

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3回)

日 時 : 平成25年1月28日(月) 14:00~16:30

場 所 : 本社11F会議室

議 事 次 第

議 題

1. 開会
2. 第2回委員会議事要旨の確認
3. 議事
 - (1) 検討構造物の抽出と劣化予測
 - (2) その他
4. 閉会

資 料

No.3-1 第2回委員会 議事要旨

No.3-2 第3回委員会資料

参考 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 提言(要旨)

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3回）資料

No.3-1

日付：平成25年1月28日

第2回委員会 議事要旨

平成25年1月28日

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2回委員会 議事要旨

日時：平成24年12月22日（土）10:00～12:10

場所：阪神高速道路（株）11F 会議室

出席：委員長：渡邊 英一（京都大学名誉教授）

委員：小林 潔司（京都大学経営管理大学院 教授）

杉浦 邦征（京都大学大学院工学研究科 教授）

西井 和夫（流通科学大学総合政策学部 教授）

森川 英典（神戸大学大学院工学研究科 教授）

議事：

1. 第1回委員会議事要旨の確認
2. 阪神高速における橋梁マネジメントの現状及び課題
3. 長期維持管理及び更新の考え方
4. 検討構造物の抽出と劣化予測
5. その他

主な意見：

- ・ 構造物の劣化には、劣化の早いグループと劣化の遅いグループがある、この劣化速度のばらつきを考慮して保全しなければならない。
- ・ LCCだけでなく、構造物の特性を考えて、予防保全を充実しておく必要がある。例えば、PC構造物は損傷を発見しにくい、一度起こってしまうと十分な補修を行いくく、腐食を止められない。このため、特に塩化物の侵入を防止することが重要で、寿命に大きく影響する。
- ・ A S R橋脚に関しては補修効果のモニタリング、地震荷重に対する抵抗性について技術開発を行う必要がある。
- ・ 今後は長期の劣化特性を把握するための診断技術と予測技術の向上を図る必要があり、そういった技術開発への投資が必要。
- ・ 劣化シミュレーションの精度向上並びに判断基準の議論も必要であるが、劣化予測の精度向上には限界がある。
- ・ H-BMS（阪神高速道路橋梁マネジメントシステム）では現在の知見を最大限使いながらPDCAを継続して回すことが重要であるが、この委員会そのものがC（チェック）、A（アクション）であると認識すべき。これがH-BMSの進化の契機になればよい。
- ・ H-BMSは予防保全を前提にしたもので、大規模更新は前提としていない。よって、今までの枠組みを超えるのか、それがどの程度の規模となるのか、議論が必要。

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3回）資料

No.3-2

日付：平成25年1月28日

第3回委員会資料

平成25年1月28日

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3回)

平成25年1月28日

阪神高速道路株式会社

1. 検討構造物の抽出と劣化予測

①内的要因

「**構造物の高齢化等による要補修箇所増加**」

- ①－Ⅰ 再劣化と再補修を繰り返す構造物
- ①－Ⅱ 再補修できない構造物
- ①－Ⅲ 複合的な要因で機能回復が困難な構造物

→ 部分更新等(部材着目)、又は全体更新(構造物着目)

構造種別	検討構造物	検討要因の分類
基礎	鋼製フーチング	①－Ⅰ
橋脚	RC橋脚(ASR橋脚)	①－Ⅱ
コンクリート桁	有ヒンジPC橋	①－Ⅰ
コンクリート桁	PCポステンT桁	①－Ⅰ
鋼桁	鋼桁端部腐食	①－Ⅰ
鋼桁	鋼桁疲労	①－Ⅰ
鋼桁	複合劣化した橋梁	①－Ⅲ
床組	補修済みRC床版	①－Ⅱ
床組	鋼床版疲労	①－Ⅰ
付属	鋼製高欄	①－Ⅱ
土工	盛土のり面	①－Ⅰ
土工	切土のり面	①－Ⅰ
トンネル	山岳トンネル	①－Ⅰ
トンネル	開削トンネル	①－Ⅰ
トンネル	シールドトンネル	①－Ⅰ

構造種別	検討構造物	検討要因の分類	抽出理由(将来の懸念事項)
橋梁	鋼桁端部腐食	①－I	・維持管理空間が十分でない鋼桁端部については伸縮継手部からの雨水の浸入の防止は困難であり、減厚された部材の耐荷力保持は不可
	鋼桁疲労	①－I	・橋長の短い橋は活荷重比が大きく活荷重の累積によって疲労に対する強度等級の低い構造継手から疲労き裂が発生するリスクが高い
	鋼床版疲労	①－I	・疲労設計が考慮されていないUリブの場合、疲労に対する強度等級(片面すみ肉溶接)及びデッキプレートの剛性が低く疲労損傷が発生

構造種別	検討構造物	検討要因の分類	抽出理由(将来の懸念事項)
土工	切土のり面 盛土のり面	①-I	<ul style="list-style-type: none"> ・切土では雨水等の環境作用に脆弱な神戸層群の遅れ破壊が懸念、盛土では、盛土高10m以上で集水地形などの条件に該当する箇所について耐震上の脆弱度を診断して応急対策中 ・大規模な補強を講じないと必要機能の確保が困難と思慮
トンネル	山岳トンネル 開削トンネル シールドトンネル	①-I	<ul style="list-style-type: none"> ・特異な地山条件の山岳トンネルでは周辺地山の影響等によりひび割れ・はく落等の変状が発生 ・トンネル覆工の耐力を強化する内巻き補強等の大規模修繕無しでは機能維持が困難と思慮

鋼桁端部腐食

鋼桁端部の腐食状況

維持管理空間が十分でない鋼桁端部では、伸縮継手部からの雨水の浸入の防止は困難であり、錆、腐食といった損傷が発生。



主桁・支承部の腐食事例



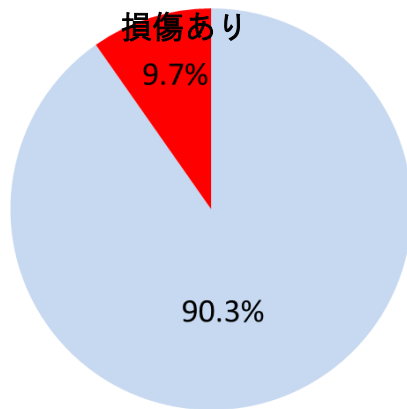
側縦桁の腐食事例

鋼桁端部のアセット管理

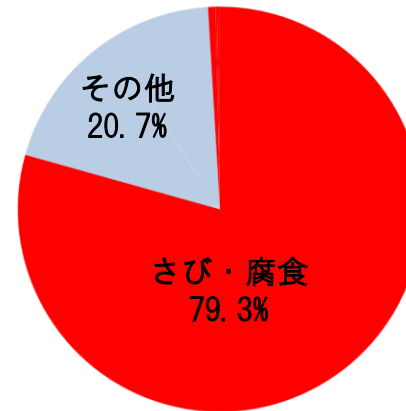
1. 損傷状況

- ・ 鋼桁端部の約10%に損傷が発生
- ・ そのうち約80%は「さび・腐食」による損傷
- ・ 「さび・腐食」部位の約50%が主桁
- ・ 腐食により断面欠損が生じているものは、全体の約63%

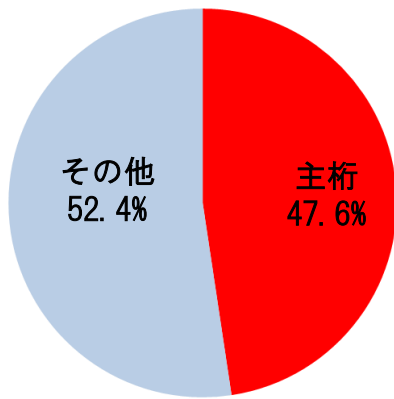
損傷発生割合



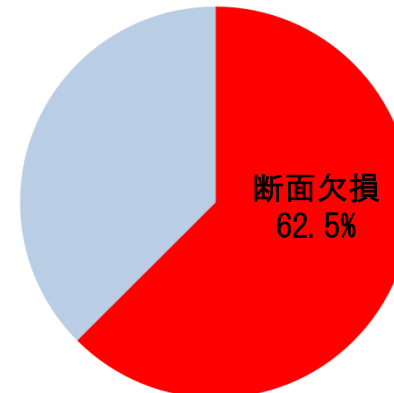
損傷内容別の割合



さび・腐食損傷の部位の割合



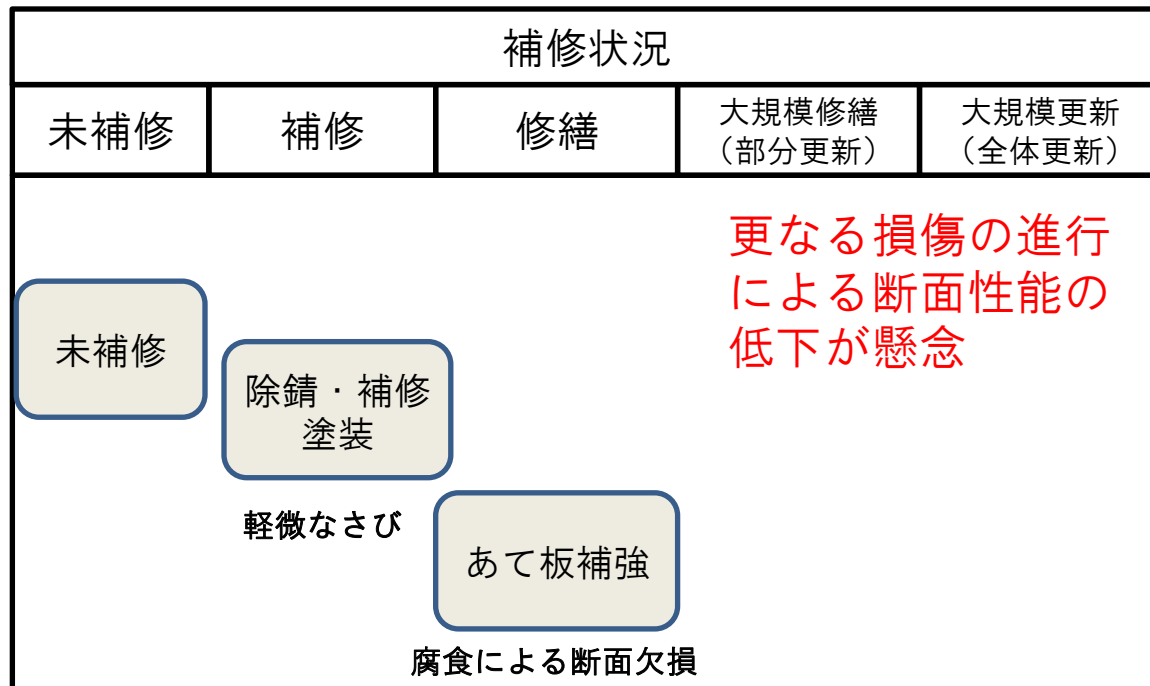
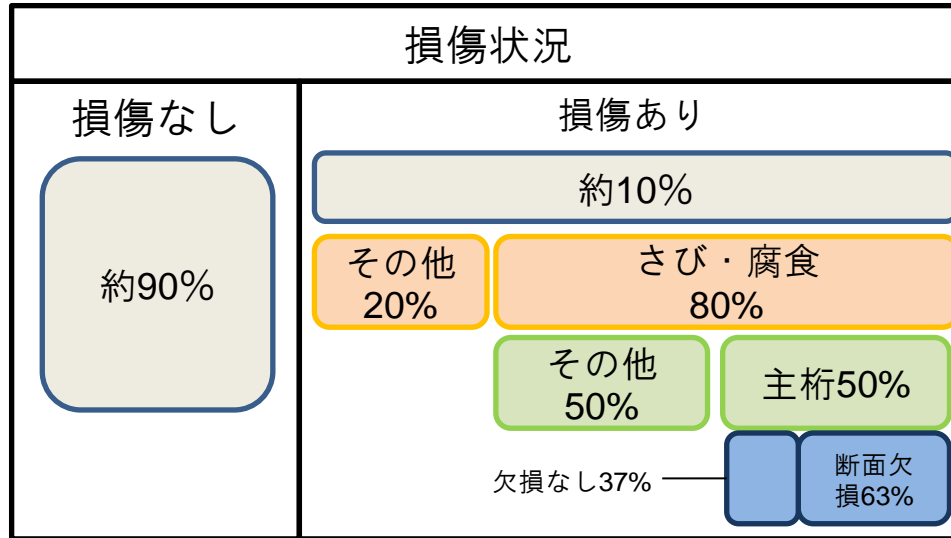
腐食損傷により断面欠損が生じている割合



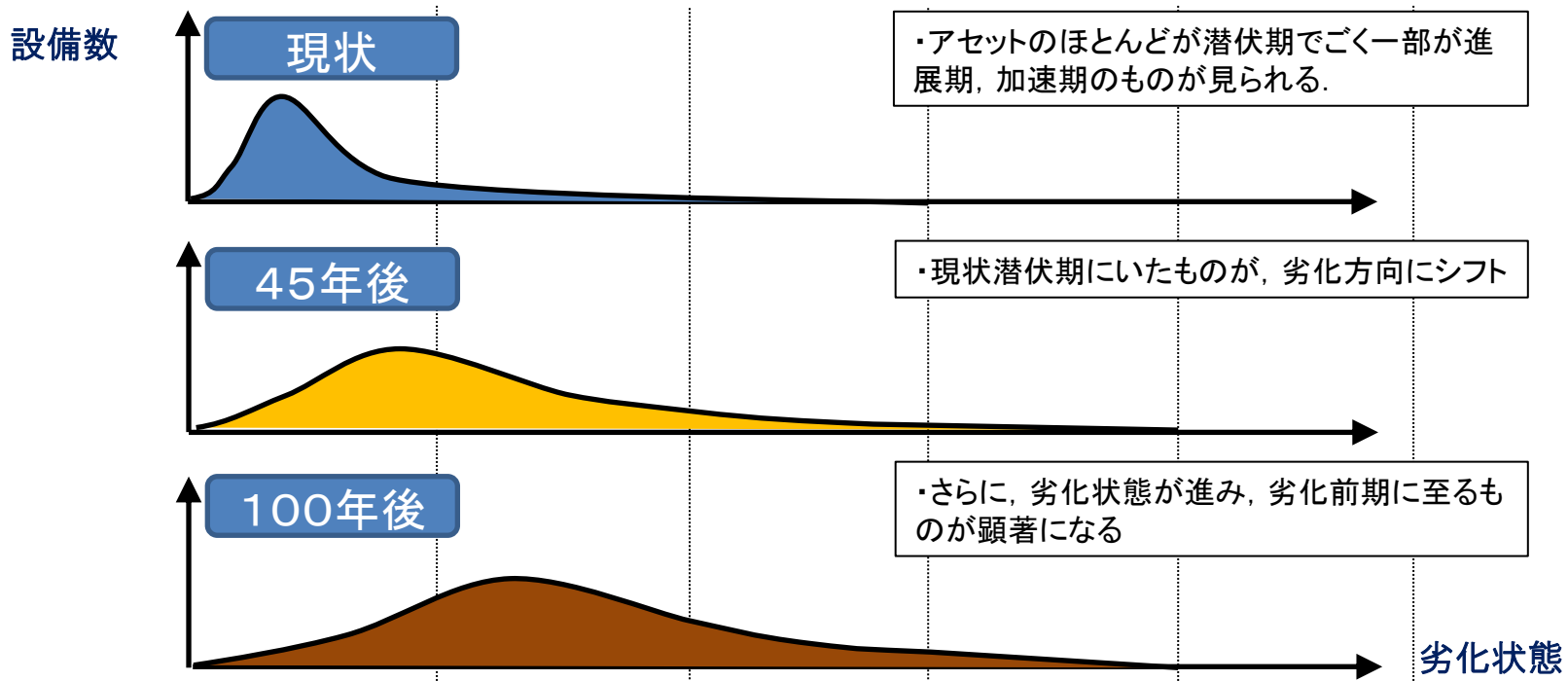
鋼桁端部のアセット管理

2. 管理状況

アセット数
約8,800箇所



鋼桁端部のアセット管理 (劣化シミュレーションと具体的施策のイメージ)

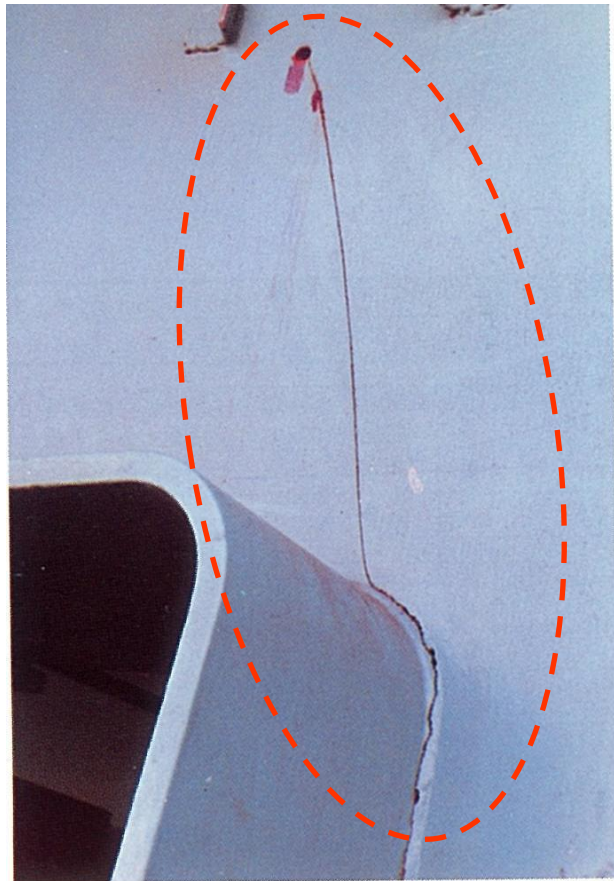


劣化状態	(潜伏期)	(進展期)	(加速期)	(劣化期(前期))	(劣化期(後期))
	塗膜の劣化	塗膜の劣化	塗膜の欠損・鋼材の錆	鋼材の腐食	断面の欠損
保全戦略	無し	補修	修繕	大規模修繕	大規模更新
保全施策	無し	機能回復	耐久性向上	部分更新	全体更新
具体的施策	無し	ケレン・再塗装	あて板・再塗装	部分取替	—

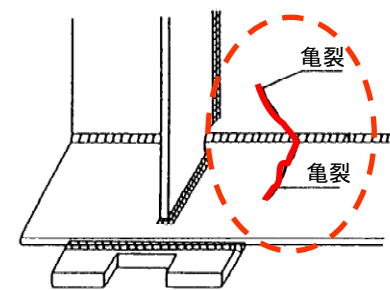
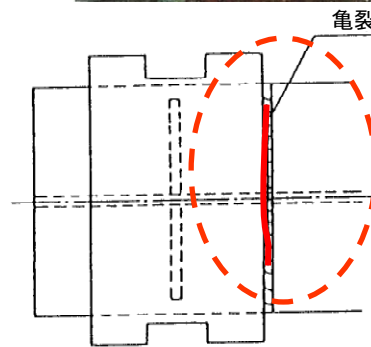
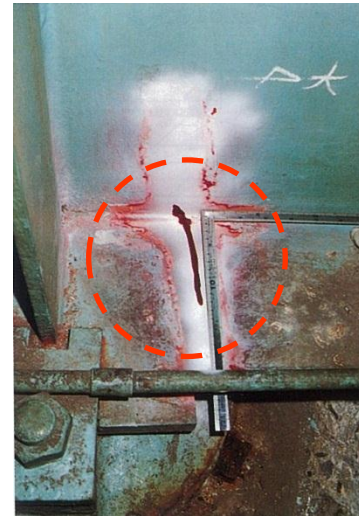
鋼桁疲労

鋼桁のアセット管理 従来の損傷状況 (参考)

鋼桁では、断面急変部や、疲労に対する強度等級が著しく低い継手部などの、ディテールが悪い部位に疲労き裂が発生。



主桁切欠部のき裂



支承部ソールプレート溶接部

鋼桁のアセット管理

現状のアセット管理の考え方 (参考)

損傷例

主桁と中間横桁・対傾構取合部の疲労損傷



写真-1 タイプ1の損傷



写真-2 タイプ2の損傷



写真-3 タイプ3の損傷



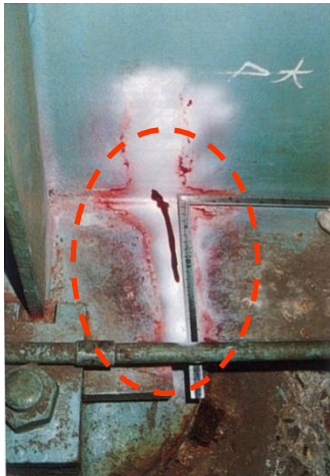
写真-4 タイプ4と1の損傷

補修 (補強) 例

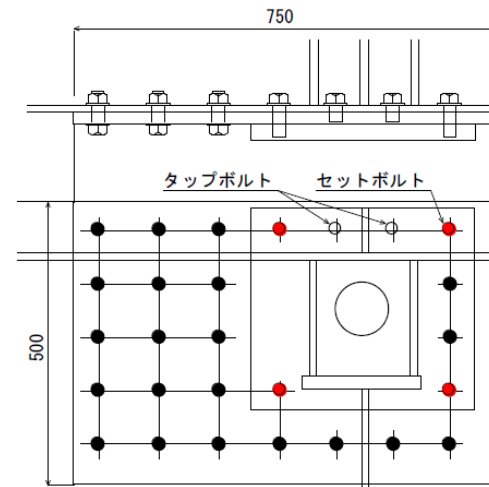
ウェブギャップ板の取り替え (形状改良)



ソールプレート部の疲労



支承取り替え及び高力ボルトによる取付け



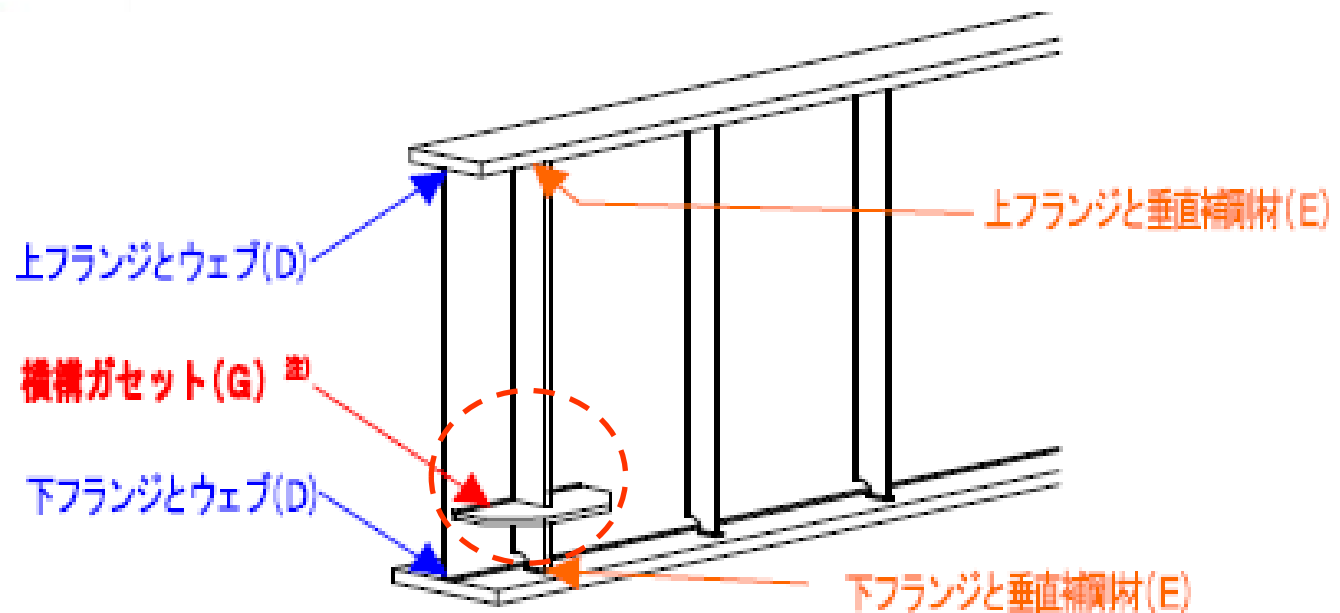
鋼I桁のアセット管理

1. 寿命予測

※短スパン橋は死荷重比が小さく疲労に対して厳しい

※竣工年度が古く大型車交通量も多い

→活荷重の累積によって、強度等級※の低い構造継手に疲労き裂が発生し、これを起因とする主桁の損傷に繋がるおそれ



※強度等級：道示に記載される継手の疲労強度の区分で、A～H'等の記号で示され、それぞれに対して疲労設計曲線が設定されている

図 鋼I桁に取りつく部材の継手構造と強度等級

鋼I桁のアセット管理

1. 寿命予測

損傷事例: Hoan Bridge: 2000

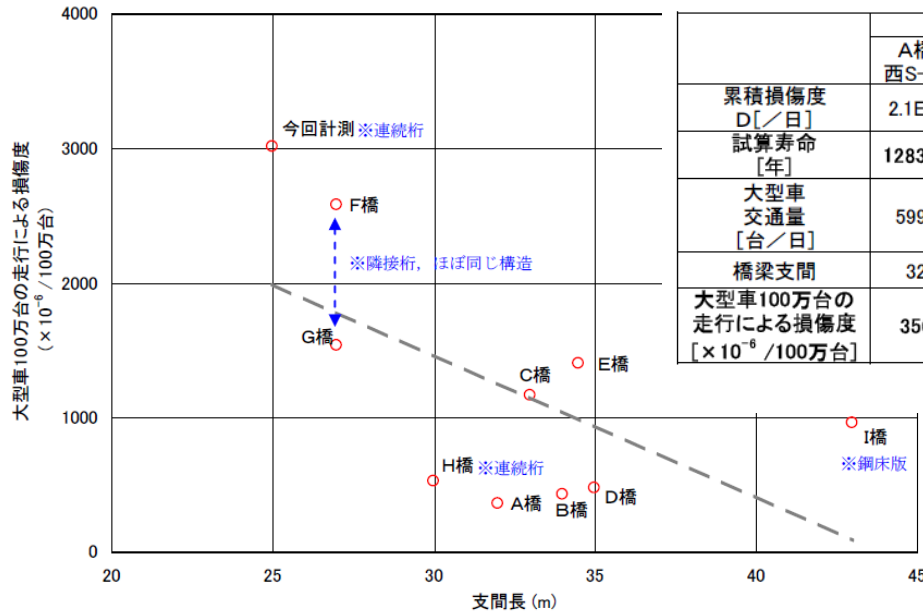
Milwaukee



面外ガセット溶接部からき裂

鋼桁のアセット管理

1. 寿命予測



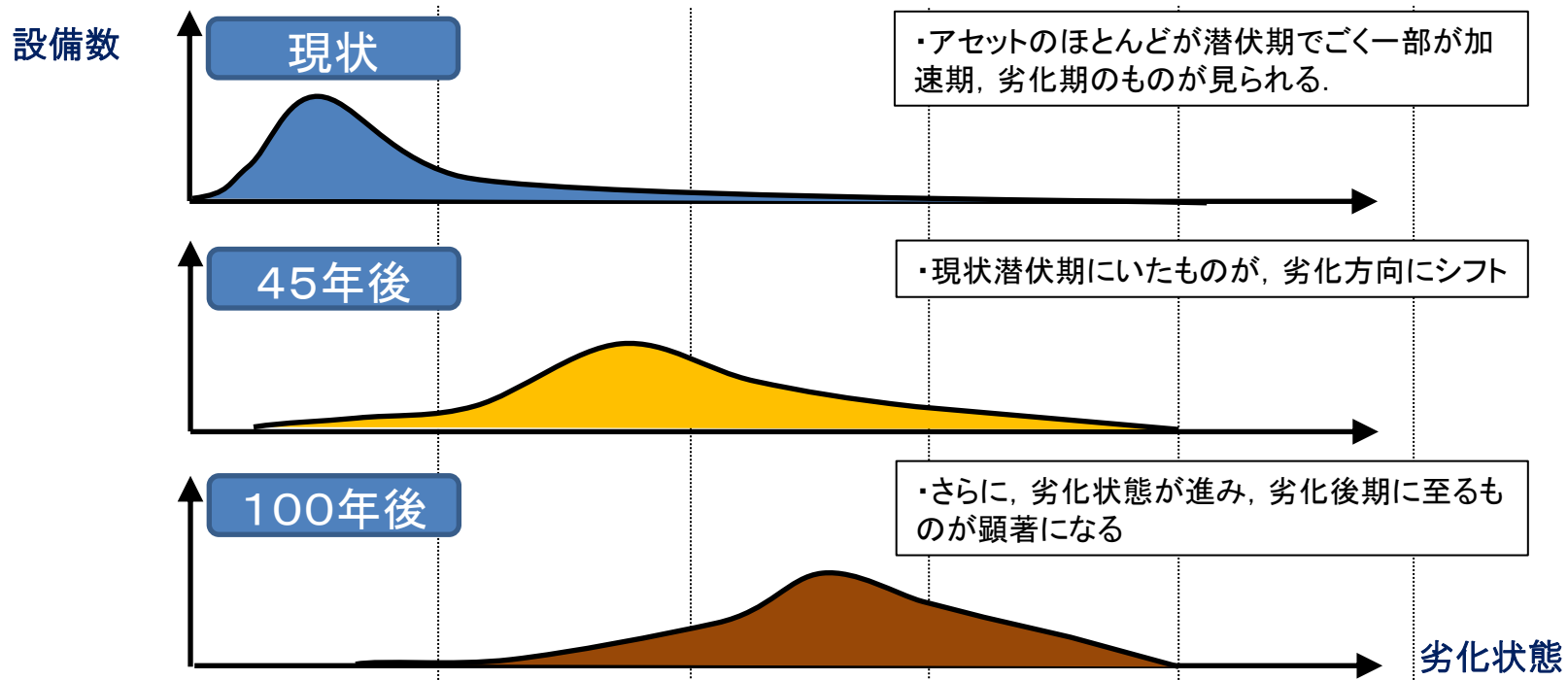
	既往の計測結果									今回の計測結果 神S-501
	A橋 西S-79	B橋 神S-11	C橋 神S-29	D橋 神S-60	E橋 神S-72	F橋 神S-339	G橋 神S-340	H橋 神S-356	I橋 神S-699	
累積損傷度 D[\diagup 日]	2.1E-06	4.0E-06	1.1E-05	6.0E-06	1.7E-05	4.2E-05	2.5E-05	8.7E-06	1.3E-05	3.9E-05
試算寿命 [年]	1283.9	677.8	248.0	459.9	157.9	65.5	110.3	316.1	204.4	69.8
大型車 交通量 [台/日]	5994	9525	9525	12591	12419	16211	16211	16633	14015	13038
橋梁支間	32	34	33	35	34.5	27	27	30	43	25
大型車100万台の 走行による損傷度 [$\times 10^{-6}$ /100万台]	356	424	1160	473	1397	2579	1533	521	957	3012

注1) 応力範囲 $\Delta\sigma$ は面外ガセット位置換算応力とした。
 注2) 疲労強度等級はJSSC-G等級($\Delta\sigma f=50\text{MPa}$)とした。

※疲労寿命(年)は対象部材を評価したものであり橋梁を評価したものではない。

- ◆ 橋長30m以下で大型車交通量の多い鋼桁の面外ガセットの疲労寿命は、他と比べ著しく劣る。永続的な使用を考える場合には、全数に対して損傷対策が必要と思慮
- ◆ 橋長30m以下(約40%)はあて板補強などの対応が必要と思慮
- ◆ 橋長30m超の鋼桁及び箱桁は、従来の対処療法的な手法で対応

鋼桁のアセット管理 (劣化シミュレーションと具体的施策のイメージ)

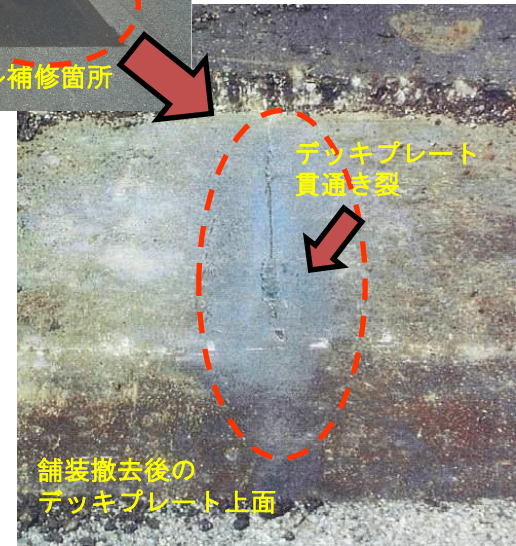
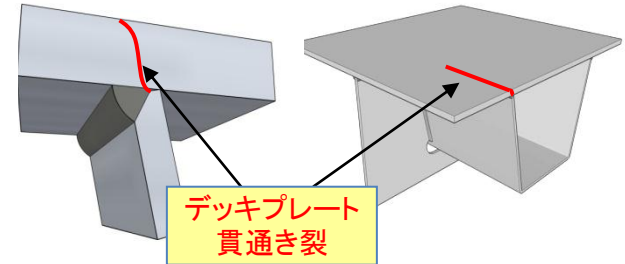
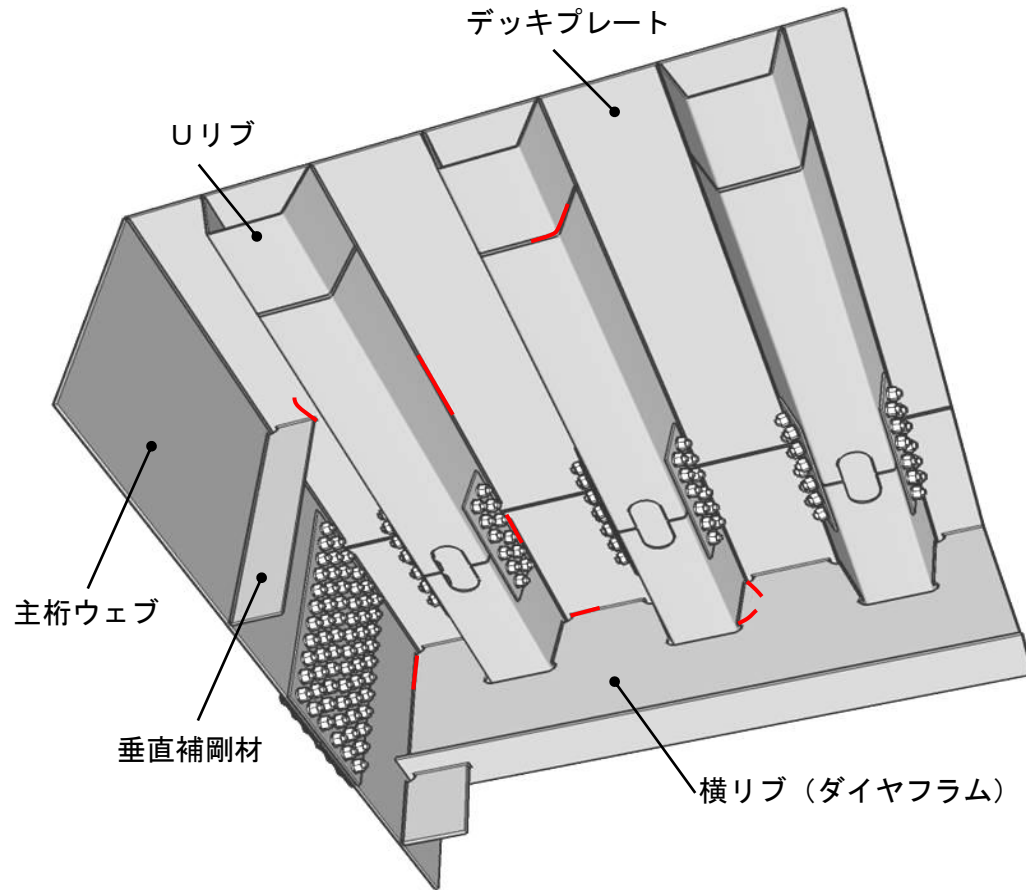


劣化状態	(潜伏期)	(進展期)	(加速期)	(劣化期(前期))	(劣化期(後期))
		疲労の蓄積	亀裂の発生	亀裂の進展	亀裂の大幅な進展
保全戦略	無し	補修	修繕	大規模修繕	大規模更新
保全施策	無し	機能回復	耐久性向上	部分更新	全体更新
具体的施策	無し	ストップホール・補修溶接	当て板	構造改良・部分取替	—

鋼床版疲労

鋼床版のアセット管理

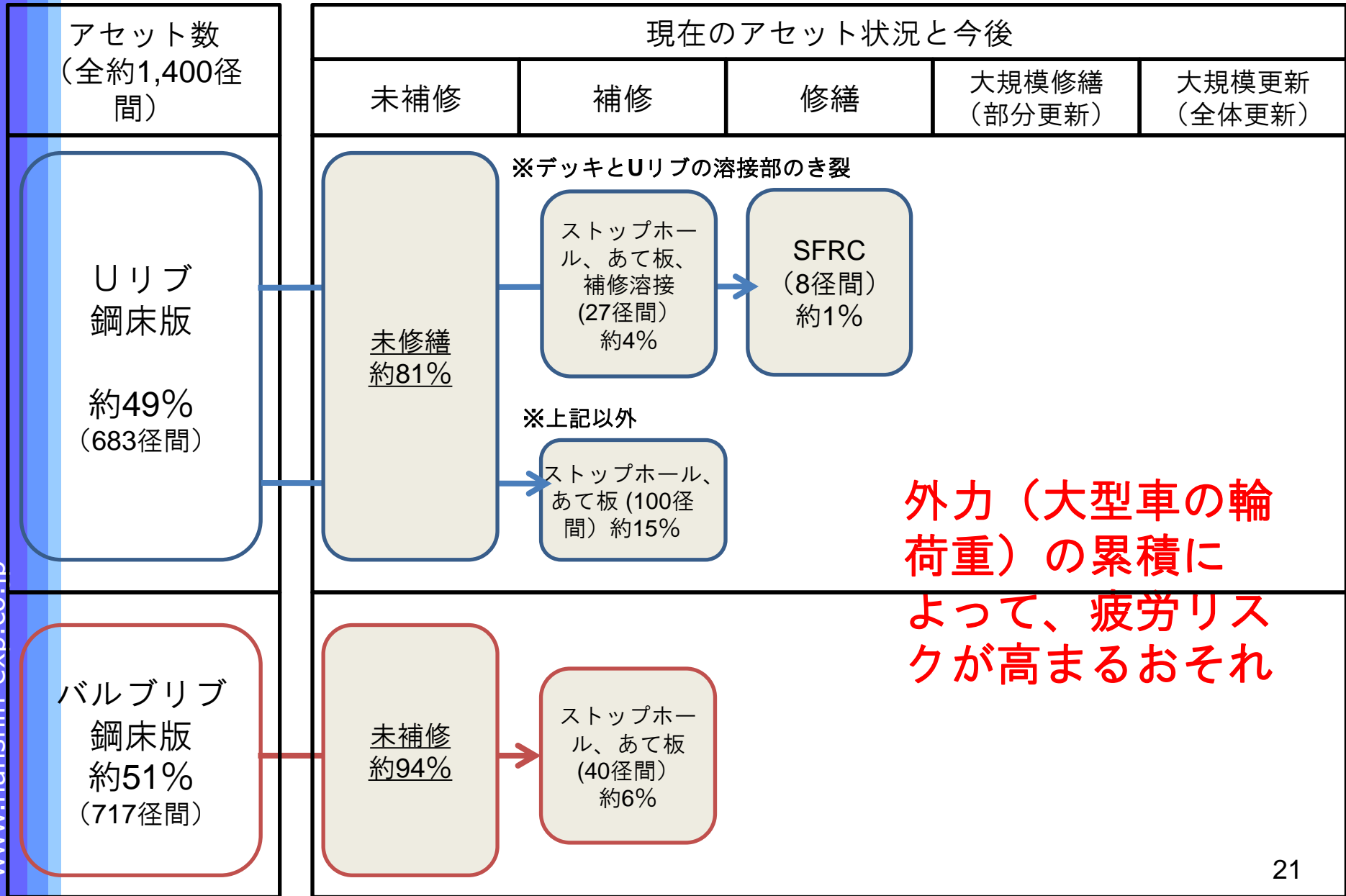
1. 損傷状況



➤ 輪荷重によるデッキプレートの局所的な曲げ変形とUリブの板曲げ変形によって、溶接ルート部に高い応力集中が発生

鋼床版のアセット管理

2. 現在のアセット状況



外力（大型車の輪荷重）の累積によって、疲労リスクが高まるおそれ

鋼床版のアセット管理

5. アセット予測 (部分更新のイメージ)

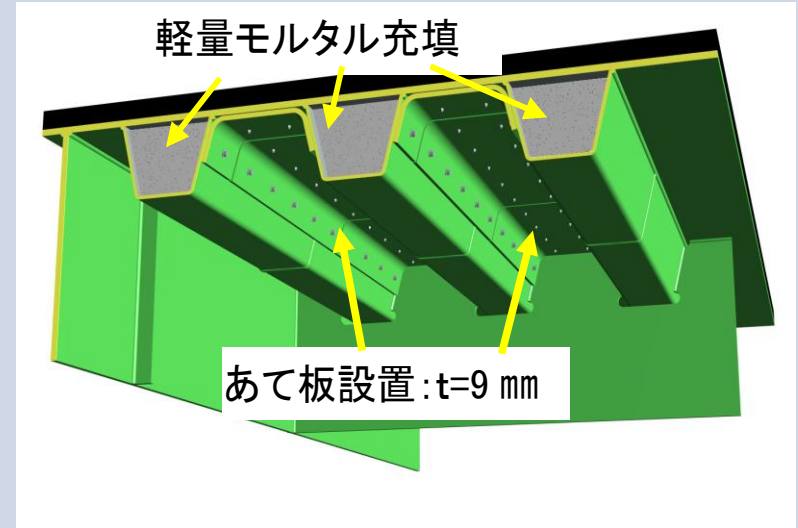
大規模修繕1

大規模修繕2

想定する
工法



SFRC舗装



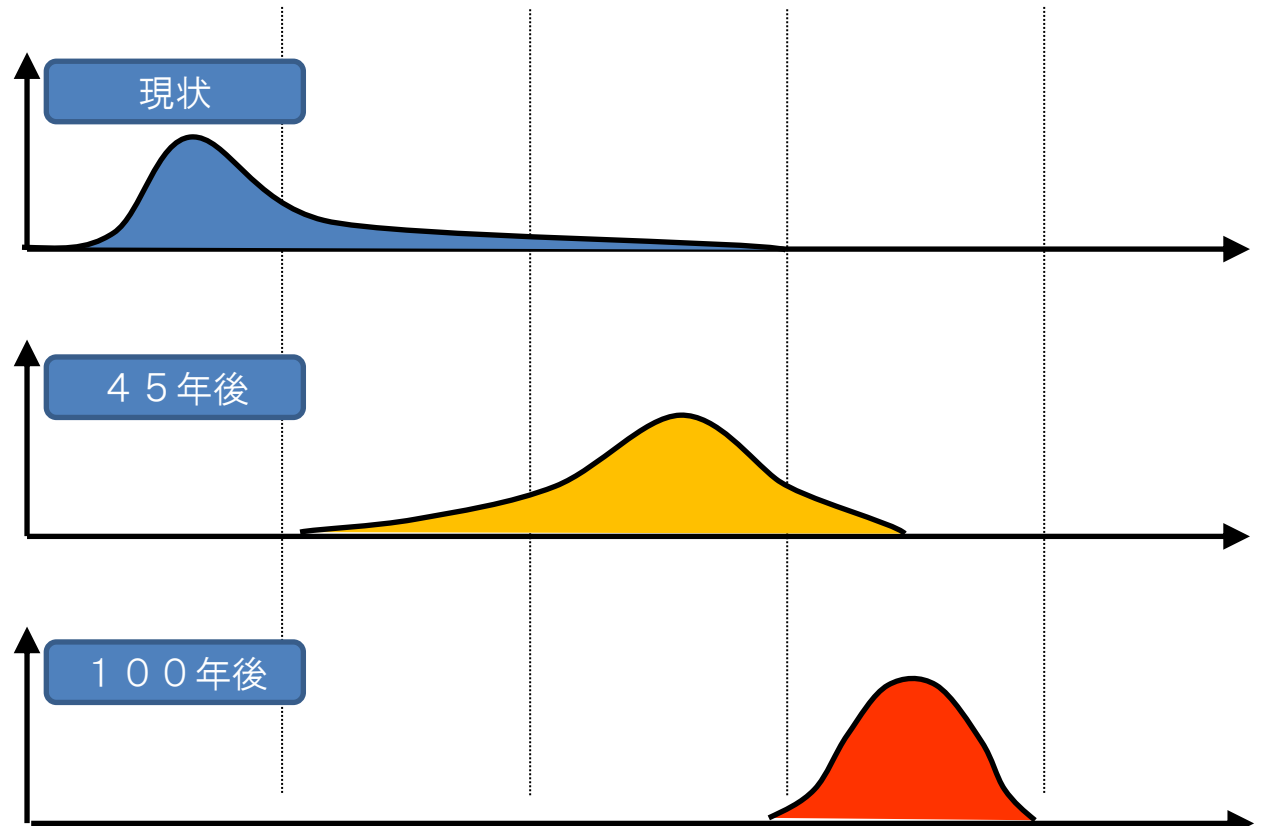
高耐久型補強のイメージ
(Uリブ内面モルタル充填+あて板補強)

耐用年数

30~50年

100年以上

鋼床版のアセット管理 (劣化シミュレーションと具体的施策のイメージ)



(劣化状態)	(潜伏期)	(進展期)	(加速期)	(劣化期(前期))	(劣化期(後期))
保全戦略	無し	補修	修繕	大規模修繕	大規模更新
保全施策	点検	耐久性向上施策	耐荷性向上施策	部分更新	全体更新
具体的施策	—	ストップホール補修溶接	当て板	SFRCまたは高耐久補強	—

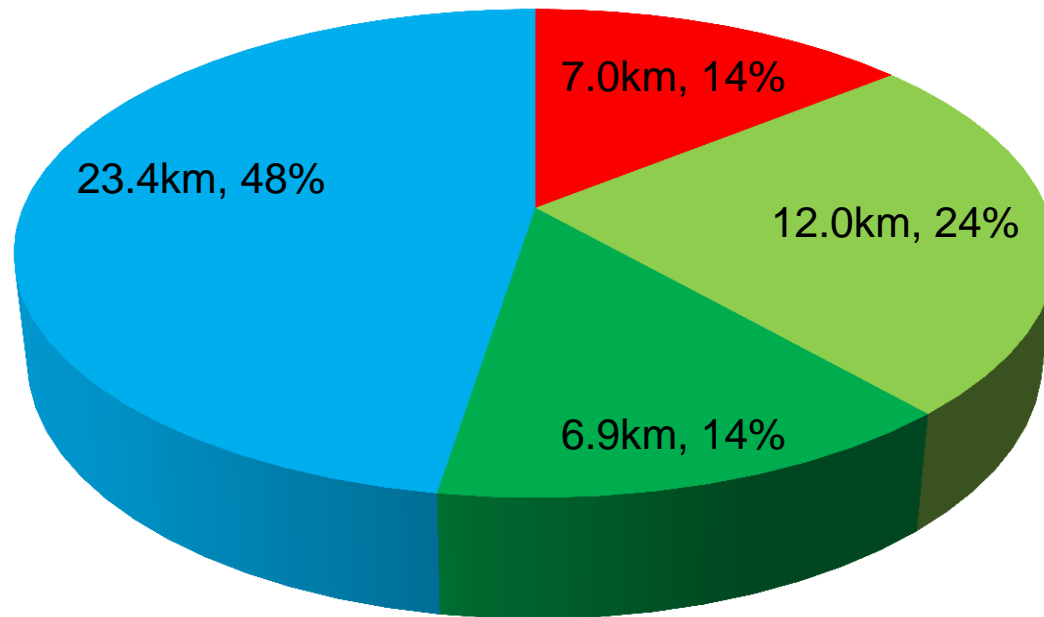
トンネル

トンネルのアセット管理 (トンネル構造物一覧)

エリア	路線名	トンネル名称	供用年月	供用年数	延長(m)			トンネル工法		
大阪	池田線	伊丹	H10.4	14	北行(下り)	725	南行(上り)	725	開削(マスコン対策にLセメント使用せず)	
		井吹	S60.8	27	東行(下り)	195	西行(上り)	195	山岳(在来工法)	
兵庫	北神戸線	大山寺第1	S61.4	26	東行(下り)	283	西行(上り)	257	山岳(在来工法)	
		大山寺第2	S61.4	26	東行(下り)	78	西行(上り)	66	山岳(在来工法)	
		藍那	H2.7	22	東行(下り)	1,176	西行(上り)	1,171	山岳(在来工法)	
		長坂山	H2.7	22	東行(下り)	745	西行(上り)	715	山岳(NATM)	
		新唐櫃	H10.4	14	東行(下り)	2,077	西行(上り)	2,071	山岳(NATM)	
		新有野	H10.4	14	東行(下り)	639	西行(上り)	647	山岳(NATM)	
		有馬北	H15.4	9	東行(下り)	1,810	西行(上り)	1,883	山岳(NATM)	
		金仙寺	H15.4	9	東行(下り)	232	西行(上り)	262	山岳(NATM)	
		畑山	H15.4	9	東行(下り)	575	西行(上り)	792	山岳(NATM)	
		神戸山手線	神戸長田(神戸長田ランプ以北)	H15.8	9	北行(下り)	2,118	南行(上り)	2,184	山岳(NATM)
	神戸長田(南伸部)1		H22.12	2	北行(下り)	520	南行(上り)	460	開削(マスコン対策にLセメント使用せず)	
	神戸長田(南伸部)2		H22.12	2	北行(下り)	1,268	南行(上り)	720	開削(マスコン対策にLセメント使用)	
	妙法寺第1		H15.8	9	北行(下り)	628	南行(上り)	517	山岳(NATM)	
	妙法寺第2		H15.8	9	北行(下り)	153	南行(上り)	196	山岳(NATM)	
	白川		H15.8	9	北行(下り)	1,107	南行(上り)	1,161	山岳(NATM)	
	新神戸トンネル		新神戸(北行)	S51.5	36	北行(下り)	6,986			山岳(在来工法)
			新神戸(南行)	S63.11	24			南行(上り)	7,110	山岳(NATM)
			新神戸(Ⅱ期)	H18.3	6	北行(下り)	781	南行(上り)	950	山岳(NATM)・開削(マスコン対策にLセメント使用)
	京都		京都線	稲荷山	H20.6	4	西行(下り)	2,538	東行(上り)	2,538
				トンネル総延長(上下線合計)					49,254	
			供用年数30年以上の延長(上下線合計)					6,986		
			供用年数20年以上30年未満の延長(上下線合計)					11,991		
			供用年数10年以上20年未満の延長(上下線合計)					6,884		
			供用年数10年未満の延長(上下線合計)					23,393		

トンネルのアセット管理 (トンネル構造物の供用年数)

- 供用年数30年以上
- 供用年数20年以上30年未満
- 供用年数10年以上20年未満
- 供用年数10年未満

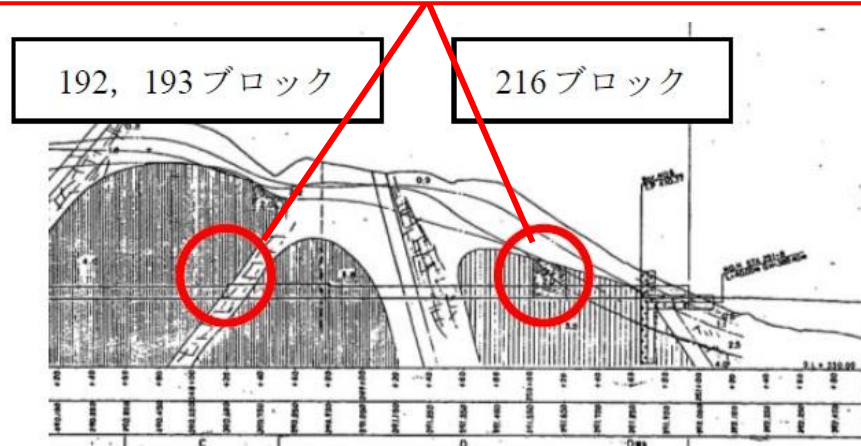


約60%が供用後20年未満のトンネル

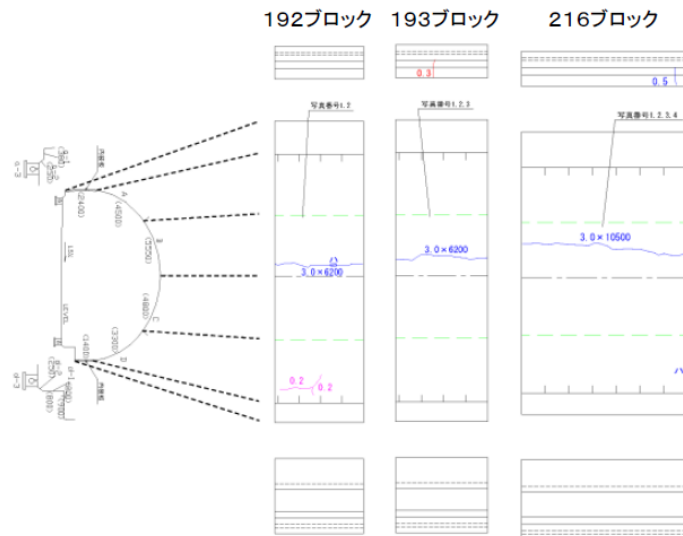
トンネルのアセット管理 (トンネル構造物の損傷状況)

新唐櫃トンネル、井吹トンネル（特異な地山条件の箇所位置する山岳トンネル）

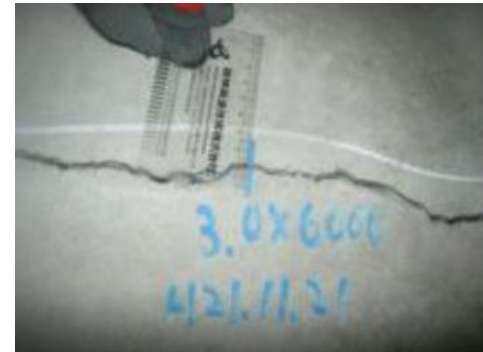
断層破碎帯や変質帯においてAランクのひび割れ損傷発生



新唐櫃トンネル



193ブロック



トンネルのアセット管理 (トンネル構造物の補修状況)

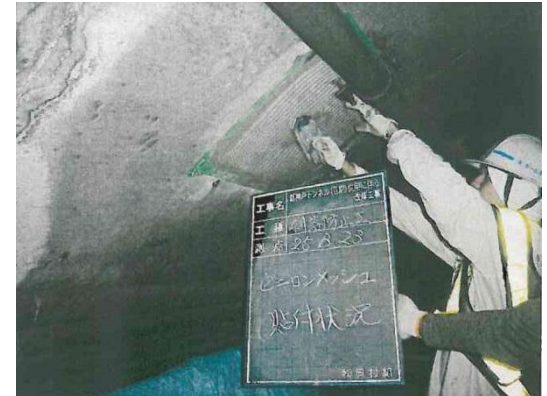
新神戸トンネル（北行）（供用年次が古く在来工法で施工の山岳トンネル）



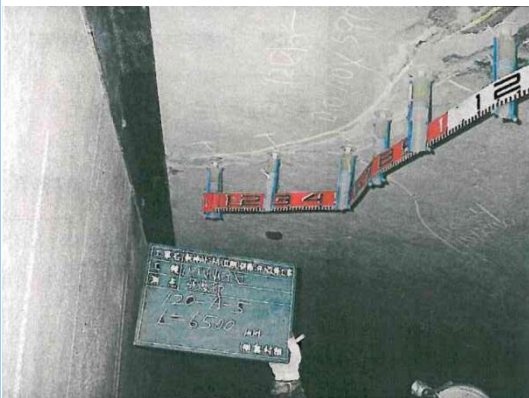
裏込め注入工



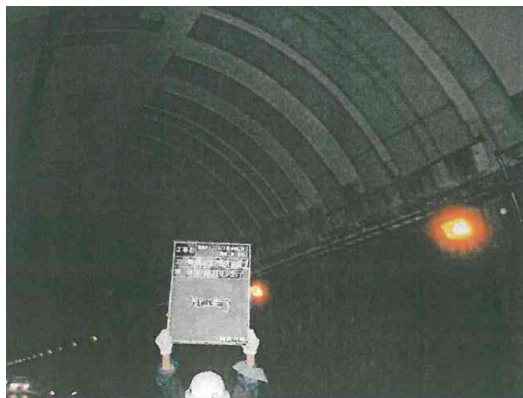
断面修復工



剥落防止工



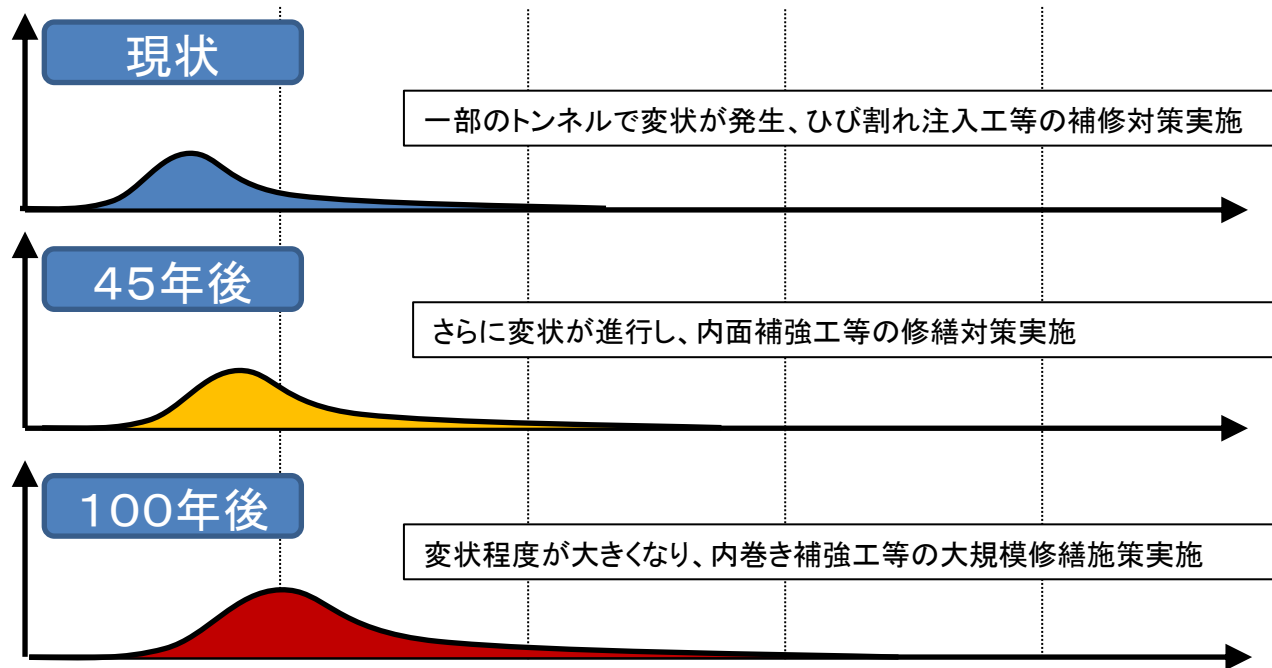
ひび割れ注入工



導水樋設置工

今後は劣化状況に応じて内巻き補強工等の大規模修繕メニューが必要となる可能性あり

トンネルのアセット管理 (劣化シミュレーションと具体的施策のイメージ)



劣化状態	潜伏期	進展期	加速期	劣化期(前期)	劣化期(後期)
保全戦略	無し	補修	修繕	大規模修繕	大規模更新
保全施策	点検	耐久性向上施策	耐荷性向上施策	部分更新	全体更新
具体的施策	—	ひび割れ注入工・断面修復工・あて板工・導水樋工等	内面補強工・裏込め注入工等	内巻き補強工等	—

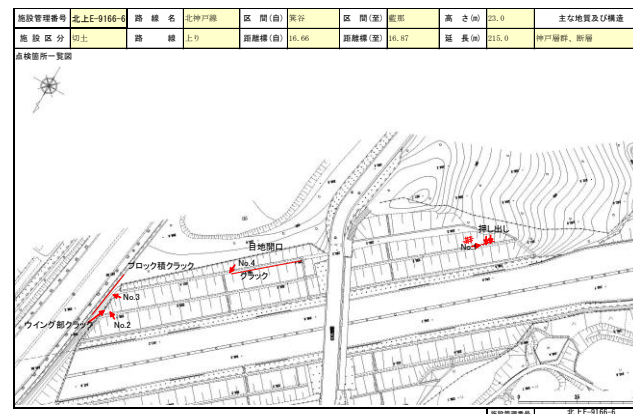
±I

土工部のアセット管理 (土工部管理の状況)

- 北神戸線・神戸山手線が位置する路線の地質的特徴（神戸層群：スレーキングによる遅れ破壊等を示す、取り扱いが困難な材料）
- 切土では、雨水等の環境作用に脆弱な神戸層群の遅れ破壊が懸念、変状の進行程度に応じて、止水工などの措置を実施しているところ
- 盛土では、国の通知に基づく緊急点検により、盛土高10m以上で集水地形などの条件に該当する箇所について耐震上の脆弱度を診断、1次スクリーニングで40か所を抽出、2次スクリーニングによる2か所を現在応急対策中
- 切盛土全アセット数量570か所に対し、現在76箇所を重点監視中



切土法面（松尾崎土工） 盛土法面（西宮山口ランプ）
2004年の台風による被害（台風21号、23号）



カルテ点検箇所一覧図の例

土工部のアセット管理 (土工部のり面対策工)



のり面保護工 (植生のり面)



のり面保護工 (吹き付け枠のり面)

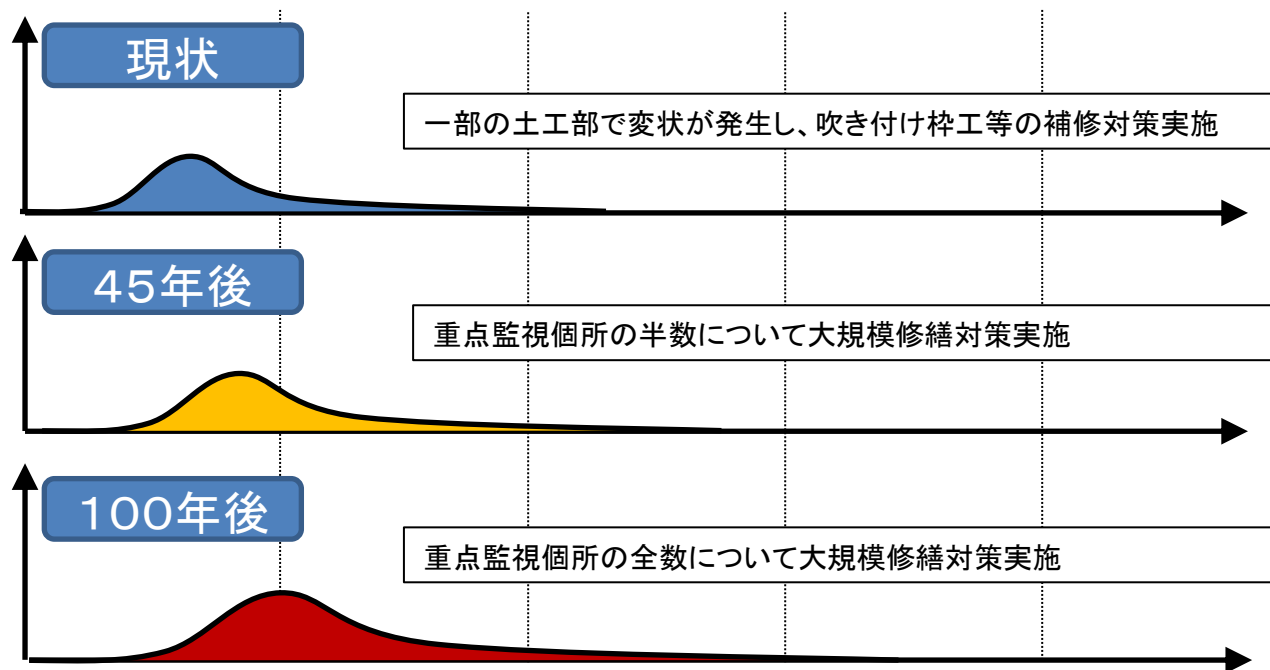


排水対策工 (ボーリング)



のり面保護工 (のり枠+アンカーのり面)

土工部のアセット管理 (劣化シミュレーションと具体的施策のイメージ)



劣化状態	潜伏期	進展期	加速期	劣化期(前期)	劣化期(後期)
保全戦略	無し	補修	修繕	大規模修繕	大規模更新
保全施策	点検	耐久性向上施策	耐荷性向上施策	部分更新	全体更新
具体的施策	—	法面の補修、排水工の補修等実施	吹き付け砕工、排水対策工等実施	アンカー補強によるのり面対策工（再補強含む）	—

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3回委員会 議事要旨

日時：平成25年1月28日（月）14:00～16:20

場所：阪神高速道路（株）11F 会議室

出席：委員長：渡邊 英一（京都大学名誉教授）

委員：小林 潔司（京都大学経営管理大学院 教授）

杉浦 邦征（京都大学大学院工学研究科 教授）

西井 和夫（流通科学大学総合政策学部 教授）

森川 英典（神戸大学大学院工学研究科 教授）

議事：

1. 第2回委員会議事要旨の確認
2. 検討構造物の抽出と劣化予測
3. その他

主な意見：

- ・ 鋼桁端部腐食は、材料が改善され新設構造物は対応が可能であるが、都市内の既設構造物については工法的な制約があり抜本的な対策が必要ではないか。
- ・ 鋼桁疲労は、既に累積疲労を受けているため、通常の補修以上に抜本的な対策が必要ではないか。
- ・ 大規模修繕や大規模更新をする場合には、従来と同形式・構造にこだわらず、メンテナンスを考慮した構造を採用すべき。
- ・ 鋼桁端部は、PC 構造物と同様、伸縮継手からの漏水や凍結防止剤による塩化物の侵入を抑制することが重要であり、技術開発が望まれる。
- ・ 在来工法によるトンネルについては、コンクリートの品質や、裏込め部の空洞の問題に対処することが重要である。
- ・ 東日本大震災でゴム支承の破断事例があったが、今後、支承の損傷状況を踏まえた検証が必要ではないか。
- ・ 今後100年の管理を考えると、想定外の事象や構造物の劣化以外の要因も含めてどう取り込むかが課題である。
- ・ 大規模更新を実施する場合には通行止め等に起因する交通への影響があり、ネットワーク論と組み合わせて方針を考える必要がある。
- ・ 阪神圏では東海・東南海・南海の連動地震への迅速な対策が求められており、道路ネットワーク機能の維持の観点からも、そのリスクについて検討・評価の必要がある。
- ・ 建物と一体となっている構造物については建物側の機能の陳腐化によって更新せざるを得ない状況が予想される。大規模更新の事業規模を議論する場合には考慮に入れないといけない。
- ・ 有ヒンジPC橋は長期的視点で考えると好ましい構造でなく、架け替えを考えるべき。

以上