

視察③

首都高速道路の課題と取り組み

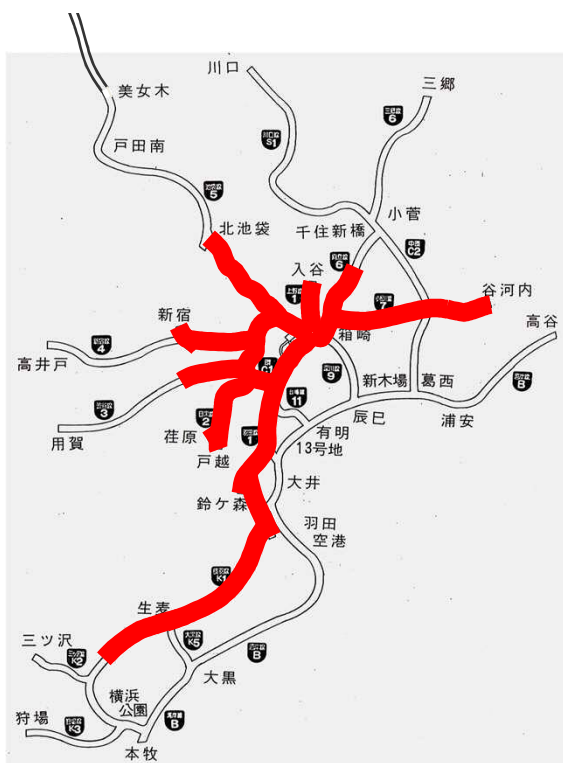
平成24年10月1日
首都高速道路株式会社

首都高速道路ネットワークの概要



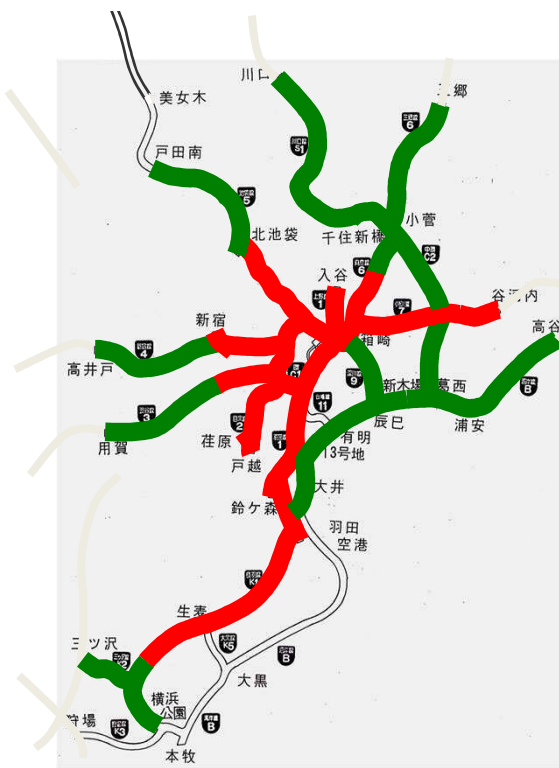
首都高速道路ネットワークの変遷

昭和37年の最初の開通以来、着実に整備を進め、現在301.3kmが開通し、首都圏の自動車交通の大動脈となっている。



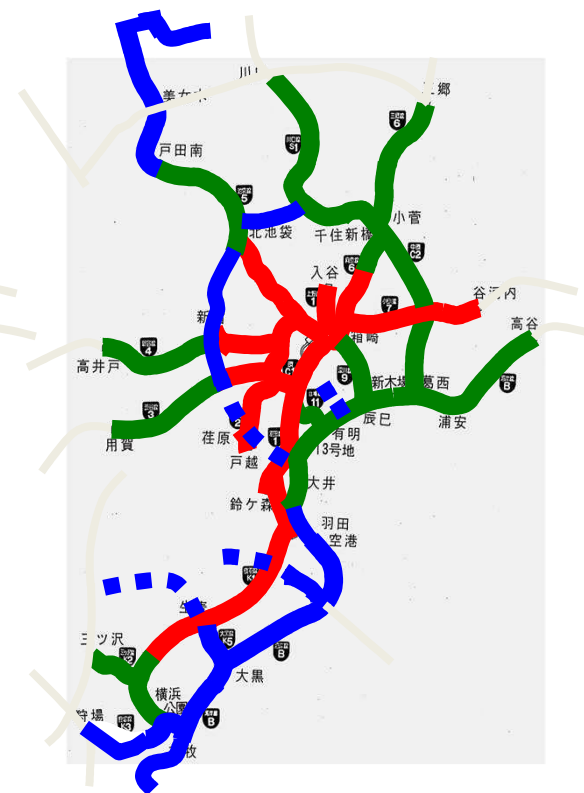
供用延長90km (S45)
 通行台数37万台/日 (S45)

(昭和37年～昭和45年) ■
 都心環状線と放射路線の整備



供用延長201 km (S63)
 通行台数100万台/日 (S63)

(昭和46年～昭和63年) ■
 都市間高速道路との接続

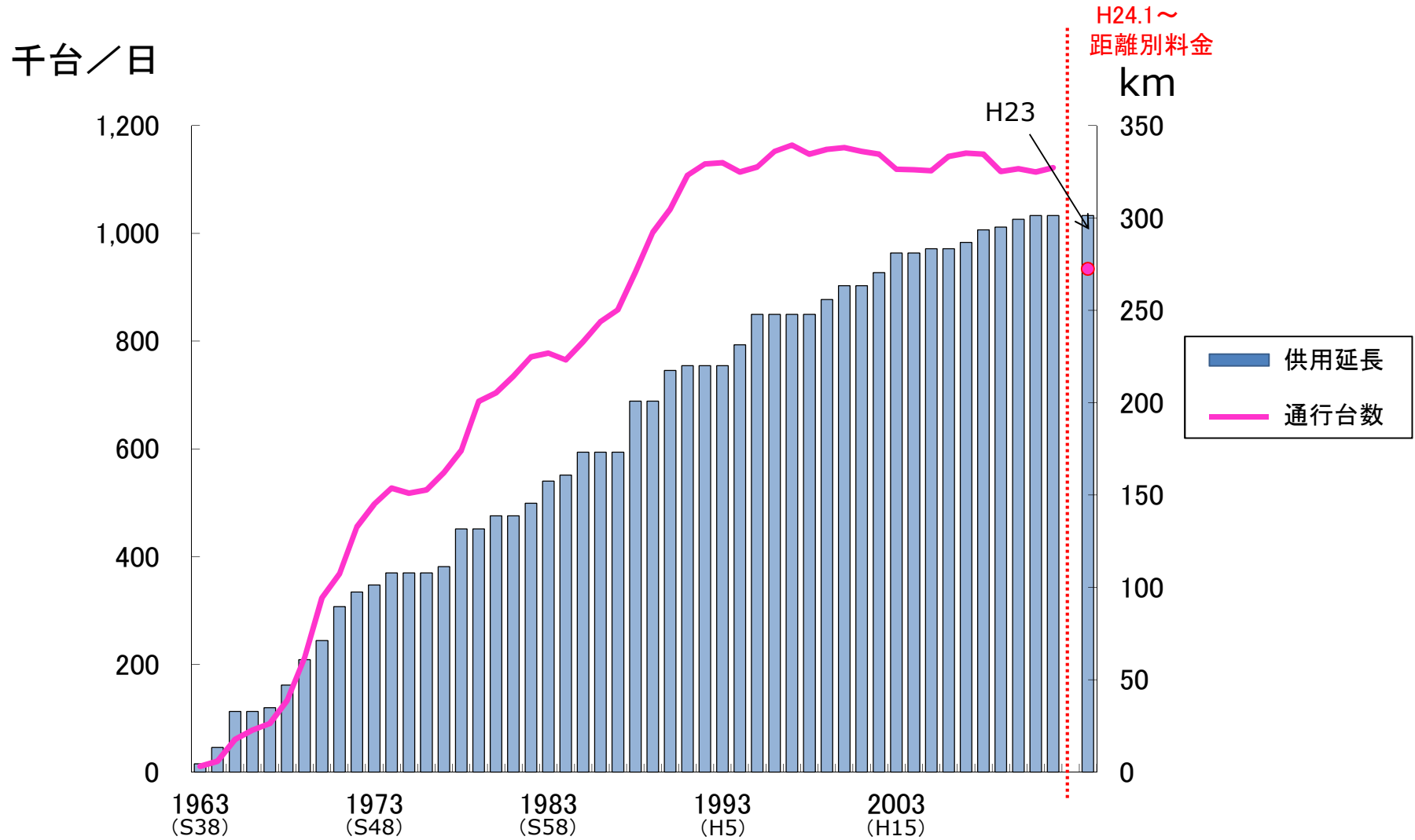


供用延長301.3 km (H23.4)
 通行台数111万台/日 (H22年度実績)

(平成元年～) ■
 中央環状線等のネットワーク整備

首都高速道路ネットワークの供用延長と通行台数

H23年度末時点で、供用延長301.3km、日平均通行台数約100万台が利用

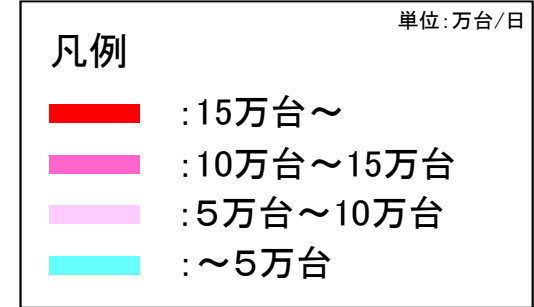


※1963(S38)～2011年(H23)までのデータ

※通行台数は、営業台数

全車交通量

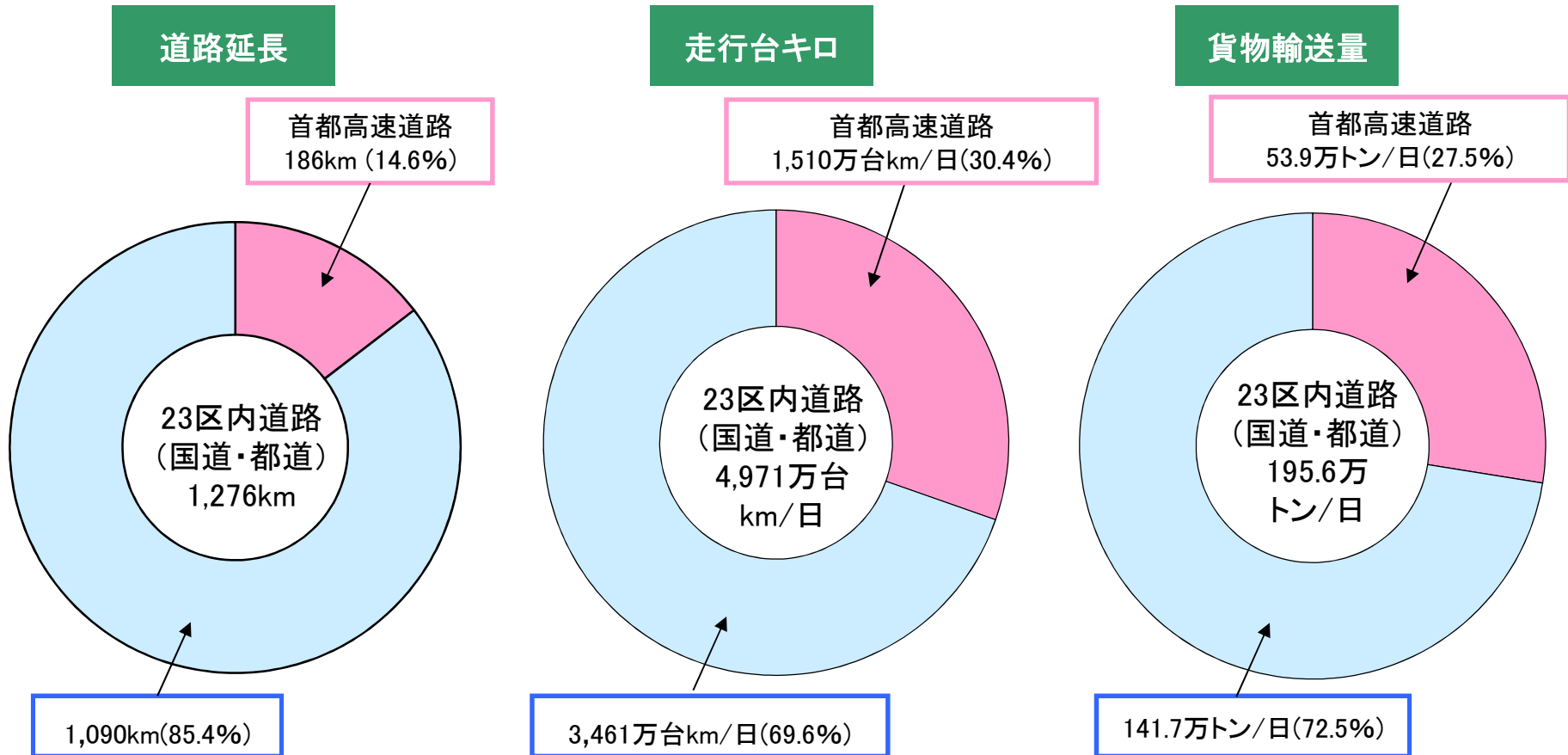
H23年2月平日の日平均交通量
 最大断面交通量: 16.5万台
 場所 : 葛西JCT~辰巳JCT



※1 使用データ: 平成23年2月平日(月～金)平均
 ※2 交通量データは、車両感知器を使用。
 ※3 大型車は、車長6m以上の車両として集計
 ※4 交通量は、代表的断面を表示

首都高速道路の役割

首都高速道路は、東京23区内の道路の約15%であるが、走行台キロ・貨物輸送量はその2倍となる約30%を占めている



出典：(道路延長、走行台キロ) 平成17年度道路交通センサス(国土交通省)

(貨物輸送量) 第26回首都高速道路交通起終点調査(H21.1)及び平成17年度道路交通センサスマスターデータから独自に集計

首都高速道路の課題

課題①

⇒ 高齢化の進展、過酷な使用状況による損傷の増加

課題②

⇒ 維持管理上の課題(維持管理空間が狭隘、海に隣接した護岸埋立構造、疲労耐久性が低い構造)

課題③

⇒ 交通上の課題(事故多発、ボトルネックによる渋滞)



課題① 高齢化の進展、過酷な使用状況による損傷の増加



課題② 維持管理上の課題
(写真は、海に隣接した護岸埋立構造の事例)

首都高速道路



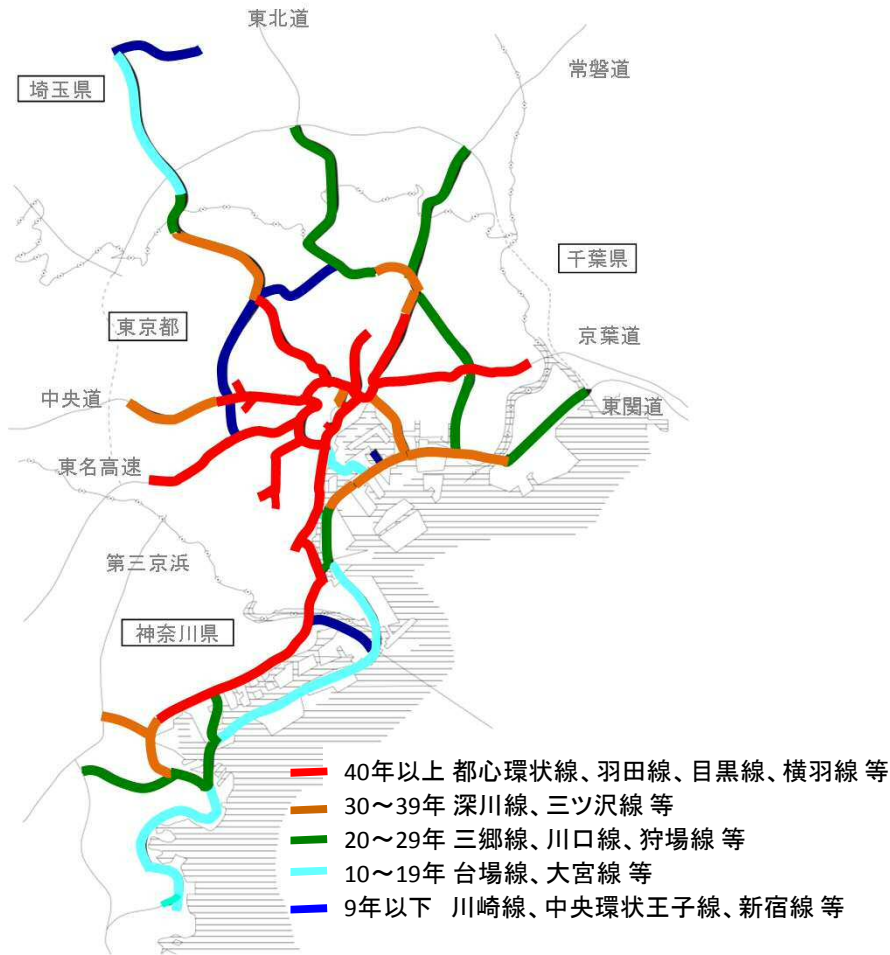
課題③-1 事故多発箇所



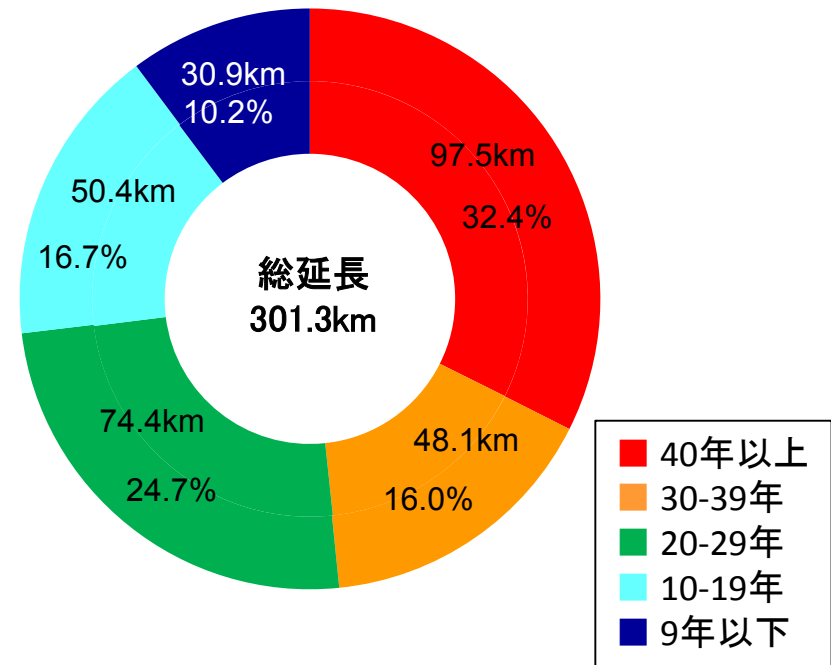
課題③-2 ボトルネックによる渋滞

高齢化が進展

● 総延長約300kmのうち、経過年数40年以上の構造物が約3割(約90km)、30年以上が約5割(約140km)あり、高齢化が進展。



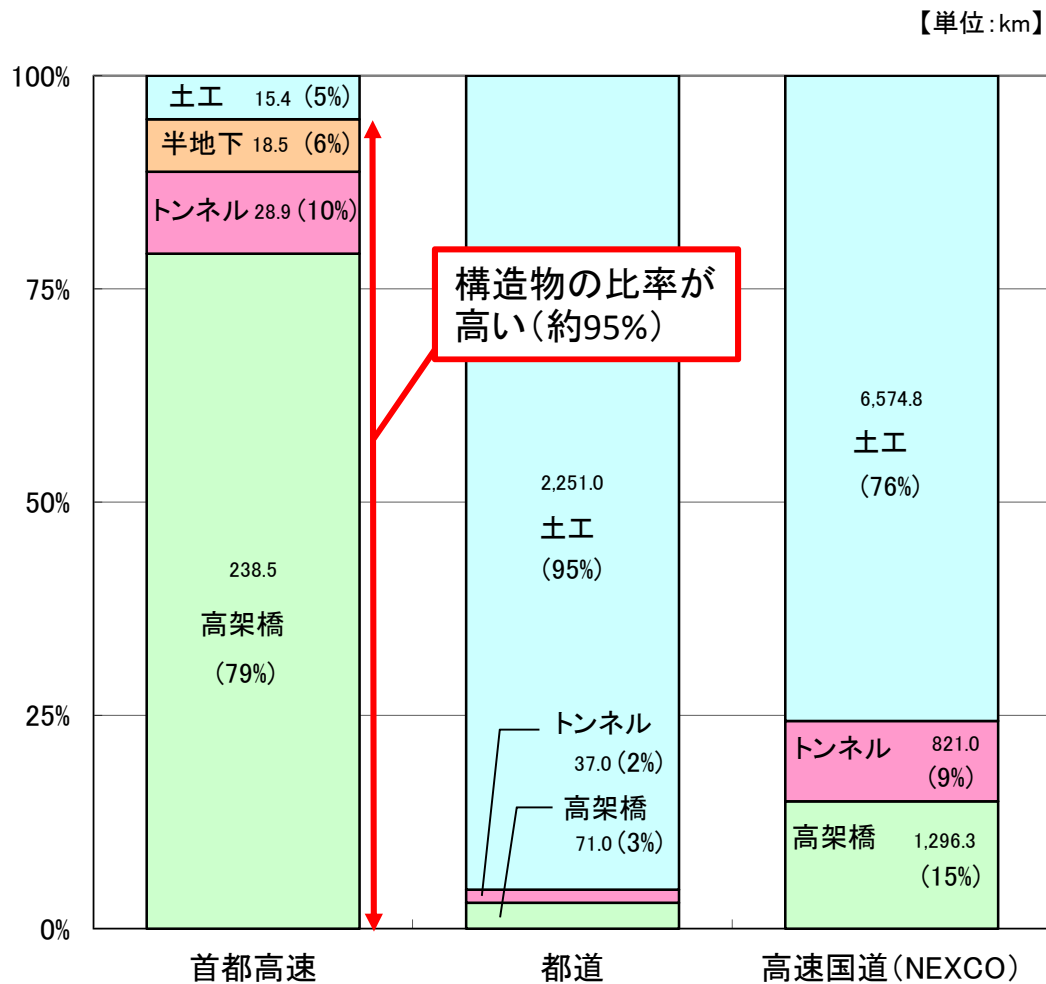
開通からの経過年数(H24.4時点)



開通からの経過年数比率(H24.4時点)

高い構造物比率

● 橋梁やトンネルなどの構造物比率が約95%と高く、維持管理に手間がかかる。



首都高速 : H24.4時点
 都道 : H19.4時点(東京都建設局HPより)
 NEXCO : 高速道路便覧2010より

首都高速道路の構造

● 高架構造が 全延長の8割

鋼橋	約 6,200 橋
----	-----------

コンクリート橋	約 1,700 橋
---------	-----------

● 橋桁を支える橋脚

コンクリート橋脚	約 5,800 基
----------	-----------

鋼製橋脚	約 2,900 基
------	-----------

(平成23年4月現在)

膨大な施設数量

道路施設は、約340種類、約22万個、約730個/kmにのぼる。

種類	内容	概略数量	
料金收受系	ETC機器、料金所設備等	約60種類	約 2万個
交通安全対策系	照明設備、視線誘導灯等	約90種類	約12万個
防災対策系	トンネル内設備、非常電話等	約80種類	約 5万個
情報等サービス系	情報提供板、車両感知器等	約30種類	約 1万個
基幹インフラ系	受配電所、配電盤等	約80種類	約 2万個
計		約340種類	約22万個

H23.4現在



トンネル防災設備



車両感知器



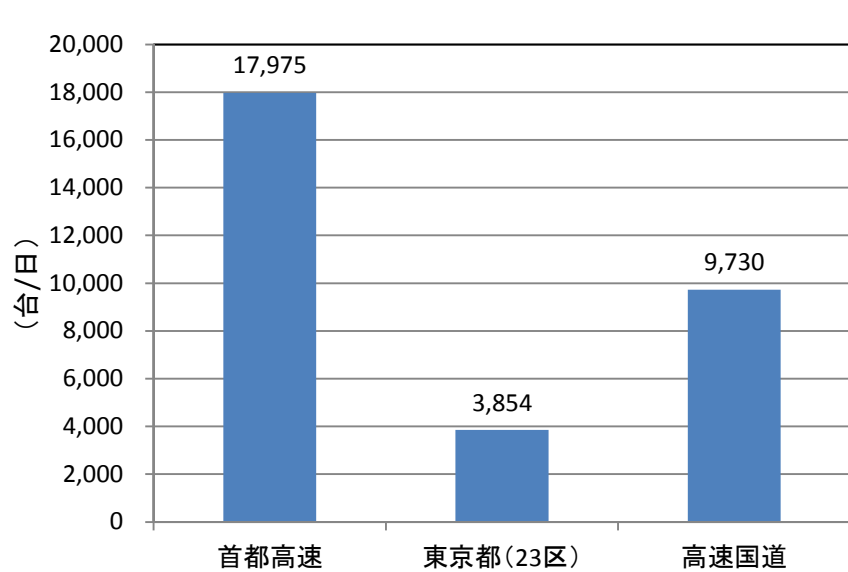
照明設備



情報提供板

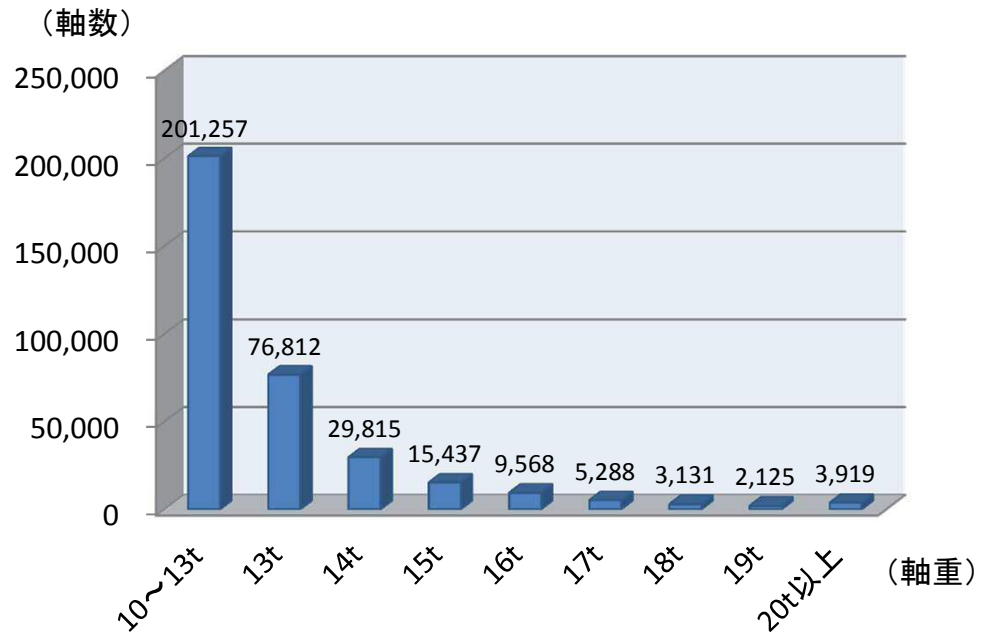
過酷な使用状況

- 大型車交通量は都内(23区)道路の約5倍。
- 入口部において、車両制限令を広報板で注意喚起をするとともに、定期的に軸重違反車両の取り締まりを実施しているが、依然として、床版の設計荷重(軸重10トン)を超える過積載車両が通行。



出典:平成22年度道路交通センサデータより
 ・首都高速道路における大型車断面交通量の平均(平日)
 ・東京23区内の地方道における大型車断面交通量の平均(平日)
 ・日本全国の高速自動車国道における大型車断面交通量の平均(平日)

大型車交通量の比較



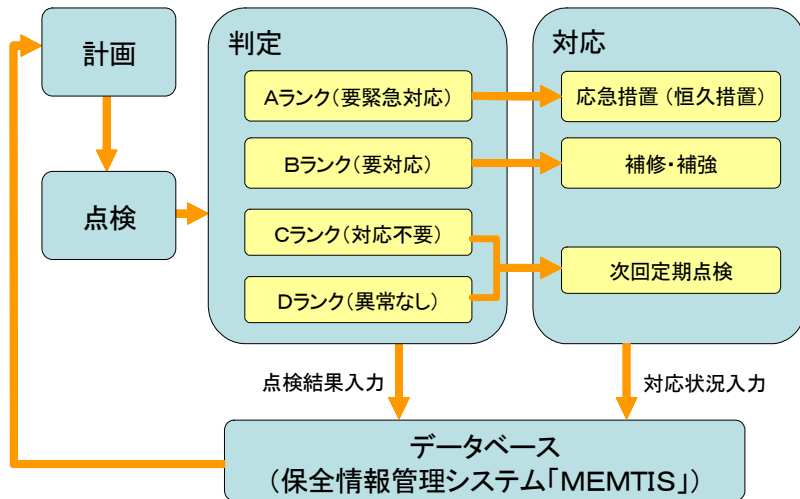
※首都高速道路の集約料金所で計測された軸重違反車両の軸数を集計

過積載車両の実態(平成20年度)

Bランク要補修損傷数が増加傾向

- 構造物の点検及び補修については、PDCAサイクルで実施している。
- 点検結果判定による損傷ランク(A~D)に基づき、Aランク及びBランク損傷の補修を実施している。
- 緊急対応が必要なAランクの損傷は、発見後すぐに補修を実施している。
- 緊急対応が必要のないBランクの損傷は、計画的に補修を進めているが、損傷数は増加傾向。

点検・補修システム



Aランク	緊急対応が必要な損傷（第三者被害の恐れ等）
Bランク	計画的に補修が必要な損傷
Cランク	損傷が軽微なため対応は不要（損傷は記録する）
Dランク	損傷なし（点検は記録する）

【Aランク損傷事例】(すべて補修済み)



コンクリートの剥落



伸縮継手の損傷

【Bランク損傷事例】(計画的に補修)



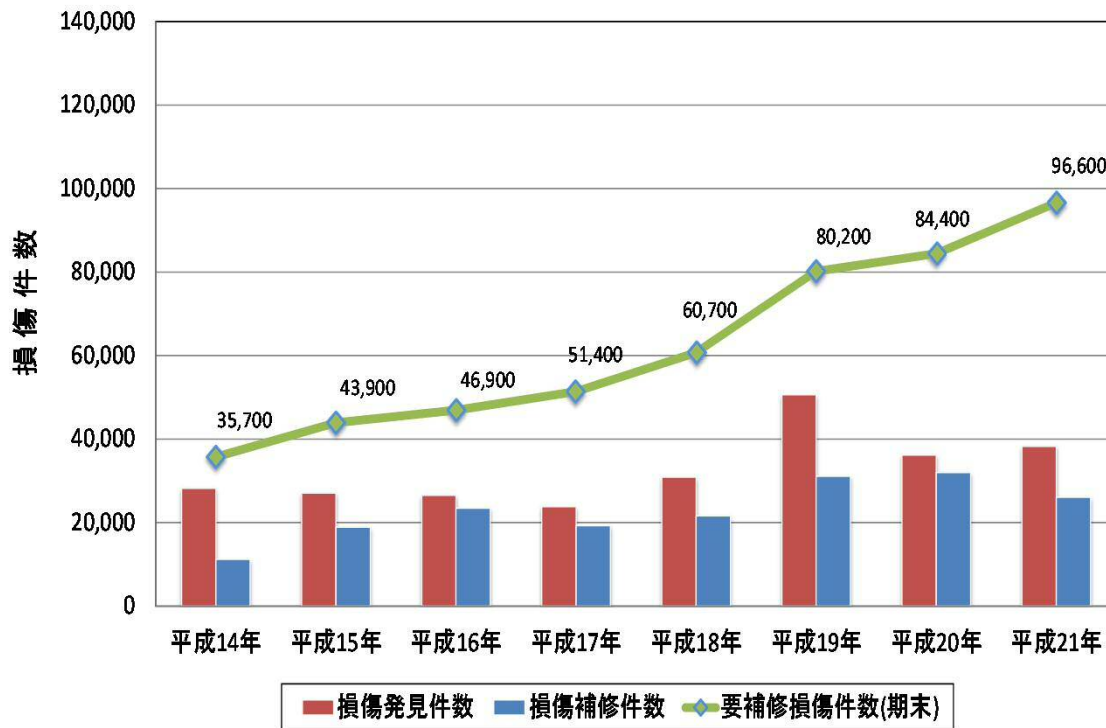
床板のひび割れ



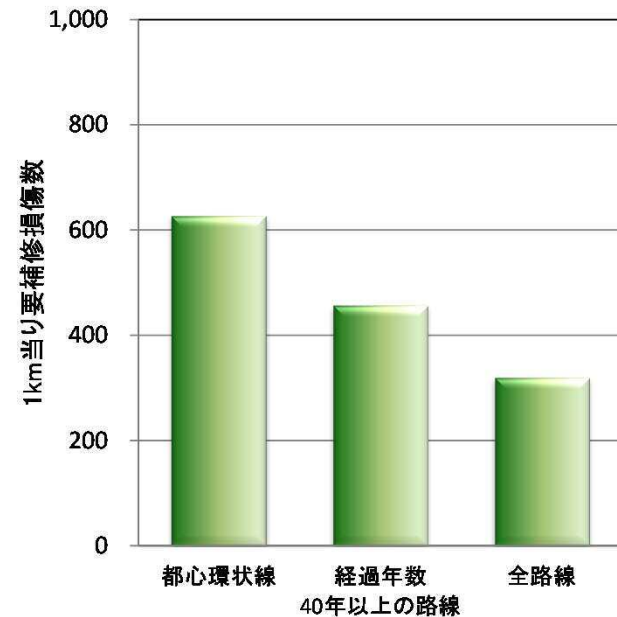
支承の腐食

Bランク要補修損傷数が増加傾向

- 高齢化の進展と長年にわたる過酷な使用により、補修を必要とするBランク損傷は全体で約9.7万件（約3百件/km）に上る。
- このうち経過年数が40年以上になる都心環状線では、約9千件（約6百件/km）となっている。
- Bランク損傷については、計画的に補修を進めているが、補修が必要な損傷は増加傾向。



Bランク損傷数の推移

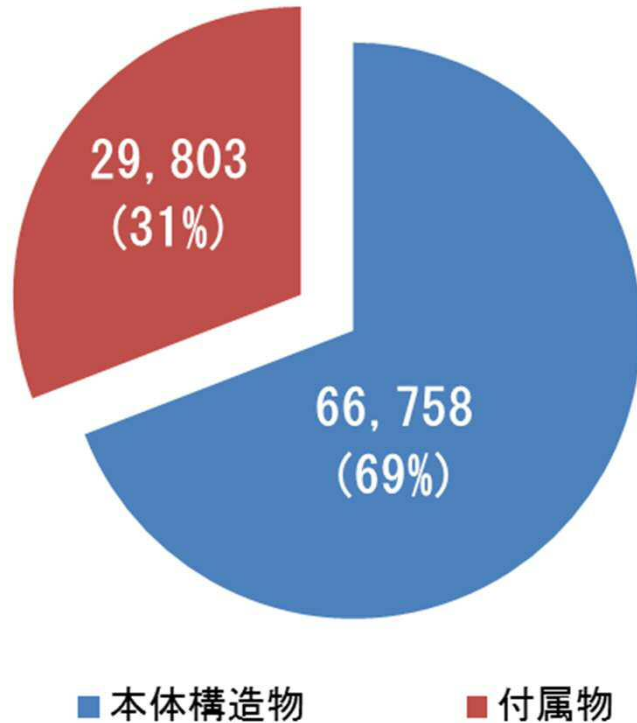


Bランク要補修損傷数の比較

(平成21年度末データ)

要補修損傷の内訳

- 要補修損傷のうち、約70%が本体構造物(床版、桁、橋脚等)に発生する損傷であり、長期的な構造物の安全性につながる可能性が考えられる。
- 約30%を占める付属物(伸縮継手、舗装等)の損傷については、主に走行車両等に対する第三者被害につながる可能性が考えられる。



要補修損傷の内訳(H21年度末:96,561件)

【本体構造物の損傷事例】



鋼床版のき裂



RC床板のひび割れ



支承の腐食



トンネルタイルの外れ

【付属物の損傷事例】



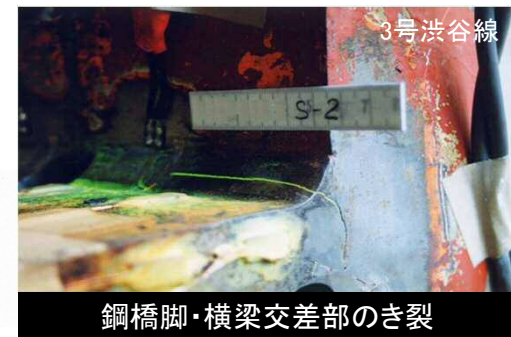
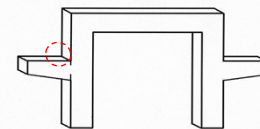
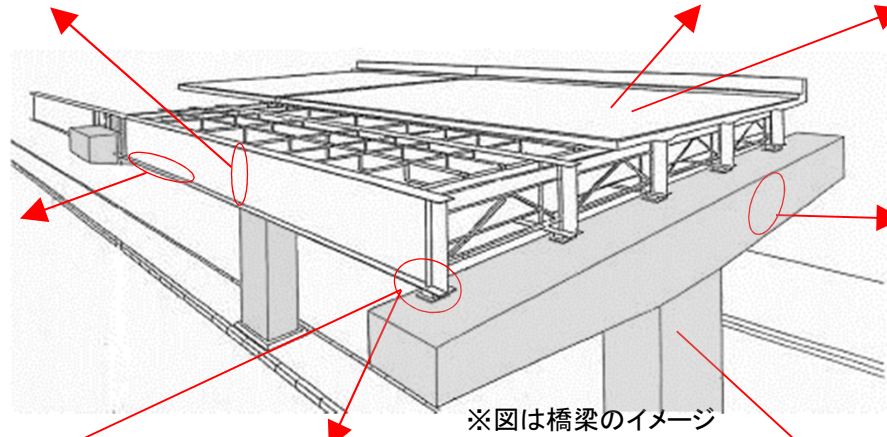
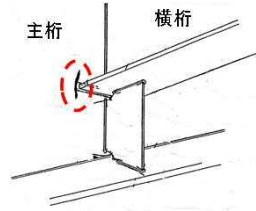
舗装のひび割れ



伸縮継手ゴムの破損

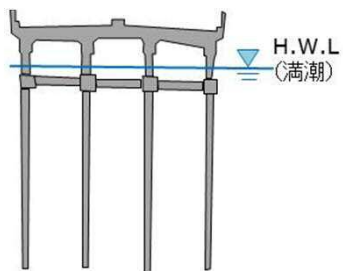
課題①

これまでに発生した重大損傷事例



維持管理上の課題

●維持管理空間が狭隘



栈橋構造(標準断面図)

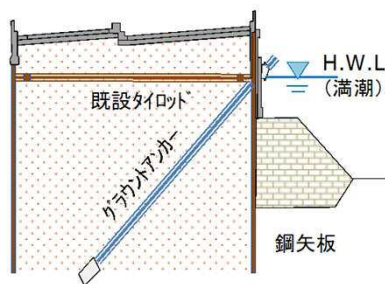


満潮時の栈橋構造(一般部)



満潮時の栈橋構造(海面近接部)

●海に隣接した護岸埋立構造



護岸埋立構造(標準断面図)

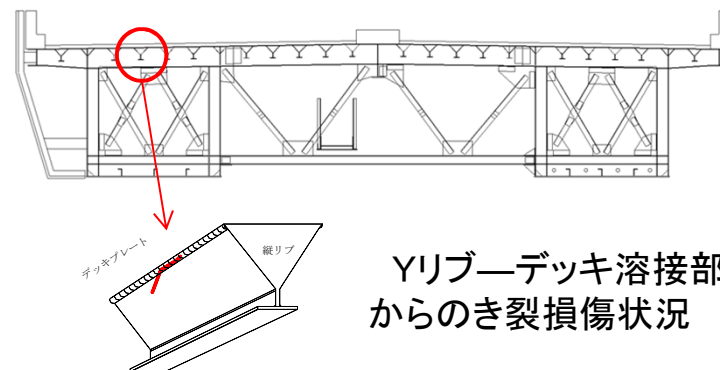


運河と護岸埋立構造



護岸埋立構造の路面ひび割れ

●疲労耐久性が低い構造



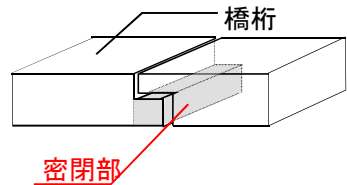
Yリブデッキ溶接部からのき裂損傷状況



●点検が困難な構造

- ・密閉された箇所
 - ・土中、水中にある箇所
 - ・内装板・外装板等で覆われている箇所
 - ・接近困難箇所
- 等

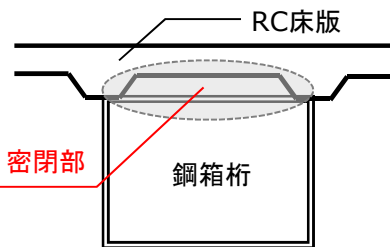
密閉構造



鋼箱桁密閉構造概要図



鋼箱桁密閉構造(外面)

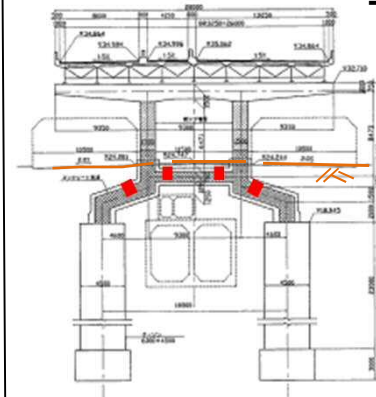


鋼箱桁密閉構造概要図



密閉構造直下の腐食状況

土中構造



地中梁構造概要図



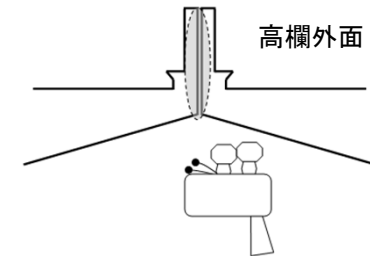
地中梁内の腐食状況

付属物で覆われた箇所



遮音壁、裏面板で覆われた橋梁

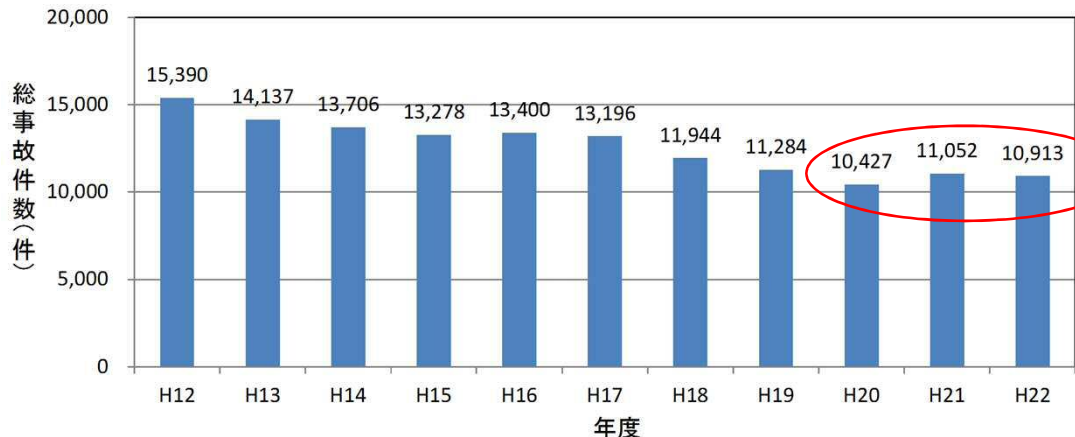
接近困難箇所



橋梁分離構造の接近部

事故の発生状況

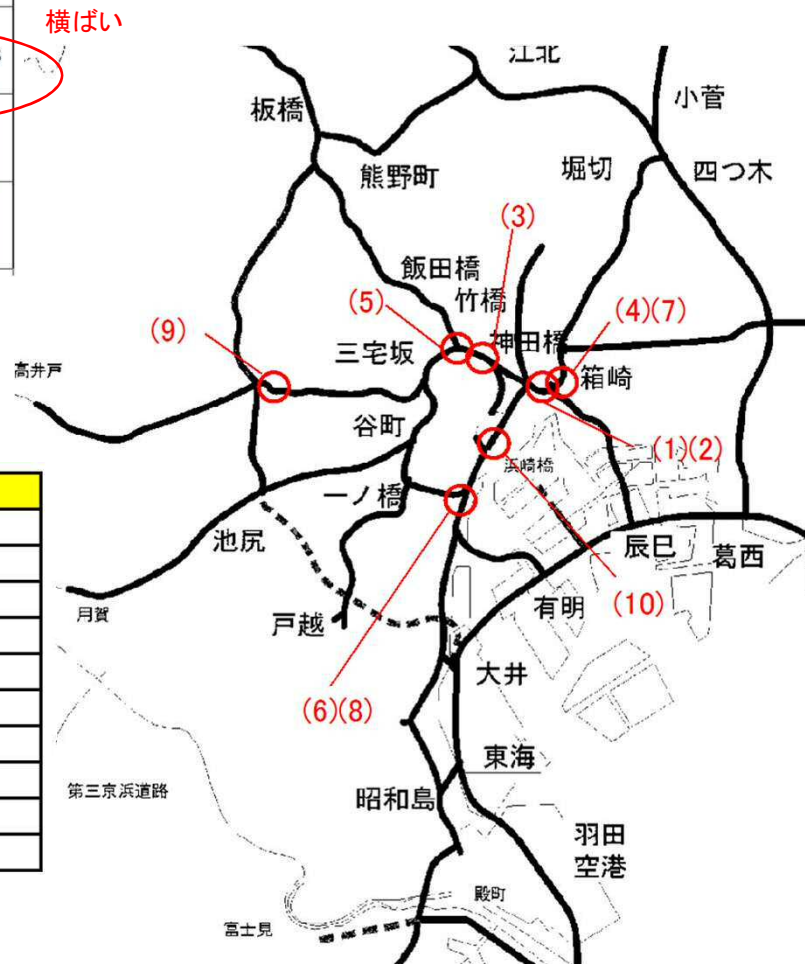
- 事故件数は、平成12年度以降減少傾向であったが、近年は約10,000件/年で横ばい状態である。
- カーブ区間及びJCT内の分合流部において事故が多発している。



事故件数ワーストランキング(H22年度)

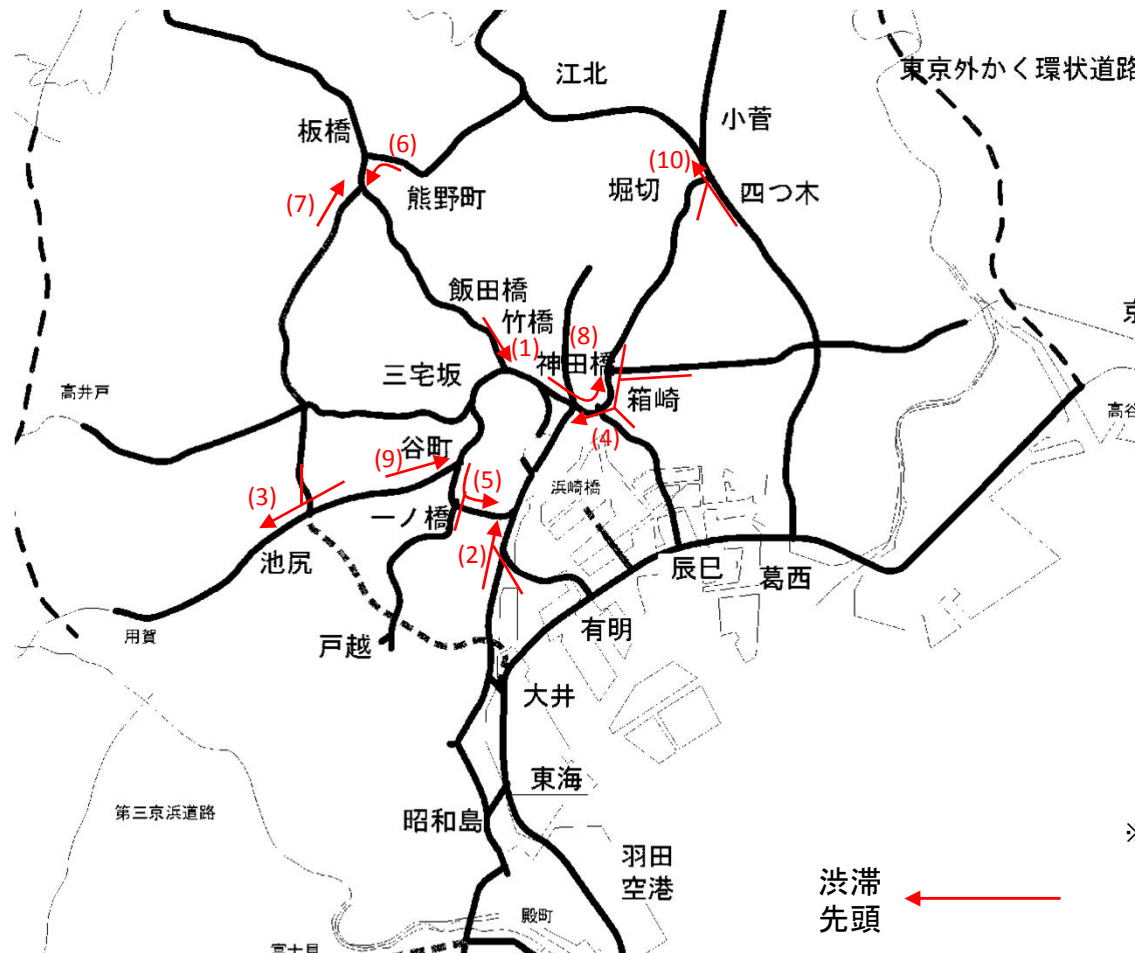
順位	路線	方向	件数	地点名称
1	6号向島線	下り	97	江戸橋JCT～箱崎JCT(箱崎カーブ)
2	6号向島線	上り	86	箱崎JCT～江戸橋JCT(箱崎カーブ)
3	都心環状線	内回	84	神田橋入口(神田橋カーブ)
4	6号向島線	上り	79	箱崎JCT(分流部、新大橋カーブ)
5	都心環状線	外回	74	竹橋JCT(合流部)
6	1号羽田線	上り	71	浜崎橋JCT(織り込み交通)
7	6号向島線	下り	70	箱崎JCT(合流部、新大橋カーブ)
8	都心環状線	内回	68	浜崎橋JCT(分合流部)
9	4号新宿線	上り	67	参宮橋カーブ(合流部)
10	都心環状線	外回	61	銀座Sカーブ

※料金所等での事故は除く



渋滞の発生状況

- 都心のジャンクション合流部において、ボトルネックによる交通容量不足が生じ、渋滞を発生させている。また、渋滞発生時間の増加は事故件数の増加に影響する。
- 渋滞対策として、ネットワーク整備の推進や個別の車線拡幅を行っているものの、ボトルネックによる渋滞は今後も発生が想定される。



渋滞発生状況 (渋滞発生時間上位10位)

順位	場所	渋滞発生時間 (時間/日)	路線
1	竹橋JCT付近	9.8	都環(外)、5号(上)
2	浜崎橋～芝浦JCT付近	9.7	都環(外)、1号(上)
3	池尻入口～大橋JCT付近	9.0	3号(下)、中環(内)
4	江戸橋～箱崎～両国JCT付近	8.3	都環(内)、6号(上) 7号(上)、9号(上)
5	一ノ橋JCT付近	7.9	都環(内)、2号(上)
6	板橋JCT付近	7.4	5号(上)、中環(内)
7	熊野町JCT付近	7.0	5号(下)、中環(外)
8	箱崎～江戸橋JCT付近	6.8	6号(下)、9号(上) 都環(外)
9	谷町JCT付近	6.7	都環(内)、3号(上)
10	堀切JCT付近	4.0	6号(下)、中環(内)

※車両感知器データ【H22年度平日(月～金)平均(震災影響期間を除く)】

渋滞
先頭 ←

構造物点検の状況

日常点検

【巡回点検】

[パトロールカーによる車上からの目視点検]



(2~3回/週実施)

【徒歩点検】

[高架下からの目視点検]



(2回/年実施: 第三者被害が想定される箇所)
(1回/2年実施: その他の箇所)

定期点検

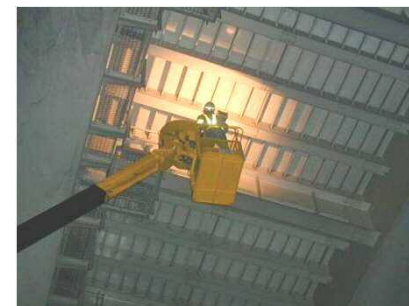
【工事用仮設吊足場内での接近点検】



(工事用吊足場設置時に実施)



【機械足場(高所作業車)を用いた接近点検】



(1回/5年実施: 路線を定めて実施)

構造物点検の種別

点検種別		点検名		点検概要	点検頻度	
日常点検	巡回点検	高速上巡回点検		パトロールカーによる 車上目視・感覚による点検	2～3回／週	
		高架下巡回点検				
		雨天時巡回点検		車上目視による排水施設の点検		
		交通パトロール		交通管理員による巡回監視	1回／2時間	
	徒歩点検	高速上徒歩点検		高速上からの目視による 伸縮継手等の点検	1回／5年	
		高架下徒歩点検		高架下からの目視による 構造物の点検	2回／年（第三者被害の想定される箇所） 1回／2年（その他の箇所）	
定期点検	接近点検	構造物接近点検		高所作業車を使用した接近点検	1回／5年 1回／年（トンネル内大型標識）	
		土木附属施設接近点検		仮設吊足場等を使用した接近点検	塗装等の工事足場設置時に実施	
		施設関係接近点検		建築、機械、電気設備の点検	設備に応じて定めた頻度	
	機器点検		舗装点検		1回／2年	
			土工部空洞調査		1回／5年	
	供用時点検	供用前点検	構造物点検		供用開始前に実施する点検	供用開始前
			附属施設点検		供用開始前に実施する点検	供用開始前
		供用後点検	構造物点検		供用開始1年後に実施する点検	供用開始1年後
			附属施設点検	接近点検	供用開始3ヶ月後に実施する点検	供用開始3ヵ月後
				徒歩点検	供用開始1ヶ月後に実施する点検	供用開始1ヵ月後
損傷箇所追跡点検		経年変化の追跡点検				
臨時点検	異常時点検		地震／暴風雨等の点検	異常事態発生時		
	類似構造物点検		事故発生類似箇所の点検			
	特別点検		必要に応じて行う点検			

構造物の補修事例

塗装の補修

塗装の劣化



塗り替え

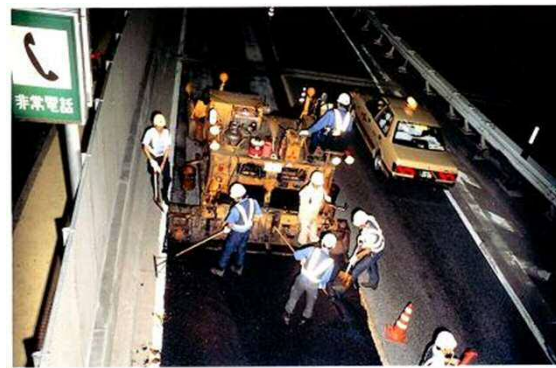


舗装の補修

ひびわれ、わだち掘れ



舗装打ち換え

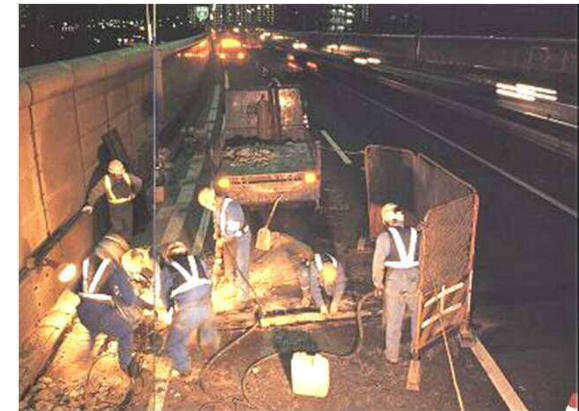


伸縮継手の補修

ゴム製伸縮継手の破損 鋼製伸縮継手の破損



伸縮継手取替え

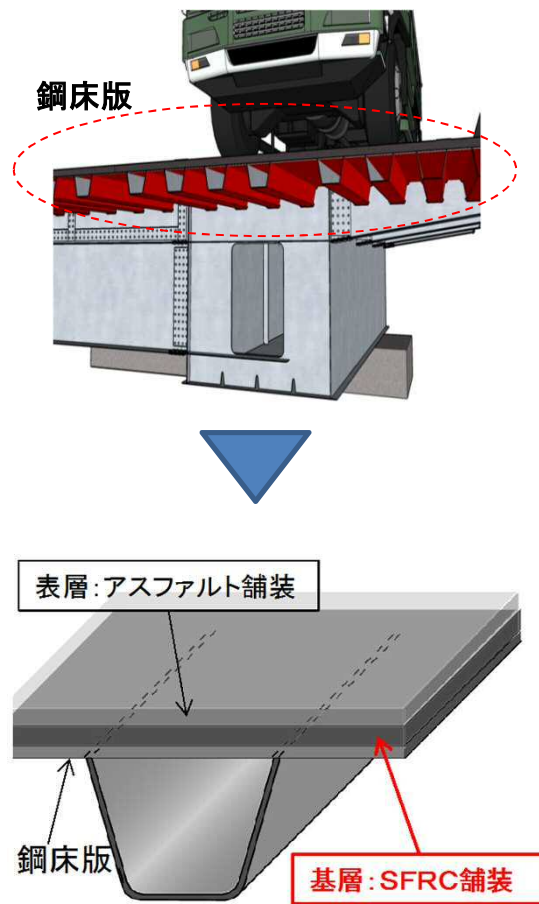


構造物修繕事業の概要

	工事名	工事概要
構造物修繕	橋梁修繕	①コンクリート構造物の補修 ②伸縮継手の補修 等
	トンネル修繕	トンネル躯体の補修 等
	土工修繕	土工部における補修(緑地帯、防護柵 等)
	舗装修繕	舗装の打換え
環境対策		遮音壁の取替
施設修繕		①車両感知器、テレビカメラ、②休憩施設、 ③トンネル防災、④照明設備、自家発電設備 ⑤非常電話、配線設備、⑥換気設備、排水設備 等 ①～⑥の補修または更新

損傷の発生を抑制するため、耐久性向上対策を実施

鋼床版



The diagram shows a cross-section of a steel deck with a truck on top. A red dashed oval highlights the top surface. Below, a cross-section shows the steel deck with an asphalt surface layer and an SFRC base layer.

鋼床版

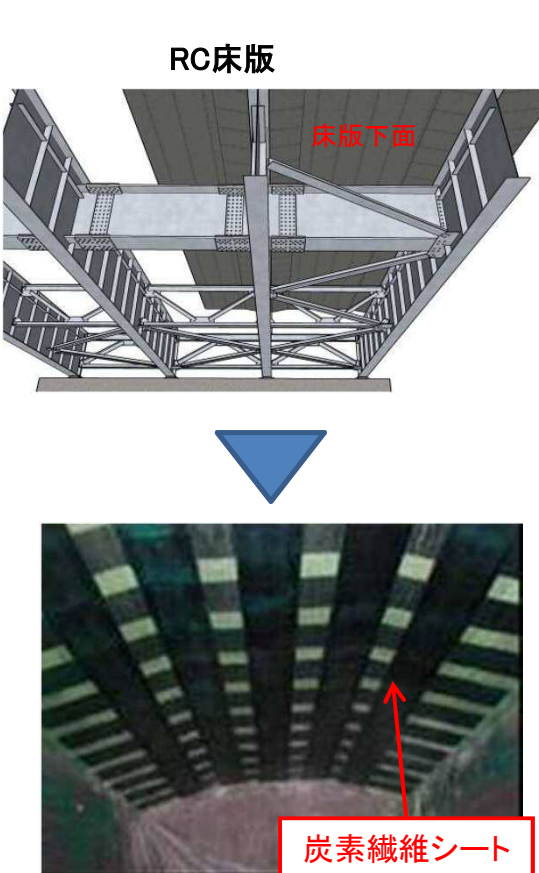
表層: アスファルト舗装

鋼床版

基層: SFRC舗装

鋼床版上面にSFRC舗装を敷設し、疲労耐久性を向上

RC床版



The diagram shows a cross-section of an RC deck with a steel reinforcement structure below. A red label points to the bottom of the RC slab. Below, a photograph shows carbon fiber sheets being applied to the bottom of the RC slab.

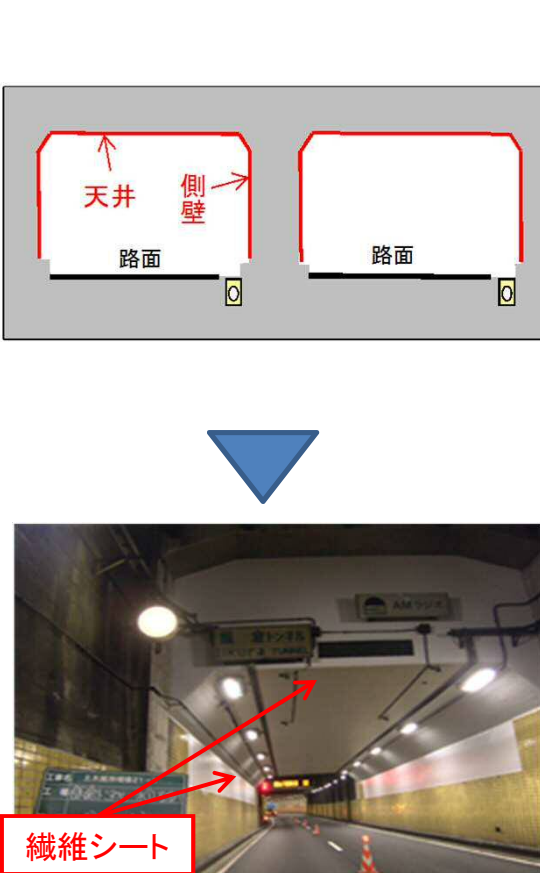
RC床版

床版下面

炭素繊維シート

RC床版下面に炭素繊維シートを接着し、疲労耐久性を向上

トンネル



The diagram shows a cross-section of a tunnel with labels for the ceiling, side wall, and road surface. Below, a photograph shows carbon fiber sheets being applied to the ceiling and side walls of a tunnel.

天井

側壁

路面

路面

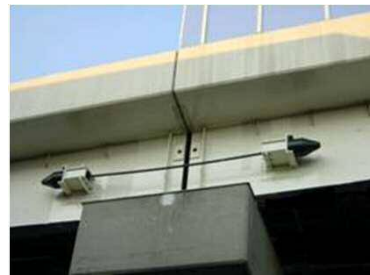
繊維シート

トンネル天井及び側壁に繊維シートを接着し、コンクリートの劣化を抑制

事業名	事業概要	実施期間
上部工補強	上部工における疲労損傷箇所の補強(H14道示に則り、疲労耐久性を向上)	H24～H25年度
トンネル耐久性補強	トンネル(壁及びスラブ)の耐久性向上補強(2007年コンクリート標準示方書に則り耐久性を向上)	H24～H25年度
鋼製橋脚補強	鋼製橋脚隅角部の補強(H14道示に則り、疲労耐久性を向上)	H18～H24年度
鋼上部工補強	鋼上部工における疲労損傷箇所の補強(H14道示に則り、疲労耐久性を向上)	H18～H24年度
支承・連結装置耐震性向上対策	供用後概ね30年以上経過した路線の支承及び連結装置の耐震補強(H14道示に適合) (主にコンクリート桁)	H18～H24年度
特殊橋梁耐震補強	長大橋等の耐震補強(H14道示に適合)	H18～H24年度
トンネル耐震補強	トンネル部の耐震補強(2002コンクリート標準示方書に適合)	H18～H24年度



支承連結装置耐震性向上対策



鋼製橋脚補強

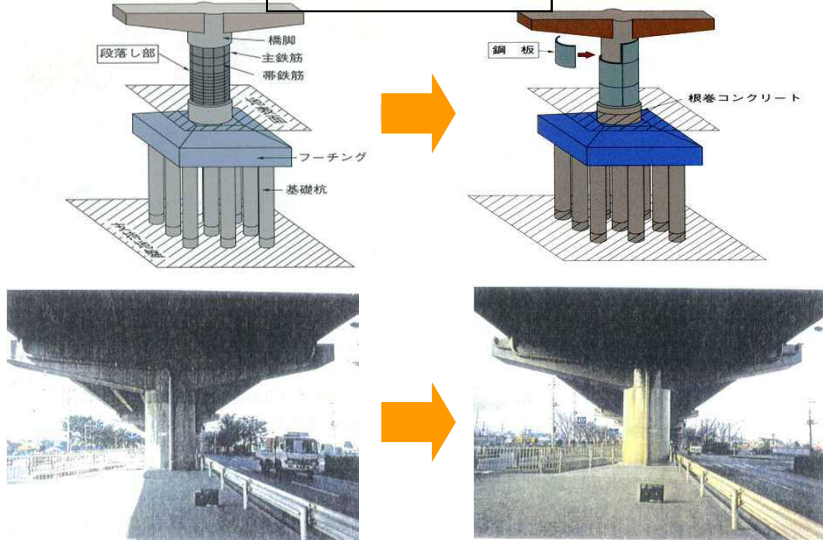


連続繊維シート

特殊橋梁耐震補強

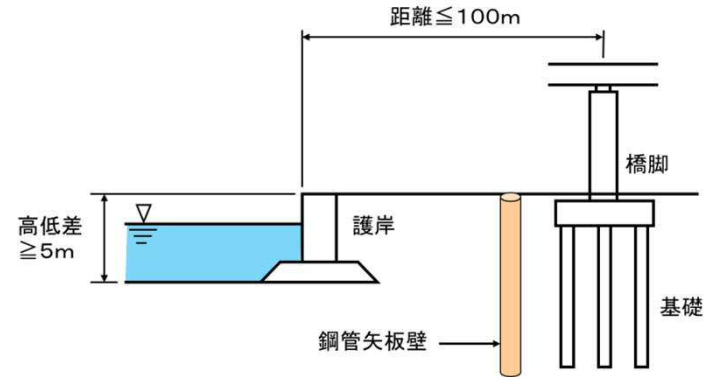
事業名	事業概要	実施期間
橋脚耐震補強	道路橋示方書(平成8年)に規定されている耐震基準に適合する補強を行う。	平成7～平成10年度
支承連結装置耐震性向上対策	供用後概ね30年以上経過した路線の支承及び連結装置の耐震補強(主に鋼桁橋)	平成8～平成17年度
地盤流動対策	地震時の液状化に起因する地盤流動による影響が想定される臨海部の橋脚について、道路橋示方書(平成8年)に規定されている耐震基準に適合する対策を行う。	平成9～平成11年度
床組構造改築	床組構造の補強(B活荷重対応)	H18～H21年度
コンクリート橋脚補強	コンクリート橋脚の横梁について、排ガス等の中性化対策として、コンクリート橋脚の横梁を繊維シートにより補強する。	平成13～平成15年度
集水柵改良	柵蓋が集水柵から外れたことに起因する事故が発生したことから、全柵蓋について、柵蓋上を車両が通過しても、柵蓋が集水柵から外れない改良柵蓋を設置する。	平成11～平成12年度
標識柱改良	交通振動の影響による金属疲労に起因する事故が発生したことから、より耐久性の高い標識柱に改良。 街路上に設置されているテーパーポール型の入口誘導案内標識柱を、耐久性の高いF型標識柱に改良する。	平成11～平成12年度
門型標識柱補強	現場溶接継手構造となっている標識柱について、疲労耐久性を向上させるため、ボルト添接構造等に改良する。	平成15～平成17年度
防護柵改良	土工部に設置されているガードケーブルを、車両の大型化に対応した強化型ガードレールに改良する。	平成12～平成16年度
新型遮音壁の設置等	騒音対策として遮音壁が未設置の箇所に、新型遮音壁を設置する。	平成8～平成14年度
高欄補強	高架下の第三者に対する安全性向上の観点からガラス繊維シートによる補強等を行う。	平成13～平成15年度
遮音壁落下防止対策	主要交差点上を対象とした、遮音壁の落下防止対策	H18～H21年度

橋脚耐震補強



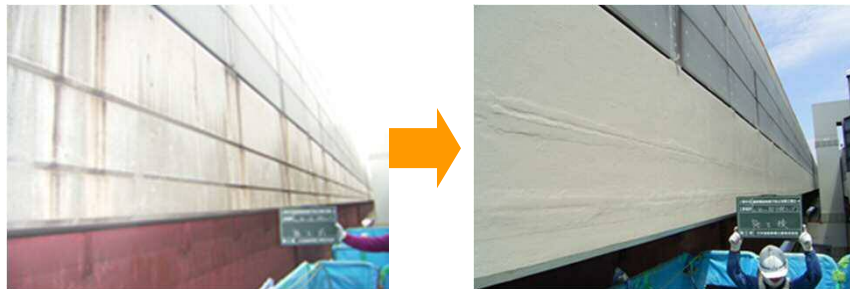
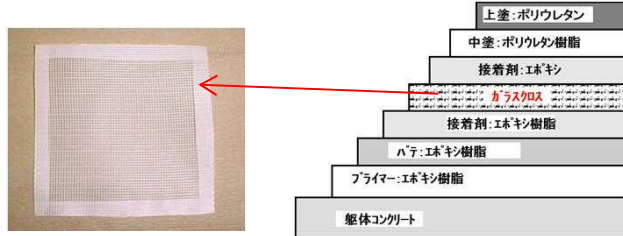
地盤流動対策

地盤の液状化による流動を防ぐために、鋼管矢板壁を橋脚・基礎周辺に構築し、地盤流動による変形を防止



高欄補強

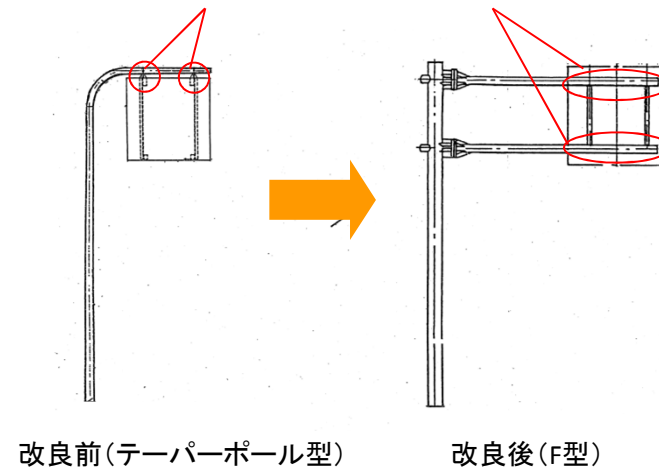
コンクリート片の剥落対策も兼ねてガラスクロスで表面を被覆



標識柱改良

ピン取付部に不具合

ボルト接合に改良

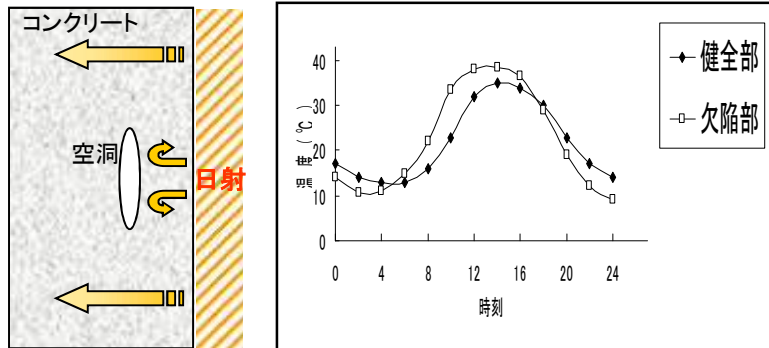


見えない損傷の調査技術の開発

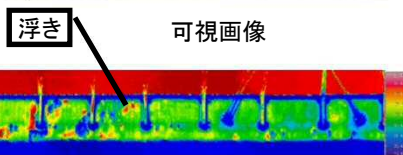
コンクリート内部の損傷(空洞、浮き等)や鋼構造物の内部に発生している疲労き裂の発見を可能にする技術

赤外線法

・構造物表面の温度分布を測定することにより、構造物の損傷を調査



測定結果(例)



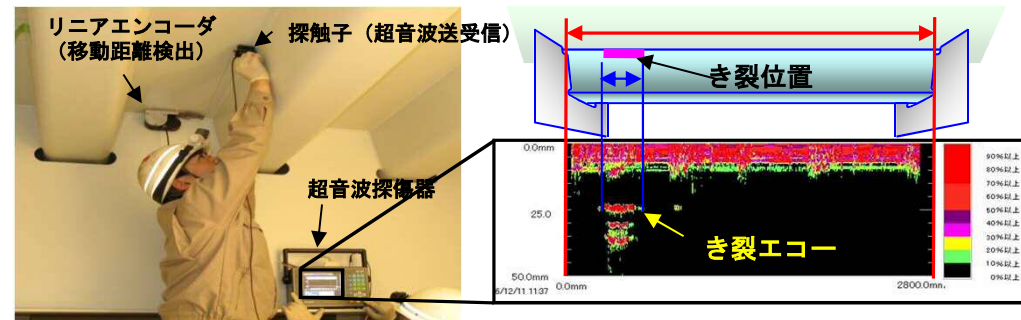
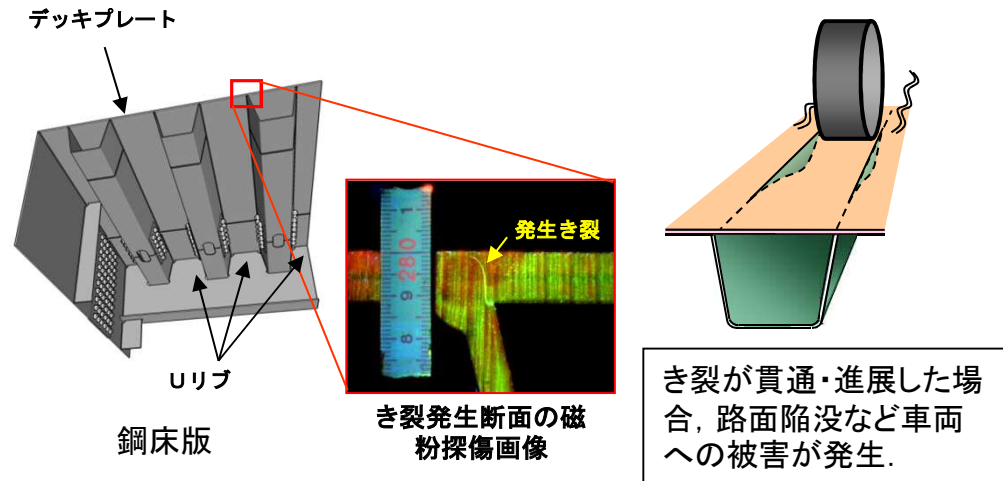
赤外線熱画像

測定機器



鋼床版半自動超音波探傷

・鋼床版に発生する内在き裂の発見に有効





【カーブ部での様々な安全対策事例】

区画線変更前 (2車線 + 2車線 = 2車線)



区画線変更後 (1車線 + 1車線 = 2車線)



【合流部での安全対策事例】

視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

(1)位置図



駒形
(6号向島線)

(2)構造諸元

【駒形】

- ・供用年月 : 昭和45年3月(1970年3月)(42年経過)
- ・構造形式 : 上部工 鋼単純鈹桁、
鋼連続非合成鈹桁
床版 RC床版(t=18cm)
下部工 RCラーメン橋脚
- ・幅員構成(有効幅員) : 最大35.7m(向243、244、245)
上り:2車線+駒形PA、駒形入口
下り:2車線+駒形出口
- ・断面交通量:約6万8千台

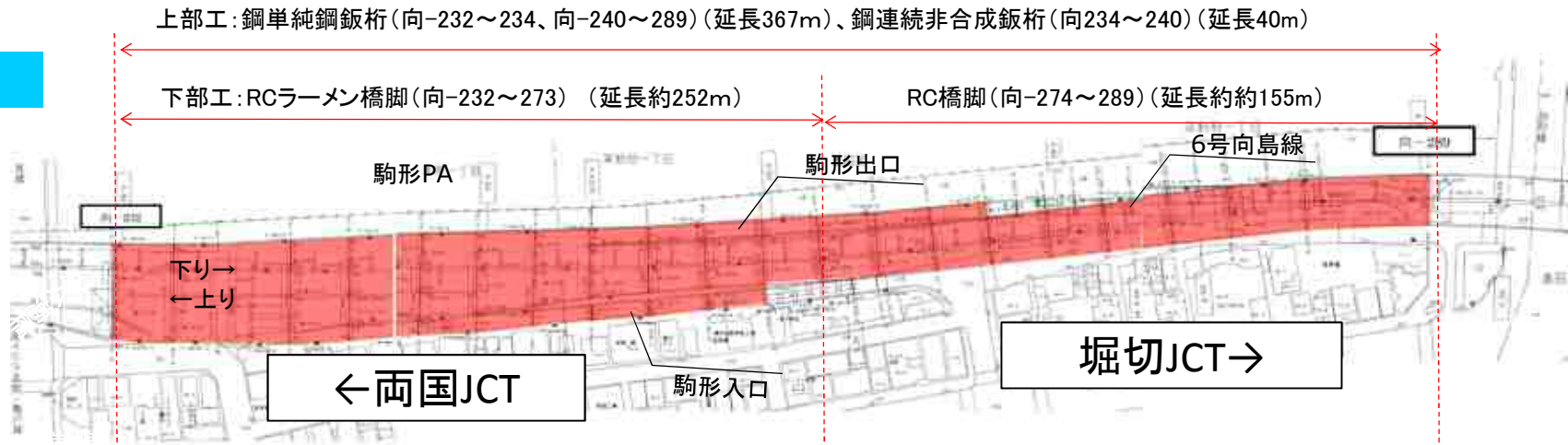


高架下から見上げた駒形付近床版裏状況

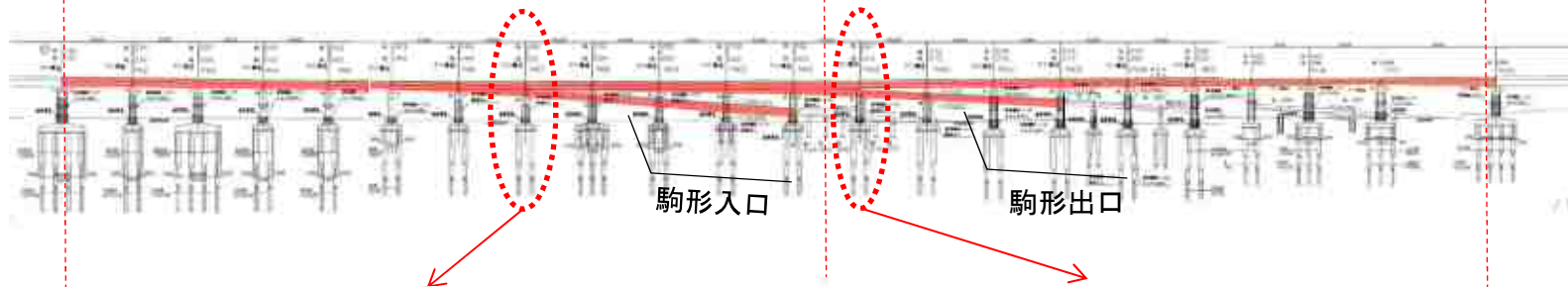
視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

(3)構造概要

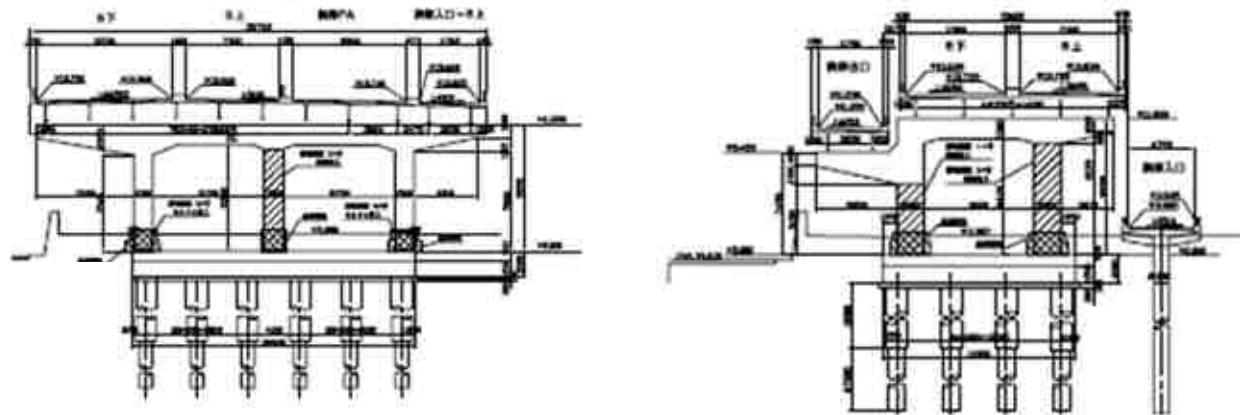
平面図



側面図



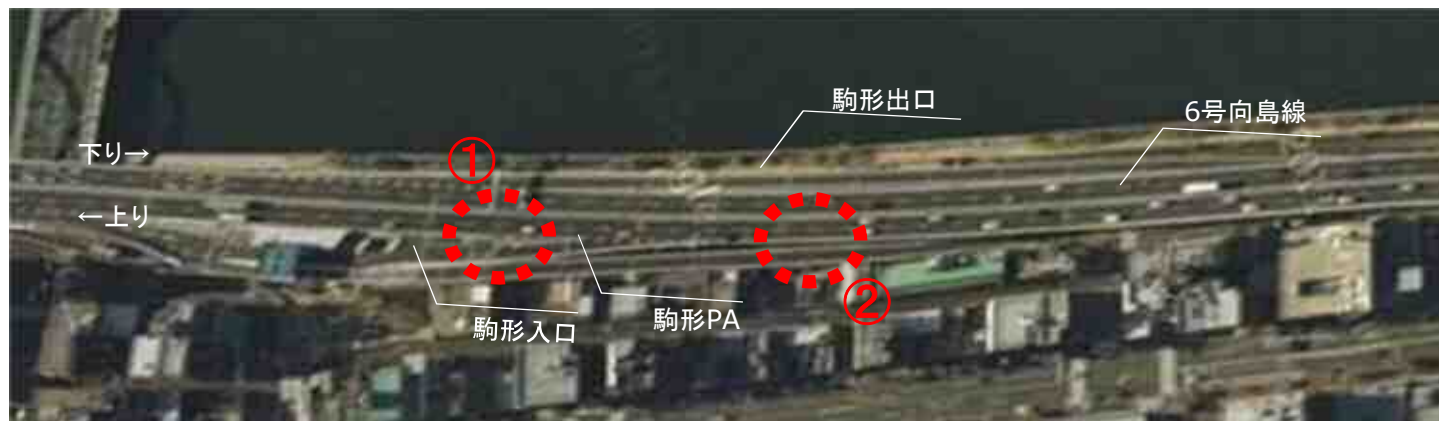
断面図



視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

(4) 損傷状況

○位置図



○主な損傷事例
【床版裏側の損傷】



①コンクリートひび割れ(2方向)(向-250付近)



②コンクリートひび割れ(1方向)(向-268付近)

視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

(5)今後の補修・補強予定

コンクリートのひび割れに対する補修、鋼桁のふっ素樹脂塗装による長寿命化

ひび割れ補修工



ひび割れ補修例(樹脂注入)

炭素繊維シート補強工



炭素繊維シート補強例

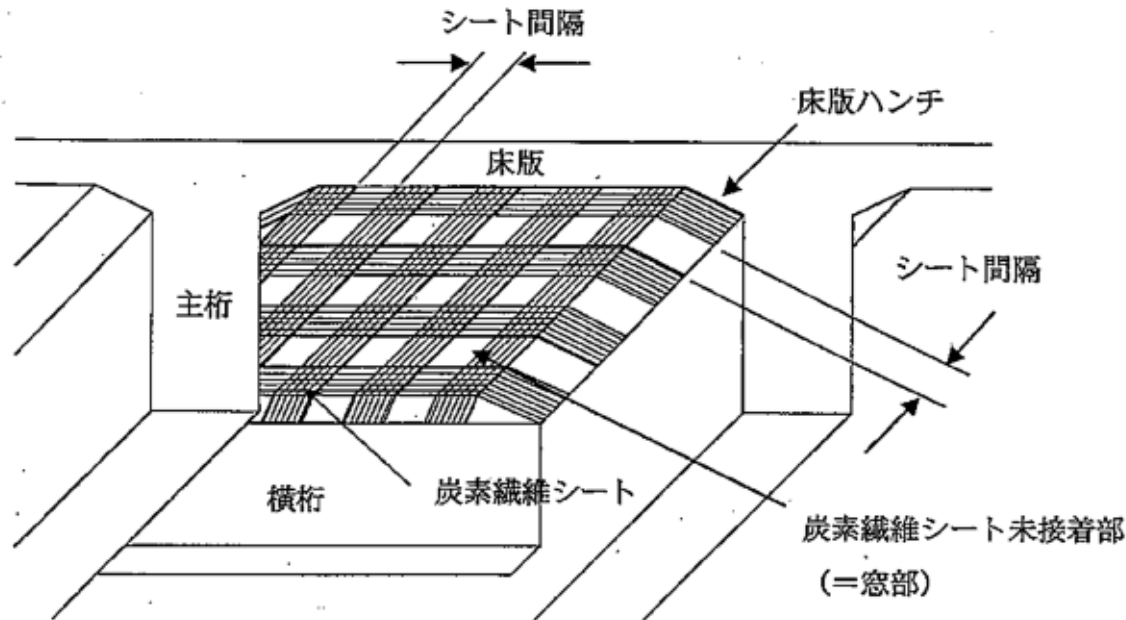
(6)これまでの補修・補強

補修・補強履歴

- S54、59床版補強工（縦桁増設）
- H10 耐震補強工（鋼板巻き立て）
- H12 支承交換工、落橋防止装置新設工

炭素繊維格子接着工法

【炭素繊維シートを間隔を空けて格子状に接着する工法】



(5号池袋線 東池袋付近)

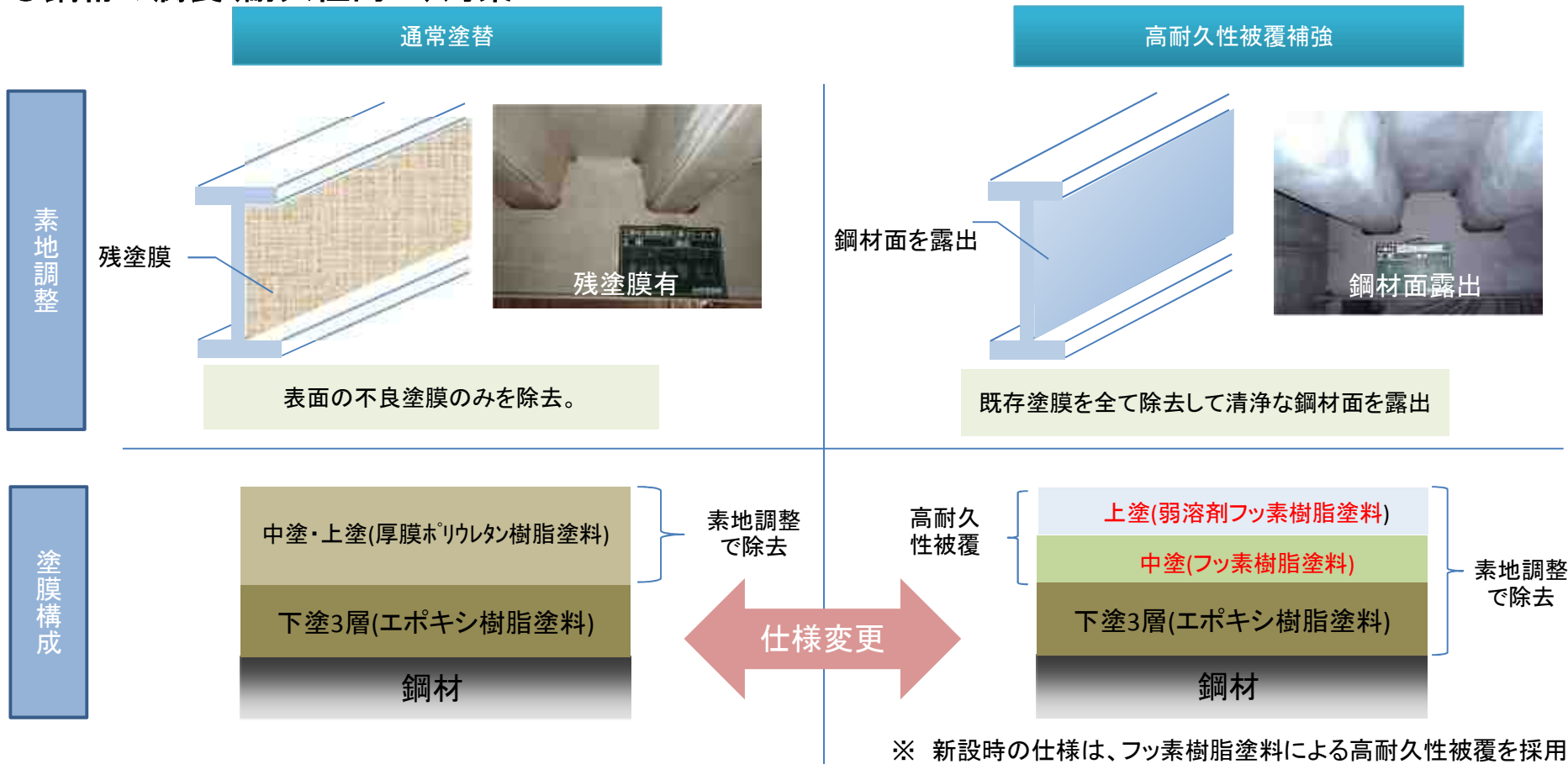
【補強効果等】

- ・無補強と比較し10倍程度以上の寿命が得られる。
- ・橋面からの浸透水が格子部から抜ける。
- ・シート非接着部は目視点検が可能
- ・全面接着に対し、15～20%のコストダウン

視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

参考資料

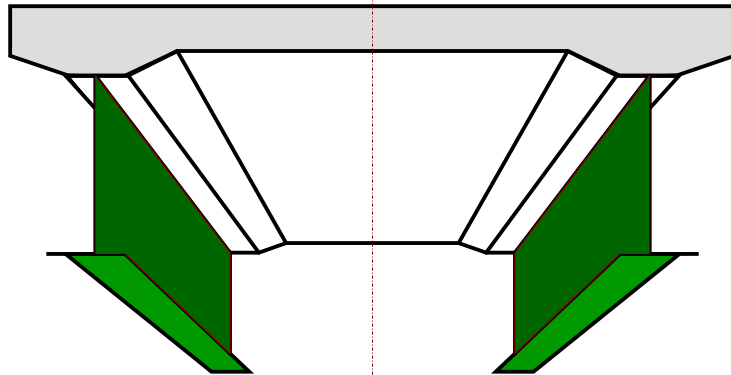
○鋼桁の腐食(耐久性向上)対策



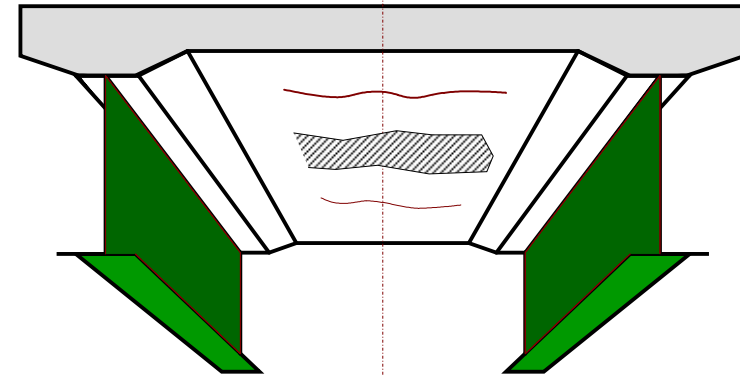
出典: 重防食塗料ガイドブック 第3版 (社)日本塗料工業会

© Metropolitan Expressway Company Limited 2012

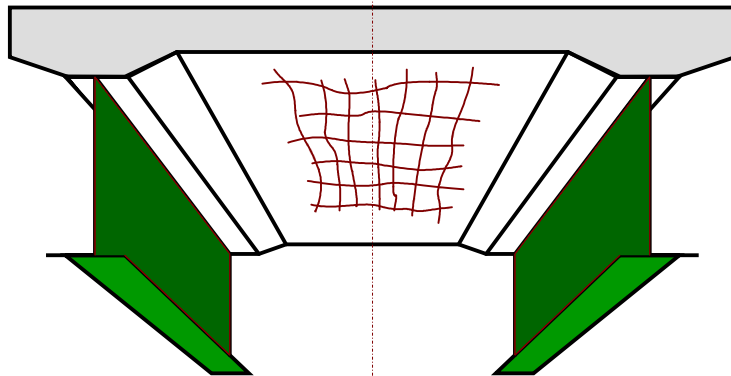
床版の疲労損傷のメカニズム (1)



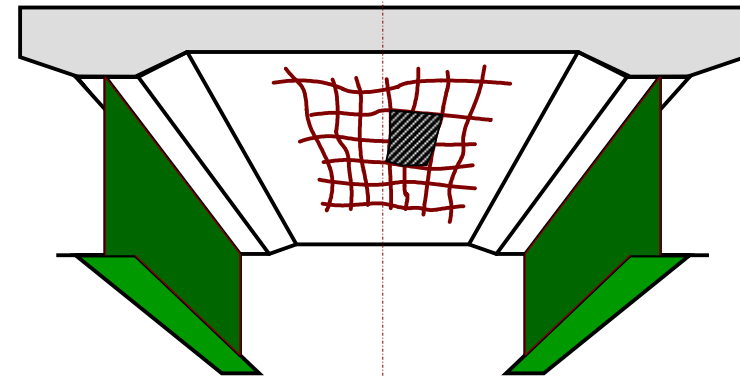
① 床版は等方性に近い版



② 乾燥収縮クラックの発生



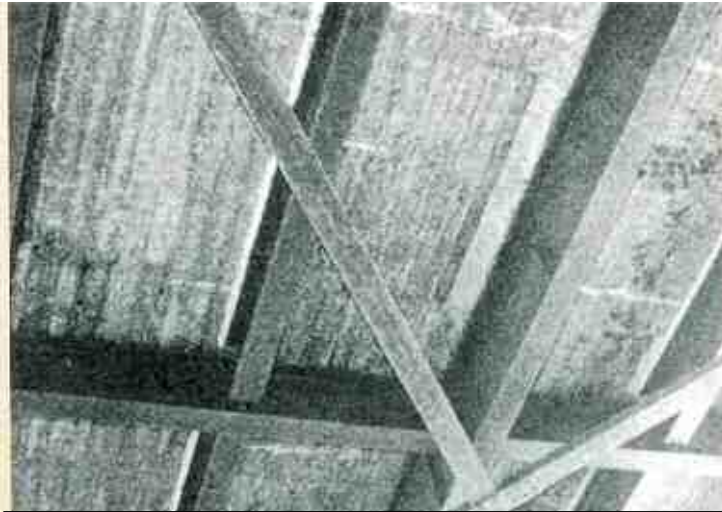
③ サイコロ状に近く
までクラックが増加



④ 押抜きせん断強度
の低下による抜け落ち

視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

床版の疲労損傷のメカニズム (2)



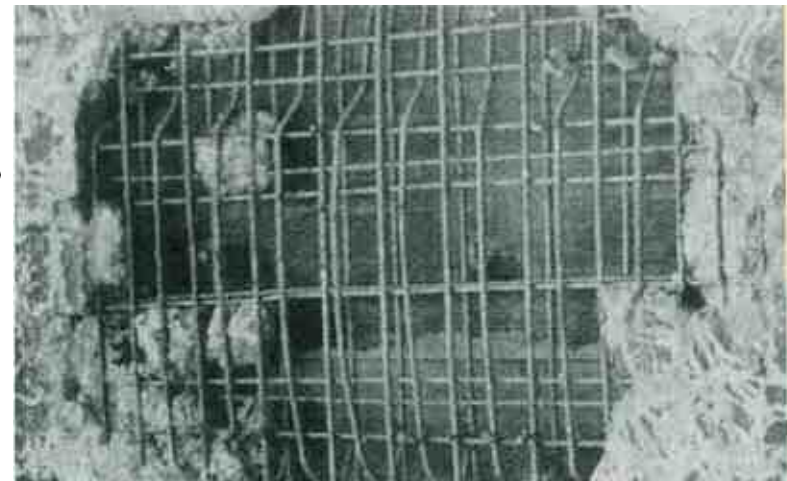
一方向ひび割れの発生



二方向ひび割れへの進展



貫通ひび割れへの進展



押し抜きせん断破壊

床版の疲労損傷の原因

1. 使用条件

→ 膨大な大型車交通量

2. 設計基準

→ 薄い床版厚

→ 主鉄筋に比べて少ない配力筋

3. 環境条件

→ 雨水の浸透しやすい舗装

視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

○ S48道路橋示方書※から設計活荷重 $P=8.0t$ から約 $10t$ に改訂。

※ 床版陥没が顕在化した後に改訂された道路橋示方書



経過年数40年以上(S48基準より前)の床版厚の薄いRC床版に対して耐久性向上対策を実施

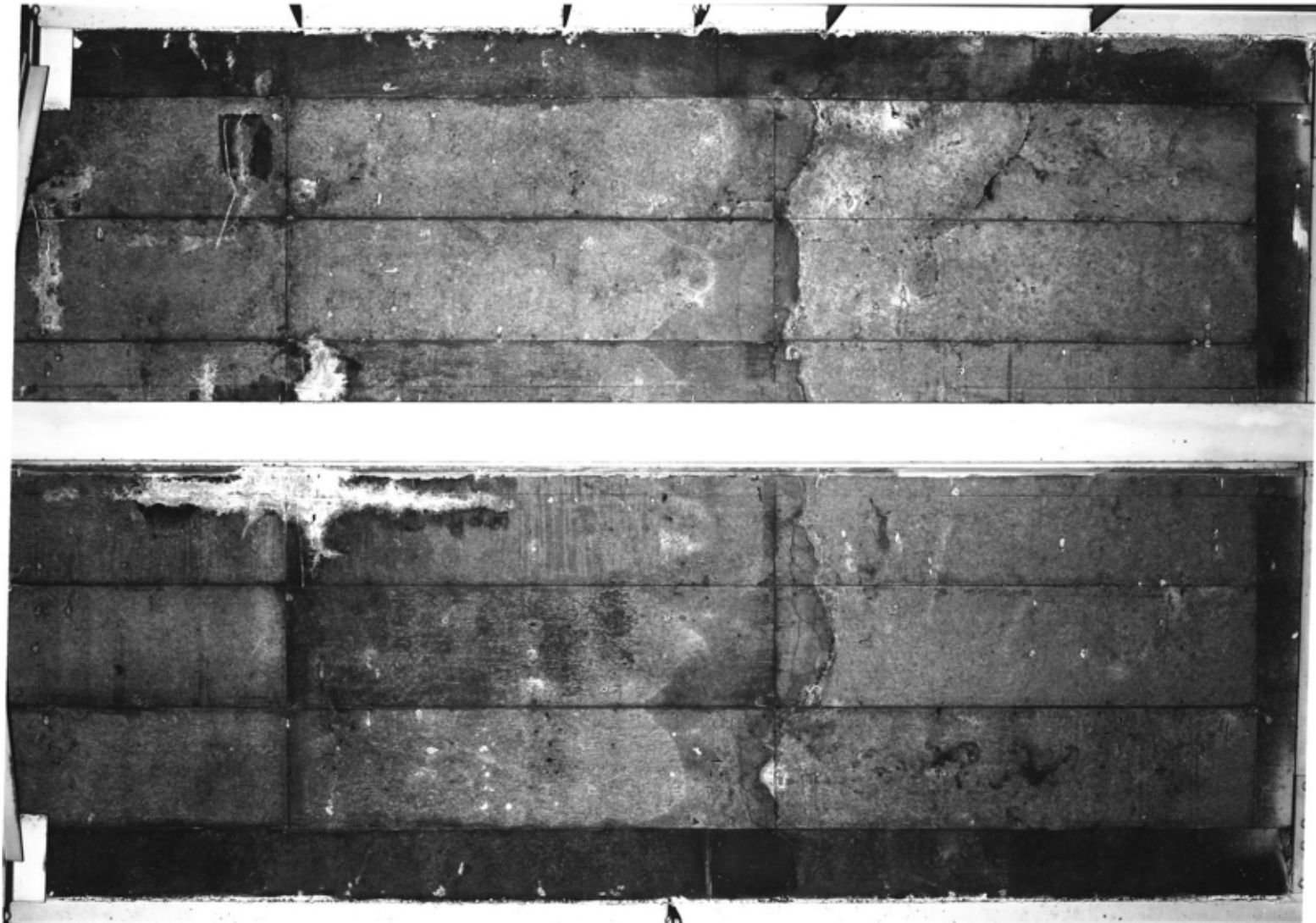
【道路橋床版の技術基準の変遷】

制定年月	基準名称	設計活荷重(首都高)	最小床版厚
S14.2	鋼道路橋設計示方書(案)	1等級:T-13 P=5.2t	規定なし
S31.5	鋼道路橋設計示方書	1等級:T-20 P=8.0t	14cm (最小有効厚さ11cm)
S39.6	鋼道路橋設計示方書		
S48.2	道路橋示方書	1等級:T-20 P=8.0×1.2=9.6t 大型車両1000台/(1方向・1日)以上の場合は、2割増(46年3月建設省通達)	$3L+11 \geq 16\text{cm}$
S55.2	道路橋示方書	1等級:T-20 P=9.6t	$t_0 = 3L+11$ $t = k_1 \cdot k_2 \cdot t_0$
H2.2	道路橋示方書	特定路線、湾岸道路、高速道路自動車道他は、TT-43 : 43tトレーラーを対象	k_1 : 交通量の計数 k_2 : 付加モーメントの係数
H6.2~	道路橋示方書	B活荷重:P=10.0t	

1等級:第1種、2種、3種(第4級及び5級を除く)または4種(第4級を除く)の道路

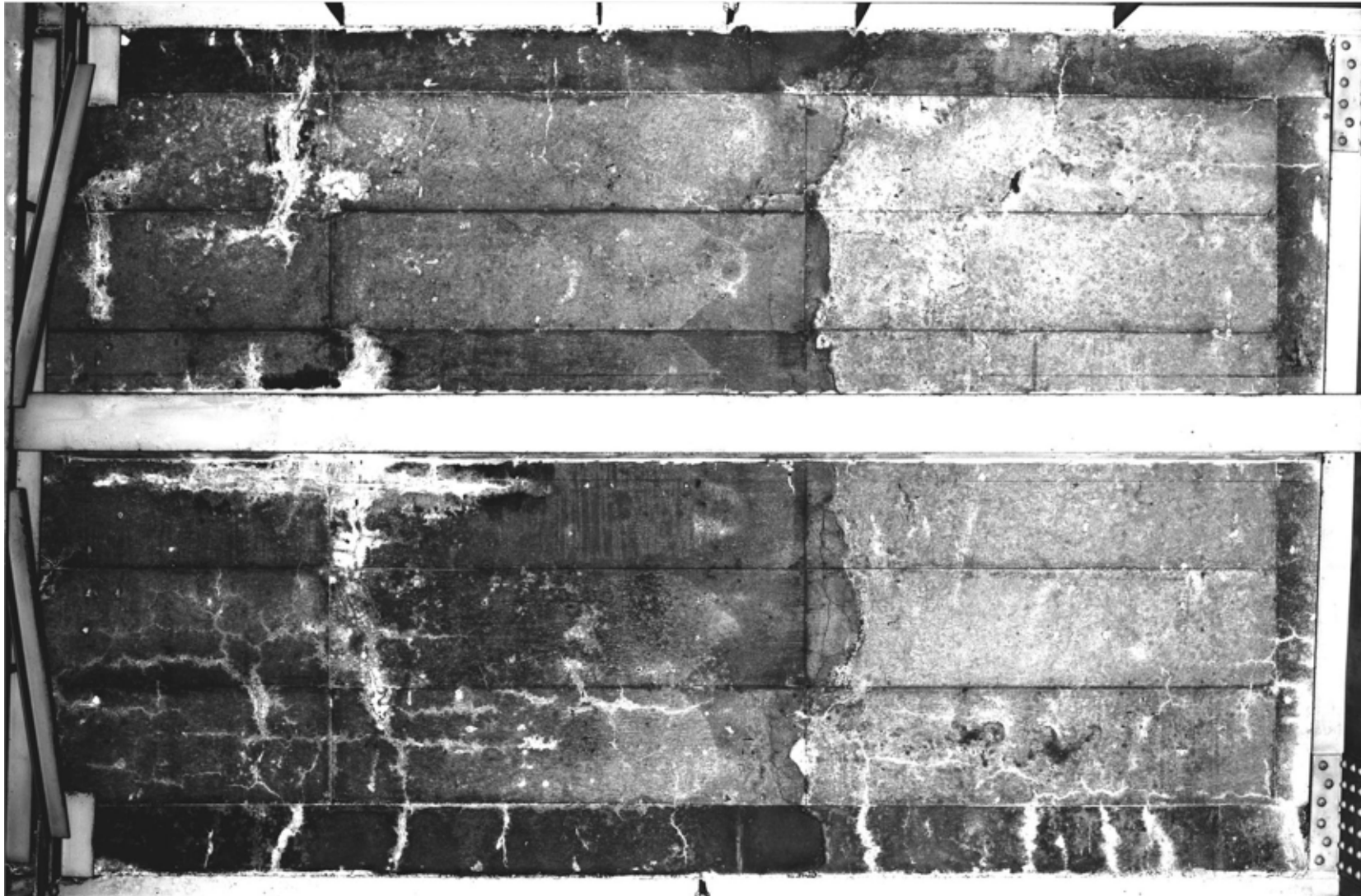
視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

疲労による床版の損傷状況－供用後15年経過



視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

疲労による床版の損傷状況－供用後27年経過



視察③ 首都高速6号向島線駒形付近

[想定重大事象]

床版疲労による亀裂を放置すると路面が陥没する可能性



(都心環状線 芝公園付近)

舗装の窪み

床版の陥没



(他の事例)