

ストラット付PC箱桁の断面分割架設

—第二東名高速道路 内牧高架橋(PC上部工)工事—

齋藤公生¹・竹房秀一²・山 毅彦²

¹正会員 工修 鹿島建設株式会社 横浜支店静岡営業所(〒422-8062 静岡県静岡市駿河区稲川3-6-5)

²鹿島建設株式会社 横浜支店静岡営業所(〒422-8062 静岡県静岡市駿河区稲川3-6-5)

第二東名高速道路内牧高架橋は、上下線共に橋長が約1kmの21径間連続PC箱桁橋である。本橋の上部構造にはストラットで張出し床版を支持する形式を採用し、上部構造の軽量化並びに下部構造の縮小を実現した。上部構造の架設には、箱桁断面を複数の部分に分割して段階的に架設を進める国内に前例の少ない工法を採用した。すなわち、箱桁の中央部分のみをプレキャストセグメントとして架設した後、ストラットに支持された張出し床版を場所打ち架設する。本工法の採用により、広幅員のPC箱桁の架設を、比較的小規模な機械設備で実現した。また、ストラットに支持された張出し床版の施工には、専用の移動作業車を開発・適用した。

キーワード：ストラット付PC箱桁、プレキャストセグメント、断面分割架設、特殊移動作業車

1. はじめに

内牧高架橋は、上下線それぞれの橋長が1kmに達する大規模なコンクリート道路橋である(写真-1)。

コンクリート橋では、軽量化によって経済性並びに耐震性の向上が期待され、これまでも様々な取組みがなされてきた。近年、コンクリート橋の軽量化が可能な構造形式として、PC箱桁橋のコンクリートウェブを波形鋼板に置き換えた波形ウェブ橋が多く建設されている¹⁾。これに対して、有効幅員が16.5mに及ぶ内牧高架橋では、ストラットで張出し床版を支持する形式(ストラット付PC箱桁形式)を採用し、PC箱桁の下床版幅を縮小することで軽量化を図った。

一般に、大規模なコンクリート橋の工事では、プレキャストセグメント工法が経済的とされるが、本橋のような広幅員の箱桁をプレキャスト化した場合、セグメントの製作ならびに架設に必要な機械設備が大規模となる。更には、製作したセグメントを架設するまで仮置きするスペースの確保が困難となる場合もある。

そこで、本工事ではプレキャストセグメントの製作・架設設備の規模を縮小すると共に、仮置きスペースの確保を図るため、箱桁断面を複数の部分に分割し、段階的に架設を進める国内に前例の少ない工法を採用した。すなわち、箱桁の中央部分のみをプレキャストセグメントとして製作・架設した後に、ストラットに支持された張出し床版を場所打ちで架設した。

本工法の採用に当っては、ストラットとプレキャストセグメントの接合部構造、及びストラット付張出し床版を施工



写真-1 内牧高架橋完成予想写真

する専用の移動作業車を新たに開発した。

本文では、内牧高架橋で採用したストラット付PC箱桁の断面分割架設について報告する。

2. 構造概要

(1)橋梁概要

内牧高架橋は、第二東名高速道路の一部として静岡県静岡市に建設されるコンクリート箱桁橋である。上下線が平行し、それぞれの橋長は約1km、有効幅員は上下線共に16.5mである。上部構造は21径間連続箱桁形式で、大部分の支間長が約50mに統一されている(表-1、図-1)。

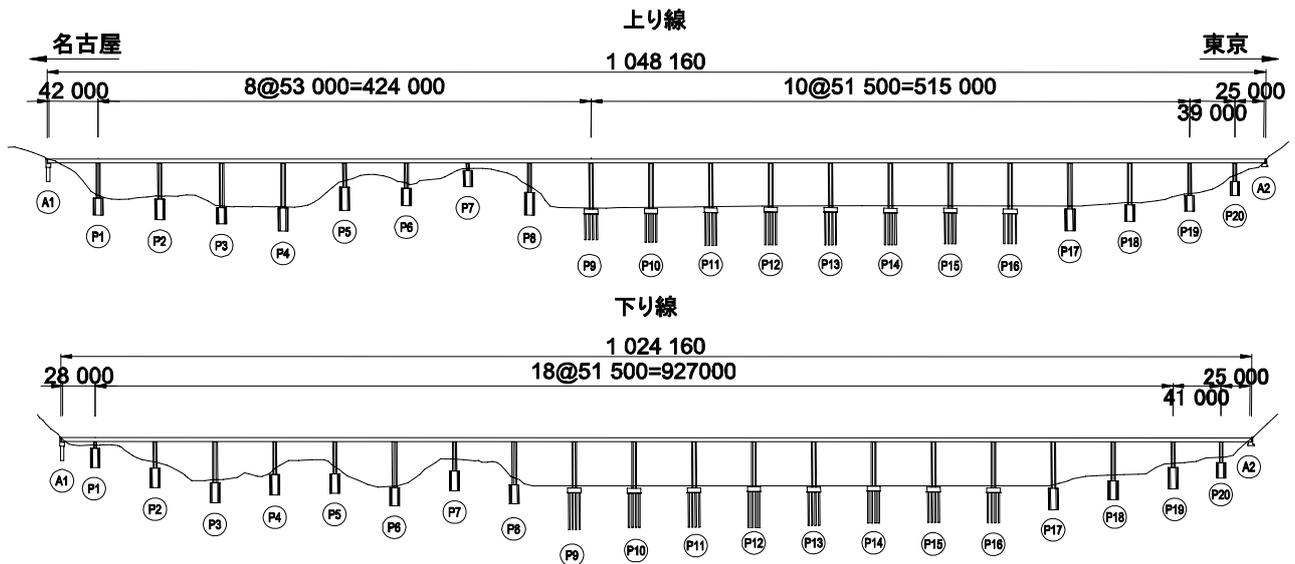


図-1 全体一般図(単位:mm)

表-1 橋梁諸元

橋長	1048.160m(上り線), 1024.160m(下り線)
幅員	有効幅員:16.500m, 主桁幅:17.680m
構造形式	21径間連続箱桁橋(上下線共)
支間長	42.0+8@53.0+10@51.5 +39.0+25.0m(上り線) 28.0+18@51.5+41.0+25.0m(下り線)
断面形状	ストラット付一室PC箱桁(上下線共) 桁高:3.500m, 支間桁高比:15.1

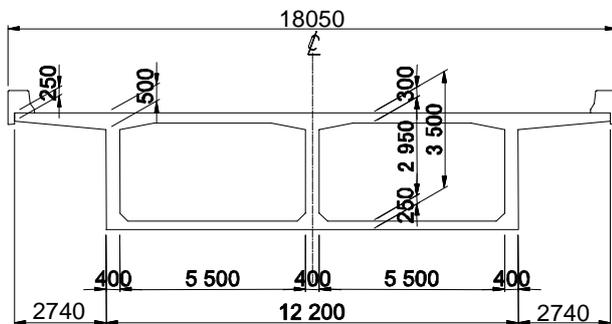


図-2 二室PC箱桁断面の例(断面積:12.830m²)

(2)ストラット付PC箱桁

ストラット付PC箱桁とは、斜めに配置されたストラットと呼ばれる棒部材で張出し床版を支持する形式の箱桁である。一般のPC箱桁に比べて張出し床版の幅が広く、下床版の幅が狭い。下床版幅の縮小に伴って上部構造の重量が軽減されるとともに、橋脚や基礎の規模が縮小される²⁾。

有効幅員が16.5mの箱桁断面について考えると、従来であれば二室PC箱桁が適用されたところを(図-2)、ストラットによって一室PC箱桁の適用が可能となり、断面積が約30%減少する(図-3)。

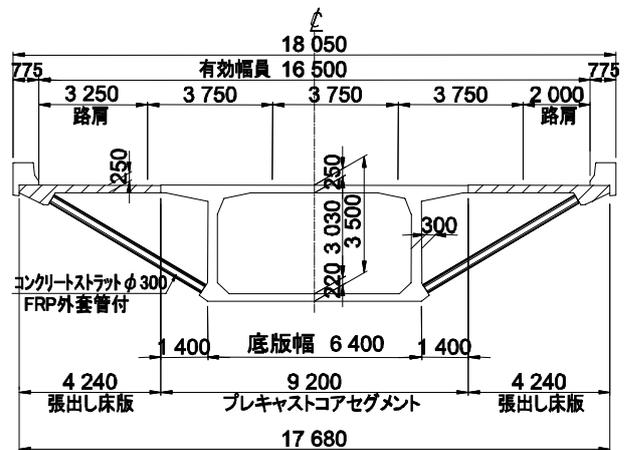


図-3 内牧高架橋のストラット付PC箱桁断面
(断面積:8.940m²)

3. 断面分割型プレキャストセグメント工法

(1)架設手順

本橋の架設は、大きく3段階に分かれる(図-4)。

- ① 支点部コアセグメントの架設
橋脚及び橋台上に位置する箱桁中央部分セグメント(コアセグメント)を、固定支保工上で場所打ち架設する。
- ② プレキャストコアセグメントの製作・架設
支点部位外のコアセグメントを、ショートラインマッチキャスト方式によって、プレキャスト部材として製作し、スパンバイスパン工法により架設する。
- ③ ストラット・張出し床版の架設
専用の移動作業車を使用して、予め工場製作したコンクリート製のストラットを取り付け、場所打ちの張出し床版を架設する。

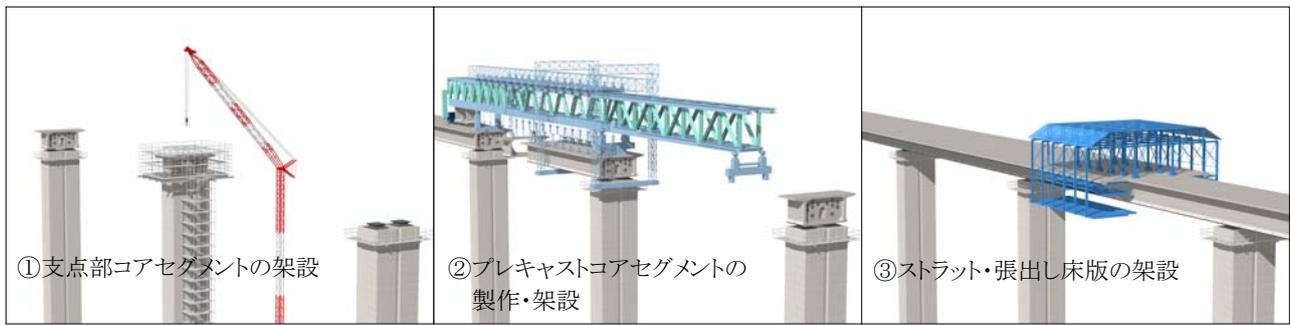


図-4 架設手順

表-2 プレキャストセグメント重量(単位:kN)

		全断面一体セグメント	コアセグメント
1個当たり	偏向部無	679.8	492.1
	偏向部有	756.3	568.6
1径間分(51.5m)		11335.9	8332.4

(2)全断面一体架設と断面分割架設の比較

ここで、本工事において断面を分割せず全断面一体のセグメントとして架設する場合と、断面をコアセグメントと張出し床版に分割して架設する場合について比較する。本工事ではコアセグメントの幅を9.200mとした³⁾。つまり、全断面一体のセグメントに比べて、幅が48%縮小している。

本橋では、ストラット付PC箱桁形式の採用に伴って下部構造が縮小し、橋脚幅が箱桁の下床版幅と等しい6.400mとなっている。したがって、全断面一体の支点部セグメントを、固定支保工によって場所打ち架設する場合、コアセグメントを架設する場合に比べて、張出し床版部分を支持する支保工設備が大規模となる。

プレキャストセグメントの製作・架設に当っては、セグメント幅の縮小に伴い、機械設備の規模の縮小が可能となる。同時に、プレキャストセグメントの重量が25~28%軽減されるため(表-2)、プレキャストセグメントの揚重設備および移動式架設桁の能力の低減が可能となる。よって、箱桁中央部分のみをプレキャスト化することで、製作・架設設備の小規模化が可能となる。

また、本工事では第二東名高速道路本線上の限られた敷地内でプレキャストセグメントを製作する(写真-2)。全断面一体のプレキャストセグメントを採用した場合、敷地内に仮置きできるセグメントの数が80個に限られる。一般に、プレキャストセグメント工法では、製作速度を架設速度が上回る。仮置き可能なセグメント数が少ない場合、製作速度に合わせて架設速度を調整する必要が生じ、プレキャストセグメント工法の最大の特徴である架設の急速化が望めない。



写真-2 セグメント製作・ストックヤード



写真-3 全断面一体プレキャストセグメント(イメージ)

これに対して、箱桁中央部分のみをプレキャストセグメントとした場合、150個のセグメントが仮置き可能となり、架設工程と製作工程の相互依存関係が低下する。

さらに、全断面一体のプレキャストセグメントを採用した場合(写真-3)、セグメントの長さが3.0mに対して幅が17.680mであり、その比が約1:6となるうえ、張出し床版が5.640mと広いため、温度勾配による旧セグメントのそり現象が懸念される。

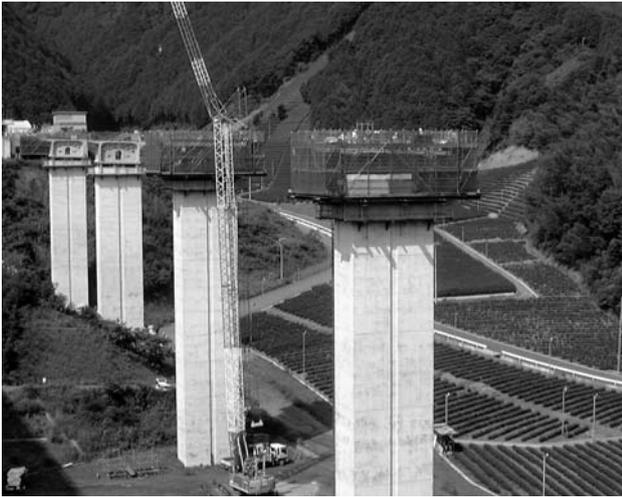


写真-4 支点部コアセグメントの場所打ち架設



写真-5 完成した支点部コアセグメント

4. 支点部コアセグメント

プレキャストセグメント工法を適用する工事では、一般部に加えて支点部のセグメントもプレキャスト化する例が多く紹介されているが、本工事では以下の条件から支点部コアセグメントを場所打ちとした。

本工事で、支点部コアセグメントをプレキャスト化した場合、移動式の架設桁に支点部コアセグメントを架設するための機能を付加する必要がある。すなわち、支点部コアセグメント架設前の橋脚頂部を支点としつつ、支点部コアセグメントの架設を可能とする特殊な架台(支柱)が必要となる⁴⁾。しかしながら、本橋では橋脚の断面が小さく抑えられているため、頂部に架設桁の架台設置が困難である。

一方、支点部コアセグメントをプレキャスト化した場合、専用の製作設備が必要となる。しかしながら、本工事では限られた敷地内でプレキャストセグメントの製作・仮置

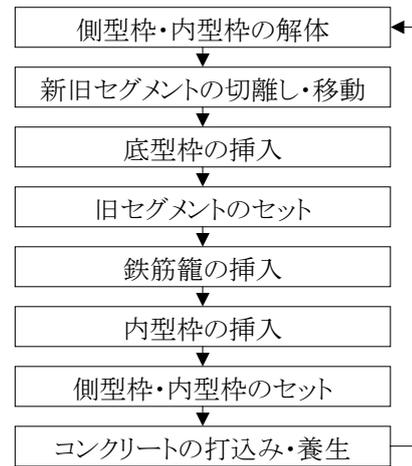


図-5 ショートラインマッチキャスト方式作業フロー

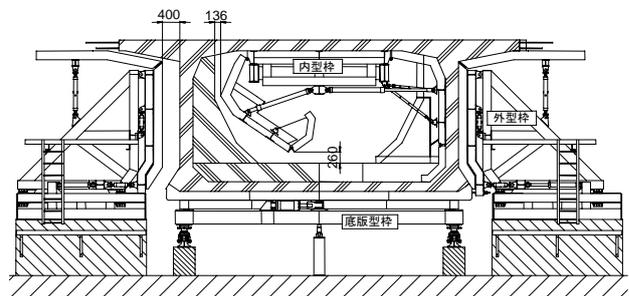


図-6 セグメント製作装置断面図

きを行う必要があり、支点部コアセグメント専用の製作設備を整えるには不十分である。

支点部コアセグメントの場所打ち架設には、脚頂部に設置する固定式の支保工を使用し(写真-4)、1個の支点部コアセグメントを約2ヶ月で完成させた。完成から一般部のプレキャストコアセグメントの架設まで、コンクリート製の仮支承によって支点部コアセグメントを支持した(写真-5)。

5. プレキャストコアセグメントの製作

プレキャストセグメントの製作には、主にショートラインマッチキャスト方式とロングラインマッチキャスト方式が適用される。本工事では、製作装置の省スペース化が図れるショートラインマッチキャスト方式(図-5)を採用し、全636個のプレキャストコアセグメント製作に対して製作装置を2基配備した(図-6、写真-6)。

プレキャストコアセグメントは、外ケーブルの偏向部の有無によって分類され、1製作装置当りで偏向部の無いセグメントを1日に1個、偏向部の有るセグメントを2日に1個製作した⁵⁾。

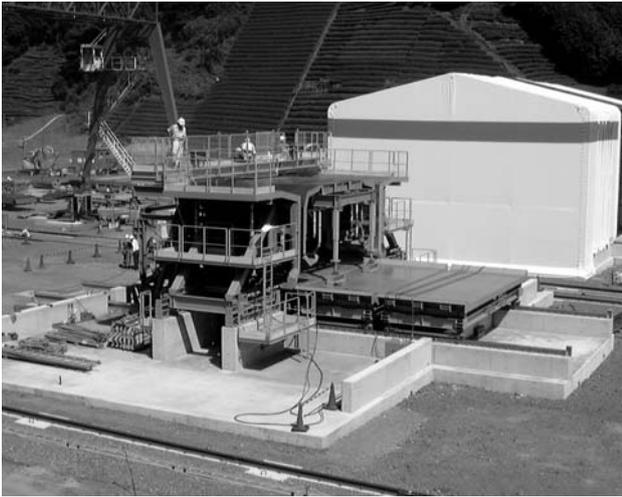


写真-6 セグメント製作装置



写真-7 スパンバイスパン架設

6. プレキャストコアセグメントの架設

プレキャストセグメントの代表的な架設工法として、バランスカンチレバー工法とスパンバイスパン工法が挙げられる。本工事では、比較的支間長の短い橋の架設に適したスパンバイスパン工法を採用した。スパンバイスパン工法とは、移動式の架設桁等を用いて、1径間分全てのセグメントを並べてからプレストレスを導入し、1径間毎に橋の架設を進める工法である(写真-7)。

(1)スパンバイスパン架設手順

本工事では、1径間を9日間で架設した(表-3)。架設手順は以下の通りである(図-7)⁶⁾。

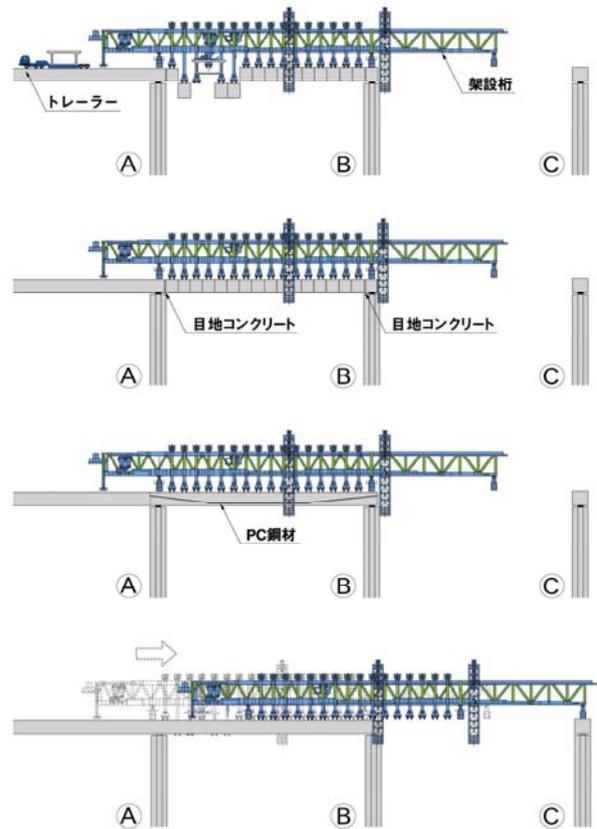


図-7 スパンバイスパン架設手順図

- ① プレキャストセグメントの運搬・仮吊り
架設径間(A-B間)への架設桁設置し、既設径間の橋面を運搬路として、プレキャストセグメントをトレーラーにて運搬した。1径間分全てのセグメントを、架設桁から仮吊りした。
- ② プレキャストセグメントの引寄せ・接着、場所打ち目地コンクリートの打設
仮吊りされたセグメントの端面にエポキシ系接着剤を塗布し、セグメントを1個ずつ接着した。仮吊りされた全セグメントの接着後、支点部コアセグメントとプレキャストコアセグメント間の場所打ち目地にコンクリートを打設した。
- ③ 主方向PC鋼材の緊張
場所打ち目地部の施工中に主方向PC鋼材を箱桁内に挿入・配置し、目地コンクリートの硬化後に緊張した。主方向PC鋼材の緊張と同時に支点部コアセグメントを支持していたコンクリート製の仮支承を撤去した。
- ④ 架設桁の移動
架設桁からのセグメントの吊下げを解除し、架設桁を次の径間(B-C間)へ前進させた。

(2)架設桁の構造

本工事で、コアセグメントのスパンバイスパン架設に使用した架設桁は、全長106m、全高12.6m、総重量7840kNである(図-9)。本架設桁の主な特徴を以下に述べる。

- ① 本橋には標準支間を大きく逸脱する長支間が無いため、架設桁の移動に必要な長さを標準支間に合わせて経済的に設定した。
- ② 架設桁の後方1/3断面を下部が開放された門型とし、コアセグメントを架設桁断面内まで吊り上げられる構

造とすることで、コアセグメントの架台(架台C)上空通過を可能とすると同時に、架設桁の全高並びに重心を低く抑えた(図-8、写真-8)。

- ③ 架設方向に90度回転した状態で運搬されるコアセグメントを、支点上の架台上空通過後に90度旋回させるため、コアセグメント旋回機能を有する揚重設備を装備した。
- ④ 架設位置で仮吊りされたコアセグメントを地上に降ろすこと無く、端面に接着剤を塗布するため、移動式の作業足場を2基装備した。

表-3 スパンバイスパン架設工程表

	作業日								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
架設桁移動	■								
セグメント運搬・仮吊り		■							
引寄せ・接着			■						
目地コンクリート				■					
外ケーブル挿入・緊張					■				
架設桁移動準備						■			

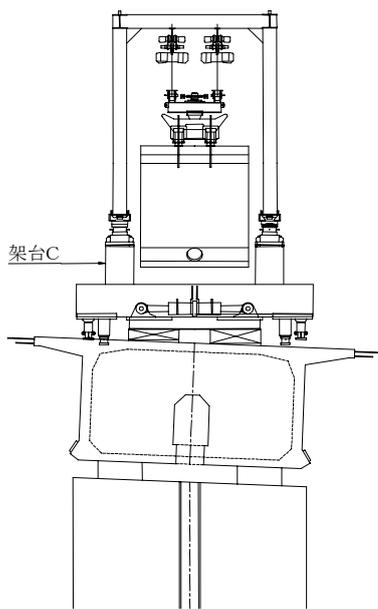


図-8 支点上架設桁断面図

7. ストラット付張出し床版の架設

ストラット付張出し床版の架設に当り、ガイドストラットと呼ばれる多機能部材によって軽量化された、専用の移動作業車を開発した(図-8)。この移動作業車3基により、3箇所同時に施工を進めた(写真-9)⁷⁾。

(1)移動作業車

移動作業車による張出し床版のブロック架設では、移動作業車の自重によって主桁にたわみが生じるため、作業車の前進に伴って、床版上縁に橋軸方向の引張応力が発生する。この引張応力を抑制するため、作業車に



写真-8 セグメント支点上通過状況

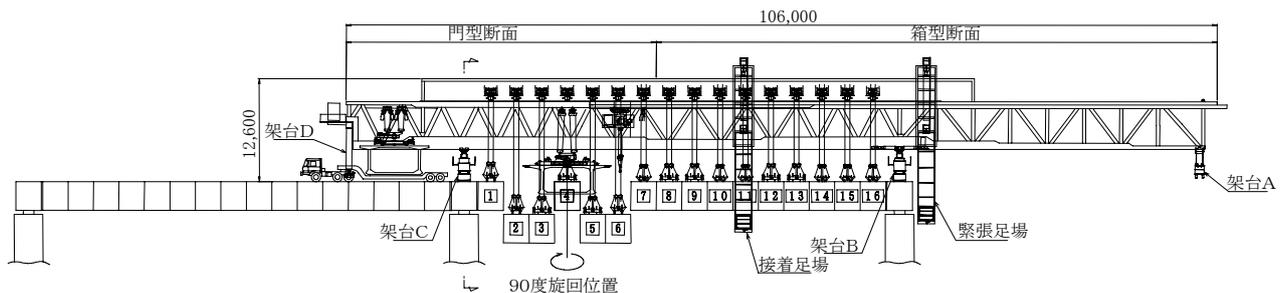
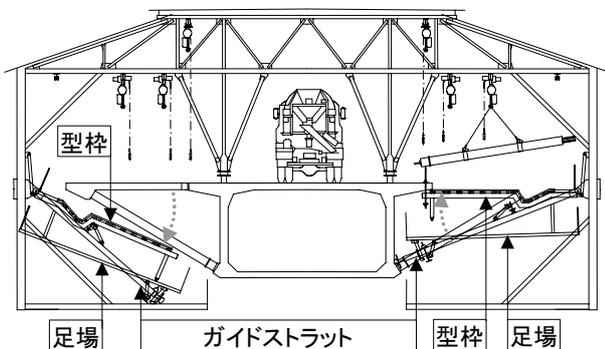


図-9 架設桁構造図



写真-9 専用移動作業車



足場・型枠が降下した状態 足場・型枠が上昇した状態

図-10 専用移動作業車断面図

は軽量化が要求された。同時に、工事期間を短縮するため、施工ブロックの長大化が要求された。

本工事では、移動作業車の重量を1180kNに抑制しつつ、15mブロックを施工できる専用の移動作業車を開発した。本移動作業車の構造上の特徴は、各主フレームの両側に2本ずつ装備されたガイドストラットと呼ばれる多機能の構造部材にある。ガイドストラットは、先行架設されたコアセグメントのウェブ下端を支点として、移動作業車の主フレーム両端を支持する。ガイドストラットの採用により、部材数と各部材の剛性が低減され、移動作業車の軽量化が実現した。ガイドストラットの機能を以下に述べる。

a) 型枠裏面足場を支持する機能

ガイドストラットと型枠裏面の足場を一体としたため、移動作業車の前進後にガイドストラットを吊り上げ、その先端をウェブ下端に設置することにより、型枠裏面の足場の組立てが完了する。同様に、ガイドストラット先端をウェブ下端から取り外して吊り下ろすことによって、型枠解体後の型枠裏面足場の解体が完了する(図-9)。

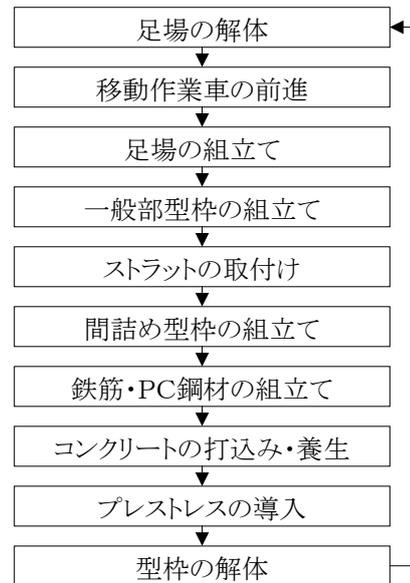


図-11 ストラット付張出し床版架設フロー

b) ストラットを保持する機能

ストラットの取付け後、コンクリートの打込み・型枠の解体まで、ガイドストラットから本設のストラットを保持する。ガイドストラットが、フレーム全体の剛性を向上させるため、コンクリート打設時のストラット先端の鉛直変位が、5mm程度に抑制されている。

c) コンクリート打設時に型枠のたわみを抑制する機能

上述の通り、ガイドストラットがフレーム全体の剛性を向上させるため、コンクリート打設による張出し床版先端での型枠の鉛直変形が、5mm程度に抑制されている。

(2) ストラット付張出し床版の架設手順

専用の移動作業車をストラット付張出し床版の架設手順は以下の通りである(図-11)。施工ブロック長は15mであり、9日で1ブロックを施工した。

① 足場の解体

移動作業車前進の際に、架設されたストラットと型枠・足場間にクリアランスを確保するため、ブロック施工完了毎に移動作業車の型枠・足場を、ガイドストラットの降下によって、ストラットの下方まで回転降下させた。

② 移動作業車の前進

主フレームの脚下端の荷重を油圧ジャッキからチルトタンクへ受け替え、電動チルトホールによる牽引で、移動作業車を前進させた。

③ 足場の組立て

再びチルトタンクからジャッキへ荷重を受け替え、ガイドストラットをウェブ下端に設置することで、型枠裏面の足場を組み立てた。



写真-10 ストラットの取付け

- ④ 一般部型枠の組立て
型枠は一般部と間詰め部に分かれ、まずストラット取付け断面を除いた一般部の型枠を組み立てた。大パネル化された一般部型枠を、足場上から回転上昇させ、組立てを完了させた。
- ⑤ ストラットの取付け
ストラットを積載したトラックを直接橋面へ誘導し、施工対象ブロック後方の張出し床版上にストラットを仮置きした。組立ての完了した一般部型枠を作業床として、ストラットを取付け断面に吊り下ろした(写真-10)。ストラットをガイドストラットで支持した状態で、取付け角度を微調整し、接合面にエポキシ樹脂を塗布した後に、ストラットとコアセグメントを接合した。接合後のストラットを、ガイドストラットから保持した。
- ⑥ 間詰め型枠の組立て
ストラットの取付け断面に位置する間詰め型枠を、ストラットの取付け完了後に組み立てた。
- ⑦ 鉄筋・PC鋼材の組立て、コンクリートの打設・養生
間詰め型枠の組立て後、鉄筋・PC鋼材を組み立て、コンクリートを打設した。
- ⑧ プレストレスの導入、型枠の解体
一定期間養生後にプレストレスを導入し、型枠を解体した。間詰め型枠の解体に続いて一般部型枠を解体した。

8. おわりに

以上より、内牧高架橋の架設に当って採用した工法について、以下の結論が得られる。

- ① 全断面一体架設と断面分割架設を比較し、支点部セグメントおよびプレキャストコアセグメントの製作・架設において設備の縮小が可能なら、仮置きスペースの確保が可能な断面分割架設を採用した。
- ② 支点部コアセグメントを場所打ちとして、仮置きスペースを確保すると共に、移動式架設桁の機能を簡素化した。
- ③ ショートラインマッチキャスト方式により、1日1個のプレキャストコアセグメントの製作を達成すると共に、スパンバイスパン工法によって、9日に1径間の架設を達成した。
- ④ ストラット付張出し床版の架設に当って、専用の移動作業車を開発した。ガイドストラットの採用により、移動作業車を軽量化した。
- ⑤ ブロック長15mの張出し床版標準ブロックを、9日で架設した。

本工事では、2006年1月に上下線の張出し床版架設を完了した。本報告が、同種工事の計画・施工の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 複合橋設計施工規準, プレストレストコンクリート技術協会, 2005.
- 2) 本間淳史, 青木圭一, 山村正人, 齋藤公生: 第二東名高速道路内牧高架橋(上部工)の設計, 橋梁と基礎, Vol.39, No.6, pp.5-11, 2005.
- 3) Homma, A., Kuroiwa, T., Kogami, H. and Saito, K.: The Superstructure Design of The Uchimaki Viaduct, 第11回プレ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, pp.61-64, 2001.
- 4) 照井 満, 松橋 立, 横山忠雄, 堀井良範: 木戸川橋の施工(プレキャストセグメントの架設), 第12回プレ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, pp.85-88, 2003.
- 5) 齋藤公生, 本間淳史, 宮越 信, 山村正人: 大容量外ケーブルを適用したプレキャストセグメント偏向部の設計, 第12回プレ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, pp.217-220, 2003.
- 6) 齋藤公生, 本間淳史, 宮越 信, 岡本裕昭: 内牧高架橋におけるコアセグメントのスパンバイスパン架設, 第13回プレ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, pp.397-400, 2004.
- 7) 齋藤公生, 能登谷英樹, 中村一美, 岡本裕昭: 断面を分割架設するストラット付PC箱桁の張出し床版施工, 第14回プレ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, pp.25-28, 2005.