

報 告

[1112] フック付鋼繊維補強コンクリートを用いた倉庫床の施工

正会員 ○山内 克己 (リファインバカスチ-ル-フ)
 正会員 西垣 太郎 (大成建設技術研究所)
 石堂 修次 (大成建設東京支店)
 桐ヶ谷 仁 (リファイン新事業開発室)

1. はじめに

前報において、フック付鋼繊維補強コンクリートのポンプ圧送性に関する実験結果について報告を行った¹⁾。工場、倉庫床は乾燥収縮およびフォークリフト等の走行による動的荷重、重量物の反復載荷による疲労によってひびわれが発生し易い。スチールファイバーコンクリートはひびわれ強度が向上し、ひびわれ発生後もファイバーの架橋による応力伝達効果によってひびわれ幅の拡大を抑制することができるため、工場、倉庫の床への適用に効果があるものと考えられる。今回8階建て倉庫床(施工面積=17320 m², SFRC数量=1450m³)に施工を行う機会を得たので、その施工結果について報告する。

2. 施 工

2-1 使用材料


表-1 SFRCの使用材料

SFRCの使用材料を表-1に、鋼繊維の形状寸法を表-2に示す。鋼繊維の材質は、JIS G3505 SWRM 6 相当品で、伸線加工硬化により、引張強度は120 ~130 kg/mm²となっている。この鋼繊維はコンクリート中での分散をよくするため、水溶性接着剤により数10本の鋼繊維をホッチキスの玉のように板状に糊付けしている。また、ファイ

材 料	内 容
セメント	普通ポルトランドセメント
粗骨材	津久見産碎石 (Gmax20mm 表乾比重2.70 FM 6.63)
細骨材	木更津・鹿島産砂 (比重2.59 FM 2.5)
鋼 繊 維	両端フック付伸線カットファイバー
混 和 剤	リグニンスルホン酸塩
流動化剤	メラミンスルホン酸塩系複合物

バー両端部には、フックが付いており寸法の長い(長さ=60mm, 径=0.8mm アスぺクト比=75%)ことから機械的定着効果が大きく補強効果に優れているものである。

表-2 鋼繊維の形状と寸法

形 状	
公称長さ (mm)	60
直 径 (mm)	0.8
アスぺクト比 (L/D)	75
公称断面積 (mm ²)	0.503
1本当り重量 (mg)	237

2-2 SFRCの調査

SFRCの調査表を表-3に示す。調査は施工性を確認しながら順次単位水量を減らして行ったためA~Cの3種類にて行った。コンクリートの設計基準強度は、F_c = 300 kg/cm²、曲げ強度σ_b = 90kg/cm²としている。

表-3 SFRCの調査表

調 合 の 種 類	混入率 (%)	鋼 繊 維 量 (kg/m ³)	施 工 工 区	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	混和剤 (ml/m ³)	W/c (%)	s/a (%)
A	1	80	1F	412	206	879	743	1648	50	55
B	1	80	3F, 5F	400	200	1011	686	1600	50	60
C	0.9	72	7F, 8F	390	195	961	729	1500	50	58

2-3 鋼繊維の投入と混練り

鋼繊維の投入に関しては、ベルトコンベアーによるアジテータ車への投入等各種の方法について検討したが、SFRC製造の生産性、品質管理の容易性等の理由より、写真-1に示すような投入用架台を設置し、鋼繊維の在庫と投入を行った。尚、アジテータ車に積載するブレンコンクリートは、鋼繊維の混練性能を考慮して最大容量の約80%（5^m積載）とした。

2-4 SFRCの打設

SFRCの打設は、表-4に示すポンプ車により行った。

1階ならびに3階床については、ブームを使用し、5階以上は5インチ管を垂直配管して、いづれも水平配管、デリバリーホースは4インチ管を使用した。

3. 施工結果

3-1 鋼繊維の投入と混練り

鋼繊維は30kg入り袋より、直接架台上のホッパーを通して投入した。尚、ホッパーには、100mm角メッシュを取り付け、ホッパーに投入された鋼繊維が一気に落下しないよう工夫した。投入作業は準備、投入あわせて2名にて行った。アジテータ車1台に所定量の鋼繊維（5^m×80kg/m³=400 kg）を投入するのに要した時間は4～5分、練り混ぜに2～3分で計6～8分間であった。

3-2 ポンプ圧送

本工事におけるSFRCのポンプ圧送は最上階（8階）への垂直配管高さは約27m、水平配管距離は約60mと長距離であったが、分散不良、あるいはファイバーボールによる管の閉塞もなく普通コンクリート同様に打設できた。

尚、コンクリートポンプ車のホッパー部にSFRCを流し込む時、ポンプ車標準装備の防護網では、SFRCのカサバリ効果により、SFRCが落ちて行かないため、写真-2に示すSFRC専用の防護網（100mmメッシュ、バイブレーター付き）を取り付け流し込みを行った。



写真-1 鋼繊維投入用架台

表-4 ポンプ車の仕様

項目	仕様
型式	ピストン式
コンクリートシリンダ	180φ×1500mm（38ℓ/ストローク）
最大吐出量	90m ³ /Hr



写真-2 SFRC用防護網

3-3 仕上がり性状

SFRCによる床の仕上げは、普通コンクリートの場合と同様に行えるが、床表面に鋼繊維を突出させない為には、タンピングが重要な作業となる。すなわち、タンピング作業後表面に存在する鋼繊維をコテ押えのみで沈めることは困難であり、タンピングを入念に行い、表面に適度のノロ出しを行うことにより、鋼繊維の床表面への突出防止を行う必要がある

SFRC硬化後、全施工面積について鋼繊維の表面突出状況の調査を行ったが、表-5に示す様に突出本数は0.01本/m²であり、実用上問題のない値であるものと考えられる。

4. SFRCの品質管理

4-1 フレッシュコンクリートの性質

スランプおよび空気量の測定は、①プレーンコンクリート、②SFRC、③流動化後のSFRCの時点にて実施した。

プレーンコンクリート、SFRC、流動化後のSFRCのスランプ及び空気量の変化を調査別に示したものが図-1及び図-2である。

スランプについては、プレーンコンクリートに80kg/m³（体積混入率1.0%）の鋼繊維を投入することにより、約5cm低下しているが、流動化剤の使用により、打込み時のスランプは、19~20cmとほぼ一定となっている。

鋼繊維の投入により、空気量は増加する傾向であるが、流動化後は若干減少し、ほぼ目標範囲内とすることができた。

4-2 力学的性質

SFRCの圧縮強度ならびに曲げ強度を各施工工区別に試験した結果を図-3~図-4に示した。

材令はすべて28日で、圧縮供試体はφ10×20cmの円柱、曲げ供試体は10×10×40cmの角柱とし、ポンプ圧送の筒先で採取した。

設計基準強度 300kgf/cm²に対し、標準養生による圧縮強度は平均強度 \bar{x} = 363 kgf/cm²、標

表-5 鋼繊維突出本数

階	鋼繊維突出本数(本/m ²)
1 階	0.01
3 階	0.01
5 階	0.02
7 階	0.01
8 階	0.01
合計	0.01

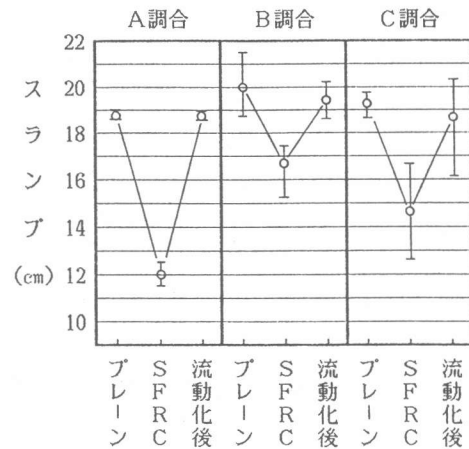


図-1 スランプの変化

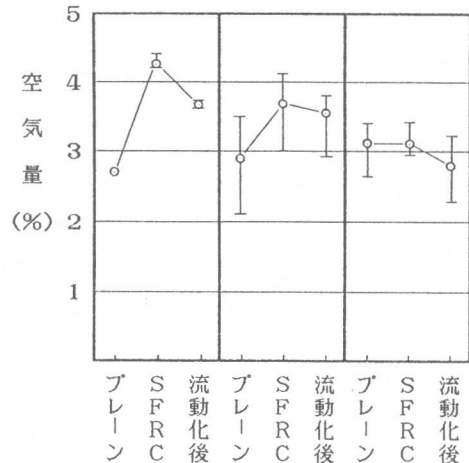


図-2 空気量の変化

標準偏差 $\sigma = 21.0 \text{ kgf/cm}^2$ であり、高強度の SFRC としては比較的強度のバラツキが小さい。

曲げ強度は、平均強度 $\bar{x} = 97.4 \text{ kgf/cm}^2$ 、標準偏差 $\sigma = 13.7 \text{ kgf/cm}^2$ とバラツキは見られるが目標とした強度は得られていた。

4-3 スチールファイバーの分散性

アジテータ車からの排出初めより終了まで、3 時点で SFRC を筒先より 7 箇所採取し、洗い試験を行った。測定値/所定混入量の比で表した結果を図-5 に示す。

水溶性接着剤により、貼り合わされた鋼繊維は分散良く練り混ぜられていた。

5. むすび

フック付き鋼繊維補強コンクリートを倉庫床のひびわれ防止に使い、大規模な施工を行った。今回使用した鋼繊維はその形状（両端フック付き）および寸法（ $L = 60 \text{ mm}$ と長い）の面から力学的補強効果に優れており、ポンプ圧送後も高強度の SFRC として施工できた。

水溶性接着剤により、ホッチキス状に結束された鋼繊維は、アジテータ車への直接投入により混ぜにおいても良好な分散性を示し、ファイバーボール等を生ずることなく、高所ポンプ圧送が可能なが確認できた。

施工後、床表面の鋼繊維突出、乾燥収縮ひびわれは見られず、良好な仕上げとなった。

工場床、倉庫床のフォークリフトによる衝撃荷重ならびに乾燥収縮によるひびわれとすりへりに対し、SFRC の使用は極めて有効な対策であると考えられる。

謝辞：今回の施工に際し、大成建設(株)設計部白井忠氏ならびに吉田力氏の御協を得ましたことを付記し、謝意を表します。

(参考文献)

- (1) 西垣太郎・石堂修次・桐ヶ谷仁・山内克己：スチールファイバーコンクリートの圧送性能に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文報 vol.9 No.1 PP.465~470, 1987

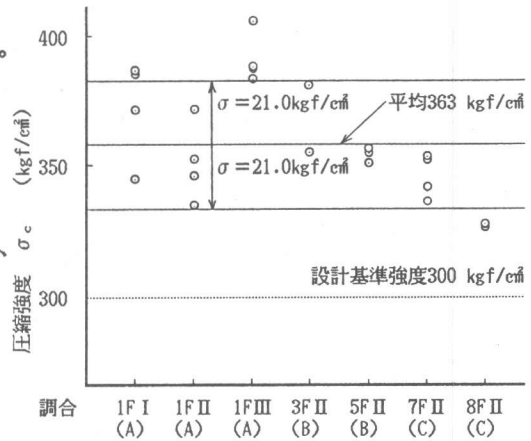


図-3 圧縮強度の工区による変動

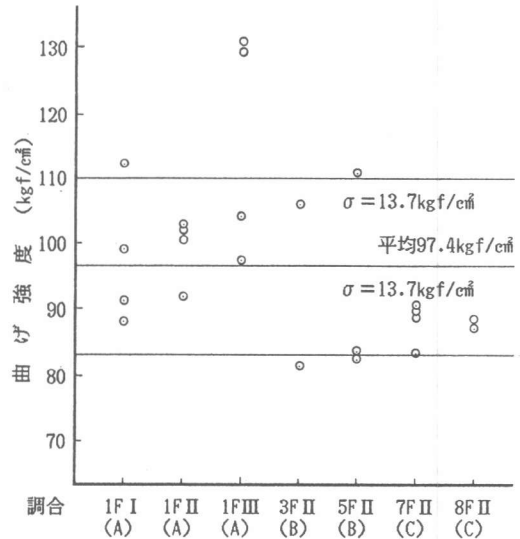


図-4 曲げ強度の工区による変動

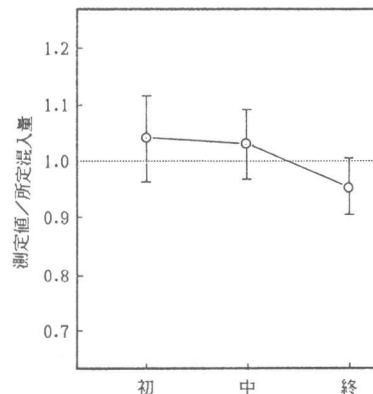


図-5 ファイバーの分散性 (SFRC中の本数比)