

2. 2 NEXCOの取組み

服部 雅史

(株) 高速道路総合技術研究所

第43回鋼構造基礎講座

「塗替塗装に関する基礎知識と課題への取り組み最前線」

塗替塗装の要領と最適化への取り組み ～NEXCOの取り組み～

2022.11.11

(株)高速道路総合技術研究所

服部 雅史

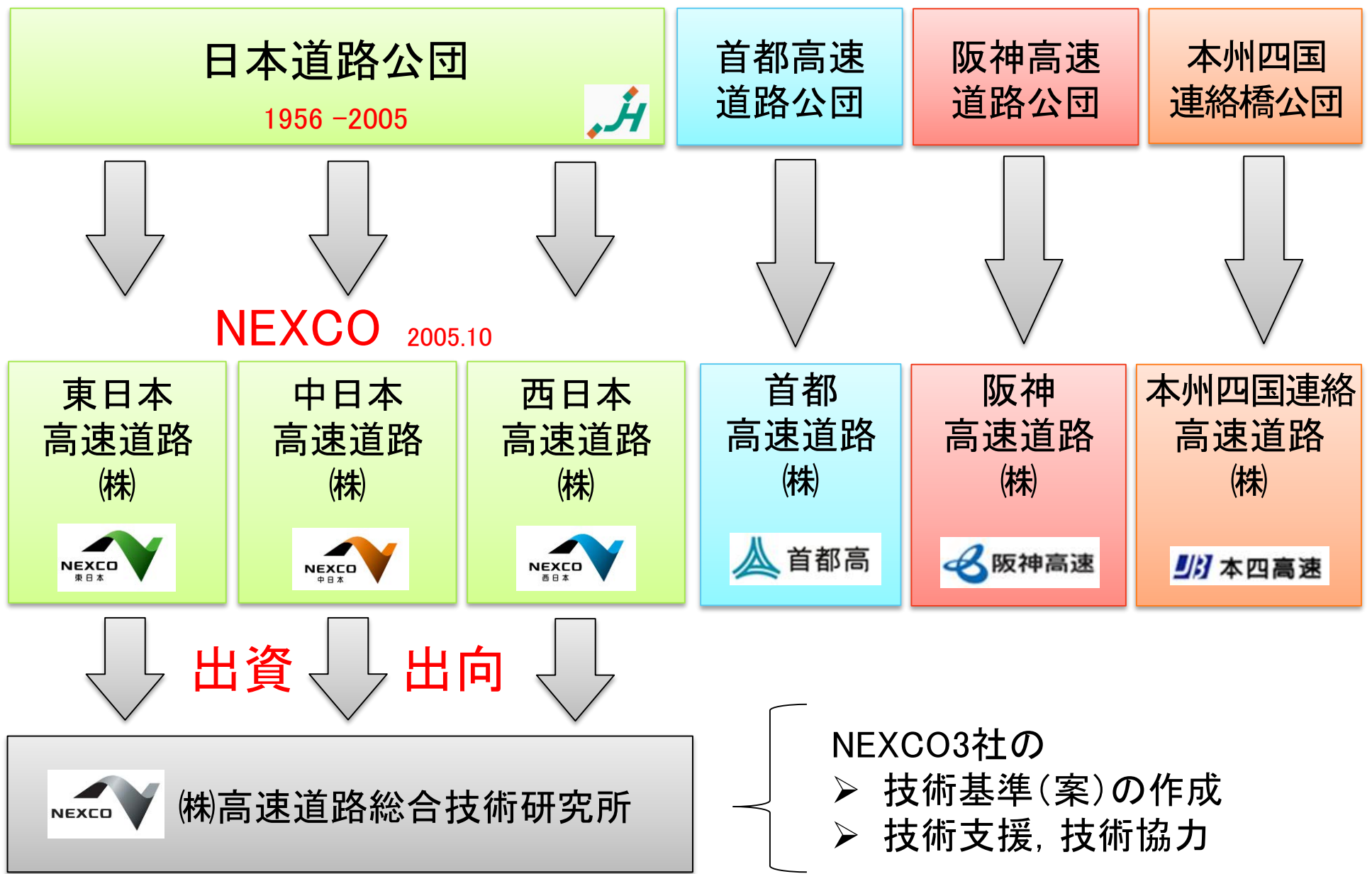
1. NEXCO総研の紹介
2. NEXCOの塗替塗装の要領
3. 剥離しにくい塗膜の検討
4. 塗膜の点検補助

1. NEXCO総研の紹介

2. NEXCOの塗替塗装の要領

3. 剥離しにくい塗装の検討

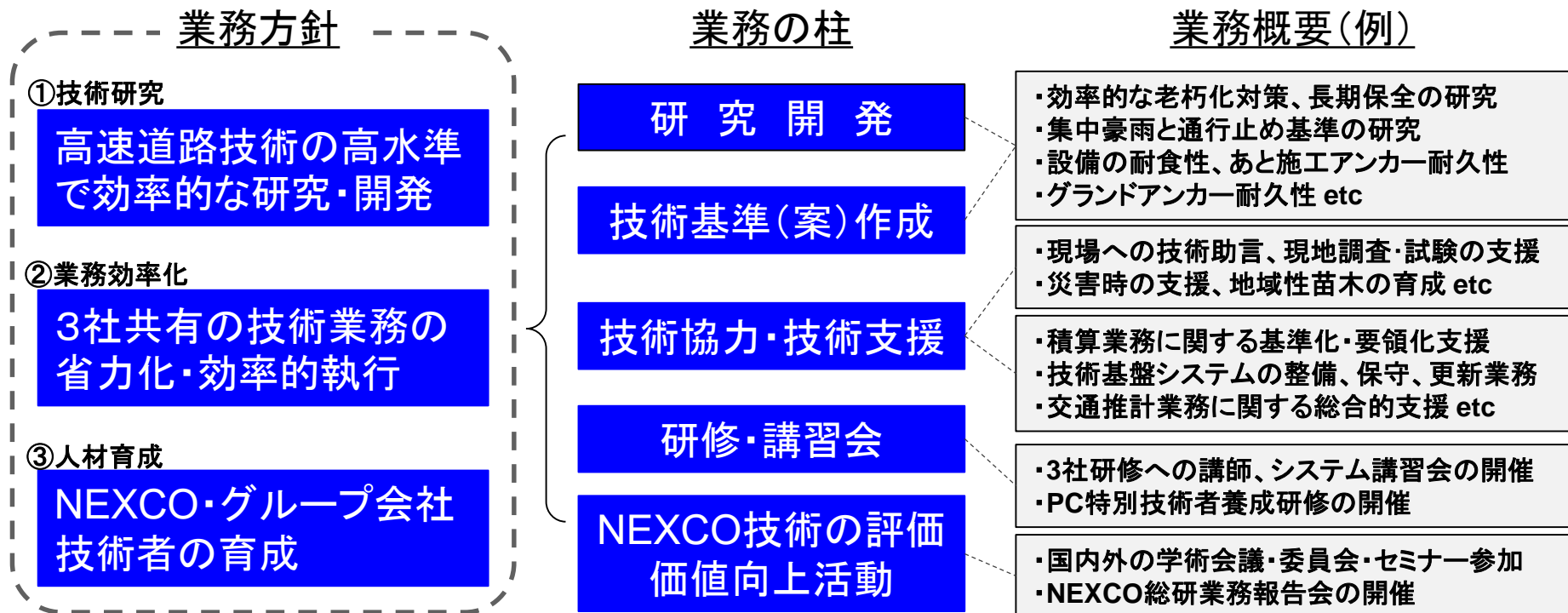
4. 塗膜の点検補助



NEXCO総研の設立趣意 (2007.4)

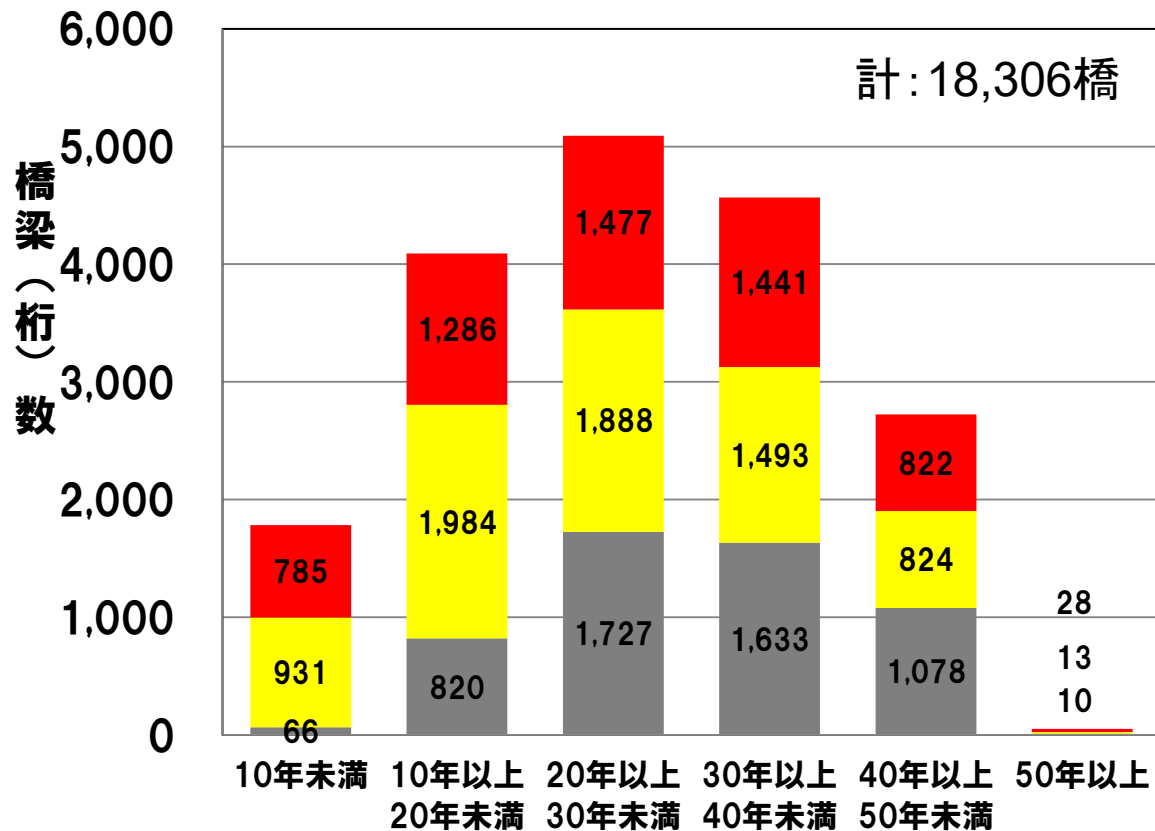
NEXCO 3社の発展に資するべく、高速道路技術の粋を集約し、高水準で効率的な調査・研究及び技術開発を共同で行うこと

総研の使命：NEXCOの企業価値向上に技術で貢献
(高速道路技術を通じて社会に貢献)



橋梁の供用年数

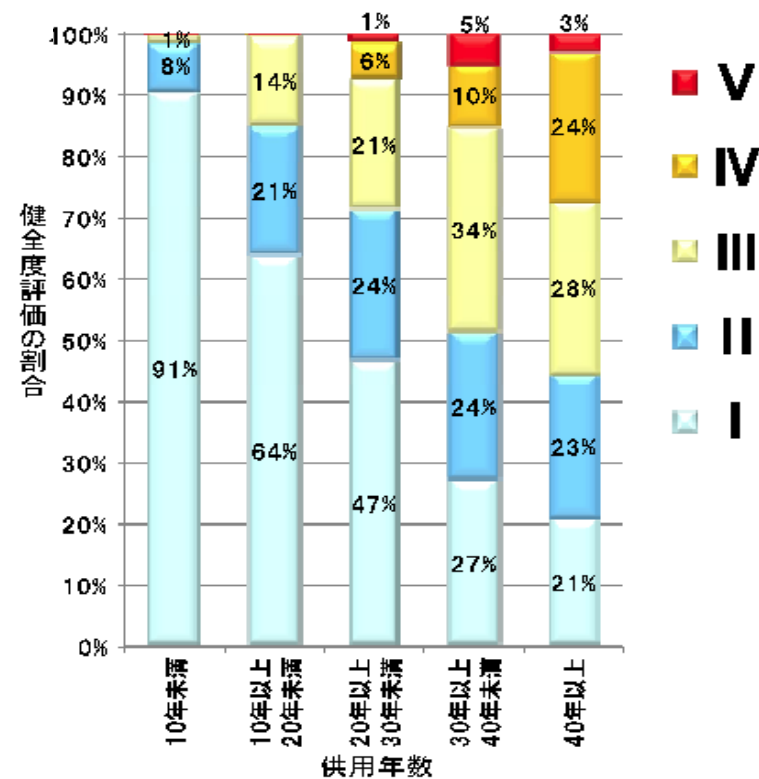
■ 鉄筋コンクリート桁 ■ PC桁 ■ 鋼桁



供用年数

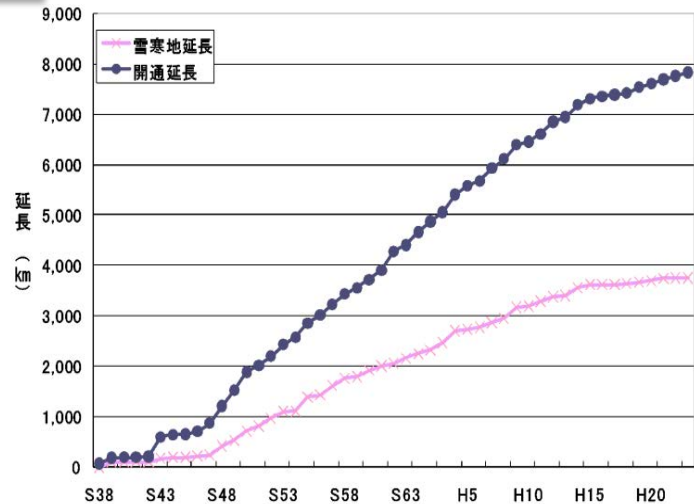
出典: 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会 資料

鋼橋

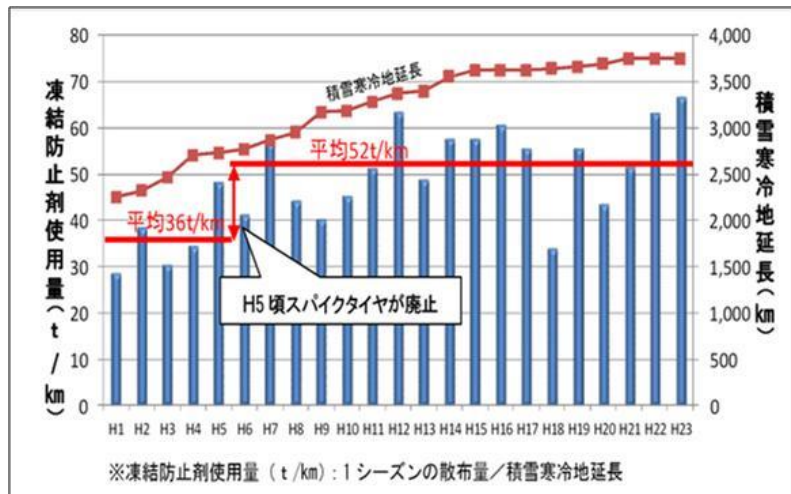


平成24年度末のデータ

腐食



積雪寒冷地通過延長の推移

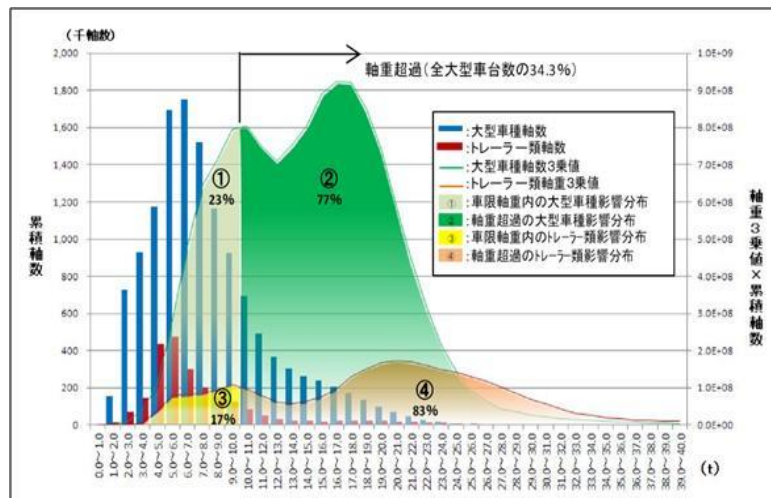


凍結防止剤使用量の推移

疲労



車種別総重量違反車の割合



軸重超過車の疲労への影響

暴露試験 (NEXCO試験法404)

東京暴露場(NEXCO総研 屋上)
《一般腐食環境》



沖縄(内陸)暴露場(沖縄道 許田料金所)
《高温多湿・日射量多》



北陸暴露場(北陸道 親不知高架橋下)
《寒冷多湿・飛来塩分多》



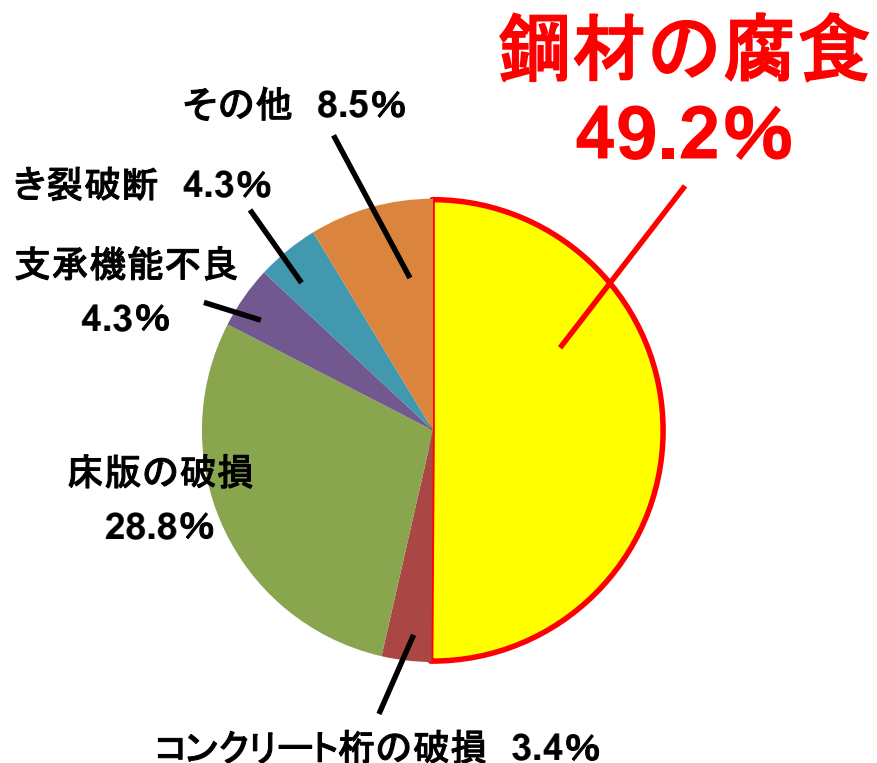
1. NEXCO総研の紹介

2. NEXCOの塗替塗装の要領

3. 剥離しにくい塗膜の検討

4. 塗膜の点検補助

鋼橋の架け替え理由※



斜材の破断



落橋

鋼橋の防食対策は維持管理の重要な課題

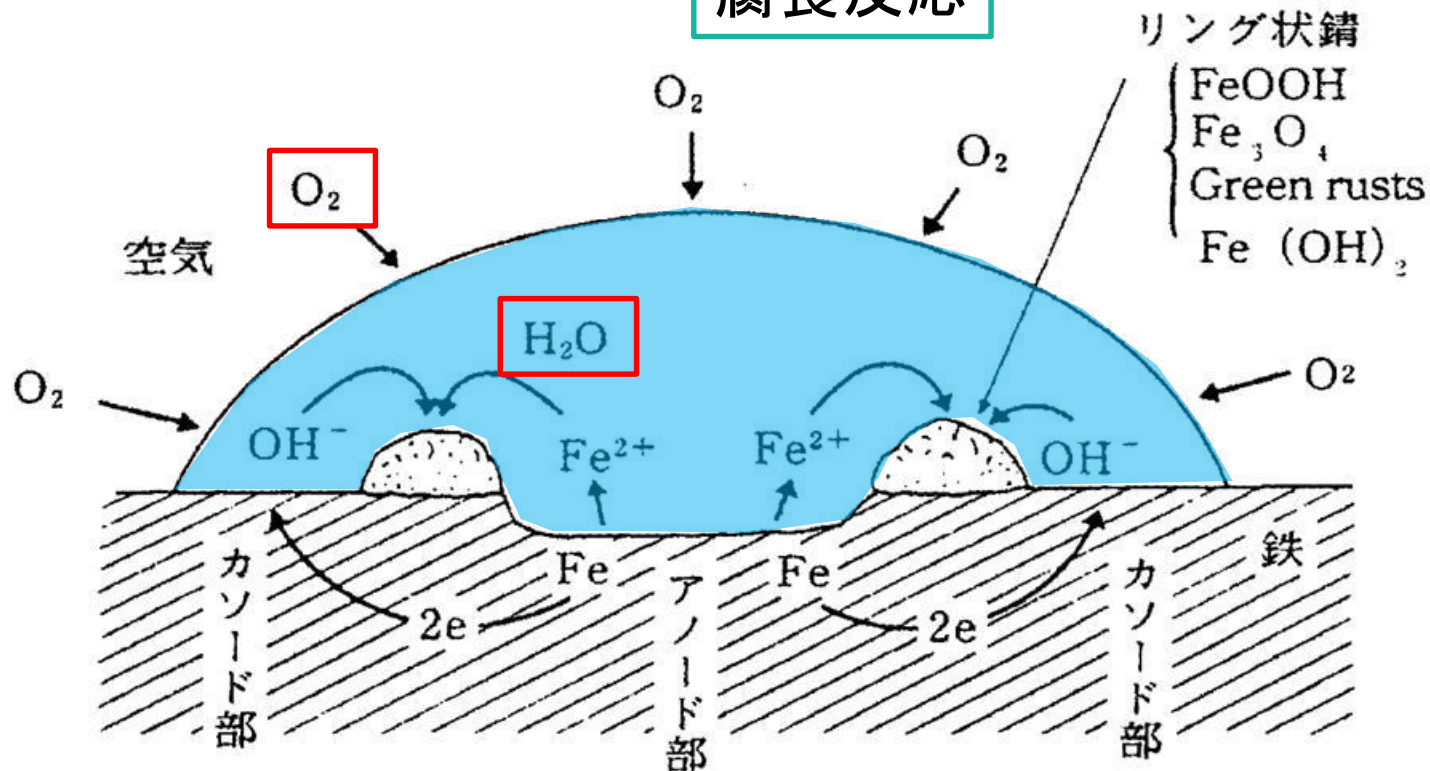
※ 既設橋梁の架替実態調査結果、国総研土木技術資料、Vol.50、2008

大気中(中性orアルカリ性)の鉄の腐食

鉄(Fe)は鉄鉱石(酸化鉄)を還元して作ったもので不安定な状態

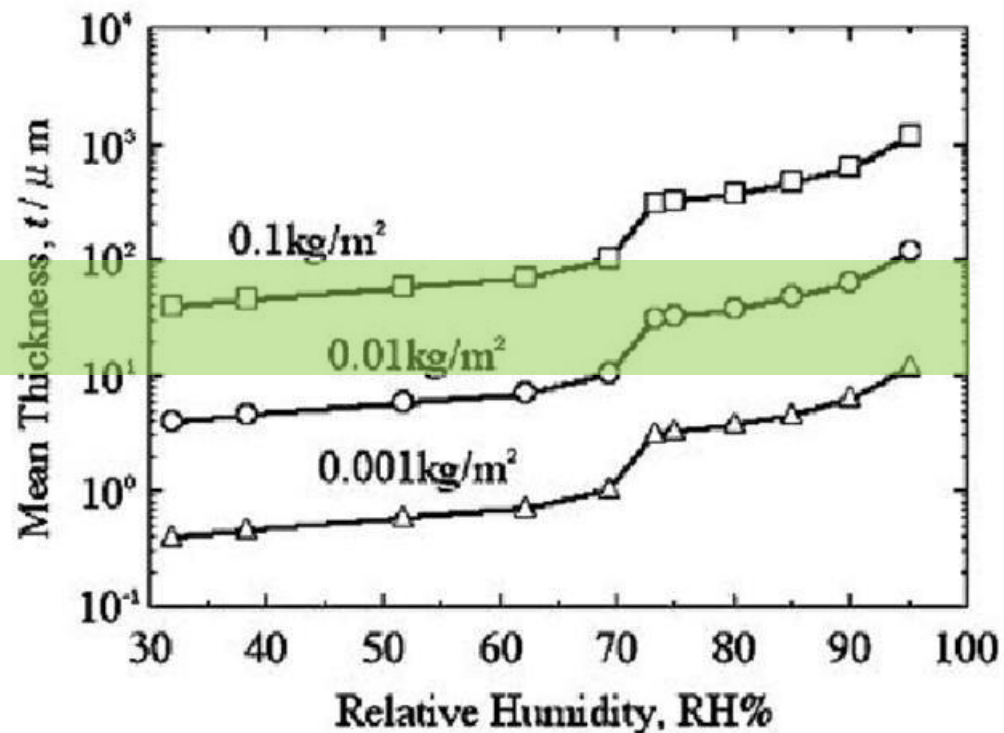
安定な状態に戻ろうとする
 $Fe \rightarrow$ (酸化鉄)

腐食反応



- ・アノード(陽極、酸化反応): $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$
- ・カソード(陰極、還元反応): $2H_2O + O_2 + 4e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$

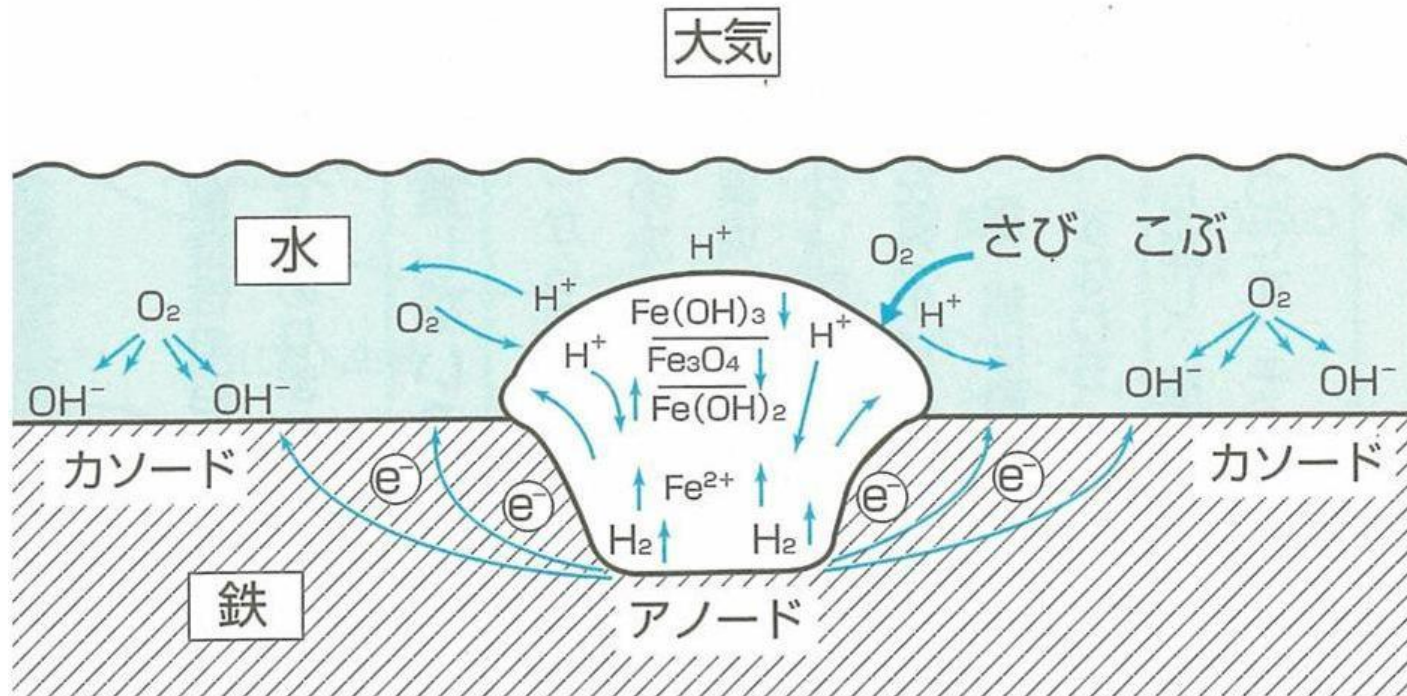
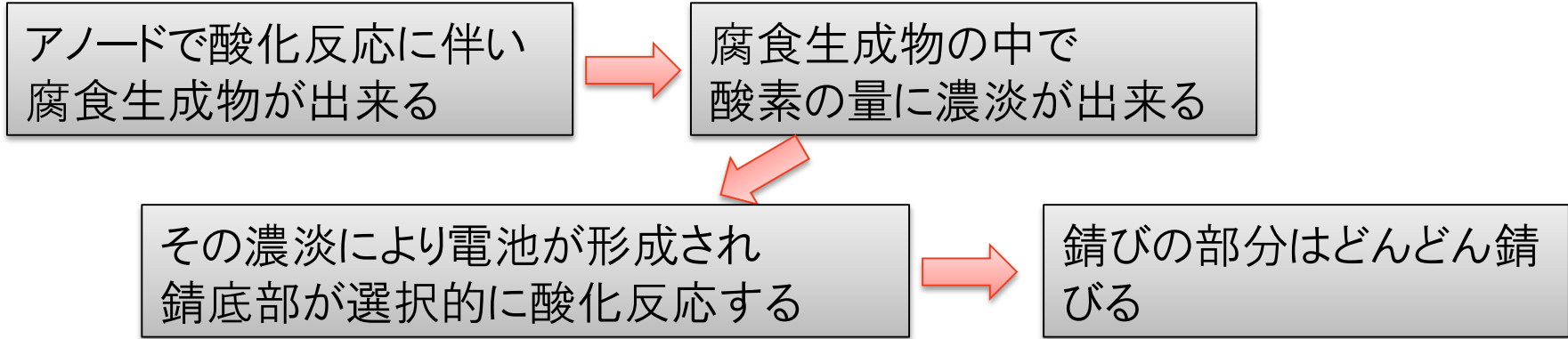
腐食速度の速い
平均水膜厚さ



片山、野田、山本、小玉：人工海水液薄膜下での鋼の腐食速度と水膜厚さの関係、日本金属学会誌

塩が表面に付着していれば相対湿度が低くても錆びやすい

錆が錆を呼ぶ(ケース1)



錆が錆を呼ぶ(ケース2)

塩分の多い地域では
錆がClを含んだ状態で存在する
(塩化鉄: FeCl_2) (アカガネイト: $\beta\text{-FeOOH}$)



酸化反応に伴い錆の先頭に
Clが集まりやすい
(塩化物イオンネスト)

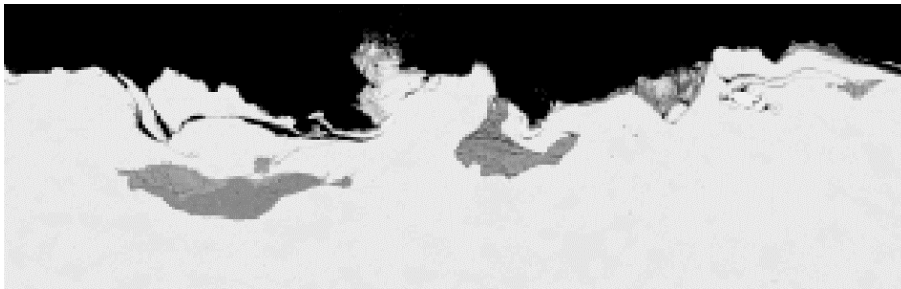


塩化物イオンネストの部分は安定な Fe_3O_4 となる
過程で体積減少するため、空隙が多くなり酸素
や水を通しやすい

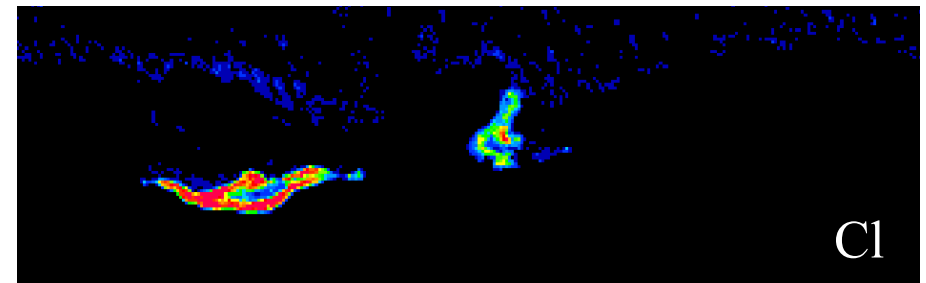
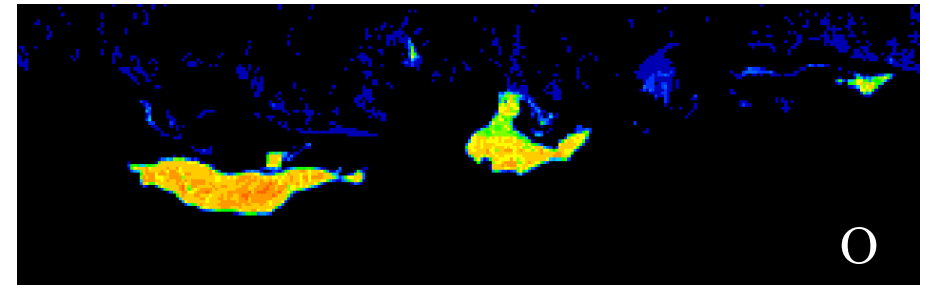


錆びの部分はどんどん錆
びる

SEM



100 μm



高速道路の鋼橋のよくある腐食

全面腐食



塗膜下腐食



ボルト部



桁端部



添接板隙間腐食



毛管現象



高速道路の鋼橋の防食の変遷

年代 防食法		1960	1970	1980	1990	2000	2010	
		2020						
塗 装	一般 塗装系		1964	[黒塗り]			1997	
	薄膜 重防食 塗装系				1997	2009 [黒塗り]		
	重防食 塗装系				1992	2009から標準仕様 [黒塗り]		
溶融亜鉛 めっき			1974	1976	1990要領化 [黒塗り]			
		足立高架橋(北九州市) (連結板・ボルトは塗装)	第二神明 明石SA橋 (全溶融亜鉛めっき)		桁形式合理化に伴う 部材寸法増大により採用減			
耐候性鋼材		1968	1985			1990要領化		2012から
		尾道大橋(塗装使用)	八戸道 大鳥		第二橋(裸使用)		原則採用しない	
金属溶射			1972	1995			2016要領化	
		関門橋(亜鉛溶射)	千歳JCT Cランプ橋(亜鉛・アルミ擬合金溶射)					

【新設】NEXCOにおける塗装系の変遷

新設塗装系名称	塗料組合せ	1964	1970	1975	1979	1980	1990	1992	1997	2000	2007	2009	2010	2018
		S39. 10	S45. 1	S50. 9	S54. 4	S55	H2. 7	H4. 4	H9. 10	H12	H19. 8	H21. 7	H22	H30
S39高速自動車国道 設計要領 塗装組合せ①	エッチングプライマー ／鉛系さび止め塗料 他 ／フタル酸樹脂塗料	■												
S39高速自動車国道 設計要領 塗装組合せ②	エッチングプライマー ／鉛系さび止め塗料 ／フタル酸樹脂塗料 又は 調合ペイント	■												
A (S45) (, D (S45))	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (鉛丹) ／長油性フタル酸樹脂塗料		■											
B (S45) (, E (S45))	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (鉛丹) ／アルミニウムペイント		■											
A-1	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント ／長油性フタル酸樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A-3 (A-2)	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (／フェノール樹脂系M I O) ／長油性フタル酸樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
B	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント ／フェノール樹脂系M I O ／塩化ゴム系塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C-1	ジンクリッチプライマー ／塩化ゴム系塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C-2	ジンクリッチプライマー ／塩化ゴム系塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A1 (A2)	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (／フェノール樹脂系M I O) ／長油性フタル酸樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A3 (A4)	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (／フェノール樹脂系M I O) ／シリコンアルキド樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C1	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 ／エポキシ樹脂M I O塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C2	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 (／エポキシ樹脂M I O塗料：H9. 10廃止) ／ポリウレタン樹脂塗料 (シリコン変性アクリル樹脂塗料)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C3	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 ／エポキシ樹脂M I O塗料 ／ふっ素樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C4	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 (／エポキシ樹脂M I O塗料：H9. 10廃止) ／ふっ素樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C5	無機ジンクリッチペイント ／厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／ふっ素樹脂塗料			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
I	有機ジンクリッチペイント ／ポリウレタン樹脂塗料 (シリコン変性アクリル樹脂塗料)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

1992年4月
(平成4年4月)

【プライマー】
エッチングプライマー
【下塗塗料】
鉛系さび止めペイント

【防食下地】
ジンクリッチペイント
【下塗塗料】
エポキシ樹脂塗料

【新設】NEXCOにおける塗装系の変遷

新設塗装系名称	塗料組合せ	1975	1979	1997	2007	2009	2010	2018
		S50.9	S54.4	H9.10	H19.8	H21.7	H22	H30
S39高速自動車国道 設計要領 塗装組合せ①	エッチングプライマー ／鉛丹さび止め塗料 他 ／フタル酸樹脂塗料	■						
S39高速自動車国道 設計要領 塗装組合せ②	エッチングプライマー ／鉛系さび止め塗料 ／フタル酸樹脂塗料 又は 調合ペイント	■						
A (S45) (, D (S45))	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (鉛丹) ／長油性フタル酸樹脂塗料		■					
B (S45) (, E (S45))	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (鉛丹) ／アルミニウムペイント		■					
A-1	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント ／長油性フタル酸樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
A-3 (A-2)	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (／フェノール樹脂系M I O) ／長油性フタル酸樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
B	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント ／フェノール樹脂系M I O ／塩化ゴム系塗料		■	■	■	■	■	■
C-1	ジンクリッチプライマー ／塩化ゴム系塗料		■	■	■	■	■	■
C-2	ジンクリッチプライマー ／塩化ゴム系塗料		■	■	■	■	■	■
A1 (A2)	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (／フェノール樹脂系M I O) ／長油性フタル酸樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
A3 (A4)	エッチングプライマー ／鉛系さび止めペイント (／フェノール樹脂系M I O) ／シリコンアルキド樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
C1	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 ／エポキシ樹脂M I O塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
C2	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 (／エポキシ樹脂M I O塗料 : H9.10廃止) ／ポリウレタン樹脂塗料 (シリコン変性アクリル樹脂塗料)		■	■	■	■	■	■
C3	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 ／エポキシ樹脂M I O塗料 ／ふっ素樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
C4	無機ジンクリッチペイント ／エポキシ樹脂塗料 (／エポキシ樹脂M I O塗料 : H9.10廃止) ／ふっ素樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
C5	無機ジンクリッチペイント ／厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／ふっ素樹脂塗料		■	■	■	■	■	■
I	有機ジンクリッチペイント ／ポリウレタン樹脂塗料 (シリコン変性アクリル樹脂塗料)		■	■	■	■	■	■

1992年4月
(平成4年4月)

より高耐久な
塗装に移行

【上塗塗料】
フタル酸樹脂塗料
塩化ゴム系塗料

【上塗塗料】
ふっ素樹脂塗料
ポリウレタン樹脂塗料

塗装（新設の重防食塗装の場合）



工 程		塗料または素地調整程度
前処理	素地調整	G - a
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー
工場塗装	2次素地調整	G - a
	下塗 第1層	無機ジンクリッチペイント
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗あるいは厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗 (120 μm)
	下塗 第2層	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗 (120 μm)
	中 塗	ふっ素樹脂塗料用中塗
	上 塗	ふっ素樹脂塗料上塗

製作の間の防錆のため

清掃と塗膜の付着性向上ため

防錆のため

封孔のため

水、酸素、塩の浸入抑制のため

付着性や色の隠蔽のため

耐候性や景観のため

【塗替】NEXCOにおける塗装系の変遷

塗替塗装系名称	塗料組合せ	1997 H9. 12					2009 H21. 7		
		1984 S59. 4	1990 H2	1994 H6. 4	2000 H12	2004 H16. 11	2010 H22	2018 H30	
A	鉛系さび止めペイント ／長油性フタル酸樹脂塗料	■	■	■					
B	鉛系さび止めペイント ／フェノール樹脂系MIO塗料 ／塩化ゴム系塗料	■	■	■					
C	厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／塩化ゴム系塗料	■	■	■					
a-1	鉛系さび止めペイント ⇒鉛・クロムフリーさび止めペイント ／長油性フタル酸樹脂塗料				■	■	■	■	
a-2	鉛系さび止めペイント ⇒鉛・クロムフリーさび止めペイント ／シリコンアルキド樹脂塗料				■	■	■	■	
c-1	変性エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料				■	■	■	■	
c-2	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料				■	■	■	■	
c-3	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／ふっ素樹脂塗料				■	■	■	■	
c-4	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料				■				
c-5	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／ふっ素樹脂塗料				■				
i-1	有機ジンクリッチペイント (／変性エポキシ樹脂塗料) ／ポリウレタン樹脂塗料						■	■	
i-2	有機ジンクリッチペイント (／変性エポキシ樹脂塗料) ／ふっ素樹脂塗料						■		

1994年4月
(平成6年4月)

【下塗塗料】
鉛系さび止め
ペイント

【防食下地】
有機ジンクリッチペイント
【下塗塗料】
変性エポキシ樹脂塗料

【塗替】NEXCOにおける塗装系の変遷

塗替塗装系名称	塗料組合せ	1984	1990	1994	1997	2000	2004	2009	2018
		S59.4	H2	H6.4	H9.12	H12	H16.11	H21.7 2010 H22	H30
A	鉛系さび止めペイント ／長油性フタル酸樹脂塗料	■	■	■					
B	鉛系さび止めペイント ／フェノール樹脂系MIO塗料 ／塩化ゴム系塗料	■	■	■					
C	厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／塩化ゴム系塗料	■	■	■					
a-1	鉛系さび止めペイント ⇒鉛・クロムフリーさび止めペイント ／長油性フタル酸樹脂塗料								
a-2	鉛系さび止めペイント ⇒鉛・クロムフリーさび止めペイント ／シリコンアルキド樹脂塗料								
c-1	変性エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料								
c-2	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料								
c-3	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／ふっ素樹脂塗料								
c-4	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料				■				
c-5	有機ジンクリッチペイント ／変性エポキシ樹脂塗料 ／厚膜形エポキシ樹脂塗料 ／ふっ素樹脂塗料				■				
i-1	有機ジンクリッチペイント (／変性エポキシ樹脂塗料) ／ポリウレタン樹脂塗料								
i-2	有機ジンクリッチペイント (／変性エポキシ樹脂塗料) ／ふっ素樹脂塗料								

1994年4月
(平成6年4月)

より高耐久な
塗装に移行

【上塗塗料】
フタル酸
樹脂塗料
塩化ゴム系
塗料

【上塗塗料】
ふっ素樹脂塗料
ポリウレタン樹脂塗料

NH-07Gx

無機ジンクリッチペイント

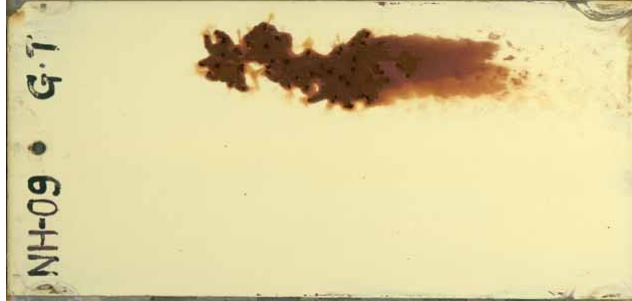
有機ジンクリッチペイント

防食下地なし

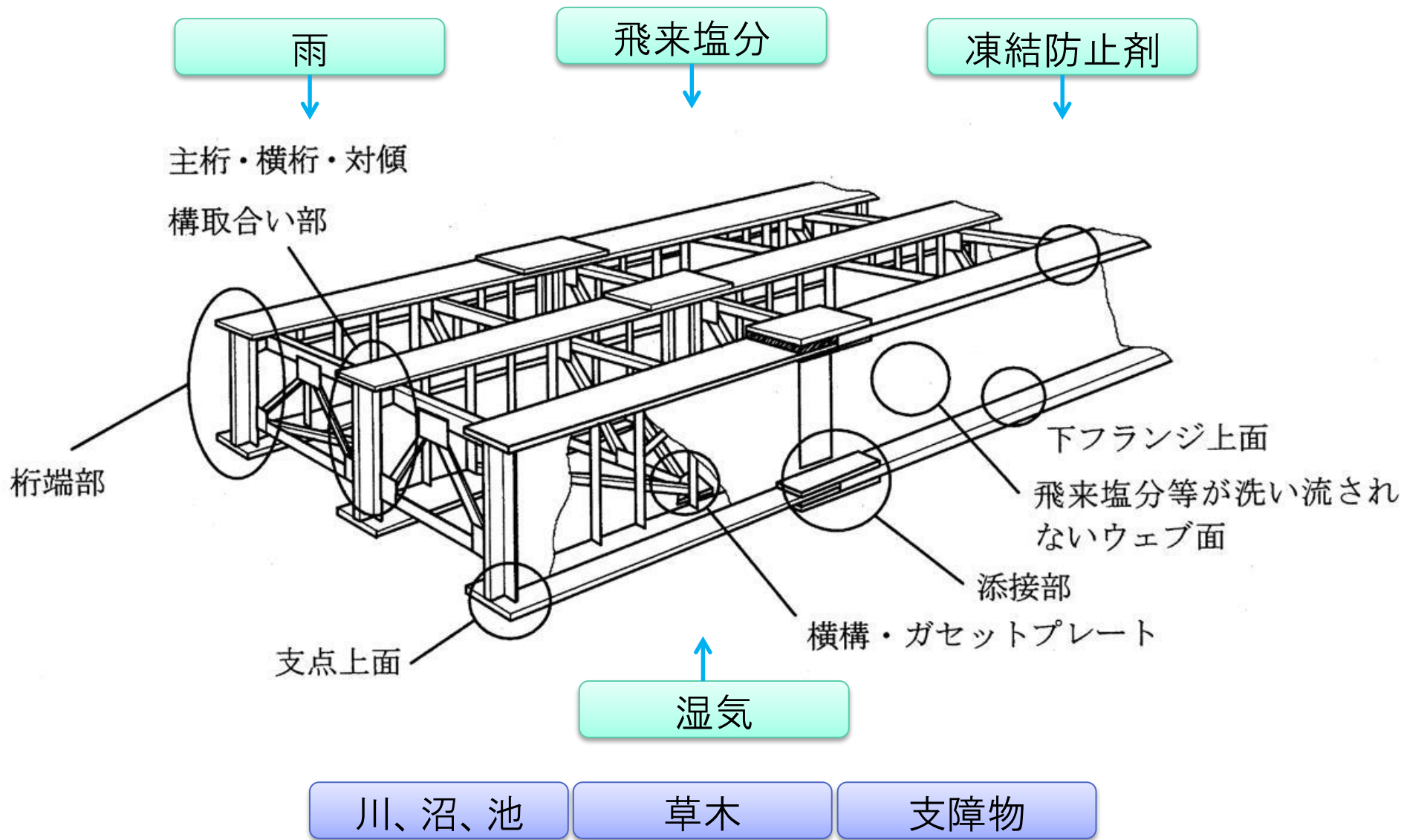
東京
NH

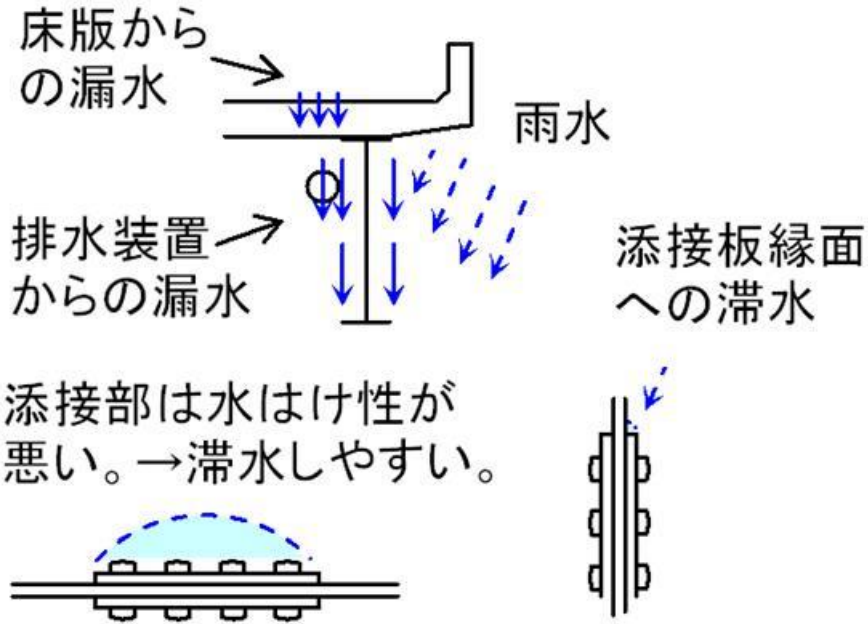
沖縄
NH

北陸
NH

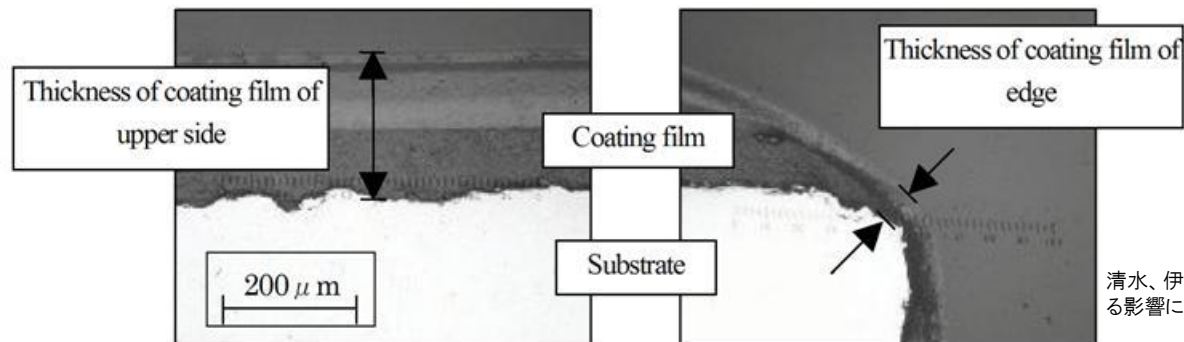


鋼橋の腐食の特徴

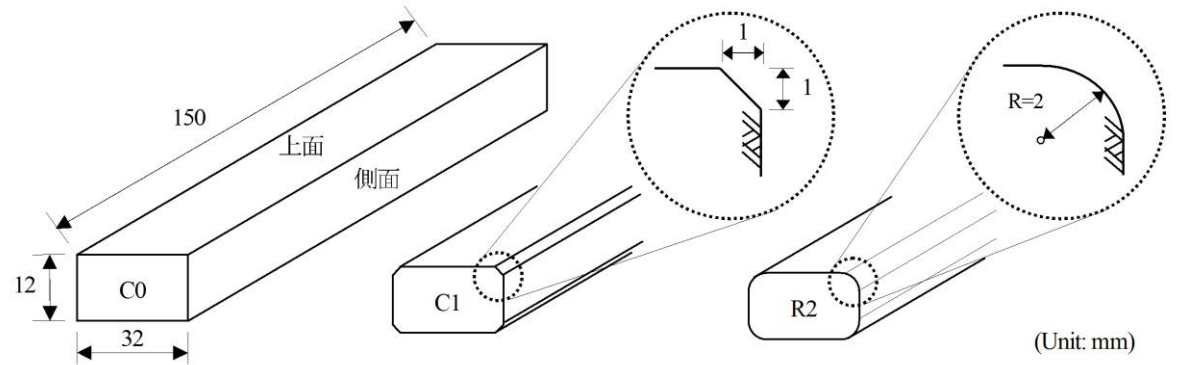
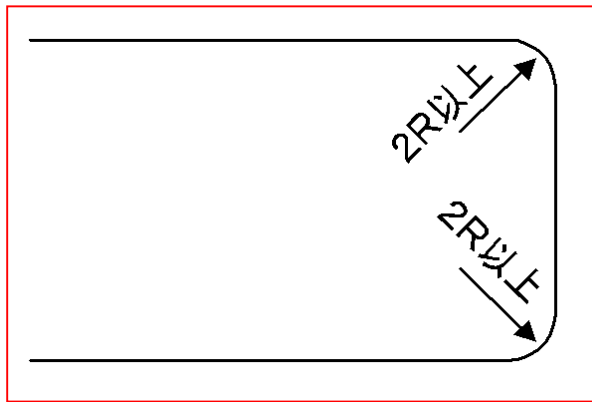




角部は塗装がのりにくい



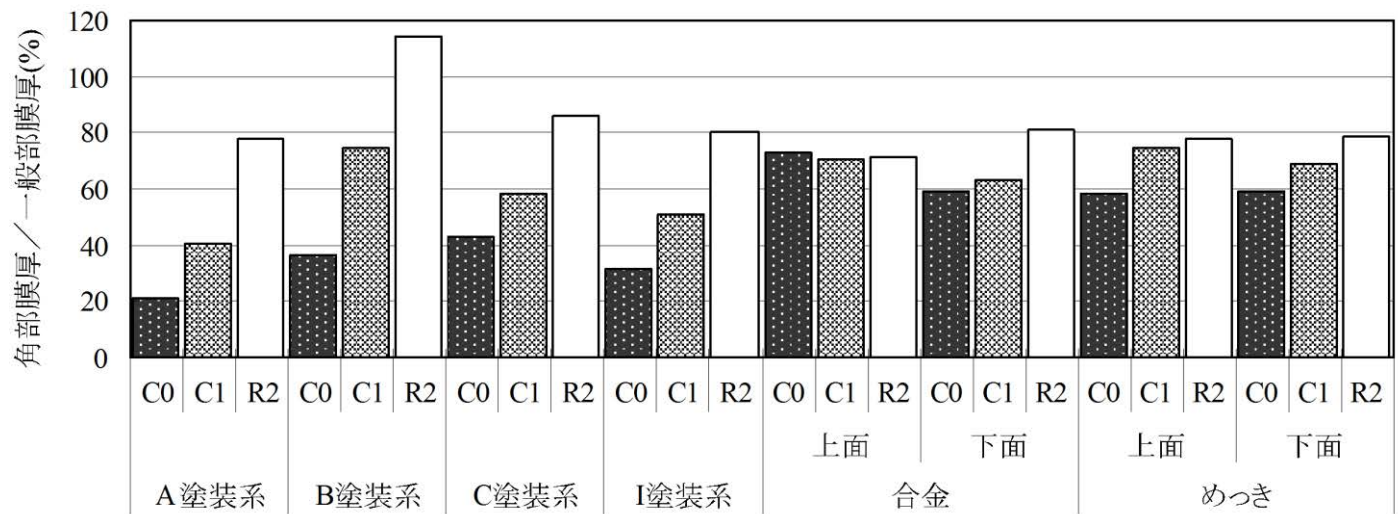
清水、伊藤、金：角部形状が鋼橋防食性能に与える影響に関する基礎的研究、構造工学論文集



先行塗装



鋼道路橋防食便覧



清水、伊藤、金：角部形状が鋼橋防食性能に与える影響に関する基礎的研究、構造工学論文集

(構造的な問題)
角部が多い



(施工的問題)
現場塗装しないと
いけない

ピンテール仕上げ



平滑仕上げなし 平滑仕上げあり
鋼道路橋防食便覧

膜厚対応

一般部

ボルト頭部

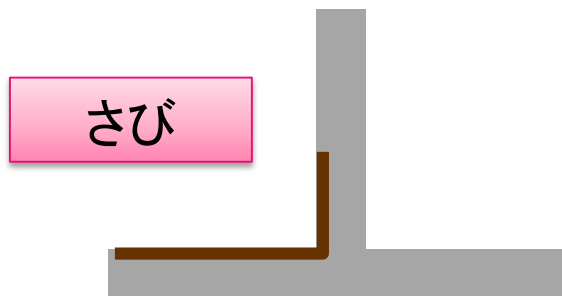
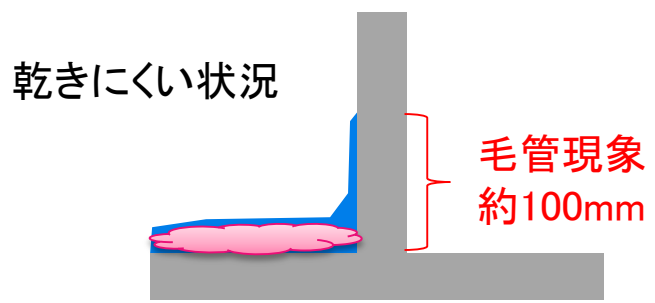
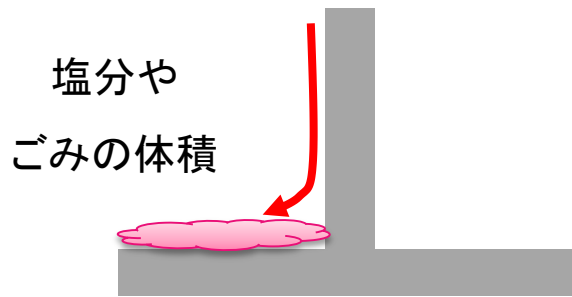
一般部					ボルト頭部					
工 程	塗料または素地調整程度	標 準 使用量 (g/m ²)	塗装間隔	標準 膜厚 (μm)	工 程	塗料または素地調整程度	標 準 使用量 (g/m ²)	塗装間隔	標準 膜厚 (μm)	
前処理	素地調整	G-a	—	—	現場塗装	素地調整	G-c	—	—	
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー160	2hr 以内 ~6ヶ月		(15)	下塗 第1層	有機ジンクリッチペイント	約240	2hr 以内 3.0
	2次素地調整	G-a	—	—		下塗 第2層	〃	約240	1~10日 3.0	
工場塗装	下塗 第1層	無機ジンクリッチペイント	スプレー600	2hr 以内		7.5	下塗 第3層	厚膜形変性エポキシ樹脂塗料 下塗 (120μm)	(スプレー360) 約300	1~10日 9.0
		ミスコート	エポキシ樹脂塗料下塗あるいは厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗 (120μm)	スプレー160		—	下塗 第4層	〃	(スプレー360) 約300	1~10日 9.0
	下塗 第2層	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗 (120μm)	スプレー540	2~10日		—	中 塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	(スプレー170) 約140	1~10日 3.0
	中 塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	スプレー170	1~10日		1.20	上 塗	ふっ素樹脂塗料上塗	(スプレー140) 約120	1~10日 2.5
	上 塗	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー140	1~10日		3.0				
				2.5						

遮断層 120μm

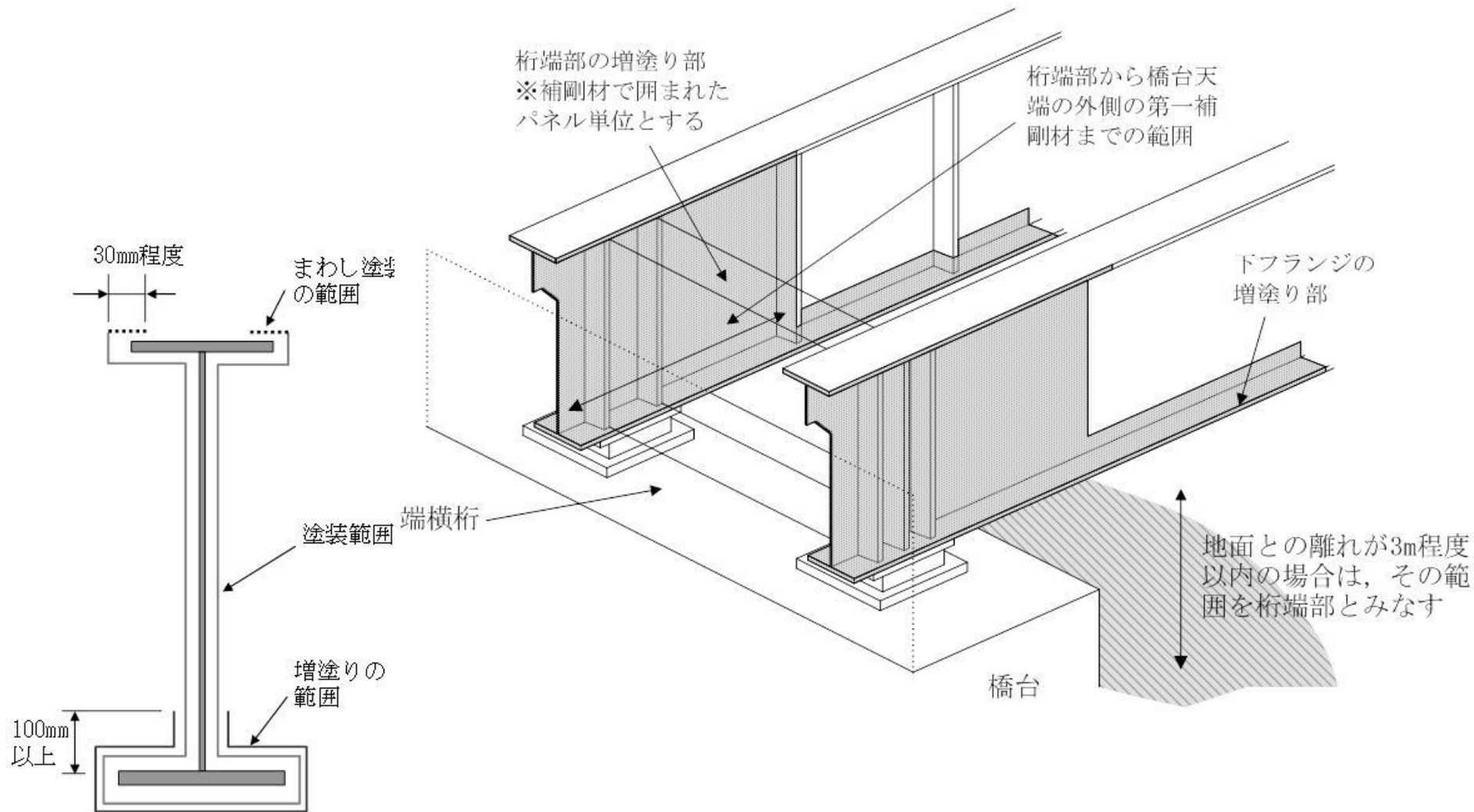


遮断層 180μm

1.5倍



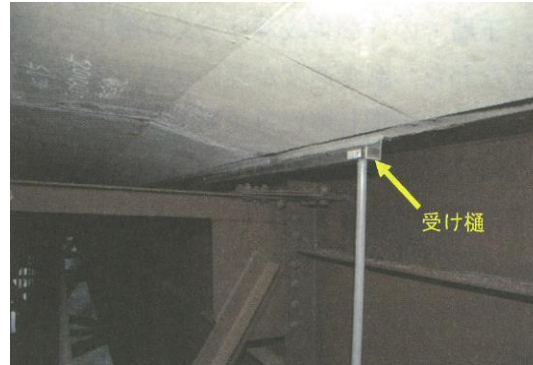
腐食しやすい部位の増塗り



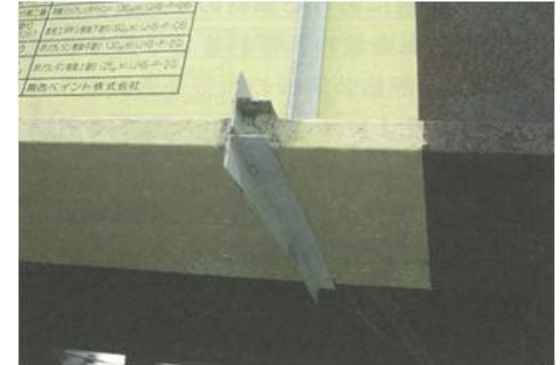
スラブドレーンの排水処理



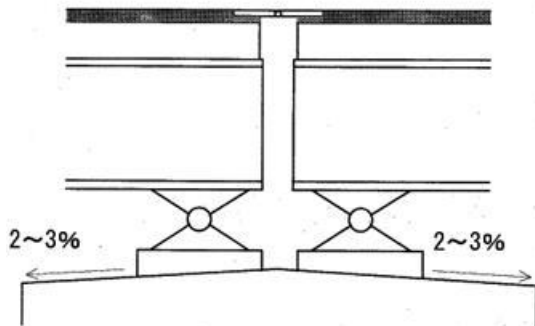
床版からの排水対策



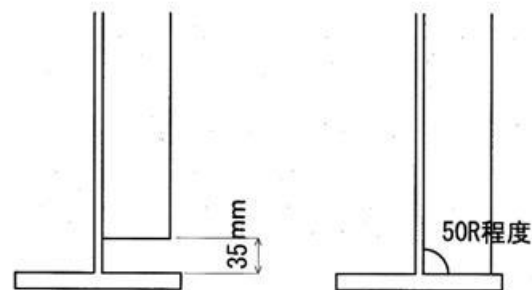
簡易水切りの設置



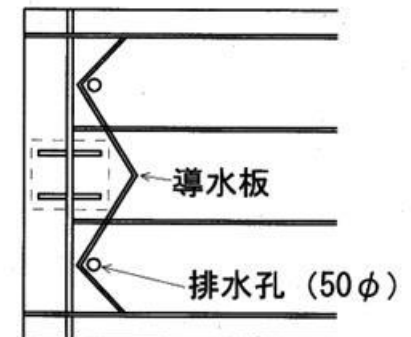
橋台の排水勾配設置



切欠き、スカラップの設置



導水板、排水孔設置

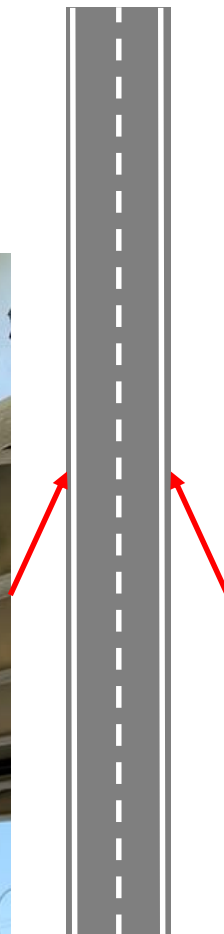


1. NEXCO総研の紹介

2. NEXCOの塗替塗装の要領

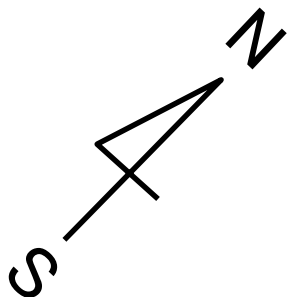
3. 剥離しにくい塗膜の検討

4. 塗膜の点検補助



- 南面の方が剥離面積が大きい
- 外桁外面の剥離に比べ、内桁には目立った剥離がない

塗膜剥離の事例(その2)



- 南面の方が剥離面積が大きい
- 現場塗装部(現場溶接部)ではなく、工場塗装部に剥離が目立つ
- 交差物によらず全体的に剥離が起きている



塗膜剥離の原因(と思われるもの)

剥離は様々な要因が複合して起こるものと思われるが…

- 施工要因
- 環境要因
- 材料要因 …

中でも、塗膜の収縮・膨張により発生する応力が剥離の主たる一つの要因では？^{例えば1)}

塗膜の収縮・膨張としては以下の2つが考えられるが、

- ① 樹脂の硬化反応によるもの(硬化収縮)
- ② 塗膜の温度変化によるもの(熱膨張・収縮)

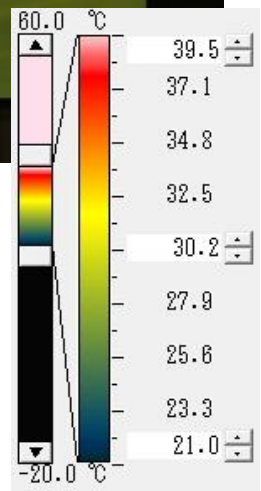
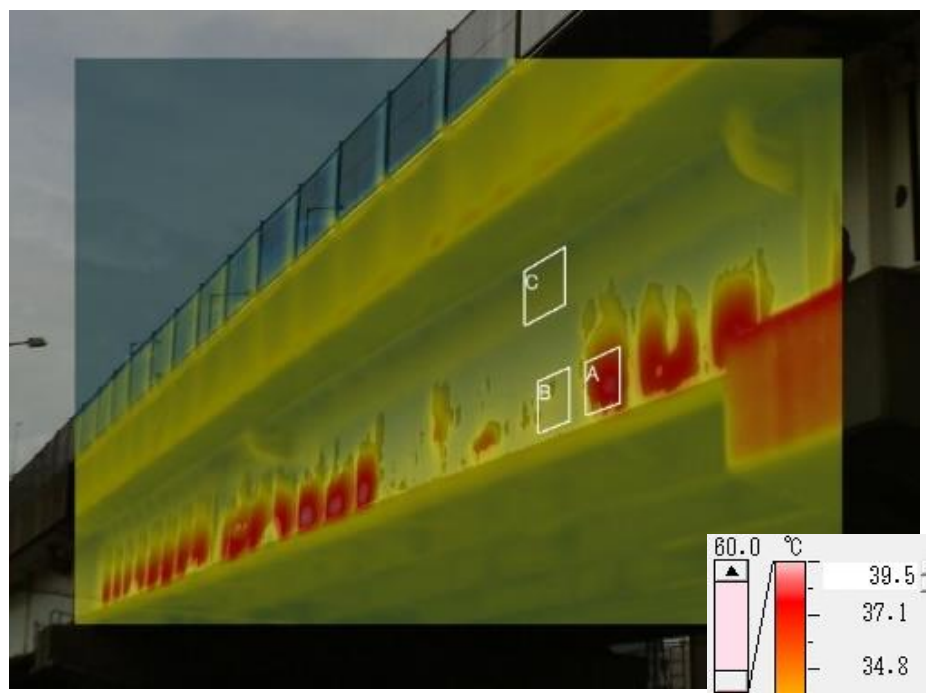
既往の研究¹⁾より②が支配的であるとされている。

$$\sigma \approx \int_{T_1}^{T_g} \alpha_1 \cdot E_1 dT$$

T : 温度
 α : 線膨張係数
 E : 弾性係数

線膨張係数に着目して剥離抑制型塗料が開発されている

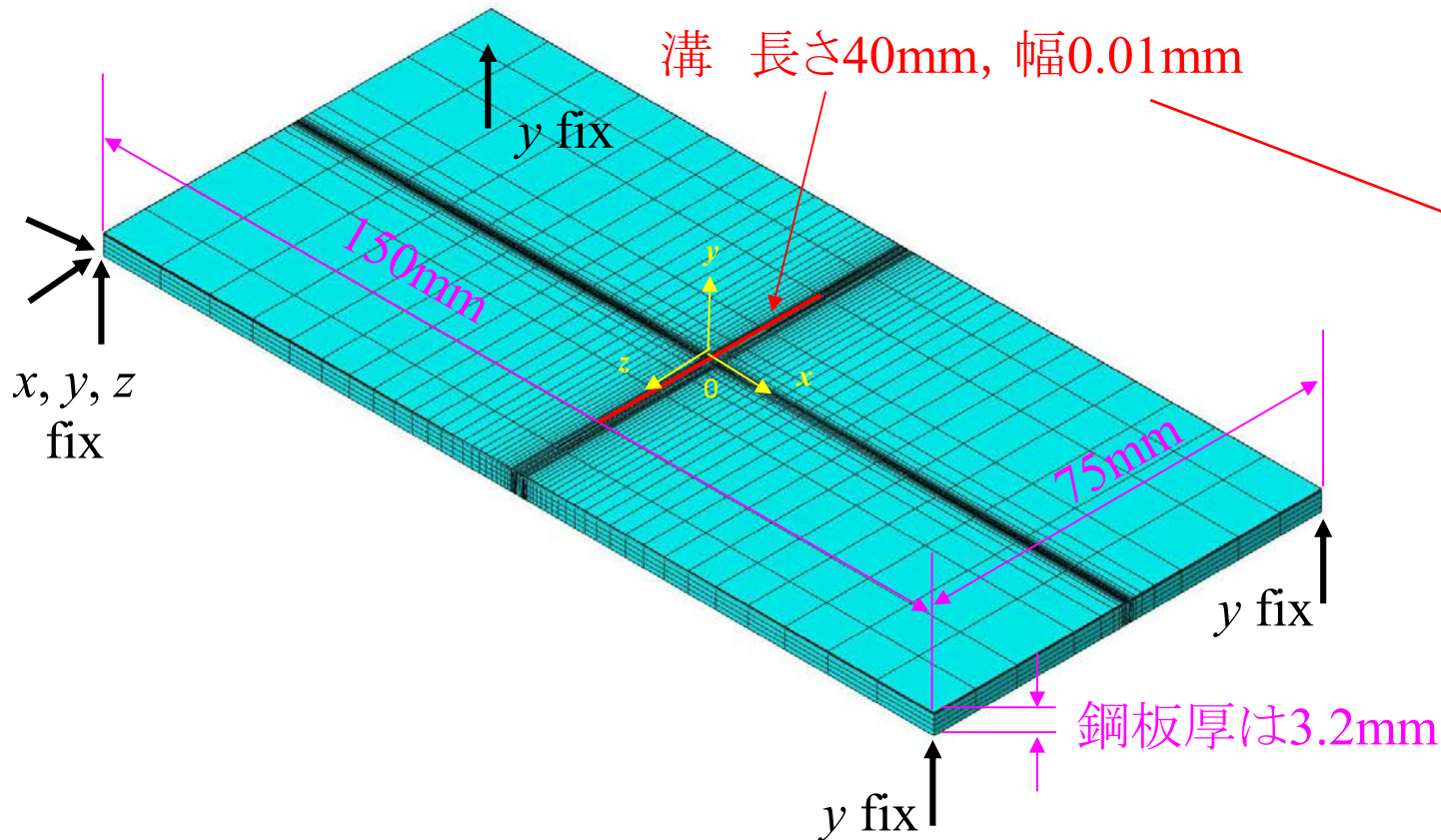
温度変化と剥離箇所の関係



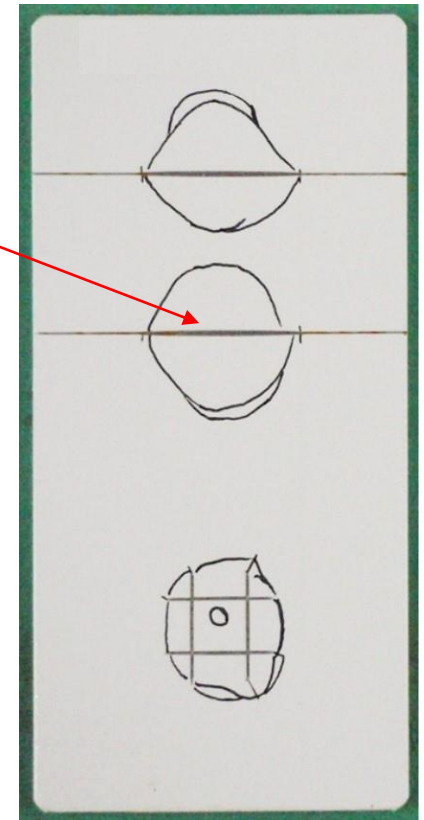
(色による違いもあるとは思いますが)
温度変化が大きいところと剥離箇所が一致しているような…

- 解析ソフト Abaqus 2021
- 要素 温度—変位連成モデルの8節点Solid要素
- 材料 全て完全弾性

解析モデルと支持条件



試験板



線膨張係数 α と弾性係数 E

塗膜の弾性係数の計測方法に検討の余地があるものの…
過去の検討を参考に設定

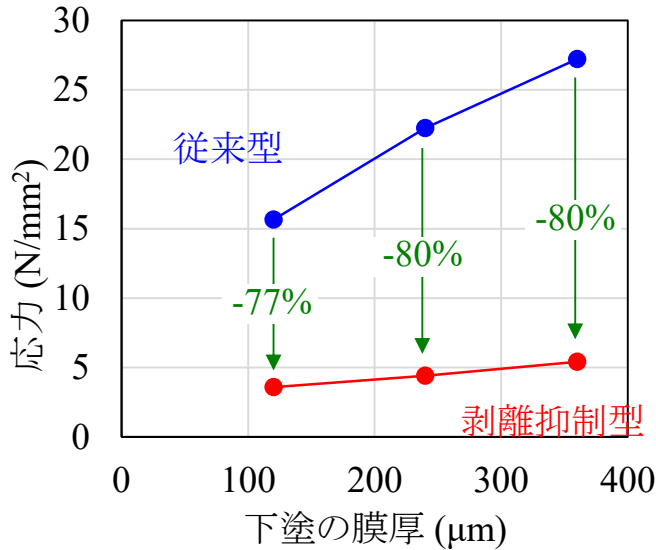
材料	線膨張係数 ($10^{-5}/K$)	弾性係数 (N/mm^2)	ポアソン 比
鋼板	1.2	206,000	0.3
無機ジンクリッチペイント	3.4	9,000	0.3
エポキシ樹脂塗料下塗(従来型)	6.5	3,000	0.3
エポキシ樹脂塗料下塗(剥離抑制型)	2.5	4,500	0.3
ふっ素樹脂塗料用中塗	6.5	2,500	0.3
ふっ素樹脂塗料上塗	8.5	250	0.3

線膨張係数は「従来型」より**40%程度低減**

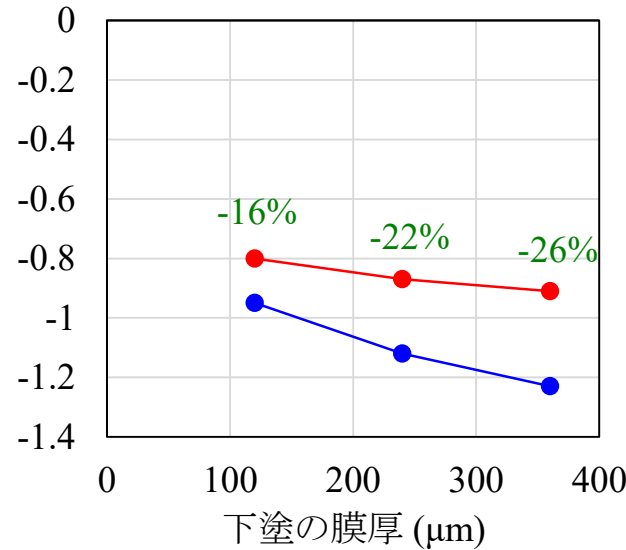
弾性係数は「従来型」より**1.5倍**

無機ジンクリッチペイントの弾性係数は
エポキシ樹脂塗料の**2~3倍**

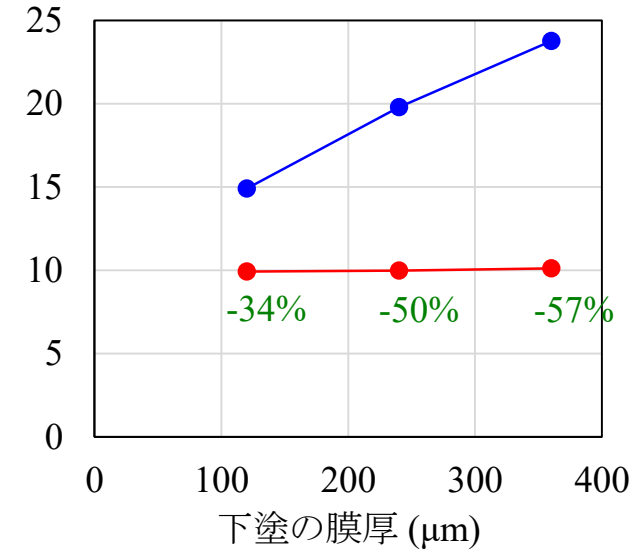
温度差が50Kの場合



(a) σ_y

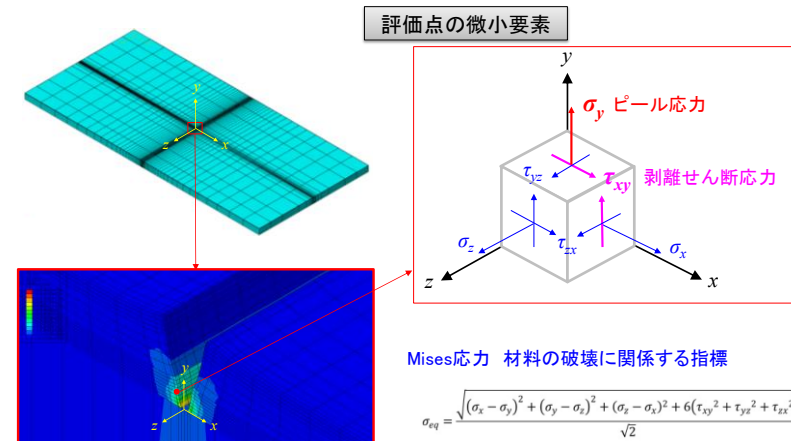


(b) τ_{xy}



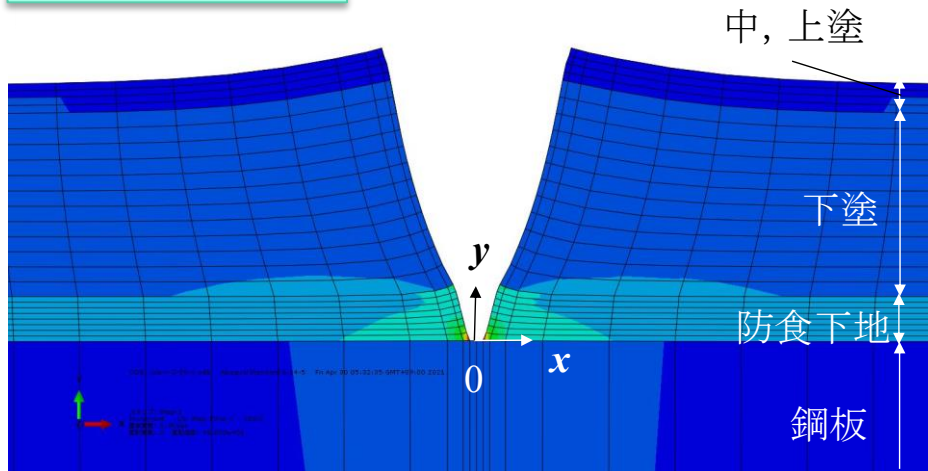
(c) σ_{Mises}

- どの場合も従来型より剥離抑制型の応答値が小さい
特にピール応力に対する低減効果が大きい
- 塗膜厚の上昇に伴い評価応力の応答値も大きくなる
- 剥離抑制型塗料の効果が確認でき、塗膜厚が厚くなると塗膜が剥離しやすいといった点も表現できていることから、この解析結果は概ね妥当と考えられる

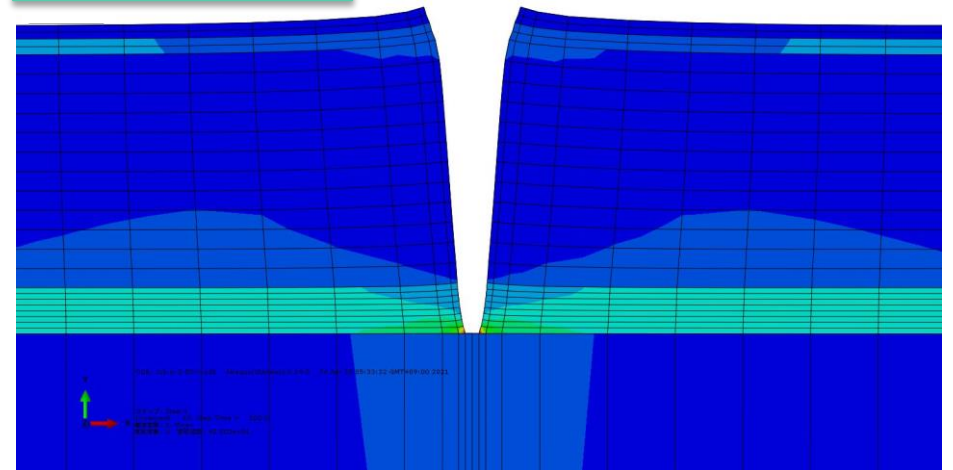


下塗膜厚が $360\ \mu\text{m}$, 温度差が 50K の場合

従来型



剥離抑制型

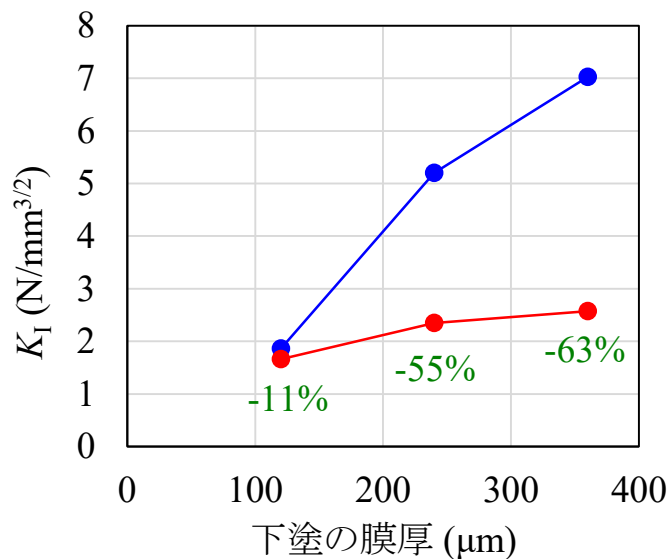


(a) N-3-50 (き裂なし)

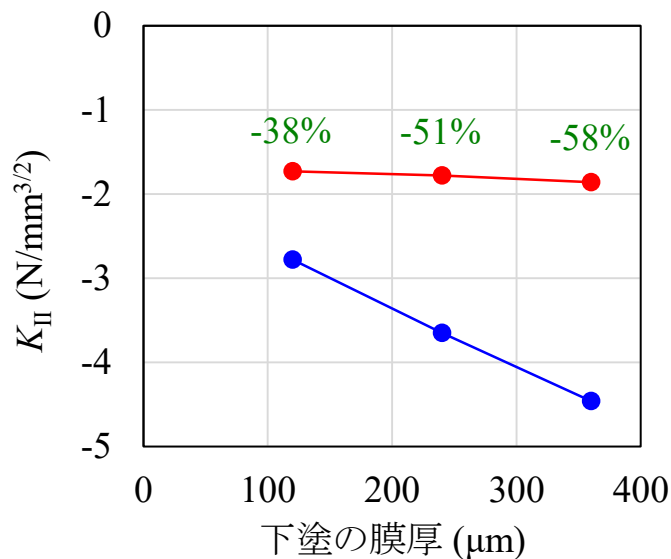
(c) P-3-50 (き裂なし)

- 従来型は無機ジンクリッチペイントの収縮よりも下塗の収縮が大きくなるため大きな応力が生じる
- 剥離抑制型は無機ジンクリッチペイントと下塗の線膨張係数が同じため、収縮量に差がなく比較的応力が小さい
- 無機ジンクリッチペイントは他の塗膜に比べ弾性係数が大きいいため、応力も大きい

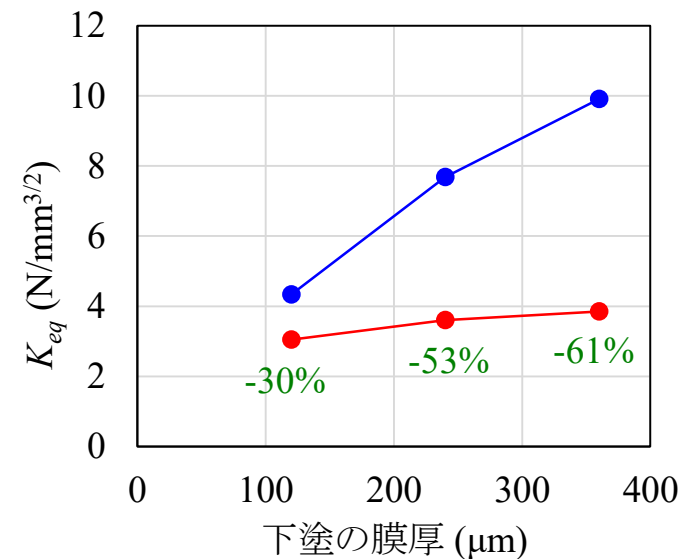
温度差が50Kの場合



(d) K_I

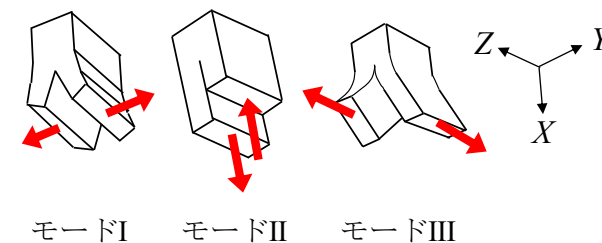


(e) K_{II}



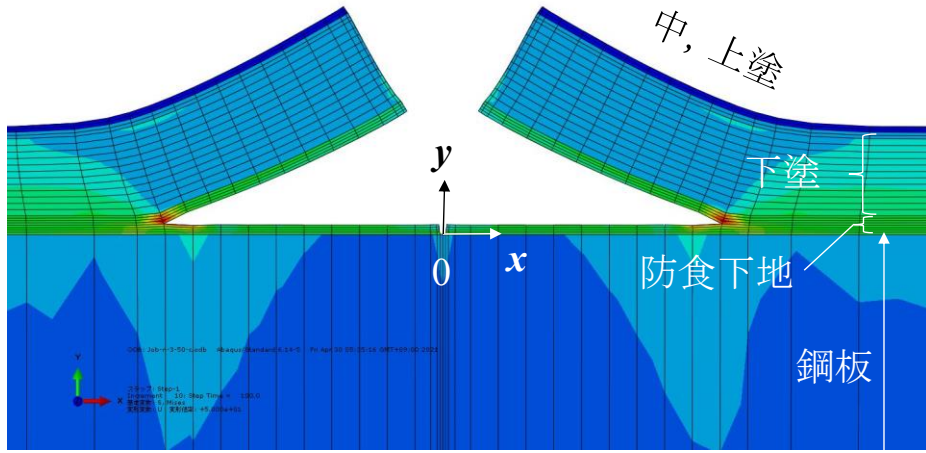
(f) K_{eq}

- どの場合も従来型より剥離抑制型の応答値が小さい
また、厚膜になる程、両者の差が大きくなる
- 塗膜厚の上昇に伴い応力拡大係数も大きくなる



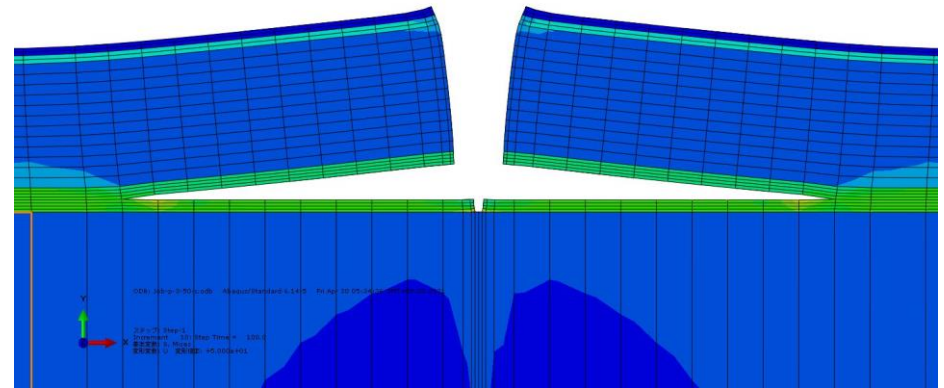
下塗膜厚が $360\ \mu\text{m}$, 温度差が 50K の場合

従来型



(b) N-3-50 (き裂あり)

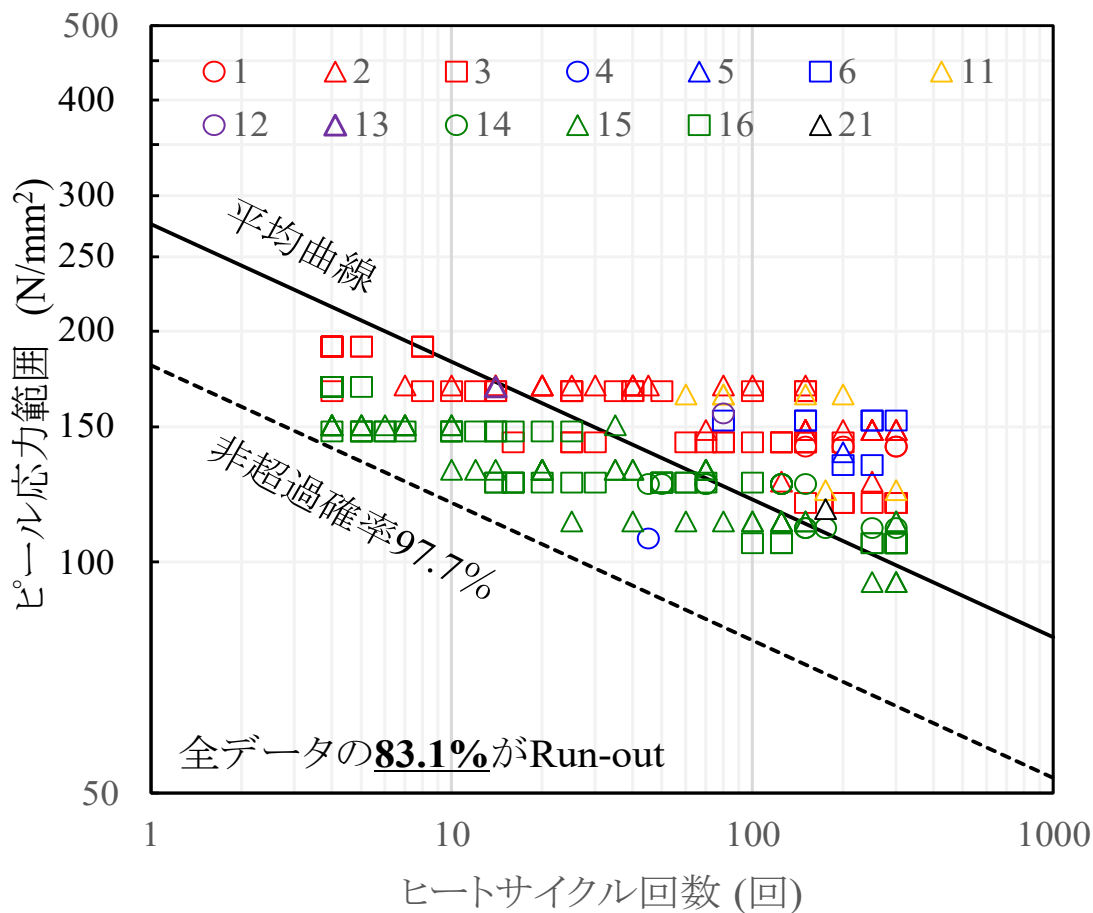
剥離抑制型



(d) P-3-50 (き裂あり)

- 従来型は剥離抑制型よりも収縮量が大きいため, 大きく変形する
- 変形の曲率は曲げモーメントに比例して, 弾性係数に反比例する関係性にあるが, 剥離抑制型の方が従来型よりも弾性係数は1.5倍大きいため, 変形が小さい

ピール応力と割れ発生時のヒートサイクル回数との関係



- 割れ発生データのみ整理 (全体の16.9%)
- 凡例はケース番号(22ケース)
- 色は同種の塗装系で統一
- ○→△→□の順で膜厚大
- 概ね同一線上にプロットされている

赤色の塗装種別と緑色の塗装種別が各々概ね同一線上にプロット
⇒塗装系の違いが影響していると考えられる

はく離抑制型塗料を適用することの副次的なメリット

塗替塗装では厚膜化が可能であり、塗膜下腐食の抑制に効果があるのでは？

供試塗料	弱1		弱2		弱3			
	遮断性に優れた剥離抑制型 弱溶剤変性エポキシ樹脂塗料(試作品)		従来没水部向け 弱溶剤エポキシ樹脂塗料		従来屋外向け 弱溶剤変性エポキシ樹脂塗料			
水蒸気透過量 (g/m ² ・24h)	2.72		2.04		9.44			
n	1	2	1	2	1	2		
23°C	試験片 外観							
	一般部 評価	膨れ	8F	8F	無し	無し	4F	4F
		錆	< 0.01% (極小の点錆)	< 0.01% (極小の点錆)	無し	無し	0.05%	0.02%
60°C	試験片 外観							
	一般部 評価	膨れ	1.5mm × 1個(端部)	1F	2MD	2M	4F	2MD
		錆	< 0.01% (極小の点錆)	< 0.01% (極小の点錆)	無し	無し	2%	無し※

※ エッジ部の変状は評価対象外とした。

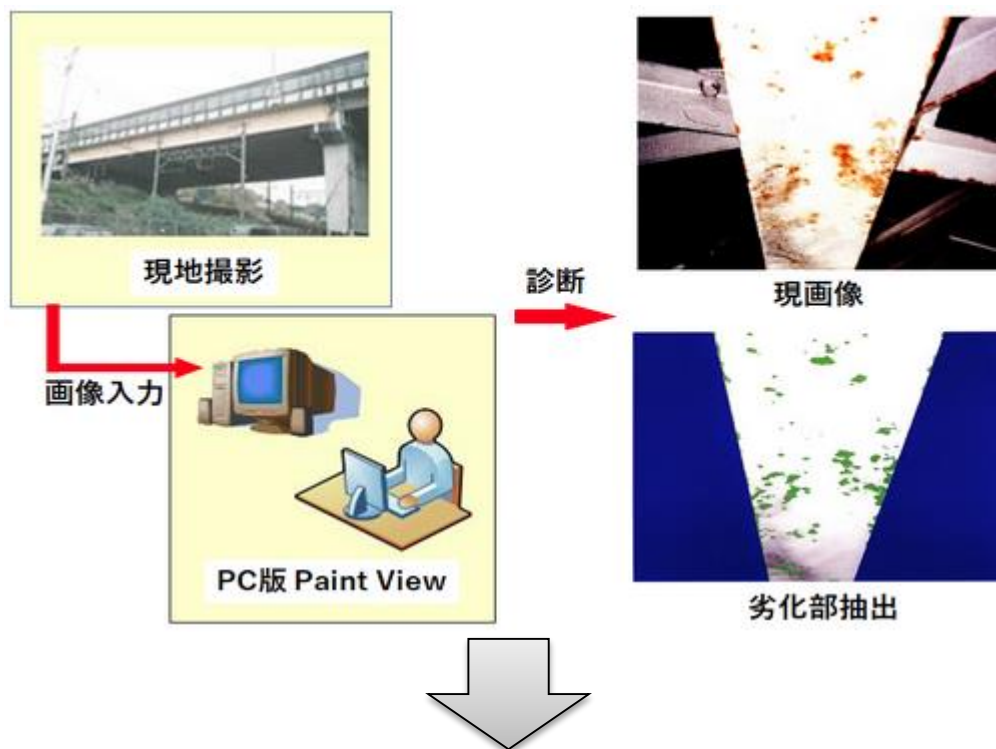
一般部変状が見られた項目を黄色網掛で示した。

赤字は試験終了時点における評価。

1. NEXCO総研の紹介
2. NEXCOの塗替塗装の要領
3. 剥離しにくい塗膜の検討
- 4. 塗膜の点検補助**

鋼橋塗膜劣化度診断システム

- NEXCOでは塗膜点検に鋼橋塗膜劣化度診断システム(PV)を補助的に用いている
- PVはA塗装系を想定してさび面積を画像評価できるもの



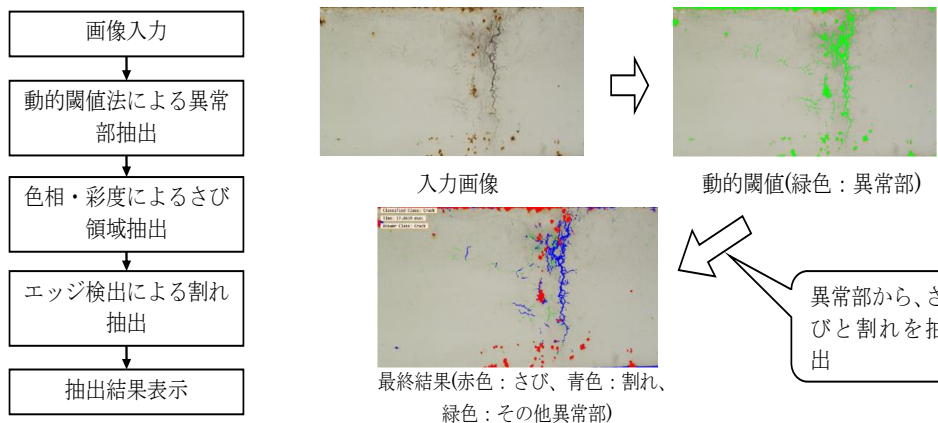
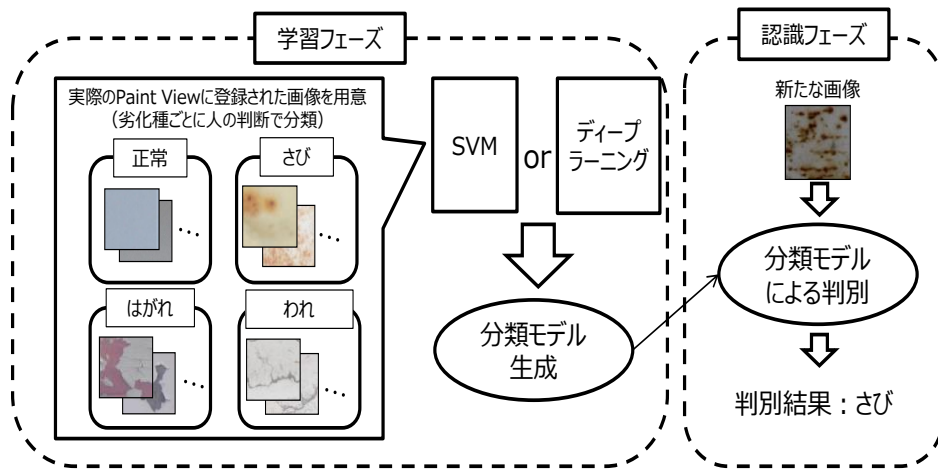
⇒画像処理アルゴリズムの改良による、劣化塗膜の検出・評価機能の追加

⇒高解像度カメラ導入を想定した、射影変換機能の追加

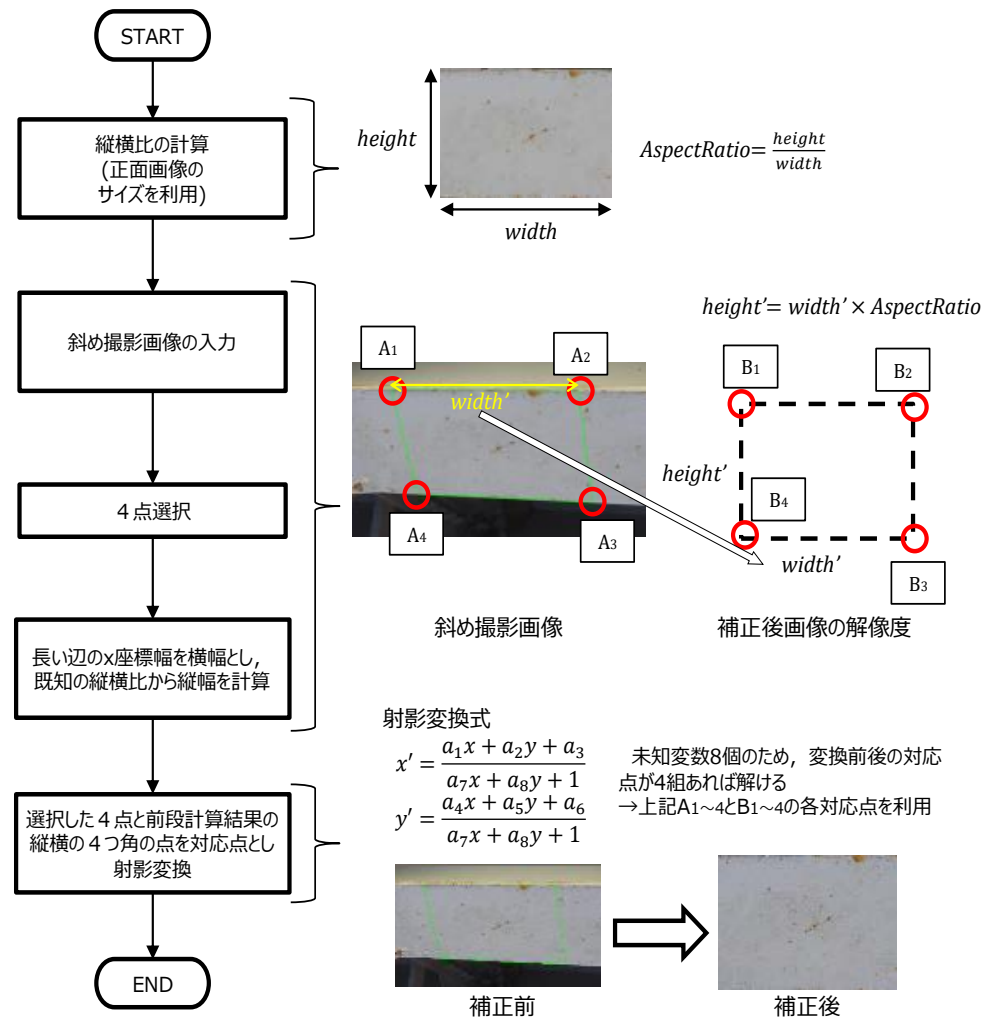
⇒評価補正の処理の省力化のための、AI技術(ディープラーニング)の導入

⇒PVでデータ一元管理するための、最終評価情報データの登録機能の追加

機械学習を利用した客観的な塗膜変状判断



カメラ撮影画像の射影変換



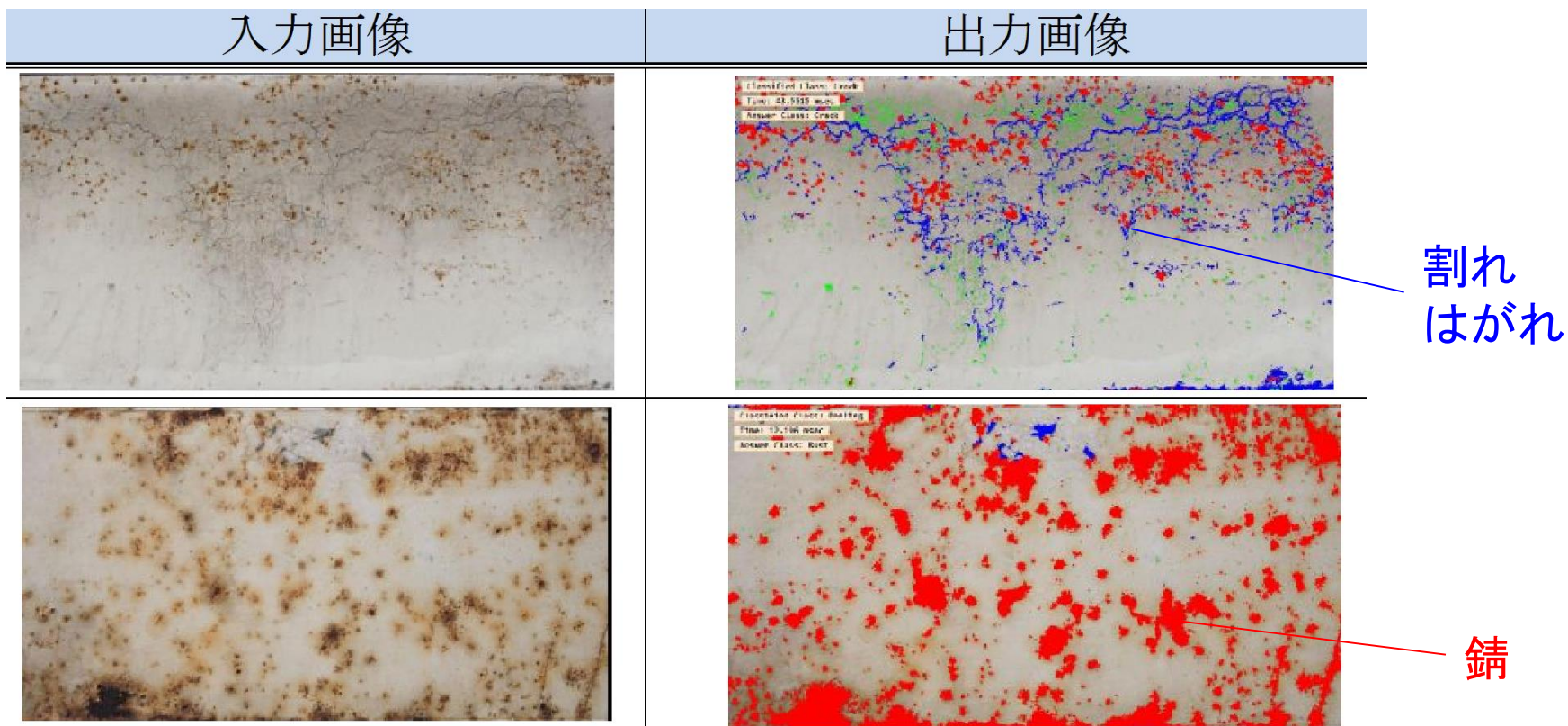
劣化塗膜の検出・評価機能の追加

現行

写真から錆を検出することを目的としたもの

改良案

写真から錆, 割れ, はがれ, ふくれ, 白亜化などを検出し, それらの劣化を分類し, 自動判定することを目的としたもの



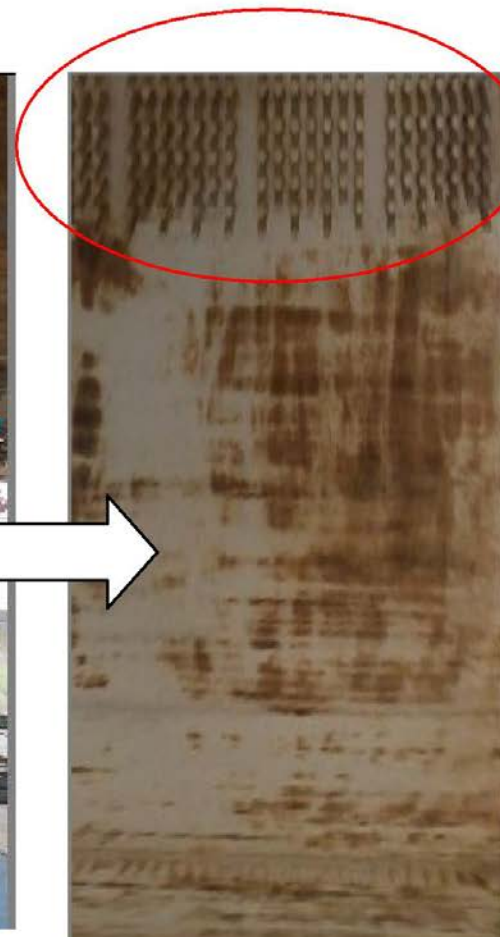
射影変換機能の追加

現行

写真を正対してとるようマニュアルで規定

改良案

射角がある画像を射影変換



添接板

1. NEXCO総研の紹介

2. NEXCOの塗替塗装の要領 ⇒重防食塗装系

- ▶ せっかく塗った無機ジンクリッチペイントは活かしたい
- ▶ 無機ジンクリッチペイントの層での剥離の問題や、塗替え塗装後の塗膜下腐食の問題がある

3. 剥離しにくい塗膜の検討 ⇒はく離抑制型塗料, 高遮断塗料

- ▶ 無機ジンクリッチペイント上に塗っても剥がれにくく、塗膜下腐食に対しても抑制効果がある塗膜が欲しい

4. 塗膜の点検補助 ⇒鋼橋塗膜劣化度診断システム

- ▶ 塗替塗装の客観的な判断がしたい
- ▶ 悪い部分だけ部分補修をやっていけるように