

## [61] S F R C 構造建物のためのポンプ施工実験

正会員 ○坂 井 正 美（日本鋼管技術研究所）

正会員 中 村 信 行（日本鋼管技術研究所）

### 1. 緒 言

鋼纖維補強コンクリート（S F R C）は、普通コンクリートに比べ、ひびわれやせん断強度が高く、韌性に富むため、構造部材に適用することによって、建物の耐震性能を向上させることが可能である。<sup>1)2)</sup> しかしながら、S F R C は普通コンクリートよりも、フレッシュ時での流動性が悪く、また建築構造物の場合、こみ入った配筋が多いため、施工時のポンピビリティや打設・締め固めなど、その実用性に懸念が残っていた。

そこで実際の施工を想定した調合の選定、混練り、運搬、ポンプ圧送、打設・締め固め試験を行い、その可能性を探ると共に、さらに実建物に適用して実用性を確めることにした。これまで鉄筋コンクリート構造の建築工事では、ポンプによる施工が一般的であり、配筋状況を考慮して、スランプを 18 ~ 21 cm 程度の軟練りコンクリート<sup>3)</sup> にしている。S F R C では過去床用コンクリートの実績があり、ポンプによる水平圧送が十分可能であることが判明している。しかし垂直方向へのポンプ圧送については未経験の分野であった。

### 2. 実験項目と目的

- (1) S F R C の運搬試験；生コンプレントで混練りした後、施工現場まで運搬し、時間経過によるスランプの低下、後添加型混和剤の必要性を調べる。
- (2) S F R C のポンプアップ試験；6 階建程度の建物を想定し、地上、3 階床面、6 階屋上に相当した位置でのスランプと鋼纖維（S F）の分散性を調べる。
- (3) 部分実大供試体での打設・締め固め試験；地上面に実物大の壁、柱はり接合部を含む柱（配筋済み）の型枠を用意し、S F R C を打設・締め固めし、その作業性と硬化後の仕上り状況を確認する。

### 3. 実験経過および結果

#### 3.1 S F R C の調合

スランプ 18 cm、空気量 4 % を目標にして、S F R C の調合を定めた。試し練りの段階では細骨材を 50 % 以下で考えていたが、若干分離気味だったので 55 % とした。実験に用いた S F R C の調合を表 1 に示す。ただし設計強度は  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 、S F 混入率 1 % vol.とした。生コンプレントでの調合は  $260 \text{ kg/cm}^3$ 、 $2.5 \sigma = 50 \text{ kg/cm}^3$  を採用した。

#### 3.2 S F R C の混練

混練は生コンプレントで強制練りミキサー（容量；2.5 m<sup>3</sup>）を用いておこなった。手順は先ずセメント、骨材、水を自動計量し、ミキサー内に投入したのち、直ちに整列梱包の S F をミキサー上部から直接投入した。1 回の混練量 2.5 m<sup>3</sup> に対して、S F は 200 kg 投入することになるので、ミキサー上部 2 ケ所から 100 kg ずつ投入した。これに要した人員は 1 ケ所 1 名で計 2 名であった。S F を全量投入後ミキサーを

表 1. S F R C の調合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
		水 W	セメント C	砂利 G	砂 S	鋼纖維 S F	A E 減水剤
57.0	55.0	200	350	791	917	80	0.875

注) 鋼纖維；サイズ 0.5 × 0.5 × 30 mm (せん断型・ストレート)

A E 減水剤；リグニン系

セメント；普通ポルトランドセメント

砂利；最大寸法 2.5 mm、柏模川産（比重 2.66）

砂；相模川産（比重 2.61、吸水率 2.6%、粗粒率 2.74）

引続き30秒間動させ、アジテーター車に排出した。そして2回に分けて混練したものをアジテーター車のミキサー内で混合した。これらの混練に要した時間は次のとおりである。

- (1) 1回目……4分10秒 (S F投入3分40秒、投入後混練30秒)
- (2) 2回目……2分30秒 (S F投入2分00秒、投入後混練30秒)

上記の所要時間のうち、S F投入時間が大きく異なるのは、投入作業の熟練度によるものである。

なお、生コンプレントでの実測スランプおよび空気量は、スランプ20cm、空気量4.6%であった。(これらはアジテーター車のミキシング後の平均値)

### 3.3 S F R C の運搬試験

生コンプレントから施工現場まで、約1時間の行程をアジテーター車により、S F R C を運搬し、スランプの低下を調べた。生コンプレント出発時に20cmあったものが18.5cmとなり、若干の硬化が認められたものの、後添加型混和剤を用いる必要はなかった。

### 3.4 S F R C のポンプアップ試験

図1および写真1に、ポンプアップ試験の方法および状況を示す。3階床面(3FL)と6階屋上(7FL)にそれぞれふね箱を用意し、ポンプ車(ピストン型、吐出量10~65m³/h 195φmm シリンダー使用)で、ポンプアップした。そして3階床面(高さ5.6m)、6階屋上(高さ16.6m)および地上の3ヶ所において、S F R C のサンプルを採取し、スランプやS Fの分散性(水洗い)試験をおこなうと共に、圧縮・曲げ試験用供試材もとった。

ポンプアップの順番は先ずブレーンモルタルを6階屋上まで圧送し、パイプ内をならした後、S F R C を同位置にポンプアップし、次いで3階床面、地上の順に作業した。その際の試験結果を表2に示す。(値は3個の平均値で示した)これらの結果で明らかに、スランプの変化も最大1cm程度の差で、S Fの分散性(単位容積当たりの所定混入量)も93~102%と十分満足できる値が得られた。

### 3.5 時間経過とスランプの変化

以上の実験結果を時間経過で示すと、次のとおりとなる。

- |        |                                 |                  |
|--------|---------------------------------|------------------|
| 9時10分  | 生コン混練開始                         | ( )内はスランプの変化     |
| 25分    | 生コン車出発                          | ( 20cm … 15分経過 ) |
| 10時10分 | 打設現場到着                          |                  |
| 20分    | 地上でサンプル採取 ( 18.5cm … 1時間10分経過 ) |                  |
| 30分    | 6階屋上でサンプル採取 ( 17.6cm … 1時間20分 ) |                  |
| 50分    | 3階床面でサンプル採取 ( 19.1cm … 1時間40分 ) |                  |
| 11時00分 | 壁供試体へ打設開始                       |                  |

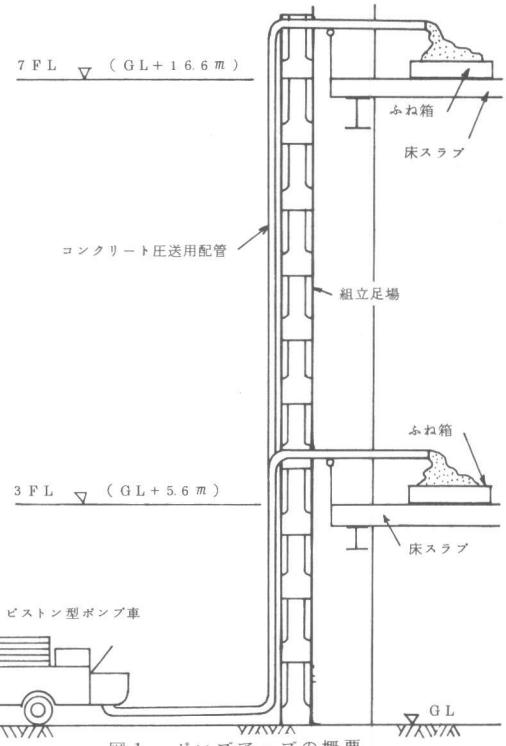


図1 ポンプアップの概要

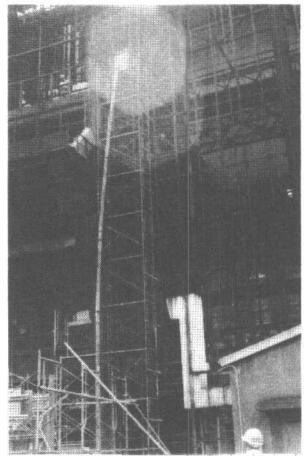


写真1 ポンプアップの状況

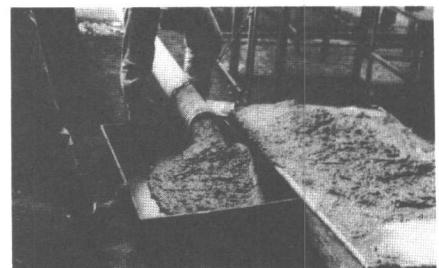


写真2 S F R C (左)とブレーンモルタル (右)

11時07分 柱はり供試体へ打設開始

20分 最終スランプ採取 (18.5 cm…)

2時間15分)

25分 終了

### 3.6 硬化後のSFRCの性質

生コンプレントおよび各階で採取したテストピースについて、硬化後の圧縮 ( $100\phi \times 200\text{mm}$ )

および曲げ ( $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ ) 試験をおこなった。その結果を表3に示す。

表3で明らかなように、所定の強度を十分満足する値が得られた。

### 3.7 実大供試体での打設・締め固め試験

7階建の1階柱、はり、接合部をモデルに配

筋し、型枠（ベニヤ製）をつくり、図2(a)のような供試体を用意した。また壁用のモデルも図2(b)に示すものを準備し、SFRCの打設・締め固め試験を実施した。

これらの供試体でわかるように、配筋状態はかなり密になっており、施工条件の厳しいものである。（写真6参照）

SFRCの打設・締め固め状況を、写真5～6に示す。施工機器はバイブレーター2台と突き棒を用いたが、それほど困難もなく、作業をおえることができた。とくに図2(a)で明らかなように、柱上部には柱の主筋を定着した鋼板があり、コンクリートの注入に際して障害となっていたが、はり側からの注入により、十分充填することができた。

供試体の表面仕上り状況は写真7に示すように、普通コンクリートの場合と何んら変わることなく仕上がった。これらの供試体のうち壁板についてはX線撮影を3ヶ所おこなったが、いずれも分散・配向状態の良いものであった。

### 4. 実建物による施工

前述までの結果から実建物への適用に対しても十分可能性のあることが判明したので、実物の鉄筋コンクリート建物に用いることに

表2 各階の試験結果

	地上	3階床面	6階屋上
スランプ(cm)	18.5	19.1	17.6
SFRC分散性	1.02	0.93	0.99

表3 硬化後の力学的性質

	生コンプレント	地上	3階床面	6階屋上
養生方法	水中	気中	気中	気中
圧縮(kg/cm <sup>2</sup> )	252(169)	217	225	221
曲げ(")	—	413	413	447

注)()内は材令1週、他は全て4週、3個の平均値



写真3 SFRCのスランプ試験結果



写真4 SFRの洗い分析試験

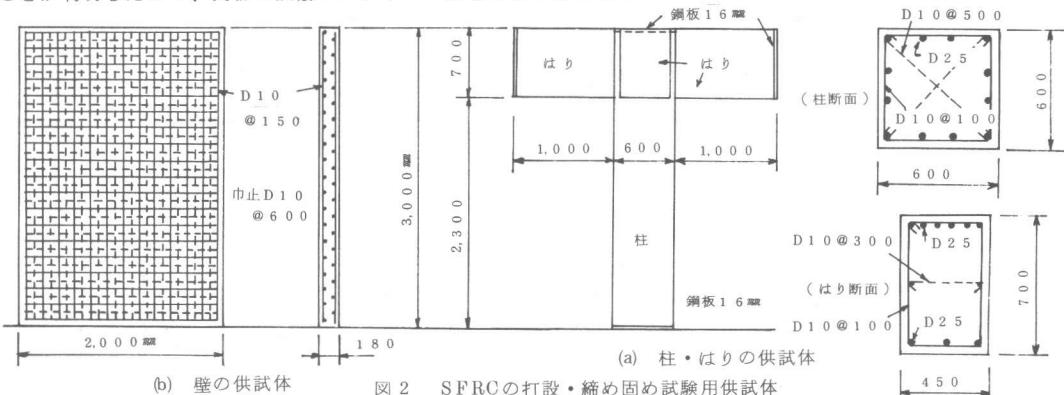


図2 SFRCの打設・締め固め試験用供試体

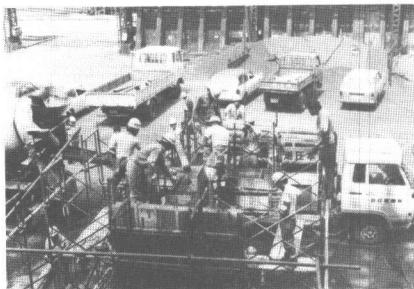


写真5 打設・締め固め状況

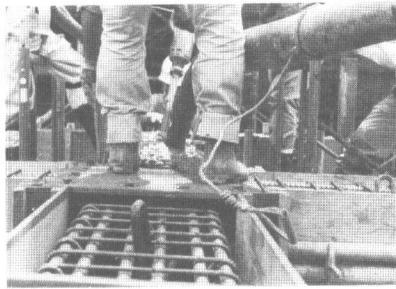


写真6 配筋状況とSFR Cの打設

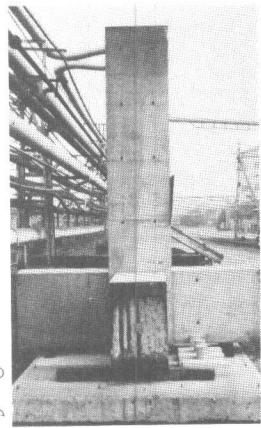


写真7 表面の仕上り状況

した。この建物は6階建の店舗付共同住宅で、建築面積250m<sup>2</sup>、延面積1,280m<sup>2</sup>のものである。構造形式は鉄筋コンクリートラーメン構造で、一方向に耐震壁を配している。SFの混入はあくまでも従来の鉄筋コンクリート構造に、さらに靭性を付与することを目的としており、1階の柱および壁、2階のはりと一部の床スラブにSFを1%vol.混入した。

SFR Cの全量は約75m<sup>3</sup>で残りはブレーンコンクリートを使用した。SFR Cの設計圧縮強度は210kg/cm<sup>2</sup>であるが、嚴冬季に施工するため、調合は295kg/cm<sup>2</sup>とした。

調合の決定にあたっては、前回の結果を参考に細骨材率の低減をはかることも考慮し、表4のような2種類を検討した。これらを実際のプラントで1.5m<sup>3</sup>ずつ試し練りをおこない、土間コンとしてポンプ施工し、スランプや強度と共に比較した。その結果M1でも十分可能性のあることがわかったので、これを実施工に用いることにした。実施工に用いたSFR Cは、スランプ18.5cmのものが得られ、写真8～9に示すように、打設・締め固めとも、ほぼ満足する結果が得られた。

## 5. 結 び

実際の施工を想定したSFR Cのポンプ施工実験をおこなった結果、SF混入率1%vol.のSFR Cでも、スランプが18～20cmの調合を選定することによって、普通コンクリートと何んら異なることなく施工できることがわかった。そしてその結果をもとに実際の鉄筋コンクリート建物に適用し、その実用性の高いことを確めた。なお、実施工の際にはSFの分散性、強度その他種々の資料も併せて採取したが、詳細は別の機会に報告したい。

## 参 考 文 献

- 1) 坂井、中村；鋼纖維補強コンクリート柱の曲げせん断実験、日本コンクリート工学会SFR Cシンポ、1977
- 2) 坂井、中村；鋼纖維による鉄筋コンクリート柱の靭性向上、第1回コンクリート工学年次講演会、1979
- 3) 坂井；鋼纖維補強コンクリート(SFR C)、新建築土木複合材料、情報開発刊、他略

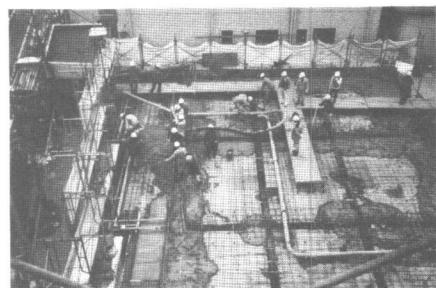


写真8 実建物での施工状況(全景)

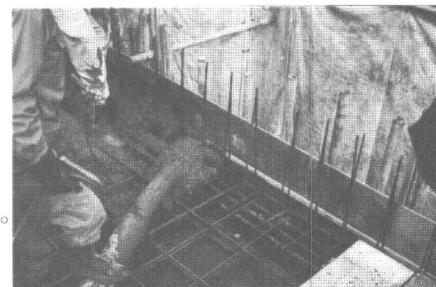


写真9 実建物での打設状況