

首都高速道路における橋梁保全工事の取組みと事例紹介

Initiatives for and a Case Study on Maintenance Work for Metropolitan Expressway Bridges

梶 間 健 史 株式会社 IHI インフラシステム 橋梁技術室都市高速部 次長
宮 田 明 株式会社 IHI インフラシステム 橋梁技術室都市高速部 部長

国内インフラの老朽化問題への関心が高まっている。300 km を超えるネットワークの首都高速道路は、重交通による過酷な使用環境と高齢化によって、多種多数の損傷が発見され、その損傷対策が進められている。株式会社 IHI インフラシステム（以下、IIS）は、その首都高速道路の維持修繕・改築を含む保全工事に継続的に取組み、経験・実績を重ね技術の研鑽に励んできた。本稿では IIS が携わった首都高速道路の保全工事における取組みと事例の一部を紹介する。

Social interest in the aging of domestic infrastructure is growing. With many different types and degrees of damage having been found on bridges along the Metropolitan Expressway — which has a network exceeding 300 km in length — because they have aged under the severe environment caused by heavy traffic, various countermeasures have been implemented. In addition to continuing to carry out maintenance work, including repairing, reinforcing, and rebuilding bridges along the Metropolitan Expressway, IHI Infrastructure Systems Co., Ltd. has devoted itself to the study of technologies based on its wealth of experience and achievements. In this paper, we describe some of the initiatives that we have introduced and introduce a case study on the maintenance work that we have carried out on Metropolitan Expressway bridges.

1. 緒 言

2012 年に発生した中央自動車道笹子トンネル（山梨県）の天井板崩落事故などにより、インフラの老朽化問題への関心が高まっている。高度成長期に整備された橋梁が供用後 50 年を超える割合が、今後加速度的に増えていく。第 1 図に道路橋ストックの現状⁽¹⁾を示す。

首都高速道路は慢性的な交通渋滞の緩和を目的として、1959 年に建設を開始し、1964 年の東京オリンピック開催時には 32.6 km が完成した。その後も供用延長を延ばし、2017 年末では 300 km を超えている。供用中の路線は高架構造が総延長の 76%あり、鋼桁が約 84%を占めている。交通量もさることながら、大型車混入率も高く、過酷な使用環境にさらされており、損傷が激しく進展しているケースもある。

このような状況において、IHI グループでは、継続的に首都高速道路の保全に取り組んできた。その保全工事には以下のような特徴と要求事項がある。

(1) 補修対象となる構造物を近接調査すると、想定していない損傷が発見されることが多い。このため、補修数量・予算・工程・設計仕様の変更が生じる。また、設計・施工協議や、都市高速道路管内の他工事との調整、他工事の事故による安全対策強化など

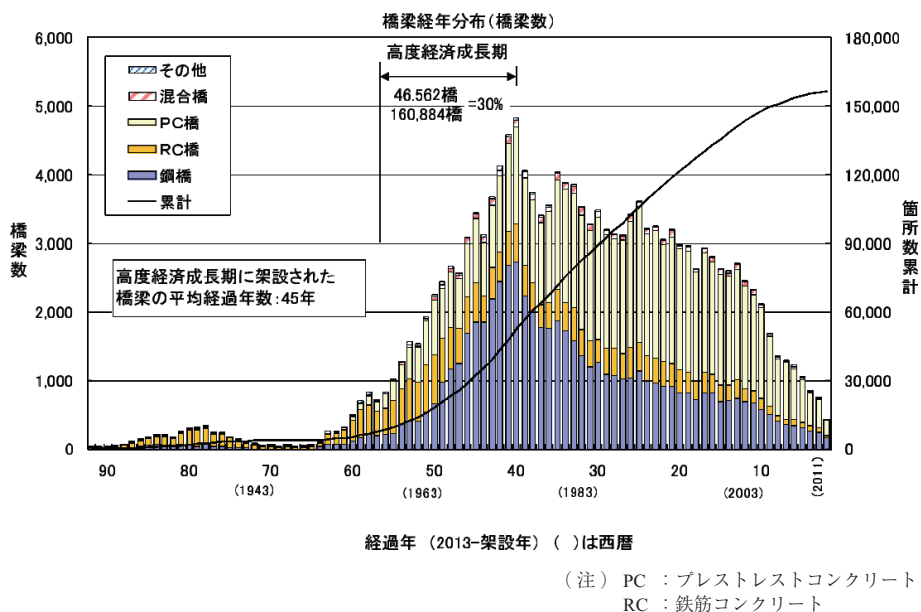
によって施工条件の変更が生じることもある。このような変更に対応しつつ、プロジェクトを完遂できるマネジメント体制が必要になる。

(2) 首都高速道路は首都圏道路交通網の大動脈であるため、交通を供用しながらの施工が主となる。このため、第三者と近接した環境での施工となり、少しのミスが即第三者事故につながる。また、空間的・時間的な制約条件の非常に厳しいケースが多く、ち密な計画と段取りが必要になる。

(3) 常時、荷重が作用している既設構造物に加工を施すため、補修・補強ステップごとに既設構造物や第三者の安全性を確保しなければならず、設計・施工の綿密なすり合わせが重要になる。

(4) 同じ損傷でも診断内容・補修方法が異なるため、建設当時や既済の補修・補強当時における基準・構造・材料・製造方法、損傷の程度や範囲などに配慮する必要がある。また、点検結果から見える表面的な損傷の奥に、より重大な損傷が潜んでいるリスクを想像する力が必要になる。すなわち、保全工事の知識・知見・経験を蓄積し、それを活用できる体制が求められている。

株式会社 IHI インフラシステム（以下、IIS）では、上記のような要求事項に応えるため、従来の橋梁建設工事を



第 1 図 道路橋ストックの現状⁽¹⁾
Fig. 1 Current state of highway bridge stock⁽¹⁾

効率的に行うための職能別組織とは異なる、保全専門のプロジェクト優先型組織を組成し、首都高速道路を中心とした保全・改築事業に取り組んできた。

以下に首都高速道路の保全・改築工事の事例を紹介する。

2. 鋼製橋脚隅角部補強工事 1-9 (東京)

2.1 工事概要

本工事の対象橋梁(環 4026, 環 4053 ~ 環 4054, 環 4056 ~ 環 4062 の計 10 橋脚)は、都心環状線と 5 号池袋線が立体交差する竹橋ジャンクション付近に位置し、東京オリンピックの開催に合わせ 1964 年に建設され、交通供用後約 40 年以上を経過していた。本工事では、隅角部(計 81 隅角)の疲労き裂のほか、主桁端部の切欠き部・上部工荷重を受ける橋脚の桁受ブラケットにも疲労き裂が発見され、すべての疲労対策を施す必要があった。また、既設橋梁は「平成 8 年道路橋示方書・同解説」に対応した耐震補強が未着手であったこと、伸縮装置からの漏水によって支承が腐食損傷していたことから、支承取替えと耐震連結装置の設置も望まれた。

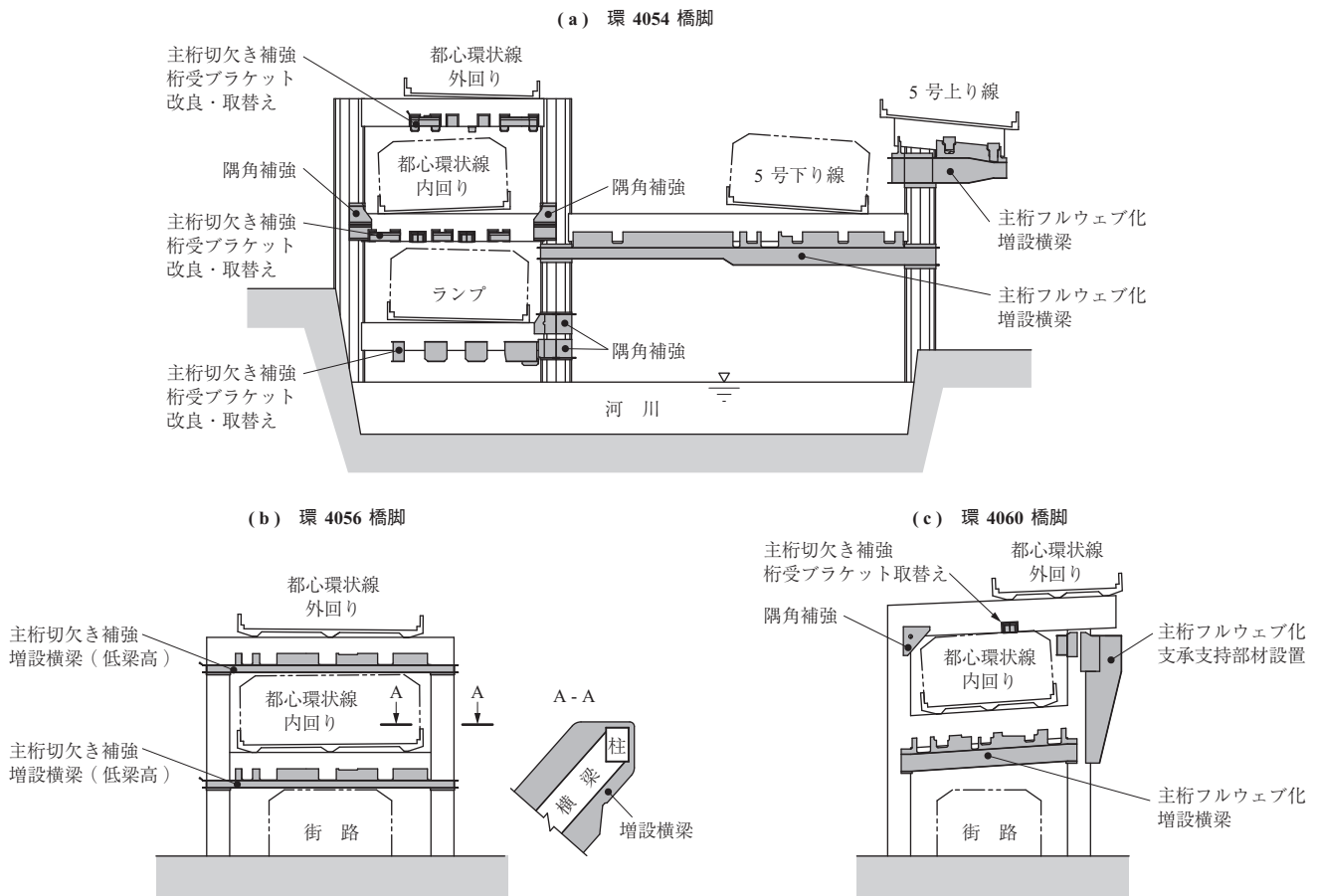
工事箇所は、河川内や街路・高速道路の上、建築物に近接した立地にジャンクション部が構築されており、① 曲線・斜角 ② 分岐・拡幅 ③ 多層構造 ④ 剛構造 ⑤ 主桁切欠き ⑥ 丸柱・角柱の採用、など非常に複雑な構造となっている。またこれに加えて、建築限界・計画高水位による空間的な制約、多種・多数の損傷発見で、補修・補強

の設計・施工に困難を極めた。第 2 図に補強概要図(一部抜粋)を示す。この結果、本工事は 2003 年 8 月 ~ 2010 年 12 月の 89 か月と長期間に及ぶ工事となった。このなかで、困難を可能にした補修・補強の構造・工法の事例を以下に紹介する。

2.2 増設横梁・主桁端部改造(フルウェブ化, 主桁切欠き)

桁下空間に余裕がある箇所においては、主桁切欠き部をフルウェブ化して増設横梁上で支持する構造に変更した。このことで、き裂のある桁受ブラケットの撤去と、上部工反力が増設横梁を介して柱に作用するため、隅角部の応力低減が可能となった。これまで丸柱への増設横梁設置と鈑桁のフルウェブ化の実例はあったが、角柱かつ箱桁の実例はなく、環 4060 (下層)はそのパイロット工事となった。第 3 図に環 4060 下層: 増設横梁・箱桁フルウェブ化を示す。丸柱橋脚に増設横梁を設置する場合、丸柱全周を巻き付ける構造が確立されていたが、角柱では FEM (Finite Element Method) 解析による照査を行い、柱ウェブ面だけに連結する構造とした。この増設横梁でフルウェブ化した箱桁を支持することで、角柱かつ箱桁の補強構造を確立した。

環 4056 橋脚(上下層)は桁下空間が狭く、斜角 40 度の桁受ブラケットの構造構築が困難であったため、梁高(約 500 mm)の低い増設横梁を採用した。第 4 図に環 4056: 斜角のある低梁高の増設横梁を示す。増設横梁は剛性確保のために箱断面とし、下フランジに施工用の開口



第 2 図 補強概要図（一部抜粋）

Fig. 2 Overview of reinforcements



第 3 図 環 4060 下層：増設横梁・箱桁フルウェーブ化

Fig. 3 Lower portion of Pier C4060 : Additional support beam and full-webbization of the box girder



第 4 図 環 4056：斜角のある低梁高の増設横梁

Fig. 4 Pier C4056 : Additional support beam with low height and a bevel angle

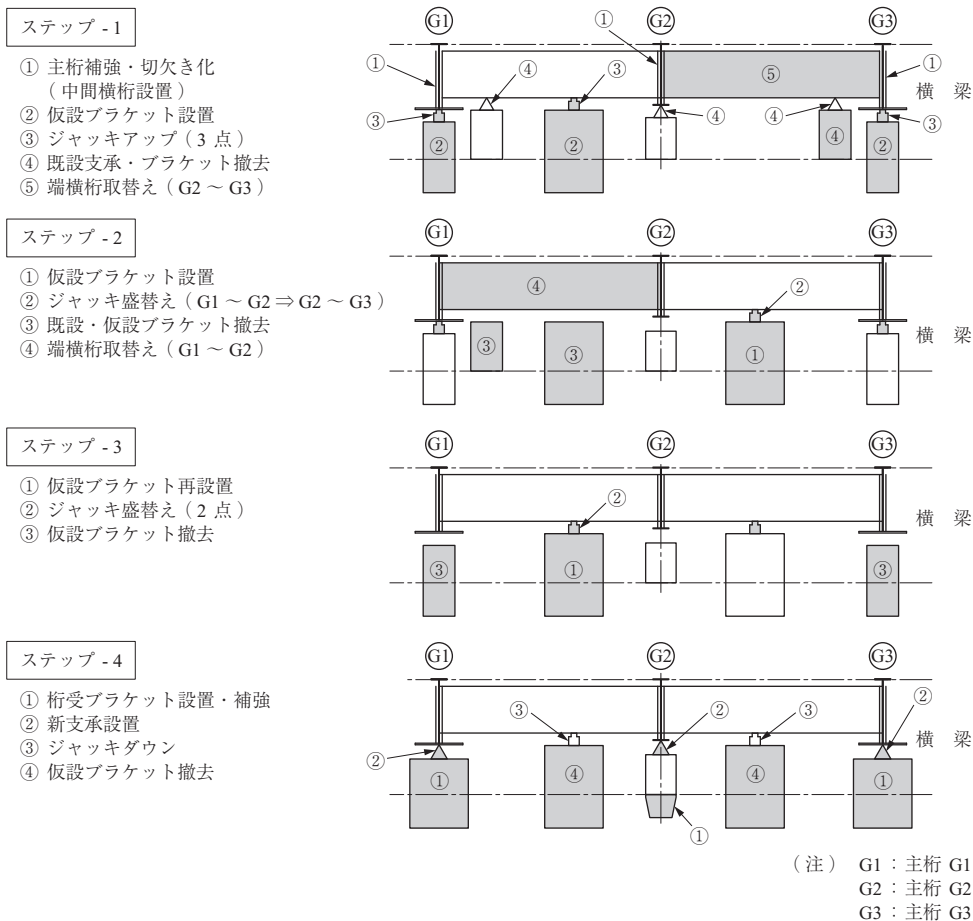
を設けた。重要である柱との連結部は建築限界に影響のない範囲で梁高を高くし、角柱全周に巻き付ける構造とした。また、施工および維持管理スペースを確保するため、主桁はフルウェーブ化せずに補強を施した切欠き構造とした。

2.3 支取替えおよび桁受ブラケット改良・取替え

桁下空間の狭い箇所は増設横梁を採用できない。そこで、支取替えと桁受ブラケットの改良が可能な工法を開発した。なお、この工法の場合、橋脚隅角部の応力低減はできないため、き裂発生箇所には別途隅角補強を設置した。

(1) ジャッキアップ位置移動方式

完成系では主桁直下位置に支取と桁受ブラケットが設置されるため、支取替え時のジャッキアップ位置、仮設と本設部材の配置や取替手順が課題となった。そこで、各種検討を行った結果、施工ステップごとにジャッキアップ位置を移動させながら部材取替えや補修・補強を施工し、最終的に主桁直下に支取を設置可能な工法に決定した。第 5 図に



第 5 図 ジャッキアップ位置移動方式
Fig. 5 Jack-up position moving method

ジャッキアップ位置移動方式を示す。また、メンテナンス性を考慮して、端横桁も取り替えた。

(2) アウトリガー設置方式

上述 (1) の方式は、支点盛り替えによるステップ数が多く、高速道路や街路上の交通規制を伴う箇所においてはステップ数の削減や補強部材の簡素化などの改善が必要になった。そこで、外主桁 (G1, G3) の外側に仮設用アウトリガー (主桁間には中間横桁) を設置して、ジャッキアップする工法に改良した。第 6 図にアウトリガー設置方式を示す。アウトリガーのジャッキアップ 2 点を固定し、残りもう 1 点は G1-G2 間から G2-G3 間に 1 回盛り替えることで作業可能になった。

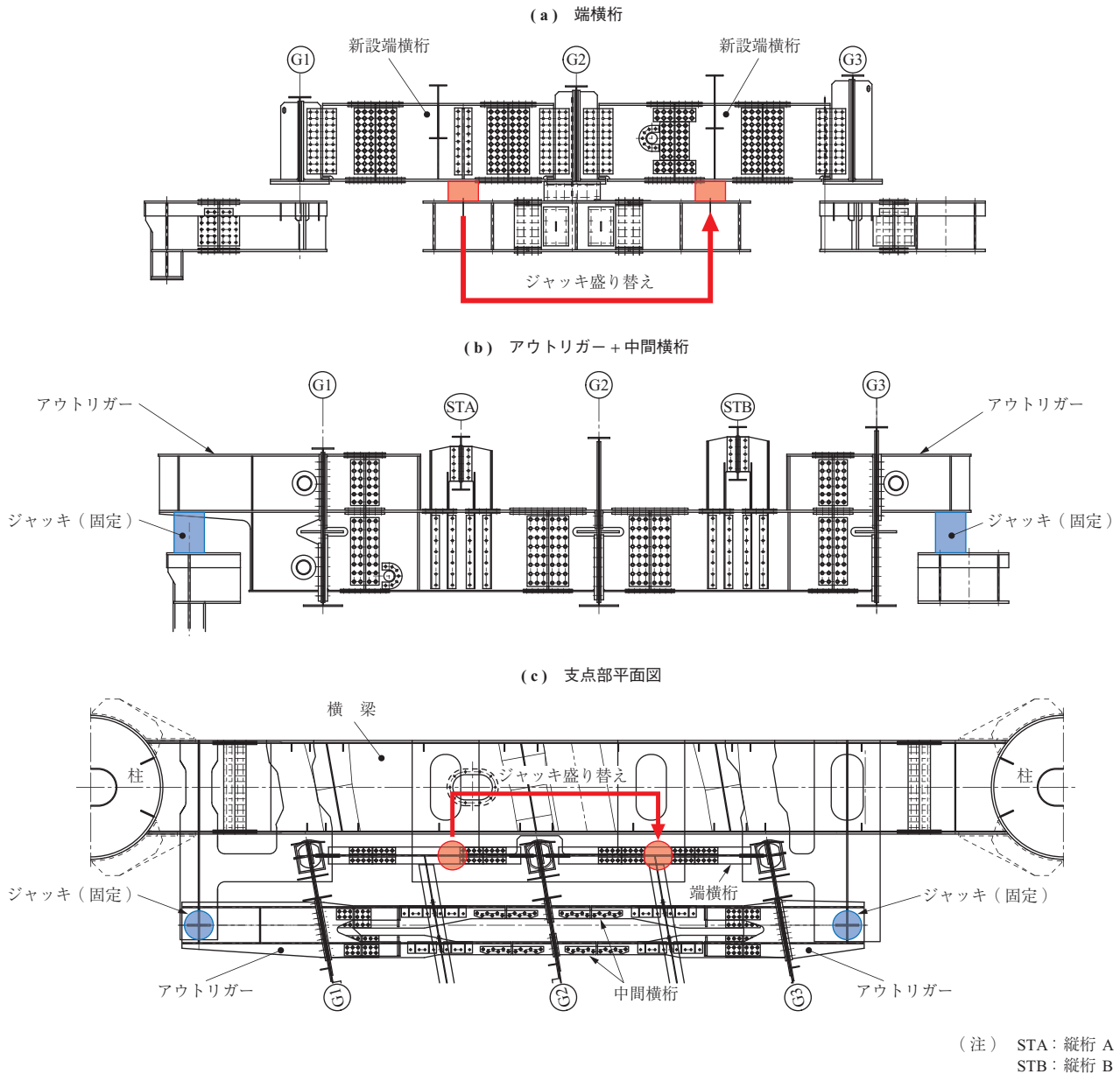
2.4 特殊な補強構造

環 4060 (上層) は、① 桁下空間に余裕が全くないこと ② 上部工が片側の柱寄りに位置し桁受ブラケットが隅角部位置にあること ③ 起終点の主桁形式と支承数・位置が違うこと、からこれまでに経験した工法が採用できなかった。そこで、高速道路上の建築限界から外れた柱周り

(隅角部より下方位置) に支承支持部材を設置し、主桁をフルウェブ化した。第 7 図に環 4060 上層：特殊な支承支持補強を示す。ただし、高速道路上に位置する主桁は、切欠き構造に補強を施し、仮設用アウトリガーを用いて桁受ブラケットを取り替えた。

環 4061 および環 4026 は 2 主桁と丸柱の剛構造で、隅角内部は特殊かつ複雑な板組で狭い部となっており、多数のき裂が確認された。実橋の動ひずみ計測や三次元 FEM 解析を用いて、原因究明、補修・補強対策、施工ステップを決定した。補強はフィレットを組み合わせたブックエンド、胴巻き当て板および横梁仕口材で構成した。第 8 図に環 4061：隅角補強を示す。

第 9 図に環 4062：特殊補強構造を示す。環 4062 は、第 9 図 - (a) に示す都心環状線内回り・5 号上り線 (高さの低い門型ラーメン橋脚)、- (c) に示す都心環状線外回り (起点側は箱桁と剛結、終点側は鉸桁の支承支持) - (d) に示す 5 号池袋線 (下り)、(門型ラーメン橋脚、起点側箱桁・終点側鉸桁の支承支持)、の 3 橋脚から成る。それぞれの既設構造の特徴、損傷状況、現場条件を考



第 6 図 アウトリガー設置方式
Fig. 6 Outrigger installation method



第 7 図 環 4060 上層：特殊な支承支持補強
Fig. 7 Upper portion of Pier C4060 : Special support reinforcement

慮して補強構造を決定した。第 9 図 - (b) は、既設柱間に鋼製橋脚を増設して既設柱と一体化し上部工を支持した。第 9 図 - (c) は起点側が主桁との剛結構造であるため、柱ウェブのみに接合する特殊な増設横梁とした。第 9 図 - (d) の起点箱桁は各柱に独立した大型桁受ブラケット、終点側は増設横梁を採用した。

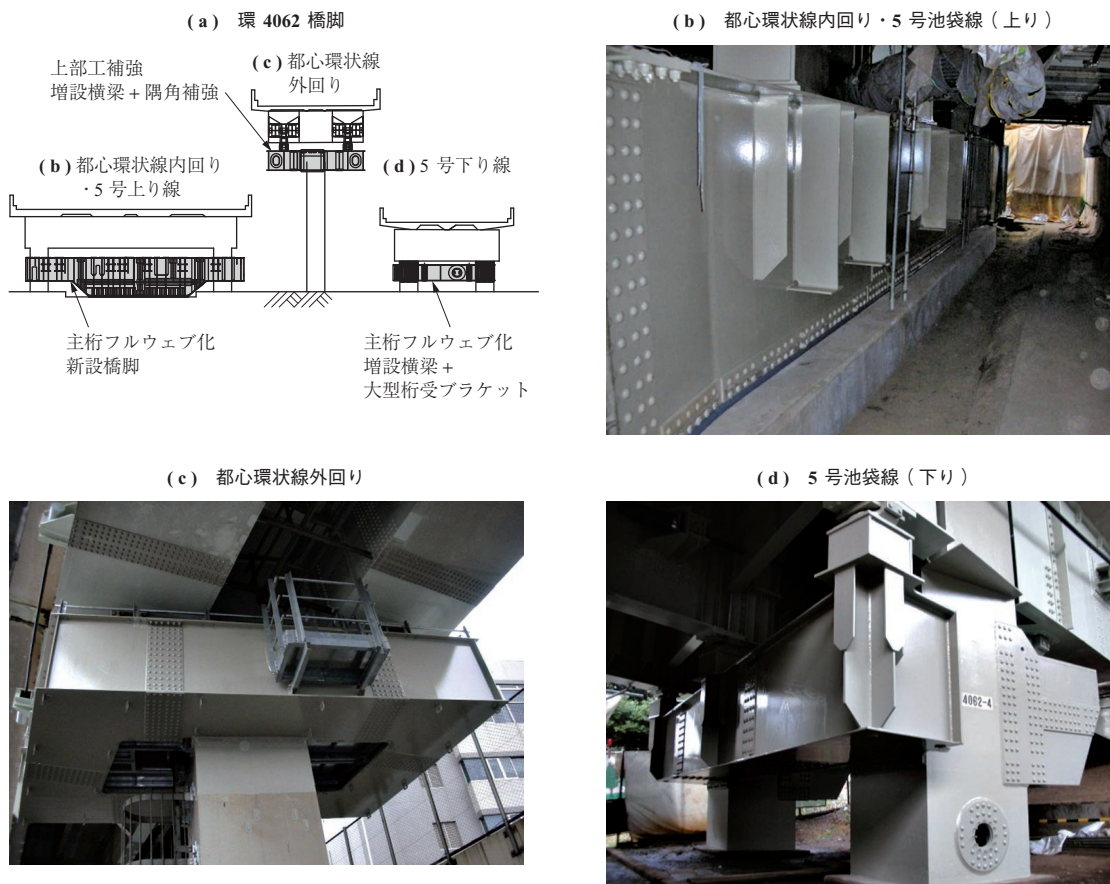
3. 鋼製橋脚隅角部補強工事 1-22 / 構造物改良工事 1-1

3.1 工事概要

本工事は、北は都心環状線の環 1001、南は羽田線の羽 1187、西は都心環状線の環 2036 までの広範囲にわたる大規模隅角補強工事（計 70 脚、隅角 122 か所、補強



第 8 図 環 4061：隅角補強
Fig. 8 Pier C4061 : Reinforcement at beam-to-column connection



第 9 図 環 4062：特殊補強構造
Fig. 9 Pier C4062 : Special reinforcing structure

鋼重約 150 t) である。既設橋脚は交通量の多い都道（海岸通り）上に位置し、建築限界に余裕がないこと、断面寸法が 1 m 未満と小さい密閉構造の橋脚であることなどの条件であった。橋脚位置、設計難易度、材料リードタイム、支障物有無、高速規制要否などの条件を踏まえ、全体を 6 ロットに分割して設計～施工を行い、当初工期（2008 年 10 月～2011 年 4 月、約 30 か月）を 4 か月短縮して工事を完了させた。

また、上記工事範囲の環 1043～環 1051（9 橋脚）の支承は、建設当時から一度も取り替えられていない鋼製線支承であった。このうち、環 1044 支点直下の溶接部に貫通き裂損傷が発見され、緊急補修と支承取替えが別途行われた（他社）。き裂発生の原因は支承機能の低下（移動・回転の拘束）によるもので、同種の支承部も支承機能の低下がみられたため、別契約工事として支承取替えを実施した。

3.2 支障物・制約のある隅角補強

密閉構造の橋脚に対しては、当て板による補強の施工に先立ち脚内アクセス用のマンホールを新設した（第10図）。施工完了後は密閉構造に戻すこと、将来の脚内へのアクセス性を考えて、マンホールふたをワンサイドボルトで閉じた。



第10図 新設マンホール
Fig. 10 New manhole

当て板補強位置に支障物が存在した事例の一部を紹介する。変位制限・縁端拡幅用の溶接付きブラケットが設置されている箇所は、橋脚を損傷させないように既設ブラケットを撤去し、当て板補強と新設ブラケットを支圧ボルトで共締めした（第11図-(a)）。過去の耐震向上工事によって、柱内に中埋めコンクリートが充填されている箇所は、当て板施工のためにいったんコンクリートをはつり、当て板設置完了後にコンクリートを再充填した（第11図-(b)）。

幅の異なる柱と横梁が交差する特殊隅角部は、当て板と胴巻き部材から成る補強構造を採用した。第12図に特殊隅角補強を示す。補強寸法は制約のなかで可能な限り大きくしたが、補強の目安である応力低減率50%は確保できなかった。

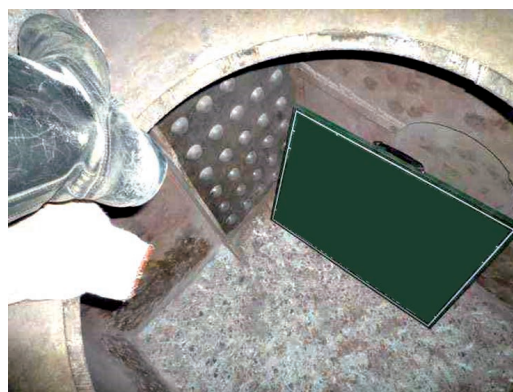
3.3 高さの低い線支承の取替え

高さの低い鋼製の線支承（高さ53～82mm）が設置されていた空間に、新設支承としてゴム支承やBP-B（密閉ゴム支承板支承）支承の採用可否を検討したが、いずれも収まらないため、既設と同様の鋼製線支承に取り替え

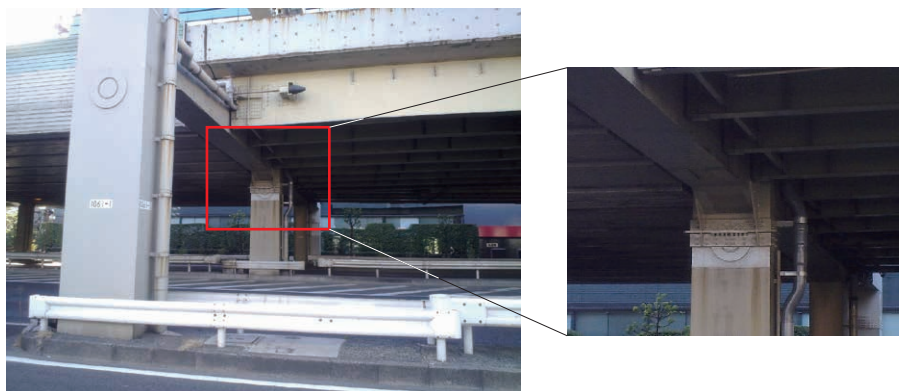
(a) 鋼製ブラケット



(b) 中埋めコンクリート



第11図 隅角補強の支障物
Fig. 11 Obstacle at beam-to-column connection



第12図 特殊隅角補強
Fig. 12 Special reinforcement at beam-to-column connection

ることとなった。ただし、疲労耐久性の観点から桁・橋脚との接合をボルトに、橋脚上フランジ面の荷重分散と剛性確保のために下沓ベース PL（プレート）の平面寸法を大きくした。起終点の主桁位置がそろっている箇所は起終点一体型の下沓ベース PL とした。第 13 図に支承取替え前後の様子を示す。また、上下支承の高さ間隔が狭く塗替え塗装が困難なことから、耐久性・経済性を踏まえ溶融亜鉛めっき仕様とした。この支承取替えと同時に、支点上補剛材部の腐食補強、横梁内の支点補強を施した。

4. 支承・連結装置耐震性向上工事 2-44

4.1 工事概要

本工事は高速湾岸線の江戸川上から高谷付近までの高架橋（湾 1493～湾 1551）における支承・落橋防止システムに関する耐震性向上工事で、2009 年 12 月～2012 年 10 月（約 34 か月）の間に、主に支承取替え 220 基、落橋防止設置 210 組を施工した。また、江戸川上をまたぐ 3 径間連続鋼床版箱桁橋には合流部橋梁が接続する予定の

ため、その合流部橋梁の影響を考慮した耐震設計と支承取替え・耐震連結工事、およびその合流部橋梁を支えるコンクリート橋梁の拡幅工事を実施した。なお、本工事は IIS 発足（3 社統合）後、最初に受注した工事である。

4.2 支承取替え・落橋防止システム

対象橋梁の多くは単純鋼桁橋（多主桁）、コンクリート橋脚の構成で、支承取替えのジャッキアップ工法として以下の 2 工法を採用した。

工法①：ジャッキアップブラケット工法（第 14 図-(a)）

工法②：端横桁ジャッキアップ工法（第 14 図-(b)）

工法①は当初計画の工法で、橋脚前面にブラケットを設置し、主桁をジャッキアップする工法である。このブラケットは上下部工を連結する落橋防止箇所は下部工側の定着部を兼用し、また、段差防止構造の必要箇所はこのブラケット上に設置した。第 15 図に落橋防止と段差防止構造を示す。工法②は、端対傾構を横桁構造に取り替えて橋脚上でジャッキアップする工法で、当初は橋脚前面に近接する避難階段によってブラケット設置が困難な箇所を採用し

(a) 支承取替え前



(b) 支承取替え後



第 13 図 支承取替え前後の様子

Fig. 13 Before and after replacement of bridge support

(a) ジャッキアップブラケット工法



(b) 端横桁ジャッキアップ工法



第 14 図 ジャッキアップ工法

Fig. 14 Jack-up method



第 15 図 落橋防止と段差防止構造

Fig. 15 Bridge collapse prevention and stepped prevention structure

た。また、この工法はアンカー削孔が不要となることで既設橋脚を傷めず、鉄筋干渉リスクもなく工程短縮できるメリットがあり、以降の設計・施工する箇所にも適用した。

江戸川上をまたぐ 3 径間連続鋼床版箱桁橋は、合流部橋梁の荷重を考慮した耐震解析を行い、支承取替え・耐震連結工事を実施した。中間支点は河川上に位置するため、大型ゴム支承（最大反力 10 000 kN 超、支承質量約 100 kN）を台船運搬後に桁下まで吊り上げ、支承位置まで横引きする方法で取り替えた。第 16 図に中間支点上での支承取替えを示す。端支点は、隣接桁との衝突回避を目的とした変位抑制と、合流部の反力増加および既設橋脚の耐力を考慮して、ダンパを設置した。

4.3 コンクリート橋脚の拡幅

設計・施工に先立ち、梁先端部をはつり、コンクリートや鉄筋、シース管の状態調査と設計への反映、温度応力解析によるひび割れシミュレーションと温度管理計画を実施した。将来計画を想定し埋設されていた PC ケーブル用シース管は、一部漏水が確認されたことから、グラウト充填の確実性が懸念されたため、ポリエチレン被覆の外ケー

(a) 新支承の横取り作業



(b) 新支承の設置



第 16 図 中間支点上での支承取替え

Fig. 16 Replacement of steel bridge support at intermediate support point

ブルタイプを採用した。また、架橋位置が海岸に近いことから防錆^{せい}処理された鉄筋を採用、コンクリート塗装を適用した。この橋脚の拡幅は、グループ会社の株式会社 IHI インフラ建設の協力を受け、設計・施工を実施した（第 17 図）。

5. 荒川湾岸橋耐震補強工事⁽²⁾

5.1 工事概要

「荒川湾岸橋」は 1975 年に、横河・三菱・石播の JV（共同企業体）によって施工された、高速湾岸線に架かる鋼 7 径間ゲルバートラス橋である。日中 12 時間当たりの交通量は約 12 万台を数え、首都高速道路のなかでも非常に交通量の多い路線である。本工事では、「平成 14 年改訂版道路橋示方書・同解説」に基づき、レベル 2 地震動に対する耐震性確保を目的に、その設計・施工を実施した。第 18 図に耐震補強一般図（全体の半分）を示す。

また、耐震補強の施工期間中、2011 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震が発生し、既設部材の一部に損傷が発生した。復旧に当たっては、地震直後の通行止め早期解除を目的とした応急復旧工と、損傷前の機能確保を目的とした恒久復旧工の 2 段階に分けて施工を行った。

本工事は 2008 年 6 月～2013 年 3 月の 57 か月間にわたり、補強鋼重 2 360 t、高力ボルト約 27 万本、ダンパ 62 基、落橋防止 286 組、現場塗装約 3 万 m²、足場約 5.5 万 m² を施工する長大トラス橋大規模耐震工事であり、施工途中の震災発生など数々の困難を乗り越え、無災害で工事を成し遂げた。

5.2 耐震補強

耐震補強は、橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつレベル 2 地震動に対して、地震による損

(a) 足場設置



(b) プレストレス導入



(c) 完成後



第 17 図 湾 1516 橋脚の横梁拡幅
Fig. 17 Additional concrete beam at Pier B1516

傷が限定的なものにとどまり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る耐震性能 2 を確保することにした。上部工の 1 次部材は弾性範囲内にとどめ、2 次部材は塑性化を許容する方針で設計を行った。トラス主弦材において地震時に弾性範囲を超える部材には当て板補強を、既設添接部はそれをまたぐバイパス材を設置した。第 19 図に当て板補強の状況を示す。

基本設計の段階では、橋梁全体の地震時応答緩和と、下部工負担の軽減を目的に、可動支点部にダンパを設置する計画であった。しかし、本工事で検討した結果、ゲルバートラスの吊り桁可動部に、ダンパを設置することが有効であることが確認された。そこで、当初からダンパの設置数を増やすことで、当て板補強数量を減らすことができ、これが補強工費の削減に寄与した。

支点部は支承高が高く、曲げモーメントの影響が無視できないため、その偏心曲げモーメントを考慮した設計によって逆三角形の大型当て板補強を施し、可動支点部にはダンパを設置した。第 20 図に支点部補強の状況を示す。

このダンパ設置部には維持管理用の検査路も併せて設置した。

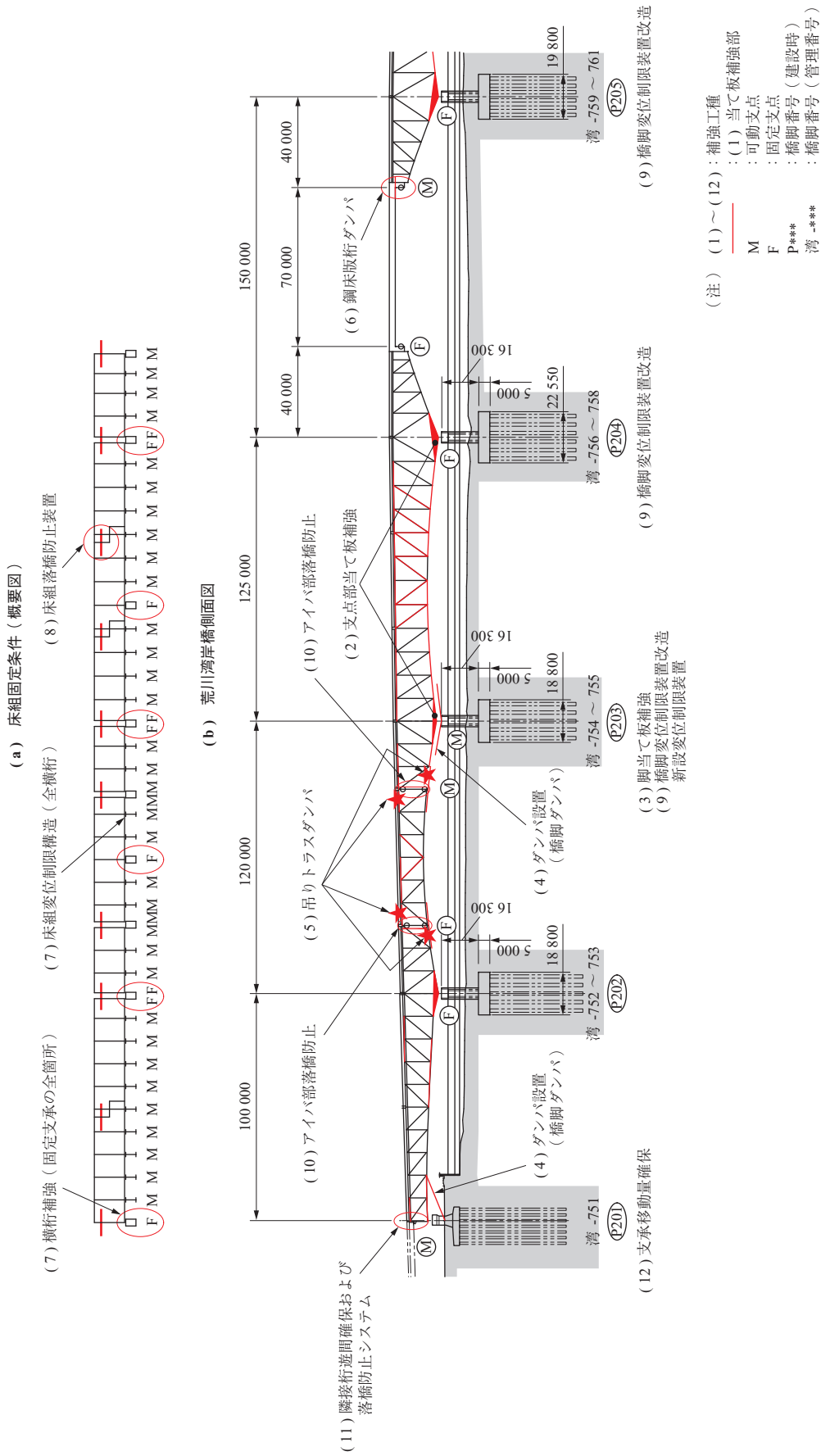
5.3 震災復旧

応急復旧工では、震災発生後の早期点検を実施して損傷箇所を抽出し、また、発注者および関係者との綿密なコミュニケーションによって実施可能な補強方法を決定した。さらに、製作・施工では材料の流用や、構造の省力化、24 時間体制の施工を行った。この結果、震災発生から 12 日間という短期間で復旧を完了し、3 月 22 日午前 3 時に通行止めを解除することができた。第 21 図にガセット復旧工を示す。

6. レインボーブリッジ主ケーブル補修工事⁽³⁾

6.1 工事概要

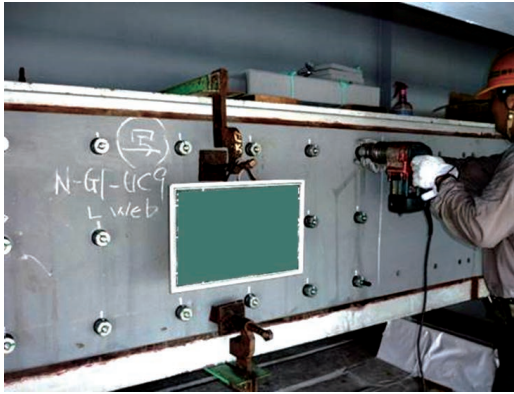
「レインボーブリッジ」(東京港連絡橋)は 1993 年に完成、開通した吊橋である。供用開始から約 20 年後、主ケーブルの白色の上塗りが劣化して、下塗りの赤褐色が目立つようになり、塗装の塗替えが必要となった。そこで、



第 18 図 耐震補強一般図 (全体の半分) (単位: mm)

Fig. 18 Overview of reinforcement against earthquakes (unit: mm)

(a) 当て板補強の取付状況



(b) 当て板補強の取付完了後



第 19 図 当て板補強の状況
Fig. 19 Reinforcement plate



第 20 図 支点部補強の状況
Fig. 20 Reinforcement at bridge support

ケーブルの防食対策として、塗装塗替えおよび送気システムの取付けを行うこととなった。IIS は、台場線側（全体の約半分）の塗装塗替えを担当した。第 22 図に塗装塗替え前後の様子を示す。芝浦側の塗替えと送気システム設置（全範囲）は他社が施工した。工期は 2013 年 3 月～2016 年 9 月の 43 か月、工事内容は、① 塗装用足場一式 ② 主ケーブル塗装塗替え（約 2 200 m²）③ ケーブル付属物塗装塗替え（約 1 700 m²）④ ケーブルバンドコーキング補修（約 700 m）、である。

工事中に、他塗装工事現場における二度にわたる火災事故、鉛中毒問題が発生し、その影響を受けて工事が一時中止となり、火災防止や鉛中毒対策の整備が必要となった。また、海上約 100 m の位置にある足場上の塗装作業は、風の影響でできないことが多く、想定以上の稼働率低下があり、当初 22 か月の工期は約 2 倍の 43 か月となった。交通供用下での塗装作業は飛散防止のため、作業箇所をシートで養生しなければならない。しかし、作業中止基準以下の風速 7～8 m/s でもシート養生作業が困難で作業中止となることが多く生じたことから、今後、同様工事を

行う場合この対策が大きな課題となる。

6.2 足場の設置

主ケーブルの塗装塗替えのため、主ケーブルの下側にキャットウォーク足場を、そのキャットウォーク足場を設置するために上弦材上足場、塔頂足場を設置した。

上弦材上足場は、高速道路わきのトラス上弦材上に設置した資材置場・通路足場である。一般車両への影響を最小限にするためパネル構造を採用し、夜間に高速道路を 1 車線規制しながら設置した。塔頂足場も同様に、夜間に高速道路を 1 車線規制して足場部材を搬入し、道路上で地組立てを行い、塔頂への吊上げは風のない安定した天候の昼間を選び、約 20 時間で設置した。キャットウォーク足場は、塔頂足場から上弦材上足場上にワイヤロープを展開し、所定位置まで展張・架空後、落下物防止用の移動防護台車（第 23 図）を使用して、ロープ上に床材（ワイヤメッシュ）、床梁、ネットなどで作業床を構築した。

6.3 塗装塗替え

塗装は発注前の事前施工試験によって、1 層当たりの最適塗布量を決定したもので、下塗り：クロロプレングム系塗料 10 層、上塗り：クロロスルホン化ポリエチレン系塗料 3 層、ケーブル上面部はさらに上塗りノンスリップ塗料 1 層が追加された仕様であった。

既設塗膜に鉛成分が含まれていることから素地調整では鉛中毒対策を実施し、飛散防止設備の中で素地調整・塗装作業を行った。第 24 図に飛散防止設備と作業状況を示す。飛散防止設備は強風によってそれ自体が飛散する恐れがあるため、毎日の作業ごとに設置・撤去を行った。素地調整作業の労力を軽減するため、簡易なケレンマシンを開発し一部箇所でも適用した。



第 21 図 ガセット復旧工
Fig. 21 Restoration of gusset plate



第 22 図 塗装塗替え前後の様子
Fig. 22 Before and after re-painting

7. 上部工補強工事 1-5 / 1-113

7.1 工事概要

本工事は高速 3 号渋谷線（渋 440 ～渋 497 橋脚間）、高速 5 号池袋線の飯田橋出入り口付近（池 89 ～池 130 橋脚間）、板橋ジャンクション付近（池 623 ～池 652 橋

脚間）の 3 工区を対象とした、広範囲かつ多種多様な損傷の補修工事である。工事内容としては、① 鋼部材のき裂や腐食に対する補修・補強 ② 支承取替え ③ 裏面吸音板補強 ④ コンクリート片の剥落防止 ⑤ コンクリート床版補修・炭素繊維補強 ⑥ スラブアンカー補修、などである。工事数量の増大によって、工期は 2012 年 12 月～

(a) キャットウォーク足場の設置



(b) キャットウォーク足場の撤去

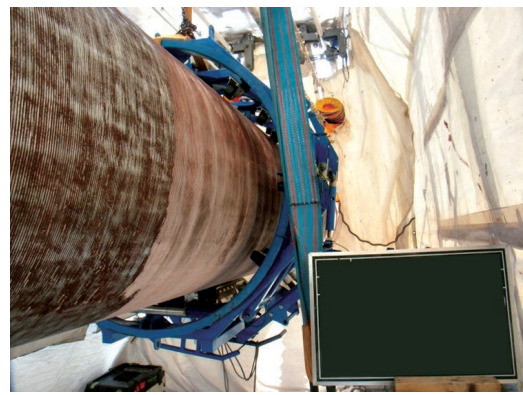


第 23 図 移動防護台車
Fig. 23 Movable protection device

(a) 飛散防止設備



(b) 作業状況



第 24 図 飛散防止設備と作業状況
Fig. 24 Work status for dispersal prevention equipment

2016年11月の47か月間を要した。

7.2 き裂補修

本工事で最も多かったき裂損傷は、ウェブギャップ板に発生したものである。補修方法は溶接による部材取替えであるが、溶接品質と既設構造物の安全を確保するため、既設構造物の振動確認、溶接入熱の上限管理と施工試験によ

る条件確認など、事前調査・試験を実施した。既設部材を撤去した後、母材にき裂損傷が進展しているケースも多く、確実にき裂補修を行った後に新規の部材を設置した。第 25 図にウェブギャップ板取替え前後の様子を示す。

7.3 支承取替え⁽⁴⁾

これまで支承取替えは主に耐震性の向上を目的として実

(a) 取替え前



(b) 取替え後



第 25 図 ウェブギャップ板取替え前後の様子
Fig. 25 Before and after replacement of web-gap plate

施することが多かったが、本工事では支承部にき裂損傷・腐食損傷が発生しているため実施した（計6か所）。そのうち最も施工が困難であった飯田橋出口（第26図）の事例を紹介する。

飯田橋出口は神田川護岸のボックスカルバートと首都高速道路の鋼製橋脚上に架かる平面的に特殊な構造となっている。護岸側に24基の支承が設置されているが、支承背面にアクセスできない構造となっており、これまで支承取替えが実施されていなかった。しかし、下沓とセットボルトの腐食、ベアリングプレートの破損が生じていたため、支承取替えを実施することにした。第27図に支承取替え前の様子（神田川護岸側）を、第28図に取替え後の様子を示す。支承取替えを実施する際の問題点と解決策を以下に記す。

- (1) 上部工と河川の計画高水位とのクリアランスが小さく、計画高水位下にジャッキアップ設備を設置することになったため、河川増水時の安全対策が必要になった。上流側の増水時に現場にアラームを発信



第28図 支承取替え後の様子（神田川護岸側）
Fig. 28 After replacement of bridge support

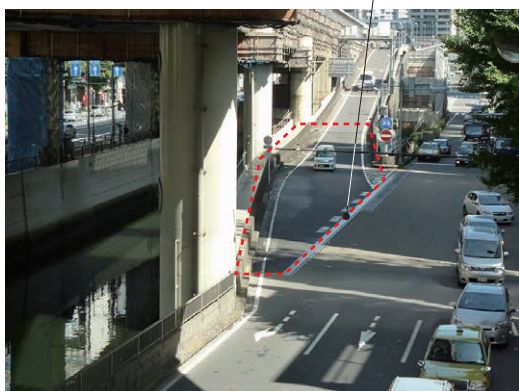
するようにし、計画高水位より高い位置に足場を引き上げる構造を採用した。

- (2) 支承背面側の施工を可能にするため、支承上の端横リブを切欠き、施工後に復旧できる構造と施工方法を採用した。端横リブ復旧後は背面の塗装ができなくなるため、防錆仕様は溶融亜鉛めっきとした。より腐食損傷のひどかった支承に対しては溶融亜鉛めっき面に無溶剤無機コーティング材（製品名：セラマックス #1000AL）を2層塗り重ねることで耐食性の向上を図った。

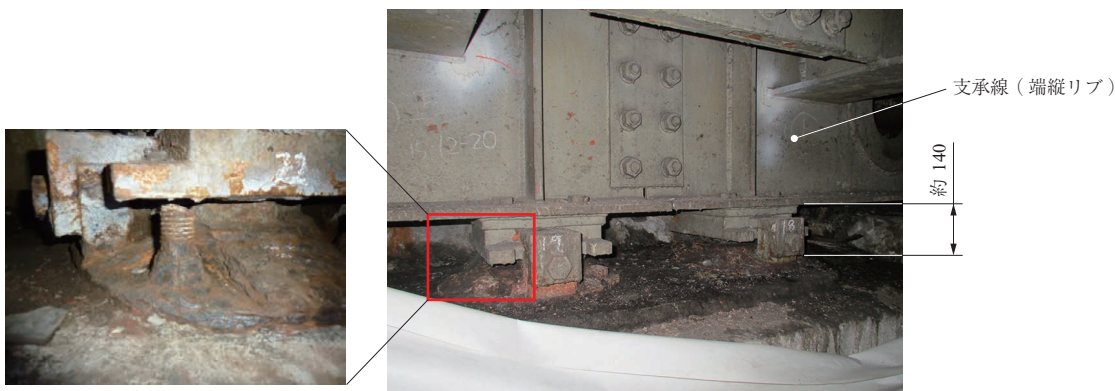
7.4 スラブアンカー補修

鋼上部工とコンクリート床版を接合しているスラブアンカーが疲労損傷によって破断したため、鋼・コンクリート境界面にすき間が生じていた。このため、車両が通過するたびに異音が発生していた。スラブアンカー破断の原因は、主桁間のたわみ差とコンクリート床版のたわみによる鋼上部工の首振り現象によるものと考えられるが、このたわみ差・たわみ量を減少させる抜本的な対策は困難であった。そこで、生じているすき間に金属アンカーを設置、エポキシ樹脂を注入することによって、変位を抑制した。第

護岸側支承線（24基）

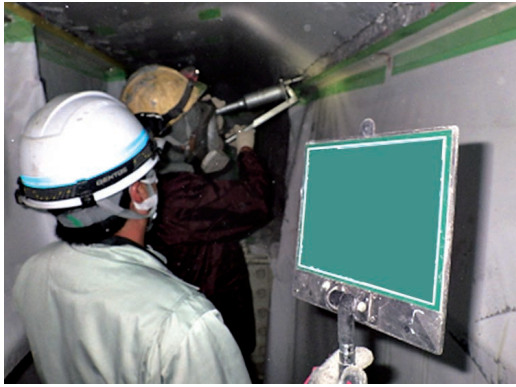


第26図 飯田橋出口路面全景
Fig. 26 Overview of Iidabashi exit



第27図 支承取替え前の様子（神田川護岸側）（単位：mm）
Fig. 27 Before replacement of bridge support (unit : mm)

(a) 注入作業



(b) 補修完了後



第 29 図 樹脂注入作業と補修完了の様子
Fig. 29 Resin injection and after repairs

29 図に樹脂注入作業と補修完了の様子を示す。

エポキシ樹脂注入は施工空間の制約上、片面かつ非常に狭い隙間に注入するため、樹脂の充填性を確認することが困難である。そこで事前に施工試験を実施し、充填性の高い施工プロセスを決定し、実施工に反映した。

7.5 コンクリート床版の炭素繊維補強

本工事の施工対象区間のコンクリート床版では、ひび割れ、断面欠損などの損傷が発生していた。直ちにコンクリート床版の抜け落ちなどが発生するような損傷ではないが、劣化の進行を抑制するため、予防保全の観点から炭素繊維補強を施工した（第 30 図）。



第 30 図 炭素繊維補強の状況
Fig. 30 Work status for carbon fiber reinforcement

8. 結 言

IIS は上述のような首都高速道路の維持修繕・保全工事を数多く継続的に実施しており、その一部を紹介した。また、維持修繕だけでなく、八重洲線汐留高架橋の架替工事⁽⁵⁾（第 31 図）や小松川 JCT 河川部工事 P82 橋脚ラーメン橋脚化⁽⁶⁾工事（第 32 図）のような改築工事に

も継続的に取り組んでいる。さらに海外においても橋梁の補修・改築工事を遂行してきた。

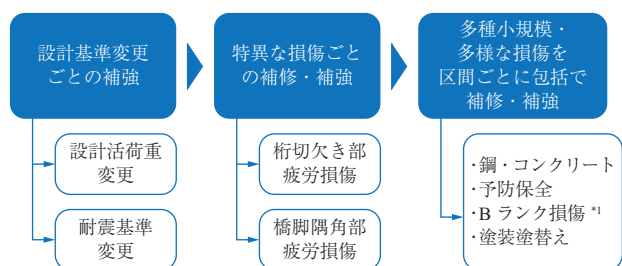
現在、首都高速道路の更新計画に基づく大規模更新・大規模修繕工事が随時発注され、IIS もその一部に取組み、現在、工事を進めているところである。今回紹介した保全工事の事例は時系列で紹介しているが、損傷の内容と時代の要請とともにニーズ（第 33 図および第 34 図）が多様



第 31 図 八重洲線汐留高架橋の架替工事⁽⁵⁾
Fig. 31 Shiodome Viaduct reconstruction for the Yaesu Route on the Metropolitan Expressway⁽⁵⁾



第 32 図 小松川 JCT 河川部工事 P82 橋脚ラーメン橋脚化⁽⁶⁾
 Fig. 32 Reconstruction of Bridge Pier 82 at Komatsugawa junction⁽⁶⁾



(注) *1: 計画的に補修が必要な損傷

第 33 図 ニーズの変化と多様化
 Fig. 33 Change and diversification of needs



第 34 図 新たなニーズ: 恒久足場
 Fig. 34 New needs: Permanent scaffolding

化し、それに伴い求められる技術が変わってきており、対応すべき領域が広がっている。

ほかの高速道路会社や国、地方自治体においても同様に、① 契約制度 ② 工事規模 ③ 事業領域 ④ バリューチェーンの変化 ⑤ 統合、のスピードは速い。

それに追従し、上回るスピードで変わっていくために、IHI グループの実績によって蓄積してきた技術力およびマネジメント力を結集し、老朽化するインフラの保全・機能向上に今後もいっそう努め、社会の発展に貢献していく。

— 謝 辞 —

本稿に掲載した橋梁保全工事の設計・施工に当たり、ご指導およびご協力いただいた首都高速道路株式会社をはじめとする関係各位に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

(1) 玉越隆史, 横井芳輝:平成 25 年度道路構造物に関する基本データ集 国土交通省国土技術政策総合研究所資料 第 822 号 2015 年 1 月

(2) 北山暢彦, 北村耕一, 竹田圭一, 今門俊郎, 鈴木政直, 師山 裕: 荒川湾岸橋耐震補強工事報告 IHI インフラ技報 vol. 4 2015 年 pp. 75 - 82

(3) 北島基彦, 末益元気, 瀧 弘幸: レインボーブリッジ主ケーブル塗り替え塗装 橋梁と基礎 Vol. 49 2015 年 10 月 pp. 33 - 36

(4) 福井敦史, 浅野 純, 渡邊裕一: 河川上に位置する鋼床版橋の支承取替工事 日本橋梁建設土木施工管理技士会第 21 回技術論文

(5) 柿沼康浩, 佐々木智弘, 福井敦史, 遠山 怜奈: 高速八重洲線架替工事 工事報告 IHI インフラ技報 vol. 3 2014 年 pp. 23 - 29

(6) 神田信也, 松原拓朗, 細谷英司: 小松川ジャンクションにおける既設橋脚のラーメン橋脚化に関する設計 第 70 回土木学会年次講演会 I-215 2015 年 9 月 pp. 429 - 430