

## 床版上面増厚工法に用いる鋼繊維補強コンクリートに関する検討

太平洋セメント株式会社 正会員 ○藤田 仁  
 小野田ケミコ株式会社 正会員 久我 比呂氏  
 株式会社 NIPPO 正会員 石垣 勉  
 ショーボンド建設株式会社 正会員 寺尾 暁

### 1. はじめに

国内の道路橋は高齢化が進んでおり、維持管理および補修・補強を行って、長く供用していく必要がある。橋梁床版の補強工法として床版上面増厚工法があり、それに用いる増厚用コンクリートは、鋼繊維補強コンクリートを使用する 경우가多く、特に超速硬セメントを用いて早期交通開放を目指した超速硬鋼繊維補強コンクリート（以下、超速硬 SFRC）を使用するケースが多くなっている。また近年では、膨張材を使用した超速硬 SFRC が開発され、その特長が明らかにされている<sup>1)</sup>。しかし、実際に既設コンクリート版上に敷設された場合の長さ変化性状等を検討した例はない。そこで本報では、3種類の超速硬 SFRC を移動式バッチャプラントで実機製造し、現場で養生した供試体の圧縮強度およびひずみの検討結果を示す。また、製造した超速硬 SFRC を既設コンクリート版上に敷設し、ひずみの測定結果および敷設後の表面のひび割れ観察結果を示す。

表-1 使用材料

材料および種類	記号	備考
セメント	超速硬セメント C	密度:3.01g/cm <sup>3</sup> 茨城県結城市産
細骨材	山砂 S	表乾密度:2.59g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	砕石1305 G13	栃木県佐野市産
	砕石2005 G20	表乾密度:2.71g/cm <sup>3</sup>
鋼繊維	SF	長さ:30mm 密度:7.85g/cm <sup>3</sup>
混和材	膨張材 EX	石灰系 密度:3.19g/cm <sup>3</sup>
混和剤	高性能減水剤 SP	ポリカルボン酸 エーテル系化合物
	凝結遅延剤 JS	有機カルボン酸

表-2 超速硬 SFRC の配合

記号	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							SP (B×%)	JS (B×%)
			W	C	EX	S	G13	G20	SF		
13EX	40.0	52.5	175	418	20	880	833	-	100	0.90	1.20
20EX	40.0	52.5	175	418	20	880	-	833	100	0.90	1.30
20nonEX	40.0	52.5	175	438	0	879	-	833	100	0.60	1.40
備考	B=(C+EX)										

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料

表-1 に使用材料を示す。高性能減水剤および凝結遅延剤は、敷設および供試体の成形が可能となる可使時間 30 分を得るために適宜使用し、単位水量の一部とした。

#### 2.2 超速硬 SFRC の配合および練混ぜ

表-2 に超速硬 SFRC の配合を示す。水結合材比は 40.0%、細骨材率は 52.5% の一定とした。超速硬 SFRC の種類は、膨張材を使用して粗骨材の種類を変化させた 2 種類(13EX, 20EX)と、比較用として膨張材未使用の配合(20nonEX)でも検討を行った。超速硬 SFRC の練混ぜは、バッチごとに各材料を質量計量可能な移動式バッチャプラントで製造した。このバッチャプラントは、ミキサ形式が強制二軸形であり、吐出能力は 5~8m<sup>3</sup>/hr である。1 バッチの練混ぜ量は 0.2m<sup>3</sup> とした。また、本検討は夏期に実機製造した場合の結果を示したものであり、超速硬 SFRC のスランプおよび空気量は、それぞれ 6.5±1.5cm および 2.0±1.0% の範囲内となり、可使時間も十分に得られていた。

#### 2.3 試験項目および試験方法

表-3 に試験項目および試験方法を示す。超速硬 SFRC の敷設は、既設コンクリート版をショットブラストで研掃し、NEXCO 要領<sup>2)</sup>に準拠して幅 500mm の額縁状に専用接着剤を塗布した(図-1)後に軽量フィニッシャを使用して行った。施工版体におけるひずみの測定は、埋込み型ひずみ計を使用し、既設コンクリート版上に打ち継いだ超速硬 SFRC 中に設置した。すなわち、既設コンクリート版との付着による拘束を受けた状態におけるひずみを測定した。また、膨張材の効果を明らかにするため、同様なひずみ計を供試体中に設置(図-2)し、無拘束とした場合のひずみも併せて測定した。なお、ひずみの測定は、夏期に測定を開始し、材齢 182 日後の冬期まで継続した。

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	備考
圧縮強度	JIS A 1108	試験材齢: 3h、1d、7d、28d、91d、182d 養生条件: 現場封緘養生
静弾性係数	JIS A 1149	試験材齢、養生条件: 圧縮強度と同様
ひずみ測定	埋込み型ひずみ計	施工版体: 施工版体中(3500×5000×50mm)にひずみ計を設置 無拘束供試体: 平板中(350×500×50mm)にひずみ計を設置 ひずみ計の設置位置: 図-1,2参照 養生条件: 曝露養生
表面のひび割れ観察	スケッチ	材齢: 7d、28d、91d、182d

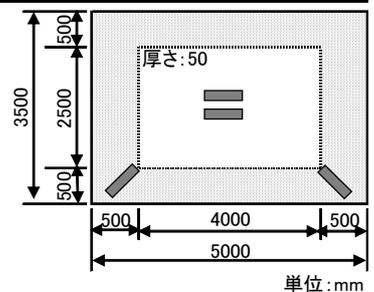


図-1 ひずみ計設置位置(施工版体)

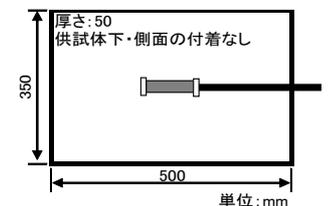


図-2 ひずみ計設置位置(無拘束供試体)

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 圧縮強度および静弾性係数

図-3 に圧縮強度試験結果、図-4 に圧縮強度と静弾性係数との関係を示す。圧縮強度は、全ての水準において材齢 3 時間で 30N/mm<sup>2</sup> を上回る結果となり、その後、材齢 182 日まで増加する傾向を示した。圧縮強度と静弾性係数との関係は、

キーワード 鋼繊維補強コンクリート, 超速硬セメント, 膨張材, 圧縮強度, 静弾性係数, ひずみ, ひび割れ

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2, 太平洋セメント(株)中央研究所, TEL 043-498-3837

既往の研究<sup>3)</sup>と同様な傾向であり、従来の鋼繊維補強コンクリートと同様に取り扱い可能であると判断された。

3.2 ひずみの測定結果

図-5 に施工版体における敷設直後からのひずみの測定結果、図-6 に無拘束供試体におけるひずみの測定結果を示す。図には、材齢 3 日までの測定結果(左)と材齢 182 日までの測定結果(右)を併せて示した。なお施工版体のひずみは、設置した 4 本のひずみの測定値に優位な差が認められなかったことから、中心部 2 本の平均値で示した。施工版体における材齢 182 日のひずみは、13EX で-166 $\mu$ 、20EX で-163 $\mu$ であるのに対して、20nonEX では-184 $\mu$ であり、若干小さい値となるが、全ての水準においてほぼ同等な値で推移した。この結果は、超速硬 SFRC が既設コンクリート版と付着していることに起因していると考えられる。一方、無拘束供試体におけるひずみは、13EX および 20EX については打込み後約 3 時間で約 400 $\mu$  程度まで膨張側に推移し、材齢 182 日でのひずみは-43 および-67 $\mu$ であるのに対し、20nonEX は打込み後、約 4 時間後から収縮側に推移し、材齢 182 日でのひずみは-346 $\mu$ となっている。この結果から、超速硬 SFRC に膨張材を使用することにより、コンクリートのひずみは低減できることが確認された。

3.3 表面のひび割れスケッチ結果

図-7 にコンクリート表面のひび割れスケッチ結果を示す。13EX および 20EX のコンクリート表面に発生したひび割れは、20nonEX と比較して、少ない結果となった。本結果は、超速硬 SFRC に膨張材を使用し、ひずみを低減できたこと、ならびにコンクリートの敷設を夏期の日中という厳しい条件下で実験を行ったことに起因していると考えられる。なお、20nonEX の表面に発生したひび割れは、最大幅が 0.2mm であり、材齢の増加に伴って大きな進展が認められなかったことから、有害なひび割れではないと考えられる。

以上の結果より、超速硬 SFRC に膨張材を用いてひずみを低減することによって、実現場におけるひび割れを低減できることがわかった。また、最近の研究<sup>4)</sup>では、超速硬 SFRC に膨張材を使用した場合、未使用の場合と比較して 50 および 100nm 以上の細孔径が減少することから、水密性を含む耐久性の向上が期待できるとされている。この結果を踏まえると、床版上面増厚工法において、膨張材を用いて水密性を向上させた超速硬 SFRC を使用することにより、増厚コンクリート部分の防水性向上を期待することができると考えられる。

4. まとめ

膨張材を使用した超速硬 SFRC を実施工規模で製造、敷設し、圧縮強度とひずみについて実験的に検討した結果、以下の知見を得た。

- (1)圧縮強度は、材齢 182 日まで増加した。また、静弾性係数との関係は、既往の SFRC と同様な傾向を示した。
- (2)超速硬 SFRC に膨張材を使用することにより、コンクリートのひずみを低減できることが確認できた。
- (3)超速硬 SFRC に膨張材を使用することにより、コンクリート表面のひび割れを低減できることが確認された。
- (4)超速硬 SFRC に膨張材を使用することにより、床版上面増厚工法において、防水性の向上を期待することができる結果を得た。

【謝辞】

本報で示した各種計測にあたり、(株)太平洋コンサルタントの協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 藤田ほか：収縮抑制型超速硬鋼繊維補強コンクリートの基礎的物性，第 64 回セメント技術大会講演要旨，pp.108-109，2010
- 2) 東日本高速道路株式会社ほか：設計要領第二集 橋梁保全編，pp4-20-4-27，2010.4
- 3) 土木学会：繊維補強コンクリート設計施工指針（案），pp.124-125，1983.3
- 4) 藤田ほか：膨張材を用いた超速硬鋼繊維補強コンクリートの性状，第 65 回セメント技術大会，2011（投稿中）

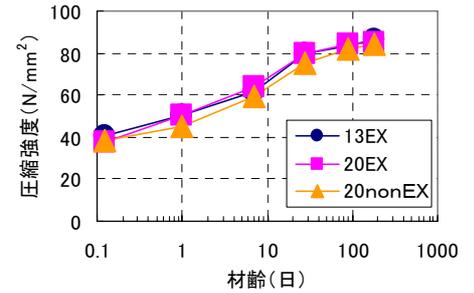


図-3 圧縮強度試験結果

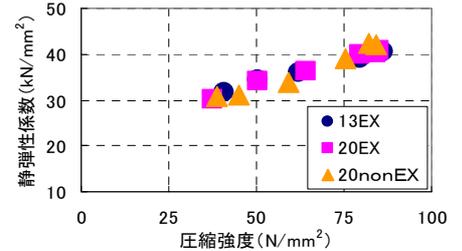


図-4 圧縮強度と静弾性係数の関係

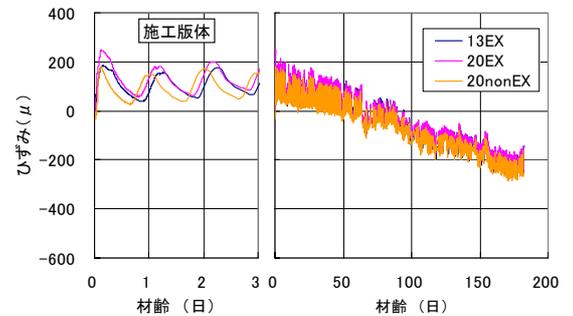


図-5 ひずみ測定結果(施工版体)

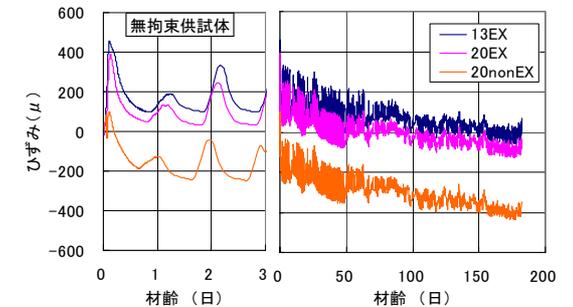


図-6 ひずみ測定結果(無拘束供試体)

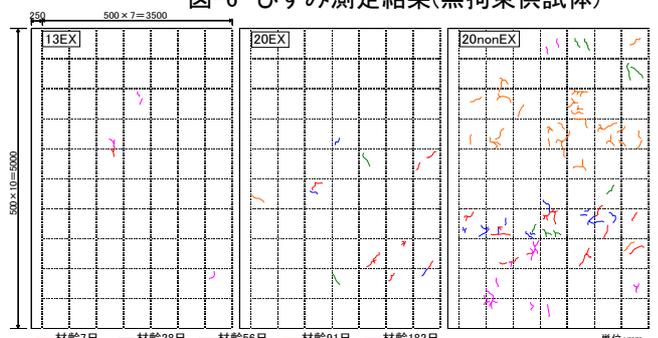


図-7 ひび割れスケッチ結果