

## 鉄筋量を削減した鋼繊維補強コンクリートセグメントの性能確認(その2)ー実大セグメント載荷試験ー

東京電力パワーグリッド株式会社 正会員 ○篠口 冨子  
 東京電力パワーグリッド株式会社 正会員 金城 佑紀  
 株式会社 安藤・間 榎原 彩野  
 株式会社 安藤・間 正会員 井上 隆広

## 1. はじめに

近年、シールド工事の大深度化に伴い、RC セグメントに高い止水性と耐久性が求められており、施工段階でのひび割れや損傷の防止が重要である。

そこで、対策として鋼繊維補強コンクリート(以下 SFRC)を用いてひび割れ抵抗性を向上し、かつ、セグメントの主筋を削減、配力筋を省略してコストの増加を抑制することを検討した。本稿では以下の事項に関する検討結果を報告する。

- ①主筋を削減した SFRC セグメントが主筋を削減しない RC セグメントと同等の曲げ耐力を有するか、セグメントの単体曲げ試験により耐荷性能を比較する。
- ②単体曲げ試験後の試験体において、曲げひび割れの分散状況を観察し、配力筋省略の有無による影響を確認する。

## 2. 試験概要

試験に用いた鋼繊維の種類を表-1 に示す。鋼繊維はフックの形状が異なる 3D および 4D の 2 種類とした。表-2 に試験ケースを示す。CASE1 は鋼繊維を混入せず、主筋・配力筋を削減しない基本ケースである。CASE2～4 は、種類および混入量の異なる鋼繊維を混入し、主筋の削減および配力筋の省略を行ったケースである。

図-1 に単体曲げ試験の概要を、図-2 に試験体の配筋図および鉄筋ひずみ計測位置を、表-3 にコンクリートの配合をそれぞれ示す。セグメントの形状は、外

径  $\phi 3,400\text{mm} \times$  厚さ  $200\text{mm} \times$  幅  $1,350\text{mm}$  である。また、鉄筋のひずみを内面および外面において 4 ケ所ずつ計測し、平均値を算出した。

表-1 鋼繊維の種類

| 鋼繊維の種類 | 形状                                                                                 | 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 直径 (mm) | 長さ (m) | 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------|--------|-------------------------|
| 3D-L30 |  | 1270                      | 0.62    | 30     | 7.85                    |
| 4D-L60 |  | 1800                      | 0.75    | 60     | 7.85                    |

表-2 試験ケース

|       | 鋼繊維の「種類 - 長さ - 混入量」  | 主筋      | 配力筋                  |
|-------|----------------------|---------|----------------------|
| CASE1 | 無し                   | D13×8 本 | 省略しない (D10×12 組)     |
| CASE2 | 4D - L60 - 0.30vol%  | D13×6 本 | 省略する (組立筋のみ D10×6 組) |
| CASE3 | 4D - L60 - 0.25 vol% |         |                      |
| CASE4 | 3D - L30 - 0.40 vol% |         |                      |

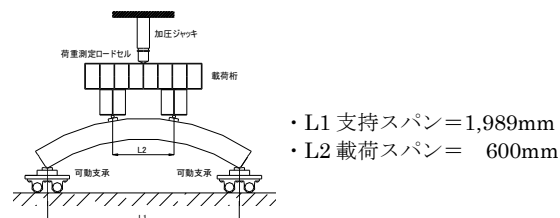


図-1 単体曲げ試験の概要

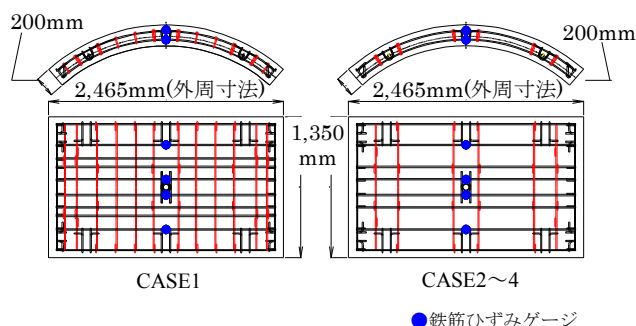


図-2 試験体の配筋図および鉄筋ひずみ計測位置

表-3 配合表 ( $f'_{ck}=42\text{N/mm}^2$ )

| ケース     | 粗骨材<br>最大寸法<br>(mm) | スランブ<br>範囲<br>(cm) | 空気量<br>範囲<br>(%) | 水セメン<br>ト比<br>(%) | 細骨材率<br>S/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |           |          |          |           |             |
|---------|---------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-------------|
|         |                     |                    |                  |                   |                    | 水<br>W                   | セメント<br>C | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | 混和剤<br>AD | 鋼繊維<br>SF   |
| CASE1   | 20                  | 2.0                | 2.0              | 35.5              | 45.0               | 150                      | 423       | 826      | 1019     | 2.75      | —           |
| CASE2～4 | 20                  | 2.0                | 2.0              | 35.5              | 50.0               | 155                      | 437       | 908      | 912      | 3.06～3.28 | 19.63～31.40 |

キーワード 鋼繊維補強, セグメント, 主筋削減, 配力筋省略, 単体曲げ試験

連絡先 〒108-0023 東京都港区芝浦 4-19-1 芝浦アークビル TEL : 03-6374-1277

3. 試験結果

図-3 および図-4 に、単体曲げ試験による中央たわみおよび鉄筋ひずみの測定結果を示す。また、表-4 および表-5 に、試験結果の一覧および単体曲げ試験後の試験体状況を示す。図-3 から、鋼繊維で補強して主筋を削減した CASE2 は、主筋を削減しない CASE1 よりも同じ荷重レベルにおける変位量が小さいことが分かる。また、図-4 から、同じ荷重レベルにおける鉄筋ひずみも CASE2 の方が CASE1 よりも小さく、CASE3、4 も CASE1 と同程度となっている。これらの結果は、鋼繊維が引張応力を十分に負担している効果であると考ええる。なお、表-4 に示すとおり、最大曲げ耐力は CASE 2~4 のいずれも CASE1 とほぼ同程度の性能が確認された。

以上から、鋼繊維補強により主筋を削減することが可能であると判断した。また、表-4 および表-5 から、CASE2~4 のいずれも、曲げひび割れは CASE1 と比べて同等以上に分散していることが分かる。その他、配力筋の省略に伴う有害な影響は見られなかったことから、今回のケースにおいては配力筋を省略することが可能であると判断した。

ここで、CASE 2~4 を比較した場合、図-3、図-4、表-4 から、CASE2 が最も優れた結果となったことから、鋼繊維は「4D - L60 - 0.30 vol%」のケースが最も補強効果が高いと考えられる。

4. まとめ

本検討から得られた知見を以下に示す。

- (1) 主筋を削減した SFRC セグメントが、削減しない RC セグメントと同等の曲げ耐力を有していることから、今回のセグメント厚さ 200mm のケースにおいて、鋼繊維補強により主筋を 25%削減（8本→6本）することが可能である。
- (2) 配力筋の省略に伴う有害な影響は見られないことから、鋼繊維補強により配力筋を省略することが可能である。
- (3) 鋼繊維のフック形状を強化し、繊維長を大きくした「4D（種類） - L60（長さ） - 0.30 vol%（混入量）」のケースが最も補強効果が高い。

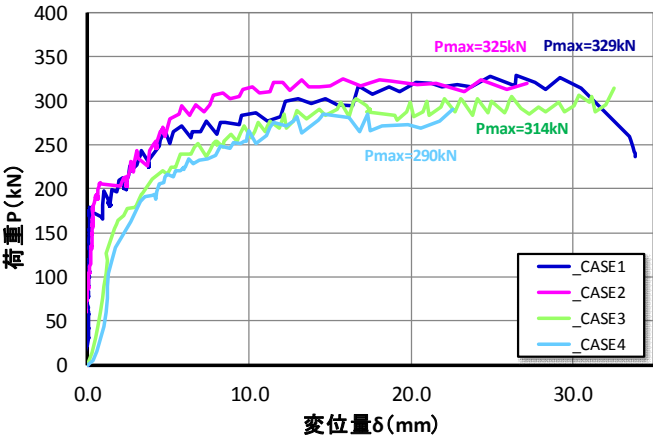


図-3 中央たわみ量

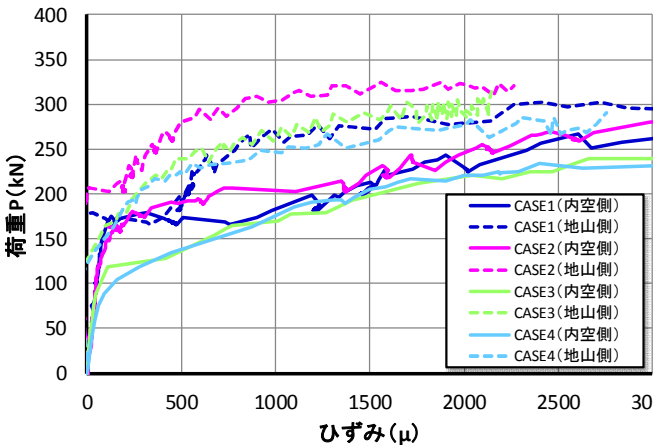


図-4 鉄筋ひずみ

表-4 試験結果

| ケース<br>項目         | CASE1                  | CASE 2                                | CASE 3                                 | CASE 4                                 |
|-------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|                   | RC<br>(鋼繊維無し)<br>鉄筋非削減 | SFRC<br>(4D - L60 - 0.30vol%)<br>鉄筋削減 | SFRC<br>(4D - L60 - 0.25 vol%)<br>鉄筋削減 | SFRC<br>(3D - L30 - 0.40 vol%)<br>鉄筋削減 |
| 圧縮強度<br>(材齢 28 日) | 62N/mm <sup>2</sup>    | 64N/mm <sup>2</sup>                   | 64N/mm <sup>2</sup>                    | 62N/mm <sup>2</sup>                    |
| 最大曲げ耐力            | 329kN                  | 325kN                                 | 314kN                                  | 290kN                                  |
| 主要<br>ひび割れ本数      | 4 本                    | 8 本                                   | 7 本                                    | 6 本                                    |

表-5 試験後の試験体(内面側)

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| CASE 1 (鋼繊維無し)           | CASE 2 (4D-L60-0.3vol%) |
|                          |                         |
| CASE 3 (4D-L60-0.25vol%) | CASE 4 (3D-L30-0.4vol%) |
|                          |                         |