



特 集

新構造技術の開発

【企画趣旨】

現在の景気は、産業全体としては回復傾向にありますが、依然建設業は建設投資の縮小や低価格入札などきわめて厳しい状況にあります。

このような状況下、近年では競争性向上のための新たな入札方式（総合評価落札方式、設計・施工一括発注方式、VE提案方式等）が試行されており、ますます技術力の向上と新技術の開発が求められる時代が到来しています。

本特集号では、「新技術の開発」というと分野が広くなりますので、「構造に着目した新技術」に絞りまして、PC 構造としての新しい技術の開発を本特集の企画としました。

日々技術開発に取り組んでおられる研究者や技術者の方々から、新しい技術開発に対する取り組み状況や各研究開発の動向について執筆していただきました。本特集号が、読者の皆様に役立ち、これからの PC 技術の発展に寄与できることを願っております。

本特集号 担当編集委員

浅沼 潔・武知 勉・中積 健一
原田 光男・山中 待男・上原富士夫

最近の PC 技術の動向

本間 淳史*

1. はじめに

旧日本道路公団 (JH) が平成 17 年 10 月に分割民営化されて一年半が経とうとしている。現在、東日本、中日本、西日本の各高速道路会社が管理する高速道路の総延長は 3 会社合せて約 8 300 km, そのうち橋梁延長は約 1 250 km (15%), 数にして上下線合せて 13 000 橋を超える。その 1/3 が PC 橋 (複合構造を含む) であり, 旧 JH の創設以来 50 年余の間に実に約 4 000 橋の PC 橋を建設してきたことになる。さらにこれらの PC 橋は, 単にその数だけでなく, 規模や構造形式が多様で, 名神・東名の建設時代から新技術・新工法の開発につねにチャレンジしてきた歴史を物語るものとなっている。その代表的な構造としては, 古くはオーバブリッジに採用される斜材付き π 型ラーメン橋, 中空床版橋, 連続ラーメン箱桁, プレキャストセグメント橋, 複合構造橋, PC 斜張橋およびエクストラードズド橋などがあり, いつの時代にも「コスト削減」「省力化」「耐久性向上」を追求してきた成果といえる。

さて組織が民営化された後も, 旧 JH の使命であった高速道路ネットワークの整備事業は受け継がれており, 第二東名・名神をはじめとして 3 会社合せてまだ約 2 000 km (新直轄区間含む) の高速道路の建設を予定している。それに伴い, 橋梁の建設も計画され, とくに長大橋を中心に今後も PC 橋を建設することとなる。

本稿では, 今後の PC 橋の技術開発の方向性について考える一助となることを目的に, 最近の PC 技術において代表的と思われる「プレキャスト構造」と「複合構造」の二つの動向について, 過去の経緯もふまえて概説するものである。

2. プレキャスト構造

2.1 桁や床版のプレキャスト化

コンクリート構造物の建設は, 型枠・支保工の設置, 鉄筋・PC 鋼材の配置, そしてコンクリートの配合・圧送・

打込み・締固め・養生と, 最初から最後まで非常に手間隙と労力のいる作業である。しかも現場ごとに形状や寸法, 環境などが異なるため, 一つ一つがオーダーメイドである。したがって, 技術開発にあたってはこれらの作業の一部もしくは大部分を省力化しようとする。それがプレキャスト化の動機である。プレキャスト化により, 部材の製作が単純化および機械化されて省力化が図られ, 現場においては作業が軽減されるとともに, 製作工程が独立することで工期短縮につながる。鋼橋に比べて工事費に占める人件費の割合が大きい PC 構造物においてプレキャスト化を図ることは, 省力化による歩係りの低減, 工期短縮による作業員拘束期間の短縮, 作業環境の改善による作業効率の向上など, 多くの観点でコスト削減効果は大きいといえる。またプレキャスト部材の製作は, 工場など作業環境の良いところで行われるために品質が向上し, それが耐久性の向上につながることから維持管理費の削減にもつながることとなる。このほかにも木製型枠の節減による環境上の利点など, プレキャスト化は発注者にとっても請負者にとっても利点の多い工法 (構造) であることから, とくに 1990 年代のバブル期以降, 人件費の高騰や熟練労働者の減少に伴って活発に技術開発が進んだ分野である。

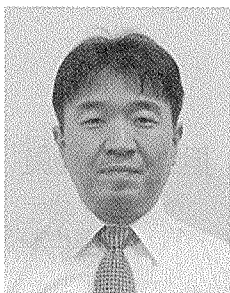
プレキャスト部材といえば, 古くは T 桁や I 桁のようなプレキャスト桁があげられ, なかでも連結合成桁や連結合成桁は 1990 年代の初頭まで中小 PC 橋の標準的な構造として採用された。しかしながら近年では, コストや施工性, ヤード確保などの理由により, プレキャスト桁はほとんど採用されておらず, 合成桁が得意とした 35 ~ 40 m 級の支間は, 現在では鋼 2 主桁橋がほぼ独占しているといっている。

ちなみにこの鋼 2 主桁橋は, 鋼橋の床版に PC 床版を採用した点で画期的であった。鋼橋の RC 床版の劣化対策が重要な課題となるなか, プレストレストコンクリートのもつ品質と耐久性が評価された結果である。またこれに伴い, 第二東名の建設などではプレキャスト床版の積極的採用が図られるようになり, PC 構造物の新たな活用が見られた²⁾。

2.2 プレキャストセグメント橋

PC 橋の分野において, プレキャスト部材のイメージを一新したのがプレキャストセグメント橋である。

古くより PC 合成桁等において, 工場製作されたプレキャストブロックを架橋地点においてプレストレスにより一体化する工法は用いられており, 平成 4 年には日本道路協会より T 桁に関して設計施工指針が発刊されている³⁾。これに対してプレキャストセグメント橋は, その輪切り形状や寸法が“ブロック”のイメージに馴染まなかったこと



* Atsushi HOMMA

NEXCO 中央研究所
道路研究部 橋梁研究室

もさることながら、経済性の理由により1 kmを超える長大橋に採用されて、広大なヤードでの数百から千を超える数のセグメント製作およびそのストックヤードの光景が壮観だったこと、ならびに架設時の光景が圧巻だったことなどの理由により、新技術・新工法として位置付けられた。加えてプレキャストセグメント橋を合理的に建設するために、外ケーブル構造が同時に研究されて採用されたことも大きな進歩であった。

松山自動車道重信川高架橋⁴⁾の建設以前に、国内でもプレキャストセグメント橋は施工されていたが、本橋では、ショートライン・マッチキャスト方式とスパンバイスパン架設工法を採用したことで注目された。とくに前者は、製作ヤードの規模がかぎられるわが国において、プレキャストセグメントの適用性を広げ、その成果は当然のことながら弥富高架橋⁵⁾をはじめとする第二東名・名神の建設へと引き継がれた。

その後、このプレキャストセグメント橋の建設は、ヤード製作を基本として計画され、第二名神木曾川橋・揖斐川橋⁶⁾では、6車線分の幅員を断面とする幅30 m×ブロック長5 m、重量約400 tの大型セグメントが製作されて海上架設された(写真-1)。このような大規模セグメントの実現により、コンクリートの形状管理やストックなどに対するセグメント製作の技術はほぼ確立されたといえる。

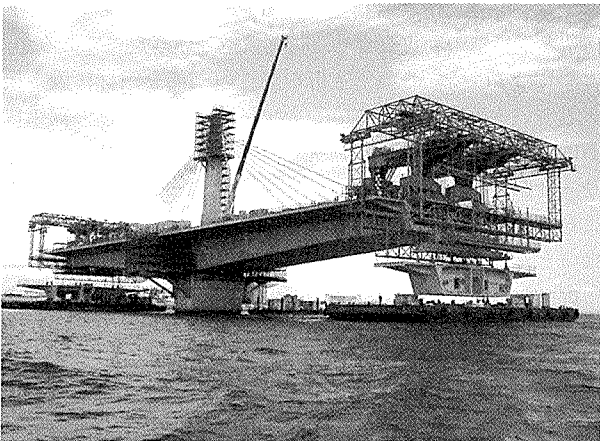


写真-1 揖斐川橋の大型セグメント架設

ここで近年のプレキャストセグメント橋のテーマとしては、セグメントの分割があげられる。第二東名・名神のような広幅員橋梁にプレキャストセグメント工法を有効的に活用するために、さまざまな工夫(技術開発)が行われてきた。

都市内の高架橋など、桁製作ヤードの確保が困難な架橋地点において、セグメントを工場製作することによるプレキャスト構造の採用が行われている。第二名神古川高架橋⁷⁾では、工場で作成したセグメントを一般道を利用して運搬するために、幅員約14~15.7 mの広幅員セグメントをコアセグメントと床版に分割した構造とすることで、セグメント重量を30 t以下に抑えた合理的な構造とした(写真-2)。コアセグメントはU型コア断面に直角方向リブを

配置した形状(リブ付きU型コアセグメント)とすることにより、セグメント長を2.6 mまで長くすることが可能となり、箱桁案に比べて総セグメント数を約25%削減した。架設はコアセグメントを設置して1次緊張をした後に、リブ間に型枠となるPC板を敷設して場所打ちPC床版を施工する。この床版の施工はセグメントの架設に1スパン遅れて行われるために、架設工程のクリティカルとならないことが大きな利点である。床版施工後に残りの外ケーブルの緊張(2次緊張)を行い、橋桁全体にプレストレスを導入することにより橋梁を構築する。ちなみにセグメントには60 N/mm²の高強度コンクリートを用い、またプレストレスは全外ケーブル構造により導入した。

なおこの主桁架設後にPC板を敷設して場所打ち床版を構築する工法は、その後、波形鋼板ウェブ橋の張出し架設や押し出し架設に応用された。

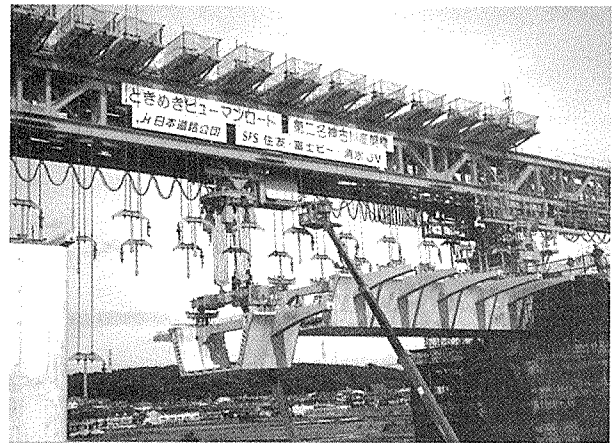


写真-2 古川高架橋架設状況

第二東名上和会高架橋・安城高架橋⁸⁾においても、市街地での高架橋建設にあたり新たなプレキャストセグメント工法を開発している。この両橋では、第二東名の広幅員主桁断面を2主箱桁構造とし、構造中心の橋軸方向で分割したそれぞれの箱桁をプレキャストセグメントとして工場で作成した。そのセグメントはプレキャスト工場から一般公道を運搬して、架橋地点にてそれぞれの箱桁ごとにスパンバイスパン架設した後に、ダブルループ継手構造(図-1)を用いた場所打ち接合部によって橋軸直角方向に接合する構造とした。また、個々のセグメントの上床版には、プレテンション方式で橋軸直角方向にプレストレスを導入した。なおこれらの高架橋も、古川高架橋と同様に、設計基準強

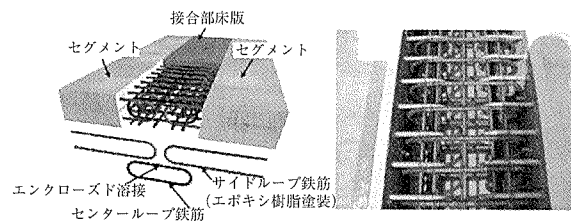


図-1 ダブルループ継手構造

度 60 N/mm² の高強度コンクリートと全外ケーブル構造を採用している。

同じ第二東名の広幅員橋梁でも、内牧高架橋⁹⁾は、主桁構造にストラット付き箱桁を採用することにより、プレキャストセグメントを活用した事例である(図-2)。このストラット付き箱桁は、山間部を通過する静岡県内の第二東名高速道路の建設において、主桁の軽量化と下部構造の小規模化、およびそれに伴う斜面掘削の大幅削減を目指して、海外事例を参考に技術開発された構造である。本橋では、ストラット構造の採用により主桁幅を 6.4 m に縮小することができたため、それに伴ってこの箱桁部分(コア断面)をプレキャスト化して先行架設を行い、ストラットと張出し床版部を後から場所打ち施工する、断面分割型プレキャストセグメント工法を採用した。断面全体をプレキャスト化する場合に比べて、幅を約半分、重量を約 3 割軽量化して、製作・架設設備の小規模化を図っている。

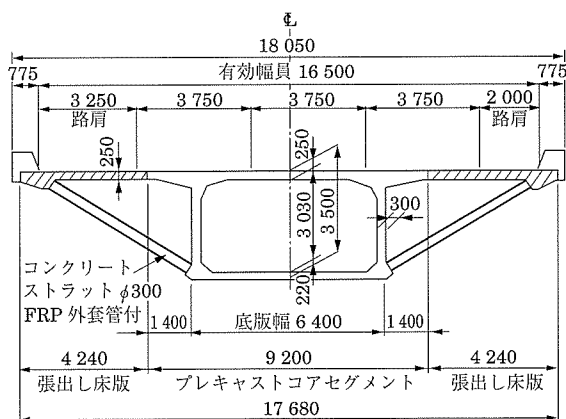


図-2 内牧高架橋断面図

2.3 プレテンションウェブ構造

近年のプレキャスト技術の発展は、単純にいえば「いかに現場作業を軽減するか」であり、その追求の結果、プレキャストセグメントのように主桁をプレキャスト化する、あるいは床版をプレキャスト化するというような大型化の傾向にある。しかしその一方で、国道等で多く採用されている PC コンポ橋に代表されるようなハーフプレキャストの技術も有効に活用されている。このハーフプレキャストの合成床版に関しては、旧 JH でも古くから採用され、平成の初期には PC 合成桁橋でほぼ標準的に採用された。近年では PC 合成桁橋の採用自体がなくなっているものの、前述の古川高架橋の床版施工、あるいは後述の波形鋼板ウェブ橋の床版施工など適用範囲の拡大が研究されているところである。

さて本章の最後に、小規模なプレキャスト新技術として、PC 箱桁のウェブをプレテンション部材で置き換えるプレテンションウェブ工法について紹介する。この工法は、第二名神錐ヶ瀧橋¹⁰⁾において契約後 VE として国内で初めて採用されたものである。プレテンションウェブは、設計基準強度 50 N/mm² の高強度コンクリートに鉛直方向プレストレスを導入したことにより高いせん断抵抗性を有している。2

室箱桁で設計された本橋の中ウェブにこのプレテンションウェブを適用したことにより、従来の場所打ち工法に比べて約 4 割程度までウェブを薄くすることが可能となった(図-3)。このウェブ厚の低減により主桁重量を約 3 % 低減し、また中ウェブのプレキャスト化により張出し施工サイクルを約 1 日短縮している。

このプレテンションウェブ工法に関して、今回は箱桁の中ウェブにのみ採用したが、当然のことながら外ウェブへの適用も検討されているところであり、さらにその延長で新しい構造形式の開発につながるものが期待されている工法である。

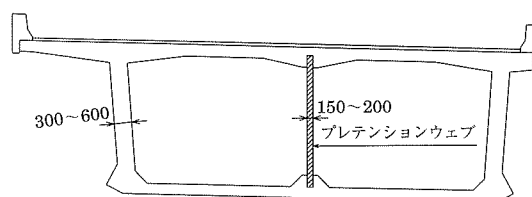


図-3 錐ヶ瀧橋断面図

3. 複合構造

3.1 複合構造の目的

新技術・新工法のなかでも、近年とくに発展したのは鋼・コンクリート複合構造である。一般にはコンクリート構造と鋼構造の利点を合せた橋梁構造という定義であるが、実際には PC 橋において主桁や部材の一部を鋼材に置き換えるという形で発展してきたといえる。たとえば、鋼橋における連続合成桁は近年研究の盛んな構造であり、コンクリート床版を圧縮フランジとして活用するという点でまさに複合構造の思想であるが、複合構造として語られることはほとんどない。

PC 橋の場合、鋼部材に置き換える主な目的は軽量化である。その代表は、PC 箱桁のウェブを鋼板に置き換えた波形鋼板ウェブ PC 橋であり、同様に最近では複合トラス橋がある。また支間中央部の死荷重低減の目的で鋼桁に置き換えた混合桁、あるいはコンクリートアーチ橋の補剛桁を鋼桁に置き換えた複合アーチもみな軽量化がキーワードである。もちろん、鋼部材の活用はプレキャスト部材と同様に施工性の改善や工期短縮の面もあるが、鋼部材とコンクリート部材の接点における苦労や施工中における鋼材の塗装の養生などを見るに、必ずしも施工性の改善が目的とはいいがたい面がある。また維持管理の面においても、いまだ経験のない塗装劣化に伴う塗替え作業への不安、あるいはクリープしない鋼材によるコンクリートの長期変形に対する影響への不安もある。にもかかわらず発注者(道路管理者)が積極的に採用してきた理由は、やはり軽量化であり、それによるコスト削減、さらに最近では耐震性の向上も考慮された結果である。このことは、請負者(PC業者)の側においても、鋼橋とのコスト競争において必要な技術開発の動機となっている。

3.2 波形鋼板ウェブ PC 橋の展開

複合構造の代表ともいえる波形鋼板ウェブ橋は、古くは1965年に島田教授がプレートガーダーを用いて実験を行った研究¹¹⁾が最初とされるが、PC箱桁としてフランスで実績をあげたことにより日本でも注目された。わが国では、新開橋¹²⁾(新潟県, 1993年)で初めて単純桁に採用され、次いで銀山御幸橋¹³⁾(秋田県, 1996年)で連続桁、そして高速道路橋初の東海北陸道本谷橋(岐阜県, 1998年)では張出し架設の連続ラーメン橋が建設されたことにより適用範囲が広がり、これまでに数多くの橋梁が建設されて今や世界一の実績に達している。複合構造自体の歴史が浅いこともあり、道路橋示方書にはまだ規定がないが、技術的にもかなり確立されたものとなってきており、少なくとも今日では新形式という人はほとんどいなくなった。

さて東海北陸道本谷橋の建設以降、旧JHが精力的に波形鋼板ウェブ橋の技術開発に取り組んできたことは周知のとおりである。東九州道津久見橋(大分県, 2004年)や第二名神信楽第七橋(滋賀県, 2004年)では、張出し施工において波形鋼板ウェブを先行架設して架設材として利用することで、移動作業車設備の簡素化を図り(図-4)、さらに上床版の施工にあたり2.2で紹介した第二名神古川高架橋のプレキャストリブと埋設型枠を用いる技術を応用してサイクルタイムを短縮した¹⁴⁾。

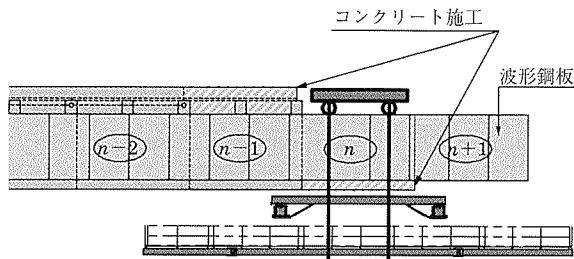


図-4 波形鋼板を利用した移動作業車

同様に波形鋼板を架設材に利用した事例としては、架設時の手述べ桁として代用した北海道縦貫道鳥崎川橋¹⁵⁾がある。手述べ桁となる波形鋼板部分は上フランジを接合して引張耐力を確保し、圧縮力に対してはコンクリートにより下フランジを補強しているが、軽量化を図るために超高強度繊維補強コンクリートを使用した。

波形鋼板ウェブ橋は、これら波形鋼板を活用した設計・施工の合理化と平行して、軽量化という利点を生かして長大PC橋への適用範囲の拡大が図られている。長崎道日見夢大橋¹⁶⁾(長崎県, 2004年)や第二名神近江大鳥橋¹⁷⁾(滋賀県, 2006年)ではエクストラロード橋に波形鋼板ウェブを適用した。さらに第二東名豊田アローズブリッジ¹⁸⁾(愛知県, 2004年)ではPC斜張橋に適用されるに至っており、ほぼすべての形式について適用の可能性が広がっている。

3.3 複合トラス橋

複合トラス橋は、波形鋼板ウェブ橋と同様に、鋼部材をウェブに適用して新たな複合構造とした形式である。鋼部

材による軽量化として、波形鋼板ウェブ橋の類似構造と扱われやすい本形式は、厳密にはPCトラス橋のトラス材を鋼管に置き換えたとする方が妥当である。

わが国における複合トラス橋の研究は、第二東名高速道路の猿田川橋・巴川橋¹⁹⁾の計画に端を発する。モデルとなったのは、フランスのブローネ高架橋²⁰⁾である。本構造の計画で最大の課題とされたのはトラスの格点構造であり、当時は疲労耐久性が最も懸念されていたこともあって、ブローネ高架橋の格点構造は採用せず独自の構造を模索した。この猿田川橋・巴川橋に関していえば、5つの格点構造が試作されたが、最終的には高軸力への対応とその伝達におけるせん断耐力が決め手となって二重管構造と二面ガセット構造が採用された(図-5)。本橋の大きな特徴の一つにラーメン構造を採用したことがあり、これにより地震時に正負交番荷重を受けるトラス材が生じるが、本橋の格点はこれに対応できる構造となっている。

また、両橋とも最大支間が110mを超えており、設計荷重用作用時に柱頭部付近のトラス材には4主構としても1本あたり4000kNを超える大きな軸力が作用する。本橋のトラス材はφ457.2mmのSM490YB鋼管を使用した。板厚が30mmを超える圧縮トラスはコンクリートを充てんしたCFT構造を採用して、市販品の溶接構造用圧延鋼材を用いたUOE鋼管で対応できるように工夫している。また格点に生じるせん断力は、格点鋼材、鉄筋およびコンクリートで分担するが、高軸力が作用する格点ではコンクリートの負担するせん断耐力が許容値を超えるため、二面ガセット構造によりコンクリートが応力を負担しない格点構造としている。

複合トラス橋は、国内でもすでに数橋の実績があり、課題となる格点構造に関しては、それぞれの施工会社ごとに独自の構造の開発を行っている。今後の技術開発にあたっては、①格点構造に作用するせん断力の分担を明らかにし、高軸力によってコンクリートの負担する応力が過大となる場合の対応を考えること、②必要に応じて正負交番荷重に対応できること、③安価で施工性のよい構造であること、などが望まれており、それが複合トラスの採用の拡大につながると思われる。

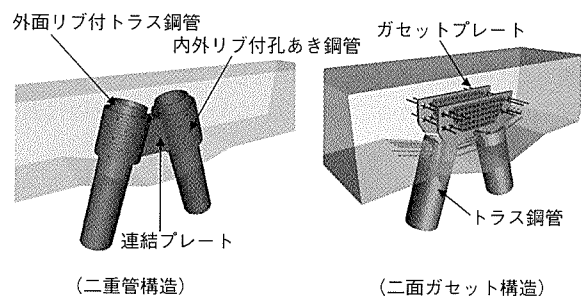


図-5 猿田川橋の格点構造

3.4 複合構造の活用による新しい構造形式

最近のPC技術を最大限に活用して、徹底的に合理化を図った橋梁が第二東名桂島高架橋²¹⁾である。

大断面 PC 箱桁橋の押し出し架設における経済性向上を目的に、リップ・ストラット付き断面の一室箱桁に波形鋼板ウェブを組み合わせた構造により約 3 割の軽量化を図り、加えて架設時は張出し床版部を除く主桁断面（コア断面）で押し出すことにより架設重量をさらに約 5 割低減した。床版施工には、前述の津久見橋等で採用したプレキャストリップと埋設型枠による工法を応用しているが、3 車線の広幅員に対して主桁断面を小さくするためにストラットを併用したことが特徴である（図 - 6）。

PC 箱桁の押し出し架設において、このような架設重量の大幅な低減は、架設設備費や架設用 PC 鋼材量を大幅に削減できることが明らかであるが、さらに本橋では押し出し架設終了後に架設外ケーブルを完成ケーブルに転用する工法を開発しており、合計で約 4 割の PC 鋼材重量の削減に成功している。このような新技術の活用による押し出し工法のコスト削減は、押し出し工法の適用範囲を広げるとともに、固定支保工を標準とする連続桁の施工方法を変化させる可能性を示唆していると思われる。これは 10 年前まで鋼橋の架設工法といえば、ベントを用いたトラッククレーン架設が基本であったのに、鋼 2 主桁橋の開発によって最近では多くの現場で送出し工法が採用されている状況に似ているように思う。

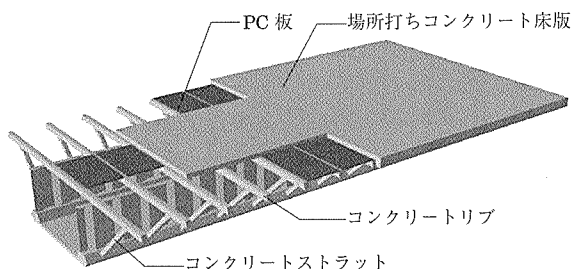


図 - 6 桂島高架橋の施工時概要図

4. おわりに

最近の建設業を取巻く情勢は大きな変化が生じている。その一つが多様な新しい入札制度の導入であり、従来以上にコスト削減を求められているが、その一方であたかもそれと呼応するかのように低価格入札の続出が問題視されている。もちろん変革をおそれる気はないが、必ずしも健全とはいえない情勢の変化に対しては、その行きつく先に関して不安を抱かずにはいられないわけで、その代表的なキーワードが「品質」である。

筆者が入社した頃、コンクリート構造物はメンテナンスフリーといわれており、実際に世の中にある数多くのコンクリート構造物がそれを証明していた。そしてその高い耐久性が故に、橋梁の形式選定においては、鋼橋に比べて死荷重が不利であるにも関わらず、コンクリート橋を選定することが多かった。塩害やアルカリ骨材反応が社会問題となり、その神話が崩れかけてコンクリート構造物の耐久性に疑問符がついたときにあっても、少なくとも PC 構造物に対する信頼は維持されていたように思う。しかしながら、

平成に入ってグラウト不良の問題がクローズアップされた頃から、いつしか誰もメンテナンスフリーという言葉がなくなっていく。PC 業界各社の人たちもメンテナンスフリーをアピールしなくなり、やがてメンテナンスフリーは死語になった。

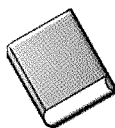
ライフサイクルコスト（LCC）が重要視されるようになってコスト削減のニュアンスが変わって久しいが、残念ながら LCC によりコスト比較を行うスキームが十分にできていない。そのためコスト競争は相変わらず初期コストに重心が置かれた状況のままであり、耐久性に関する評価が考慮されにくいことは否めない。しかし少子高齢化が進む時代に、着実に増えていく社会資本の健全な保全を求められる世の中において、メンテナンスに有利な構造物、いいかえればメンテナンスをほとんど必要としない構造物が求められることは明らかであり、筆者としてはそれにかなうのが PC 構造物であると期待している。確かに塩害環境における劣化や複合構造における鋼部材の防錆など、維持管理を必要とする部材がないとはいえないが、近年、耐久性に関する評価を下げたグラウト充填や漏水対策などは、現在の技術で十分に解決できる問題である。メンテナンスをゼロにするのは現実には難しいかもしれないが、メンテナンスフリーを求めなければミニマムメンテナンスは実現しない。PC 構造物に関わるすべての人が、自信をもってメンテナンスフリーといえる日が再び来ることを期待して、そのための技術開発が活発に行われることを願う次第である。

参考文献

- 1) 福永・本間：第二東名高速道路（静岡県域）の橋梁計画における基本思想とその概要，橋梁，Vol.34，No.1，1998.1
- 2) 水口・村山・北山・山下：東海大府高架橋におけるプレキャスト PC 床版の設計と施工，プレストレストコンクリート，Vol.40，No.2，1998
- 3) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート T げた道路橋設計・施工指針，（社）日本道路協会，平成 4 年 10 月
- 4) 松田・湯川・木水：内外ケーブル併用プレキャストセグメント橋の概要と破壊試験－松山自動車道 重信川高架橋－，プレストレストコンクリート，Vol.38，No.2，1996
- 5) 森山・松田・太田・加藤：弥富高架橋の設計・施工－プレキャストセグメント箱桁橋－，プレストレストコンクリート，Vol.41，No.2，1999
- 6) 小松秀樹・中須誠：木曾川橋・揖斐川橋の設計・施工－複合エクストラードスト橋－，プレストレストコンクリート，Vol.41，No.2，1999
- 7) 池田・水口・春日・室田：古川高架橋の設計と施工（上），橋梁と基礎，Vol.35，No.2，2001.2
- 8) 池田・鈴木・今泉・大野・上野・若林：市街地における新たなプレキャストセグメント橋の設計と施工－第二東名高速道路上和会高架橋・安城高架橋－，橋梁と基礎，2004.9
- 9) 源島・宇佐見・竹房・齋藤：第二東名高速道路内牧高架橋の設計・施工－断面を分割架設するストラット付 PC 箱桁橋－，プレストレストコンクリート，Vol.48，No.5，2006
- 10) 忽那・柳野・堤・篠原：設計 VE による新技術の適用－第二名神高速道路 雫ヶ滝橋－，プレストレストコンクリート，Vol.47，No.3，2005
- 11) 島田：リップウェブ Girder による鋼板のせん断試験，土木学会論文集，No.124，1965
- 12) 近藤・清水・大浦・服部：波形鋼板ウェブを有する PC 橋－新開

- 橋一，プレストレストコンクリート，Vol.37，No.2，1995
- 13) 石黒・村田・須合：松の木7号橋（銀山御幸橋）の設計と施工，第7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，1997.10
- 14) 村尾・田中・宮内・佐川・毛利・西村：信楽第七橋，津久見川橋の設計と施工－施工の合理化，急速化を図った波形鋼板ウエブ橋一，橋梁と基礎，Vol.38，No.2，2004.2
- 15) 東田・吉田・安里・白谷・稲原・大島：北海道縦貫自動車道鳥崎川橋の計画と設計－波形鋼板手述べ桁による押し架設一，橋梁と基礎，Vol.39，No.2，2005.2
- 16) 佐川・岡澤・白武・益子：波形鋼板ウエブエクストラードード橋の施工と振動実験-日見夢大橋-，プレストレストコンクリート，Vol.46，No.5，2004
- 17) 井手・計良・須田・橋野：栗東橋の施工と計測，プレストレストコンクリート，Vol.48，No.5，2006
- 18) 上東・宮本・山本・広瀬・中村・笠原・長沼・大谷：矢作川橋の上部工の施工，橋梁と基礎，Vol.39，No.2，2005.2
- 19) 青木・本間・山口・星加：PC複合トラス橋の設計・施工－第二東名高速道路 猿田川橋・巴川橋一，コンクリート工学，Vol.42，No.5，2004.5
- 20) 海外の複合橋，橋梁と基礎，Vol.36，No.8，2002.8
- 21) 青木・和田・松本・中村：桂島高架橋の設計と施工－世界初のリブ・ストラット付き波形鋼板ウエブPC箱桁橋の押し架設一，橋梁と基礎，Vol.39，No.1，2005.1

【2007年2月14日受付】



新刊図書案内

PC技術規準シリーズ

貯水用円筒形PCタンク設計施工規準

頒布価格：会員特価 3 500 円（送料 500 円）

：非会員価格 4 200 円（送料 500 円）

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会 編
技報堂出版