

44 その他

橋脚撤去により構造系変化を 伴う既設横梁の補強における安全・品質管理

日本橋梁建設土木施工管理技士会
JFE エンジニアリング株式会社
設計担当者
藤 田 翔 吾

1. はじめに

首都高速道路都心環状線（日本橋区間）の地下化に先立ち、呉服橋ランプの撤去工事が行われた（図-1・2）。地下化にあたってトンネルを構築する前に呉服橋ランプの橋脚を先行して撤去し、日本橋川の河積阻害を低減する必要があった。

本稿では、呉服橋ランプの橋脚撤去により、横梁を3点支持の連続梁構造から単純支持の構造に改造する工種について、品質及び安全管理上の工夫及びその結果を概説する。

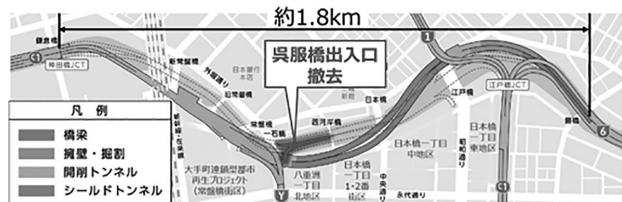


図-1 工事概要

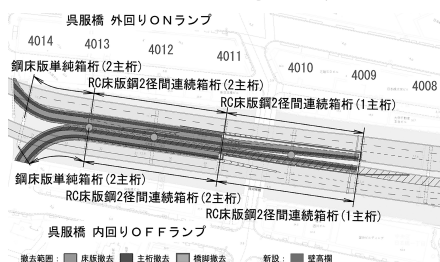


図-2 呉服橋ランプ撤去平面図

工事概要

- (1) 工 事 名：(改) 都心環状線（日本橋区間）
呉服橋・江戸橋出入口撤去工事
- (2) 発 注 者：首都高速道路株式会社 更新・建設局

- (3) 工事場所：東京都中央区八重洲一丁目 他

- (4) 工 期：2020年11月14日～

2024年6月25日

2. 橋脚撤去に伴う既設横梁補強の課題

呉服橋ランプ区間の橋脚は断面的に3本の柱で横梁が支えられており、主桁はこの横梁に剛結または単純支持されている構造である。上部構造撤去により、上載荷重が減少する4010、4012、4013橋脚は横梁を支える3本の柱の内、中央の4010-2、4012-2、4013-2を撤去する計画である。これにより、横梁の構造系が変化することになるが、実施設計の結果4010の横梁のみ横梁断面の応力照査を満足せず、図-3に示す補強が必要となった。なお、撤去する中間橋脚の支点解放にあたっては、橋脚と横梁にジャッキアップブラケットを配置しジャッキアップを行う。これにより、反力が解放された支承を撤去したのちに、ジャッキダウンすることで支点解放を行う（図-4）。設計反力は5811kNであり、施工余裕を考慮し10000kNの補修用ジャッキを2台用いた。横梁補強を実施する上での品質・安全管理上の課題を以下に示す。

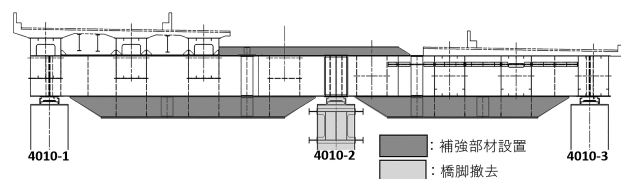


図-3 4010横梁正面図

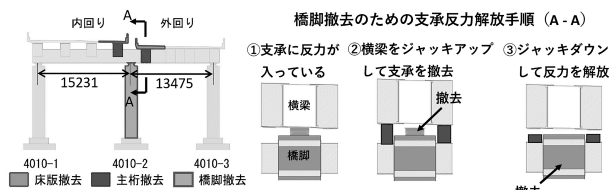


図-4 4010撤去断面図、橋脚撤去手順

2-1 品質管理上の課題

4010橋脚の横梁補強について、補強部材取付時には補強部材自体は無応力であるが、4010-2の反力解放に伴い構造系が変化し補強部材に応力が導入される。このとき解放する支点反力が理論値よりも大きいほど補強部材が多く応力を負担し、少ないほど既設断面が多く応力を負担する（図-5）。このように、補強部材締結時に4010-2橋脚に導入されている支点反力の大小が、補強部材の応力状態に影響を及ぼすことが考えられる。横梁補強の品質を確保するためには、補強部材締結時のジャッキアップ反力を制御することが課題であった。

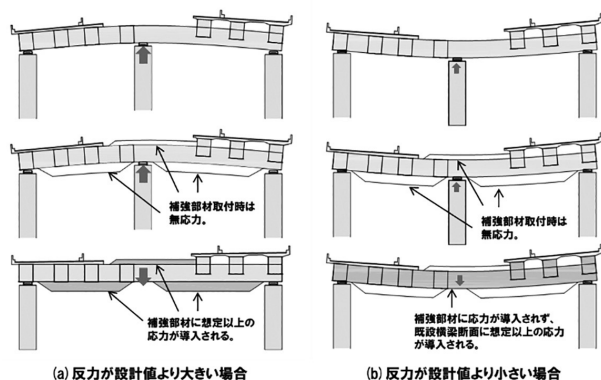


図-5 支点反力の大小と応力状態の関係

2-2 安全管理上の課題

橋脚撤去に伴う支点解放は横梁の構造系が大きく変化する施工であり、供用中の構造物を対象としていることから、施工中に構造物に想定外の損傷やトラブルが生じたときに甚大な第三者被害を引き起こす恐れがある。このため、何等かの異常・損傷が発生した場合、直ちに施工を中断し安全性を確保する必要がある。施工時における構造物の状態把握及び安全確保の方法確立が課題であった。

3. 品質・安全管理上の工夫

3-1 品質管理上の工夫

1) 施工フローの確立

横梁補強の設置段階から図-6に示す施工フローに従って施工を進めることで、補強部材締結時のジャッキアップ反力を制御した。まず、中間支点のジャッキアップを行い、反力を確認する。このとき、反力が設計反力より小さい場合は、横梁を更に持ち上げることで反力を大きくし、反力を調整する。反力が設計反力より大きい場合は、先に支承を撤去して横梁を下げる必要があるため、反力調整に先立って支承を撤去するものとした。反力調整後、補強部材のボルトを締結し、既設横梁と補強部材を一体化するものとした。反力確認及び反力調整時は、活荷重による反力変動の影響が懸念されたため、交通量の少ない夜間(24:00～翌5:00)の時間帯に実施することで、活荷重の影響を極力排除した。なお、支点解放後に生じる最終たわみを予測するため、補強部材締結後にジャッキの反力を設計反力の1/4程度の大きさで変動させることにより、事前に補強後の横梁の剛度を確認した。剛度確認の結果、想定されるたわみに問題無いことを確認したうえで、支点解放を実施するものとした。

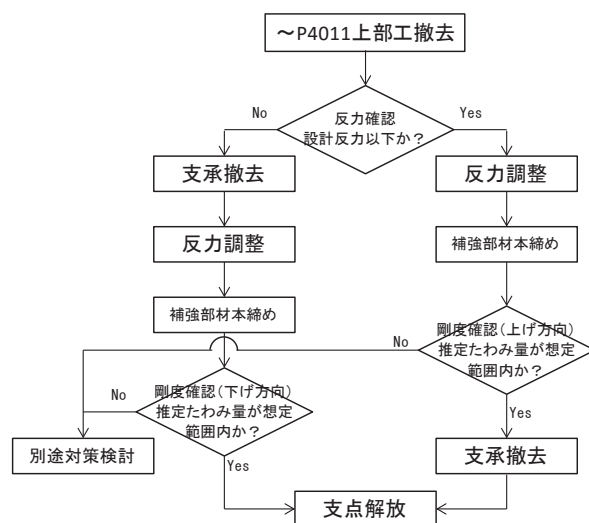


図-6 支点解放施工フロー

2) ジャッキの校正

油圧ジャッキは重量物を降下・扛上させること

を目的とした機材であり、校正されているものではない。出力される反力は単純にジャッキの油圧×受圧面積で算出されるが、実際にはポンプ内の圧力損失等の影響により、表示される出力値と実際に作用している反力が乖離している可能性がある。施工時にジャッキとジャッキアップブラケットの間にロードセルを挟むことも考えられたが、ロードセルの受圧面積が小さく施工時に安定性が損なわれることが懸念された。このため、事前に油圧ジャッキを大型圧縮試験機とロードセルを用いて校正した。

油圧ジャッキの校正は、600ton級の大型圧縮試験機を用いて実施した（図-7）。圧縮試験機の耐圧板とジャッキの間に校正された500ton級のロードセルを挟みジャッキ反力の出力値を校正するものとした。試験は、ジャッキ1台に対して0～5000kNの範囲で載荷と除荷のサイクルを3回実施し、ジャッキとロードセル（試験機）で同時性のある反力を取得した。ジャッキの反力とロードセルの出力値の差異を表すグラフを図-8に示す。実施工で反力を管理する荷重帯（約3000kN）における試験結果の平均値から、ジャッキの出力値に補正係数0.982を乗じてジャッキ反力を補正した（表-）。



図-7 油圧ジャッキ校正状況

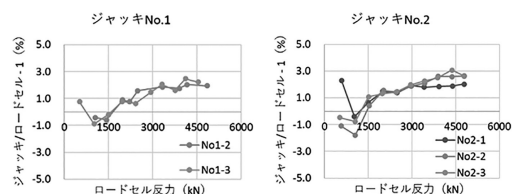


図-8 ジャッキ反力とロードセル出力値の差異

-表- 試験結果一覧

	荷重(kN)	増分(%)	ジャッキ平均	補正係数
No1-2	2489	+1.6	+1.5	0.983
No1-3	2933	+1.5		
No2-1	2987	+1.9	+1.9	
No2-2	2967	+1.9		
No2-3	2951	+2.0		

※No1-1は計測不備のため結果を除外した。

3-2 安全管理上の工夫

1) 損傷発生懸念箇所のモニタリング

支点解放時は以下に示す箇所から損傷が発生することが考えられる。

- ・断面決定位置近傍での降伏・座屈（塗膜割れ）
- ・床版コンクリートのひび割れ
- ・支点補強部での座屈

このため、支点解放時は図-9に示す箇所に監視員を配置し、反力解放時に常時モニタリングを実施した。

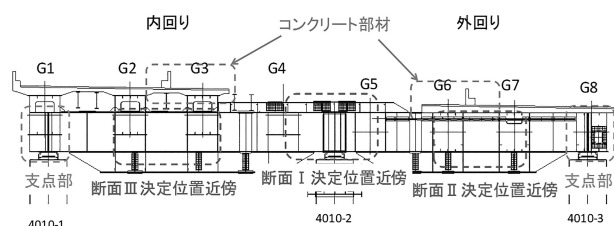


図-9 常時モニタリング箇所

2) 線形性モニタリング

構造系の変化は弾性梁理論に基づいて計算されており、施工中に構造物に何等かの損傷が生じた場合、非線形的な挙動を示すことが考えられる。このため、支点解放時のジャッキ反力と横梁中央位置での橋脚と横梁の相対変位の関係（剛度）に着目し、これを随時モニタリングした。剛度の定義を図-10に示す。支点解放時のジャッキダウンは設計反力の1/4刻みで段階的に反力を漸減させ、各ステップ間での剛度が、事前に確認した剛度から-10%以下となっていないことを確認しながら進めた。剛度が-10%以下となった場合は、施工を一時中断し1)に示した損傷の発生が懸念される箇所の一斉点検を実施するものとした。損傷が確認された場合、ジャッキ反力を設計反力まで戻し施工を中止する。

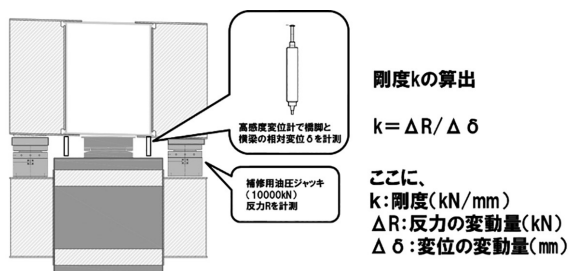


図-10 剛度の定義

3) サンドルによるフェールセーフ

支承撤去後は、支承が配置されていた箇所に図-11に示すようにサンドル及びテーパーライナーを配置することで、既設横梁及び横梁補強に損傷が生じた場合や、ジャッキに不具合が生じた場合にすぐに荷重を受替え可能な状態とした。

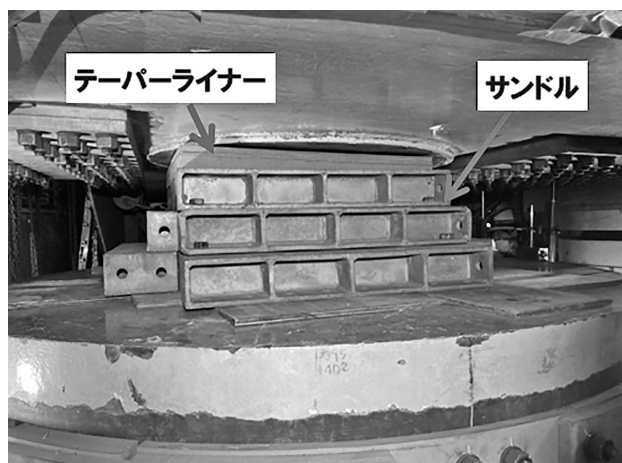


図-11 サンドルによるフェールセーフ

4. 品質・安全管理の結果

4-1 品質管理の結果

反力管理による品質向上効果を確認するために、横梁の支間中央部の補強部材上端部にひずみゲージを設置し、反力解放時の応力の変化を計測した。計測結果及び理論上の応力分布を重ねたグラフを図-12に示す。これより、概ね設計値通りの応力が補強部材に導入されていることが確認された。

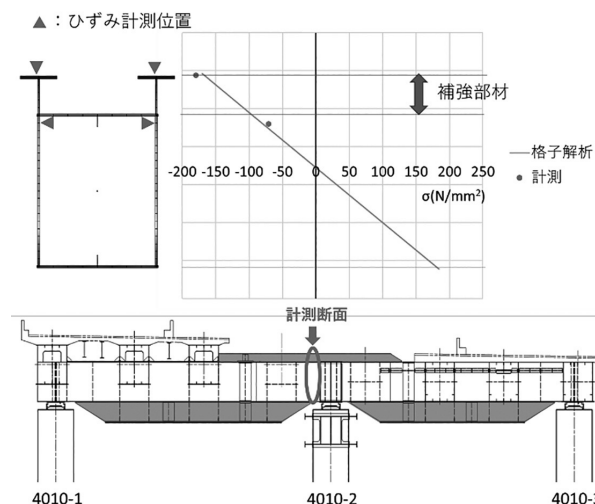


図-12 反力解放時の応力計測結果

4-2 安全管理の結果

図-13に実際に計測した、ジャッキ反力-変位関係と剛度-ジャッキ反力関係を示す。図中には、骨組解析で得られた剛度、及び事前の剛度確認で得られた剛度を示す。解析と実剛度は概ね一致しており、また施工途中に大きな剛度の変化はなく、線形性を保った状態でジャッキダウンが完了した。これにより、構造物に有害な損傷が生じることなく構造系が変化していることが確認された。

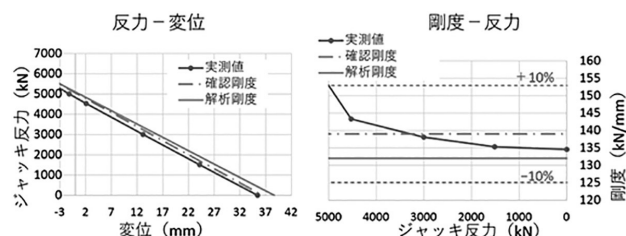


図-13 反力解放時の変位と剛度

4. おわりに

首都高速道路日本橋区間地下化事業は、全国的にも類を見ない大規模更新プロジェクトであり、本出入口撤去工事はプロジェクトの一端を担う重要な位置付けとなっている。本線橋梁を供用させながら大規模な構造系変化を伴う施工を行う必要があり、施工時の構造物の状態把握や、施工後の構造物の品質確保のため、特殊な施工管理を実施することとなった。今後も続くプロジェクトの中、本工事で蓄積された技術やノウハウが役立てられれば幸いである。