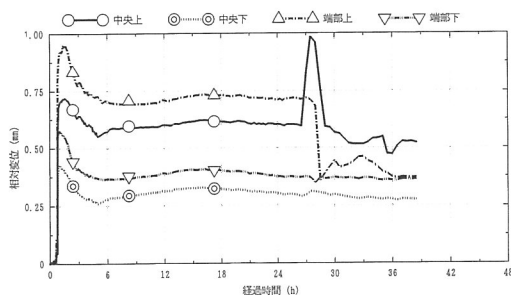
写真-1 計測状況



(a) GRC (6G)



(b) GRC (12G)



(c) SSFRC (17G)

図-12 型枠変位と経過時間

6. まとめ

型枠工事の省力化をめざして、短繊維補強モルタルを用いた薄肉PCa打込み型枠の開発を行い、実際の建物の梁型枠に適用し、型枠として有効であることが確認できた。今後は現場からのニーズ等をふまえ、この打込み型枠を梁部材だけでなく、他の部材・用途に適用することも検討してゆきたいと考えている。

〔参考文献〕

小柳、小川、田村、岡本：薄肉PCa折り曲げ型枠工法の開発、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14, No.p137～142, (1992)