

単柱式橋脚の支承取替え工事

— 支承取替え技術を用いた補修・補強 —

山岸 俊一*1・渡辺 智史*2

本工事は、首都高速道路において、4径間連続RC上部工（横梁はPC構造）の耐震性向上を目的とした支承取替え工事である。橋脚はRCラーメン門型構造2脚と単柱式3脚であり、単柱式橋脚において特徴的な施工を行っている。総幅員16m程度のコンクリート上部工に対し平面寸法の狭い不安定な単柱式橋脚での施工において、橋脚周りに設置したジャッキアップ用反力盛替え支柱で上部工を支持し、長期の仮受け期間中地震に対する安全確保のため、仮設材に変位制限支柱を別途設けることで供用下での安全性を確保した。これにより既橋脚のはつりを可能とし、アンカーボルトも含めた支承に関わるすべての部材を新規部材に取り替えることが可能となった。また、圧力センサーにより支承反力を管理する、新しい技術も取り入れた支承取替えの施工について紹介する。

キーワード：支承取替え、反力盛替え支柱、仮設変位制限支柱、圧力センサー

1. はじめに

当工事は、耐震性向上工事であり、平成16年度から平成18年まで行った床版補強工事から引き続き価格交渉型と呼ばれる契約方式にて平成18年より継続している工事である。

本工事は、既設鋼製支承に老朽化、腐食による機能不全、き裂等の損傷が発見されたことから、機能回復および耐震性向上を主旨として道路橋示方書・耐震設計編（[道示V]）に示されるタイプBのゴム支承への取替えを行うものである。

鋼製支承のき裂の原因としては主に腐食と、これに伴う拘束を要因とした水平力によるものではないかと考えられる（写真-1）。また、腐食については伸縮装置からの漏水が原因であった。可動支承は腐食により固着しており桁の移動を拘束していたが、固定支承においては多少の老朽化・腐食はあるものの目立った損傷は認められなかった。

2. 工事概要

工事場所：首都高速道路 高速2号目黒線
施工延長：L = 93.050 m（4径間）



写真-1 サイドブロックのき裂と腐食状況



写真-2 施工前全景

橋梁形式：4径間連続RC2主箱桁橋
総幅員：16.1 m、供用開始：昭和42年
施工工種および内容：支承の取替えおよび落橋防止装置の設置

現在、ラーメン橋脚2脚および単柱式橋脚1脚の施工が完了し単柱式の2脚について施工中であるが、残り2橋脚も支承の取替えは完了し埋戻し・雑工等の残工事を施工中である。



*1 Toshikazu YAMAGISHI

川田建設(株) 保全事業部



*2 Satoshi WATANABE

川田建設(株) 保全事業部

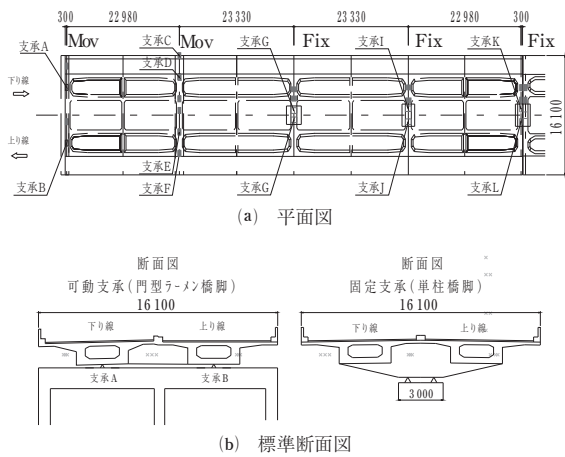


図 - 1 コンクリート高架橋の概略図

3. 設計・施工の概要

3.1 設計方針

本工事の設計は「道示V」に示されるタイプBのゴム支承への取替えを前提として、損傷部の補修を目的に行ったが、構造形式を統一する必要性から損傷の有無に関わらず1連の支承をすべてゴム支承へと取り替えることとした。

設計反力については、地震時の検討として動的解析を実施し、橋軸直角方向に不安定な構造である単柱式橋脚では、地震時水平力による回転で発生する負反力の検討も行い、負反力防止構造も取り付けた。

単柱式橋脚における問題点は以下の点であった。

- 下部工の平面寸法が3×2.6mと非常に狭いため十分な作業空間が確保できない。
- 下部工は鋼板巻立てによる耐震補強済みであり補強部材の一時撤去・復旧が必要となった。
- 建築限界に対して脚からの離隔がなく、部材の設置は困難であった。
- 支承間隔が1.75mと狭く構造が不安定であった。

単柱式橋脚の構造概要を図-2に示す。

これら問題に対し、以下の方法にて問題点を解決し施工を行った(図-3)。

- 横梁を利用して橋脚周りに配置した支柱を用いたジャッキアップ設備にて施工する方法を選定した。
- 支柱を利用することにより作業空間が確保され、既設柱部をはつり、新規部材を設置する作業が可能となり補強後の構造が建築限界にも影響を与えない。

3.2 設計および施工時の留意点

支承アンカーについては、既設支承のアンカーを溶接にて再利用する方法が多く行われているが、本工事では既設アンカーの使用は困難と判定し、使用しないものとして設計した。

ただし、L2地震時の回転による負反力については支承機能で負担せず、別途プレートで上下部を連結する(アイバー)方式により対応することとした。ゴム支承の概要図および支承取替え一般図を示す(図-4、図-5)。

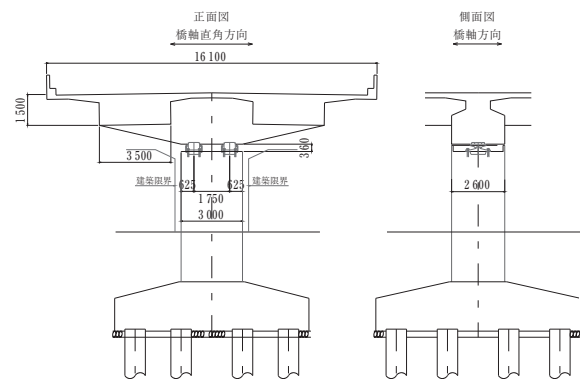


図 - 2 単柱式橋脚構造概要図

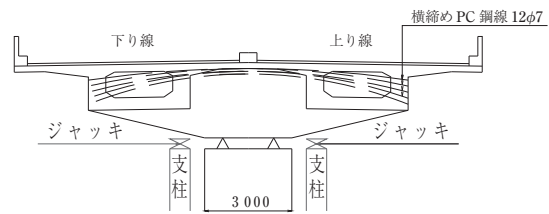


図 - 3 ジャッキ支持点

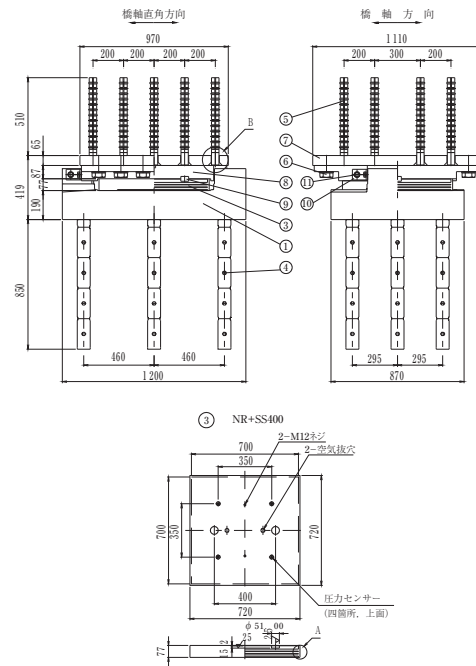


図 - 4 ゴム支承概要図

本工事の単柱式橋脚は、支承の間隔が狭く不安定な構造であり、支承設置後の不均等な反力は構造系に悪影響を与えるため、反力管理に圧力センサーを内蔵した支承本体で、反力をリアルタイムに測定できる機構を備えた特殊な支承を採用した。このシステムは、支承メーカーと(株)ネクスコ東日本エンジニアリングで共同開発している反力測定システムである。一方、仮設材の支柱構造としては、設置期間が長期となるため、鉛直反力のみではなく地震時の水平方向に抵抗できるように、橋軸方向および直角方向の変

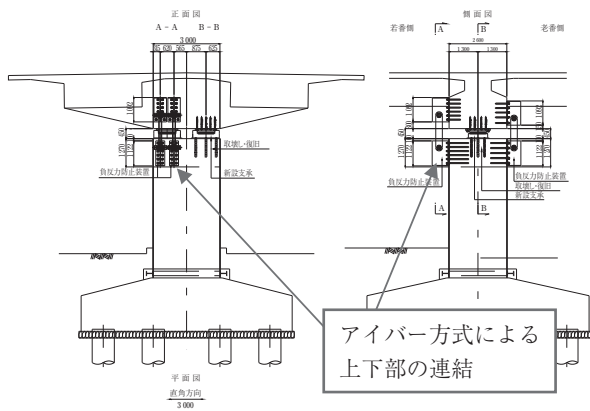


図 - 5 支障取替え一般図

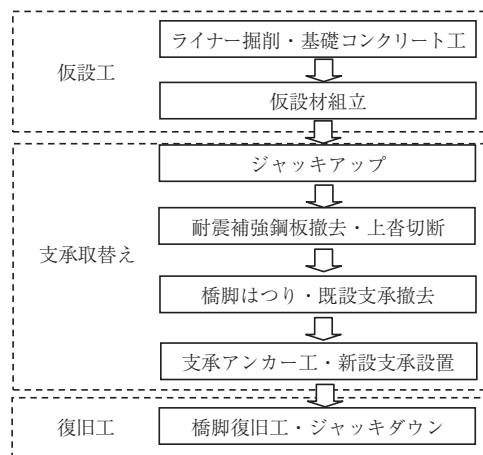


図 - 7 作業手順フロー図

位制限を目的として仮設変位制限支柱を設置することとした。架設時設計水平力についてはレベル1地震動とし、2脚ある固定橋脚は同時施工とせず、1橋脚ずつ施工することとした。

また、反力盛替え支柱や仮設変位制限支柱等の仮設材の形状については後に続くはつり作業、支障の撤去・据付け等の作業性にも大きく影響するため、それらの作業性も含めて検討し、支柱の構造を決定した(図-6)。

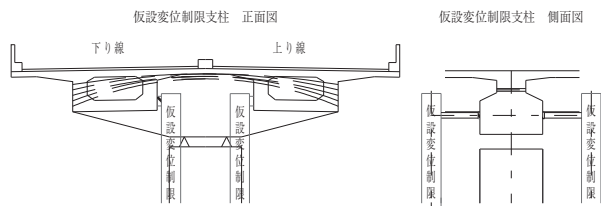


図 - 6 仮設変位制限概要図

4. 単柱式橋脚における支障の取替え

4.1 作業手順

本工事においてもっとも特徴的な単柱式橋脚の施工について紹介する。図-7は作業手順フロー図である。

4.2 仮設工

(1) 基礎コンクリートの施工

本橋脚の全反力は約 10 000 kN と大きいため、支柱基礎はフーチング上に基礎コンクリートを構築することとした。掘削については、規制帯の両側に一般車両が走行しているため、安全を考慮してライナー掘削を採用した。また、余裕を持った作業帯の広さを確保できなかったため、掘削幅を必要最小限としながら作業空間を確保するために、円形ライナーではなく矩形ライナーを採用した(写真-3, 4)。

(2) 仮設支柱の組立て

仮設材は反力盛替え支柱と仮設変位制限支柱とから構成される。かざられた常設作業帯のなかで作業が効率的となるようにブロック分割したが、反力が大きいため構造部材が重くなり、ラフタークレーンを使用して建込みを行った。



写真 - 3 ライナー掘削

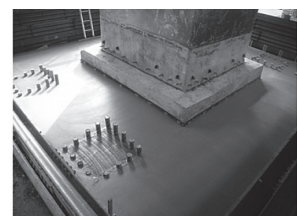


写真 - 4 基礎コンクリート

仮設支柱の組立て状況を写真-5, 6に示す。



写真 - 5 仮設材組立て状況

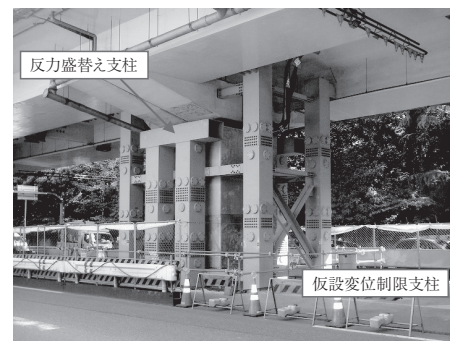


写真 - 6 仮設材組立て完了

4.3 支障取替え工

4.3.1 上部工のジャッキアップ

ジャッキアップに先立ち、上部工側横梁下面がハンチ形状となっているため、横梁下面に無収縮モルタルにより台

○ 特集 / 工事報告 ○

座を構築した。ジャッキアップは4000 kN ジャッキ4台を使用し、4本の反力盛替え支柱直上にセットした（写真-7）。



写真-7 ジャッキセット状況

また、ジャッキアップ時はジャッキポンプに付属した圧力計とともに反力盛替え支柱にひずみゲージを設置し、ジャッキアップ時の反力をモニタリングすることで、反力の偏心等がないかを管理した。さらに、このひずみゲージを使用して、ジャッキアップ期間中定期的に反力盛替え支柱の反力に異常がないかを確認し、日常安全管理にも使用した。

4.3.2 耐震補強鋼板の撤去

既設耐震補強巻立て鋼板の撤去範囲は、必要最小限として、橋軸方向に面する起・終点側の2面のみ撤去とし（写真-8）、残る側面の鋼板については、橋脚はつりの際に発生するはつり殻等の飛散物養生、あるいはウォータージェット施工時の側面防護板としての役割も期待し残置した。（図-8）。



写真-8 鋼板撤去状況

以下に鋼板撤去の施工手順を下記に示す。

- ① 仮固定用アンカーの撤去
- ② ディスクサンダーによる鋼板の切断
- ③ レバブロックによる鋼板の引剥し

4.3.3 ワイヤソーによる上沓の切断

上沓の撤去はせん断キヤが上部工コンクリート内に埋め込まれていたこと、上部工横梁はPC構造であったことから、はつりによる上部工の断面欠損を防ぐ目的で、ワイヤソーにより桁下で上沓を切断・撤去した（写真-9）。

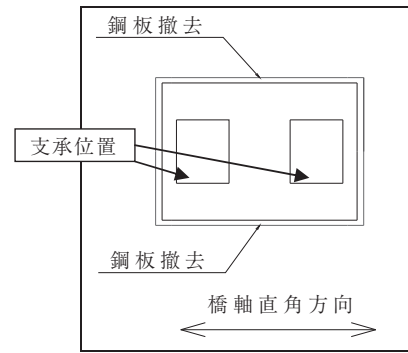


図-8 鋼板撤去平面図

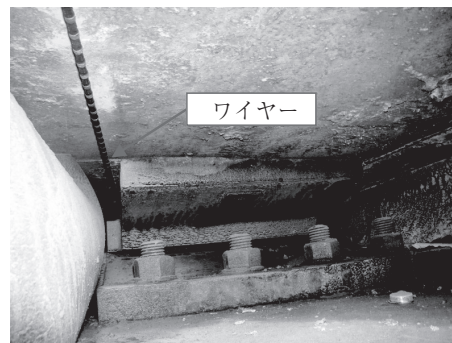


写真-9 ワイヤソー

4.3.4 橋脚のはつり・既設支承の撤去

橋脚コンクリートのはつりは、以下の3工程に分けて行った。

STEP-1：ウォータージェット一次はつり（写真-10）

主にコンクリート表面から主鉄筋のかぶり内側程度が完全にはつり出せる300 mm厚。



写真-10 ウォータージェットはつり状況

STEP-2：人力はつり・既設支承撤去（写真-11）

上記STEP-1を除いた部分の主に橋脚中央部。

STEP-3：ウォータージェット二次はつり（写真-12）

側面および橋脚復旧時のコンクリート打ち継目処理を目的として、底面を100 mm厚程度。

上記3工程に分けた理由は、騒音対策・コスト低減・品質確保である。ウォータージェットの最大の欠点は、作業中に発生する騒音とコスト高であり、とくに騒音については、オフィスビル・マンション・幼稚園が近接している本



写真 - 11 既設支承撤去状況



写真 - 13 コアボーリング状況



写真 - 12 脚はつり完了状況

現場においては、第三者に与える影響が大きいと予想された。しかし、長所としては峽所での作業効率が良いこと、また、既設鉄筋の損傷を防止し、後に続く工程として橋脚復旧時のコンクリートを打ち継ぐ際の打継面処理としてウォータージェットが優れていることがあげられる。これらの長所短所を総合的に検討した結果、上記工程として施工時間を限定しての施工を行った。

安全対策としては、ランス棒を使用した（ハンドガン）ウォータージェット工法で災害事例が多いことから、単管パイプを利用してランス棒先端を固定することで、作業員の安全を確保するよう安全面にも配慮した（写真 - 10）。

既設主鉄筋は支承設置作業に支障となることから切断し、橋脚復旧時にガス圧接により復旧することとした（写真 - 12）。

4.3.5 新設支承の設置

(1) 支承アンカーの設置

橋脚コンクリートを 1.2 m 程度はつり出したため、上部工下面からのアンカー定着が可能となり、コアボーリングを行ったが、既設鉄筋が密に配置されており、損傷を与えないための手順として以下にて削孔を行った。

- ① 既設上沓撤去跡から既設鉄筋位置を目視確認
- ② 既設鉄筋を避けた位置にマーキング
- ③ 計測板にアンカー穿孔位置を転写
- ④ 既設上沓撤去跡の断面修復
- ⑤ 断面修復後、上記③の計測板からアンカー位置転写
- ⑥ コアボーリング・アンカー定着（写真 - 13）

(2) 支承本体の設置

支承の設置にあたっては上記アンカー定着後、アンカー

位置を計測板を用いて正確に計測し、ソールプレートの製作に反映させた。

支承の設置にあたっては、橋脚はつり面に H 鋼等で架台を組み、テフロン板、ジャッキ等を用いてソールプレートを仮固定し、溶接により固定した。

その後同様の方法で、支承本体を設置した（写真 - 14, 15）。

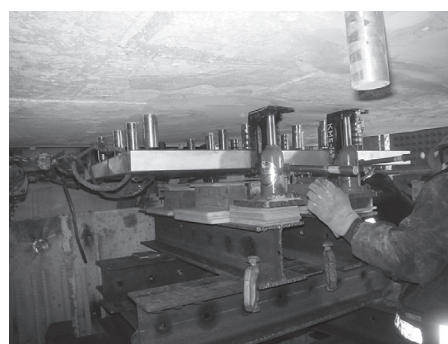


写真 - 14 ソールプレート設置状況



写真 - 15 支承設置完了

4.4 復旧工

(1) 橋脚の復旧

- ① 主鉄筋のガス圧接による復旧（写真 - 16）
- ② 鉄筋組立て（写真 - 17）
- ③ 溶接による巻立て鋼板の復旧（写真 - 18）
- ④ コンクリート打設（写真 - 19）

上記、①においては隣接した鉄筋の圧接継手位置がほぼ同一の断面になるため、有効な鉄筋本数を低減して照査することで応力の検証を行った。



写真 - 16 主鉄筋ガス圧接状況



写真 - 17 鉄筋組立て状況



写真 - 18 鋼板復旧状況



写真 - 19 コンクリート打設

また、耐震補強の巻立て鋼板については鋼板をそのまま型枠とすることで、工程の短縮を図った。支承の取替え完了状況を写真 - 20 に示す。



写真 - 20 支承取替え完了

(2) 支承反力の盛替え

単柱式橋脚の上部工は、上り線側下り線側の2つの箱形橋を繋いだ横梁下面に、狭い支持間隔（1.7 m）で2点支持する構造であり、不安定な構造形式であることから、反力盛替え時に2つの支承に均等に反力が作用するか懸念された。

このため、先に説明した圧力センサーを用いた反力計測システムを採用し、反力をモニタリングしながらジャッキダウンを行った（図 - 9、写真 - 21、22）。

その結果、2つの支承反力はおおむね想定どおりの数値となった。また、ジャッキダウン後も1時間程度のリアルタイムのモニタリング（写真 - 23）を行い、高速上を走行する車輛による反力の変動を観察した結果、2つの支承の挙動が正常であることと反力計測システムの有効性を確認できた。当工事の現在の状況を写真 - 24 に示す。

5. おわりに

今回ここで紹介した方法は制約条件の多い支承取替工に対する1つの施工方法として今後の参考になるのではない

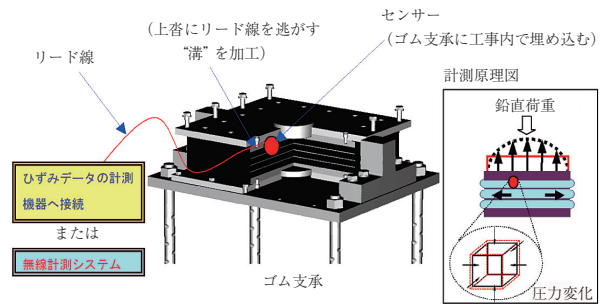


図 - 9 反力計測システム概要図



写真 - 21 圧力センサー計測状況



写真 - 22 反力計測状況

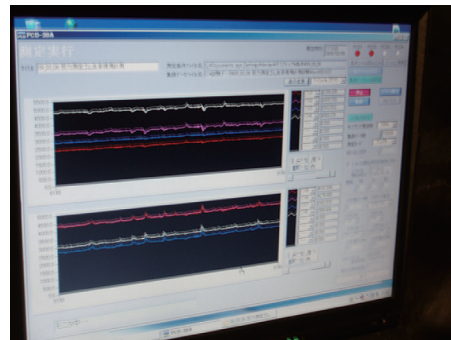


写真 - 23 反力管理モニター



写真 - 24 現在の状況

かと考える。当該工事は現在（原稿執筆時点）も継続中であり、今後も安全第一で施工を進めていく所存である。

最後に、首都高速道路株式会社の関係各位のご理解、指導とこの施工に参加していただいている方々の協力に感謝の意を表し、今後も変わらぬご指導ご協力をお願いいたします。

【2011年1月17日受付】