

新名神高速道路生野大橋のP6柱頭部の押し出し架設

大成建設(株) 正会員 工修 ○長尾 賢二
 西日本高速道路(株) 村山 敏弘
 西日本高速道路(株) 大原 一也
 大成建設(株)・(株)ピーエス三菱JV 工修 水谷 正樹

1. はじめに

新名神高速道路生野大橋(橋長 606m)は、国内最大規模の中央支間長(188m)を有する PRC7 径間連続波形鋼板ウェブエクストラード橋(以降、ED 橋)である(図-1)。本工事は大幅な工程回復が必要であり、ED 橋区間である P6 橋脚からの張出し施工が工程上のクリティカルパスであった。このため、P6 柱頭部は、大幅な工程回復を目的として、脚頭部施工と並行して橋脚近傍に設けた仮栈橋上にて躯体の一部を先行構築し、橋脚完成後に栈橋上から押し出し架設する計画とした。これに伴い、ED 橋区間の支持形式は、1 橋脚 2 支承線の支承構造(以降、二線支承構造)を用いた弾性支持としている。これまで PC 橋の柱頭部を先行構築した後に橋脚上に押し出し架設した事例は著者らの知る限りではなく、施工計画を反映した FEM 解析により、押し出し架設時および構造系完成後(供用後)の部材の構造安全性について詳細に検討した。本稿では、P6 柱頭部の押し出し架設の計画概要、設計検討および施工管理について報告する。

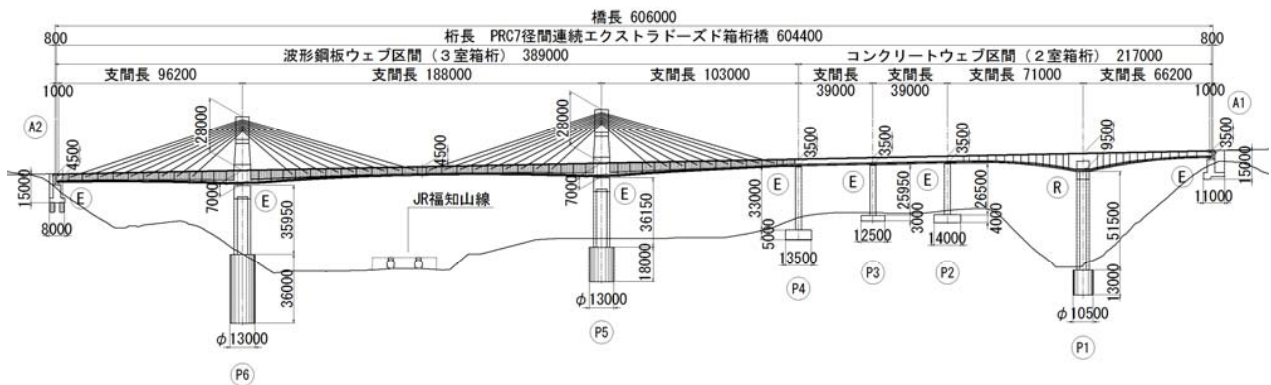


図-1 全体一般図

2. 押し出し架設の概要

P6 柱頭部は押し出し時の重量軽減のため、底版および横桁を場所打ち打設によるあと施工とし、押し出し時の重量が約 1500t となるように形状を決定した(図-2)。押し出し用の設備としては、橋脚前面に仮支柱を設置し、

仮栈橋と仮支柱との間に 2 本のガーダー材を架け渡した後、軌条となるスライドレールを配置し、その上に押

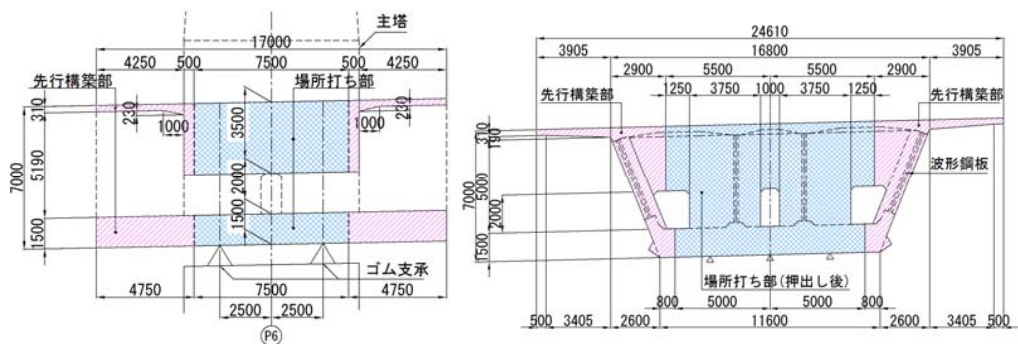


図-2 P6 柱頭部構造図(左:側面図, 右:断面図(供用4車線断面))

出し時に柱頭部を支持する鉛直ジャッキを載せた滑り架台 (以降、シップ) を設置した (図-3)。仮栈橋は傾斜地に設置されるため、支柱長さの違いを考慮した骨組み解析により、押し出し時の部材の安全性を確認している。また、施工箇所は JR 営業線に近接しているため、スライドレールからの逸脱防止として、シップにはサイドブロックを設置し、かつ地震時の対策として水平力抵抗材を配置した。

押し出し架設に先立ち、まず先行部材を仮栈橋上に組み立てた支保工上で 4 リフトに分割して構築し、完成後に連通させたジャッキ 2 台を 1 組とした計 4 組の鉛直ジャッキで受け替えた。押し出し用ジャッキ設備は、この鉛直ジャッキ

を載せたシップ同士を橋軸方向に H 鋼で連結し、その前後に水平ジャッキ (以降、クレビスジャッキ) と H 鋼クランプジャッキを配置したシステムで構成されている (図-4)。押し出し方向への逸走防止としては、後方のクレビスジャッキのストロークを戻している間は前方の H 鋼クランプジャッキを固定することとし、前方ジャッキの先には H 鋼クランプジャッキを追加配置して 2 重の逸走防止対策を図ることとした。押し出し長は 20m であり、機材の調整などを含め 4 日間で架設する計画とした。押し出し架設は、後方の H 鋼クランプジャッキをレールに固定し、それを支持点として後方のクレビスジャッキを伸縮させる作業サイクルを繰り返すことにより行い、1 サイクルの所要時間として約 20 分を想定した。押し出し架設が完了したのちに、橋脚上にあらかじめ据え付けたゴム支承のアンカーバーのみを新たに配置し、その後で底版を打設し、主桁と支承を一体化させることとした。

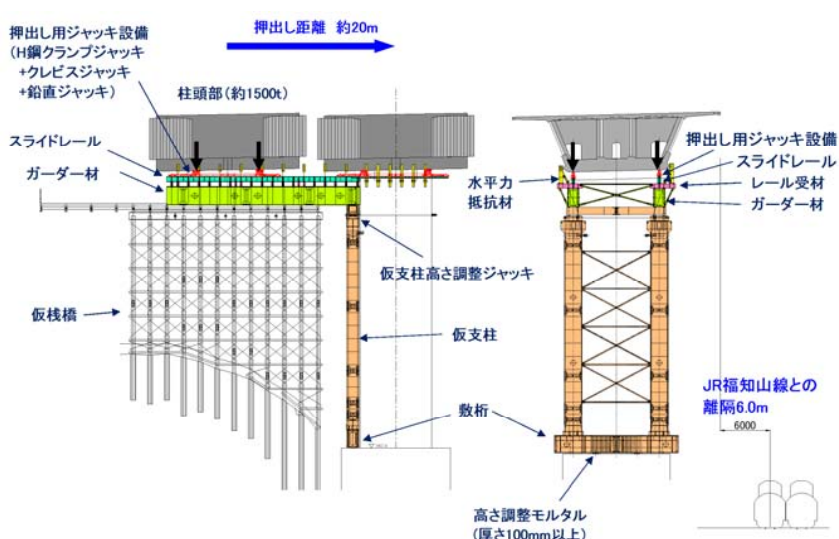


図-3 押し出し設備概要図



図-4 押し出し用ジャッキ設備

3. 押し出し架設を考慮した柱頭部の設計検討

3.1 押し出し架設時の検討

設計検討としては、図-5のように先行構築する部材をソリッド要素 (対称性を考慮した 1/2 モデル) でモデル化し、鉛直ジャッキ位置に支点を設けた押し出し時の状態 (STEP1) ならびに押し出し後に底版を場所打ち

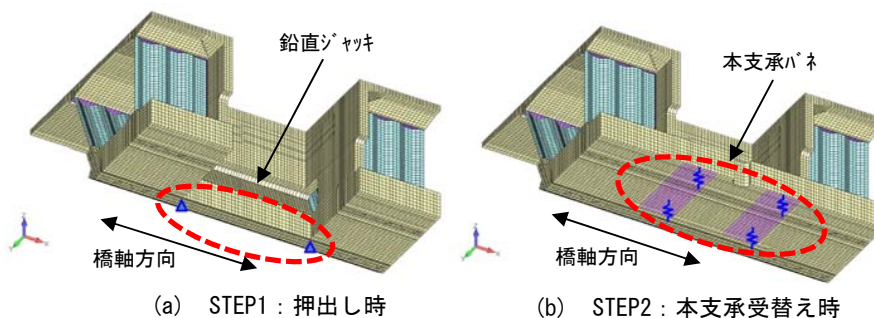


図-5 押し出し架設時解析モデル図

し、鉛直ジャッキから本支承に受け替えられた状態 (STEP2) を模擬した FEM 解析を行い、部材に発生

する引張応力度に対する補強を検討した。STEP1 では、図-6 に示すように鉛直ジャッキ近傍 (①部) で橋軸方向に 1.3N/mm^2 程度、橋軸直角方向に 1.7N/mm^2 程度の引張応力が発生した。この引張応力に対して補強鉄筋量を算出したが、主桁の設計で決定した配置鉄筋で対応可能と判断されたため、特別な補強は行わないものとした。なお、躯体上部 (②部) に発生した引張応力度は、張出し床版に配置している床版横締め PC 鋼材の定着具背面に生じる局部応力であり、これに対しては、D22ctc150mm の補強筋を配置した。STEP2 では、受替えにより生じる支承反力により、底版上面に一様に引張応力が発生したが、最大でも 0.7N/mm^2 程度であった。

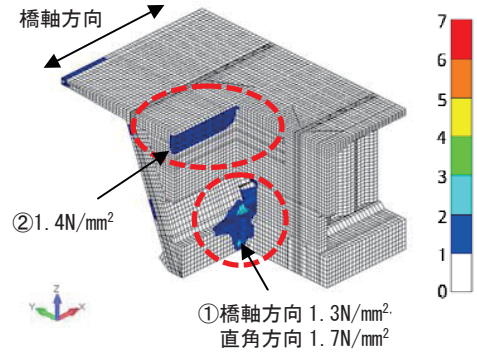


図-6 STEP1 の最大主応力 ($\geq 1.0\text{N/mm}^2$)

3.2 構造系完成後の検討

本橋は、広幅員でかつ一面吊り形式の ED 橋であり、構造系完成後には斜材張力により柱頭部には主桁からだけでなく、主塔からも大きな軸力が伝達される。また、二線支承構造で支持された横桁であるため、一般的な支点横桁の簡易設計法は適用できないと判断し、同種構造である揖斐川橋の事例を参考のうえ、3次元 FEM 解析を実施した¹⁾。

構造系完成後の FEM 解析により、1 支承線上 (橋軸直角方向) にある 3 基のゴム支承の反力のばらつきは 1%程度であり、各支承が主桁および主塔から作用する大きな鉛直反力をほぼ均等に分担していることを確認できた。また、柱頭部に発生する引張応力は、最も厳しくなるケースで主塔直下のマンホール上部および外セル側のマンホール周辺を中心に、最大 4.0N/mm^2 程度の引張応力度が発生した。これらの引張応力に対しては、最大で D29 の鉄筋を用いて補強を行うこととした。

4. 柱頭部押し架設時の施工管理

押し架設時には①水平移動量、②鉛直ジャッキの反力、③スライドレール・シップ間の摩擦係数、④スライドレールの変位を図-7に示すように配置した各種計測機器を用いて管理した。各項目の管理方法ならびに計測結果の一例について以下に記載する。

4.1 水平移動量の管理

柱頭部を押し出す際には、左右のレールで移動量を合わせる必要があるため、クレビスジャッキにリニアエンコーダーを設置してストローク量の集中管理を行った。柱頭部の移動速度は後述の鉛直ジャッキ制御を確実にできるように 5mm/sec 以下で管理した。また、各レール位置に設置したロータリーエンコーダーを用いて柱頭部の累積移動量についてもリアルタイムで計測した。計測結果に基づき、押し出し途中で数回移動量の調整を実施したが、基準線に対する橋軸方向のずれ量も最終的に 3mm 程度に収まり、所定の位置に精度良く移動させることができた。

4.2 鉛直ジャッキの荷重制御

4 組の鉛直ジャッキには均等に荷重 (1 組あたり 3600kN) がかかるよう配置しているが、柱頭部押し出し時の仮栈橋などの変形により、スライドレールにはたわみが生じる一方で、柱頭部本体の剛性は高いため、4 組のジャッキ反力にばらつきが生じ、想定より大きい反力が作用した躯体周辺で局所的

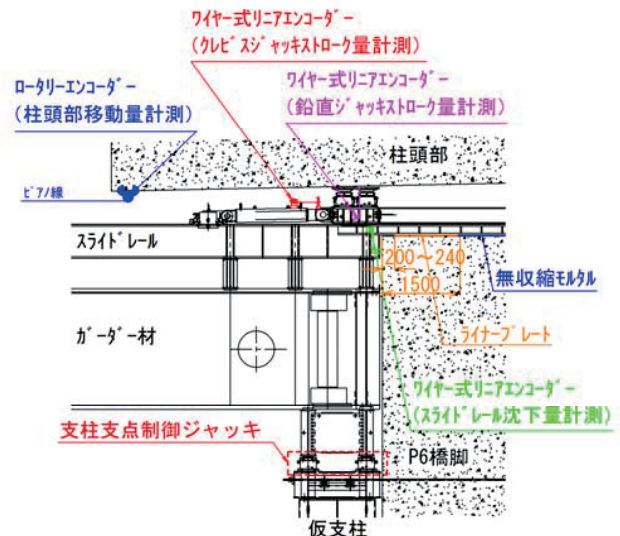


図-7 押し架設時の各種計測装置

な引張応力の発生が懸念された。こうした事態を回避するため、鉛直ジャッキの圧力は初期値±10% (1組あたり 3240kN~3960kN) で自動制御し、万一初期値±25%を超えた場合には移動を中断することとした。図-8 は全工程における鉛直ジャッキ反力の計測結果であるが、1日目の初期反力のばらつきは各支点の平均値に対して±3%以内であり、初期値±10%以内でバランスを取りながら完了できた。

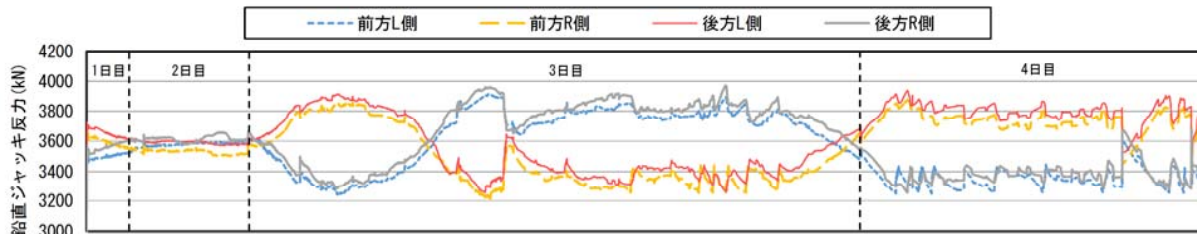


図-8 鉛直ジャッキ反力の推移

4.3 摩擦係数の計測

今回の柱頭部押し出し架設では、躯体を支持する鉛直ジャッキを搭載した4基のシップを後方のクレビスジャッキにより前方へ押し出して、上面にステンレス板を溶接したスライドレール上を滑らせる機構を採用しており、スライドレールとシップの間には、摩擦係数の低減を図るため、鋼板上に青銅粉末の焼結層および特殊樹脂層を有する軸受材（以降、MLC板）を配置している。各ジャッキの計測結果によると、ステンレス板とMLC板との間の静止摩擦係数は約10%、動摩擦係数は2~3%であり、MLC板の技術資料に示される4~20%と同程度で推移した。

4.4 スライドレールの変位制御

スライドレールは、常に水平を保てるよう、仮支柱上に設けた支点制御調整ジャッキにより0.1mm単位で自動制御した。これは、押し出しの進行にあわせて仮支柱に作用する鉛直反力が増加し、反力増加に伴う弾性変形により仮支柱の天端高さが下がることに対応するためである。これに対して、橋脚は剛性が高く、天端高さがほぼ一定であるため、押し出された躯体が仮支柱上から橋脚上へ乗り上げる際に集中して作用する反力により、橋脚天端コンクリートの角欠けやスライドレールの局所的な座屈が生じる懸念があった。万一調整ジャッキによる自動変位制御が遅れた場合においても、こうした事態の発生を防止できるように、レールと橋脚天端の間には橋脚端部から1.5mの範囲で10mm程度の隙間を設けた。以上の配慮により、橋脚天端のコンクリートを破損させることなく、橋脚上に達することができた。なお、シップが仮支柱上に載り、変位制御が完了した後で、隙間にはライナープレートを挿入し、橋脚上への押し出しを継続した（図-7）。

5. おわりに

P6柱頭部押し出し架設は、前述した施工管理により、JR営業線の間合い時間という制約のもと慎重に行われ、予定どおり4日間の工程で無事完了することができた（写真-1）。本工法の採用により、ブラケット支保工上で通常通りの施工を行う場合に比べて、施工期間を約2か月間短縮することができた。本工事での取組みが今後同様に工程回復が求められる工事において、参考になれば幸いである。



写真-1 施工状況（左：押し出し前，右：完了後）

参考文献 1) 長尾，細谷，福田，黒川，水谷，大熊：躯体の一部を先行構築して押し出し架設する長大エクストラロード橋柱頭部の設計，第70回土木学会年次学術講演会，pp.305-306，2015年9月