

PC 橋のプレキャスト化に関する歴史と展望

前田 晴人*

PC 橋のプレキャスト化は、橋を幅員に直角に分割したプレキャスト桁からはじまり、橋を橋軸に直角に分割したプレキャストセグメント構造に展開し、最近では主桁断面の一部にプレキャスト部材を用いたプレテンション・プレキャストウェブ橋、バタフライウェブ橋などへと発展してきている。プレキャスト化に共通した利点が高品質化および現場作業の省力化であるため、プレキャスト化は、社会的な要請となっている社会資本の長寿命化対策および少子高齢化対策に対応した技術であるといえる。本稿では、PC 橋のプレキャスト化の歴史を概観するとともに、現在の状況および今後の展望について述べるものとする。

キーワード：プレキャスト桁、プレキャストセグメント、プレキャスト部材、外ケーブル

1. はじめに

プレストレストコンクリート（以下、PC）橋は、場所打ち PC 橋とプレキャスト PC 橋に大べつされる。前者は、架橋位置に支保工・型枠を組み、鋼材を配置し、コンクリートを打設して橋が構築される。後者は、架橋位置とはべつの工場または架橋位置付近のヤードで製作されたプレキャスト桁、プレキャストセグメントあるいは断面の一部を形成するプレキャスト部材などを架橋位置に運搬・架設して橋が構築される。本稿は後者について述べるものである。

プレキャスト部材を最初に用いた PC 橋は、橋を幅員に直角に分割したプレキャスト桁を工場にて製作し、運搬・架設する工法で施工された。その後、合理化を図るためにプレキャスト桁は規格化されるに至った。

PC 橋の建設にあたっては、鋼橋と比較して、現場作業期間を長く必要とすること、現場において型枠工・鉄筋工などの熟練工を多く必要とすること、現場において高度な品質管理を必要とすること、などの課題がある。これらの課題を解決する方策の一つとしてプレキャストセグメント工法が採用され成果を上げてきている。プレキャストセグメント工法とは、橋を橋軸に直角に分割した主桁部材（セグメント）をあらかじめ工場や現場ヤードにて製作し、架橋地点で接合し、プレストレスを与えて一体化する工法で

ある。この工法の発展には、外ケーブル構造の研究開発が寄与している。外ケーブル構造は、これまでの内ケーブル構造とは異なり、主桁コンクリートの外部に PC 鋼材を配置して主桁にプレストレスを与えるために部材厚の低減が可能で軽量化を図ることができるとともに、大容量の PC 鋼材が使用できるため、配置する鋼材本数を減らすことができ配置の自由度が増す構造である¹⁾。

プレキャストセグメント工法以外では、主桁断面の一部であるウェブをプレキャスト化したプレテンション・プレキャストウェブ橋およびバタフライウェブ橋などの、プレキャスト部材と場所打ち部とを組み合わせて主桁断面を形成していく橋梁も開発されている。

本稿では、プレキャスト桁からはじまる PC 橋のプレキャスト化の歴史を概観するとともに、現在の状況および今後の展望について述べるものとする。

2. プレキャスト PC 橋の歴史

2.1 わが国の PC 橋の始まり²⁾

PC 橋のプレキャスト化の歴史概観を表 - 1 に示す。

国内最初の PC 橋は、1951（昭和 26）年に石川県七尾市に建設された支間 3.6 m の長生橋である（写真 - 1）。工場で作られた逆 T 型プレテンション方式のプレキャスト桁を現場まで荷馬車により運搬して人力により架設し、横



* Haruhito MAEDA

(株)日本構造橋梁研究所



写真 - 1 建設当時の長生橋
(写真提供：(株)ピーエス三菱)

表 - 1 PC 橋のプレキャスト化の歴史概観

| 年 | 出来事 |
|-------------|---|
| 1951(昭和26)年 | ・国内初のプレキャスト桁による長生橋(支間3.6m)が石川県七尾市に建設される。 |
| 1953(昭和28)年 | ・3分割のプレキャストブロック桁によるポストテンション方式の東十郷橋(桁長7.8m)が福井県に建設される。 |
| 1954(昭和29)年 | ・本格的なプレキャスト桁による鉄道橋の第一大戸川橋りょう(支間31m)が滋賀県に建設される。 |
| 1955(昭和30)年 | ・本格的なプレキャスト桁による道路橋の上松川橋(支間40m)が福島県に建設される。 |
| 1959(昭和34)年 | ・JIS A 5313「スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた」が制定される。 |
| 1960(昭和35)年 | ・JIS A 5316「けた橋用プレストレストコンクリート橋げた」が制定される。 |
| 1966(昭和41)年 | ・国内初のプレキャストブロックを張出し架設した目黒架道橋が東京都に建設される。 |
| 1969(昭和44)年 | ・建設省標準設計「ポストテンション方式PC単純Tげた橋」が制定される。 |
| 1973(昭和48)年 | ・プレキャスト部材を用いたPCトラス橋である安家川橋りょう(鉄道橋)が岩手県に建設される。 |
| 1985(昭和60)年 | ・国内初のパイプ工法による川端橋側道橋が福岡県に建設される。 |
| 1992(平成4)年 | ・「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」(日本道路協会)が制定される。 |
| 1994(平成6)年 | ・建設省標準設計「ポストテンション方式PC単純Tげた橋」が改訂され、施工の合理化を目的に下フランジのない断面が標準となる。 |
| 1996(平成8)年 | ・「外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準(案)」(プレストレストコンクリート技術協会)が発刊される。 ・「道路橋示方書・同解説」(日本道路協会)が改訂され、関連用語が「プレキャストブロック」から「プレキャストセグメント」に改められる。 |
| 1997(平成9)年 | ・プレキャストセグメント構造による斜張橋である大芝大橋が広島県に建設される。 |
| 1998(平成10)年 | ・少主桁工法およびPC合成げた橋を提案する(PC建協)。 ・プレキャストセグメント構造によるアーチ橋である阿嘉大橋が沖縄県に建設される。 |
| 2000(平成12)年 | ・「PCバルブTげた橋」設計資料(プレストレスト・コンクリート建設業協会)が発刊される。 |
| 2001(平成13)年 | ・国内最重量のプレキャストセグメントを用いた揖斐川橋・木曾川橋が三重県と愛知県との県境に建設される。 |
| 2004(平成16)年 | ・JIS A 5373 ²⁰⁰⁴ 「プレキャストプレストレストコンクリート製品」が制定され、プレテンション桁のほかPC合成げた橋もJIS規格となる。 |
| 2007(平成19)年 | ・国内初のプレテンション・プレキャストウェブを用いた錐ヶ瀬橋が三重県に建設される。 |
| 2009(平成21)年 | ・プレキャストU型げたを用いた連続橋である茄子作地区高架橋が大阪府に建設される。 |
| 2013(平成25)年 | ・世界初のバタフライウェブを用いた寺道ちようちよ大橋が宮崎県に建設される。 |
| 2015(平成27)年 | ・国内最長のプレキャストセグメント構造を用いた伊良部大橋が沖縄県に建設される。 |

方向にボルトを通して、桁間に間詰めコンクリートを打設して一体化させた橋長11.6mで3径間の床版橋である。この橋は建設後50年目の2001(平成13)年に残念ながら河川改修に伴い撤去されたが、健全な状態を保っていること、メモリアルな橋であることから、多くの関係者の努力により、その一部が七尾市郊外にある希望が丘公園に移設され、歩道橋として再利用されている。橋梁の規模は小さいが、「プレテンションの工場製品の桁を並べ、場所打ちコンクリートで一体化し床版橋とする」という考え方は、のちのJIS桁橋の原形となった。

1953(昭和28)年に施工された福井県の東十郷橋は、国内初のポストテンション方式のPC道路橋であり、桁を3分割にした小さなブロック桁を工場で作成し、架設地点

の固定支保工上に運搬し、ポストテンション方式により1本の桁に一体化させた桁長7.8mの橋梁である。その後、レディーミクストコンクリートのJIS化、架設機械の進歩などに伴い、架橋地点付近の現場ヤードでポストテンション方式によりプレキャスト桁が製作され、架設されはじめた。1954(昭和29)年に建設された本格的PC橋の第1号である鉄道橋の第一大戸川橋りょう(支間31m、滋賀県、写真-2)や1955(昭和30)年に建設された本格的PC道路橋である上松川橋(支間40m、福島県)などがこの方式によるプレキャストPC橋である³⁾。



写真 - 2 第一大戸川橋りょう
(写真提供: 極東鋼弦コンクリート振興(株))

2.2 JIS 桁橋

(1) プレテンション桁橋

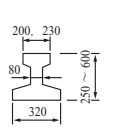
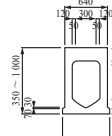
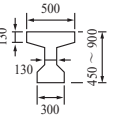
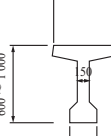
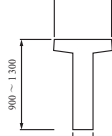
プレテンション桁橋については、比較的早くからJISの規格化がなされた。長生橋が建設されてから8年後の1959(昭和34)年にはJIS A 5313「スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた」が制定され、翌年の1960(昭和35)年にはJIS A 5316「けた橋用プレストレストコンクリート橋げた」が制定された。これらのJIS規格は改正・統合を繰り返し、2004(平成16)年にJIS規格の性能規定化に伴いJIS A 5373²⁰⁰⁴「プレキャストプレストレストコンクリート製品-付属書2(規定)橋りょう類-推奨仕様2-1道路橋用橋げた(通常橋げた)」として改正された⁴⁾(表-2)。

プレテンション桁橋である道路橋用橋げたの適用範囲として、幅員は4~18mを対象としている。標準支間は、スラブ橋げたに対しては支間5~24m、けた橋げたに対しては18~24mを対象としている。

(2) ポストテンション桁橋

ポストテンション桁橋については2004(平成16)年のJIS規格改正の際に、JIS A 5373²⁰⁰⁴「プレキャストプレストレストコンクリート製品-付属書2(規定)橋りょう類-推奨仕様2-2道路橋橋げた用セグメント」として、2.4で詳述するPC合成げた橋(PC合成床版タイプ)に対応したJIS規格が新たに制定されている⁵⁾。この橋梁形式は主桁と主桁との間にプレキャスト板をわたす構造としており、そのプレキャスト板に対しても「推奨仕様2-3合成床版用プレキャスト板」としてJIS規格が新たに制定されている⁶⁾。図-1にJIS規格となったPC合成げた橋の横断

表 - 2 JIS プレテンション桁の変遷

| | | | |
|-----|---|--|--|
| スラブ | 1959年制定  支間：5～13 m | 1980年制定 同左 | 2004年制定  支間：5～24 m |
| | 1960年制定  支間：8～15 m | 1980年制定  支間：10～21 m | 2004年制定  支間：18～24 m |

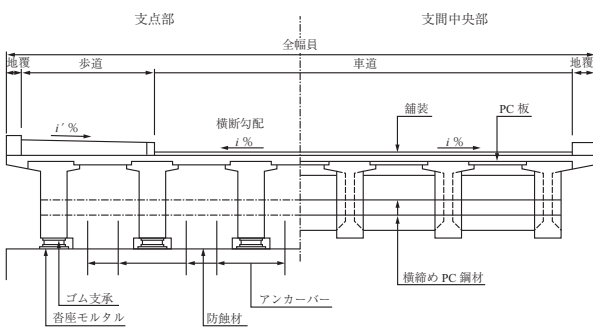


図 - 1 JIS PC 合成げた橋の横断面構成

面構成を示す。

ポストテンション桁橋である道路橋橋げた用セグメントの適用範囲として、幅員は4～18 mを対象とし、標準支間は25～45 mを対象としている。また、主桁の分割は、運搬・架設を考慮して1個のセグメント質量が30 t以下となるように分割し、支間中央に目地を設けないように奇数個(3～9個)に分割するのが標準である。

PC橋のプレキャスト化ではないが、道路橋の床版部分のプレキャスト化として「推奨仕様2-4道路橋用プレキャスト床版」も2004年に新たに制定され、鋼少数鉄桁橋の床版などとして数多く用いられている⁷⁾。

なお、JIS A 5373「プレキャストプレストレストコンクリート製品」は2010年に改正されているが、橋りょう類製品の設計・製造にかかわる重要な改正はなされていない。

2.3 ポストテンションT桁橋

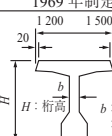
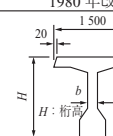
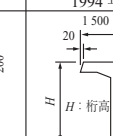
ポストテンション方式によるプレキャスト桁は、前述の1954(昭和29)年に建設された第一大戸川橋りょうや翌年に建設された上松川橋以来、もっとも一般的な形式の一つとして現在でも数多くの実績を残している。

この構造形式に関してはJIS規格は制定されていないものの、断面形状寸法や適用支間などに対する標準化は行われている。

道路橋に関しては、1969(昭和44)年に建設省標準設計「ポストテンション方式PC単純Tげた橋」が制定され

て標準化が図られ、1980(昭和55)年および1994(平成6)年に改訂がなされている。適用支間は20～45 mである。1994年の改訂では、施工の合理化を図るために主桁断面形状はウェブを下縁まで等厚とした下フランジのない形状に変更された(表-3)。しかしながら、この断面形状を用いると場合によっては桁高および重量の増加につながるため、主桁断面形状としては、下縁が膨らんだバルブ(球根)T桁と呼ばれる改訂前の形状に戻して使われることも多い。この場合のバルブT桁橋の計画・設計は(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会(以下、PC建協)から2000(平成12)年に発行された設計資料に準じて行われている⁸⁾。

表 - 3 建設省標準設計ポストテンションT桁の変遷

| | | | |
|----|---|--|--|
| 断面 | 1969年制定  支間：14～40 m | 1980年改訂  支間：20～40 m | 1994年改訂  支間：20～45 m |
| | H : 桁高 b : 150 : 160 : 180 400, 500 | H : 桁高 b : 180 : 200 500 | H : 桁高 340, 360 |

また、PC建協九州支部では次項に示すPC合成げた橋の対案として、建設省標準設計を準用して、桁高を高くせず断面の上フランジ幅を広げることにより主桁の少数化を図った少主桁工法を1998(平成10)年に提案し、翌年には国土交通省の新技术・新工法に登録して実績を重ねている⁹⁾。この工法の適用支間は25～45 mである(図-2)。

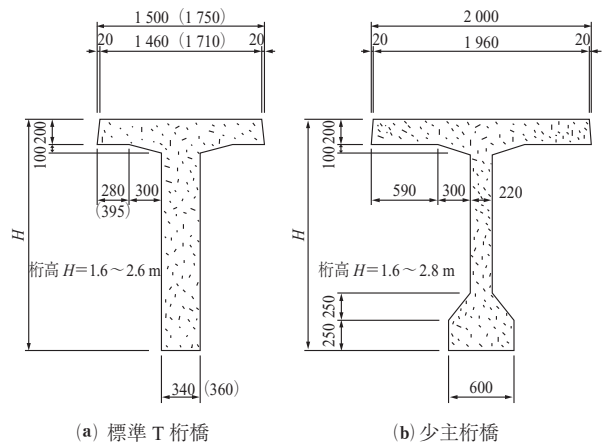


図 - 2 標準T桁橋と少主桁橋の断面比較

鉄道橋に関しては、主にT形桁、I形桁がプレキャスト化の対象となっている。鉄道橋は、鉄道会社、路線によって、設計基準が異なるため、鉄道会社および路線ごとに標準的な支間を設定して、それらの支間に対応した標準設計を行い、路線対象位置での部分修正を施して設計図書としている場合が多い。

2.4 PC合成げた橋(PC合成床版タイプ)

2.2(2)のJIS規格ポストテンション桁の項でも述べた

PC 合成げた橋は、経済的な長支間化という近年の命題に対して、PC 建協が開発し、試験フィールドとしての実施工、NETIS への新技術登録を経て、1998（平成 10）年頃から普及に努めてきた構造形式であり、2003（平成 15）年には 250 橋程度の実績を数えるまでになり、今後も実績が増えるものと期待された。このような状況において、設計上の自由度が高い本構造形式に対して、合理的かつ経済的に設計・施工するための標準化の要求が高まったことから、新たに 2004（平成 16）年に関連の JIS 規格が制定されるに至った。

PC 合成げた橋は、PC コンポ橋とも呼ばれており、従来の PCT 桁橋と比べて、主桁本数を少なくすることにより経済化を図っている。また、主桁本数の低減に伴い床版支間が長くなることから、床版構造は RC 床版から PC 合成床版へ変更し、長支間への適用および耐久性の向上を図っている。短所としては桁高が高くなり 1 主桁あたりの重量が増すために、運搬・架設に対する制約がふえることにある。この短所を補うために提案された工法が 2.3 に示した少主桁工法である。

JIS 規格ではないが、さらに適用支間を延ばした PC コンポ橋として PC 建協が開発した構造形式にポストテンション方式 PCU コンポ橋がある。PC コンポ橋は主桁断面形状が I 断面（図 - 3）で適用支間が 25～45 m であるのに対し、PCU コンポ橋は主桁断面形状を U 断面（図 - 4）に替えて桁剛性を高めるとともに、内外ケーブルを併用することにより、適用支間を 40～60 m まで延ばした長支間の連続構造を可能にしている¹⁰⁾。

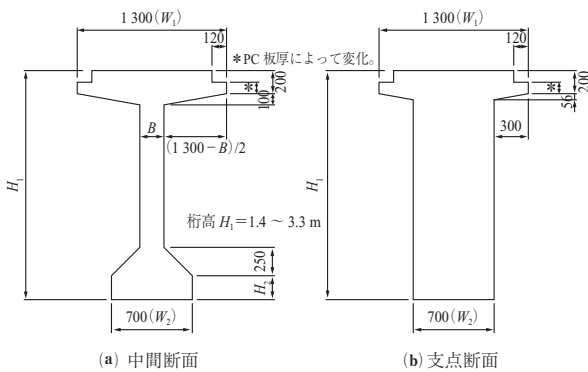


図 - 3 PC 合成げた橋（PC コンポ橋）の標準断面

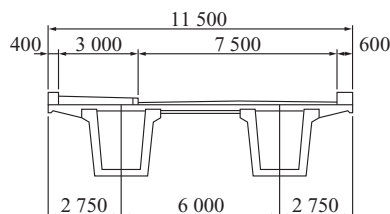


図 - 4 PC U コンポ橋の横断面構成例

2.5 プレキャストセグメント橋

プレキャストセグメント橋は、1. に示したプレキャストセグメント工法により施工された橋梁である。ただし、

当初はこのような工法の呼ばれ方はしておらず、箱桁断面を輪切り状に分割して製作したブロック桁を張出し架設して 1966（昭和 41）年に完成した首都高速道路の目黒架道橋（写真 - 3）に対して、まずプレキャストブロック工法の用語が定義された。その後、T 桁橋においても架橋位置の施工条件、長支間化、工期短縮への対応などを目的に、主桁を分割して製作し、運搬・架設されるようになり、1992（平成 4）年には「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 げた道路橋の設計施工指針」（日本道路協会）が制定された。一方、箱桁橋に対しては目黒架道橋以来いくつかの橋が同工法で施工されたが、1996（平成 8）年に外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準（案）がプレストレストコンクリート技術協会から発刊されて以来、飛躍的に施工件数が増加した。増加の理由の一つとしては、外ケーブル構造の同工法への適用をあげることができる。この設計施工規準は欧米の諸規準および国内外の技術資料などを参考に規定されたものであり、プレキャストセグメント工法は、欧米諸国で使われている Precast Segmental Construction を日本語訳した用語である。参考文献 1) は同設計施工基準（案）の改訂版にあたる。資料編としてプレキャストセグメント橋梁（道路橋）施工実績一覧表および外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法調査対象文献リストが収録されているので参考にするとよい。道路橋示方書・同解説Ⅲ（日本道路協会）においても、1994（平成 6）年版においては用語として「プレキャストブロック」が用いられていたが、1996（平成 8）年版においては「プレキャストセグメント」に改められており、現在ではプレキャストセグメントという表現が一般的となっている。また、2012（平成 24）年版においては、プレキャストセグメント工法により施工される構造として「プレキャストセグメント構造」という用語が定義されている。



写真 - 3 目黒架道橋（プレキャストの張出し架設）

プレキャストセグメント橋は桁橋以外にも施工実績がある。PC 斜張橋としては 1997（平成 9）年に広島県の大芝大橋（写真 - 4）がエッジビーム断面の 3 径間連続斜張橋として建設され、アーチ橋としては 1998（平成 10）年に沖縄県の阿嘉大橋（写真 - 5）が 3 径間連続バランスド・アーチ橋として建設されている。

2.6 その他

その他、次のような PC 橋にもプレキャスト部材が採用



写真 - 4 大芝大橋（プレキャストの斜張橋）
（写真提供：広島県）



写真 - 5 阿嘉大橋（プレキャストのアーチ橋）

されている。

(1) バイプレ（バイプレストレスティング）工法けた橋

バイプレ工法けた橋は、通常主桁の引張側に配置する引張 PC 鋼材のほかに、主桁の圧縮側に圧縮 PC 鋼材を配置することによりプレキャスト桁の桁高を低く抑えることのできる構造形式である。1985（昭和 60）年にバイプレ工法を採用した国内初の川端橋側道橋（福岡県、支間 57.58 m）が建設されて以来、主に桁高制限の厳しい条件下で施工実績を重ねている。

(2) PC 吊床版橋

PC 吊床版橋は、歩道橋に多くの施工実績があり、床版にはプレキャスト部材が多く採用されている。近年では道路橋として上路式吊床版橋および自碇式吊床版橋が開発され、いくつかの施工実績を重ねている。これらは、吊床版の上に鉛直材を介して路面となる上床版を載せた構造となっており、プレキャスト床版をはじめさまざまな部材をプレキャスト化して構築されている。

(3) PC トラス橋

PC トラス橋は、高強度コンクリートのプレキャスト部材を用いて 1973（昭和 48）年に岩手県の安家川橋りょうが鉄道橋として施工されたが、現在ではほとんど施工されていない。

3. 現状と今後の展望

3.1 現 状

2. で示したように、プレキャスト PC 橋は、PC 橋の創成期からの歴史をもち、多方面の橋梁形式に用いられ、現在でも数多くの橋梁に対して採用されている。

これまででもっとも大きなプレキャストセグメントを用いて建設された橋梁は、2001（平成 13）年に三重県と愛知県の県境に建設された第二名神高速道路の揖斐川橋・木曾川橋（愛称：トイソクルブリッジ、写真 - 6）であり、セグメントの重量が 1 個 300～400 tf もあった。橋梁形式は PC・鋼複合多径間連続エクストラード橋である。セグメントは幅が 33.0 m、高さが 7.0～4.0 m、長さが 5 m あり、架橋地点に近い製作ヤードにて製作され、台船にて運搬・架設された。架橋地点が河口付近であり、船舶を有効利用することができてはじめて成り立つ施工事例である。



写真 - 6 揖斐川橋・木曾川橋（最重量セグメント）

プレキャストセグメントを用いてもっとも長く連続化された橋梁は、2006（平成 18）年に起工式を行い本年、2015（平成 27）年に開通式を行った沖縄県の伊良部大橋における宮古島側一般部橋梁（橋長 2 185 m、PC 32 径間連続桁橋、写真 - 7）である。伊良部大橋は宮古島と伊良部島とを結ぶ離島架橋であり、塩害の影響を受ける海上橋であることから、品質の確保、海上現場における作業工数の低減による工程短縮およびスケールメリットによるコスト削減を目的にプレキャストセグメント構造が採用されている。また、ミニマムメンテナンスを目標に伸縮装置を最小限にした多径間連続構造が選定されている。セグメントは幅が 9.4 m、高さが 3 m、長さが 3 m である。



写真 - 7 伊良部大橋（最長セグメント橋）

このように、プレキャスト桁に関する技術のみでなく、プレキャストセグメント構造に関する技術も十分に蓄積されてきているのが現状である。

3.2 今後の展望

新設の橋梁が少なくなる今後においても、予想される少子高齢化による労働者不足などから、JIS桁を含む労働集約型のプレテンション方式およびポストテンション方式PC単純桁は、継続的に採用されていくものと思われる。また、ミニマムメンテナンスの観点から、多径間構造においてはジョイントの省略化がますます進むものと思われるが、一体化の方法としては、これまでの連結桁構造から、支承数を半減できる連続桁構造へ主流が移行するものと思われる。そのさきがけとして、2009（平成21）年に建設された大阪府の茄子作地区高架橋（写真-8）は、橋脚上に柱頭部を先行施工した後、柱頭部間にプレキャストU型げたを配置して一体化することにより連続桁構造を実現させている。



写真-8 茄子作地区高架橋（連続U型げた）
（写真提供：三井住友建設（株））

プレキャストセグメント橋は500m以上の橋長があれば経済比較の土俵に乗るといわれてきたが、外ケーブルの採用によりウェブを薄くしてさらなる軽量化・経済化を図ることが可能となったため、セグメント製作ヤードが確保できるまたは工場が近いなどの立地条件があれば、より小規模でも今後は経済比較の対象になり得るものと思われる。

断面の一部をプレキャスト化して省力化を図る例も見られるようになってきている。2007（平成19）年に完成した三重県の錐ヶ瀧橋（写真-9）は、国内で初めてプレテンション・プレキャストウェブを採用した橋梁である。ウェブをプレキャスト化することにより、高強度コンクリートの使用による耐久性向上・軽量化や工場製作の二次製品



写真-9 錐ヶ瀧橋（プレテン・プレキャストウェブ）
（写真提供：（株）富士ピー・エス）

化による高品質化を図ることができるとともに、現場作業の省力化が期待される。また、2013（平成25）年に完成した宮崎県の寺迫ちょうちょ大橋（写真-10）は、世界で初めてバタフライウェブを採用した橋梁である。ウェブに蝶形の高強度繊維補強コンクリート製プレキャストパネルを用いることにより、パネル間接合作業の省略による施工性の向上、工場生産による品質の向上、コンクリートウェブに比べてウェブ重量が20%程度となることによる軽量化を図ることができる。断面の一部プレキャスト化については、今後も新技術・新工法の開発が期待される。



写真-10 寺迫ちょうちょ橋（バタフライウェブ）
（写真提供：三井住友建設（株））

4. おわりに

PC橋のプレキャスト化は、プレキャスト桁からはじまり、プレキャストセグメント構造に展開し、最近では主桁断面の一部にプレキャスト部材を用いる構造に発展してきている。プレキャスト化は、社会的な要請となっている社会資本の長寿命化対策、少子高齢化対策にも対応した技術であるため、今後もますますその発展が期待される。

参考文献

- 1) プレストレストコンクリート技術協会：外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準，2005.6
- 2) 多田宏行編著：橋梁技術の変遷，鹿島出版会，2000.12
- 3) 秋元泰輔：PC橋のプレキャスト化に関する歴史と展望，プレストレストコンクリート Vol.38, No2, 1996.3
- 4) プレストレスト・コンクリート建設業協会：設計・製造便覧道路橋用橋げた，2004.6
- 5) プレストレスト・コンクリート建設業協会：設計・製造便覧道路橋用橋げた用セグメント，2004.6
- 6) プレストレスト・コンクリート建設業協会：設計・製造便覧合成品版用プレキャスト板，2004.6
- 7) プレストレスト・コンクリート建設業協会：設計・製造便覧道路橋用プレキャスト床版，2004.6
- 8) プレストレスト・コンクリート建設業協会関東支部：「PCバルブTげた橋」設計資料，2000.8
- 9) プレストレスト・コンクリート建設業協会九州支部：「少主桁工法」技術資料，2001.4
- 10) プレストレスト・コンクリート建設業協会関東支部：「PCUコンボ橋」設計資料，2002.8

【2015年12月14日受付】