

(151) エレクショントラスを用いたプレキャストセグメント仮吊り工法による  
側径間部の設計と施工の概要

— JH 第二名神高速道路 揖斐川橋 —

日本道路公団 四日市工事事務所	谷中 慎
揖斐川橋 (PC・鋼複合上部工) 西工事共同企業体	正会員 諸山 勝雄
揖斐川橋 (PC・鋼複合上部工) 西工事共同企業体	正会員○多田 勝
大成建設 (株) 土木設計第1部	正会員 白谷 宏司

1. はじめに

第二名神高速道路の揖斐川橋は、中央支間長が 271.5m のエクストラロード橋で、プレキャストセグメントによるコンクリート主桁部の張出長が 85~95m、支間中央の約 100m が鋼桁の大ブロックである。一方、側径間部は河川管理条件等から支間長が 154~160m と、張出部と比較して長くなっており、主桁は東工区が場所打ち、西工区がプレキャストセグメントのコンクリート製である。本橋のプレキャストセグメントは、長さ 5m、標準幅 32.7m、高さ 4~7m と世界最大規模である。

本橋の両側径間部は揖斐川堤防をまたいで架設されるが、プレキャストセグメントが大規模すぎるために陸上輸送が不可能であったり、また、堤防上を通過する箇所の主桁桁下空間が小さいこと、堤体に仮設基礎工の設置ができないことなど、施工上の厳しい制約条件が数多い。

そこで、西工区においては、エレクショントラスに全ての側径間セグメントを仮吊りした後に接合し、仮吊り部両端 2 箇所の場所打ち目地を施工して径間を閉合する工法を採用した。本報告では、この架設工法の設計・施工上の主要点を紹介する。

2. 架設工法の概要

側径間架設工法の概要を図-1 に示す。端支点横桁部 (30 セグメント) はエレクショントラスの架設に先立って場所打ち施工される。側径間部セグメント (19~29 セグメント) 12 個を全てエレクショントラスから仮吊りし、高さ・方向および勾配の調整を行ってから順に接合を行い、張出架設部先端との間 (18~19 セグメント間) および端支点横桁セグメントとの間 (29~30 セグメント間) の 2 箇所の場所打ち目地を施工して径間閉合を行う。その後、仮斜材張力の解放とスパンケーブルの緊張を段階的に並行して行う。

エレクショントラスは端支点橋脚(PA5)上のサポート (ピン支点)、張出部主桁上および隣接橋脚(P1)のサポート (ピンローラー支点) で支えられている。いずれも橋軸直角方向は固定されている。

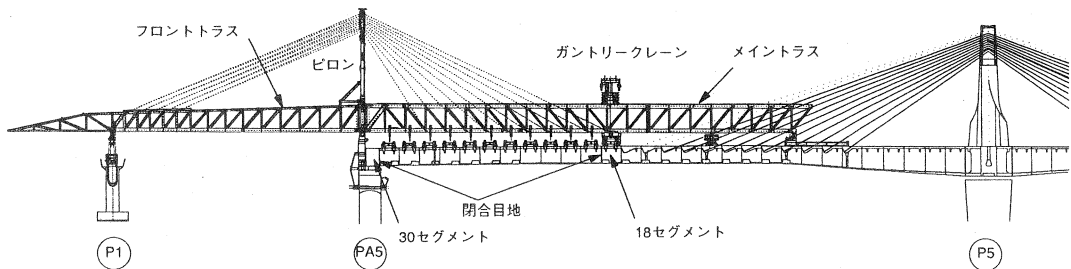


図-1 側径間架設設備の概要

本工法の最大の特長は次のとおりである。本工区の側径間部は道路拡幅区間であり主桁断面が非対称に拡幅しているため、架設中の主桁形状管理が難しい。本工法では、張出架設部と端支点の間に仮吊りする側径間部セグメント全てを個々に位置姿勢調整した後に接合し、さらに接合した仮吊り部主桁の高さ・方向の最終全体調整を行った上で、その両端側の場所打ち目地を施工することによって径間閉合を行うので、張出部および側径間部主桁形状の出来形（高さ・方向）誤差の吸収における自由度が大きい。

### 3. 側径間部の架設

側径間部架設工事の主要手順を以下に示す。

(1) エレクションノーズによるセグメントの張出架設 (9 セグメントまで)

(2) エレクショントラスの送り出し架設 (図-2(a)参照)

全4分割されたエレクショントラスをフローティングクレーンで張出部主桁上に載せ、順次接続しながら所定位置まで送り出し架設を行う。

(3) セグメントの張出架設の再開 (17 セグメントまで)

中央径間側は引き続きエレクションノーズ、側径間側はエレクショントラスを用いて、セグメントの張出架設を行う。

(4) 側径間部 (29~19) セグメントの仮吊り (図-2(b)参照)

仮斜材架設を先行させながら、側径間セグメントを順次橋形走行クレーンで運搬し、エレクショントラスの仮吊り装置に盛替えて仮吊りする。これが終了した時点で、端支点橋脚上の場所打ち施工部 (30 セグメント) と 29 セグメントの間は 150mm (閉合目地幅)、29~19 の各セグメント間にも施工上の便宜を考慮した適切な間隔が設けられてそれぞれ独立に吊り下げられている。

仮吊り開始前に張出架設部主桁の出来形や側径間セグメントの製作形状及びエレクショントラスのたわみを考慮して、閉合時に側径間部と張出架設部、及び端支点橋脚上の場所打ち部が摺り付くような各セグメントのレベル・勾配をあらかじめ算出しておき、これに従って各セグメントの吊り材長さを調整しておく。仮吊り架設の過程で生じる誤差は後で吸収することが可能である。

(5) 29~19 セグメントの位置調整、接合

エレクショントラスの仮吊り装置に設けられたジャッキでセグメントの位置・姿勢を調整することにより、仮吊り架設過程で生じた誤差を吸収する。その後 29 セグメントと 28 セグメントの両端面に接着剤を塗布し、引寄せ PC 鋼材を用いて接合を行う。引続き、順次 19 セグメントまでの接合を完了する。

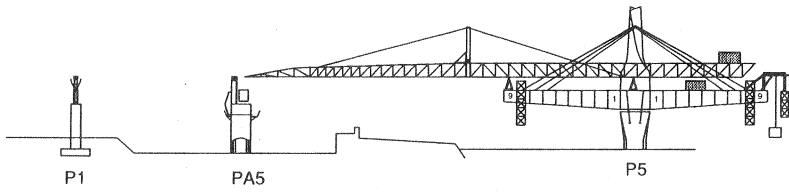
(6) 18 セグメントの架設 (図-2(c)参照)

29~19 セグメントの接合が終了することによって、18 セグメントを所定の位置に運搬することが可能になる。18 セグメントについては、エレクショントラスによる張出架設と同様の要領で橋形走行クレーンから吊り下げたまま 17 セグメント側から引き寄せてこれと接合する。

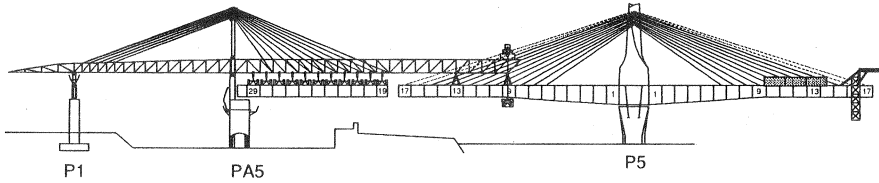
(7) 側径間セグメントの高さ・方向の最終全体調整

構造上 30~29 セグメント間に高さ及び方向の誤差 (ずれ) が生じることはないと考えられる (誤差が生じないように 29 セグメント仮吊り時の調整を行えばよい) が、19~18 セグメントの間には誤差が生じ得るため、本エレクショントラスにはこれを吸収する機能が付与されている。すなわち、主桁上および PI 橋脚のサポートに設置されたジャッキにてトラスを上下させ、PA5 橋脚上のサポートを中心にトラス全体を回転させることによって、吊り下げられた側径間部分を回転させ、19~18 セグメント間の高さ調整を行うことが可能である。この操作によれば接合された側径間セグメントに曲げ応力を発生させることはない。方向については 19 セグメント先端を 18 セグメント先端からワイヤーで引くことによって調整する。

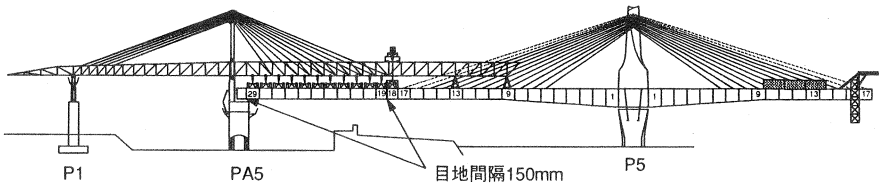
(a) エレクショントラスガーダーの送り出し



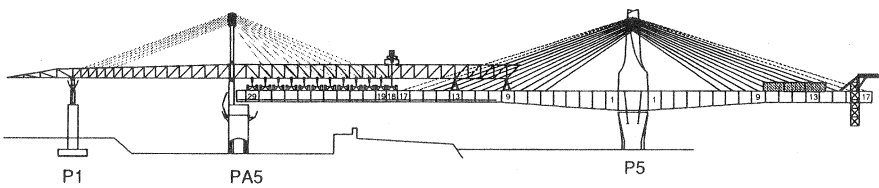
(b) 側径間部セグメント (29L~19L) の仮吊り、位置調整→接合



(c) 18Lセグメントの架設



(d) 側径間閉合 (場所打ち目地コンクリート打設) →スパンケーブル緊張、仮斜材解放



(e) 架設設備撤去、鋼桁架設

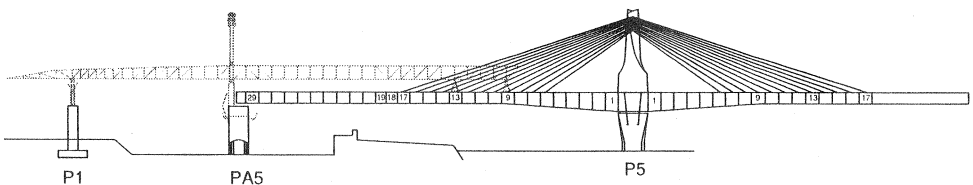


図-2 架設手順概要

(8) 側径間閉合 (図-2(d)参照)

19~18セグメント間と30~29セグメント間の2箇所の場合打ち目地を施工する。

(9) スパンケーブルの緊張および仮斜材張力の解放 (図-2(d)参照)

スパンケーブルの緊張と仮斜材張力解放は段階的に並行して行う。仮斜材張力解放は、主として P1 橋脚部のトラスサポートのジャッキアップにより仮斜材張力を緩めてゆくことによって行う。この操作によりバックステイ斜材のみでなくフォアステイ斜材も同時に緩ませることができるが、これはピロン基部をピン構造にしていることによるものである。なお、この時点ではスパンケーブルの緊張は全数の約80%までの施工とする。これは、この時点で全てのスパンケーブルを緊張するとオーバープレストレスとなって主桁の一部に引張応力が生じることによる。

(10) 架設設備撤去、鋼桁架設 (図-2(c)参照)

エレクショントラスは海側へ引き戻して撤去する。工事全体工程上、撤去作業期間中に鋼桁大ブロックの架設を行うことになる。

(11) 残りのスパンケーブルの緊張

架設設備が撤去され鋼桁架設が終了すると、残りのスパンケーブルの緊張が可能になる。鋼桁と張出部が剛結される前(ボルト本締め前のピン結合状態の間)に緊張を完了する。

4. 側径間部の設計

(1) 主桁主方向の設計

施工手順を追った主方向の梁モデル解析を行う場合、特に側径間が閉合されてからスパンケーブル緊張、仮斜材張力解放までの間の主桁の応力状態を正確に算出するためには、エレクショントラスなどの架設設備も全てモデル化し、段階的なスパンケーブル緊張と P1 橋脚部のジャッキアップによる仮斜材張力解放を再現できるように細かな施工ステップを設定する必要がある。しかし、揖斐川橋全体をモデル化し、全橋の施工手順を追った詳細な解析は、コンピューターの容量の問題等で困難であった。そこで、全橋モデルでは架設設備をモデル化せず、側径間閉合(解析上の部材出現)と同じステップでスパンケーブルも緊張する(一部は鋼桁架設後)ように、解析を簡略化した。その一方、P5 張出部、側径間部、および架設設備の詳細解析モデルも別途構築し、閉合から仮斜材張力解放完了までの間の主桁の応力照査を行った。

主方向の設計計算を行う過程で、閉合後のセグメント自重の大部分がトラスに支持された状態で多くのスパンケーブルを緊張した場合、その後の仮斜材張力解放に伴ってセグメント自重がトラスから主桁に移行して主桁のたわみが大きくなるにつれてスパンケーブル張力が増加し、主桁応力が相当改善されることが明らかになった。この現象は通常の PC 橋でも生じるが、一般には安全側を考慮して無視されることが多い。しかし、本橋では PC 鋼材量が多いこと、たわみ量が大きいことなどから、この効果が有意になっている。そこで、スパンケーブルの緊張は、できるだけ閉合後の早い時期に行うこととした。ただし、緊張後の PC 鋼材張力が  $0.6P_u$  を越えないことは確認されている。閉合後早い時期にできるだけ多くのスパンケーブルを緊張することはまた、本設・仮設の斜材の温度変化によって生じる仮吊り状態の主桁の曲げ応力に対する極めて有効な対策ともなる。

(2) 横方向の設計

側径間セグメントは仮吊り状態で接合されるため、仮吊り状態でのセグメントの断面変形および部材応力の一部は完成後にも残留するが、仮吊り状態の応力の残留量は場所によって異なると考えられる(図-3)。

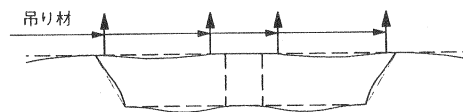


図-3 仮吊り状態のセグメントの変形

トでは、仮吊りされた状態で目地コンクリートが打設され、その後仮吊り材から解放されても、目地部の拘束により仮吊り状態での変形の多くが残留すると考えられる。一方、仮吊り部中央付近のセグメントでは残留変形は比較的少ないと予想される。

そこで、側径間全セグメントをソリッド要素でモデル化した3次元線形FEM解析を行った。図-4に示すようなステップで架設手順を追い、完成に至るまでの死荷重による応力の算出を行って、各部材応力が許容範囲内であることを確認した。

### (3) 架設設備の設計

エレクショントラス、ピロン、仮斜材等の架設設備の設計においては、3次元骨組解析モデルを構築し、エレクショントラスの送り出し架設開始時から側径間閉合及びスパンケーブルの緊張と仮斜材張力の解放に至るまでの施工手順を追って解析を行い、

応力の算出・照査を行った。側径間閉合前の各ステップでは暴風荷重および地震荷重を受ける場合も想定し、クレーン構造規格に準じて荷重を算出した（エレクショントラス設備全体がクレーン構造に該当するため）。

架設設備は橋軸方向にはPA5橋脚のみで固定されているため、全セグメントを吊り下げた状態で橋軸方向の地震荷重を受けた場合、PA5橋脚の安全性がクリティカルになる。そこで、再現期間75年程度の規模の地震を考慮し、全セグメントを吊り下げた状態を対象に3次元線形動的解析に基づく検討を行った。解析結果より、仮吊り中のセグメントは橋軸方向には単振子と同様の挙動を示すが、その固有周期は卓越地震波周期よりも大きくトラスの振動とは逆位相になることが明らかになった。その結果、PA5橋脚天端に作用する水平反力はトラスのみの場合の慣性力と同程度であり、橋脚および基礎は十分安全であることが確認された。

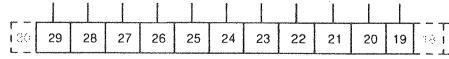
### 5. 施工（架設工事）状況

平成10年6月のP4柱頭部セグメント製作に始まった本工事も、現時点（平成12年7月）でP5張出架設を終了し、P5-PA5側径間部の施工着手も間近である。製作ヤードにおけるプレキャストセグメント製作も近日中に終了する予定であり、工事進捗は順調である。架橋地点の工事について言えば、出来高も相当に上がってきてはいるものの残る工事の難度はこれまで以上に高く、全く予断を許さぬ状況ではあるが、本年9月にはP5-PA5側径間閉合を迎え、続く11月にはP4-P5間鋼桁大ブロック架設、12月にはP3-P4間鋼桁大ブロック架設を行い、揖斐川橋東工区との間がつながることになる。翌平成13年1月には揖斐川橋最後の鋼桁大ブロック架設となる東工区のP2-P3間架設によって、揖斐川の両岸（桑名市～長島町）が橋渡される日を迎える予定である。

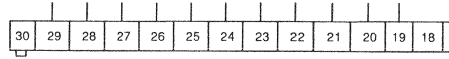
以下に本工事におけるこれまでの主要架設工事の軌跡を示す。また、施工状況写真を示す。

- 平成10年10月、同12月 : P4、P5柱頭部セグメント架設（FC使用）
- 平成10年10月～平成11年4月 : P4、P5柱頭部場所打ち横桁及び主塔の施工
- 平成11年5月～平成11年10月 : エレクションノーズ組立・架設、P4張出架設
- 平成11年11月 : エレクションノーズ解体・移設（P4→P5）
- 平成11年12月～平成12年3月 : P5張出架設（第9セグメントまで）

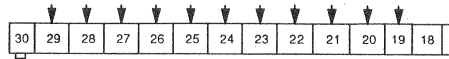
STEP 1 29～19セグメント仮吊り（接合）



STEP 2 閉合



STEP 3 スパンケーブル緊張、吊り材解放（吊り反力を0にする）



STEP 4 橋面工

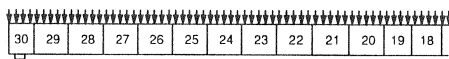
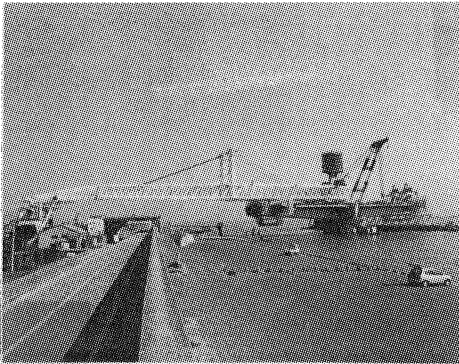


図-4 3次元FEM解析ステップ

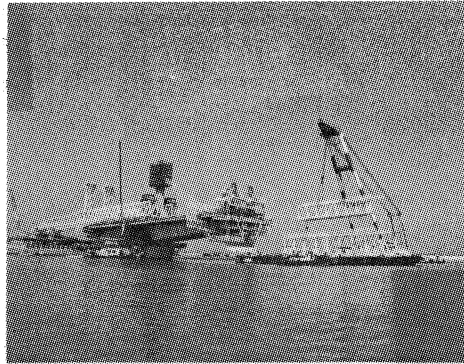
- ー 平成12年3月 : 側径間側エレクションノーズ撤去・解体及び側径間部  
関連付帯工事
- ー 平成12年4月～平成12年5月 : エレクショントラス送り出し架設
- ー 平成12年6月～平成12年7月 : P5張出架設(第17セグメントまで)

#### 6. おわりに

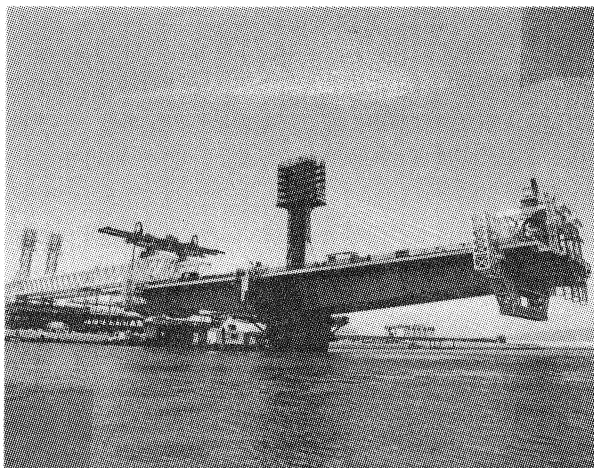
本橋側径間の施工に用いたエレクショントラス(2連)は全長約200m、送り出し時中の最大支間長が100m以上で送り出し長は約170mと国内では最大規模の送り出し工事であった。また、重量400t前後の大規模プレキャストセグメント12個の同時仮吊り、集中配置された大容量スパン外ケーブル(27s15.2)の緊張など、側径間架設終了及び銅桁大ブロック架設までの一連の各工種が、過去に例を見ない規模の工事の連続である。本橋の施工に当たってここまで御指導・御協力頂いた関係各位の方々、とりわけ貴重な数々の御助言を賜った木曾三川橋の設計施工に関する技術検討委員会の皆様(委員長:池田尚治横浜国立大学教授)に深くお礼を申し上げますと共に、今後も無事故での竣工を目指して努力していく所存である。



エレクショントラス送り出し架設(1)



エレクショントラス送り出し架設(2)



張出架設(P5:エレクショントラス、エレクションノーズ使用)