

湾岸線 5 期 東海岸工区における鋼桁架設

大阪第三建設部 武庫川工事事務所 木代 穰
同 部 同 所 桐間 幸啓

要 約

高速湾岸線 5 期東海岸工区における上部構造は 5 径間連続鋼床版箱桁であり、3 主桁で構成されている。本工区は中島川の河口付近に位置し、河川内から尼崎港にいたる約 0.5km であり、桁下には中島川、操業中の鉄工団地、尼崎市道といづれもその機能を継続して停止することが出来ない。そのため、河川上（1 径間）では、フローティングクレーン（以下：FC）による一括架設を行った。この際径間の半分が陸上となるため、橋軸方向に FC を据え付け施工した。鉄工団地上（2.5 径間）には主桁の横取り工法を採用した。ここでは桁に $R=500$ への緩和曲線が含まれるため区間を 2 分割し、ベント上にて架設後桁を旋回させ剛結し横取りを行った。この際、旋回による橋軸方向の移動量は横取り装置上にスライドプレートをもうけ吸収させた。尼崎市道上（1.5 径間）は全断面送り出し工法により施工したが、 $R=500$ の曲率を含む全長 148m の架設であり大規模かつ困難なものとなった。ここでは曲線なりに桁を送り出すため送り出し装置に方向修正装置を組み合わせて施工した。このように一つの橋体に対して径間によって架設方法が異なっているため、設計では架設ステップ毎に断面力、キャンパー等を求め、架設系および完成系について検討を行っている。製作・架設については、設計計算により得られたキャンパー等を忠実に再現できるようにパイロットホールを設けて管理した。また誤差吸収については、各架設工法取り合い部において拡大孔を用いた。

キーワード：5 径間連続、一括架設、横取り架設、送り出し架設、フローティングクレーン、架設、多径間連続、鋼桁

まえがき

近年橋梁の連続化が進む中で工事作業に十分な用地の確保が益々困難となってきている。本工区における 5 径間連続鋼床版箱桁のように桁下条件により架設工法を数種類に分けて行わなければならない場合は設計段階において、架設系、完成系について十分な解析を含めた検討を行う必要がある。さらに製作・架設については十分な精度管理が求められる。今回行った FC 一括架設、横取り架設、送り出し架設は橋梁の架設工法として、一

般によく用いられる工法であるが、それぞれ大ブロックとして組み立てられた桁を移動させ架設するものであり、このような工事では特にジャッキ作業の精度が要求される。本稿では架設工法の選定、設計、製作、架設の全般にわたって報告する。

1 工事概要

工事場所：尼崎市東海岸町

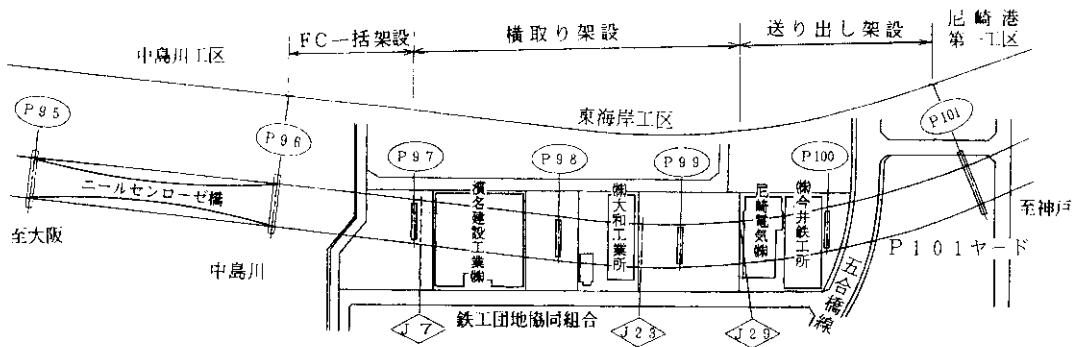


図-1 現場平面図

桁型式：5径間連続鋼床版箱桁（3主桁）
 橋長：90+92+81+93+93=449m
 鋼重：5,517t
 車線数：6車線（3車線×2）
 自動車荷重：T T-43
 路下条件：河川、工場、道路

2 架設工法の選定¹⁾

当工区は図-1に示すとおり、P96～P97間のP96側半分が河川上（中島川）、P97～P100間は操業を行っている尼崎鉄工団地上、さらにP100～P101間は尼崎市道（五合橋線）を横断しているため桁下が極端に制約された。

さらにP97、P98、P99、P100橋脚は尼崎鉄工団地の玉突き用地転用によって完成時期が左右され、P100⇒P97⇒P98⇒P99の施工順となった。また、P96～P97間の河川上の架設については、隣接する中島工区のニールセンローゼ橋が先に架設されるとFC架設が困難となるため工程調整を行った。以上のような条件のもとに次の3つの案について検討を行った。

〔1案〕

河川上空のP96～J7間は大ブロック一括架設を行う。J29～P101間の鉄工団地及び尼崎市道上空はP101ヤードにて桁を組立、P101からP100方向への全断面送り出し架設とする。残りのJ7～J29間の2径間半は主桁の横取りを1本ずつ行い、J7とJ29主桁閉合後に横桁及び鋼床版

の架設を行う。

〔2案〕

P96～J7間については大ブロック一括架設を行い、J7～P101間は全て全断面送り出し架設とする。区間をJ23で分割しJ7～J23間の桁は大ブロック架設した桁上で組立てP101方向に送り出す。また、J23～P101間の桁はP101ヤードにて組立て反対にP96方向に送り出す。いずれも手延機を使用するものとする。

〔3案〕

P96～J7間は大ブロック一括架設を行う。J7～P101間は送り出し架設と横取り架設を併用して行う。まずG3主桁のみをJ7～J23間は大ブロック架設した桁上で、J23～P101間はP101ヤード上で組立を行い、それぞれ送り出しJ7とJ23で閉合する。G1、G2主桁は既に架設したG3主桁上をJ7～J23間とJ23～P101間に分割して送り出し、J23で閉合したのちJ7～P101間の4径間分をいっきに横取りし、所定位置で降下後J7を閉合する。最後に横桁及び鋼床版の架設を行う。

上記の工法はいずれも横取り架設と送り出し架設を基本に考え、横取りと送り出し区間の区割り位置、さらに送り出し断面（主桁のみか全断面か）に着目し選びだしたものである。

比較においては工程、経済性、安全性、設計上の問題点、施工性さらに鉄工団地への影響も項目としてとりあげた。架設工法の比較を表-1に示す。

表-1 架設工法選定表

選 択 基 準	1案	2案	3案	備 考
工 程	◎	△	×	最終となるP99橋脚完成後の作業量により工程は決定される。
経 済 性	◎	×	△	主に鋼重量増減、施工条件等により決定される。
安 全 性	○	△	△	送り出し又は横取り後の桁降下量が少ないほうが安全である。
設 計 上	○	△	△	桁断面増の有無、鋼床版後死荷重の有無、ヒンジ構造の有無。
施 工 性	○	△	○	鉄工団地上空の作業量、送り装置及び手延機等の仮設機材数量。
鉄工団地への影響	△	○	○	鉄工団地上空の作業量、鉄工団地内の道路使用の有無。
評 定	◎	×	×	

以上の比較検討の結果、1案を採用することとした。

3 設 計

本橋梁は全長449mの5径間連続鋼床版箱桁であり、構造的には中間支点すべてに固定沓を用いた水平反力分散形式を採用しており、下部構造も比較的高い鋼製橋脚であることから後死荷重・活荷重の断面力は立体解析にて算出した。

架設工法が複雑であるため、設計上考慮した事項を以下に示す。

- (1) 構造解析を行う際は、架設工法・順序を考慮した構造モデルを設定し、5径間連続桁となる完成系までに架設系の応力が残るものについて各ケースの重ね合わせを行った。一括吊上げ時などのような一時的な状態については、別途応力照査を行って安全性の確認をした。一括架設部および送り出し架設部は、架設系から鋼床版も有効な全断面にて応力算定を行ったが、横取り架設部は主桁架設・剛結後、鋼床版が断面として有効となるため、応力算定はそれを考慮して行った。
- (2) 横取り架設部の鋼床版を架設する際、主桁にはすでに応力が発生しており、鋼床版と主桁には各ブロックにおいて最大5mm程度の差が生じる。このため、縦継ぎ部のボルト孔径は26.5mm

とし、孔位置も架設時に一致するよう製作時より考慮した。

4 製 作

本橋梁の構造的特徴は、鉄工団地上の高さ29m～22mと高い位置の5径間連続鋼床版箱桁橋でP96～J7が大ブロック一括架設、J7～J29が桁1本毎の横取り架設、J29～P101が全断面送り出し架設の組合せにより架設されるため、各ブロックを架設時に鉛直取合いとなるように製作した。

- (1) 大ブロック一括架設と横取り架設部(J7)添接部については、橋軸方向の孔ズレが全橋に影響を与える構造になっているため、(J7)を基準として仮組立を行い、P96側に製作誤差を逃がすようにした。また仮組立を再現するために捨て線を入れた。
- (2) 横取り架設部は、主桁架設完了後、鋼床版架設を行うため、鋼床版の部材長、ジョイント部添接孔、横リブ、横桁位置等について主桁架設後の変形量を考慮し製作した。主桁は溶接完了後、両端面を削成し、縦とじ孔を全箇所測量した。鋼床版は後孔状態で溶接を完了させ、主桁より実測した孔位置を鋼床版上へ野書き・穿孔を行い、溶接による変形および収縮による誤差の排除に努めた。
- (3) 全断面送り出し架設部は、仮組立て後に寸法を計測し、横取り架設部との添接部について野書き・切断加工を行った。

5 架 設²⁾

桁架設の工程を表-2に示す。

5-1 一括架設

P97～J7はFCによる大ブロック一括架設で行うため、まず大ブロック桁の地組立を堺市築港新町(横河ブリッジ堺工場)で行った。架設日前日に3500t吊りFCによる浜出し後、直ちに尼崎西宮芦屋港沖まで吊り曳航し、そこで仮泊とした。

表-2 桁架設工程表

	平成3年												平成4年												平成5年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
大ブロック架設	準備撤去																																			
一括架設	浜出し 3/2 架設 3/3																																			
送り出し架設	ベント・軌条桁組立 全周回ジブクレーン組立 送り装置組立 ベント・軌条桁解体 全周回ジブクレーン解体 送り装置解体																																			
桁架設工	桁架設・送り出し 高力ボルト締付工 添接部撤換工																																			
横取り架設工	ベント・軌条桁組立 下面防護ワイヤネット組立 横取り装置組立 G1主桁架設・横取り G2主桁架設・横取り G3主桁架設・横取り J7閉合 鋼床架設 高力ボルト締付工 添接部撤換工 ベント・軌条桁解体 下面防護ワイヤネット解体 横取り装置解体 足場解体																																			
附属工	壁高欄及び中央分層工 伸縮装置工																																			
橋脚完成	△ P 97												△ P 98・99 (最終)																							

架設地点へは曳船で両脇より支持した状態で進入し係留作業を行った。係留終了後橋脚より1m程度高い位置で進入し、所定位置に来た時点で残り1mの巻き下げを行った。

脚上への据付けは引き寄せ設備を使って行いP97⇒P96の順に据付け、FC荷重20%解放時点で、桁本体及び支承の微調整を橋脚上に設置した調整装置により行った。調整完了後FC荷重解放を行い架設完了とした。

今回の大ブロック架設の鋼重量は1029tであり、吊り能力では1500t級のFCで架設可能であるが、P96～P97間は陸上部がP97側半分を占め、通常の橋軸直角方向にFCを据付けて架設することが不可能であるため、橋軸方向にFCを据付けて架設する必要があった。使用するFCは吊り能力の他に作業半径と揚程によってしぼられ3500t吊りFCを使用した。架設要領を図-2に示す。

海上運搬は浜出し地点から架設地点までが11海

里(約20.4km)と近距離であり、さらに架設が中島川航路閉鎖を伴い、作業工程を短縮する必要があることから、FCによる吊り曳航とした。

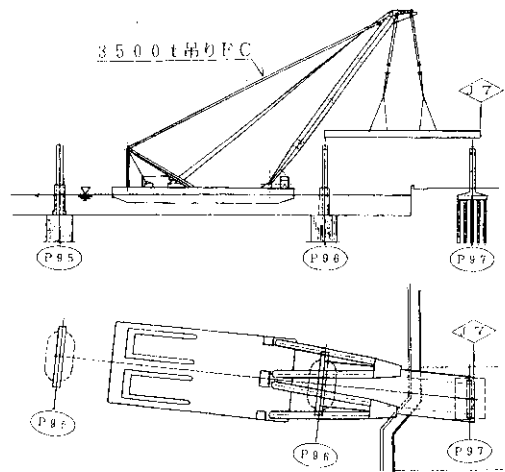


図-2 一括架設要領図

5-2 送り出し架設

5-2-1 工事概要

J29～P101間の鉄工団地及び尼崎市道（五合橋線）上空はP101からP100方向への全断面送り出し架設を行った。送り出し設備はP101ヤード公団用地内にB1～B3ベントを設け、その上に3列仮設桁（台車レール付）を張り渡す構造とした。架設要領を図-3に示す。

隣接工区の尼崎第1工区本線桁上に全旋回ジブクレーン（Cap43t）を設置し、桁の荷取り及び架設を行った。まず、本線桁とONランプ桁との幅4mの隙間を利用して地上より桁上に巻き上げ、仮置きした。クレーンは固定式であり作業半径も限られることから、架設は1ブロックずつ後方より逐次剛結する方法とした。従って、1回の送り出し量は次のブロックの落とし込み架設に必要な距離だけとなる。

送り出しは、送り装置（Cap311t）と自走

台車（Cap160t）を使用し、B1～B3ベントの軌条桁上は自走台車にて送り出し（STEP1）、その後P100まではB1ベント上の送り装置により送り出しを行った（STEP2）。また、P100到達までの張り出し量が大きいことから手延機を取り付けP100到達時点で解体した。P100以降の送り出しは、新たにP100脚上にも送り装置を設置し、B1の送り装置と連動させ送り出しを行う（STEP3）。



写真-1 送り出し架設状況

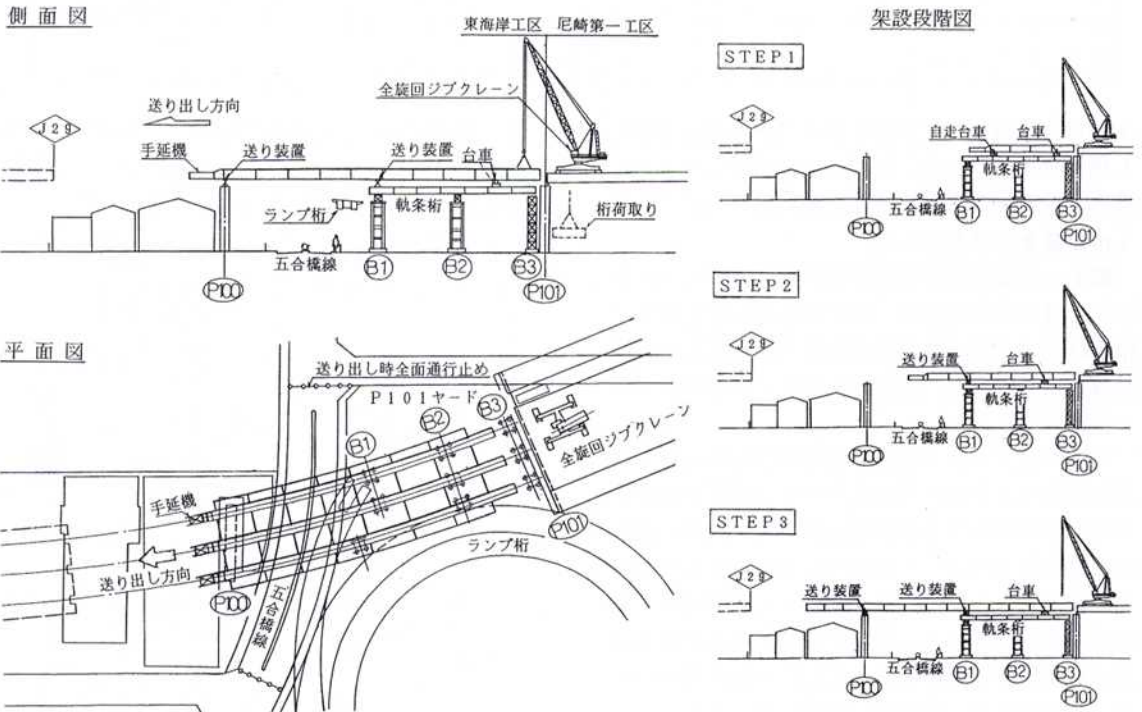


図-3 全断面送り出し架設要領図

送り出し桁は、作業スペースの確保と水平に送り出すために1m程度上げ越して送り出し、所定位置まで送り出した後、サンドル降下し脚上に据え付けた。ただし、据え付け位置は送り出し架設の次に行う横取り架設区間の桁落とし込みスペース確保の目的で、P101側に10cmセットバックさせた位置とした。

5-2-2 反力管理

本工区の送り出し桁は桁長148m、鋼重量1908t、さらに曲線桁（曲率R=500）であることから、送り出し架設としては大規模かつ困難なものであった。最も苦慮したのは反力管理であり、1主桁当たりの反力が最終送り出し時P100橋脚上G1主桁において最大で、503tと大きいことに加え、曲線桁であることから各受け点に反力差が生じる。そこで反力が管理限界を越える場合には支点変位（鉛直ジャッキストローク量）を調整させることにより対応し、1主桁の両ウェブ間に生じる反力差は油圧ポンプから鉛直ジャッキへの配管に分岐金具を使用し、常に両ジャッキの油圧が同一になるよう配管することで解決した。

さらに各ポンプに圧力変換器を取り付け、デジタル圧力表示器で表示し、3主桁の反力状態を集中して管理出来るようにした。

5-2-3 送り装置

今回使用した送り装置は曲線桁を曲線なりに送り出す為に方向修正装置付のものとした。送り装置は全て曲線の接線方向に設置し、送り出し時G2主桁を受けている送り装置の方向修正装置のみ方向を固定し、他のG1・G3の方向修正装置はニュートラルの状態で受けることで、各主桁の曲率の差によって生じる移動量の差を吸収させた。

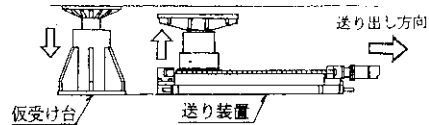
また、STEP3での送り出しは桁後方の受けとして台車を使用した。台車は直線状に敷設したレール上を走行することから、台車にスライドジャッキを搭載させ橋軸直角方向の移動にも対応出来る構造とした。

送り方向の確認は各受け点であらかじめ基準線をマークしておき、それと各主桁芯とのずれ量を

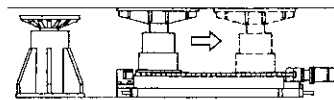
定期的に測定することによって行った。

送り装置はSTEP2と3において、合計12台の使用となり、操作の効率化と安全性を考慮して各油圧ポンプ間を連動用ケーブルで配線し、メインポンプの操作のみで12台の装置の同時始動及び停止が出来るようにした。送り装置の操作手順を図-4に示す。

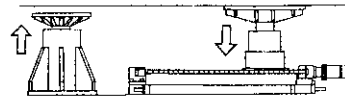
- (1) 仮受け台側鉛直ジャッキから送り装置側鉛直ジャッキへ荷重を盛り替える。



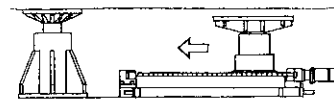
- (2) 送り装置により1m送り出す。



- (3) 送り装置側鉛直ジャッキから仮受け台側鉛直ジャッキへ荷重を盛り替える。



- (4) 送り装置側鉛直ジャッキを無負荷状態で元の位置に戻す。



1サイクルの所要時間は約10分

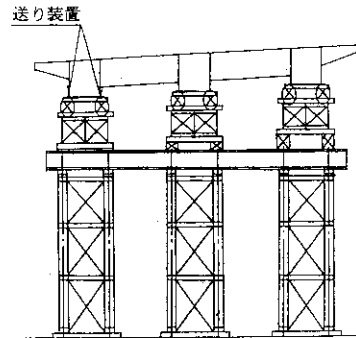


図-4 送り装置図

5-2-4 形状管理

桁組立時の形状管理は、すべての送り出しが完了してからの調整は不可能であることから、B1～B3ベントの軌条桁上に桁がある時点で各ステップにおける支持条件でのキャンパー修正値を考慮し、キャンパーの確認を行い、5～6ブロック単位での調整を行った。また、橋軸方向のずれについては、工場仮組立時に設定したパイロットホールと基準線をもとに管理した。

5-3 横取り架設

5-3-1 工事概要

図-5に示すように、鉄工団地内の道路に沿って、地組立用ベントB1～7を設置した。さらに横取り軌条用ベントとしてJ7、P98、P99の横取りラインに沿って、それぞれ1基から3基のベントを設置した。

桁の架設は鉄工団地内道路に油圧クレーン（C

a p160 t）を据え、道路上より架設した。図-6に横取り架設の要領を示す。

架設は1ブロックずつJ7側より行った。鉄工団地内はベントの設置に制約があり、多点支持による地組立が出来ないため、張出架設となった。

桁の線型が緩曲線であるため、J7～P98間地組立後、その1径間を旋回させ、残りのP98～J29間の地組立が道路に沿って出来るようにした。

（STEP1）

主桁地組立後J7～J29間の主桁2径間の横取りを行った。横取り軌条はJ7、P98、P99の横取り用ベント上に架設桁を設置し、その上に設置した。また、横取り装置として横移動装置を使用、横取り時は桁の逸走防止及び転倒防止装置を設置し、主桁横取り後、直ちにサドル式降下により桁降下作業を行った。（STEP2）

G1⇒G2⇒G3の順に横取り及び降下したのちJ7側の大ブロック既設桁との接合を1本ずつ行った。あらかじめP101側にセットバックして

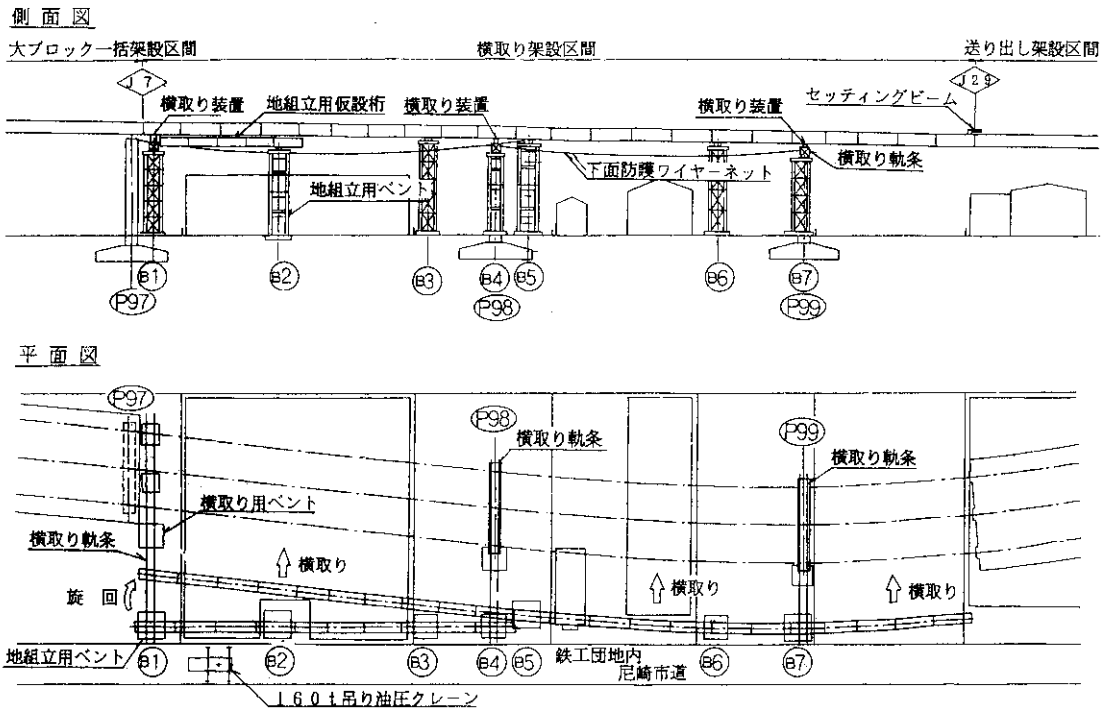
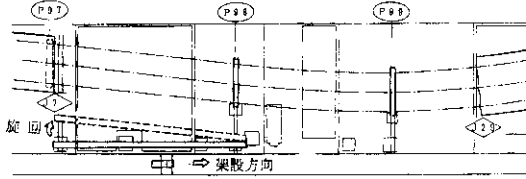
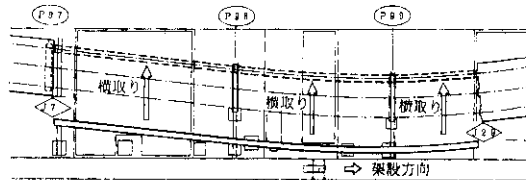


図-5 横取り架設設備図

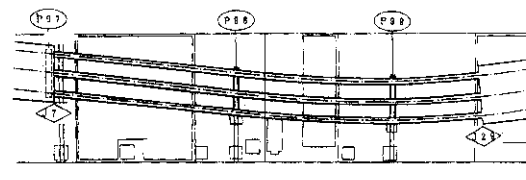
STEP1 J7~P98間地組立後、主桁旋回



STEP2 P98~J29間地組立後、主桁横取り



STEP3 主桁横取り完了後、J7、J29閉合



STEP4 鋼床版、横桁架設

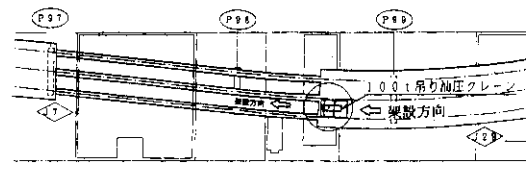


図-6 横取り架設段階図

据え付けた送り出し区間の既設桁を所定位置にスライドさせ、閉合時の桁の調整はセッティングビームにより行った。(STEP3)

主桁架設完了後、送り出し区間の既設桁上に部材運搬トラック及び桁架設用油圧クレーン(Cap100t)を取り上げ、これによりP101側より横桁、鋼床版の架設を行った。

5-3-2 桁旋回

J7~P98間の1径間の旋回は、P98支承位置を旋回芯としてJ7側を横移動する事により行っ

た。従って、旋回時はP98支承位置でピボット形式の仮沓で受け、J7側は横取り装置で受けた。旋回角度は $\theta = 6^{\circ} 30' 37''$ であり必要量をJ7側の横移動によって行った。また、横移動に伴って橋軸方向に生じる移動量は計算上500mmとなるので、この移動量に対してはJ7側の横取り装置上にスライドジャッキを搭載し、1,000mmまでの移動が可能な構造とすることで対処した。

5-3-3 軌条梁

横取り軌条梁にはH鋼梁(H-400×400×13×21 補強リブ付)を使用し、仮設桁上に敷設し、敷設時に考慮した点を以下に示す。

- (1) J7、P98、P99ラインは平行に据え付けることとし、据え付け誤差は25mm以内とする。
- (2) 軌条梁は水平に据え付けることとし、仮設桁のたわみ等を考慮して、据え付け誤差は1/500以内とする。
- (3) 横取り装置は軌条梁フランジ上をスライドジャッキにて滑らせる構造であるため、軌条梁ジョイント部の段差は1mm以内とする。

5-3-4 横取り装置

本工事で使用した横取り装置は、軌条梁上で主桁を直接受けるスライドベース(スライドジャッキCap50t2台、方向修正ジャッキCap10t2台内蔵)とこれに連結した水平ジャッキの反力をとるH型鋼クランプ装置(クサビ式)からなり、クランプの開閉と水平ジャッキの伸縮による連続操作で機能する。図-7に横取り装置一般図を示す。

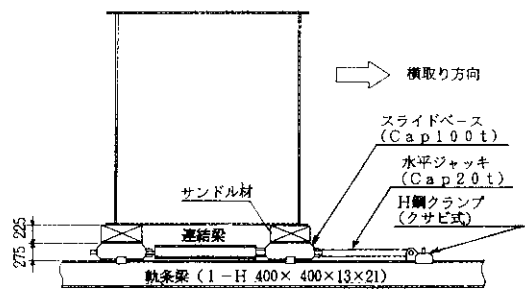


図-7 横取り装置図

また、以下にこの横取り装置の特徴を示す。

- ① スライドベースに内蔵されたスライドジャッキの摩擦係数が0.04～0.07以下の為、横取り始動時、停止時の衝撃が非常に小さい。
- ② 横取り速度の統一が容易である上、連動ケーブルの接続により横取り毎の各ラインの移動量が一致する。従って横取り後の微調整が必要ない。
- ③ スライドベース内に方向修正用ジャッキ（修正量±50mm）も内蔵されているので軌条梁の据え付け誤差を吸収することが出来る。
- ④ 桁を受けるスライドベースの機械高が275mmと非常に低いので、今回のような横取り後に桁降下がある場合には降下量を小さくするのに効果的である。
- ⑤ それぞれの機械が軽量であり、取り扱いやすい。

表-3に本工事の横取り距離、横取り重量を示す。

表-3 横取り距離・重量表

主 桁	横取り距離	横取り重量
G1	34.521m	509.2t
G2	25.195m	484.9t
G3	15.869m	519.4t

6 精度管理

本工事の桁架設は大ブロック一括架設、送り出し架設、横取り架設の順に3つの工法により架設することから、J7を基準としまし閉合した後J29を閉合するためJ29の管理目標値を設定した。

（表-4）

表-4 J29精度管理表

J29	管理目標値	実績値
仕口高低差	100mm以下	50mm
桁の橋軸方向出入り	±3mm以下	±2mm以下

また、各仕口の鉛直度を2.5mm以内となるよう各径間のキャンパー管理を行った。

表-5にスパン中央の値を示す。

表-5 桁キャンパー管理値

	P96～P97	P97～P98	P98～P99	P99～P100	P100～P101
管理目標値	±35	±36	±30	±37	±37
実績値	+15	-9	-6	-16	-22

あとがき

路下の制約条件により一つの橋体に対し3種類の架設工法を併用した事例について架設工法選定から施工までの報告を行った。架設計画に基づき設計、製作を行った鋼桁に対して、架設時に想定以上の応力が桁に残らないよう施工しなければならない。

本橋の架設では管理目標値を定めることにより残応力の排除に努めた。

最後に、本報告をまとめるにあたりご協力いただいた東海岸工区及び東海岸出入路工区鋼桁工事横河・巴組・日車・大谷櫻井建設工事共同企業体関係者各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：東海岸工区等上部工架設検討業務報告書、平成元年3月。
- 2) 大隅、村井、川内：東海岸工区（鉄工団地上空）の架設計画、第23回技術研究発表会、平成3年。