

鉄道橋リニューアルにおける超高強度繊維補強コンクリートの世界初適用とその検証

大成建設株式会社 正会員 ○相浦 聡
 三岐鉄道株式会社 森川 陽平
 財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 谷村 幸裕
 全日本コンサルタント株式会社 中野 誠嗣

1. はじめに

近年、都市の再開発や河川改修などに伴って、老朽化対策以外でも鉄道橋リニューアルの需要が高まっている。従来では、狭隘な空間に鉄道橋を新設する際、軽量の鋼製桁が多く採用されてきた。しかし、塗装のメンテナンスや騒音・振動の対策といった維持管理上の問題も多く、コンクリート桁への架け替えを望むケースが増えている。

他方、リニューアル工事の宿命として営業線の通行確保と、既設橋からの高機能化・大規模化を両立する必要がある。桁高や部材厚などに対して厳しい制約条件が課せられる。本稿では、新素材を採用することによって課題を克服し、鉄道橋リニューアルを成功させた事例として、三岐鉄道「萱生川(かようがわ)橋梁」の報告と検証を行う。

表-1 橋梁諸元(新橋梁)

橋梁名	萱生川(かようがわ)橋梁
路線名	三岐鉄道三岐線
施工場所	三重県四日市市
橋長	15.86 m (支間長 14.50 m)
斜角	A1, A2 = 62° 00' 09", R = ∞
幅員	4.00 m (単線)
桁高	1.50 m (支間中央)
構造形式	P C単純下路桁橋 (U F C製)
発注者	三岐鉄道株式会社
技術指導	財団法人 鉄道総合技術研究所
設計者	全日本コンサルタント株式会社
施工者	大成建設株式会社

2. 橋梁概要

本橋は、超高強度繊維補強コンクリート (Ultra high strength Fiber reinforced Concrete : 以下, U F C) を世界で初めて適用した鉄道橋で、従来コンクリートの限界を超えた薄肉構造を実現したものである。表-1 に橋梁諸元、写真-1 に全景を示す。

3. リニューアル概要

旧橋梁は鋼製の上路桁構造(橋長 9.6 m, 桁高 695 mm)で、コンクリート製下路桁への架け替えに際し、①橋長が 1.65 倍となり桁高が増加する、②計画高水位が上昇する、③軌道の嵩上げが困難である、などの条件から下床版厚が 250 mm 以下に制限された。これに対し、従来コンクリート案は厚さ 390 mm が限界であり、駅部を含む軌道の嵩上げ工事が不可避となることが判明した。

そこで、新素材U F Cに着目して 250 mm まで薄肉化を実現し、軌道工事回避による大幅なコストダウンとともに、従来よりも高耐久でライフサイクルコスト(L C C)に優れた橋梁へのリニューアルを成功させた。



写真-1 橋梁全景(新・旧)

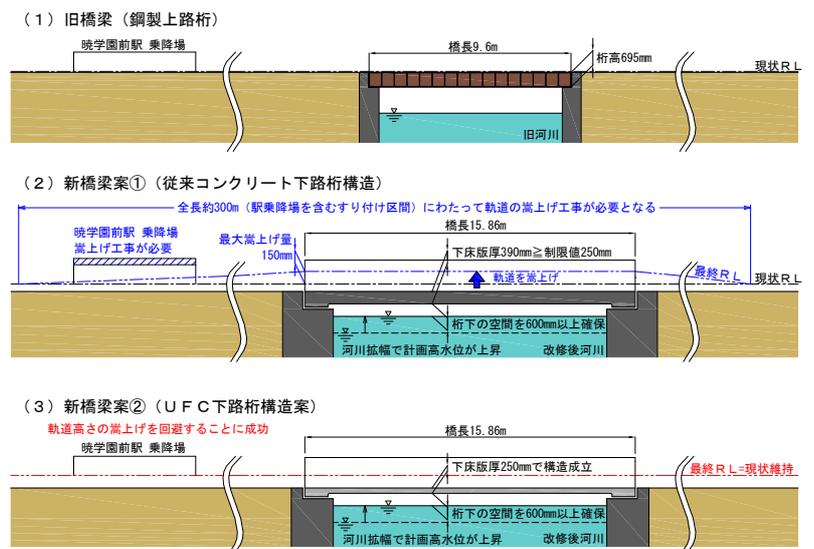


図-1 床版厚の制約条件と構造案の比較

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, U F C, 鉄道橋, 下路桁, リニューアル, L C C

連絡先: 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) 土木技術部リニューアル橋梁技術室 TEL03-5381-5079

3. 設計概要

本橋は、現行基準を逸脱した「薄さ」を目標としており、その評価方法が課題となった。設計基準は鉄道構造物等設計標準・同解説を原則とし、主梁上突縁や床スラブの厚さ、剛性低下の影響、補強鉄筋の必要性などについて、鉄道総合技術研究所の指導の下で設計方針を決定した。三次元FEM解析による応力・変位・座屈の照査と、固有振動数による振動・騒音特性の評価を行い、PC定着部、落橋防止装置周辺、吊下げ鉄筋などは、主応力を制限値内に制御することで補強鉄筋を不要とした。表-2に設計結果比較表を示す。UFC桁の最大変位量は5mmで、常時の走行安定性から決まる限界値29mmを下回っており、変動荷重の約150倍が作用しても横座屈を生じないなど、薄肉化に伴う剛性低下の影響は小さく、十分に安全性が確保された形状に決定した。

4. 施工概要

施工は、全長を7分割したプレキャストブロックを工場製作し、ヤードにて地組み、目地の打設・養生、PC緊張による一体化後、防水工、橋梁付属物工を行い、一晩で横取り架設を行った。

目地(幅6cm)へのUFC打設や、ファーンネスによる給熱養生、移動台とクランプジャッキによる総重量120t(バラスト・軌きょうを含む)の桁の連続移動などが重点管理項目であった。

完成した橋体の全景と横取り架設の概念図を写真-2に示す。

5. 実橋計測と検証

供用後の実橋で、列車荷重による変位量と固有振動数を計測し、設計手法および結果の検証を行った。表-3に示すとおり、変位の比率(計測/設計)は90%程度であり、計算値が実挙動を安全かつ正確に評価できた事が証明された。床版の固有振動数は12Hzと計測されたが、これも机上検討の数値と一致した。

また、本橋、同一路線上で同規模の鋼製下路桁橋、一般軌道部(橋の無い盛土区間)の三者で、列車走行時の騒音レベルを計測した。図-2に示す比較結果で、UFC橋の値は鋼橋よりも約5.5dB小さく、一般軌道部と同等の数値を示した。これにより、UFCを適用した場合の騒音・振動低減効果が実証された。

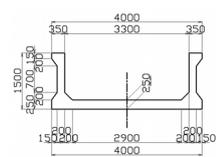
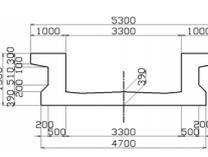
6. おわりに

本橋では、万全を期すべく最終形状に若干の余裕を持たせたが、検証によって設計手法の妥当性が確認されたことで、更に最適なプロポーシオンを迫及する事が可能となった。薄肉軽量化と軌道嵩上げ工事の回避、騒音振動の低減、下部工や維持管理まで見据えたトータルコストの低減、営業線の夜間一括架設など、鉄道橋リニューアルに要求される課題に対して、UFCという新たな選択肢が追加された事は大きな一歩であると考えられる。

参考文献

- ・(財)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計基準・同解説 コンクリート構造物、平成16年4月
- ・(財)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計基準・同解説 変位制限、平成18年2月
- ・土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)、平成16年9月

表-2 設計結果比較表

	UFC下路桁	従来設計によるPC下路桁
断面形状		
断面積	1.6 m ² (0.5)	3.2 m ² (1.0)
設計荷重	桁 700kN (0.54) 軌道、碎石 500kN 列車 1100kN	桁 1300kN (1.00) 軌道、碎石 500kN 列車 1100kN
計	2300kN (0.79)	2900kN (1.00)
断面剛性	1.6 × 10 ⁷ kN・m ² (0.76)	2.1 × 10 ⁷ kN・m ² (1.00)

※()内は、対 PC下路桁との比率を示す
※設計荷重は1橋当りを示す



写真-2 横取り架設概念

表-3 変位量の計測結果と検証

NO	種類	変位量(mm)		
		計測値	計算値	計測/計算
1	801系(上り)	1.1	1.30	85%
2	751系(下り)	1.2	1.39	86%
3	751系(上り)	1.3	1.39	94%
4	ED45形電気機関車	1.6	1.67	96%
5	ED45形電気機関車	1.5	1.67	90%

※実測値は支間中央部の平均変位(支点補正済)

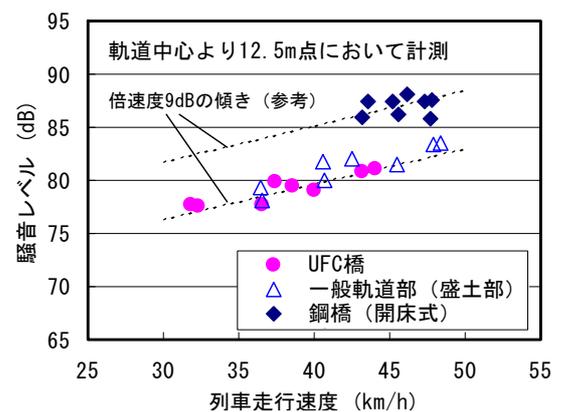


図-2 騒音測定比較結果