

架設工法における PC 技術の進展

— 50 周年（2008 年）以降とこれから —

八木 洋介*

1. はじめに

日本におけるプレストレストコンクリート（以下、PC とする）橋の架設工法は、PC の技術開発の歴史とともに進化してきた。フランスのフレシネーが 1932（昭和 7）年に「補強コンクリート製品の製造法」で日本に特許出願登録（第 96254 号）し、1952（昭和 27）年にフランスからフレシネー工法を日本に導入してから、国内産定着工法の開発および PC 技術の開発が日進月歩で進んでいった。

本稿では過去の PC 架設工法を簡単に振り返りながら、最近の 10 年間（50 周年以降）の架設工法に着目して、その進展について記述する。

PC 架設工法の歴史については、諸先生・諸先輩方による報文^{1~4)}があり、詳しく記述されているので本稿ともにご一読いただきたい。

2. 架設方法の歴史（1950 年頃から 2008 年頃）

日本国内における PC の研究は、吉田宏彦教授（福井高等工業高校）がドイツ人ホイヤー著作の Der Stahlsaitenbeton の訳本「鋼弦コンクリート（Stahlsaitenbeton）に就いて」の発刊を受けて、国内向けに PC を紹介したのがはじまりである⁵⁾。その後、1941 年に鉄道技術研究所において鋼弦コンクリート委員会、1946 年には商工省鉄鋼技術委員会第 8 小委員会の鋼弦コンクリート委員会が設置され、PC の研究が盛んになっていった。

研究分野では、1955（昭和 30）年に仁杉 巖先生が計画・設計・施工に直接従事された鉄道橋である第一大戸川橋梁（橋長 31 m、旧国鉄信楽線、2008 年登録有形文化財）の建設時に取得した計測データ（クリープ、乾燥収縮、施工方法等）を論文⁶⁾にまとめられ、工事記録ビデオも残されている。

書籍においては、1957 年に吉田徳次郎先生の進めで猪股俊司先生が執筆された土木学会監修「プレストレストコ

ンクリートの設計および施工⁷⁾は、現在でも PC 技術者のバイブルとされている。

実橋においては、1951（昭和 26）年に長生橋（石川県）が日本最初のプレテンション方式単純スラブ橋（スパン 3.6 m × 3、石川県）として建設され、1953（昭和 28）年に東十郷橋（現在は十郷橋）が日本最初のポストテンション方式単純スラブ桁橋（スパン 7 m、福井県）として建設された。これらの PC 橋はカグラサンや二又が使用され、荷馬車による主桁運搬と人力による架設が行われた。

PC 橋建設初期のポストテン桁の架設状況を写真 - 1 に示す。



写真 - 1 ポステン桁の架設

PC 橋の建設が始まったこのころ、1954（昭和 29）年に日本国産初となる安部式ストランド工法が開発された。

1959（昭和 34）年、当時の最大スパン（12 m + 51 m + 12 m）を有した 3 径間連続箱桁橋の嵐山橋が日本で初めての張出し架設工法（ディビダーク工法）で架設された。1963（昭和 38）年には、釈迦池橋（京都府）がエレクショントラス上に設置した移動型枠による張出し施工で架設された。

1964（昭和 39）年の東京オリンピック開催に向けて社会インフラ整備が急速に進むなか、多くの PC 橋がさまざまな工法で架設され、1972 年には高島平高架橋が全天候型の移動支保工で架設された。

1976（昭和 51）年、張出し架設工法（ディビダーク工法）によって東洋一のスパン長（240 m）を有する浜名大橋（静岡県）が建設された。現在もその雄姿は東海道新幹線の車窓から眺めることができる。

1986（昭和 61）年、支間途中から主桁が分岐する構造を有する岡谷高架橋（長野県）が拡幅分岐機能を保有した移動作業車を用いて張出し架設工法（ディビダーク工法）で建設された。1989（平成元）年には PC 斜張橋（最大支



* Yosuke YAGI

(株) 富士ピー・エス 土木本部
エンジニアリング部長
(一社) プレストレストコ
ンクリート建設業協会
施工安全委員会 施工部長

表 - 1 PC 架設工法の年代表

年	1950	55	60	65	70	75	80	85	90	95	2000	05	10	15	18
プレキャスト 桁の架設	プレキャスト 桁の架設 (1953)	東武聖蹟丸太橋 (1954)	第一大宮川橋梁 (1955)	東武聖蹟丸太橋 (1957)											
支保工架設	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)	支保工架設 (1957)
張出し架設	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)	張出し架設 (1951, ドイツ)
その他の特殊架設	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)	その他の特殊架設 (1953)

※1 UFC: 超高強度繊維補強コンクリート ※2 PPW: プレキャストプレテンションウェブ ※3 BFW: スタタフライウェブ

間長 250 m) となる呼子大橋 (佐賀県) が張出し架設工法で建設されている。

1994 (平成 6) 年, 日本最初のエクストラード橋である小田原ブルーウェイブリッジが建設され, 2001 (平成 13) 年, 木曾川橋, 揖斐川橋が建設されている。このころ, 「公共工事のコスト縮減対策に関する新行動指針 (平成 12 年 9 月)」が示され, 建設コストを削減できる新しい PC 橋の開発研究が盛んになっていった。高速道路建設では, 1997 (平成 9) 年, 重信川橋に続き, 弥富高架橋の建設にスパンバイスパン架設 (セグメント工法) が採用され, その後同種工事が普及していった。

1998 (平成 10) 年, 本谷橋 (波形鋼板ウェブ橋) が張出し架設工法 (ディビダーク工法) によって建設され, 高速道路の新設橋に同種工事が飛躍的に普及していった。

プレキャストセグメントを活用したコンポ橋や鋼・コンクリート複合アーチ橋や複合トラス橋が開発され, 架設工法も進化していった。

PC 架設工法の年表を表 - 1 に示す。本表は本誌 Vol.51, No.1⁴⁾ に新しい実績を加えたものである。新しい実績については下線を引き, 現在施工中のものは斜字体で示している。

3. 最近 10 年の架設工法

その後, 最近の PC 架設工法は, 生産性向上の観点から従来の架設工法に対してさまざまな工夫が行われている。たとえば, 本体構造部材の一部を一時的に架設に利用する方法がある。この方法によって架設用機材 (仮設材) への負荷が低減し, 仮設材のスリム化ができる。仮設材を組み立てるためのクレーンも小型化でき作業性も向上する。このように構造設計の段階から架設方法を意識し, 仮設材コストをミニマム化する動きが盛んになっている。

また, 架設時に主桁の変形や出来形をリアルタイムに測定し, その情報を瞬時に工事関係者間で共有する情報化施工も行われるようになってきている。

以降, 架設工法ごとに主な施工事例を紹介する。

3.1 プレキャスト桁の架設

プレキャスト桁の架設は移動式トラッククレーンによる方法が主流であった。プレキャスト桁の大型化, 事業規模の大型化に伴って, 生産性向上を目的とした新たな架設工法・機材の開発が進んでいる。

茄子作地区 PC 上部工工事 (2008 年) では大型プレキャスト部材を現場サイトで製作し一括架設する工法 (U 型リフティング工法) が採用されている (写真 - 2)。本工法は, 主桁断面を U 型にすることによって主桁自重を軽減し, 架設時の吊上げ位置を架設用ガーダー支点付近にすることによってガーダーに発生するモーメントが通常のスパンバイスパン架設工法より約 20% 程度の低減ができる。したがって, 架設用ガーダーをダウンサイズでき, 経済性が向上する。主桁断面を U 型にしたことから懸念される架設時のねじり変形に対して吊荷重のモニタリングを行い, 横断勾配差 0.2% 以内になるように集中管理し, その情報を作業員と共有する情報化施工も行われた⁸⁾。



写真 - 2 U 型コンポ橋の架設

京田辺高架橋 (2018 年) では, PC プレテンション方式 13 径間連結 T 桁橋 (標準支間 23 m) の架設に橋梁全体を横断方向に跨ぐ大型自走式門型クレーンによる相吊り架設が採用され, 1 径間あたり 10 本, 上下線全径間で主桁 260 本を運搬用トレーラから直接吊り上げる方法 (相吊り) で架設された (写真 - 3)。架設対象区間内を走行できる 4 点支持の門型クレーンの使用により転倒リスクを低減でき安全な架設, 工期短縮が可能となった⁹⁾。



写真 - 3 大型門型クレーン架設

3.2 支保工架設

(1) 固定式工法 (UFC)

固定式支保工は, さまざまな形状の PC 橋を架橋地点で架設できるというメリットがあり, 古くから採用されてきた。最近では支保工材の開発 (手すり先行型) により, 支保工組立時の墜落災害に対する安全性も向上している。型枠を直接支保工で支持する工法であることから適用橋梁の範囲が広く, 新構造の採用にも適している。

小滝川橋 (場所打ちポストテンション方式 T 桁橋, 橋長 39 m, 2014 年) では固定式支保工に追加設置される養生上屋設備の工夫を行うことによって, 養生管理の面から現場打設が難しいとされてきた超高強度繊維補強コンクリート (UFC) を用いた建設が行われている¹⁰⁾。

(2) 移動支保工

移動支保工は、単純、連続を問わず多径間・同一断面形状の PC 橋の架設に適している。したがって、施工延長が長ければ経済性も向上する。移動支保工用ガーダーから吊り下げられた型枠と足場によって作業床の開口部が無くなり安全な施工ができる。

京田辺高架橋（PRC 連続 15 径間連続混合桁橋×2 連，2018 年）では 2 主版桁に大型移動支保工を採用し、途中の箱桁部（固定支保工で施工済）の橋面上を通過させることにより、施工延長を拡大し大型移動支保工の組立解体作業を削減して工程短縮、経済性の向上を図っている（写真 - 4）⁹⁾。

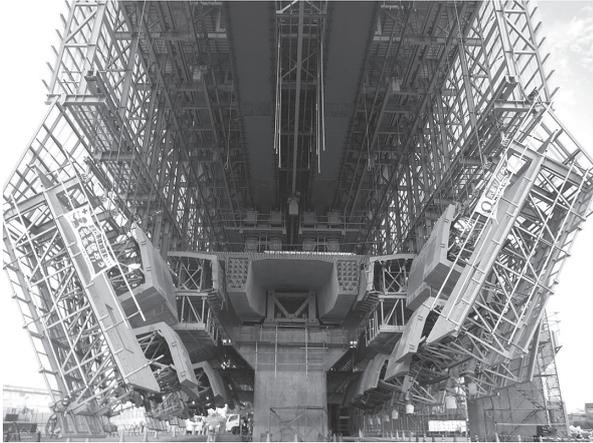


写真 - 4 移動支保工（橋脚通過状況）

(3) スパンバイスパン架設工法（セグメント）

スパンバイスパン架設はプレキャストセグメントをガーダーから吊り下げ、または支持して接合を行い、スパンごとに架設を進めていく工法である。

青山地区高架橋（2009 年）、交野高架橋（2010 年）は、現地サイトに新設した工場で作成したセグメントを本工法で架設している。桶川第 2 高架橋（2015 年）ではバタフライウェブを採用したプレキャストセグメント工法によるスパンバイスパン架設が行われた（写真 - 5）¹¹⁾。



写真 - 5 スパンバイスパン架設

3.3 張出し架設

張出し架設は、桁下空間が利用できない川や谷に架橋す

る場合に最適な架設工法である。移動作業車や特殊なガーダーを使用して大スパン橋梁の建設に採用されている。

(1) 場所打ち・ハーフプレキャストカンチレバー

赤濁川橋（2008 年）、豊田巴川橋（2014 年）では、波形鋼板ウェブ上に移動作業車を設置して波形鋼板ウェブを仮設材として兼用し、波形鋼板架設、下床版施工、上床版施工、を隣接ブロックの平行作業として行うことによって工期短縮を実現している¹¹⁾。田久保川橋（完成名：寺迫ちようちよ大橋，2013 年）ではコンクリート製のプレキャストウェブ（バタフライウェブ）を世界で初めて採用した新しい構造形式が張出し架設で施工されている¹¹⁾。同種構造の芥川橋（2015 年）ではウェブの軽量化に伴い主桁自重も低減できることから、張出し施工長を 6 m（通常 2.5～4.0 m）まで大きくして施工ブロック数を減らして工程短縮を行っている（写真 - 6）¹¹⁾。田久保川橋は、2018 年 10 月に開催された *fib* 国際会議で最優秀賞を受賞している。



写真 - 6 張出し架設（田久保川橋）

(2) フィンバック橋

2013 年には、河川上に架かる各務原大橋（最大支間 60 m，10 径間連続フィンバック橋）が大型トラスガーダーによる張出し工法（P&Z 工法）によって架設された。工期短縮のためにトラスガーダー長を 2 径間分（133 m）とし、張出し施工と次径間の柱頭部施工を同時に行われている。ガーダー延長が増えることによるガーダー反力増加に対して、ガーダー支持点に荷重分散梁を設置して本体構造への安全性を確保している（写真 - 7）¹²⁾。



写真 - 7 P&Z 工法による架設

3.4 その他の特殊架設

(1) 押し出し工法

押し出し工法は、橋台背面の主桁製作ヤード（全天候型）内で製作した主桁を出来形・変形管理を行いながら専用装置で主桁を押し出しながら後方の主桁を製作・接合していく工法である。

新大間池橋（橋長 175 m, PC 3 径間連続箱桁橋, 2017 年）は、平面曲線と幅員変化を有する線形であったが、架橋地点上空の高圧線による上空作業の制約や新大間池の水質汚濁の防止の観点から押し出し工法が採用された。本橋は最大総重量が 7 650 t（主桁自重 7 400 t, 大型鋼製 3 主構手延べ桁重量 250 t）であり、押し出し推進力は最大総重量の 10% とし、200 t の油圧ジャッキを 4 台使用している（写真 - 8）¹³⁾。主桁の押し出し時にトータルステーションを用いた 3 次元出来形管理を行い、最終据付け精度を向上させている。



写真 - 8 押し出し架設状況

(2) 吊床版

吊床版は、景観性に優れ、桁下を利用することなく建設を進めることができ、狭隘な施工ヤードでも採用が可能である。最近では、吊床版技術を活用した複合構造へ発展している。

白虹橋（2017 年）では、吊床版架設工法を応用（吊床版上に内部支保工を組立て）して複合トラス橋の建設を行っている。架設中に漸増する吊床版のサグ量変化の管理精度を向上させるために地組した複数ユニット（吊床版と内部支保工）を一次ケーブル上に架設する工夫を行っている¹⁴⁾。

(3) アーチ橋架設

アーチ橋は架設地点の環境に適した架設工法（固定支保工、ピロン張出し、トラス張出し、メラン、ロアリング）が採用されてきた。

棧 1 号橋（橋長 199 m, アーチ支間長 155 m, 上路式 RC 固定アーチ橋, 2013 年）は曲線橋（R335 m）であり、補剛桁が曲線桁である数少ないアーチ橋である。本橋は設計段階で補剛桁をリブ付き床版を有する箱桁とし、リブ長さを変化させることにより、補剛桁の図心とアーチリブの図心がほぼ一致するようにし、アーチリブの平面形状を直線

としている。アーチリブには新メラン工法（メラン材を内型枠として使用し、横構・対傾構の撤去が不要）を採用し、ケーブルクレーンを使用したケーブルエレクション工法によりメラン材が架設されている（写真 - 9）¹⁵⁾。



写真 - 9 アーチ（メラン材）架設状況

4. これからの架設工法と撤去工法への応用

4.1 床版取替え

床版取替え工事は、1984 年に施工された府内大橋以来、数多くの取替え工事が実施されている。最近では特定更新事業として高速道路の床版取替え工事が日本全国で行われており、今後も同種工事の発注は続く見込みである。

床版取替え工事は供用中の道路の交通規制が伴い、安全に早く施工する必要があるため、床版取替えの架設方法の選定は重要である。

最近では、対象路線の交通量や車線切替えの可否によって、全断面施工（上下 4 車線を反対側 2 車線の対面通行に切替え）と半断面施工（片側 2 車線内で 1 車線づつ規制）が計画され実施されている。

沖縄自動車道で実施された湖辺底高架橋（2011 年）は全断面施工で昼夜間工事として実施された。既設床版と壁高欄の切断は、主にワイヤーソーとウォールソーで行い、橋面上に設置した移動式油圧クレーン（160 t 吊り）で既設床版撤去と新規 PC 床版の敷設を行った¹⁶⁾。

中央自動車道の上長房橋（2014 年）では、高速道路で初めてとなる半断面施工が実施されている。半断面施工の場合、施工区間に平行して一般車が走行している。既設床版を撤去した箇所は一時的に開口部となるため、走行中の一般車両の進入が無いように仮設防護柵設置等の安全対策も実施している。本工事では、床版の撤去および架設は、桁下に設置した 80 t クレーンで行っている。工事は 2 週間の集中工事期間（土日は解放）で完了した¹⁷⁾。

中国自動車道では道谷第 2 橋（2017 年）で半断面施工の試験施工（安全のため規制方法は全断面施工と同様）が実施されている。本工事では床版縦目地部を支持する縦桁を設置しない場合の施工性や安全性の確認と、床版撤去・架設機を新規製作して半断面施工の特徴である狭隘な現場での架設に関する課題整理が行われている（写真 - 10）¹⁸⁾。



写真 - 10 半断面床版取替え状況

4.2 既設橋撤去

国内における橋梁で建設年が明確である橋梁（橋長 2 m 以上）は 73 万橋あり、2033 年には建設後 50 年を超える橋梁は 63 % を占めると予想されている。今後、架替えが必要な橋梁が増えてくると予想される。

源太橋（橋長 357.9 m, RC16 径間連続ゲルバー T 桁橋, 2014 年）は竣工後 63 年が経過しており、車のすれ違いに必要な幅員不足や橋梁本体の老朽化対応のため維持補修工事（ゲルバー桁撤去等）が実施された（写真 - 11）¹⁹⁾。RC ゲルバー桁の撤去に使用したガーダーは、新設の PC 橋の架設用のものを応用しており、新設橋の架設技術が基本になっている。撤去する橋梁の形式、形状、重量によっては、撤去用ガーダーを新規製造する必要もあり、これからの同種工事の内容に則した撤去工法の開発も必要となる。

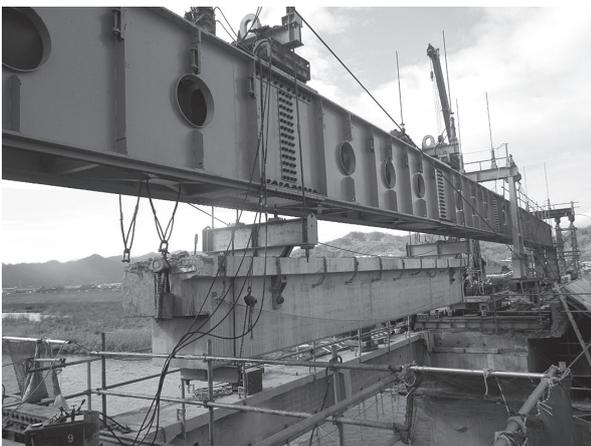


写真 - 11 架設桁によるゲルバー桁の撤去

5. おわりに

建設業は、担い手不足、熟練技術者不足等の課題を抱えており、国土交通省の指導の下、生産性向上“i-Construction”に努めているところである。PC 架設工法は従来の架設工

法に改良・改善・創意工夫を継続的に行い、取替え・架替え工事にも対応した架設工法の開発が必要と考える。さらに次世代に向けた生産性向上を実現できる安全な架設工法の開発が望まれる。

本稿がその一助となれば幸いである。

本稿の執筆にあたり、情報提供をいただきました皆様に深く感謝の意を表し、お礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 渡辺 明：技術展望 プレストレストコンクリートの歴史（道路構造物），土木学会論文集，No.451/V-17，pp.1-5，1992.8
- 2) プレストレストコンクリート技術協会：PC 橋架設工法 2002 年版，2002.8
- 3) 長尾徳博：PC 架設工法の歴史について，プレストレストコンクリート，Vol.42，No.6，pp.108-114，2000
- 4) 菅野昇孝：PC 架設工法の歴史 - 最近の架設工法を中心として -，プレストレストコンクリート，Vol.51，No.1，pp.86-92，2009
- 5) 鈴木義晃：PC 今昔，PC プレス，Vol.009，2016
- 6) 仁杉 巖：支間 30 m のプレストレストコンクリート鉄道橋（信楽線第一大戸川橋梁）の設計，施工及びこれに関連して行った実験研究の報告，土木学会論文集，Vol.27，1955.7
- 7) 猪股俊司：プレストレストコンクリートの設計および施工，技報堂，1957.11
- 8) 河野ら：U 型リフティング架設工法を採用した大規模 PC 高架橋の設計・施工 - 第二京阪道路茄子作地区 PC 上部工工事 -，第 17 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.233-236，2008.11
- 9) 大久保ら：新名神高速道路 京田辺高架橋の設計・施工，プレストレストコンクリート，Vol.59，No.5，pp.13-20，2017
- 10) 蓮野ら：場所打ちによる超高強度繊維補強コンクリート製造道路橋の施工，第 23 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.391-394，2014.10
- 11) 三井住友建設：PC 設計 NEWS，No.103，167，188，190，196
- 12) 栃木ら：各務原大橋上部工の施工 - 木曾川を渡るフィンバック橋 -，プレストレストコンクリート，Vol.55，No.5，pp.8-15，2018
- 13) 古賀ら：新大間池橋（仮称）の施工 - 平面曲線と幅員変化を有する PC 押し出し架設 -，プレストレストコンクリート，Vol.59，No.3，pp.34-39，2017
- 14) 籠谷ら：白虹橋の施工 - 峡谷に溶け込む PC 単純複合トラス橋 -，プレストレストコンクリート，Vol.60，No.1，pp.27-32，2018
- 15) 秋田ら：棧 1 号橋の設計・施工 - 曲線桁を有する上路式 RC 固定アーチ橋 -，プレストレストコンクリート，Vol.55，No.3，pp.23-30，2013
- 16) 宇土ら：湖辺底橋床版補修工事における昼夜連続対面通行規制の工程短縮施工，第 21 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.255-258，2012.10
- 17) 田中ら：集中工事における半断面施工による補強工事 - 中央自動車道上長房橋（上り線） -，コンクリート工学，Vol.53，No.2，pp.197-204，2015.2
- 18) 清水ら：中国自動車道 道谷第二橋（上り線）の設計・施工 - 半断面ごとに実施した床版取替え工事 -，プレストレストコンクリート，Vol.59，No.2，pp.54-59，2017
- 19) 梶原ら：源太橋補強工事の施工 - 桁撤去から鋼橋架設について -，プレストレストコンクリート，Vol.56，No.3，pp.48-53，2014

【2019 年 1 月 31 日受付】