

GRCの技術開発 最近の展開

株式会社エーアンドエーマテリアル プレコン営業部長 松本 行夫

1. はじめに

GRCは1973年頃、英国で開発が完了し、1975年にはわが国に導入され市場に登場したガラス繊維で補強されたコンクリートである。

その特徴は、①曲げ強度が大きく薄肉化できるので部材の軽量化が図れる、②自由な形状に成形でき造形性に優れる、③不燃材料で建築や土木の内・外装材、柱・梁カバー、永久型枠、景観材料などの幅広い用途、などである。

GRCのマトリックスはセメントモルタルが主であり、製造はダイレクトスプレー法、プレミックス流し込み法などで成形し部材化するのが普通である。本稿では最近のGRCの材料、マトリックス、製造法、商品の動向を紹介する。

2. ガラス繊維

セメントは高アルカリ性であるため、セメント補強用のガラス繊維としては、耐アルカリ性が要求される。ガラス繊維の耐アルカリ性は、主にガラス組成中のジルコニア成分(ZrO_2)により決定され、ジルコニア含有量が高いほど耐アルカリ性は増大する。したがって、現在市販されている耐アルカリガラス繊維はジルコニアを16%以上含有している。

GRCは屋外暴露や熱水浸漬で靱性を失うことが知られている。このため、耐アルカリガラス繊維といえども、GRC中で溶けるのではないかと心配されているが、天然暴露14年後のGRC中のガラス繊維そのものは全く侵食されていないことが電子顕微鏡観察などで確認されている。

しかし、この靱性や強度の低減を補うため、ガラス繊維以外の有機合成繊維とのハイブリッド化も検討されているが、日本ではまだ実用化の段階には至っていない。また、ガラス繊維やカーボン繊維などの他種繊維と組み合わせて樹脂で固めたロッド状のもので、セメント・コンクリートを補強する連続繊維補強技術も開発が進められている。

3. マトリックス (母材)

GRCのマトリックスには、普通ポルトランドセメントモルタルが使用されるが、GRCの特性を向上させるため、種々のマトリックスが検討・開発されてきているので、以下に紹介する。

(1) GRCセメント

GRCは軽量・高強度であり、意匠性・不燃性など優れた特性を持っているが、材齢の経過とともに強度、靱性が低下する傾向がある。これは、セメントの高pH雰囲気におけるガラス繊維の化学的な劣化、水酸化カルシウムの結晶による物理的な損傷、あるいは水和物の生成によるマトリックスとガラス繊維の強固な一体化による脆性化が原因と言われている。この短所は高ジルコニアガラス繊維を使用することでかなり改善されるが、セメントのアルカリ性を低くすることで大きく改善が図れる。

GRCセメントは、①初期から長期にわたって水酸化カルシウムを生成しない、②硬化体の水素イオン濃度を著しく低くした低アルカリ性セメントであり、ガラス繊維の補強効果を長期間持続することができる。

また、乾燥収縮が小さく、寸法安定性に優れており、ひび割れやそりの発生が少ないので大型のタイル打込みパネルなど、今までのGRCでは不可能であった分野にも用途を広げている。

(2) ポゾラン性物質添加マトリックス

ポゾラン性物質のシリカフェームやメタカオリンを普通ポルトランドセメントに添加したマトリックスを使用したGRCは、耐久性が著しく改善される。これは、ポゾラン性物質がセメントの水和過程において発生する水酸化カルシウムを、その発生速度に合わせて消化し、セメントのアルカリ度を低下させるためである。シリカフェーム入りマトリックスは、一部のメーカーで実用化されている。また、活性度の高いメタカオリンは「Cem-Star」という商品名で商品化されている。

これらポゾラン性物質を使用したGRCの屋外暴露25年に相当する促進試験、湿乾燥返し試験および凍結融解試験の結果は、従来のGRCと比べて優れた耐久性を示している。また、組織が緻密になることから、水分の吸放出が少なく、長さ変化が小さくなり、パネルの設計でも安全度が高くなる。

(3) 樹脂入りマトリックス

ポリマーをGRCのマトリックスに添加することは、1979年オランダのメーカーより提案され、GRCの耐久性の改善に効果があることが確認されている。

これは、ポリマーがマトリックスを改質し、水酸化カルシウムの成長によるガラス繊維の損傷を防ぐためといわれ、促進試験や天然暴露試験により確認されている。また、水分の放出を防ぐ効果があるため、GRCの製造工程で、従来行われていた湿潤養生の必要がなくなる。このことは、フレーム構造のGRCパネルの養生に適しており、米国でのビル建築に数多く採用されている。

4. 製造法の動向

GRCの成形法としては、従来から吹付け法とプレミックス法が使用されているが、その技術も次第に進歩してきている。最近のトピックスを紹介する。

(1) プレミックススプレー法

ガラス繊維をあらかじめ混合したモルタルは、振動流し込みや押し出し機を使用して成形するのが普通であったが、フランスで開発された吹付け装置では、ガラス繊維入りのプレミックスモルタルを連続的に吹付けることができる。この製法による製品は、従来のダイレクトスプレー法の製品に比較して、若干低い強度であることから、小パネルなど面積の小さい物の製造に用いられる。この製法の特徴は、ガラス繊維の分散が均一であるため、材料強度のばらつきが少なく、また、表面性状がきれいに仕上がることにある。

(2) ロボット利用技術

オーダー商品の製造は工業化が大変困難であるが、ヨーロッパのメーカー数社は、全自動コンピューターコントロールの吹付けロボットを開発し実用化している。イタリアのメーカーが開発した吹付け装置は完全に商業ベースで使用されているし、ドイツのメーカーも同様な吹付け装置を開発している。スペインでは、プログラムにより操作するのではなく、CAD図面から直接動作をプログラム化する手法が開発されている。このように、生産の自動化に向けての新たなステップが踏み出されている。

(3) 連続成形技術

GRCの連続製造法については、平板や波板の製造技術の開発が26年前から続けられている。初期には日本のメーカーがGRC平板の連続製造技術を完成させ、この技術は英国に輸出されGRC平板の生産が行われている。

一方、ドイツのセメントメーカーでは無石綿スレート板の製造技術の開発に取り組んでいたが、1988年にガラス繊維を使用したウェルクリート技術を完成させ、GRC波板を商品化している。ヨーロッパでは石綿規制が厳しいので、このような無石綿のGRC商品の需要は高く、この技術のライセンスを受けて数社がGRC波板や平板の連続生産を行っている。

また、イタリアのメーカーでも同様の生産技術を完成した。この技術ではガラス繊維のみならず、ポリプロピレン繊維のネットも同時に使用し、ハイブリッド化を図った高強度の特殊GRCの平板や波板の製造が可能である。

(4) 型枠循環技術

スイスのメーカーでは、窓枠部材や電力ボックスなどのGRC規格品をダイレクトスプレー法やプレミックス圧入法で製造しているが、型枠の自動ラックシステムや自動搬送装置など非常に生産性を重視したシステムを開発し、効率の良い工場生産を行っている。

5. 商品の動向

GRCはその特徴を生かし、建築を中心にさまざまな用途に使用されている。ここでは部位別に最近の施工例を紹介する。

(1) 外壁・外装

外壁、ルーバーなどの外装はGRCの主要な用途であり実績も多い（写真①、②、③）。

また、外断熱が注目される中、RC外壁のリニューアルに外断熱を付加したGRC複合板が使用されている（写真④）。

(2) 柱・梁カバー

GRCの持つ造形性や防火性能に優れている特長を活かし、柱・梁のカバーによく使用されている（写真⑤）。

(3) 内壁

大きな内部空間を持つ建物が増えており、ここでも防火性能、軽量性、造形性を併せ持つGRCが注目されている（写真⑥）

(4) 天井

意匠を凝らした2次曲面の天井などに対応した、GRCの施工例は多く、耐震性が高く評価されている（写真⑦）

(5) 飾り・モニュメント

飾り・モニュメントにGRCの持つ造形性や軽量性に優れている特長を活かしている（写真⑧）

(6) 土木・景観

自然や環境保護、都市部の景観対策が叫ばれるようになり、土木・景観材料としてGRCへ期待が高まっている（写真⑨）

6. あとがき

わが国におけるGRCはガラス繊維メーカー、コンクリート製品メーカーなどが手掛けており、1988年には日本GRC工業会が組織され、毎年GRCシンポジウムを開催して技術の研鑽を図り、普及発展に努めている。生産量は建設需要縮小の影響を受けて一時期より低下しているが、ここ数年は数パーセントの増減で推移している。軽くて強いなどのGRCの優れた特性は、伸展が叫ばれる改修工事の材料として、今後に期待が持てる。

本稿には、日本GRC工業会の技術部会ならびに事務局でまとめた貴重な資料や写真をご提供戴いた。関係の皆様にご誌上を借りてお礼申し上げる次第である。

写真① まつもと市民芸術館

GRCに特殊緩衝材を施したキャストガラスを打込み外壁とした。内装側にも同様のGRCパネルを設け2重構造とし、合わせて大きな断熱パネルとなっている。内部には光ファイバー照明を設置し、ほのかな光がパネル内部からガラスを通して見える。ガラスを打込まれたGRCは仕上がった全景から「複合材料」というよりも「ひとつの新しい素材」に見える。

メーカー：旭硝子ビルウォール
設計：伊東豊雄建築設計事務所
施工：竹中・戸田・松本土建JV



写真② 大川端リバーシティ21開発事業M棟

超高層の外壁に使用された大型の特殊形状パネルである。GRCのもつ軽量化、不燃性ならびに成形性の良さが十二分に発揮されている。

メーカー：エーアンドエーマテリアル
設計：日本設計／三井建設
施工：三井・大成JV

写真③ 東京理科大学ゲノム創薬研究センター

外観は化粧コンクリート打ち放しと、GRCルーバーによって横基調の直線的な立面に構成されており、華美にならず緑と調和する外装となっている。

メーカー：旭硝子ビルウォール
設計：松田平田設計
施工：西松建設



写真④ グリーンサイド東青梅

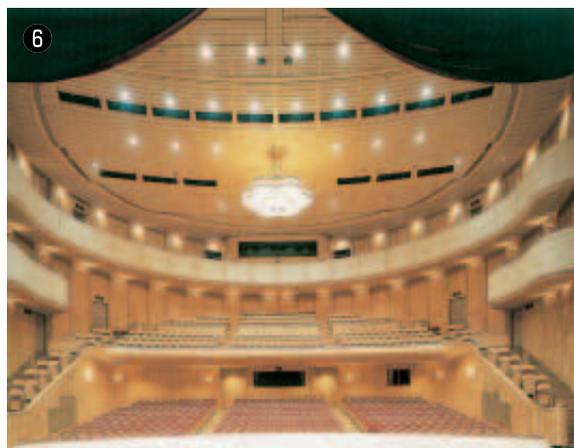
GRC複合パネルによる外断熱改修工事で「コンクリート躯体の劣化防止・耐久性の向上」「室内温度環境の改善」「省エネルギーおよび温暖化防止」「結露防止」を目的に実施された。

メーカー：北日本ダイエイ
設計・監理：共同設計／五月社一級建築士事務所／
H・A・D一級建築士事務所
施工：フジミビルサービス

写真⑤ 赤坂二丁目共同ビル

耐火性能と気密性を備えたGRC柱カバー。縦リブ模様がすっきりと美しい。

メーカー：エーアンドエーマテリアル
設計：清水建設
施工：清水・竹中JV



写真⑥ 大阪音楽大学オペラハウス

格子状の凹凸の上、縦辺にRをつけるなど複雑な形状のGRCが、オペラハウスらしい意匠を表現している。

メーカー：日本板硝子環境アメニティ
設計：日建設計
施工：鹿島建設

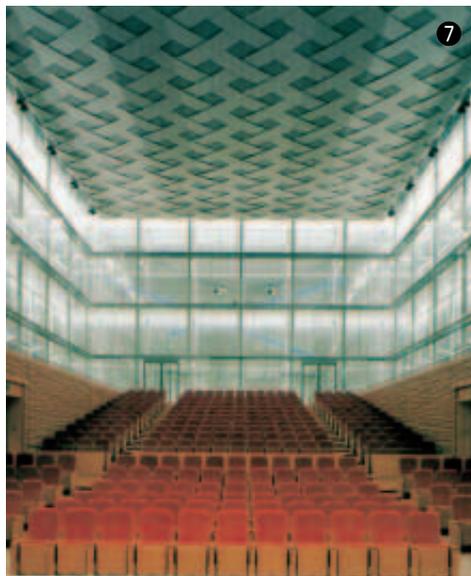
写真⑦ なら100年会館

きめの細かい網代織りを表現。GRC ならではの設計。

メーカー：日本板硝子環境アメニティ

設計：磯崎新アトリエ

施工：大林組JV



写真⑧ 慶応義塾大学（三田）東研究棟

敷地内の歴史的建造物の意匠を取り入れ、3階以上のコーニス、コーナー部、窓回り、飾り物などにGRCが使用されている。

メーカー：日本板硝子環境アメニティ

設計：銭高組

施工：銭高組

写真⑨ 濁川河川環境整備工事

島根県内屈指の奇岩で有名な景勝地である断魚溪の荒々しい河川の中に作られたコンクリート護岸を、GRC 擬岩パネル工法が景観を損なうことなく自然と同化させている。

メーカー：旭硝子ビルウォール

設計：川本土木建築事務所

施工：辰田産業

