

## 鋼繊維補強コンクリートを用いた新しい外殻構造に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○小林 聖 高木智子 中村真人 松田有加 横田祐起 曾我部直樹

### 1. はじめに

建設業における作業員の減少は深刻であり、特に型枠大工の減少および高齢化は特筆すべき問題である。コンクリート構造物にとって型枠工は必要不可欠な工種であるが、型枠大工が不足しているために、型枠組立作業に時間を要し、工程が遅延するケースも散見される。新規の作業員を雇用し、型枠大工を育成する動きも始まっているが、必要とされる技量を習得するには少なくとも数年間の教育と経験が必要となるため問題解決には至っていない。この問題に対し、筆者らは型枠作業自体を省略する「型枠レス工法」について検討を行っている。柱部材に対する具体的なコンセプトを図-1に示す。事前に設置した芯材に対して、鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC）を吹き付け、硬化後に芯材を撤去して構造物の外殻を形成する。この外殻内部に鉄筋かごを設置してコンクリートを打ち込むことで鉄筋コンクリート部材を構築するものである。今回、吹付け可能なSFRCを用いて、実際に構造物の外殻を形成したので、その結果について報告する。

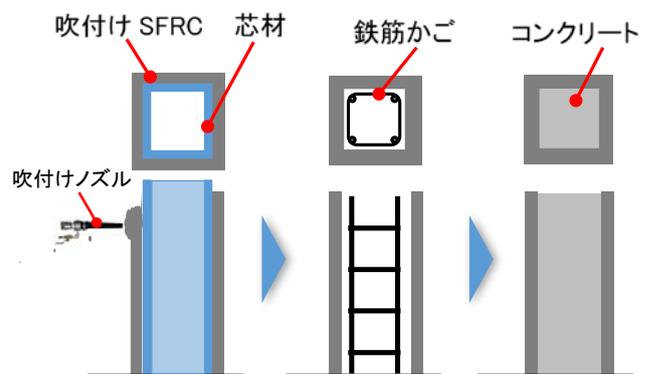


図-1 柱部材の型枠レス工法のコンセプト

表-1 SFRCの配合

水結合材比 (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			高性能減水剤 (B×%)	繊維長 (mm)	繊維量 (vol%)
		水 W	結合材 B	細骨材 S			
16.2	2.0	205	1262	912	3.2	10	2.5

結合材：密度 2.98g/cm<sup>3</sup>，細骨材：表乾密度 2.66g/cm<sup>3</sup>

### 2. 吹付け可能なSFRCの配合

本検討で用いたSFRCの配合を表-1に示す。鋼繊維長は10mm、鋼繊維の添加量は2.5vol%とし、鉛直面に吹き付ける際に、だれの抑制として硬化促進剤（非アルカリ系）を添加した。これまで筆者らは、汎用的なモルタルポンプでSFRCの圧送および吹付けが可能であることを確認している<sup>1)</sup>。

### 3. 芯材の設置

今回は柱部材を対象構造物としており、芯材としてエアチューブを採用した。エアチューブ設置状況を写真-1に示す。事前にφ100mm、長さ2.0mのエアチューブを膨らませ、9本を束ねて芯材として設置した。エアチューブの内圧は0.1MPa以下で管理し、吹付け時にエアチューブが動かないように、下端と上端を固定した。柱部材の断面図を図-2に示す。部材厚さは380×380mmで、芯材は300×300mm、吹付けSFRCの厚さは40mmとした。柱部材の高さは1500mmとした。

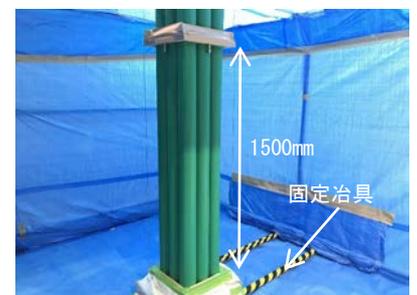


写真-1 エアチューブ設置状況

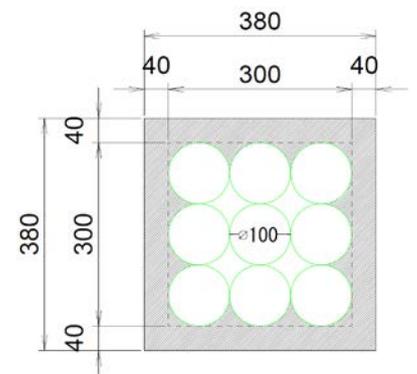


図-2 柱部材の断面図

### 4. 吹付け工法による外殻形成

吹付け実験には汎用的なモルタルポンプ（200V、最大吐出量100ℓ/分、最大吐出圧2MPa）と吹付けノズル（先端径15mm）を用い、硬化促進剤はノズルの根元でモルタルに添加した。モルタル圧送用のホースは内径φ50mm、

キーワード 鋼繊維補強コンクリート、吹付け、型枠レス

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2丁目19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-8023

長さは15mとした。SFRCのフレッシュ性状は、モルタルフロー（打撃無し）が282mmであった。SFRCをホッパーに排出し、スクイーズ式モルタルポンプで圧送した。吐出速度は $0.41\text{m}^3/\text{h}$ とした。だれ抑制として硬化促進剤をノズル先で添加しているが、硬化促進剤の添加量は自立性を確認しながら調整し、最終的に単位結合材の3.0%とした。

吹付け状況を写真-2に示す。エアチューブの鉛直面にも良好に付着することが確認された。吹付け厚さが厚くなるとエアチューブとの付着力がSFRCの自重に耐えられずに吹付けSFRCがエアチューブからはがれ落ちることがあったが、硬化促進剤の添加量を単位結合材の3.0%とすることで、40mmの厚さでも問題なく1層で仕上げることが可能であった。また、本工法では表面を平滑に仕上げる場合、吹付け完了後にこて仕上げを行う必要があるが、硬化促進剤の添加量が多くなるとこて仕上げが困難であった。この課題については今後、材料および施工の両面から解決策を見出したいと考えている。

エアチューブの撤去状況を写真-3に示す。エアチューブの撤去は非常に簡単であり、施工性は良好であった。SFRCによる外殻を写真-4に示す。部材の内寸は図面どおりであり、部材厚さも40mmであった。今回の結果から、エアチューブの内圧を $0.1\text{MPa}$ 程度とすることで、吹付けの圧力によりエアチューブが動く可能性はほとんどないと考えられる。

## 5. 外殻の硬化物性

外殻の硬化物性を確認するために、 $500\times 500\text{mm}$ の平板に100mmの厚さでSFRCを吹き付け、硬化後に平板から圧縮試験用の $\phi 50\times 100\text{mm}$ の供試体と曲げ試験用の $40\times 40\times 160\text{mm}$ の供試体を切り出して所定の試験を行った。平板の寸法を図-3に示す。圧縮強度および曲げ強度の結果を表-2に示す。比較用として室内で採取した供試体による試験結果を示す。室内で採取した供試体による曲げ強度は $19.0\text{N}/\text{mm}^2$ であるのに対し、切出し供試体による曲げ強度は $11.4\text{N}/\text{mm}^2$ と約4割低下することが確認された。曲げ試験後の供試体断面で繊維の本数を比較したところ、室内で採取した供試体に対して、切出し供試体は約半分の繊維量となっていることが確認され、リバウンドにより繊維が失われた影響が大きいと考えられる。今後は強度低下を抑制するための材料の調整や施工方法について検討を進めていく予定である。

## 6. おわりに

芯材としてエアチューブを採用し、吹付けSFRCにより外殻を形成することが可能であった。リバウンドにより繊維量が減少し、曲げ強度が低下したが、通常のコンクリートに比べて高い曲げ強度を有している。今後は外殻内部に鉄筋かごを設置してコンクリートを打ち込むことで試験体を製作し、曲げ実験により構造性能を評価する予定である。

## 参考文献

- 1) 高木智子ほか、超高強度繊維補強コンクリートの吹付け工法における硬化促進剤と繊維長の影響、土木学会年次学術講演会論文集、第73回、2018.8



写真-2 吹付け状況



写真-3 エアチューブの撤去状況



写真-4 SFRCによる外殻

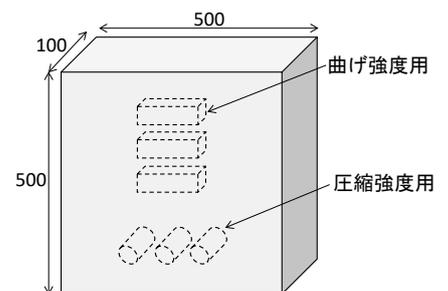


図-3 平板の寸法

表-2 吹付けSFRCの圧縮強度および曲げ強度

	圧縮強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	曲げ強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
切出し供試体	104	11.4
室内採取による供試体	—	19.0