

# 第 12 回 PC橋の架設工法 (その3)

講師：白浜 寛\*

## 1. はじめに

今回の講座 (その3) では、PC 橋の架設工法の最終回として、構造形式に適した架設工法を解説します。その具体例として、アーチ橋、PC 斜張橋、エクストラードード橋および吊床版橋について、図や写真を交えながら解説します。

## 2. アーチ橋の架設工法

アーチ橋はコンクリート橋としても比較的历史が古く、中・小支間の支保工を用いる施工方法でありました。しかし、最近ではアーチ橋をアーチスプリング部からクラウン部に向かって張出し工法によって張り出していく方法も多くとられるようになりました。

コンクリートアーチ橋の架設工法を大別すると表 - 1 に示すとおり分類されます。各架設工法の概要を次項に示します。

表 - 1 アーチ橋の架設工法と支間の関係<sup>1)</sup>

		0	100	200	300(m)	
支保工	接地式支保工	○	○	○	○	
	セントル架設					
	張出し架設	トラス張出し架設				
		斜吊り張出し架設				
	メラン併用張出し架設					
ロアリング架設						

### 2.1 接地式支保工架設

接地式支保工架設は、枠組式または支柱式支保工でアーチリブのコンクリートを場所打ち施工する工法で、比較的平坦な地形における小規模なアーチ橋に採用されています。接地式支保工を写真 - 1 に、施工手順を図 - 1 に示します。

### 2.2 セントル架設

セントル架設は、接地式支保工にて施工することが困難

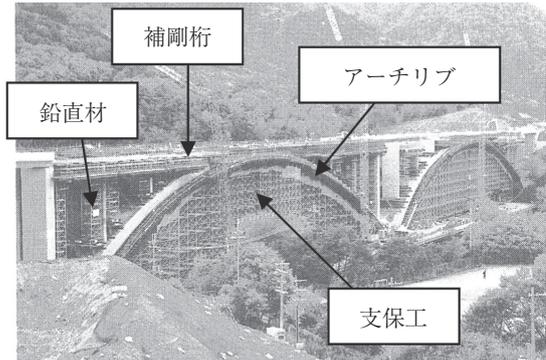


写真 - 1 接地式支保工<sup>1)</sup>

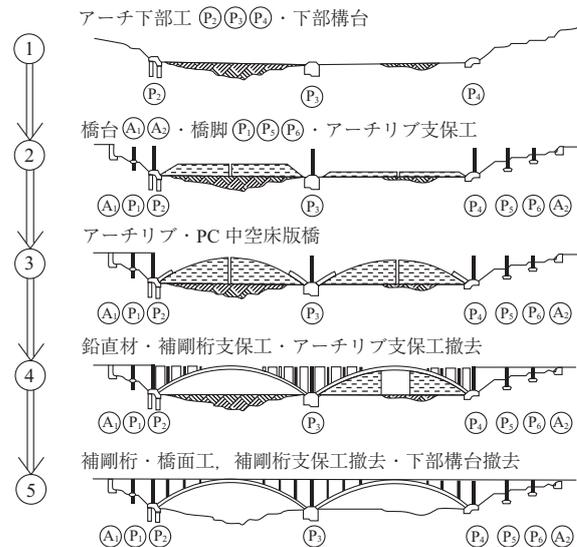


図 - 1 接地式支保工架設の施工手順<sup>1)</sup>

な山岳地帯や、河川敷における中・小支間のコンクリートアーチ橋に適用されます。セントルと呼ばれるアーチ形状を有する鋼製支保工材をアーチリブの施工に先立ち架設した後に、このセントル材を支保工としてアーチリブを施工する工法です (図 - 2)。

セントル材は、あらかじめ地上にて複数のブロックに分割して地組みした後に、ケーブルクレーン等により架設さ

\* Hiroshi SHIRAHAMA : 鹿島建設(株) 土木設計本部 構造設計部 橋梁グループ

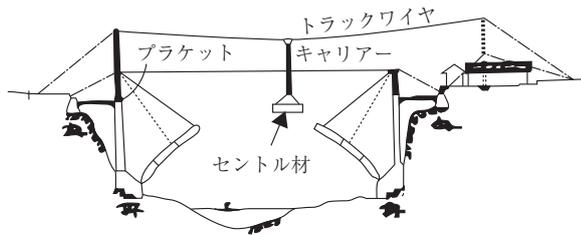


図 - 2 セントル架設<sup>1)</sup>

れ、アーチリブの閉合後に解体・撤去されます。

### 2.3 トラス張出し架設

トラス張出し架設とは、アーチ橋における張出し架設工法の一つであり、アーチリブ上の鉛直材と補剛桁の交点から、斜吊材でアーチリブをつなぎ、トラスを形成しながらアーチリブコンクリートを張出し架設する工法です(図-3、写真-2)。

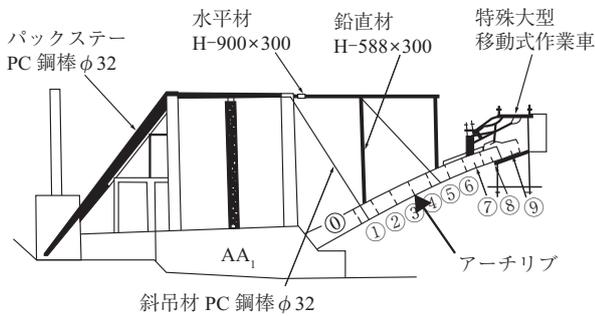


図 - 3 トラス張出し架設<sup>1)</sup>



写真 - 2 トラス張出し架設

この工法は、架設地点の地形条件、資機材の運搬条件などの制約をほとんど受けずに長大アーチを架設できる工法であるとともに、トラスを形成して逐次施工していくため、架設時の剛性が高い構造となります。

### 2.4 斜吊り張出し架設 (ピロン工法)

斜吊り張出し架設(ピロン工法)とは、アーチ橋における張出し架設工法の一つであり、長大支間を有するアーチ橋を支保工を用いずに架設する工法です。

エンドポスト(アーチアバットに立てられる鉛直材)や、

さらにその上に設置されたピロン(仮支柱)から斜吊りされたケーブルによりアーチリブコンクリートを支持しながら張出し架設を行います(図-4、写真-3)。

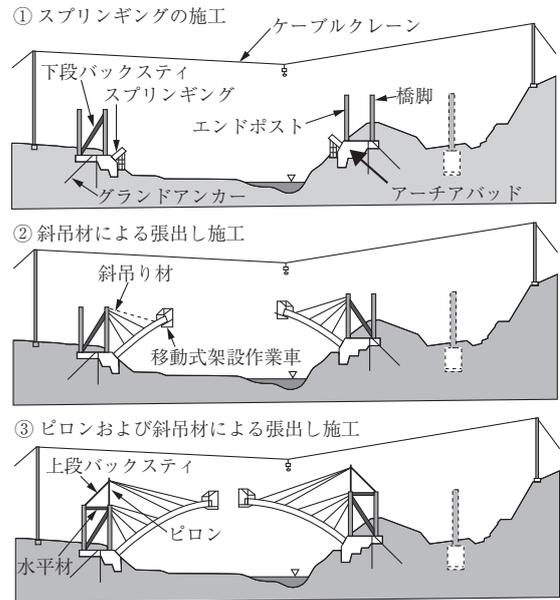


図 - 4 斜吊り張出し架設の施工手順<sup>1)</sup>



写真 - 3 斜吊り張出し架設<sup>1)</sup>

### 2.5 メラン併用張出し架設

アーチリブの施工において、メラン(鋼管あるいは鉄骨)を先行架設してアーチを形成した後に、移動式作業車で張出しながらメランにコンクリートを巻き立てることでアーチリブを形成する工法です(図-5)。

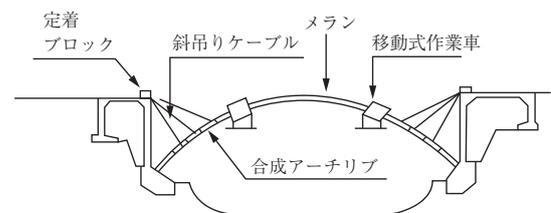


図 - 5 メラン併用張出し架設<sup>1)</sup>

メランの架設は、あらかじめ地上にて複数のブロックに分割して地組みした後に、斜吊りもしくはケーブルクレー

ンなどを用いて行われます。

メラン材をアーチ中央部のみに配置する施工の場合は斜吊り張出し架設やトラス張出し架設工法と併用されることが多く、長大アーチ橋に適用されています。

### 2.6 ロアリング架設

あらかじめ両アバット上にて組立足場もしくはクライミング足場などを用いてアーチリブを鉛直にそれぞれ施工した後に、アーチリブ先端に設置したロアリングケーブルを緩めることで、アーチリブを所定の位置まで降下させる工法です（図 - 6, 写真 - 4）。所定の位置まで降下させた後に、クラウン部（アーチリブ中央）およびスプリング部（アーチリブ両下端）のコンクリートを打設し、アーチリブを完成させます。その後、鉛直材と補剛桁の施工を行って橋梁を完成させます。支保工の設置が困難な山岳地や河川上の中小支間のアーチ橋に適用されます。

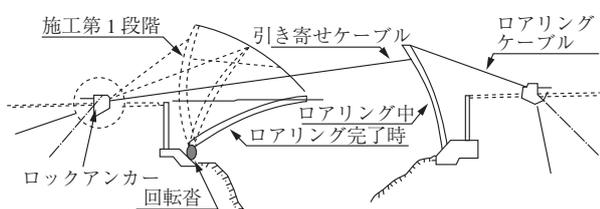


図 - 6 ロアリング架設<sup>1)</sup>



写真 - 4 ロアリング架設<sup>1)</sup>

## 3. PC 斜張橋・エクストラドーズド橋の架設

PC 斜張橋・エクストラドーズド橋は、主桁・主塔・斜材からなりたっており、図 - 7 に示すように各要素でさまざまな構造があり、おのおのの組合せも多岐に渡ります。両者は構造設計の概念が異なり、鉛直荷重に対して PC 斜張橋は斜材のほうがより多く負担し、エクストラドーズド橋は桁のほうがより多く負担します。しかしながら、両者とも構成要素は同じであるため、以下の架設に関する記述では、両者を明確に区別しないものとします。

これらのタイプの橋は、大規模かつ複雑な構造系の構造物となる場合が多いので、施工順序や施工方法によって部材に生じる応力および変形が大きく異なる場合があります。施工にあたっては、これらの影響を十分に把握し、設計図書に示された方法に従って施工し、かつ精度を管理す

主桁	箱桁	翼桁			
	端桁	ホロースラブ			
主塔	A 形	2 本	1 本	門形	逆 Y 形
	単一ケーブル		多数ケーブル		
斜張ケーブル	放射形	ハーブ形	ファン形		
	一面吊り	二面吊り			
主桁結合・主塔・橋脚	(I)				
	(II)				
(III)					
(IV)					

図 - 7 PC 斜張橋・エクストラドーズド橋の構造形式<sup>1)</sup>

る必要があります。

施工事例として張出し架設した手順例を図 - 8 に示します。

### 3.1 主桁の架設

主桁の架設は張出し架設工法や固定支保工式架設工法が採用されており、工法選定にあたっては桁下空間の制約条件、規模、支間長などを考慮しなくてはなりません。なお、移動作業車の構造は斜材緊張時期や斜材の取り合い、主桁の断面形状に配慮する必要があります。

### 3.2 主塔の架設

主塔のリフト割りは 3 ~ 5 m で施工しますが、架設のための高所作業用の足場として総足場工法（写真 - 5）と機械化された移動足場工法（写真 - 6）があります。総足場工法は一般的に主塔高さが比較的低い場合や断面形状が複雑な場合に使用されることが多いです。したがってエクストラドーズド橋の場合は総足場工法による架設が主です。一方、移動足場工法は傾斜した形状や高さが高い主塔に有効で、作業が機械化されているため工期の短縮が可能です。しかし、主塔内に配置された鉄骨に反力をとって移動足場を移動する工法もあるので、そのような場合は強固な鉄骨を用いる必要があります。

### 3.3 斜材の架設

斜材には主塔や主桁の施工と並行して現場で直接製作する現場製作ケーブルと、工場で製作して現場に搬入する工場製作ケーブルの 2 種類があります。また、斜材のグラウトの有無で 2 タイプに分けられます。

現場製作ケーブルは、ケーブル本体である PC 鋼材、鋼

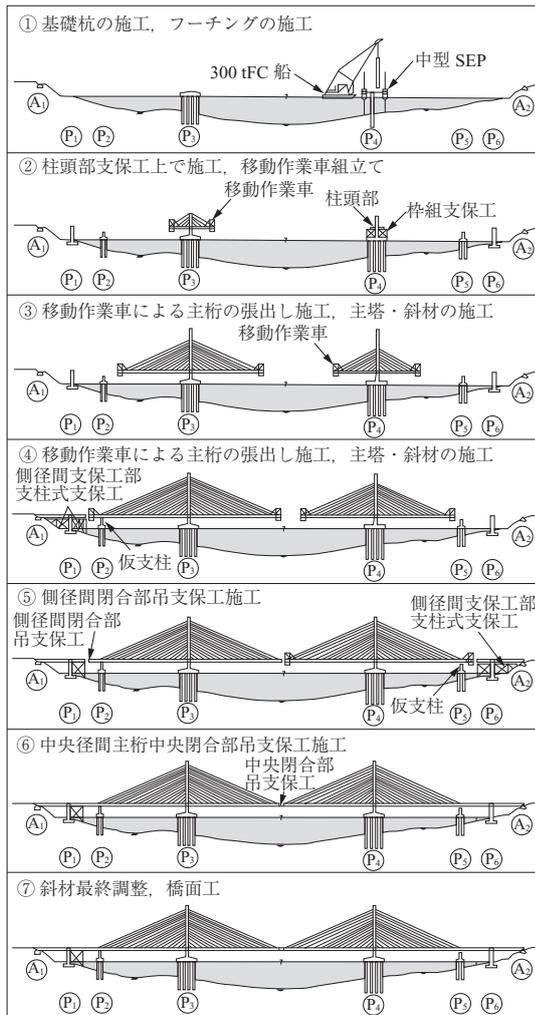


図 - 8 施工手順例<sup>1)</sup>



写真 - 5 主塔の架設 (総足場工法)<sup>1)</sup>

材を保護するための保護管および内部に充填されるグラウトで構成されます。

PC 鋼材として PC 鋼線および PC 鋼より線が使用され、保護管には高密度ポリエチレン管 (PE 管)、繊維強化プラスチック管 (FRP 管) などが使用されています。架設は保護管架設後 PC 鋼材をプッシングマシンで挿入する方法が一般的に用いられています (図 - 9)。

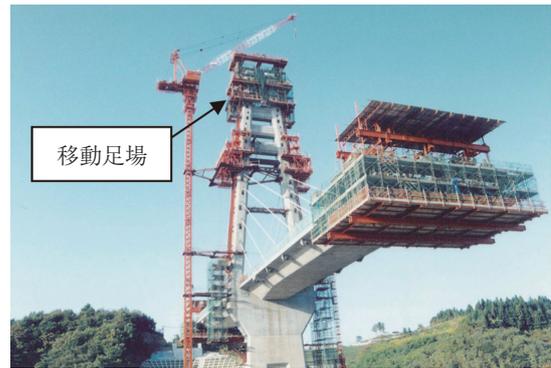


写真 - 6 主塔の架設 (移動足場工法)<sup>1)</sup>

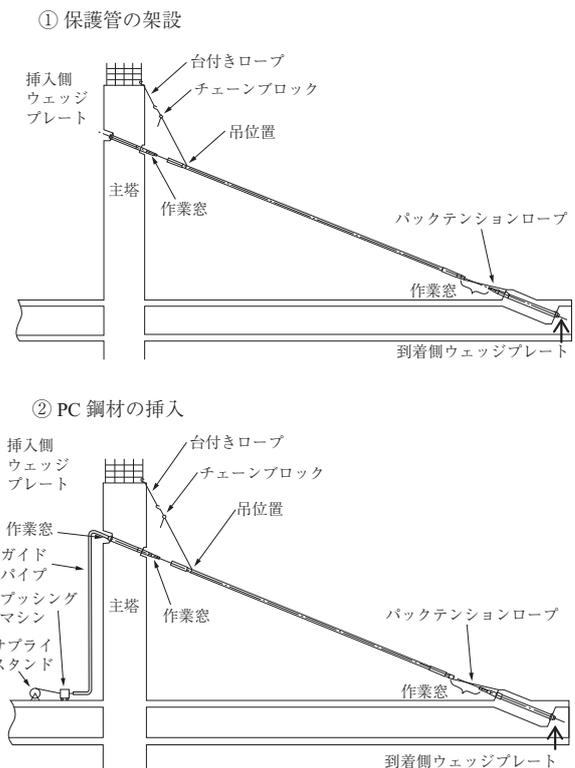


図 - 9 現場製作ケーブルの架設<sup>1)</sup>

工場製作ケーブルには多くの種類が存在しますが、PC 鋼材の周囲に高密度ポリエチレンを押し成形したものが多く使用されています。架設にはリールに巻かれて搬入されたケーブルをクレーンなどで展開し、定着部を主塔および主桁の定着体に引き込み定着・緊張する方法が一般的にとられています (図 - 10)。

#### 4. 吊床版橋の架設

吊床版橋は、橋台間に張り渡した PC 鋼材を薄いコンクリート部材で巻き立てて床版としたものです。他形式の橋梁に比べ安価に長支間の橋梁を架設することができます。国内では 70 橋以上の実績があり、最大吊支間は 147.6 m です (写真 - 7)。

##### 4.1 直路式吊床版橋の架設

直路式吊床版橋 (写真 - 8) の標準的な架設の施工手順

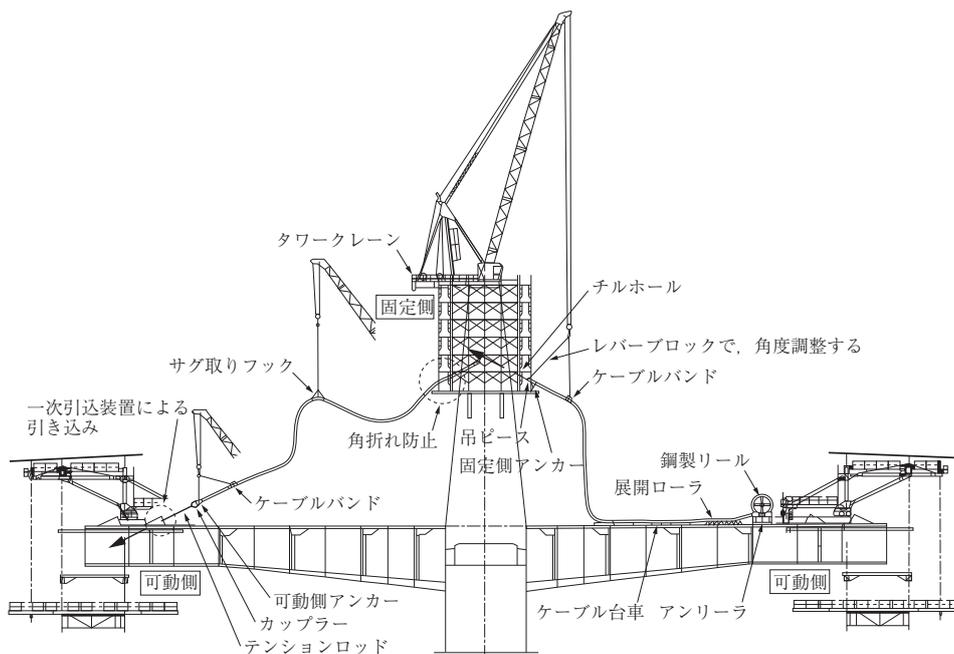


図 - 10 工場製作ケーブルの架設<sup>1)</sup>

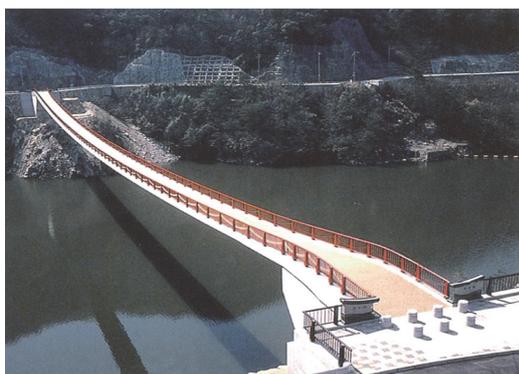


写真 - 7 吊床版橋<sup>1)</sup>

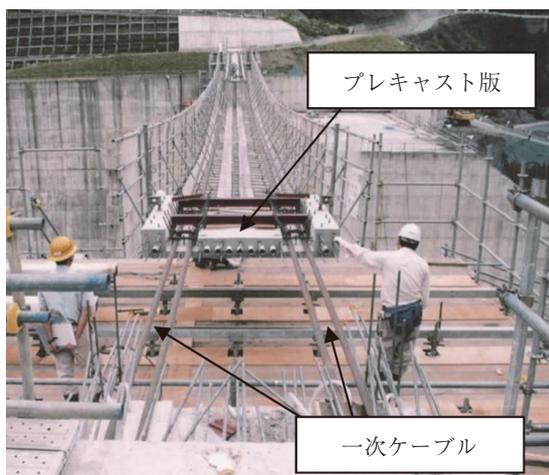
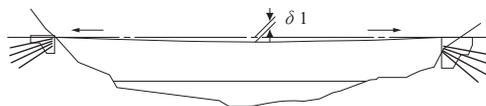


写真 - 8 直路式吊床版橋の架設

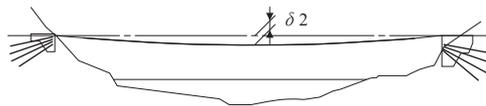
橋台およびグラウンドアンカーの施工



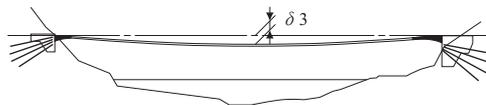
一次ケーブルの張渡し



プレキャスト版の架設, 場所打ちコンクリートの施工



橋台取付部の施工



二次ケーブルの緊張, グラウト工, 橋面工

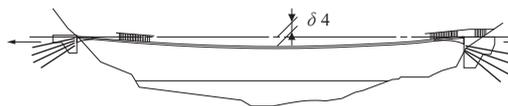


図 - 11 直路式吊床版橋の施工手順<sup>1)</sup>

けるケーブルを一次ケーブル、プレキャスト版架設後にプレストレスを導入するケーブルを二次ケーブルと呼びます。図 - 11 に示すように、各施工段階でケーブルのたるみ ( $\delta_n$ ) が変化します。

床版と橋台との接合方法は近年ではほとんどが剛結する形式を採用しています。橋面工ではPC鋼材の保護など耐

を図 - 11 に示します。PC鋼材は通常2種類用いられています。初めに橋台間に張り渡すプレキャスト版を吊り下

久性を向上させるために防水工が施されています。

直路式吊床版橋の特徴は次のとおりです。

- ① 構造形式が単純であり、力学的にも明快である。
- ② 縦断線形は滑らかな曲線で、しかも床版厚は支間に関係なく一定であり、柔らかさ、スレンダーさを与える。
- ③ 床版の架設はあらかじめ張り渡したケーブルを利用して行えるため、大規模な架設機械が不要である。また、プレキャスト版を用いるので急速施工が可能である。
- ④ 支保工を必要としないため施工条件の悪い渓谷などでも比較的容易に建設が可能である。
- ⑤ 変形量が大きいため、活荷重による振動やケーブルの応力振幅に対する配慮が必要である。
- ⑥ アンカーを支えるために堅固な地盤が必要である。

#### 4.2 上路式吊床版橋の架設

上路式吊床版橋（写真 - 9）は吊床版、ストラット（コンクリート製・鋼製）および上床版から構成されています。直路式に比べストラットの長さを調整することにより縦断線形を自由に設定できること、ケーブルのたるみを大きく設定できるので水平力を抑えることができます。近年は多径間連続タイプ、鋼ストラットを用いたタイプが建設されています。優位性をもっとも発揮できるのは、橋長70～100m程度となる渓谷に単径間で道路橋を建設する場合などであり、渓谷の環境に影響を与えずに架設できます。



写真 - 9 上路式吊床版橋

上路式吊床版橋の架設は吊床版セグメントの架設、ストラットの架設、上床版セグメントの架設の順に行います。図 - 12 はあらかじめ鋼ストラットを吊床版セグメントに取り付けたタイプの施工手順です。このタイプは吊床版セグメントの架設と同時にストラットも架設する省力工法です（写真 - 10）。上床版セグメントはストラットどうしをレールで連結し台車にセグメントを載せ、送り出して架設します。

#### 4.3 自碇式吊床版橋の架設

自碇式吊床版橋（写真 - 11）は完成系において吊床版を主桁定着し、吊床版から作用する水平力を主桁に負担させグラウンドアンカーを不要とした構造です。架設方法は上路式吊床版橋と同様ですが、架設の最終段階で橋台定着から主桁定着へと構造系変換作業を行うことが違う点です（図 - 13）。

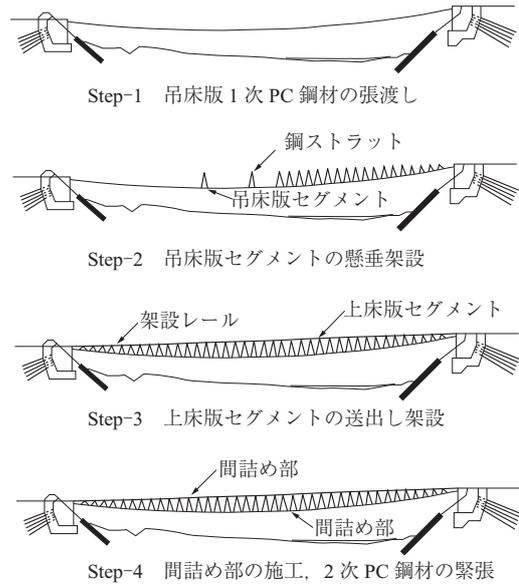


図 - 12 上路式吊床版橋の施工手順<sup>1)</sup>



写真 - 10 吊床版鋼ストラット同時架設状況



写真 - 11 自碇式吊床版橋

架設時には、吊床版セグメントを架設する際にテンションロッドを接続して背後の橋台パラペットで定着させますが、完成時には橋体端部セグメントに支圧板とナットを用いて定着させます。橋台の一次ケーブルの定着を解放することで、橋台で受け持たれていた水平力が自動的に橋体で受け持たれることになります。自碇式吊床版橋の架設方法の一例を図 - 14 に示します。

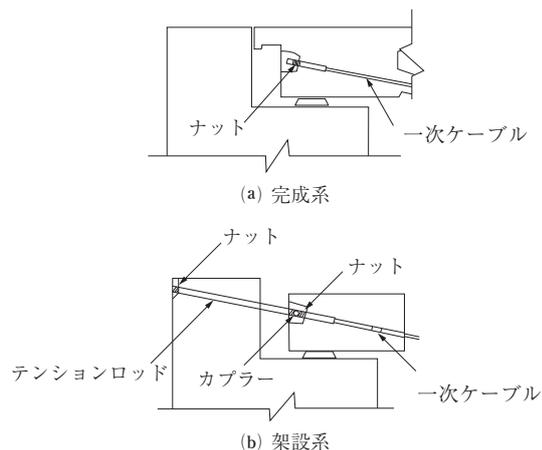


図 - 13 構造系変換作業<sup>1)</sup>

### 5. 練習問題

今回の講座のまとめとして、○×形式の練習問題を用意しましたので、チャレンジしてみてください（PC 技士試験における過去問題を、一部アレンジして出題しています）。

- ① 張出し架設工法は、桁橋だけでなく、斜張橋やアーチ橋などの長大スパンの橋梁にも適用可能である。
- ② セントル架設は、セントルと呼ばれるアーチ形状を有する鋼製支保工材をアーチリブの施工に先立ち架設した後に、このセントル材を支保工としてアーチリブを施工する工法であり、比較的平坦な地形におけるアーチ橋に適用される。
- ③ ロアリング架設は、支保工の設置が困難な山岳地や河川上の中小支間のアーチ橋に適用される。
- ④ PC 斜張橋・エクストラロード橋の主桁において張出し架設工法を選定する際には、桁下空間の制約条件、規模および支間長のみを考慮すれば良い。
- ⑤ PC 斜張橋・エクストラロード橋の斜材の架設は、主塔や主桁の施工と平行して現場で直接製作する現場製作ケーブルのみである。
- ⑥ エクストラロード橋は、斜材が主桁に圧縮力を与えることが主目的で配置されるため、斜張橋と比べ、一般に主塔の高さが低いのが特長である。
- ⑦ 吊床版橋は、橋台間に張り渡した PC 鋼材を薄いコンクリート部材で巻き立てて床版としたものであり、他形式に対して比較的安価に長支間の橋梁を架設することができる。
- ⑧ 直路式吊床版橋は、完成形において吊床版を主桁定着し、吊床版から作用する水平力を主桁に負担させ、グラウンドアンカーを不要とした構造である。

#### 【演習問題の解答】

- ①○②×③○④×⑤×⑥○⑦○⑧×

### 6. おわりに

全3回にわたり、PC 橋の架設工法と題してさまざまな架設工法を図や写真を交えながら解説しました。前々回の

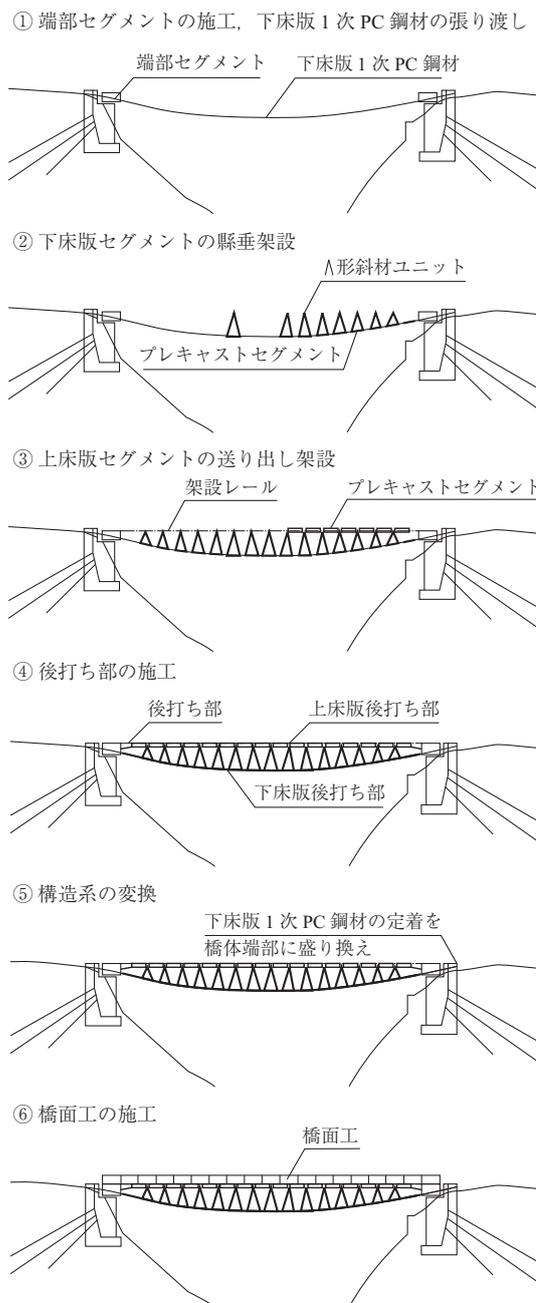


図 - 14 自碇式吊床版橋の施工手順<sup>1)</sup>

講座（その1）でも記述しましたが、PC 橋の架設工事においては、本体構造物のみならず仮設構造物の倒壊などにより重篤な災害が発生する恐れがありますので、各工法の留意点を十分に理解することが重要です。

次回からの講座は、「品質管理」について解説します。

#### 参考文献

- 1) プレストレストコンクリート工学会：プレストレストコンクリート技術，2013
- 2) プレストレストコンクリート技術協会：PC 橋架設工法，2002
- 3) 日本道路協会：コンクリート道路橋施工便覧，1998

【2014年5月31日受付】