

# 第10回 PC橋の架設工法（その1）

講師：白浜 寛\*

## 1. はじめに

今回のテーマは、PC橋の架設工法です。PC橋は、構造形式がその時代の要請に呼応して変革し、それを構築するために機械化が進歩し、その結果、多彩な架設工法が編み出されるかたちで発展を遂げてきました。いわば構造形式の多様化と架設工法の高度化は車の両輪としてPC技術の発展に寄与してきたといえます。

架設工法に関する講座は全3回を予定しており、さまざまな架設工法を図や写真を交えながら解説します。今回の講座（その1）では、架設工法の分類と各工法の概要、およびプレキャスト架設工法（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）について解説します。

## 2. 架設工法の分類

PC橋の架設工法は、橋体コンクリートの打設場所により、プレキャスト架設工法と場所打ち架設工法があり、それぞれの架設工法の中でも架設に用いられる機械設備の差異によってさらに細分されています（表-1）。また、品質の向上・施工の合理化を目的とした構造形式の橋梁に適應する架設工法も多数開発されてきました。ここでは、各架設工法について概要を紹介いたします。

### 2.1 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もしくは橋軸直角方向にいくつかのセグメントに分割して、工場または現場付近の製作ヤードで製作し、これを架設地点に運搬し架設して橋体を組み立てる工法です。この施工法には次の2種類の架設工法があります。

#### (1) プレキャスト桁架設工法

プレキャスト桁架設工法は、工場または現場付近の製作ヤードで桁を製作し、これを架設地点に運搬、架設した後、桁間に床版、横桁を場所打ちし、PC鋼材で横締めして橋体を形成する工法で、PC橋の工事ではもっとも一般的な工法です。

#### (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、工場または現場付近の製作ヤードで、PC橋の橋体を橋軸方向や橋軸直角方向に適当な長さに分割したセグメントを製作し、これを架

設地点に運搬して、橋体を組み立てる工法であり、下部工施工と並行して、セグメントの製作ができるので、全体工期を大幅に短縮できる利点があります。

### 2.2 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、支保工設備を介して型枠を組み立て、コンクリートを打設して橋体を製作する工法です。この架設工法には、次の種類があります。

#### (1) 固定支保工式架設工法

固定支保工式架設工法は、移動支保工式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のものをいい、コンクリート橋架設工法の基本をなすものです。

#### (2) 移動支保工式架設工法

移動支保工式架設工法は、従来の固定支保工と異なり、支保工を解体することなく、次の径間に移動させていくものです。大型移動支保工は、高度に機械化された大型の移動支保工設備を用いて、1径間の型枠、支保工の組立て、コンクリート打設、プレストレスング、型枠の脱型、型枠・支保工の移動という繰り返し作業を機械的、かつ連続的に行っていく工法であり、急速施工、省力化を可能とします。

#### (3) 張出し架設工法

張出し架設工法は、地上から支える支保工なしに、一般に橋脚から左右にバランスをとりながら、移動作業車または移動式架設桁を用いて、支間中央に向かって適当な長さのブロックに区切り、コンクリートを打ち継ぎながら、順次張り出していく工法です。この工法は、長大スパンのPC橋の架設を可能にし、わが国には1958年に技術導入されて以来多数の施工実績があります。

#### (4) 押出し架設工法

押出し架設工法は、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8～20m程度の大型ブロックを製作し、プレストレスを導入後前方に押し出して、空いたヤードで新しいブロックを打ち継ぎPC鋼材で接合しながら、順次PC桁を前方に押し出して架設する工法です。

#### (5) 構造形式に適した架設工法

アーチ橋は、橋脚を設置することが困難な深い渓谷や急

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

表 - 1 架設工法による分類<sup>1)</sup>

条 件	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				固定支保工式架設工法		移動支保工式架設工法		張出し架設工法		押し出し架設工法	
	架設桁架設工法	クレーン架設工法	支保工式架設工法	支間一括架設工法	移動式架設桁架設工法	移動作業車架設工法	枠組支保工架設	支柱式支保工架設	ハンガータイプ架設	サポートタイプ架設	移動作業車による架設	移動式架設桁による架設	反力集中方式押し出し架設	反力分散方式押し出し架設
支 間	20～40m	○	○	○	○	△	△	○	○	△	○	○	○	
	40～60m	○	※	○	○	※	※	○	○	○	○	○	○	
	60～80m	△	△	※	※	○	○	○	※	○	○	○	※	
	80～100m	△	△	△	※	○	○	※	△	○	○	△	△	
	100m以上	△	△	△	※	※	○	※	△	○	○	△	△	
施 工 条 件	桁高の変化に対する融通性	○	○	○	※	○	○	○	※	○	○	○	△	
	平面曲線に対する融通性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	主桁幅拡幅に対する融通性	○	○	※	※	※	※	○	※	○	○	○	※	
	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	○	△	△	○	○	※	△	○	△	※	○	○	
桁下高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。

流河川を跨ぐ架橋条件に適しており、現在のアーチ橋の架設はスパンセンターに張り出していく架設工法が多く採用されています。その他として、構造の合理性、景観性、長大支間に適したPC斜張橋、エクストラドーズド橋、吊床版橋、PC吊橋およびPC床版など、おのおのの構造形式に合った架設方法があります。

3. プレキャスト桁架設工法

プレテンション方式の桁は、工場で製作され、桁長が5～25m、桁重量は5～300kN/本程度で、架設工法としては、自走式クレーン車による架設がもっとも多く用いられています。ポストテンション方式の桁は、一般に現場付近の製作ヤードで製作され、桁長は20～50m、桁重量は200～1600kN/本程度です。架設工法としては、架設桁(エレクションガーダー)による架設とクレーンによる架設が主流になっていますが、施工条件によっては、いくつかの架設機械の組合せによる架設も用いられます。

プレキャスト桁架設工法は、架設地点における直接的な支保工設備が不要であり、場所打ち架設工法と比べ、多径間の場合に有利性が発揮される工法です。

3.1 架設桁架設工法(エレクションガーダー)

架設桁架設工法はもっとも標準的な架設工法であり、種々の現場条件に適合する工法です。本工法は、架設径間にあらかじめ架設桁を据え付けておき、引出し軌道でPC桁製作ヤードからPC桁を引き出し、架設桁を支持桁として架設する工法です。

工法を細分類すると、以下のとおりとなります。

- ・上路式架設
- ・吊下げ式架設
- ・抱込み式架設

(1) 上路式架設

架設桁および門形架設機を架設対象径間に設置し、引出し軌道により架設桁上まで引き出されたPC桁を桁吊装置により吊り上げ、所定の位置まで横移動を行って、直接支承上に据え付ける方法です(図-1)。

(2) 吊下げ式架設

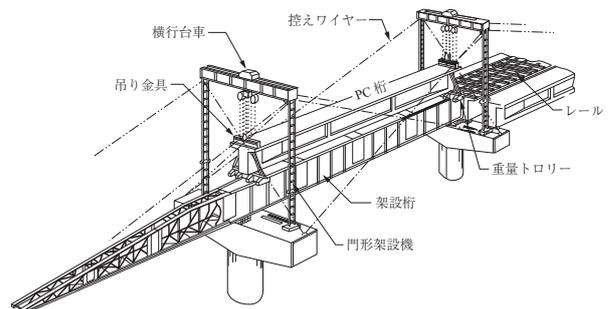


図 - 1 上路式架設<sup>1)</sup>

架設桁を図-2に示すように、桁高以上の高さになるよう支柱を用いて設置し、架設桁上を移動する桁吊装置でPC桁を吊り下げて縦移動させた後、橋脚上に設置した横取装置にのせて所定の位置まで横移動し、ジャッキを用いて据え付ける方法です(写真-1)。

(3) 抱込み式架設

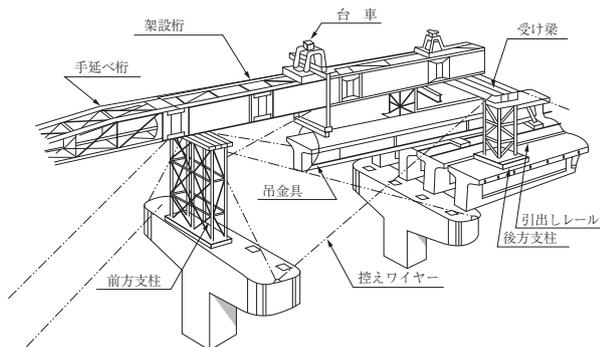


図 - 2 吊下げ式架設<sup>1)</sup>



写真 - 1 吊下げ式架設<sup>1)</sup>

PC 桁の重量が大きい場合（800 kN 程度以上）や、鉄道上あるいは交通量の多い道路等特殊条件のある場合に用いられ、2 組の架設桁を吊下げ式架設と同様に支柱を用いて設置し、架設桁上を移動する桁吊装置で PC 桁を吊り上げ、架設桁間に抱き込んで縦移動させた後、橋脚上に設置した横取装置にのせて所定の位置まで横移動し、ジャッキを用いて据え付ける方法です（写真 - 2）。



写真 - 2 抱込み式架設<sup>1)</sup>

### 3.2 クレーン架設工法

クレーン架設工法には、橋梁架設工事においてもっとも多用されている自走式クレーン車架設のほか、門形クレーン架設などがあります。

#### (1) 自走式クレーン車架設

この工法は、運搬されてきた PC 桁を、橋台背面、または架設地点の桁下に据え付けた自走式クレーン車で吊り上げて架設する工法です。架設方法には、1 台のクレーンによる単吊り架設と 2 台のクレーンを用いる相吊り架設（写真 - 3）があります。本工法は、架設地点に自走式クレーン車が自由に進入でき、かつ PC 桁の搬入が可能な場合に採用される架設工法で、省力工法であり架設速度が速いのが特長です。



写真 - 3 相吊り架設<sup>1)</sup>

#### (2) 門形クレーン架設

架設径間の橋体を跨いだ形で 2 基の門形架設機を設置し、PC 桁をその内側に敷設された軌道上を引き出すか、トレーラーにより運搬し、門形架設機の巻上げ機により吊り上げ、横取装置によって所定の位置に据え付ける方法です。PC 桁の製作ヤードが高架下にあつて、かつ狭いため PC 桁のストックができない場合に有利な架設工法です（写真 - 4）。



写真 - 4 自走式門形クレーン架設<sup>1)</sup>

### 3.3 プレキャスト桁架設工法の留意事項

プレキャスト桁架設工法の主な留意事項としては、次の事項があります。

- ① 桁の運搬、架設時には支点位置の変化や桁の傾きなどにより、設計計算時に考慮しなかった応力が主桁に生じることがあるので、許容仮支持支間、横方向および縦方向の許容傾斜角をあらかじめ求めておき、施工中はこれを守ること。

- ② 桁長が 40 m に近い桁では、桁の横座屈に対する安全性の検討を行い、必要に応じて桁を一時補強すること。
- ③ 架設桁（エレクションガーダー）の手延機の強度や転倒について安全性の確認を行うこと。
- ④ PC 桁は重心が高く転倒し易いので、桁の横移動や運搬時には、桁の転倒防止措置を講じること。また、桁架設後は直ちに転倒防止材を設置し、桁が転倒しないようにすること。
- ⑤ 自走式クレーン車は適切な機種を選定し、据え付け地盤の地耐力を検討して必要な補強を行うこと。また、アウトリガーまたはクローラを最大限に張り出し、定格荷重を超える吊り方をしないこと。

#### 4. プレキャストセグメント架設工法

工場または現場付近の製作ヤードで、PC 橋の橋体を橋軸方向に適当な長さに分割してセグメントを製作し、これを架設地点に運搬し、架設します。架設方法は、以下のとおり分類されます。

- ・支保工式架設工法
- ・支間一括架設工法（スパンバイスパン）
- ・移動式架設桁（エレクションガーダー）架設工法
- ・移動作業車（エレクションノーズ）架設工法

##### 4.1 支保工式架設工法

架設径間に固定支保工を設置し、自走式クレーン車または門形架設機等により支保工上にセグメントを架設並列し、プレストレスを与えて橋桁を完成させる方法です。

##### 4.2 支間一括架設工法（スパンバイスパン）

1 径間分のプレキャストセグメントを架設桁で一度に架設し、プレストレスを導入して桁を完成させる方法です。

図 - 3 に示すように、架設桁上でセグメントを組み立てるサポートタイプ方式と図 - 4、写真 - 5 に示すように、架設桁からセグメントを吊り下げて組み立てるハンガータイプ方式とがあります。これらの工法は工事規模が大きく、工期短縮に効果があり比較的中規模径間長の多径間橋梁の架設に採用されます。なお、サポートタイプは橋脚にブラケットを設置する必要があるため、橋脚形状に制約を受けます。

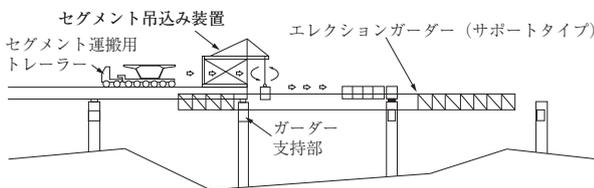


図 - 3 サポートタイプによる架設<sup>1)</sup>

##### 4.3 移動式架設桁（エレクションガーダー）架設工法

架設桁による架設は、河川上、その他セグメントを架設地点の桁下まで運搬することができないような地形の場合に用いられます。2 本のエレクションガーダー間にセグメントを抱き込んで運搬、架設する抱込み式架設法と 1 本の

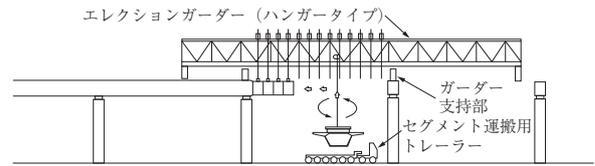


図 - 4 ハンガータイプによる架設<sup>1)</sup>



写真 - 5 ハンガータイプによる架設<sup>1)</sup>

エレクションガーダーまたはエレクショントラスからセグメントを吊り下げて運搬、架設する下吊り式架設法があります。エレクションガーダーの抱込み式架設法の概要図と写真を図 - 5、写真 - 6 に、エレクショントラスを写真 - 7 に示します。

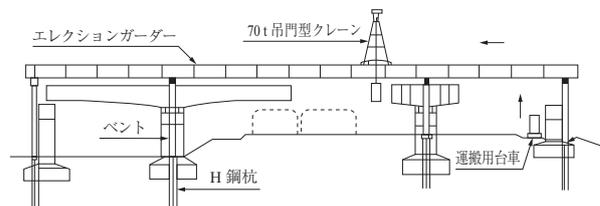


図 - 5 エレクションガーダー架設<sup>1)</sup>



写真 - 6 エレクションガーダー架設<sup>1)</sup>

##### 4.4 移動作業車（エレクションノーズ）架設工法

本架設工法は、図 - 6、写真 - 8 に示すように、すでに架設済みの橋桁部分にアンカーされた鋼製梁を片持ち式に張り出し、この張出し部分に設置したウインチ等の巻上機でセグメントを吊り上げ、接合する架設工法です。エレクションノーズの巻上機までのセグメントの運搬は、トレー



写真 - 7 エレクショントラス架設 1)

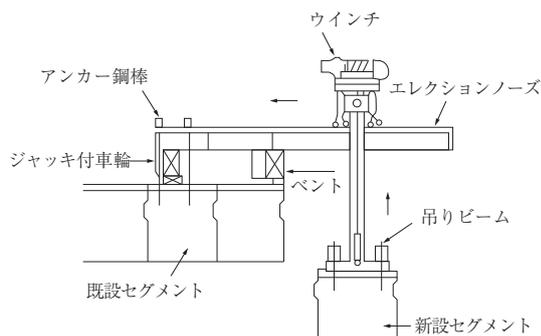


図 - 6 エレクションノーズ架設 1)



写真 - 8 エレクションノーズ架設 1)

ラーによるか、水上であれば台船を用います。施工条件によっては、セグメントの吊上げに自走式クレーン車、またはフローティングクレーンを用いることもあります。

#### 4.5 プレキャストセグメント架設の応用例

プレキャストセグメントは上下床版、ウェブをすべて製作ヤードにて製作するフルセグメントと搬送時の質量軽減やストックヤードの広さと製作・架設設備の低減などを目的として、上床版や張出し床版などをセグメント架設後に場所打ち施工を行い、箱桁断面を完成させる部分場所打ちセグメントに分類でき、施工条件などにより選定されます。

ここでは、コア断面先行架設工法としてU型コア断面、閉断面箱桁コア断面について説明します。

##### (1) コア断面先行架設工法 (U型コア断面)

主桁断面をU型コア断面+リブをセグメントとして製

作することにより、セグメント質量の軽量化を図っています (図 - 7)。

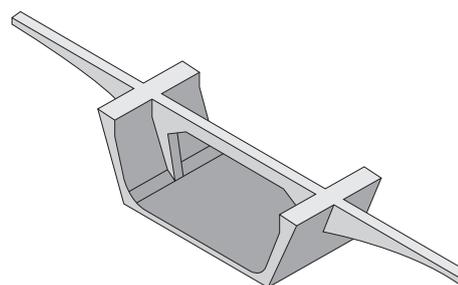


図 - 7 U型コア断面の一例 1)

架設方法は、支間一括架設工法 (スパンバイスパン) のハンガータイプによる架設 (図 - 8) を採用しています。まず、U型コア断面を架設、1次緊張した後、リブ間に型枠兼作業足場となるPC板を敷設し、場所打ちで上床版を構築して2次緊張を行い合成断面全体にプレストレスを導入することにより橋体を完成させます。

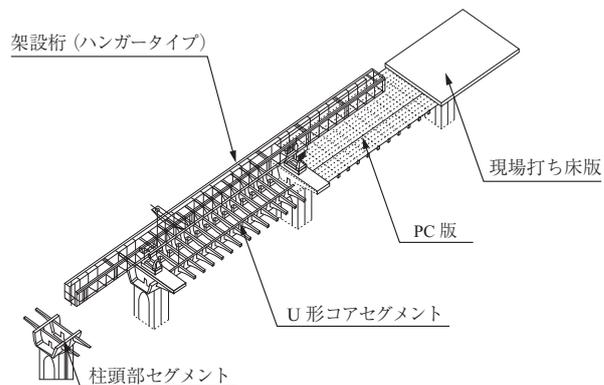


図 - 8 U型コア断面の架設 1)

##### (2) コア断面先行架設工法 (閉断面箱桁コア断面)

架設方法は、コア断面部のセグメントを支間一括架設工法 (スパンバイスパン) のハンガータイプで先行架設し1次緊張を行います (図 - 9、写真 - 9)。その後、張出し床版部を移動作業車にて場所打ち施工して2次緊張を行い橋体を完成させます (図 - 10)。

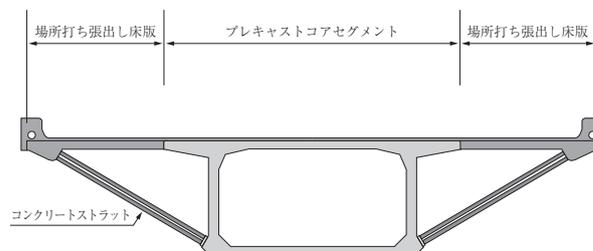


図 - 9 閉断面箱桁コア断面の一例 1)

##### 4.6 プレキャストセグメント架設工法の留意事項

プレキャストセグメント架設工法の留意事項としては、次の事項があります。



写真 - 9 閉断面箱桁コア断面の架設<sup>1)</sup>

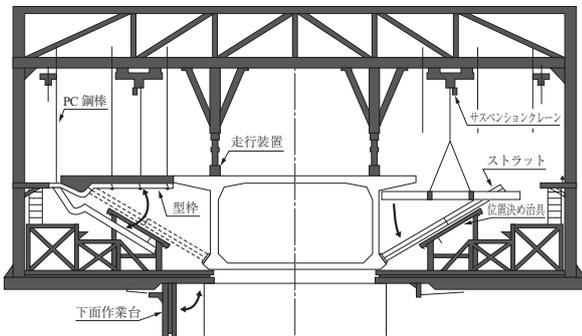


図 - 10 張出し床版部施工<sup>1)</sup>

(1) 支間一括架設工法の留意事項

- ① 大型の架設機械を用いるため、経済的にある程度の施工延長（15 径間程度以上）が必要である。
- 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を行うこと。
- ③ 架設桁の移動時およびセグメント架設時における本体桁の応力および支承反力について安全性の検討を行うこと。
- ④ 架設桁を移動させるときの転倒に対する安全性の検討を行うこと。
- ⑤ セグメントの架設前に架設桁を含む架設設備の点検を行うこと。
- 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かめること。
- ⑦ 主桁の縦締めの際の緊張作業に伴い、主桁は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には、主桁自重分のプレストレスを導入した時点で架設桁をジャッキダウンさせること。

(2) 移動式架設桁架設工法の留意事項

セグメントを橋面から取り込む場合、エレクションガーダーの支持方法が問題となることが多く、柱頭部セグメントの施工方法や橋脚ブラケットの構造などの検討が必要となります。

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 プレキャストセグメント架設工法の移動式架設桁（エレクションガーダー）による架設は、セグメントを架設地点の桁下まで運搬することができないような場合に用いると有効である。
- ② プレキャストセグメント架設工法の支間一括架設（スパンバイスパン）に用いられる架設桁には、サポートタイプとハンガータイプがあるが、橋脚形状の制約を受ける場合には、サポート方式を採用するのが良い。
- ③ プレキャスト桁架設工法において自走式クレーン車を用いる場合、適切な機種を選定し、クレーン据付位置の地盤の地耐力を検討し、必要な補強を行わなければならない。
- ④ プレキャスト桁架設工法における桁の横倒れ座屈に対する安全性の検討は、桁長によらずすべてのプレキャスト桁において行わなければならない。
- ⑤ プレキャスト桁架設工法における桁の転倒防止措置は、横移動や運搬時には必要となるが、桁の自重があり安定性があるため、桁架設直後には必要ない。
- ⑥ プレキャスト桁架設工法のうち、ポストテンション方式の桁は、一般に現場付近のヤードで製作され、桁長は 20～50 m である。
- ⑦ プレキャストセグメント架設工法において、渓谷上のようにセグメントを架設地点の桁下まで運搬できない場合、エレクションノーズによる架設が用いられる。

【練習問題の解答】

- ①○②×③○④×⑤×⑥○⑦×

6. おわりに

今回の講座では、架設工法の分類と各工法の概要、およびプレキャスト架設工法（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）について解説しました。PC 橋の架設工事においては、架設中の本体構造物や仮設構造物の倒壊などによる死亡災害等の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。

次回は、場所打ち架設工法（固定支保工架設工法、移動支保工架設工法、張出し架設工法および押出し架設工法）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 2 月 22 日受付】