

架設機材における安全対策

— PC 橋の架設機材の使用に関して —

八木 洋介*

建設業における労働災害は減少傾向にあるものの、全産業における死傷災害に対しては1割強、死亡災害に対しては3割強を占める状況となっている。事故の内容は墜落・転落災害が多く、高所作業となるPC橋の架設においては、重大災害の発生リスクが高いといえる。一方、時代の変遷とともにPC橋の架設工法は安全性に配慮した架設機材の開発も進められてきた。本稿では、PC橋の主な架設工法について、その変遷を踏まえて概説するとともに、各種架設機材の使用上の安全対策について、関係法令も含め、ソフト・ハードの両面から紹介する。

キーワード：PC橋、架設工法、架設機材、安全対策、関連法令

1. はじめに

日本の建設業における労働災害発生状況は、官民をかけた安全活動により確実に減少してきている。厚生労働省の労働災害統計によると、高度経済成長期であった昭和36年の建設業における労働災害による死傷者数は134,552人、死亡者数は2,652人となっていた。平成30年の統計結果では、死傷者数が15,374人、死亡者数は309人と労働災害死傷者数・死亡者数が減少している。

一方で、建設業の死傷災害は全産業に対して12.1%、死亡災害は34%となっており、憂慮すべき状況となっている。これは建設業の事故の特徴として、墜落・転落災害が多く一度事故が発生すると死亡災害に至る可能性が高いということも死亡事故が多い要因のひとつとなっている。

とくに高所作業となるプレストレストコンクリート橋（以下、PC橋）の架設は、墜落・転落災害の発生リスクが高く、重大災害に繋がる可能性も高いといえる。最近、事故防止に配慮した各種架設機材の開発が行われている。

本稿では架設機材を使用するうえでの安全対策に関する留意点を関連法令の紹介も含めて記述する。

2. 架設工法と架設機材

架設機材を使用するうえでの安全対策を述べる前に、主な架設工法と使用機材の関係を紹介することとする。

各架設工法は、適正な機材や部材を組み合わせることで成立する。国内におけるPC橋の架設工法は、プレキャスト桁（セグメント桁を含む）を架設する工法と

場所打ち桁を架設する工法がある。

過去を振り返ると、プレキャスト桁の架設は二又を使用し人力架設（写真-1）からはじまり、大型移動式クレーンやガーダーを使用した方法へと発展してきた。

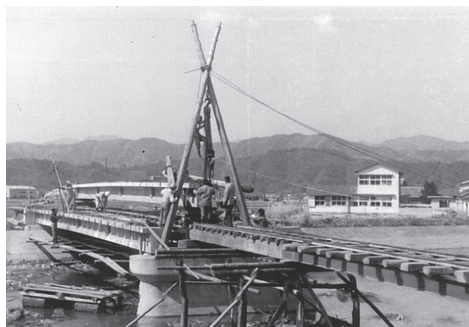


写真-1 二又による架設

とくに、移動式クレーンは大型化と共に機械式クローラクレーンから油圧式トラッククレーンの採用へと変化し、クレーンの運搬・移動やブーム伸縮の自由度が上がり、架設作業の効率が向上することになった。移動式クレーンの使用が困難な現場では、架設桁や門型クレーンを組み合わせた架設方法や大型門型クレーンを使用した架設（写真-2右下）も実施されており、工期短縮、安全性・生産性の向上に向けた取組みも行われている。

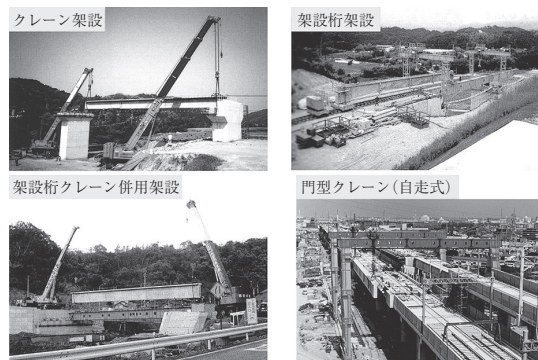


写真-2 プレキャスト桁架設



* Yosuke YAGI

(一社)プレストレストコンクリート建設業協会
 施工安全委員会 施工部会長
 (株)富士ピー・エス

場所打ち桁の架設は、固定式支保工架設、張出し架設、移動支保工架設、押し出し架設などがある。

固定式支保工架設は、架設地点の地耐力を確保できる場合にくさび結合式支保工や支柱式支保工を利用する工法（写真 - 3）である。

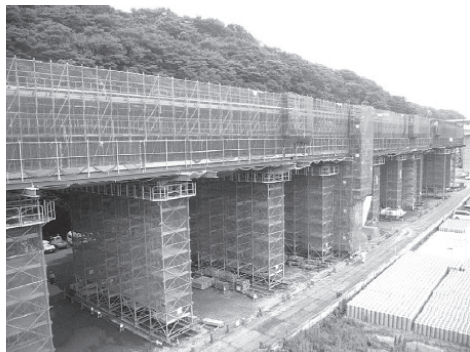


写真 - 3 固定式支保工架設工法（支柱式）

張出し架設は、桁下空間が利用できない地点（渓谷や河川など）や長スパン橋に採用され、移動作業車を用いてカンチレバー方式により架設する工法（写真 - 4）である。波形鋼板ウェブ橋やプレキャストコンクリートウェブ橋に採用される場合には、各種ウェブの搬入・架設機能を有する荷揚げ設備を保有した移動作業車が必要となる。



写真 - 4 張出し架設工法（移動作業車）

移動支保工架設は、施工対象径間のすべての型枠を架設桁から吊り下げまたは支持して主桁コンクリートを打設する工法（写真 - 5）である。一般に、1 径間ごとに主桁の構造系を完成させていく手順を踏む。

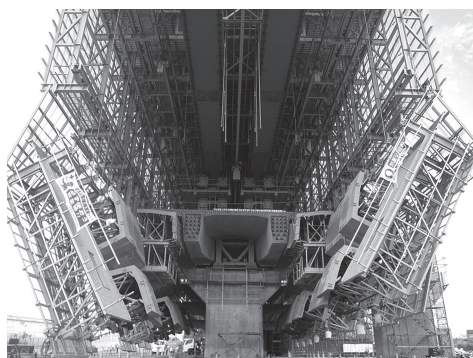


写真 - 5 移動支保工架設（ハンガー型）¹⁾

押し出し架設は、橋台背面に主桁製作ヤードを設け、製作ヤードにおいて製作した主桁を、前方へ移動させる工法（写真 - 6）である。移動は主桁の先端に手延べ桁を剛結させ、必要に応じて径間内に仮支柱を設置した状態で、押し出し装置（鉛直ジャッキと水平ジャッキの組合せ）を使用して行われる。

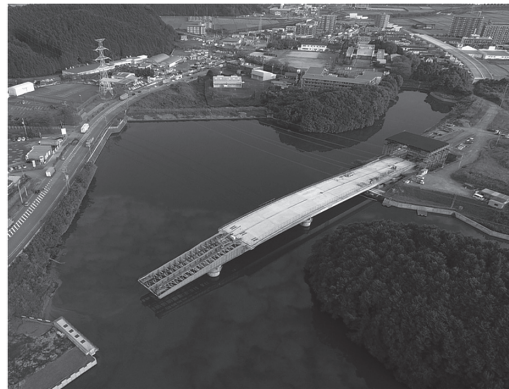


写真 - 6 押し出し架設工法¹⁾

3. 架設機材使用上の安全対策

架設機材の適正な使用は、各架設工法の目的達成のための設計・施工計画があって成り立つものである。設計・施工計画は、関連する法律を遵守して行わなければならない。とくに、法律に準拠した施工体制は、安全に架設を進めるうえでもっとも重要な要素である。最近の架設機材は、安全性や生産性向上の観点からさまざまな工夫が行われている。

以降、架設機材使用上の留意点について、法律面を含めて関連項目ごとに記述する。

3.1 関連法令

建設工事を安全に進めるためには、日本国憲法（第27条）「すべて国民は、勤労の権利を有し、義務を負う 賃金、就業規則、休息その他の勤労条件に関する基準は、法律でこれを定める。児童は、これを酷使してはならない。」の下、関連法令を遵守する必要がある。関連法令には安全施工のために最低限守るべき内容が示されており、架設機材の設計・施工計画および実施工では遵守する必要がある。安全に関する主な関連法令を表 - 1 に示す。

安全関連の法律に加え、建設業法や発注機関が示す規則、条例などにも従う必要がある。

表 - 1 関連法令²⁾

名称	制定年	略称
労働基準法	昭和 22 年	労基法
労働安全衛生法	昭和 47 年	安衛法
労働安全衛生法施行令	昭和 47 年	安衛令
労働安全衛生規則	昭和 47 年	安衛則
クレーン等安全規則	昭和 47 年	クレーン則
労働安全コンサルタント及び労働衛生コンサルタント規則	昭和 48 年	コンサル則

※本稿では略称を使用する

3.2 安全衛生管理体制

一般に PC 橋の建設工事は、特定元方事業者（安衛法 15 条 1 項）として実施することが多く、その施工においては、統括安全衛生責任者（安衛令 7 条 2 項）を選任しなければならない。

特定元方事業者とは、元方事業者のうち、建設業や造船業の仕事を行う者である。元方事業者（安衛法 15 条 1 項）とは、一の場所において行う仕事の一部を請負人（協力会社）に請け負わせ自らも仕事の一部を行う最先次の注文者である。

一般的な PC 橋の架設現場での安全衛生管理体制を表 - 2 に示す。

3.3 設計・製造および施工計画

架設機材の設計・製造を発注する場合には、豊富な経験を有する業者の選定が必要である。とくに架設機材にクレーン性能を保有させる場合、クレーンを製造しようとする者は、製造しようとするクレーンについて、あらかじめ、その事業場の所在地を管轄する都道府県労働局長の許可を受けた業者に設計・製造を発注しなければならない（クレーン則 第 3 条）。発注時に業者の資格について確認が必要である。

架設機材がクレーンに該当する場合には、該当するクレーンの種類と能力、使用状況によって所轄労働基準監督署長が行う検査や厚生労働大臣の登録を受けた登録性能検査機関が行う検査を受けなければならない。検査の種類を表 - 3 に示す。

表 - 3 検査の種類²⁾

検査名	定義
落成検査	設置工事落成時に所轄労働基準監督署長が行なう検査
変更検査	法定の部分を変更したときに所轄労働基準監督署長が行なう検査
使用再開検査	休止したものを再び使用しようとするときに所轄労働基準監督署長が行なう検査
性能検査	検査証の有効期間の更新を受けようとするときに厚生労働大臣の登録を受けた登録性能検査機関が行なう検査

架設作業は、架設用機材を用いた高所作業であり、危険な作業となるため、架設計画書には、強風、大雨、大雪などの悪天候時の対応（作業中止）を明示しなければならない（安衛則 第 517 条、クレーン則 第 33 条）。

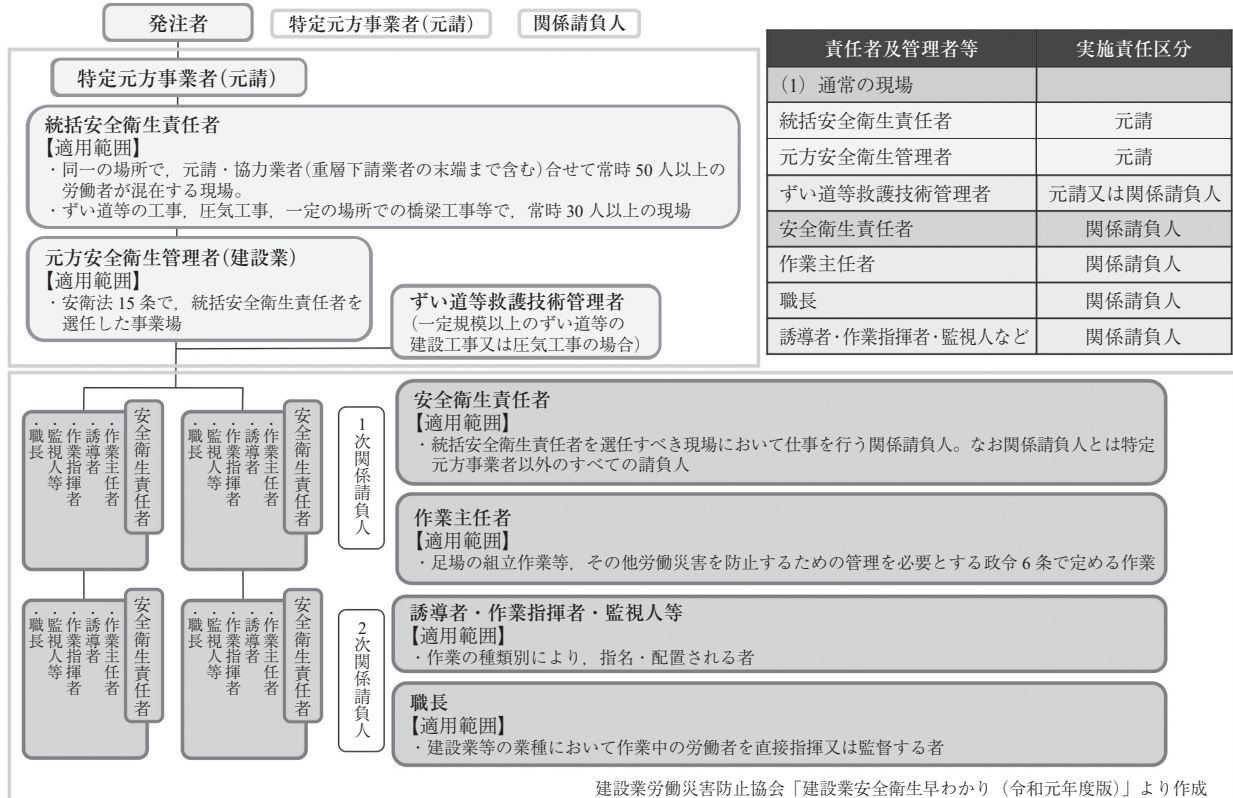
発注者ごとの悪天候における作業中止基準の設定がある場合は表 - 4 に示す基準と共に、施工計画書に明示する必要がある。

表 - 4 安衛法で定める悪天候など⁴⁾

悪天候	定義
強風	10 分間の平均風速が毎秒 10 メートル以上
大雨	1 回の降雨量が 50 ミリメートル以上
大雪	1 回の降雪量が 25 センチメートル以上
暴風	瞬間風速が毎秒 30 メートルを超える風
中震以上の地震	震度階数 4 以上

表 - 2 安全衛生管理体制³⁾

★通常の現場の統括安全衛生管理体制における責任者の配置



建設工事（架設）を開始するには、法律で定められた書類を所轄労働基準監督署に提出しなければならない。提出期限内に遅延なく提出する必要がある。橋梁の規模や使用する架設機材がクレーンなどの性能を保有する場合には、提出書類や表 - 3 に示す検査も必要となるので注意しなければならない。

一般の建設工事に必要な監督署提出書類（安衛法 88 条 安衛則 90）以外にクレーンやゴンドラ機能を保有する架設機材の使用に必要となる書類の一覧を表 - 5 に示す。

表 - 5 監督署提出書類（架設機材使用時）⁵⁾

名称	提出先	提出期限	準拠条項
クレーン設置届	所轄労働基準監督署長	工事開始 30 日前	安衛法 88 条 クレーン則 5 条
クレーン設置報告	所轄労働基準監督署長	あらかじめ	安衛法 100 条 クレーン則 11 条
ゴンドラ設置届	所轄労働基準監督署長	工事開始 30 日前	安衛法 88 条 ゴンドラ則 10 条

3.4 各架設機材の使用上の安全対策

(1) 共通事項

架設機材を使用するうえでの安全対策における主な共通事項を以下に述べる。

- 1) 使用前には、関係者に対して使用の目的、操作方法、作業手順に関する周知と安全教育を行う必要がある。
- 2) 使用時は、必ず点検（定期・日常・悪天候時・異常時）を行わなければならない。点検結果は記録（点検表）に残し、保管しなければならない。
- 3) 悪天候で作業を中断した場合には、作業再開前の点検を忘れてはならない。
- 4) 過負荷や過載荷を防止するために、架設機材に搭載しているクレーンの吊上げ能力（荷重）や架設機に付帯する足場の荷重表示を関係者の見やすい場所に表示しなければならない。
- 5) 現場内で使用する合図（玉掛けなど）を統一し関係者に周知して、現場内の見やすい場所に表示して、作業指示が明確に伝達できるようにしなければならない。
- 6) 第三者災害を防止するために関係者以外の立ち入り禁止措置を行う必要がある。
- 7) 固定式支保工以外の架設作業（高さ 5 m 以上、支間 30 m 以上）には、コンクリート橋架設等作業主任者を配置しなければならない。

(2) 移動式クレーン

移動式クレーン（以下、クレーン）を使用した架設では、施工計画時に吊上げ荷重と作業半径から適切なクレーンの選定が必要である。

現場の準備として、クレーン搬入ルートやクレーンを設置する予定の場所において、クレーン本体やアウトリガー反力などを支持する地盤が所定の地耐力を保有していることを確認する必要がある。アウトリガー直下は適切に敷鉄板などで補強を行う必要がある。

架設作業前には前述した共通事項に加え、クレーンの安全装置（過負荷防止装置、過巻防止装置など）の搭載状況

や安全スイッチが ON になっていることを確認することが必要である。いかなるときも安全装置の電源を切ってはならない。作業指揮者、合図者を見通しの良い場所に配置して作業を行わなければならない。

(3) 固定式支保工

固定式支保工は、くさび式支保工や支柱式支保工を使用して施工中の上部工荷重を直接地盤伝達する構造のため、使用する部材は JIS（日本産業規格）に適合した丈夫で強固なものでなければならない。

固定式支保工を設置する前には、必ず設置場所の地耐力が支保工反力（施工中の上部工荷重、支保工自重、衝撃荷重、必要に応じて地震時荷重の組合せ）に十分耐え得ることを確認する必要がある。地耐力が不足する場合には、地盤改良や直接基礎、杭基礎などで補強をする必要がある。

型枠支保工の組立てなどは、技能講習を修了した者のうちから型枠支保工の組立て等作業主任者を選任して行わなければならない。

(4) 架設桁・手延べ桁

架設桁は主にプレキャスト桁（セグメント桁含む）の架設に使用され、手延べ桁はクレーンなどによる架設桁の設置が困難な場合に架設桁の先端に取り付けて使用するものである（図 - 1, 2）。

一般に、架設桁や手延べ桁は複数の部材を連結した構造であり、大量のボルトナットにより接合されている。ボルトナットにマーキングを行うなどの工夫により、ボルトナットの締め忘れを防止しなければならない。使用するボルトの種類は架設桁・手延べ桁の設計で想定している仕様としなければならない。

また、架設桁と手延べ桁は、主桁重量や径間長に適した種類を施工業者の保有機材から選定する。使用時の架設桁や手延べ桁に発生する応力やたわみ量が制限値を超えないように計算によって確認しなければならない。

架設桁の支持点は、転倒や沈下が無いような構造としなければならない。

架設桁を設置するときは、逸走に対する安全対策（おしみワイヤー・ストッパーなど）を実施する必要がある。とくに縦横断勾配の大きな橋梁の架設では注意が必要である。

架設桁の組立・解体の計画は、現場条件（搬入道路など）や環境（DID 地区など）に適したものでなければならない。

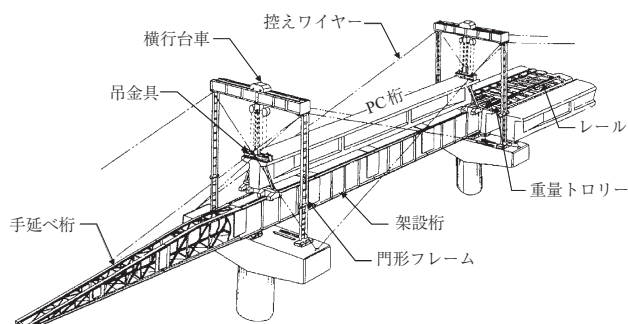


図 - 1 1 組桁架設（上路式架設）⁶⁾

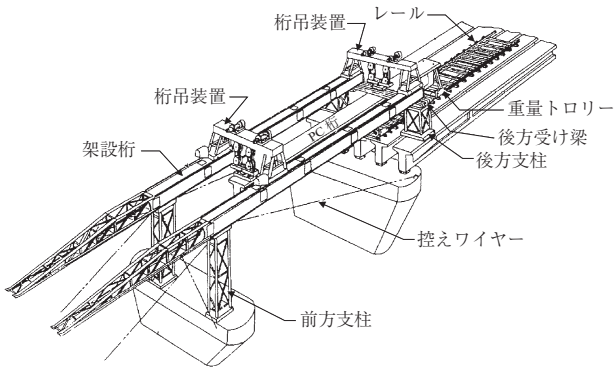


図 - 2 2組桁架設 (抱込み式架設) 6)

(5) 門型クレーン

門型クレーンは自立型と支線支持型に分類することができる。ここでは、自立型は門型クレーン本体のみで単自立するもの、支線支持型とは門型クレーン本体を支線（ワイヤーなど）を張って支えるものとする。

一般に、自立型は軌道上を自走できる大型門型クレーン（図 - 3）に採用されることが多く、支線支持型は橋脚上に設置される固定式（図 - 1）のものが多い。両者ともに地震時においても倒壊が無いように安定な構造でなければならない。

門型クレーン（3t以上）は吊上げまたは縦横行を電動とした場合は、設置報告が必要なクレーン扱いとなり、落成検査を受けなければならない。

使用時は、有資格者による運転を行い、門型クレーンの設置状況（鉛直・水平）を常に確認して、架設を行わなければならない。

橋梁に縦横断勾配がある場合には、門型クレーンを水平に設置するために脚下に高さ調整材を用いることが多い。その場合、脚の反力を充分支持できる材料（鋼製）を使用し、安全な構造としなければならない。

クレーン運転手との死角（吊上げ部材の裏側など）が発生することが多いので、作業員との接触を防止するために誘導員を配置して作業しなければならない。

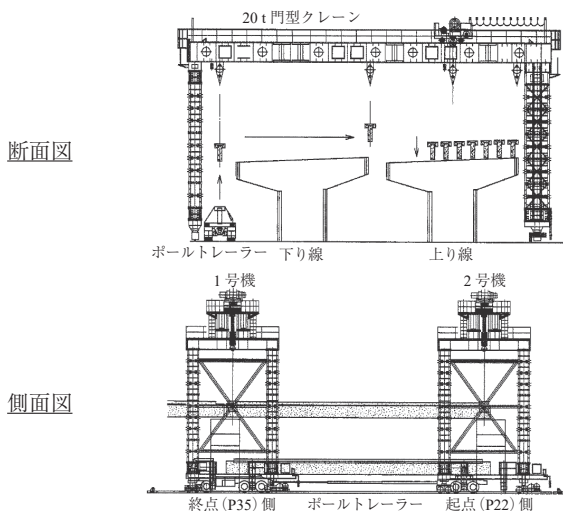


図 - 3 門型クレーン 7)

(6) 移動作業車

最近の移動作業車（図 - 4）の組立ては、メインフレームと上部横梁を橋面上へ設置後、上部横梁から吊り下げられた電動チェーンブロックにより、地上または地上付近（吊下げた状態）で組み立てられた下段作業台（足場・型枠含む）を吊り上げ、上部横梁から吊り下げられた吊材（吊柱や総ねじ鋼棒）に吊り変える方法が採用されている。地上付近で作業を行うことによって墜落災害防止対策となる。

メインフレームは、横断勾配の低い側には、高さ調整材を追加使用して、組立て後の移動作業車が水平に設置されるように留意する必要がある。移動作業車や移動レールに必要なアンカーは、移動作業車を固定する重要な部材であるため、いかなる場合も溶接は禁止である。

移動作業車は、油圧ジャッキ・ポンプを使用するため、加圧時に油圧ホースが外れないように接続を確実に行う必要がある。複数のジャッキを使用するため、誤操作を防止するために操作盤にはスイッチ名称や操作方法を解りやすく明示することも重要である。

移動作業車には、本体移動を車輪を使用して行うもの（モーター使用）とテフロン板上を滑らして行うもの（水平ジャッキ使用）があるので、それぞれの特徴に応じた移動作業手順を作業員に周知して作業を行わなければならない。とくに移動中の逸走防止対策（輪止め・おしみワイヤー）は必須である。

上部横梁からは多数の吊材を通じて型枠・足場が吊り下げられているため、日常点検（ナット・カップラーの嵌合長など）を行い、吊部材の落下防止を行わなければならない。点検を容易にするため所定の嵌合長を示すマーキングを事前に行うと良い。

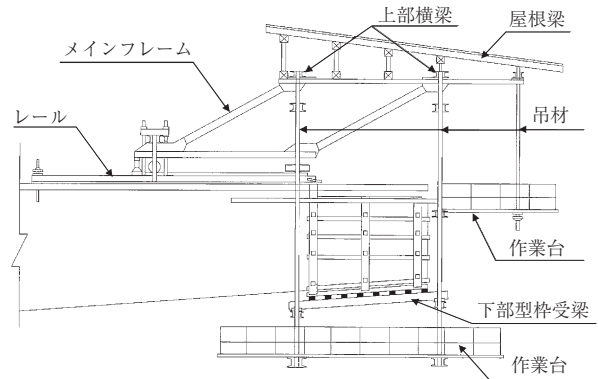


図 - 4 移動作業車 (概念図) 6)

(7) 移動支保工

一般に移動支保工は、前方支持架台・後方支持架台・走行架台を有し、作業手順ごとに適切な架台で移動支保工の全体重量を既設構造物（既設桁橋・橋脚・柱頭部）から支持する構造物（図 - 5）である。そのため、架台反力に対しての既設構造物の安全性を検討する必要がある。

架設は1径間ごとに進む過程で、移動支保工が橋脚を通過するとき（写真 - 5）の安全性（型枠の開閉・移動方法、橋脚と部材の干渉）を検討する必要がある。架設桁から1径

間分の型枠を多数の吊材（総ねじ鋼棒）によって吊り下げて施工するため、前述の移動作業車と同様に吊材の日常点検は重要である。移動時は、橋梁の縦断勾配を考慮した推進力が得られる機材・構造とし、逸走防止対策を行わなければならない。

架設桁・手延べ桁の留意点も参考にしなければならない。

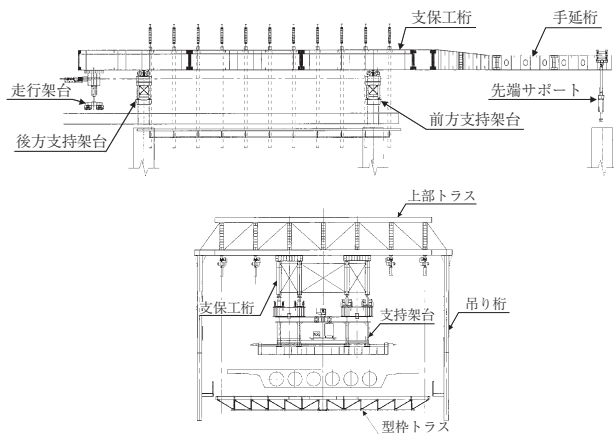


図 - 5 移動支保工（概念図）⁶⁾

(8) 押し出し架設機

押し出し架設機は手延べ桁、仮支柱、滑り支承、送り出し装置（鉛直ジャッキ・水平ジャッキ）を使用して、製作した主桁を架設進行方向に推進することができる機材（図 - 6）である。主桁重量や推進力を考慮したジャッキを適切に選定しなければならない。ジャッキを支持し、推進反力を確保する既設橋脚の安全性を十分に検討する必要がある。

手延べと主桁の接合部（図 - 7）は押し出し工法の要であるため、接合部の安全性は橋梁設計の段階から検討を実施しておく必要がある。

仮支柱を必要とする押し出し工法では、仮支柱の転倒や不同沈下を防止するために、強固な基礎の上に設置し、安定計算に基づく転倒防止（ワイヤー支線などの設置）を行わなければならない。

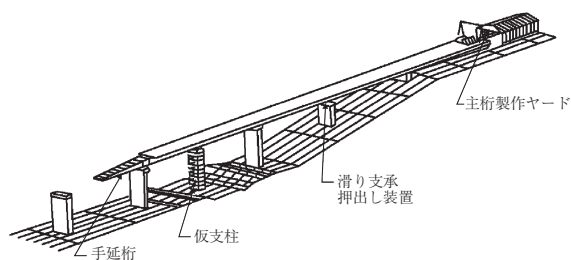


図 - 6 押し出し架設機（概念図）⁸⁾

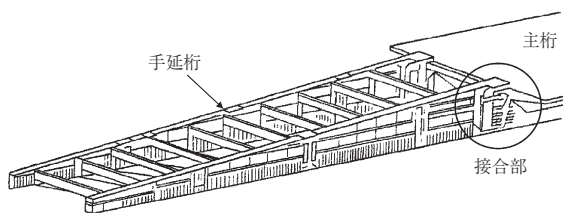


図 - 7 手延べ桁（概念図）⁸⁾

4. 使用後の留意点

4.1 返却

架設作業が終了し機材の返却時には、次の工事での再使用を円滑にするために部材リストを作成して返却する必要がある。現場で損傷させた部材や部位、滅失材の有無などを記載する必要がある。再使用前の部材補填や修繕が確実に行え、安全に再使用ができるように配慮しなければならない。

4.2 メンテナンス

現場から返却された架設機材は、一般に屋外で保管される場合が多いため、機材を重ね置きする場合には耐久性の高い強固な台木で支持し、転倒防止を行うことが重要である。返却リストに保管場所を記載して再使用時の部材検索に無駄な時間を費やさないようにする必要がある。長期間の保管となる場合には、防錆剤の塗布も検討すると良い。

5. おわりに

PC 橋の架設に使用する機材の取扱いを間違えると重大災害の発生に繋がる。架設機材は、橋梁規模とともに大型化しており、その取扱い方法もさまざまである。建設業は、担い手不足、熟練技術者不足などの課題を抱えており、安全に架設機材を操作するための教育、施工体制の整備は重要な課題である。

本稿では架設機材に関連する法律、施工体制、使用上の留意点から使用後のメンテナンスまでを簡単に述べた。関連する法律は、つねに改正・新設が行われているので、実際の施工においては最新の法律に従って業務を執行していただきたい。本稿が安全な架設機材の使用に向けた一助となれば幸いである。

本稿の執筆にあたり、情報提供をいただきました皆様に深く感謝の意を表し、お礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 八木洋介：架設工法における技術の進展 - 50 周年 (2008 年)以降とこれから -、プレストレストコンクリート、Vol.61, No.2, pp.50-55, 2019
- 2) 中央労働災害防止協会：安全衛生法令要覧 令和元年度版, 2019.2
- 3) 建設業労働災害防止協会：建設業安全衛生早わかり (令和元年度版), 2019.6
- 4) 安全法令ダイジェスト (改定第 6 版)：労働新聞社, 2015.8
- 5) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC 工事安全管理指針 (改訂版), 2013.4
- 6) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC 道路橋計画マニュアル (改訂版), 2007.9
- 7) 大久保ら：新名神高速道路 京田辺高架橋の設計・施工、プレストレストコンクリート、Vol.59, No.5, pp.13-20, 2017
- 8) PC 押し出し工法協会：PC 押し出し工法 設計・施工マニュアル, 2008.7

【2020 年 1 月 26 日受付】