

# [59] スチールファイバーコンクリートによる知多2号橋床版補強について

正会員 ○石 渡 正 夫 (川崎製鉄㈱)  
宿 口 治 ( " )  
佐 藤 政 勝 ( " )  
正会員 国 分 修 一 (大林道路㈱)

## 1 ま え が き

スチールファイバーコンクリート(以下SFRC)は普通コンクリートに比して、引張、曲げ、せん断強度が高く、耐ひびわれ性、靱性も著しくすぐれていることから、新しい構造材料として注目されている。SFRCの適用性については、道路、複合橋、トンネル、ダム、建築など多分野にわたって実用化のための研究が各方面ですすめられている。鋼材倶楽部では鉄鋼各社の協力により「スチールファイバー調査研究委員会」を設け、利用技術の開発と普及活動を行なっている。

SFRCは1~2 Vol% ( $80\sim 160 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )のSFを混入するため、普通コンクリートに比して高コストになることは避けられないが、SFRCのすぐれた特性の活かされる分野で適用性を見出すべきであり、この観点から、薄層舗装、橋梁床版および舗装、トンネルライニングなどへの適用が特に期待されている。

道路整備の伸長にともない、自動車交通量が増大し過載荷重頻度が高まり、設計荷重の2倍を超えるような重荷重により橋梁床版の破損が多発している。このため、既設床版の裏面に鋼板を接着させる方法、床版の打直しなどの工法が採用されているが、さらに確実に経済的な補修工法が望まれている。このたび実施したSFRCを既設鉄筋コンクリート床版に重ねて打設し、一体化する床版補強工法は有力な一工法を考えられる。

川崎製鉄㈱知多製造所の知多2号橋において、総重量103トントレーラーの常時通行を可能とするためSFRCによる床版補強工事を行なったので、SFRCの施工、補強効果確認のための載荷試験などについて報告する。

## 2. 知多2号橋の概要と補強方法

知多2号橋は、鋼管専門工場である知多製造所内の幹線道路の一部をなしており、鋼管の材料である鋼板コイル、鋼管製品を積んだトレーラーが頻繁に通行している。本橋は耐候性鋼による無塗装橋として我国では始めての橋であり、すでに12年以上メンテナンスフリーで使用されている。橋の構造概要は次のとおりである。

橋 格：1等橋(TL20)	型 式：活荷重合成桁橋
橋 長：57 m	支 間：27.9 m × 2 スパン
巾 員：7.0 m	全巾員：7.8 m
床 版：鉄筋コンクリート(厚16 cm)	

本橋は架設以来60トントレーラーを最大荷重(輪荷重はTL20と同程度)として供用され、橋桁および床版はともに健全であるが、工場内の輸送力向上のため、総重量103トントレーラーを走行させることになり、橋梁の補強方法を検討することになった。輪荷重の分布を図-1に示す。

計算の結果、総重量103トントレーラーが橋の中心線上を $10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ (衝撃係数0.1)で走行すると、主桁の計算応力度はSMA50の許容応力度以内であり、主桁の補強は必要ないことがわかった。鉄筋コンクリート床版は衝撃係数を道路橋の $\frac{1}{2}$ (0.194)として計算すると、鉄筋の引張応力度は $2,840 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ (許容応力度 $1,400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ )、コンクリートの圧縮応力度は $130 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ (許容応力度 $80 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ )となり床版の補強工事が必要である。

そこで、鉄筋コンクリート床版上のアスファルトコンクリート(平均厚7 cm)を除去し、12 cm厚のSFRCを重ね打ちし、床版と一体化することにより、床版の耐力増加を図ることにした(図-2)。既設床版とSFRCが完全に一体化し、27 cm厚(耐摩耗層1 cm)の新床版となつたとすると鉄筋の引張応力度は $1,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 、コン

リートの圧縮応力度は  $46 \text{ kg/cm}^2$  となる。また既設床版と SFRC 床版が完全一体とならず、二重構造となった場合でも、鉄筋およびコンクリートの応力度は許容応力度を若干上まわる程度である。なお、SFRC は耐摩耗性を有するので、表層  $1 \text{ cm}$  を耐摩耗層と考えた。

また、図-2 に示すように、SFRC 中に鉄筋を配置したのは、主桁上の負曲げモーメントに抵抗させるためであ

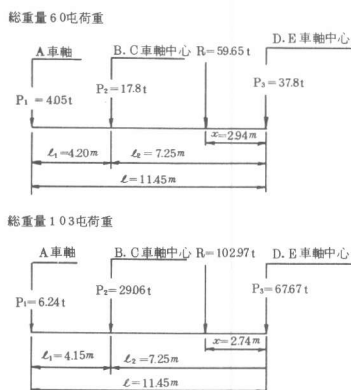


図-1 トレーラーの荷重分布

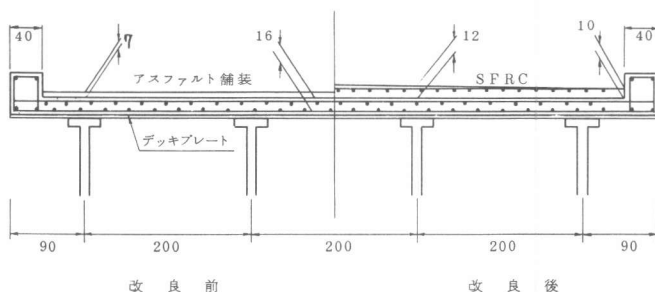


図-2 橋梁断面図

### 3 補強工事の概要

#### 3.1 工事計画

本橋は工場内の幹線道路であり、交通止は出来るだけ短くすることが要請され、種々検討の結果 8 日間（昭和 54 年 6 月 23 日～30 日）とした。交通止に始まり、工事施工、養生、供用開始までの工程を図-3 に示す。

#### 3.2 準備工

アスファルト舗装の除去は、ロードヒーターによる軟弱化、ロードカッターによる舗装の切削、フィドローラーによるアスファルト廃材のトラックへの積込、トラック運搬の順で行なった。既設床版は切削深さ  $2 \text{ cm}$  程度とし、床版表面には出来るだけ凹凸をつけ、粗面状態とした。またこの面のアスファルトは完全に除去するようにした。地覆および伸縮継手の付近は人力により切削した。機械および人力による切削作業は一日で完了した。

SFRC 中に入れる鉄筋は約  $4 \text{ m} \times 7 \text{ m}$  のプレファブ鉄筋メッシュを製作した。主鉄筋は  $D16-125 \text{ mm}$  間隔、配力筋は  $D13-300 \text{ mm}$  間隔に配筋した。

SFRC は試験練りを行ない表-1 に示すような配合を決定した。当初はポンプ圧送による打設を予定していたが、プレファブ鉄筋メッシュの採用により、コンクリートミキサー車を橋上に導き、メッシュの部分を選択的に打設することにした。スランプは  $8 \text{ cm}$  を目標値とした。

#### 3.3 工事施工

SFRC の混合は名古屋レミコン機衣浦工場で行ない、 $1 \text{ m}^3/1$  バッチの可傾式ミキサーで行なった。スチールファイバーはファイバードispenser（能力  $40 \sim 60 \text{ kg/min}$ ）を経てミキサーに投入した。

SFRC の施工順序は、

- (1) 床版上をエアコンプレッサーにより清掃する。表面を湿潤状態にする。
- (2) プレファブ鉄筋メッシュを吊下げ、所定位置にセットする。
- (3) 鉄筋と床版との間にスペーサーを入れて鉄筋位置を固定する（ $1 \text{ 本/m}^2$ ）
- (4) SFRC をシュートで打設（写真-1）
- (5) 敷均し、締め固めを行なう。木ゴテ、テンプレートタンパーで荒仕上
- (6) 真空コンクリート工法により SFRC 中の水分除去
- (7) 表面仕上げ、養生

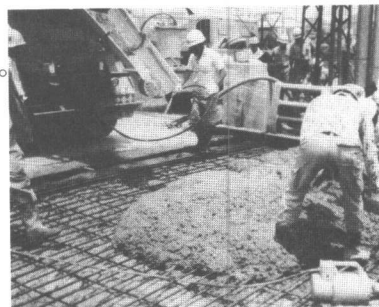


写真-1 SFRC 打設

SFRC打設と仕上げに要した時間は5時間30分であった。生コン車(4 m<sup>3</sup>)当り20~40分である。真空コンクリート工法の作業時間は3時間30分で、面積392m<sup>2</sup>より470ℓを吸水した。養生は初期養生として被膜養生剤の散布、後期養生として養生マットを布設し、散水を続けた。

### 3.4 品質管理

SFRCの強度試験結果を表-2に示す。養生期間内で設計基準強度(240 kg/cm<sup>2</sup>)に対して十分な強度を得た。真空コンクリート工法は、水セメント比を4.6%から4.35%に下げたが、強度にはあまり影響がなかった。早期に交通開放するため万全を期するには、本工法は一手段と考えられる。

ファイバー量の管理のため生コンクリートの洗い試験を実施した。この試験はSFRCを水洗して、SFを磁石で採取しその重量を測定するものである。測定では、設計値120 kg/m<sup>3</sup>に対して、最大3%の変動値であった。またスランプ試験では、目標値8cmに対して±1cmの変動、空気量は4±1%であり、SFRCの品質は良好であったといえる。

表-1 SFRCの配合

粗骨材最大寸法(mm)	スランプ(cm)	空気量(%)	水セメント比(W/C)(%)	細骨材率(S/A)(%)	ファイバー量(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
						水W	セメントC	細骨材S	粗骨材G	混和剤(ポリスチレン)B	ファイバー
25	8±1	4±1	4.6	60	1.5	200	435	1,025	641	1.09	120

表-2 SFRC強度試験結果

種別	養生方法	材 命 (日)				
		3	4	5	7	
正橋(#10×20)	標準	279	320	336	395,397 (396)	
	現場	292,290 (291)	329,332 (330)	348,345 (347)	407	
曲げ(10×10×35)	標準	39	65, 66 65.5			
	現場	42, 44 (43)	51, 49 (50)	58, 57.5 (57.8)	68	
*真空曲げ(15×15×40)	標準	37	48	53	64	
	現場	38, 40 (39)				

\*真空コンクリート工法を適用したもの

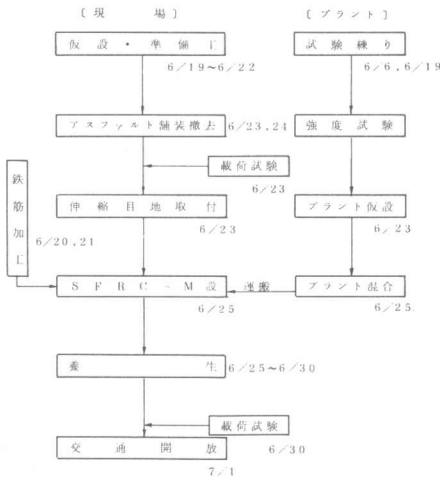


図-3 工程図

## 4. 載荷試験

SFRC施工後5日の養生期間を経て、載荷試験を行なった。本試験は補強前、補強後の橋梁各部分のたわみ、ひずみ測定を行ない、補強効果を調べることで、重車輦の通過に対して橋の安全性を確認することを目的とした。

### 4.1 測定および載荷方法

主桁、床版下面の各部分に、ダイヤルゲージ、ストレンゲージを取付けた。

荷重は図-1に示すような総重量60吨トレーラー(40吨コイル1個積載)および総重量103吨トレーラー(40吨コイル2個積載)である。車輦幅はトラックター289cm、トレーラー320cmである。

載荷は表-3に示すように、ケース1~ケース10まで行なった。中央載荷は、橋軸中心線に車輦中心とを一致させた場合、偏心載荷は車輦端部を地震から50cm離れた位置とした場合である。

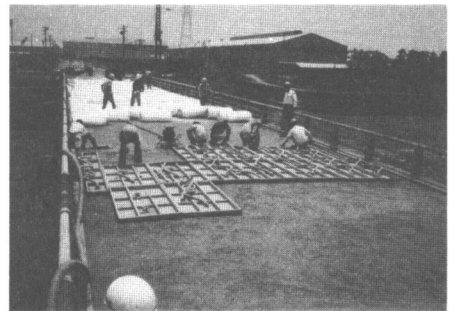


写真-2 真空マット布設、養生

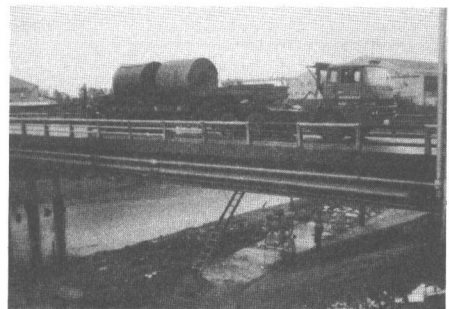


写真-3 載荷試験(ケース9)

床版補強効果確認試験では、トレーラー前方後輪を径間中央に載荷した。また主桁試験では、総荷重の重心線を径間中央に載荷して最大曲げモーメントを生ずるようにした。

#### 4.2 試験結果と考察

床版のひずみ分布およびたわみ分布を図-4、図-5に示す。鋼桁のひずみ、たわみ分布より各主桁の荷重分配率を求めた結果を表-4、表-5に示す。

(1) 床版補強による主桁の荷重分配率の変化 中央載荷で二本の外桁の分配率をひずみにより求めると、補強前4 3.5%、補強後4 5.8%、たわみでは補強前4 7.6%、補強後4 8.4%と改善されている。偏心載荷で、不載荷側のG<sub>3</sub>とG<sub>4</sub>の分配率はひずみでは補強前2 6.2%、補強後3 0.5%、たわみでは補強前2 9.3%、補強後3 4.1%と床版補強効果が明確である。

(2) 床版補強による主桁の剛度増加 たわみの逆数より剛度を比較すると中央載荷で5%、偏心載荷で1 4%剛度が増加している。

(3) 橋の安全性 総重量103トトレーラーが橋中央を通過する場合、中桁(G<sub>2</sub>)下フランジ引張応力度の実測値は620 kg/cm<sup>2</sup>(ひずみ295×10<sup>-6</sup>)、10%の衝撃係数を考慮すると680 kg/cm<sup>2</sup>と設計応力度の80%程度である。これに死荷重応力度1,240 kg/cm<sup>2</sup>を加えても1,920 kg/cm<sup>2</sup>とSMA50の許容応力度以内である。床版は、60トトレーラーを載荷した時、補強前に床版下面に生ずる応力(デッキプレートの応力)と103トトレーラーによる補強後の応力はともに200 kg/cm<sup>2</sup>であり、新床版は十分な耐力のあることが確認できた。本橋完成後、8ヶ月を経過しているが、床版表面は亀裂の発生などは認められず、良好な状態である。

### 5. あとがき

SFRCの特性をいかして、橋梁床版補強工事に使用し、所期の成果が得られた。今後SFRCの利用は多面的に拡大するものと考えられるが、本報告がその一助となれば幸である。おわりに、本工事にあたり有益な御助言をいただいた東京大学小林一輔教授に深謝の意を表します。

表-3 載荷試験ケース

荷重	ケース	荷重位置	①横断位置(荷重) ②縦断位置	目的	
載 重 60t	ケース1	橋梁断面中央に載荷(60t) 荷重中心を径間中央に		床版補強前の最大モーメント	
	ケース2	①は上記と同じ(60t) ②トラーの前方後輪を径間中央		床版	
	ケース3	①偏心載荷(毎側)(60t) ②ケース1と同じ		桁	
	ケース4	①ケース3と同じ(60t) ②ケース2と同じ		床版	
	ケース5	ケース1と同じ(60t)		床版補強後の最大モーメント	
	ケース6	ケース2と同じ(60t)		床版	
	ケース7	ケース3と同じ(60t)		桁	
	ケース8	ケース4と同じ(60t)		床版	
	載 重 103t	ケース9	ケース1と同じ(103t)		補強後の最大荷重時の桁モーメント
		ケース10	ケース2と同じ(103t)		床版

表-4 中央載荷における荷重分配率

区分	桁名	実測値 ×10 <sup>-6</sup>							計
		G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>1,2</sub>	G <sub>3,4</sub>		
ひずみ	↑ ケース2 前 60t	145	195	195	155	390	300	690	
	分配率 %	21.0	28.3	28.3	22.3	56.6	43.5	100	
たわみ	↑ ケース6 後 60t	150	185	190	165	375	315	690	
	分配率 %	21.7	26.8	27.5	23.9	54.3	45.7	100	
求めた値	↑ ケース10 補強後 103t	245	295	295	255	590	500	1090	
	分配率 %	22.5	27.1	27.1	23.4	54.2	45.9	100	
たわみ	↑ ケース2 前 60t	99	113	111	104	224	203	427	
	分配率 %	23.2	26.5	26.0	24.4	52.5	47.6	100	
たわみ	↑ ケース6 後 60t	93	104	107	102	211	195	406	
	分配率 %	22.9	25.6	26.4	25.1	52.0	48.0	100	
求めた値	↑ ケース10 補強後 103t	159	167	166	158	333	317	650	
	分配率 %	24.5	25.7	25.5	24.3	51.2	48.8	100	

表-5 偏心載荷による荷重分配率

区分	桁名	実測値 ×10 <sup>-6</sup>				計
		G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	
ひずみより求めた値	↑ ケース2 前 60t	285	235	125	60	705
	分配率 %	40.4	33.3	17.7	8.5	100
たわみより求めた値	↑ ケース8 後 60t	265	215	135	75	690
	分配率 %	38.4	31.2	19.6	10.9	100
たわみより求めた値	↑ ケース2 前 60t	182	142	90	44	458
	分配率 %	39.7	31.0	19.7	9.6	100
たわみより求めた値	↑ ケース8 後 60t	143	116	83	51	393
	分配率 %	36.4	29.5	21.1	13.0	100

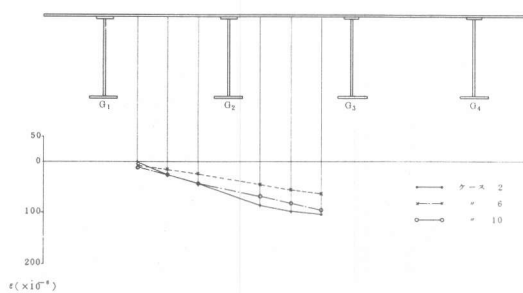


図-4 床版下面(デッキプレート)のひずみ分布

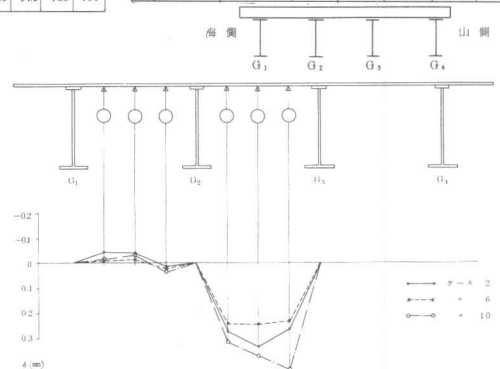


図-5 床版のたわみ分布