

令和 元年度 橋梁技術発表会

製作・溶接・防食に関する研究 ～製作小委員会における最近の活動報告～

製作小委員会

入部孝夫, 村上貴紀, 鈴木克弥, 前田博

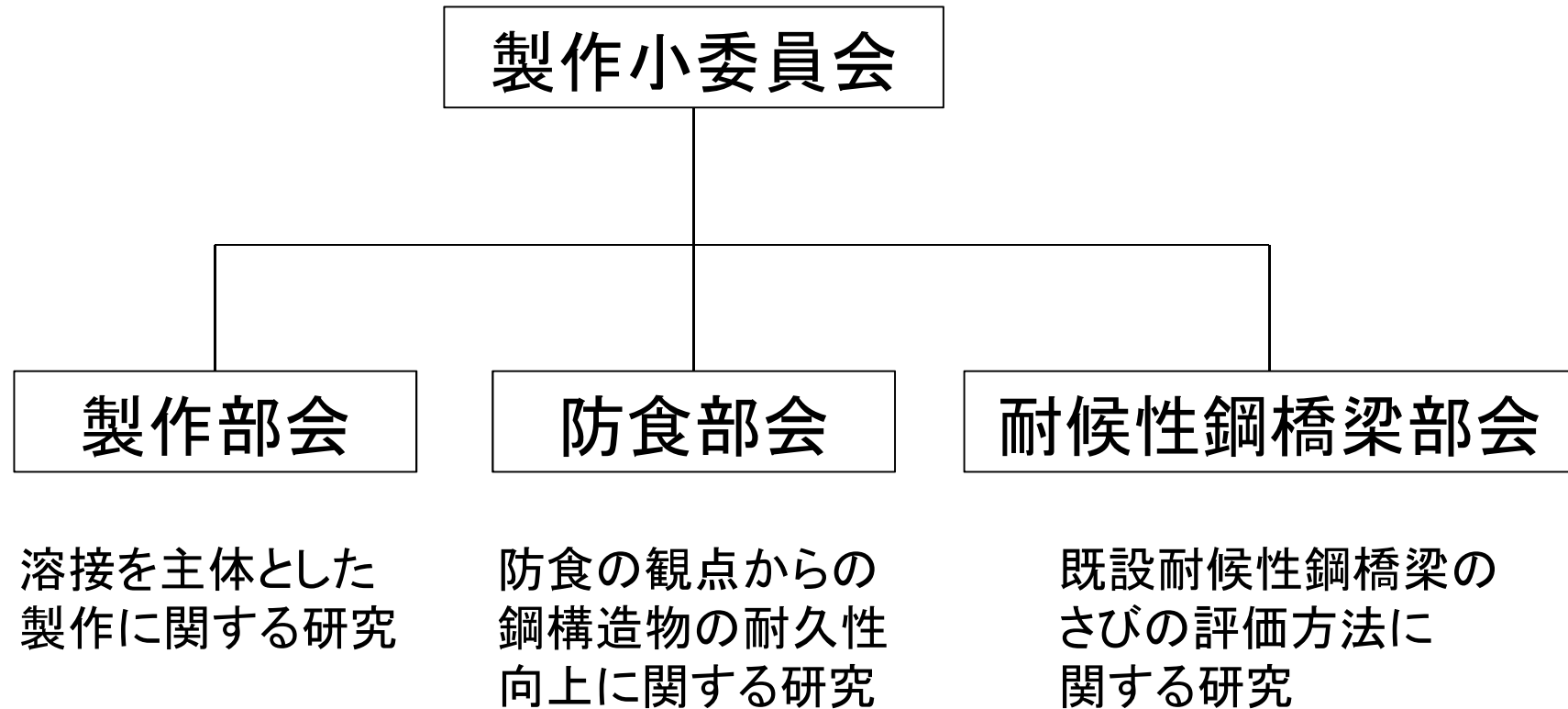


一般
社団法人

日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association

1 製作小委員会の構成



本日は、3部会の研究の成果・途中経過を報告

2. 製作部会の活動報告

2.1 最近の研究テーマ

- ① 組立溶接の規定緩和に向けた研究
(一社)日本溶接協会との共同研究

過去に行った研究

- ・裏波ビードを有する片面横突合せ溶接継手の疲労強度
- ・荷重伝達型十字すみ肉継手の静的強度の研究

- ② i-Bridgeへの取り組み
鋼材のミルシートの電子化の検討
(一社)日本鉄鋼連盟と共同で検討

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

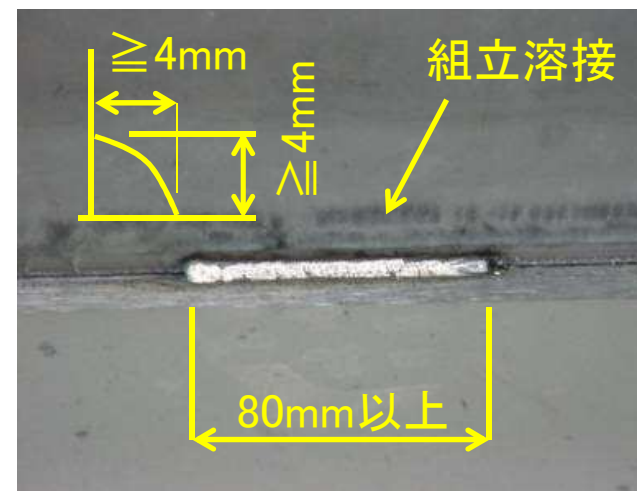
～研究の背景と目的～

道路橋示方書・同解説Ⅱ編の組立溶接の規定

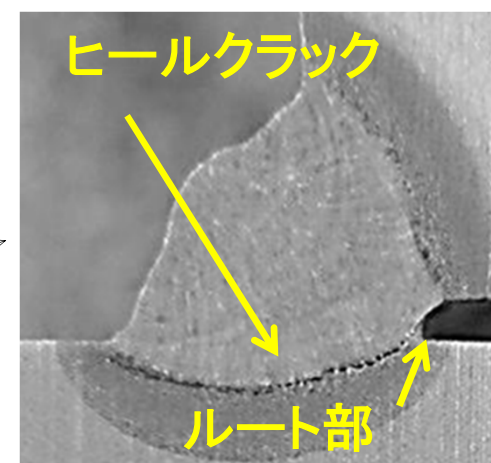
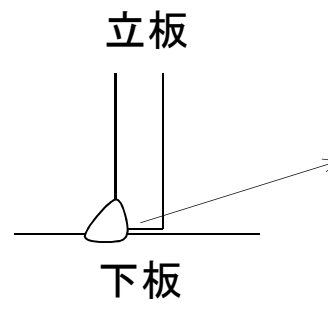
すみ肉脚長は4mm以上

長さは80mm以上

ただし、厚い方の板厚が12mm以下の
場合または鋼材の溶接割れ感受
性組成 P_{CM} が0.22%以下の場合には
50mm以上とすることができる



T溶接継手にショートビードで
すみ肉溶接した時に生じる
ヒールクラックを防止するため



2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～研究の背景と目的～

道示の参考とした文献¹⁾では、

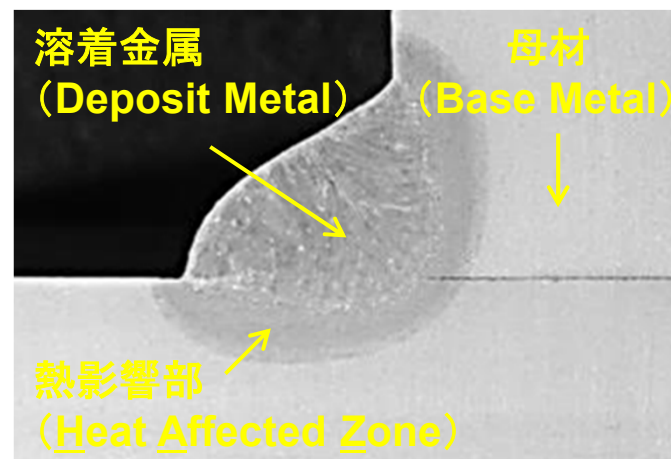
「CO₂溶接については被覆アーク溶接に比して低温割れ感受性は低く、ヒールクラックは発生せずウェブ側HAZの微小な割れのみであった。今後の研究によりヒールクラックが発生しないことの明確な理由が明らかになれば、仮付け溶接長の制約を緩和できる可能性が高い。」

1) 三木ら: 仮付け溶接の長さヒール・クラックの発生について, 土木学会論文集, No.404- I -11, 1989.



CO₂溶接とは？

ガスシールドアーク溶接の一つで、溶接中に溶融金属と空気との接触を断つ役割のシールドガスにCO₂(炭酸ガス)を用いた溶接方法



2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究 ～研究の背景と目的～

現在の実施工では、

- ・組立溶接を含みCO₂溶接にて施工している
- ・すみ肉溶接継手の指定脚長が4mmや6mmでは、組立溶接位置のすみ肉溶接が凸形状となりやすく、溶接外観に影響する
- ・組立溶接が80mm以上 (P_{CM}または板厚によっては50mm以上)確保できないと予熱が必要

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～研究の背景と目的～

ヒールクラックの発生要因を明確にし、

CO₂溶接における組立溶接の制約条件の緩和を目的



ヒールクラックの発生要因と考えられる鋼材の溶接割れ感受性組成 P_{CM} 、溶接部の拡散性水素量、脚長と溶接長さを変化させたヒールクラック試験を実施

ヒールクラックは低温割れの一つ

熱影響部に生じる低温割れの発生要因は、

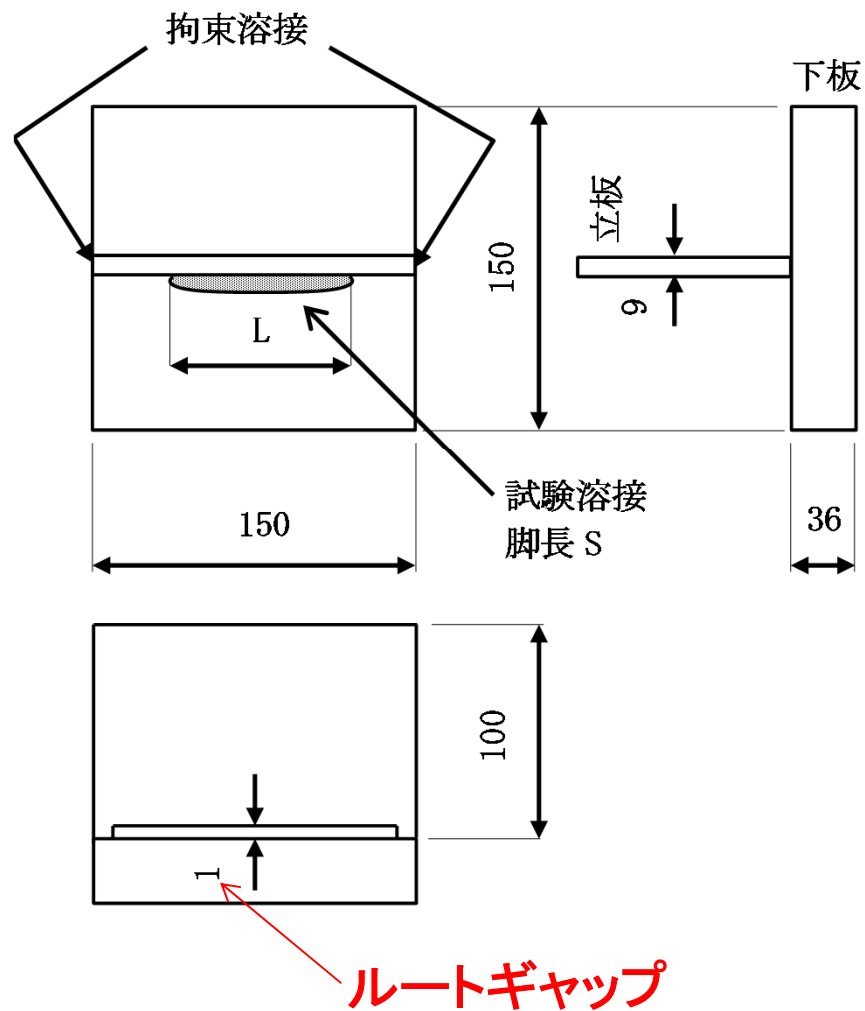
熱影響部の組織(=硬さ)

拡散性水素量(熱影響部に閉じ込められる水素量)

継手の拘束度(継手形式や板厚で決まる)

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～試験体～



2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～試験体～

供試鋼板の化学成分と試験体の組合せ

目標 P_{CM} (%)	目標 C_{eq} (%)	材質	板厚 (mm)	適用	試験体の化学成分		
					P_{CM} (%)	C_{eq} (%)	P_N (%)
0.28	0.43	SM520C	36	下板	0.27	0.44	0.34
		SM520C	9	立板	0.27	0.44	0.34
0.25	0.40	SM490YB	36	下板	0.25	0.41	0.33
		SM490YB	9	立板	0.25	0.42	0.34
0.22	0.36	SM490YB	36	下板	0.19	0.36	0.29
		SM490YB	9	立板	0.23	0.36	0.31

P_{CM} : 溶接割れ感受性組成

C_{eq} : 炭素当量

P_N : ヒールクラック感受性指数

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～溶接方法、溶接材料、脚長、溶接長さ、試験環境など～

溶接方法：炭酸ガスアーク溶接（CO₂溶接）

＜自動走行台車による自動溶接＞

溶接材料：ソリッドワイヤ（JIS Z 3312 YGW12）、ワイヤ径1.2φ
フラックス入りワイヤ（JIS Z 3313 T49J0T1-1CA-U）、
ワイヤ径1.2φ

脚 長：3mm、4mm

溶接長さ：40mm、80mm

試験環境：室温6°C（恒温室）

湿度50～70%

予 熱：なし



試験溶接状況

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～試験結果～

溶接条件および割れ試験結果(ソリッドワイヤ)

溶接材料	P _{CM} (%)	脚長 (mm)	溶接長 (mm)	試験体No.	溶接条件				割れ試験結果
					電流 (A)	電圧 (V)	速度 (mm/min)	入熱量 (J/mm)	割れの 有無
ソリッド ワイヤ	0.27	3	40	YA34	160	23	500	442	なし
			80	YA38	160	23	500	442	なし
		4	40	YA44	160	23	400	552	なし
			80	YA48	160	23	400	552	なし
	0.25	3	40	YB34	160	23	500	442	なし
			80	YB38	160	23	500	442	なし
		4	40	YB44	160	23	400	552	なし
			80	YB48	160	23	400	552	なし
	0.19	3	40	YC34	160	23	500	442	なし
			80	YC38	160	23	500	442	なし
		4	40	YC44	160	23	400	552	なし
			80	YC48	160	23	400	552	なし

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～試験結果～

溶接条件および割れ試験結果(フラック入りワイヤ)

溶接材料	P _{CM} (%)	脚長 (mm)	溶接長 (mm)	試験体No.	溶接条件				割れ試験結果
					電流 (A)	電圧 (V)	速度 (mm/min)	入熱量 (J/mm)	割れの 有無
フラックス入り ワイヤ	0.27	3	40	FA34	230	31	880	486	なし
			80	FA38	220	31	880	465	なし
		4	40	FA44	240	31	650	687	なし
			80	FA48	240	31	650	687	なし
	0.25	3	40	FB34	230	31	880	486	なし
			80	FB38	230	31	880	486	なし
		4	40	FB44	240	31	650	687	なし
			80	FB48	240	31	650	687	なし
	0.19	3	40	FC34	220	31	880	465	なし
			80	FC38	220	31	880	465	なし
		4	40	FC44	240	31	650	687	なし
			80	FC48	240	31	650	687	なし

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～試験結果～

溶着金属部の拡散性水素量

ガスクロマトグラフ法(H_{DM})による試験結果

ソリッドワイヤ : 0.8ml/100g

フラックス入りワイヤ : 2.7ml/100g

グリセリン置換法(H_{GL})に換算すると、

ソリッドワイヤ : - (水素量が小さいため換算不可)

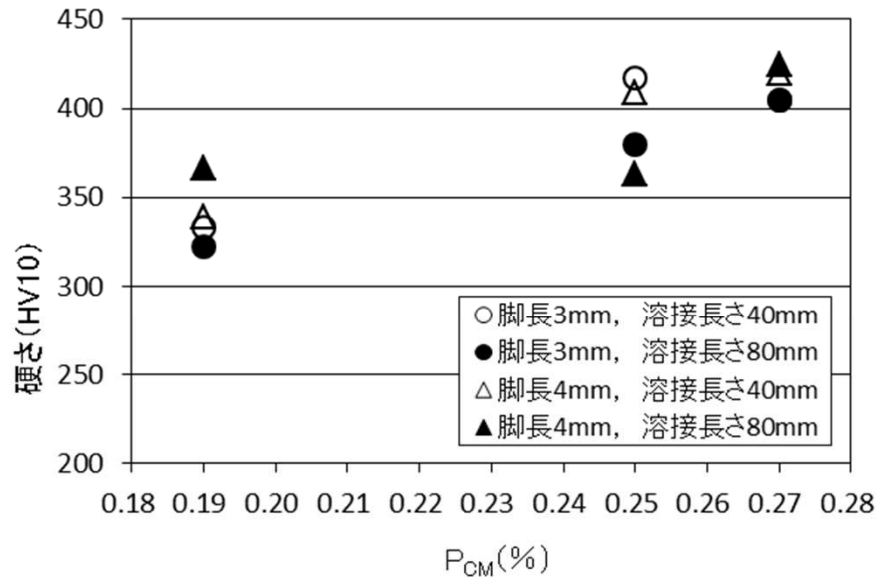
フラックス入りワイヤ : 0.4ml/100g

換算式 $H_{GL} = 0.79H_{DM} - 1.73$

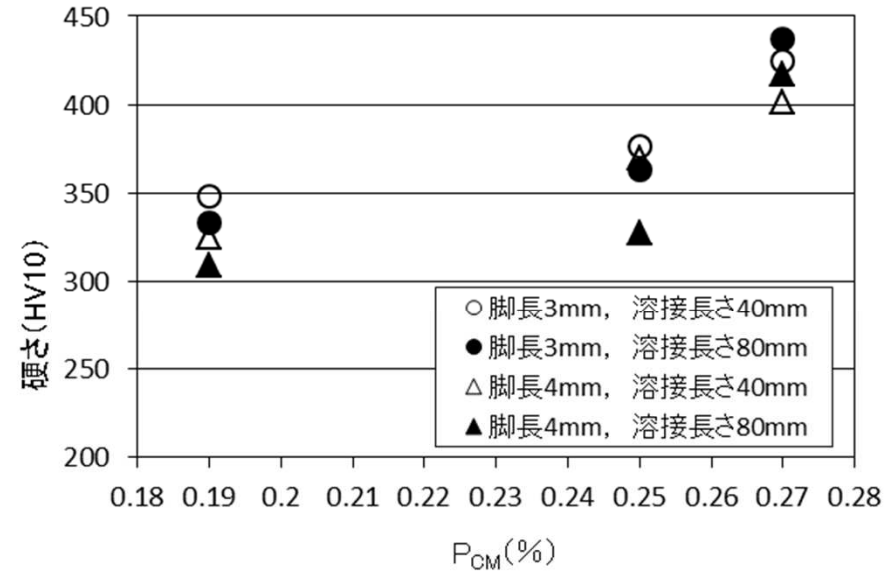
低水素系被覆アーク溶接棒の拡散性水素量はグリセリン置換法(H_{GL})で2ml/100g程度

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～試験結果～



a) ソリッドワイヤ



b) フラックス入りワイヤ

P_{CM} と試験体下板側の熱影響部の最高硬さとの関係

- ・ P_{CM} が大きくなると熱影響部の硬さは大きくなる
- ・ **最高硬さが約430HV**でもヒールクラックは生じていない
- ・ 入熱量による最高硬さの明確な差は認められない

2.2 組立溶接の規定緩和に向けた研究

～まとめ～

CO₂溶接で脚長3mm、溶接長さ40mmの条件でもヒールクラックは発生しない

しかし、CO₂溶接でのヒールクラック発生要因が明確になっていない



今後の試験

さらに脚長・溶接長さを小さくしてもヒールクラックは発生しない？

CO₂溶接でヒールクラックが発生する要因と考えられる溶接部の拡散性水素量を増やして試験溶接を行う

2.3 ミルシートの電子化の検討

注文者 1ZE -8FAA05F
 SHIPPER MM&KENZAI
 契約番号 9-110-H1-1-5-1806 船番
 商品名 MILLEDGED STEEL PLATE
 規格 JIS G3106 SM490YBTMC
 需要家 MIYAJI ENGINEERING

日本製鉄株式会社
 NIPPON STEEL CORPORATION
鋼材検査証明書
 INSPECTION CERTIFICATE

本社 〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 HEAD OFFICE 2-6-1, MARUNOUCHI, CHIYODA-KU, TOKYO, 100-8071, JAPAN
 君津製鉄所 〒299-1141 千葉県君津市君津1番地
 KIMITSU WORKS 1, KIMITSU, KIMITSU-CITY, CHIBA-PREF, 299-1141, JAPAN
 証明書番号 Y-30645 頁 2
 CERTIFICATE No. : Y-30645 PAGE : 2
 発行年月日 2019-07-01
 DATE OF ISSUE : 2019-07-01

鋼材の規格番号と種類

文書番号
DOCUMENT No.

7

需要照合番号 ORDER ITEM No.	数量 QUANTITY	質量 MASS KG	製鋼番号 HEAT No.	製品番号 PLATE No.	引張試験 TENSILE TEST				衝撃試験 IMPACT TEST				化学成分 CHEMICAL COMPOSITION %																	
					試験番号 TEST No.	引張強さ YS N/MM2	伸び EL %	試験温度 TEST TEMP.	試験温度 TEST TEMP.	AVG	B	C	CE2	CE3	(0: x1, 1: 1/10, 2: 1/100, 3: 1/1000, 4: 1/10000, 5: 1/100000)								Sol. Al	Pcm						
															C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr			Mo	Nb	V	Ti	Al	CE1
21X2128X10112	19	3652	G3562	331831901	F	394	528	23	TL	0	228	220	245	231	L	16	21	105	13	4	1	1	1	0	0	0	22	A		
21X1426X11362	20	2750	G3562	331832001	F	394	528	23	TL	0	228	220	245	231	L	16	21	105	13	4	1	1	1	0	0	0	22	A		
20X1536X8975	21	2230	G3677	331832101	F	439	554	22	TL	0	246	249	258	251	L	16	22	108	15	3	1	2	3	1	0	0	22	A		
20X1536X8975	22	2230	G3677	331832201	F	439	554	22	TL	0	246	249	258	251	L	16	22	108	15	3	1	2	3	1	0	0	22	A		
20X1067X3400	23	587	G3677	331832301	F	439	554	22	TL	0	246	249	258	251	L	16	22	108	15	3	1	2	3	1	0	0	22	A		
20X1000X10112	24	1635	G3677	331832401	F	439	554	22	TL	0	246	249	258	251	L	16	22	108	15	3	1	2	3	1	0	0	22	A		
19X1161X10112	25	1805	G2478	331832501	F	455	594	19	TL	0	277	243	284	268	L	14	28	130	13	2	1	2	2	0	0	0	22	A		
18X1124X8912	26	1458	G3677	331832602	F	438	542	23	TL	0	259	265	270	265	L	16	23	109	13	2	1	2	2	0	0	0	22	A		
寸法	28			製品番号	1T	40					40	234			L	16	22											22	A	
	29			材料試験結果	2T	43					70	264			L	16	22												22	A
化学成分															L	16	22	106	13	4	1	1	2	0	0			22	A	
TOTAL	22	51209																												

注釈 NOTES ①試験片熱処理区分 Test piece heat treatment. H:試験片熱処理後 Heat treated for test piece. blank:供給まま As-supplied ②位置 Location T:Top B:Bottom ③方向 Direction L:圧延方向 Longitudinal C:直角方向 Transverse Z:板厚方向 Through Thickness. R:45°方向45Deg to the Longitudinal Axis
 ④厚内位置 Position in thickness F:全厚 Full-thick. S:表層 Surface B:Bottom surface Q:1/4厚 Quarter-thick. M:1/2厚 Mid-thick. T:1/2厚 Third-thick. 3/4厚 Three quarter-thick. W:表面下 12.5mm 12.5mm-under surface H:半厚 Half-thick ⑤点検距離 Gauge Length 平形試験片 Rectangular type specimen A:50mm B:70mm C:80mm D:200mm E:2" F:8" G:5.65√S H:4√S 丸形試験片 Round type specimen 1:50mm 2:70mm 3:2" 4:5.65√S 5:4√S ⑥引張強さ Y.P.: Yield Point or Yield Strength 0.2YS: 0.2% Offset. 0.5YS: 0.5% total extension under load LYP: Lower yield point ⑦RA: 絞り Reduction of Area. YR: 降伏比 Yield Ratio ⑧A:合格 Acceptable
 ⑨引張試験片形状 F:10mm Full. 2:2.5mm Sub 3:3.3mm Sub 4:3.33mm Sub 5:5mm Sub 6:6.67mm Sub 7:7.5mm Sub 8:6.7mm Sub 9:19.8mm A: Plate Thick ⑩分析区分 Analysis L:炉分析 Ladle P:製品分析 Product ⑪超音波試験 Ultrasonic test A:Acceptable ⑫寸法、外形、形状検査 Dimension Visual Shape inspection A:Acceptable
 ⑬供給状態 Condition of supply TMC:TMC PROCESS ⑭引張試験温度 Temperature/ C: °C F: °F MPa=1N/mm² All plates are produced by following process.
 FA:延性破壊面 Fracture Appearance (Shear Fracture). CF:脆性破壊面 Crystallinity Fracture. LE:横断方向 Lateral Expansion. AGS:オーステナイト粒度 Austenite Grain Size. FGS:フェライト粒度 Ferrite Grain Size. SR:Stress Relieved/PostWeld Heat Treatment STEEL MAKING:LD Process and Fully-Killed practice.
 上記注文品は御指定の規格または仕様に従って製造され、その要求事項を満足していることを証明します。 JIS CERT. NO.:QA0306020 (JICQA)

深水 秀範
 君津製鉄所 品質保証室長
 HEAD OF DEPARTMENT
 QUALITY ASSURANCE DEPT.
 KIMITSU WORKS

2.3 ミルシートの電子化の検討

製造業者名と記号



製品番号

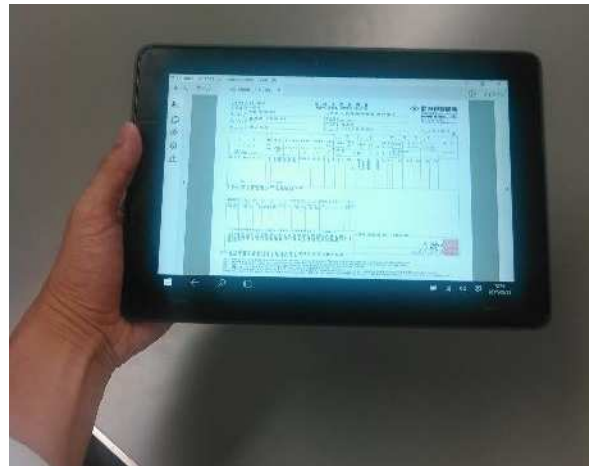
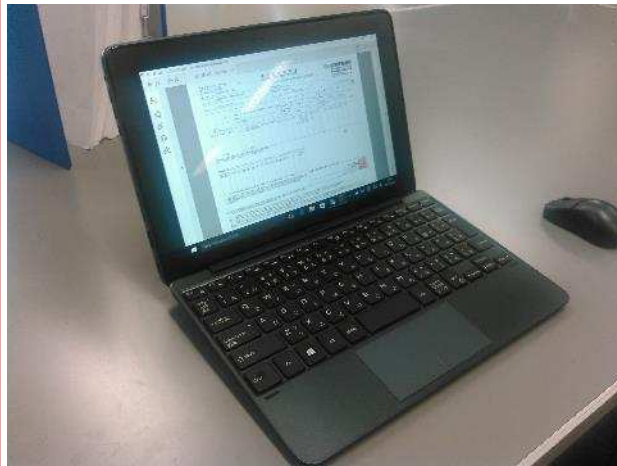
2.3 ミルシートの電子化の検討

造船の分野では大量のミルシートを作成

→ 一部の造船メーカーでミルシートを電子化

i-Constructionであるi-Bridgeへの取り組みとして、(一社)日本鉄鋼連盟と共同でミルシートの電子化を検討

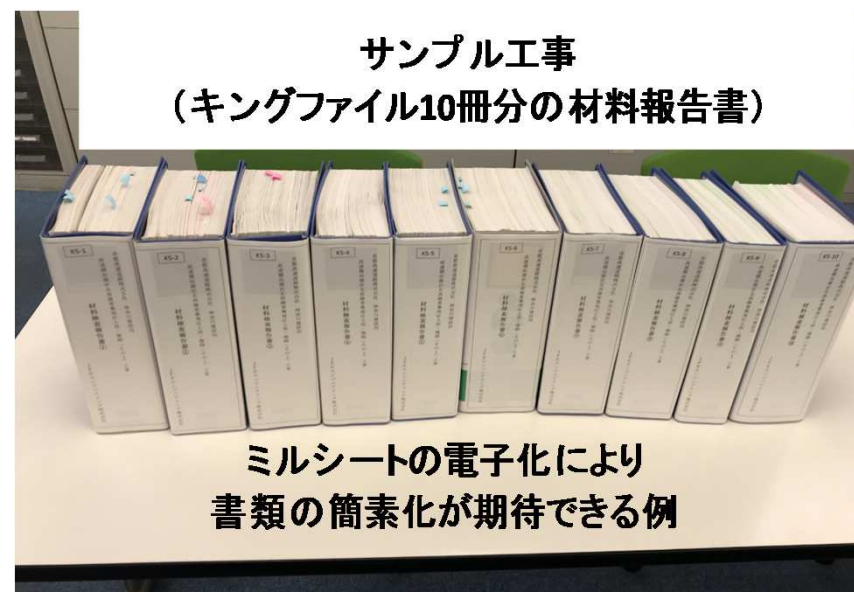
i-Bridge:ミルシートの電子化



2.3 ミルシートの電子化の検討

効果と期待

- ① ペーパーレスによる書類の簡素化、経費削減、保管スペースの削減
- ② 環境負荷低減、省資源化、イメージアップ
- ③ 閲覧・検索の簡略化、書類作成省力化による業務の効率化
- ④ 製品番号や化学成分(P_{CM}、C_{eq})などのCSVデータの活用による施工時の品質管理業務の効率化への期待
- ⑤ CIMモデルにミルシート情報を付与することで、維持管理に活用への期待



課題解決に向けて(一社)日本鉄鋼連盟と共同で取り組んでいく

3. 防食部会の活動報告

3.1 最近の研究テーマ

防食部会では、国内各地において各種暴露試験を長期間にわたり継続実施中

- ① 金属溶射の耐久性確認(沖縄・秋田・三重)
- ② 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認(石川)
- ③ 部材角部の防せい性確認(沖縄)
- ④ 新技術・環境に優しい塗装系(沖縄)
- ⑤ 耐候性橋梁桁端部の防食仕様(沖縄)

本発表会では、現在進行中の上記の内、②、③に関して報告

()内は暴露試験場所を示す

3.2 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認 ～研究の背景と目的～

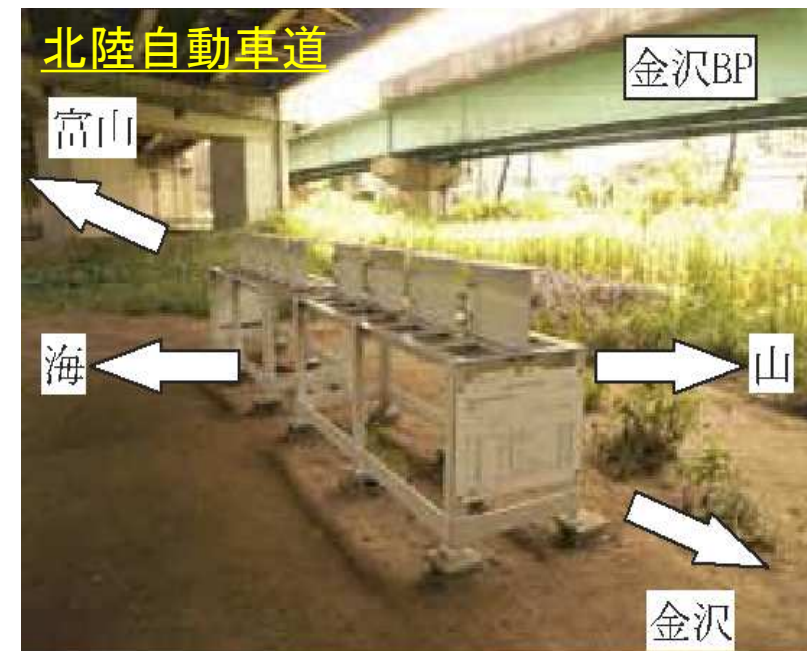
塗膜の耐久性に悪影響を与える要因として塩分の付着があるが、近年、冬季の凍結防止剤の散布量が増加し、**海外部以外でも塩分の影響を考慮**



定期的な塗膜面洗浄を行い、どの程度塗膜の耐久性が向上するかを確認

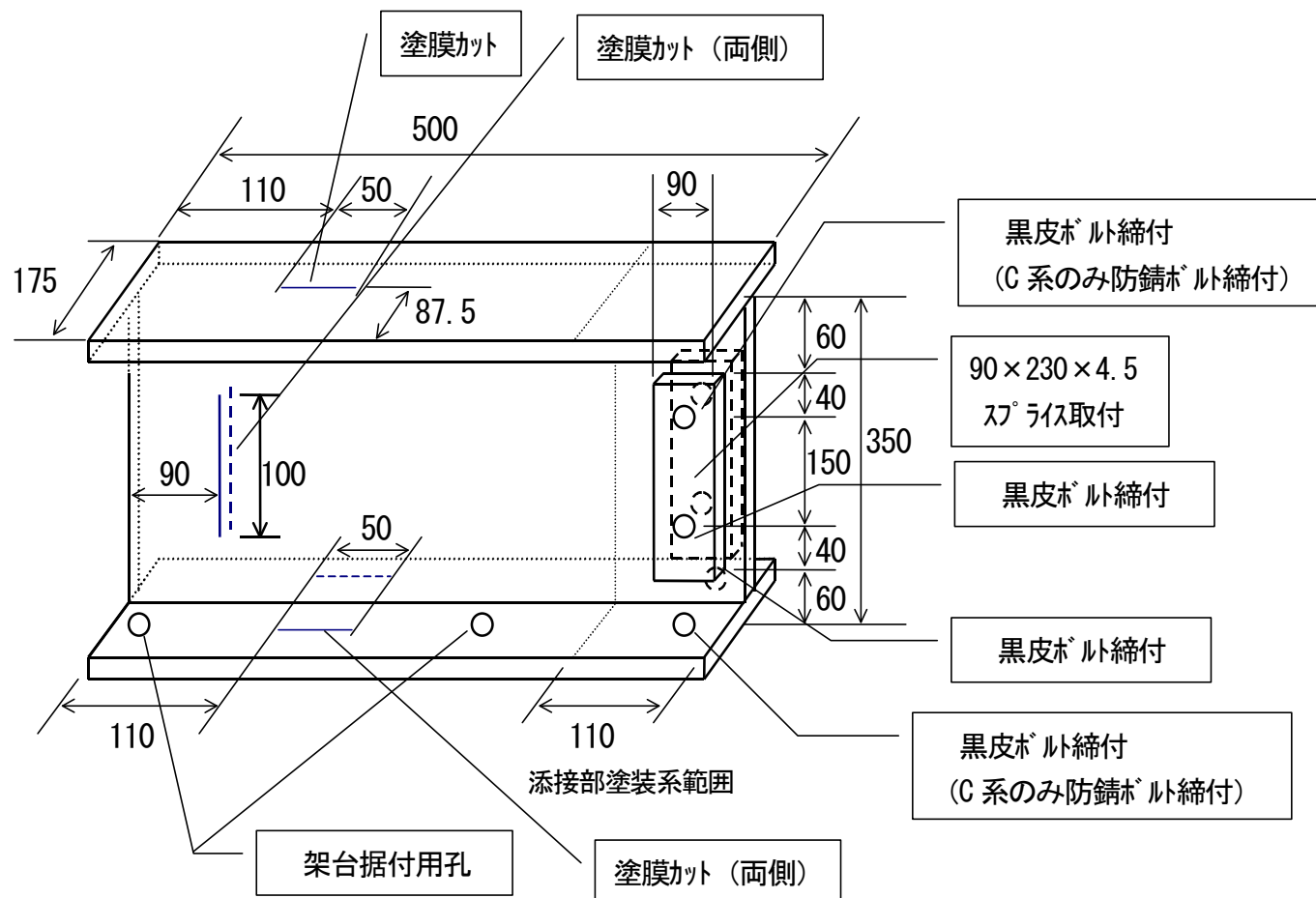
3.2 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認 ～試験概要～

- ・試験場所：石川県金沢市北陸自動車道金沢東IC付近
- ・暴露期間：2005年10月～（14年間経過継続中）
- ・暴露環境：冬季に凍結防止剤を散布する路線



3.2 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認 ～試験体～

- ・H350×175×7×11のH形鋼、長さ500mm
- ・端部110mmの範囲はボルト連結部を再現



3.2 塗膜面洗淨による耐久性への効果確認 ～試験体の洗淨方法～

- 水洗の頻度：1回/年
- 水洗の時期：冬季における凍結防止剤の散布が終了した時点（6月）

▪ 水洗の条件

水量	3.5～4.0 L/m ²
水圧	6～8 MPa
水洗速度	50cm/分
水洗回数	1回



3.2 塗膜面洗淨による耐久性への効果確認 ～試験項目～

1) 塗膜外観観察

- ・さび、はがれ、われ、ふくれ等をASTM塗膜評価基準に準拠して評価

2) 塗膜カット部の評価

- ・塗膜カット部からのさび, ふくれ幅を評価

3) 付着塩分量評価

- ・電導度法で測定

3.2 塗膜面洗淨による耐久性への効果確認 ～塗装仕様～

A-1 塗装系

鋼道路橋塗装便覧(平成2年版)

工程	塗料及び処置	目標膜厚 (μm)
素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	
プライマー	長ばく形エッチングプライマー	15
素地調整	動力工具処理 ISO St3	
下塗	鉛・クロムフリーさび止めペイント	35×2回
中塗	長油性フタル酸樹脂塗料中塗	30
上塗	長油性フタル酸樹脂塗料上塗	25

A-1 塗装系(塗膜厚半分)

工程	塗料及び処置	目標膜厚 (μm)
素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	
プライマー	長ばく形エッチングプライマー	15
素地調整	動力工具処理 ISO St3	
下塗	鉛・クロムフリーさび止めペイント	35
中塗	長油性フタル酸樹脂塗料中塗	15
上塗	長油性フタル酸樹脂塗料上塗	13

I 塗装系

旧日本道路公団

工程	塗料及び処置	目標膜厚 (μm)
素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	
下塗	高摩擦有機ジンクリッチペイント	75
中塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30
上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	25

C-2 塗装系

鋼道路橋塗装便覧(平成2年版)

工程	塗料及び処置	目標膜厚 (μm)
素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2	
下塗	無機ジンクリッチペイント	75
ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	—
下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	30×2回
中塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30
上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	25

3.2 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認 ～10年後外観調査結果～

C-2塗装系及びI塗装系

水洗の有無に関わらず、ほとんどの測定箇所で著しい変状は確認できず良好であった

A-1塗装系及びA-1塗装系(膜厚半分)

- ・水洗の有無に関わらず発せい面積が大きかった
- ・ウェブ面の山側と海側で発せい状況に差が出た
山側:発せい 大
海側:発せい 小
- ・下フランジ下面及び下フランジ上面に水洗の効果が確認できた

3.2 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認 ～10年後外観調査結果～

A-1膜厚半分(下フランジ下面)

5年



10年

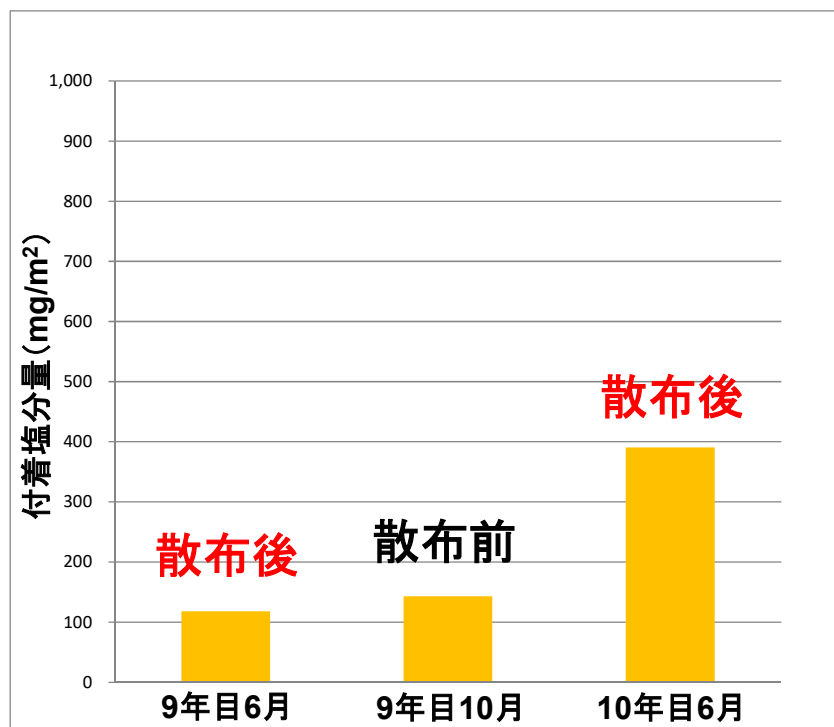


洗浄なし

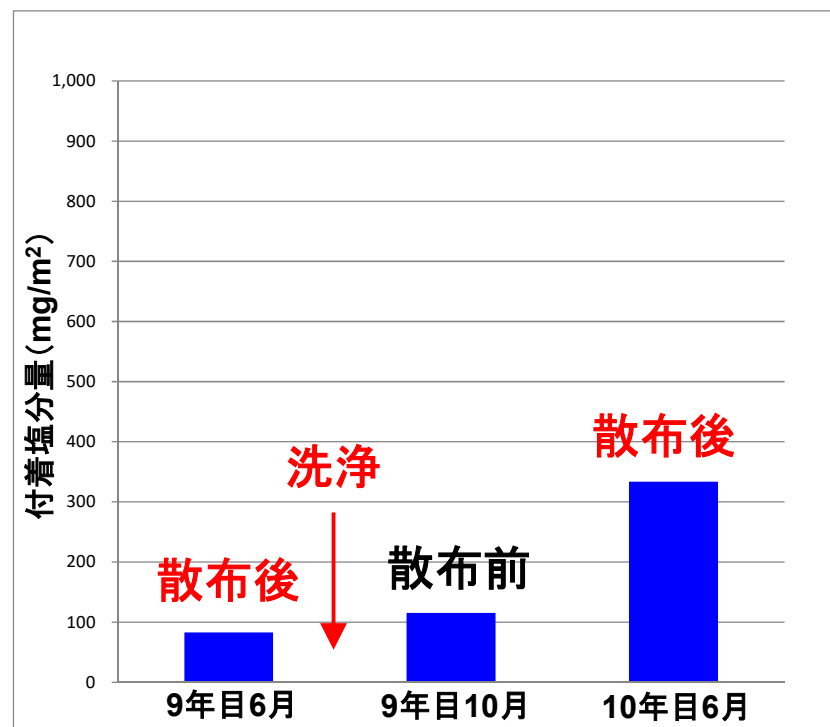
洗浄あり

3.2 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認 ～10年後付着塩分量調査結果～

上フランジ上面



洗浄なし

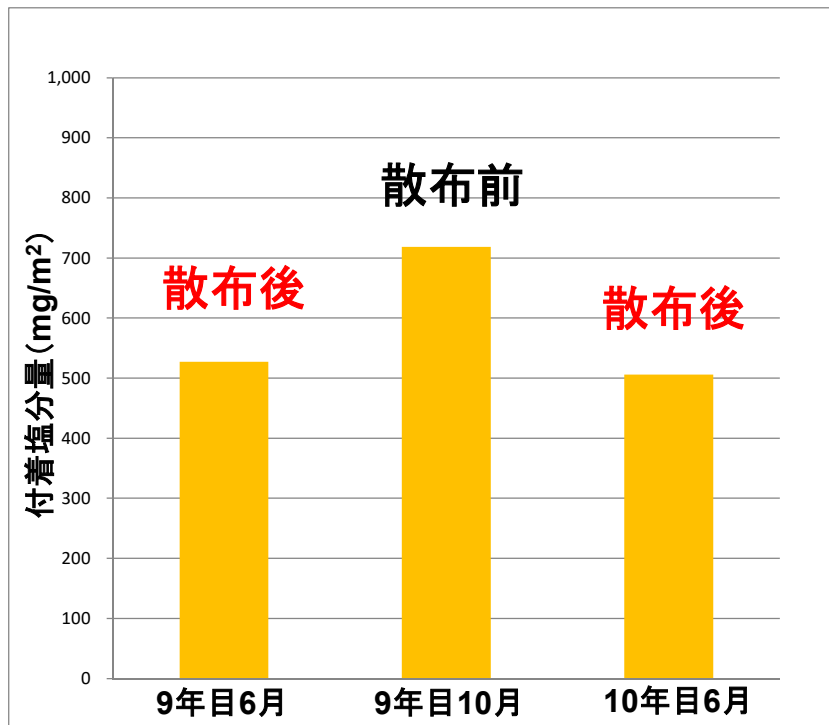


洗浄あり

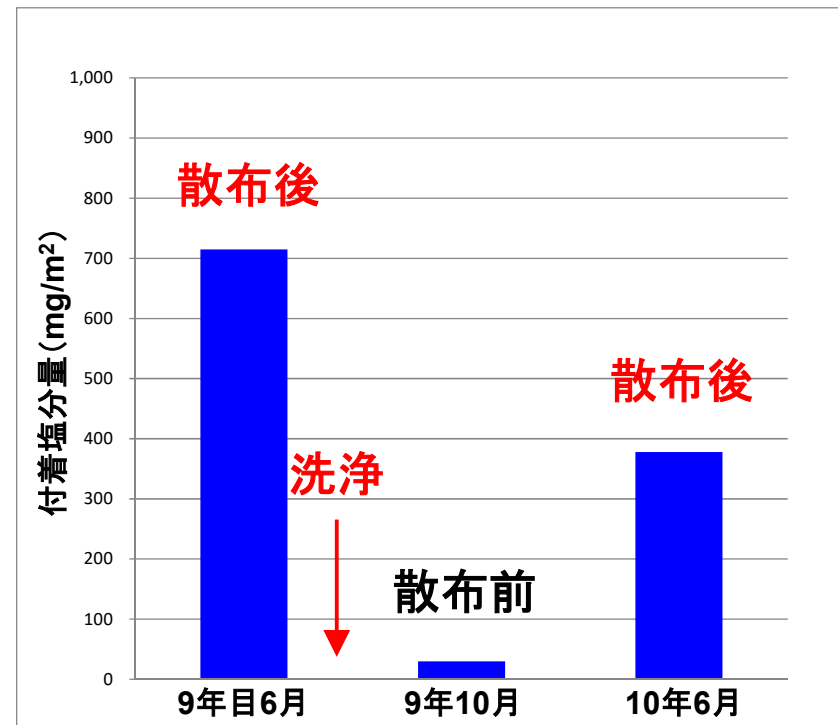
- ・ 散布前後で洗浄の有無による付着塩分量の差が小さい
- ・ 降雨等の気象条件による影響が大きい

3.2 塗膜面洗浄による耐久性への効果確認 ～10年後付着塩分量調査結果～

下フランジ下面



洗浄なし



洗浄あり

- ・ 散布前後で洗浄の有無による付着塩分量の差が大きい
- ・ 洗浄による影響が大きい

3.2 塗膜面洗淨による耐久性への効果確認 ～まとめ～

10年間の調査で得られた知見

- 1) 下フランジ下面と下フランジ上面に洗淨効果がある
- 2) 耐久性の低いA-1塗装系に洗淨効果が確認できた
- 3) 耐久性の高いI塗装系とC-2塗装系は、現時点で洗淨効果は確認されていないので、暴露試験を継続する

3.3 部材角部の防せい性確認 ～研究の背景と目的～

防せい防食方法が塗装の場合、部品を組み立てた後に自由縁となる部材角部は防せい上の弱点

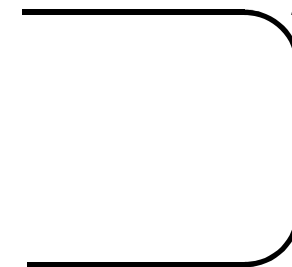


部材角部は曲面仕上げが望ましい



部材角部

2R以上の
曲面仕上げ



3.3 部材角部の防せい性確認 ～研究の背景と目的～

- しかし、**曲面仕上げとしなくても**塗膜厚は確保されるのでは？
- 箱桁内面**のように環境が悪くない場合は、部材角部でも腐食しないのでは？

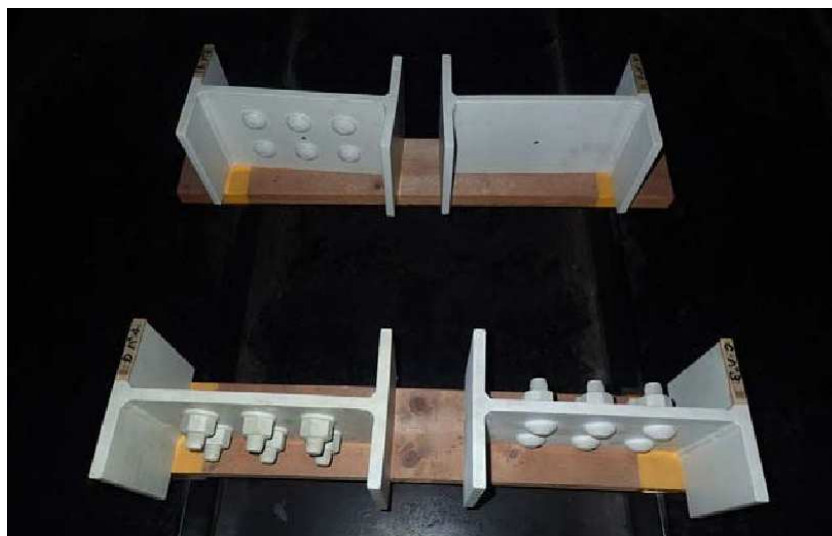


内面仕様の塗装系にて、部材角部の面取り形状の違いによる塗膜の付着性及び防せい性を確認

3.3 部材角部の防せい性確認

～試験概要～

- 試験場所：沖縄県浦添市 国道58号 安謝高架橋
- 暴露期間：2008年4月～（10年間経過継続中）
- 暴露環境：箱桁内面、付着塩分量10～100mg/10年

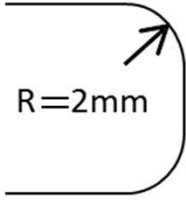
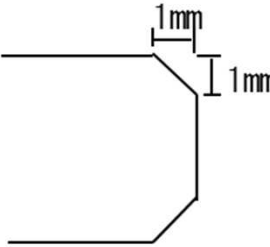
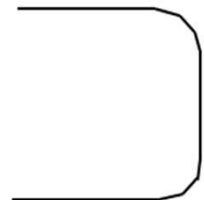
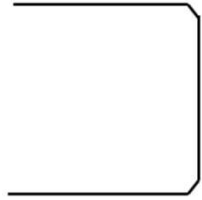


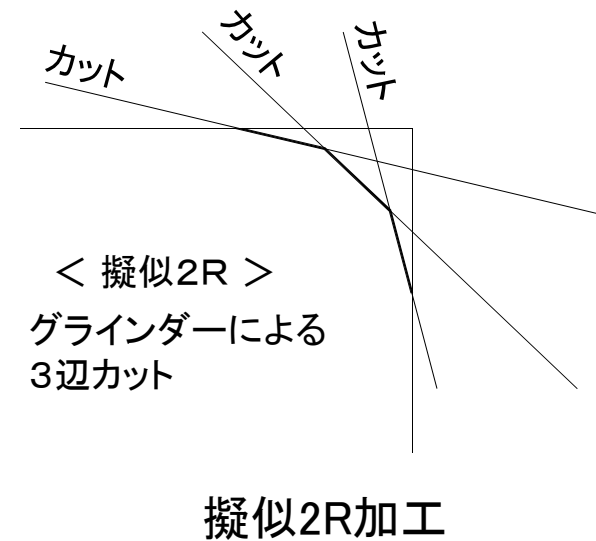
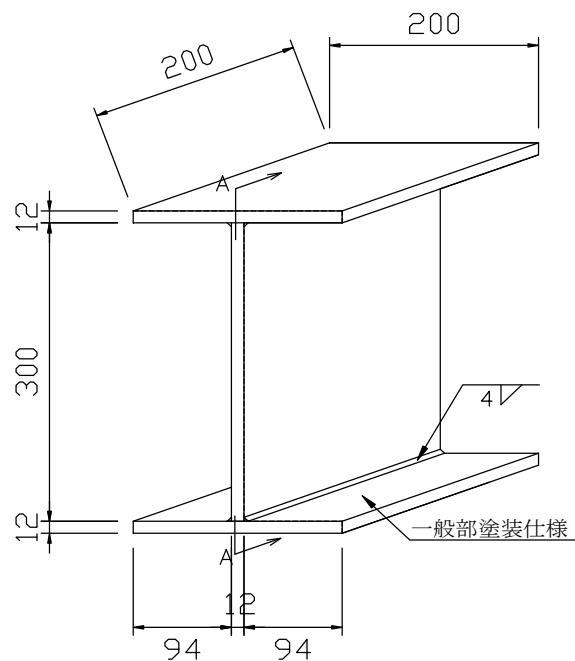
暴露状況



付着塩分量計測状況

3.3 部材角部の防せい性確認 ～試験体及び面取り形状～

名称	2R	1C	疑似2R	糸面取り
面取り形状				
加工方法	面取り機による加工		グラインダーによる加工	



3.3 部材角部の防せい性確認 ～塗装仕様～

D-5(スプレー), F-6(ハケ), F-12(スプレー), F-12(ハケ)
の4種類

()内は目標膜厚を示す

D-5 一般内面塗装仕様(合計240 μ m)

前処理		工場塗装		
素地調整	プライマー	2次素地調整	第1層	第2層
ブラスト処理 Sa2 1/2	無機ジंकリッチ プライマー (15 μ m)	動力工具処理 St3	変性エポキシ樹脂 塗料内面用 (120 μ m)	変性エポキシ樹脂 塗料内面用 (120 μ m)

F-6 内面塗装連結部塗装仕様(膜厚240 μ m)

鋼道路橋塗装便覧(平成2年版)仕様

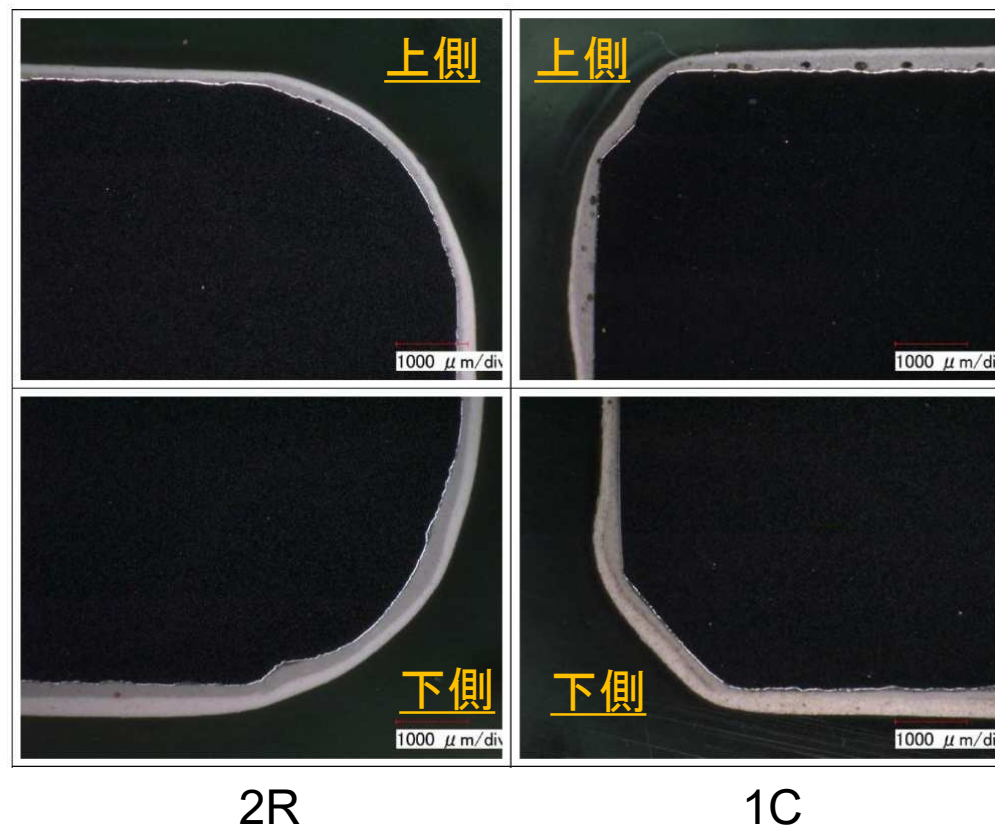
現場塗装				
素地調整	下塗り	下塗り	下塗り	下塗り
動力工具処理 St3	変性エポキシ樹脂 塗料内面用 (60 μ m)	変性エポキシ樹脂 塗料内面用 (60 μ m)	変性エポキシ樹脂 塗料内面用 (60 μ m)	変性エポキシ樹脂 塗料内面用 (60 μ m)

F-12 内面塗装連結部塗装仕様(合計375 μ m)

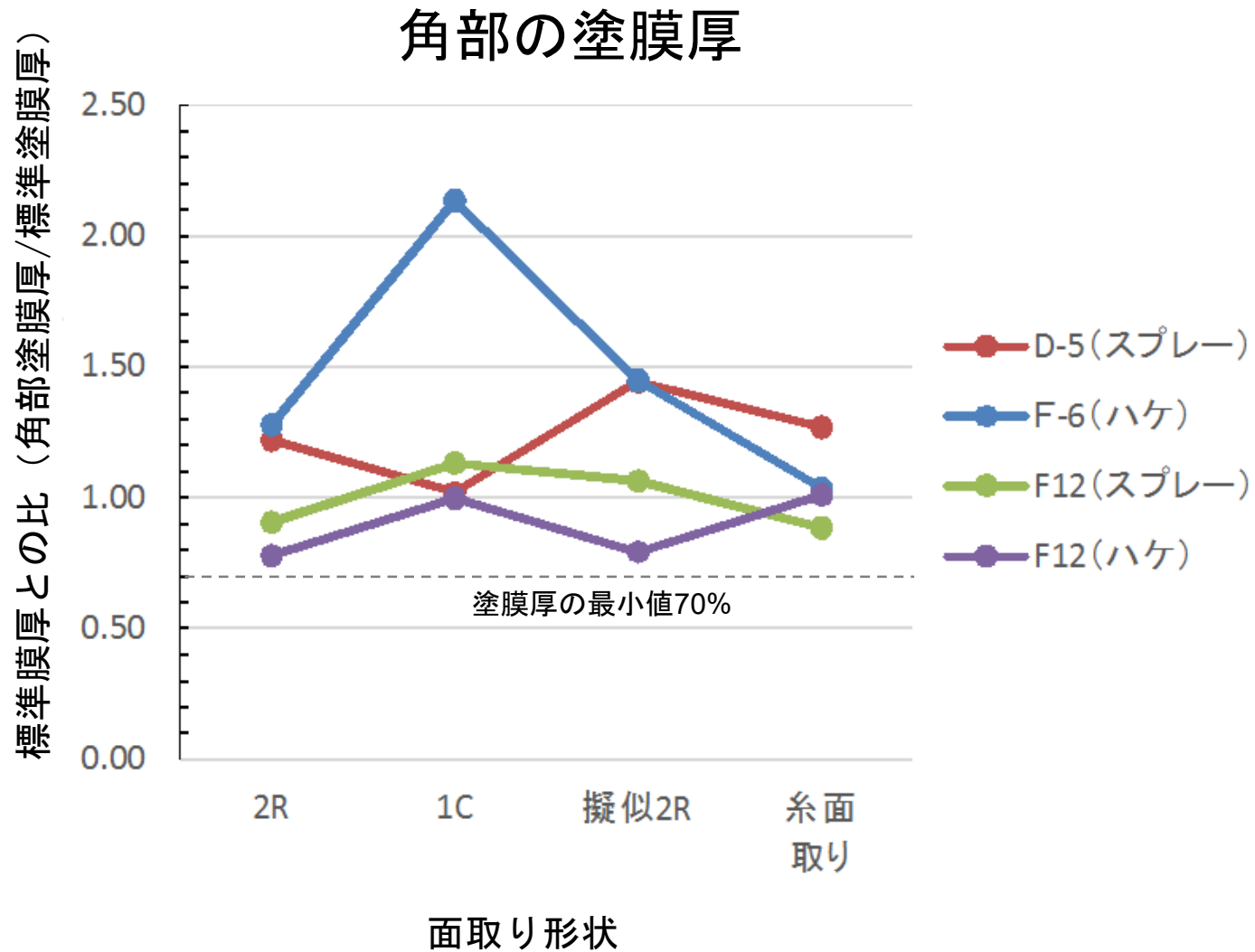
前処理		工場塗装		現場塗装		
素地調整	プライマー	2次素地調整	下塗り	素地調整	ミストコート	下塗り
ブラスト処理 Sa2 1/2	無機ジंकリッチ プライマー (15 μ m)	ブラスト処理 Sa2 1/2	無機ジंकリッチ ペイント (75 μ m)	動力工具処理 St3	変性エポキシ樹脂 塗料下塗	超厚膜形エポキシ 樹脂塗料 (300 μ m)

3.3 部材角部の防せい性確認 ～角部塗膜厚の測定～

- ・暴露試験体と同じ面取り形状・塗装した平板を作成
- ・部材角部の断面マクロ写真から塗膜厚を測定



3.3 部材角部の防せい性確認 ～調査結果～



3.3 部材角部の防せい性確認 ～調査結果～

外観写真(角部F-12スプレー)

	1年目調査(2009.04.20)	5年目調査(2013.04.15)	9年目調査(2017.04.17)
2R 面取り			
1C 面取り			

3.3 部材角部の防せい性確認

～国内橋梁における内面面取り部の調査結果(参考)～

橋梁名	調査日	場所・環境	供用年数 (調査当時)	内面 塗装仕様	面取り 形状	面取り部の 発せい状況
A	2006.12.2	東海地区 都市部	12年	変性 エポキシ樹脂	1C	発せいなし
B	2007.7.18	関西地区 山間部	35年	タール エポキシ樹脂	1C	発せいなし
C	2007.7.31	関西地区 海岸部	15年	変性・タール エポキシ樹脂	0.5～1C	発せいなし
D	2007.10.19	東北・北海道地区 内陸河川部	19年	タール エポキシ樹脂	0.5C	発せいなし
E	2007.12.5	九州地区 海岸部	8年	変性 エポキシ樹脂	1C	発せいなし

3.3 部材角部の防せい性確認 ～調査結果～

10年間の調査で得られた知見

- 1) 角部の面取り形状に関わらず、塗膜厚の確保は可能であった
- 2) 面取り部に発せい等の変状はなく良好である

上記のことから、箱桁内面などに使用されるエポキシ樹脂系塗料では、塗膜厚を確保すれば角部の面取り形状による防せい性への影響は少なく、**2R面取りよりも工場製作での加工性がよい1C面取りでも問題ない**と考える

4. 耐候性鋼橋梁部会の活動報告

4.1 最近の研究テーマ

耐候性鋼橋梁部会では橋梁への耐候性鋼材の採用の増加を目指し、様々な活動を行っている。

本日は昨今の活動から下記の2例を報告する。

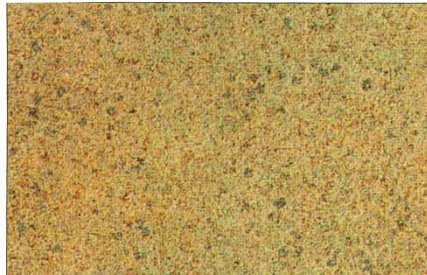




- ① 定期点検におけるさびの外観を評価するにあたって容易で実効性の高い評価手法及び予防保全の提案
- ② 沖縄にて行った、表面処理剤等の暴露試験によって得られた知見

4.2 評価手法及び予防保全の提案

簡易な判定手法 の提案

・一般的には**外観評点**
写真をもとに判断してい
るのが現状

しかし、点検者の知識・
技量により**評価がバラ**
つき、判断に時間も要
する

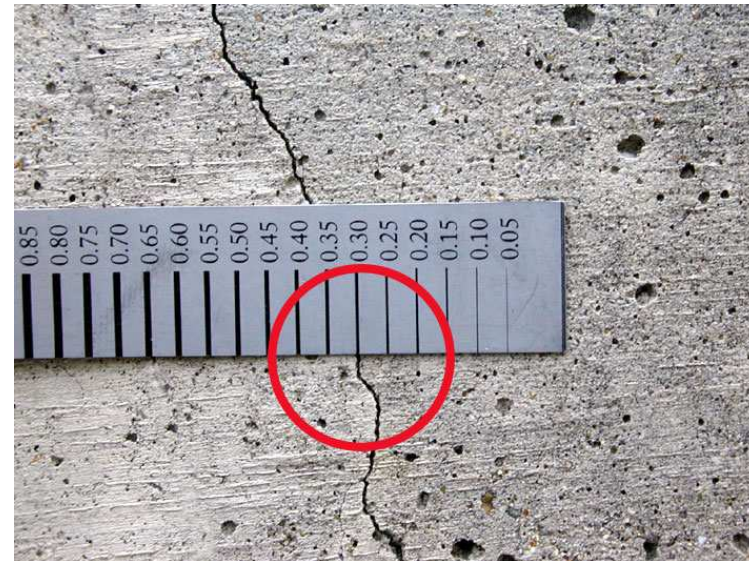
外観評点 5		外観評点 4	
	さびの量は少なく、比較的明るい色調を呈する。 [今後の処置の目安：不要] (約200 μ m未満)		さびの大きさは1mm程度以下で細かく均一である。 [今後の処置の目安：不要] (約400 μ m未満)
外観評点 3		外観評点 2	
	さびの大きさは1~5mm程度で粗い。 [今後の処置の目安：不要] (約400 μ m未満)		さびの大きさは5~25mm程度のうろこ状である。 [今後の処置の目安：経過観察要] (約800 μ m未満)
外観評点 1		<p><処置の目安></p> <p>外観評点3~5：問題なく、そのまま引き続き使用できます。</p> <p>外観評点2：さび外観の変化を継続観察する必要があります。</p> <p>外観評点1：板厚測定し板厚減少量が大きく設計応力上近い将来に問題になると予測される場合は補修が必要です。補修方法については下記をご参照下さい。</p> <p>※ 写真は建設省土木研究所/耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書 (XVII) より引用</p>	
	さびは層状の剥離がある。 [今後の処置の目安：板厚測定] (約800 μ m超)		

4.2 評価手法及び予防保全の提案

他の点検手法の例

1. クラックゲージ

コンクリートのクラックを黒い線と比較して、幅を推定する



2. 表面粗さ見本

ブラスト面の粗さを、比較版と触診で比較し推定する



4.2 評価手法及び予防保全の提案

さびの評価方法

従来の方法			今回提案の方法	
分類	具体的な評価	良否の判断	新しい分類	
評点1	層状剥離さびが発生しており、補修が必要なレベル	異常	要処置さび	
評点2	うろこ状さびが発生しており、経過観察が必要なレベル	異常		
				境界サンプル
評点3	さび粒子は比較的粗いが、問題の無いレベル	正常	正常さび	
評点4	さび粒子は緻密で、問題の無いレベル	正常		
評点5	さびの進行が進んでおらず、現時点では問題の無いレベル	正常		
さびの粗さや、さび厚、さびの色等を総合的に判断して分類する			さびの粗さをさびサンプルと比較する	

・**評点5**は未成長なさびであるが、点検時点ではさびは進んでいない(=環境がマイルド)⇒**正常さびと分類**

・**評点1・2 と 評点3・4・5 の境目を示すサンプル**が必要・有効である

4.2 評価手法及び予防保全の提案

境界サンプル

実際の評点2と3の境目と想定できるさびを、**3Dスキャナー**で測定し、**3Dプリンター**で再現した



さびの凹凸のみに着目するため、あえて**色は単色**としている

・現場にて、**実際のさびと手触り**を確かめて、さび評点を判断する

4.2 評価手法及び予防保全の提案

① 要処置さびの範囲が桁端のみ

<原因>

- ・伸縮装置等からの漏水の影響が考えられる

<対処>

- ・伸縮装置の等の漏水部の補修
- ・予防保全的な観点から、**桁端塗装**および**水切りの設置**

4.2 評価手法及び予防保全の提案

② 要処置さびの範囲が排水や床版水抜き部の漏水部近傍

<原因>

- ・排水や床版水抜きの損傷・不備による漏水の影響が考えられる

<対処>

- ・排水・床版水抜き等の漏水部の補修
- ・板厚減少が著しい場合⇒部分塗装(当て板)
- ・板厚減少が軽微な場合⇒さび除去・経過観察

4.2 評価手法及び予防保全の提案

③ 要処置さびの範囲が広範囲に見られる場合

<原因>

- ・環境が耐候性鋼橋梁に適していない

<対処>

- ・他の防食方法への変更(Rc- I)
- ・処置範囲は、異常さびの範囲及びその近傍

4.3 暴露試験について



辺野喜暴露試験場



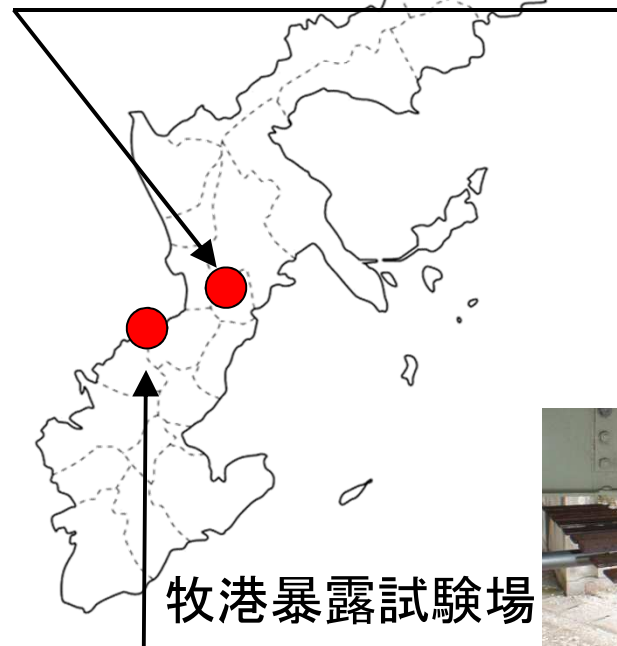
琉球大学暴露試験場



ISO 9223にある気温0°C以上、
湿度80%以上の時間(濡れ時間)
を計測時間で除したもの

環境条件

	濡れ時間割合 %	飛来塩分量 %
辺野喜暴露試験場	56.7	3.473
牧港暴露試験場	45.2	0.216
琉球大学暴露試験場	55.7	0.225



牧港暴露試験場



飛来塩分が多く、濡れ時間割合も高い非常に厳しい環境

4.3 暴露試験について

～表面処理剤に関する知見～

表面処理剤の特徴

表面処理剤は、初期さびによるさび汁の防止や初期の外観をよくするために使用

裸仕様



表面処理剤仕様

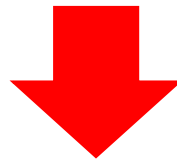


4.3 暴露試験について

～表面処理剤に関する知見～

表面処理剤の問題点

表面処理剤は、現在販売されているのでも5種類程度あり、それぞれ含まれる成分や仕様もさまざまで、さび生のプロセスは異なっている。しかし種類の違いによる表面外観の経年変化の違いは明らかになっていない



5種類の表面処理剤仕様と裸仕様の供試体を同一条
件で暴露し、それぞれの表面処理剤同士の経年変化
の特性を比較・観察することとした

4.3 暴露試験について 環境がマイルドな地点(琉球大)の結果

		初期状態	1年後	2年後
裸仕様	外観			
	平均さび厚	29.7 μm	150.2 μm	181.9 μm
仕様A	外観			
	平均さび厚	54.1 μm	83.6 μm	98.7 μm
仕様B	外観			
	平均さび厚	41.9 μm	47.4 μm	56.9 μm
仕様C	外観			
	平均さび厚	47.1 μm	63.8 μm	76.2 μm
仕様D	外観			
	平均さび厚	56.0 μm	60.6 μm	59.7 μm
仕様E	外観			
	平均さび厚	51.7 μm	57.7 μm	54.9 μm

さび厚色: $\sim 200 \mu\text{m}$ (青), $200 \sim 400 \mu\text{m}$ (緑), $400 \sim 800 \mu\text{m}$ (黄), $800 \sim \mu\text{m}$ (赤)

- ・裸仕様は緻密なさびを生成. 今のところ使用しても問題ない状態
- ・処理被膜がさびに置換したタイプと残存するタイプに分かれる

4.3 暴露試験について 環境が厳しい地点(辺野喜)の結果

		初期状態	1年後	2年後
裸仕様	外観			
	平均さび厚	28.7 μm	792 μm	1186.2 μm
仕様A	外観			
	平均さび厚	53.6 μm	112.4 μm	200.1 μm
仕様B	外観			
	平均さび厚	39.6 μm	76.6 μm	260.7 μm
仕様C	外観			
	平均さび厚	51.5 μm	86.4 μm	444.3 μm
仕様D	外観			
	平均さび厚	52.3 μm	53.0 μm	160.0 μm
仕様E	外観			
	平均さび厚	56.1 μm	56.1 μm	169.6 μm

さび厚色: $\sim 200 \mu\text{m}$ (青), $200 \sim 400 \mu\text{m}$ (緑), $400 \sim 800 \mu\text{m}$ (黄), $800 \sim \mu\text{m}$ (赤)

- ・裸仕様は**1000 μm を超過**し層状剥離さびに移行
- ・処理剤のさび厚のばらつきが大きい

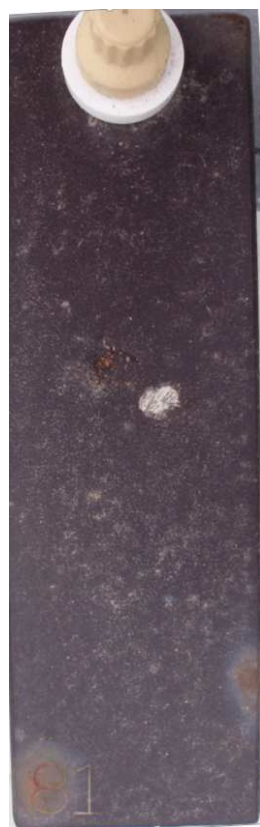
4.3 暴露試験について ～表面処理剤に関する知見～

■仕様D（琉大）

暴露開始	1年経過	2年経過
2015.10	2016.10	2017.10

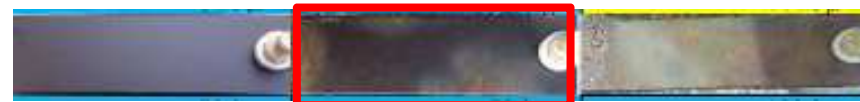


2017.10.19



■仕様D（辺野喜）

暴露開始	1年経過	2年経過
2015.10	2016.10	2017.10



2016.10.14



辺野喜は耐候性鋼材使用環境に適さないが、外観だけでは判断が難しい

外観は
ほぼ同じ

4.3 暴露試験について ～保護性さびに関する知見～

【耐候性鋼材に対する疑問】

保護性さびが形成された後に環境が変化(悪化)した場合、どのような変化が生じるか？

※保護性さびの影響でさびは進行しない？

※保護性さびが消失し、さびが進行する？

【試験条件】

供試体は、以下の2タイプで実施

(いずれも、JIS耐候性鋼材)

1. (SMA)ブラストを行った新規の耐候性鋼材
2. (30Y) 30年以上経過し保護性さびが生成された橋梁から採取した耐候性鋼材



本技術発表会では、1年経過状況として報告

4.3 暴露試験について ～保護性さびに関する知見～

供試体の時系列写真(辺野喜)

SMA



初期



1年経過

飛来塩分量=3.473mdd

30Y



供試体の時系列写真(琉大)

SMA



初期



1年経過

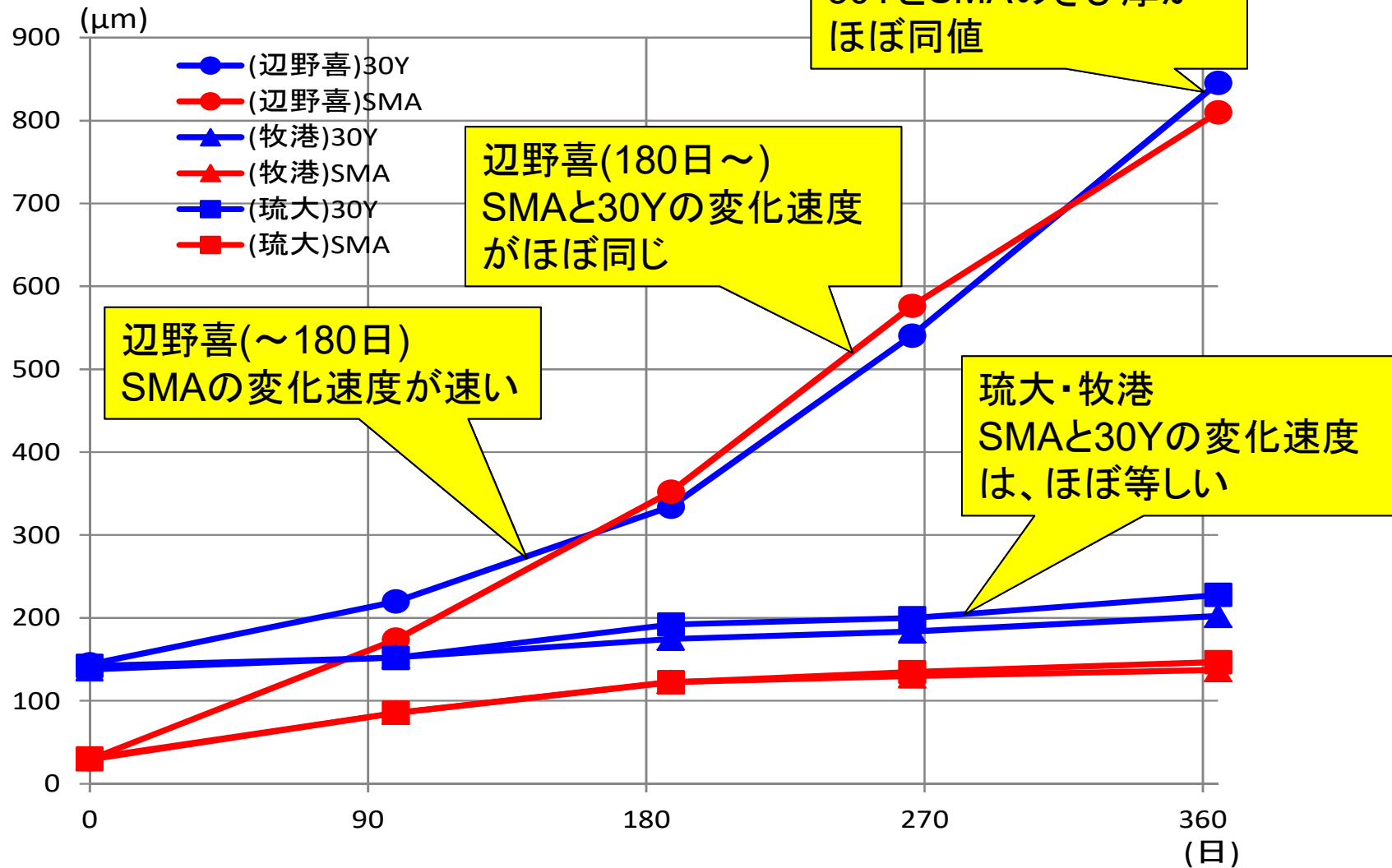
飛来塩分量=0.225mdd

30Y



4.3 暴露試験について ~保護性さびに関する知見~

平均さび厚の累計の変化



4.3 暴露試験について ～まとめ～

表面処理剤に関する知見

5種類の表面処理剤を塗布した供試体を一斉に同環境下で暴露した結果、

- 表面処理剤の経年変化は、環境と仕様の違いによりかなりばらつく
- 表面処理剤仕様の初期の外観は腐食環境把握や今後の腐食進展予測が難しい

保護性さびに関する知見

保護性さびが生成された耐候性鋼材を急激に環境を悪化させた(塩分が継続的に付着)結果、

- 暴露初期段階においては、さびの進行速度は遅かった
- 環境の悪い状態が続くと、保護性さびがなくなり、通常の耐候性鋼と同程度の速度でさびが進行する

本日は委員会での活動の一部を紹介させていただきました。最終的な結論については、当協会の広報手段等により対外発表していきます。

製作小委員会では、今後も橋梁の製作・点検を進めるにあたっての、新しい情報を収集・研究・発信していきたいと思っております。

ご清聴ありがとうございました



一般
社団法人

日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association