

第1章 鋼橋の大規模修繕・大規模更新について

1.1 大規模修繕・大規模更新の背景

1.1.1 これまでの道路インフラの整備¹⁾

日本の道路整備は、戦後の復興から本格的に始まった。

1956年に我が国の道路調査のために来日したワトキンスは、「日本の道路は信じがたいほど悪い。工業国にして、これほど完全にその道路網を無視した国はない」とその調査報告書²⁾の冒頭で述べているが、1950年代の日本の道路整備は欧米の先進国に比べ著しく遅れており、一般国道でさえ大半が未舗装の状態であった。このような状況を改善し、急速な経済成長を進めるため、特定財源制度が1954年に整備され、1957年に高速自動車国道の建設が始まった。

1962年に策定された全国総合開発計画(全総)では、高度経済成長への移行を背景に、地域間の均衡ある発展を図ることを目標に、全国的高速道路網7,600kmなど開発効果の高いものから重点的に整備されることとなった。

図-1.1.1に、GDPと自動車走行台キロの推移を示すが、日本経済はモータリゼーションの発展とそれを支える道路インフラの建設とともに成長してきたと言える。

その後、二度のオイルショックによる経済の混乱や、大都市一極集中による様々な課題に対応するため、以降に続く全国総合開発計画では多極分散型の国土発展が目標とされ、高速道路整備に関しては日本を縦に貫く縦貫道の時代から、全国各地域から短時間で高速道路にアクセスするための横断道の時代へと移行することとなり、集中的な道路インフラの整備が全国的に広まることとなった。

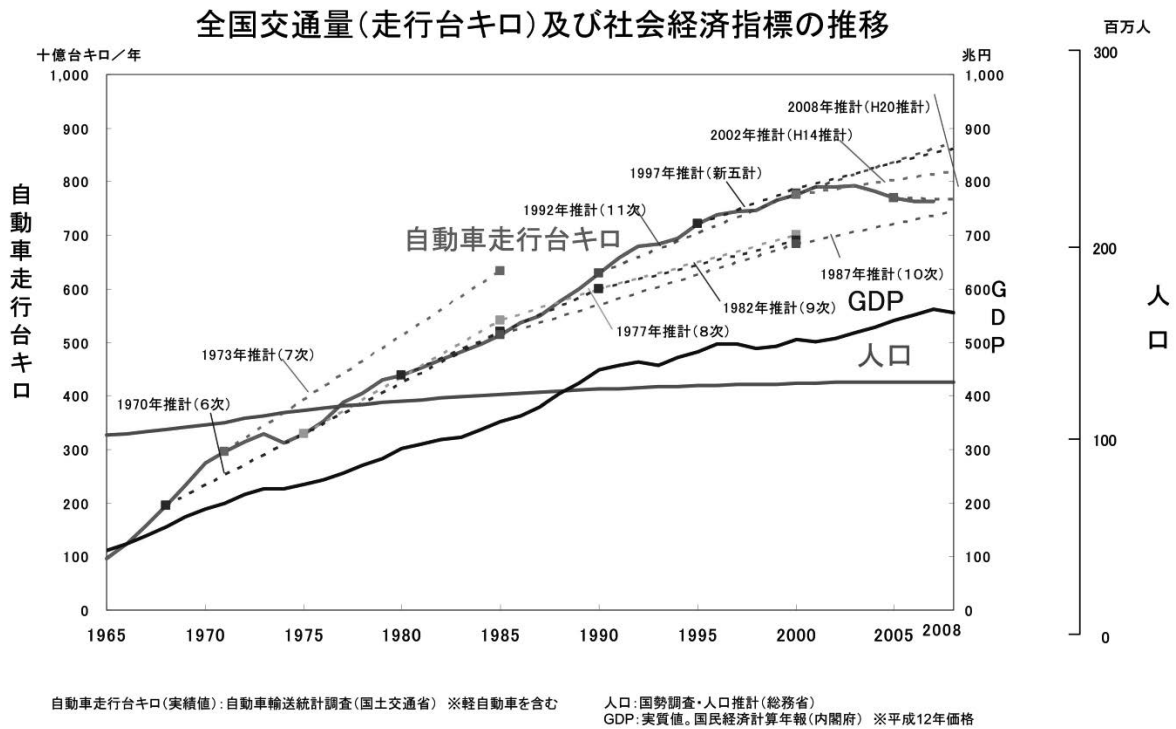


図-1.1.1 全国交通量と社会経済指標の推移³⁾

1.1.2 インフラストックの増大と老朽化

高度経済成長を背景に進められた道路整備では、短期間に多くのインフラを効率的に建設する必要があったため、国が中心となって技術基準の整備が進められたが、当時の技術レベルに応じた仕様規定だったことから、道路の供用延長の増大やモータリゼーションの進展による重量車両の増加とともに、当初想定していなかった変状や損傷が現れるようになった。

例えば、1970年代には鋼橋のRC床版の押し抜きせん断破壊による損傷が、東名高速道路をはじめ主要な橋梁にも散見されるようになり、床版の厚さと鉄筋の不足が原因とされたことから、その後のRC床版の設計基準は、大型車の混入量に応じた設計荷重の割増や床版厚の確保などにより、主として床版の耐久性向上に着目するものとなった。RC床版の損傷については、その後の松井らの研究により、水の存在が押し抜きせん断破壊を助長することが明らかになり、

さらに凍結防止剤の散布による上面損傷も確認されるようになり、現在ではこれらの経験を基にした、床版の耐久性を重視した設計基準となっている(図-1.1.2 RC床版の設計基準の変遷参照⁴⁾)。

また、鋼橋の疲労については鉄道橋を中心として研究が進められていたが、1980年代になるまで「道路橋に疲労損傷はない」と言われ、道路橋での疲労損傷は見過ごされてきた。その後、三木らの研究により、道路橋にも疲労損傷が発生することやその損傷メカニズムが解明されるようになり、道路橋においても疲労に対する照査や疲労に強い構造ディテールが義務付けられるようになっていく。

このように新設橋の設計基準は、既設橋の損傷に関する研究成果を基に逐次改正されてきており、これから建設される橋梁は十分な耐久性を有していると言えるが、高度成長期に建設された橋梁群は、現行基準で建設された橋梁と比べると耐久性の観点で性能が低く、疲労や塩害などのダメージの蓄積とともに、維持管理上の大きな負担となることが予想される。

なお、腐食は鋼構造物の代表的な損傷であるが、環境条件に合致した防食方法の選定と定期的な点検・塗替えにより、半永久的に鋼構造物の性能を維持することができるよう防食システムの基準化が進められてきており、重防食系の塗装のみならず、合金溶射などの採用により維持管理の負担を軽減させることも可能である。一方で、定期的な点検を怠り放置したことで、架け替えにまで至ってしまう橋梁の例もあることから、点検による橋梁の状態把握は、橋梁マネジメントにおいて今後ますますその重要性を増してくると考えられる。

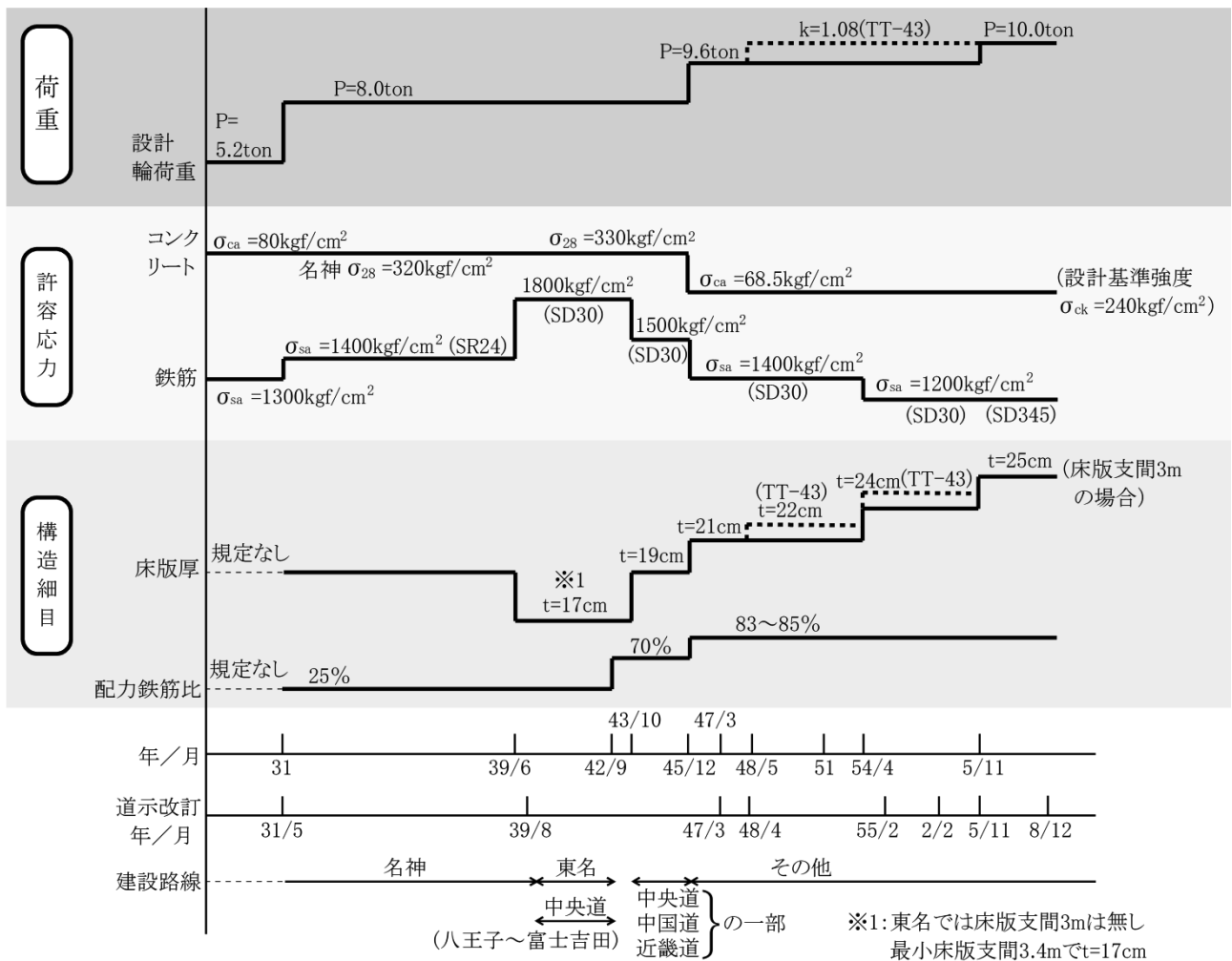


図-1.1.2 高速道路におけるRC床版の設計基準の変遷

1.1.3 建設の時代から管理の時代へ¹⁾

経済成長のため建設事業優先でスタートした我が国のインフラ整備であるが、前述したように、既設構造物の高齢化とともに、徐々に維持管理上の課題が指摘されるようになる。国土交通省においても、2002年の国土交通白書におい

て「既存ストックの有効活用等」として、既設建造物の延命化やライフサイクルコストの縮減を戦略的重点分野として技術開発等を推進することとされ、2007年の国土交通白書では「社会資本の高齢化時代における戦略的な維持管理・更新」として、予防保全的管理の導入によるライフサイクルコストの低減を、今後の施策として示している。2007年は、米国ミネソタ州のミネアポリスでトラス橋の落橋事故が起こった年であり、特に予防保全システムの重要性が指摘された時期でもある。しかしながら、国の道路分野における維持管理予算を見ると、1997年以降の公共事業全体予算⁵⁾⁶⁾とともに減少し続け(図-1.1.3, 1.1.4)、老朽化による維持管理の重要性が叫ばれながらも、震災復興事業や防災・減災のための投資、首都圏を中心とした物流ネットワークの早期整備などのために、必ずしも十分な予算確保ができていない状況であった。

その後、高速道路分野では、首都高速道路株式会社が2012年3月に、東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社(以下、NEXCO3社という)および阪神高速道路株式会社が2012年11月に大規模更新のあり方に関する検討委員会を設置し、橋梁の架け替えや大規模な部材の取替えを視野に入れた本格的な予防保全への検討が進められた。また、2012年12月に起きた笹子トンネルの天井版崩落事故なども契機となり、国は2013年度をメンテナンス元年と位置付け、インフラ長寿命化計画に基づいた維持管理マネジメントを推進し、さらに道路構造物の維持管理に関する国土交通省令の改正により5年に1回の近接目視による構造物点検を義務化した。2014年4月に開催された社会資本整備審議会 道路分科会基本政策部会では、「道路老朽化対策の本格実施に関する提言」をまとめ、点検・診断・措置・記録のメンテナンスサイクルの本格的な始動にあたっては、産学官の予算・人材・技術を全て投入し、総力をあげ、「道路メンテナンス総力戦」(提言)の意識で取り組む必要性を指摘しているが、まさしく予防保全的維持管理を目指して大きく舵がきられたと言える。⁷⁾

なお、上記の国の方針に従って、各機関では長期的にインフラを維持管理するために予防保全的概念を導入した「大規模修繕・大規模更新」に関する検討を進めているが、「1.3 各インフラ管理者における大規模修繕・大規模更新の検討」では、各インフラ管理者の大規模修繕・大規模更新計画を横断的に概括することで、大規模修繕・大規模更新に関する理解を深めていきたい。

公共事業関係費の推移

公共事業関係費は、平成9年度のピーク時(当初予算ベース)以降、基本的には減少を続け、平成26年度の公共事業関係費はピーク時と比較した場合には約▲4割低い水準となっている。

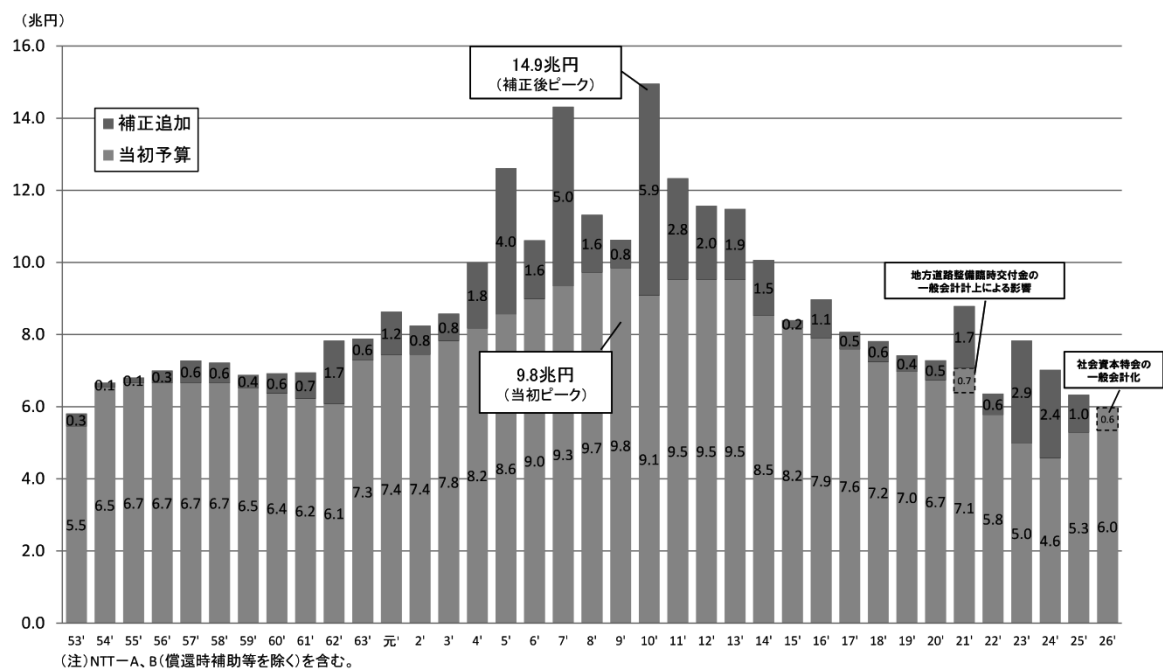


図-1.1.3 公共事業関係費の推移⁵⁾

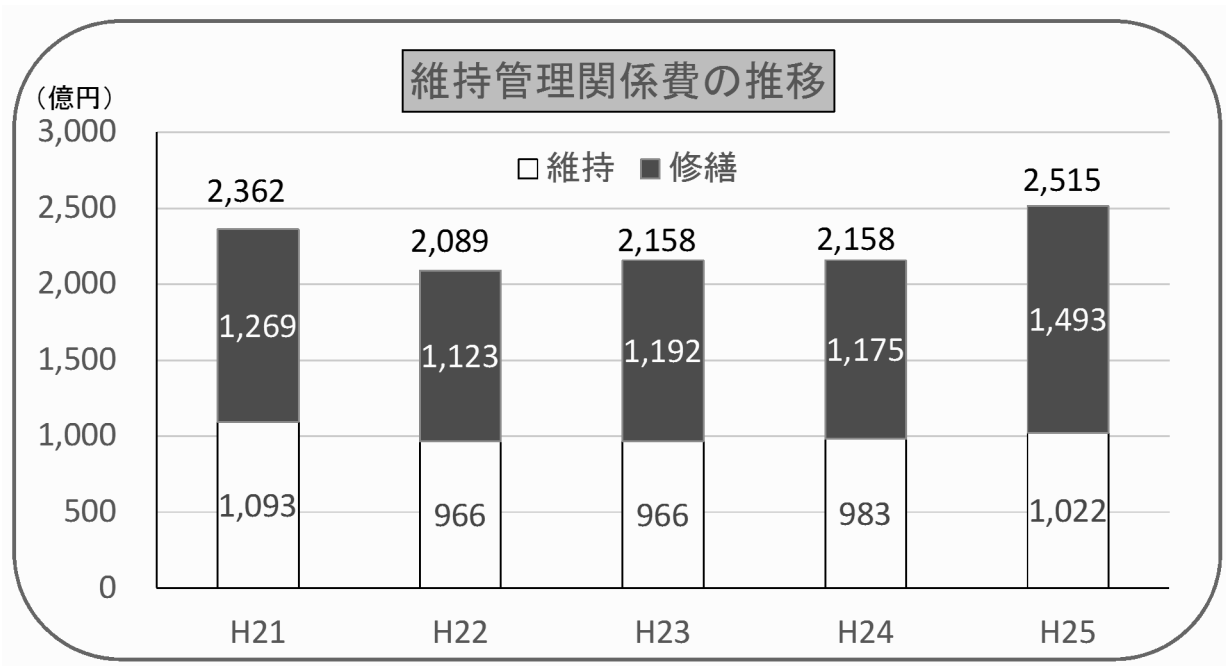


図-1.1.4 国道等の維持管理予算の推移⁶⁾

参考文献

- 1) 国土交通省, 国土交通白書, 2002年~2013年
- 2) ワトキンス調査団 名古屋・神戸高速道路調査報告書, 2001.12
- 3) 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/common/000047777.pdf>
- 4) 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株), 設計要領第二集橋梁保全編, 2015.7
- 5) 財務省, 社会資本整備を巡る現状と課題, 2014年10月20日
https://www.mof.go.jp/about_mof/councils/fiscal_system_council/sub-of_fiscal_system/proceedings/material/zaiseia261020/01.pdf
- 6) 財務省, 平成25年度国土交通省・公共事業関係予算のポイント, 2014
https://www.mof.go.jp/budget/budger_workflow/budget/fy2013/seifuan25/06-7.pdf
- 7) 国土交通省, 社会資本整備審議会 道路分科会基本政策部会 道路老朽化対策の本格実施に関する提言, 2013.2

1.2 鋼橋の大規模修繕・大規模更新の定義^{1)~4)}

(1) 総論

大規模修繕および大規模更新の定義については、各管理者それぞれに委員会を設置し、工事内容や工事事例を例に議論しているが、検討経緯や各社の抱える背景の違いから、必ずしも明確な定義があるわけではない(表-1.2.1)。

大規模更新については、上部工の架替えや床版取替え、著しく損傷や機能低下が進行した部材に対する再構築等、既設構造物の再施工・再構築により、構造物の性能・機能の向上や強化を図る行為を対象としており、その際、長期間にわたる通行止めや、車線数減少による交通規制を伴い交通への影響が著しく大きいものを大規模更新として定義しているようである。また、大規模修繕は、床版の部分的な打替えや補強(SFRC補強、炭素繊維補強等)、外ケーブル補強等、既設構造物の部分的な補修・補強により、構造物の性能・機能の維持・回復を図る行為を対象としており、短期間の交通規制を伴う場合等、大規模更新に比べ比較的、交通への影響が小さいものを大規模修繕として位置付けているようである。なお、建設当初の性能・機能の維持や回復を行う場合でも、日々の交通規制の解除が可能で交通への影響が小さい維持管理行為については、通常修繕として取り扱う傾向にある。

表-1.2.1 各道路管理者における大規模修繕・大規模更新の定義^{1)~4)}

管理者	大規模更新	大規模修繕	修繕	補修
首都高速	<ul style="list-style-type: none"> 既存の構造物を全て新たな構造物に作り替える工事(2年程度または2年以上) 既存の構造物を構造種別単位(床版)で新たな構造物に作り替える工事(1年程度) 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の構造物を構造種別単位(床版)で新たな構造物に作り替える工事(3~6ヶ月) 既存の構造物を構造部材単位(支承、高欄等)で新たに作り替える工事(規制なし) 損傷した構造物の性能・機能を回復するとともに、新たな損傷の発生を抑制し、構造物の延命化を図る工事(規制なし) 		損傷した構造物の性能・機能を保持、回復する工事(規制なし)
NEXCO3社	補修を実施しても、長期的には機能が保てない本体構造物を再施工することにより、本体構造物の機能維持と性能強化を図るもの	本体構造物を補修・補強することにより性能・機能を回復するとともに、予防保全の観点も考慮し、新たな変状の発生を抑制し、本体構造物の長寿命化を図るもの	構造物の性能・機能を保持、回復を図るもの。	
阪神高速	古い設計基準により建設された構造物等で構造物の健全性低下が極めて著しく、必要水準まで引き上げるため全体的に更新を行う行為(代替路整備を前提とした1年程度の交通規制)	古い設計基準により建設された構造物等で健全性低下が著しく、必要水準まで引き上げるため大規模な修繕や部分的に更新を行う行為。また、新たな損傷発生を抑制し長寿命化を図る行為(1週間~6ヶ月程度)	構造物の健全性低下を必要水準まで引き上げる行為(数時間~1週間)	構造物の健全性低下を初期水準にまで回復させる行為(数時間)
国土交通省	橋梁の架替など、構造物の再施工により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの	橋脚の補強など、構造物の一部の補修・補強により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの		

注1 表は各道路管理者における委員会および公表資料^{1)~4)}を基に作成

注2 表中の()内は具体的な交通規制の期間を定めている場合を示す

(2) 首都高速における大規模修繕・大規模更新の定義¹⁾

首都高速では、構造物の作り替え・機能回復といった工事内容や工種とともに、通行止めの有無やその期間、想定する供用期間によって大規模更新と大規模修繕、通常の補修を分類している（表-1.2.2）。

表-1.2.2 首都高速における大規模修繕・大規模更新の定義¹⁾

	定義			工種
	工事内容	交通影響 (通行止)	想定 供用期間	
大規模更新	既存の構造物を全て新たな構造物に作り替える工事	2年以上	100年	上下部の架け替え(床版, 桁, 橋脚, 基礎, 支承)
		2年程度		上部の架け替え(床版・高欄, 桁, 支承)
	既存の構造物を構造種別単位(床版)で新たな構造物に作り替える工事	1年程度	100年	高性能床版化 (鋼床版等による軽量化, 高耐久化など)
大規模修繕	既存の構造物を構造種別単位(床版)で新たな構造物に作り替える工事	3~6ヶ月程度	50年	RC床版の打替え
	既存の構造物を構造部材単位(支承, 高欄等)で新たに作り替える工事	通行止めなし	30~50年	・支承の取替え ・高欄の打替え ・鋼桁(桁端切欠補強, 主桁・横桁交差部補強) など
	損傷した構造物の性能・機能を回復するとともに, 新たな損傷の発生を抑制し, 構造物の延命化を図る工事	通行止めなし	30~50年	・RC床版(炭素繊維補強) ・PC・RC桁(繊維シートによる剥落防止) ・RC橋脚(繊維シートによる剥落防止) ・鋼床版(SFRC舗装の敷設) ・鋼製橋脚(隅角部補強) など
補修	損傷した構造物の性能・機能を保持, 回復する工事	通行止めなし	—	・個別の損傷補修(RCひび割れ注入, RC断面修復, 鋼き裂補修, 鋼腐食補修等) ・舗装補修 ・塗装補修 など

(3) NEXCO3社における大規模修繕・大規模更新の定義²⁾

NEXCO3社では、桁の架替えやRC床版の取替を大規模更新と定義し、高性能床版防水工や桁補強などは大規模修繕として、損傷の程度に応じた工事内容により、更新と修繕を定義している。

また、工事における交通への影響として明確な期間の定義は無いが、交通への影響の大小に応じて、修繕と更新の使い分けを行っている(表-1.2.3)。

表-1.2.3 NEXCO3社における大規模修繕・大規模更新の定義²⁾

	定義	想定される具体例	標準的な交通影響 ^{**}	補修事例 ^{**}
大規模更新	補修を実施しても、長期的には機能が保てない本体構造物を再施工することにより、本体構造物の機能維持と性能強化を図るもの。	最新の技術で、現在の新設構造物と同等またはそれ以上の性能を確保。	長期間にわたる通行止め、または車線数減少などの通行規制をとめない、交通への影響が多大なもの。	・橋梁上部工(床版、桁)の架替え
大規模修繕	本体構造物を補修・補強することにより性能・機能を回復するとともに、予防保全の観点も考慮し、新たな変状の発生を抑制し、本体構造物の長寿命化を図るもの。	最新の技術で、建設当初と同等またはそれ以上の性能を確保。	車線数減少などの通行規制をとめない、通常の修繕に比べ、交通への影響が大きいもの。	・橋梁の高性能床版防水や表面被覆などの予防保全対策
通常修繕	構造物の性能・機能を保持、回復を図るもの。	建設当初の性能を確保。	車線数減少や路肩規制などの通行規制をとまうが、原則、日々の通行規制解除が可能であり、交通への影響が小さいもの。	・舗装補修 ・橋梁床版の部分補修

※表中の標準的な交通影響、補修事例については、橋梁に関する項目を抜粋して記載

(4) 阪神高速における大規模修繕・大規模更新の定義³⁾

阪神高速では、構造物に適用されている設計基準の古さや、構造物に要求する性能（必要水準／初期水準）まで回復するために行う行為の規模（全体／部分的）、必要となる交通規制の期間によって、大規模更新（全体更新）と大規模修繕（部分更新等）、修繕、補修を分類している（表-1.2.4）。

表-1.2.4 阪神高速における大規模修繕・大規模更新の定義³⁾

	定義(交通規制イメージ)	想定される具体例
大規模更新 (全体更新)	古い設計基準により建設された構造物等で構造物の健全性低下が極めて著しく、必要水準まで引き上げるため全体的に更新を行う行為 (代替路整備を前提. 1年程度の交通規制を伴う行為)	・劣化したASR橋脚の再構築, 著しく劣化した鋼桁, コンクリート桁の再構築 ・垂れ下がりが収束しない有ヒンジPC橋の再構築
大規模修繕 (部分更新等)	古い設計基準により建設された構造物等で健全性低下が著しく、必要水準まで引き上げるため大規模な修繕や部分的に更新を行う行為。また、新たな損傷発生を抑制し長寿命化を図る行為 (1週間～6ヶ月程度の交通規制を伴う行為)	・鋼板接着済みRC床版の再劣化による取替 ・鋼製高欄の腐食損傷による取替 ・有ヒンジPC橋の垂れ下がりに対する外ケーブル補強 ・構造物単位でのコンクリート表面保護やスパン単位でのRC床版の補強, 鋼床版のSFRC舗装敷設や高耐久型補強
修繕	構造物の健全性低下を必要水準まで引き上げる行為 (数時間～1週間の交通規制を伴う行為)	・コンクリート構造物の部分的な表面保護 ・パネル単位でのRC床版の補強や鋼床版のあて板補強
補修	構造物の健全性低下を初期水準にまで回復させる行為 (数時間の交通規制を伴う行為)	・舗装補修, 塗装補修 ・RC床版のひび割れ注入補修, 排水施設の補修

(5) 国土交通省における大規模修繕・大規模更新の定義⁴⁾

国土交通省では、直轄橋梁で行う大規模修繕・大規模更新の定義について明確にしていない。ただし、地方公共団体が管理する道路施設の老朽化に対応するための「大規模修繕・更新補助制度⁴⁾」において、以下のように補助対象を定義している。

- ・大規模修繕：橋脚の補強など、構造物の一部の補修・補強により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの
- ・大規模更新：橋梁の架替など、構造物の再施工により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの

参考文献

- 1) 首都高速道路：首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会 報告書, 2013.1
- 2) 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会：報告書, 2014.1
- 3) 阪神高速道路株式会社：阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会 第5回委員会資料, 2013.4
- 4) 国土交通省：報道記者発表 大規模修繕・更新補助制度の追加の予算配分が決定, 2015.7.3

1.3 各インフラ管理者における大規模修繕・大規模更新の検討

1.3.1 首都高速道路株式会社の動向¹⁾

(1) 検討の経緯

首都高速道路は、1962年の京橋～芝浦間（4.5km）に始まり、2015年4月現在で延長310.7kmが供用している。通行車両台数は1日約95万台にのぼり、首都圏の自動車交通の大動脈として、国民生活や社会経済活動を支える基幹的な役割を担っている。

一方で、首都高速道路は最初の供用から50年が経過し、供用から50年を経過した路線は現時点で全体の約1割で、経過年数40年以上の構造物が約3割（約110km）、30年以上が約6割（約170km）を占めている（図-1.3.1）。また、きめ細かな維持管理が必要な高架橋やトンネルなどの構造物比率が約95%（図-1.3.2）と他の道路に比べて著しく高くなっている。

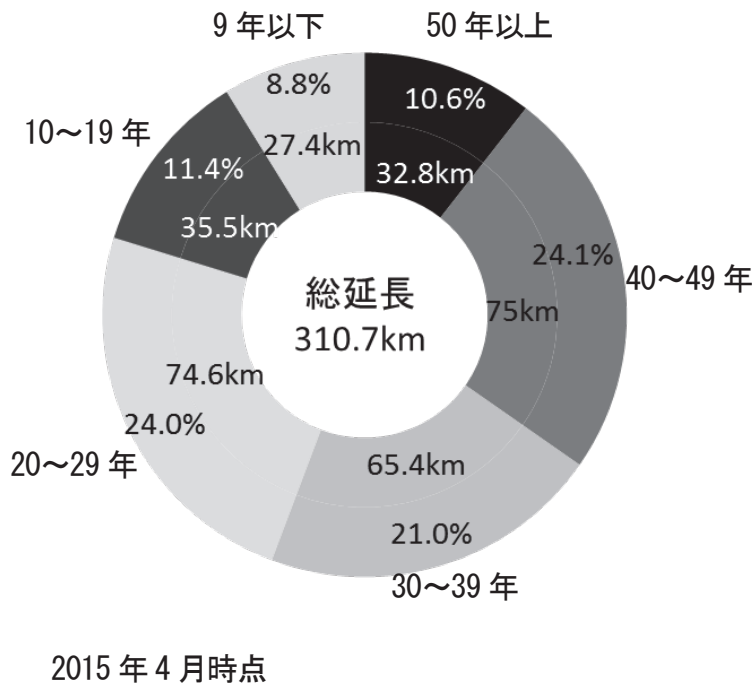


図-1.3.1 供用からの経過年数 (2015年4月現在)

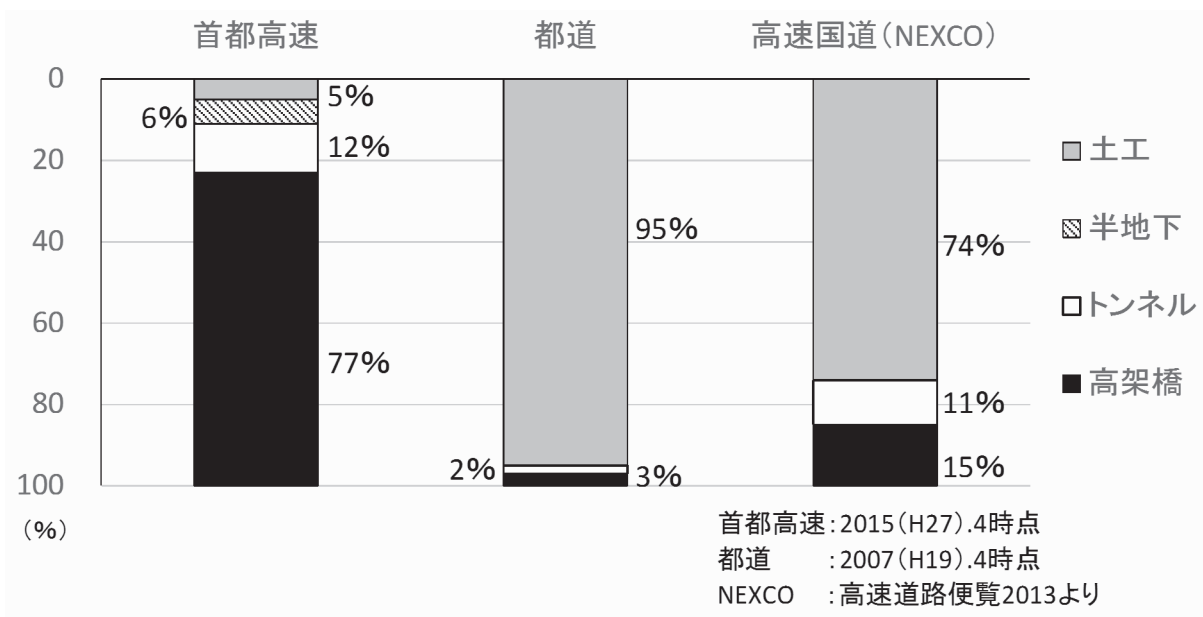


図-1.3.2 道路構造別道路延長

また、首都高速道路の最大断面交通量は、高速湾岸線の葛西JCT～辰巳JCTで約16万台/日（2014年10月平日平均）となっている（図-1.3.3）。特に床版の耐久性に与える影響の大きい大型車の交通量は、東京23区内の地方道の約5倍であり（図-1.3.4）、床版設計の基本となる軸重10トンを超える軸重違反車両の通行も多い¹⁾。

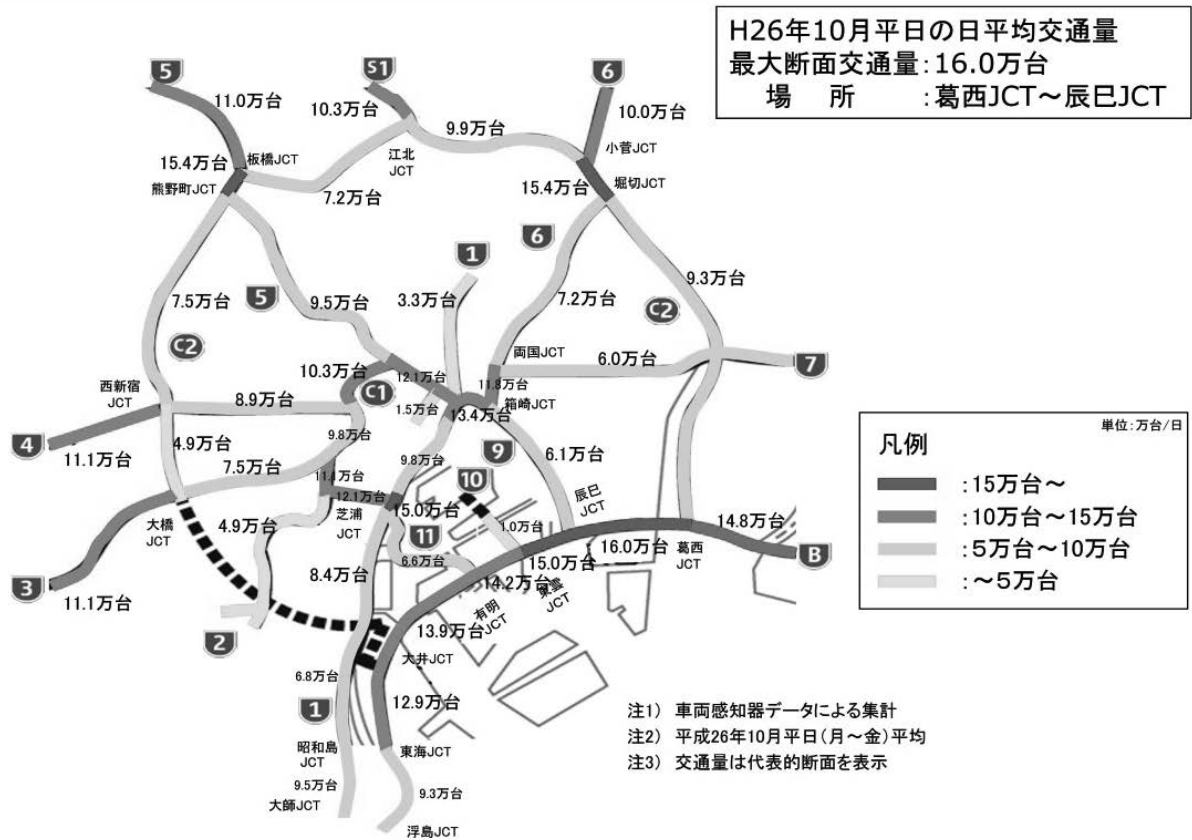
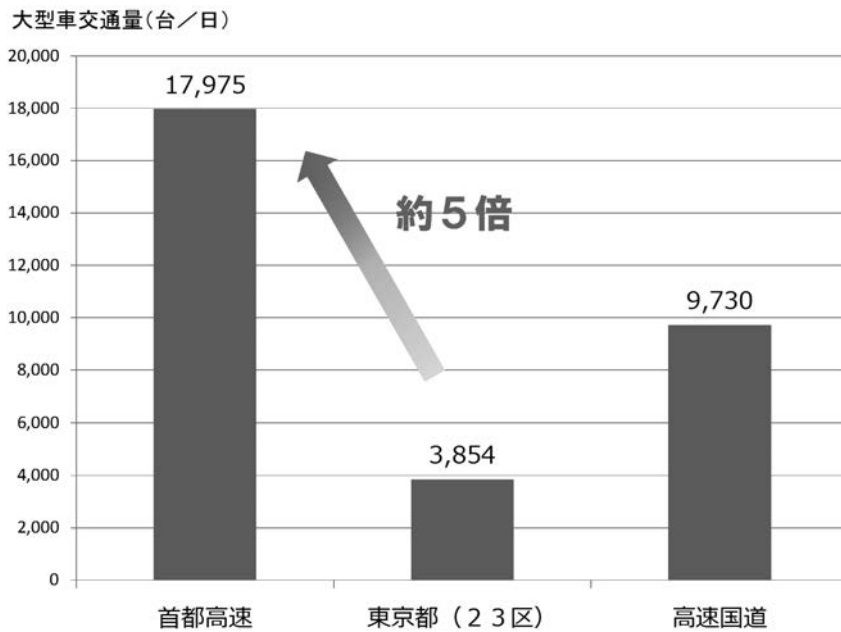


図-1.3.3 首都高速道路の交通量図



出典：道路交通センサス（2010年）
首都高・地方道・高速国道のいずれも平日の大型車断面交通量
（平日24時間大型車走行台キロの総計を総延長で除した値）

図-1.3.4 大型車交通量の比較

このため、過酷な使用状況による損傷は年々増加する一方で、首都高速道路構造物を長期にわたって健全に保つためには、これらの損傷を適切に補修する必要があり、そのための補修費用は将来、飛躍的に増大していくことが予想された。

こうした増大する将来の補修費用を低減し、過酷な使用状況にある首都高速道路ネットワークを長期にわたって健全に保つための方策である大規模修繕、大規模更新を検討するために、「首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会」が2012年1月26日に設置され、2013年1月15日に本委員会より大規模更新のあり方に関する提言を受けたのち、大規模更新の具体的な検討や関係機関協議に着手した。

更新計画の策定にあたっては、提言の内容を踏まえつつ、首都高速道路全線の構造上、維持管理上の問題や損傷状況等を改めて精査した。大規模更新・大規模修繕の実施箇所としては、首都高速道路全線のうち、特に重大な損傷が発見されており、対応しなければ通行止めなどの可能性の高い箇所が選定された。

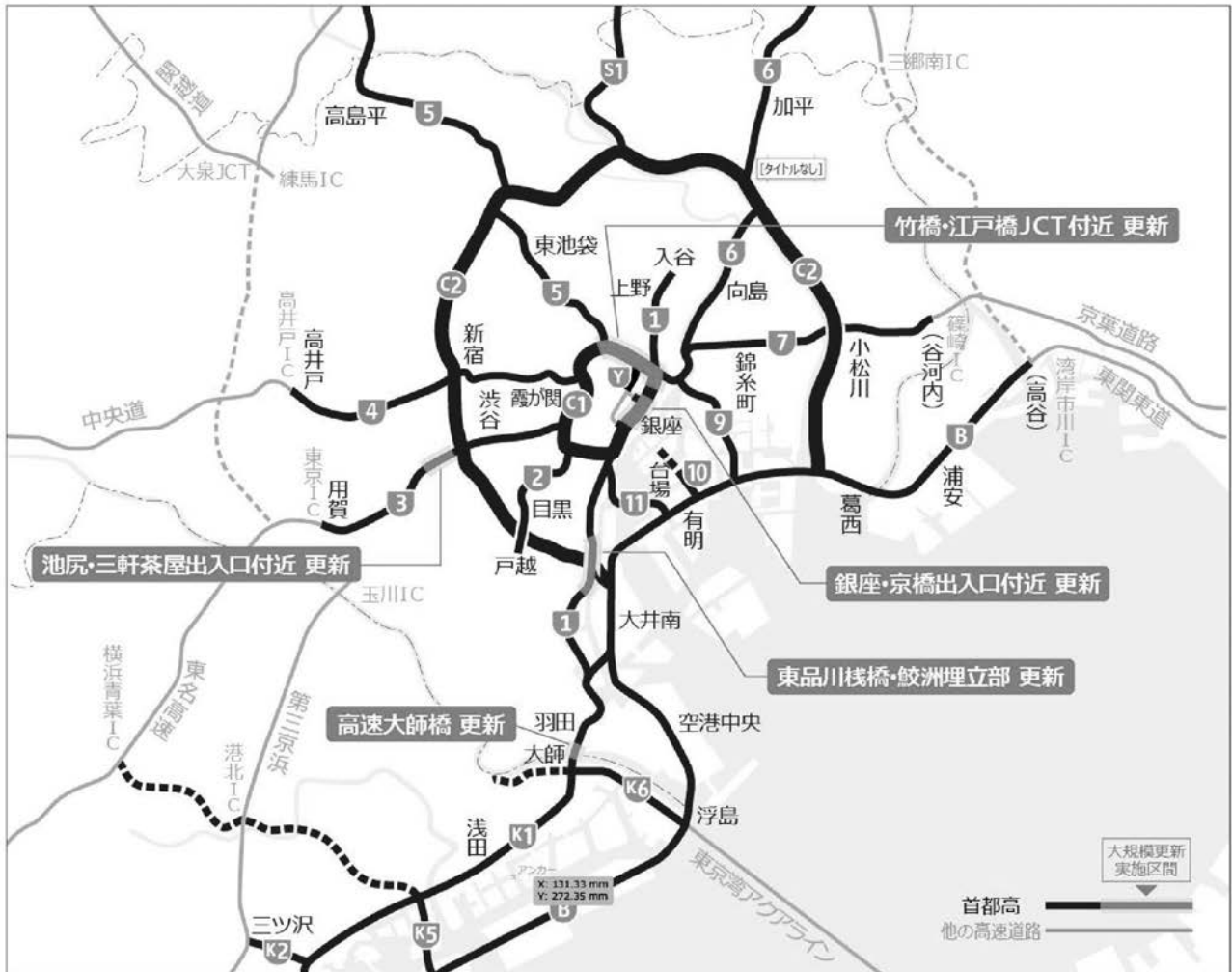
なおここで、重大な損傷とは、1号羽田線の東品川栈橋・鮫洲埋立部で発生しているコンクリート剥離や鉄筋腐食、路面陥没のような、構造上、走行安全上、道路の用に供せない状態につながる損傷のことを示しており、また大規模更新とは橋梁の架け替え、床版の取替え等を行うこと、大規模修繕とは構造物全体の大規模な補修をすることと定義されている。

大規模更新の対象箇所は、1号羽田線の東品川栈橋・鮫洲埋立部、高速大師橋、3号渋谷線の池尻～三軒茶屋、都心環状線の竹橋～江戸橋、銀座～京橋の5箇所（延長約8km）が選定され、大規模修繕の対象箇所は、3号渋谷線の南青山付近や4号新宿線の幡ヶ谷付近等の延長約55kmが選定された。実施箇所の概算事業費は、大規模更新が約3,800億円、大規模修繕が約2,500億円の、合計約6,300億円とし、以上を更新計画（概略）として2013年12月25日に公表されている。

その後、更新計画（概略）の内容を精査し、2014年6月25日の社会資本整備審議会道路分科会国土幹線道路部会への説明を経て、2014年11月20日付で国土交通大臣から「特定更新等工事」として事業実施の許可を受けている（表-1.3.1、図-1.3.5）。（本文では、首都高速道路の大規模修繕・更新事業を以下「特定更新等工事」として記載する）

表-1.3.1 大規模更新・大規模修繕の全体計画（首都高速道路）

区分	路線	対象箇所	延長	供用年度	事業費(税込) (用地費含む)	事業年度
大規模更新	1号羽田線	東品川栈橋・鮫洲埋立部	1.9km	S38	912億円	H26～38
		高速大師橋	0.3km	S43	244億円	H27～35
	3号渋谷線	池尻～三軒茶屋	1.5km	S46	648億円	H27～39
	都心環状線	竹橋～江戸橋 (日本橋区間)	2.9km	S39	1,412億円	H27～40
		銀座～京橋 (築地川区間)	1.5km	S37	559億円	H27～40
	小計			8km	—	3,775億円
大規模修繕	3号渋谷線、4号新宿線 他		55km	—	2,487億円	H26～36
合計			63km	—	6,262億円	



※この他に、大規模修繕実施箇所として55kmを選定しています。

図-1.3.5 大規模更新・大規模修繕の実施区間（首都高速道路）

（2）特定更新等工事の計画

1）大規模更新の基本的な考え方

① 長期耐久性・維持管理性の確保

大規模更新及び大規模修繕実施箇所としては、古い基準で設計された構造物で重大な損傷が発見されている箇所が選定されている。例えば、昭和48年より前の道路橋示方書で建設された構造物は、現行基準のような車両の大型化が考慮されておらず、大型車の繰り返し荷重に対し損傷しやすい構造となっている。

そのため、更新にあたっては、最新の技術的知見及び技術基準の適用により更新構造物の計画立案・設計を行い、長期にわたる耐久性を確保し、また維持管理の容易な構造の採用や維持管理設備の設置等により、維持管理性についても確保することとされている（図-1.3.6）。



図-1.3.6 維持管理性の確保イメージ

② 工程短縮・コスト削減の工夫

大規模更新では、受注者側の技術力やノウハウの活用も視野に入れながら、工場製作品の活用や橋梁の一括架設等、施工計画の工夫により工程短縮やコスト削減を図っていく考えが示されている（写真-1.3.1）。



写真-1.3.1 橋梁の一括架設事例

③ 交通への影響軽減

首都高速道路における大規模更新の実施予定箇所の断面交通量は約8～12万台/日（平日平均）となっており，更新工事において，通行止めを行うことは社会的影響が非常に大きいため，施工時には通行止めを極力行わない工夫が必要であり，検討が進められている。

2) 大規模更新の事例

① 東品川栈橋・鮫洲埋立部

1号羽田線の東品川栈橋・鮫洲埋立部は、1964年の東京五輪開催等の社会的要請から、用地買収が必要ない海上部に急遽建設され、開通から50年が経過している。

東品川栈橋は海上部に建設されており、橋桁と海水面との空間が極めて狭く、点検・補修が非常に困難なうえ、海水による激しい腐食環境によりコンクリート剥離や鉄筋腐食等の重大な損傷が多数発生している（写真-1.3.2）。

また、鮫洲埋立部は、鋼矢板を用いた仮設と同等の埋立て構造となっており（図-1.3.7）、鋼矢板等の損傷により、過去に路面の陥没等の重大な損傷が発生している（写真-1.3.3）。



写真-1.3.2 東品川栈橋部の状況



写真-1.3.3 鮫洲埋立部の状況

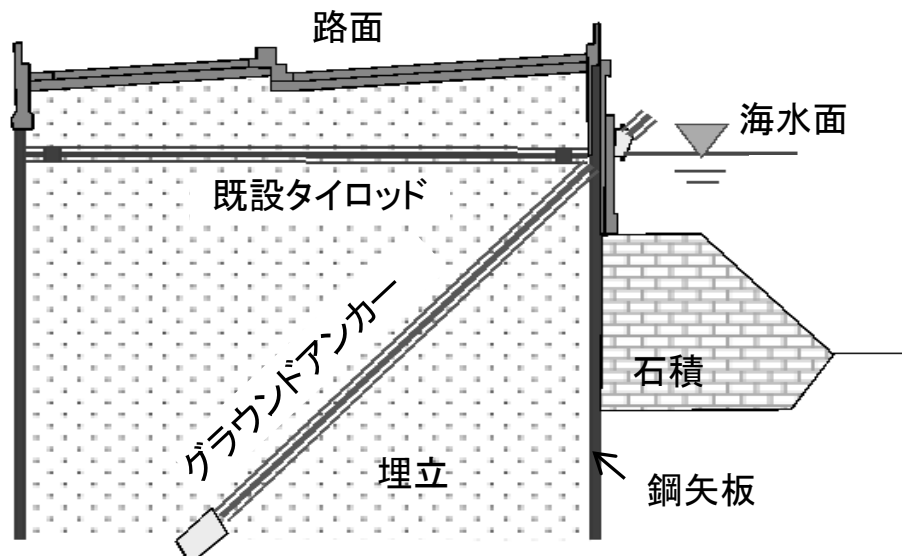


図-1.3.7 鮫洲埋立部 護岸埋立構造

これまで部分的な補修、補強が行われているものの、損傷の状況及び長期的な使用に適さない構造であること等から、この区間については大規模更新の対象として選定され、東品川栈橋の更新にあたっては、海水面から一定程度離れた高架構造とするため、栈橋全体を架け替えることとされている(図-1.3.8)。

また、施工については交通影響を軽減するため、迂回路を設置し、交通流を確保しながら施工する予定であり、2020年に予定されている東京五輪開催期間中には、1号羽田線の上り線が迂回路、下り線が更新線の将来上り線になる部分を通行させる計画とされて、上り線・下り線共に既存の構造物は使用しない形態とする計画とされている(図-1.3.9)。

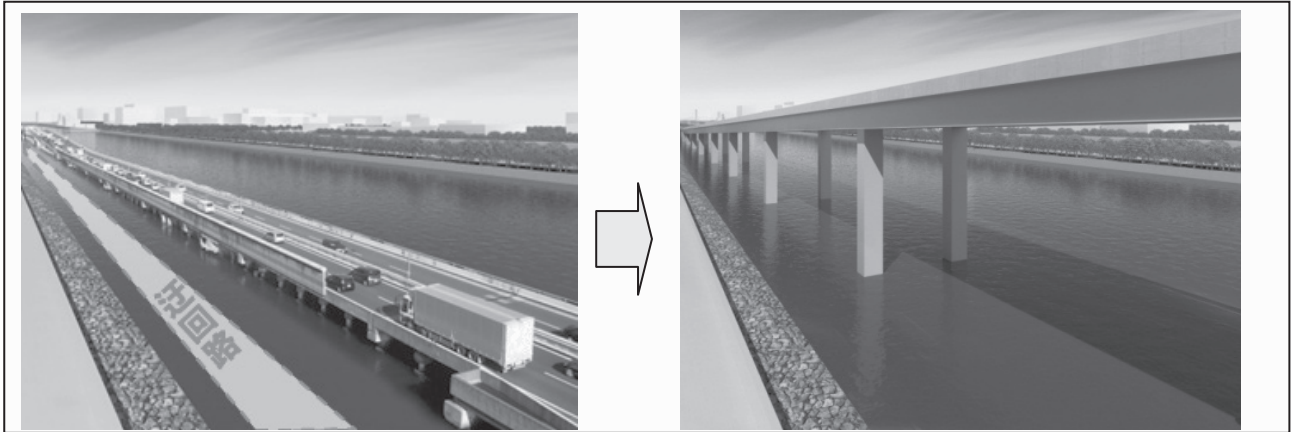


図-1.3.8 更新のイメージ

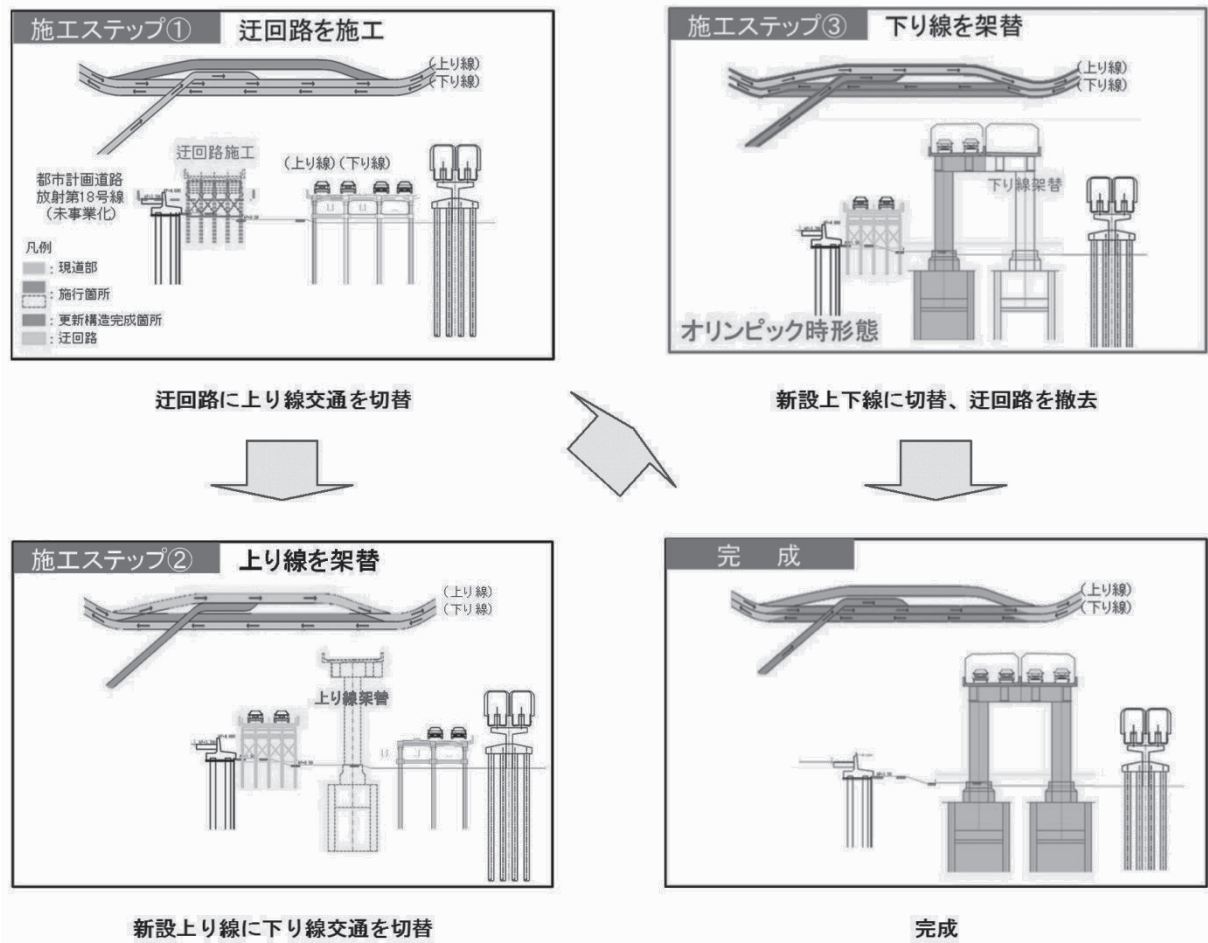


図-1.3.9 概略施工ステップ

② 高速大師橋

多摩川を渡る高速大師橋（写真-1.3.4）は、1968年11月の開通から40年以上が経過しており、多くの自動車交通による過酷な使用状況などから、橋梁全体に多数の疲労き裂が発生している。本橋についても補修・補強はその都度実施しているものの、新たなき裂の発生が後を絶たない状況にある（図-1.3.10）。

本橋の更新にあたっては、現在の上部工の構造が、疲労損傷が発生しやすい構造となっており、その構造を抜本的に見直す必要があるため、橋梁全体を架け替えることとされている。



写真-1.3.4 高速大師橋の全景

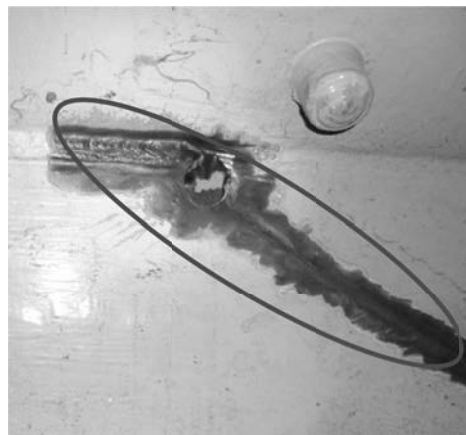
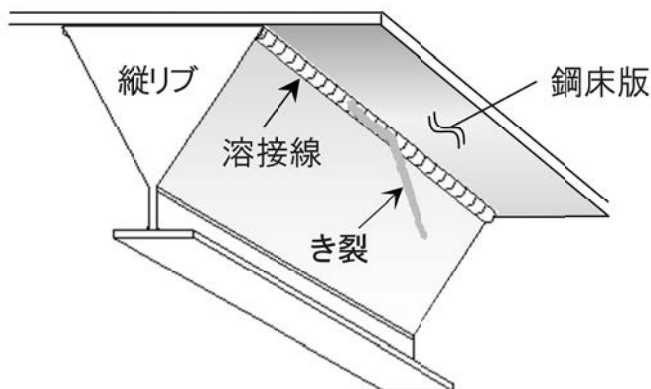


図-1.3.10 鋼床版に発生した疲労き裂

③ 池尻・三軒茶屋出入口付近

3号渋谷線（池尻・三軒茶屋出入口付近，写真-1.3.5）は鉄道トンネルと一体構造となっており、一般的な橋脚に比べ橋脚横梁の張出長が長い構造となっている（図-1.3.11）。そのため、床版においてたわみ差が生じやすく、コンクリート床版に亀甲状のひび割れが多数発生している（写真-1.3.6）。

3号渋谷線（池尻・三軒茶屋出入口付近）の更新にあたっては、損傷状況を踏まえ、床版を取替えることとされており、地下構造への影響を考慮し、床版の重量を増やさずに長期の耐久性が確保できるよう、コンクリート床版から鋼床版等に取替えるよう検討が進められている。

また、当該区間の更新にあたっては、大規模更新と合わせて付加車線を設置（別事業）することにより、渋滞の緩和を図る計画とされている。



写真-1.3.5 池尻・三軒茶屋出入口付近の全景

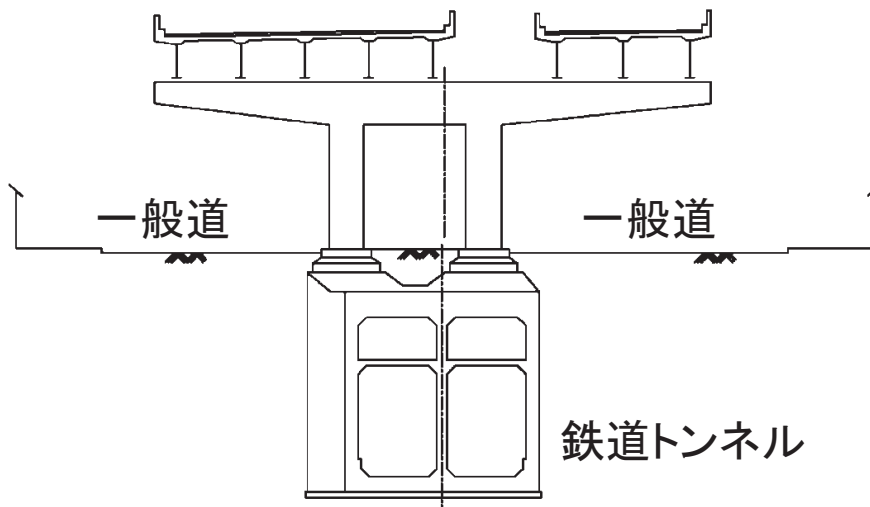


図-1.3.11 鉄道トンネルとの一体構造

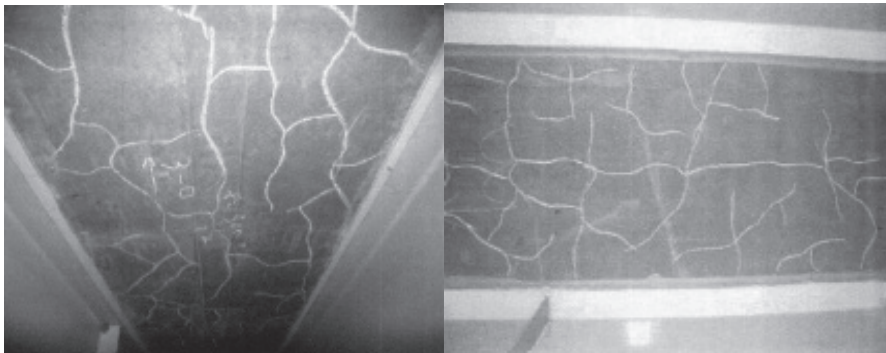


写真-1.3.6 コンクリート床版に発生したひび割れ

④ 竹橋・江戸橋 JCT/銀座・京橋出入口付近

都心環状線の竹橋・江戸橋 JCT 付近では、過酷な自動車交通による使用状況により、鋼桁の接続部（切欠き部）を中心に、構造物全体に疲労き裂が発生している（写真-1.3.7）。また、コンクリート床版には亀甲状のひび割れが発生している（写真-1.3.8）。さらに、高速道路の桁下が日本橋川であり、維持管理が困難な構造となっている（写真-1.3.9）。

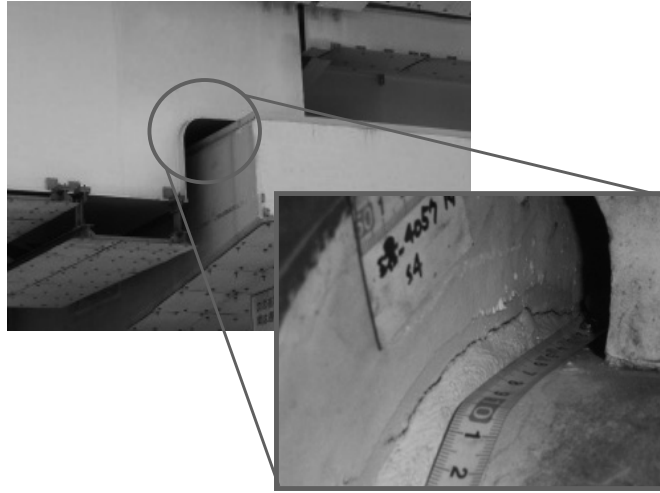


写真-1.3.7 鋼桁切り欠き部の疲労き裂



写真-1.3.8 コンクリート床版に発生したひび割れ



写真-1.3.9 桁下の状況

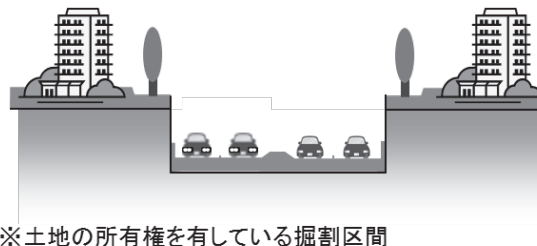
また、同じく都心環状線の銀座・京橋出入口付近では、建設から50年以上が経過しているため、擁壁のコンクリートの剥離や露出した鉄筋の腐食が顕著であり（写真-1.3.10）、また、それらの擁壁は当時の設計基準に基づいて建設されているため、強度の不足が懸念されている。



写真-1.3.10 コンクリートの剥離・鉄筋腐食

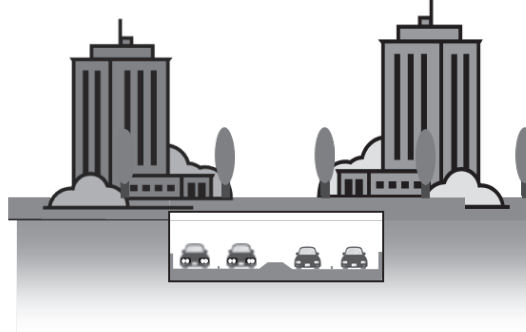
なお、都心環状線の竹橋・江戸橋JCT付近、銀座・京橋出入口付近については、まちづくりと連携して更新事業の検討を進めていくことが予定されている（図-1.3.12）。

（銀座・京橋出入口付近の例）



※土地の所有権を有している掘割区間

（上部空間の活用イメージ）



※現況の首都高速都心環状線の土地利用状況から想定されるケース

図-1.3.12 上部空間の活用イメージ

3) 大規模修繕の基本的考え方

首都高速道路における大規模修繕は、既設橋梁について、橋梁単位で全体的に補修・補強工事を実施することにより、新たな損傷の発生・進行を抑制しつつ、耐久性を向上させるものと定義されている。床板、桁、橋脚等主要構造の全体について修繕するもので、コンクリート構造物の被覆補強、炭素繊維補強や鋼構造物の疲労補強、SFRC補強等が計画されている。また、あわせて維持管理性の向上を図るべく、鉄道交差部、幹線道路の交差点上等に対して、維持管理用の恒久足場の設置を実施していくこととされている（図-1.3.13）。

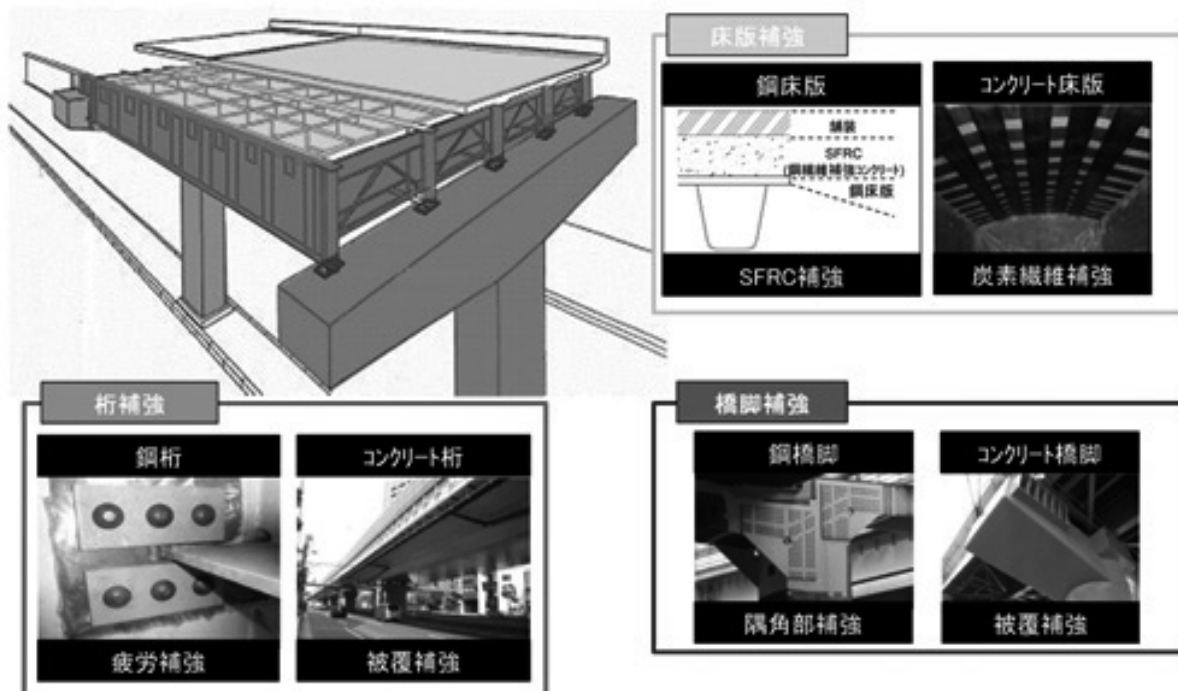


図-1.3.13 大規模修繕の概要

参考文献

- 1) 首都高速道路(株) 首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会報告書, 2013.1

1.3.2 NEXCO3社の動向^{1)~2)}

(1) 検討の経緯

NEXCO3社が管理する高速道路（全国路線網）の延長は、1963年の名神高速道路・栗東～尼崎間開通から52年が経過しており、現在9,206kmに達している（2015年3月現在）。高速道路利用車両台数は、2013年度末時点で約740万台/日にのぼり、国内貨物輸送量（トン数）の35.6%が高速道路を利用するなど、高速道路が我が国の社会・経済活動に必要不可欠な社会基盤となっている。

一方で、2013年度末には供用後30年以上を経過する延長が約4割近くに至るなど、経年劣化によるリスクの一層の高まりが懸念されるとともに、変状事例の増加や新たな変状の発生要因の顕在化している。

このため、従来の維持修繕のやり方では、高速道路の本体構造物の健全性を長年にわたって維持することが困難になることが危惧されており、長期保全や更新について技術的な検討が必要となった。また、今後の費用や償還の扱いについては、国土交通省において設置した「高速道路のあり方検討有識者委員会（座長 寺島実朗）」の中間とりまとめ（2011年12月）においても提言がなされており、その前提となる長期保全や更新に関する技術的な検討が求められた。

そこで、高速道路ネットワークを将来にわたって持続可能で的確な維持管理・更新を行うために、2012年11月に学識経験者等から構成された「高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会」を設置し、高速道路資産の長期保全及び更新のあり方について技術的知見より基本的な方策などについて検討され、大規模更新・大規模修繕の必要性やその対策などについて2014年1月に提言がなされ、NEXCO3社において事業計画が立案された。

その後、2014年2月、2015年1月に開催された国の社会資本整備審議会国土幹線道路部会の審議を経て、2015年3月に国土交通大臣より特定更新等事業として、NEXCO3社における大規模更新・大規模修繕の事業許可を受けている。なお、大規模更新及び大規模修繕が必要と判断した橋梁の事業規模として、大規模更新で約240km、大規模修繕で約510kmが選定されている（表-1.3.2参照）。

表-1.3.2 特定更新等工事の事業規模

分類	区分	項目	主な対策	対策箇所	延長※1	事業費※2
大規模更新	橋梁	床版	床版取替	中央自動車道 小早川橋 など	224km	16,429億円
		桁	桁の架替	阪和自動車道 松島高架橋 など	13km	1,039億円
	小計					
大規模修繕	橋梁	床版	高性能床版防水 など	東北自動車道 宮麓橋 など	359km	1,601億円
		桁	桁補強 など	東名高速道路 朝比奈川橋 など	151km	2,628億円
	土構造物	盛土・切土	グラウンドアンカー 水抜きポーリング など	中国自動車道 美祢IC～美祢西IC間 など	26,556箇所	4,775億円
	トンネル	本体・覆工	インパート など	北陸自動車道 米山トンネル など	131km	3,593億円
	小計					
合計						30,064億円

※1 上下線別及び連絡等施設を含んだ延べ延長

※2 端数処理の関係で合計が合わない場合がある

(2) NEXCO3社が管理する高速道路の現状と劣化要因

1) 現状

NEXCO3社が管理する高速道路は、1963年の名神高速道路・栗東～尼崎間の開通から50年が経過しており、現時点で延長約9,000 kmが供用している。そのうち、供用後30年以上を経過した延長の割合は既に約4割（約3,700km）に達し、償還期間が満了する2050年には、供用後50年以上の供用延長が約8割を占め、経年劣化によるリスクの高まりが懸念されている（図-1.3.14, 1.3.15参照）。

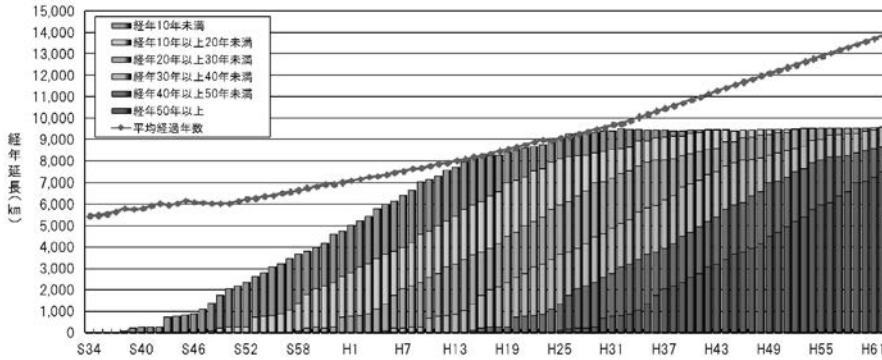
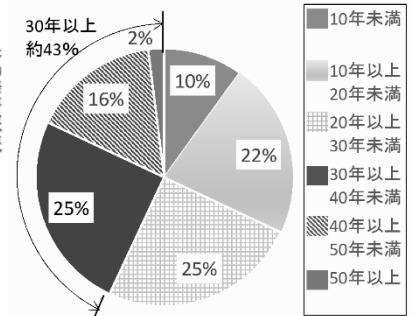


図-1.3.14 高速道路の経過年数の推移



全 16,112 橋 (H24 年度末まで)

図-1.3.15 橋梁の経過年数の推移

なお、各構造物の延長比率は、橋梁約15%（約1,200km）、土構造物約74%（約6,000km）およびトンネル約11%（約900km）となっている（図-1.3.16, 1.3.17参照）。

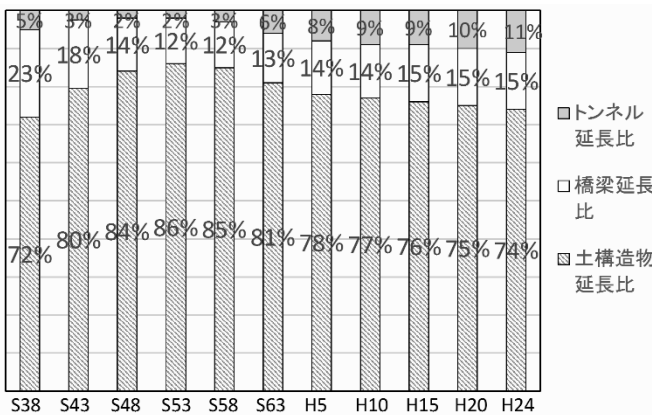


図-1.3.16 構造物別延長比率

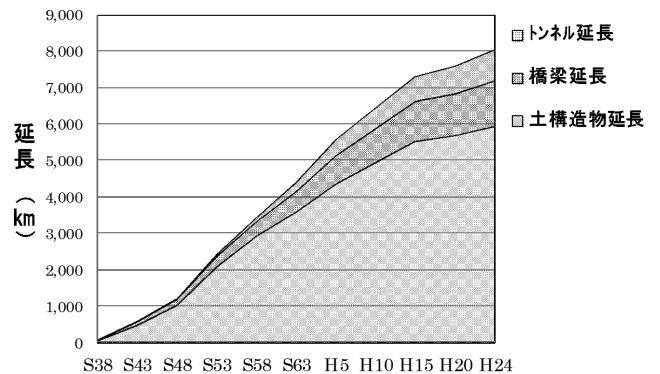


図-1.3.17 構造物別開通延長累計の推移

2) 主な変状要因

高速道路ネットワークの拡充に伴い大型車交通が増加するとともに、1993年の車両制限令の規制緩和により車両の総重量が増加する傾向もみられ、鉄筋コンクリート床版や鋼床版及び鋼桁の疲労損傷が顕在化している。また、総重量違反車両の割合は、本線軸重計による推計結果より、大型車両の約24%が総重量を超過している（図-1.3.18, 1.3.19参照）。

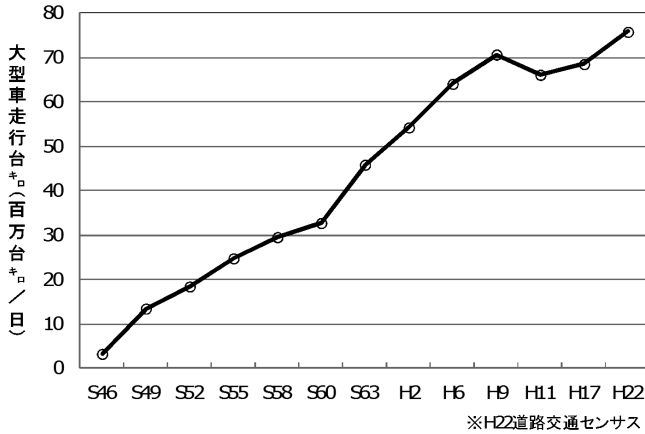


図-1.3.18 大型車走行台数の推移

道路名	地名	本線軸重計による総重量違反車両割合 (%)
東名	日本平	343
名神	向日町	293
京葉	園生	202
京葉	海神	298
山陽	東広島	60
平均		239

(本線軸重計データ H17)

図-1.3.19 推計の総重量違反車両の割合

高速道路の積雪寒冷地における供用路線の延伸や1993年頃からスパイクタイヤが使用されなくなった影響により、凍結防止剤（塩化ナトリウム）の使用量が増加している。特に凍結しやすい高架部は、散布される量が多くなる傾向があり構造物の変状の大きな要因となっており、鋼部材の腐食やコンクリート床版の塩害などが顕在化している（図-1.3.20参照）。

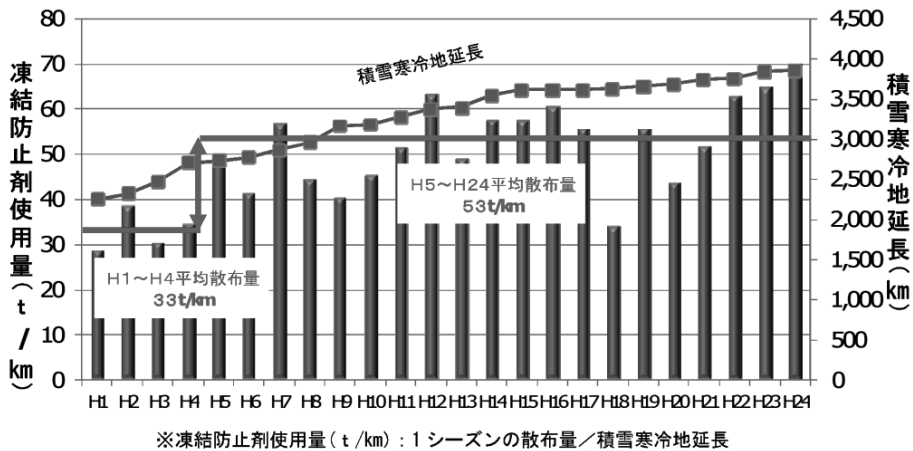


図-1.3.20 高速道路における凍結防止剤使用量の推移と除雪・凍結防止剤散布状況

(3) 大規模更新・修繕の計画

1) 特定更新等工事の基本的な考え方

- 特定更新等工事対象の選定は、構造物の点検結果および変状分析から橋梁が持つ潜在的な劣化要因を把握し、対策箇所を選定している。したがって、経過年数の増加に伴う老朽化橋梁や古い設計基準で設計された橋梁、大型車交通量の増加・凍結防止剤の影響など激しい使用環境下の橋梁を対象としている。
- 更新・修繕の対策工法については、最新の技術的知見及び技術基準の適用により、更新または予防保全の観点も踏まえた修繕を行い、長期耐久性の向上を図ることとしている。

例えば、床版の工事計画の中で、何らかの劣化要因により健全性が損なわれた床版については、構造物の高耐久化に配慮したプレキャスト PC 床版等に取り替えなどの大規模更新を計画している。

また、劣化要因の影響は受けているものの変状が顕在化していない床版については、床版防水システムによる予防保全などの大規模修繕が計画されている（図-1.3.21 参照）。

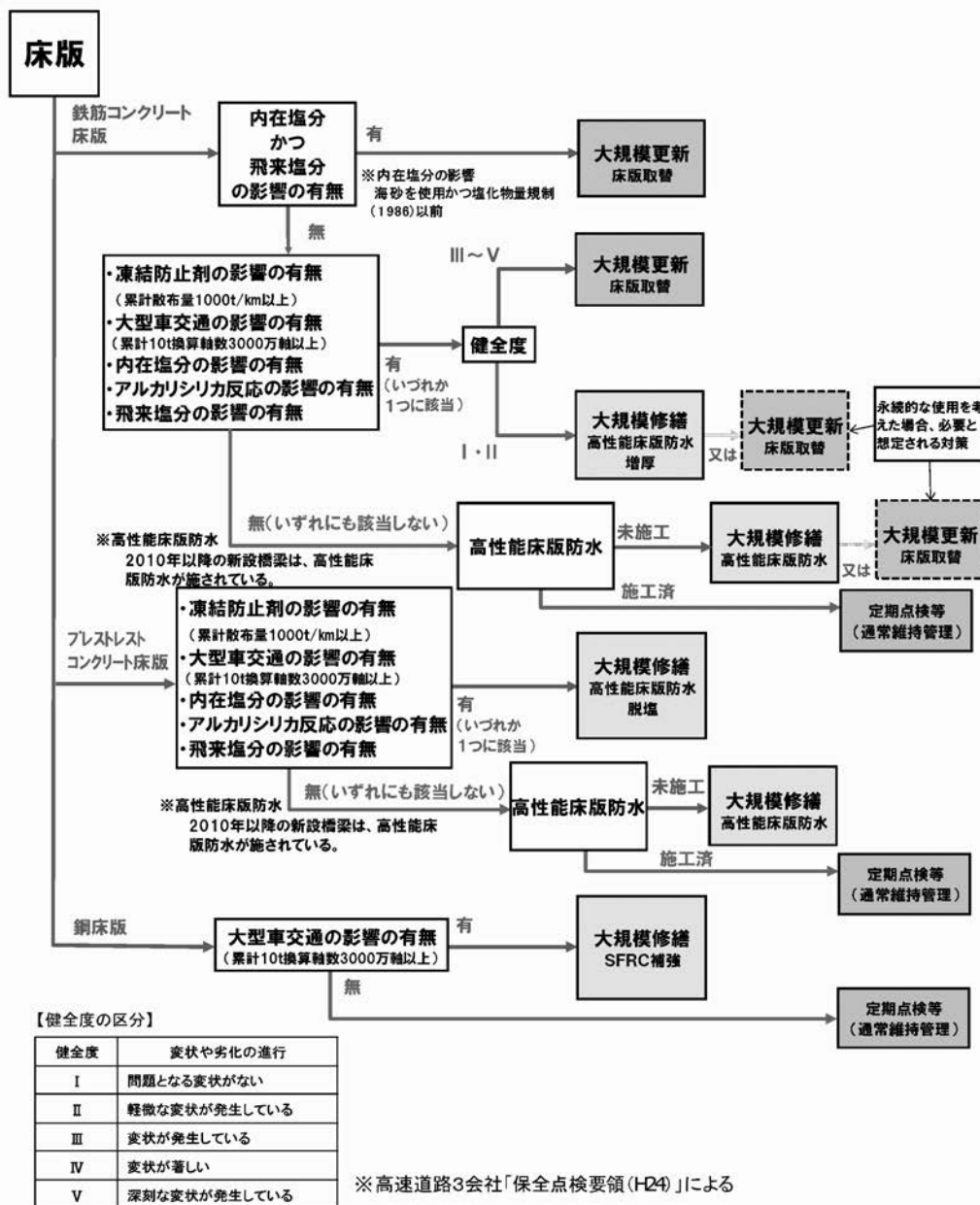


図-1.3.21 床版の大規模更新・大規模修繕の判定フロー

- 事業の実施については、構造物の変状の進展に応じて、常に最適な計画となるよう適宜見直しを実施する計画である。また、交通への影響については、プレキャスト製品の採用による工事期間の短縮や周辺ネットワーク完成後の工事着手などを検討する計画である。

(4) 特定更新等工事の事例

1) プレキャストPC床版による架替え

名神高速道路彦根IC～八日市IC間にある鋼橋RC床版は、1964年の開通から約50年が経過しており、大型車交通による疲労に加え、冬季の凍結防止剤の散布による塩害により変状している。当該橋梁は、過去より床版増厚や部分打替などの補修・補強を繰り返し実施してきているが、通常の修繕ではコンクリート床版のひび割れや剥離などの進行が収まらないことからプレキャストPC床版による床版取替えを計画している（図-1.3.22～24参照）。

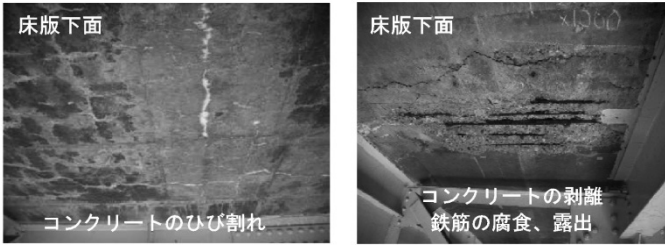


図-1.3.22 床版の変状状況



図-1.3.23 過去の補修・補強状況

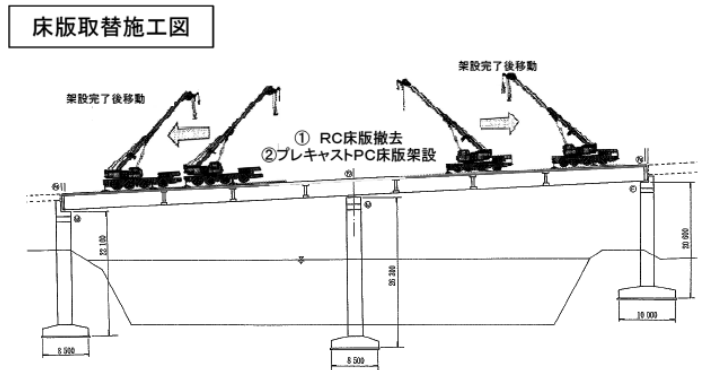
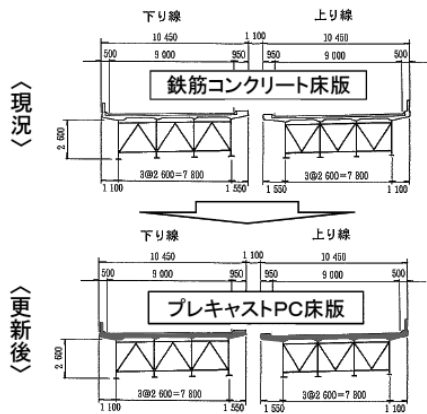


図-1.3.24 床版取替え工事の施工図

工事の実施に際しては、高速道路上の交通規制を実施し工事箇所を確保する必要があるため、交通規制に伴う渋滞等の社会的影響にも十分配慮して計画立案することとなる（図-1.3.25, 1.3.26参照）。

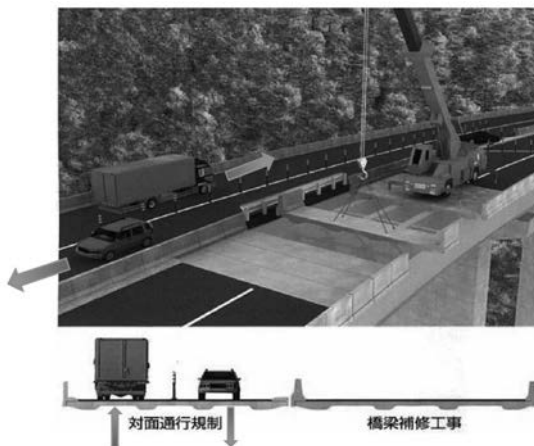


図-1.3.25 床版取替え工事のイメージ

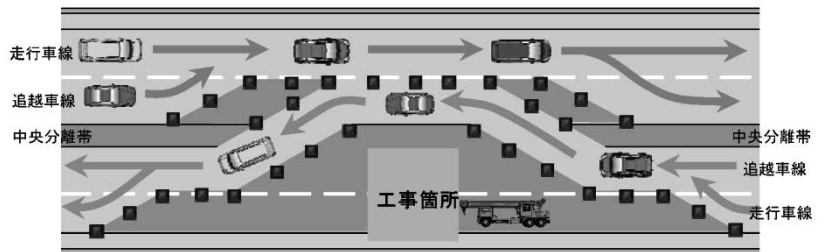


図-1.3.26 対面通行規制のイメージ

2) 鋼橋の疲労き裂に対する桁補強

東名高速道路静岡 IC～焼津 IC 間にある鋼桁橋は、1969 年の開通から約 45 年が経過しており、大型車交通（50 千台/日・大型車混入率 30%）による疲労により、鋼桁に疲労き裂が生じている。疲労き裂に対して、補強部材の設置により応力集中の緩和および低減を図るよう計画している（図-1.3.27, 1.3.28 参照）。

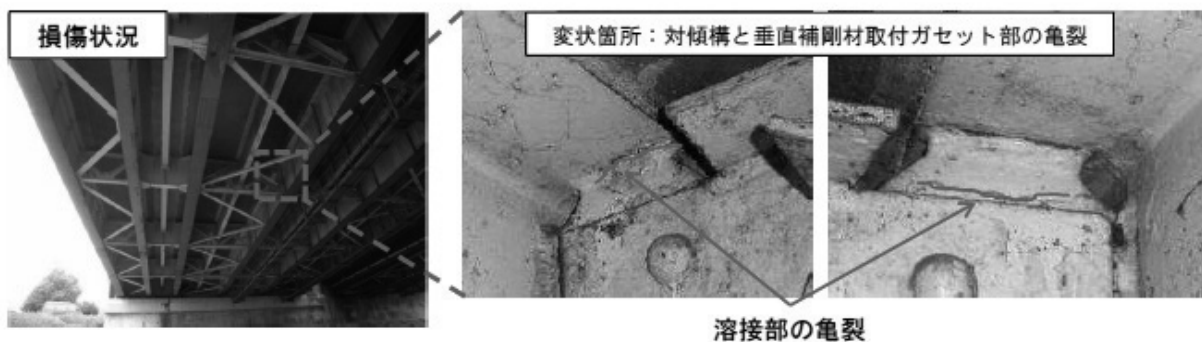


図-1.3.27 疲労き裂の発生状況

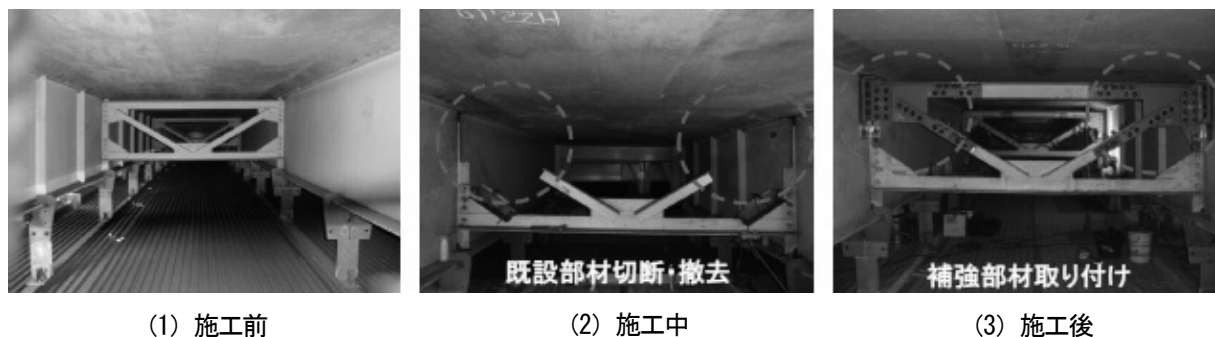


図-1.3.28 疲労き裂の補修イメージ

参考文献

- 1) 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会 報告書 2014.1
- 2) 東・中・西日本高速道路会社 ホームページ

1.3.3 阪神高速道路株式会社の動向^{1)~3)}

(1) 検討の経緯

阪神高速道路株式会社が管理する阪神高速道路は、1964年（昭和39年）の開通から50年以上が経過しており、営業延長は現在254.8kmに至り、1日約70万台の交通量を誇る道路ネットワークを形成している。

しかしながら、阪神都市圏の自動車貨物輸送量の約50%が阪神高速道路を利用するなど重交通の負担割合が大きく、極めて過酷な使用環境にあり、一方で構造物の高齢化、老朽化に起因する変状も増加傾向がみられるなど、積極的に補修工事を実施しているものの、機能低下を補うための対策が必要な箇所は増大している。

このような状況の中、2012年11月より、学識経験者から構成された「阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会」を設置し、高速道路を将来にわたって健全な状態で管理していくため、構造物の更新の必要性、ならびに更新の実施に必要な環境整備等を含め、長期的な視点での維持管理のあり方について技術的観点から検討を実施した。2013年4月には委員会から提言が出され、これを踏まえた阪神高速道路の更新計画（概要）を2014年1月に公表するとともに、その後もさらに最新の損傷状況などによる精査を行い、2015年3月には道路整備特別措置法の規定に基づき、大規模更新・修繕事業を含む高速道路事業の一部変更を国土交通大臣に申請し、大規模更新・修繕事業は特定更新等工事として許可を受けている。

なお、阪神高速道路の大規模更新の実施区間は約5km、大規模修繕の実施区間は約57kmとなっている（表-1.3.3参照）。

表-1.3.3 大規模修繕、大規模更新等に要する概算費用

区分	路線	対象箇所	延長	開通年	事業費(税込)	事業年度	
大規模更新	橋梁全体の架替	3号神戸線	京橋付近	0.3km	S41	249億円	H33~40
		14号松原線	喜連瓜破付近	0.2km	S55	238億円	H32~38
	橋梁の基礎取替	15号堺線	湊町付近	(9基)	S47	191億円	H27~36
	橋梁の桁・床版取替	3号神戸線	湊川付近	0.4km	S43	162億円	H28~32
		11号池田線	大豊橋付近	0.3km	S42	126億円	H37~41
		13号東大阪線	法円坂付近	0.2km	S53	56億円	H39~41
	橋梁の床版取替	1号環状線	湊町~本町	0.6km	S39~40	488億円	H27~41
		11号池田線	福島~塚本	0.3km	S42		
		12号守口線	南森町~長柄	0.5km	S43		
		15号堺線	芦原~住之江	1.7km	S45		
	小計		5km	-	1,509億円	-	
大規模修繕	4号湾岸線、11号池田線ほか		57km	-	2,176億円	H27~41	
合計			62km	-	3,685億円	-	

(2) 阪神高速道路の現状と主な劣化要因

1) 現状

2014年（平成26年）4月現在で阪神圏の総延長249kmのうち約3割にあたる83.3kmが開通から40年を越える。10年後にはそれらが50年を越え、さらに開通から40年を経過する道路は全体の半数を越えることとなる（図-1.3.29参照）。

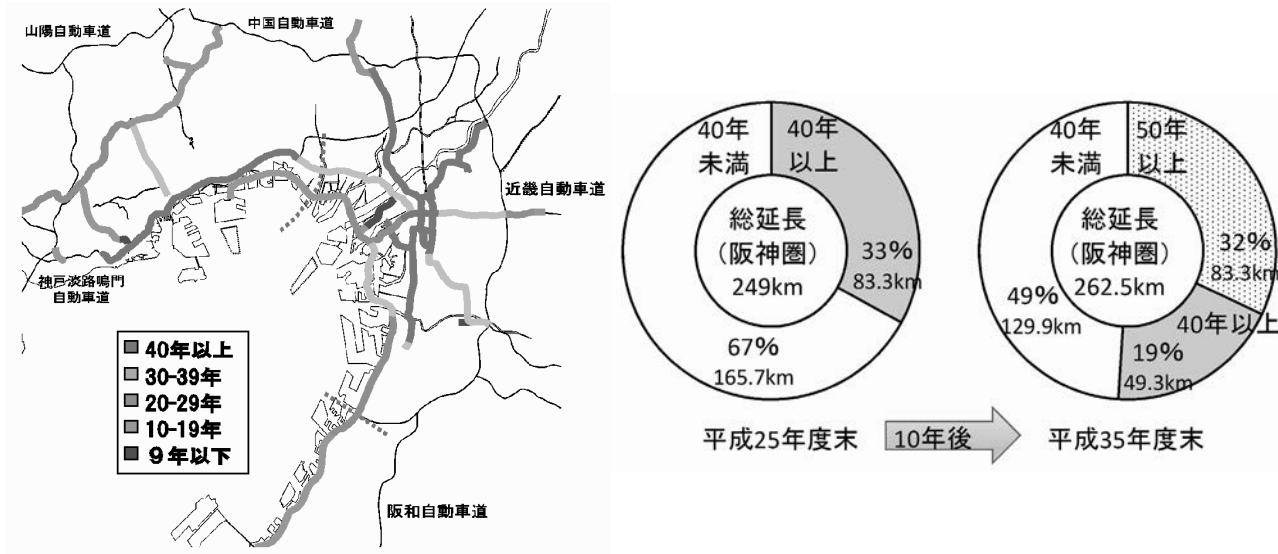


図-1.3.29 阪神高速道路の経過年数の推移

（「阪神高速道路の更新計画（概略）について」（H26.1.24）公表資料より）

2) 主な劣化要因

阪神高速道路は、1日約70万台の自動車を利用しており（図-1.3.30）、なかでも1号環状線などの断面交通量は10万台/日超の膨大な交通量である。大型車の平均断面交通量も、大阪市内道路の約6倍である上、過積載車が多いなど極めて過酷な使用状況にある（図-1.3.31）。このため、老朽化に伴うコンクリートのひび割れや鋼構造物の腐食といった損傷や長期的な繰り返し荷重による鋼構造物の疲労き裂といった損傷が顕在化している。

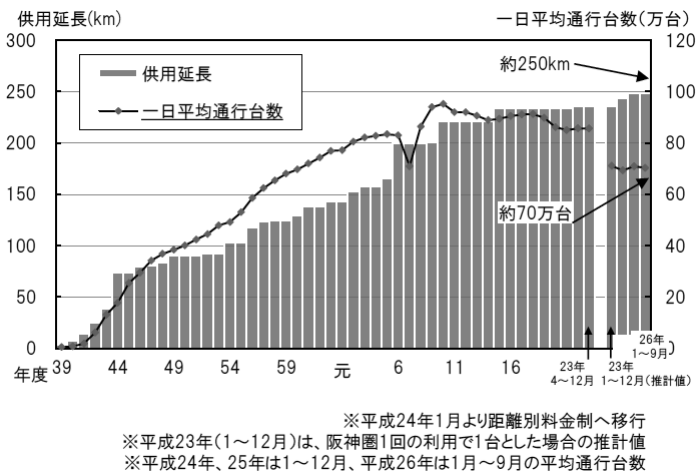


図-1.3.30 通行台数・開通延長 (阪神圏) の推移

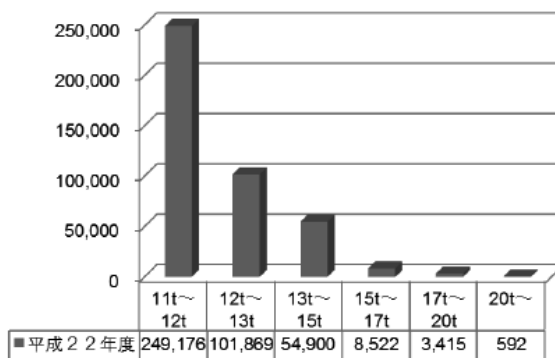


図-1.3.31 過積載車両の実態

また、構造物の劣化や損傷の質なども変化してきており、昭和50年代に問題が明らかとなったアルカリ骨材反応による劣化現象は、コンクリートのひび割れのみにとどまらず、鉄筋の破断に至るケースも見受けられ、抜本的対策が必要となっている。

(3) 大規模更新・修繕の計画

1) 大規模更新事業の進め方

大規模更新事業を進めるにあたっては、以下のような方針を基に実施していくこととしている。

- ① 現状の構造物の「健全性」を評価し、活用する部分と更新する部分を識別（判断）する。
- ② 長期の維持管理性「永続性」を確保する。

③ 最新の技術的知見および技術基準の適用により長期耐久性を確保する。

④ この事業に併せて、可能な限り騒音や振動の低減および走行性向上など、道路機能の強化を図る。

2) 大規模修繕事業の進め方

損傷が顕在化した構造物に対して、繰り返し補修を行った場合でも改善が期待できないものの、構造物の全体的な取り替え（大規模更新）を必要としないレベルの箇所に関しては（図-1.3.32）、主要構造の全体的な補修（大規模修繕）を行うことで、健全性の大幅な回復を計画している。

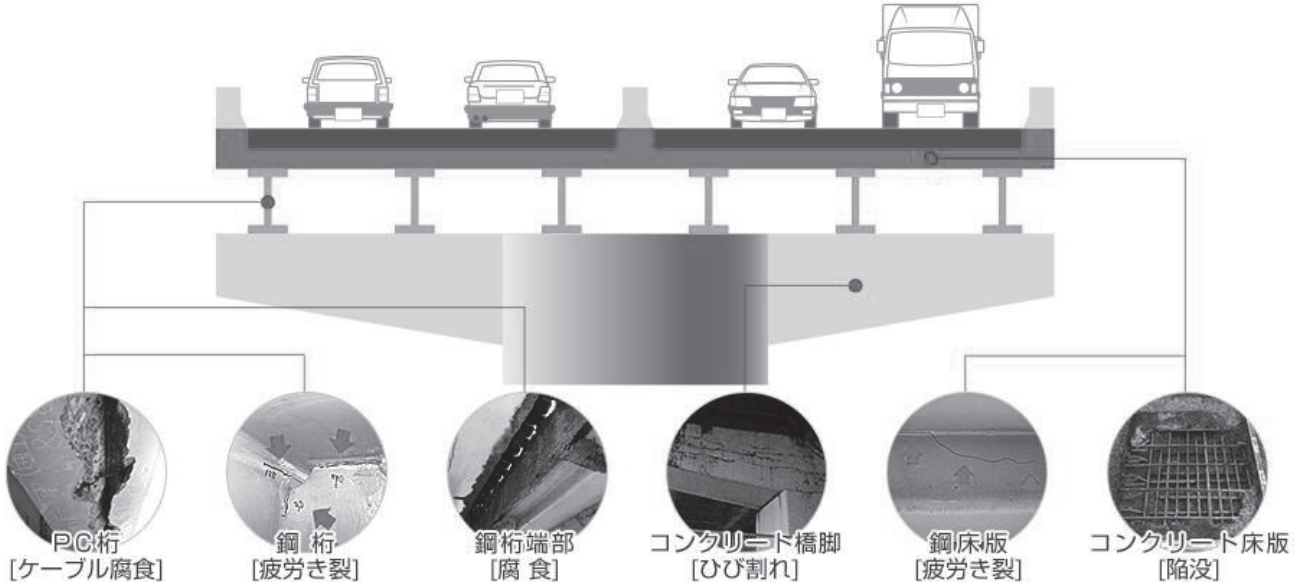


図-1.3.32 大規模修繕の内容（イメージ）

大規模修繕事業の進め方としては、まず構造物の詳細な調査を行い、健全度や劣化の進行性等を評価の上、対象及び適用工法を特定していくこととしている。なお、検討対象区間については、社会情勢などの変化に応じて定期的（例えば10年毎）に見直しを行っていくことが必要であるとともに、今後、点検等により検討の必要性が新たに判明した区間については、別途、大規模修繕の検討を行うこととしている。

（4）特定更新等工事の事例

1) 大規模更新事業の事例

① 15号堺線湊町付近の事業内容

大阪を代表するミナミの繁華街を横断するこの区間は、地下鉄や私鉄が地下空間へ乗り入れ、それぞれのターミナル駅が設置され、さらに地下街が重なり合っている箇所である（図-1.3.33）。このような都市施設の密集する地区であるため、建設当時、橋脚基礎に一般的な杭やケーソンなどが採用できず、地下街の函体上に直接基礎を設置せざるを得なかった。その際、地下構造への荷重負担をできる限り軽減することを目的に、一部区間において基礎形式を「鋼製フーチング」とし、1972年に開通した（図-1.3.34）。建設後、環境の変化により地下水位が上昇し、鋼製フーチングの内部に建設時には想定していなかった地下水が流れ込み、その滞水による腐食が進行した。これまで、金属溶射や電気防食などの応急対策を実施しているが、抜本的対策とはならず、地下水位の変動による乾湿の繰り返しとともに、鋼製フーチング内が常に高湿に保たれていることもあり、今後もさらに腐食が進行する懸念がある。

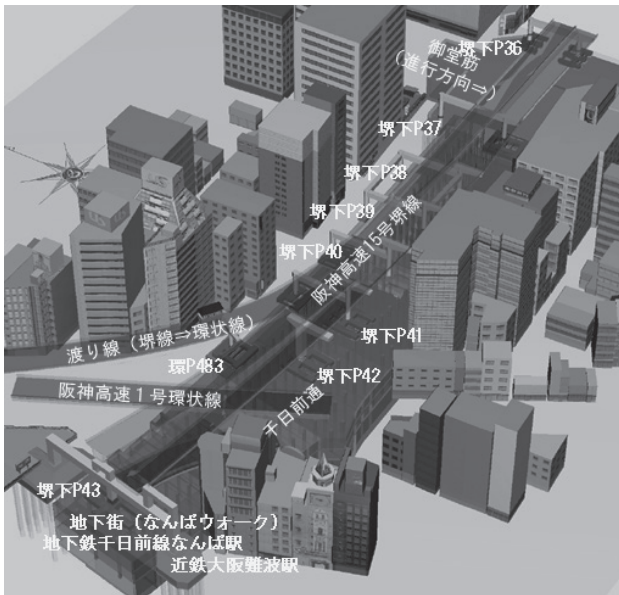


図-1.3.33 湊町付近鳥瞰図

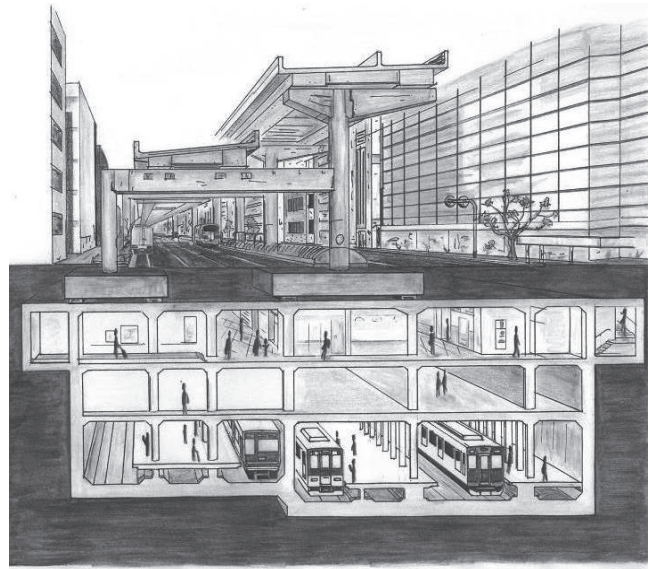


図-1.3.34 湊町付近断面図

② 鋼製フーチングの構造概要

鋼製フーチングは、柱からの上部荷重を格子に組んだ鋼製ボックス梁形式の基礎を地下街構造上部の突起部（地下構造柱直上）に設置した支承（5～6か所）を介して支持されている（図-1.3.35）。鋼製フーチング部材には、防護コンクリートが施されており、鋼製ボックスの間の空間（ピット部）よび地下水の侵入を防ぐ目的で、土留壁やゴム板製の止水工が設置されている。

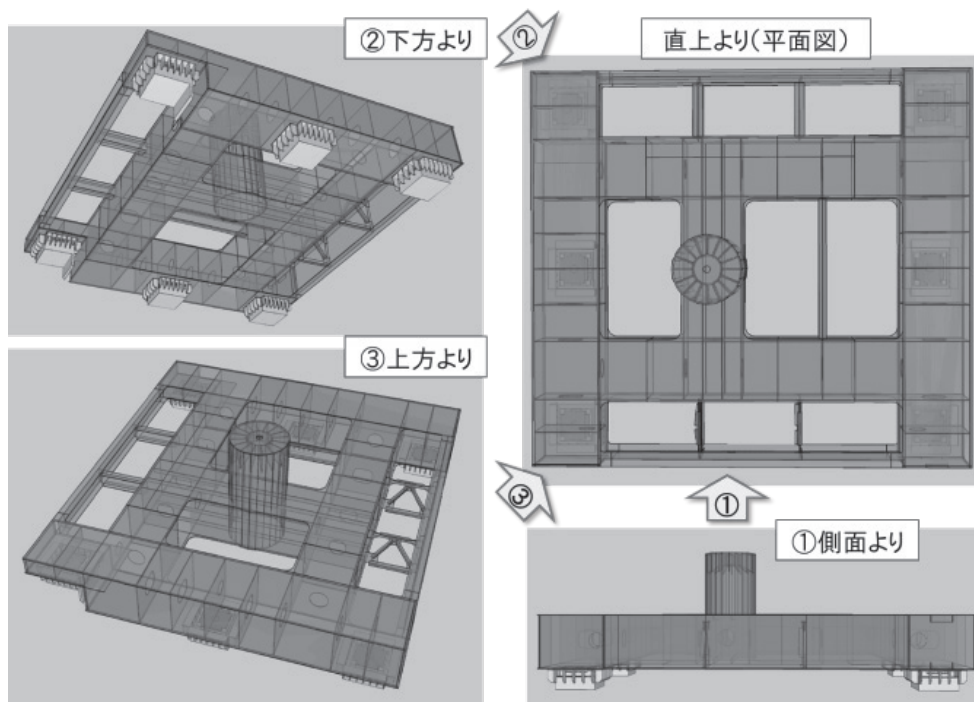
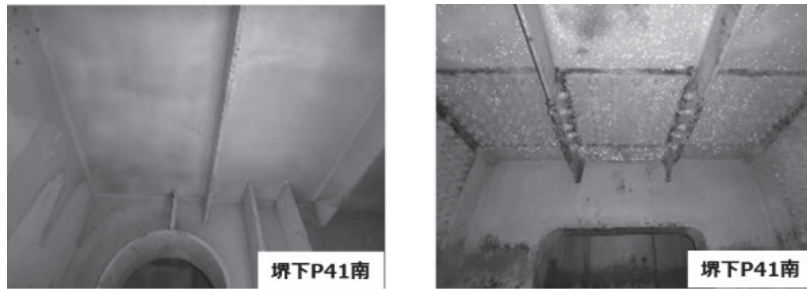


図-1.3.35 鋼製フーチングの構造（堺P37（南））

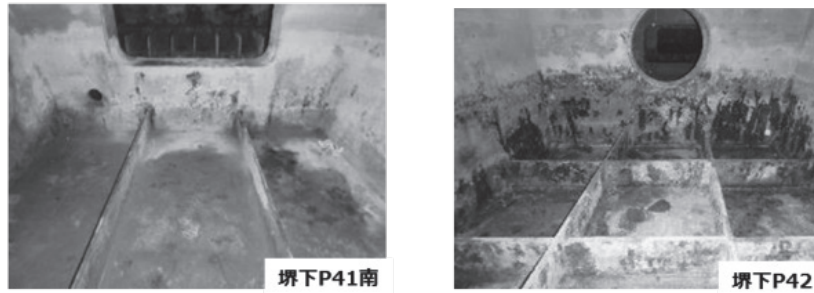
③ 詳細調査

鋼製フーチングの健全性評価を目的に、さび・腐食状況等の調査および内部環境、防食装置の状況調査を実施した。また、過去に金属（アルミニウム）溶射や電気防食などの腐食対策が実施されており、これらの防食効果についても状況調査を実施した（調査対象：鋼製基礎9基（7橋脚9フーチング））。鋼製フーチング本体の現況に関する調査では、さびの発生は認められるが、板厚が減少している箇所は認められなかった。支承部については、電気防食を施している箇所

所ではさびの発生は見られなかったが、電気防食を設置していない箇所では表面全面にさびが発生していた（写真-1.3.11）。



鋼製フーチング内天井面の状況の例



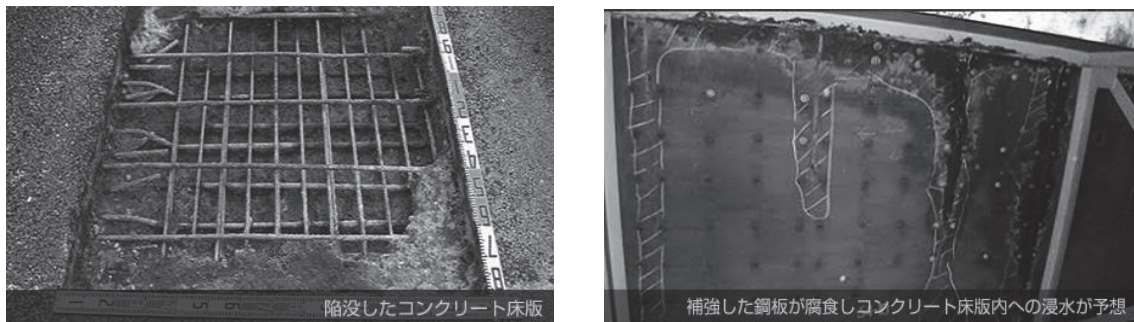
鋼製フーチング内底面の状況の例

写真-1.3.11 鋼製フーチング内面状況の例

(2) 大規模修繕の内容

1) コンクリート床版（大型車の増加によるひび割れ・陥没）

コンクリート製の道路床版（コンクリート床版）では、大型車の重量増加と、大型車交通から長年に繰り返し受ける負荷の影響により、ひび割れや舗装面の陥没が発生しており、補修しても損傷が再発する箇所に対しては、抜本的・大規模な修繕を行う（図-1.3.36）。



大型車等の影響による
床版の損傷

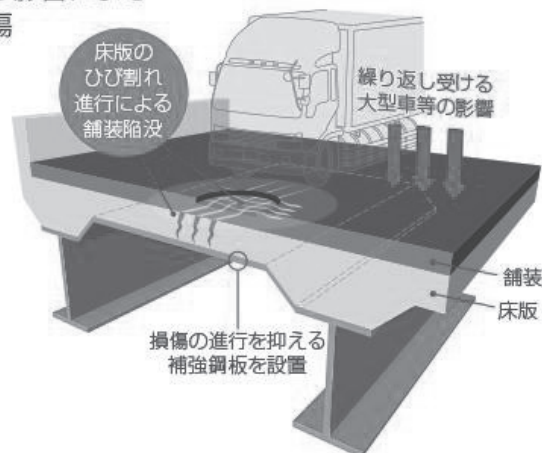
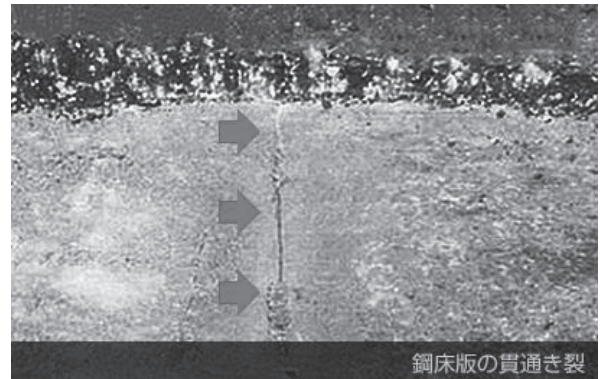
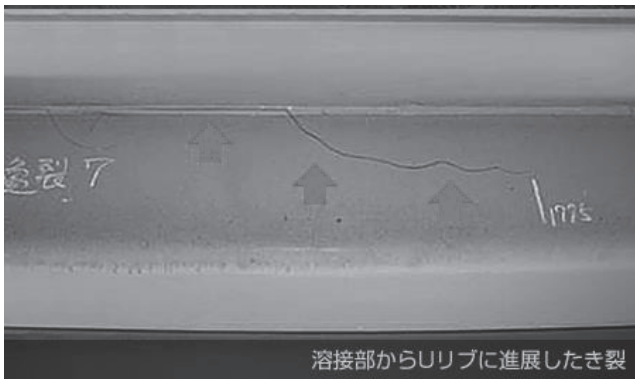


図-1.3.36 コンクリート床版の変状

2) 鋼床版（輪荷重による鋼床版の疲労き裂）

鋼板部材を溶接して構成する道路床面（鋼床版）では、大型車交通から長期に繰り返し受ける負荷の影響により、疲労き裂が発生しており、補修しても新たなき裂が再発する箇所に対しては、抜本的・大規模な修繕を行う（図-1.3.37）。



Uリブ鋼床版の損傷

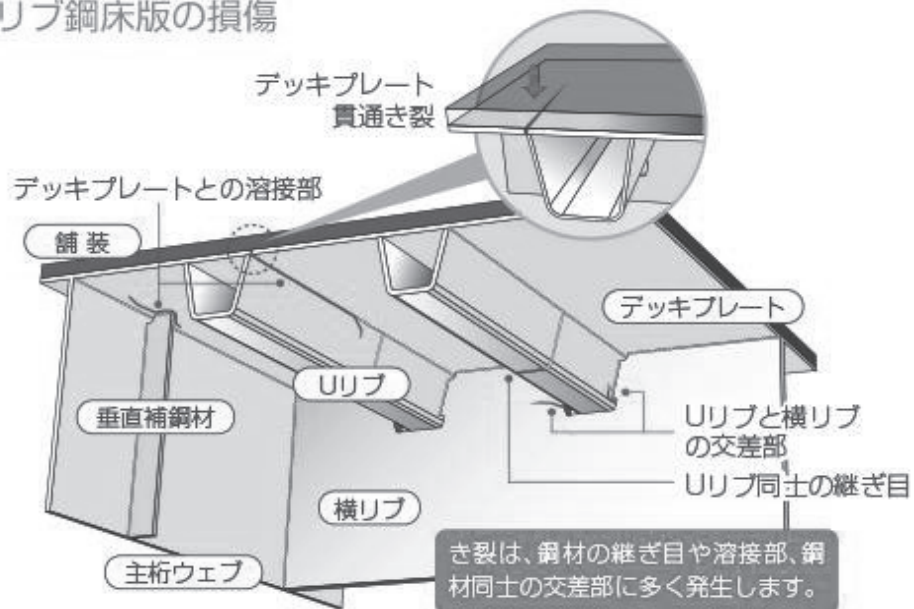


図-1.3.37 鋼床版の変状

参考文献

- 1) 阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会「提言」 2013.4
- 2) 阪神高速道路の更新計画リーフレット
- 3) 阪神本高速道路会社 ホームページ

1.3.4 国や自治体の動向¹⁾

国土交通省では、笹子トンネル事故を契機として、道路ストックの集中点検を2013年2月より開始し、2014年4月に開催された社会資本整備審議会、道路分科会基本政策部会の「道路老朽化対策の本格実施に関する提言」²⁾を受けて、国交省地方整備局を中心に都道府県単位の道路メンテナンス会議を設立するなど、地方公共団体のインフラ管理に関する支援体制を充実させた。この段階では、構造物点検の法定化や点検・診断を行う技術者のための資格制度など、専門技術者の確保が十分とは言えない地方公共団体での構造物点検を中心とした制度設計を行っていたが、2015年度には点検・診断結果に基づいた架け替えや補強が必要な橋梁を対象に、「大規模修繕・更新補助制度」³⁾を創設し、これまでに約40億円、30橋以上を対象とした大規模修繕・更新事業を開始している(図-1.3.38, 1.3.39)。例として、2015年7月に国土交通省より発表された「大規模修繕・更新補助制度」の対象となった橋梁の一覧を表-1.3.4に、位置図を図-1.3.40に示す。16橋(大規模修繕が11橋、大規模更新が5橋)を対象に、約12億円の予算(大規模修繕が約6億円、大規模更新が約6億円)が配分されている。更新については全て橋梁架替えとなっている。対象橋梁は適宜追加されており、今後も増えていくものと推測される。

この「大規模修繕・更新補助制度」では、各自治体が策定するインフラ長寿命化計画において引き続き存置が必要とされており、かつ点検・診断結果が公表されているものを補助対象としており、今後自治体が行う大規模修繕・更新においても、十分な点検・診断情報に基づく長期的な維持管理計画の策定が求められる。

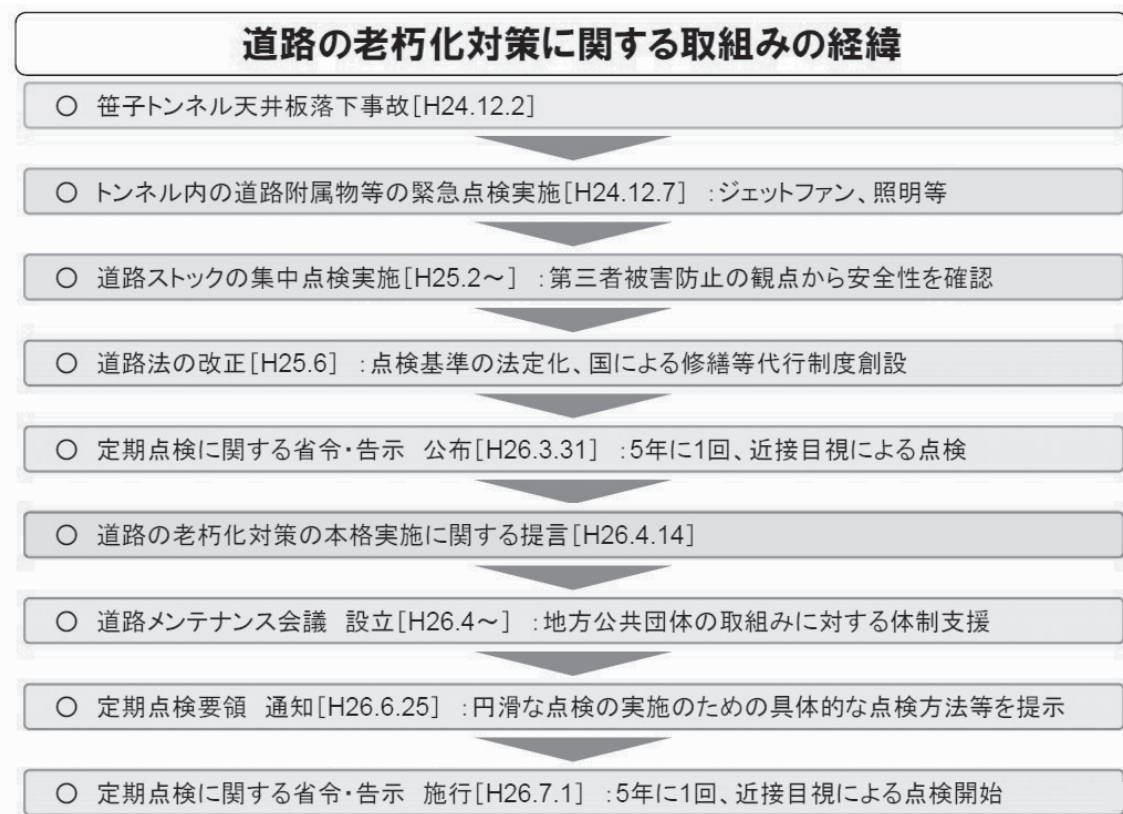


図-1.3.38 国土交通省における道路の老朽化対策の経緯¹⁾

制度の目的	今後、地方公共団体の管理する道路施設の老朽化の拡大に対応するため、大規模修繕・更新に対して複数年にわたり集中的に支援を行うことにより、地方公共団体における老朽化対策を推進し、地域の道路網の安全性・信頼性を確保することを目的とする。
補助対象	<ul style="list-style-type: none"> ・橋脚の補強など、構造物の一部の補修・補強により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの ・橋梁の架替など、構造物の再施工により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの
事業要件	<p>■事業の規模</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都道府県・政令市の管理する道路の場合：全体事業費100億円以上 ・市区町村の管理する道路の場合：全体事業費 3億円以上 <p>■インフラ長寿命化計画等（平成29年度以降の措置※）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インフラ長寿命化計画（行動計画）において、引き続き存置が必要とされているものであること ・点検・診断等を実施し、その診断結果が公表されている施設であること ・長寿命化修繕計画（個別施設計画）に位置付けられたものであること <p>※ 橋長15m未満の橋梁、トンネル及び大型の構造物にあつては、平成33年度以降の措置</p>
支援内容	<ul style="list-style-type: none"> ・防災・安全交付金事業として実施した場合と同等の割合を国費として補助※ ・事業の実施にあたり、国庫債務負担行為制度（4箇年以内）の活用も可能 <p>※現行法令に基づく補助率を上回る分については防災・安全交付金により措置</p> <p>個別の事業毎に採択するため、課題箇所確実に予算が充当</p>

図-1.3.39 国土交通省の大規模修繕・更新補助制度の概要³⁾

表-1.3.4 国土交通省の予算配分箇所一覧（平成27年7月発表分）⁴⁾

大規模修繕 12箇所		※四捨五入の関係で、各計数の和が合計と一致しないところがある					
都道府県	市町村名	路線名	箇所名	延長(m)	供用からの経過(年)	事業内容	配分額(百万円)
宮城県	塩竈市	(市) 新富町貞山通線	一本松大橋	134	42	支承補修、上部工断面補修 など	62
千葉県	船橋市	(市) 09-001号線	新港大橋	230	43	主桁塗膜劣化補修、床版補修 など	7
千葉県	君津市	(市) 中野・坂田線	中野跨線橋	223	27	塗装塗り替え、支承補修 など	28
千葉県	習志野市	(市) 06-120号線	鷺沼東跨線橋	131	42	床版打替、下部工ひび割れ補修 など	20
東京都	江東区	(区) 江450号線	中川大橋	101	40	主桁補修、床版打替 など	179
長野県	坂城町	(町) 0621号線	昭和橋	466	78	床版補修、下部工ひび割れ補修 など	45
岐阜県	岐阜市	(市) 忠節鷺山線	金華橋	302	51	ヒンジ部補修、支承受替 など	62
兵庫県	太子町	(町) 沖代線	太子陸橋	299	47	上部工断面補修、下部工ひび割れ補修 など	100
岡山県	真庭市	(市) 落合橋駅裏線	落合橋	176	75	塗装塗り替え、主桁鋼板張付 など	5
岡山県	笠岡市	(市) 笠岡中央線	相生トンネル	515	43	コンクリート背面空洞部充填 など	4
高知県	四万十市	(市) 白岩井井線	西土佐大橋	347	37	床版補修、下部工ひび割れ補修 など	60
熊本県	人吉市	(市) 願成寺錦線	願成橋	174	37	塗装塗り替え、床版補修 など	25
							計 597
大規模更新 5箇所							
都道府県	市町村名	路線名	箇所名	延長(m)	供用からの経過(年)	事業内容	配分額(百万円)
秋田県	秋田市	(市) 川尻新屋線	新川橋	120	52	橋梁架替	70
富山県	富山市	(市) 綾田北代線	八田橋	36	60	橋梁架替	370
滋賀県	甲賀市	(市) 新町・貴生川幹線	内貫橋	202	80	橋梁架替	71
高知県	土佐清水市	(市) 船場長野線	下ノ加江橋	73	58	橋梁架替	42
宮崎県	都城市	(市) 甲斐元通線	歌舞伎橋	140	49	橋梁架替	50
							計 602

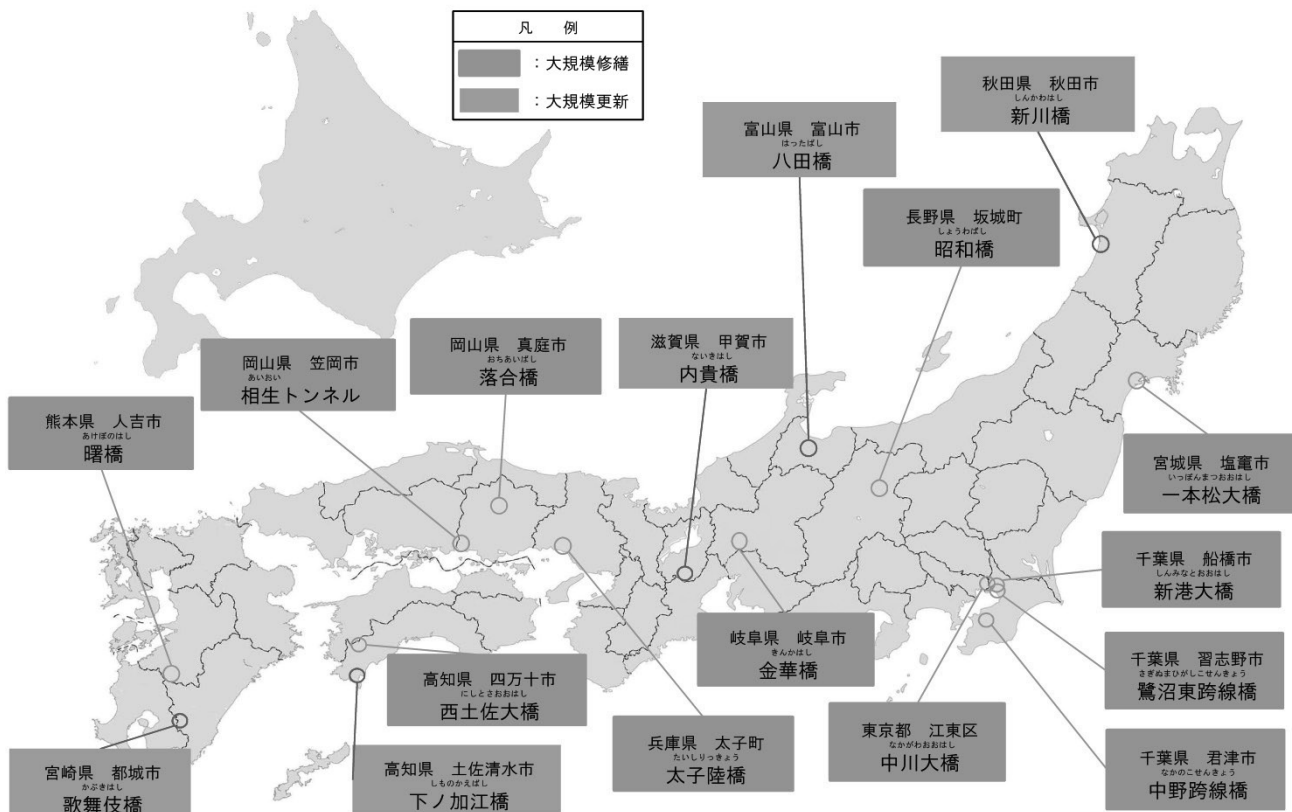


図-1.3.40 国土交通省の予算配分箇所位置図（平成27年7月発表分）⁵⁾

参考文献等

- 1) 国土交通省 HP, 老朽化対策の取組み, <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf>
- 2) 国土交通省, 社会資本整備審議会 道路分科会基本政策部会 道路老朽化対策の本格実施に関する提言, 2013年2月
- 3) 国土交通省 HP, <http://www.mlit.go.jp/common/001111332.pdf>
- 4) 国土交通省 HP, <http://www.mlit.go.jp/common/001095232.pdf>
- 5) 国土交通省 HP, <http://www.mlit.go.jp/common/001095229.pdf>

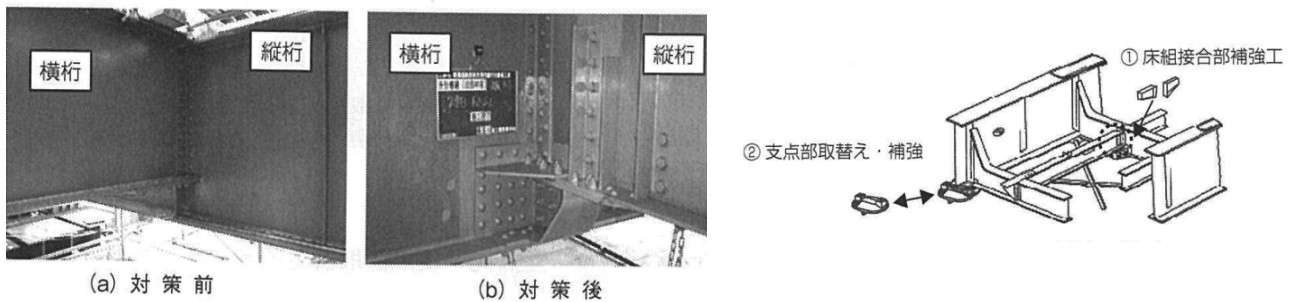
1.3.5 鉄道の動向

(1) 東海道新幹線^{1),2)}

1964年に開業した東海道新幹線は、約1600連、約9.3万トンの鋼橋がある。1959年の東京オリンピック開催決定からの短期間にこれら多くの構造物を集中的に整備したため、溶接構造の全面的な採用や、標準設計の多用など、様々な取り組みがなされた。

建設時期がリベット接合から溶接接合への変革期であったことから、構造ディテールの中には現在の技術体系から見ると疲労強度が十分とは言えないものもあり、供用後10年程度から一部の橋梁に疲労き裂の発生が報告された。これらのき裂は局部的なものであり列車の走行に危険を直ちに及ぼすものではないことから、検査の充実やき裂の補修・補強、同一ディテールの予防保全的な補強により対処されてきた。今後もこれらの対策を継続する一方で、将来の構造物の劣化による維持管理の負担を低減させるため、2013年度から2022年度までの10年間で、「土木構造物の大規模改修」として、大規模な補修・補強工事を進めている。

鋼橋の大規模改修としては、床組接合部の補強、支承部の取替・補強、縦桁や横桁の取替、既存まくらぎ間への新設まくらぎの挿入がある(図-1.3.41)。



(1) 床組接合部の補強

(2) 床組接合部の補強と支承取替・補強

図-1.3.41 東海道新幹線 鋼橋の大規模改修の例

(2) 東北新幹線, 上越新幹線, 山陽新幹線³⁾

東北新幹線, 上越新幹線は開業から33年(2015年現在), 山陽新幹線は開業から43年(2015年現在)を迎え、現時点では適切な維持管理により健全性は保たれているものの、今後は経年により劣化が進むことが考えられる。将来にわたる安定輸送を続けるために、東海道新幹線と同様に大規模改修が必要であると認められ、2015年12月、その方針が発表された。

鋼橋については、支承部周りや桁に疲労き裂が発生、進展する恐れがあると評価され、これに対する大規模改修が必要であると判断された。具体についての検討はこれからである。

(3) 在来線

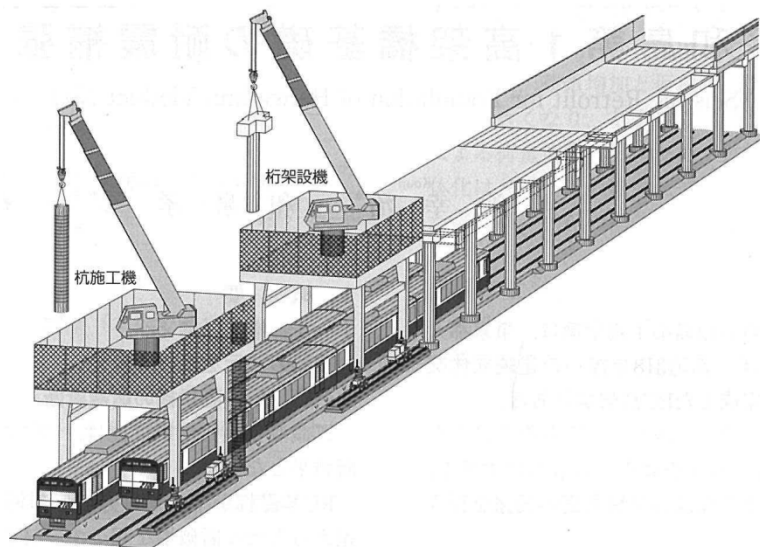
JR東日本の在来線については、全体として大規模改修や改良の方針は発表されておらず、施設ごとに個別に対応が実施されている。最近の例としては、1995年度から2013年度までの19年間で実施された中央線三鷹・立川間の9km区間の連続立体交差事業⁴⁾、直接基礎の沈下が進行したため、鋼トラス橋から同じ形式の橋梁に架け替えられた常磐線根川橋梁の架替え工事⁵⁾、在来線とビルに囲まれた狭隘な立地条件で新幹線上空に新たに高架橋を構築した東北縦貫線の建設工事(写真-1.3.12)⁶⁾、東京駅丸の内駅舎の保存・復原工事⁷⁾(写真-1.3.13)、新橋駅改良工事⁸⁾などがある。

私鉄についてもJR在来線と同様であり、個別に対応されている状況である。例えば、京浜急行では2000年度から2014年度の15年にわたり、京急蒲田駅付近の約6km区間において、連続立体交差事業が実施されている^{9),10)}。これらの大規模改良工事においては、数々の新しい施工機械、技術が開発されている(図-1.3.42)。

注：鉄道に関しては、道路橋とは異なり「大規模修繕・大規模更新」という用語は定義、使用されていない。ここでは、参考とした資料に準じ、“改良”、“改修”をはじめとする用語を使うものとする。

写真-1.3.12 東北縦貫線建設工事 桁架設機全景⁶⁾

写真-1.3.13 保存・復原された東京駅丸の内駅舎

図-1.3.42 京急蒲田駅付近連続立体交差事業 直接高架施工機⁹⁾

参考文献

- 1) 東海旅客鉄道株式会社：新幹線鉄道大規模改修引当金積立計画の変更申請に関するお知らせ，東海旅客鉄道株式会社プレスリリース，2013.1
- 2) 鍛冶秀樹，高橋和也，伊藤裕一：鋼橋の維持・強化，橋梁と基礎 Vol.46 No.11，pp.39-42，2012.11
- 3) 国土交通省鉄道局：全国新幹線鉄道整備法第15条第1項の規定に基づく所有営業主体の指定について，国土交通省鉄道局プレスリリース，2015.12
- 4) 渡部太郎，丸山修，佐藤清一，津吉毅，野澤伸一郎：中央線三鷹・立川間高架化工事で展開した新技術，橋梁と基礎 Vol.45 No.1，pp.24-30，2011.1
- 5) 佐々木昭悟，吉川正治，工藤伸司，楠田広和，梅本喜久：長大鋼鉄道トラス橋の設計・製作，橋梁と基礎 Vol.46 No.3，pp.15-20，2012.3
- 6) 山口慎，山田啓介，藤澤一朗，黒田智也，永田敏秋，幸野寛伸：東北縦貫線プロジェクト重層部における橋脚鉄骨・PC桁および鋼桁の施工，橋梁と基礎 Vol.46 No.10，pp.7-12，2012.10
- 7) 大迫勝彦：東京駅丸の内駅舎の保存・復原，橋梁と基礎 Vol.46 No.10，pp.14-18，2012.10
- 8) 有光武，山下拓伸，光畑太，嶺大輔，篠野正樹，飯塚誠：新橋駅改良工事におけるレンガアーチ高架橋改築と大屋根設置，橋梁と基礎 Vol.48 No.9，pp.5-11，2014.9
- 9) 吉住陽行，内田康一：京急蒲田駅付近連続立体交差事業の概要，橋梁と基礎 Vol.43 No.11，pp.6-9，2009.11
- 10) 早川正，服部尚道，中村聡：京急蒲田駅付近連続立体交差事業における直接高架工法の適用，建設機械施工，pp.40-45，2010.12

1.4 鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

1.4.1 鋼橋の劣化現象と性能

鋼橋の劣化現象には、鋼が大気中の酸素と水に反応して錆が生成されることからはじまる腐食、繰返し応力により主に溶接部に発生する疲労、大規模地震や車両の衝突による変形、火災による材料劣化や変形、高力ボルト継手部におけるボルトの脱落やゆるみがある（写真-1.4.1～写真-1.4.6）。



写真-1.4.1 桁端部の腐食損傷事例³⁾



写真-1.4.2 疲労損傷事例⁴⁾

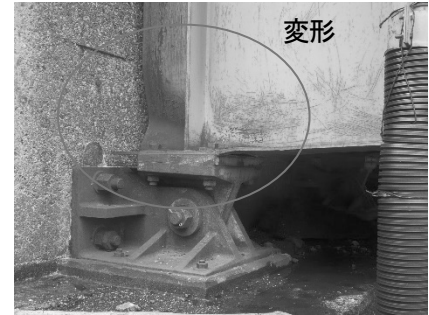


写真-1.4.3 大規模地震による損傷事例



写真-1.4.4 車両衝突による損傷事例¹⁾



写真-1.4.5 火災による損傷事例¹⁾

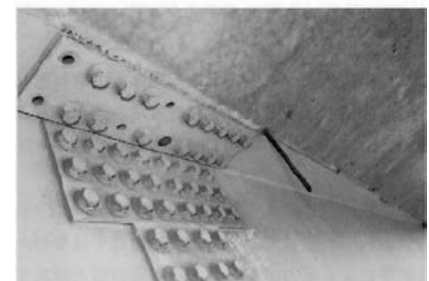


写真-1.4.6 高力ボルトの脱落事例⁵⁾

このうち、地震、火災、車両衝突などの突発的な事象を原因とする変形や材料劣化、ボルト継手部に限定される損傷を除けば、代表的な劣化現象は腐食と疲労であり、この2つの劣化を防止できれば、鋼は経年による材料特性の変化、それに伴う劣化は生じない。そのため、鋼橋は定期的な点検、塗装塗替えなど、適切な維持管理により、新設時の性能を保持し続けることが可能な構造物である。

仮に疲労、腐食などの劣化が生じて、補修により新設時の性能と同等レベルまで回復させることが可能である。さらに、適切な補強や部材の追加を行えば、新設時を上回る性能を付与することもできる（図-1.4.1）。

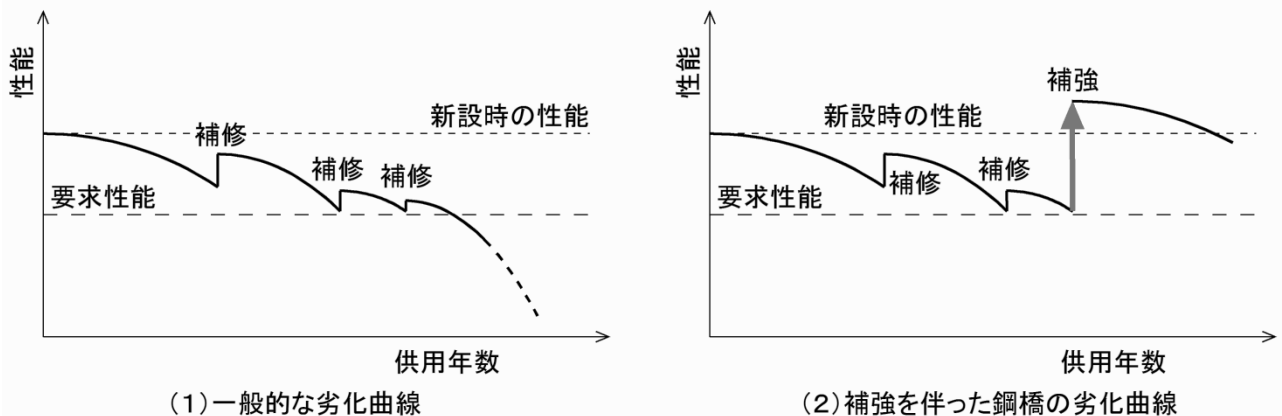


図-1.4.1 鋼橋の性能曲線のイメージ

鋼橋を大規模修繕・大規模更新する要因としては、拡幅や線形変更、ランプ増設などの機能上の理由のほか、RC床版の劣化、著しい腐食損傷や疲労損傷の修復、その原因を取り除くための大規模な構造改良などがある。腐食による劣化は、本来、定期点検、塗装の塗替えや漏水個所の補修などの適切な維持管理を行うことにより回避出来たはずの劣化であるが、残念ながら十分な維持管理をすることが出来ず、大規模な工事をせざるを得なくなったものである。設

計時の想定と実態の乖離、外力の作用によるダメージの蓄積が原因のRC床版の劣化や鋼部材の疲労損傷とは、根本が異なることに留意されたい。

1.4.2 鋼橋の特徴を生かした補修・補強

(1) 高力ボルト継手による部材接合を用いた補修・補強

大規模修繕・大規模更新工事においては、損傷した鋼部材の一部を取り替えたり、新たな鋼部材を既設部材に取付けたりすることが多い。既設部材に新設の部材を取り付ける接合方法としては、溶接接合、高力ボルト接合、接着接合などがあるが、溶接接合は既設鋼材の溶接性に問題がある場合があること、狭隘で溶接姿勢が限られる上、振動下での溶接となる可能性があること、溶接部が新たな疲労上の弱点になる場合もあることから、高力ボルト接合が採用される場合が多い。高力ボルト接合は、鋼構造物の一般的な現場継手として数多くの実績があり、姿勢や作業者の技量、被接合材の材質に左右されにくいこと、現場での施工性も良好であること、疲労強度が高いこと、などから、既設構造物の補修補強現場での継手として標準的に使われており、この利点を生かすことにより、既設鋼構造物の補修補強を比較的容易に行うことが可能となっている。

対象部の制約から高力ボルトが設置できず、溶接接合が採用される場合や、疲労き裂の補修で溶接接合が採用される場合もあるが、その際には既設部材の溶接性（ C_{eq} 値、 P_{cm} 値、P 量、S 量、鋼材の製作時期など）の十分な調査が必要のほか、溶接部が新たな疲労上の弱点とならないよう、補修溶接部に作用する変動応力や継手形状から決まる疲労強度を用いて、疲労の問題がないことを十分に確認する必要がある。また、振動下（交通供用下）での溶接となる場合は、振動加速度が溶接作業に問題を生じないこと、溶接部の開口変位が高温割れを生じさせない範囲であることを確認しなければならない^④。

接着接合の採用実績は多くはないが、材料の開発や耐久性の検討が進み、鋼床版補強の際の SFRC 舗装とデッキプレートとの接合や、炭素繊維シートへの貼り付けなどを中心に鋼構造の補強に採用されるケースも増えつつあり、今後の材料開発、信頼性の向上が望まれる。それぞれの接合方法の特徴を表-1.4.1 に、補修補強事例を写真-1.4.7~1.4.9 に示す。



写真-1.4.7 疲労き裂の溶接補修事例^③



写真-1.4.8 腐食部の当板補強^③
(写真-1.4.1の補強事例)

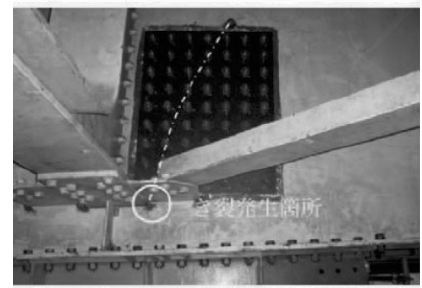


写真-1.4.9 疲労き裂の当板補強^②
(写真-1.4.2の応急補強事例)

表-1.4.1 接合方法と特徴

	高力ボルト摩擦接合	溶接接合	接着接合
品質	継手の性能はボルトの軸力と摩擦面の処理により決定するが、作業者の技量や環境が与える影響は小さく、一般的に品質の確保は容易である。	品質は既設部材の鋼材の成分 (Pcm値, Ceq値, P量, S量など) ; 溶接姿勢, 作業者の技量, 振動などに左右される。	品質は当日の温度, 湿度, 作業時間, 姿勢に左右される。
施工性	ボルトの孔明け, 摩擦面のケレン, 高力ボルトの締付けに必要なスペースが確保できれば, 施工は比較的容易である。	施工性は溶接姿勢や溶接位置の空間に左右される。ボルトを配置する空間がなくても適用できる。	当日の気温や湿度により粘性が変わったり, 可使時間がかわる。
疲労耐久性	疲労強度はB等級, もしくはC等級であり, 疲労強度は高い。現場施工による疲労強度の低下もない。	高力ボルト継手と比較すると疲労強度は一般的に低い。継手形状や溶接止端形状に疲労強度が左右されるほか, 溶接割れやアンダーカット, 内部きず等の溶接欠陥が生じると疲労強度はさらに低下する。	十分なデータはないので, 使用する際には過去の同種の事例を調査したり, 新たな実験をするのが望ましい。
腐食耐久性	ボルト頭やナットの角部で塗膜厚が薄くなりがちであり, その場合, 比較的早期に錆が発生することがある。	ボルト継手部に比べると一般的には塗膜厚は確保しやすいが, 溶接形状が悪いと塗膜厚が確保できなかつたり, 十分な下地処理ができなかつたりするので注意が必要である。	温度履歴や水, 紫外線により劣化するので, 使用する際には過去の同種の事例を調査したり, 新たな実験をするのが望ましい。
備考	ボルトの配置, 孔明け, ボルトの締付けにそれぞれ一定の空間が必要であり, それらが確保できなければ採用できない。	既設鋼構造物の補修・補強に採用する際には, 十分な検討が必要であり, 安易に用いてはならない。	採用実績は少ないが, 母材に与える影響は小さいので, 普及に向けた今後の検討が期待される。

鋼橋の主桁腐食部の大規模修繕事例を写真-1.4.10に示す⁷⁾。RC床版からの漏水による湿潤状態が長く続き, またその間, 点検や対策などのメンテナンスが出来なかつたため, フランジとウェブの溶接部付近に孔があくほどの腐食が生じたものの, 鋼板当て板による補強により, 耐荷力をはじめとする性能は新設時を上回るまで回復している。この後, 漏水を防ぎ, 点検や塗装塗替えなどのメンテナンスを確実に行えば, ほぼ半永久的にその性能を維持し続けることが可能である。



(1) 主桁ウェブとフランジ接合部の著しい腐食



(2) 当て板による補強

写真-1.4.10 著しい腐食部への当て板補強⁷⁾

さらに, 部材の一部を完全に置き替えることも可能であり, 過去には腐食した桁端部を全て置き替えた例, 漏水により腐食した主桁支間中央の一部を置き替えた例もある (写真-1.4.11, 図-1.4.2)。これらの補修・補強部の性能は, 新設構造の同部位の性能と比較して, 遜色はない。



(1) 桁端部取替前

(2) 桁端部取替後（桁端部主桁を取替，連続化）

写真-1.4.11 桁端部の取替，構造改良事例⁷⁾

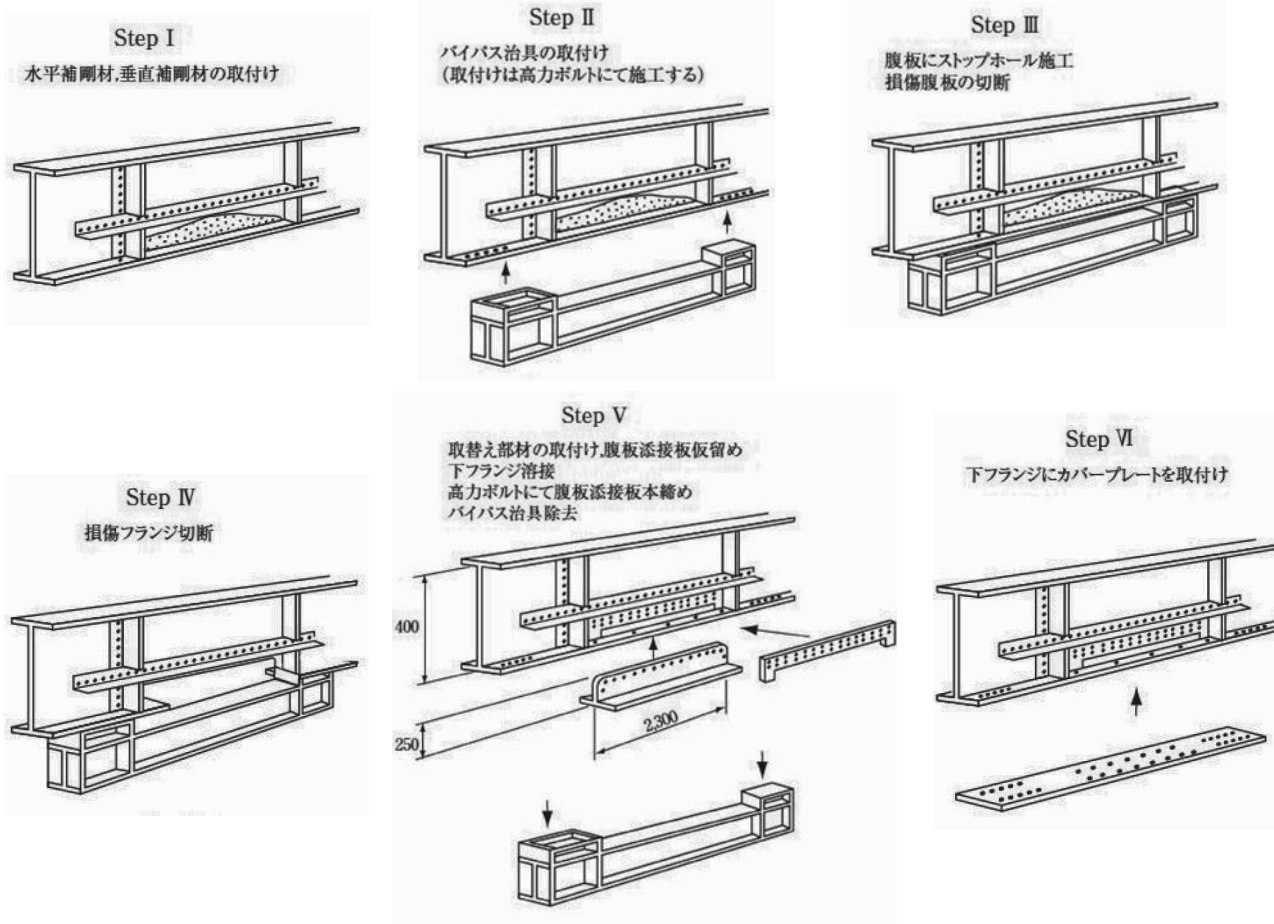


図-1.4.2 主桁の部分的な取替事例¹⁾

高力ボルト継手を床版取替工事に生かした例として，西日本高速道路株式会社の管理する御幸大橋（単純合成桁橋）の床版取替工事がある⁸⁾。通常，合成桁のRC床版取替工事では，鋼桁上フランジから旧コンクリート床版を撤去する際の，スタッド周りのコンクリートの除去作業に非常に手間がかかり，これが作業性の低下や交通規制期間の長期化につながっていた。御幸大橋では，この主桁上フランジ上のコンクリート撤去作業をなくすことを目的として，鋼桁をベント支持した上で主桁ウェブを水平方向に切断して旧コンクリート床版を主桁上フランジごと撤去し，新たに主桁上フランジとウェブの一部からなるT型部材を高力ボルトで接合することで，旧床版撤去，新床版敷設時の施工性を大幅に

向上させるとともに、交通規制時間を著しく減少させた（図-1.4.3）。この工法は、鋼橋の施工上の特徴のひとつである、部材の途中での切断、高力ボルトによる接合が容易であるという特徴を十分に生かしたものであり、今後の同種の工事に大いに参考になるものと考えられる。



図-1.4.3 御幸大橋の主桁のウェブの切断，添接構造例⁸⁾

(2) 軽量という特徴を生かした補修・補強

鋼橋のもうひとつの特徴として、コンクリート構造物と比べて軽量であるという特徴も大きい。材料自体の比重はコンクリートに比して大きいですが、単位面積当たりの強度が大きいため、同一性能を有する部材や構造物単位では、一般的にコンクリート部材、コンクリート構造物に対して、鋼構造物は相当に軽量である。

例えば鋼床版は、コンクリート床版と比較して重量が $1/2 \sim 1/3$ 程度と軽量である。これらの利点を大規模な床版取替工事に生かした例として、既設のコンクリート床版を鋼床版に取替える工事があげられる。RC床版を鋼床版に取替えた鋼橋の事例を写真-1.4.12に示す⁹⁾。上部工の軽量化が実現できるために耐震性が向上する、基礎補強をすることなしに拡幅が可能になるなどのメリットも多く、今後の大規模修繕、大規模更新工事へ向け、鋼構造のますますの活用が期待される場所である。



写真-1.4.12 RC床版から鋼床版への取替工事事例（美川大橋）⁹⁾

(3) 鋼橋の補修・補強工事における課題

鋼構造物の補修・補強工事において課題としてあげられるのは、材料の単価がコンクリートと比較して高く、工場での加工コストもあることから、補強部材自体の費用はコンクリート部材などに比べて高くなること、鋼床版においてはコンクリート床版や土工部と比較して熱容量が小さいため、冬季、路面が凍結しやすいことなどがあげられる。前者については、既設構造物の大規模修繕・大規模更新工事においては工事全体費用に対する補強部材の費用は比較的小さいため、工期短縮などにより現場にかかる費用を低くすることで課題を解消することも可能である。後者については、根本的な対策は現在のところないため、今後の技術開発に期待したい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋補修・補強事例集 2007, 2007.3
- 2) 日本道路協会：道路橋補修・補強事例集 2009, 2009.3
- 3) 山崎淳, 池田甫：道路橋補修・補強事例集, 2013.5
- 4) 国土交通省奈良国道事務所：国道 25 号「名阪国道」の橋梁保全対策について, 2006
- 5) 日本鋼構造協会：既設鋼橋部材の耐力・耐久性診断と補修・補強に関する資料集（鋼橋の維持管理とそれを支える要素技術）, JSSC テクニカルレポート No.51, 2002.1
- 6) 日本鋼構造協会：供用下にある鋼構造物の溶接施工指針（案）, JSSC テクニカルレポート No.22, 1993.2
- 7) 柿沼努, 池田大介, 貞島健介, 亀田隆志, 杉澤康友, 遊田勝：九年橋長寿命化対策工事の設計と施工, 橋梁と基礎 Vol.49 No.12, pp.17~22, 2015.12
- 8) 光田剛史, 木原通太郎, 山田秀美, 龍頭実, 水野浩, 原考志：西名阪自動車道御幸大橋（下り線）床版取替えⅡ期工事, 橋梁と基礎 Vol.45 No.9, pp.15~21, 2011.9
- 9) 大江純生, 美藤友郎, 加藤貴祥, 藤江剛敏, 本野貴史：RC床版から鋼床版への取替え設計および施工：美川大橋, 橋梁と基礎 Vol.47 No.7, pp.12~17, 2013.7

1.5 鋼橋の大規模修繕・大規模更新の意思決定要因と将来動向

1.5.1 これまでの大規模工事事例にみる意思決定要因

国内鋼橋の老朽化が進む中、橋梁管理者には橋梁の健全度、路線の重要度、立地条件、交通量等の道路ネットワークにおける社会的重要性などを勘案した上で、長期的な視点で効果的・効率的に更新・修繕の意思決定を行うことが望まれる。

今後の大規模修繕・大規模更新における意思決定を考える上では過去の事例が参考となるため、この委員会において既往の大規模な補強・改良・改修・修繕・改築工事事例など（以下、大規模工事という）の意思決定要因について整理を行う。

(1) 本資料の事例収集における大規模工事の意思決定要因

本委員会では、特に社会的影響の大きい大規模工事事例として「構造改良」、「床版取替」に関する国内外の事例を収集している。本資料において収集した国内外事例（50件）における大規模工事に至った理由の整理結果について表-1.5.1に示す。

あくまで限られた収集事例に対する整理結果ではあるが、国内事例における大規模工事の理由の多くを「道路改良（線形変更・拡幅・荷重増）」（理由 B）か、「道路改良と同時に老朽化した構造を改築」（理由 C）が占めている。床版取替と構造改良との比較においては、床版取替については比較的老朽化を理由に取替えを実施している例が多いものの、構造改良について老朽化を理由にした更新事例は少ない。

表-1.5.1 本資料にて収集した既設橋梁の大規模工事事例

		大規模工事を実施した理由				合計
		A	B	C	D	
全体(国内+海外)		17	12	14	7	50
国内事例	構造改良	4	7	8	6	25
	床版取替	4	2	2	0	8
	合計	8	9	10	6	33
海外事例		9	3	4	1	17

【工事理由】 A:老朽化にともなう機能回復・修繕
 B:道路改良にともなう改築
 C:道路改良+老朽化にともなう改築
 D:その他(耐震補強, 震災・火災復旧ほか)

(2) 国土交通省および地方自治体における架替え理由調査結果

既往の橋梁架け替え理由調査文献「橋梁の架替えに関する調査結果（IV）／国土技術政策総合研究所資料 No.444／平成20年4月」¹⁾を参照し、橋梁架け替え理由について整理を行う。

当該文献は、国土交通省の各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局、各都道府県及び各政令指定都市が管理する橋梁のうち、1996年7月から2006年6月までに撤去または架け替えが行われた橋梁1,342橋について調査を実施したものである。

図-1.5.1に当該調査文献における鋼橋の架替え理由の内訳を示す。最新の調査期間（1996～2006年）における鋼橋の架替え実績においては、図-1.5.1 a)に示すように架替えの理由として最も多いものは「改良工事」によるものであり、これらは道路線形改良、河川改修による架替えを示している。一方、2番目に理由として多い「機能上の問題」とは幅員狭小が主な理由となっている。これら改良工事と機能上の問題とが架替え理由の80%近くを占めている。次いで多いのが「上部構造の損傷（12.3%）」と「耐荷力不足（5.4%）」という結果になっている。図-1.5.1 b)に「上部構造の損傷」の内訳を示す。架替え理由となる上部工の損傷要因としては、鋼材の腐食、床版の損傷が最も多く80%近くを占めていることが分かる。

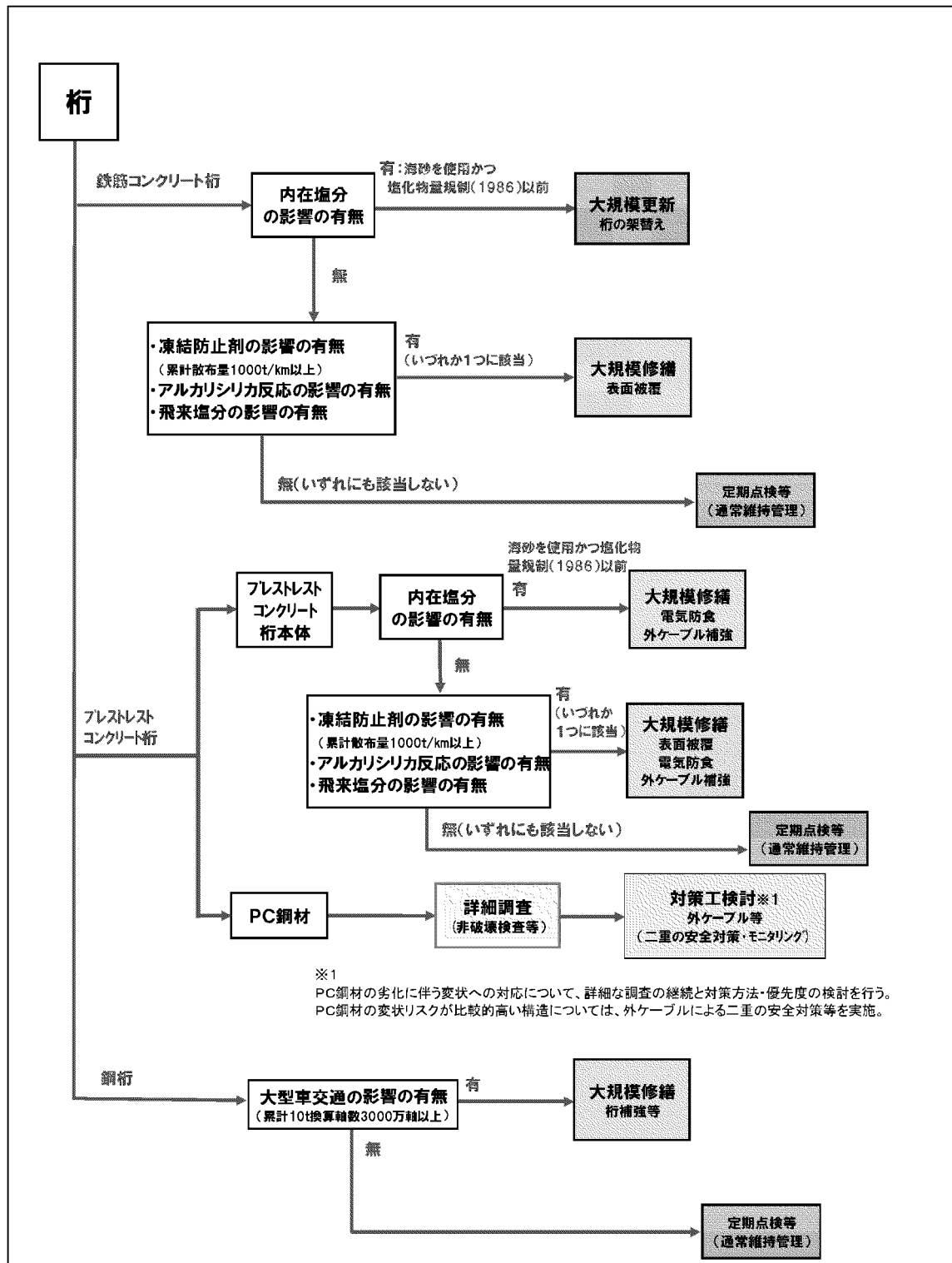


図-1.5.2 桁の大規模更新・大規模修繕の判定フロー²⁾

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所資料 No.444「橋梁の架替えに関する調査結果 (IV)」 2008年4月 国土交通省国土技術政策総合技術研究所
- 2) 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討会報告書 2014年1月 東・中・西日本高速道路株式会社

1.5.2 今後の大規模修繕・大規模更新に向けて^{1)~9)}

これからの大規模修繕・大規模更新の実施に向けて様々な課題が考えられることから、意思決定のまとめとしてそれらの課題を整理する。管理者や路線ごとに特有の課題もあるが、官民学がそれぞれの役割を果たしつつ、積極的な検討が進められることを期待する。

(1) 大規模修繕・大規模更新事業における事業マネジメント

大規模修繕・大規模更新は、その事業予算や路線が担っている機能・交通量、交通規制による社会的影響低減など多くの制約条件の下で実施されることから、綿密な維持管理計画の策定が求められる。また、構造物の変状を詳細に把握することにより、最適な計画となるように定期的に見直し、効果的な補修時期を選定する必要がある。

さらに、メンテナンス技術向上によるコスト縮減と共に、予防保全的な維持管理計画策定により、今後のメンテナンスにかかる対策費用の平滑化を進めていく必要がある。

(2) 道路管理者間の連携と、地域住民への理解・協働の促進

大規模修繕・大規模更新を進めていく上で、交通規制により本線はもとより周辺地域への迂回交通に対する渋滞の発生や、走行安全性の低下が懸念されることから、周辺交通への影響にも配慮した計画が必要となる。このため大規模な交通規制を伴う場合には、予め交通管理者や周囲の道路網の管理者との情報共有や連携強化が必要である。

通行止めや長期間にわたる通行規制を伴う工事の実施にあたっては、周辺住民のみならず地域の観光産業等への影響も含めた実施時期の選定など、双方の合意を得ることも重要である。

また、道路構造物の現状や老朽化対策の重要性、及び点検・補修のための交通規制の必要性などについて、定期的に周辺自治体など関係者への情報発信や説明の場を設けるなど、理解が得られるよう説明責任を果たす必要がある。

さらに、各管理者に集積された損傷事例や補修事例は、管理者間での共有・活用により、維持管理計画の実効性を高めていくべきである。

(3) 橋梁点検の強化

修繕計画を立案する前提条件として最も重要となるのは、綿密な点検による確実な損傷度の把握であり、点検・診断は大規模修繕・大規模更新の意思決定に不可欠な要素である。

適切な点検や劣化予測を用いた構造物評価手法の高度化により、今後の健全性を精度良く推定していくことも必要である。

さらに点検や診断、補修補強において得られた知見は、新設及び既設道路橋の設計、施工、維持管理における品質管理の改善や技術開発に繋げることや、定期点検情報やその後の措置（交通規制・補修補強・記録・計画策定）のデータベース化によるメンテナンスサイクルの構築も重要である。

(4) 技術開発の推進

更新構造物の計画立案・設計に際して、最新の技術的知見や技術基準の適用による長期耐久性の確保が要求されると同時に、将来的な技術者の人員不足も懸念されることから、老朽化した道路インフラの増加に対して更に合理的かつ効率的な実施に向けて、モニタリング技術やロボットの開発・導入、非破壊検査技術や自動化の推進による点検・診断技術の高度化が望まれる。

また併せて、耐久性の高い補修材料・工法の開発や、工期短縮に向けた急速施工技術の開発等、多くの分野で技術開発を推進することで、大規模修繕・大規模更新事業の円滑化を図る必要がある。

(5) 損傷メカニズムの把握と対策規模および範囲の決定

近年、大型車交通量の増加や車両制限令の規制緩和等による交通荷重の増大、凍結防止剤（塩化ナトリウム）

の大量散布による変状リスクの増大、短時間異常降雨の増加等による災害の発生リスクの増大、設計、施工基準の変遷に追従していない構造物による変状リスクの増大など、損傷に対する外的要因及び性質は、非常に多岐に渡っている。

構造物の点検結果および変状分析から構造物が持つ潜在的な劣化要因を把握するとともに、補修補強設計に部分係数設計法を導入するなどの必要最小限の対策で最大の結果が得られるような対策技術の高度化が望まれる。

(6) コスト縮減・工期短縮・事業効果の早期発現

急速施工等の施工技術の開発や、工場製品の活用による現場工程の短縮、仮設迂回路設置や半断面施工による対面通行の採用による工事中の通行止め回避等、民間の技術力の活用も含めた施工法等の工夫により、交通への影響軽減、工期短縮、コスト縮減を推進する必要がある。

また、長期間の工事が増加する場合、その事業効果を途中段階でも発現するよう、構造物の逐次更新を行うような計画とすることも必要となる。

(7) 技術力の確保および地方公共団体への支援

維持管理計画重要となる点検・診断の信頼性を高めるため、点検・診断の知識、技能、実務経験を有する技術者を確保するための資格制度の整備が求められる。また、実務経験のある技術者を登録するなどして、技術力のある人材確保とメンテナンスの現場での有効活用を行う枠組み作りが必要である。

地方公共団体に関しては、厳しい財政・人材不足・技術力不足等によりメンテナンスサイクルを回す仕組みの確立が困難であり、計画的な維持修繕・更新に際して大きな課題となっている。高度な技術を要する橋梁等の緊急的な修繕・更新については国が保全事業を実施していく代行制度が制度化されたところであるが、今後より実効性を高めていくための人員の投入や予算確保が重要となる。またそれと共に、一般橋梁に対するメンテナンス体制強化のため、計画策定に携わる地方公共団体の職員や民間企業の職員等の技術者レベルの底上げが必要となってくる。

(8) 選択的な維持管理計画

地方都市における人口減少や土地利用の変化など、社会構造の変化に伴う橋梁等の利用状況を踏まえ、必要に応じて橋梁等の集約化や撤去等、維持管理計画の見直しが求められる。

既に劣化損傷が進行し早急な措置が迫られる橋梁については、予算的・技術的制約から必要な処置が実施できない場合には、安全性確保のため通行規制・通行止めの検討を進めていく必要がある。

これらを踏まえ、重要性・緊急性の高い橋梁等については計画的に集約や撤去を進め、国や高速道路会社などと連携して、主要道路と一般道路の一体的な道路ネットワーク作りを進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 東・中・西日本高速道路の更新計画について 平成 27 年 3 月 25 日 NEXCO 東日本・中日本・西日本
- 2) 東・中・西日本高速道路が管理する高速道路における大規模更新・大規模修繕計画（概略）について 平成 26 年 1 月 22 日 NEXCO 東日本・中日本・西日本
- 3) 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会 報告書 平成 26 年 1 月 22 日
- 4) 首都高速道路の更新計画について 平成 26 年 6 月 25 日 首都高速道路株式会社
- 5) 阪神高速道路の更新計画について 平成 27 年 1 月 15 日 阪神高速道路株式会社
- 6) 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言 平成 26 年 4 月 国土交通省社会資本整備審議会 道路分科会
- 7) 道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて 平成 25 年 6 月 社会資本整備審議会道路分科会 道路メンテナンス技術小委員会
- 8) 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言 平成 26 年 4 月 14 日 社会資本整備審議会 道路分科会
- 9) 平成 26 年度 国土交通白書 平成 27 年 6 月 30 日 国土交通省