

# プレキャスト PC 桁の製作・架設技術

## — 市街地における大規模 PC 連続高架橋建設の合理化 —

諸橋 明\*1・河野 信介\*2・齋藤 謙\*3

大規模な市街地高架橋の建設には、これまでは工場製作プレキャストセグメントを1支間ごと一括して架設するスパンバイスパン工法に代表されるプレキャスト工法が、高品質化や工期短縮などの点で有利と考えられてきた。しかしながら、固定支保工架設に対するコスト面での課題、架橋地の条件によっては工程短縮効果が薄い場合もあるといった課題があった。第二京阪道路の2工事と首都圏中央連絡自動車道の1工事において、これらの課題への対応策として新たなプレキャスト工法が開発され採用された。これら3工事は、高架橋規模、支間、構造形式が類似した高架橋であるが、架橋地の条件や工事内容に違いがあった。そこで、条件に合わせた3タイプの工法を採用することで、プレキャスト工法の有意性を発揮しつつコスト縮減を図ることができた。

キーワード：プレキャスト工法、急速施工、環境負荷低減、コスト縮減、PC合成床版

### 1. はじめに

支間や桁高が比較的均一に計画された大規模な市街地高架橋の建設には、これまでは工場製作プレキャストセグメントを1支間ごと一括して架設するスパンバイスパン工法に代表されるプレキャスト工法が、高品質化や工期短縮などの点で有利と考えられてきた。しかしながら、固定支保工架設に対するコスト面での課題、架橋地の条件によっては工程短縮効果が薄い場合もあるといった課題があった。

第二京阪道路の茄子作地区高架橋<sup>1)</sup>と青山地区高架橋<sup>2)</sup>(事業主：国土交通省近畿地方整備局)、首都圏中央連絡自動車道の中野高架橋(事業主：NEXCO 中日本東京支社)の3工事は、高架橋規模、支間、構造形式が類似した高架橋を建設するものであるが、確保できる施工ヤード面積や工事内容に違いがあった。そこで、従来のプレキャストセグメント工法の課題への対応策について、各工事の条件に合わせた検討を行い、3タイプの架設工法を開発した。

本稿は、これら3工事に採用した新しいプレキャスト工法についての報告を行うものである。

### 2. 従来工法の課題

市街地に建設される大規模なプレストレストコンクリート(以下、PC)連続高架橋において、実績から考えられる従来工法を採用した場合の課題を以下に記述する。

#### ① 固定支保工架設

- 工期短縮のためには複数のパーティが必要となり、コストアップとなる。
- 広範囲での同時施工となり、支保工、型枠の組立て解体時やコンクリート打設時の騒音、振動が懸念さ

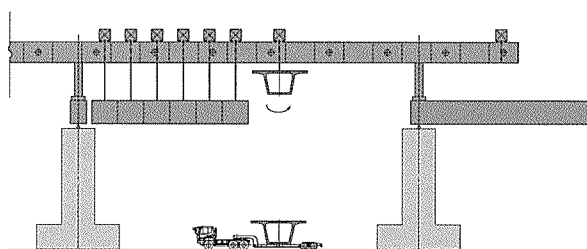


図 - 1 プレキャストセグメントによるスパンバイスパン架設(従来型)



\*1 Akira MOROHASHI

三井住友建設(株) 土木本部  
土木設計部



\*2 Shinsuke KAWANO

三井住友建設(株) 大阪支店  
土木部



\*3 Kenichi SAITO

三井住友建設(株) 東京土木支  
店 土木部

れる。

- 労働集約型の性質があるうえに複数のパーティとなると品質管理面、安全管理面で不利となる。

② プレキャストセグメントによるスパンバイスパン架設（従来型、図 - 1）

- 1支間分すべてのプレキャストセグメントを架設ガーダーで空中に吊り下げた状態（セグメントの全重量を架設ガーダーが受けた状態）で主桁の接合一体化を行うため、非常に大型の架設ガーダーが必要となり、これがコストアップの一因となる。
- さらに工期短縮が要求される場合、架設ガーダーが複数基必要となり、さらに工費が増大する。

プレキャストセグメント工法は、品質、工期、安全、環境という点では、有意性を発揮できる優れた工法であるが、固定支保工架設に対するコスト面での課題があった。

### 3. U桁リフティング架設工法

#### 3.1 茄子作地区高架橋の概要

茄子作地区高架橋は、第二京阪道路の一部として大阪府枚方市から交野市にかけて建設された高架橋である。全体一般図を図 - 2、主桁断面図を図 - 3に示す。平均支間40 m、桁高2.8 m一定の20径間連続構造で、全幅30 mの幅員に対して4主の箱桁で構成されている。

第二京阪道路は、閑静な市街地から都市部にかけて建設された工事であり、品質確保・コスト縮減はもとより、各工区において急速建設とともに周辺住民に配慮した工事が求められた。本橋も同様であり、とくに工期においては、実施設計、準備工を除くと18ヵ月で橋長790 mの高架橋上部工事を完了させる必要があるが、工程短縮が必須であった。

#### 3.2 U桁リフティング架設工法開発の経緯

茄子作地区高架橋工事における架橋地の条件と工事の特徴を以下に示す。

- ① 高架橋下部工事は完了しており、場内は整地された状態である。
  - ② 施工ヤードを現場敷地内に比較的広く確保できる。
- 本工事では、前述の工事に対する要求に対して、これら①②の条件を最大限有効利用することに着目した。そこで

1支間分のプレキャスト桁を現場敷地内で製作し、これを場内運搬、架設ガーダーにより吊上げ一括架設して工程短縮を図る工法を採用した。本工法では、1支間分の長さのプレキャスト桁を、橋脚に近い、すなわち支持点に近い位置で架設ガーダーを用いて吊り上げることににより、架設ガーダーに作用する曲げモーメントをきわめて小さく抑えることを可能とした。さらに、第二名神高速道路の古川高架橋<sup>3)</sup>（2002年完成）で実用化した床版部をあと施工とするU形の桁構造（図 - 4）を適用することで、上床版をあとからの施工として吊上げ重量を一層軽減した。これらにより架設ガーダーに作用する曲げモーメントを従来のスパンバイスパン工法の1/6に低減でき、架設ガーダー重量を大幅に軽量化することで（図 - 5）、コストを縮減した。また、あと施工となる床版部は、PCコンボ橋の技術を適用し、PC板を用いたPC合成床版構造を採用することで（図 - 4）、施工の合理化を図った。

U桁リフティング架設工法の概要図を図 - 6に示す。

#### 3.3 架設工法の概要

##### (1) U桁の製作、場内運搬

現場敷地内に配備した製作ヤードには、4基の製作ベッドを設け、U桁の製作を行った（写真 - 1）。

U桁製作後、製作ベッドから前後2台の大型トレーラーに積み込み、架設地点まで場内運搬する（写真 - 2）。トレーラー上では、前輪については回転台+ウェブ直下の2点支持、後輪については全周球座+横梁の1点支持の計3点支持構造とすることで、路面の不陸に対してU桁にねじり変形が生じない構造とした。

##### (2) U桁の吊上げ

架設地点に到着後、U桁の吊上げを行う（U桁重量2400 kN、写真 - 3）。吊上げ点近傍の局所的な引張応力が本体構造に影響を及ぼさないよう、ウェブ内側に吊上げ架設用のリブ部材を設け、差し込んだピンを吊り上げる方法を採用した。吊上げ架設時の安全性については、3次元FEM解析による検討を実施するとともに、実物大の模型載荷実験により妥当性を検証した。

##### (3) U桁の横移動・柱頭部との接合

吊上げ完了後、U桁を吊った状態で架設ガーダーを所定

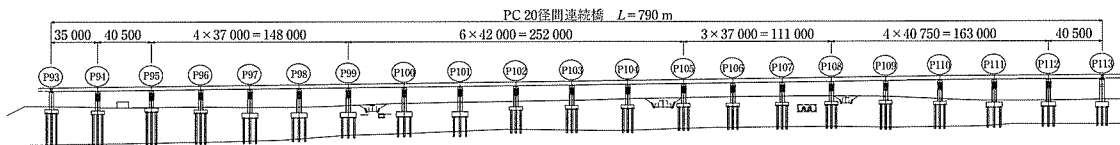


図 - 2 茄子作地区高架橋 全体一般図

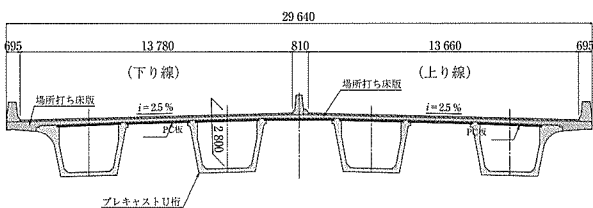


図 - 3 茄子作地区高架橋 主桁断面図

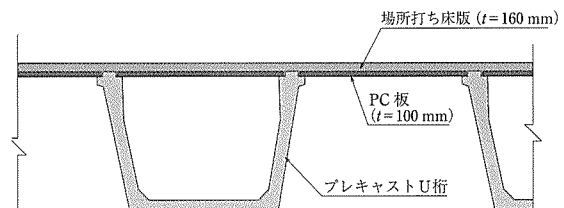


図 - 4 主桁形状と床版構造（茄子作地区高架橋）


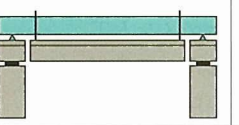
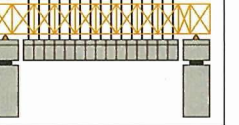
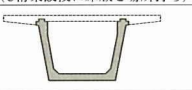

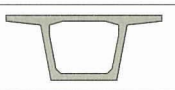
架設工法	U桁リフティング架設工法	一括吊上げ工法	一般的なスパンバイスパン工法
架橋地点の条件	プレキャストの製作ヤードが確保できる		プレキャストの製作ヤードが確保できない
工法イメージ図			
主桁断面の構築方法	合成断面 (U桁架設後に床版を場所打ち)	箱形断面	箱形断面
			
ガーダーに作用する最大モーメント	4100 kN・m 18%	6800 kN・m 30%	23000 kN・m 100%

図 - 5 架設ガーダー作用力の比較

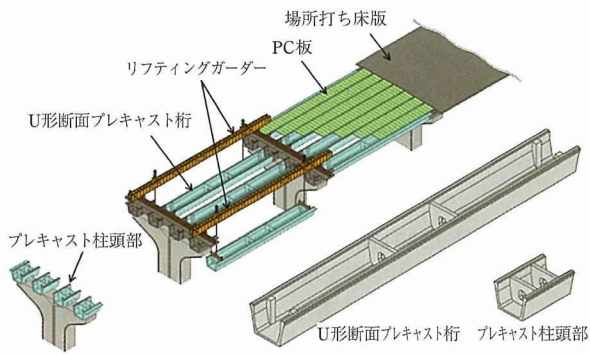


図 - 6 U桁リフティング架設工法の概要図



写真 - 3 U桁リフティング架設状況



写真 - 1 U桁製作ヤード全景



写真 - 4 U桁横移動状況



写真 - 2 U桁の場内運搬



写真 - 5 PC板敷設完了

位置まで横移動を行い（写真 - 4）、引続き2基目のガーダーにより2本目のU桁の吊上げ、横移動を行う。

柱頭部とU桁間は、従来のプレキャストセグメント工法で多数実績のある幅 150 mm の無筋目地とした。架設ガーダーでU桁を支持した状態で無筋目地部のコンクリートを打設した後、外ケーブルを緊張し柱頭部と連結させる。同様に3本目、4本目のU桁架設を行い、1支間分の架設を完了させる。

(4) 床版部の施工

床版部の施工は、PC コンポ橋の合成床版構築と同様、PC板をU桁上とU桁間に敷設し（写真 - 5）、鉄筋組立て後、これを埋設型枠としてコンクリートを打設するものである。床版コンクリートには、温度応力と次スパン打設時のリバウンドによる応力が発生するため、膨張材を添加した収縮補償コンクリートを使用するとともに、温度応力解析の実施により適切な補強鉄筋を配置することとした。

4. 後方組立方式スパンバイスパン架設工法

4.1 青山地区高架橋の概要

青山地区高架橋は、第二京阪道路の一部として大阪府交野市に建設された高架橋である。架橋地が前述の茄子作地区高架橋に近接しており、支間割、構造形式などもほぼ類似している。主桁断面図を図 - 7 に示す。

本橋も茄子作地区同様、工程短縮を求められるとともに、架橋地の約半分が民家に近接しており、施工中の環境負荷を低減できる工事とする必要があった。

4.2 後方組立方式スパンバイスパン架設工法開発の経緯

両橋は、構造や工事に対する要求事項が類似したものであったが、架橋地の条件や工事の特徴に異なるものがあった。青山地区高架橋の特徴を以下に記す。

- ① 高架橋上下部工の建設に加えて、桁下一般道の道路改良工事が含まれている（盛土工事や函渠等構築）。
- ② 工程上、これらを並行して行う必要がある。
- ③ 隣接した他工区も使用する工事用道路を確保する必

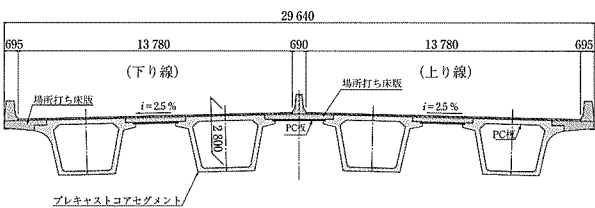


図 - 7 青山地区高架橋 主桁断面図

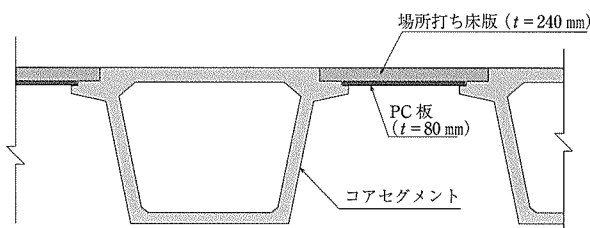


図 - 8 主桁形状と床版構造（青山地区高架橋）

要があり、当工事で使用できるヤード面積が少ない。

本工事では、施工ヤードが少ないという条件に対して、主桁をプレキャストセグメントとしてPC工場にて製作することとした。また、桁下に制約があるという条件に対して橋面上で主桁を組み立て、これを一括架設して工程短縮を図ることとした。また、主桁の軽量化のため張出し床版を省いたコアセグメント方式を採用するとともに（図 - 8）、横移動装置の併用により架設ガーダーの基数を削減することで、架設ガーダーのコストを大幅に削減した。あと施工となる主桁間の床版は、茄子作地区高架橋同様、PC板を用いたPC合成床版構造を採用し（図 - 8）、施工の省力化によるさらなる工程短縮とコストダウンを図ることとした。

4.3 架設工法の概要

後方組立方式スパンバイスパン架設工法の概要を図 - 9、架設ステップを以下に示す。

- STEP 1 : 1本目のセグメントを架設径間の後方で組み立て（写真 - 6）、台車で橋面を運搬し（写真 - 7）、架設ガーダーにより架設する（主桁重量 3 500 kN、写真 - 8）。
- STEP 2 : 1本目の主桁を横移動装置で受け替えて（写真 - 9）所定位置まで横移動した後（写真 - 10）、PC鋼材を緊張。並行して2本目の主桁を後方で組み立て、運搬して架設する。
- STEP 3 : 3本目、4本目の主桁を同様に順次架設し、PC

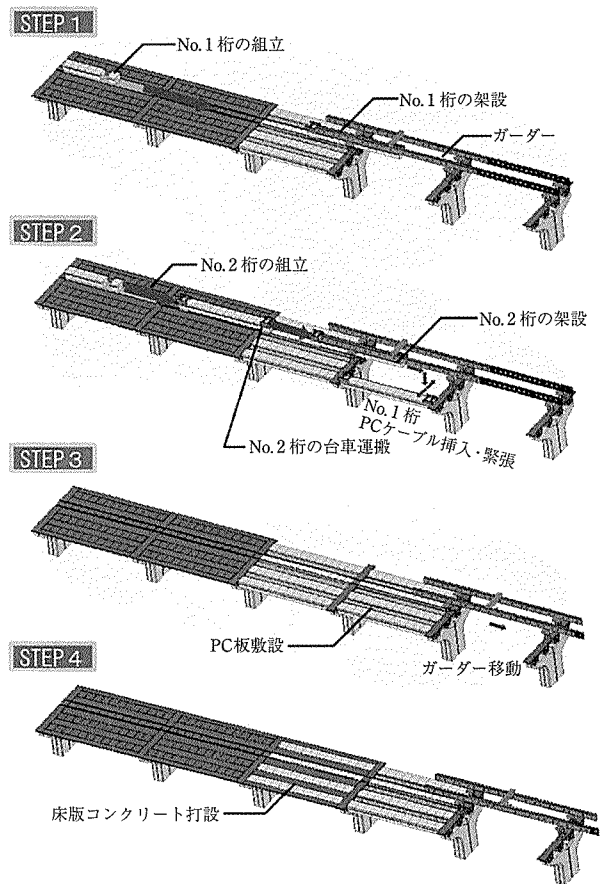


図 - 9 後方組立方式スパンバイスパン架設工法の概要図





写真 - 6 主桁の組立て状況



写真 - 9 横移動装置



写真 - 7 主桁の橋面運搬



写真 - 10 主桁の横移動状況



写真 - 8 架設ガーダーによる主桁架設

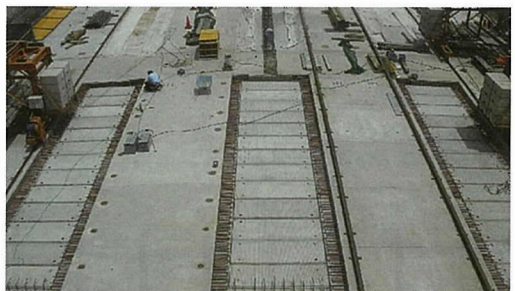


写真 - 11 PC板敷設完了

		従来工法	
		桁下空間の制約がある場合	桁下空間の制約がない場合
架設要領図	後方組立方式スパンバイスパン工法	 セグメントの橋面運搬 ガーダーを横移動して4本の主桁を順次架設	 桁下までヒール運搬 ガーダーを横移動して4本の主桁を順次架設
	備考	(使用機械設備) ・エレクションガーダー1基 ・セグメント荷上げ用クレーン ・橋面運搬設備 ・横移動装置 (4主桁1スパン架設サイクル) 1.0 桁下空間 → 制約あり エレクションガーダー基数を同条件として比較	(使用機械設備) ・エレクションガーダー1基 ・エレクションガーダー ・セグメント荷上げ用クレーン ・橋面運搬設備 (4主桁1スパン架設サイクル) 2.5～3倍 ※サイクル日数短縮のためにはガーダー基数を増やす必要あり 桁下空間 → 制約なし エレクションガーダー基数を同条件として比較

図 - 10 後方組立方式スパンバイスパン架設工法と従来工法との比較

板を敷設した後（写真 - 11）、架設ガーダーを前方の径間に移動する。

STEP 4：後方径間で床版後打ちコンクリートを打設。  
本工法の大きな特徴は、以下の2点である。

- ① 所定の1箇所でセグメントを荷揚げし、橋面上で主桁を組み立て架設を行うため、桁下条件に左右されずに上部工の架設を行うことが可能である。
- ② 架設ガーダーにて主桁架設後、直ちに横移動装置で受け替え独立させることにより、架設後の作業と並行して次の主桁の組立てを行うことができるため、架設ガーダー1基でも工程短縮が図れ、コストも削減できる。

架設ガーダーを1基として比較すると、従来のスパンバイスパン工法と比べて1/2～1/3の日数での架設が可能となる。言い換えれば、従来工法で本工法と同様の施工速度とするためには、架設ガーダーが2基ないし3基必要になる。従来工法との比較を図 - 10 に示す。

## 5. 分割方式U桁リフティング架設工法

### 5.1 中野高架橋の概要

首都圏中央連絡自動車道中野高架橋は、神奈川県海老名市に建設中の市街地高架橋である。全体一般図を図 - 11、主桁断面図を図 - 12 に示す。中橋梁（支間 38.5 m、8 径間連続箱桁）と北橋梁（支間 40 m、7 径間連続箱桁）の2橋から成る高架橋であり、全幅 10.4 m を有する2主箱桁の上下線から構成される。

当初計画は、固定式支保工架設であったが、架橋地が軟弱層を有する地盤であり、支保工の不等沈下が懸念された。また、架橋地が住宅地に近接しており、施工中の騒音・振動等の環境負荷を低減できる工法が求められた。

### 5.2 分割方式U桁リフティング架設工法開発の経緯

本工事は、茄子作地区高架橋同様、下部工事は完了しており、場内は整地された状態である。よって、上述の課題に対して、U桁リフティング架設工法の採用を検討した。しかしながら、現場敷地が狭く1支間分のU桁製作のための製作ベッド数基を配備するヤードを確保できないという条件があった。そこで、主桁を5分割にセグメント化して製作することとし、接合架台上で間詰めを打設して一体化させ1本の主桁を製作する方法を採用した。

分割方式U桁リフティング架設工法の概要を図 - 13 に示す。プレキャスト桁はU型形状（図 - 14）として軽量化を図り、5分割（長さ 7.2 m、重量 360 kN）して製作、間詰め打設により1本の主桁とする（図 - 15）。本橋の下部工は、上下線分離構造であること、架橋地の両外側の施工ヤードが狭いことから、U桁の運搬は上下線橋脚間に軌道を設置し、青山地区高架橋の橋面運搬同様、専用台車により行うこととした。

簡素化した架設ガーダー、PC板を用いた上床版構造等は、茄子作地区高架橋と同様である。

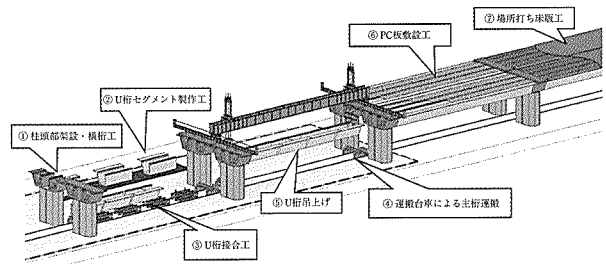


図 - 13 分割方式U桁リフティング架設工法の概要図

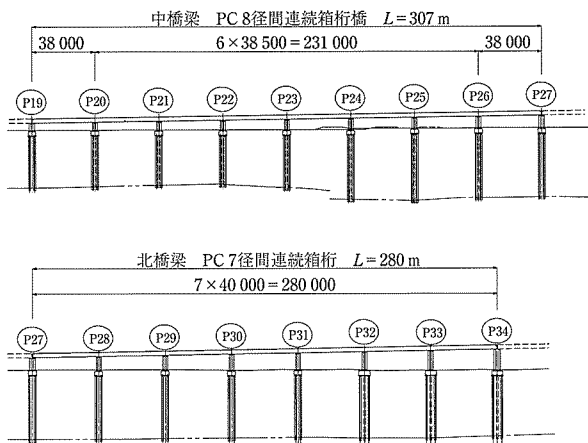


図 - 11 中野高架橋 全体一般図

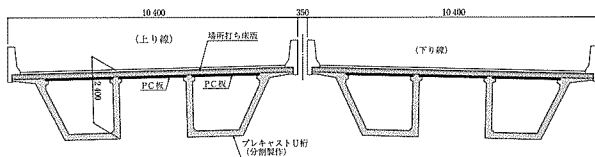


図 - 12 中野高架橋 主桁断面図

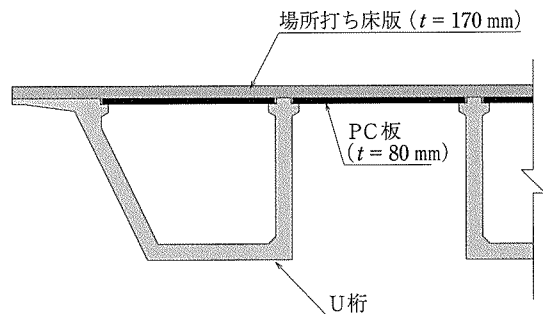


図 - 14 主桁形状と床版構造（中野高架橋）

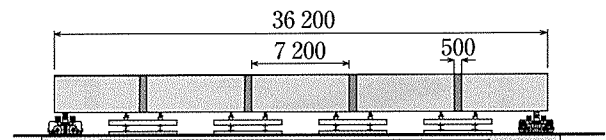


図 - 15 U桁組立て要領

### 5.3 架設工法の概要

- (1) U形セグメントの製作、U桁組立て  
U形セグメントの製作は、4基配備した製作設備にて行





写真 - 12 U型セグメント製作設備



写真 - 16 U桁リフティング架設状況



写真 - 13 U桁の組立て状況



写真 - 14 運搬台車軌道



写真 - 15 U桁の台車運搬

う(写真 - 12)。セグメント製作後、接合架台上に設置したジャーナルジャッキ上に仮置きする(写真 - 13)。この際、両端部はU桁運搬台車にて支持する。ループ継手を用いた間詰め部の鉄筋組立て、型枠セット後、コンクリートを打設する。

(2) U桁の台車運搬

間詰めコンクリートの強度発現後、内ケーブルを緊張し、両端の運搬台車にて支持、軌道上の台車運搬を開始する(U桁重量 1 600 kN, 写真 - 14, 15)。

架設位置到着後、吊上げ(写真 - 16)、横移動、目地コンクリート、外ケーブル緊張による柱頭部との一体化、床版施工の順に茄子作地区高架橋と同様の手順にて橋体を構築する。

6. 主桁架設のサイクル工程

茄子作地区高架橋と青山地区高架橋の主桁架設サイクル工程を表 - 1 および表 - 2 に示す。

茄子作地区工事では、U桁の製作サイクルと架設サイクルを同一日数とすることで、製作したU桁のストックヤードを不要とした。そして、U桁製作ヤードを4ベッド、リフティングガーダーを2基使用し、2週間に1支間4主桁の架設を実現した。

青山地区工事では、セグメントの搬入・橋面荷揚げ・接

表 - 1 茄子作地区高架橋 主桁架設サイクル工程

実質日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U桁1 (ガーダー-1)	運搬	架設	目地con	PC	緊張							
U桁2 (ガーダー-2)		運搬	架設	目地con	PC	緊張						
U桁3 (ガーダー-1)						運搬	架設	目地con	PC	緊張		
U桁4 (ガーダー-2)							運搬	架設	目地con	PC	緊張	
ガーダー-1,2	ガーダー移動											

表 - 2 青山地区高架橋 主桁架設サイクル工程

実質日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
主桁1	接合・架設		目地・PC		緊張	ナス撤去						
主桁2			接合・架設		目地・PC		緊張	ナス撤去				
主桁3				接合・架設		目地・PC		目地CON	緊張	ナス撤去		
主桁4							接合・架設	目地CON	緊張	ナス撤去		
ガーダー	ガーダー移動											

合を1日で行い、翌日、運搬・架設・横移動にて架設を完了させ、2日後に次の主桁のセグメントを搬入する。前方径間で、先行架設した主桁のPC鋼材挿入・緊張等を行いながら、後方では次の主桁の接合作業を並行して進める。本工事では、架設ガーダー1基により、1支間4主桁の架設を茄子作地区高架橋と同じ2週間のサイクル日数で実現している。あと施工となる床版部は、両橋とも主桁架設サイクルと同じ2週間サイクルで施工を行い、工程上のロスを少なくしており、主桁架設から床版構築まで、ともに橋面積2400m<sup>2</sup>/月の施工速度を実現している。

中野高架橋は、ヤード面積の関係よりU桁接合架台が1基しか設置できないため、U桁組立てがクリティカルとなり、架設ガーダーを1基としている。このため、1支間分(2主桁×上下線=4主桁)の架設サイクル日数は19日である。

## 7. 周辺環境に与える影響

これら3工事はいずれも市街地高架橋であり、前述のように、施工時の周辺住民に与える環境負荷を低減する必要があった。以下に、これらのプレキャスト工法を採用した場合の環境負荷低減効果を述べる。

(U桁リフティング架設工法)

- 騒音の大きい型枠組立て、コンクリート打設等の作業を特定の製作ヤード位置に限定できる。
- 現場敷地内で主桁を製作することにより、セグメント搬入のためのトレーラの出入りを不要とできる。

(後方組立方式スパンバイスパン工法)

- セグメントを工場で作成することで、現場での製作作業を最小限とすることができる。
- セグメント組立架台を特定の橋面上に設置することで、搬入時のトレーラの出入り箇所を限定できる。

## 8. おわりに

茄子作地区高架橋は2009年3月、青山地区高架橋は2009年12月、ともに厳しい工期のなか、完成した(写真-17, 18)。また、中野高架橋は、2011年8月の完成を目指し、鋭意施工中である。

本稿で報告した3工事の各架設工法は、近年わが国で急速に発展したプレキャストセグメント工法の新たな展開の一つである。異なるそれぞれの架橋地条件に合わせて、品質・工期・環境の点で最適となるよう開発された工法であるとともに、固定支保工架設とコスト的にも十分競争でき



写真 - 17 茄子作地区高架橋 完成全景



写真 - 18 青山地区高架橋 完成全景

る工法であると考えられる。

本稿が、今後期待される新しい架設工法開発の一助となれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 水野, 大國, 室田, 河野, 玉置, 諸橋: U桁リフティング架設工法を採用したPC橋の設計・施工 - 第二京阪道路茄子作地区PC上部工事 -, 橋梁と基礎, pp.5 ~ 11, 2009.6
- 2) 水野, 畠山, 小室, 滝山, 諸橋, 村尾: 第二京阪道路青山地区高架橋の設計と施工 - 上下部工事においてプレキャスト工法を採用した大規模PC高架橋の急速施工 -, 橋梁と基礎, pp.5 ~ 11, 2010.2
- 3) 池田, 春日, 水口, 室田: 古川高架橋の設計と施工 (上), 橋梁と基礎, pp.2 ~ 9, 2001.2

【2010年9月23日受付】