

32 その他

3D計測を活用したロッキング橋脚耐震補強工事

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

現場担当

八木

聡○

設計担当

貞島

健介

現場代理人

江野澤

正義

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：(修) 構造物改良工事29-2-3
- (2) 発注者：首都高速道路株式会社
- (3) 工事場所：東京都港区海岸二丁目
- (4) 工期：2017年12月29日～
2022年4月30日（予定）

本工事における対象橋梁は、3径間連続鈎桁（3橋梁）と2径間連続箱桁（2橋梁）であり、橋脚の断面構成は、中央2柱は鋼製橋脚、両端2柱はロッキング橋脚で支持されている（図-1）。

ロッキング橋脚は、上下端がヒンジ構造の柱で鉛直支持機能と回転機能を有するが、水平力に対しては抵抗しない橋脚である。近年の大地震により倒壊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ていた。

本工事では、19柱のロッキング橋脚の耐震対策を目的として、転倒防止装置工・支承取替工・制震装置工・上揚力対策工等、様々な工種を施

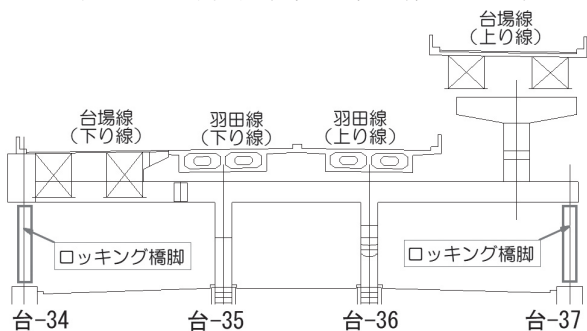


図-1 橋脚一般図

工した。本稿では、転倒防止装置工に着目して（図-2）、現場での課題・対応策等について報告する。

2. 現場施工における課題

転倒防止装置の設計方針を図-3示す。常時や地震時に機能するのではなく、地震により橋脚支承部が損傷した場合に、フェイルセーフとして転倒を防止する対策である。なお、地震時については、橋梁全体での動的解析を実施し、ロッキング橋脚と転倒防止装置が接触しないことを確認している。

上述した設計方針を踏まえて、現場施工における課題を以下に示す。

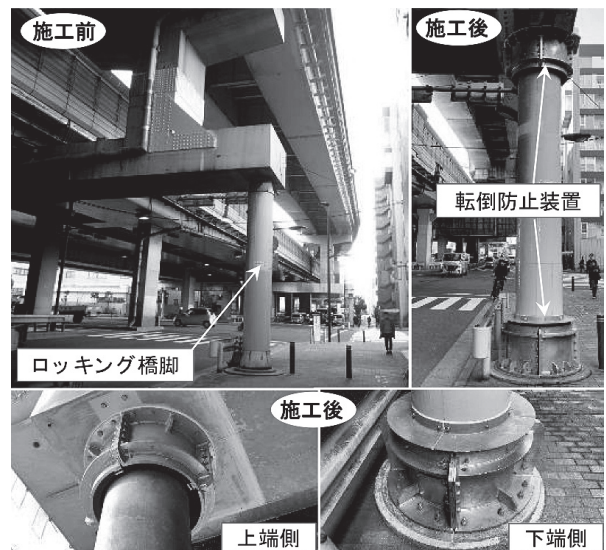


図-2 現地写真、転倒防止装置設置完了写真

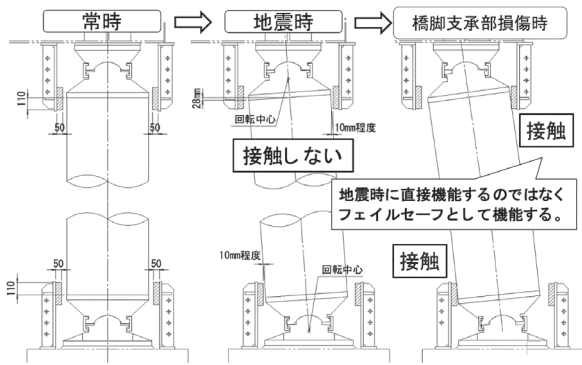


図-3 転倒防止装置設計方針

2-1 ロッキング橋脚の構造特殊性

ロッキング橋脚は鋼管で、上下端がヒンジ構造であるため傾斜を有しており、計測自体も難しく計測結果に誤差を生じる可能性がある。さらに橋脚周辺には、ガードレール等も近接しており、設計においては、橋脚形状や橋脚基部に加え、周辺の構造物も正確に把握することが課題であった。

2-2 出来形管理上の課題

橋脚下端側の部材は、橋脚基部にアンカーボルトを設置して固定する構造であり、設置面の基部上面は不陸を有しているため、事前調査時に、支承台座や天端不陸形状が脚毎に異なることを確認していた。転倒防止装置の施工時出来形管理においては、設計で設定した遊間確保が重要であるため、アンカーボルト位置を正確に把握し、橋脚基部設置面の不陸調整を行って、部材設置時の水平度を確保することが課題であった。

2-3 狭隘部での施工上の課題

ロッキング橋脚は歩道上に設置されており、施工時の足場空間も限られている。転倒防止の上端側の部材は橋脚横梁下面に設置するため、クレーンによる部材の移動や吊り上げが不可能であった。また、既設塗膜には鉛などの有害物質が含有されており、徹底した保護具および養生にて作業を行う必要があり、狭隘な限られた空間における施工計画や作業環境確保が課題であった。

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 3Dデータの活用

既設出来形計測は3Dレーザースキャナーで実

施し、計測結果をもとに以下の検証を行った。

(1) 点群データを面データに変換し(図-4)、工場製作時の3次元原寸データと重ね合わせを行い(部材水平度を確保)、下記に示す項目について設計段階で確認を行った。

① 橋脚基部設置面の不陸形状

不陸形状を把握することで、橋脚基部天端を部分的に撤去して無収縮モルタルを施工する箇所を特定し、部材設置時の高さ位置を把握して設計値との比較検証を行った。高さ位置が異なる場合は、その差異の大きさによっては、部材高さを変更して対応した。

② 既設支承台座と部材とのクリアランス

橋脚毎に支承台座形状が異なるため、干渉有無の確認を行い、部材と干渉する場合は、支承台座の部分的撤去や部材形状を大きくして対応した。

③ 橋脚と部材の設計遊間(施工時出来形管理用)

面データには橋脚の傾きも反映されており、円周における遊間のばらつきを把握し、施工時遊間管理における設計値(実測値)を算出した。また地震時に橋脚が傾斜した場合の遊間も算出し、接触しないことを確認した。

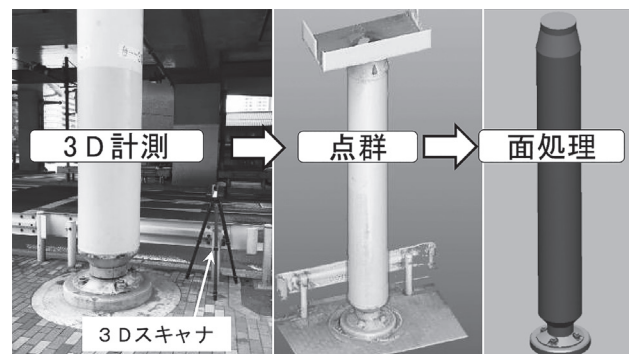


図-4 ロッキング橋脚計測、面処理

上述した検証内容の詳細を図-5に示す。A-A断面は、接触する緩衝ゴム位置における橋脚と部材の遊間を示しており、実際に施工した際の遊間との比較検証は図-5の右上表でもわかるように、その差異は部材設置時の施工誤差程度であることも確認できた。

(2) 点群データと3次元原寸データの重ね合わせを行い、周辺構造物との干渉確認を実施した結

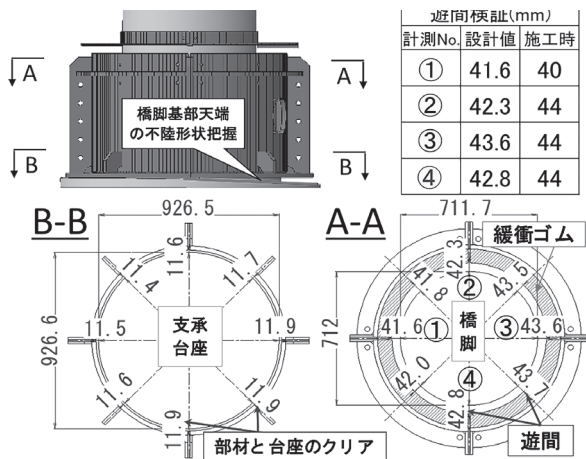


図-5 3Dデータにおける検証結果

果、ガードレールと部材が干渉する箇所があった(図-6)。干渉幅は5.3mmと小さく、点群自体や重ね合わせ時の誤差とも考えられたが、原寸模型で再度検証して干渉することを確認し、構造詳細の変更を行った。

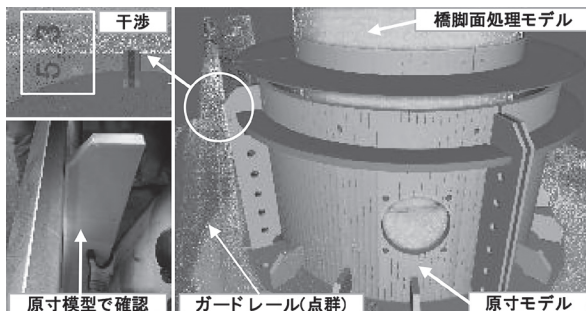


図-6 周辺構造物との干渉確認

以上の検証により、設計段階でロッキング橋脚や周辺構造物を正確に把握することが可能となり、施工時や地震時の設計遊間検証や部材干渉による不具合を防止することができた。

3-2 ロッキング橋脚下端側部材設置時の工夫

(1) アクリル板と写真計測の活用(図-7)

部材と橋脚基部を固定するアンカーボルト位置を正確に把握するため、以下の対策を実施した。

- ① アンカー孔削孔後に疑似アンカーを設置
- ② 疑似アンカー上に透明なアクリル板を設置(アクリル板の水平度を確保する。)
- ③ アクリル板へ疑似アンカー中心位置を罫書く
- ④ 罫書き後のアクリル板を用いて写真計測を実施し、アンカー位置を把握する(足場空間が狭いため、室内で写真計測を実施。)

- ⑤ 計測後のアンカー孔位置を工場製作データに反映し、部材製作後にフィルムにて孔位置の整合性確認を実施

上記フローにより、部材設置時の水平度を確保した上でアンカー孔位置を正確に把握することができ、部材に干渉することなくアンカーボルトを設置することができた。なお、計測では、写真計測図化システム「VFORM」(株横河技術情報)を利用した。このシステムでは計測位置にターゲットを設置してカメラで撮影すれば、その場でCADデータにて確認できるため、従来作業と比べて計測・設計の手間を大幅に短縮できた。

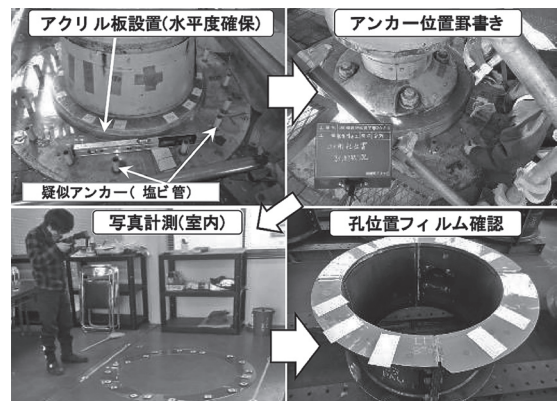


図-7 アクリル板、写真計測の活用

(2) セルフレベリング材の採用(図-8)

橋脚基部の不陸部解消と部材設置時の水平度確保のために、以下の対策を実施した。

- ① 橋脚基部の不陸箇所をはつりにより撤去
- ② 型枠設置後に無収縮モルタルの打設
- ③ セルフレベリング材の施工

これにより部材設置面の不陸が解消され、部材設置時の水平度を確保することができた。

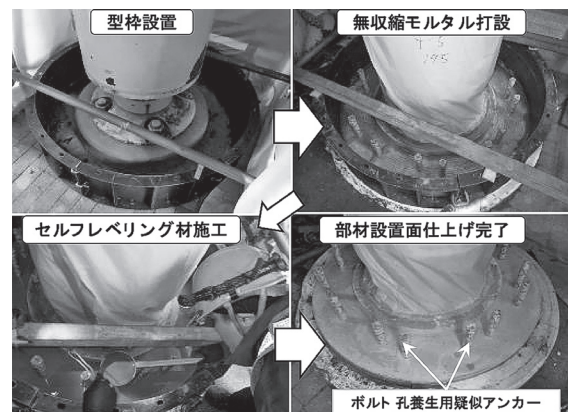


図-8 部材設置面の水平度確保対策

(3) アンカーボルト鉛直度確保用治具

下端側部材の据付け状況写真を図-9に示す。

アンカーボルトの設置は、部材据付け前に実施し、部材を上から落とし込んで据付けを行うため、アンカーボルトの鉛直度を確保するための治具を製作して設置を行った。

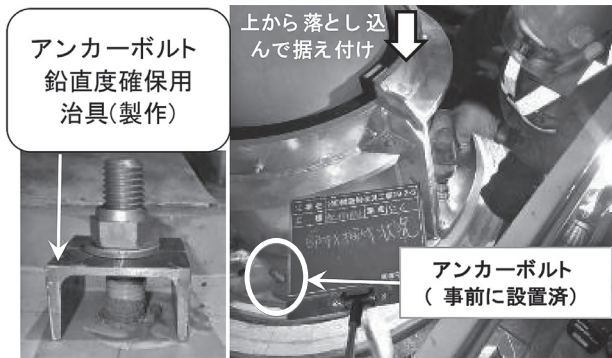


図-9 下端側部材設置状況

3-3 狭隘部における施工時の工夫 (図-10)

(1) エンドレス型ウィンチによる吊上げ

上端側部材設置においては、横梁内部にエンドレス型万能ウィンチであるチルクライマーを使用し、新設孔にワイヤーを通して部材を吊り上げた。チルクライマー本体も軽量で人力での運搬が可能であるため、この方法を用いたことにより狭隘部での部材の吊り上げ、設置作業が容易になった。

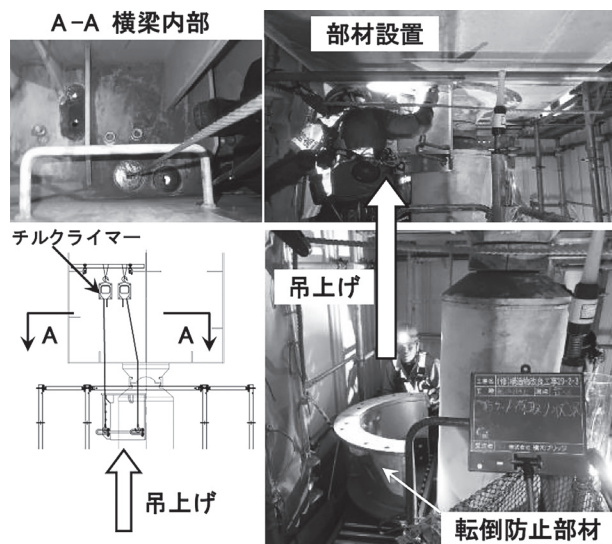


図-10 上端部材設置計画と施工写真

(2) 作業区分や設備の見える化

狭隘な足場内において作業エリアの区分け検討を行い、3Dイメージ図 (図-11) を作成して、関

係者と合意形成を行った。これにより、素地調整作業に従事する作業員にも分かりやすく伝えることができ、狭い場所でも作業環境に準じた設備を設けることができた。

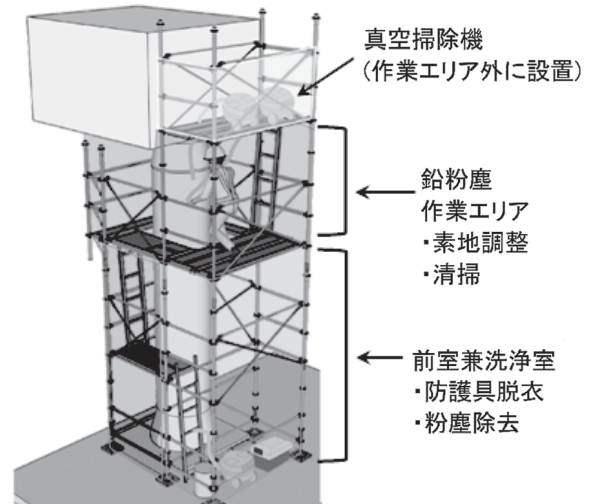


図-11 素地調整作業エリアイメージ

4. 終わりに

本工事では、設計計画段階にて3Dモデルを活用したフロントローディングを実施し、計測～実測反映作業の効率化や設計成果品に対する効果的な事前検討 (可視化・整合性確認等) を行うことができた。また、従来設計完了後に実施する施工検討作業を事前に行うことで、設計へのフィードバックによる現場での不具合防止、出来形品質管理の向上、道路管理者を含む工事関係者での合意形成の迅速化を図ることができた。

ロッキング橋脚は、構造としては複雑ではないため、3Dモデル化による既設出来形把握は比較的容易であった。しかし、上部構造の把握においては、道路供用時に足場上で3D計測を実施するため、点群の誤差や面処理精度に影響し、3Dモデル化手法や活用方法が今後の課題である。今回の経験を活かして、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、ご指導頂いた首都高速道路(株)の方々、並びに、ご協力頂いた工事関係者にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。