

鋼構造物の長寿命化対策

チタン箔による鋼構造物塗膜の補強工法

- 特許 第4424536号
- 第二回インフラメンテナンス大賞優秀賞 受賞



土木研究所 先端材料資源研究センター

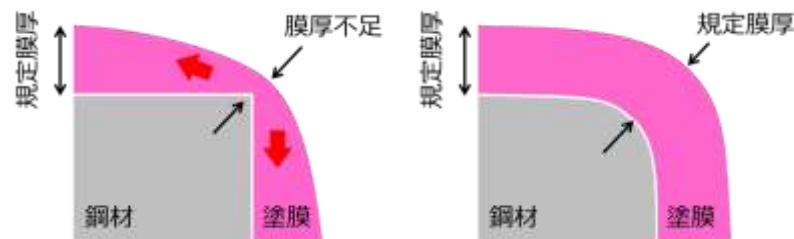
 NIPPON STEEL 日鉄防食株式会社

 中国塗料株式会社

鋼道路橋の防食塗装の弱点



部材端部や部材接合部 … 規定膜厚の確保が難しい
水分や土砂が堆積しやすい



→ **塗膜弱点部** となり、早期に鋼材腐食が起こりやすい

→ 一般的には部材端部の**曲面仕上げ**や**塗膜厚を増す**方法が
取られるも、厳しい腐食環境においては十分な防食効果が
発揮されない場合がある

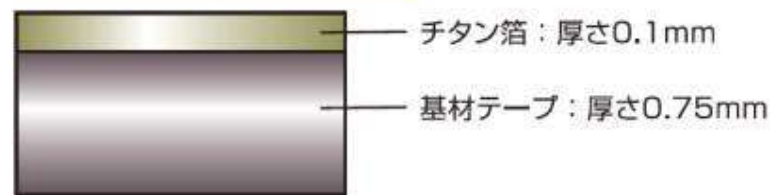
塗膜弱点部を延命化する対策が必要

チタン箔シートを用いた防食工法

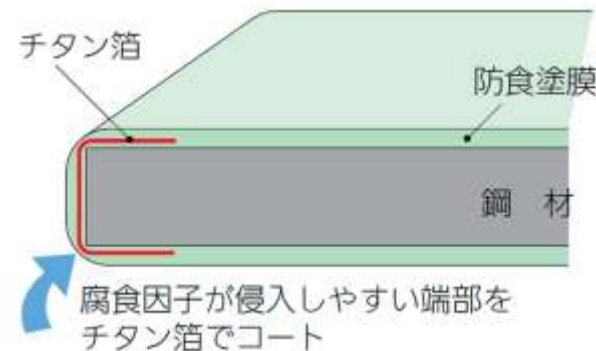
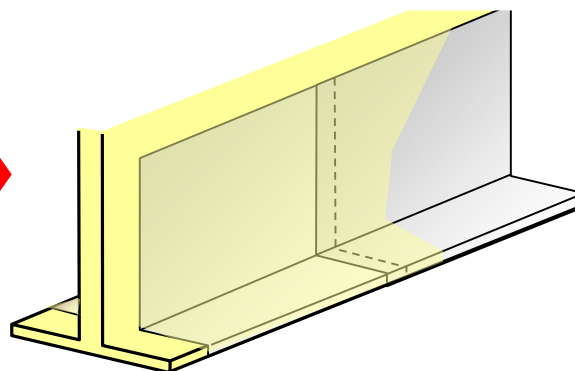
- 防食塗装の弱点と言われる部材端部等にチタン箔シートの貼付と塗装とを複合施工することにより、水分や塩分の様な腐食（促進）因子を完全に遮断して、塗膜劣化と鋼材腐食を抑制する工法。



チタン箔シートの構成



- 塗膜劣化や腐食が起こり易い部位への適用が効果的



チタン箔シート防食工法の特徴

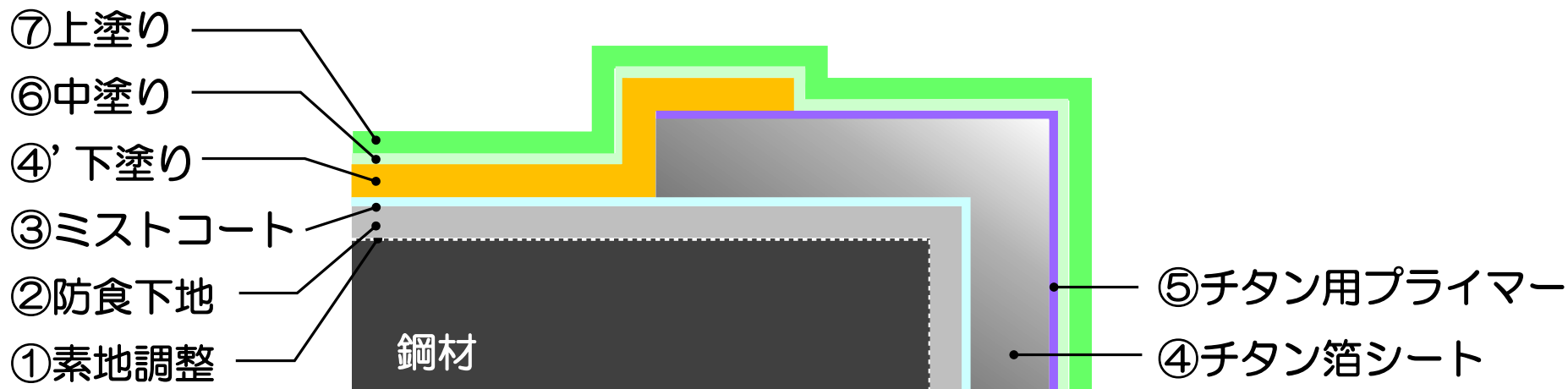
- ◆ 耐食性・耐衝撃性に優れたチタンを使用
- ◆ 施工性が良好（軽量・切断容易）
- ◆ 重防食塗装との複合が可能であるため、景観上変化なく施工可能
- ◆ 新設／既設（補修）を問わず適用可能

但し、チタンは高コスト



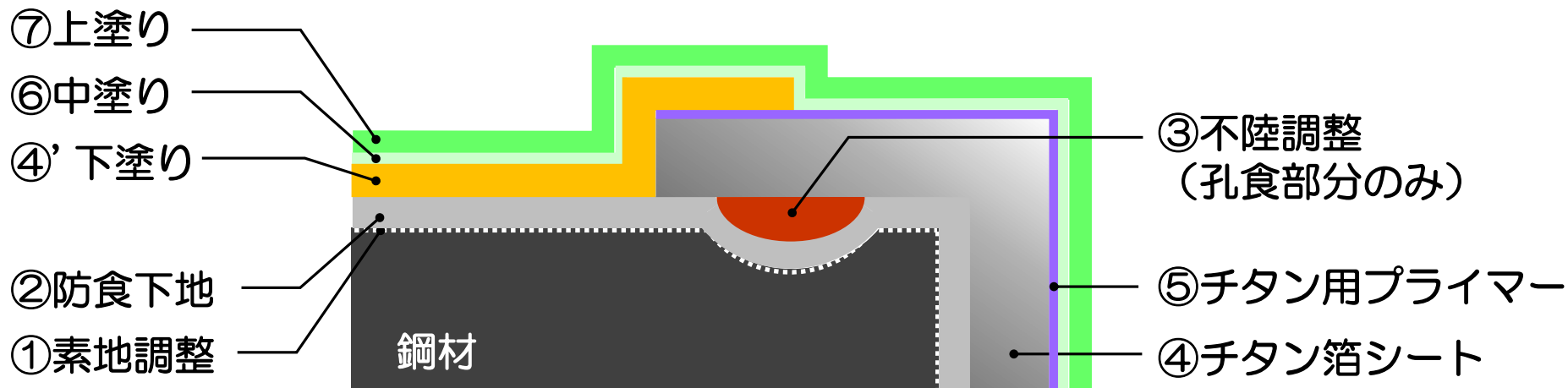
ライフサイクルコストを考慮した塗膜弱点部への局所的な適用により、一般的な塗替周期以上まで寿命を延長させる狙い

新設仕様（橋梁製作工場での施工）



工 程		チタン箔シート適用部	チタン箔シート非適用部
①素地調整		ブラスト処理ISO Sa2 1/2	
②防食下地		無機ジंकリッチペイント 600 g/m ² 75 μm	
③ミストコート		エポキシ樹脂塗料下塗 160 g/m ²	
④チタン箔シート	④' 下塗り	チタン箔/両面粘着シート	エポキシ樹脂塗料下塗 540 g/m ² 120 μm
⑤チタン用プライマー		チタン用エポキシ樹脂プライマー 130 g/m ² 30 μm	
⑥中塗り		いっ素樹脂塗料用中塗 170 g/m ² 30 μm	
⑦上塗り		いっ素樹脂塗料上塗 140 g/m ² 25 μm	

補修仕様（現場での施工）



工 程		チタン箔シート適用部	チタン箔シート非適用部
①素地調整		ブラスト処理ISO Sa2 1/2	
②防食下地		有機シンクリッチペイント 600 g/m ²	
③不陸調整（孔食部のみ）		超厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	
④チタン箔シート	④' 下塗り	チタン箔/両面粘着シート	エポキシ樹脂塗料下塗 240 g/m ² × 2
⑤チタン用プライマー		チタン用エポキシ樹脂プライマー 130 g/m ²	
⑥中塗り		いっ素樹脂塗料用中塗 170 g/m ²	
⑦上塗り		いっ素樹脂塗料上塗 140 g/m ²	

チタン箔シート of 防食性

■ 海浜部での暴露 (親不知)



(暴露12年経過)



チタン箔シート除去後の状況

仕様	
素地調整	Sa 2 1/2
防食下地	無機ジンクリッチペイント
被覆材	チタン箔シート (t = 0.85 mm)

12年の暴露試験から、高い防食効果を確認

粘着材の長期耐久性（屋外暴露試験）

① 試験場所：
沖縄自動車道
許田高架橋

② 試験開始：
平成3年7月～
平成26年9月
(桁塗替工事にて撤去)

暴露期間		2年目	6年目	8年目		11年目	23年目
		全長	全長	剥離試験前 半部 (約40mm)	剥離試験後 半部 (約40mm)	全長	全長
粘着力	1回目	600～800 g/cm	2500～3500 g/cm	2000～2500 g/cm	約3500 g/cm	1000～1400 g/cm	3400～3700 g/cm
	2回目		2300～3300 g/cm	2000～2500 g/cm	約3500 g/cm	2000～2400 g/cm	3400～3700 g/cm
剥離形態		塗膜と基材 (粘着層)の 界面剥離	基材(粘着 層)の凝集 破壊 (層間剥離)	塗膜と基材 (粘着層)の 界面剥離	基材(粘着 層)の凝集 破壊 (層間剥離)	塗膜と基材 (粘着層)の 界面剥離	基材(粘着 層)の凝集 破壊 (層間剥離)



付着性試験状況

沖縄で23年間供用されたチタン箔シートは、その粘着剤(自己融着性)特性が発現し、高い付着性を維持していた。



23年後の付着試験の剥離状態
(粘着剤の凝集破壊)

適用の条件と留意点

適用条件

- 気 温 一般的な塗装工事と同様、5～50℃程度
- 湿 度 85%以上は不可
- 現場条件 塗装工事が行える現場であれば制約はない
1 m × 1 m程度の作業スペースは必要

留意点

- 支承部などの複雑な形状の部材には適用困難
- 濡れた部材や水中施工を要する箇所は適用不可
- 作業員の手が届かない箇所は適用不可

技術の効果

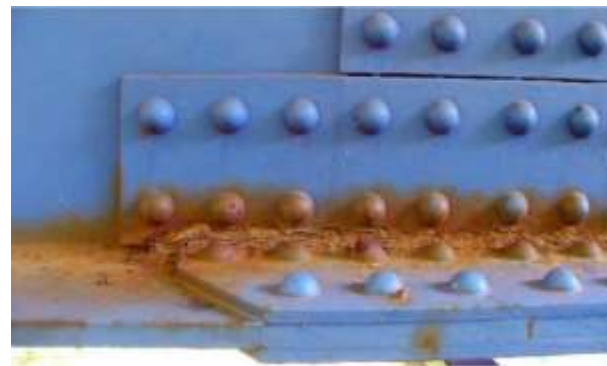
- 部材が輻輳している箇所や湿潤状態となりやすい箇所など、鋼構造物の中でも特に腐食しやすい箇所への適用が効果的です。



桁端部



継手部 (高力ボルトまわり)



継手部 (連結板)



格点部ガセットプレート)



トラス格点部

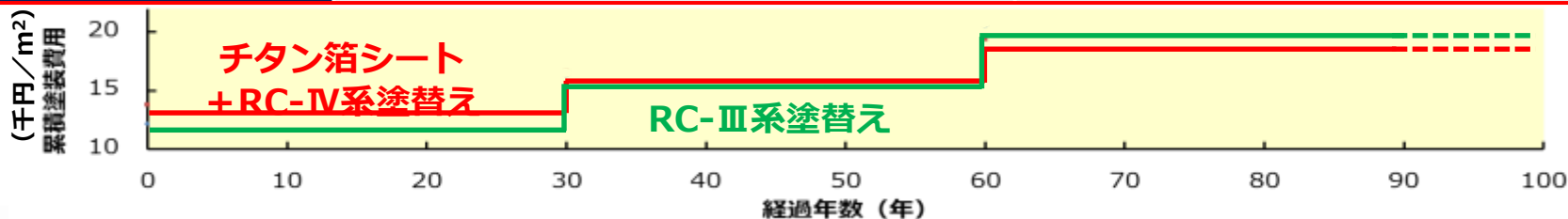


コンクリート埋設部

【出典】国土技術政策総合研究所資料第748号「道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）－橋梁損傷事例写真集－」（平成25年7月）

ライフサイクルコストの比較例

工法		重防食塗装	チタン箔シートによる防食補強
工法の概要 (一般塗装系を重防食塗装系で塗替える際の施工)		一般塗装系を重防食塗装系 (Rc-I) で塗替え後、 Rc-III塗装系での塗替えを繰り返す ケース	一般塗装系を重防食塗装系 (Rc-I) で塗替える際に、 塗膜の弱点部にチタン箔シートを適用し、Rc-IV塗装系で維持管理 していくケース。塗膜弱点部は全体の5%と仮定。
試算条件		足場仮設、環境対策を除く直工費を、土木施工単価 (2016冬、東京) を参考に積算	
工程と仕様	素地調整	部材角部 曲面仕上げ2R ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2
	防食下地	有機ジンクリッチペイント 75 μm	有機ジンクリッチペイント 75 μm
	下塗り①	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm (95%) チタン箔シート 850 μm (5%)
	下塗り②	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm (95%) チタン用プライマー 30 μm (5%)
	中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗り 30 μm	ふっ素樹脂塗料用中塗り 30 μm
	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗り 25 μm	ふっ素樹脂塗料上塗り 25 μm
期待耐用年数 (腐食環境の厳しい海浜地域等)		30年	30年 (チタン自体は100年以上)
初期コスト		12,180円/m ²	13,798円/m ²
塗替仕様およびコスト		Rc-III系 4,215円/m ²	Rc-IV系 2,800円/m ²

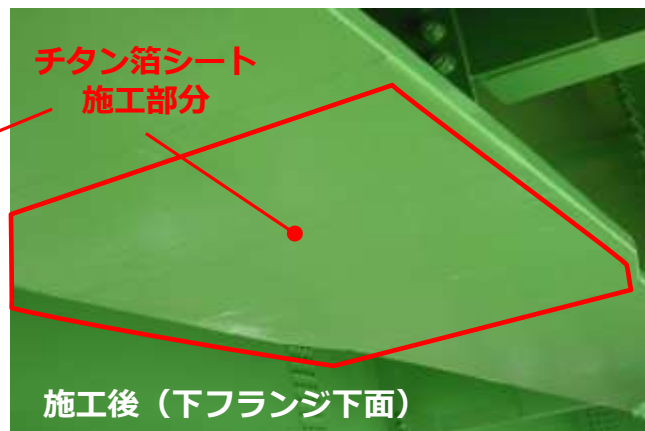
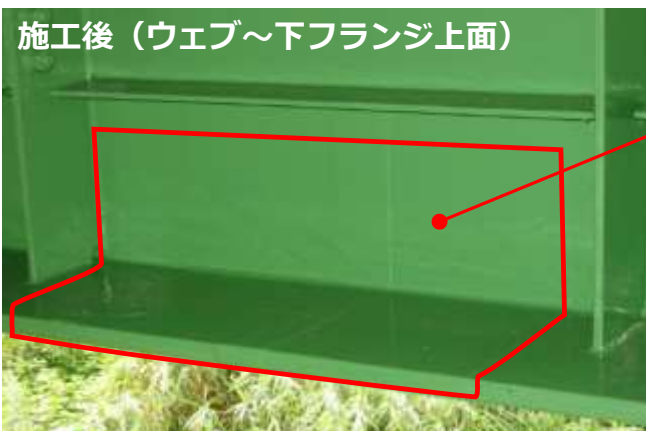


施工事例①（平成15年3月施工）

対象：離岸距離約3.5kmに位置するN橋梁

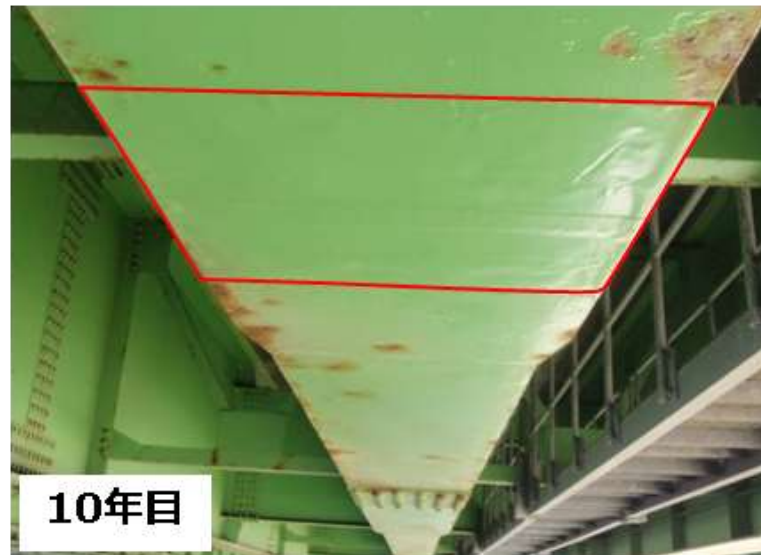
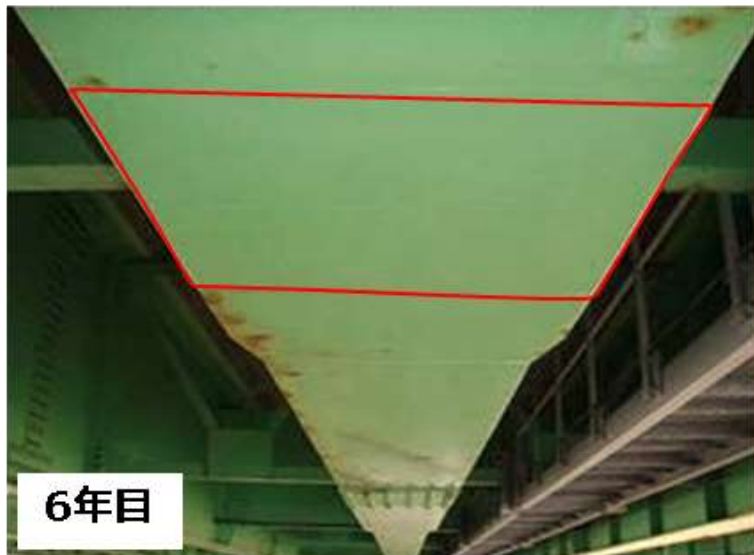
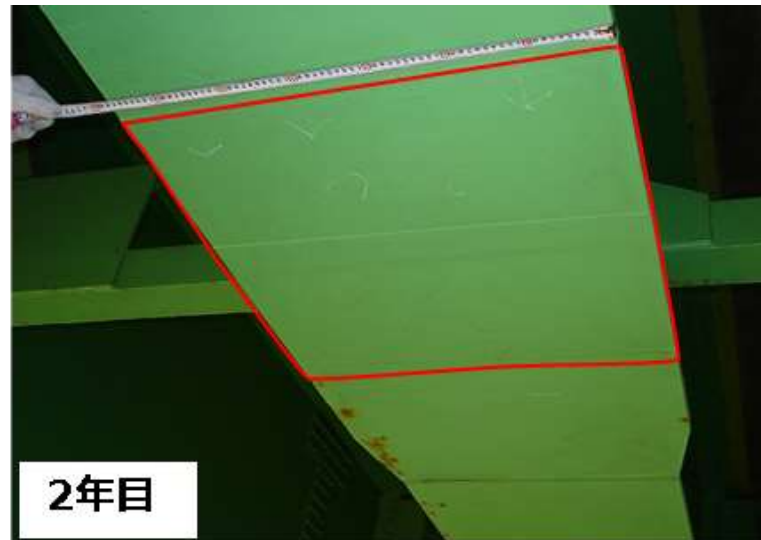
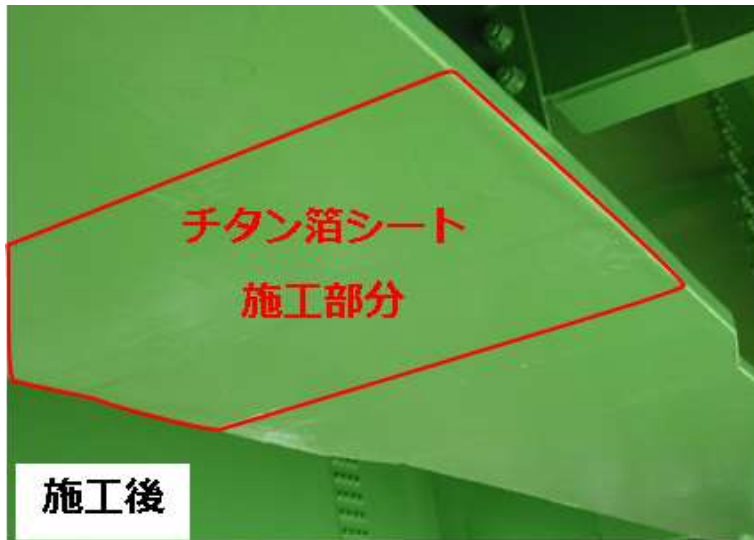
※素地調整程度3種

架設後27年経過…主桁下フランジ端部に激しい腐食(内桁)



塗替補修塗装に合わせてチタン箔シートによる試験施工を実施

施工事例①（平成15年3月施工）



チタン箔シート 適用部：発錆なし 非適用部：発錆あり

施工事例②（平成25年11月施工）



チタン箔防食の適用

添接板及び締結ボルト部の隙間腐食対策として実施

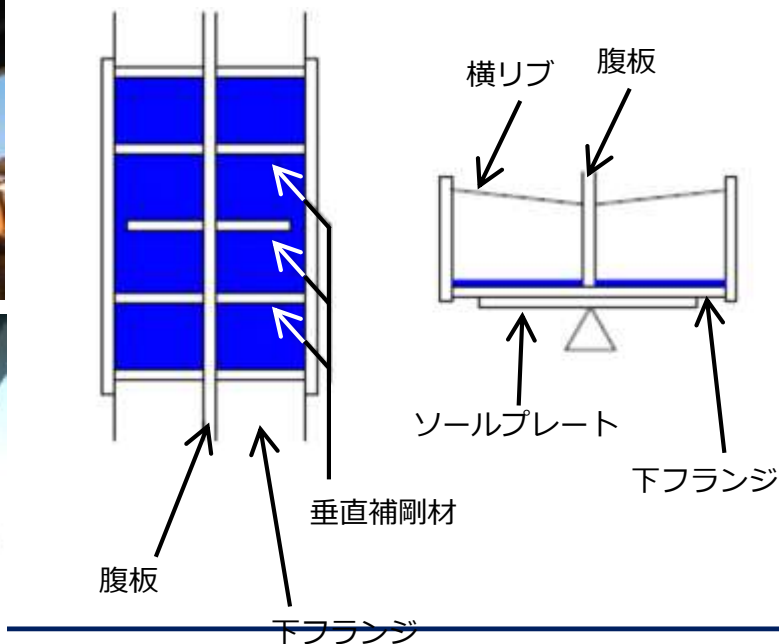


施工事例③ (平成25年5月施工)

(四国地方整備局からの提供情報)



- 事業個所 : 国道55号 高知東部自動車道 高知南国道路
- 施工構造物 : 稲生高架橋
- 施工場所 : 高知県南国市稲生
- 施工数量 : 1.73 m²
- 施工時期 : 2013年5月
- 施工目的 : 桁端部は補強リブに囲まれ、**滞水しやすい構造**となることから、塗装の耐久性向上を目的として採用した。



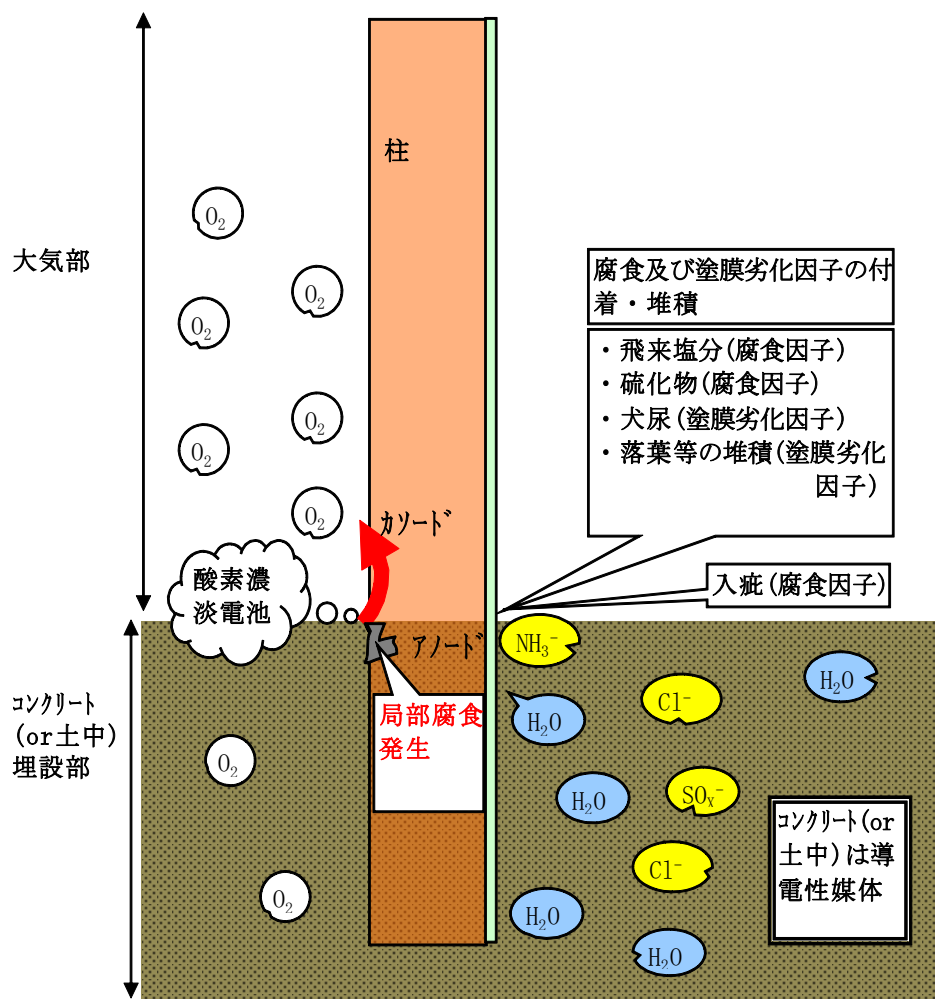
チタン箱施工状況



チタン箱施工部塗装完了

施工事例④

<腐食のメカニズム>



製品及び現地対応可能

施工実績 (2020.5現在)

施工年	発注者	施工対象	新設/既設	施工量 (m ²)	チタン箔シート貼付部
2006	新日本製鐵株式会社君津	橋梁	既設	1	桁端部
2011	熊本河川国道事務所	歩道橋	新設	22	階段 蹴上部
2012	奈良国道事務所	歩道橋	新設	37	通路、踊り場桁の地覆部
2013	土佐国道事務所	橋梁	新設	4.5	端支点部、下フランジ上面
2013	新潟市西部地域土木事務所	橋梁	既設	5	添接部
2014	高田河川国道事務所	橋梁	新設	21.6	検査路接合部
2014	福岡国道事務所	橋梁	新設	11	両端支点部
2014	愛知県新城設楽設計事務所	橋梁	既設	52	両端地覆部、添接部
2014	新日本製鐵株式会社君津	パンザーマスト	新設	28	パンザーマスト地際部
2015	新日鐵住金株式会社君津	ベルトコンベア	新設	20	フレーム下部
2016	新日鐵住金株式会社八幡	橋梁	既設	30	主桁・上フランジ
2016	山九株式会社和歌山	ベルトコンベア	新設	18.2	フレーム下部
2017	千葉県香取土木事務所	F型柱	新設	1.5	地際部
2017	神奈川県横須賀土木事務所	F型柱	新設	1.5	地際部
2017	千葉県長生土木事務所	F型柱	新設	0.3	地際部
2018	神奈川県西土木事務所	F型柱	新設	0.3	地際部
2018	千葉県香取土木事務所	F型柱	新設	3.9	地際部
2018	新日鐵住金株式会社君津	ベルトコンベア	新設	3.9	フレーム下部

本
施
工

施工実績 (2020.5現在)

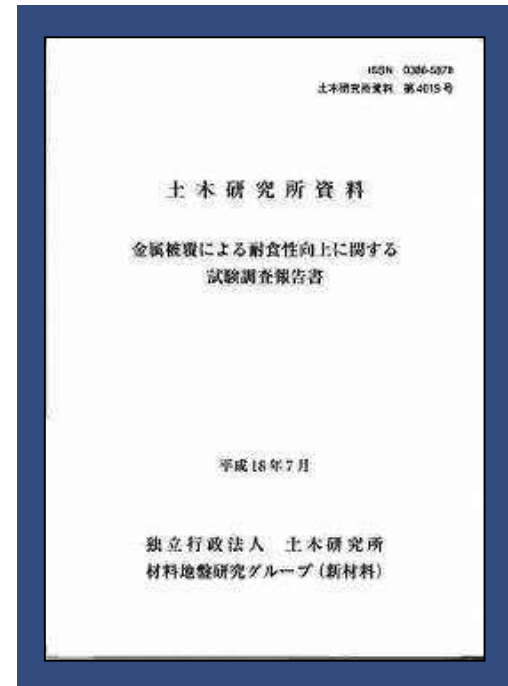
	施工年	発注者	施工対象	新設/既設	施工量 (m ²)	チタン箔シート貼付部
試験施工	2003	新潟国道事務所	橋梁	既設	4	主桁下フランジ
	2010	和歌山県由良町	橋梁	既設	1	桁端部
	2011	酒田河川国道事務所	橋梁	新設	1	桁端部
	2011	福井県	橋梁	既設	1.8	桁端部
	2013	名四国道事務所	橋梁	新設	2	端支点部、添接部
	2018	T&日本メンテ開発株式会社	橋梁	新設	8	桁端部
	2018	日本旅客鉄道八王子土木技術センター	-	-	0.7	
	2019	高山国道事務所	橋梁	新設	20	桁端部端支点
材料販売	2013	北勢国道事務所	橋梁	新設	7.1	
	2014	名四国道事務所	橋梁	新設	210	主桁及び横桁の添接部と周辺
	2014	岩手河川国道事務所	橋梁	新設	1.1	垂直補剛材間、下フランジ上面
	2016	新潟県	橋梁	既設	18.9	トラス部
	2016	宗教法人善光寺	建築梁	既設	18.2	梁部
	2016	第三管区海上保安部	灯台	既設	109.2	灯台全面
	2016	小松精練株式会社	-	-	9.8	
	2016	新日鐵住金株式会社チタン事業部	-	-	2.8	
	2017	北九州市	橋梁	新設	0.6	箱桁側面
	2018	株式会社巴コーポレーション	橋梁	新設	1.4	ソールプレート側面部
	2018	株式会社巴コーポレーション	橋梁	新設	0.9	ソールプレート側面部
	2018	北勢国道事務所	橋梁	新設	5.3	合成床版
	2018	富岡市	建築梁	既設	108	梁部
	2018	富岡市	建築梁	既設	54.6	梁部
	2018	NSスチレンモノマー株式会社	栈橋	既設	7	ブレス材
	2018	京都市	建築梁	既設	9.1	梁部
	2019	北九州国道事務所	歩道橋	新設	82.3	階段・通路の地覆部、蹴上、踏面、踊場
	2019	高山国道事務所	橋梁	新設	330	桁端部端支点
	2019	岐阜国道事務所	橋梁	新設	103	支承板
	2019	JAXA	レール	既設	47.1	VAB扉レール部
2019	富岡市	建築梁	既設	39.2	梁部	

適用時に必要な技術情報

- 土木研究所資料 No. 4019 「金属被覆による耐食性向上に関する試験調査報告書」 (2006年7月)
- 「チタン箔シートによる重防食塗膜の耐食性補強マニュアル(案)」

＜土木研究所先端材料資源研究センターHP＞

<https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/research/tech-info/titan-manual.pdf>



お問い合わせ先



(国研) 土木研究所

先端材料資源研究センター(iMaRRC)

TEL 029-879-6763 / FAX 029-879-6733

NIPPON STEEL 日鉄防食株式会社

エンジニアリング事業部

TEL 03-5858-6127 / FAX 03-5628-3655

<http://acc.nssmc.com/>

CMP 中国塗料株式会社

営業本部国内営業統括部

TEL 03-3506-5844 / FAX 03-5511-8542

<http://www.cmp.co.jp/>

