

技術トピックス「プレキャストコンクリートカーテンウォールの技術開発動向」

ビニロン繊維補強軽量カーテンウォール - ファイバー・ベトン -

— 瀬 賢 — Ken-ichi Ichise
川 口 徹 Toru Kawaguchi

Vynylon Fiber reinforcement Lightweight Curtainwall

1. はじめに

近年、都心部で再開発が急ピッチで進められ、ランドマークとなる高層建築物が建設されてきている。これらの高層建築物の外装には、カーテンウォールが使用される機会が多く、「大型化」、「軽量化」、「高耐久」といった要求がなされる。コンクリート製カーテンウォールにおいても同様の要求が課せられる場合が多い。コンクリート製カーテンウォールといえば、耐久性には優れているものの、「重い」というイメージが強い。当社では、軽量のセラミック骨材を使用し、ビニロン繊維で補強することにより、軽量（密度：1.45g/cm³以下）かつ高い曲げ強度（7 N/mm²以上）を有するビニロン繊維補強軽量モルタル（以下VFRC）を開発した。このVFRCは、Photo 1 の実施例に示す高層ビルのカートンウォールに適用している。これら2つの工事における適用面積は、約59,000m²（VFRCの使用量として約8,000m³）である。また最近では、都市再生に関連した設計者からは、更なる「軽量化・高耐久化」が求められている。ここでは、既に開発済みのVFRCと更なる軽量化をねらったビニロン繊維補強超軽量モルタル（VFRC-Super Light, 以下VFRC-SL）について合わせて紹介する。

2. 目標性能

VFRCおよびVFRC-SLの開発にあたり、目標性能を以下のように定めた。なおVFRCとVFRC-SLとの目標性能における相違点は、密度だけとした。

- 1) ワークビリティ：良好であること。（モルタルフロー試験で200mm以上）
 - 2) 密度（気乾状態）：1.45g/cm³以下（VFRC-SLの場合は、1.3g/cm³以下）
 - 3) 曲げ強度：7N/mm²以上
 - 4) 圧縮強度：30N/mm²以上
 - 5) 乾燥収縮率：8×10⁻⁴未満（材齢6ヶ月）
 - 6) 凍結融解抵抗性：300サイクルにおける相対動弾性係数が60%以上であること。
 - 7) 促進中性化試験性状：良好であること。
- 各性能の項目と試験方法をTable 1に示す。

3. 使用材料および調合

3.1 VFRCの場合

VFRCの使用材料をTable 2に示す。骨材は、6種類の候補から選定した非吸水性の特殊軽量セラミック骨材（真比重0.6~0.8）を使用した。この特殊軽量セラミック骨



Photo 1 施工例
Example of Construction

Table 1 試験方法
Test Method

性能	試験方法
ワークビリティ (モルタルフロー)	JIS R 5201 による
密度	JIS A 1129 による
曲げ強度	JIS R 5201 による
圧縮強度	JIS R 5201 による
乾燥収縮率	JIS A 1129 による
凍結融解抵抗性	JIS A 6204 附属書 2 による
促進中性化試験性状	高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説 付 1 による

Table 2 使用材料
Materials for VFRC

	VFRC	VFRC-SL
セメント	早強ポルトランドセメント	低熱ポルトランドセメント
骨材	特殊軽量セラミック骨材（非吸水性）	
ビニロン繊維	繊維径：14 μm 繊維長さ：4mm	繊維径：40 μm 繊維長さ：12mm
混和剤	ポリカルボン酸エーテル系	
増粘剤	水溶性セロースエーテル	
収縮低減剤	低級アルコールのアルキルオキッド付加物	

Table 3 VFRCの調合
Mix Proportion of VFRC

種類	単 位 量 (kg/m ³)			
	水	セメント	骨材	ビニロン繊維
VFRC	350	875	225	13
VFRC-SL	300	750	292	13

材は、SiO₂とAl₂O₃を主成分としている。セメントは、早強ポルトランドセメントを使用した。混和剤には、高性能減水剤、増粘剤、収縮低減剤を使用した。ビニロン繊維（以下VF、比重：1.3、繊維径：14 μm、長さ：4mm）は、容積比1 % 混入とした。調合条件は、水セメント比40%、単位水量350kg/m³とした。またモルタルフローは、施工性を考慮して200mm以上、空気量は4%とした。VFRCの調合をTable 3に示す。



Photo 2 中性化試験結果 (VFRC-SL)
Test Result of VFRC-SL Carbonation

3.2 VFRC-SLの場合

VFRC-SLの場合は、VFRCの使用材料の内、セメントを低熱ポルトランドセメントに変更し、ビニロン繊維も種類を変更した。この変更により、単位水量、単位セメント量の低減を可能にし、曲げ強度を確保したままで軽量化を実現できた。VFRC-SLの調合条件は、VFRC同様水セメント比40%とし、単位水量は300kg/m³に低減している。

4. VFRCの力学的性質と耐久性

VFRCとVFRC-SLの各種試験結果をFig. 1~Fig. 4, Photo 2に示す。フレッシュ性状は、VFRC、VFRC-SL共にモルタルフロー試験で200mm以上確保でき、ワーカビリティも良好である。曲げ強度は、共に7N/mm²を十分確保した。圧縮強度は、VFRCでは50N/mm²以上、VFRC-SLでも30N/mm²を確保できた。密度は、VFRCでは1.45g/cm³以下、VFRC-SLでは1.2g/cm³以下にすることができた。乾燥収縮率は、材齢6ヶ月で8×10⁻⁴を満足した。凍結融解抵抗性は、相対動弾性係数で評価した。部材と同一養生とした場合は、全く劣化しないことがわかった。また標準水中養生とした場合でも300サイクル後でも約80%の相対動弾性係数を確保しており、凍結融解抵抗性に優れている。促進中性化試験の結果も良好で、材齢26週でも全く進行が認められなかった。以上のようにVFRCだけでなく、VFRC-SLについても目標性能をすべて満足した。また汎用のPCaカーテンウォールに多く使用されている軽量コンクリート1種と同等の性能を有することがわかった。

5. まとめ

VFRCと更なる軽量化を図ったVFRC-SLの力学的性質および耐久性能について紹介した。VFRC-SLについては、まだ試作段階である。今後さらに長期暴露試験により各種性状の確認を継続していく予定である。「ビジュアルコンクリート」との組合せにより、「超軽量・超高耐久PCaカーテンウォール」の実用化を進めていきたい。

なおビニロン繊維補強軽量カーテンウォールの開発は、「繊維補強外装PCa研究開発グループ(1999年4月~2000年3月)」にて実施したものであり、当社と(株)ショックベトン・ジヤパンとの共同開発(商品名:ファイバー・ベトン)であることを付記します。

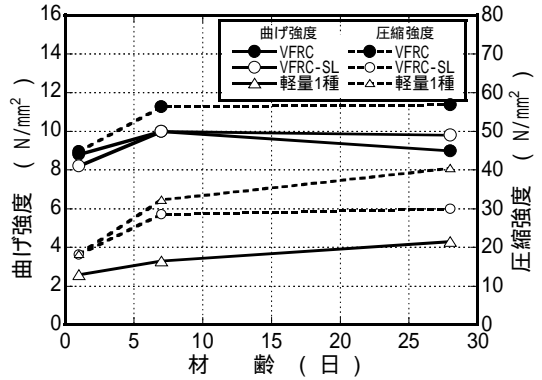


Fig. 1 曲げ強度と圧縮強度
Flexural Strength and Compressive Strength

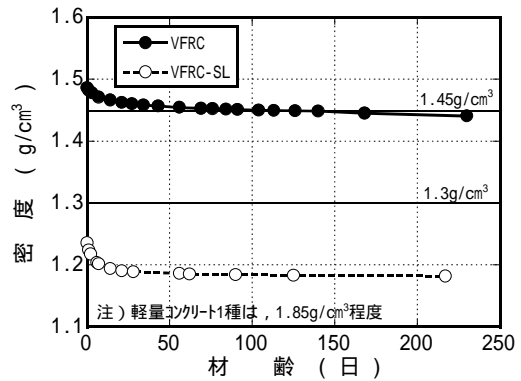


Fig. 2 密度
Density

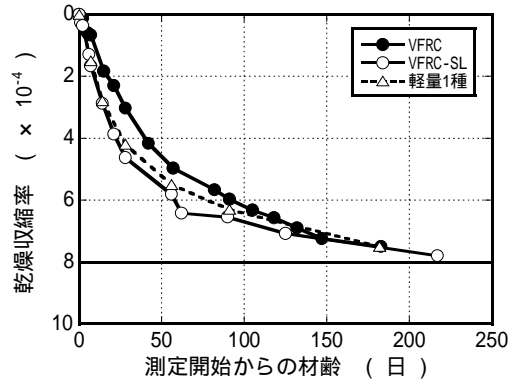


Fig. 3 乾燥収縮率
Drying Shrinkage

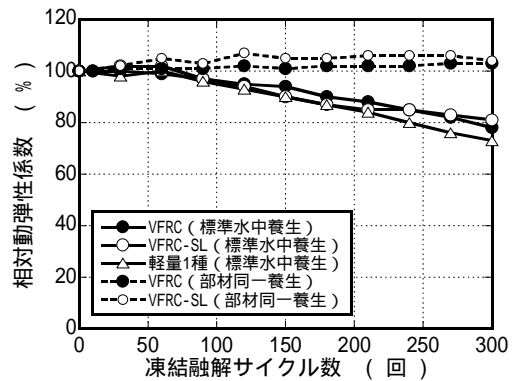


Fig. 4 相対動弾性係数
Relative Dynamic Modulus of Elasticity