

FRC 建材の用途開発

Properties and Applications of Fiber Reinforced Cement Building Materials

白川 潔/Kiyoshi Shirakawa・住金エフアールシー(株) 技術部 技術部長

菅野英孝/Hidetaka Kanno・住金エフアールシー(株) 社長

片平富二夫/Fujio Katahira・住金エフアールシー(株) 技術部 技術課長

要 約

FRC建材の製造法の一つである押出法は、複雑形状、深模様、中空形状品の成形に適した製法である。

ここでは、押出法の特徴を活かして当社で製造している住宅用外壁材、部材等の製品性能と用途開発状況及び今後の展開につき述べる。

Synopsis

FRC (Fiber Reinforced Cement Composite) building materials, which are used in the extrusion molding of external walls, frameworks, and other housing components are manufactured at our company.

In this paper, we attempt to explain the present situation and future trends concerning the properties and applications of the FRC building materials.

1. 緒 言

窯業系建材の一つである FRC (Fiber Reinforced Cement) 建材に、住友金属が係わりをもったのは、1970 年代前半の SF (Steel Fiber) の研究開発に遡る。SF がセメントコンクリート用補強繊維として有望との判断で、業界に先がけて住金独自の波形スチールファイバーの製造技術を確立し、土木建築分野への用途開発を実施した^{1)~2)}。

つづいて、石綿代替を狙って、コールタールを原料とする CF (Carbon Fiber) を用いて、CFRC の製造技術と新製品開発を行なった。その結果、押出成形法の基礎技術を確立するとともに、フリーアクセスフロアを開発、実用化した^{3)~4)}。

その後、補強繊維を CF に限定しない FRC 建材へと広げ、押出成形による外装材 (外壁、部材) の製造技術をニチハ(株)、住金鋼材工業(株)と共同開発し、住金エフアールシー(株)で外装材の製造販売を開始した^{5)~6)}。

この窯業系外装材は、住宅用外装材中でのシェアが 50 % を超えたこともあり、JIS A 5422 「窯業系サイディング」が平成 7 年 1 月 1 日付で新たに制定され、当社は平成 7 年 9 月 26 日認定を取得した。

なお、窯業系外装材は、阪神大震災でモルタル壁に比較して被害が大幅に少なかったことから、需要が急速に伸びる傾向にある。

ここでは、住金エフアールシー(株)で取り組んでいる押出法による FRC 建材の性能とその用途開発状況及び今後の展開につき報告する。

2. FRC 建材の製法と特徴

繊維補強された窯業系建材の製法は第 1 表に示す押出法、抄造法、型枠法の 3 つが一般的であり、それぞれ一長一短がある。押出法は第 1 表からも明らかなように製品断面の設計が任意であり、高級品等の多品種大量生産に適した生産性の高い製法である。

押出法による FRC 建材は、用途に応じて強度、断熱、遮音、耐久、意匠及び施工性を考慮した断面形状寸法、密度が採用される。第 2 表は、その概要を示したものである。筆者らが、開発実用化している製品は、密度が 0.9~1.0g/cm³ 厚さ 40 mm 以下の住宅用外壁材、同二次部材、事務所店舗等鉄骨造向外壁材が主体である。

3. FRC 建材の性能と適用例

3-1 住宅用外壁材

3-1-1 製品性能

住宅用外壁材は、施工業者、施主より出される種々の要求性能を集約する形で商品設計が行なわれる。現在、当社

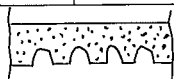
第1表 FRC 建材の製造方法比較

| | | 押出法 | 抄造法 (丸網タイプ) | 抄造(長網タイプ) 及び乾式フォーミング } +プレス法 | 型枠法 (流込, 吹付, 遠心) |
|----------------|----|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| 製法 | | 原材料を混合, 混練後押出機で連続成形 | FRC スラリーを丸網抄造機で抄き取り圧搾成形 | FRC 材を長網抄造又は乾式フォーミング後プレス成形 | FRC 材を型枠内に流込, 吹付け等で成形 |
| 主要形状等 | 比重 | 0.8~2.0 | 1.0~ | 0.3~2.0 | } 任意 |
| | 厚さ | 10~100 mm | 3~10 mm | 4~25 mm | |
| | 幅 | 30~1 200 mm | 600~1 200 mm | 455~1 200 mm | |
| | 長さ | 任意 max 5.0 m | 1 800~3 030 mm | 1 800~3 030 mm | |
| 特徴 | | 1. 深模様柄 2. 複雑断面 3. 中空品 | 1. 薄板生産に最適 2. デザイン性に欠ける 3. 凍害を受け易い | 1. 浅模様柄 2. 複雑断面不可 | 1. 厚物 |
| 製品分野 (代表製品) | | 中級品~高級品 (住宅用外装材 ビル用厚物中空材) | 普及品 (石綿スレート) | 普及品~高級品 (住宅用外装材) | (ALC 製品, GRC 製品, コンクリート二次製品) |

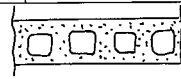
第2表 FRC 押出建材の種類と形状寸法

| 種類 | 断面形状寸法 (mm) | | | | 基材の密度 (g/cm ³) | 当社の対応 |
|---------------------------|-------------|--------|--------------------|---------|-------------------------------|--------------------------|
| | 断面形状* | 厚さ: t | 幅: W | 最大長さ: l | | |
| 1. 住宅用外壁材 (含軒天) | 裏抜き | 12~25 | 455~1 000 (普及品) | 3 030 | 0.9~1.0 | 生産 (15~23 ^①) |
| | 中空 | | | | | — |
| 2. 住宅外装用 二次部材 | 裏抜き | 18~200 | 45~270 | 3 030 | 0.9~1.0 | 生産 (18~40 ^①) |
| | 中空 | | | | | — |
| 3. 工場倉庫等 鉄骨造用外壁材 | 裏抜き | 18~23 | 455 (普及品) | 3 030 | 0.9~1.0 | 生産 (15~23 ^①) |
| | 中空 | 15~25 | 303 (普及品) | | 1.8~2.0 | — |
| 4. ビル用建材 (外壁, 間仕切壁) | 中空 | 30~100 | 450~1 200 | 5 000 | 1.8~2.0 | — |
| 5. その他 (防音壁, 階段, 永久型枠) | 中空 | 10~100 | 200~1 000 | 5 000 | 1.8~2.0 | — |

* 裏抜き形状



中空形状



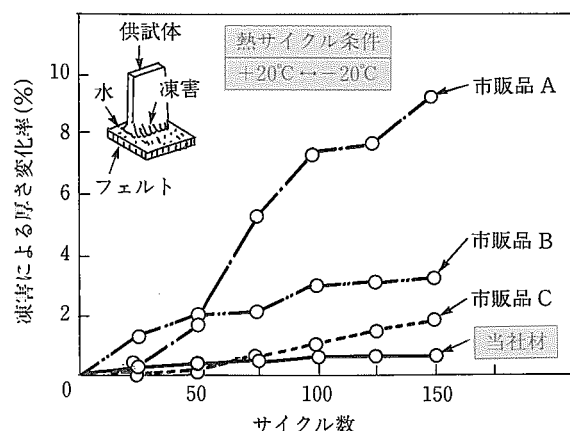
で, 製造販売している商品モエンサイディング S は, これらの要求を満足するような製品性能を有する。

すなわち, (1)完全無石綿, (2)軽量(密度: 0.95 g/cm³), (3)鋸切断及び釘の直打ちが可能で施工性良好, (4)優れた耐凍結融解性能, (5)長期の寸法安定性等を具備した製品である。

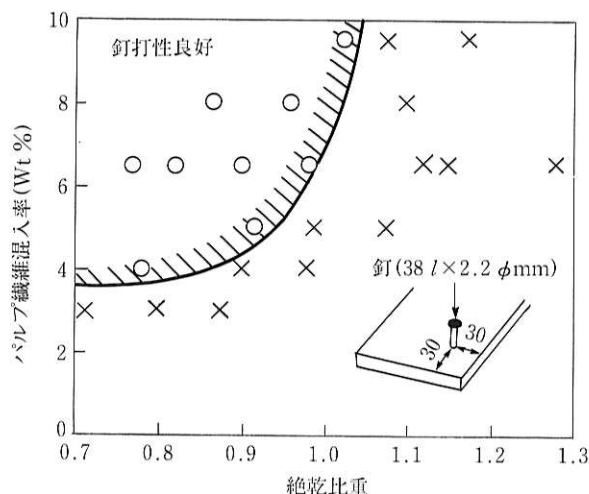
ここに, 無石綿化は, パルプ繊維, 合成繊維の併用とメチルセルロース添加技術により, 又, (2)~(4)は, 独自の気泡混入技術により, (5)はオートクレープ養生を行なうことにより達成された^②。

促進耐凍性試験, 釘打ち性試験結果の測定例を第1図, 第2図にそれぞれ示す^③。第1図は, 外壁材の使用環境を模擬した試験条件, すなわち, 製品下端が常時水に浸漬した状態で-20°~+20°C/5 hの凍結融解を繰り返す促進試験結果を示している。当社製品は, 水分の凍結による体積膨張量を吸収しうる独立気泡を内蔵しているの, 凍結融解作用による劣化(膨潤)現象は殆んど無いが, 市販外壁材は

劣化が激しい。また第2図は, 釘を直打ちした場合の割れ発生が, 基材中の空隙を大きくして比重を小さくすることにより, かつパルプ繊維混入率を大きくすることにより, 少なくなることを示している。



第1図 外壁材の促進凍結融解試験結果



第2図 外壁材の釘打ち試験結果

3-1-2 適用例

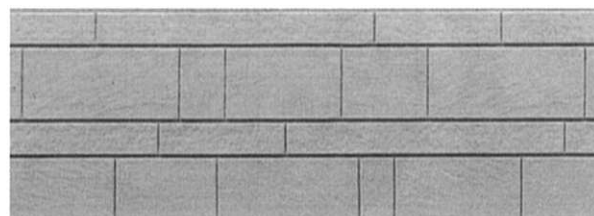
外壁材は、住宅の外観を支配する重要な建材であり、近年高意匠性、高耐久性を求められる傾向にある。当社では、これに答えるため深模様柄、高級塗装技術を開発、実用化して写真1、2に示す高意匠品を商品化している。

この高意匠外壁材を従来一般的に採用されていた釘又はネジで下地に留める工法は、釘頭が外壁材表面で露出して見栄えが悪くなる欠点がある(第3図(1))。これを解消するため、アルミ又はステンレス製金具を用いて、釘頭が見えない金具留め工法が実用化されている(第3図(2))⁶⁾。

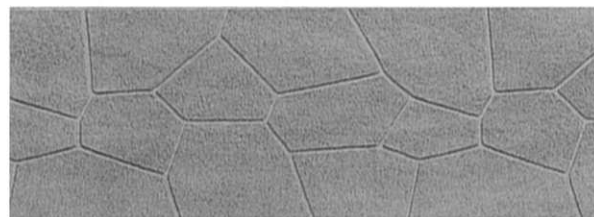
また、外壁材の高級化指向(厚み、柄、塗装)は、施工現場で職人が一枚一枚取り付ける在来工法ではもとより、ハウスメーカーの専用工場ではパネル化するプレハブ工法にも、その傾向は顕著である。なお、プレハブ工法では普及品(幅455mm)を横貼り使用するよりも、最近では広幅品(910~1000mm)を縦貼り使用する施工方法が主流となっており、

高意匠性に加えて軽量化が重視される。第3表に、施工方法からみた外壁材の適用分野を示す。

また、外壁材とは、使用箇所が異なるか、軒天の天井にも第4図に示すように押出法による軒天ボードの使用が増加する傾向がある。



(1)組石調(455×3030×18mm)

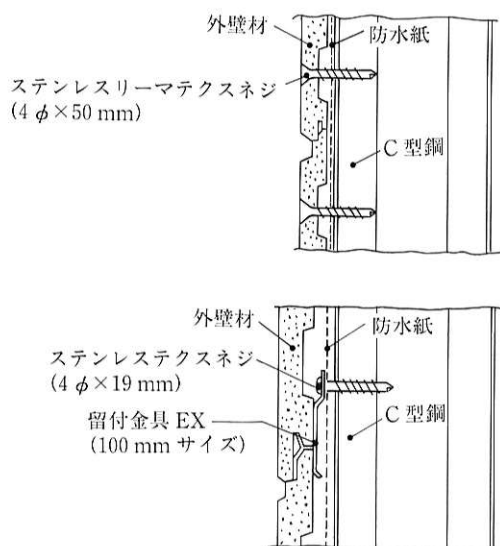


(2)大石目調(455×3030×18mm)

写真1 高意匠外壁材

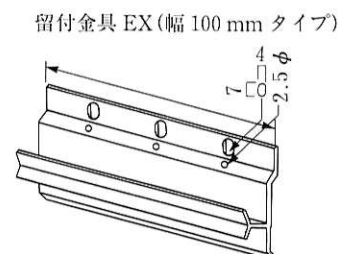


写真2 高意匠外壁材の使用例



(1) <ビス留め>

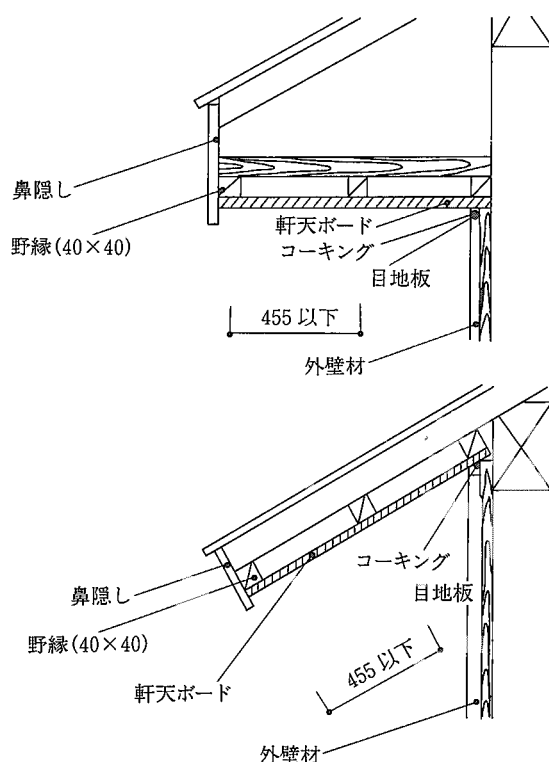
(2) <金具留め>



第3図 外壁材の取り付け工法(ビス留め、金具留め)

第3表 施工方法から見た住宅用 FRC 外壁材の種類

| 種 類 (働き幅：mm) | 施工法 | | 下地の種類 | 当社の対応 | ユーザー |
|---------------------|-----|-------|-------------------------|---------|---------|
| | 貼り方 | 留め方 | | | |
| 普及品 (455) | 横貼り | 釘, ビス | 木造 (軸組, 桢組) 鉄骨 | 生産(中級品) | 工務店 |
| | | 金具 | | 〃 (高級品) | ハウスメーカー |
| | 縦貼り | 釘, ビス | | — | 工務店 |
| | | 金具 | | — | |
| 広幅品 (910, 1 000) | 縦貼り | 釘, ビス | | 開発 | ハウスメーカー |
| | | 金具 | | 〃 | |



第4図 FRC 建材の軒天ボードへの適用例

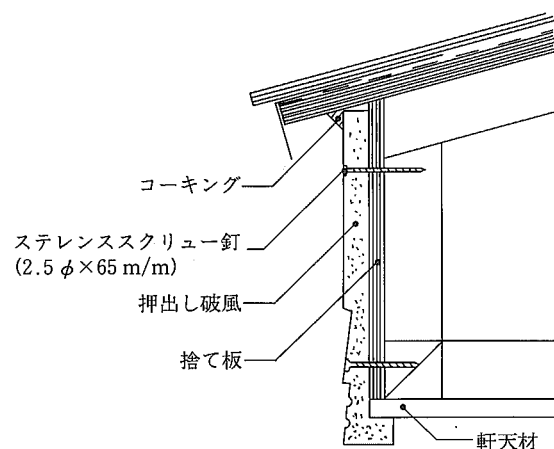
3-2 住宅外装用二次部材

住宅外装材にアクセントを付けるための附属部材は、材質的には金属(アルミ、銅)、木製等も使用されているが、質感、耐久性等の面で、FRC 建材が急速に需要を伸ばしている。この二次部材には破風、幕板、出隅柱、付柱、笠木等の種類がある。第5図(1)、(2)に破風、幕板の使用例を示す。

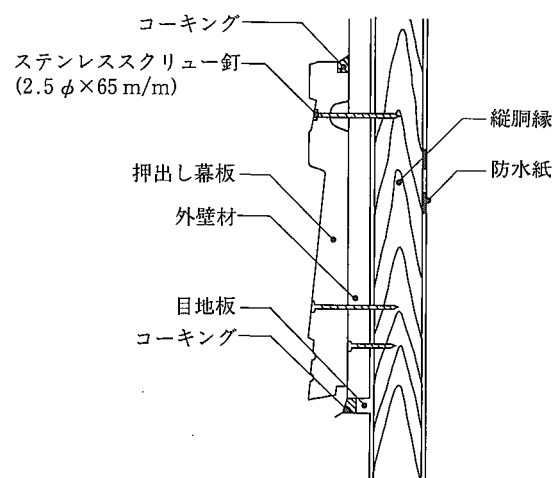
なお、当社で製造している部材(商品名：アウティ)の物理的性質は、第4表(1)、(2)に示す通り外壁材モエン S とほぼ同等の性能を有する。部材は、原則、釘打ち工法が採用されるが、仕上げ塗装したカラー品では、高意匠を目的に金具留め工法が要求される傾向にある。

3-3 事務所、店舗等鉄骨造向外壁材

事務所、店舗等の鉄骨造向外壁材は木造住宅の場合と異なり、リップ溝形鋼等の鉄骨下地工事の簡素化を目的に、下地間隔を、木造の場合 450 mm よりも長く設計する傾向にある。しかも、工場建屋などの場合は外壁材の裏面に防水シート、断熱材を取り付けることはしない。また、鉄骨造は、気温の変動により熱膨張収縮を繰り返しかつ、変形しやすい構造である。したがって、鉄骨造向外壁材には木造向外壁材とは異なる製品性能が要求される。



第5図(1) FRC 建材の破風への適用例



第5図(2) FRC 建材の幕板への適用例

第4表(1) 外壁材(当社材)の製品性能

| 項 目 | 単 位 | | 23 mm* | 20 mm* | 18 mm* |
|---|-------------------------|----------|--|---|--------|
| 重 量 比 重 含 水 率 | kg/m ² | | 19 | 16 | 15.5 |
| | | | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| | % | | 10 | 10 | 10 |
| 曲 げ 破 壊 荷 重 曲 げ た わ み 量 | kg | | 220 | 150 | 120 |
| | mm | | 3 | 4 | 4 |
| 吸 水 伸 び 率 | % | | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 釘 頭 逆 引 抜 抵 抗 ね じ 頭 逆 引 抜 抵 抗 金 具 保 持 強 度 | kg | | 200 | 200 | 160 |
| | kg | | 220 | 220 | 180 |
| | kg | | 120 | 120 | 120 |
| 熱 抵 抗 値 熱 伝 導 率 | m ² h°C/kcal | | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| | kcal/m ² h°C | | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| 音 響 透 過 損 失 | dB | 500 Hz | 31 | | |
| | dB | 1 000 Hz | 31 | | |
| 耐 衝 撃 性 | kg・m | | 2.5 | 2.0 | 2.0 |
| 耐 凍 害 性 | | | 合格 | 合格 | 合格 |
| 層 間 変 位 追 従 性 | rad | | 1/120 rad 以上 | | |
| 耐 風 圧 性 | kg/m ² | | 23 mm 品 | 正圧 360 kg/m ² 異常なし 負圧 880 kg/m ² で破壊 | |
| | | | 20 mm 品 | 正圧 360 kg/m ² 異常なし 負圧 260 kg/m ² で破壊 | |
| 水 密 性 | kg/m ² | | 20～160 kg/m ² 、但し目地シール又は防水シート併用をお奨めします。 | | |

* 板厚(いずれも裏抜きタイプ)

第4表(2) 部材(当社材)の物性

| 項 目 | 単 位 | |
|----------|-----|------|
| 比 重 | | 0.90 |
| 含 水 率 | % | 10 |
| 耐 凍 害 性* | | 合格 |

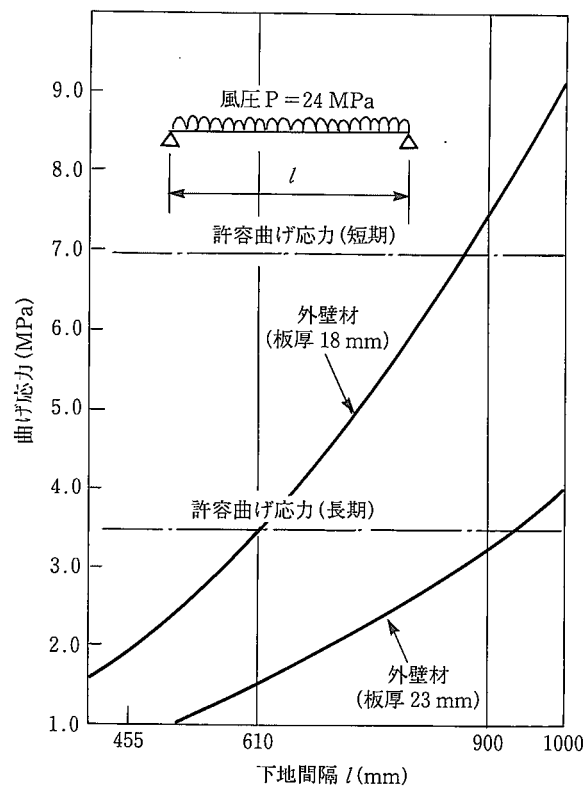
* 外壁材と同一試験方法(第1図)で実施

すなわち、曲げ強度、曲げ剛性が高く、水密性、寸法安定性に優れ、変形に対する追従性に優れた(層間変形角大)軽量薄物外壁材が求められる。

これらの性能を満足するものとしてモエン S が実用化されている。

第6図に風圧による曲げ発生応力と鉄骨下地間隔との関係を第5表に、外壁材モエン S の耐震安全性を評価するための動的実大実験結果を、それぞれ示す。これらより、モエン S のビス留、金具留め両工法ともに、地震時に生じる層間変形角の設計許容値 1/120 を満足すること、また、階高 16 m 以下、すなわち低層建物を想定した風圧 240 kg/m² に対しても、下地間隔 610 mm なら曲げ応力が 1.5~3.5 MPa と短期許容応力 7 MPa (破壊強度の 2/3 と仮定) より小さく、使用上全く問題の無いことが判る。

ただし、モエン S は風圧が大きくなる中高層鉄骨造(階高 ≥ 16 m)、あるいは下地間隔 900、1500 mm と大きい場合は曲げ応力が許容曲げ応力を超え、また、たわみ量も許容値を超えるので、適用出来なくなる。



第6図 外壁材の風圧による曲げ応力と下地間隔との関係

第5表 外壁材(当社材)の層間変形追従性試験

| 外壁の種類 (板厚：mm) | 鉄骨 下地間隔 (mm) | 施工 方法 | 試験結果 | | 備考 (試験条件) |
|--------------------|--------------------|----------|--------------|------------------------|---|
| | | | 層間変形角(1/120) | | |
| | | | 静的加力 | 動的加力 (2 Hz, 60 sec) | |
| モエン S (平板, 23) | 610 | ビス留め | 異常無し | 異常無し | <p>変位振幅 (mm)</p> <p>層間変位 $R=1/400$</p> <p>$R=1/120$</p> <p>2 Hz, 30 sec</p> <p>2 Hz, 60 sec</p> <p>加力</p> <p>δ</p> <p>455</p> <p>モエン S</p> <p>下端 固定</p> <p>h</p> |
| エモン S (ヨロイ, 18) | 600 | ビス留め | 同上 | 同上 | |
| エモン S (平板, 18) | 610 | 金具留め | 同上 | 同上 | |

このような分野には、力学的性能が優れた中空、広幅、高密度品が有望であり、今後の開発実用化が待たれる。

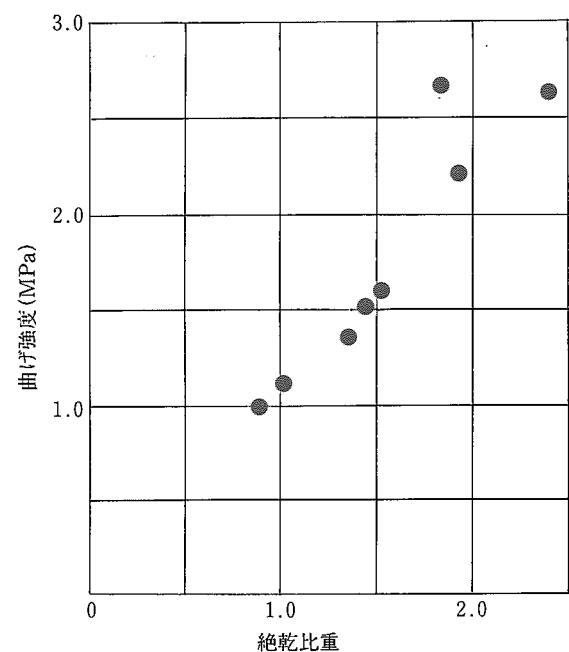
第7図に押出材の比重と曲げ強度との関係を、第6表に厚さ 25 mm の中空材とこれと同一断面積を有する平板との曲げ強度比の計算例をそれぞれ示す。第7図より比重を 0.9 から 1.8 に高めると、曲げ強度は 2 倍以上に上昇すること、又、中空にすることにより、曲げ破壊強度は 1.78～3.1

倍に上昇することが判かる。このように、本格的鉄骨造向
外壁材には中空、高密度品が適しているといえる。

第6表 中空材と平板材の曲げ強度比*

| ケース | 中空形状 寸法 (mm) | 中空率 (%) | 平板材の 厚さ (mm) | 曲げ強度比 (中空 / 平板) |
|-----|-----------------|------------|-----------------|-----------------------|
| A | | 35.6 | 16.1 | 1.78 |
| B | | 45.0 | 13.8 | 2.41 |
| C | | 55.0 | 11.2 | 3.10 |

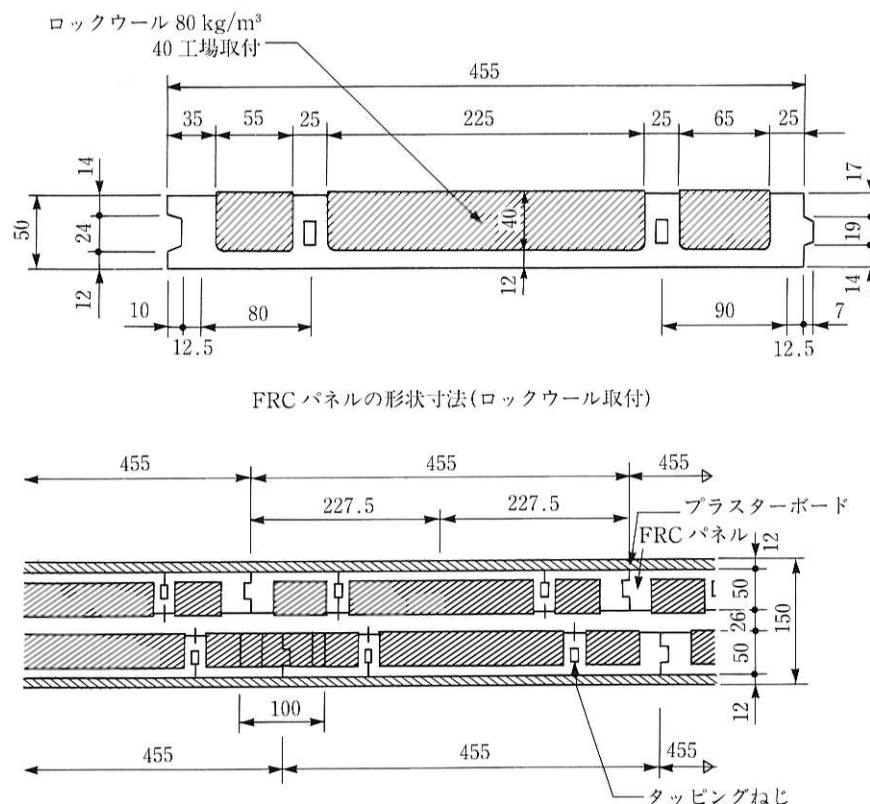
* 中空材の板厚: 25 mm (一定),
各ケースの中空材と平板材の断面積は同一



第7図 押出材の曲げ強度と比重との関係

3-4 ホテル、マンション向軽量間仕切壁

高層ホテル、マンション用間仕切壁は、その使用目的から軽量かつ高遮音性、高耐火性に優れた製品が求められる。これに対して第8図に示す断面形状を有する中密度品を開



FRC パネルの形状寸法(ロックウール取付)

第8図 高遮音高耐火軽量間仕切壁の断面寸法

発した。開発品は第7表に示す要求性能をロックウール、プラスターボードとの組合せにより満足し、リゾートマンションに適用された。この基材は、密度が 1.5 g/cm^3 で曲げ強度が 160 kg/cm^2 と高く、しかも耐火性に優れた材料で、間仕切壁以外の用途への応用も考えられる。

第7表 軽量間仕切壁の性能

| 項目 | 性能、諸元 |
|-----|---------------------|
| 遮音性 | D-55 相当 |
| 耐火性 | 2 時間 |
| 壁厚 | 150 mm |
| 重量 | 83 kg/m^2 |

4. 今後の展開

これまで当社では主として住宅分野を対象に低密度、裏抜き品の薄物高級外壁材量産を実現し、広く戸建住宅の分野に提供し好評を得て来た。今後も引き続き薄物建材の分野で押出法の特徴を活かした新製品、すなわち高意匠広幅外壁材、中空建材、中高密度建材等を開発する方針である。

具体的には、第3表に示すハウスメーカーを対象にした住宅用高意匠広幅外壁材、住宅用中空部材、事務所、店舗等を対象とした中層鉄骨造用広幅中空外壁材、戸建住宅用プレハブ化粧階段等である。いづれも需要家の要求性能を的確に把握して、高生産性を考慮した高性能な商品開発を

行なうべく、未来技術研究所、建設エンジニアリング事業部等と連携を深めつつ取り進めている。

なお、米国、オーストラリア等で急速に普及し、我が国に導入されようとしている「スチールハウス」への FRC 建材適用についても薄板建材部に協力し施工技術確立の検討を進めている。

5. 結 言

住宅分野を中心に、当社で取り組んできた押出法による FRC 建材、すなわち、外壁材、部材、間仕切壁などの開発状況と今後の展開につき、その概要を報告した。押出法は、他の製法では成形出来ない複雑形状、中空形状等の任意断面の製品に適した製法であるので、高級化指向の強い需要分野を対象に今後は広幅、高意匠柄、中空等を基本とする新製品開発を実施していく所存である。



白川 潔 / Kiyoshi Shirakawa

住金エフアールシー
技術部 技術部長

(問合せ先: 06(411)7696)

参考文献

- 1) 西岡邦夫, 他 3 名: スチールファイバーコンクリートの性能と応用(第一報). 住友金属, Vol. 26, No.3, July 1974, PP 60~72
- 2) 西岡邦夫, 他 4 名: スチールファイバーコンクリートの性能と応用(第二報). 住友金属, Vol.29, No.1, PP 82~99
- 3) K. Nishioka, S. Yamakawa, K. Shirakawa: Properties and Applications of Carbon Fiber Reinforced Cement Composites, Third International Symposium on Development in FRC Composites, 1986. RILEM SYMPOSIUM
- 4) 善永悠, 他 4 名: CFRC 製フリーアクセスフロア. 住友金属, Vol.39, No.4 Oct. 1987 PP 85~94
- 5) 片平富二夫, 他 3 名: 押出形成による無石棉住宅用建材の開発, 住友金属. Vol.42, No.41 990 PP 343~352
- 6) 館野正毅, 他 4 名: 窯業系外装建材, 住友金属, Vol.47, No. 1, 1995 PP 28~30