

「三郷東高架橋」(鋼上部工)南工事の設計・施工報告

Design and Construction of "Misato Higashi Viaduct"

山下 肇	物流・鉄構事業本部橋梁事業部建設部
吉原 直樹	ピーシー橋梁株式会社東京支店工事管理グループ
田中 実	ピーシー橋梁株式会社東京支店技術部技術課
渡邊 献	ピーシー橋梁株式会社東京支店技術部技術課

本橋は、東京外環自動車道の三郷市彦江に位置する桁長 220.5 m の鋼 6 径間連続ラーメン鈹桁橋 (非合成桁) である。A ラインおよび B ラインから構成される上下線分離構造であり、幅員は A ラインが 10.520 m (2 主桁)、B ラインが 18.757 ~ 10.521 m (3 主桁) である。本稿では、幅員変化の大きい B ラインに着目した、PRC (Prestressed Reinforced Concrete) 床版の PC 鋼材、補強筋の配置および支保工、コンクリートの打設方法などの設計、施工の課題に対して実施した対応策について報告する。

The design and the construction of "Misato Higashi Viaduct" that has six-span continuous rigid frame with non-composite steel girders is described. The viaduct is located on the Tokyo outside ring motorway in Misato City, Saitama Prefecture. The lanes in the easterly direction (A-line) and the lanes in the westerly direction (B-line) are structurally divided. The girder length of the viaduct is 220.5 meters. The width of the A-line that has two main girders is 10.520 meters and the width of B-line that has three girders varies from 10.521 meters to 18.757 meters. This report will focus on the design and the construction of the slab in the B-line where the change of the width is large. The design method regarding the arrangement of the prestressing cables and the reinforcement bars, and the construction method regarding the support and casting concrete will be presented.

1. 緒言

本橋は、東京外環自動車道の三郷市彦江に位置する桁長 220.5 m の鋼 6 径間連続ラーメン鈹桁橋 (非合成桁) である。上下線分離構造であり、A ラインおよび B ラインから構成されている。幅員は、A ラインが 10.520 m (2 主桁)、B ラインが 18.757 ~ 10.521 m (3 主桁) である。

本稿では、幅員変化の大きい B ラインに着目し、PRC (Prestressed Reinforced Concrete) 床版の設計的 (PC 鋼材、補強筋の配置) および施工的 (支保工、コンクリートの打設方法) 課題に対して実施した対応策について報告する。

2. 橋梁概要

橋梁の概要を次に示す。

構造形式	鋼 6 径間連続ラーメン鈹桁橋 (非合成 3 主桁)
床版形式	場所打ち PRC 床版 橋軸直角方向 PRC 構造 橋軸方向 RC 構造
橋長	222.400 m (センターライン上)

桁長	220.500 m (センターライン上)
支間長	2@35.0 + 50.0 + 34.0 + 33.0 + 33.0 m
有効幅員	A ライン 10.590 m B ライン 19.512 ~ 11.276 m
主桁間隔	A ライン 5.300 m B ライン 7.111 ~ 3.065 m
活荷重	B 活荷重
主要材料	コンクリート
設計基準強度	$\sigma_{ck} = 40.0 \text{ N/mm}^2$
型枠	木製型枠
鉄筋	SD345
PC 鋼材	SWPR19L 1S21.8 SWPR19L 1S28.6
床版施工方法	固定型枠支保工

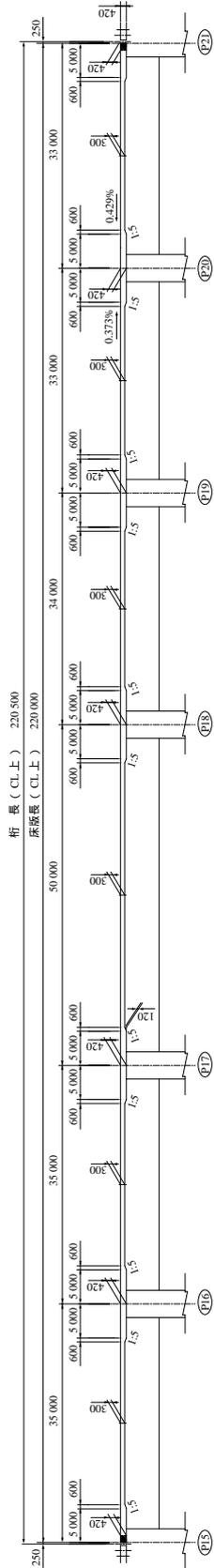
B ラインの構造一般図を第 1 図に示す。

3. PRC 床版の設計

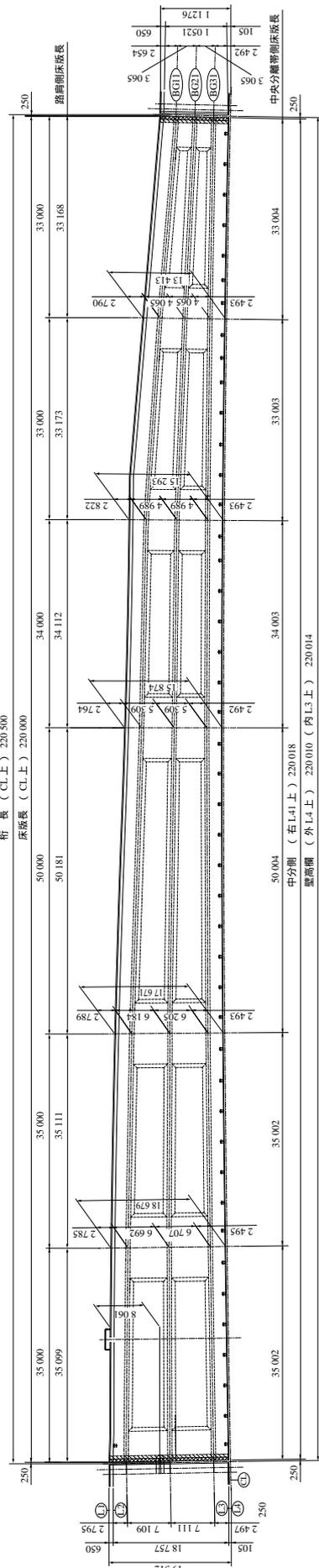
3.1 概要

床版部の設計に際し、本橋の構造的な特徴を考慮した設

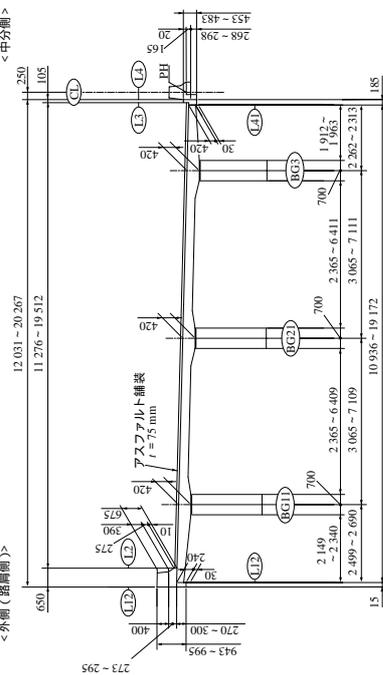
側面図



平面図



断面図



第1図 「三郷東高架橋」(鋼上部工)南工事Bライン構造一般図(単位: mm)
Fig. 1 General structural drawing of "Misato Higashi Viaduct" B-line (unit : mm)

計を行う必要があった。その理由としては、主桁が鋼、床版がコンクリートという異なる材質を使用していること
床版にプレストレスを導入すること 主桁と床版が非合成とはいえ同様の挙動を示す傾向にあること、が挙げられる。

本橋の特徴として、以下の点が挙げられる。

(1) 中間支点上（ラーメン構造）

本橋の床版部は、ポストテンション方式による場所打ちのプレストレスコンクリート床版（PRC 構造）であり、コンクリートの変形によってプレストレスが導入される構造である。しかし、ラーメン部（橋脚上）では、床版の変形が拘束されるため、プレストレス力が100%導入されないことへの対応が課題であった。

本橋では、先行工区で行った実物大試験の結果（ラーメン部のプレストレス導入力に対する実験）を基に、ラーメン部でのプレストレス力の減少量を導入力の70%（30%の減少）にし、配置鋼材間隔を密にすることで対応した。

(2) 幅員変化

本橋の幅員は、有効幅員 19.512 ~ 11.276 mであり、この結果、主桁間隔が 7.111 ~ 3.065 mになっている。このため、床版の設計支間長が道路橋示方書コンクリート橋編に規定されている PC 床版の適用支間の最小、最大範囲外になる。このような大きな支間長の変化をもっているため、設計では PC 鋼材の配置方法、施工では支保工の構造に留意する必要があった。

3.2 PC 鋼材の配置

3.2.1 設計区分の決定

本橋は前述のようにラーメン構造を成しており、プレストレスの減少を考慮した設計を行う必要があった。そこで

第2図に示す設計区分を設定して設計を行った。

(1) 標準部

PC 鋼材偏心配置，プレストレス伝達 100%

(2) 横梁上（橋脚上ラーメン部）

PC 鋼材直線配置，プレストレス伝達 70%

(3) 横梁近傍部（ラーメン近傍部）

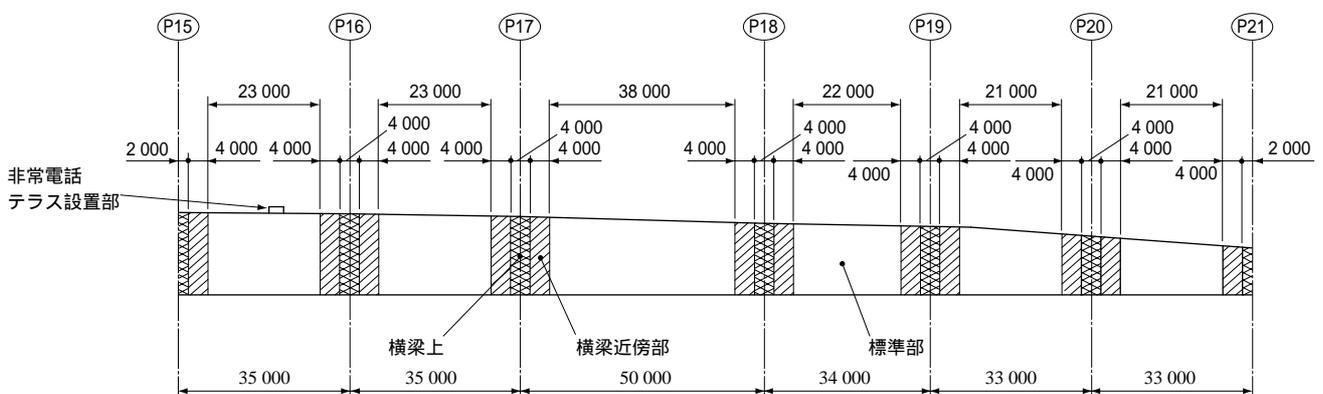
PC 鋼材偏心配置，プレストレス伝達 70%

プレストレスの減少に対しては PC 鋼材の配置本数の増加で対応した。また、床版支間長が 7.111 ~ 3.065 m、張出し床版長が 2.990 ~ 2.500 m と大きく変化していることから上記の設計区分をさらに区分けした。標準部、横梁近傍部は各径間ごとに、横梁上は各橋脚とし各区分の最大、最小支間長に対して鋼材配置を統一するように留意して設計を行った。

3.2.2 PC 鋼材の種別，配置間隔

本工区における PC 鋼材の配置間隔は、当初日本道路公団の実物大試験に基づいて、SWPR19L 1S21.8 を標準部では PC 鋼材配置間隔 ctc500、横梁近傍部、横梁上では ctc375 として計画した。この配置間隔は、鉄筋の配置間隔（ctc125）を考慮したものである。しかし、実物大試験は東京外環自動車道の標準幅員 10.590 m（床版支間長 6.000 m）をモデルに行っている。このため、本橋のようなランプ部付近の工区では、床版支間長および張出し床版長が大きく変化しているため、基本配置間隔を準用すると同鋼材種別では、許容値を満足することができない区間が存在した。

そこで本橋では、実物大試験の鋼材配置間隔（ctc500、ctc375）を基本にし、太径（SWPR19L 1S28.6）の PC 鋼材を用いた。PC 鋼材種別、配置間隔は構造特性、施工性、経済性に着目して比較検討し決定した。検討としては、各設計区間での必要プレストレス量を応力計算から算定し、



第2図 設計区分 (単位: mm)
Fig. 2 Design division (unit: mm)

以下に示す 3 案の設計方針に対して構造特性，施工性，経済性を比較した。

(1) 設計方針 1

SWPR19L 1S28.6 mm 鋼材を使用し，各径間内で PC 鋼材の形状，種別，配置間隔を統一する。

(2) 設計方針 2

すべての径間において SWPR19L 1S21.8 mm 鋼材を使用し，各径間内で PC 鋼材の形状を統一する。

(3) 設計方針 3

SWPR19L 1S28.6 mm 鋼材を使用し，すべての径間で基本ピッチ（標準部 500 mm，横梁近傍部，横梁上 350 mm ピッチ）を守る。

検討結果を以下に示す。PC 鋼材の配置間隔および鋼材質量は第 1 表に示すような結果になった。各方針の構造特性，施工性，経済性などの設計方針比較結果を第 2 表に示す。本橋では設計方針 1 が採用された。この案の利点として各径間内で，PC 鋼材の形状，種別および配置間隔が統一されるため，プレストレスが最も安定して床版に導入されると思われること，また PC 鋼材配置間隔を若干調整することで鉄筋との取合いの確保が可能であることが挙げられる。

3.2.3 PC 鋼材の配置形状

本橋の床版は，床版支間長および張出し床版長の変化が大きく，また標準部，横梁上，横梁近傍部，横梁近傍標準部と区間によって床版形状および必要プレストレス力が異なるため，PC 鋼材を全径間にわたり同一形状で配置することができない。しかし，床版部材は橋軸方向に連続していることから，PC 鋼材配置形状を区間ごとに大きく変化させることは，構造的に問題がある。よって，各設計区間においてなるべく偏心量を近似させることで，プレストレスによって生じる断面力の差を極力抑える配置にした。

4. PRC 床版の施工

4.1 施工順序

本橋は，その両側を交通量の多い国道に挟まれており，桁上に荷揚げを行うクレーンの配置位置が基点側（P15）の 1 か所に限られた。床版コンクリート打設順序を第 3 図に，張出し式固定型枠支保工を第 4 図に示す。起点側から終点側に向かい，型枠支保工組立，配筋，PC 鋼材配置，コンクリート打設，PC 鋼材緊張の作業を進めた。

4.2 支保工の施工

床版の施工は固定型枠支保工を用いて行った。固定型枠支保工を用いた一般的な施工方法は，鋼桁間に梁部材（ペ

第 1 表 PC 鋼材質量比較表
Table 1 Comparison of weight of prestressing cables

(a) 設計方針 1

径 間	鋼材種別	配置間隔 (mm)	鋼材本数 (本)	全体鋼材質量 (kg)
P15 ~ P16	SWPR19L 1S28.6	500	46	3 634
P16 ~ P17	SWPR19L 1S28.6	500	46	3 496
P17 ~ P18	SWPR19L 1S21.8	500	8	3 797
	SWPR19L 1S21.8	400	85	
P18 ~ P19	SWPR19L 1S21.8	500	44	1 672
P19 ~ P20	SWPR19L 1S21.8	400	53	1 855
P20 ~ P21	SWPR19L 1S21.8	500	42	1 260
小 計	SWPR19L 1S28.6		92	7 130
	SWPR19L 1S21.8		232	8 584
合 計			324	15 714

(b) 設計方針 2

径 間	鋼材種別	配置間隔 (mm)	鋼材本数 (本)	全体鋼材質量 (kg)
P15 ~ P16	SWPR19L 1S21.8	300	77	3 542
P16 ~ P17	SWPR19L 1S21.8	375	62	2 728
P17 ~ P18	SWPR19L 1S21.8	500	8	3 797
	SWPR19L 1S21.8	400	85	
P18 ~ P19	SWPR19L 1S21.8	500	44	1 672
P19 ~ P20	SWPR19L 1S21.8	400	53	1 855
P20 ~ P21	SWPR19L 1S21.8	500	42	1 260
小 計	SWPR19L 1S28.6		0	0
	SWPR19L 1S21.8		371	14 854
合 計			371	14 854

(c) 設計方針 3

径 間	鋼材種別	配置間隔 (mm)	鋼材本数 (本)	全体鋼材質量 (kg)
P15 ~ P16	SWPR19L 1S28.6	500	46	3 634
P16 ~ P17	SWPR19L 1S28.6	500	46	3 496
P17 ~ P18	SWPR19L 1S21.8	500	8	3 797
	SWPR19L 1S21.8	400	85	
P18 ~ P19	SWPR19L 1S21.8	500	44	1 672
P19 ~ P20	SWPR19L 1S28.6	500	42	2 520
P20 ~ P21	SWPR19L 1S21.8	500	42	1 260
小 計	SWPR19L 1S28.6		134	7 130
	SWPR19L 1S21.8		179	9 249
合 計			313	16 379

コガーダ)を設置する方法である。しかし，本橋では以下の理由から上記の方法で施工することが困難であった。

- (1) 床版支間の長い区間では，梁部材が密になり施工性が劣る。
- (2) 床版支間の変化が大きく，全長にわたり変化するため，梁部材の形状をすべて変化させなければ対応が困難である。

そこで，本橋の施工に当たり上記の事項は改善可能であること，経済性に優れることを前提に支保工を選定した。

第 2 表 設計方針比較結果
Table 2 Comparison of design policies

項 目	設計方針 1	設計方針 2	設計方針 3
設計概念	・各径間内で PC 鋼材の形状を統一する。 ・各径間内で PC 鋼材の種別を統一する。 ・各径間内で PC 鋼材の配置間隔を統一する。	・各径間内で PC 鋼材の形状を統一する。 ・すべての径間において 1S21.8 を使用する。	・各径間内で PC 鋼材の形状を統一する。 ・ PC 鋼材の配置間隔 ctc500 を基本とする (不可の場合のみ配置間隔変更)。
構造特性	・各径間内で PC 鋼材の種別, 形状, 配置間隔を統一できるため, 床版構造に最も適している。	・径間内で PC 鋼材の配置間隔を変更するため, 床版の挙動が径間内で異なることが想定される。	・各径間内で PC 鋼材種別の統一が図れないため, ラーメン部 (横梁上, 横梁近傍部) での必要 PC 鋼材本数の算定が煩雑になる。
施工性	・コンクリートの打設を各径間ごとに分けているため, 径間内で PC 鋼材が統一されることは施工性に優れる。	・各径間内で PC 鋼材の形状を統一することは施工性に優れるが, 径間内で PC 鋼材の配置間隔が変わることで, 施工性が若干劣る。	・ほぼ, PC 鋼材の配置間隔が ctc500 で統一されるため, 施工性に優れる。
経済性	・ PC 鋼材質量: 15 714 kg (106%) ・ PC 鋼材本数: 324 本 ・ PC 鋼材質量が設計方針 2, 3 の中間に位置する。やや経済性に劣ると考えられる。	・ PC 鋼材質量: 14 854 kg (100%) ・ PC 鋼材本数: 371 本 ・ PC 鋼材質量が最も軽いため経済性に最も優れると考えられる。	・ PC 鋼材質量: 16 379 kg (110%) ・ PC 鋼材本数: 313 本 ・ PC 鋼材質量が最も重いため経済性に最も劣ると考えられる。
留意事項	・ PC 鋼材定着部 (床版端部) の厚さが 1S21.8 の定着を想定して $t = 240 \text{ mm}$ となっているため, 1S28.6 の定着を考慮して $t = 270 \text{ mm}$ とする必要がある。 ・ PC 鋼材の配置間隔は, 鉄筋の配置間隔 ctc125 を考慮する必要がある。(ctc400 ctc375)	・ PC 鋼材の配置間隔は鉄筋の配置間隔 ctc125 を考慮する必要がある。(ctc400 ctc375)	・ PC 鋼材定着部 (床版端部) の厚さが 1S21.8 の定着を想定して $t = 240 \text{ mm}$ となっているため, 1S28.6 の定着を考慮して $t = 270 \text{ mm}$ とする必要がある。 ・ PC 鋼材の配置間隔は, 鉄筋の配置間隔 ctc125 を考慮する必要がある。(ctc400 ctc375)
総合評価	・経済性ではやや劣るが, 構造特性, 施工性に優れるため, 本橋では設計方針 1 が最善策であると考えられる。	・経済性に最も優れるが, 構造特性, 施工性がやや劣る。	・施工性に最も優れるが, 構造特性, 施工性に劣る。

(注) : 優 : 良 : 可

4.2.1 支保工の選定

支保工の選定に際し, 留意した事項を以下に示す。

- (1) 床版支間の変化に対して同形状の部材で対応可能であること (施工性考慮) 。
- (2) 配置間隔を広くし, 施工性に優れること (施工性考慮) 。
- (3) 新規に開発するのではなく, 既存の技術・部材で対応可能であること (経済性考慮) 。

4.2.2 支保工の構造

本橋では, 上記の留意事項を踏まえ張出し式の支保工を採用した。この構造の特長は, 床版の張出し部の支保工が, 張出し床版長の変化に追従できることにあった。

配置方法としては, 主桁から両側に張出し床版を施工するように張出し式の支保工を千鳥に配置する方法を採用し, 主桁間隔の変化に対応した。また, 張出し式の支保工には大引材とサポートをジョイント金具で接続し, 使用した。これは大引材にサポート 2 本で, ブラケットのように張り出した支保工である。転倒防止の引っ張りを必要とするため, 水平力方向にピースが必要である。

支保工の設置間隔は, コンクリート重量の重い床版打下し部で ctc 700 mm, 標準部で ctc 900 mm, 張出し床版部

で ctc 1 200 mm である。第 4 図に張出し式固定型枠支保工, 設置状況を第 5 図, 第 6 図に示す。

4.2.3 張出し支保工の採用結果

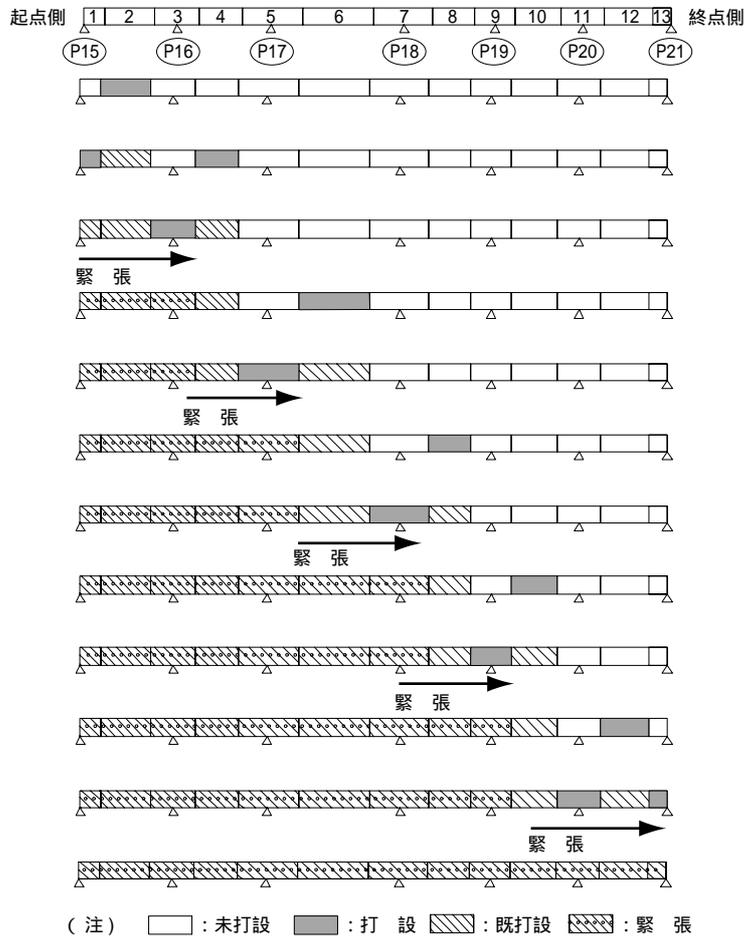
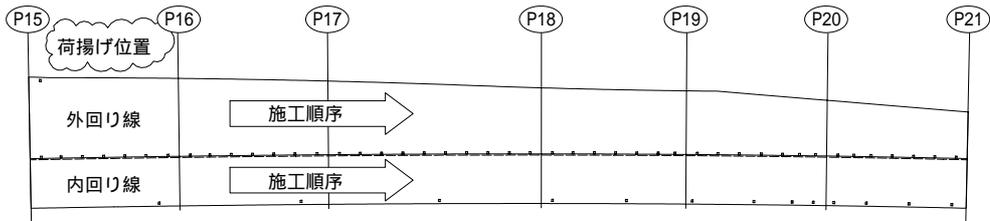
本橋で今回採用した張出し式支保工の施工性, 経済性について施工時に気付いた点を以下に示す。

- (1) 支保工が主桁に接する部分には, 事前に端部金物をセットしたため, 主桁の塗装に対し傷をつけることなく良かった。
- (2) 張出し構造を採用したことによって計算上, 部材が大きくなった。この結果, 支保工の質量が重くなり, 組立て・運搬などの効率が良くなかった。
- (3) 支保工重量および形状が大きく, 工場出荷前に組立てて運搬することが困難である。このため, 各部材を現場で組立てるの必要があり施工性が良くなかった。

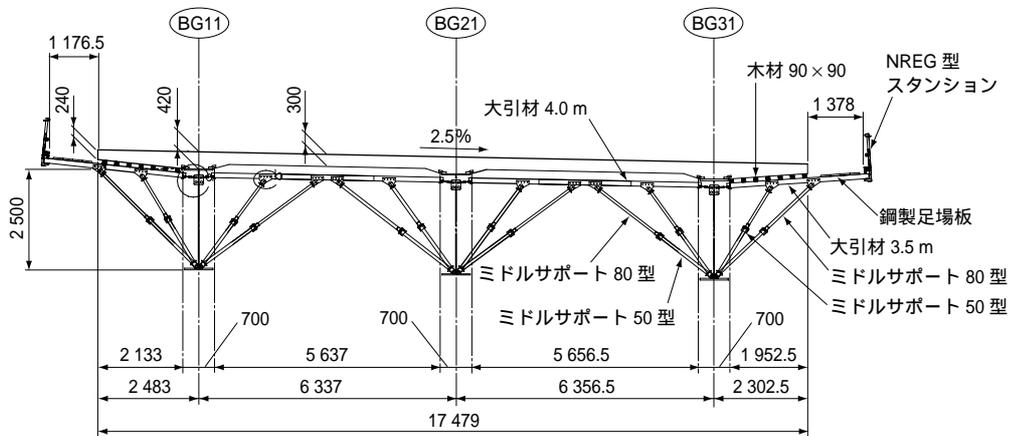
上記の事項を踏まえ, 今後の対応策を以下に示す。

4.2.4 今後の対応策

- (1) 使用する個々の部材質量を軽くする (材質の見直しなど) 。
- (2) 現場での組立てが容易にできる構造とする (開閉式の構造など) 。



第3図 床版コンクリート打設順序
Fig. 3 Procedure for casting concrete of slab



第4図 張出し式固定型枠支保工 (単位: mm)
Fig. 4 Cantilever support for formwork (unit: mm)



第 5 図 支保工設置状況 (1)
Fig. 5 Installation of support (1)



第 6 図 支保工設置状況 (2)
Fig. 6 Installation of support (2)

4.3 コンクリート打設

4.3.1 配合

社団法人日本橋梁建設協会の調査結果によると、少数 2 主鉄桁のうち、単位水量 160 kg/m^3 以下、水結合比 45% 以下の PC 床版ではひび割れの発生確率は少ない。したがって、コンクリートの配合を十分に検討することが、クラック発生抑制につながる。クラック発生抑制を目的に単位水量、単位セメント量を最小限に縮小させた。また、初期の乾燥収縮を抑制するために、膨張材を添加した。膨張材の使用は、温度応力解析の結果から優位性が示された。

ワーカビリティの確保は、必要なスランプを変更する場合には単位水量を増やすのではなく、高性能 AE 減水剤の使用量を変化させて対応した。配合方針を以下のとおりとした。

- (1) 水結合比 40 ~ 45%
- (2) 単位水量 $150 \sim 160 \text{ kg/m}^3$

- (3) 単位セメント量 $330 \sim 350 \text{ kg/m}^3$
- (4) 膨張材使用 (30 kg/m^3)
- (5) 高性能 AE 減水剤使用

4.3.2 打設計画 (日打設量と打継ぎ位置)

コンクリート打設量は、 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ を目安とした。打設開始を午前 8 時とし、仕上げ、養生時間を考慮して $150 \text{ m}^3/\text{d}$ 程度とした。打設ブロック割りは、コンクリート荷重による作用応力 (コンクリート打設時および完成時において、桁に発生する曲げモーメントが小さい位置) および日打設量に基づき決定されるが、打継ぎ位置にも注意を払う必要がある。横梁配置位置は一般部と比べ剛性が高いため、クラックが発生しやすい。よって、打継ぎ目は横梁からなるべく遠ざけたほうがよいと考え、本工事では 2 m 以上遠ざけた。

4.3.3 打設作業フロー

第 7 図にコンクリート打設作業フローを示す。

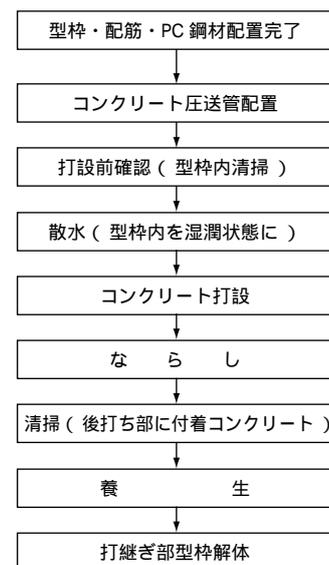
4.3.4 コンクリート圧送

(1) コンクリート圧送管の配置

配管は組立てた鉄筋上に直接置かない。特に、曲管、吐出口付近は古タイヤを使用し、コンクリート圧送時に管が暴れないようにした。最大水平圧送距離は 100 m 程度であり、そのスランプロスを実測で 0.5 ~ 2.0 cm であった。

(2) コンクリート圧送車の配置

圧送車のブームが利用できる施工範囲が限られている。外回り線、内回り線の間鉛直配管設備を設置し打設した。第 8 図にコンクリート打設状況を示す。



第 7 図 コンクリート打設作業フロー
Fig. 7 Casting concrete flow



第 8 図 コンクリート打設状況 (ポンプ車)
Fig. 8 Casting concrete by track with pump

4.3.5 止め枠

打ち止め位置 1 か所を 2 ~ 3 人で 1 日で設置した。解体も同じく 2 ~ 3 人で 1 日掛かった。打継目は新コンクリート打設前にレイタンス処理が必要になる。ハンマードリルによるチッピングが一般的であるが、幾つか問題がある。

- (1) 鉄筋が密に配置されているため、作業性が悪く費用が多くなる。
- (2) 初期養生中のコンクリートに振動外力が加わる。そこで、本工事ではコンクリート凝結遅延材を用いた。止め枠にシートタイプの遅延材を貼り付けし、型枠解体後、高圧水で未凝結部を洗い流し、骨材を洗い出した。打継ぎ打設を行う際の打設間隔は、これら打継処理日数も考慮する必要がある。第 9 図に止め枠の設置状況を示す。

4.3.6 打 設

打設時の作業人員配置を次に示す。合計 11 名配置した。



第 9 図 止め枠の設置状況
Fig. 9 Formwork for end of section

コンクリート圧送作業	2 名
締固め作業	3 名
手元作業	3 名
ならし作業	3 名

コンクリートの打設記録を第 3 表に示す。

4.3.7 水平継目の止水

将来、床版と高欄の水平継手から水が浸透し、高欄鉄筋が腐食する恐れがある。止水対策として、打設時に止水板 (0.6 × 100 mm) を高欄鉄筋の前面に設置した。第 10 図に止水板設置図を示す。

4.3.8 仕上げ・養生

本コンクリートは、単位水量を極限まで抑えているため、ブリーディング水が発生しない。そのため、こてによる仕上げが行えない。そこで、仕上げ補助剤と兼用できるタイプの養生材を散布し、仕上げ作業が容易に行えるようにした。第 11 図に仕上げ作業状況を示す。

また、表面の均一性を保つため、仕上げには機械も使用した。養生は表面が硬化し、床版上に乗れるようになってから、2 層式の養生マットを敷設し、その上から防災シートを敷設した。また、部分的にエアマットを敷設する養生も実験的に行った。その結果は良好で、今後の工事でより詳細なデータ収集を進めていく必要がある。

4.4 緊 張

4.4.1 緊張要領

(1) 2 段階緊張

コンクリートの初期ひび割れおよび PC 緊張による局部変形を低減する目的で、設計緊張力の 50% を導入した後に 100% 導入するという 2 度引きを行った。第 12 図に 2 度引き緊張概要図を示す。

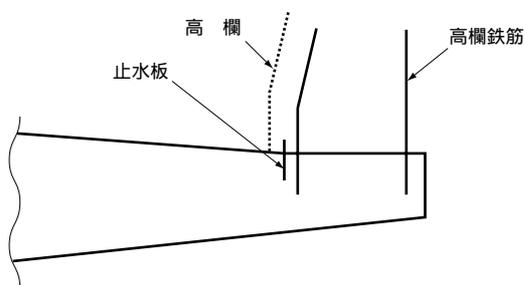
(2) プレストレス導入可能コンクリート強度

コンクリート打設完了後、圧縮強度が所定強度以上発現した時点で設計緊張力の 50% まで緊張を行い、その後 100% まで緊張を行った。所定強度発現は材齢 4 ~ 7 日であったが、弱材齢時のプレストレス導入は、品質上から良くないため、緊張作業は材齢 5 日以降とした。次にプレストレス導入作業時のコンクリート圧縮強度を示す。

コンクリート設計基準強度	40.0 N/mm ²
プレストレス導入時強度	32.5 N/mm ²
	(現場養生)

第 3 表 コンクリート打設記録
Table 3 Record of casting concrete

打設年月日	打設量 (m ³)	打設時刻	養生時刻	外気温()			
				天 候			
				打設開始	最高気温	養生完了	
2002 年	11 月 22 日	100.0	8 : 30 ~ 11 : 00	21 : 00 ~ 22 : 00	8 曇	8 曇	8 曇
	27 日	153.0	8 : 00 ~ 12 : 30	21 : 00 ~ 22 : 00	8 晴	14 晴	8 晴
	29 日	125.0	8 : 00 ~ 11 : 00	19 : 00 ~ 20 : 00	6 晴	14 晴	晴
	12 月 3 日	148.5	8 : 00 ~ 13 : 00	21 : 00 ~ 22 : 00	6 晴	13 晴	10 晴
	6 日	139.5	8 : 30 ~ 13 : 00	21 : 00 ~ 22 : 00	12 曇	14 曇	曇
	12 日	72.0	8 : 20 ~ 11 : 20	22 : 00 ~ 22 : 30	2 晴	12 晴	4 晴
	14 日	121.5	8 : 00 ~ 12 : 00	22 : 00 ~ 22 : 30	2 晴	晴	晴
	16 日	72.0	8 : 30 ~ 11 : 00	20 : 00 ~ 20 : 30	5 晴	12 晴	12 晴
	18 日	159.5	8 : 00 ~ 11 : 30	22 : 30 ~ 23 : 00	5 晴	晴	晴
	25 日	115.0	8 : 30 ~ 12 : 30	23 : 00 ~ 23 : 30	3 曇	8 曇	曇
2003 年	2 月 12 日	117.0	8 : 00 ~ 10 : 30	21 : 15 ~ 21 : 45	6 曇	7 曇	5 曇
	15 日	114.5	8 : 30 ~ 12 : 10	21 : 30 ~ 22 : 00	7 晴	12 晴	晴
	21 日	151.5	8 : 00 ~ 11 : 40	20 : 00 ~ 20 : 30	5 晴	9 晴	晴
	25 日	180.0	8 : 00 ~ 12 : 00	20 : 30 ~ 21 : 30	5 曇	10 晴	5 晴
	3 月 4 日	121.5	8 : 00 ~ 10 : 15	16 : 00 ~ 18 : 00	5 晴	晴	晴



第 10 図 止水板設置図
Fig. 10 Installation of water interception equipment

4.4.2 緊張管理

(1) 緊張力の設定

プレストレスの導入は部材の安全性に大きく影響を与えるため、緊張管理が重要である。一般に、所定のプレストレス力と実際のプレストレス力との間には、次のような原因による誤差が生じる。

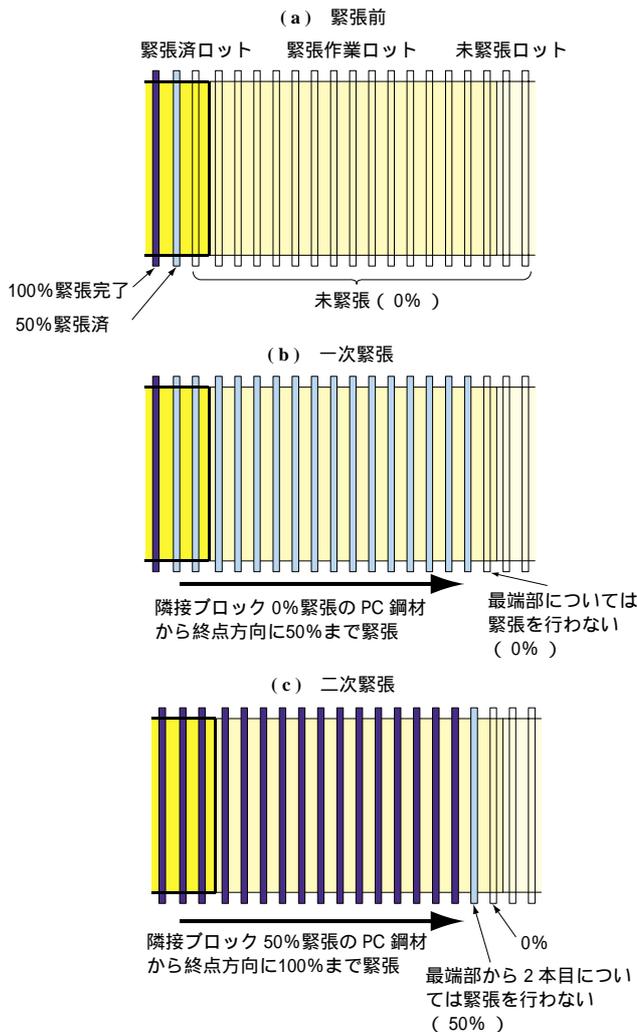
- ・ PC 鋼材とシース間の摩擦のばらつき
- ・ 引張装置、定着具における摩擦のばらつき
- ・ PC 鋼材の見掛けのヤング係数のばらつき
- ・ 測定値の読取り誤差
- ・ 荷重計の誤差



第 11 図 コンクリート仕上げ作業状況
Fig. 11 Finishing casting concrete

PC 鋼材の緊張に際しては上記の誤差およびばらつきを考慮して、PC 鋼材の引張力は設計計算における値を下回る可能性が少なくなるよう管理する必要がある。

よって、必要緊張力の 1 ~ 2% 程度の上増値を設計緊張力にした。また、PC 鋼材の許容応力度以上に緊張力を与えることも危険である。緊張力の絶対上限値



第 12 図 緊張概要図 (一、二次緊張)
Fig. 12 Tensioning method (first and second tensioning)

を算出した。この絶対上限値と許容値 (設計値の +10%) を比較し小さい方を管理限界値に設定した。第 13 図に緊張作業ステップを示す。

(2) 緊張管理

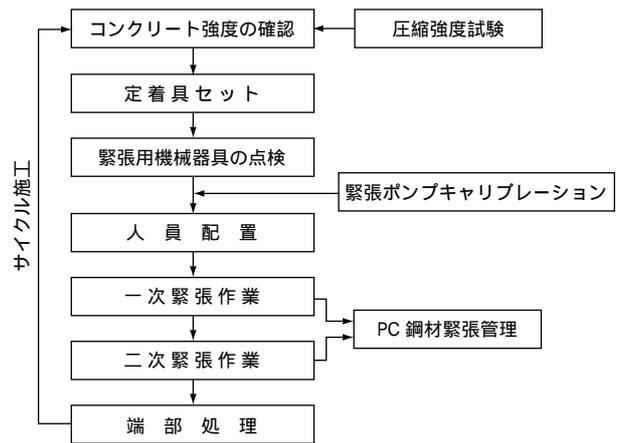
緊張管理は、緊張力および PC 鋼材の伸び量で行う。

1 本ごとの緊張管理

一次、二次緊張における伸び量、緊張圧を管理図にプロットする。緊張力の導入間隔が大きいと、測定回数が減るため、プロット数が少なくなり、近似直線が引きづらくなり管理が難しい。第 4 表に導入緊張力を示す。

伸び量は、PC 鋼材の伸び量をスケールで直接測定し、固定端の定着具の雄コーンめり込み量およびジャッキ内の雄コーンめり込み量の補正を行う。緊張圧はジャッキポンプの示圧計から読み取った。

一次緊張時は、緊張力と伸び量の記録のみとし、鋼



第 13 図 緊張作業ステップ
Fig. 13 Step for prestressing

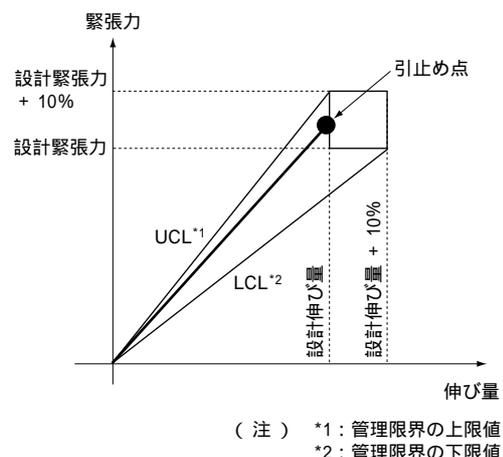
第 4 表 導入緊張力
Table 4 Tensioning force

項目	緊張力導入 (MPa)	測定回数 (回)	管理図へのプロット数 (個)
一次緊張	10, 15, 20, 28	4	4
二次緊張	35, 40, 45, 50, 57	5	5

線のヤング係数の確認を行った。二次緊張時において、緊張管理を行った。第 14 図に示す緊張管理図のとおり、設計緊張力および伸び量の +10% を管理限界とし、この範囲において定着を行う。このとき、管理限界値が絶対上限値以下であることを確認する。

グループ管理

グループごとの緊張力および伸び量のばらつきを統計的手法で管理する。各グループ内での許容誤差量は PC 鋼材の構成本数によって異なるため、第 5 表に示す許容誤差に基づいて管理を行う。



(注) *1: 管理限界の上限値
*2: 管理限界の下限値

第 14 図 緊張管理図
Fig. 14 Quality control chart for prestressing

第 5 表 許容誤差
Table 5 Permissible error

PC 鋼材の構成本数 (本)		4	6	10 以上
許容誤差 (%)	日本道路公団 (JH)	5.0	4.0	3.0
	社団法人日本道路協会	5.0	4.1	3.2

4.4.3 緊張作業

作業員の構成を第 6 表に示す。緊張作業は、ジャッキの質量が重い(最大 75 kg)ため、作業環境を考慮して行った。第 15 図に緊張作業用架台を示す。

緊張本数は、1 パーティ(ジャッキ:1 基, 指揮者:1 名, 作業員:4 名)に対して 70 ~ 150 本/d 程度であった。

5. 結 言

本橋の床版部の施工は 2003 年 5 月に完了した。また、本工事は 2003 年 8 月に竣工した。床版施工完了時および竣工時において、床版に有害なひび割れは見られなかった。このことから、設計時に考慮した PC 鋼材の配置間隔、配置形状や補強筋の配置の妥当性を確認できた。特に、ラーメン部の拘束によるプレストレスの減少や床版を 1 枚の版として PC 鋼材の配置形状を決定する方法および補強筋(床版支点部の中段配置鉄筋)の配置方法については、今後につながる方法であると考えられる。また、施工時におけるコンクリートの打設方法についても有効性を確認できた。

以上の結果から、本橋のようなラーメン構造、幅員の全橋にわたる大きな変化をもつ鋼少主桁橋の床版部の設計、施工における一つの方法を確立できた。施工時の支保工に関しては、幅員の変化に対して張出し式に着目した点は評

第 6 表 作業員の構成
Table 6 Worker's composition

項 目	人 員	備 考	
作 業 指 揮 者	1	記録者(PC 技士)	
作 業 員	ポンプ操作	1	
	緊張端側	2	ジャッキセット, 伸び量測定
	固定端側	1	引き込み量測定



第 15 図 緊張作業用架台
Fig. 15 Trestle for tensioning

価できる。しかし、組立・運搬などの施工性については改善する必要があり、今後の課題として取り組んでいく。

また、本報告が今後の同種工事の設計・施工における参考の一助となれば幸いである。

-- 謝 辞 --

本工事の設計・施工に当たり多大なご指導とご協力をいただいた関係各位に対して、深く感謝の意を表します。