

第10回 PC橋の架設工法の計画と留意点（その1）

講師：石橋 憲二*

1. はじめに

昭和26年、石川県七尾市にわが国最初のPC橋となる長生橋が誕生しました。本橋梁はスパン3.6mのPC桁によって構成され、馬車による運搬、人力による架設という原始的な工法で構築されました。以来、PC橋の架設技術は、支間の長大化や地形・桁下用途などの制約条件、省力化やコストダウンなどのニーズにより発展を遂げ、さまざまな架設工法が考案され、多くの架設機材が開発されてきました。

本講座では2回にわたり、PC橋の架設に使われる機材について、計画から施工上の留意点について説明します。

2. 架設工法の分類と選定

PC橋の架設工法は、橋梁本体のコンクリートを架設地点で打ち込むか否かによって、プレキャスト架設工法と場所打ち架設工法に分類されます。さらにこれらの架設工法は、PC橋のスパンや桁高・橋梁形式などの構造特性、設置位置の地形・桁下空間などの制約条件、使用する機材の搬入条件などにより細分化されています。支間長や施工条件による架設工法の分類¹⁾を表-1に示し、各架設工法の概要を紹介します。

表-1 架設工法による分類

架設工法	プレキャスト架設工法				場所打ち架設工法					
	プレキャスト桁架設工法	プレキャストセグメント架設工法	固定支保工架設工法	移動支保工架設工法	張出し架設工法	押出し架設工法	集中式	分散式		
条件	架設桁架設	クレーン架設	支保工式架設	支間一括架設	移動式架設桁架設	移動作業車架設	くさび結合式支保工	支柱式支保工	ハンガータイプ	サポータータイプ
支間	20～40m	○	○	○	○	△	△	○	○	△
40～60m	○	※	○	○	※	○	○	○	○	○
60～80m	△	△	※	※	○	○	○	※	○	※
80～100m	△	△	△	※	○	※	△	○	○	△
100m以上	△	△	△	※	※	○	※	△	○	△
施工条件	桁高変化に対する融通性	○	○	○	※	○	○	※	○	△
平面曲線に対する融通性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
主桁幅幅に対する融通性	○	○	※	※	※	○	※	○	○	※
桁下空間の確保	○	○	※	○	○	△	○	※	○	○
急速施工	○	○	○	○	○	※	○	○	○	○
多径間の場合の有利性	○	○	※	○	○	※	○	○	○	○
桁下に対する安全性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
天候に対する有利性	※	※	○	○	○	※	○	※	○	○
桁下が使用できない場合の資機材運搬	○	△	△	○	※	△	○	△	※	○
桁下が高い場合の施工性	○	※	△	○	○	※	※	○	△	○

【凡例】 ○最適である △適する △適さない ※可能だが適用には検討が必要
注) 支間については比較の実績のあるものについての適用性を示している。

3. プレキャスト架設工法

プレキャスト架設工法は、PC橋の橋体を橋軸方向や橋軸直角方向に適当な長さで分割し、これを架設地点に運搬して、組立て・架設する方法です。この工法は、下部工施工と並行してPC桁の製作ができることから、全体工期を短縮できる利点があります。また、この工法は、PC桁の分割方法により、プレキャスト桁架設工法とプレキャストセグメント架設工法の2つに分類されます。

3.1 プレキャスト桁架設工法

プレキャスト桁架設工法は、橋軸方向に分割したPC橋の橋体(PC単桁)を工場や現場付近のヤードで製作し、これを架設地点に運搬・架設したのち、場所打ちコンクリートにて床版や横桁を構築して、横締めPC鋼材で橋体を形成する工法です。

(1) プレキャスト桁架設工法に使用する機材

プレキャスト桁架設工法は、PC橋の工事ではもっとも一般的な工法で、架設機材として門形クレーン(写真-1)やトラッククレーン(写真-2)などが使われます。また、架設地点が河川上や道路上などで直下にPC桁が搬入できない場合には、架設桁(エレクションガーダー)を使用します。架設桁を用いた工法は、使用する架設桁の本数によって1組桁架設(図-1)、2組桁架設(図-2)に分類され、一般的には門形クレーンや桁吊装置を使用してPC桁を据え付けます。また、1組桁架設にはトラッククレーンを併用した架設工法を採用する場合があります。

プレキャスト桁の構造や施工条件による架設工法の適用性²⁾を表-2に示します。

表-2 プレキャスト桁架設工法の適用性

架設工法	プレキャスト桁架設工法			
	架設桁架設	トラッククレーン架設	門型クレーン架設	架設桁トラッククレーン併用架設
条件	20～40m	○	○	○
支間	40～60m	○	△	○
構造形式	単純桁	○	○	○
連続桁	○	○	○	○
機械化施工	○	○	○	○
サイクル施工	○	○	○	○
支間の変化への対応	○	○	○	○
線形の変化への対応	○	○	○	○
幅員の変化への対応	○	○	○	○
桁下空間の確保	○	○	△	○
施工速度	○	○	○	○
多径間の場合の有利性	○	○	○	○
小規模橋梁に対する適用性	○	○	○	○
桁下に対する安全性	○	○	○	○
環境(騒音・振動)に対する有利性	○	△	△	○
天候に対する有利性	△	△	△	△

【凡例】 ○最適である △適する △適さない -適用外
注) 支間については比較の実績のあるものについての適用性を示している。

* Kenji ISHIBASHI：プレストレスト・コンクリート建設業協会 施工部会（川田建設(株)）



写真 - 1 自走式門形クレーン架設



写真 - 2 トラッククレーン架設

(2) プレキャスト桁架設機材使用上の留意事項^{3, 4)}

プレキャスト桁架設工法の留意事項としては、次の点があげられます。

- 1) T 桁は重心が高く転倒しやすいので、運搬時や横移動時、仮置き時には転倒防止材を設置し、PC 桁が転倒しないようにします。
- 2) PC 桁のプレストレスは設計支承位置で支持したときの主桁自重の応力と見合うように導入されています。このため、PC 桁の運搬・架設などの際に、不適切に支持すると、プレストレスが過剰となり主桁の一部が許容引張強度を超えるおそれがあります。したがって、PC 桁を設計支承位置以外の点で仮支持する際は、仮支持位置の安全性を検討する必要があります。
- 3) PC 桁に壁高欄などの鉄筋が片側に配置されている場合などは、重心位置の偏心により吊上げ時に横方向に傾斜することが想定されます。主桁が傾くと水平面外荷重が作用して支間中央の上フランジ上縁部の引張応力が増大し、最終的には許容引張強度を超えることがあります(図 - 3)。したがって、主桁が傾いた時の支間中央断面における主桁の横方向傾斜に対する安全性を確認する必要があります。

また、主桁の横方向傾斜角が所定の値以内に収められないと想定される場合には、必要に応じて PC 桁の横方向剛性を高める(補強する)必要があります。

- 4) 主桁を吊り上げるとき、主桁が縦方向に θ 傾斜すると、見かけ上の支間が短くなり(図 - 4)、主桁自重による応力が減少し、プレストレスが過剰となることがあるので、桁吊上げ時の縦方向の傾斜に対する安全性を確認する必要があります。
- 5) 架設機材の各部材の応力度、たわみについて安全性の検

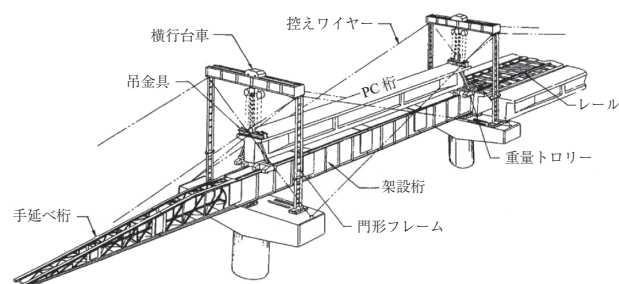
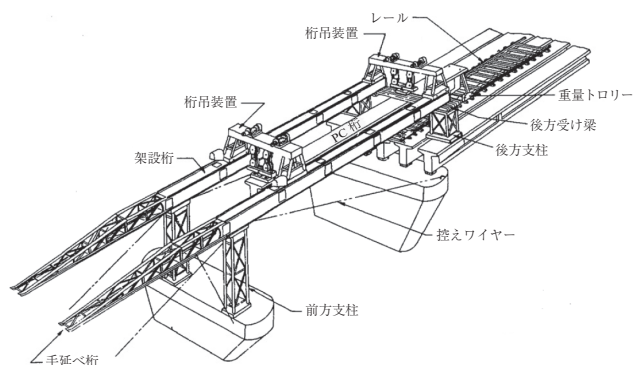
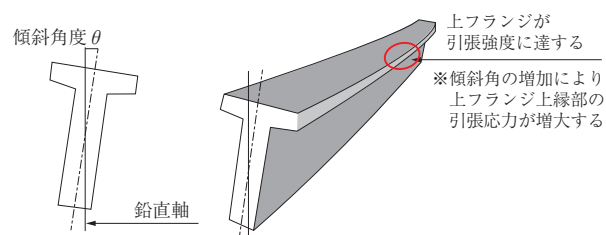
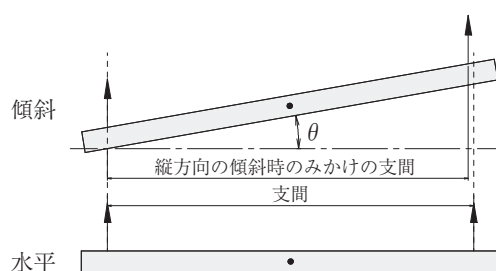
図 - 1 1組桁架設(上路式架設)²⁾図 - 2 2組桁架設(抱込み式架設)²⁾図 - 3 主桁の横方向の傾斜⁴⁾

図 - 4 桁吊り時の縦方向の傾斜

討が必要です。

- 6) 架設桁や手延べ桁は、引出し時および径間移動時の応力度や転倒について安全性の確認が必要です。
- 7) トラッククレーンは適切な機種を選定し、据付け地盤の地耐力を検討して必要な補強を行います。また、アウトリガーを最大限に張り出し、定格荷重を超えてはいけません。
- 8) 架設機材の組立て・解体作業時には、墜落防止の措置を講じます。また、橋脚上の作業時における墜落災害を防止するため、橋脚周りに足場を設けます。
- 9) 架設桁架設の桁吊装置は、労働安全衛生法上クレーンに該当するためクレーン設置届が必要となります(クレ

ーン等安全規則第5条)。

3.2 プレキャストセグメント架設工法

プレキャストセグメント架設工法は、橋軸直角方向に分割したT桁などの単桁断面あるいは箱桁断面のプレキャスト部材(セグメント)を製作し、これを架設地点に運搬して、縦締めPC鋼材にて主桁を形成し架設したのち、横締めPC鋼材にて橋体を構築する工法です。

(1) プレキャストセグメント架設工法に使用する機材

プレキャストセグメント架設工法に使用する機材は、多くの場合、プレキャスト桁架設工法と同様の機材が使われます。しかし、箱桁のように橋体重量が大きくなる場合には専用の架設桁(写真-3)や移動作業車(写真-4)、支保工が採用されることがあります。

(2) プレキャストセグメント架設機材使用上の留意事項

プレキャストセグメント架設工法の留意事項としては、次の点があげられます。

- 1) 箱桁など橋体重量が大きい橋梁の場合は、大型の架設機材を用いるため、経済的にある程度の施工延長(15径間程度以上)が必要です。
- 2) 架設桁の各部材の応力度、たわみについて安全性の検討が必要です。
- 3) 架設桁の移動時およびセグメントの架設時などの施工段階には、架設機材の荷重による本体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。
- 4) 架設桁や手延機の引出し時や径間移動時には、架設機材の応力照査や転倒について安全性の確認が必要です。
- 5) セグメントの架設前に架設桁を含む機材の点検を行います。

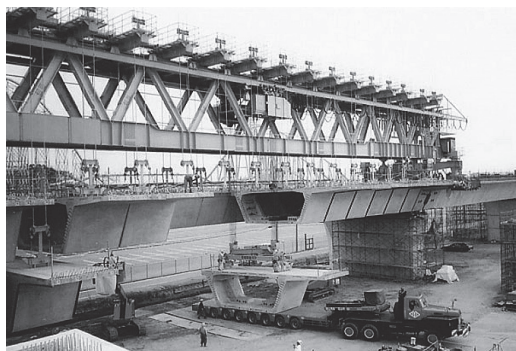


写真-3 スパンバイスパン架設²⁾



写真-4 エレクションノーズ架設²⁾

ます。

- 6) セグメントの架設後にたわみの測定を行い、計算値との対比をして安全性を確認します。
- 7) 縦締めの緊張作業に伴い、PC桁が架設桁の弾性復元力によって突き上げる力を受ける場合には、PC桁自重分のプレストレスを導入した時点で中間支持材をジャッキダウンさせるなどの処置が必要です。

4. 場所打ち架設工法

場所打ち架設工法は、PC橋の架設地点に直接型枠を組立て、コンクリートを打ち込んで橋体を構築する工法です。

本架設工法は、型枠を支保する機材により、固定支保工、移動支保工、張出し、押出しなどの工法に細分化されます。

4.1 固定支保工架設工法

固定支保工架設工法は、移動支保工架設工法と対比した架設工法の名称で、荷重を支える支保工を地上から架設高さまで組み上げる形式です。この工法は、場所打ちコンクリート橋の架設工法の基本をなすものです。

(1) 固定支保工架設工法に使用する機材

固定式支保工は使用する機材によって、くさび結合式支保工と支柱式支保工の2種類があります。選定にあたっては、立地条件(地形、架設高さ、基礎地盤条件、桁下空間の使用制限の有無)、構造条件(橋梁形式、構造部材の形状寸法、下部構造物利用の可否)、工事規模および工期などを考慮します。

くさび結合式支保工の機材は、支柱材と水平材および斜材ブレースなどにより構成された支保工で、支柱材の基部および頂部に配置されたジャッキにより高さ調整が行える構造となっています(写真-5, 6)。各部材1本1本は軽く、手で持ち運ぶことができます。

支柱式支保工の機材は、基礎地盤に建て込んだ支柱や下部工に取り付けたブラケットと、これらの上に架設する梁材から構成されます。支柱式支保工の中でも、桁下空間などの制約条件により、架設する梁材のスパンを大きくしたい場合、梁材には一般的なH型鋼のかわりにトラス材や架設桁など特殊な鋼材が用いられる場合もあります(写真-7)。

(2) 固定支保工架設機材の設計上の留意事項

- 1) 支保工各部材の応力度、たわみの検討を行う際は、鉛直荷重には作業荷重(衝撃荷重を含む)として 3.5 kN/m^2 ¹⁾を加えます。また、照査水平荷重として鋼管枠を支柱として用いるときは設計荷重の2.5%を、それ以外のものを支柱として用いるときは設計荷重の5%をとり、その荷重を支保工の上端に作用させて、横方向の安定の検討を行います(労働安全衛生規則(以下「安衛則」という。)第240条)。木材、鋼材の許容応力度は安衛則第241条によります。
- 2) 組立て鋼柱を支柱として用い、その高さが4mを超えるときは、高さ4m以内ごとに水平つなぎを二方向に設け、かつ、水平つなぎの変位を防止する必要があります(安衛則第242条)。
- 3) 集中荷重の作用する支点部、H型鋼などの腹板(ウェブ)

に垂直補鋼材（スティフナー）を入れて補強する必要があります（安衛則第 242 条）。

- 4) 梁の支間が大きく梁高が高いときは、水平つなぎ材と筋かいによる横倒れ防止構の検討を行います。
- 5) プレストレスによる PC 桁の弾性変形を妨げないような構造にします。支保工桁のたわみが大きいと、プレストレス導入による桁の反り上りによっても支保工が外れにくくなります。また、支保工桁の弾性復元力による上向きの力を受けることもあるので、プレストレスに伴って支保工を降下させるなどの処置を施す



写真 - 5 くさび結合式支保工 5) の組立状況

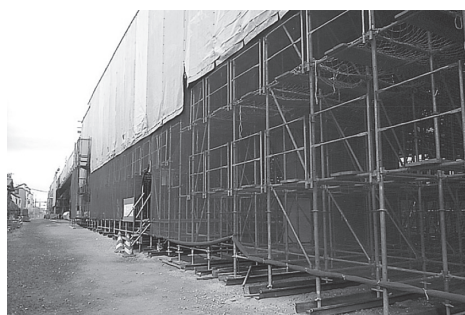


写真 - 6 くさび結合式支保工 5)



写真 - 7 トラス材を用いた支柱式支保工

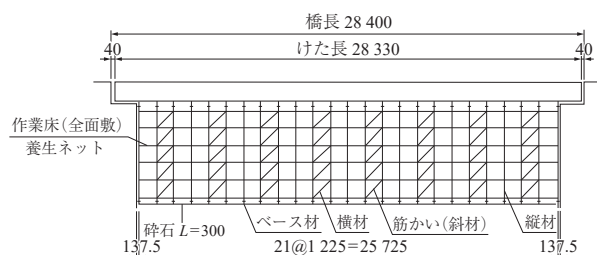


図 - 5 くさび結合式支保工図

必要があります。

- 6) 作業床、手すりなどの墜落防止設備や養生ネット、シート、朝顔などの飛来・落下防護設備および昇降設備も同時に計画する必要があります（安衛則第 518 条、第 519 条、第 526 条、第 537 条、第 538 条）。
- 7) 支保工組立図には、縦材、横材、筋かい（斜材）などの部材の配置、接合の方法および寸法の明記が必要です。（図 - 5）（安衛則第 240 条）。とくに、接合の方法では、ボルト締めはその本数、溶接はのど厚および溶接長さ、緊結金具はその種類および個数を示す必要があります（通達 H4.8.24 基発第 480 号）。
- 8) 支柱の高さが 3.5 m 以上の型枠支保工の施工を行う場合には、その計画を工事開始の 30 日前までに、労働基準監督署長に届け出て審査を受ける必要があります（労働安全衛生法第 88 条）。

(3) 固定支保工架設機材の施工上の留意事項

- 1) 支保工組立図にしたがって、型枠支保工の組立てなど作業主任者の直接指揮と監視により施工する必要があります（安衛則第 246 条、第 247 条）。
- 2) 支保工の組立て・解体の手順を定める必要があります（安衛則第 247 条）。
- 3) 使用機材の点検を行い、著しい損傷、変形、腐食が認められる材料は、排除します（安衛則第 237 条、第 247 条）。
- 4) 支保工の組立て・解体作業時には、作業床、手すりなどの墜落防止設備が必要です（安衛則第 518 条、第 519 条）。やむをえない場合には、安全ネットを張り、墜落制止用器具取付け設備を設け、墜落制止用器具を使用させて安全を確保します（安衛則第 518 条～第 521 条）。
- 5) コンクリートの打込み前および打込み中に支保工の点検を行う必要があります（安衛則第 244 条）。
- 6) コンクリートの打込み中にたわみの測定を行い、計算値との対比をして安全性を確認します。

5. おわりに

今回の講座では、PC 橋の架設工法のうち、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解説しました。

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特殊な架設工法について解説します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：コンクリート道路橋施工便覧，1998。
- 2) 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平成 19 年 10 月 [改訂版]，2007.2
- 3) プレストレスト・コンクリート建設業協会：施工計画書作成の手引き（T 桁橋・セグメント T 桁橋編），2016.9
- 4) プレストレスト・コンクリート建設業協会：施工計画書作成の手引き（増補版），2019.3
- 5) プレストレスト・コンクリート建設業協会：施工計画書作成の手引き（場所打桁編），2017.7

【2019 年 7 月 23 日受付】