講　座

PC の周辺技術を学ぼう

第 11 回　PC 橋の架設工法の計画と留意点（その２）

講師：細 江　泰 規*

1. はじめに

前回の講座「PC橋の架設工法の計画と留意点（その1）」では，プレキャスト架設工法と，固定支保工による場所打ち架設工法について，計画から施工上の留意点について解説しました。これに引き続き，今回の講座では，場所打ち架設工法のうち移動支保工や張出し，押出し架設工法などについて解説します。

2. 移動支保工架設工法

移動支保工架設工法とは，固定支保工架設工法と異なり，型枠および支保工を解体することなく，一径間ごとに移動しながら橋体を製作，架設して行くものです。支保工設備は，荷重を支持する支持桁（ガーダー）が橋体の上方に設置されるハンガータイプ（移動吊支保工）と，支持桁が橋体の下方に設置されるサポートタイプ（可動支保工）の 2 方式があります。

いずれの型式においても基本的には，支持桁を架設径間に架け渡し，これにより型枠，支保工，コンクリートなどの荷重を支持させる構造になっています。さらに，型枠支保工設備に加え，上屋設備，荷役設備，支保工移動設備も一体化され，高度に機械化されています。

また，これらの架設工法を総称して大型移動支保工架設と呼ぶこともあります。

2.1　ハンガータイプ（移動吊支保工）設備

ハンガータイプは移動吊支保工とも呼ばれ，**図 - 1，2，写真 - 1** のように架設径間の橋体の上方に設置された 1 ～ 2 本の支持桁から直角方向に横梁（上部トラス）を配置し，その横梁から吊材を介して，型枠および足場設備を吊り下げる構造になっています。ハンガータイプはサポートタイプに比較して，支持桁が橋面より上に設置されているため，桁下空間に制限がある場合に有利であり，橋脚形状への制約がきわめて少ないことが特長です。

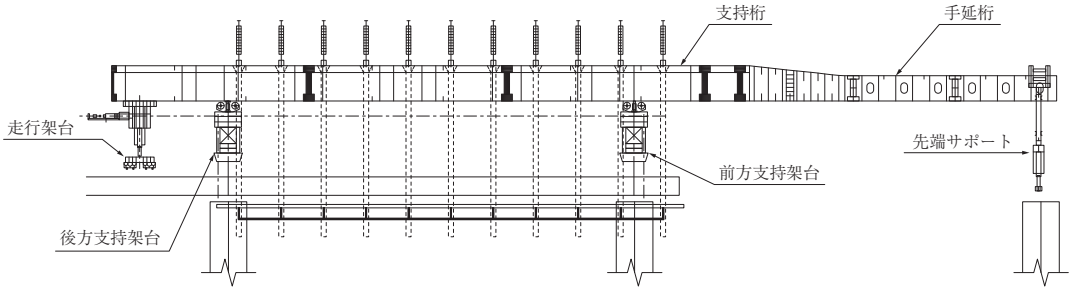

図 - 1　ハンガータイプ架設設備（側面図）[1)]

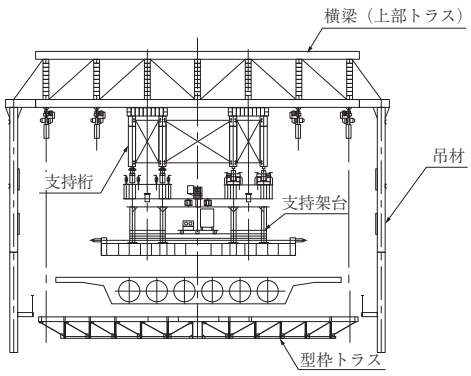

図 - 2　ハンガータイプ架設設備（断面図）[1)]

写真 - 1　ハンガータイプ架設設備

* *Yasunori HOSOE*：プレストレスト・コンクリート建設業協会 施工部会（㈱ ピーエス三菱）

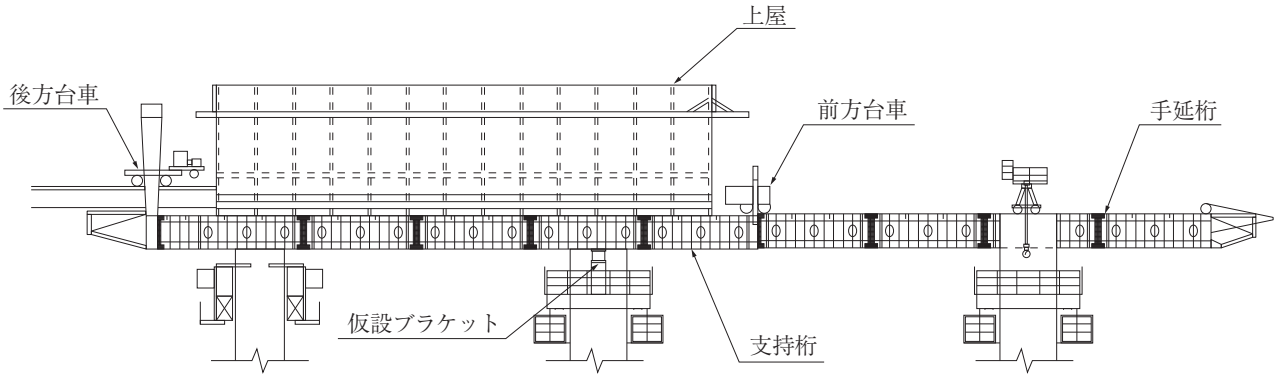

図 - 3　サポートタイプ架設設備（側面図）[1)]

2.2　サポートタイプ（可動支保工）設備

サポートタイプは，架設径間の橋体の下方に 2 ～ 4 本の支持桁を設置し，この上に支保工，型枠などを載せ，橋体を製作，架設する構造になっています（図 - 3，4，写真 - 2）。この設備では支持桁が橋体の下方に設置されているので，施工時には各橋脚に支持桁を支持する仮設ブラケット，または鋼製支柱などの設置が必要になります。

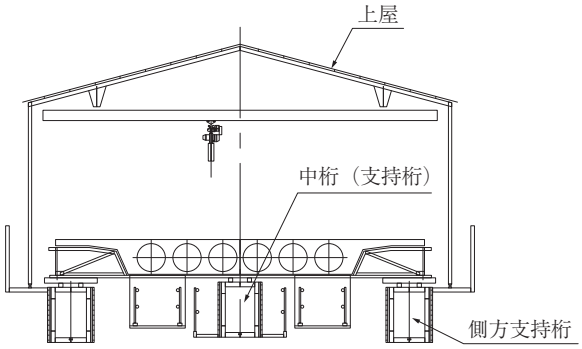

図 - 4　サポートタイプ架設設備（断面図）[1)]

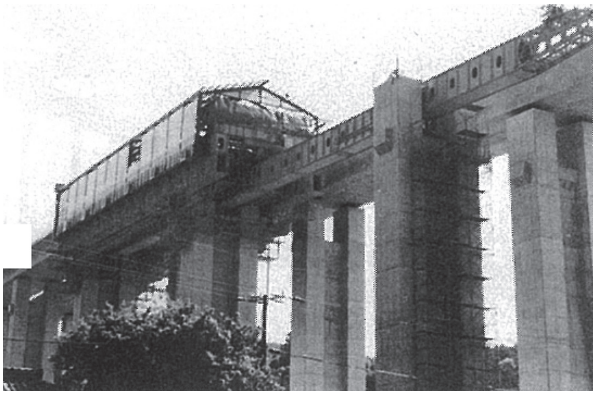

写真 - 2　サポートタイプ架設設備 [1)]

2.3　大型移動支保工設備の留意事項

大型移動支保工設備の留意事項としては，次の点があげられます。

1）大型の架設機械を用いるため，経済性を考慮すると，ある程度の施工延長（15 径間程度以上）が必要です。
2）サポートタイプは，橋脚の形状により，その支持装置の構造が大きく影響を受けます。
3）移動支保工の各部材の応力，たわみについて安全性の検討が必要です。
4）支保工の移動時とコンクリート打込み時における主桁の応力および支承反力について安全性の検討が必要です。
5）支保工を移動させる時の転倒に対する安全性の検討が必要です。
6）コンクリート打込み前および打込み中に移動支保工の点検を行う必要があります（安全衛生規則（以下「安衛則」という）第 244 条）。
7）支持桁にねじりが発生しないよう，主桁断面に対して対称にコンクリートを打ち込む必要があります。
8）コンクリートの打込み中にたわみ測定を行い，計算値と対比して安全性を確かめる必要があります。
9）主桁の縦締めの緊張作業に伴い，主桁が支持桁の弾性復元力によって突き上げる力を受ける場合（図 - 5）には，主桁自重分のプレストレスを導入した時点で型枠を脱型する必要があります。
10）移動支保工の組立解体作業時は，墜落災害防止措置を

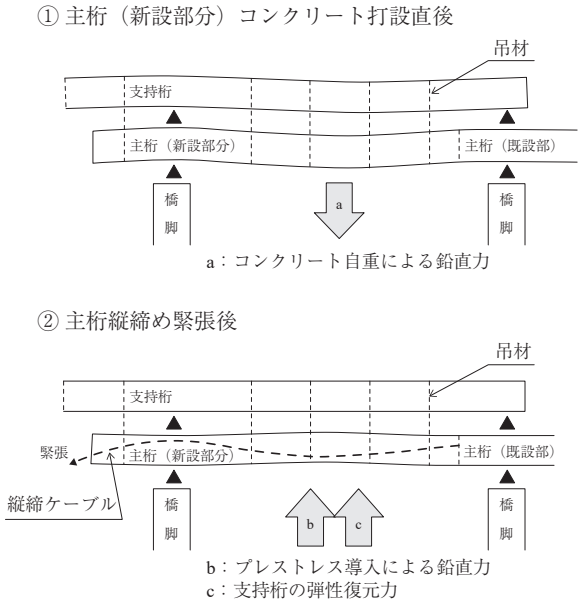

図 - 5　主桁に支持桁の弾性復元力が作用する状況の模式図（ハンガータイプの例）

十分に施す必要があります（安衛則第 518 条～第 521 条）。

3. 張出し架設工法

張出し架設工法は，一般的に地上から支える支保工設備が無く，橋脚から左右にバランスをとりながら移動作業車や移動式架設桁を用いて，支間中央に向かって張り出して架設する工法です。本工法には，移動作業車による架設と移動式架設桁による架設の 2 方式があります。

3.1 移動作業車による架設

この方法は，橋体を橋軸方向に 2 ～ 4 m のブロックに区分し，柱頭部から移動作業車を用いて，両側に現場打ちコンクリートで張出し長を伸ばしながら施工する架設工法です（**図 - 6**，**写真 - 3**）。この工法は，長大スパンの PC 橋の架設に際し，工事規模に対する架設装置などが大規模にならないため，経済的に優れた工法で，多数の施工実績があります。また，構造形式も桁橋のみならず，アーチ橋，斜張橋，複合橋などの長大スパンの橋梁の架設にも適用されます。

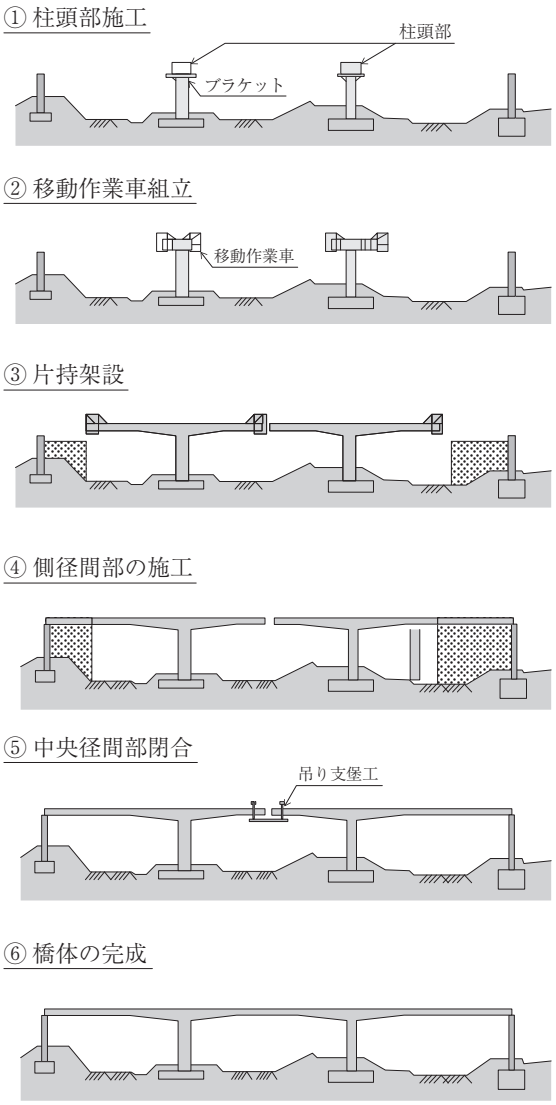

図 - 6　移動作業車による架設手順 [1)]

移動作業車は，**図 - 7** に示すようにトラス構造のメインフレーム（プレート構造もあります）を既設桁上に設置し，梁，吊材を介して，型枠および足場設備を吊り下げる構造になっています。このメインフレームの後方端部は，既設コンクリートに埋め込まれた PC 鋼棒を緊張することによって固定され，メインジャッキが支持する前方の荷重による上揚力に抵抗する仕組みになっています。そのほかに，作業車には作業車移動装置，荷役設備および上屋設備が装備されています。

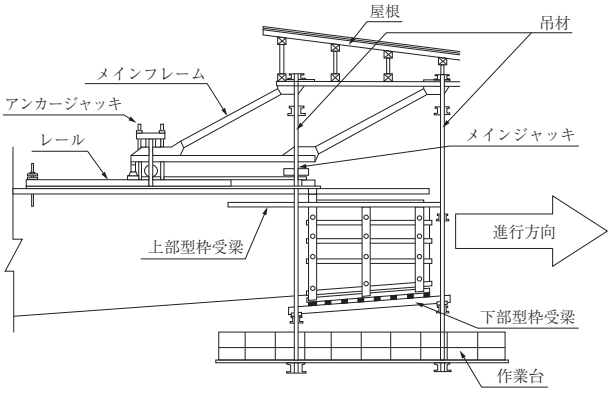

図 - 7　移動作業車 [1)]

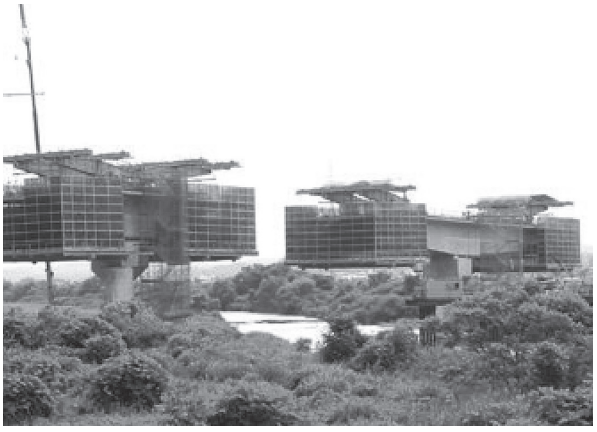

写真 - 3　移動作業車による架設状況

3.2 移動式架設桁による架設

この方法は，橋体を橋軸線上で 10 m 程度のブロックに区分し，橋脚に近い部分から大型架設桁より移動式型枠装置を吊り下げ，これを用いて両方に張り出していく架設工法です。地上からの作業を必要とせず支間 40～150 m の長大支間の PC 橋の架設に適用できます。移動式架設装置の構造は，**図 - 8**，**写真 - 4** に示すように，主要部分は長大スパンを有する送り桁と移動式型枠保持装置および架設桁移動装置などから構成されます。

この工法の特長は，1 ブロックの施工長を 10 m 程度にできるので施工速度が速いこと，柱頭部を支保工や揚重機を用いずに施工できること，また，プレキャストセグメント工法にも応用することができることです。

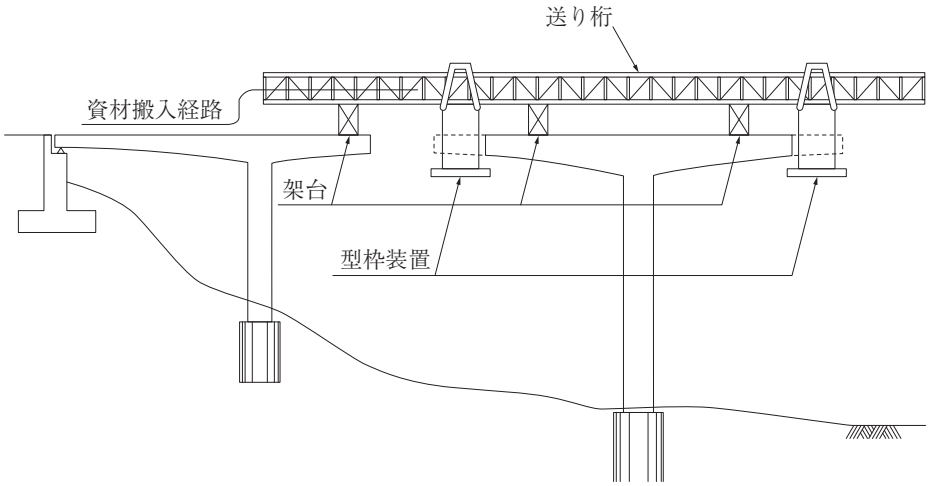

図 - 8　移動式架設桁による架設 [1)]

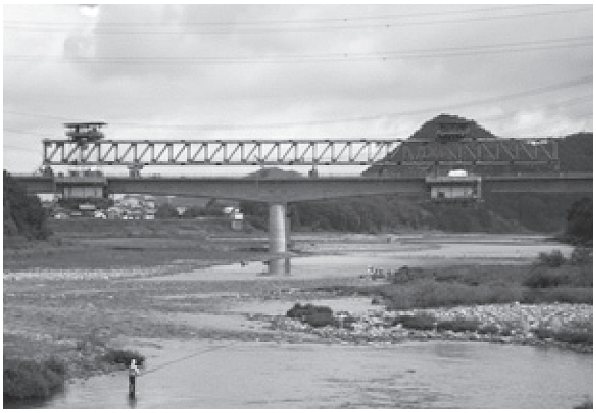

写真 - 4　移動式架設桁による架設

3.3　張出し架設工法の留意事項

張出し架設工法設備の留意事項としては，次の点があげられます。

1）架設機械の各部材の応力度およびたわみについて安全性の検討が必要です。
2）移動作業車を固定するための PC 鋼棒は，継手カップラーのねじ込み不足や鋼棒の軸線の折れなどの不測の事態に備えて 1 ヵ所に 2 本以上使用してください。
3）架設機械を移動させる時の転倒に対する安全性の検討が必要です。
4）柱頭部および張出し施工時に設ける作業足場には，適切な昇降設備と墜落防止設備が必要です（安衛則第 518 条，第 519 条，第 526 条）。
5）架設機械からの飛来・落下防止の措置を講じてください（安衛則 537 条，安衛則 538 条）。
6）架設機械の組立・解体作業時には，墜落防止措置を徹底してください（安衛則第 518 条～第 521 条）。
7）コンクリートの打込み前および打込み中には架設機械の点検が必要です（安衛則第 244 条）。
8）コンクリートの打込み中に各部材のたわみの測定を行い，安全性を確かめる必要があります。

4．押出し架設工法

押出し架設工法は，図 - 9 に示すように，橋台または第 1 橋脚の後方に橋桁の製作ヤードを設け，このヤードで 8 ～20 m 程度の大型ブロックを製作し，順次 PC 桁を前方に押し出して架設する工法です。架設時に発生する PC 桁の断面力を低減するために，橋桁の先端に手延べ桁（手延べ桁の長さは最大スパン長の 60～80 %）を取り付け，押出し装置を用いて橋体を押し出します。支間が大きい場合（45～60 m 以上）は，橋脚の中間に仮支柱を設置することもあります。

本工法には，押出し推力を得る位置が橋台または橋脚の 1 箇所に限定されている反力集中方式押出し架設と，すべ

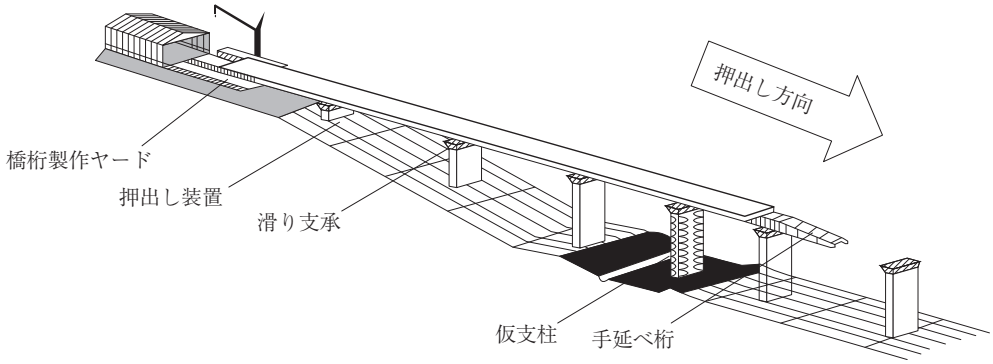

図 - 9　押出し架設工法の概念図 [1)]

ての橋台，橋脚（仮支柱を設置する場合は仮支柱を含む）上に押出し装置を設置して，押出し推力を得る反力分散方式押出し架設の 2 方式があります。

4.1 反力集中方式押出し架設

反力集中方式の押出し架設工法設備では，PC 桁を前方に移動させる押出し装置と PC 桁を滑らせる滑り装置を分離しています。押出し装置には油圧ジャッキを使用し，基本的には 1 箇所（橋台あるいは第 1 橋脚）に設置します。滑り装置は，各橋台，橋脚および仮支柱に配置します。

この工法の押出し装置には，「引張棒方式（図 - 10）」と「鉛直水平ジャッキ方式（図 - 11）」の 2 方式があり，それぞれ架設条件に応じて使い分けています。「引張棒方式」は，PC 桁に連結されている PC 鋼棒などをセンター

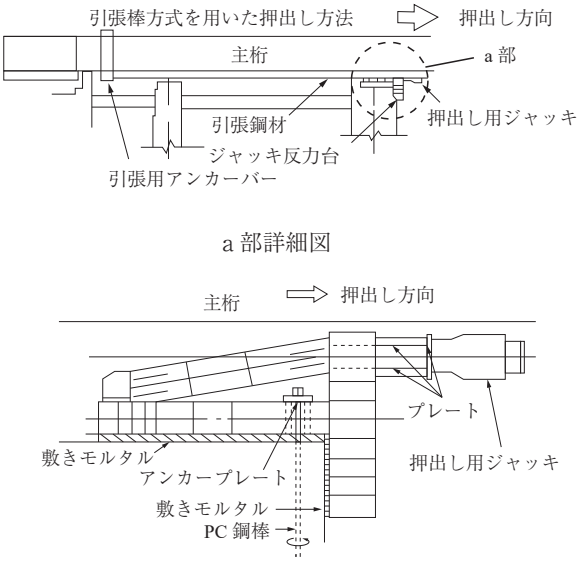

図 - 10　引張棒方式 [1)]

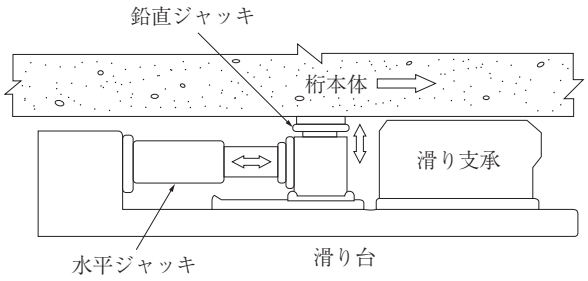

図 - 11　鉛直水平ジャッキ方式 [1)]

ホールジャッキで緊張して PC 桁を押出すことから，このように呼ばれています。「鉛直水平ジャッキ方式」は，鉛直ジャッキと水平ジャッキを交互に操作して，PC 桁を押出す方式です。滑り装置は，押出し時の滑り面となりますが，摩擦を低減するために滑り板としてテフロン板を使用しています。この工法では，コンクリート製または鋼製の仮支承を設けるのが一般的ですが，本沓を滑り支承として利用する兼用方式もあります。

反力集中方式押出し架設工法（引張棒方式）の押出し設備の概念図を図 - 12，架設状況を写真 - 5 に示します。

写真 - 5　押出し架設工法の架設状況

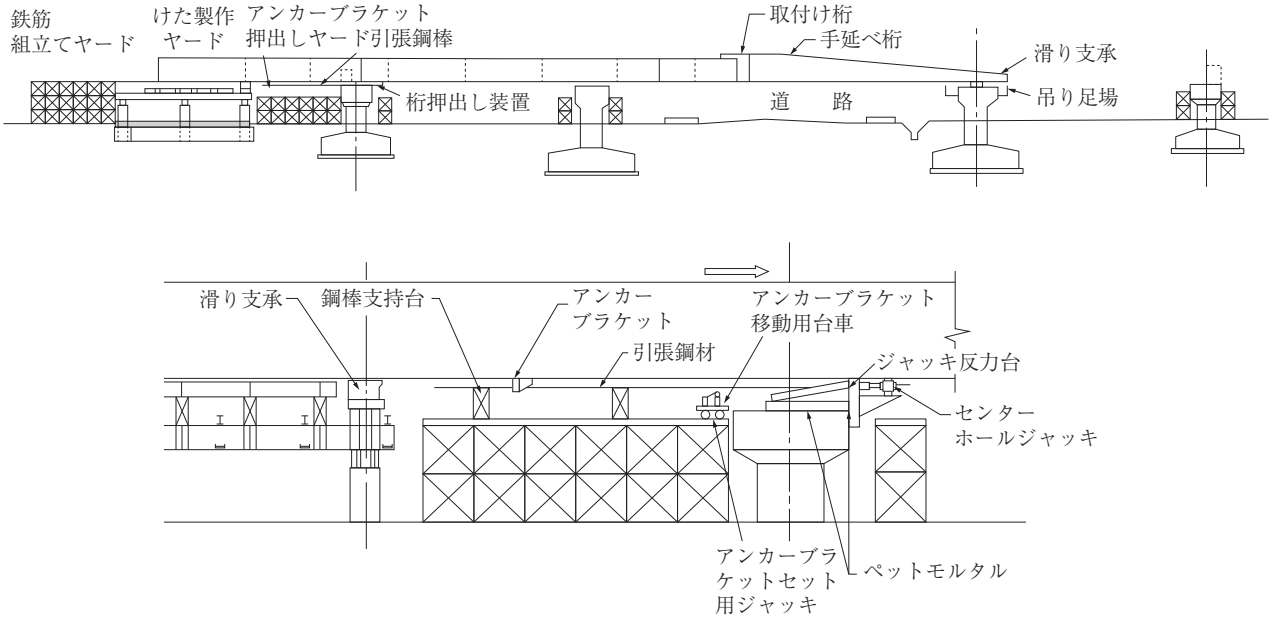

図 - 12　反力集中方式押出し架設（引張棒方式）の押出し設備概念図 [1)]

4.2　反力分散方式押出し架設

反力分散方式の押出し架設工法には，国内で開発された「SSY 工法」があります。この工法の押出し設備は，PC 桁を前方に移動させるための水平ジャッキと，PC 桁を滑らせるための滑り装置が一体になっています。滑り装置は，その下面にテフロン板を接着したスライドプレートとスライド架台（滑り架台）で構成されています。これにスライドプレートを引き戻す時に使用する鉛直ジャッキを加えて一組とし，各橋台，各橋脚および仮支柱に設置します。この押出し装置は，すべて中央制御盤に接続され一箇所で連続操作を行える機構となっており，反力管理も中央制御室で集中管理するシステムになっています（図 - 13）。

4.3　押出し架設工法の留意事項

押出し架設工法設備についての留意事項としては，次の事項があります。

1）架設中の各段階における手延べ桁の応力，変形および継手耐力の安全性の検討を行う必要があります。
2）仮支柱は，十分な強度と剛性のあるものを選定してください。また，仮支柱の基礎は十分な耐力が必要です。仮支柱が沈下したときは，滑り支承の高さ修正を行ってください。
3）橋台，橋脚および仮支柱のまわりの作業足場は，十分な作業空間を確保し，適切な昇降設備と墜落防止設備を設ける必要があります（安衛則第 518 条，第 519 条，第 526 条）。

5. そのほかの場所打ち架設工法

5.1　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歴史は古く，これまでに中・小支間の支保工を用いる施工方法が多く用いられてきました。しかし，近年ではアーチ橋をアーチスプリンキング部からクラウン部に向かって張出し工法によって架設する方法も多く採られるようになっています。コンクリートアーチ橋の架設工法を大別すると接地式支保工架設，セントル架設，トラス張出し架設，斜吊り張出し架設（ピロン工法），メラン併用張出し架設，ロアリング架設の 6 種に分類され，それぞれに適用できる支間が異なっています。

5.2　PC 斜張橋・エクストラドーズド橋の架設工法

PC 斜張橋・エクストラドーズド橋は，主桁・主塔・斜材から成り立っており，それぞれさまざまな構造と組み合せが多岐にわたり施工されて来ました。

架設工法の選定には，架設地点の地形条件，環境条件，施工上の制約などを総合的に検討して主桁の断面形状，斜材の構造・配置などを考えて最適で合理的かつ経済的な架設工法が選定されています。

主桁の架設設備としては，張出し架設用移動作業車や固定式支保工が使用されています。主塔の架設設備としては，総足場（枠組，くさび結合式など）または機械化された移動足場が使用されています。

6. おわりに

今回の講座では，PC 橋の場所打ち架設工法のうち移動支保工や張出し，押出し架設工法など特殊な架設工法に使用する設備について解説しました。今回紹介した工法以外にもさまざまな架設設備・機械はありますが，移動作業車による張出し架設工法を除くと，比較的施工事例が少なく，施工経験のある技術者が希少な工法もあります。これらを含めて，それぞれの施工計画にあたっては，工法の特徴や留意点を踏まえて，十分な安全検討を行っていただきますようお願いします。

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，2019.

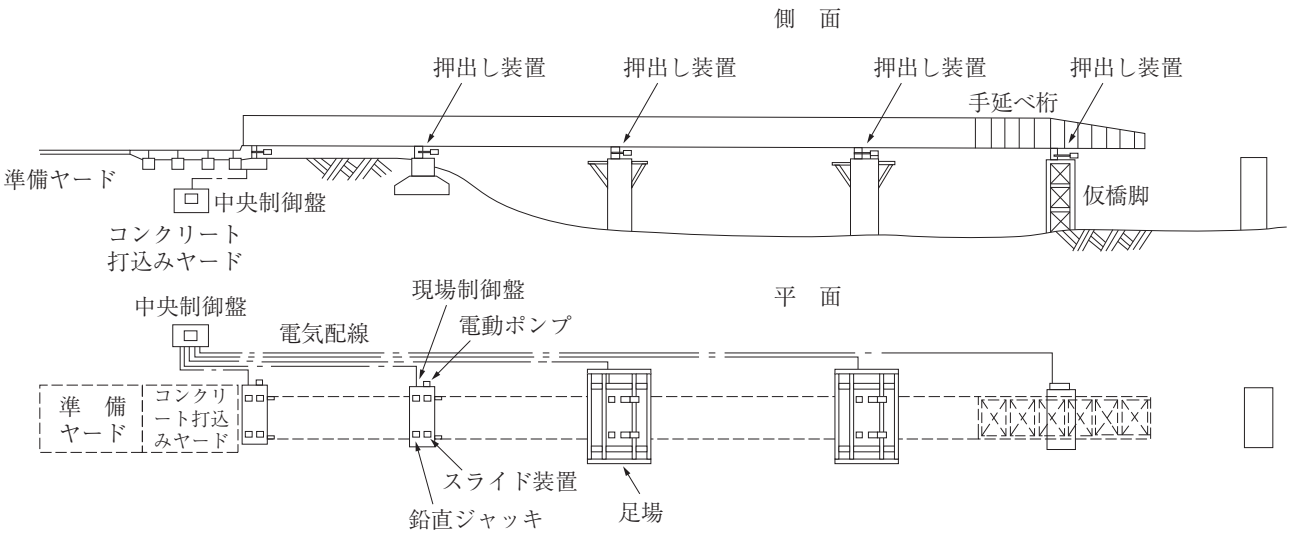

図 - 13　反力分散方式押出し架設の押出し設備概念図 [1)]

【2019 年 9 月 2 日受付】