

支承・連結装置耐震性向上工事

仙田 英俊¹⁾ 太田 検志²⁾ 西山 富男³⁾ 田邊 明⁴⁾

1995年の兵庫県南部地震以来、従来の設計基準で建設された橋梁の耐震性向上工事が各地で実施されている。首都高速道路公団においても震災直後より実施されており、当社でも2件の耐震性向上工事を受注し施工した。この種の工事では、既設橋の建設時期や建設後の添架物、また、補修・補強履歴などにより、現地条件は多種多様であり、それに対する設計法や施工法もそれぞれ検討し決定されるものである。ここでは、上記2工事それぞれの検討内容や施工法を紹介し、今後の同種工事の参考にしたく報告するものである。

キーワード：支承取替，落橋防止システム，耐震性向上工事

A. 支承・連結装置耐震性向上工事 1-1

まえがき

本工事は、首都高速道路都心環状線の浜崎橋ジャンクションを挟んだ北側と西側、および 1 号羽田線の羽田ランプ付近の支承・落橋防止システムの耐震性を向上させる工事として、駒井鉄工株式会社・株式会社巴コーポレーション共同企業体として受注した。位置図を図-1に示す。

工事の主な内容は、より耐震性の高いゴム支承への取り替え、桁かかり長不足箇所への拡幅ブラケットの取り付け、既存の桁連結装置（落橋防止装置）の照査、取り替えである。

1. 工事概要

工 事 名：支承・連結装置耐震性向上工事 1-1

工 期：自 平成 9 年 2 月 26 日

至 平成 11 年 11 月 2 日

路 線 名：都心環狀線、羽田線

工事箇所：東京都港区海岸一丁目 他

工 種： 支承取替工 28 橋脚 279 箇所

橋脚天端拡幅工 43 橋脚 280 箇所

連結装置設置工 37 橋脚 255 箇所

排水裝置復旧工 20 橋脚

その他補修工 4箇所



图-1 位置图

1) 橋梁設計部東京設計二課係長 2) 橋梁設計部東京設計二課 3) 橋梁設計部東京設計二課専門課長

4) 橋梁工事部東京工事課專門副課長

各路線で建設時期が違うためか、主な橋梁、橋脚形式も若干違いが見られる。表-1に一覧を示す。

表-1 各工区の橋梁・橋脚形式

工 区	建設年	主な上部工 形 式	主な下部工 形 式
海岸通工区 (本線)	昭和 36 年	単純合成 鈑桁	鋼製橋脚
海岸通工区 (拡幅)	昭和 47 年	単純合成 鈑桁	鋼製橋脚
古川工区	昭和 38 年	連続非合成 鈑桁	鋼製橋脚
羽田工区	昭和 43 年	単純合成 鈑桁	RC 橋脚

2. 現場調査

今回のような補強工事では、電纜管や標識柱など建設当時から追加構造物が設置されていたり、竣工図と現地の構造寸法が完全に一致しない場合もあるので、現場調査が非常に重要となる。

現場調査により、支承高さ、桁端長、支承と橋脚梁の添接板の距離、調査時の温度と桁遊間、電纜管などの支障物の位置を確認し、解析、設計に反映した。

3. 各工種の設計

(1) 設計反力の算出

設計反力は、建設当時の竣工図を基に解析モデルを作成し、格子計算にて算出した。

死荷重は遮音壁、標識柱などの建設当時から追加された構造物も考慮し、活荷重は B 活荷重を載荷した。

(2) 支 承

支承は、耐震性に優れたタイプ B 支承、震度法レベルに対応したタイプ A 支承の他に、変位制限構造の水平力で設計した“タイプ A 支承（変位制限構造兼用）”を使用した。これは、支承の移動制限装置に変位制限構造の機能を持たせたものと考え、別途変位制限構造を設置しなくて済み、橋脚上に設置スペースの限られる場合、非常に有効であった。ゴム支承はすべての水平力を金物部分で負担する可動・固定支承である。

支承の選定は設置スペースを考慮して以下の順序で選定した。

①タイプB ゴム支承

②タイプ A ゴム支承（変位制限構造兼用）

③タイプ A ゴム支承（変位制限構造は別途設置）

ゴム支承は、0 ～ 30 ℃であればゴムに予備変形を与えることなく設置できるように設計上の温度変化を考慮した。

古川沿いの橋脚では既設の鋼製支承にベースプレートが設置されておらず、鋼製橋脚の添接板が近接している箇所があった。支承の形式はゴム支承を優先的に使用するが、平面的に鋼製支承に比べて大きい。このような場所ではゴム支承は設置できないため、BP-B 支承を使用することとし、ゴム支承と同様な優先順位で選定している。

(3) 変位制限構造

支承取り替えのできない箇所や、タイプ A 支承しか設置できなかった個所には変位制限構造を設置した。

取り付けスペースは橋脚ごとに差がある上に、一般的に少なく、結果的には数種類の形式を考える必要があった。計画、施工ともに非常に困難な作業であった。中間支点に取り付けた変位制限構造の構造図の一例を図-2に示す。

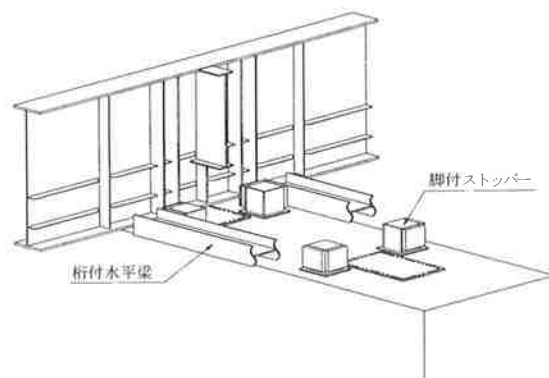


図-2 変位制限構造

(4) 橋脚天端拡幅工

必要桁かかり長は、地盤、橋脚の変位を考慮して算出し、不足する箇所には鋼製の拡幅ブラケットを設置した。

ブラケットの取り付けは HTB 接合を標準としているが、一部の橋脚では梁断面が小さく、密閉構造となっていた。そのような箇所では密閉性を保持するよう溶接で取り付けた（図-3）。

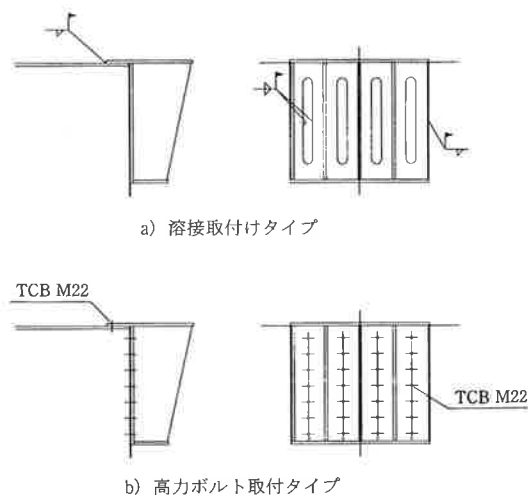


図-3 拡幅ブラケットの取り付け方法

支承取り替え用のジャッキを設置するスペースがない場合は、拡幅ブラケットと同様な構造のジャッキアップ専用のブラケットを設置した。

設計荷重は、拡幅のみの場合は死荷重のみであるが、ジャッキアップに用いる場合は供用下での扛上となるため、 $(\text{死荷重} + \text{活荷重}) \times 1.5 / 1.25 = (\text{死荷重} + \text{活荷重}) \times 1.2$ としている。

(5) 桁連結工（落橋防止装置）

桁連結装置は、近年に取り付けられたものがほとんどであったので、既設のものを照査し、耐力、遊間が不足するもののみ取り替えることとした。また、補強板、ピンなどの部材に関してもできるだけ再利用を心がけるようにした。

優先順位は経済性を比較した結果、①めがねタイプ (2pin) ②HTB タイプ (1pin) ③PC ケーブルタイプとした。

(6) その他の補修工

現地調査において発見された腐食などの補修も同時に行った。主な補修工を下記に示す。

- ①橋脚梁の支承部補強
- ②端横桁、横構の腐食補強
- ③橋脚梁点接部のリベット補修
- ④SRC 橋脚梁補強

あとがき

今回の工事範囲は首都高速道路の中でも初期の路線であり、現場調査では長年重交通に耐え続けた橋梁を間近で見ることができ、非常に貴重な経

験となった。

最後に、首都高速道路公団第一保全部ならびに第一維持事務所の方々をはじめ、関係各位に深く感謝の意を表します。

B. 支承・連結装置耐震性向上工事(1) (川崎)

まえがき

本工事は、首都高速道路公団が実施している耐震性向上工事の内、川崎市内を通る首都高速神奈川 1 号横羽線の大師河原 2 丁目から昭和 2 丁目、四谷上町から池上新町 2 丁目までの延長約 1570 m の範囲において、橋梁上部構造の耐震性を向上させる工事で、主に支承取替、耐震連結装置および橋脚天端拡幅を施工した。現場作業は、首都高速道路を供用しながら行った。本工事の位置図を図-4に示す。

1. 工事概要

工 事 名：支承・連結装置耐震性向上工事 (1)
(川崎)

工 期：自 平成 10 年 2 月 20 日
至 平成 12 年 7 月 28 日

路 線 名：高速神奈川 1 号横羽線

工事箇所：川崎市川崎区大師河原 2 丁目 他
(工事区間延長約 1570 m)

工事監督：首都高速道路公団

神奈川管理部 東神奈川維持事務所



図-4 位置図

工 種：支承取替工(タイプB)	49 橋脚	588 個
橋脚天端拡幅工	48 橋脚	392 個
連結装置設置工	50 橋脚	282 個
排水装置復旧工	50 橋脚	
床版端部補強工	46 橋脚	
腐食部補強工		2 箇所

橋梁形式は、鋼単純鈹桁橋および鋼単純箱桁橋である。橋脚形式は、T 型 RC 橋脚である。

施工工種の概要を図-5に示す。

2. 設計

(1) 検討事項

本工事の設計を行った時の問題点、検討事項および対策方法を表-2に示す。

(2) 支承取替工

ゴム支承本体の設置は、既設の桁下空間に全箇所タイプ B ゴム支承を納めるため、計画段階から標準設計の支承高を下記の①～③について見直した。

- ①サイドブロック取付けボルト径を小さくし、埋め込み長を短くして下沓厚を薄くした。
- ②ゴム厚の見直しを行い、可能な支承は 1 層厚を薄くした。
- ③ベースプレート厚を照査して薄くした。

①～③より、全箇所タイプ B ゴム支承への取替えを行うことができた。

増設アンカーボルト配置は、橋脚の竣功図面の鉄筋配置から計画したが、現場の鉄筋位置が図面と必ずしも一致していないため、計画通りに配置することが困難であったが、穿孔作業の際、鉄筋配置を現場で想定するために、有効であったと思われる。

(3) 連結装置設置工

1 ピン型落橋防止構造は、設計指針の参考資料に記載されている各部材の安全率を使用し、めがね型の設計方法に準じることで、めがね型と同等の耐力を確保することができた。

PC 鋼材型落橋防止構造は、偏向具とスプリングを設置し、主桁との取付けは、ピン接合から、摩擦接合高力ボルトに変更して、「落橋防止装置設計指針(案)－PC ケーブルによる桁連結装置－平成 7 年 12 月首都高速道路公団」に記載されている構造とした(図-6)。

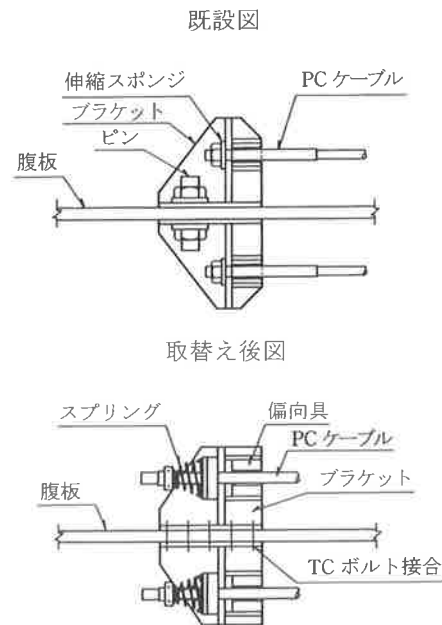


図-6 PC 鋼材型落橋防止構造

(4) 橋脚天端拡幅工

縁端拡幅ブラケットのアンカーボルト配置は、支承増設アンカーボルトと同様の対応を行った。

基本設計では検討されていなかった、橋脚梁上の作業空間を考慮したジャッキアップ装置の設置について、縁端拡幅ブラケットをジャッキアップ装置の設置と兼用することで、ジャッキアップ装置の設置と作業を問題無く行うことができた。

(5) 支障物

事前に現地調査を行って、支障物(ケーブルラック、非難階段用ブラケット等)との取り合いを検討したことにより、現場での作業ロスを減らすことができた。

3. 現場施工

(1) 無収縮モルタルの現場施工試験

下部工の構造は、T 型の RC 橋脚である。橋脚の梁端部は、活荷重により振動している。この条件で、支承を固定する無収縮モルタルの施工実績はある。しかし、所定の強度が出ていることを確認する目的で、無収縮モルタルの現場施工試験を行った。

無収縮モルタルのテストピースを、橋脚の梁端部に設置し、養生し、圧縮試験を行った。

圧縮試験の結果、全て、所定の強度を満足していた。この結果、活荷重による振動は、無収縮モルタルの強度に影響しないと判断した。

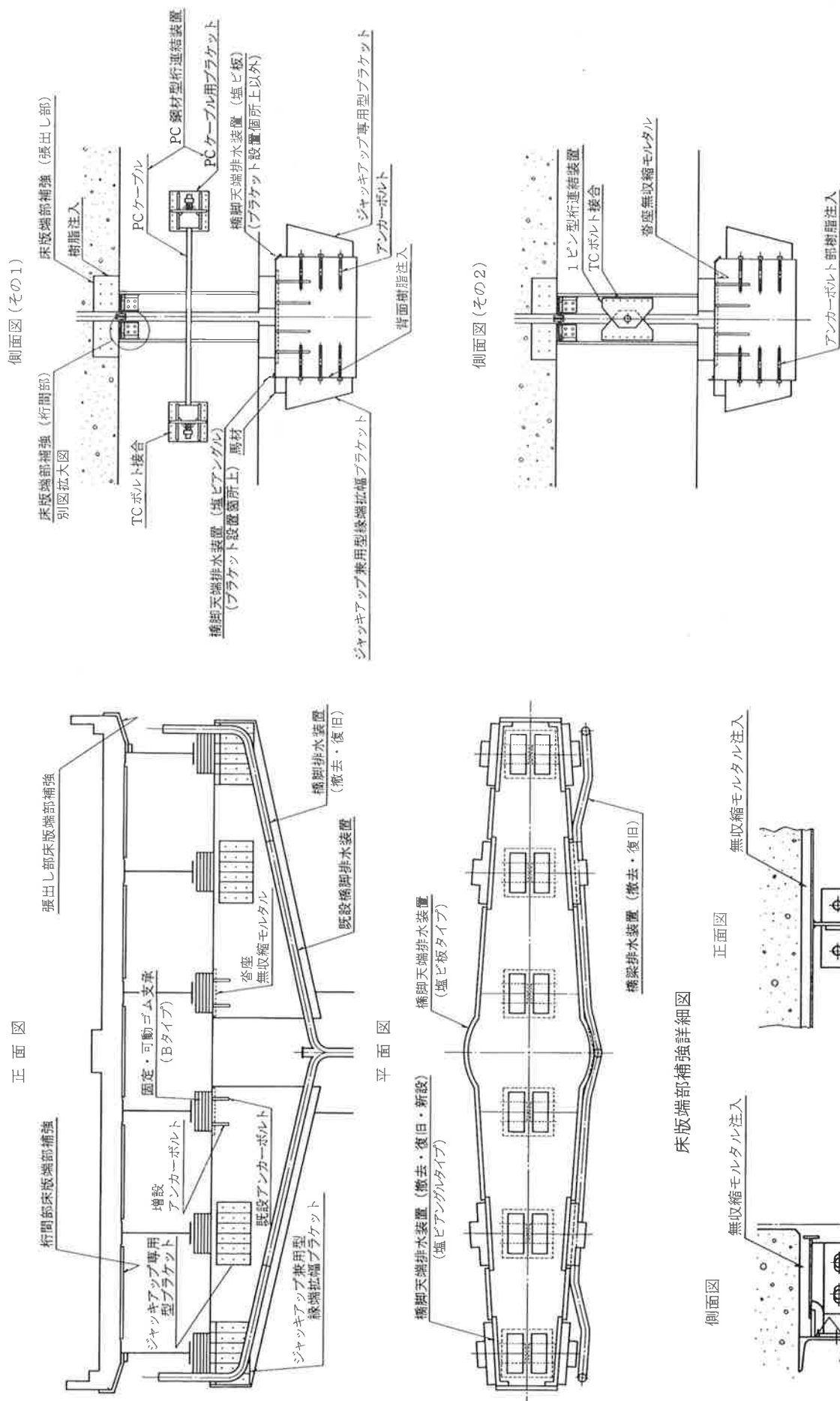


图-5 施工工種図

表-2 設計における検討事項と対策方法

工種名	基本設計における問題点	詳細設計における検討事項	対 策 方 法
支 承 取替工	設計要領 ¹⁾ では、タイプB ゴム支承を優先すると記載されているが、全てタイプA ゴム支承とし、変位制限構造も検討されていた。	橋脚梁上にスペースがなく変位制限構造を設置するのが困難なことおよび設計要領より、標準設計 ²⁾ タイプB ゴム支承を優先して検討を行った。ただし、竣功図面および現場実測値より、標準設計のタイプB ゴム支承では、桁下空間に納めるのが、困難であると判断できた。	既設の桁下空間にタイプB ゴム支承を設置するため、本工事用として、標準設計から①サイドブロック取付ボルト径を小さくし、埋め込み長を短くして、下巻厚を薄くした。②ゴム厚の見直しを行いゴム1層厚を薄くした等、①、②の変更を行い支承高を低くしたゴム支承の設計を行った。
	桁下空間が低い(既設線支承高が低い)ことによる、ゴム支承の収まりを検討されていた。	既設桁の下フランジ幅が狭い(300mm程度)ので、支承取付用摩擦接合高力ボルト配置が橋軸方向に長くなり、ジャッキ位置と干渉すると判断できた(ボルト孔あけ機械の形状より、フランジ片側1列になる)。	反力が大きいため、支承本体が大きくなり、桁端部から上巻がはみ出る箇所は、下フランジを拡幅して対処した。
連結装置 設置工	125t 以上の反力発生箇所についての支承取替工が検討されていた。	標準設計の100t 以上のタイプBは、桁端部張出長が300mmであるため、本工事用として250mm対応に変更する必要があった。変更ゴム形状幅が大きくなるため、下フランジ幅から大きく突出するので、ゴム支圧面積の確保を検討する必要があった。	支承取付用摩擦接合高力ボルト列数の増加およびゴムの支圧面積の確保のために、下フランジと上巻の間に下フランジと同厚で片側幅が80mm大きい調整プレートを設置した。
		タイプAは震度法に、タイプBは保耐法に抵抗する設計であるため、地震時水平力が既設設計よりも大きくなり、アンカーボルト増設の検討が必要になった。アンカーボルト配置は、竣工図面より橋脚鉄筋との取り付け合い検討を行った。	竣功図面より、RC 橋脚の鉄筋配置と作業空間を考慮して、アンカーボルト配置を決定した。鉄筋配置および穿孔機械の穿孔径より、アンカーボルトの最大径を決定した。ベースプレートとの定着は、標準設計および「ゴム支承設計マニュアル(案)首都高速道路公団」より溶接構造とした。
	許容応力度設計法でめがね型落橋防止構造を設計していたが、公団では終局強度までを考慮した設計指針 ²⁾ を改訂作成中であった。	設計指針を採用すると、桁端部250mm、桁遊間100mmに、めがね型の設置が困難であったので、既設形状と同様の1ピン型で検討を行った。	設計指針を基に設計を行った1ピン型を設置した。
橋脚天端 拡幅工		斜角桁部に設置されている既設のPC 鋼材型落橋防止構造の照査および改造方法の検討が必要であった。	偏向具が設置されていないことと支圧板の耐力が不足していることより、既設部材を撤去し、許容応力度設計法より、新規にPC 鋼材型を設置した。
	橋脚梁上の平面スペースが狭いため、支承取替作業に使用するジャッキ装置の設置場所を検討する必要がある。	橋脚梁上の作業スペースの問題より、縁端拡幅ブラケットは、ジャッキ装置の設置と桁かかり長確保を兼用する機能とし、荷重および形状などの検討を行った。ただし、橋脚天端に合わせて設置するとジャッキ装置が桁下空間に収まらないことが、竣功図面および現場実測値より判断できた。	縁端拡幅ブラケットは、桁かかり長確保とジャッキ装置の設置を兼用したため、設計荷重が大きくなった。既設の桁下空間では、ジャッキ装置が収まらないので、ブラケット設置位置を橋脚天端から150mm下げて設置し、支承取替作業終了後、橋脚天端に合わせるために馬材を設置した。ただし、ジャッキ装置専用箇所のブラケットは、馬材を設置しない構造とした。
その他		縁端拡幅ブラケットの橋脚との定着をアンカーボルトで行うので、竣功図面より、橋脚鉄筋との取り付け合いを検討する必要がある。	竣功図面より、RC 橋脚の鉄筋配置を考慮して、アンカーボルト配置を決定した。橋脚柱付近は、鉄筋が密に入っていることと円形柱との取り付け合いおよび内桁で反力が小さいことより、橋脚梁上にジャッキ装置を設置して作業を行った。
		現場調査を行った結果、支障物との取り付け合いを検討する必要がある。	支障物の取り付け合いにより、構造物形状および設置についての検討を行った。

- 1) 支承・落橋防止システム設計要領(案) 平成9年9月 首都高速道路公団
2) 既設橋の落橋防止構造(連結板形式)設計指針(暫定案) 平成11年1月 首都高速道路公団
3) 固定・可動ゴム支承標準設計(既設橋)(案) 平成10年8月 首都高速道路公団

(2) 支承の増設アンカーボルトの孔明け作業

取り替え支承は、タイプ B である。保有水平耐力法による水平力で設計することから、既設のアンカーボルトに加えて、増設アンカーボルトで補強した。

橋脚上の支承付近は、端支点上横桁、横構、添架物や、疑似箱桁の下フランジなどがあり、狭い作業環境である。この作業条件での増設アンカーボルトの孔明け作業は、困難を極めた。

増設アンカーボルトの径や本数を更に細く、少なくすることができないかが、今後の検討課題である。

(3) 支承据え付け

本工事の支承据え付け作業は、安全対策を行いつつ、1 支承線上、全支承一括扛上し、同時施工した。ゴム支承据え付けは、温度が $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 以内のときに行い、鉛直に据え付けた。

(4) ゴム支承の据え付け管理値

ゴム支承の同一支承線上での、相対的据え付け管理値は、3 mm 以内とされた。地震時、各々の支承を有効に機能させるためである。この管理値内でのゴム支承の据え付けは、非常に難しい作業であった。

(5) 支承・連結装置の施工手順

支承・連結装置は、従来からの施工手順により、橋脚天端拡幅ブラケット、支承、連結装置の順序で施工した。

しかし、今後は連結装置、橋脚天端拡幅ブラケット、支承の順序で施工することを提案する。連結装置と橋脚天端拡幅ブラケットは、支承取り替え作業中の地震時の安全に対し、有効な対策となるからである。

(6) 床版端部補強の注入材

床版端部補強の注入材には、無収縮グラウト材が指定されている。桁端部は、活荷重による衝撃を受け振動も多い。作業結果は、打音検査で判定した。その中で、空隙音の場合は、樹脂を注入し、なお空隙音が発生した場合は、再度の樹脂注入を繰り返した。この作業は困難であった。

そこで、床版端部補強の注入材には、設計段階より、樹脂材を採用することを要望したい。

あとがき

本工事のような既設桁補強工事は、事前の調査、計測、計画はもとより、全体での事前検討を行うことの重要性を改めて実感した。また、工場製作および現場施工を考慮した図面作成を積極的に行うために、設計段階における各部門との打合せを、より密に行うことが、今後の課題と思われる。

最後に本工事の竣功については、首都高速道路公団神奈川管理部ならびに東神奈川維持事務所の方々をはじめ、関係各位に深く感謝の意を表します。