

阪神高速道路の大規模更新の現状

渡邊 尚夫

阪神高速道路(株)

阪神高速道路の大規模更新の現状

－ 高速道路リニューアルプロジェクト －

平成28年11月10日
阪神高速道路株式会社
保全交通部 渡辺 尚夫

1. 阪神高速道路の概要と現状
2. 大規模更新・修繕事業の概要
3. 工種別の取り組み状況
 - 3-1 Uリブ鋼床版疲労対策
 - 3-2 R C床版疲労損傷対策
 - 3-3 鋼桁疲労対策
 - 3-4 鋼桁端部改良

1. 阪神高速道路の概要と現状

供用延長 259km



通行台数74万台/日 (H27)

昭和39年～昭和45年 ■
都市環状線と放射路線の整備

昭和46年～昭和56年 ■
都市環状線と放射路線の整備・
大阪と神戸の直結

昭和57年～平成6年 ■
湾岸線等の建設による機能的
ネットワークの整備

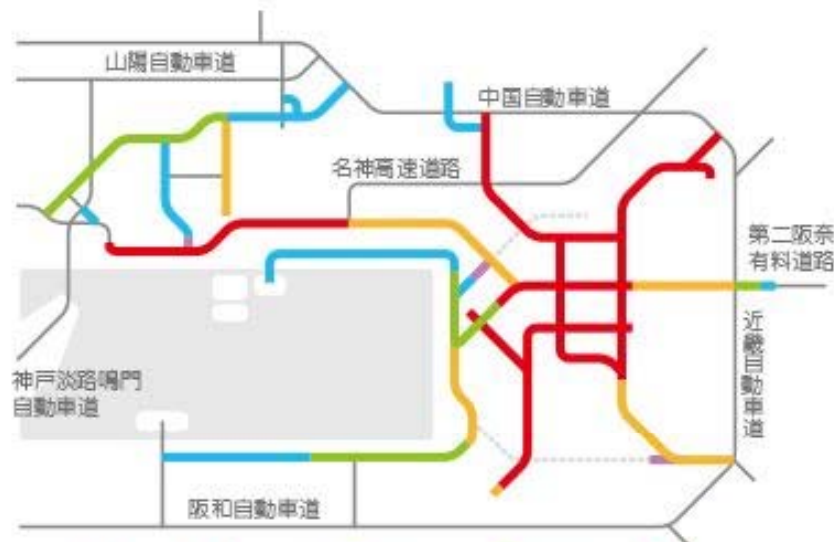
平成7年～平成16年 ■
都市間高速道路との接続

平成17年～平成20年 ■
京都線の整備

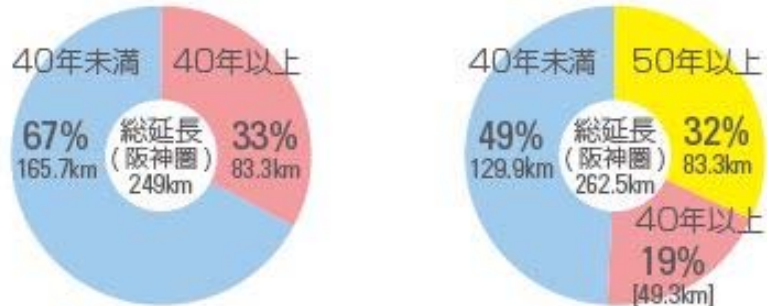
平成21年～平成25年 ■
神戸山手線・京都線の全線供用
新神戸トンネルの移管
大和川線・淀川左岸線の一部供用

1. 阪神高速道路の概要と現状

〈阪神高速道路の現状〉



■ 9年以下 ■ 10~19年 ■ 20~29年 ■ 30~39年 ■ 40年以上
 〔路線開通からの経過年数〕



平成25年度末 → 10年後 → 平成35年度末
〔10年後に到達する経過年数〕

- 総延長249kmのうち、約3割（約83km）の構造物が開通から40年以上経過。
- 1日の平均利用交通量は約74万台。大型車の交通量は、一般道の約6倍。



出典：平成22年度 道路交通センサス

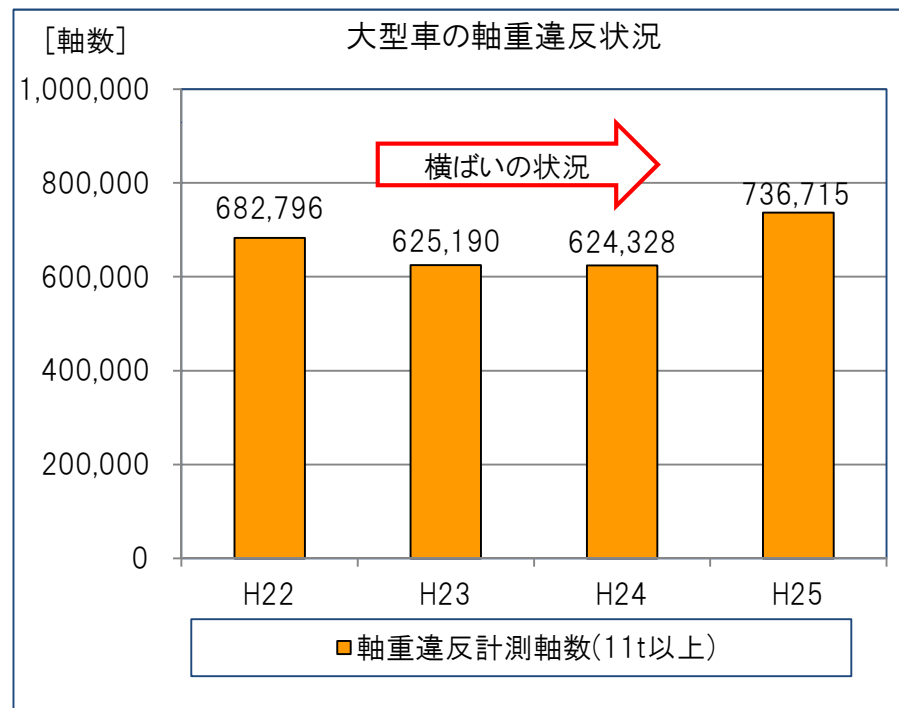
〔大型車の平均断面交通量(台/日)〕

1. 阪神高速道路の概要と現状

- 阪神高速では、交通安全上重大事故につながるおそれがあること、また、道路構造に著しい悪影響を及ぼすことから、車両制限令違反車両に対して取締を実施
- 違反車両の指導・取締については、警察とも連携しつつ、年間延べ2,800回程度の取締を実施
- しかしながら、違反車両は依然として多いため、NEXCO西日本など他道路管理者と連携し、取締箇所の迂回を防止できるような、広域的な合同取締りの実施などのさらなる強化に向けた調整を図る



警察との合同の重量違反車両取締り状況

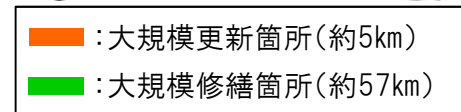
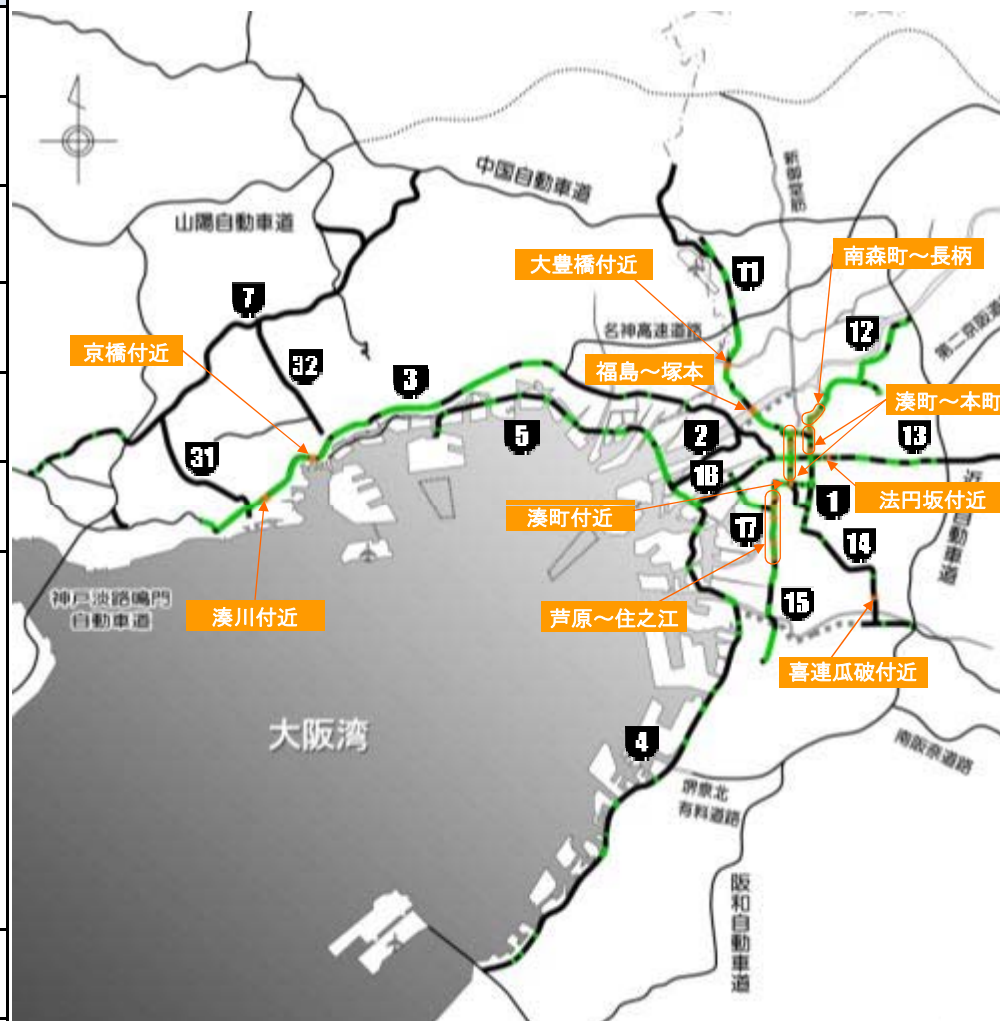


※固定式軸重計測装置による検知状況

2. 大規模更新・修繕事業の概要

2. 大規模更新・修繕事業の概要

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 きれりわり喜連瓜破付近	0.2km	S55	238億円	H32~38
	橋梁の基礎取替	15号堺線 みなとまち湊町付近	(9基)	S47	191億円	H27~36
	橋梁の桁・床版取替	3号神戸線 みなとがわ湊川付近	0.4km	S43	162億円	H28~32
		11号池田線 おおとよばし大豊橋付近	0.3km	S42	126億円	H37~41
		13号東大阪線 ほうえんざか法円坂付近	0.2km	S53	56億円	H39~41
	橋梁の床版取替	1号環状線 みなとまち湊町～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 みなみもりまち南森町～長柄	0.5km	S43		
		15号堺線 あしはら芦原～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. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模更新〉

特殊な構造や部材の老朽化が原因となり、損傷が顕在化した構造物に対して繰り返し補修を行っても改善が期待できない箇所

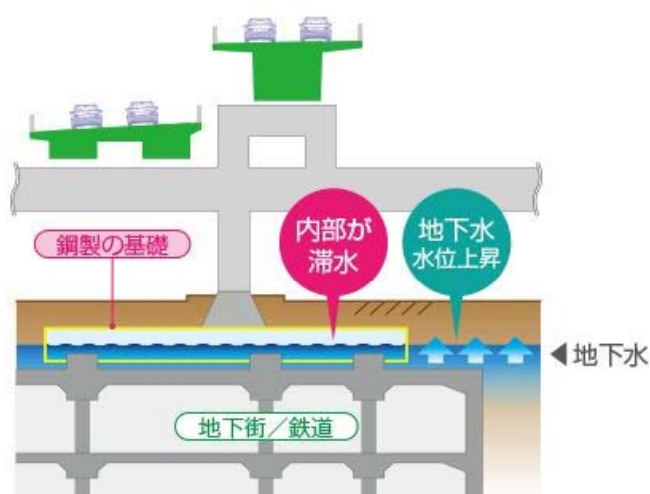
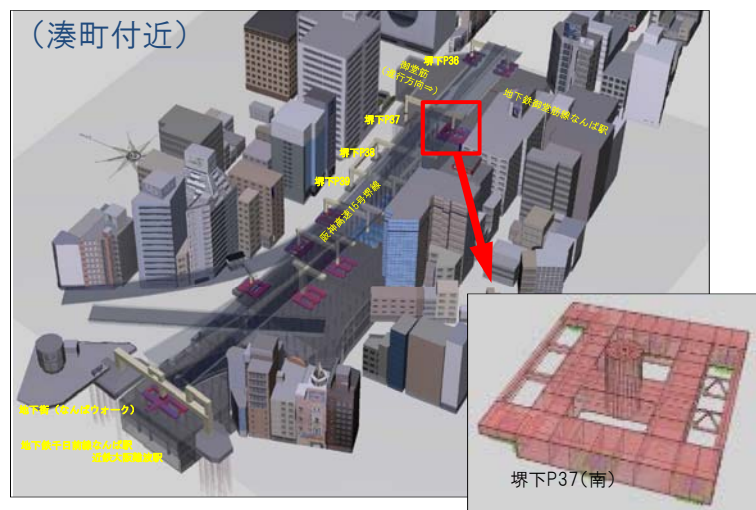
⇒ 効率的・効果的な対策として**構造物の全体的な更新**を計画



2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模更新 — 15号堺線 湊町付近〉

基礎直下に地下街や鉄道が重なり合う立地を考慮して、構造物を軽くするために採用した鋼製基礎が、地下水の上昇により腐食が進行。



H27に健全性に関する詳細調査を実施



H28は将来に向けての持続性ならびに長期耐久性について検討

現場着手に向け関係者等と調整

調査状況(湊町付近)



〔測定状況(超音波板厚計)〕



〔錆の状況(下面)〕



〔錆の状況(上面)〕

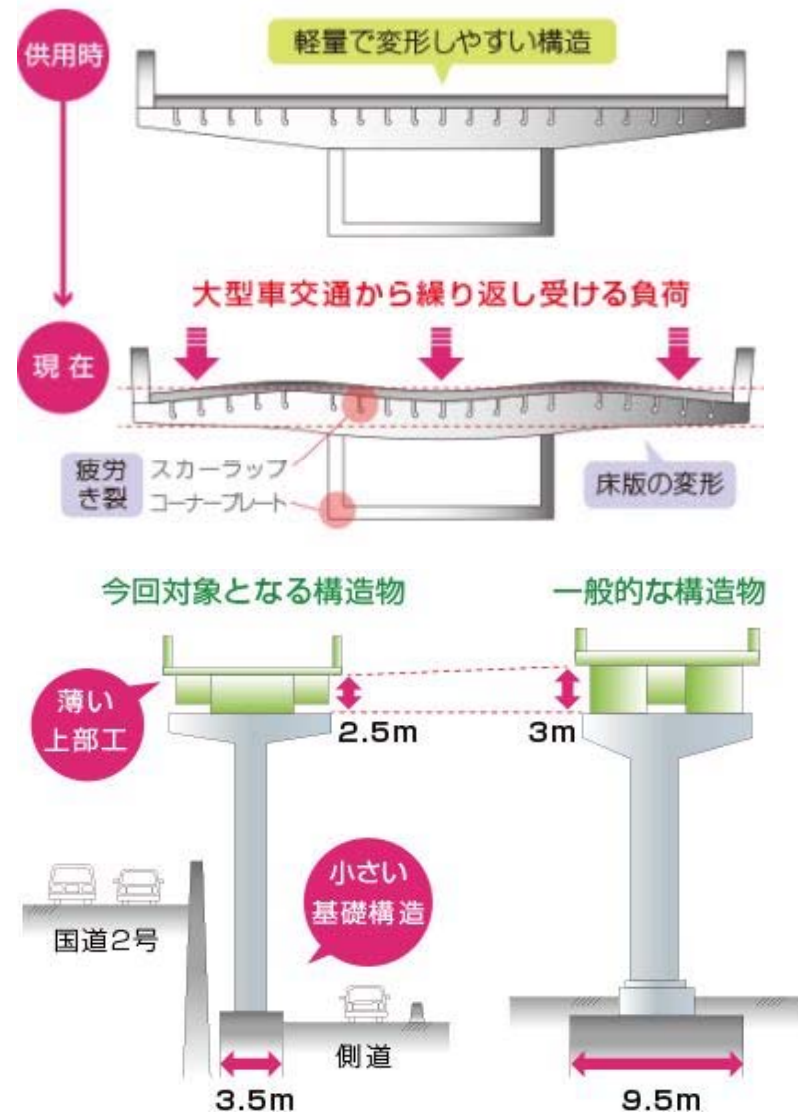
2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模更新 — 3号神戸線 湊川付近〉

立地条件の厳しい狭い敷地に橋脚を設置する必要があり、基礎をコンパクトにし上部工を軽量化した結果、床版や桁にき裂が発生。



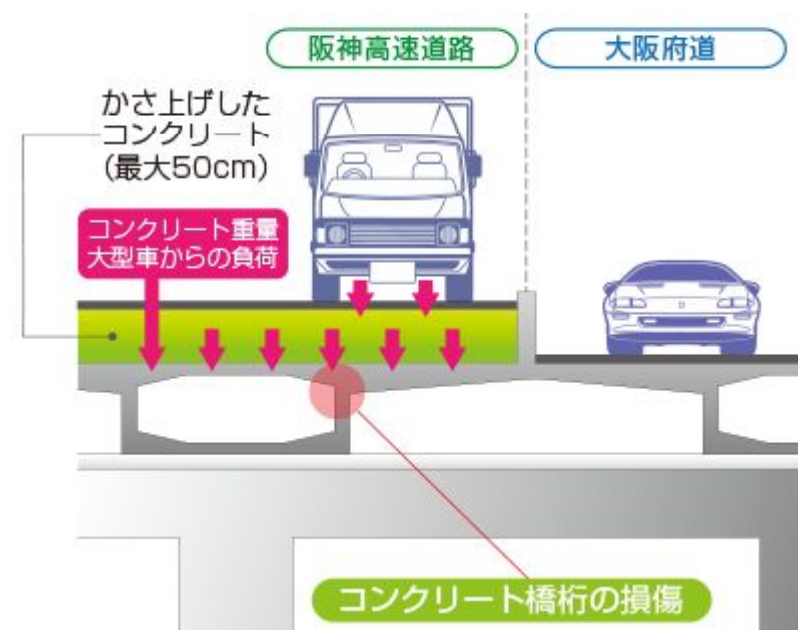
H28年度から疲労による損傷など本格的な詳細調査に着手



2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模更新 — 11号池田線 大豊橋付近〉

建設時に既設橋梁を有効利用したことにより、高さ調整のためコンクリートによるかさ上げなどを行った結果、床版や桁への負担となり、コンクリートのひび割れなどが発生。



2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模更新－13号東大阪線 法円坂付近〉

難波宮遺跡保存のため杭基礎を設けられなかったことで、桁を軽量化する必要があり、短支間にもかかわらず鋼床版とした結果、床版や桁にき裂が発生。



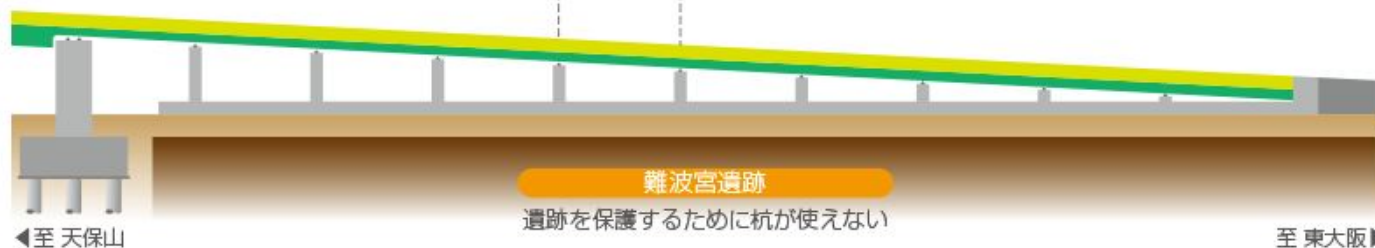
難波宮を保護するための設計



通常は約30m

1本の橋脚にかかる重量を減らすため橋脚の数を多く設置して個々の橋桁の長さを通常よりも短く設計していました。

10m



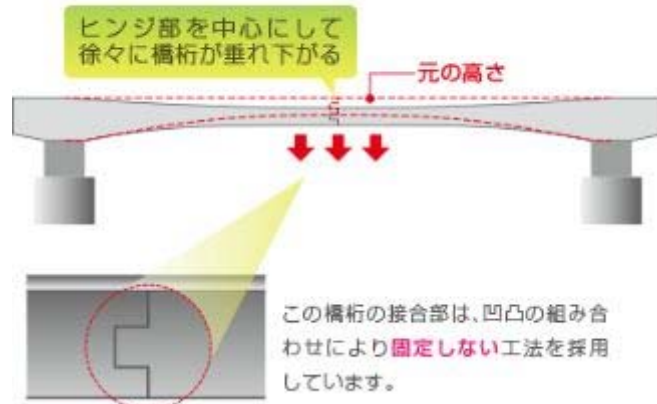
2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模更新 — 14号松原線 ^{きれうりわり}喜連瓜破付近〉

橋桁の中央付近にあるヒンジ形式の継ぎ目が、建設時の想定を超えて垂れ下がり、路面が大きく沈下。応急対応として、垂れ下がった橋桁をケーブルで引き上げる対策を行っているものの、再び沈下が進行するおそれ。



橋桁中央部の垂れ下がり



当時の建設現場

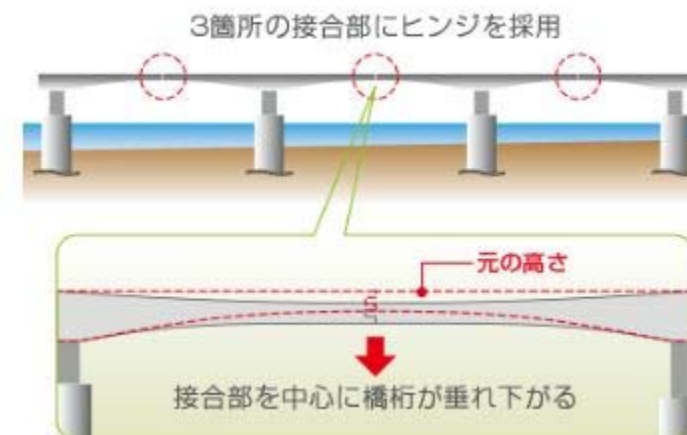
2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模更新 — 3号神戸線 京橋付近〉

橋桁の中央付近にあるヒンジ形式の継ぎ目が、建設時の想定を超えて垂れ下がり、路面が大きく沈下。



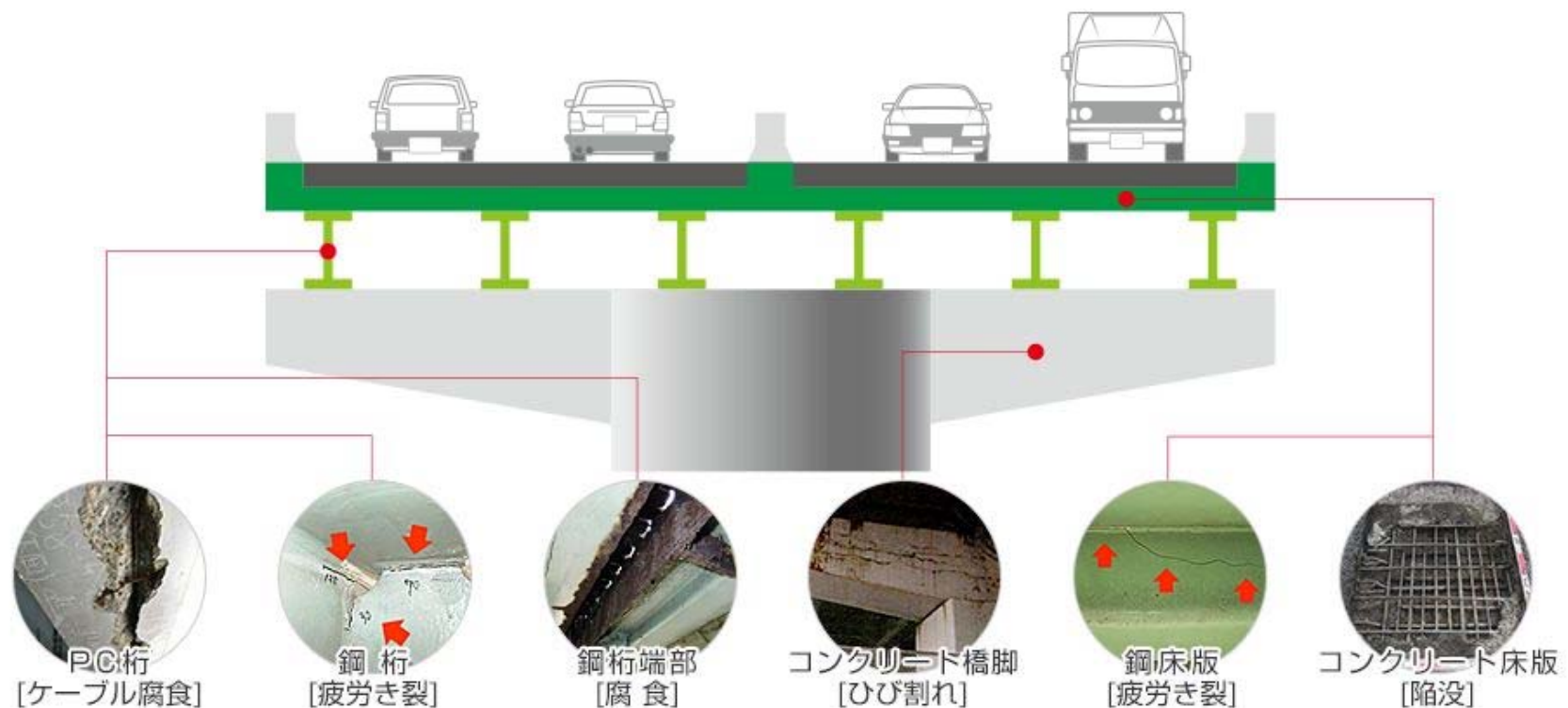
3径間にわたる橋桁の垂れ下がり発生



2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模修繕〉

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更新を必要としないレベルの箇所
⇒ **主要構造の全体的な補修(大規模修繕)**を行うことで、健全性の大幅な引き上げを図る

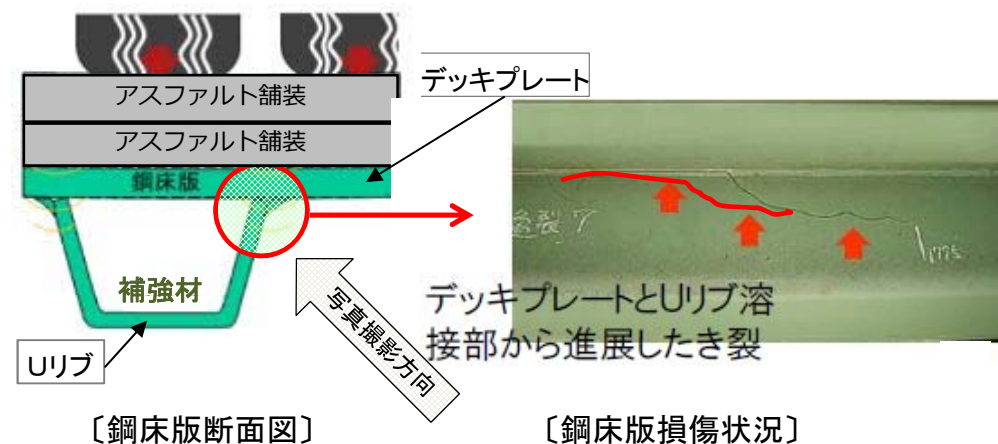
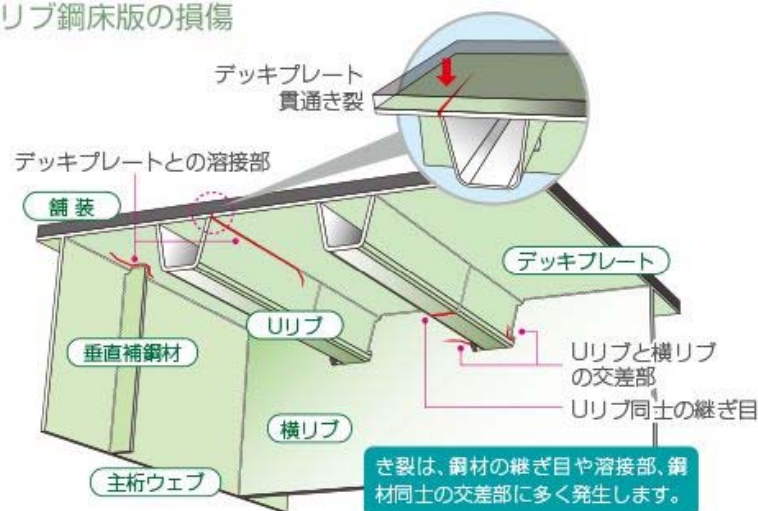


2. 大規模更新・修繕事業の概要

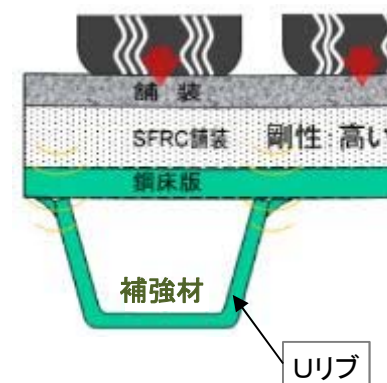
〈大規模修繕 — 鋼床版〉

大型車両の繰り返し走行などの疲労により、「鋼床版(デッキプレート)」と「床面を補強している材料(Uリブ)」との接合部を起点としたき裂が発生。

Uリブ鋼床版の損傷



鋼繊維補強コンクリート(SFRC)舗装による補強を順次実施

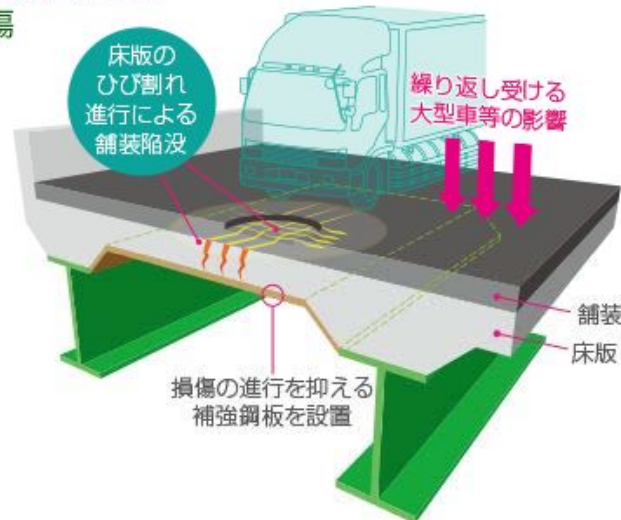


2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模修繕 — コンクリート床版〉

大型車両の繰り返し走行などの疲労により、コンクリートの砂利化や内部ひび割れなどの損傷が発生。

大型車等の影響による
床版の損傷



局所的な舗装の損傷
(ポットホールの発生)



コンクリートの砂利化



〔補強鋼板の腐食〕



〔床版内部ひび割れの状況〕

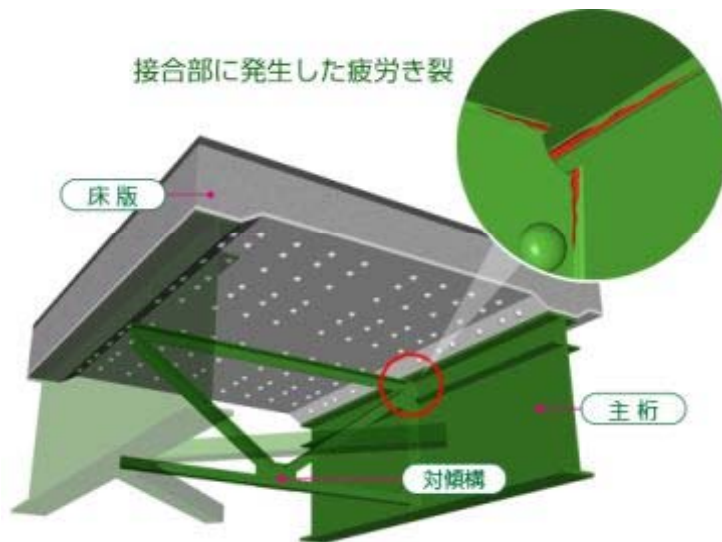
建設時期や損傷の発生状況などから調査の優先順位を設定し、レーダー探査やファイバースコープ等(小口径削孔)による内部ひび割れ調査等を順次実施

2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模修繕 — 鋼桁〉

疲労き裂:

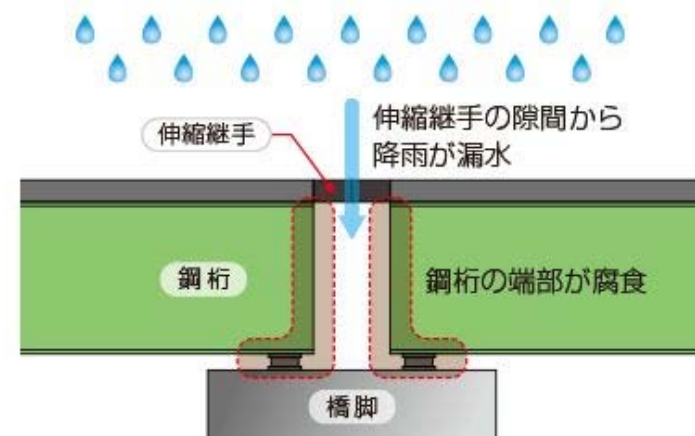
大型車両の繰り返し走行などの疲労によりき裂が発生。



端部腐食:

継ぎ目(伸縮継手)において雨水が侵入し腐食が発生。

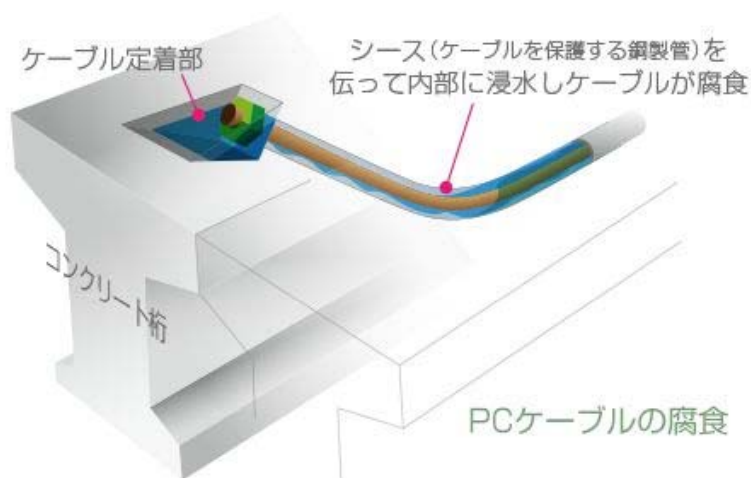
漏水による鋼桁端部の腐食



2. 大規模更新・修繕事業の概要

〈大規模修繕 — PC桁・コンクリート橋脚〉

PC桁: PCケーブルや保護管が
雨水侵入により腐食。



順次補強工事を発注し詳細調査中。

コンクリート橋脚:
ASR(アルカリシリカ反応)に
よりひび割れが進行。



2. 大規模更新・修繕事業の概要

「大規模修繕」選定の考え方

	選定対象構造		選定基準			
	構造種別	対象構造	道示 ・ 基準	損傷状況		
				損傷内容	損傷の判定ランク	
床版	RC床版	鋼板補強済み	【道示】 昭和48以前	補強鋼板の損傷 (不良音・漏水)	潜在的弱点を 有する径間	Aランク(更新) B・Cランク
					上記以外	A～Cランク
	鋼床版 (疲労)	Uリブ	【道示】 平成14以前	鋼床版の損傷 (疲労亀裂)	-	
桁	PC桁	ポステン	【基準】 昭和60以前	主桁部の損傷 (漏水・シース露出)	-	
	鋼桁 (疲労)	活荷重比 の高い桁	【道示】 昭和48以前	-	-	
	鋼桁 (腐食)	桁端部	【道示】 昭和54以前	桁端部の損傷	(繰り返し発生) Aランク	
脚	RC橋脚	柱・梁	-	柱・梁の損傷 (ASR判定等)	劣化度Ⅳ, Ⅲ	

2. 大規模更新・修繕事業の概要

更新計画の基本的な進め方・課題

○長期耐久性、維持管理性の確保と道路機能の強化

- ・最新の技術的知見及び技術基準の適用により長期耐久性を確保
- ・維持管理の容易な構造の採用等により、維持管理性を確保
- ・騒音や振動の低減及び走行性向上など、道路機能を強化

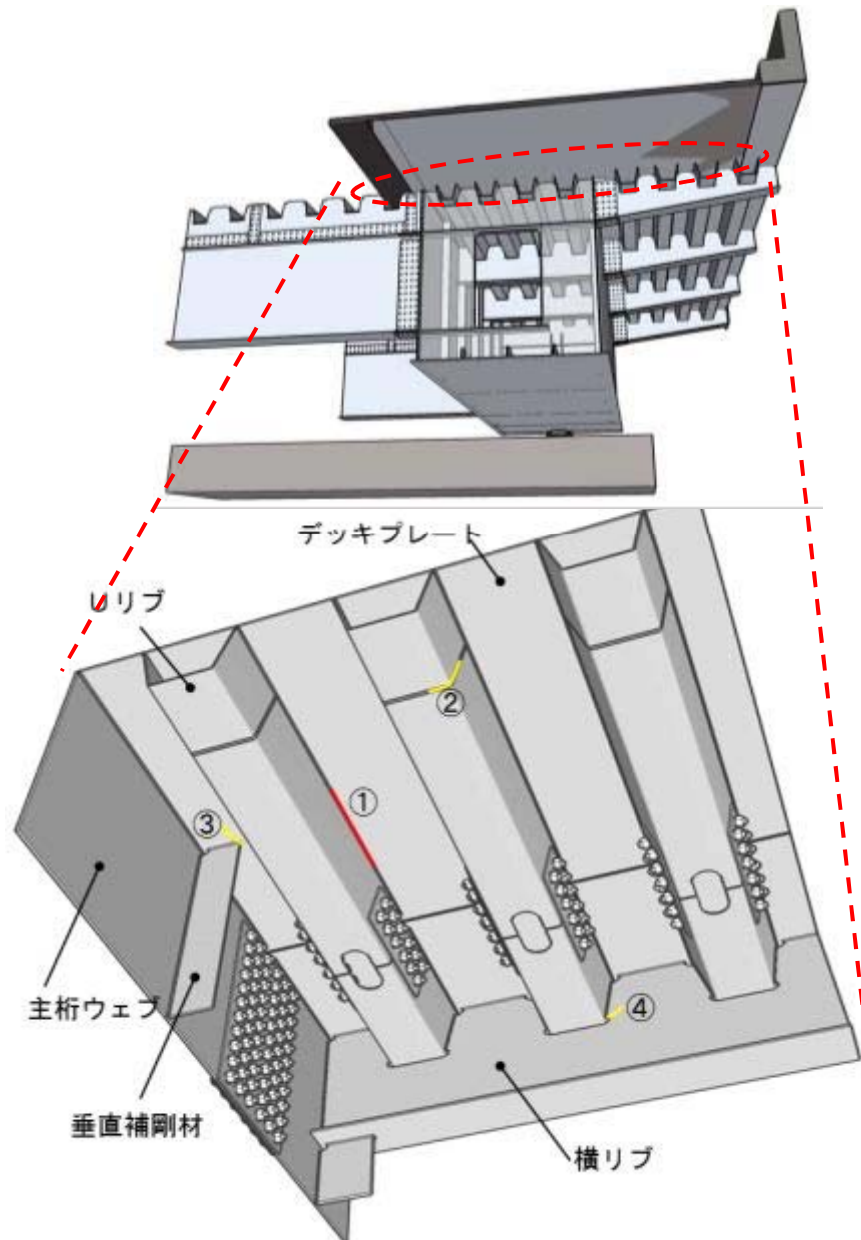
○施工法等の工夫による交通への影響軽減、工程短縮、コスト縮減

- ・民間の技術力・ノウハウの活用も含めた、構造・施工法等の検討
- ・急速施工(撤去工事含む)等の施工法の開発
- ・効果的な広報の実施などによるTDM(交通需要マネジメント)の実施
(公共交通の利用促進)
- ・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り、工事中の通行止めを回避

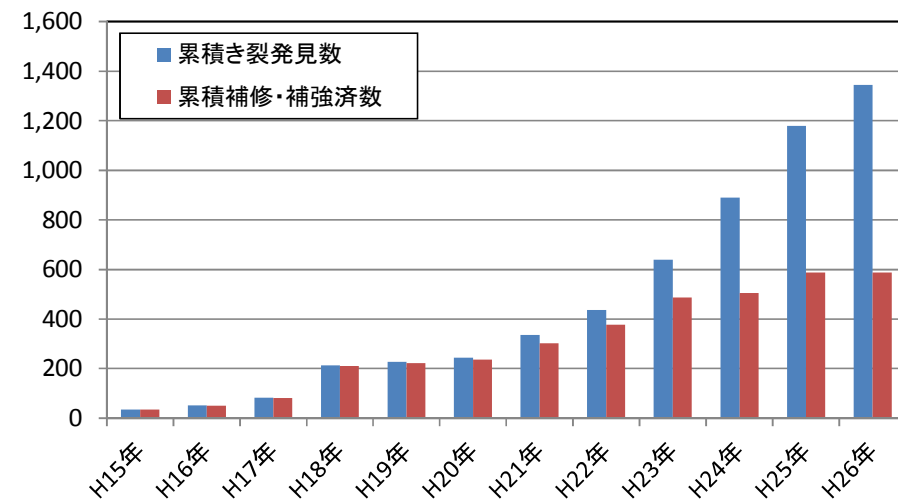
3. 工種別の取り組み状況

3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

■ 損傷状況



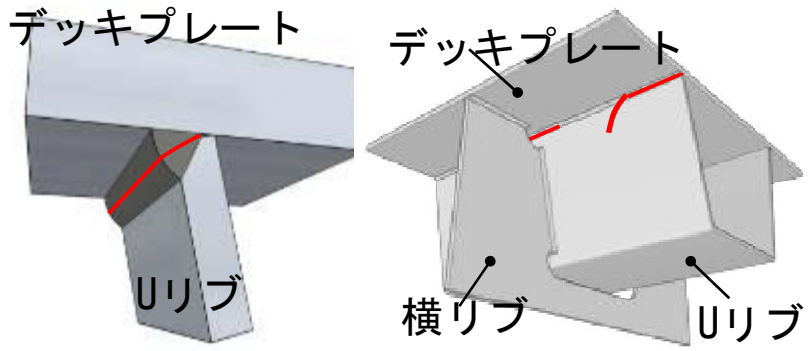
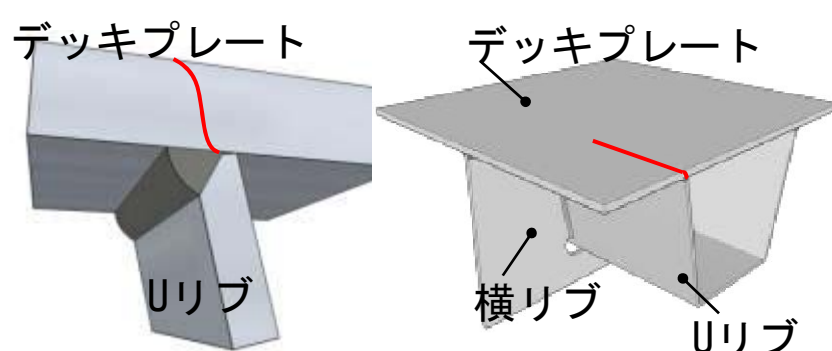


鋼床版のデッキプレートとUリブ溶接部のき裂



Uリブとデッキプレートとの溶接部の
き裂発見数と補修・補強の状況

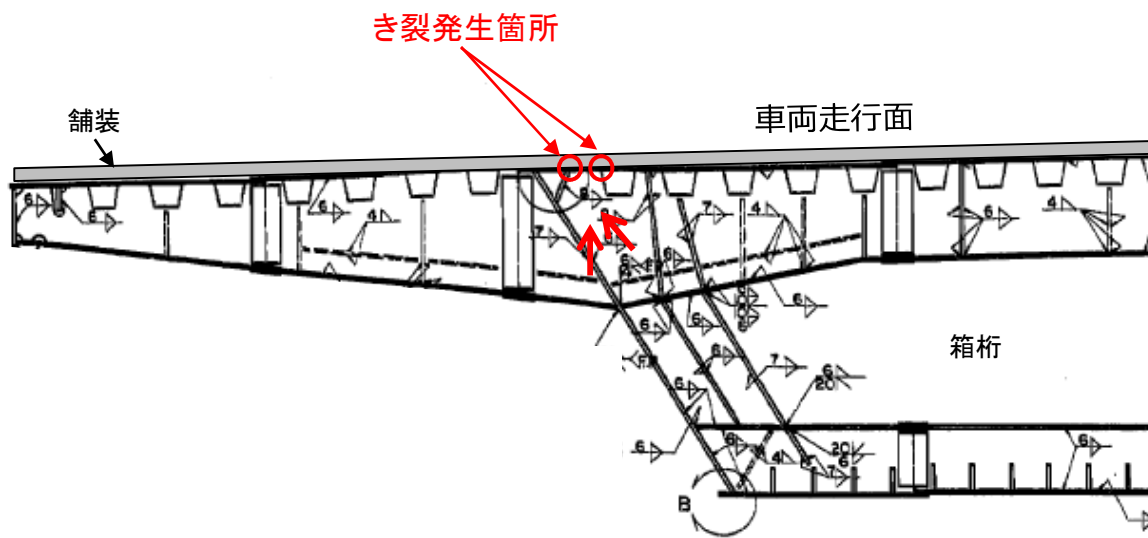
3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

■ 損傷状況と対策例(補修例)

<p>デッキとUリブ溶接ビード貫通き裂</p>	<p>デッキプレート貫通き裂</p>
	
<p>補修溶接</p> 	<p>当て板</p>  <p>舗装かぶり厚を確保するため皿型ボルトを使用</p>

3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

■長大橋(斜張橋)の鋼床版疲労き裂損傷発生事例



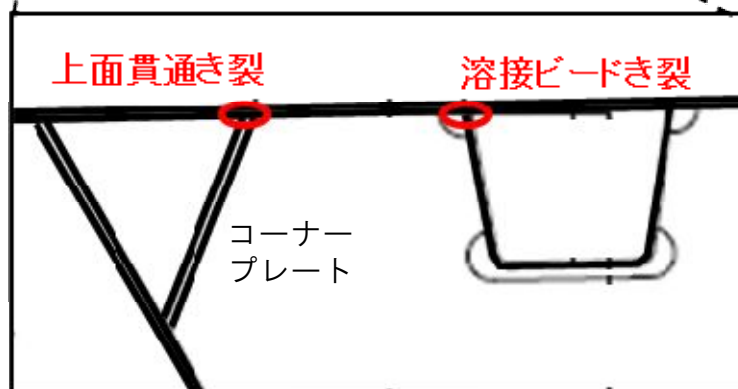
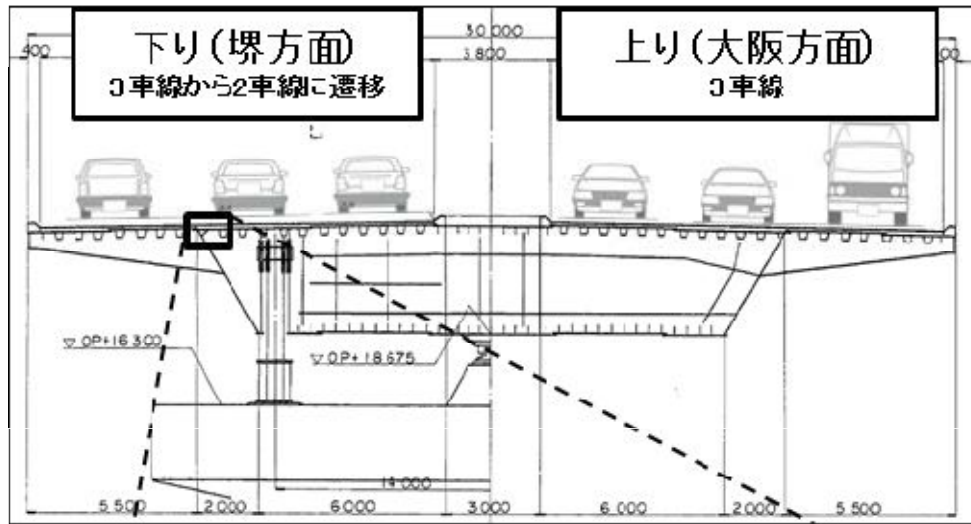
本損傷は、供用後約33年が経過した橋梁において発生



〔損傷発生箇所〕

3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

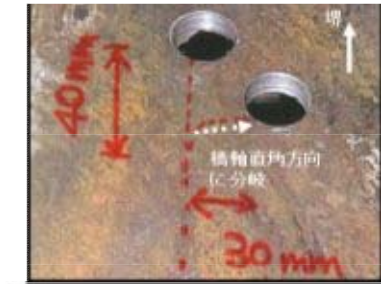
■長大橋(斜張橋)の鋼床版疲労き裂損傷発生事例



断面図とき裂発生位置

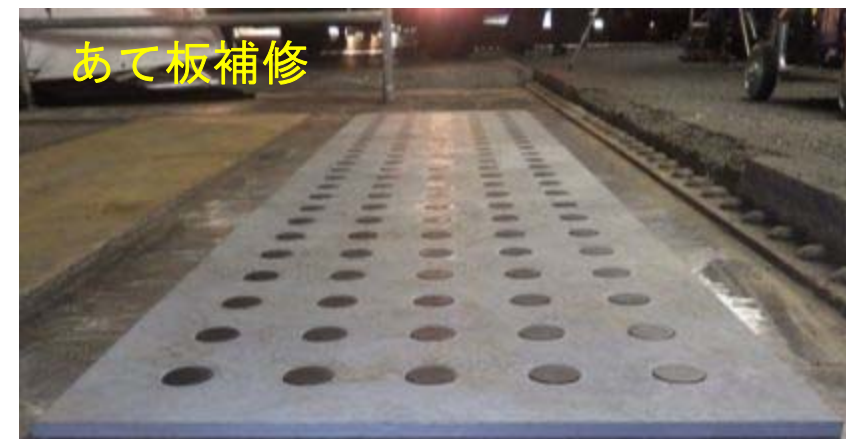


ビードき裂と貫通き裂(桁内)



貫通き裂と漏水(桁内)

貫通き裂とストップホール(デッキ上面)



舗装かぶり厚を確保するために皿型ボルトを使用 25

3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

■大規模修繕

- 事業計画
 - ✓ SFRC補強、当て板など
- 課題
 - 鋼床版下面から施工可能な対策工法



SFRC補強

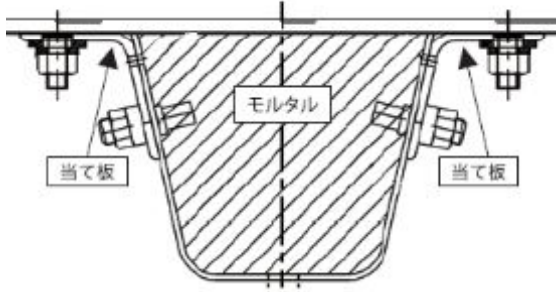
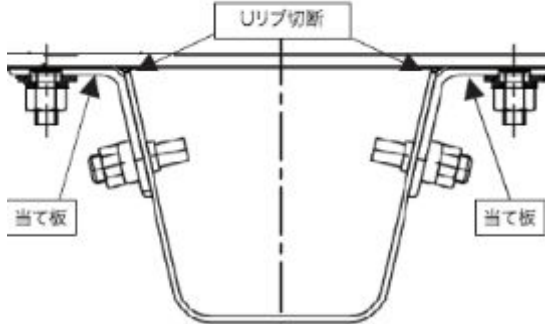
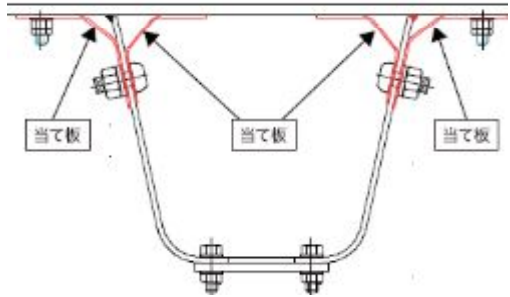
交通規制が必要、天候の影響大
→工程管理難、代替工法の開発

3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

■大規模修繕

○鋼床版下面対策に関する共同研究の実施(H27年度～)

- ・施工に関する共同研究(スタッドのトルシア化、自動切断機、モルタル充填性向上)
- ・構造改善に関する共同研究

名称	モルタル充填 あて板工法	Uリブ切断 あて板工法	弾性あて板工法
対策概要			
	<p>◆ Uリブ内への軽量モルタル充填+あて板による補強</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デッキ側:ねじ付きスタッド ・Uリブ側:片面施工ボルト 	<p>◆ ビード近傍を切断し溶接接合からあて板ボルト接合へ改造</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デッキ側:ねじ付きスタッド ・Uリブ側:片面施工ボルト 	<p>◆ 薄鋼板(2.3mm)のUリブ内外面への接着接合による補強</p> <ul style="list-style-type: none"> ・デッキ側:接着剤+スタッド ・Uリブ側:トルシアボルト

3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

■大規模修繕（鋼床版下面対策 あて板施工状況(試験施工)）



スタッドボルト溶接



ワンサイドボルト孔明



スタッドボルト本締め

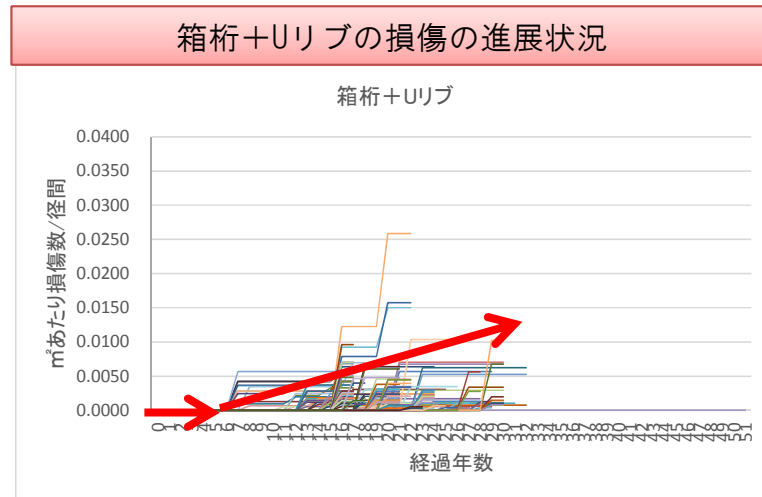


ワンサイドボルト本締め

3-1. Uリブ鋼床版疲労対策

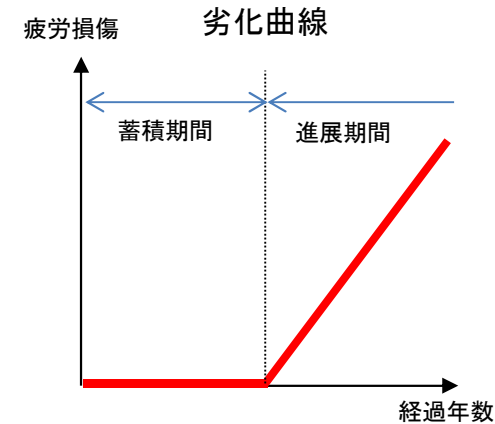
■鋼床版の損傷状況及び劣化モデル検討

【鋼床版の損傷状況（き裂発生例）】



【劣化モデルの考え方】

き裂が発生するまでの蓄積期間(疲労寿命)、き裂発生後の進展期間の2期間に分けたバイリニアモデルで構築する。



【劣化モデルの検討（例. 蓄積期間評価モデル）】

損傷発生までの期間と各種項目の相関係数

	I桁	橋長	バチ桁・斜形状	連続径間	年平均10t換算軸数
Uリブ	-0.40	0.48	0.36	0.00	-0.55
バルブリブ	-0.26	0.02	0.04	-0.23	-0.04

(例)Uリブの劣化モデル:

$$f_1(I, Tr, L, K) = a_1 I + a_2 Tr + a_3 L + a_4 K + a_5$$

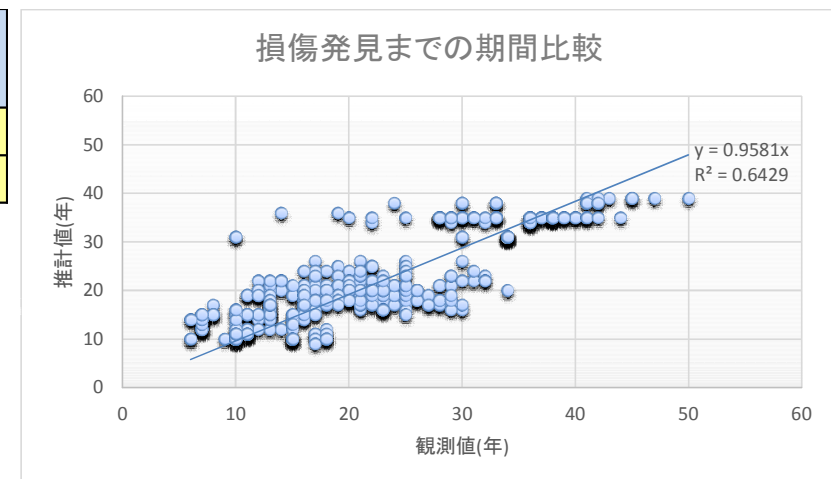
I: I桁の場合は1、I桁以外は0

Tr: 年平均10t換算軸数

L: 橋長(m)

K: バチ桁・斜形状の場合は1、それ以外は0

観測値と推計値の比較(Uリブ・バルブリブ)



3-2. RC床版疲労損傷対策

■大規模修繕

○疲労損傷状態評価に向けた取り組み状況



損傷の進行したコンクリート床版での輪荷重走行試験状況

床版のひび割れ
進行による
舗装陥没

繰り返し受ける
大型車等の影響

損傷の進行を抑える
補強鋼板を設置

舗装
床版



〔輪荷重走行試験機〕



〔試験終了後の床版上面の状況〕

疲労損傷状態等を適切に評価し、
取替、補強等の対策方法を決定

3-3. 鋼桁疲労対策

■大規模修繕

鋼橋の大半が疲労設計導入(H14)以前に建設され、疲労耐久性が不明

○事業計画

- ✓ 当て板、ピーニングなど

○課題

- 疲労強度等級の著しく低い継手の抽出と対策
- 既設鋼橋の性能評価(疲労照査)と対策優先度



横桁貫通継手(H'等級)と当て板対策例



当て板



主桁と横桁取り合い部の溶接部のき裂

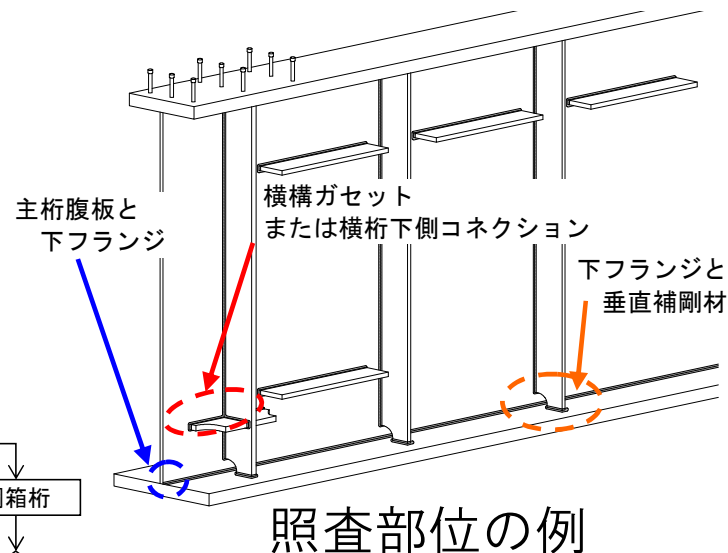
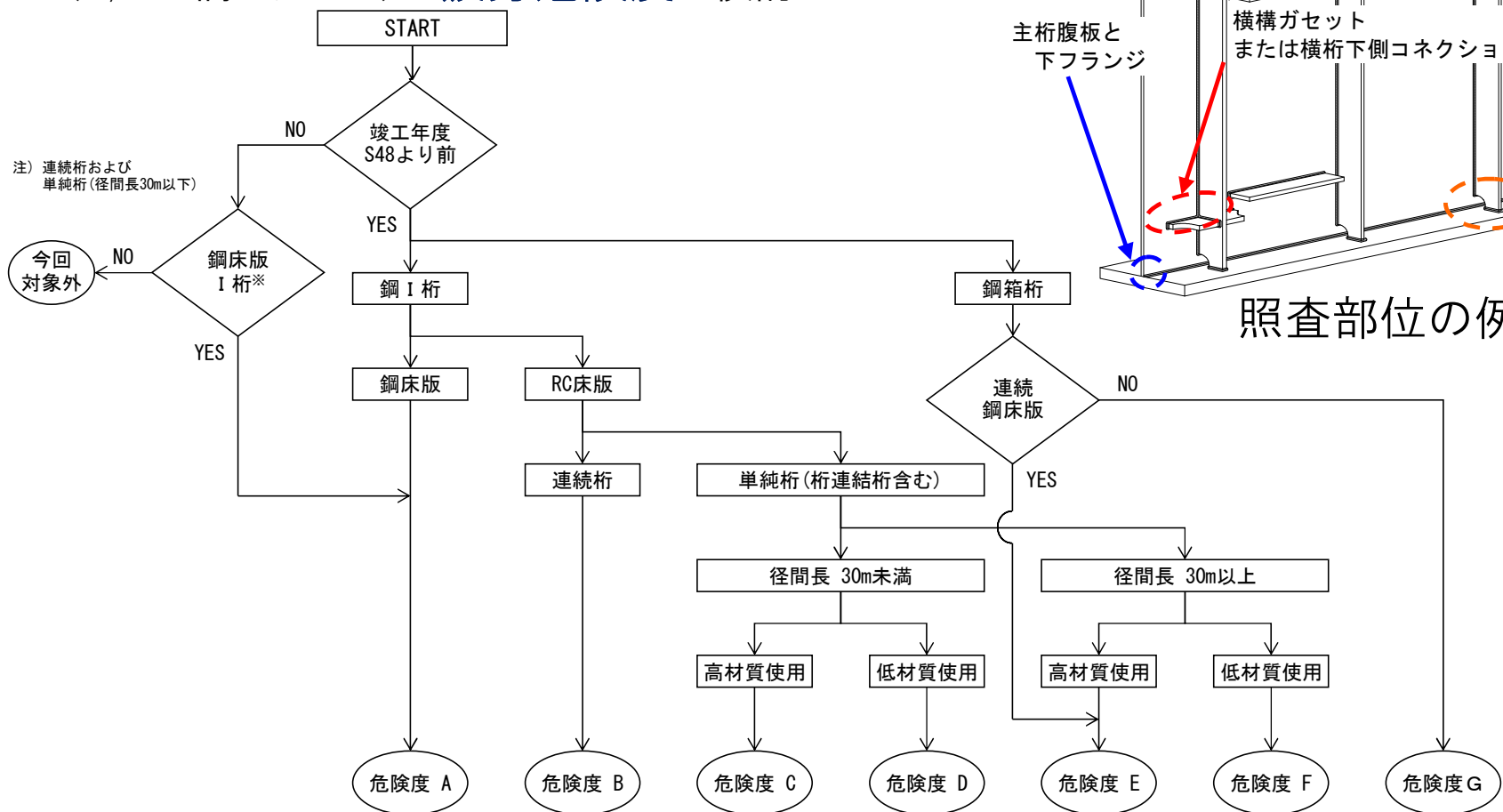
3-3. 鋼桁疲労対策

■大規模修繕

対策優先度: 阪神高速の全鋼橋(2,462橋/4,613径間)

うち、昭和48年以前(一部48年以降)の道示適用橋梁

(1,821橋/2,044径間)の疲労危険度を検討



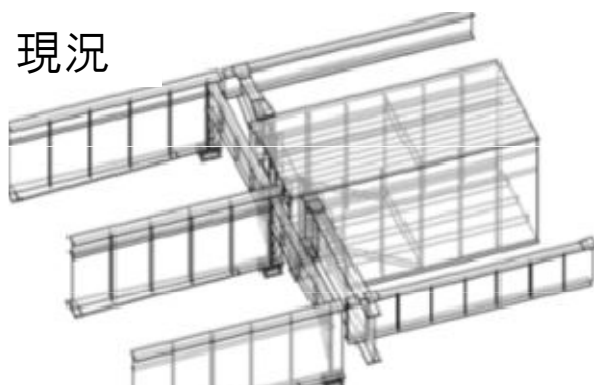
➤ 疲労危険度が高い橋梁から、**実応力測定による疲労照査**を実施し、対策が必要な継手の抽出、及びその補強内容を検討中

3-4. 鋼桁端部改良

■大規模修繕

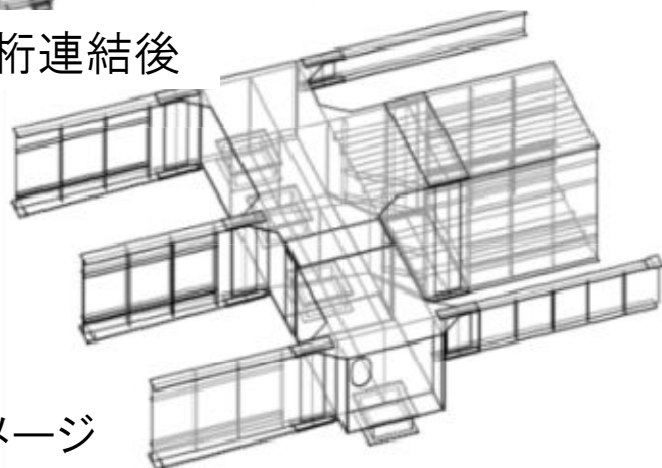
- 事業計画
 - ✓ ノージョイント化(桁連結、床版連結など)
 - ✓ 桁端部改良
- 課題
 - 連結化工法の効率化

現況



桁端マンホール設置例

異種桁連結後



異種桁連結イメージ



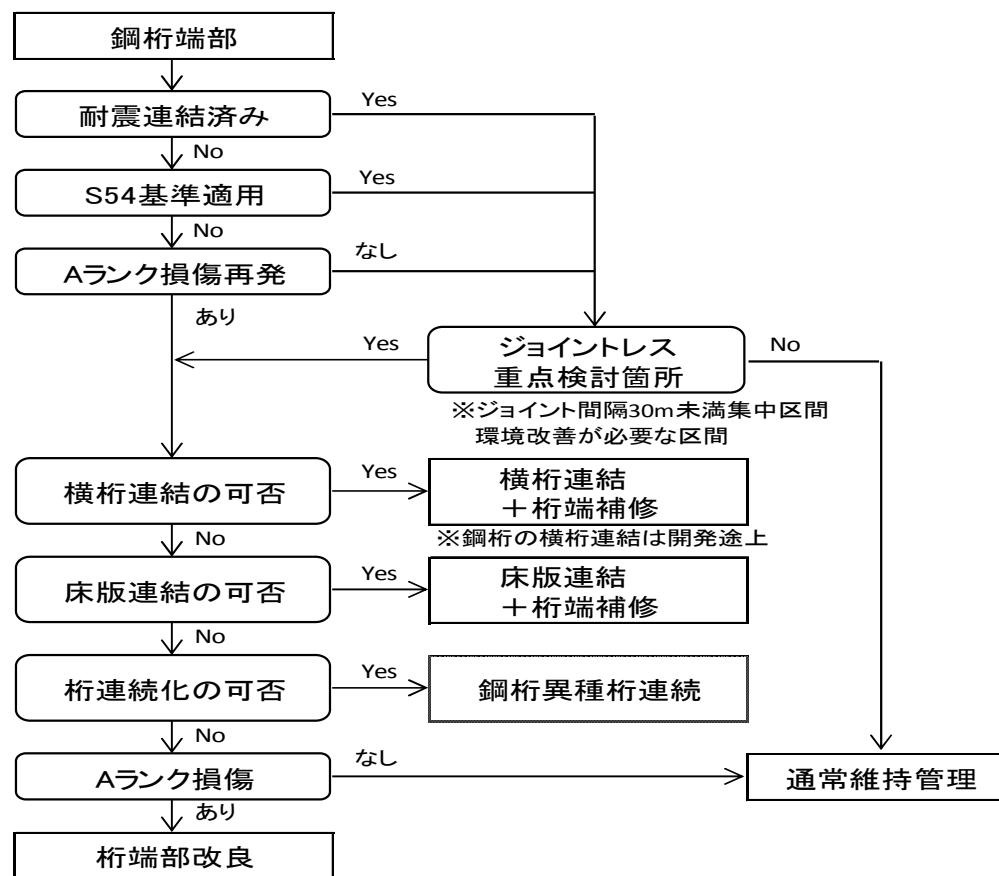
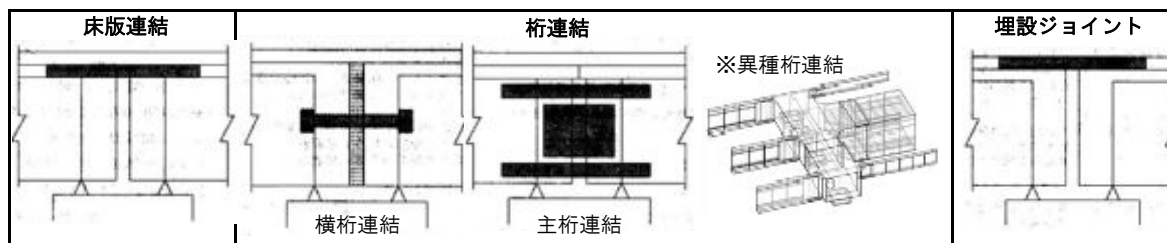
床版連結工事例

3-4. 鋼桁端部改良

■ ノージョイント化検討

- ・ 走行性の改善
- ・ 環境改善
- ・ 鋼桁端部の耐久性向上

ノージョイント構造

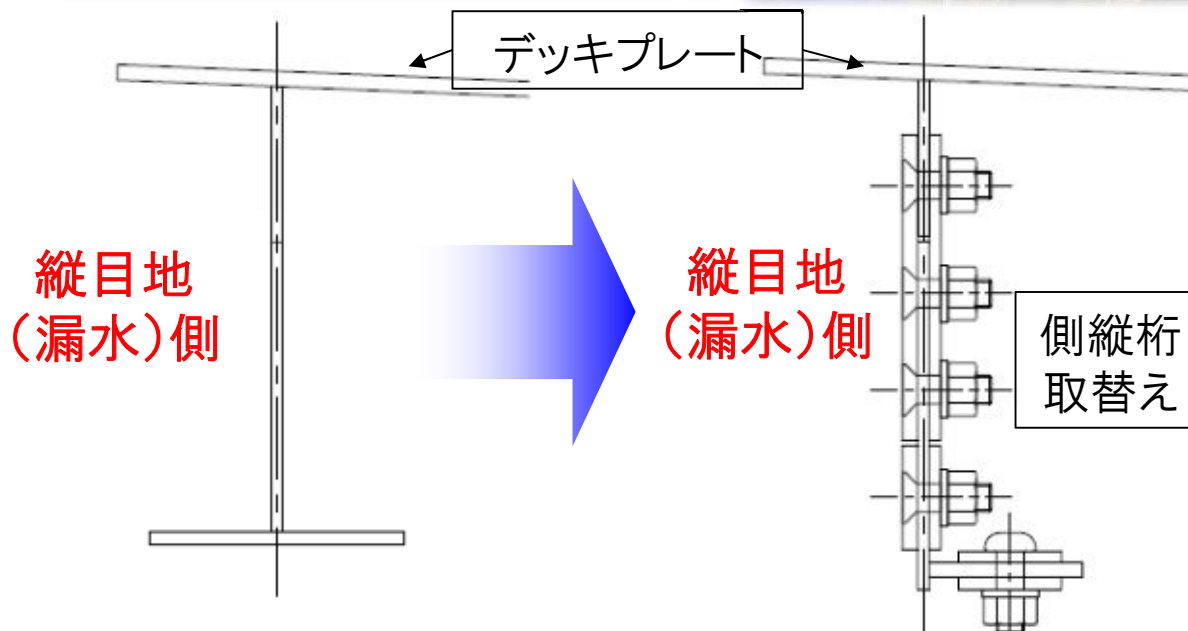


ノージョイント構造選定及び対策検討フロー(案)

3-4. 鋼桁端部改良

■ 鋼桁腐食取り組み状況

改良例(縦目地からの漏水により孔食した側縦桁の取り替え)



皿型ボルトで塗膜耐久性を向上 35