

台風で損傷した鳴尾橋の復旧

～大型ジャッキ搭載の台船による一括撤去・架設～

兵庫県阪神南県民センター 西宮土木事務所
株式会社 三井E&S鉄構エンジニアリング

1. 概要

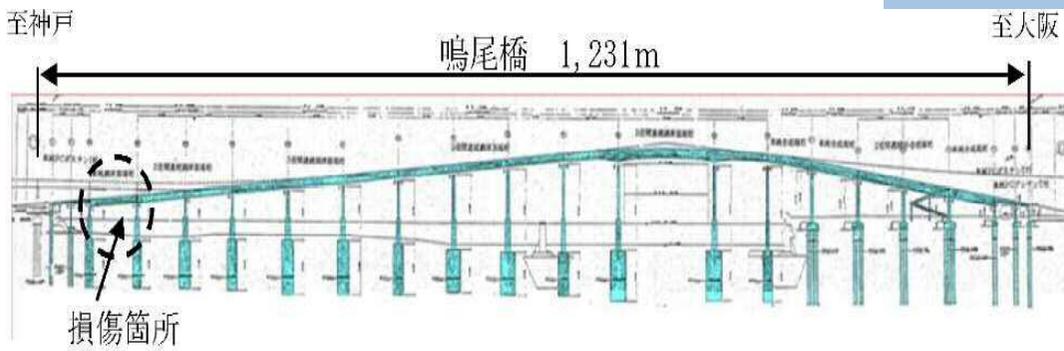
2018年9月4日、台風第21号の強風により走錨した土運船が、鳴尾橋のP2～P3橋脚間に衝突し、橋梁の一部が損傷しました。

本工事は、阪神高速道路が並走するなど施工上の制約も多い中、安全で確実かつ早急に損傷した橋梁を復旧し、事故による影響を早急に解消することを目的としています。



①事故発生位置

- 工事場所
兵庫県西宮市甲子園浜
- 路線名
県道573号芦屋鳴尾浜線
(阪神高速と並走)
- 損傷箇所
P2～P3橋脚間



②復旧する橋梁諸元

形式：単純鋼床版箱桁橋

橋長：60m

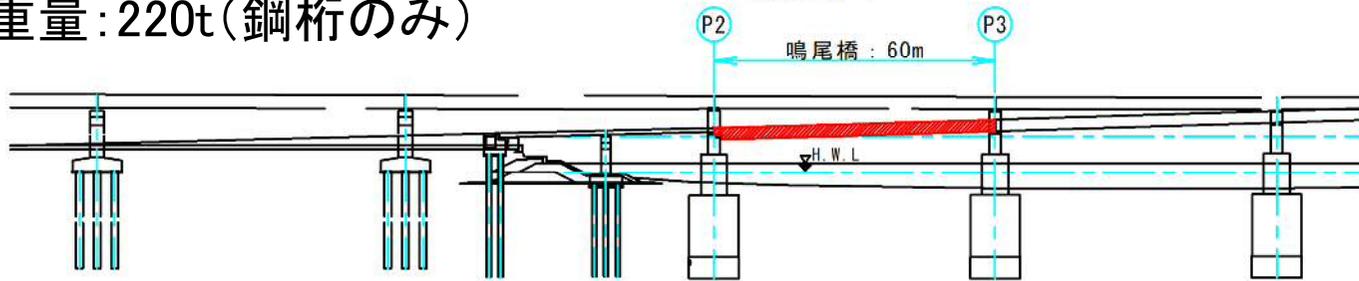
幅員：10.65m

撤去重量：420t(壁高欄・舗装含む)

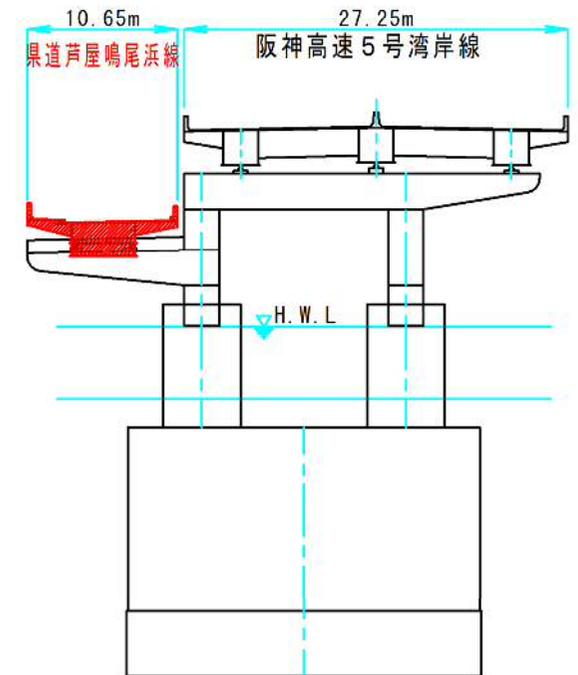
架設重量：220t(鋼桁のみ)



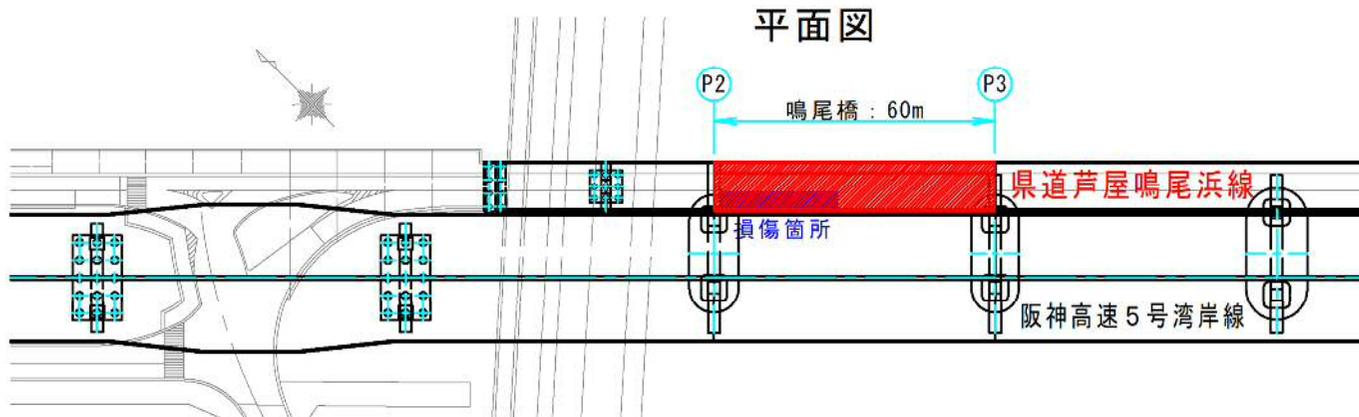
側面図



断面図



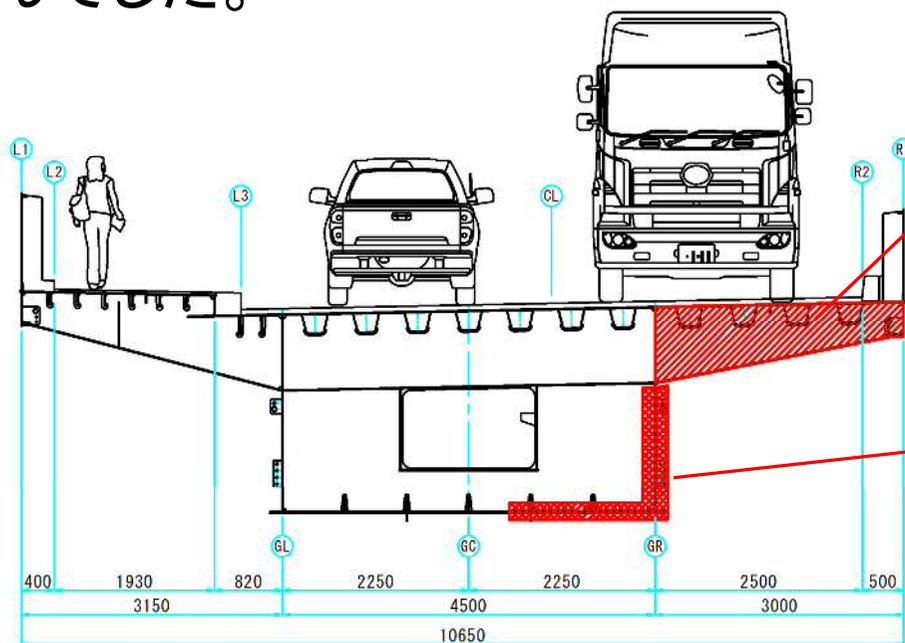
平面図



③事故による損傷状況

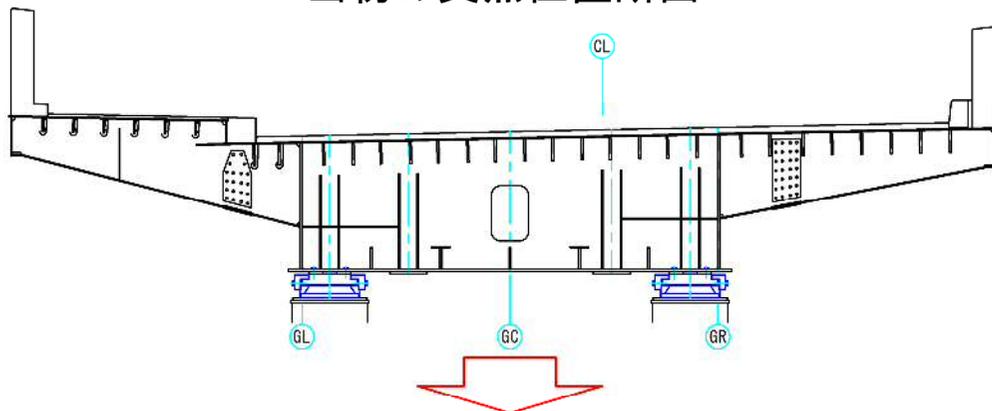
右写真の通り、土運船が衝突した位置において鋼床版、及び主桁の一部が損傷しました。

なお、事故発生時は強風により通行止めであったため、車両等の被害はありませんでした。

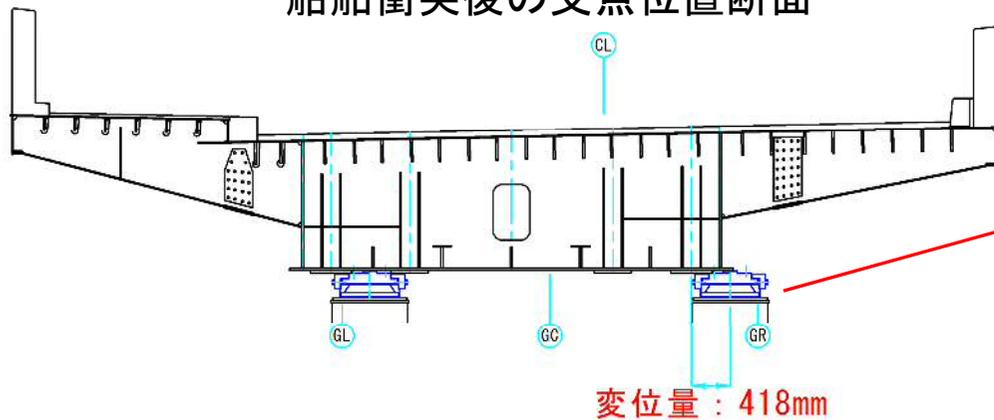


その他、P2橋脚では支承が損壊し、橋桁が約40cm変位していました。

当初の支点位置断面



船舶衝突後の支点位置断面



変位量：418mm

橋桁変位状況



P2橋脚

橋桁変位状況(P2橋脚の支承)



2. 事故による影響

鳴尾橋は交通量12,000台/日（大型車混入率44.4%）の重要な県道です。

迂回路となった、国道43号等では、大渋滞が発生し、周辺的生活道路には大型車の混入が見られました。

このため、早急に鳴尾橋を復旧し、通行を再開する必要があります。

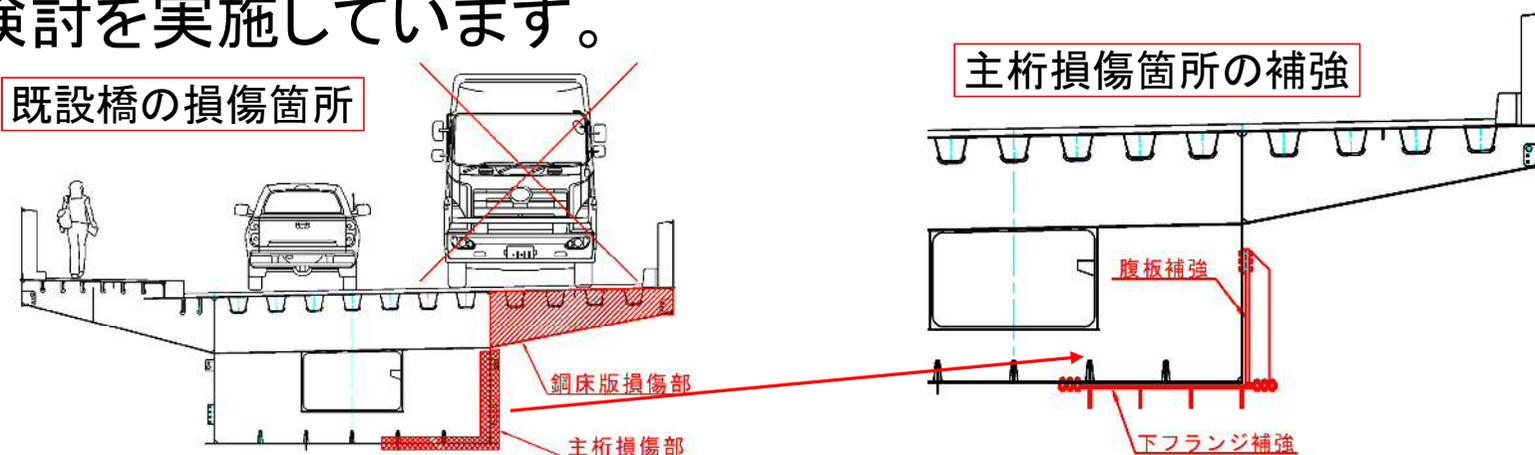


3. 復旧方針

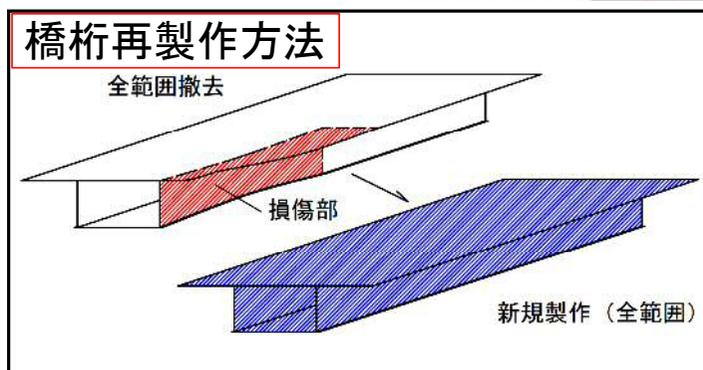
復旧方針は、橋桁再製作期間に既設橋の応急復旧による2車線中、1車線の暫定供用を行うものとし、橋桁再製作完了後、大型ジャッキ搭載の台船による一括撤去・架設により本復旧するものとなりました。

復旧方針を決定するに当たり、施工条件・費用・工程・通行止め期間の詳細な比較検討を実施しています。

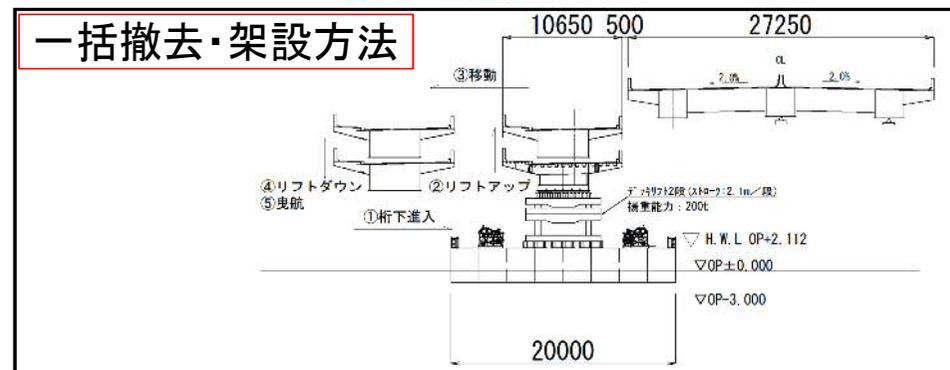
応急復旧



本復旧



+



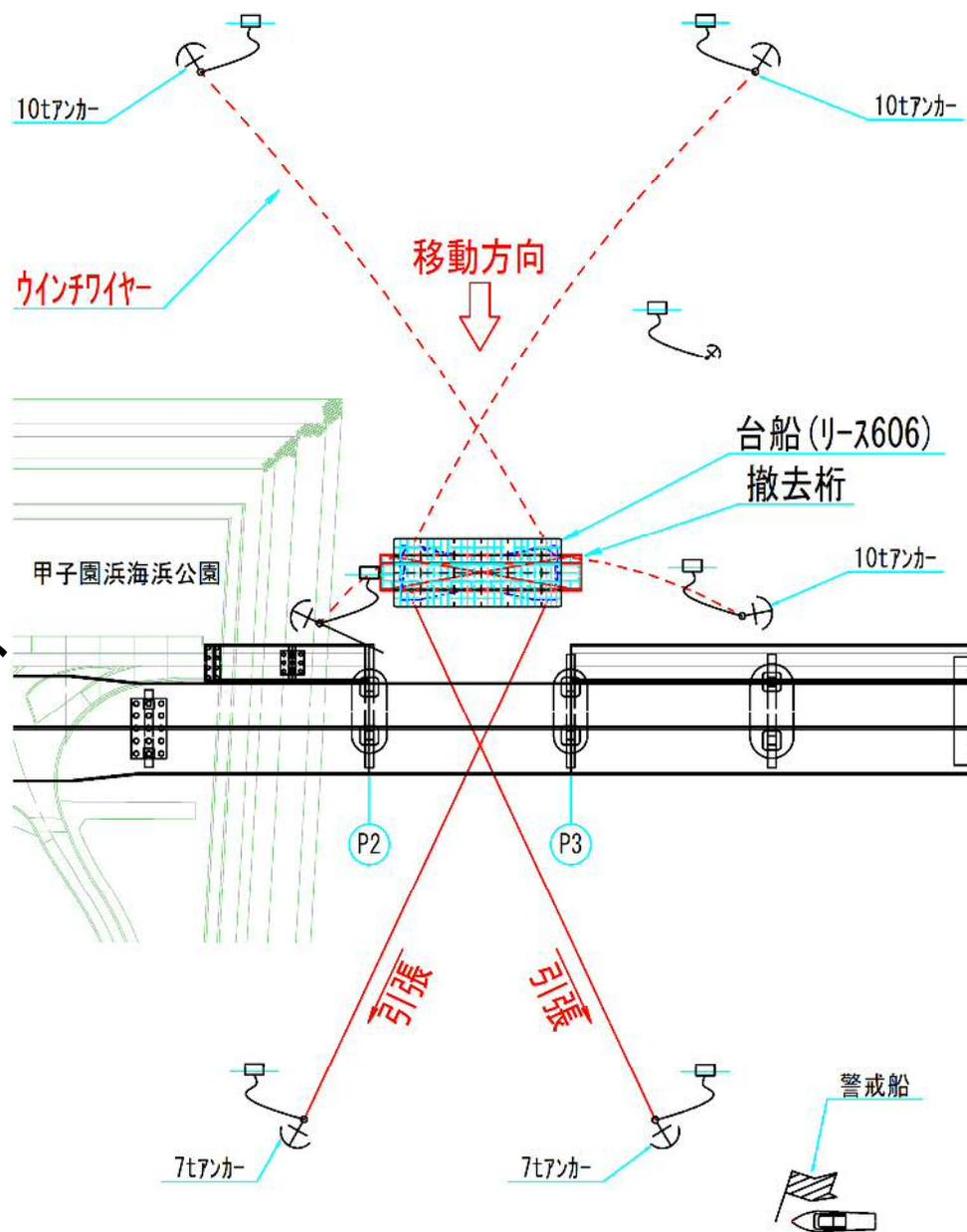
4. 新しい技術(独自性)

①ジャッキアップの必要性について

台船はウインチでワイヤーを引っ張ることにより移動します。また、ウインチは1度のボタン操作で10cm以上引っ張られます。

右図の場合、下2本のウインチで引っ張り、その他のウインチは緩めた状態で下方向に移動します。

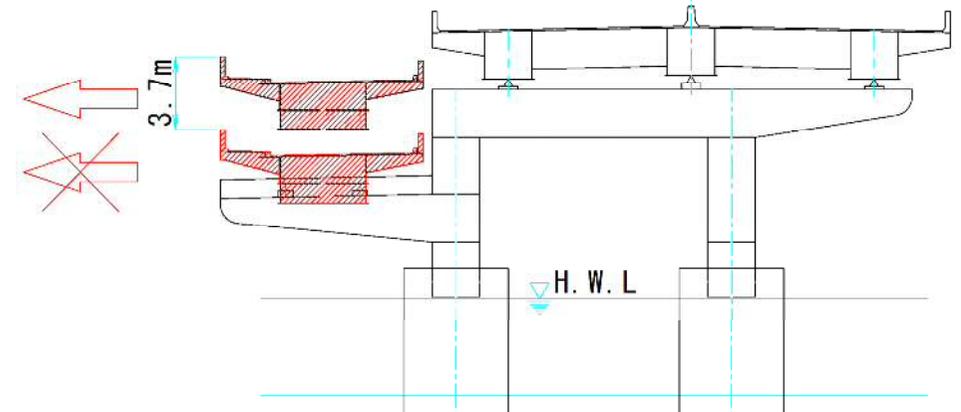
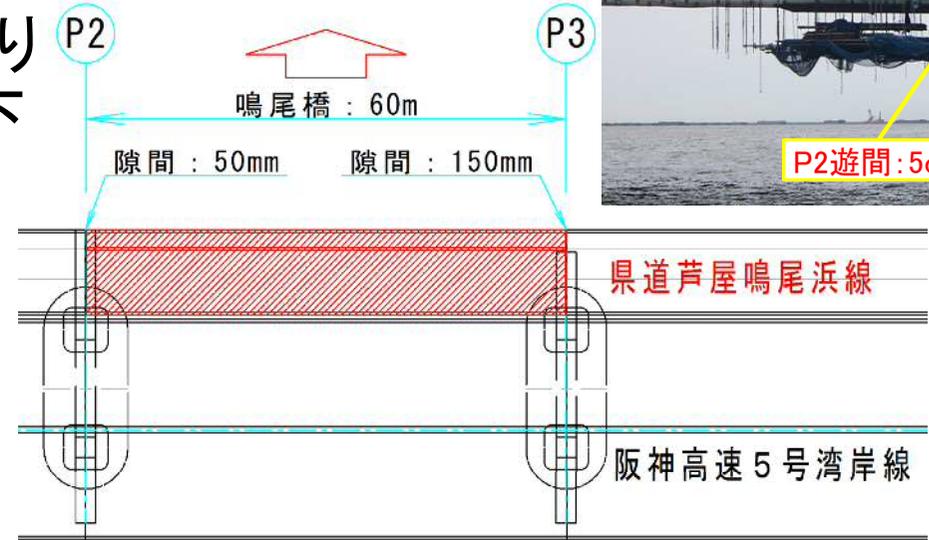
移動方向と関係無いウインチは緩んだ状態であるため、左右にブレが生じます。



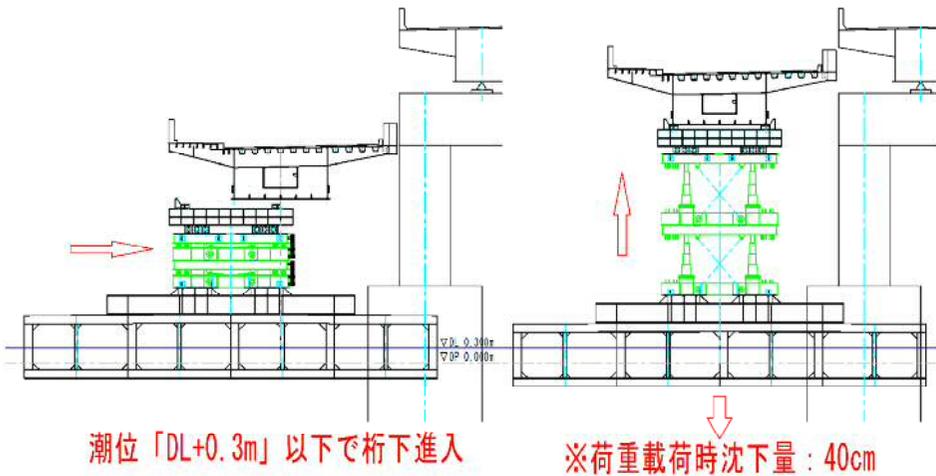
右上図の様に隣接桁との隙間が5cm程と狭いため、3.7mジャッキアップすることで、隣接桁との干渉を避けました。

ただし、台船は桁重量が載ることにより沈下するため、既設橋撤去の場合、下式の沈下量を考慮してジャッキアップ総量を決定しています。

$$3.7\text{m} + 0.4\text{m}(\text{台船沈下量}) = 4.1\text{m}$$



旧橋撤去時

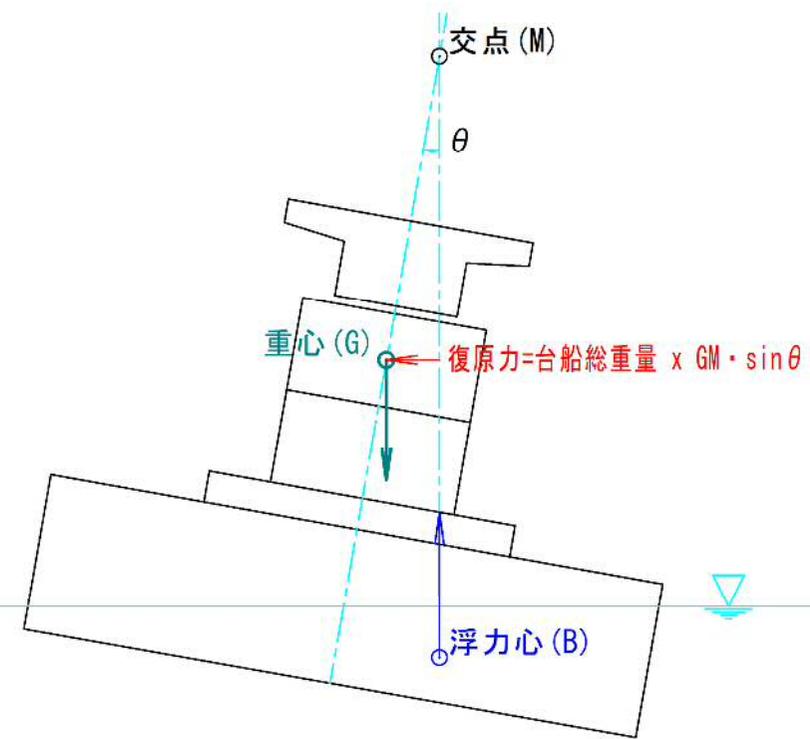


②ジャッキアップ量の制限と潮汐の利用

右図の通り、復原力は全体の**重心(G)**の位置が低くなるほど安定します。

このため、ジャッキアップ量を必要最低限とし、ジャッキアップ不足に備え、潮汐を利用することで台船の安定性を確保しています。

この他、ジャッキアップ量を最低限とするため、下写真の通り桁下と台船架台設備の離隔に余裕を持たないように設定しています。

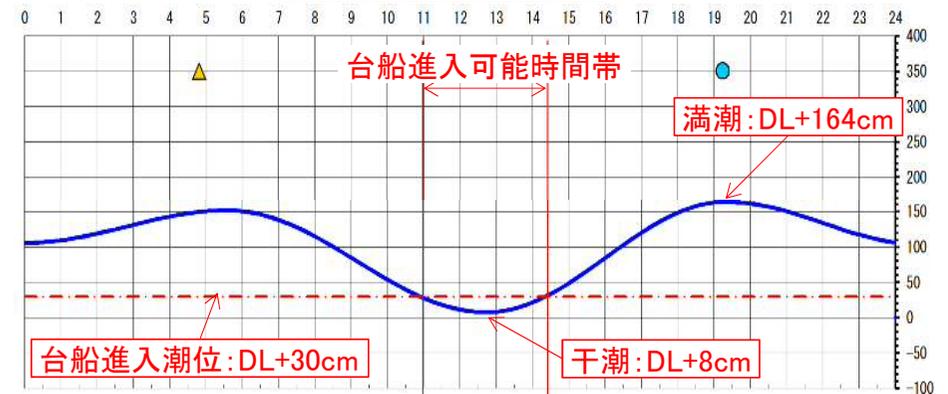


撤去時台船進入状況

桁下と台船架台の離隔: 約20cm



撤去作業時潮位表



③大型ジャッキの緊急停止設備

波や風の揺れによる想定外の荷重変動に備え、ワンタッチで緊急停止が可能なように、大型ジャッキ全6台は集中制御ができる物を採用しました。

この大型ジャッキは、日本で一組しか存在しない物でしたが、全6台の反力やストローク量をリアルタイムで管理が可能のため安全性の確保に大きく貢献できています。

また、各大型ジャッキには監視員を配置し、同時通話無線により即座に緊急停止ができる対策も行いました。

なお、緊急停止基準は、各設備耐力計算値の90%以下と定め管理しています。

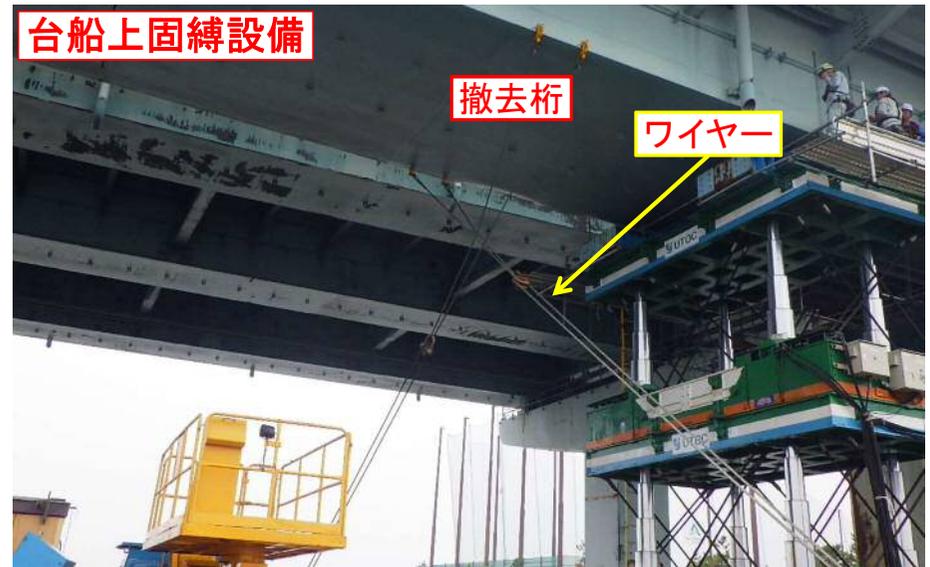
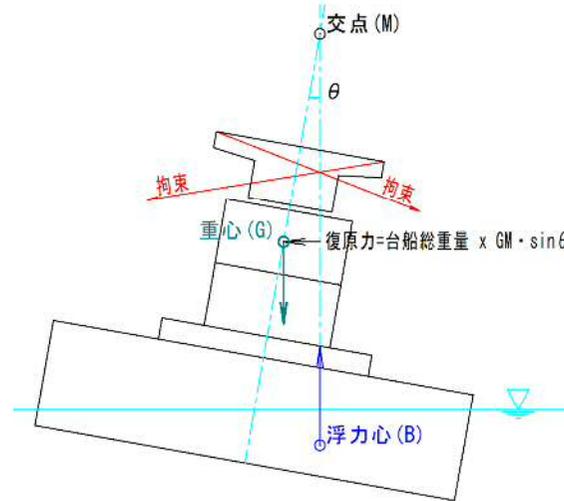


④ 波浪による共振防止

台船と橋桁は固有振動数が異なるため、共振による影響は定かではありませんが、発生した場合の対策として、また、波による台船の揺れや風による橋桁の揺れ等の水平力は確実に発生するため、橋桁の固縛設備を設けるものとなりました。

写真右上がジャッキアップやダウン時に使用する桁上の固縛設備です。

写真右下が台船進入や退出時に使用する台船上の固縛設備です。

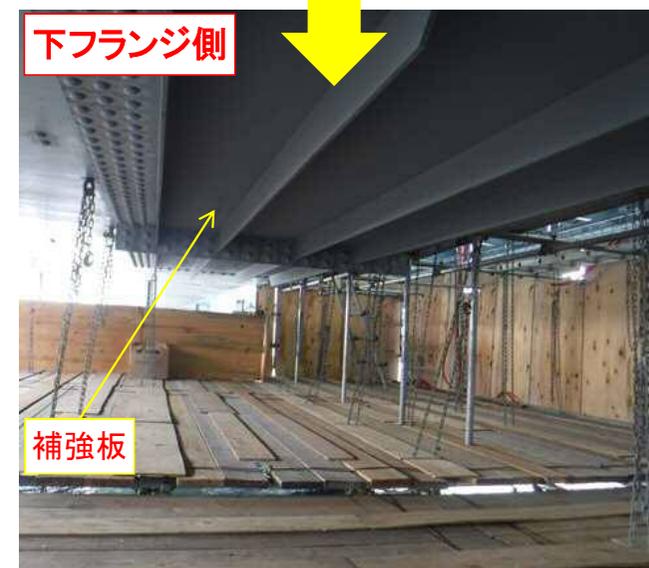
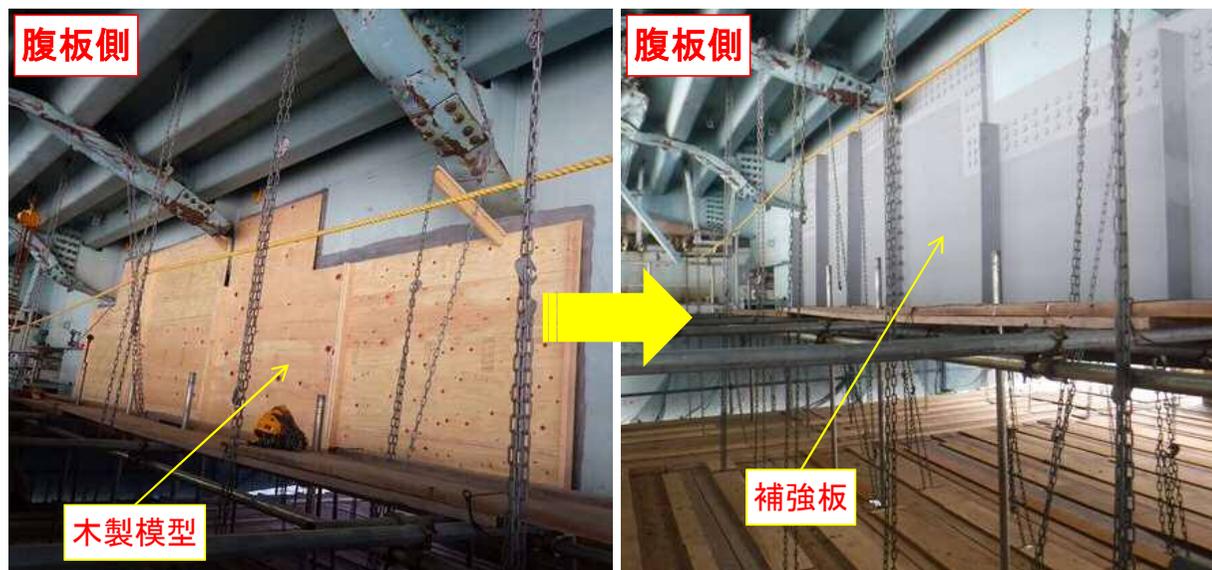


5. 使える技術(汎用性)

①木製模型による施工性の検証

応急復旧工事における主桁の補強板は、大きく重いため、吊り足場上でハンドリングが可能であるか製作期間中に検証を行いました。

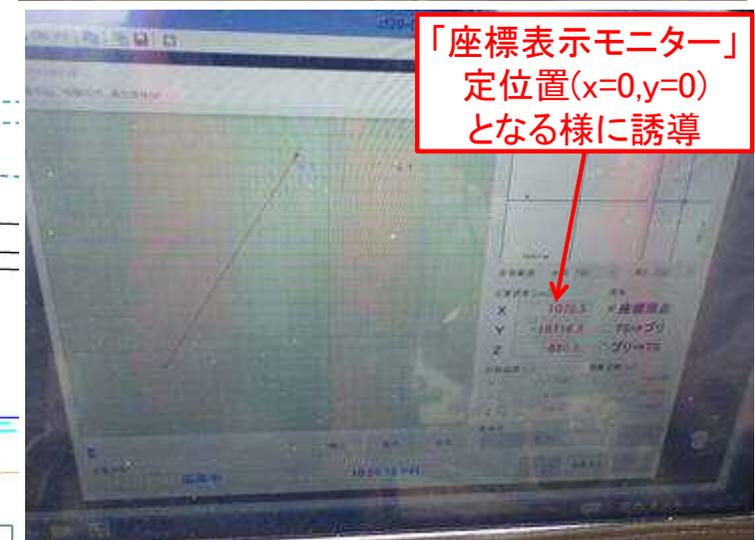
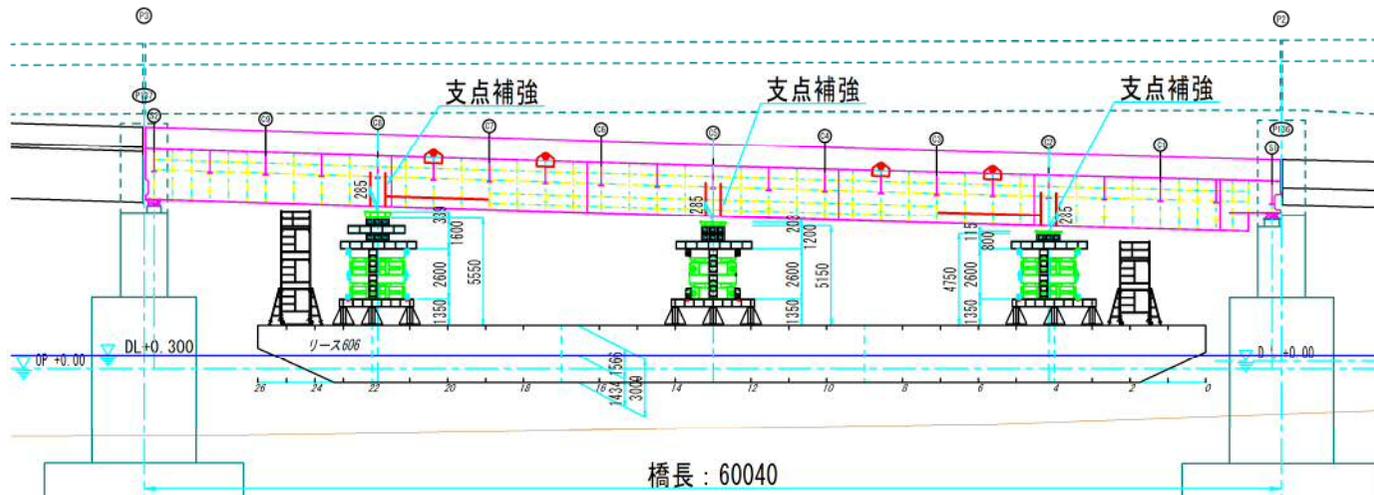
この検証により、実作業は遅延無く完了しました。



②台船位置の計測

台船進入時、橋桁と大型ジャッキの受け点を合わせるため、台船位置を正確に把握する必要がありました。

このため、台船上のターゲットを自動追尾し、常に台船の位置座標をモニターに表示可能なトータルステーションを用いて台船を誘導しました。



③その他の技術

壁高欄コンクリートの施工期間短縮のため、右写真の通り、下記対策を実施しました。

- 1)鋼製外型枠の採用
(足場組立解体期間短縮)
- 2)KKフォームの採用
(内型枠組立解体期間の短縮)
- 3)早強コンクリートの採用
(設計強度発現期間の短縮)



早強コンクリート打設時期が夏期だったため、下記ヒビ割れ対策も行いました。

- 1)膨張材による乾燥収縮率の低減
- 2)AE減水剤混和による単位水量低減(乾燥収縮の低減)
- 3)比較的乾燥収縮率の低い、またアルカリシリカ反応の少ない骨材の採用
(石灰岩・流紋岩質溶結凝灰岩)
- 4)打ち込み高さをできるだけ低くし、材料分離の防止
- 5)後追いバイブレーターによる鉄筋下の空気やブリージング水の追い出し

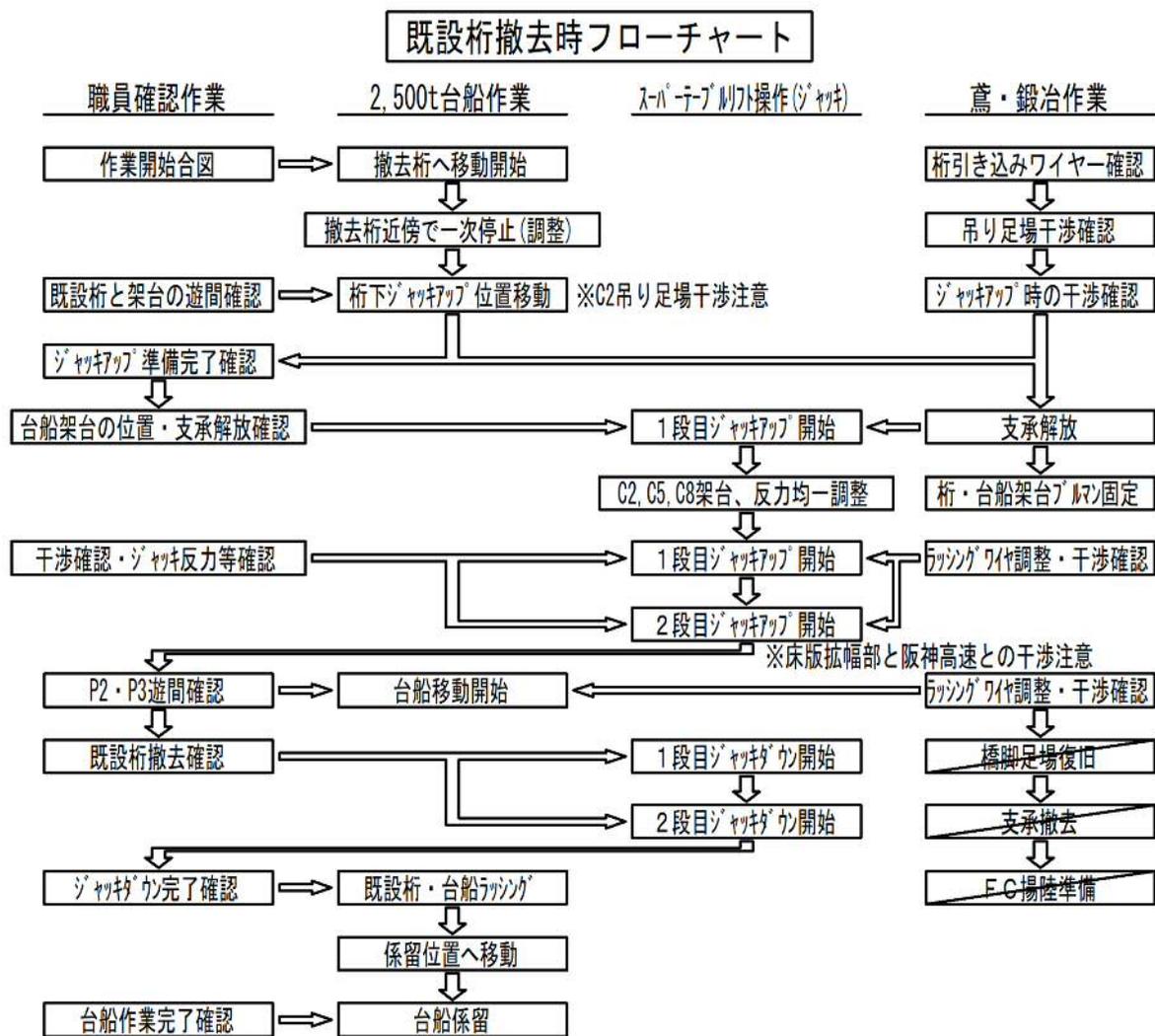
6. 成し遂げた技術 (困難の克服度)

実作業へ向けての準備

一括撤去・架設作業は大潮時の限られた時間帯内で台船の進入・後退を行う必要がありました。

この時間的制約を克服するため、右図の様に下記対策を行いました。

- 1) 作業分担、手順の明確化
- 2) 必要人員の確保と配員計画
- 3) 作業分担、手順の周知
- 4) 天文潮位と実潮位の比較確認
(風や気圧の影響による差)
- 5) 設備の事前動作確認



※ジャッキアップ順序

- ① I 段目C2、C8ジャッキアップ(300kNで一時的停止) → ②ブルマン固定・ズレ止め架台設置・ラッシング → ③支承ボルト撤去 →
- ④ I 段目C2、C8ジャッキアップ(1500kNまで) → ⑤ I 段目C5ジャッキアップ(桁接触位置まで) → ⑥ブルマン固定 →
- ⑦ I 段目C5ジャッキアップ(1300kN)全点反力均一化 → ⑧ I 段目全体ジャッキアップ(2.1m) → ⑨ II 段目ジャッキアップ(2.1m)

7. 喜ばれる技術(地域への貢献度)

① 暫定供用による効果

応急復旧により、国道43号等の渋滞が緩和され、事故発生から約3ヶ月後の短期で暫定供用したこともあり、地元連合自治会から感謝状を頂きました。



暫定供用前 H30.10.18(木) 朝7時頃



右折レーンの
渋滞が解消

暫定供用後 H31.3.14(木) 朝7時頃



地元連合自治会
から頂いた感謝状

②通行止め期間の短縮

本復旧においても、当初工程より全面通行止め期間を2.5ヶ月間と1.5ヶ月短縮し、全面通行止め期間を下図の通り、「3+2.5=5.5ヶ月間」と最小限としたことで、周辺地域への影響を最小限にすることに貢献できました。

また、復旧期間中は、材料調達が困難な時期でありましたが、ボルト溶接の一部を溶接継手に変更し高力ボルトの数量を極力減らすなど工夫し、材料の調達期間や橋桁の製作期間を短縮しました。

