

鋼繊維（軽量）コンクリートを用いた複合鉄道橋の追跡調査

日本鉄道建設公団 正会員 保坂 鐵 矢 日本鉄道建設公団 森 脇 衛
東京鐵骨橋梁 正会員 中野幹一郎 人工軽量骨材協会 大谷 真生

1. はじめに

公共事業における建設コストの縮減が求められている環境において、構造物に経済性や耐久性、耐震性を求めることが大きな課題で、鋼とコンクリートを適切に組み合わせた複合構造が注目を集めている。日本鉄道建設公団では、連続合成桁など負曲げモーメント区間のひび割れ耐久性の確保や、防水工の省略を兼ねた鋼繊維コンクリート¹⁾（以下、SFRC）および鋼繊維軽量コンクリート²⁾（以下、SFLRC）を用いている。本稿では供用中の井原鉄道井原線で施工後約4年間が経過したSFRCおよび、建設中の日本鉄道建設公団阿佐（西）線で施工後約1年間が経過したSFLRCを用いた橋梁の追跡調査内容を報告する。

2. 調査対象橋梁概要

本調査は、鋼繊維の表面錆の発生状況を調査し、その発錆度合いが構造物本体への影響をおよぼすか否かを過去の知見等を踏まえ、観察することとし、同時にひび割れ調査を行った。

使用コンクリートは井原線の2橋が普通コンクリートを使用したSFRC、阿佐線の3橋が人工軽量骨材を使用したSFLRCである。井原線の2橋は主桁にコンクリートを巻立てたSRC主桁をクレーン架設する架設施工上から、この主桁コンクリートのじん性（タフネス）向上による終局耐力向上を目的に、阿佐線の3橋はいずれも鋼桁の床版に軽量コンクリートを用いた構造で、連続合成桁の物部川橋梁が中間支点部6カ所、下路トラスランガーの第1手結架道橋と、下路トラスの第5田野架道橋が同目的で床版全体に鋼繊維を混入している。



写真－1 調査橋梁（物部川橋梁）

使用した鋼繊維は、いずれも長さ30mmのものであるが、使用材料の違いにより製造方法、形状が異なる。

3. 各橋梁の調査結果および考察

本調査対象の井原線のSRC主桁は、1) SFRCを型枠へ流し込んだ施工方法を用い、阿佐線の床版は2) SFLRCを橋梁床版に直接打設した施工方法を用いている。

前者1)の場合には、型枠側面での発錆は殆ど見受けられなかった。ただし、型枠面ではあっても、表面がやや粗かったりするとファイバーの露出が認められ、この部分には発錆が認められた。また、型枠の継ぎ目部からは直角に繊維が飛び出している箇所があり、この箇所には発錆が認められた。

後者2)のSFLRCを床版に用いた場合、鋼繊維は床版平面へまんべんなく分散されていた。施工完了している2橋（物部川橋梁と第1手結架道橋）の床版上の表面発錆本数は、鋼繊維混入率の比率（1.5%:1.0%）と単位体積あたりの補正鋼繊維本数と比較して、顕著な差異は見られない。

床版上面の仕上げ状況を観察すると、表層部がペースト（モルタル）層で覆われている区間では、鋼繊維の露出は無い。即ち、錆が殆ど生じていない区域は、コンクリート粗仕上げ数時間後、コンクリートの表面の

キーワード：鋼繊維軽量コンクリート、複合橋梁、ひび割れ耐力、タフネス

連絡先：〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 TEL 03-3506-1861 FAX 03-3506-1891

〒108-0023 東京都港区芝浦 4-18-32 TEL 03-3451-1144 FAX 03-5232-3335

線 名		井原線 (SFRC)		阿佐線 (SFLRC)	
名 称		星田川橋梁	堂々川橋梁	物部川橋梁	第1手結架道橋
形 式		下路単純合成桁	道床式下路合成桁	4径間連続2主1桁橋2連	第5田野架道橋
橋長 (m)		20.1+2×32.0+20.1=105.1 (40.2)	40.0 (40.0)	377.5 (113.0)	72.4 (72.4)
() 内はSF(L)RC適用長					
適 用 部 位		主桁 (巻立て)	主桁 (巻立て)	中間支点上床版	床 版
コンクリート強度		$\sigma_{ck}=35\text{N/mm}^2$ (普通)	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ (普通)	$\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ (軽量)	$\sigma_{ck}=28\text{N/mm}^2$ (軽量)
コンクリート施工時期 () 内は全体工期		1997/1 (1996/9~1997/6)	(1996/3~1997/8)	1999/7~9	2000/2
セ メ ン ト		普通ポルトランドセメント			
粗 骨 材		砕石		人工軽量骨材	
細 骨 材 ①		海砂+砕砂 (60:40)	海砂+山砂+砕砂 (40:30:30)	海砂	海砂
細 骨 材 ②				石灰砕砂	砕砂
減 水 剤		高性能AE減水剤			
鋼 繊 維	形 状	インデント型	波形	両端フック型	波形
	寸 法	$\phi 0.6$	0.5	$\phi 0.6$	0.5
			0.5		1
			30		30
	引 張 強 度	1000 N/mm ² 以上	700 N/mm ² 以上	1000 N/mm ² 以上	700 N/mm ² 以上
	質 量 (kg/本)	67	59	67	118
	素 材	JIS G 3532 SMW-B	JIS G 3141 SPCC	JIS G 3532 SMW-B	JIS G 3141 SPCC
製 造 方 法		伸線切断法	薄板せん断法	伸線切断法	薄板せん断法
コンクリート種類		普 通		軽 量	
呼 び 強 度		35	40	30	28
目標スランプ (±2.5cm)		8	8	18	18
鋼繊維混入率 (%)		1.5	1.5	1.5	1.0
水セメント比W/C (%)		43	37	48	47.8
細骨材率s/a (%)		57.3	55	60	50
スランプ (cm)		9.5	9	18	18
空気量 (%)		4.6	4.4	3.7	4.6
圧縮強度 (N/mm ²)		53	63	42.6	47
曲げ強度 (N/mm ²)		8.73	8.43 ^{*1}	8.23	
曲げタフネス係数 (N/mm ²)		7.14	5.45 ^{*1}	6.39	
打込み		バケット	ポンプ圧送	ポンプ圧送	ポンプ圧送
アジテータ車 鋼繊維投入方法		エア圧送	直接投入	直接投入	直接投入

曲げ強度：供試体寸法 15×15×53
(*1のみ) 10×10×40

水分が減少した時点で、軽いタッピングを行うことにより、鋼繊維の露出数は少なくでき、発錆も現状以下に防げるものと考えられる。

ファイバー露出部において、外気に曝されている部分は錆びているが、このファイバーを引き抜いて調べた結果、コンクリート内部に埋まっていた部分は、コンクリート中のアルカリによりファイバー表面が不動態化皮膜により保護されており、このため、発錆は認められず、耐力的な問題は無いものと考えられる。また、SF(L)RCによる屋外暴露試験結果は試験開始後3年を経過したが、中性化進行速度はほとんど変化がない。

4. おわりに

井原線は主に SRC 主桁用に、阿佐線は床版コンクリートにと適用部位は異なるものの、どちらも型枠面に接するコンクリート表面は鋼繊維による発錆は少なく、コンクリート床版上面に若干の発錆が見られた。この鋼繊維の特有の問題である錆の状況についても、表面上は錆が発生していても、コンクリート中には錆が全く進行していなかった。つまり、鋼繊維の採用は調査した区間における鋼繊維の腐食による外観上の欠陥はほとんど見られず、複雑な応力が生じる複合構造の終局耐力向上の一手法として有用な方法である SF(L)RC 自体の性能劣化は無いと判断できた。最後に、現場調査において、供用中の井原鉄道の塩津氏および関係者、調査の立会を快く引き受けていただいた鉄道公団大阪支社関係者、その他鋼繊維メーカー各社、人工軽量骨材協会の関係者に御協力をいただきました。深く御礼申し上げます。

¹⁾ 坂本・照山・山上・相場：堂々川橋梁の製作と架設、技報まつお No.35, pp59, 1998.4

²⁾ 保坂・山田・中野：鋼繊維軽量コンクリートを用いた連続合成鉄道橋 —阿佐線・物部川橋りょう—, コンクリート工学, 6月号, p24-30, 2000.7