

UFCの鉄道橋への適用 —京王井の頭線 下北沢駅付近橋梁架替え工事—

大成建設(株)		〇樋口 敬純
大成建設(株)	工修	岩元 篤史
大成建設(株)	正会員	山口 卓
京王電鉄(株)		篠田 貴宏

キーワード：UFC，鉄道橋，軽量化，段階施工

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート (Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete ; 以下, UFC) は, 設計基準強度が180N/mm²と普通コンクリートの約4倍を有し, 高耐久・高じん性・高流動などの優れた特性をもつ高性能な材料である。また, 鉄筋の代わりに鋼繊維を用いているため, 部材の薄肉化・軽量化を図ることが可能となり, 近年では橋梁を中心としたPC構造物への適用が進んでいる。

本工事は, 国内で2例目となる鉄道橋においてUFCを採用して架替え工事を行った。首都圏の主要路線であるため, 夜間の限られた時間内での施工が求められたが, 軽量のUFCホロー桁で構成される床版橋とし, かつ, 段階施工が可能な構造とすることで営業線の運行への影響を最小限とした。

本稿では, UFCを用いた架替え工事の段階施工についての概要を報告する。

2. 工事概要

小田急小田原線 (代々木上原～梅ヶ丘駅間) における連続立体交差および複々線化事業が行われているが, 本工事では京王井の頭線との鉄道路線交差部にあたる下北沢駅付近において, 井の頭線の既設橋脚を撤去し, 新しい鉄道橋への架替え工事を行った。架替え後の橋梁区間は図-1に示すように, 上下線で単純3径間 (橋梁1～橋梁3) の橋梁となる。

橋梁2は橋長が比較的大きく, 軌道脇に構築スペースが確保できるため, PC下路桁を現場にて構築し, 横取り架設にて計画した。

一方, 橋梁1・3は架設箇所の周囲に十分な工事スペースがないこともあり, クレーンにより架設する必要があった。当初は普通コンクリートによるPC桁で計画されていたが, 桁自重も大きく, 架設用クレーンもそれに見合う形で大規模なものが必要とされた。さらに, 架設用クレーンの配置位置が, 同時期に構築される小田急線の地下駅舎躯体の直上となり, 大型化されたクレーンの反力による地下躯体への影響が懸念された。そこで, UFCの特性である「軽量化」

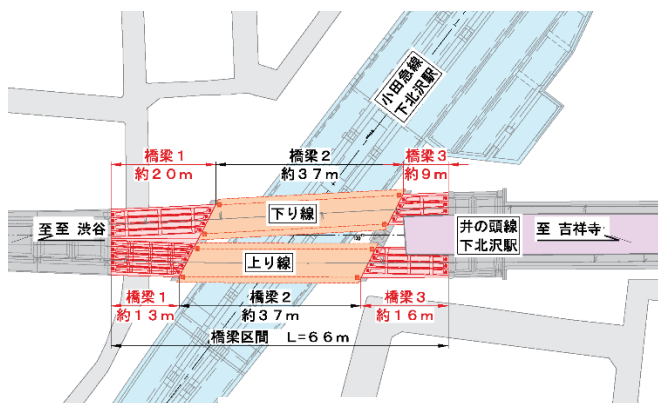


図-1 位置図

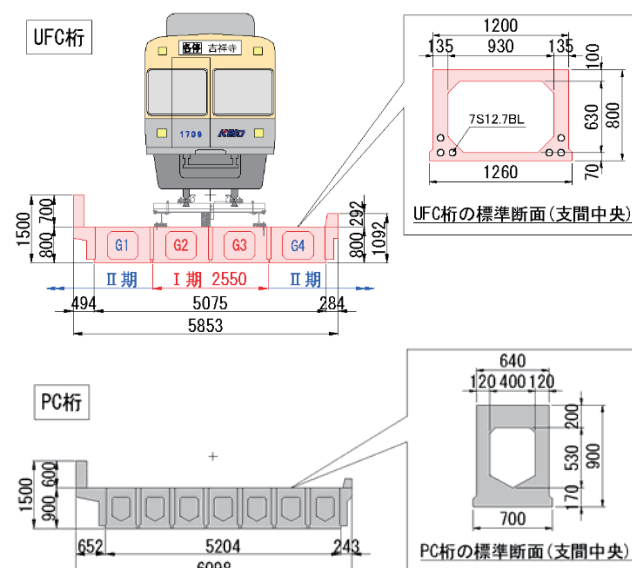


図-2 構造一般図 (橋梁1 下り線)

「超高強度」を活かし、段階的な架替えが行えるような橋梁構造を試みた。具体的には、列車走行における必要最小幅で全ての設計照査を満足する構造とした桁を架設する工程（Ⅰ期施工）およびその脇に単桁を架設し、その後にⅠ期施工との桁間の間詰めを行い、全体を一体化させる工程（Ⅱ期施工）からなるものとした。構造一般図を図-2に示す。

3. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元を表-1に示す。

UFC部材の製作は、製造過程で90℃・48時間の蒸気養生を必要とする¹⁾。そのため、2次製品工場にてセグメントを製作し、現場内にて接合するプレキャストセグメント工法での施工とした。なお、セグメントは車両での運搬を考慮して橋軸方向に3分割とし、接合面はマッチキャスト方式にて製作した。

表-1 橋梁諸元

路線名	京王井の頭線
施工場所	世田谷区北沢
構造形式	PC単純上路桁橋(UFC製)
橋数(主桁数)	4橋(17主桁)
桁長(支間)	9.5(8.4)~20.4(19.4)m
桁高	0.8m
主桁重量	15.2~27.8t
発注者	京王電鉄株
設計者	復建エンジニアリング株
施工者	大成・前田・西松・銭高・三井住友建設共同企業体

4. 施工概要

架設は、橋梁1・3の上下線で計4橋である。これらの4橋は各々が独立した構造であり、各橋梁に対して図-3に示すフローで施工を行った。作業のうち、⑥・⑧に関しては、翌日の列車運行に支障が生じる可能性のある作業であるため、特に慎重な計画と施工が必要とされた。

4.1 Ⅰ期施工

(1) セグメント接合

工場製作したセグメントを現場の組立ヤードに搬入し、軸方向に3分割されたセグメントを接合して1本のUFC桁に組み立てた。組立て作業は、図-4に示すよう、軌条設備および台車で構成される専用の地組み架台上で行った(写真-1)。引寄せ作業は、UFC桁の接合部の上下4箇所引寄せ用のPC鋼棒を配置し、センターホールジャッキを用いて行った。各セグメントを引寄せ後、主ケーブルの緊張、グラウトの注入を行い、接合を完了させた。

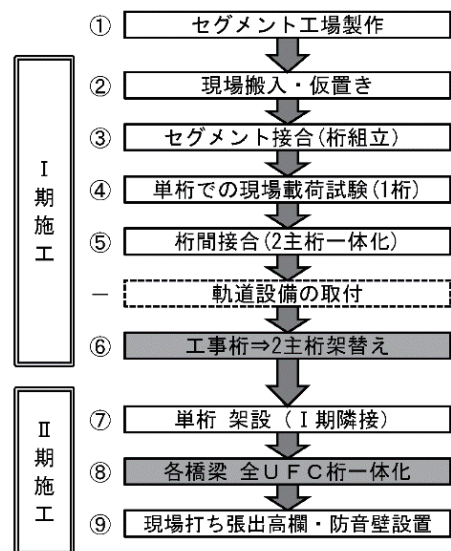


図-3 架替えフロー

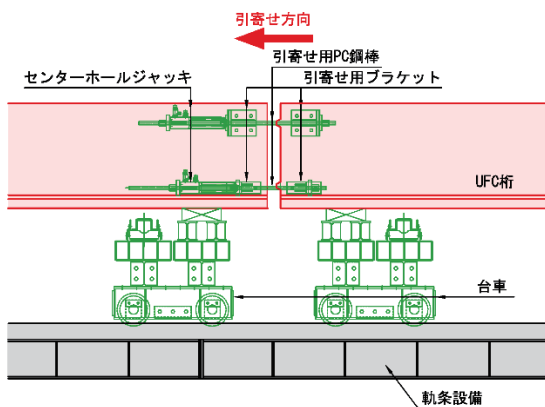


図-4 セグメント接合設備図



写真-1 地組み架台設備

(2) 2主桁一体化

軸方向に接合したUFC桁を横組み架台上に2本配置し、桁間の接合を行った。間詰め部の横締め用シースを接続し、間詰めコンクリートを打設後、横締め緊張を行って2主桁を一体化させた(写真-2)。2主桁一体化後は、桁上に軌道設備を構築し、多軸台車を用いて架設地点まで運搬した。



写真-2 2主桁一体化

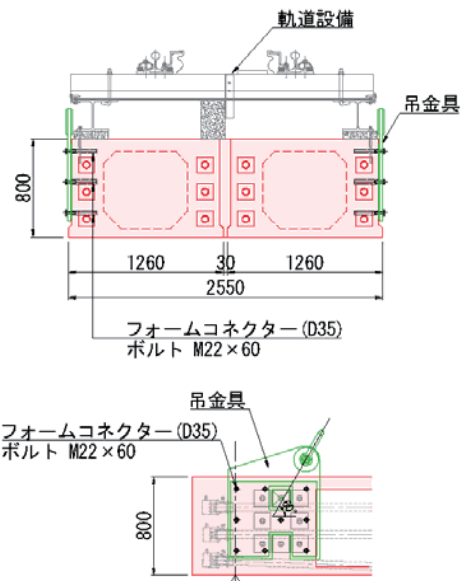


図-5 玉掛構造

(3) 2主桁架替え

本項目の作業は、工事桁化されている現軌道を本設のUFC桁に架け替える作業である(写真-3)。翌日の初電の運行に支障のないように作業を完了させる必要があるため、当夜に行う作業を吟味し、迅速かつ正確に実施できるように慎重に計画を行った。

なお、4橋における工事桁の撤去方法は、周囲のスペースを勘案し、横取りによる撤去とクレーンによる撤去の2通りを場所毎に採用した。

図-5にUFC桁の玉掛設備を示す。桁上面の軌道設備および隣接する桁に干渉しないような構造とし、製作時にインサート金具を桁端部の側面に埋め込み、吊り金具を介して玉掛する方法を採用した。

当夜の施工サイクルタイムを図-6に示す。全橋において、き電停止時間・線路閉鎖時間内に全ての作業を終えることができた。また、架設後は列車走行時のたわみや変状を確認し、列車通過時の設計たわみ量に対して40~50%の値で妥当な値であることを確認した。



写真-3 架替え時

	23	0	1	2	3	4	5
線路閉鎖時間			[Yellow bar from 0:00 to 4:49]				
停電時間			[Yellow bar from 0:00 to 4:49]				
準備作業	[Blue bar from 23:00 to 23:30]						
レール撤去		[Blue bar from 0:00 to 0:30]					
工事桁撤去		[Blue bar from 0:30 to 1:00]					
架線移設/復旧			[Blue bar from 1:00 to 1:35]				
PC桁架設、据付			[Blue bar from 1:35 to 3:45]				
ストッパー設置				[Blue bar from 3:45 to 4:33]			
軌道復旧		[Blue bar from 4:49 to 5:06]					
片付け、跡確認							
		上り最終 0:38				上り初発 4:49	
			下り最終 0:53				下り初発 5:06
			[Red box: 1:00]	[Red box: 1:35]	[Red box: 3:45]	[Red box: 4:33]	

図-6 架替え施工サイクル

4.2 II期施工

(1) 単桁架設

I期施工後に、2本の主桁の脇に単桁で所定の桁をクレーンにより1桁ずつ架設した。なお、本項目の単桁には軌道設備が載荷されないため、I期施工で架設した桁とは生じるたわみの差異により段差が生じるが(支間中央で最大4mm程度)、少量であるため間詰め材の幅で擦り付けることとした。

(2) 全桁一体化

Ⅱ期施工での一体化の構造を図-7に示す。本項目の作業は、Ⅰ期施工の2主桁とⅡ期施工で架設した桁の境界部の間詰めコンクリートの打設と、横桁部分に貫通して配置される横締めPC鋼材の緊張により一体化を行う作業である。ここで、間詰め材には打設後に行う横締め緊張時において一定の強度発現が要される。翌日の初電までの時間で横締め緊張までの作業を終えるためには速硬性の材料が必要であり、本作業では移動式プラント車によるジェットコンクリートを採用した。

なお、緊張時における間詰め材の必要圧縮強度は、緊張力と分散後の間詰め部の断面積の関係を勘案して $10\text{N}/\text{mm}^2$ を制限値²⁾とし、現地で簡易試験を行うことにより緊張作業の良否を確認した。

表-2にジェットコンクリートの配合を示す。採用においては、流動性の保持(可使時間30分)ならびに強度発現(90分で $10\text{N}/\text{mm}^2$)を満足するよう試験練りを行い、性状を十分に確認した。

すべての作業を線路閉鎖時間内で行い、翌日の列車運行に支障をきたすことなく作業を終えることができた(写真-4)。

表-2 ジェットコンクリート配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
				C	W	S	G	減水剤	遅延剤
13	18	37.6	48.0	425	160	835	947	4.675	3.40

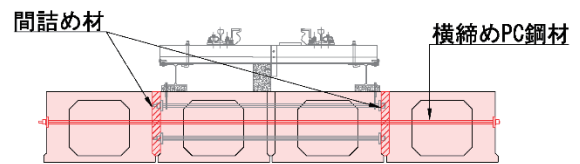


図-7 桁一体化構造図

5. おわりに

本橋の施工は、2016年6月からUFC桁の製作を行い、2017年10月に側部の地覆・高欄の施工を含めて完了した。

首都圏の主要路線である京王井の頭線の架替え工事であり、鉄道利用者への最大限の配慮を行いつつ、無事に完了させることができた。

本橋におけるUFC材料の採用は、架設時の桁自重の軽量化が主目的であった。UFC部材は、鉄筋や粗骨材を含まないため、部材の薄肉化や軽量化に向けて工夫をしやすい材料である。近年の老朽化した社会インフラの更新工事などにおいては、床版厚・桁高・重量などに制限が生じる場合も多く、そのようなケースにおいて、UFCの適用は解決策の一つとなるものと考えられる。

最後に、これまで多くのご尽力を賜った関係各位に深く感謝するとともに、本稿が今後の技術の発展の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 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) コンクリートライブラリー113, 2004
- 2) 小野田ケミコ株式会社：技術資料 Super Jet Cement & Concrete ジェットセメント スーパージェットコンクリート, 2007



写真-4 施工完了