

施工におけるPC橋の将来

曾我部 務*

1. はじめに

「PC 橋の将来——主として施工について」というタイトルで執筆するよう依頼されたのであるが、そこで今から 20 年前を振り返ってみようと思い、プレストレストコンクリートの第 17 巻を光ファイルからコピーをとってもらって読み返してみた。当時私も編集委員の一人として名前を連ねており、自分の担当した文献抄録や工事報告のタイトルを見つけて懐かしく思い返すことができた。

さて、第 17 巻には設計と施工ということで 11 編の工事報告が掲載されているのであるが（数回に分けて掲載された報告は 1 編とした）、その施工法よりみた場合、

- 張出し施工……………4 編
- 支保工施工……………2 編
- 移動支保工施工………1 編
- 押出し施工……………1 編
- その他……………3 編

となっている。

これらの 11 編の工事報告のうち、張出し施工については、桁橋で我が国最長の支間を持った浜名大橋の設計が、また山陽・東北新幹線での工事報告が掲載されており、同工法が幅広く利用され、PC 橋梁工事の大型化、長大化に向けて大きく進展してゆく原動力となったことが伺える。また移動支保工施工についてはゲリュストワーゲン以外の新しい形式の移動支保工が報告されており、押出し施工については試験施工の報告であり、両工法とも当時やっと緒についたところであった。支保工施

工の中で注目される報告として我が国最初の PC トラスである岩鼻鉄道橋（写真-1）があげられる。すでにコンクリート強度 800 kg/cm^2 のプレキャスト部材を利用した PC トラスに取り組みようとしており、また第 16 巻の目次の欄には張出し施工法によって架設された本格的なコンクリートアーチ橋である佐賀県の外津橋（写真-2）の報告も見られ、当時各社がいろいろなタイプの橋梁に挑戦しようとしている技術開発の一端に触れることができたのである。しかし PC 斜張橋の分野では、アルゼンチンの支間 245 m を持つプレキャストコンクリートの PC 斜張橋が文献抄録に報告されており、当時歩道橋程度のものが施工されているに過ぎなかった我が国との技術力の差は大きなものがあったといえる。

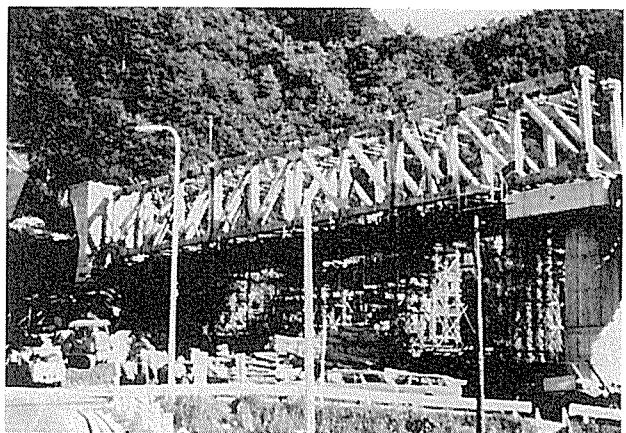


写真-1 岩鼻 PC トラス橋

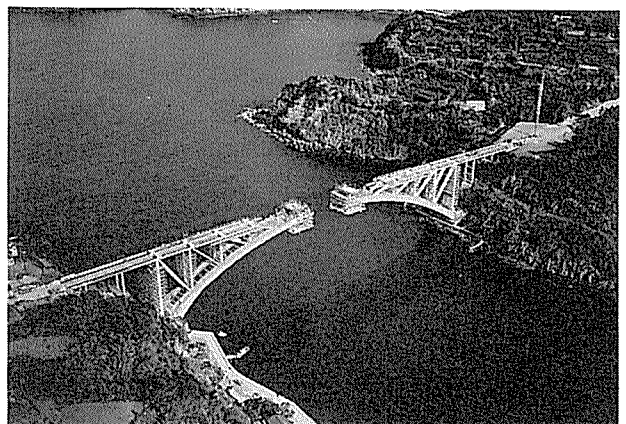


写真-2 外津橋



* Tsutomu SOGABE
住友建設(株)
土木設計部
部長

以上 20 年前のプレストレストコンクリート技術協会誌第 17 巻の工事報告の中で、架設工法を中心に分類して振り返って見たのであるが、当時の新しい技術開発への取組みが現在の標準施工法となって利用されているのであり、そこには諸先輩の大変な努力の積み重ねがあったからこそ、再度認識を新たにしたのである。それらの努力が現在の施工技術に引き継がれているのであり、さらにはその延長線上に将来の PC 橋梁の施工も形成されるものであろう。ここでは誠に無謀なことを省みないで架設工法を中心に 20 年後の PC 橋梁の将来予測を述べようとするものである。

2. PC 橋梁の架設工法

PC 橋梁の架設工法として大きく分類すれば次の 4 工法に分けられるであろう。

- ① 支保工施工
- ② 完成した桁としての架設
- ③ 片持ち梁としての張出し架設
- ④ その他特殊な架設

ただ支保工施工といえども、地盤に支持された固定式の支保工から既設桁と前方橋脚に支持させた鋼桁を利用する移動吊支保工までいろいろな支保工施工があり、また特殊な架設としては押出し工法やアーチリブの巻立て工法、ロアリング工法などがあげられる。

ほかにコンクリートを場所打ちするかプレキャスト桁またはプレキャストセグメントとして架設するかによっても分類することもあり、上記の架設工法との組合せがいろいろ考えられるところに PC 橋梁の施工上の最大の特色があるといえる。いずれにしても、架設工法の選定は「経済性、合理性、安全性」の 3 要素から検討されるものであり、橋梁の構造形式の選定と表裏一体となって決定されるものである。

3. 現在の特色ある架設工法

20 年後の PC 橋梁の架設がどのような展開があるのかを考えるうえで現在施工中を含めて特色ある架設工法を見てみることにする。

a) スパンバイスパン工法

ゲリュストワーゲン施工法に代表される移動支保工施工の現場打ちコンクリートをプレキャストセグメントに置き換えたと考えられ、特殊なエレクションガーダーを利用してセグメントを架設し、1 径間ごとに完成させていく施工法である。1 施工サイクルは現場打ちの場合に比較してほぼ倍のスピードを持っており、工事の大型化によってその経済性を発揮するものであり、今後第 2 東名神においての本格的な採用が期待されている。写真-3 は道路公団：四国縦貫自動車道の重信橋の例であり、



写真-3 重信橋

1 径間を 1 週間での施工サイクルに成功している。

b) 張出し工法

現場打ちコンクリートによる張出し施工が我が国に導入されて 40 年になり、その間幾多の橋が施工されてきているのであるが、橋の長大化に伴ってワーゲンも大型化されてきている。通常現場打ちコンクリートによる張出し施工の標準 1 施工ブロック長は 4 m であるが、斜張橋等で支間長が大きく張出し施工ブロック数の多い橋の場合には、1 施工ブロック長を 7~10 m 程度として大幅な工期短縮を図ろうとする試みが実施されている。図-1 は道路公団：山陽自動車道の衝原橋で使用が予定されている超大型ワーゲンであり、斜張ケーブルの定着ピッチに合わせて標準施工ブロック長を 7 m としている。

プレキャストセグメントを利用した張出し施工はすでに 15 年前より利用されているのであるが、特に海上橋などの大型工事においては工期の大幅な短縮が図れることで再度見直されてきている。写真-4 は広島県の中央支間 210 m を持つ大芝大橋の PC 斜張橋の例であるが、エレクションノーズを利用した張出し施工が採用さ

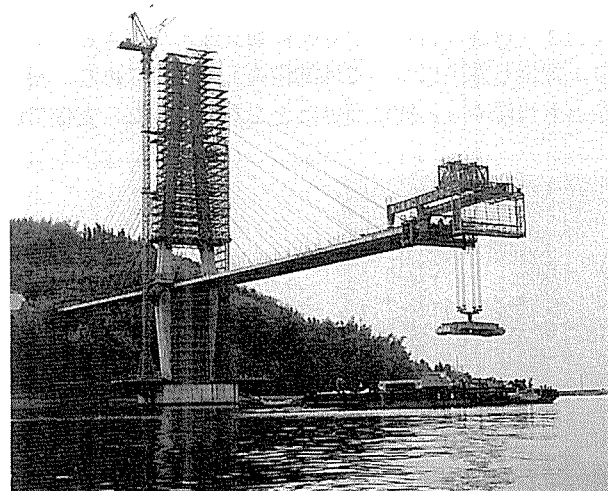


写真-4 大芝大橋

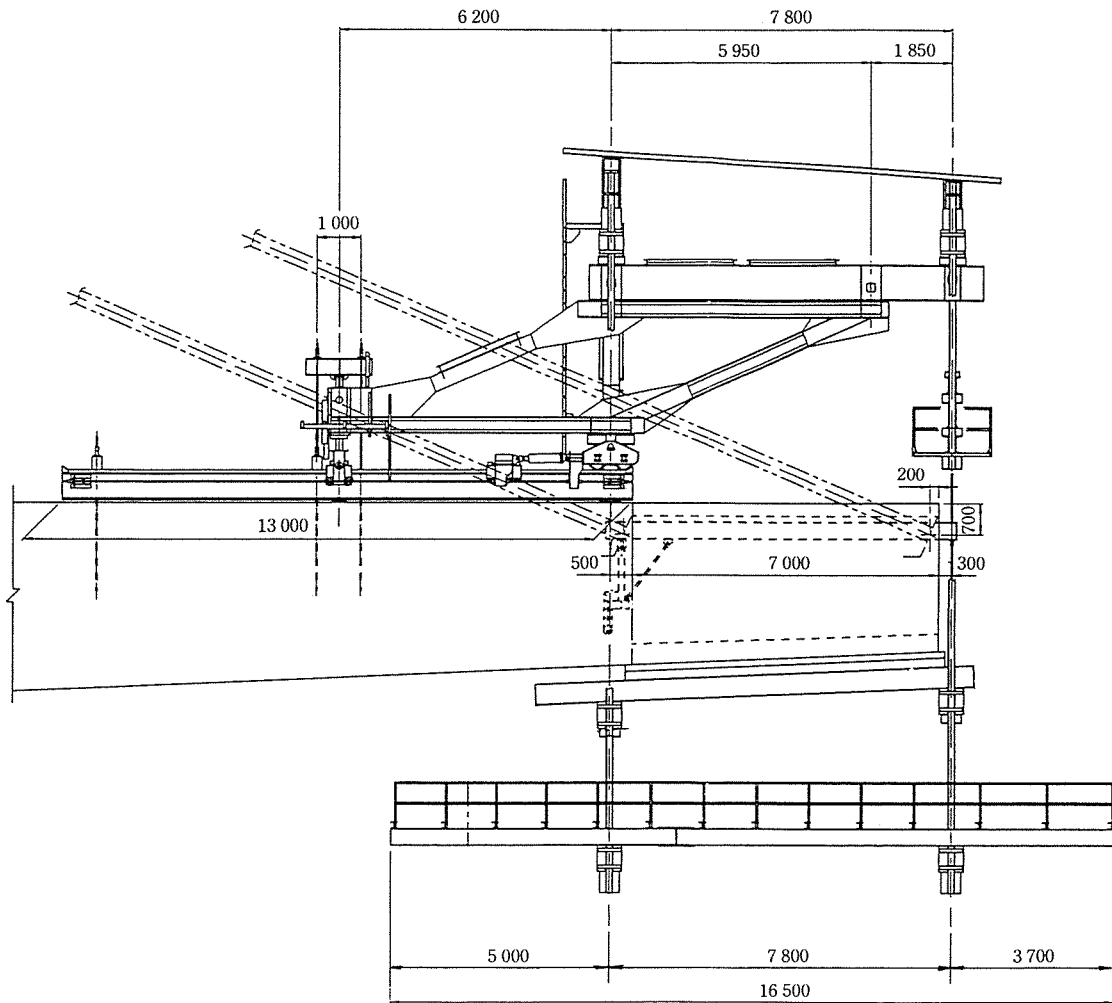


図-1 超大型ワーゲン



写真-5 角島大橋



写真-6 松の木7号橋

れている。

写真-5は山口県の橋長1780mの角島大橋の例であり、7+8径間連続箱桁がエレクションガーダーを利用した張出し施工で架設され1径間5週間で完成させている。

c) 押し出し工法

押し出し工法は20年ほど前に我が国に技術導入されて

おり、当時建設中であった上越および東北新幹線の道路横断部に多く利用され、その後鉄道横断などの困難な施工条件の架設工法の一つとして定着してきている。写真-6は複合橋である波形鋼板ウェブ構造（秋田県：松の木7号橋）で利用された例である。

d) コンクリートアーチ橋の架設工法

コンクリートアーチ橋については、本格的な片持ち架

設工法によって施工された外津橋の完成の後、PC 橋梁で培われた施工のノウハウを基にいろいろな施工法が提案され実現しており、現在は PC 橋梁のレパートリーの一つとして定着してきている。写真-7 はコンクリートアーチ橋の代表的な施工法の一つである合成巻立て工法によって施工された丹野橋で、鋼製アーチ部材がロアリング工法で架設されている。

e) 吊床版橋の架設工法

吊床版橋はプレキャスト版を順次一次ケーブルに吊り下げて架設する工法が考案されて以来、深い谷間でも施



写真-7 丹野橋

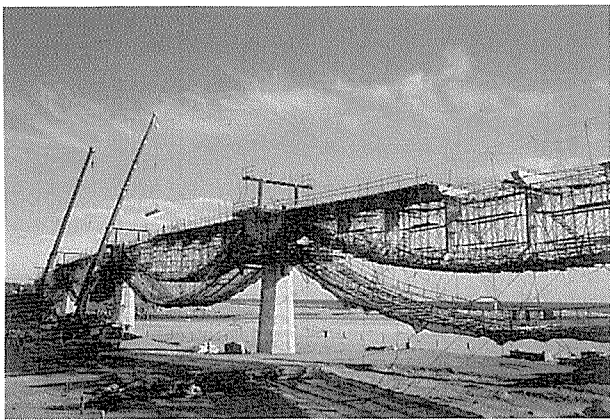


写真-8 潮騒橋

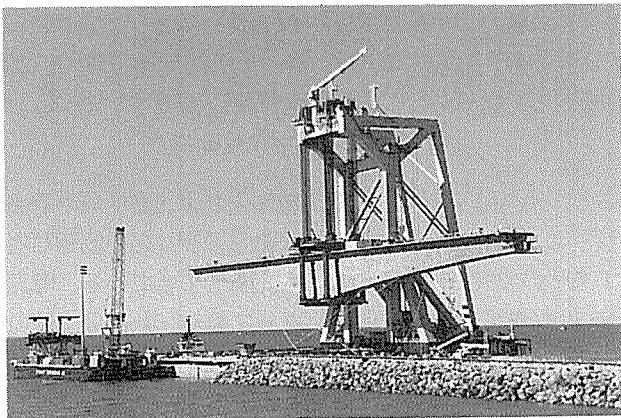


写真-9 ノーザンバーランド橋

工できるということで、歩道橋として広く採用されてきている。写真-8 は大きな弧を描く吊床版に柱部材を設置して水平な橋面を作った上路式吊床版橋（静岡県：潮騒橋）の例である。

f) クレーン船による一括架設工法

大型クレーン船による桁の一括架設はメタルの海上橋においてはしばしば利用される工法であるが、桁重量が大きい PC 橋の場合はあまり一般的な工法とはなっていない。しかしデンマークの北海の海上橋で約 100 m 長さの PC 箱桁が一括架設されており、最近ではカナダのノーザンバーランド海峡で桁自重 7 500 ton、桁長約 200 m の PC 箱桁が一括架設されている。写真-9 はその施工状況である。なお同工事はインターネットの Home Page を開設し、技術資料を公開しており、Address は次のとおりである。

<http://www.peinet.pe.ca/SCI/bridge.html>

4. 将来の架設工法

20 年後の将来、PC 橋梁においてどのような施工法が出てくるかを予測することは大変難しいことである。20 年前を遡ってみて、現在の架設技術の進展を予想した人は少なかったのではないかと思う。ましてこれからは、第 2 東・名神道路の建設を迎えて PC 橋梁の施工技術も鋼橋との厳しい価格競争の試練を乗り越えるため、いろいろな技術開発に取り組みつつあり、20 年後はさらにその後のことになるからである。橋梁建設の規模も大きくなるであろうし、現場施工はさらに機械化され、架設機械も一段と大型化されることであろう。今後の PC 橋梁の進展を予測するうえでのキーワードは、

- ① 複合構造
- ② 高強度コンクリート
- ③ 外ケーブル

ではないかと考えている。これらはいずれもコンクリートの重量が大きいという弱点の対応策であり、同時に PC 橋梁の上下部工事全体としての工事費縮減を図ろうとするものである。

複合構造については昨年フランスにおいて完成した斜張橋としては世界最大支間を持つノルマンディー橋が有名である。斜張橋部の中央支間 856 m のうち 624 m が鋼桁となっており、重量の軽減による工費縮減を果たしている。主径間については主橋脚よりの現場打ちコンクリートによる張出し施工が、また標準支間 43.5 m の側径間 15 連は押出し工法によって施工されており、設計自体に施工法が十分検討され、工事全体として施工の省力化が図られている。我が国でも同形式の橋として本四連絡橋の生口橋があり、斜張橋の分野に限らず桁橋やアーチ橋においてもコンクリート部分と剛桁を連結させ

る構造は今後とも広く採用されてゆくものと思われる。

また桁断面の一部を鋼構造に置き換えた形式の複合橋も、前述のように PC 箱桁のウェブを波形鋼板で置き換えた形式の橋梁が実現しており、施工には橋の規模によって押し出し工法や張出し工法が利用されるであろう。さらに進んでウェブを鋼トラス構造にした形式も研究されており、その実現はそう遠いことではない。

次に高強度コンクリートと外ケーブルというテーマは今後のプレキャスト化に向けての技術開発に大きく影響を与える基本的要素として、その実験と研究が盛んに展開されている。と同時に、プレキャストセグメントを使用した大型橋梁の建設も盛んに実施されてきているが、現在はそれらの橋梁は大型工事であることで架設工法としては、張出し工法がまたはスパンバイスパン工法がとられている。しかし将来、高強度コンクリートと外ケーブルの研究開発が進み、経済的にも十分競争力を発揮できるようになれば、一般の中小橋にもプレキャストセグメントを適用してゆくことになるだろうし、それにはできるだけ簡便で経済的なプレキャストセグメントの架設工法の開発が待たれるのである。これは、高強度コンクリートを使用することにより PC 桁断面を極力薄くして桁自重を低減させ、部材が薄くなった分プレストレス力は外ケーブルによって処置することによりコストダウンを図ってゆくということであり、架設工法としてはプレキャストセグメントを押し出し工法によって架設する方法も一つの工法として出てくるだろう。この工法をとるならば、50 m 支間程度の橋梁ならば 1 径間を 1 週間で架設することも夢ではなくなるだろう。

特殊な架設工法の一つとしてコンクリートアーチ橋の巻立て工法がある。架設用の鋼アーチセントルをコンクリートで巻き立てコンクリートアーチ橋を完成させる工法で、施工法としては張出し施工やロアリング工法がとられている。アーチ支間が 150 m を超えるような長大アーチ橋の場合はアーチリブだけの張出し施工やアーチリブ、柱部材、床版で構成されるトラスとしての張出し工法がとられている。いずれにしろアーチ橋は完成時には外力に対しても非常に安定した構造であり、山岳道路の多い我が国においては景観上よりアーチ橋が採用されることも多く、今後とも PC 橋梁の一分野として期待できるものである。今後の課題としては、さらに安全で経済的な架設工法——例えばプレキャストセグメントを利用した張出し施工法などが将来の開発テーマとしてあげられる。

吊床版橋のプレキャスト版を使用した懸垂架設も特殊な架設工法の一つとしてあげられるだろう。吊床版はサグの関係で一般に歩道橋として利用されてきていたが、吊床版上に柱部材を立ちあげ桁を並べた構造である上路式吊床版が開発され、今後道路橋への適用が期待されている。上路式吊床版橋の各部材はすべて小さくプレキャスト化されており、架設は軽備なケーブルクレーンだけで可能ということで、将来急速施工が要求される場合などで利用されてくるだろう。

PC 橋梁は当初現場施工のポストテンションング T 桁をその基本としており、その後現場打ちコンクリートによる張出し施工や押し出し工法が導入されいろいろな構造形式の PC 橋梁が建設されることとなったのであるが、今後とも PC 橋梁の基本構造は PC 桁と呼ばれるプレテン桁やポステン桁であることには変りがないであろう。しかしその施工の形態は現場施工を極力減らしていくような方式に変化していき、桁のブロック化やプレキャスト床版の採用等が進んでくるものと思われる。

一方、現場打ちコンクリートによる張出し施工法についても超大型ワーゲン、プレキャスト張出し床版の後施工などが研究されてきており、より一層経済性や急速性を追求していこうとしている。いずれにしろ、これからはプレキャスト部材を多用して、PC 橋梁の施工面で省力化を図っていかねければ、鋼橋との熾烈な競争には生き残れないと思われる。

20 年後の PC 橋梁の施工がどのような展開があるのか、多分大規模な PC 橋梁工事ではプレキャスト化が常識となり、製作ヤードでは型枠や鉄筋組立て等の作業が自動車工場のような機械ロボットによってすべて処理され、高流動コンクリートが打ち込まれる。養生が完了したセグメントは全自動台車によってリモコン操作で架設ガーダーまで運搬架設され、外ケーブルが配置されパソコン管理の緊張ジャッキによってプレストレスが導入されて桁が完成する。そして中小橋も大半が PC 工場で製造され、現場施工の橋梁も大幅な省力化が図られていることであろう。しかしこの夢のような話も、貧弱な想像力しか持ち合わせのない私の多少希望を込めた予測であり、20 年後の読者に失笑を買うだろうと思いつつ筆を置くこととする。

なお最後になりましたが、私の申し出を快く大切な施工中の写真を提供して頂いた皆様方に心より御礼申し上げます。

【1996年8月15日受付】