

4 施工計画

3D モデルを活用した フロントローディングによる耐震補強工事の効率化

日本橋梁建設土木施工管理技士会

株式会社横河ブリッジ

設計担当

坂井 靖 幸〇

設計担当

貞島 健 介

現場担当

尾崎 俊 也

1. はじめに

本工事は、首都高速道路 浜崎橋JCT～芝浦JCTに位置する11号台場線の耐震補強工事である。対象橋梁は3径間連続1桁2連と2径間連続箱桁2連であり、下部工の構成は中央2柱が鋼製橋脚、両端2柱はロッキング橋脚で支持されている鋼製門型橋脚である。ロッキング橋脚は、近年の大地震により転倒した事例もあるため、耐震対策として早急な対応が求められた。

本現場のロッキング橋脚は単柱で歩道上に位置しており、通常の耐震対策（巻立て補強、柱間ブレース設置等）の施工が困難であった。そこで、動的解析の結果から橋梁の挙動を把握し、上部工

や門型橋脚の変位を抑えることでロッキング橋脚のピボット支承に負荷をかけない補強方針とした。具体的には、橋軸方向地震時の上部工変位を抑制するために落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーを設置し、橋軸直角方向地震時のロッキング橋脚に生じる上揚力を低減するためにダイス・ロッド式摩擦ダンパーを設置した¹⁾。また、大規模地震時（レベル2）への対応として支承取替や橋脚横梁補強の設置、想定外の損傷による落橋に備えた落橋防止システムの強化や転倒防止装置（ロッキング橋脚）等、様々な工種を施工した（図-1）。

本稿では、上記の多様な部材を狭あいな施工空間（上部工はゲルバー構造）で実施した課題解決や創意工夫について報告する。

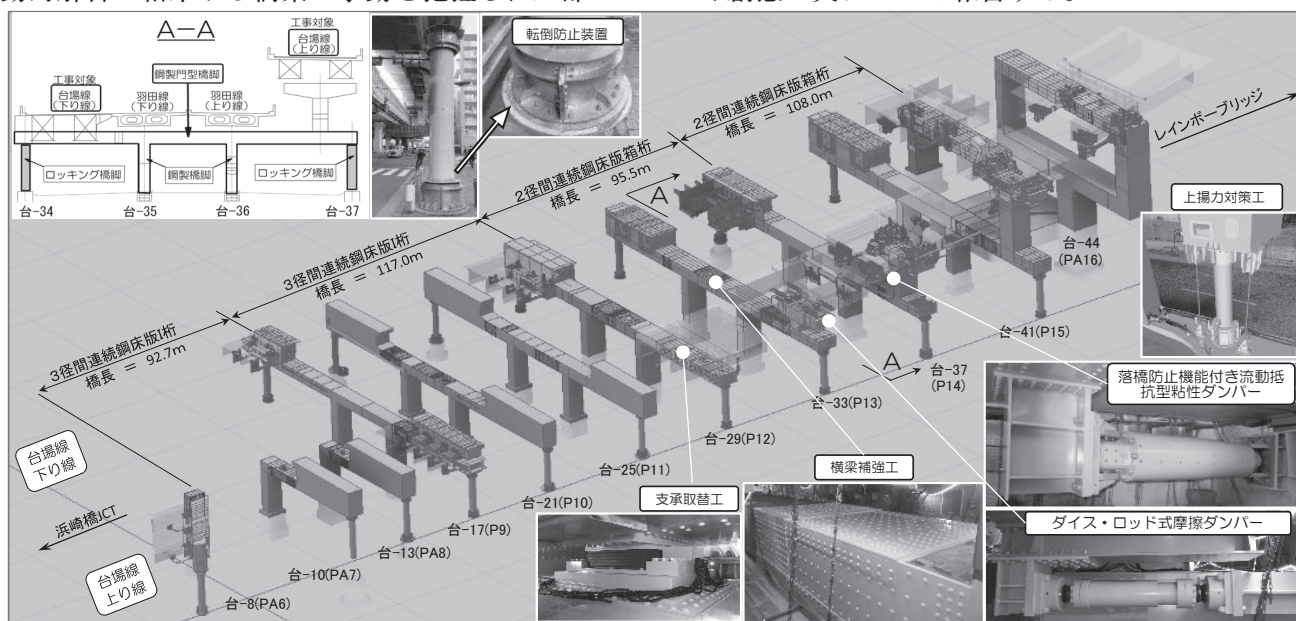


図-1 橋梁補強全体図・現地写真

工事概要

工 事 名：(修) 構造物改良工事29-2-3

発 注 者：首都高速道路株式会社

工事場所：東京都港区海岸二丁目

工 期：2017/12/29～2022/4/30

2. 現場における課題

2-1 部材の配置について

門型橋脚上は上部工支承部周辺の桁下高さが低いために、補強部材の設置スペースが限られている(図-2)。耐震補強として支承取替工や制震装置工等の様々な工種があり、狭い空間の中に各種補強部材やダンパー等の耐震デバイスを配置する必要があった。施工後の維持管理性も確保したうえで、限られた空間の中に必要な部材をいかに配置するかが課題となった。

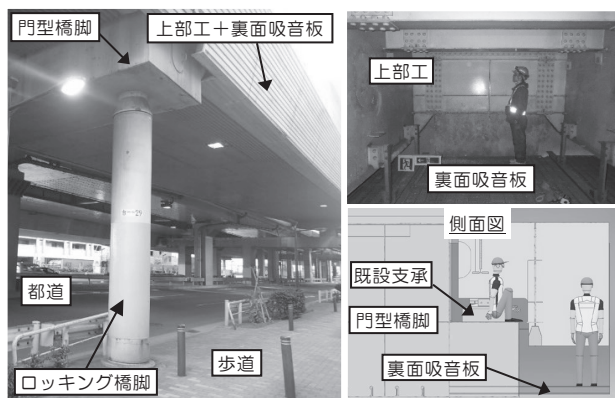


図-2 狭い施工空間

2-2 部材の施工について

新設の耐震部材を施工する際は、狭い空間の中で部材の取り込みや溶接、ボルトの締付け等を行う必要がある(図-3)。また、部材の荷揚げは橋梁下の一般道を規制して行わなければならない。規制範囲や建築限界も考慮することが求められた。上述の通り様々な制約下で施工を行う必要があり、設計段階から様々な視点で施工現実性を確認することが課題となった。

2-3 複雑な補強部材構造

部材数及び部材同士の取合いが多いことから、図-4に示すように非常に複雑な構造となっていた。そのため、現場や製作工場の各担当者が詳細な構造を図面のみで即座に把握することが容易で

なく、打合せや協議を行う際に認識のすり合わせが難しかった。認識違いによる手戻りを防止するために、いかに相違ない共通認識をもって、作業や合意形成を進めていけるかが課題となった。

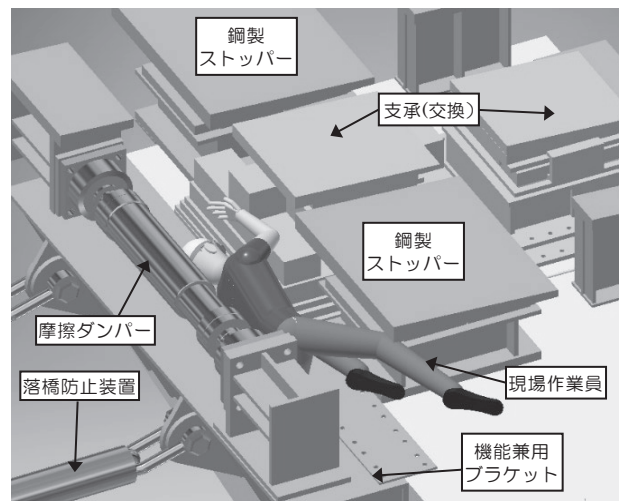


図-3 施工状況イメージ図

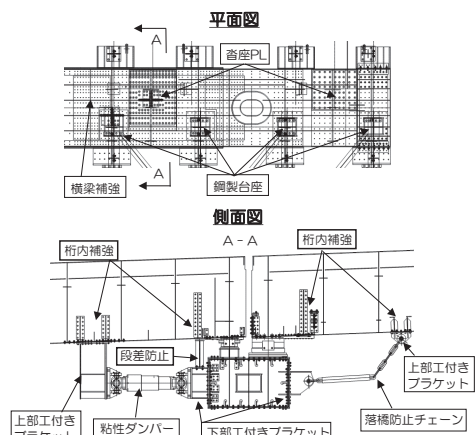


図-4 耐震補強図面

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 補強構造の合理化

(1) 耐震デバイスの一体化

当初は制震装置(粘性ダンパー)と落橋防止装置を、構造の目的に鑑みて分離して設置する設計であったが、狭い空間に配置するために、両者の機能を一体化した落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーを採用することとした。

落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーは、従来の粘性ダンパーに落橋防止用部材のPC鋼棒を追加した構造となっている。機能を互いに阻害することがないように、制震ダンパーとして機能

する際はPC鋼棒に遊間が残り、落橋防止構造として機能する際にはダンパーのストロークが残る設定としている。また、定着部は2軸回りに回転可能なユニバーサルクレビスを適用している。それにより、落橋防止機能時に想定外の変位が発生しても追従できる構造としている。

図-5には分離構造（当初）と一体化構造での部材配置を示している。落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパーを使用することで、デバイスだけでなくブラケットや補強部材も削減することが可能となり、合理的な構造とすることができた。

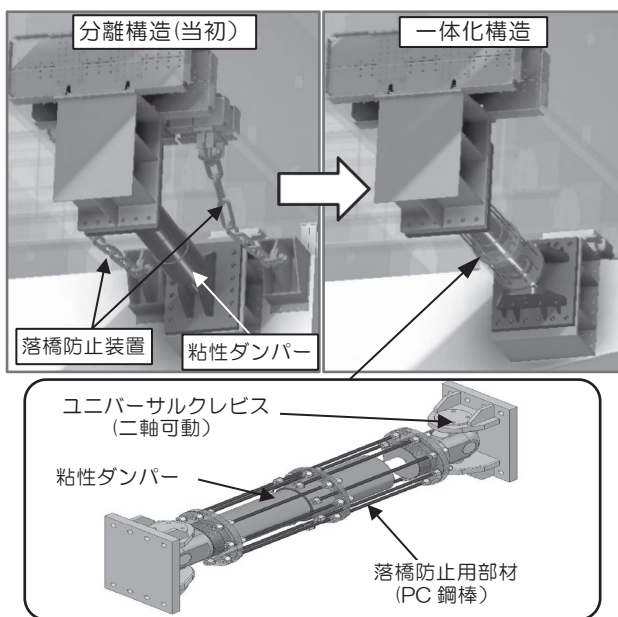


図-5 落橋防止機能付き流動抵抗型粘性ダンパー
(2) ブラケットの兼用

下部工付きのブラケットを必要とする工種が多いため、兼用可能な工種については、ブラケットを兼用する方針とした。

各工種によりブラケットへの作用力の大きさや作用位置が異なるため、ブラケットの照査は兼用する工種に対してそれぞれ行い、最も不利な条件でブラケットの耐力が満足するように設計を行った。

上述の通り、耐震デバイスの一体化や下部工ブラケットを兼用構造とすることで、限られたスペースの中でも維持管理性を確保した部材の配置とすることができた。

3-2 3次元データの活用

(1) 既設部材との取合い確認

まず、既設部材の3次元モデル（以下、3Dモ

デル）を作成し、新設部材の3Dモデルを追加配置することで取合いの確認を行った。既設部材については、3次元レーザースキャナーにて現地の点群データを取得後に、面処理を行いモデル化した。既設部材のモデル化は、補強部材との干渉の可能性がある桁内の補剛材や排水設備等の付属物まで既設図面も参照して行っている（図-6）。既設図面との誤差も含めて補強部材との取合い確認を行い、製作・施工に反映することで手戻りなく施工まで行うことができた。

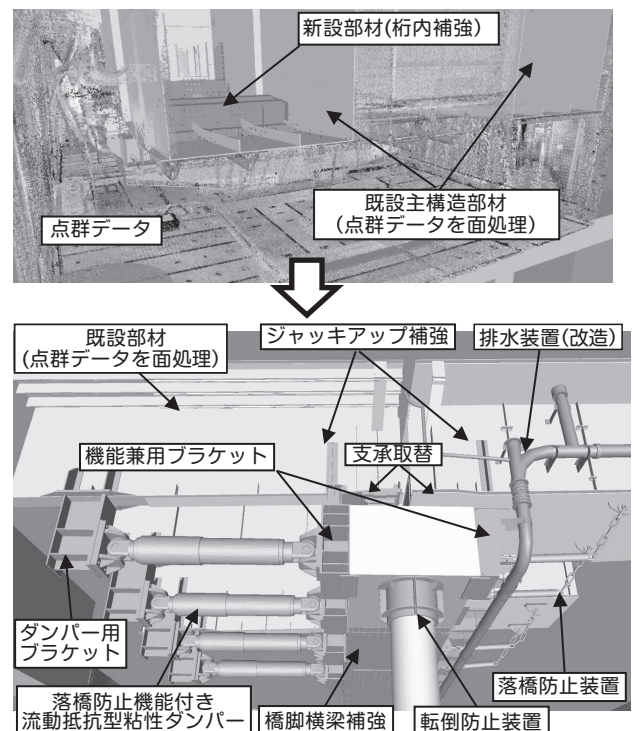


図-6 3Dモデルによる部材配置図

(2) 部材施工性の確認

既設構造物を再現した3Dモデルを使い、各種施工性の確認を行った。

① ボルト締付けの確認

ボルト及び締付け機をモデル化し、部材取付け後のボルト締付け可否の確認を行った。締付け機の干渉や、作業者のスペース確保まで確認した上で、ボルトの向きや配置の変更を行った（図-7）。

② 搬入経路の確認

脚内や桁内に取り付く部材の設置位置までの搬入可否について、部材搬入時の軌跡を作成することで確認した。搬入が出来ない場合は部材の分割

やマンホールの追加を行い、施工が可能な構造に変更した。

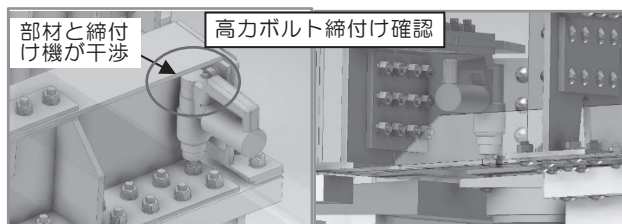


図-7 ボルト締付け確認

③ 部材の荷揚げ確認

橋梁下の一般道における規制位置や、足場との関係性も考慮した状態で、部材の荷揚げ可否について確認を行った。荷揚げを行う部材が、規制範囲内で取り回しや足場の開口からの取り込みが可能かを確認し、部材の分割や施工計画への反映を行った。

設計段階で3Dモデルを作成して施工性の確認を行い、図面へのフィードバック及び現場担当者との事前共有を設計段階から行ったことで、現地で問題なく施工を行うことができた（図-8）。

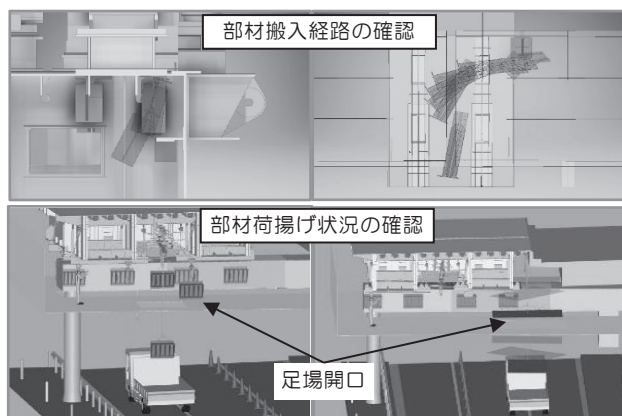


図-8 施工検討図

(3) 関係者との合意形成への活用

本工事では、施工範囲の橋脚及び支点部前後の上部工について、全体の3Dモデルを作成した。3Dモデルは打合せ資料等に活用することで、迅速な合意形成を図ることができた。

また、設計段階で3Dモデルを作成しているため、現場や製作工場にはそれぞれの計画段階で3Dモデルを共有することができた。3Dモデルを使った確認により、各担当者が全体の作業量や難易度を容易にかつ正確に把握することが可能になった。それにより各工程の精度もあがり、工事全体を円滑に進めることができた（図-9）。

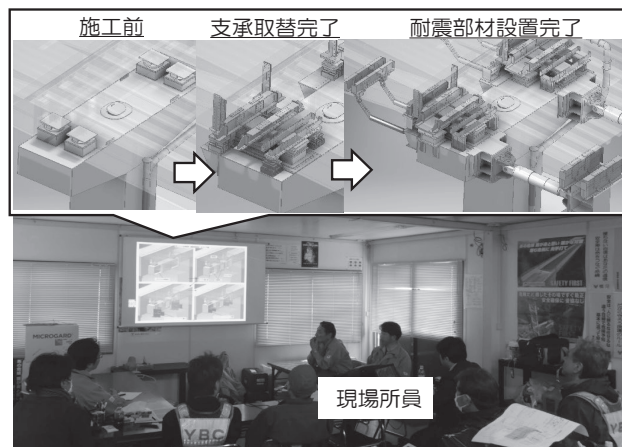


図-9 3Dモデルを用いた現場周知会

4. おわりに

本工事では設計段階にて3Dモデルを活用するフロントローディングを実施することで、設計図書に対する効果的な事前検討を行うことができた。また、従来は設計完了後に実施する施工検討作業を前倒しして設計と同時期に行うことで、設計へのフィードバックによる現場での不具合防止、関係者での合意形成の迅速化を図ることができた。

保全事業では本工事と同様に狭い空間の中での施工となることが多いため、3Dモデルの有効性は高いと考えられる。ただし、3次元レーザースキャナーで既設部材を計測する際は、道路供用下の振動がある環境で行うことが多く、点群データの精度向上やデータ処理時の効率化等、課題も残っている。今回の工事の経験を活かして、MR等の新しい技術を取り込んでいながら、3Dモデルを活用したフロントローディングでさらなる保全事業の高度化、生産性向上に今後も取り組んでいきたいと考えている。

最後に、本工事を施工するにあたりご指導・ご協力いただきました皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 首都高速道路(株)：橋梁構造物設計施工要領 [V耐震設計編] 2020.