

## 第4章 施工

図-4.1.1 にアンケート調査による、PC床版の施工方法を示す。床版打替えの5橋は、すべてプレキャスト床版であった。これは、床版打替えでは、ほとんどの場合、交通規制を伴うので、急速施工が可能なプレキャスト床版を使用することによっている。一方、新設橋では場所打ち床版が28橋、プレキャスト床版が31橋、ハーフプレキャスト床版が1橋と場所打ち床版とプレキャスト床版がほぼ半数であった。このうち、場所打ち床版では固定型枠によるものが9橋、移動型枠によるものが19橋と、移動型枠の方が多くなっている。これは、PC床版が少数主桁橋で多く使用されており、施工の省力化、合理化のために移動型枠を利用するケースが増えているためである。

また、PC床版施工場所による施工方法では、輸送、製作ヤードの制約から、都市部でプレキャスト、山間部で場所打ちの傾向がある。

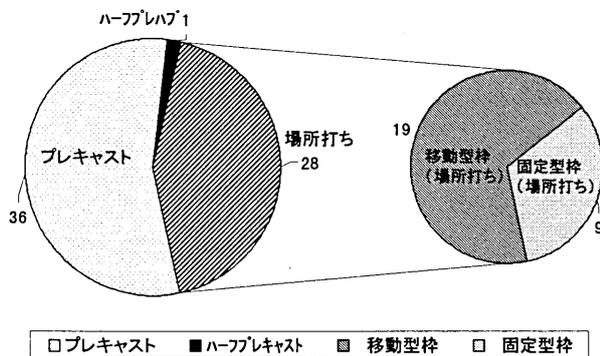


図-4.1.1 PC床版の施工方法

## 4.1 場所打ち床版

場所打ち床版の施工方法は、図-4.1.2 の工法別の橋長分布に示すように、橋長の100m程度以下のものは固定型枠、それ以上のものは移動型枠という傾向がある。これは、橋長が短い場合、移動型枠とする経済的、施工的メリットが小さくなるためである。ただし、橋長が長い場合でも、幅員が変化、橋脚と剛結と言った場合などでは、移動型枠が使用できないため、固定型枠が用いられている。また、橋長が長い場合、1基の移動型枠では工期が非常に長くなるため、移動型枠の基数を増やし工期短縮を図っている。

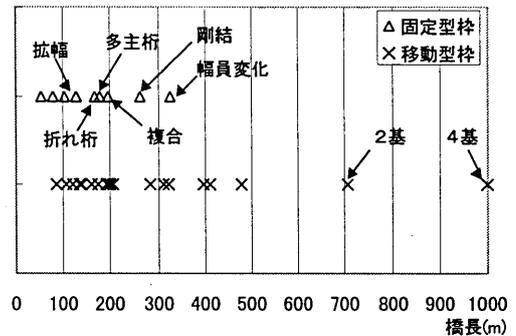


図-4.1.2 工法別の橋長分布

### 4.1.1 移動型枠の種類

現場施工の合理化、機械化、省力化を狙って用いられる移動型枠は、型枠を上方から吊り上げるハンガータイプと下方から支えるサポートタイプの2種類に大別される。

図-4.1.3 にキウス第1橋に用いられたハンガータイプの移動型枠を示す。ハンガータイプの特徴はその移動スピードの早さと型枠工の軽量化にある。ただし型枠を吊り上げる鋼棒が床版に干渉する問題があり、床版に穴を明ける場合にはその跡埋めが必要である。跡埋め作業を省略するために鋼棒を埋め殺す方法が用いられたこともある。

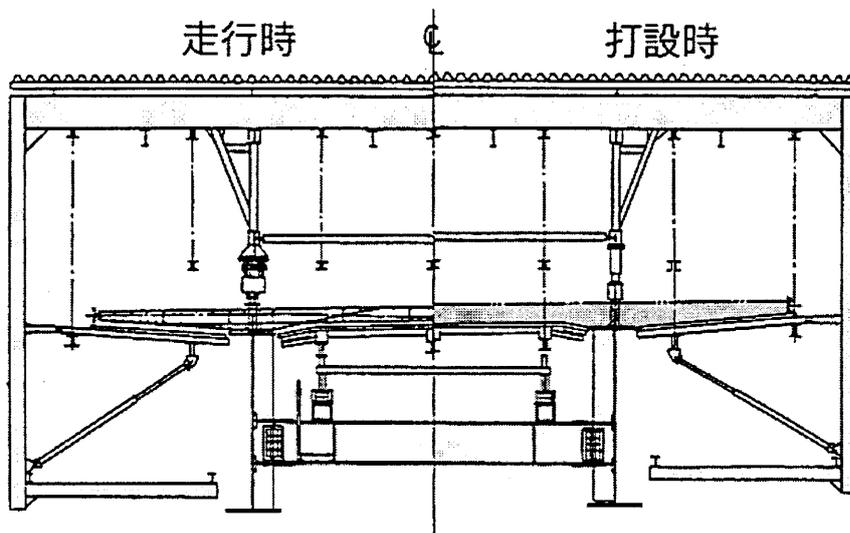
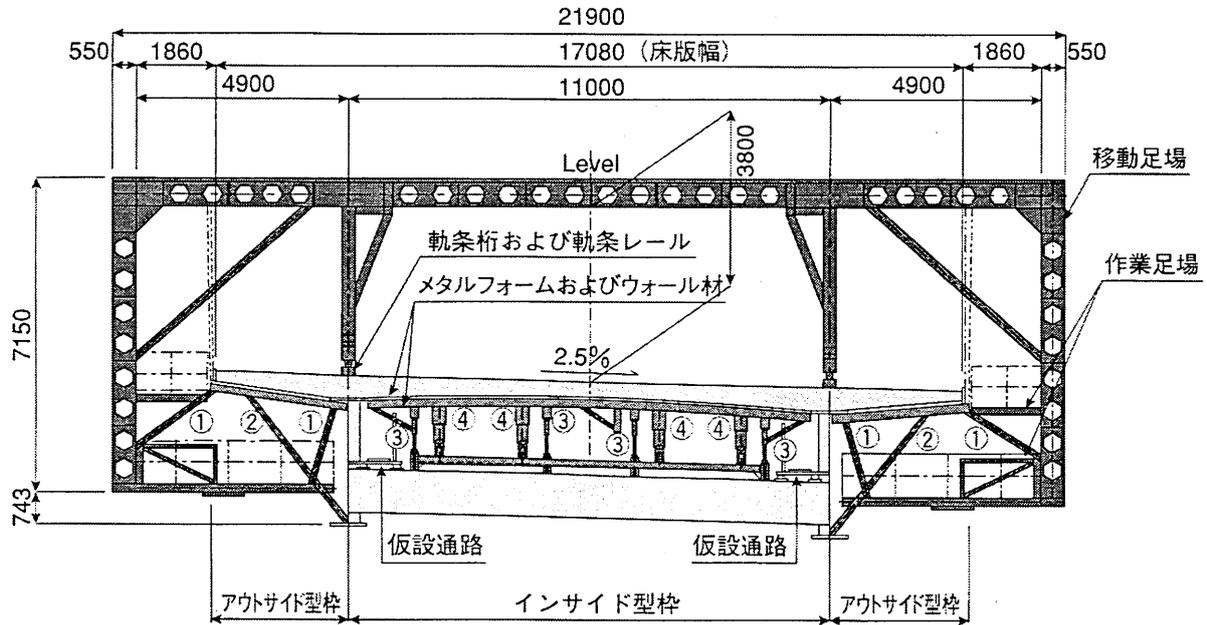


図-4.1.3 ハンガータイプの移動型枠 (キウス第一橋) 1)

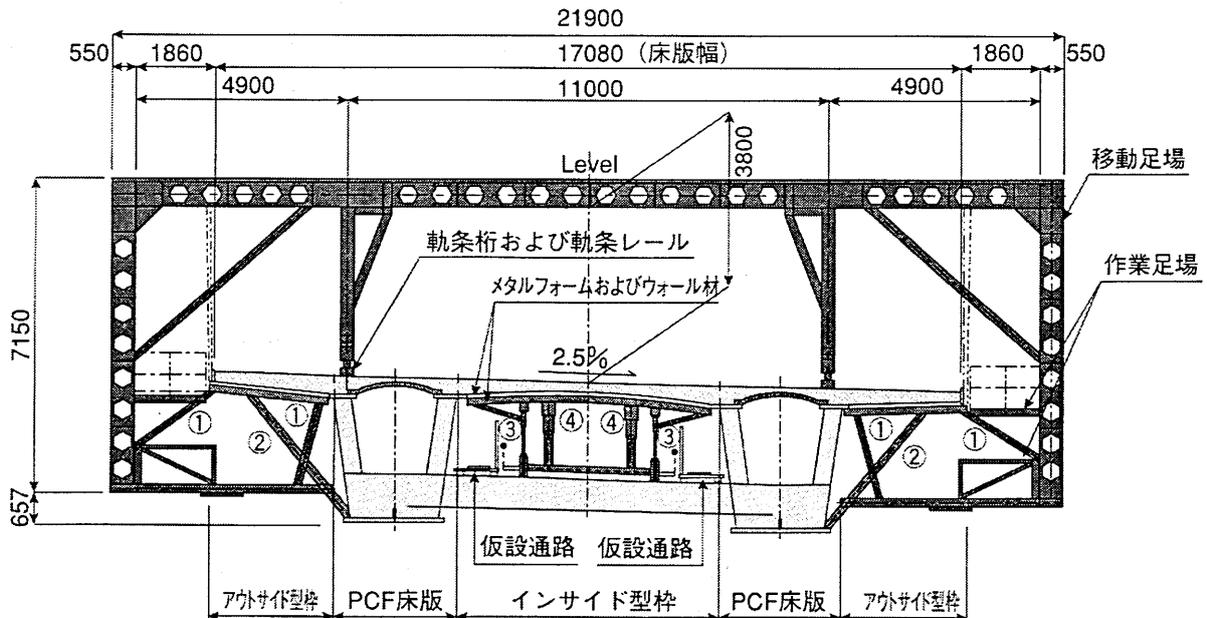
図-4.1.4 に藁科川橋に用いられたサポートタイプの移動型枠を示す。サポートタイプでは床版に穴を明けたり鋼棒を埋め殺したりする必要がないので、床版にとっては健全な施工方法であると言える。ただし、設備が大きくなるためにハンガータイプに比べて重くなること、移動スピードが遅くなる傾向にある。またスライディングビームなどの解体計画にも注意が必要である。

実際の施工においてどちらのタイプの移動型枠を選定するかは慎重に判断する必要がある。また移動型枠を用いる場合には、床版のブロック施工サイクル工程を短縮することや、後続工事への転用を考えた構造に配慮することが肝要で、屋根の設置、型枠にメタルフォームを使用することなどといった配慮も必要となる。

【鋳桁部断面図】



【箱桁部断面図】



- ①伸縮棒ジャッキ (移動時使用)
- ②伸縮棒ジャッキ (コンクリート打込み時使用)
- ③サポートジャッキ (コンクリート打込み時使用)
- ④ジャーナルジャッキ (移動時使用)

図-4.1.4 サポートタイプの移動型枠 (藁科川橋) <sup>2)</sup>

#### 4.1.2 PC鋼材の緊張方法

PC鋼材の緊張は専用のジャッキを用いて行う。この緊張時における導入軸力の監理はPC床版の生命線であり、慎重に行う必要がある。

PC緊張は一方向からの片押し施工が最も施工性がよい。ただし幅員が長い場合などでは1本おきに千鳥に緊張するなどして均等なプレストレスの導入を図るのがよい。

また打ち継ぎ目部においては、図-4.1.5に示すように、2本程度のPC鋼材を緊張しないで残しておき、次のブロックの緊張時に合わせて緊張する方法もよくとられている。これは打ち継ぎ目部の前後において、打設済のブロックが次のブロックのPC緊張を拘束し、プレストレスの導入にアンバランスをきたすことへの対策である。

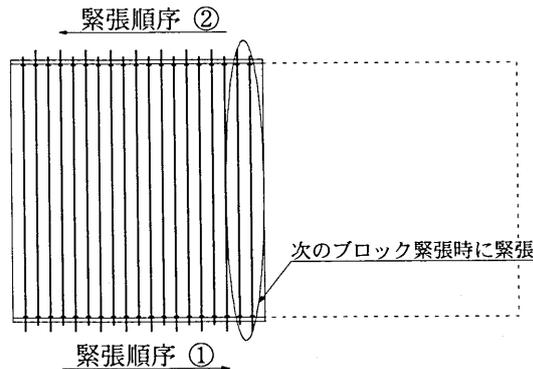


図-4.1.5 PC鋼材の緊張手順の一例

#### 4.1.3 橋軸方向へのプレストレス導入方法

連続合成桁の中間支点部では、負曲げにより床版に引張り力が発生する。この対策としては、橋軸方向にプレストレスを導入するのが一般的であるが、プレストレスの導入方法としてよく用いられるのがジャッキアップダウン工法である。これはあらかじめ鋼桁をジャッキアップした状態で床版を施工し、その後で鋼桁をジャッキダウンして床版に橋軸方向の圧縮力を強制的に導入する工法である。ただし、鋼桁のスパンが長い場合や、多径間連続桁の場合、所定の圧縮力を導入するためのジャッキアップ量がかなり大きくなってしまいうため、これを改善するために様々な工夫が凝らされるようになった。

例えば、図-4.1.6に瀬馬淵高架橋で用いられたジャッキアップダウンの実施例を示す。4径間を一括でジャッキアップダウンすると2mを越えるジャッキアップダウン量となることを、床版ブロック施工の進捗に合わせて5ステップに分けてジャッキアップダウンを行うことで、700mmのジャッキアップダウン量に抑えている。

なお、ジャッキダウンは鋼桁自重に床版自重を加算した反力に対して行うので、ジャッキ等の設備が大がかりとなることに注意する必要がある。さらに、ジャッキを撤去する場合には上が床版で塞がれている状態になるので、施工計画の際には注意する必要がある。

ジャッキアップダウンで導入した橋軸方向の圧縮力はその後の床版コンクリートの乾燥収縮やクリープ、およびこれを鋼桁が橋軸方向に拘束する影響でその大半が消失してしまうことも考慮してジャッキアップダウン量を決定する必要があることにも注意すべきである。

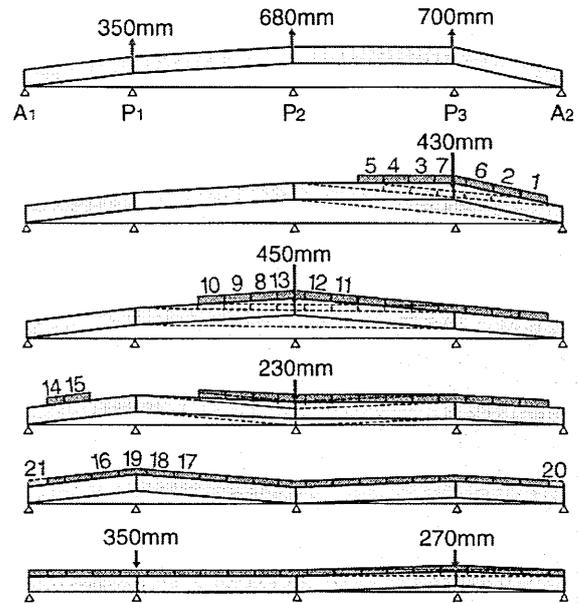


図-4.1.6 瀬馬淵高架橋のジャッキアップダウン<sup>3)</sup>

#### 4.1.4 コンクリートの打設

コンクリートの打設は、合成桁、非合成桁に関わらず中間支点上にひび割れが生じないように、図-4.1.7に一例を示すような打設順序がとられる。

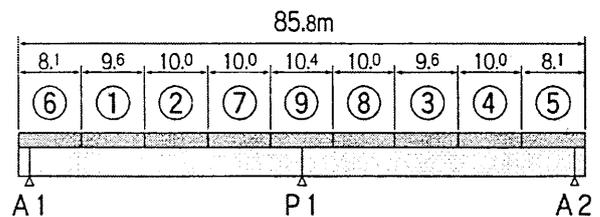


図-4.1.7 連続桁のコンクリート打設順序の一例<sup>1)</sup>

また、特にこれまで鋼橋を専門としてきた方がコンクリートを扱う場合の注意事項として、施工性に関する問題点を指摘しておきたい。

丈夫で長持ちする床版に求められるコンクリートは、強度もさることながら、やはり耐久性の高いコンクリートを作ることが大切である。耐久性の高いコンクリートを作るためには、配合、混和剤もさることながら、現場施工が重要なポイントとなる。仕上げ等の施工性を追求しすぎて水の多いコンクリートを使用すると、乾燥収縮によるひび割れの発生が懸念されることになる。施工性は落ちるが、スランプの小さい固めのコンクリートを丹念にバイブレータをかけて打込むべきである。

また、プラントの選定、試し練り等の事前検討を十分に行うことも大切である。コンクリートは骨材の違いやセメントと混和剤のメーカーによる相性などによってその姿を変える。必要があれば実機試験も行うなどして、現場でトラブルが起こらないように準備することが肝要である。

## 4.2 プレキャスト床版

### 4.2.1 プレキャスト版の割付

プレキャストPC床版の分割は、橋梁形式および輸送や架設に伴う寸法や重量制限より総合的に判断して行う。

図-4.2.1～図-4.1.3に斜橋、曲線橋への適用例を示す。

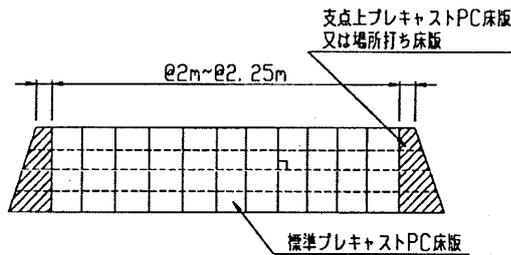


図-4.2.1 斜橋への適用<sup>4)</sup>

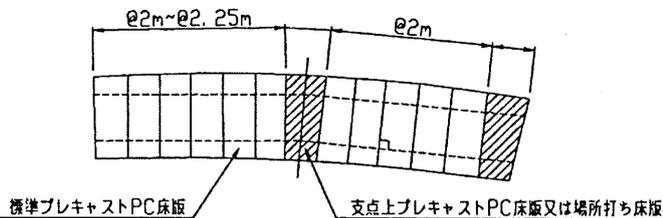


図-4.2.2 曲線橋（折れ桁）への適用<sup>4)</sup>

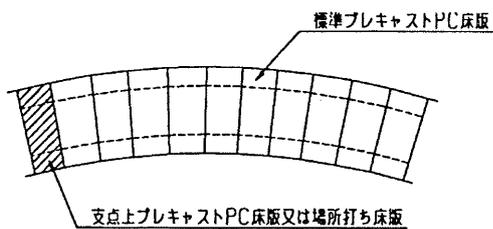


図-4.2.3 曲線橋（曲線桁）への適用<sup>4)</sup>

### 4.2.2 プレキャスト版の製作

#### (1) PC鋼材の緊張

プレキャスト床版1枚毎に挿入されたPC鋼より線を接続金具により各プレキャスト床版型枠間で接続し、固定側で均等緊張機にて1本毎に荷重を与えた後、同時緊張機により所定の緊張力まで緊張する。

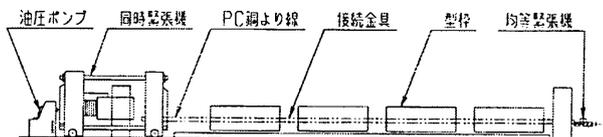


図-4.2.4 PC鋼材の緊張装置例<sup>4)</sup>

#### (2) 養生

プレキャスト床版は、一般的に型枠の転用効率を高めるため、促進養生される。促進養生の方法としては、常圧蒸気養生が一般に用いられている。図-4.2.5、図-4.2.6に蒸気養生の設備例および養生曲線を示す。

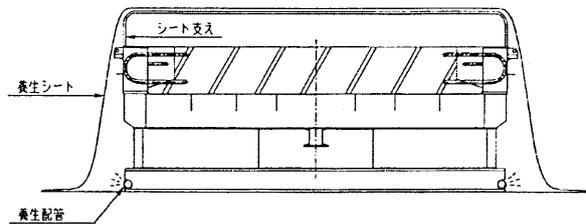


図-4.2.5 蒸気養生設備例<sup>4)</sup>

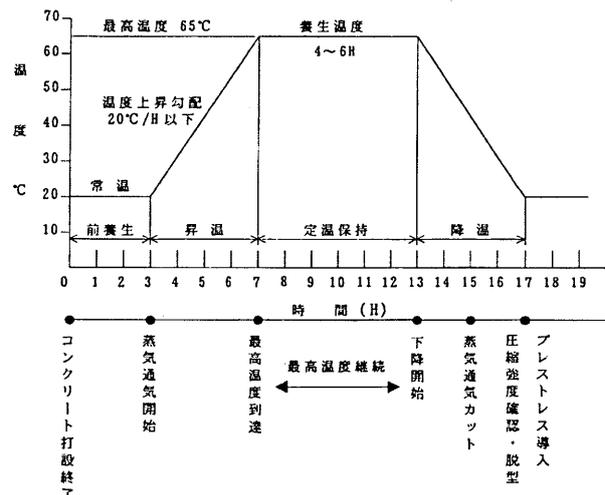


図-4.2.6 蒸気養生曲線（養生サイクル）<sup>4)</sup>

#### (3) 許容誤差

プレキャストPC版の許容誤差は、出来形に不足が生じないように注意して設定する必要がある。表-4.2.1に許容誤差の一例としてJH名古屋のものを示す。

表-4.2.1 プレキャスト版の許容誤差

部材長	+0mm ~ +30mm
部材幅	±5mm
部材厚	+0mm ~ +10mm

### 4.2.3 プレキャスト版の輸送

プレキャスト版の寸法は、ほとんどの場合、輸送条件により決定される。プレキャスト版は、重量がかなり重くなるため、幅、長さだけでなく重量にも注意して版の寸法を決定しなければならない。また、プレキャスト版が長い場合、専用の架台を用いるなど、製品に有害な影響を与えないような方法によらなければならない。

プレキャスト版は、輸送や荷下ろし中での、ひび割れや欠け等の損傷を受けやすいので十分注意する。特に、吊り位置および支持方法には、注意が必要である。

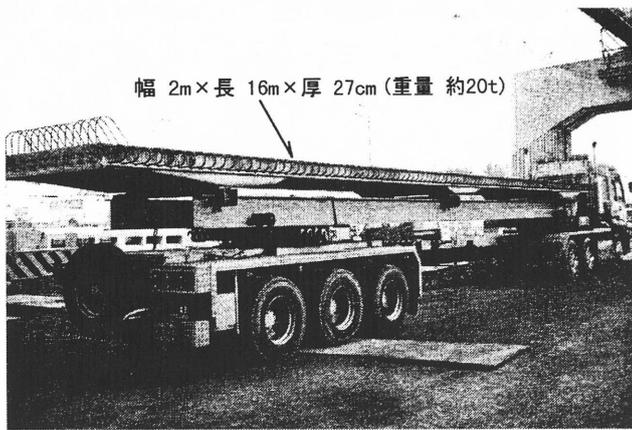


写真-4.2.1 プレキャスト版の輸送状況<sup>4)</sup>

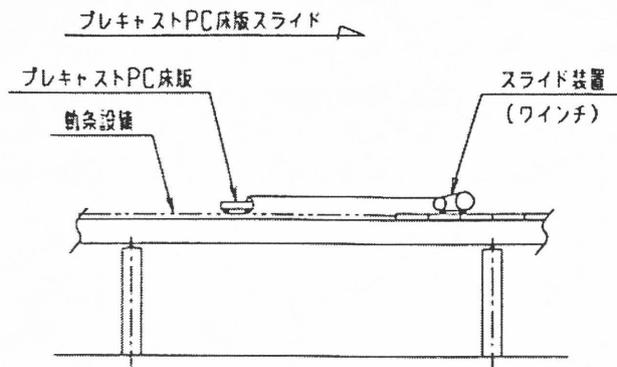


図-4.2.9 スライド装置による架設<sup>4)</sup>

#### 4.2.4 プレキャスト版の設置

プレキャスト版の架設には、現地の施工条件により図-4.1.7~9のような架設工法から選定するが、飛島高架橋中では、橋梁上の高圧線の関係で特殊な架設機を使用している。この特殊架設機の架設要領を図-4.2.10に、架設状況を写真-4.2.2に示す。

なお、クレーンによる架設の場合、プレキャスト版が重いので、作業半径によってはかなり大きなクレーンが必要となることに注意が必要である。

また、プレキャスト版を吊る際、一般的に、版に大きな変形を与えないよう図-4.1.11に示すような吊り天秤を使用する。

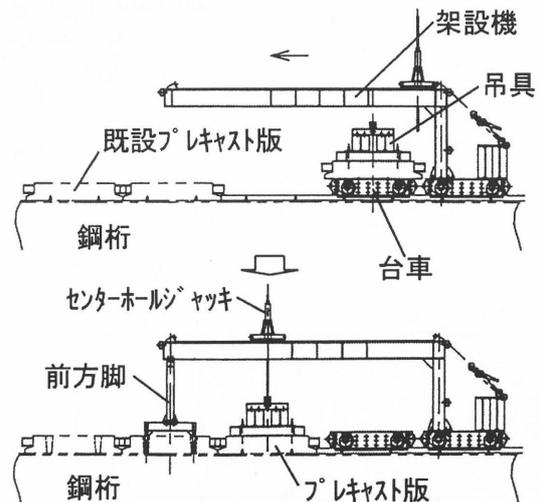


図-4.2.10 特殊架設機による架設要領

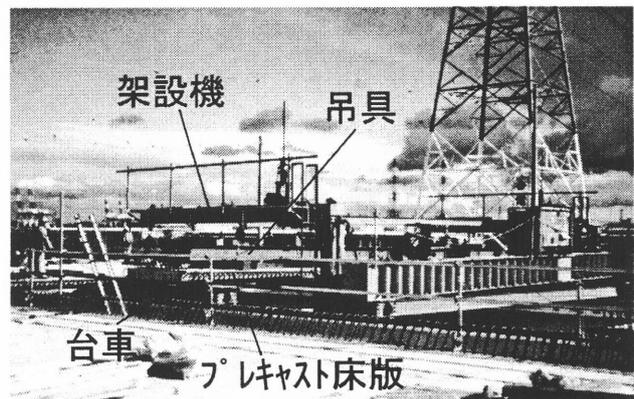


写真-4.2.2 特殊架設機による架設状況

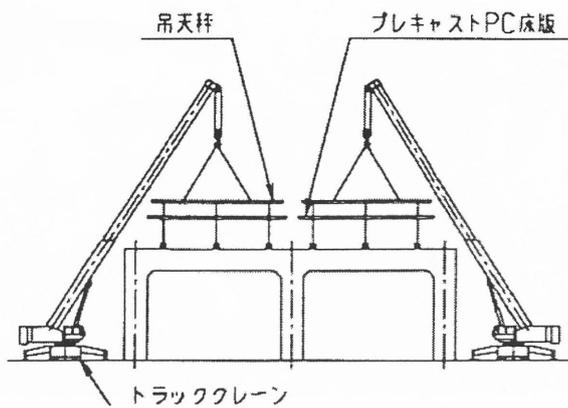


図-4.2.7 クレーンによる架設<sup>4)</sup>

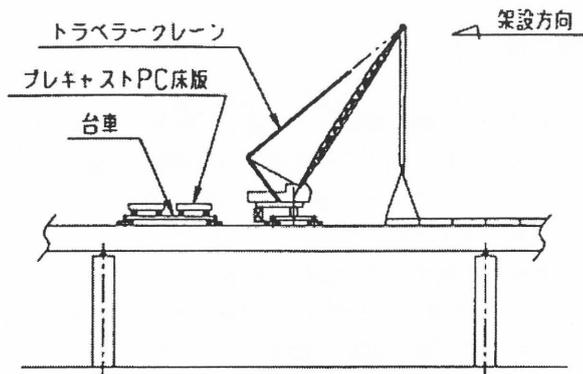


図-4.2.8 桁上トラベラークレーンによる架設<sup>4)</sup>

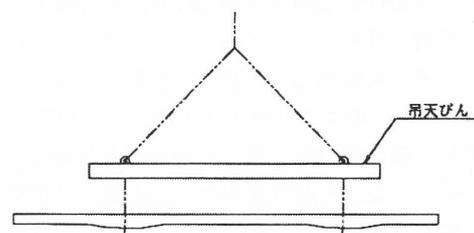


図-4.1.11 吊り天秤<sup>4)</sup>

#### 4.2.5 鋼桁との接合

鋼桁とプレキャスト版との接合はプレキャストPC床版に前もってスタッド後埋め用孔を設けておき、プレキャストPC床版と鋼桁との隙間に、図-4.2.12に示すように無収縮モルタルを充填して結合する。また、スタッド箱抜き部には、図-4.2.13に示すように膨張コンクリートを充填する。

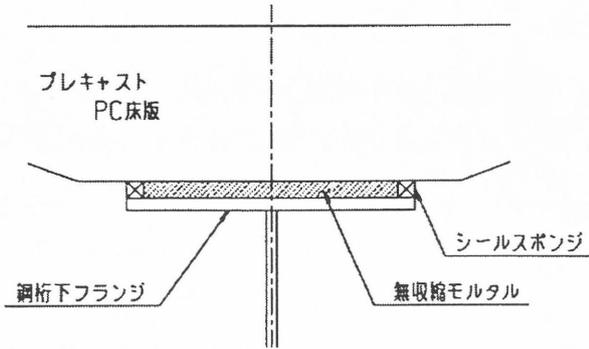


図-4.2.12 一般部<sup>4)</sup>

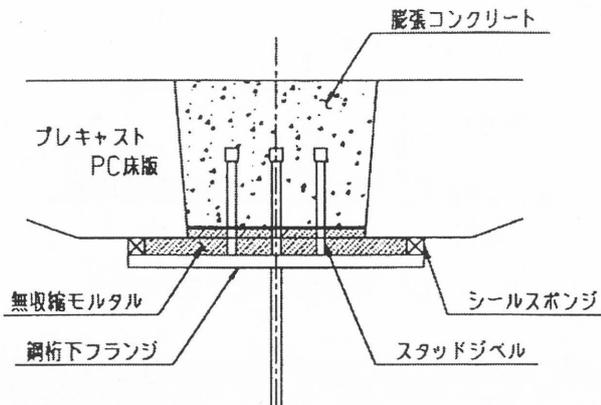


図-4.2.13 スタッド箱抜き部<sup>4)</sup>

#### 4.3 ハーフプレキャスト合成床版

ハーフプレキャスト合成床版は、床版の下側がプレキャスト版となっており、これを型枠として上側の場所打ち部分を現場施工する。プレストレスは、プレキャスト版の方にプレテンションで導入しておく方法と、場所打ち後にポストテンションで導入する方法がある。

プレキャスト版の割付、製作、輸送、据付等は、基本的に前述のプレキャスト床版の場合と同様であるが、ハーフプレキャスト版はその厚さが薄くなるため、輸送や据付等において有利となる。

場所打ち部の現場施工も、型枠が不要となることばかりでなく、下側の鉄筋はプレキャスト版に含まれているため配筋作業が大幅に省力化できるという利点がある。ただし現場でプレストレスを導入するケースでは、PC緊張用の足場が必要となる。

写真-4.3.1～写真-4.3.3にハーフプレキャスト合成床版の施工状況を示す。<sup>5)</sup>

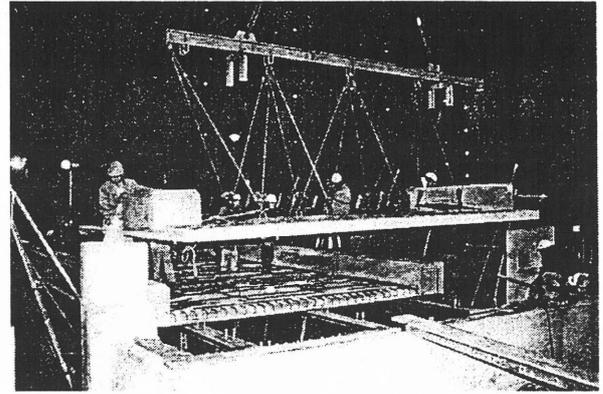


写真-4.3.1 プレキャスト版の架設

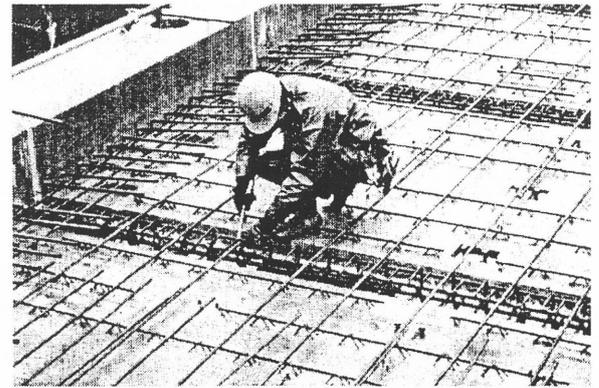


写真-4.3.2 上側鉄筋の配筋

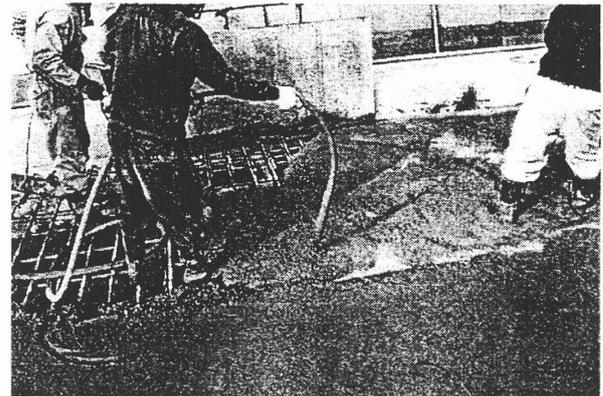


写真-4.3.3 場所打ちコンクリートの打込み

#### 参考文献

- 1) 高橋昭一：鋼桁橋における場所打ちPC床版の設計と施工—PC床版2主桁橋床版の設計施工—、プレストレスコンクリート Vol.40. No.2, 1998.3
- 2) 藁科川橋工事パンフレット
- 3) 瀬馬淵高架橋工事パンフレット
- 4) (社)日本橋梁建設協会：PC床版施工マニュアル(プレキャスト床版編)、1999.6
- 5) BARD床版工法技術資料

## 第5章 設計法

### 5.1 床版厚

現行の道路橋示方書に示される最小床版厚は、床版支間長の一次関数で与えられており、床版支間長に比例して床版厚は右肩上がりである。また、床版支間長が6mを越えると道路橋示方書-Ⅲ（コンクリート橋編）のPC床版用の規定も適用範囲外となるため、床版厚に対する決定根拠がない状況である。ここで、アンケート調査結果の床版厚を、道示規定、およびドイツの道路建設に関する回覧（ARS）に示される経済的な床版厚と比較してグラフを示すと図-5.1.1のとおりとなる。

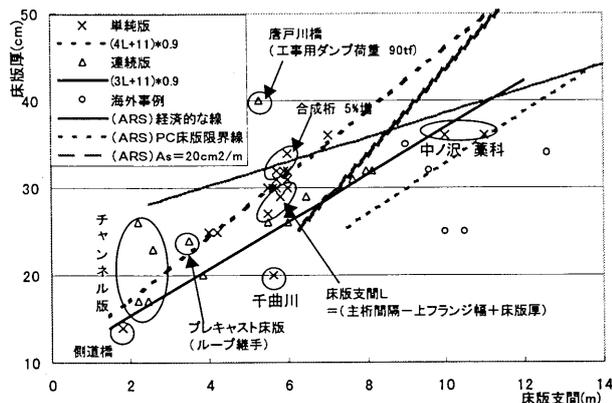


図-5.1.1 床版厚と床版支間の関係

支間3m~8m程度までは連続版、単純版共に概ね道路橋示方書に示される設計式（適用支間長は拡大）に従っているが現状であり、単純版では床版支間Lに（主桁間隔-上フランジ幅+床版厚）を使用して床版厚が薄くなっているものもある。また、合成桁に使用するため、床版厚を5%割増しているものもある。床版支間が10mを超える第二東名高速道路の薬科川橋と中ノ沢橋では、道示式によらず、ARS図表を参考に求められている。千曲川橋は、道示式での必要床版は30cmとなるが、リップ高さを厚くして床版の最少厚を20cmとしている。さらに、本図には、海外の2主桁の事例も併記しているが、海外では支間が大きくても床版厚が比較的薄いものが多い。

我が国で初めて床版支間10mを越えた薬科川橋、中之沢橋の床版厚は36~37cmである。これは道示式をそのまま適用した床版厚を下回っているが、この床版厚は、詳細な構造検討結果から定めたものであって、海外事例と比較しても遜色ない床版厚となっている。これは、支間長が大きくなることによって、支間中央の床版厚は、曲げ挙動のみによって決定されたものであり、曲げモーメントに抵抗できる床版厚を確保していれば良いということになる。

そもそもここでいう最小床版厚は、床版の押抜きせん断耐力を保証するものであると考え、これは押抜きせん断耐力の照査に用いる活荷重（輪荷重）強度の大きさによって決定されるものであり、床版支間長の大小によって影

響を受けるものではない。従って、今後は、押抜きせん断耐力の照査に用いる活荷重（輪荷重）強度が具体的に提示されることによって、これを受けた設計者が押抜きせん断耐力の照査を行って（床版支間長の大小にはよらない）最小必要床版厚を決定し、その後曲げモーメント等の照査を行って必要があれば床版厚を増厚していくといった、床版厚の決定方法そのものの再構築が求められる。

ただし、PC鋼材や鉄筋の配置を考慮した構造細目を満足する配置可能な最小床版厚であれば、極力床版厚を薄くできることにより自重軽減や施工の合理化等に寄与すると考えられるが、反面、剛性低下に伴う床版の振動問題にも波及することも考えられることから、最小床版厚の決定に関しては、構造条件や環境条件を十分勘案して、合理的な床版厚の決定が望まれる。

### 5.2 設計曲げモーメント

設計曲げモーメントは、ほとんど全ての橋梁において、死荷重については鋼桁位置で図-5.2.1に示す単純または固定支持した梁モデルにより算出し、活荷重は道示Ⅲにより算出している。しかし、床版支間が10mを越えるようなものや、リップ付き床版などの特殊なものについては、FEM解析を用いて設計している場合が多い。

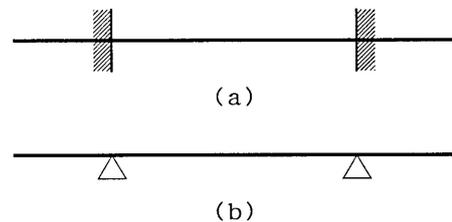


図-5.2.1 死荷重モーメント算出モデル

床版支間が6mを越える場合、道示の床版の設計曲げモーメント式は適用範囲外となる。そこで、FEM解析などを用いた6mを越える床版の設計曲げモーメント式に関する研究が進められている。

また、プレキャストPC床版や場所打ちPC床版で、床版が橋軸方向にRC構造となる場合には、床版に橋軸方向曲げに対するひび割れが発生することを念頭に置き、床版支間方向の曲げに対し安全側の設計を示唆するため、直交異方性を考慮した床版の設計曲げモーメントに関する研究が進められている。直交異方性を考慮した床版の設計曲げモーメントは、構造的な異方性を有する鋼格子床版などの合成床版において多くの実績があるが、PC床版においても、例えば橋軸方向の曲げに伴うひび割れが発生した場合には、橋軸直角方向（床版支間方向）の設計曲げモーメントは等方性の場合より大きくなることが確認されている。床版支間長11mの薬科川橋では、直交異方性も考慮した設計曲げモーメントを定めている<sup>1)</sup>。しかし、薬科川橋は第二東名高速道路という重交通を念頭に置いていることに注意が必要である。