

東京港臨海大橋（仮称）主橋梁部における支承の点検手法

糸永克彦*・上野雅明**・齊藤 泰***

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** 前 国土交通省 関東地方整備局 東京港湾事務所 品質管理課長

*** 国土交通省 関東地方整備局 東京港湾事務所 企画調整課 企画係長

東京港臨海大橋（仮称）の施設管理の検討において、この橋梁の構造的特徴を踏まえた維持管理の検討、点検管理要領（案）の作成を行った。主橋梁部の支承は、我が国では例のない大型のすべり系機能分離型支承を採用しており、すべり面保護のため防塵カバーが設置されている。本報告は、主橋梁部支承の点検手法について検討した概要について述べる。

キーワード：橋梁、免震支承、維持管理、計測管理

1. はじめに

構造物の維持管理においては、点検・維持修繕により構造物の延命化をはかり、その機能を最大限に発揮させることが基本となる。この点検・維持修繕のための諸施設は、コスト面に配慮しつつ、常に安全かつ容易に作業のできるものが求められる。東京港臨海道路においては、主橋梁部である第3航路横断橋梁が長大トラス橋梁であり、かつ、海上高所に架けられること、また、中央防波堤外側埋立地区のアプローチ橋梁部は廃棄物地盤及び軟弱地盤上であることが計画上的特徴であり、新技術の採用など様々な構造的特徴がある。そのため、本橋に合った独自の維持管理設備や管理手法について検討が必要となった。

本論文では、東京港臨海大橋（仮称）の橋梁部及び平坦道路土工部の構造の特徴を踏まえた点検管理要領（案）の作成において検討した、主橋梁部支承の点検手法について報告する。

2. 東京港臨海大橋の施設管理

2.1 東京港臨海大橋の概要

東京港臨海道路の主橋梁部は、大支間の桁下空間を確保し、かつ羽田空港を離発着する航空機を考慮し構造高さを抑えた橋梁形式として3径間連続トラスボックス複合構造（中央支間長 440m, 最高道路面高 A. P+61.2m）を採用しており、この形式の橋梁としては我が国では例の

ない長大橋である（図-1 参照）。

また、本橋は一般国道であり港湾貨物車両等大型車両が多く通行する交通特性を持っている。表-1に道路諸元、表-2に橋の諸元を示す。

表-1 道路の諸元

道路延長	4.6km
計画交通量	35,400 台/日
車線数	往復4車線
設計速度	60km/h (橋梁部: 50km/h)
道路区分	第4種1級 (道路構造令)

表-2 橋の諸元

上部構造	主橋梁部	連続トラスボックス複合構造
	陸上・海上アプローチ	連続鋼床版箱桁構造
下部構造	橋脚	RC構造
	基礎	鋼管矢板井筒構造
桁下高	A. P+54.6m	
構造高 (トラス格点の最高部)	A. P+87.8m	

2.2 東京港臨海大橋の構造的特徴

本橋の構造的特徴としては次の事が挙げられる。

- ・ 現場溶接を多用し、また、防食仕様としてはC-4系の重防食塗装を基本としている。さらに、トラス格点部の結合方法として、従来の添接板+ボルト接合に替わり、交点部材相互を直接溶接にて接合したコンパクト

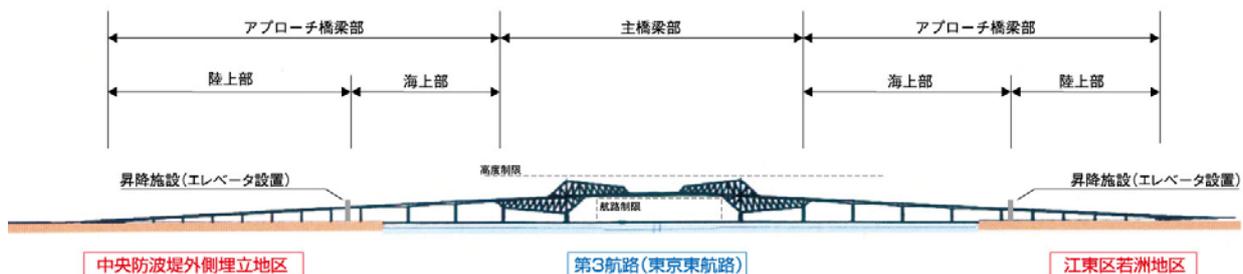


図-1 東京港臨海道路の一般図

格点を採用していることなどから腐食に対しては従来の鋼橋に比べ耐久性の向上が図られている。

- SM570 材などの高強度鋼材に比べ溶接性に優れる新しい高強度鋼材 (BHS 鋼材) を採用している。
- 鋼床版は、FEM 解析や載荷試験による検証により、疲労耐久性を向上させた構造に改良していることから、疲労亀裂などの問題は確実に減少している。
- 主橋梁部の支承は、我が国では例のない大型のすべり系機能分離 (鉛直荷重支持版と水平バッファ) 型支承を採用している。

また、本橋の構造・材料的特徴及び維持・管理上の特徴を表-3に示す。

表-3 構造・材料的特徴及び維持・管理上の特徴

管理対象施設および部位		構造・材料的特徴	維持・管理上の特徴		
臨海道路、臨海大橋全般		道路は廃棄物埋立地盤上に作られる。橋梁に関しては、新材料 (BHS鋼材)、新工法 (溶接構造)、高耐久性鋼床版、高耐久性防食塗装、すべり系免震支承等の採用。	臨海大橋は桁下の高さが海面以上 5.4、6 m、トラス最高高さが、8.7、8 m と高く、支脚 16.0+4.40+1.60 m の長大トラス橋である。		
橋梁本体構造	上部構造	上部工全般	溶接構造の多用 (HT ボルト接合部の低減) BHS 鋼材の採用	水分、塩分のたい積が少なく、塗膜劣化、腐食の発生が少ない。塗膜の弱点となるボルト突出部がない 特になし	
		トラス	溶接構造の多用 (HT ボルト接合部の低減)	水分、塩分のたい積が少なく、塗膜劣化、腐食の発生が少ない。塗膜の弱点となるボルト突出部がない	
		鋼床版	高疲労耐久性鋼床版の採用	疲労損傷の減少	
		箱桁	溶接構造の多用 (HT ボルト接合部の低減)	水分、塩分のたい積が少なく、塗膜劣化、腐食の発生が少ない。塗膜の弱点となるボルト突出部がない	
	支承	中間橋脚部	すべり系機能分離型支承の採用 (ゴム系、樹脂系、鋼材)	ゴムは金属製に比べて耐久性が高い (塵埃、水分、塩分の侵入防止の保護カバーがある)	
		架違い橋脚部	ゴム支承	金属製に比べて耐久性あり (腐食する部分が少ない、可動部分がない)	
		タイダウンケーブル	PC ケーブルの採用	重要な部材 (防錆措置あり) 水平動により緊張力が緩む可能性	
	下部・基礎構造	海上部	橋脚躯体	高耐久性埋設型枠採用	塩分の侵入、中性化の進行を防ぎ、高耐久性を有する
			橋脚基礎	電気防食 (亜鉛照合電極) (鋼管井筒基礎)	点検不可能なので電気防食を実施
		陸上部	橋脚躯体	鉄筋コンクリート橋脚と鋼桁の剛接構造 (海上部にもある)	特になし
橋脚基礎			3重管鋼管杭	有害物質の浸出防止構造	
道路	土工部	路面・路盤	廃棄物埋立地盤上	軟弱地盤上 (有差町階) 路盤の沈下、有害物質を含んだ水の浸出	
		盛土、擁壁構造	発泡ビーズ混合軽量盛土 ジオグリッド補強土壁	沈下の低減 不等沈下に対する追従性あり	

2.2 交通規制の早期解除の必要性

本橋梁は、中防外側埋立地に計画されるコンテナバースからの物流ルートとなる。中防外側埋立地からの物流ルートとしては、図-2 に示すものが考えられるが、各ルートとも航路や水路を横断するため、地震時に交通障害を生じるおそれのある下記の構造物が存在している。

- ルートA：東京港第1航路海底トンネル
 - ルートB：東京港第2航路海底トンネル、第二中潮橋
 - ルートC：東京港臨海大橋 (仮称)、南北水路横断橋
- これらの構造物のうち、南北水路横断橋と第二中潮橋は一般的な橋梁であり、地震時点検に要する時間は短いものと予想される。第1航路、第2航路の海底トンネル構造についても諸設備は基本的に遠隔監視されており、地震時の緊急点検は車両走行、目視点検により障害物などの有無を確認する程度で対応できるものと考えられる。したがって、最も時間がかかることが予想されるのは長大橋梁である東京港臨海大橋 (仮称) の点検である。ル

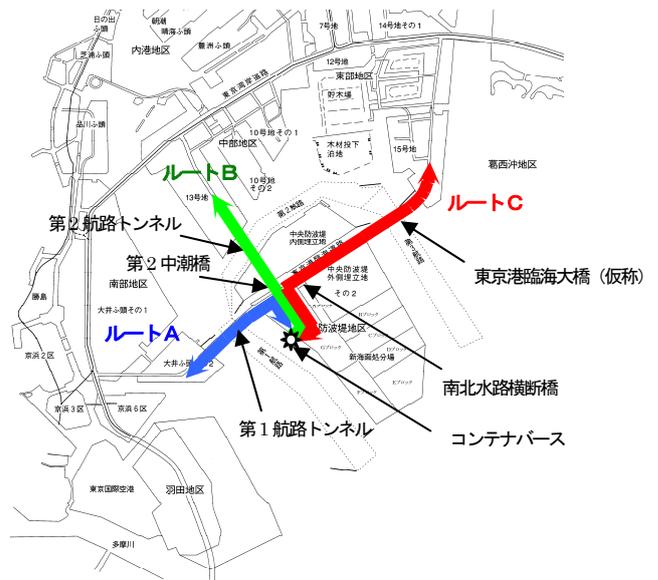


図-2 コンテナバースからの想定物流ルート

ートA, Bに交通障害が生じていないと判断された時には、多少時間をかけて点検することも許されるが、ルートA, Bが利用できない状況の場合は、ルートCの利用の可否を短時間で判断することが求められる。その際には、最も時間を要すると考えられる主橋梁の点検を効率的に行うことが重要である。

2.3 地震時の予測損傷部位¹⁾

過去の橋梁の損傷事例及び本橋の大規模地震時挙動をFEM動的解析により検討された結果によると、地震時において、以下の部材に損傷の可能性がみられた。入力地震動は、レベル2タイプII・地盤種別III種の地震動で、兵庫県南部地震における東神戸大橋の観測波形を用いている。さらに、地盤解析によって各地盤物性値を考慮した地震変動を各地盤バネの先端より入力している。各橋脚には、橋軸方向変位動、橋軸直角方向変位動、橋軸まわり回転動、橋軸直角まわり回転動の4波形が橋軸方向地震と橋軸直角方向地震の2系列にわけて入力されている。

① 支承

上部工と下部工をつなぐ支承部には、地震力が集中するため、多くの橋梁で破損の事例がある。

② MP1, MP4 橋脚上の支承のストッパープレート

設計荷重である20,000kNを越える橋軸直角方向力が作用するとストッパープレートの破損が想定される。

③ トラスラテラル材

橋軸方向、橋軸直角方向入力時の両方で損傷が想定された。損傷が想定された部材は、使用鋼材がSM400であり、他の部材と比べて弱点となっている。また、固定支承のストッパープレートが損傷を受けると、ほぼ同時にしくは、その後にトラスラテラル材が損傷しており、ストッパープレートの損傷が生じた時点で、トラスラテラル材の損傷が生じていると想定される。

3. 主橋梁部支承の点検手法の検討

3.1 主橋梁部支承の点検

(1) 主橋梁部の支承構造

主橋梁部の支承の構造概要を図-3 に示す。主橋梁部の支承は、すべり免震支承を採用した免震設計を実施している。支承構造は、既往の機能分離型ゴム支承と同様であるが、規模が類を見ない大きさ（既往実績最大：25,000kN、本橋：80,000kN）となっている。また、本橋では、すべり面の摩擦力によるエネルギー減衰を考慮した免震設計を行っており、摩擦係数の速度依存性、面圧依存性を実験により確認し設計に取り入れている。

①水平バフファ（図-4）

積層ゴム支承で、せん断力を受けるが鉛直力は作用しない。

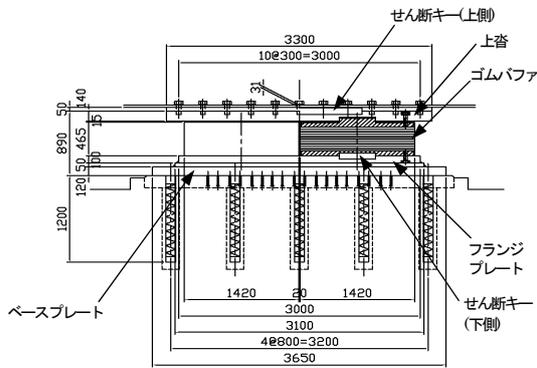


図-4 水平バフファ

②鉛直支承（図-5）

ストッパープレートによりゴムのせん断変形を拘束された構造で鉛直力を支持するとともに桁の回転を吸収する機能を有するものである。ゴム支承部の上面にテフロン板が設置されており、上部工側のステンレス製スライディングプレートとの間でスライドする構造となっている。ゴム沓部分はストッパープレートにより囲まれているため、目視確認は不可能である。また、すべり面の摩擦抵抗による免震機能を利用しており、すべり面の健全性が地震時の構造安定性に大きく寄与するため、塩分や埃及び紫外線を遮断するために防塵カバーを設置している。

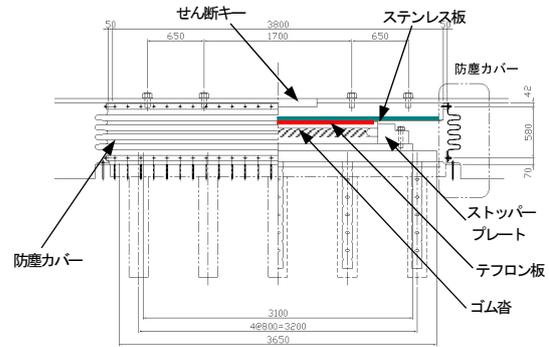


図-5 鉛直支承

(2) 点検における課題

支承部の損傷は、供用上のネックであり、支承構造として前述のような特徴を持っているため、点検において下記の課題がある。

- すべり型免震支承が採用されており、すべり面の保護のために防塵カバーが設置され、鉛直支承は、目視不可能な構造となっており、目視にかわる何らかの管理手法による支承部の健全度の確認が必要である。
- 防塵カバー（高耐候性ゴム EPDM, 14.9kg/m）の交換には手間がかかること、また、防塵カバーの交換時期（約20年程度）に併せた目視点検では点検間隔が長すぎる。
- 地震発生後の交通規制解除の早急な判断が求められるが、限られた人員で全ての支承部を点検するには時間を要する。

(3) 常時の点検方法

常時の点検（定期点検）における支承部（沓座部を含む）の点検方法は、一般には、目視点検及び必要に応じて変位計測により変状の有無を確認する事となっているが、上述の問題点があり、防塵カバーを設置している箇所については、支承周辺部の目視点検及び計測管理により点検を行い、防塵カバー交換時に支承部の詳細点検を実施する。

(4) 地震時の点検方法

地震時の点検における支承部の点検方法は、常時と同様に目視点検が原則である。防塵カバーにより目視不可能な部分があることより、目視点検に加え、さらに異常

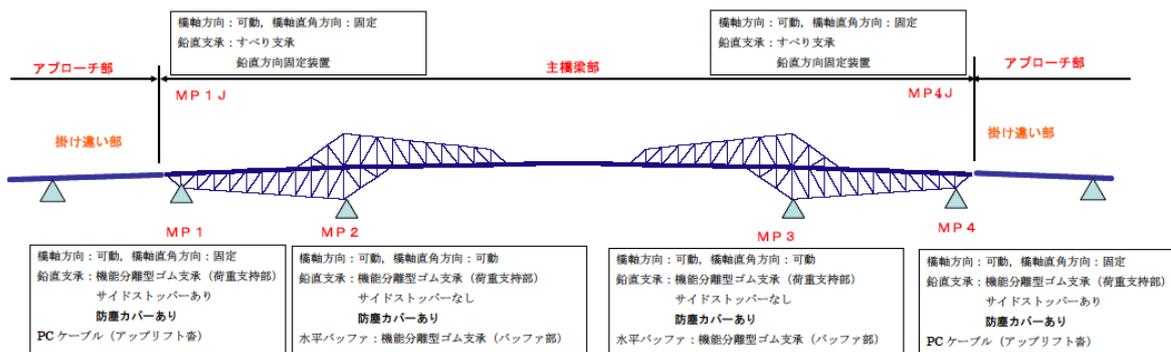


図-3 主橋梁部の支承構造の概要

検知システムなどの計測管理により異常の有無を確認する。地震時の点検手順を図-6のように計画する。

一次点検では、遠望目視、車上点検により交通機能の確認、支承の近傍目視点のほか、計測管理（異常検知システム）により支承の損傷度を異常変位の有無により判定する。

二次点検では、計測管理（異常検知システム）の異常の有無により、防塵カバーを外して詳細な点検を実施する対象箇所を限定する。異常が確認されなかった支承については二次点検を支承周りのみに簡略化し、次の防塵カバー交換時に詳細な点検を実施する。また、地震時の最大変位や地震後の変位量を計測することにより異常の有無を確認する。

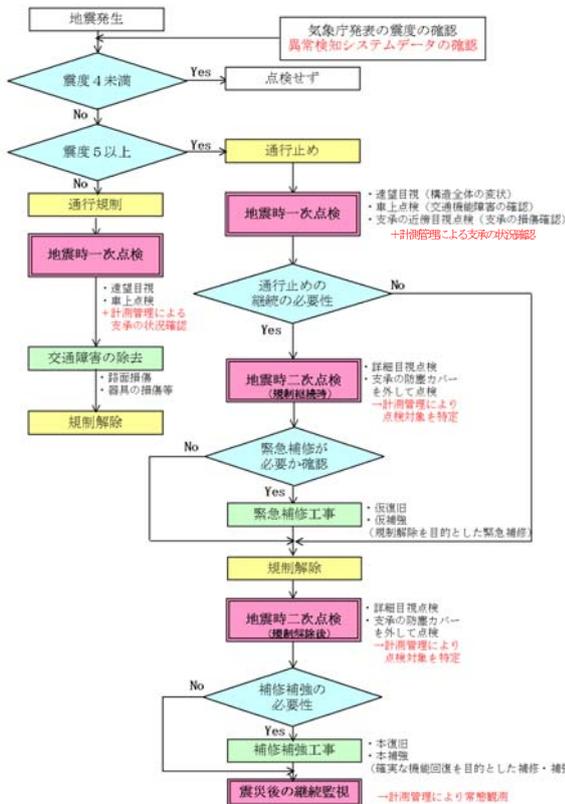


図-6 地震時点検フロー

3.2 支承部の異常検知システム導入の検討

(1) 支承部の異常検知システムの導入効果

支承部の異常検知システムの導入における利点としては、以下が考えられる。

- ・ 防塵カバーにより目視不可能な支承の健全度を支承の変位挙動から間接的に評価できる。
- ・ 防塵カバーを外して詳細点検する箇所を特定でき、異常が確認されなかった支承については、防塵カバー外側の点検のみに簡略化して、防塵カバーを取り外す手間と時間を軽減できる。
- ・ 地震後の変位挙動を観測することにより、健全度を把握することができる。

- ・ 異常の有無を遠隔地にてリアルタイムで把握が可能となり、交通開放の是非の判断材料として利用が可能である。

(2) 支承可動方向の異常検知方法

支承の可動方向については、常時及び地震後の継続監視を兼ねて変位計を設置し、それにより異常変位を検知する(図-7)。

変位計には、光ファイバセンサを用いたものを計画する。光ファイバセンサは、電気系のセンサに比べ経年劣化が少なく、計測地点に電気設備が不要である。また、電気的なノイズの影響を受けないという利点がある。

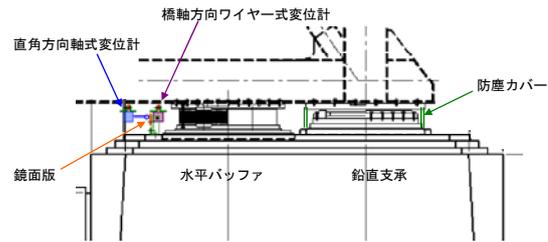


図-7 変位計設置図

(3) 支承固定方向の異常検知方法

支承固定方向は、ストッパープレートが設置されており、ストッパープレートが破損されたとき 10mm 以上の変位が生じ、異常が起きたと判断できる。異常検知方法としては、システムの目的からは定量的な測定は要求されず、異常の有無の判定のみであり、高い精度は必要としないことから、変位計より安価である OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) 方式センサが有効であると考えた。OTDR 方式センサは、光ケーブル敷設時の通線確認などで一般的に行われているものを構造物の一定量の変位検知に応用したものであり、十分に信頼できるものであると考える。しかし、橋梁の維持管理への利用としては実績がなく今後詳細な検討が必要である。

4. おわりに

本橋の施設管理の検討として、施設の安全性及び交通規制の判断材料とするためのモニタリングシステムを利用した維持管理方法については、今後も継続して検討を実施する予定である。本検討においては、東京港臨海道路施設管理分科会（委員長：横田弘 独立行政法人港湾空港技術研究所 LCM 研究センター長）の委員の方々にご審議、ご指導をいただいております。これらの方々にご感謝の意を表して結びとします。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所: 東京港臨海大橋(仮称)におけるモニタリングシステム導入の調査・検討及び鋼床版疲労試験 研究報告書 平成19年3月