

JR線上空を跨ぐ鋼床版箱桁橋の桁降下 — 横浜環状南線工事報告 —

Lowering of the Steel Deck Box Girder Bridge that Spans the JR Line - Report on Yokohama Ring Expressway South Line Construction -



橋本達也*1
Tatsuya HASHIMOTO



鈴木俊克*2
Toshikatsu SUZUKI



小岳弘幸*3
Hiroyuki ODAKE



稲田博史*4
Hiroshi INADA

要旨

横浜環状南線は横浜横須賀道路の釜利谷ジャンクションと国道1号を結ぶ延長約8.9kmの自動車専用道路である。この路線の整備により、地域の幹線道路の混雑緩和の他、横浜中心部から各高速道路などへのアクセスが向上し、横浜中心部と首都圏内陸部との所要時間が短縮される等の効果が期待される。本工事は横浜環状南線の内、JR線上空を跨ぐ3径間連続鋼床版箱桁橋の新設工事である。本稿は下り線桁の桁降下についての施工報告を行うものである。

キーワード：鋼床版箱桁橋、桁降下

1. はじめに

首都圏中央連絡自動車道（圏央道）は、都心から約40km～60kmを環状に連絡する全長300キロメートルの高規格幹線道路であり、その一部である横浜環状南線は横浜横須賀道路の釜利谷ジャンクションと国道1号を結ぶ延長約8.9kmの自動車専用道路である。この路線の整備により、地域の幹線道路の混雑緩和の他、横浜中心部から各高速道路などへのアクセスが向上し、横浜中心部と首都圏内陸部との所要時間が短縮される等の効果が期待される（図-1）。



図-1 位置図

本工事は横浜環状南線の内、JR線上空を跨ぐ3径間連続鋼床版箱桁橋の新設工事である。本稿は中央径間下り線桁の桁降下について施工報告を行うものである。

2. 工事概要

工事名：東海道本線戸塚・大船間

横浜環状南線交差部上部工新設

場所：神奈川県横浜市栄区飯島町地先

工期：平成29年3月24日～令和6年1月31日

発注者：大林・奥村・戸田JV

（企業者：東日本旅客鉄道株式会社 東京建設PMO）

形式：3径間連続鋼床版箱桁橋

橋長：261m（P6～P9間）

支間長：63.1m + 89.0m + 106.4m

幅員：9.75m～23.06m

鋼重：1,039t（下り線桁（P7～P8））

（図-2、図-3）

*1 工事本部 建設工事部 鉄道・保全グループグループリーダー

*2 工事本部 建設工事部 鉄道・保全グループ 現場所長

*3 工事本部 建設工事部 鉄道・保全グループ

*4 計画本部 計画部 計画第1グループ係長

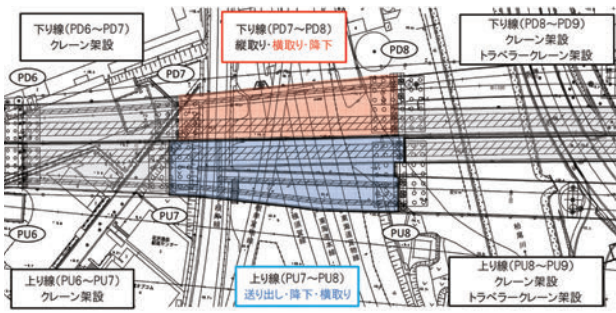


図-2 全体平面図

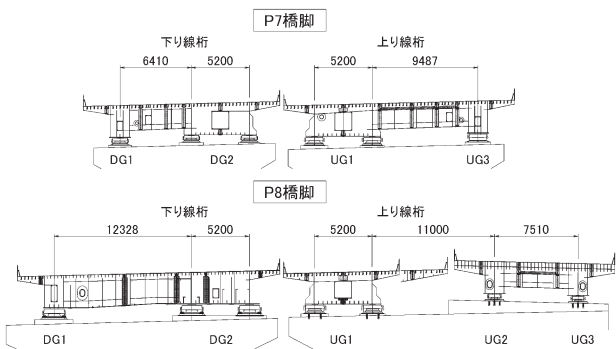


図-3 断面図

3. 桁降下計画

(1) 工法の概要

下り線桁は、先行して架設した上り線の中央径間上で組み立て、自走台車にて桁架設位置上空まで横取りを行った後に桁降下を行うため、横取り後の降下量が9.3mとなる（図-4）。今回のように降下量が多い場合、降下装置により桁を吊り下げながら降下させる方法が一般的に採用されることが多く、その降下装置としてセンターホールジャッキやワイヤクランプ装置が用いられることが一般的である。

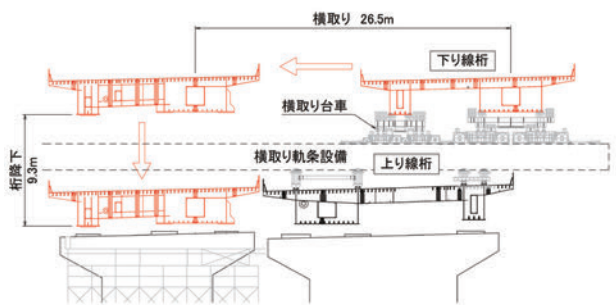


図-4 横取り・降下時断面図

しかし、吊り下げ方式による桁降下作業は、落下事故の安全対策として桁下に仮受けサンドルや仮受けベントの設置が必要となるため、作業時間に制約のある営業線上空での作業のなか、9.3mの高さに及ぶ仮受け設備を解体しながらの桁降下作業は多くの日数を要してしまう。そのため、H鋼支柱、繋ぎ材で構成された降下設備の中で、桁に設置したセッティングビームを支持する降下フレームおよび両端クレビスジャッキを使用して桁降下を行う方法が採用された（図-5、図-6）。

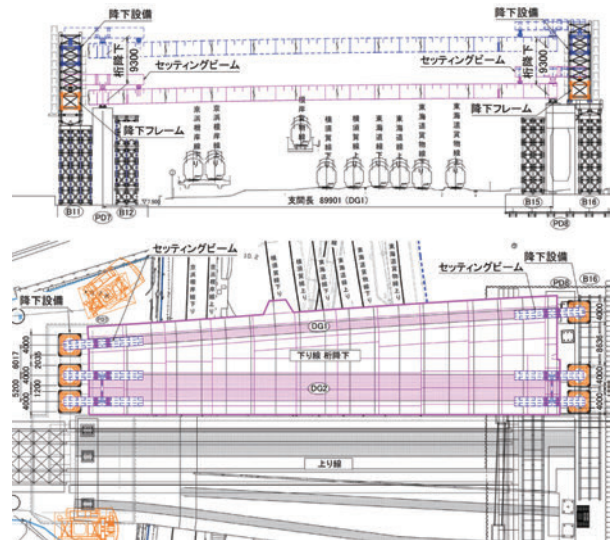


図-5 桁降下計画図

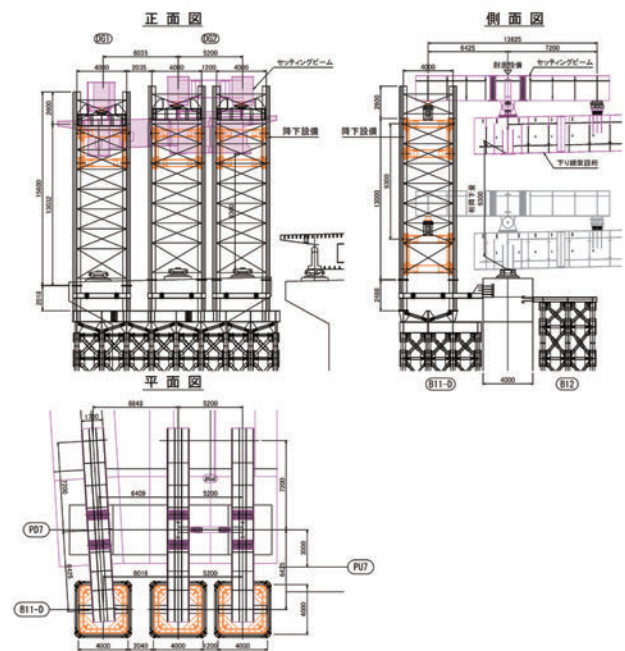


図-6 降下設備一般

(2) 降下設備の構造

降下設備は4本支柱で4面を繋ぎ材で囲んだ構造であり、その中を降下フレームが尺取り方式で移動する。降下フレームの4隅には支柱のウェブ方向に反力ピンを抜き差しできる機構を設けており、降下フレームで支持した桁荷重を4本の反力ピンを介して降下設備支柱に伝達させる構造である（図-7）。支柱に添接部があるとフレームは通過することができないため、支柱の長さは輸送を考慮して13mとし、その中で9.3m降下できるように構造を検討した。

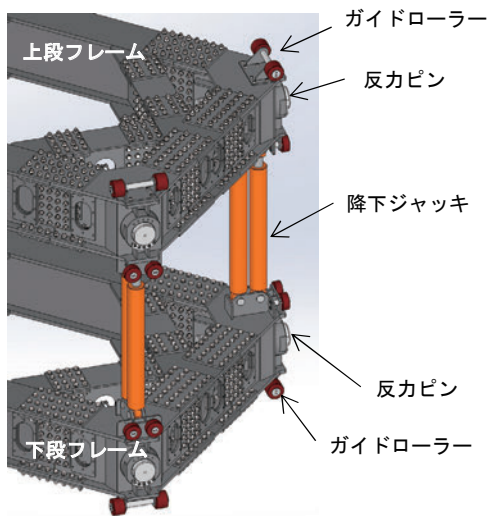


図-7 降下フレーム概要図

降下設備本体の設計は発注時になされていたが、実施工に合わせて繋ぎ材の構造、設置間隔、降下設備の基部構造、バント設備との取り合いなど見直した。繋ぎ材については、図-9に示すように発注時はガセットタイプだったが、組立・解体を考慮して水平材、斜材はH型鋼とし、水平材のフランジでボルト固定する構造とした。取付間隔は桁降下量に合わせて1600mmに見直した。また、見直した設備にて立体格子解析を行い、JR営業線上空における耐震性能も確保できるよう実施設計を行った（図-8、図-9）。

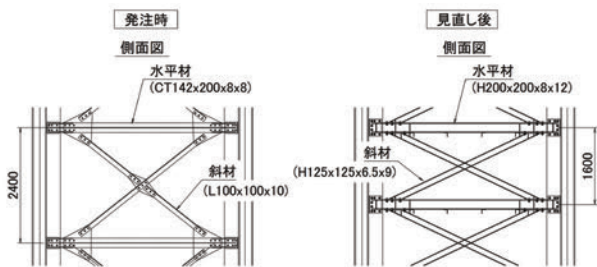


図-8 繋ぎ材の構造

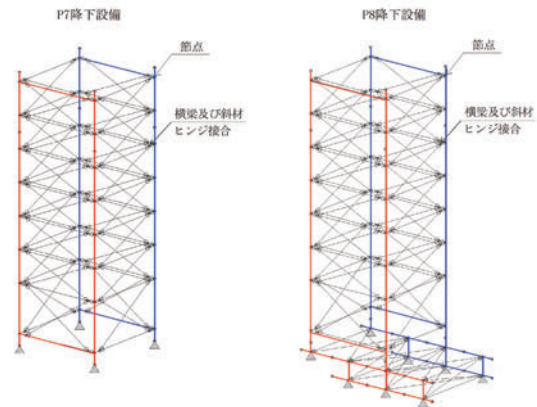


図-9 解析モデル

(3) 降下計画

使用する降下ジャッキ（両端クレビスジャッキ）のストロークは1000～1050mmのため、1サイクルの降下量を800mmで計画し、1回の夜間作業で最大1600mm（800mm×2サイクル）降下させる計画とした。計9.3mの桁降下は7回に分けて行うこととし、6回目の桁降下後、支承本体をセンターホールジャッキにて吊上げて桁側に固定し、最後に残り0.5mの桁降下を行う計画とした（図-10、図-11）。

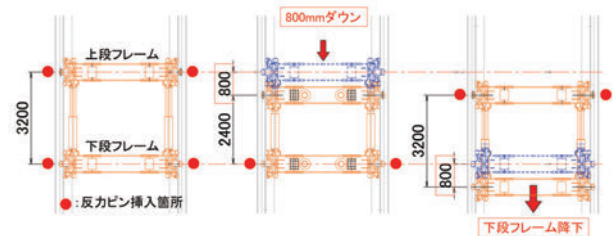


図-10 1サイクルの動き

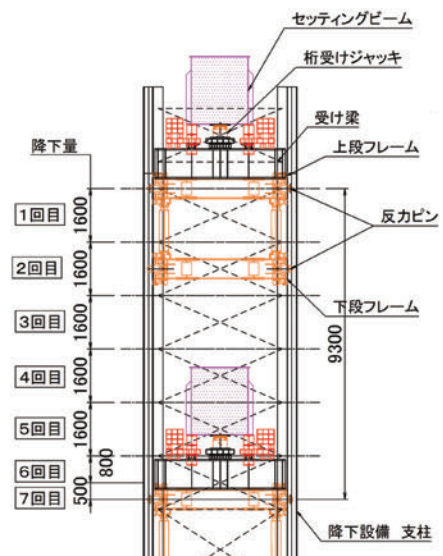


図-11 降下降下ステップ

(4) 計画段階での主な検討事項

桁降下はJR営業線計9線上での作業であるため、夜間の線路閉鎖間合いの限られた時間の中で確実、安全に作業を行う必要がある。以下に計画段階での主な課題とその対策について記載する。

① タイムサイクルと中止判断基準の設定

線路閉鎖間合いはJR9線のうち最も短い間合いで決まっており約120分であった。そこから線路閉鎖着手・解除の手続き時間を考慮すると実作業時間は97分となるため、この時間内でタイムスケジュールを検討した。その際、各作業時間を逆算して桁降下の1サイクル目、2サイクル目の最遅開始時刻、および中止判断時間を明記した(図-12)。

② 耐震性能の確保

線路上空(営業線)の範囲のため、耐震性能は弾性加速度応答スペクトル800galに対して構造物が崩壊しないよう検討する必要がある。桁降下設備の耐震ストッパーについては、橋軸方向、橋軸直角方向ともに設計水平震度 $K_h=0.8$ を確保できるよう計画した。

橋軸方向はセッティングビームに耐震ストッパーを設置し、上段降下フレームのセッティングビーム受け梁を挟み込む構造、橋軸直角方向はセッティングビーム受け梁上に耐震ストッパーを設置してセッティングビームを両側から押さえ込む構造とした(図-13)。

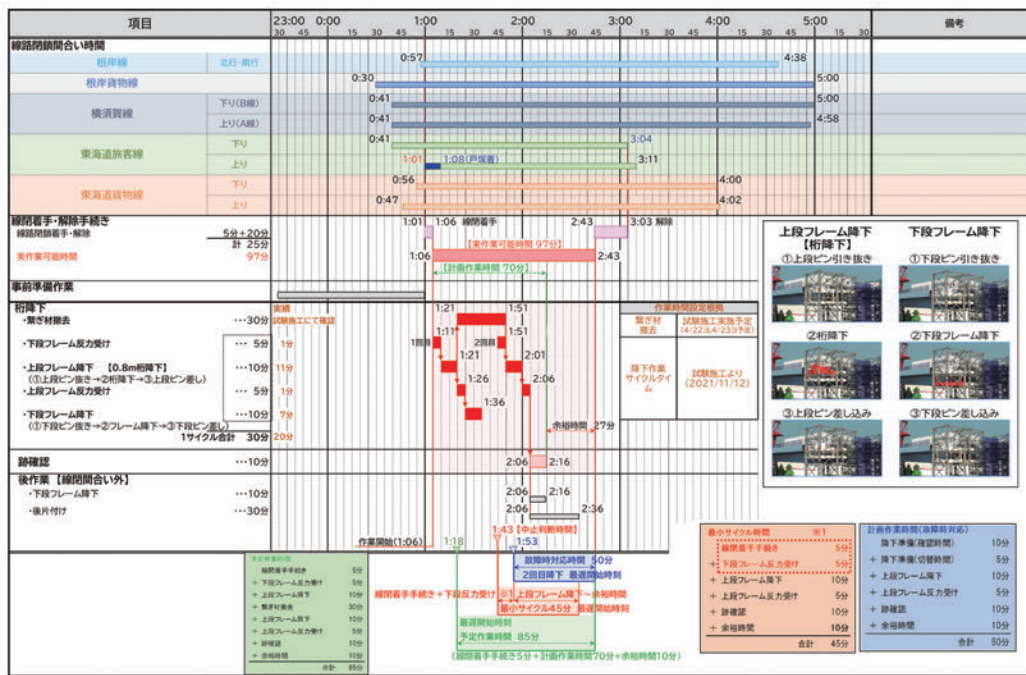


図-12 タイムスケジュール

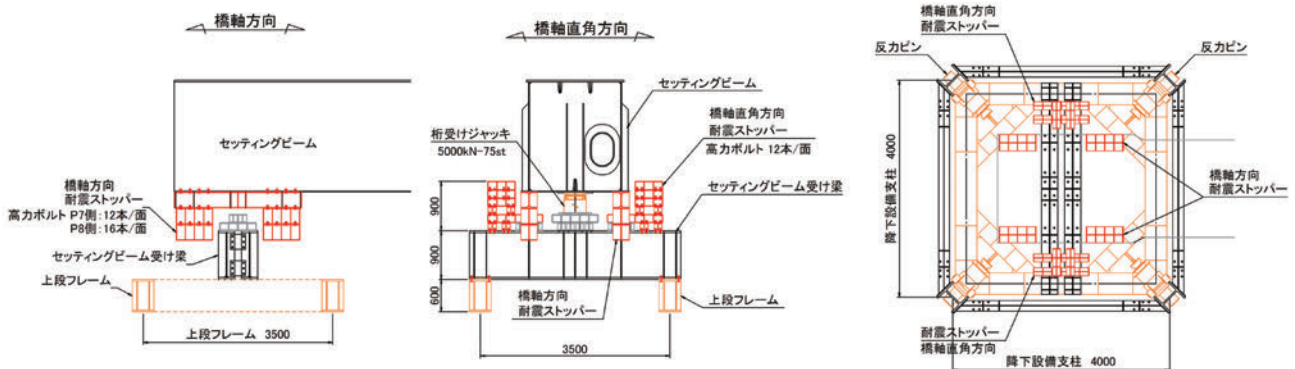


図-13 耐震設備

③ 降下時のジャッキ制御システム

下り線桁は本線桁とランプ桁が一体化しており、P7橋脚側からP8橋脚側に向かって幅員が広がっていく形状となっている。桁降下時は計6箇所の降下フレームを同時に降下させる計画であるが、それぞれ計画反力が異なるため、降下速度にばらつきが生じると反力バランスが崩れ、設備に想定以上の荷重が載荷されてしまう恐れがあるため、降下中は各仮受の反力バランスの変化を把握する必要がある。また、多数の油圧ジャッキを使用するため、作業中に不具合があった場合はどこのジャッキに不具合が生じているのも即座に把握して対処する必要がある。

今回、各油圧ジャッキの反力、ストローク、全体の降下量および動作状況を計測室の管理画面にて表示し、監視しながら遠隔操作できるシステムとした。



- : 全体反力、各橋脚の降下量と降下量の差
- : 仮受けジャッキ反力
- : 降下ジャッキのストローク
- : 降下ジャッキの反力
- : 反力ピンの動作状況

図-14 計測管理画面

反力の計測はセッティングビームを受ける仮受けジャッキで行い、計画値に対して+20%を管理限界値として管理限界値を超えた場合は自動停止させ、反力調整後に作業を再開することとした(図-14)。

事前に検討したタイムスケジュールやジャッキ制御システムの確認を行うため、降下設備本体の組立に先立ち4.6mの模擬支柱を製作して試験施工を実施した。支柱以外の繋ぎ材、降下フレームは実際に使用するものを先行して製作して使用した(写真-1)。

試験施工時は桁の荷重を受けていないが、降下ジャッキには想定される荷重に相当する圧がかかるようポンプユニット側で調整し、1サイクル(800mm降下)の所要時間の計測を行った。試験施工で確認した所要時間はタイムスケジュールに反映させ、計画の深度化を図った。

今回、降下ジャッキが故障して動かなくなった場合の対応として、その他のジャッキで強制的に1サイクル分降下させる計画としたが、今回の試験施工ではその手順や所要時間の計測も行った。

降下設備周りの足場は降下設備の繋ぎ材から張出足場を設けるが、4面のうち1面を桁降下に合わせて解体していく必要がある。試験施工で足場構造や解体手順を事前に確認できたことで、より作業性の良い足場構造に改良することができた。



写真-1 試験施工

4. 設備の組立および桁降下作業

(1) 降下設備の組立

降下設備支柱は地上で橋軸方向の2本で面組し、繋ぎ材、足場まで地上で組み立てた。組み立てる支柱は高さが13mあるため、遠隔操作で玉掛が解放できるコラムロックを使用することで高所での玉掛解放作業を省略した。面組した2枚の支柱を組立後、橋軸直角方向の繋ぎ材を支柱の鉛直度を確認しながら下から順次設置した。

降下フレームは上下それぞれ地組し、支柱組立後に降下設備頂部から設備内に入れ込み、最下段で油圧ジャッキ関係の配線等を行った後、桁降下の開始位置となる頂部に降下ジャッキで移動させた（写真-2～写真-6）。

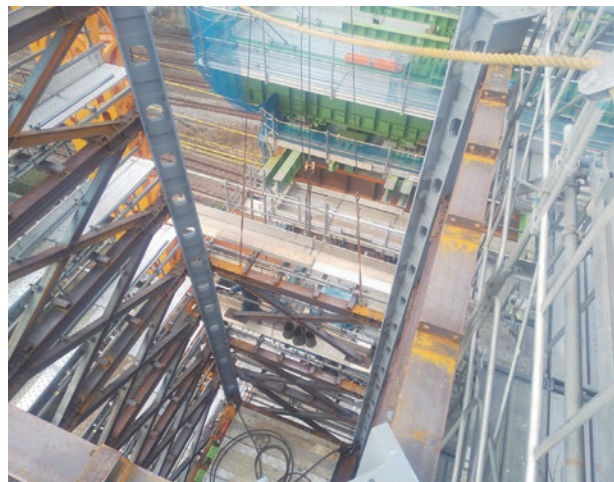


写真-4 支柱基部状況

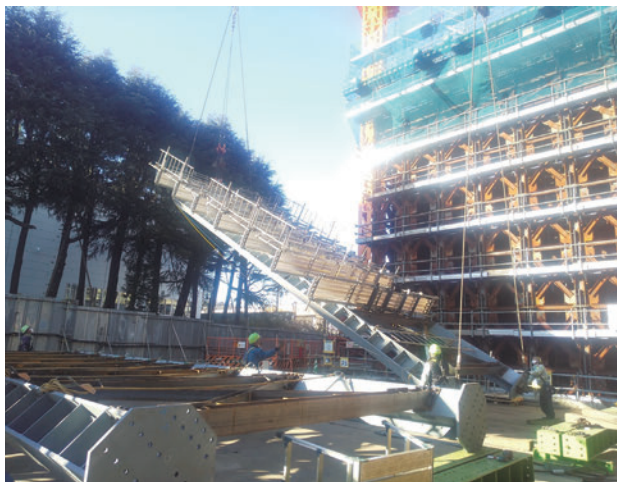


写真-2 支柱建ち上げ状況



写真-5 降下フレーム組立状況



写真-3 支柱組立状況

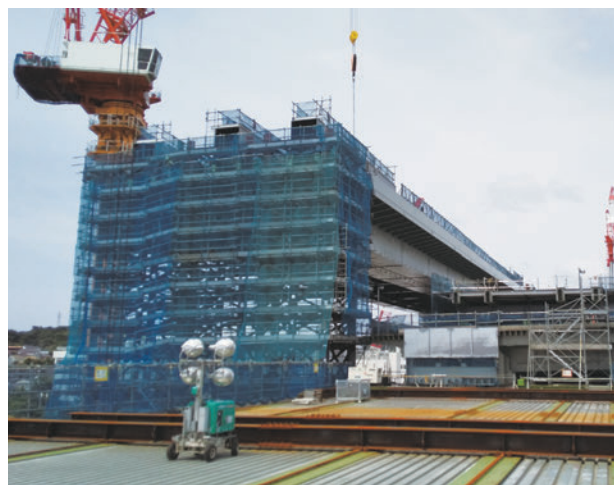


写真-6 降下設備組立完了

(2) 桁降下作業

桁の降下は2022年5月26日～6月2日の間で7回に分けて行った。

- ① 1回目桁降下 (0.8m×2=1.6m) $\Sigma=1.6\text{m}$
- ② 2回目桁降下 (0.8m×2=1.6m) $\Sigma=3.2\text{m}$
- ③ 3回目桁降下 (0.8m×2=1.6m) $\Sigma=4.8\text{m}$
- ④ 4回目桁降下 (0.8m×2=1.6m) $\Sigma=6.4\text{m}$
- ⑤ 5回目桁降下 (0.8m×2=1.6m) $\Sigma=8.0\text{m}$
- ⑥ 6回目桁降下 (0.8m) $\Sigma=8.8\text{m}$
支承吊上げ、固定 (昼間作業)
- ⑦ 7回目桁降下 (0.5m) $\Sigma=9.3\text{m}$



写真-7 桁降下前

桁降下は各ジャッキ反力とストローク、反力ピン操作用のジャッキの動作状況を計測室にて監視確認しながら行った。反力の管理上限値は+20%としていたが、降下ジャッキのストロークに差が出ないように制御しながら降下させることで、ジャッキ盛替え時の反力の変動はあったものの、降下途中の反力の変動はほぼなく、安定して桁を降下させることができた。

桁降下時の計画反力

位置		計画反力 (kN)	管理上限値 (+20%)
P7橋脚	DG1	1314	1577
	DG2L	2624	3149
	DG2R	2549	3059
P8橋脚	DG1	1314	1577
	DG2L	2624	3149
	DG2R	2549	3059



写真-9 計測室

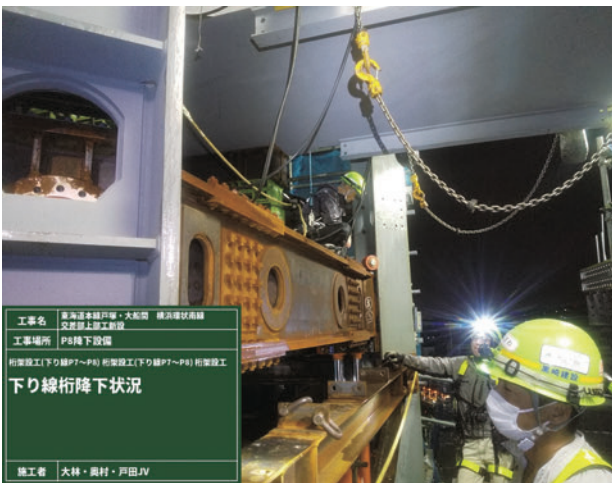


写真-8 桁降下状況

桁降下に合わせ、セッティングビームが通過する面の繋ぎ材は支障するため順次撤去して必要がある。1サイクル目(800mm)の降下完了後、降下ジャッキの盛替え作業に入ると同時に繋ぎ材の撤去を行った。繋ぎ材は約500kgあるため、セッティングビームのウェブ面に電動チェーンブロックを設置しておき、繋ぎ材のボルト解体後電動チェーンブロックに吊り替えて撤去した(写真-7～写真-12、図-15)。

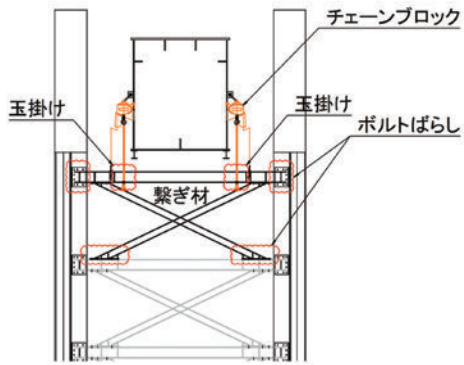


図-15 繋ぎ材解体時の断面



写真-11 桁降下前



写真-10 繋ぎ材撤去状況



写真-12 桁降下完了

支承はあらかじめ橋脚上に仮置きしておき、6回目桁降下後、残り降下量が500mmとなった時点で桁側へ吊上げてセットボルトで固定した(図-16)。

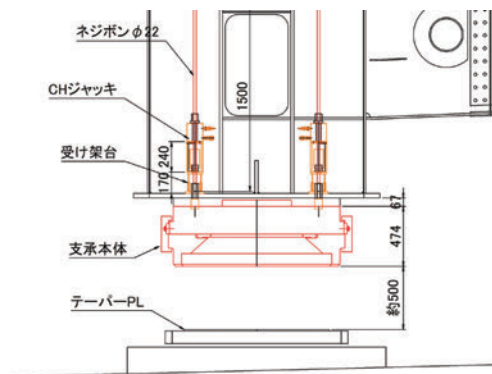


図-16 支承吊上げ

5. あとがき

本工事は本線桁とランプ桁が一体となっており幅員も変化していくという特殊な構造の桁を、制約の多い条件下の中、9.3mの桁降下作業を7回の夜間作業で無事に終わることができました。今後、類似工事で参考にさせていただければ幸いです。

最後に、下り線桁の横取り・桁降下作業はJRの難易度の高い工事に指定されましたが、施工にあたりご指導いただきました東日本旅客鉄道東京建設PMO、東京工事区神奈川出張所、大林・奥村・戸田JVの関係者の皆様、ならびに協力会社の皆様に深く感謝し、紙上を借りて御礼申し上げます。

<注釈>

掲載図面・資料：JR東日本提供

掲載写真：JR東日本撮影協力

2023.07.07 受付