

上下線一体型特殊移動作業車を用いた張出し施工 — 第二京阪道路 天野川高架橋 —

大村 恵治*1・梶谷 誠*2・酒井 大輔*3・山中 大明*4

平成 22 年 3 月 20 日に全線開通した第二京阪道路は、京都と大阪を繋ぐ全長 28.3 km の幹線道路である。当工事は、交野市域の天野川を横架する橋長約 330 m の 6 径間連続 PC 箱桁橋を総支保工施工と張出し施工を並行し架設するものであるが、本橋の専用道路部は、上下 6 車線を有する広幅員の高架橋であったため、移動作業車を大型化した上下線一体型特殊移動作業車を用いて上下線に分離された箱桁橋を同時に構築した。本稿では、これらの施工技術について報告する。

キーワード：PC 連続箱桁橋、上下線分離断面、上下線同時張出し架設

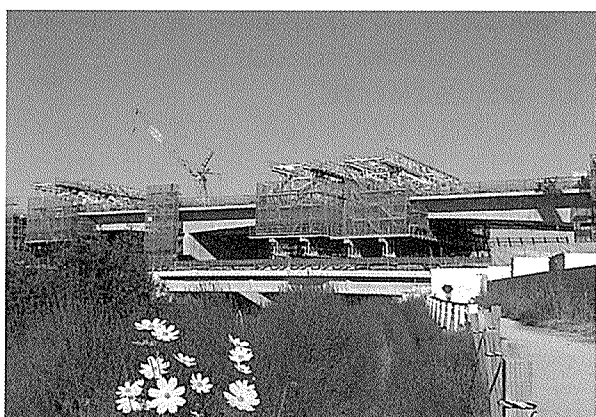


写真 - 1 天野川横架部張出し施工

1. はじめに

第二京阪道路は、一般国道 1 号の慢性的な渋滞の解消を目的として計画された、京都と大阪を結ぶ延長約 28.3 km の広域幹線道路であり、6 車線の自動車専用道路（図 - 1）と 2～4 車線の一般道路で構成されている。

そのうち、当工事は自動車専用道路部である専用部上下線（橋長約 330 m の 6 径間連続 PC 箱桁橋）と、一般道路部である一般部上下線（橋長約 40 m のポストテンション

T 桁橋）を架設するものである。

本報告は、専用道路部において上下線が分離された広幅員の高架橋を上下線一体型特殊移動作業車により上下線一括施工した架設工法について報告するものである。

2. 工事概要

本橋の連続箱桁部橋梁諸元を以下に示す。

工 事 名：第二京阪（大阪北道路）私部西地区 PC 上部工事

工事場所：大阪府交野市私部西地先

工 期：平成 20 年 5 月 23 日～平成 22 年 2 月 20 日

構造形式：PC 6 径間連続箱桁橋

橋 長：上下線 329.5 m

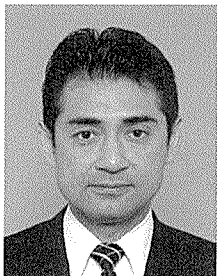
支 間 長：59.1 m + 62.0 m + 62.0 m + 52.0 m + 53.0 m
+ 39.6 m

有効幅員：上り線 13.66 m 下り線 13.78 m

桁 高：上下線 2.5～3.7 m

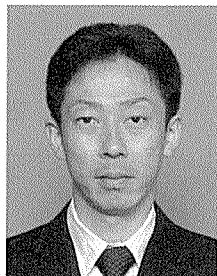
3. 移動作業車計画

当工事は、国道 168 号、一級河川天野川、市道私部星田線が交差しており、天野川には仮設ペントなどが設置できないという制約があった。そのため、架設方法としては、天野川を挟む P89～P90 径間については移動作業車を用



*1 Keiji OHMURA

鹿島建設(株) 関西支店



*2 Makoto KAJITANI

鹿島建設(株) 中国支店



*3 Daisuke SAKAI

鹿島建設(株) 土木管理本部



*4 Hiroaki YAMANAKA

鹿島建設(株) 関西支店

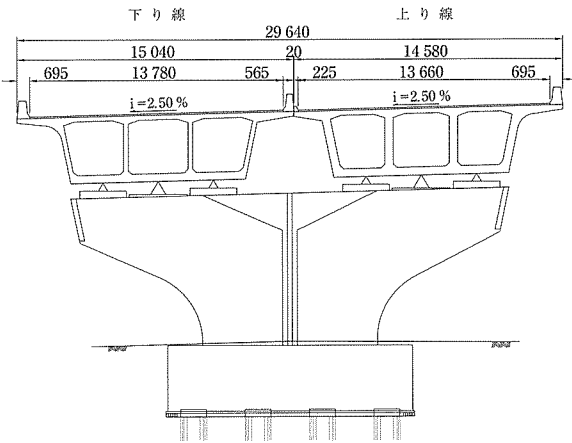


図 - 1 構造一般図 (自動車専用道路部)

いた張出し施工を行い、その他の径間については総支保工施工を行う計画であった(図 - 2)。張出し施工において、当初計画では、まず下り線を移動作業車で施工し、この移動作業車を上り線に転用して施工を行う計画であっ

た。しかし、移動作業車を転用する施工方法では、工程が長期化し、また施工の省力化という観点から合理的ではなかった。そこで、上下線を同時に施工できる移動作業車の構造変更を計画し(図 - 3)、橋体への影響について検討を行った。その結果、部分的に補強を行うことで上下線一体型特殊移動作業車による施工が可能となった。(図 - 4, 5, 写真 - 2)。

4. 上下線一体施工による施工時検討

張出し施工の手順が上下線一体で架設する施工方法に変更となったことにより、以下に示す項目について再検討を行った。

- ① 施工時期の変更による温度応力解析の実施
- ② 上下線一体型特殊移動作業車を使用することによる橋体への影響

上記の検討により得られた結果の内、特に上下線一体型特殊移動作業車の影響について詳述する。

4.1 張出し施工時の課題

本橋の桁断面は3室箱桁であり、上下線がそれぞれ4ウェブを有する。移動作業車のメインフレームは一般にウエ

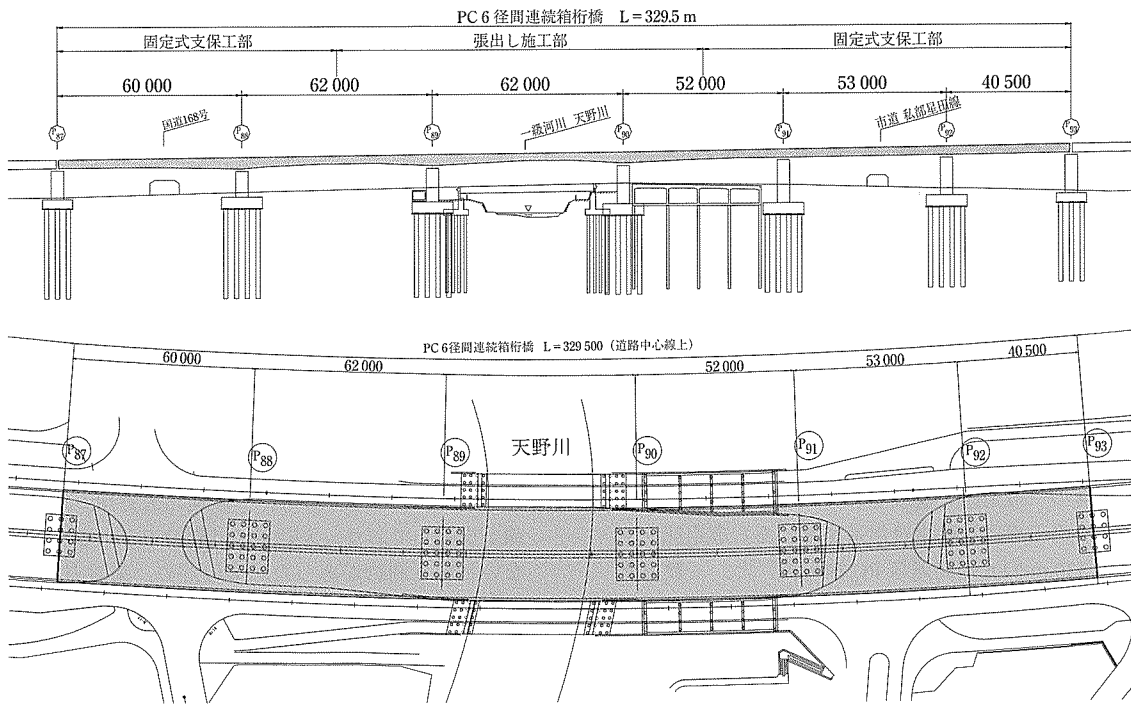


図 - 2 全体一般図

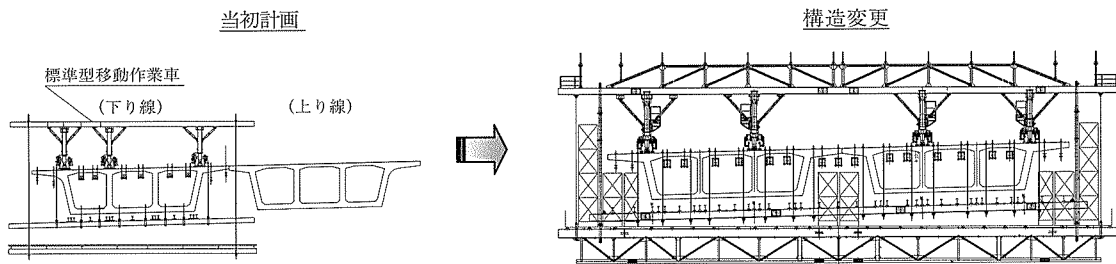


図 - 3 移動作業車構造変更 (上下線段階施工 → 一体施工)

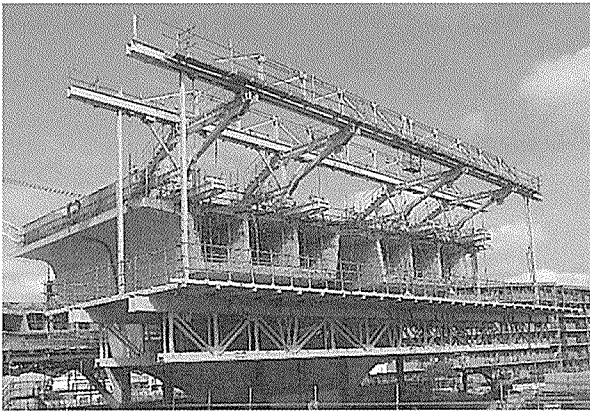


写真 - 2 上下線一体型特殊移動作業車

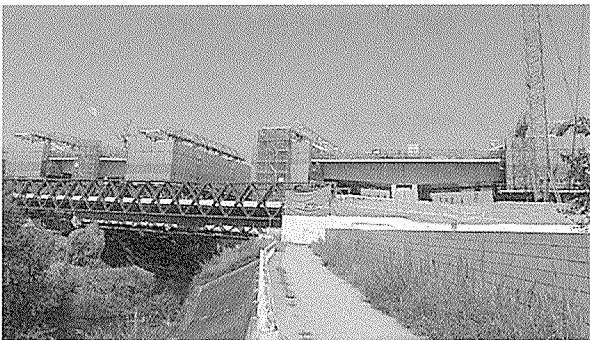


写真 - 3 張出し架設状況

ブ直上に配置されるが、本橋の場合、メインフレーム数よりウェブ数が多いため、メインフレームが配置されないウェブが存在する。したがって、張出し施工時に移動作業車から伝達される施工時荷重が、全ウェブに均等に分配されること無く、特定のウェブに偏ってしまう。

上記のような特殊移動作業車を用いた架設に起因する、張出し施工時の課題として、以下の2点があげられた。

① 不均等なせん断力の分布

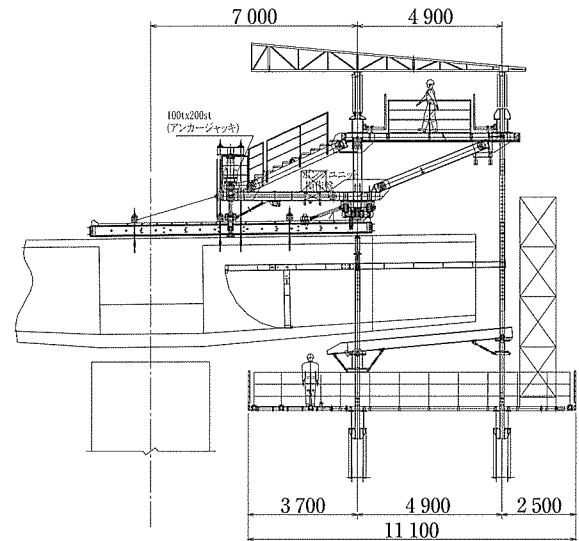


図 - 5 移動作業車構造図 (側面図)

② 断面変形に伴う上下床版・ウェブの曲げ
上記課題とその対策について、以下に詳述する。

4.2 不均等なせん断力の分布

前述のとおり、本橋では移動作業車のメインフレーム数よりウェブ数が多いため、メインフレームが配置されるウェブと配置されないウェブでは、作用するせん断力が異なる。そのうえ、1台の移動作業車を使用して上下線を同時に架設することに起因して、各メインフレームが負担する荷重が不均等となる。したがって、各ウェブが分担する施工時のせん断力が片車線施工時と比較してさらに不均等になる(図 - 6)。その結果、他のウェブより大きなせん断力を分担するウェブには、施工時にせん断ひび割れが生じる危険性がある。そこで、各ウェブが負担するせん断力から、ウェブに発生する斜引張応力度を算出した(表 - 1)。施工時のせん断力にメインフレーム直下のウェブのみ抵抗し、他の部材にはせん断力が分配されないと仮定して、施工時荷重を受ける断面を照査断面1とし、施工時荷重と桁

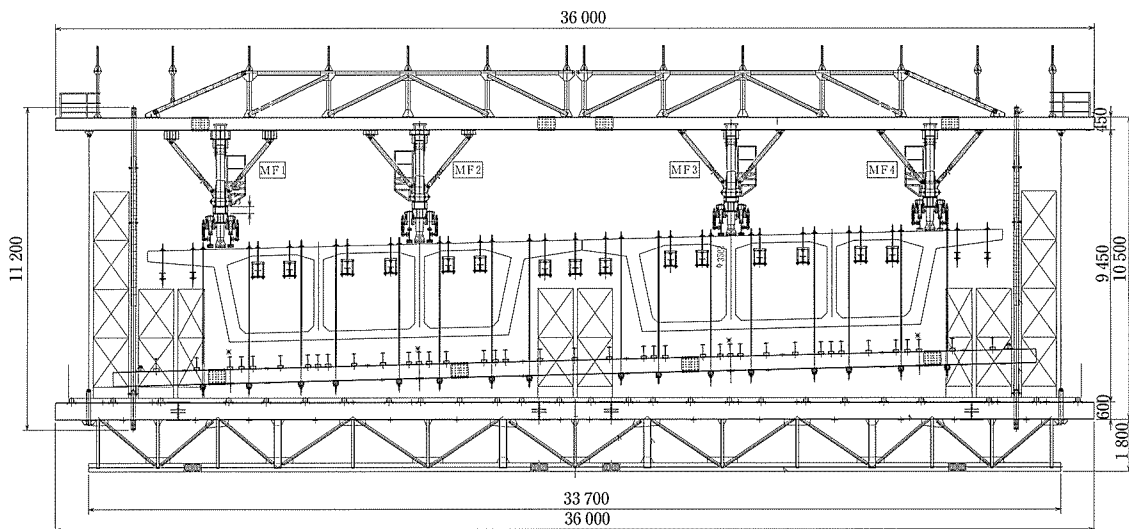


図 - 4 上下線一体型特殊移動作業車構造図 (正面図)

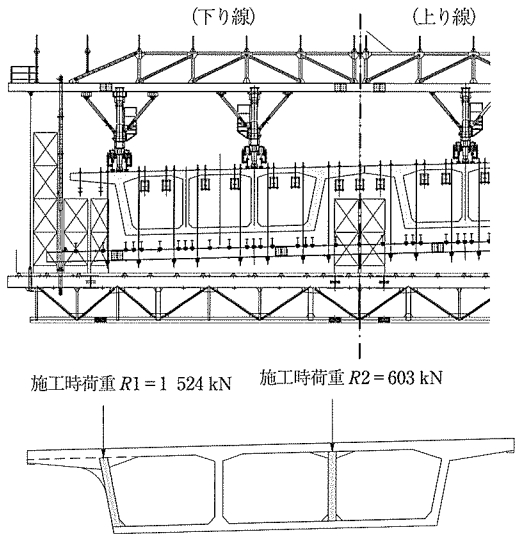


図 - 6 施工時荷重 (下り線)

表 - 1 斜引張応力度

打設 BL	ウェブ厚 (mm)	照査断面 1	照査断面 2	許容値 (N/mm ²)
1	250	1.85	1.47	2.00
2	450	1.38	1.39	2.00
3	250	2.26	1.74	2.00
4	450	1.31	1.34	2.00
5	250	2.45	2.29	2.00
6	450	1.36	1.35	2.00
7	250	2.59	2.65	2.00
8	450	1.44	1.39	2.00
9	250	2.76	2.80	2.00
10	450	1.53	1.48	2.00
11	250	3.02	3.21	2.00
12	450	1.68	1.74	2.00

自重を受ける断面を照査断面 2 とした (図 - 7)。

計算の結果、許容斜引張応力度 = 2.00 N/mm² を満たさない断面では、ウェブの増厚を行うこととした。表 - 1 には、発注時のウェブ厚 $t = 250$ mm の場合と、増厚後の $t = 450$ mm の場合で、各ウェブに発生する斜引張応力度を示す。

ウェブ増厚以外に、斜引張応力を低減する方策として、ウェブへのせん断鋼棒の配置があげられる。しかしながら、せん断鋼棒の橋面への突出など過去のトラブル発生に伴い、近年せん断鋼棒の配置が敬遠される傾向にあり、本橋においては検討の対象から除外した。

4.3 断面変形に伴う上下床版・ウェブの曲げ

(1) 張出し施工時の不均等荷重による挙動

張出し施工に伴って、移動作業車から伝達される不均等な施工時荷重による多室箱桁の挙動および応力の発生状況を確認するため、ソリッド要素を用いた FEM 解析を行った (表 - 2, 図 - 8)。

解析結果の一例として、第 5 ブロックに移動作業車を据え、第 6 ブロックを打設したケースを取り上げる。

図 - 9 に第 5 ブロック先端における断面の変位図と各

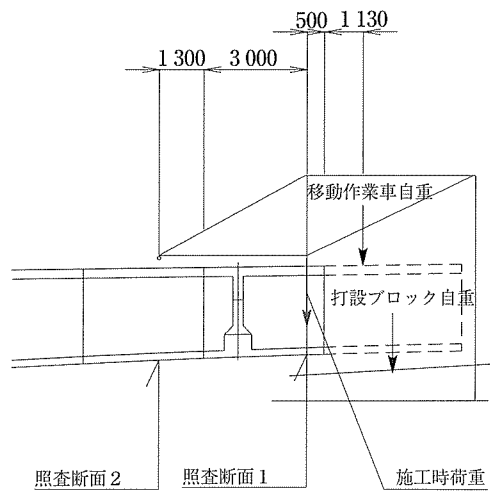


図 - 7 せん断検査モデル図

表 - 2 物性値一覧

弾性係数 (N/mm ²)	3.1×10^4
ポアソン比	0.2
単位体積重量 (kN/m ³)	24.5

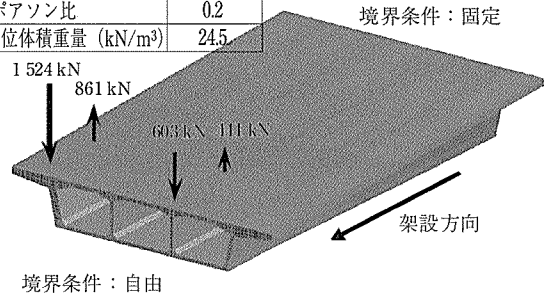
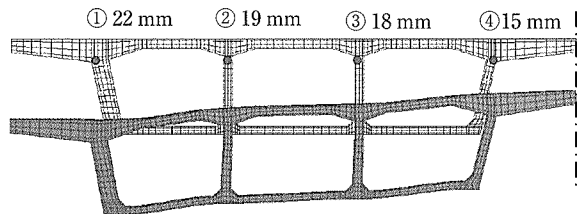


図 - 8 解析モデル



第 5 ブロック先端

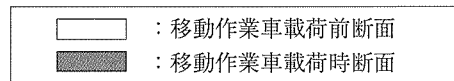


図 - 9 断面変形

点の鉛直変位量を示す。架設完了した箱桁橋では各支間の両端に配置された横桁や中間隔壁によって断面形状の変形が抑制されている。

一方、張出し施工中の箱桁橋では、片持ち部先端で断面が開放されているため、断面形状の変形が生じやすい。このため、第 5 ブロック先端では、第 6 ブロック打設時の荷重によって、桁全体としてのたわみやねじりに加えて、断面形状の変形が生じている。この断面変形は、片持ち部先端から柱頭部に近づくに従って解消されている。

図 - 10 に主応力コンター図を示す。断面変形に伴い、上下床版およびウェブには図 - 11 に示すような曲げが発生している。

発生する引張応力度は、上床版下縁 a 部で 5.73 N/mm^2 、下床版上縁 b 部で 6.45 N/mm^2 、ウェブ上端付近の引張縁 c 部で 4.10 N/mm^2 である。

(2) 上下床版・ウェブの曲げに対する補強

前項で示した上下床版およびウェブに発生する曲げに対して、補強鉄筋を配置してひび割れ幅を制御することとした。断面変形は、張出し施工時の一時的な現象であり、鉄筋応力度の制限値割増しも考えられるが、以下の理由から補強鉄筋の発生応力度を 120 N/mm^2 以下に制限することとした。

張出しブロック打設時に断面変形に伴う曲げひび割れが発生した場合、張出しブロック打設時の荷重が除荷され、発生した曲げひび割れの幅が縮小する以前に、張出しブロックのコンクリートが硬化するため、打設時に発生した曲げひび割れの幅がその後も維持されるおそれがあるからである。

前述のとおり、断面変形は片持ち部先端から柱頭部に向かって解消される傾向があるため、張出しブロック先端から 1 m ごとに上下床版およびウェブに発生する平均曲げモーメントを求め、算出されたそれぞれの曲げモーメントに対して補強鉄筋量を算定した (表 - 3)。

断面変形への対策として、上述のように補強鉄筋法以外に、中間隔壁を配置して断面の変形自体を抑制する方法が考えられる。これは、斜張橋の斜材張力に対して中間隔壁 (斜材定着横桁) を配置するのに類似した方法といえる。中間隔壁の配置は自重の増加を伴うのみならず、施工速度の低下を招くことから、本橋では補強鉄筋を配置する方法を採用した。

5. 上下線一体型移動作業車による張出し施工

5.1 施工ステップ

本橋の張出し施工は、P89 柱頭部と P90 柱頭部で 4 基の移動作業車を順次組立てた後、鉄筋・PC・型枠組立て、コンクリート打設、PC 緊張、移動作業車前進の施工サイクルを繰り返し、躯体を構築する架設方法である。当工事では、側径間閉合および中央閉合も移動作業車を使用して施工を行った。閉合後、移動作業車を所定の位置に移動させて、順次解体搬出する。図 - 12 に張出し施工ステップを示す。

5.2 張出し施工

柱頭部の施工完了後、P89 橋脚側から移動作業車の組立て作業を開始した。移動作業車の組立て順序は以下のとおりである。

- ① レールの設置
- ② 前車輪・後車輪の設置
- ③ メインフレーム設置
- ④ 上部トラス梁設置
- ⑤ 吊材設置
- ⑥ 下部トラス梁設置

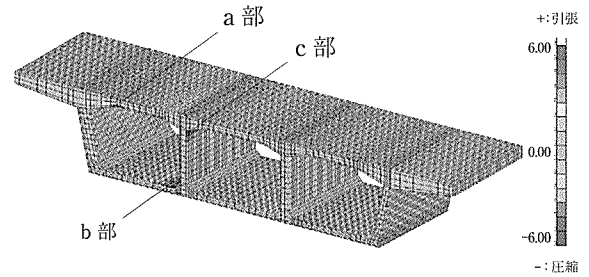


図 - 10 主応力コンター図

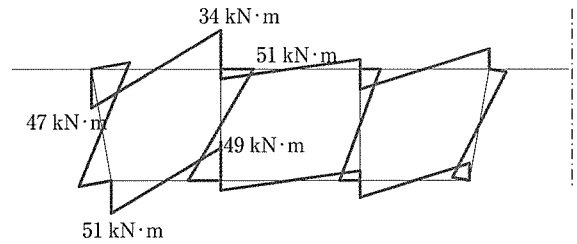


図 - 11 モーメント図

表 - 3 補強鉄筋量

端部からの距離 (m)	補強鉄筋 (ピッチ 125 mm)				
	上床版		下床版		ウェブ
	1	2	3	4	5
1.0	D25	D25	D25	D22	D22
2.0	D19	D19	D19	D19	D19
3.0	D19	D19	D19	D19	D19
3.5	D19	D19	D19	D19	D19

ハッチング：鉄筋変更

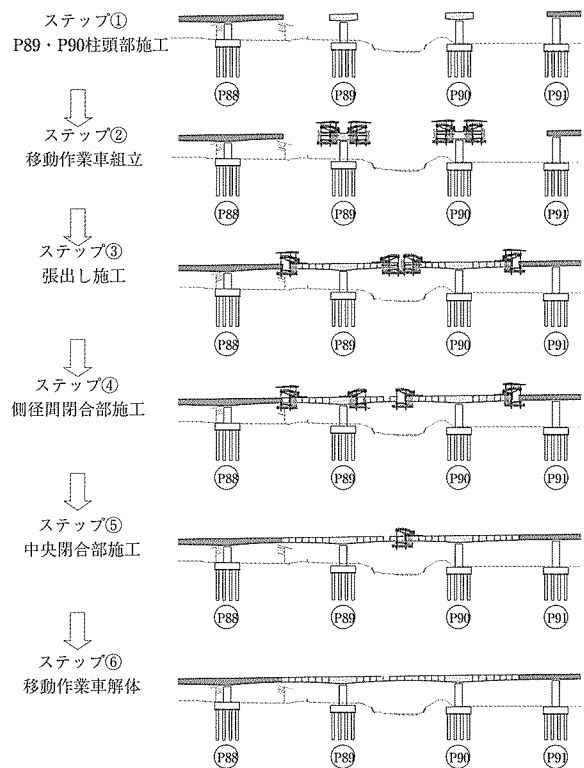


図 - 12 張出し施工ステップ図

- ⑦ 下部踊場組立て
- ⑧ 外周足場組立て

メインフレームの架設を行った後(写真-4)、上部トラス梁を架設する。上下線一体型の移動作業車であるため上部トラス梁は、長さ36m、重量9tの大型トラス梁となったが、150tクローラワークレーンを用いることで一括で安全に架設を行った(写真-5)。

移動作業車を組立てた後は、型枠・鉄筋・PC組立て、コンクリート打設、PC緊張、移動作業車前進の施工サイクルとなる。一般的に、施工サイクルの作業効率は、張出しブロック数が多いほど良いが、本橋は6ブロックと比較的少ない。しかもP89橋脚とP90橋脚の2箇所同時期の施工であったため、多くの作業員が必要となった。そこで、作業の省力化を図るため、2箇所の張出し施工を同じ作業員により施工できるサイクル工程を立案した。これは、作業工程を時間単位に細分化し、P89とP90を作業員が行き来しながら、決められた時間内で作業を行う工程である。張出しブロック数は6ブロックと少なかったが、2箇所の施工を同一作業員が行うため、繰返し作業の増加に伴う作業の慣れで、作業効率がアップし、施工の省力化となった。

上下線分離構造の施工は、写真-6のように20mmの隙間によって上下線が分離されていたが、発砲スチロールと薄ベニア板を組み合わせることで、精度よく隙間を確保した。

また、コンクリート打設時に上下線が分離されていることによる移動作業車へのアンバランスな荷重の発生が懸念されたが、コンクリートポンプ車を2台使用し、上下線を同じ速度で打ち上げることで、移動作業車に均等に荷重を載荷させ、計画どおりの施工を行えた(写真-7)。

閉合部の施工については、移動作業車を利用した施工を行った。通常の施工では、張出し最終ブロックを施工した後、移動作業車は解体位置に戻り、作業床は張出しブロック先端から吊足場を構築して設けるが、移動作業車の作業床をそのまま使用することにより、吊足場設置に要する日数を削減でき、さらに吊足場設置および撤去の高所作業を回避することができる。

また、閉合部のスラブ型枠を支える梁材には、鋼材ではなく軽量のアルミニウム梁材を使用することとした。これは鋼材に比べて軽量であるため可搬性がよく、作業の効率化が図れた(図-13)。

5.3 移動作業車解体

P89～P90間は天野川に面しており、また、桁下空間が低く狭隘であり、クレーンを近傍に据付けて移動作業車を解体できるだけの十分な作業スペースがない。そのため、柱頭部付近の護岸に解体用の架台を設置し、移動作業車を架台まで移動させ、移動作業車の下部踊場を架台上で解体する計画を立案した(写真-8)。

陸側の移動作業車については移動作業車近傍にクレーンを据付けることが可能であったため、側径間閉合が完了し



写真-4 メインフレーム架設



写真-5 上部トラス梁架設

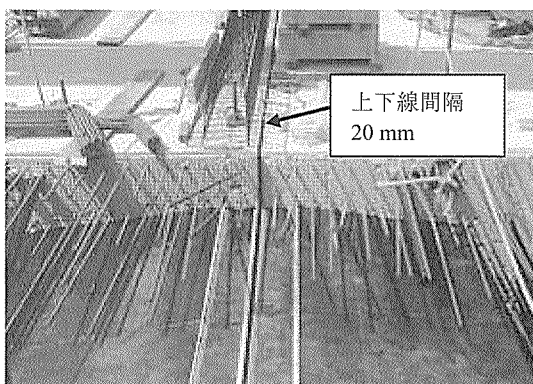


写真-6 上下線の間隔 20mm

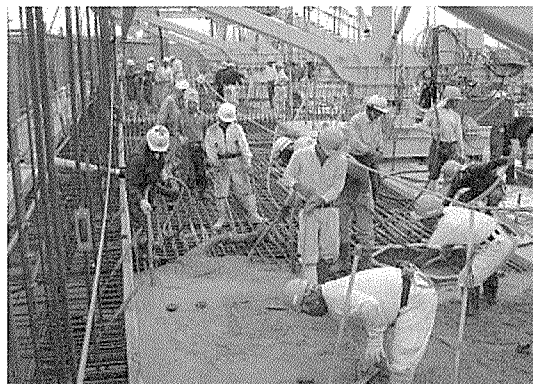


写真-7 コンクリート打設状況 (上下線同時)

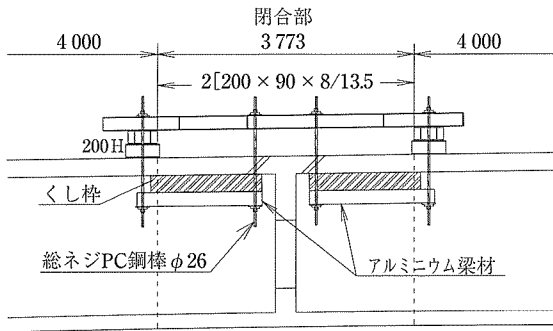


図 - 13 閉合部施工概要図 (側面図)

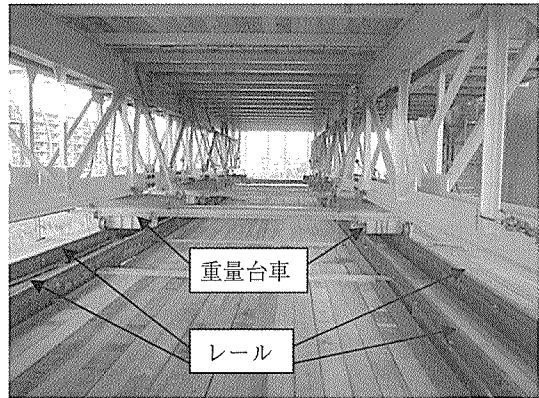


写真 - 9 横引き用装置

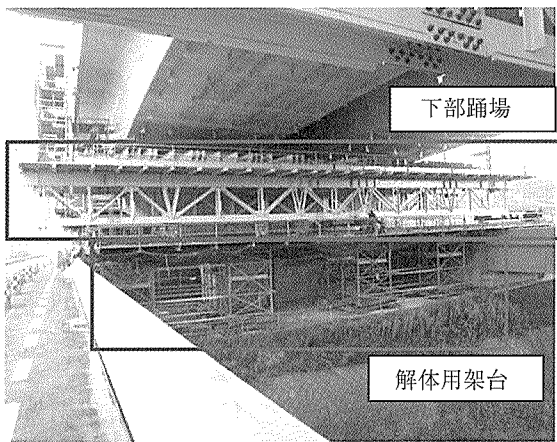


写真 - 8 移動作業車解体用架台

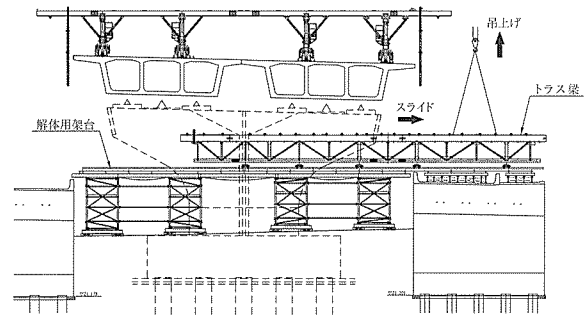


図 - 15 下部トラス梁解体概要図

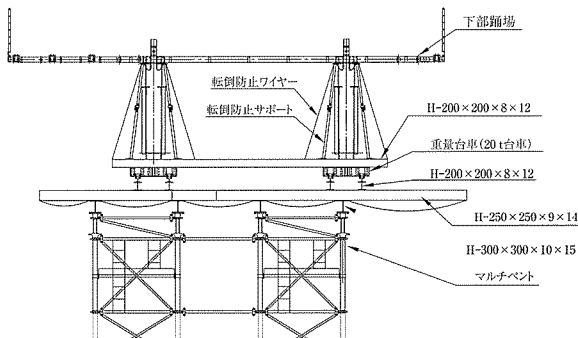


図 - 14 解体用架台詳細図 (側面図)

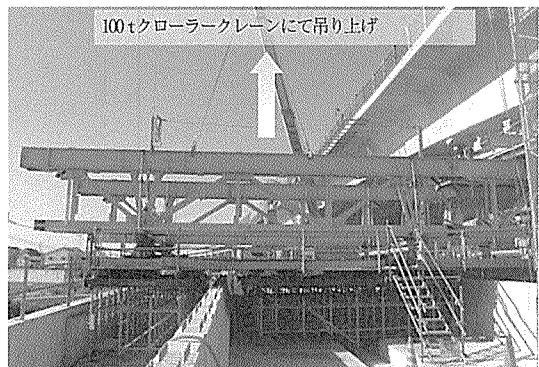


写真 - 10 下部トラス撤去状況

た後にその場で解体作業を行った。

移動作業車解体用の架台上には橋軸直角方向にレールを敷設し、下部トラス梁がレール上を横移動できるように重量台車を配置した(図 - 14, 写真 - 9)。これにより、下部踊場は架台上を橋軸直角方向に橋体をかわた部分まで移動し、順次クレーンにて解体撤去できる(図 - 15, 写真 - 10)。

この工法により、橋体をかわた位置にクレーンを配置することが可能となり、下部踊場を順次安全に効率良く解体撤出することができた。

5.4 仮支承解体

仮支承の解体には、周辺への騒音および施工の短縮を目

的として、先行コア削孔とワイヤーソー切断による分割撤去を行った。仮支承コンクリートは、ワイヤーソー切断後に横引きしやすいように、切断面を傾斜させ、上部コンクリートを横引きした後、下部コンクリートの横引き撤去を行った(図 - 16, 写真 - 11, 12)。

6. おわりに

当工事は、第二京阪全線の橋梁上部工工事の中で最後に発注された。供用開始日を間近に控え、当社は“殿(しんがり)”ともいえる役割を果たし、平成21年11月18日に最終閉合コンクリートの打設を完了し、同年12月25日に上部工の引渡しを完了した(写真 - 13)。

建設業を取り巻く状況は依然として厳しいといわれてい

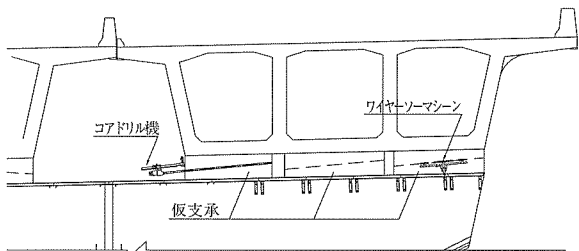


図 - 16 仮支承撤去概要図

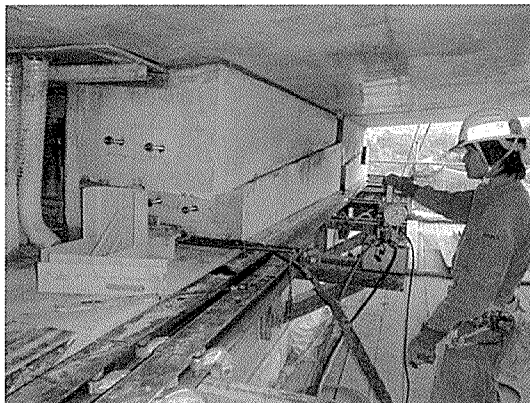


写真 - 12 仮支承切断・撤去

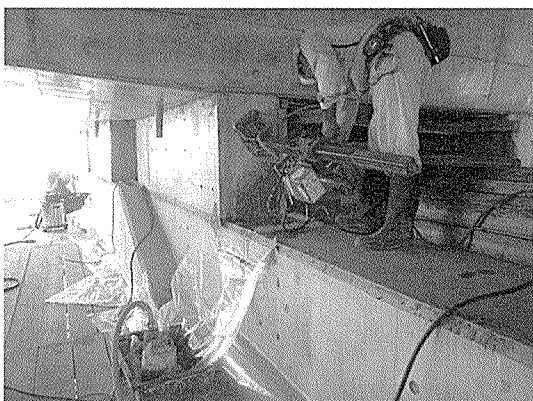


写真 - 11 先行コア削孔

るが、発注者が建設業者に求める品質はこれまで以上に多岐にわたり、かつ難度の高いものになると思われる。

本稿では、上下線が分離された構造を上下線同時に張出し施工した事例について言及してきた。

今後は、さまざまな厳しい条件のもと、省力化・合理化を目指した施工が求められる。本報告が、今後のPC橋の張出し施工における合理化手法のひとつの事例として、計画・施工の参考になれば幸甚である。

【2010年9月24日受付】

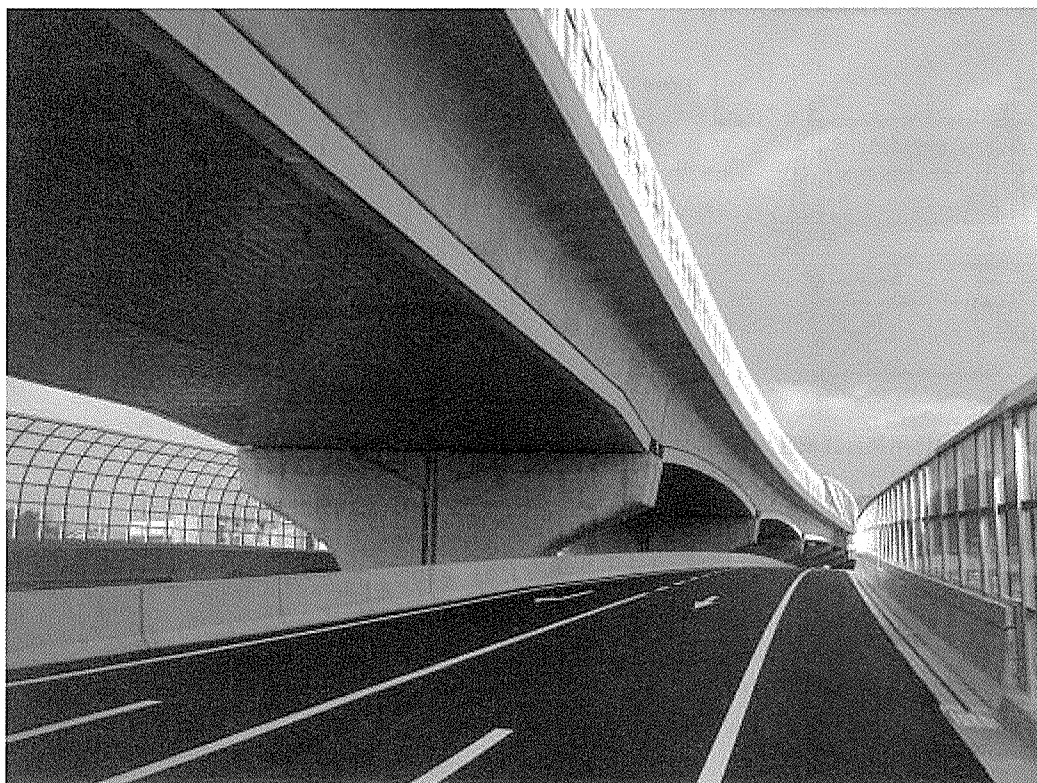


写真 - 13 完 成