

PC 鉄道橋の現状と展望

佐藤 勉*

1. はじめに

わが国の本格的なプレストレスコンクリート (PC) 鉄道橋梁は、1954年「信楽線」、現在の信楽高原鉄道の第1大戸川橋梁 (橋長30m, 単線 I 形4 主桁) がその始まりである。それからすでに40数年が経過し、PC鉄道橋梁もその技術の進歩とともに、新たな構造形式や長大化が試みられ、また、その設計基準なども変わってきている。

本稿では、PC鉄道橋の現状と展望と題して、鉄道構造物における最近の施工事例を紹介するとともに、今後のPCの新たな適用や設計基準の見直しの方向性等について述べるものとする。

2. 鉄道橋における最近の計画・施工例

近年、鉄道分野においても特徴のある構造形式のPC橋梁が施工あるいは計画されている。その代表的なものをいくつか紹介する。

PC斜張橋では、北陸新幹線第二千曲川橋梁が施工された。第二千曲川橋梁は、現在鉄道橋としてわが国における最大スパン (135m×2) を誇っている。従来、鉄道のPC斜張

橋は、斜材をPC部材とすることにより、たわみ、疲労、乗り心地の制約条件を満足させていたが、本橋では種々の解析検討を踏まえ、鉄道橋として初めてマルチケーブル斜材を採用したものである。また、景観についても、構造計画の段階から配慮がなされている (写真-1)。斜材をPC部材とした斜張橋は、三陸鉄道小本川橋梁 (昭和54年施工、写真-2) が最初で、その後、根室本線帯広西三条架道橋 (写真-3)、宗谷線牛朱別川橋梁、田沢湖線第一玉川橋梁などで施工されている。

大偏心ケーブル (エクストラドーズド) PC橋として、北陸新幹線屋代橋梁 (屋代南橋梁, 65m+105m×2+65m) が施工されている。塔の高さを斜張橋に比べて低くした構造で、斜張橋と外ケーブル橋の中間的な特性を有する構造形式である。斜張橋に比べて、列車荷重等によるケーブル応力変動が小さいこと、塔の高さが低いため、施工が容易なことなどが特徴である (写真-4)。主塔では、斜材を定着せず貫通させる方式を採用し、斜材や主塔の保守管理を容易にするとともに、主塔頂部には、プレキャストセグメント工法も採用されている。このほかエクストラドーズドPC鉄道橋では、学園都市線 (札幌) において、高速道路上空に架

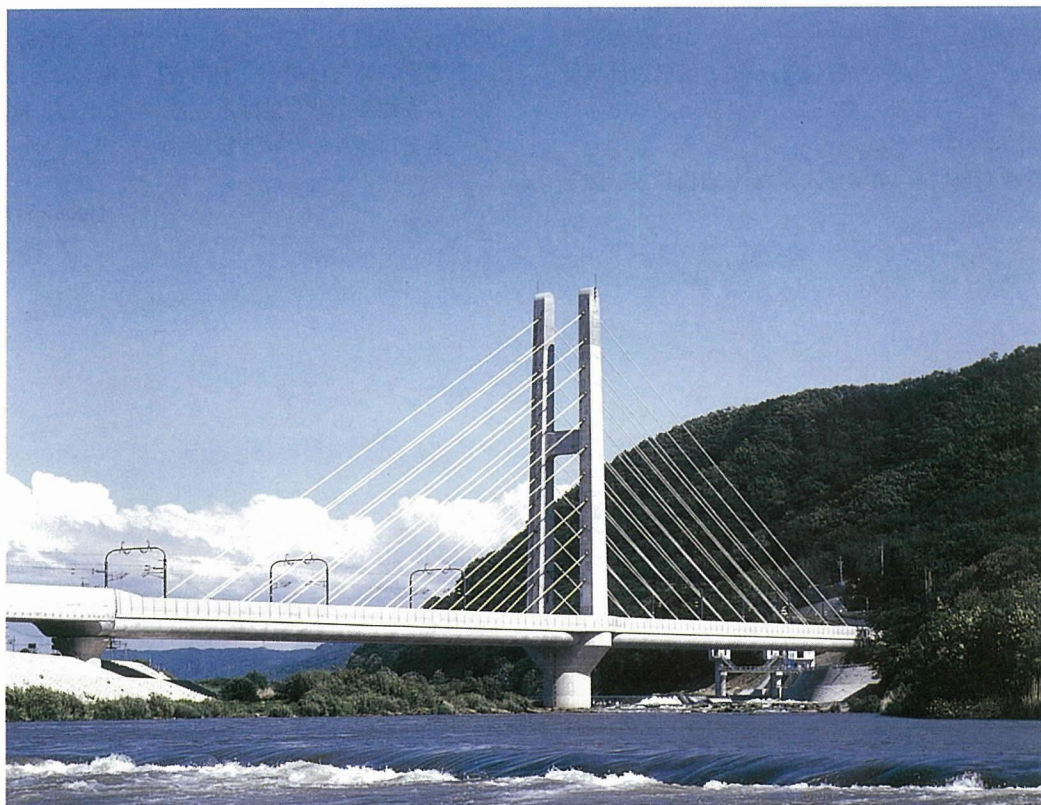


写真-1 第二千曲川橋梁 (鉄道建設公団提供)

* Tsutomu SATO : (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術開発事業部

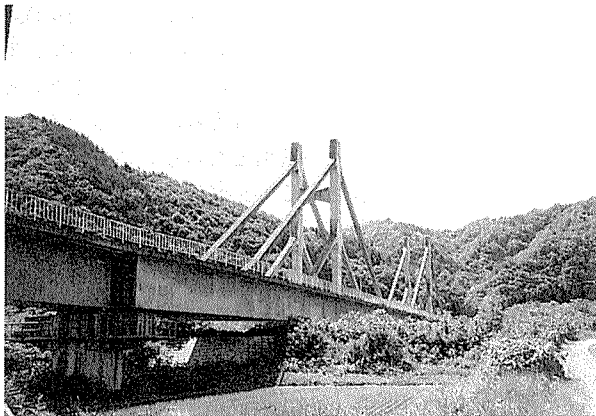


写真-2 小本川橋梁



写真-5 名取川橋梁(JR東日本提供)



写真-3 西三条架道橋(JR北海道提供)

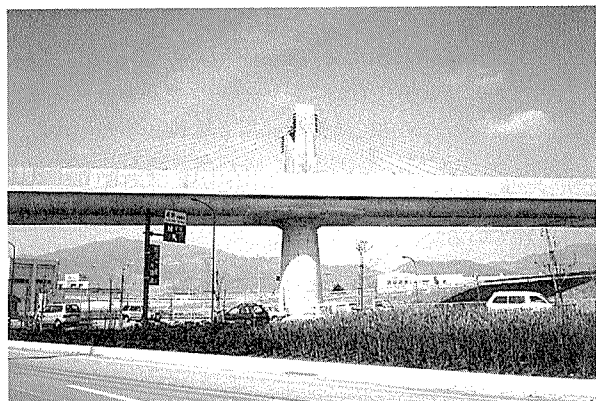


写真-4 屋代橋梁(鉄道建設公団提供)

設するため、この形式としては初の押し工法で工事が進められている。

PC斜版橋も大偏心ケーブルPC橋の一種で、斜材をPC部材とした橋梁である。斜材をPC部材とすることにより、ケーブルの変動応力が小さくなり、橋全体の剛性が高まり、主桁の変形が小さく抑えられ、また維持管理も軽減される。東北本線名取川橋梁(最大スパン108.6m)では、桁高が制限されていることから下路形式の斜版橋が選定された(写真-5)。

このほか吾妻線の付替工事において、吾妻川を渡る橋梁として5径間連続PC斜版橋が計画されている¹⁾。橋長は、最大スパン140mを含む全長約401mで、半径600m線路縦断勾配24%の曲線橋梁である。

PCランガー橋は、五日市線武蔵五日市駅架道橋(橋長40m)で施工され、南武線稲城長沼高架化工事(橋長60m)でも計画されている。いずれの橋梁もU形断面の下路桁に圧縮部材として、アーチ部材を取り付けた構造形式である(写真-6)²⁾。



写真-6 武蔵五日市駅架道橋(JR東日本提供)

仙石線鳴瀬川橋梁は、鉄道橋としては初の6径間連続PRC箱形フィンバック桁形式(桁長 $488.7\text{m}=76.6\text{m}+85.0\text{m}\times 4+72.1\text{m}$)である。この橋梁の特徴は、箱桁のウェブを橋面上に突出させたフィンバック部で抵抗させる構造とすることで、高欄部を構造部材としていること、PCケーブルの偏心量を大きくとることができ、箱桁部の高さを低く抑えることが可能となることである³⁾。移動架設桁による張出し架設工法により現在施工中である(写真-7)。

PCトラス橋は、最近ではその施工例はないが、山陽新幹線・岩鼻架道橋(昭和49年、ワーレントラス)、三陸鉄道太田名部橋梁(昭和48年、ハウトラス)、安家川橋梁(昭和50年、ハウトラス)、横木沢橋梁(昭和52年、初の2径間連続ワーレントラス)の4橋梁がある。

岩鼻架道橋は、上弦材のみをRC構造、その他の部材をPC構造とし、工場で製作したプレキャスト部材を用いて現場で圧縮強度 $80\text{N}/\text{mm}^2$ のプレストレストコンクリート製のトラスを組み立てた。

安家川橋梁は、橋長305m、径間 $45.0\text{m}\times 6\text{連}+27.0\text{m}\times 1\text{連}$

で、主構のプレキャスト部材はオートクレーブ養生により圧縮強度 80N/mm^2 の高強度コンクリートとしている。プレキャスト部材を結合する格点部のコンクリートは、場所打ち施工である(写真-8)。

このほか箱形断面PC橋梁のウェブに波形鋼板を使用した複合橋梁(北陸新幹線、4径間連続桁 $50\text{m}+70\text{m}+70\text{m}+50\text{m}$)も現在計画中である。

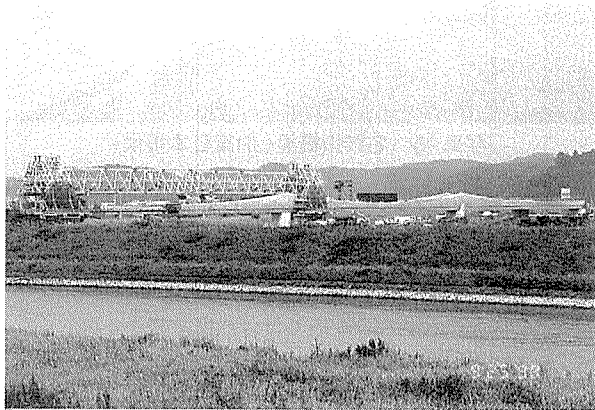


写真-7 鳴瀬川橋梁(JR東日本提供)

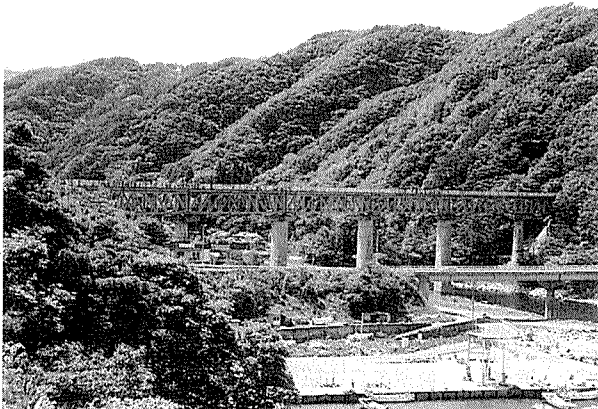


写真-8 安家川橋梁

3. 高性能コンクリートの適用

超高性能コンクリート構造物(以下、SQC構造物)の設計施工指針(案)⁴⁾は、平成8年6月に「超高性能コンクリート構造物設計施工指針に関する委員会(委員長:岡村 甫東京大学教授)」においてまとめられたものである。この指針では、主に、鉄道構造物を対象として、超高性能コンクリートの品質を以下のように規定している。

- ① 高強度性: 設計基準強度を 60N/mm^2 以上
- ② 高耐久性: 特別な補修・補強を必要としない期間を100年程度以上、適切な維持管理の下で500年程度の耐用期間を付与することを目標
- ③ 自己充填性: 耐久性を付与するため、コンクリートを型枠の隅々まで充填し、欠陥を生じないこと

このようなコンクリートに用いる補強材についても、PC鋼材はもちろん、 700N/mm^2 程度以上の高強度鉄筋や鋼繊維などを対象としている。

このような高性能材料を用いたPC鉄道橋梁への適用性も検討されている。試設計では、橋長 40m のPC箱形桁で、高性能材料を使用することにより、上部工のみの工事費はやや増加するものの、桁重量を15%程度軽減できるため、下部工を含めると必ずしも工事費増とならないこと、さらに維持管理の面からも有利となることが示されている⁵⁾。

今後、このような高性能材料を有効利用するためには、設計面での広い自由度を生かして、従来形式にとらわれない新たな構造形式の橋梁の開発が必要と考えられる。

4. 鉄道高架橋のプレキャスト化

都市部における再開発や輸送量の増強のため、複々線化や連続立体交差化工事などがある。このような工事は、既設路線の安全確保のため、多くの時間的・空間的制約を受けるとともに、騒音・振動などの周辺環境にも配慮する必要がある。さらに、合理化と省力化の期待できる新たな設計施工方法の開発が求められている。

プレキャスト工法による鉄道ラーメン高架橋は、これらの問題を解決するため、工場製作したプレキャスト部材を用い、経済的で耐震性に優れたラーメン形式の高架橋を構築する合理的な工法である。在来工法に比べ、支保工の簡略化、工事騒音の低減、資材ヤードの削減を図れるプレキャスト工法は、工期の短縮やトータルコストの低減にも貢献するなど、都市部での鉄道高架橋建設に有効と考えられる。プレキャスト工法には、フルプレキャスト、ハーフプレキャスト、プレキャスト型枠工法などがあり、構造特性や施工条件等に応じて、適切な工法を部材ごとに選択するものである。

たとえば、図-1に示すようなハーフプレキャスト工法によるラーメン高架橋においては、ハーフプレキャスト梁部に支保工省略のためPRC構造の採用も有利と考えられる。

また、ラーメン形式ではなく桁式高架橋として、プレキャストU形桁にPC合成床版を結合した構造などの適用も検討されている。

5. 設計基準における今後の取組み

鉄道構造物の設計は、平成4年より限界状態設計法が採

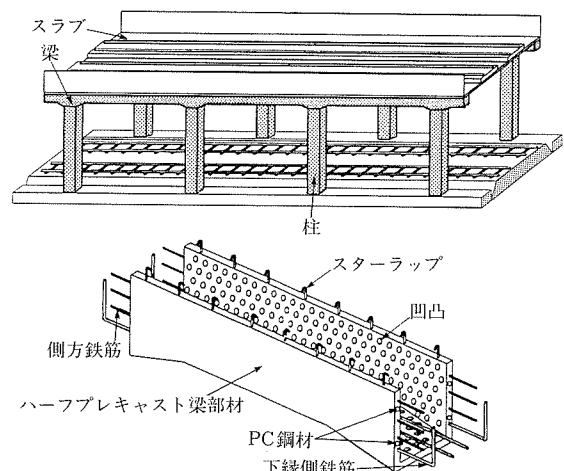


図-1 プレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋

用されている。プレストレストコンクリート構造物については、使用限界状態においてひび割れの発生を許さないPC構造とひび割れ幅を制御するPRC構造の設計が規定されている。環境条件等を考慮して、いずれかの構造体を選択するが、現在では鉄道において経済性の面で有利なPRC構造の採用が一般的となっている。

最近では、新しい設計法として、性能照査型設計の確立に向けた研究が活発になっている。性能照査型設計では、構造物としての要求性能が満足されれば、構造形式、断面、配筋など、より多様性が認められる可能性が高まる。PC構造物としても、要求性能に合った構造と精度の良い性能評価法が求められるとともに、PC構造の付加価値が適切に評価される設計体系としていくことが必要と考える。

6. おわりに

鉄道構造物を対象に、特色あるPC橋梁の事例を紹介するとともに、今後適用が期待される材料、施工法および設計法などについて示した。筆者の情報・知識の範囲で記述し

ており不備な部分も多いが、鉄道分野においても、今後ますます新たなPC構造物の適用が図られることを期待したい。

また、PC鉄道橋が本格的に導入されて半世紀が過ぎようとしており、すでに建設された多くのPC構造物に対する健全度診断技術や維持管理技術の革新も必要となっている。

参 考 文 献

- 1) 佐藤憲一，高木謙次，高村重正：ハツ場ダム建設に伴う吾妻線付替計画の概要，鉄道施設協会誌，pp.41～43，1998.8
- 2) RC・PC部会報告：RC・PC構造物の設計に関する現状と今後の展望，コンクリート技術シリーズ22，土木学会，pp.114～116，1997.8
- 3) 永井孝弥，大庭光商，斎藤啓一，佐藤収：鳴瀬川橋梁(フィンバック橋)の設計・施工，プレストレストコンクリート，Vol.40，No.5，pp.63～70，1998
- 4) 超高性能コンクリート構造物設計施工指針に関する委員会：超高性能コンクリート構造物設計施工指針(案)，1996.6
- 5) 鳥取誠一ほか：SQCを用いたPC桁の試設計，「超高性能コンクリート構造物」に関するシンポジウム論文集，S.Q.C.構造物開発・普及協会，pp.161～166，1998.10

【1998年10月26日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

フレッシュマンのためのPC講座

—プレストレストコンクリートの世界—

頒布価格：3 000円(送料400円)

体 裁：A4判，140頁

内容紹介

＝基礎編＝

- 基礎編1 PCとは何か
- 基礎編2 PCはどんなものに利用できるか
- 基礎編3 プレストレスの与え方について考えてみよう
- 基礎編4 プレストレスは変化する
- 基礎編5 荷重と断面力について考えてみよう
- 基礎編6 部材に生じる応力度について考えてみよう
- 基礎編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう
- 基礎編8 PCに命を与えるには(プレストレッシングとその管理)
- 基礎編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局
〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F
TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

＝PC橋編＝

- PC橋編1 PC橋にはどんなものがあるか
- PC橋編2 PC橋を計画してみよう
- PC橋編3 PC橋を設計してみよう
- PC橋編4 現場を見てみよう

＝PC建築編＝

- PC建築編1 PC建築とは
- PC建築編2 PC建築にはどんなものがあるか
- PC建築編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう
- PC建築編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書
索 引