

第2章 凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋に与える影響について

2.1. 既往の調査結果に基づくさびレベルと環境条件に関する評価

2.1.1. はじめに

本節では、日本橋梁建設協会と日本鉄鋼連盟が毎年行っている我が国における耐候性鋼橋の経年変化調査の結果、及び既往の文献や公表されている調査データ等を整理・分析し、凍結防止剤を散布する地域の耐候性鋼橋のさびレベルの傾向と環境条件について評価する。

2.1.2. 調査データとその整理

2.1.1.で収集した全調査データから、分析に用いるデータを以下の要領で整理する。

- ① 全ての調査データのうち、凍結防止剤が散布される山間部に位置する橋を抜粋する（表 2.1.1）。
- ② 表 2.1.1 のうち、非塩化物系凍結防止剤を使用している橋・データを除く。凍結防止剤の種類は一般的には塩化物系が用いられているため、種類が明記されていない橋に関しては、塩化物系の凍結防止剤を使用していると判断し分析対象に含める。
- ③ 調査年によって評価のカテゴリ数が異なるため（5段階評価や良悪評価等）、ここでは外観評点1～5の5段階評価（表 2.1.2）として整理・統一する。
- ④ さび外観評点が良い・悪と判定されている場合は、良を外観評点3、悪を外観評点2とする。
- ⑤ さび外観評点が3～4と判定されている場合等は、低い方（外観評点3）とする。
- ⑥ 分析に使用するデータは、着目するパラメータによって母集団の数が変わる。

（調査データには、さび外観評点の評価値や凍結防止剤散布量が記載されていないものがある。また、一般部のさび外観評点はあるても桁端部がない場合もあり、その逆もある。）

分析対象橋（全82橋）の経過年数を図 2.1.1 に、一般部と桁端部のさび外観評点別の橋数をそれぞれ表 2.1.3、図 2.1.2 に示す。

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (1/8)

空欄：データ無し
×：対象外

	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	3-1	3-2	3-3	3-4
所在地	北海道室蘭市	北海道室蘭市	北海道室蘭市	北海道奈井江町	北海道深川市	大野郡丹生川村 大野郡三谷町	大野郡三谷町	大野郡三谷町	大野郡三谷町	大野郡三谷町	大野郡三谷町	大野郡三谷町	大野郡三谷町	大野郡三谷町
路線	室蘭新道	室蘭新道	室蘭新道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道	道央自動車道
形式	2径間連続箱桁橋	2径間連続箱桁橋	2径間連続箱桁橋	単桁合成板桁橋	連続トラス橋 連続鉄桁橋	単桁合成板桁橋	2径間連続非合成 鉄桁橋	単桁合成板桁橋	単桁合成板桁橋	単桁合成板桁橋	上格式アーチ橋 鉄桁橋	5径間連続非合成 鉄桁橋	単桁合成板桁橋	2径間連続非合成 鉄桁橋
橋長[m]		43		45	166	52	93.5	63.5			124.65+94.8	296	40	69.3
竣工年	1975	1977	1975	1986	1988	1986	1988	1994	1995	1987	1980	1991	1991	1991
調査年	1999	1999	1999	1999	1999	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
調査時の経過年数[年]	24	22	24	13	11	4	2	6	5	3	10	9	9	9
離岸距離[km]	1km以下	1km以下	1km以下	30km以上	30km以上	75	80	69	69	69	55	70	60	60
材質				SMA11W SMA10W	SMA41W SMA50W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA50W SMA41W	SMA50W SMA41W	SMA50W SMA41W
仕様	化成処理	化成処理	化成処理	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸
付着塩分量[mg/m ²]										166-167	25-2000超	83-2000超	45-562	41-177
凍結防止剤散布量										373g/m ²	1200g/m ²	1200g/m ²	1200g/m ²	1200g/m ²
凍結防止剤種類										塩ナ、塩カル	塩カル・ナトリウム	塩カル・ナトリウム	塩カル・ナトリウム	塩カル・ナトリウム
年平均気温[℃]	9.2	9.2	9.2	7.8	7.1	11.6	7.7	11.6	11.6	11.6	12.5	12.5	12.5	12.5
冬季平均気温[℃]	0.3	0.3	0.3	-3.5	-4.2	1.7	-2.6	1.7	1.7	1.7	2.8	2.8	2.8	2.8
年間降雪量[mm]	951.0	951.0	951.0	1255.0	830.0	1734.0	2189.0	1459.5	1459.5	1459.5	887.0	887.0	887.0	887.0
年間降雪量[cm]	113.0	113.0	113.0	799.0	783.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	84.0	84.0	84.0	84.0
並列	×	○		○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
地山接近	○			○	×	×	×	○	○	×	×	○	×	○
オーバー・フレッジ												南側		南北とも
その他環境条件														
一般部の状態(さびレベル)	良好	良好	良好	良好	良好	4	5	3~4	良好	良好	良好	良好	良好	良好
桁端部の状態(さびレベル)	悪い	悪い	良好	2	1						1			2
備考	A1(伸縮装置(排水型)の漏水あり、床板内に雨水が浸入して箱内まで浸る)	伸縮装置の漏水あり、床板から雨水が浸入して箱内まで浸る	床板からの雨水あり	凍結防止剤が原因でさびあり	伸縮装置(排水型)からの雨水が浸入、磨耗剥離さびあり	A1上流側は溜り					P3G1桁端部にスラブドレーンからの凍結あり(レベル1)床版クラックによる漏水あり(レベル1)	スラブドレーンからの凍結あり	排水側からの飛散あり(レベル2)	桁下空間が凍結から1.3m程度、溜り、A1側外桁下フランジ上面にさびレベル2
分析対象の可否	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (2/8)

空白：データ無し
x：対象外

	3-5	3-6	3-7	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	5-7
所在地	長野県 上水内郡	長野県 上水内郡	長野県 上水内郡	下伊那郡根羽村小 川	下伊那郡鹿本村氏 東	下伊那郡上村程野 国道152号線	下伊那郡上村程野 三遠南信自動車道	真村山郡中山町大 字柳沢	西村山郡大江柳川	西村山郡朝日町	西村山郡朝日町	西村山郡朝日町	西村山郡大江町左 沢地先	西村山郡大江町左 字朝好
路線	県道31号線	県道31号線	県道31号線	国道153号線	三遠南信自動車道	国道152号線	三遠南信自動車道	三遠南信自動車道	(主)大江西川線	町管理	町管理	町管理	一般国道458号	町管理
形式	2径間連続鉄桁橋 ×2	単純鋼鉄桁	単純合成鉄桁	2径間連続非合成 鉄桁	2径間連続非合成 桁桁	単純非合成鉄桁	単純非合成鉄桁	連続非合成鉄桁	連続非合成鉄桁	単純合成鉄桁	3径間連続非合成 鉄桁	単純合成鉄桁	連続非合成鉄桁 +単純非合成鉄桁	単純合成鉄桁×2
橋長[m]	156	44.5	37	76	48.5	31	37.3	76	106	37	153.6	33.9	137	50
竣工年	1989	1990	1989	1989	1991	1990	1992	1986	1997	1993	1986	1988	1993	1992
調査年	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
調査時の経過年数[年]	11	10	11	11	9	10	8	15	4	8	15	13	3	9
離岸距離[km]	52	55	50	96	90	110	70	65	60	53	55	55	70	51
材質	SMA50W SMA41W	SMA50W SMA41W	SMA50W SMA41W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA490W SMA400W	SMA41W SMA30W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W	SMA41W SMA30W	SMA41W SMA30W	SMA400W SMA490W	SMA41W SMA30W
仕様	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸
付着塩分量[mg/m ²]	45-542	36-635						9-55	0-38		3-39		0-42	0-57
凍結防止剤散布量	1200g/m ²	1200g/m ²	1200g/m ²	400g/m ²	400g/m ²	400g/m ²	400g/m ²	0ton	0.15ton	散布量不明	散布量不明	散布量不明	0.20ton	散布量不明
年平均気温[℃]	12.5	12.5	12.5	9.8	13.3	13.5	13.5	12.2	9.3	塩化ナトリウム	塩化ナトリウム	塩化ナトリウム	塩化ナトリウム	塩化ナトリウム
冬季平均気温[℃]	2.8	2.8	2.8	0.8	4.1	4.5	4.5	2.4	-0.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
年間降雨量[mm]	887.0	887.0	887.0	2401.0	1622.0	1912.0	1912.0	1247.5	2372.0	1356.0	1356.0	1356.0	1356.0	1356.0
年間降雪量[cm]	84.0	84.0	84.0	25.0	25.0	25.0	25.0	164.0	1113.0	329.0	329.0	329.0	329.0	329.0
並列	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
地山接近	○ 南側	x	x	○ 上流側	○ 上流側	○	x	x	x	x	x	x	x	x
オーバーランジ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
その他特殊条件														
一般部の状態(さびレベル)	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	4	3~4		3~4		4	3
桁端部の状態(さびレベル)	2							4	3~4		3~4		4	3
備考	桁端部の外桁下フ ランジ上面でさび レベル2								採取さびによるX線 回折を実施。βさ びはほとんど検出 されず。凍結防止 剤の影響はほとん どない。				採取さびによるX線 回折を実施。βさ びはほとんど検出 されず。凍結防止 剤の影響はほとん どない。	
分析対象の可否	○	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○	○	x	○	x	○	○

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (3/8)

空欄：データ無し
×：対象外

	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6	6-7	7-1	7-4	7-5	8-1	8-2	8-3	8-4
所在地	盛岡市	矢巾町大字土港～ 紫波町東長岡宇天 王	矢巾氏字北郡山	紫波町北日詰大巻	石鳥谷町大淵川	花巻市太田及び上 根子	花巻市東12丁目	松本市神林町	高山市古川町	長岡市	宮城県古川市	宮城県鴨子町	宮城県鴨子町	宮城県鴨子町
路線	盛岡市管理	紫波町管理	矢巾町道	紫波町管理	東北建設局	花巻市	花巻市管理	長野自動車道	国道41号	国道8号				
形式	連続非合成箱桁	連続非合成箱桁× 2	単跨合成箱桁	連続非合成箱桁	HEB+単跨鉄桁 ×4	連続非合成箱桁	連続非合成箱桁× 2	4径間連続鉄桁			単跨合成桁	2径間連続桁	単跨合成桁	3径間連続桁
橋長[m]	182.7	161*2	38	221.9	120.3	126.4	188.06*2	146						
竣工年	1984	1990	1995	1955	1990	1990	1990	1986			1990	1995	1996	1996
調査年	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	1995			2001	2001	2001	2001
調査時の経過年数[年]	17	11	6	6	11	11	11	9			11	6	5	5
橋岸距離[km]	66	65	85	70	70	73	70	90	57	20				60
材質	SMA41W SMA50W	SMA41W SMA50W	SMA400W SMA480W	SMA400W SMA480W	SMA50AW	SMA41W SMA50W	SMA41W SMA50W							
仕様	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	無塗装橋			裸(外面化成)	裸(外面化成)	裸	裸
付着塩分量[mg/m ²]	2-164	7-1999	2-1999	12-544		3-1287	6-1100	500g/m ²						
凍結防止剤散布量	3000cc/m ²			2000g/m ²		1400g/m ²								
凍結防止剤種類	非塩化物系液剤	除雪	除雪	塩化マグネシウム	不明	尿素	尿素							
年平均気温[℃]	10.7	10.5	10.5	10.5	11.1	11.1	11.1	11.5	11.6	13.6	11.8	11.8	11.8	11.8
冬季平均気温[℃]	1.1	0.9	0.8	0.9	1.4	1.4	1.4	1.7	1.7	4.1	2.6	2.8	2.8	2.8
年間降雪量[mm]	1398.0	1485.0	1426.0	1483.0	1450.0	1450.0	1450.0	804.0	1459.5	2508.0	1060.0	1277.0	1277.0	1277.0
年間降雪量[cm]	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	188.0	188.0	54.0	176.0	104.0	75.0	5.0	5.0	5.0
並列	×	×	×	×	×	×	×	○			×	×	×	×
								上下なし						
地山接近	×	×	×	×	×	×	×	×			×	×	○	
オーバーブリッジ	×	×	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×
その他環境条件														
一般部の状態(さびレベル)	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好						
桁端部の状態(さびレベル)	1	良好				2	良好	良好						
備考	非塩化物系液剤はスラフドレーンの溝 酢酸と尿素をブレンドしたオリジナル 橋台管轄社からの 排水あり(塩対策 槽レベル1)	スラフドレーンの溝 水が桁にかかって いるが、特に問題 なし				桁下の河川・植生 により湿潤環境 桁端下フランジ下 面にうちこみさび		飛来塩分量 0.014～0.021mdd	飛来塩分量 0.013mdd	飛来塩分量 0.090mdd				
分析対象の可否	×	×	×	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	×	×	○ (一般部のみ)	×	×	×	×	×	×

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (4/8)

空欄：データ無し
×：対象外

	8-5	8-6	追加	9-1	9-2	9-3	9-4	9-5	9-6	9-7	10-1	10-2	10-3	11-1
所在地	宮城県鳴子町	宮城県玉造郡 鳴子町東首	宮城県玉造郡 鳴子町東首	山梨県 北都留郡	山梨県 北都留郡	山梨県 塩山市	山梨県 塩山市	山梨県 塩山市	山梨県 塩山市	山梨県 塩山市	群馬県 富岡市	群馬県 松井田町	群馬県 松井田町	岐阜県 郡上市
路線		国108号バイパス	国108号バイパス								上信越自動車道	上信越自動車道	2径間連続鉄桁	中部縦貫自動車道
形式	単続桁	2径間連続 非合成鉄桁	2径間連続 非合成鉄桁	単続箱桁	単続鉄桁	単続鉄桁2連	連続箱桁	単続箱桁	単続鉄桁	単続箱桁	4径間連続鉄桁	3径間連続鉄桁	上信越自動車道	3径間連続箱桁
橋長[m]		103.5	103.5					32			180	105	85	180
竣工年	1991	1989	1989	1994	1990	1988	1997	1994	1992	1993	1990	1991	1991	1995
調査年	2001	2001	2007	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2003	2003	2003	2002
調査時の経過年数[年]	10	12	18	6	10	12	3	6	8	7	13	12	12	7
欄間距離[m]		60	60	40	40	60	60	60	60	60	100以上	100以上	100以上	70
材質		SMA50W	SMA50W								SMA41W SMA50W	SMA41W SMA50W	SMA41W SMA50W	SMA490W
仕様	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸
付着塩分量[mg/m ²]		11-182	0-252	181	65	300	34	52	65	97	1332g/m ²	1332g/m ²	1332g/m ²	8-73
凍結防止剥離布量		1150g/m ²	1150g/m ²	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	4068g/m ²
凍結防止剤種類		塩化ナトリウム	塩化ナトリウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	塩化カルシウム	
年平均気温[℃]	11.8	11.9	11.9	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	15.3	15.3	15.3	13.2
冬季平均気温[℃]	2.8	2.8	2.8	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	6.4	6.4	6.4	3.9
年間降雨量(mm)	1277.0	1057.0	1057.0	1387.0	1387.0	1180.0	1180.0	1180.0	1180.0	1180.0	1063.0	1063.0	1063.0	2300.0
年間降雪量(cm)	5.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	178.0
並列	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	×
											間隔1400mm	間隔20mm	間隔20mm	
地山接近		○	○	○	○	○					○	○	○	○
オーバーフリップ		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
その他環境条件														
一般部の状態(さびレベル)	3	3	良好	4	4	4	4	4	4	4	2~4	2	2~3	風通し良
桁端部の状態(さびレベル)	水道管からの漏水による剥離さびあり(レベル1)	水道管からの漏水による剥離さびあり(レベル1)	桁端からの漏水による剥離さびあり(レベル1)	3	3	3	4	4	4	4	1	1	1	4~5
備考											外桁下フランジ外側上面は全面的にさびレベル2(部分剥離・伸縮からの漏水あり)	外桁下フランジ外側上面は全面的にさびレベル2(部分剥離・伸縮からの漏水あり)	外桁下フランジ外側上面は全面的にさびレベル2(部分剥離・伸縮からの漏水あり)	4~5
分析対象の可否	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (5/8)

空欄：データ無し
×：対象外

所在地	11-2	11-3	11-4	11-5	11-6	11-7	11-8	11-9	11-10	11-11	11-12	11-13	11-14	11-15
	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市	岐阜県 郡上市
路線	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道	中部縦貫自動車道
形式	3径間連続箱桁	2径間連続箱桁	2径間連続箱桁	4径間連続箱桁	2径間連続箱桁	3径間連続箱桁	3径間連続箱桁	4径間連続箱桁	2径間連続箱桁	3径間連続箱桁	4径間連続箱桁	4径間連続箱桁	単軌鉄桁	2径間連続鉄桁
橋長[m]	180	120	104	200	120	120	131.6	170	80	204	238.7	158.97	41.3	79.7
竣工年	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995
調査年	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002	2002
調査時の経過年数[年]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
橋岸距離[km]	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
材質	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W	SMA490W
仕様	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸
付着塩分量[mg/m ²]		0-15		0-34	25-147	25-147		14-92	14-92		0-49	7-111		
凍結防止剤散布量	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²	4086g/m ²
凍結防止剤種類														
年平均気温[℃]	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
冬季平均気温[℃]	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
年間降雪量[mm]	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0	2300.0
年間降雪量[cm]	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0
並列	×	×	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	○	○
地山接近	○	○	○	○	○	○							○	
	南側	南側	南側	南側	南側	南側							AA1付近	
オーバークラッジ							○	○						
その他懸橋条件														
一般部の状態(さびレベル)	4~5	4~5	3~4	4	3~4	3~5	3~5	4	4	4	3~5	4	4	4
桁端部の状態(さびレベル)	4~5	3	3~4	3~4	2	2	1	1	3	2	3~5	4	4	4
備考	床版からの漏水あり (該当橋桁部レベル2)	P28地山接近部 G1下フランジでレベル2(局部的)			Dランブ側護部伸縮装置からの漏水あり (該当部レベル2) 床版からの漏水あり	P37伸縮装置からの漏水あり(レベル2)	P40伸縮装置からの漏水、床版排水の排水処理不備あり(レベル1)	伸縮装置の水抜きおよび全ての床版排水で排水処理の不備あり(レベル1~2)	南側の端・中間支点部の外桁下フランジ外側下面がレベル2	P46スラブドレーンからの漏水あり(該当部下フランジ下面レベル2)	南側の端・中間支点部の外桁下フランジ外側下面がレベル2	P46スラブドレーンからの漏水あり(該当部下フランジ下面レベル2)	TB-A橋台は近接ドレーンからの漏水あり(該当部下フランジAA1橋台付近のみ調査)	中間支点でスラブドレーンからの漏水あり(レベル2)
分析対象の可否	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (6/8)

空欄：データ無し x：対象外														
所在地	11-16 岐阜県 郡上市	11-17 岐阜県 郡上市	11-18 岐阜県 郡上市	11-19 岐阜県 郡上市	11-20 岐阜県 郡上市	12-1 河沼郡柳津町 大字飯谷	12-2 大沼郡会津高田町 大字松坂	12-3 大沼郡会津高田町 大字宮川	12-4 南会津郡郷村 大字山口	12-5 南会津郡田島町 大字永沢	12-6 南会津郡田島町 大字永沢	13-1 安達郡安達町 上川崎川之端	13-2 二本松市 船形石	13-3 安達郡本宮町 仁井田
路線	中部縦貫自動車道													
形式	3径間連続板桁		2径間連続板桁		3径間連続板桁		3径間連続板桁		3径間連続板桁		3径間連続板桁		3径間連続トラス	
橋長[m]	122.1		99.3		122		78		33.4		158		231.65	
竣工年	1995		1995		1995		2002		2002		1992		1988	
調査年	2002		2002		2002		2002		2002		2002		2002	
調査時の経過年数[年]	7		7		7		9		2002		23		10	
欄岸距離[m]	70		70		70		80		33		120		50	
材質	SMA490W		SMA490W		SMA490W		SMA400W SMA490W		SMA400W SMA490W		SMA400W SMA490W		SMA50W SMA41W	
仕様	裸		裸		裸		裸		裸		化成処理		化成処理	
付着塩分量[mg/m ²]	406kg/m ²		406kg/m ²		406kg/m ²		406kg/m ²		406kg/m ²		406kg/m ²		406kg/m ²	
凍結防止剤種類	凍結防止剤種類		凍結防止剤種類		凍結防止剤種類		凍結防止剤種類		凍結防止剤種類		凍結防止剤種類		凍結防止剤種類	
年平均気温[℃]	13.2		13.2		13.2		12.1		10.0		9.8		12.5	
冬季平均気温[℃]	3.9		3.9		3.9		2.1		-0.1		-0.1		3.4	
年間降雨量[mm]	2300.0		2300.0		2300.0		1198.5		1387.0		1206.0		1356.0	
年間降雪量[cm]	176.0		176.0		176.0		259.0		758.0		459.0		43.0	
並列	○		○		○		x		x		x		x	
地山接近							x		x		x		x	
オーバークラッジ							x		x		x		x	
その他電線条件							水面近接		良好		良好		良好	
一般部の状態(さびレベル)	2		3~5		3~5		4		良好		良好		良好	
桁端部の状態(さびレベル)	2		3~5		3~5		4		良好		良好		良好	
備考	P37の外桁は、雨水が縦桁から流れ込む状態となっており、この部分のみレベル2		端支点で伸縮装置からの漏水あり		端支点で伸縮装置および床版からの漏水あり		端支点で伸縮装置および床版からの漏水あり		端支点で伸縮装置および床版からの漏水あり		端支点で伸縮装置および床版からの漏水あり		端支点で伸縮装置および床版からの漏水あり	
分析対象の可否	(桁端部のみ)		○		○		○		○		○		○	

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (7/8)

空欄：データ無し
×：対象外

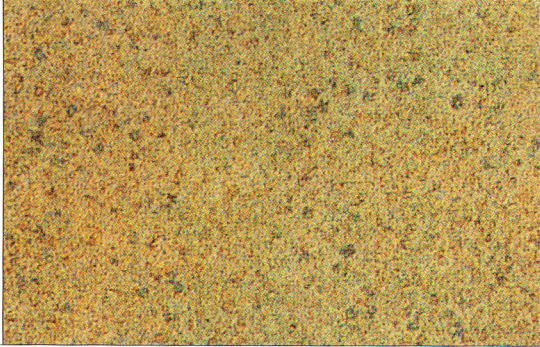
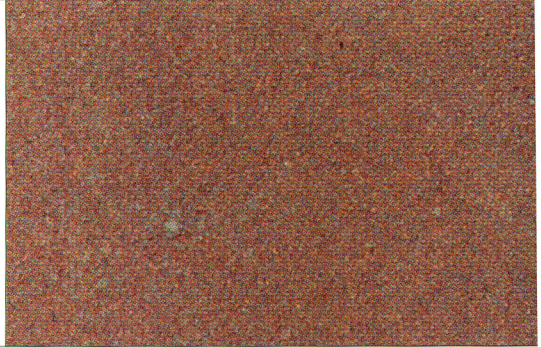
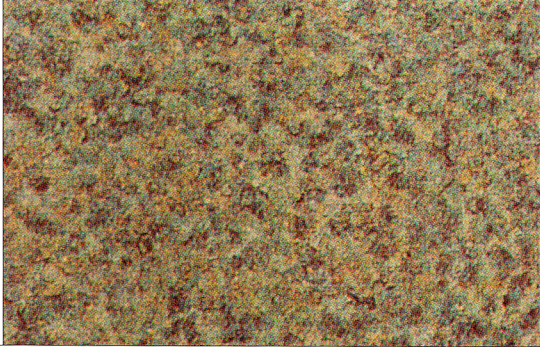
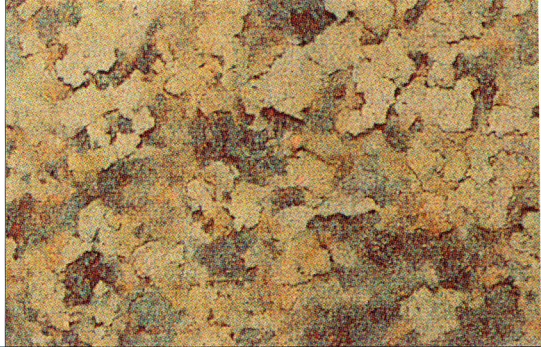
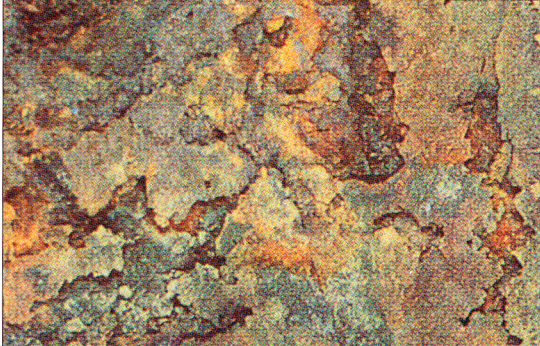
	13-4	13-5	13-6	13-7	14-1	14-2	14-3	14-4	14-5	14-6	14-7	14-8	14-9	15-1
所在地	郡山市日和田町	岩瀬郡長沼町 大字勢至堂	大沼郡本郷町 大字水玉	南会津郡下郷 大字南倉沢		大野郡清見村 大字三尾川	岐阜県山県市	大野郡清見村 夏原	吉成郡古川町 大字畦畑	大野郡清見村大原	大野郡清見村大原	大野郡清見村大原	大野郡清見村大原	吉成郡古川町 太江字こわそ
路線			下郷本線	国道289号		国道156号		国道158号	古川清見	国道257号	国道257号	国道257号	国道257号	月ヶ瀬・神岡
形式	単純合成箱桁	3径間連続 箱桁	単純合成10頭桁	単純非合成 箱桁	4径間連続 非合成箱桁	2径間連続 非合成箱桁	単純非合成箱桁	単純非合成箱桁	単純非合成箱桁	単純合成箱桁	単純非合成箱桁	単純非合成箱桁	単純非合成箱桁	単純非合成箱桁 H型鋼桁2連
橋長[m]	28.4	87	58.4	18.46	131.8	93.5	48.4	38	27	59	63.5	59	53.5	73
竣工年	1995	1984	1986	1985	2001	1999	2003	2002	2001	1992	1994	1996	1996	1991
調査年	2002	2002	2002	2002	2004	2000	2004	2004	2004	2004	2000	2000	2000	2004
調査時の経過年数[年]	7	18	16	17	3	1	1	2	3	12	6	4	4	13
離岸距離[km]	55	75	100	4		80					69	69	80	20以上
材質	SMA50W SMA41W	SMA50W SMA41W	SMA50W	SMA50W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W		SMA400W SMA490W		SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W
仕様	外面のみ化成	裸	裸	裸	裸	裸		裸	裸	裸	裸	裸	裸	裸
付着塩分量[mg/m ²]	不明	不明	0-315	不明	不明	0-13.5	不明	0-44.4	5.6-47.9	不明	0-11.7	不明	4.4-19.2	不明
凍結防止剤種類														
年平均気温[℃]	12.6	10.3	12.1	9.3		7.7	15.0	11.6	11.6	7.7	7.7	7.7	7.7	11.6
冬季平均気温[℃]	3.4	0.3	2.1	0.1		-2.6	5.9	1.7	1.7	-2.6	-2.6	-2.6	-2.6	1.7
年間降雨量[mm]	1126.0	1295.0	1198.5	1608.0		2189.0	1864.0	1459.5	1459.5	2189.0	2189.0	2189.0	2189.0	1459.5
年間降雪量[cm]	482.0	492.0	259.0	323.0		337.0	13.0	176.0	176.0	337.0	337.0	337.0	337.0	176.0
並列	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
地山接近	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
オーバークラッジ	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
その他環境条件	踏線橋													
一般部の状態(さびレベル)	良好	良好	良好	良好	良好	良好	初期さび	初期さび		良好	良好	良好	良好	
桁端部の状態(さびレベル)														
備考								A2桁端部に排水 装置からの漏水あり					スラブレインからの 漏水あり(レベル 1)	詳細調査不可
分析対象の可否	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	×	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	○ (一般部のみ)	×

表 2.1.1 山間部に位置する橋データ一覧 (8/8)

空欄：データ無し
x：対象外

	15-2	15-3	15-4	15-5	15-6	15-7	15-8	15-9	15-10
所在地	吉城郡古川町 太江字こわそ	吉城郡古川町 月ヶ瀬・神岡	吉城郡古川町 太江	大野郡朝日村 見座	大野郡高根村 日和田	大野郡高根村 日和田	大野郡高根村 大字日和田	大野郡高根村 日和田	大野郡朝日村 一之宿
路線	神岡河合	月ヶ瀬・神岡	神岡河合	国道361号	国道361号	国道361号	国道361号	朝日高根	御岳山朝日
形式	3径間連続 非合成橋桁	2径間連続 非合成橋桁	単純合成橋桁	2径間連続 非合成橋桁	単純非合成橋桁	単純非合成橋桁	単純非合成橋桁	3径間連続 非合成橋桁	単純非合成橋桁
橋長[m]	82	68	35	67	34	31	49	66.7	83.7
竣工年	1990	1991	1992	1997	2002	1996	1989	1997	1991
調査年	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
調査時の経過年数[年]	14	13	12	7	2	8	15	7	13
離岸距離[km]	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上	20以上
材質	SMA400W	SMA400W	SMA400W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W	SMA400W SMA490W	SMA400W	SMA400W SMA490W
仕様	裸	裸	梁	裸	裸	裸	裸	裸	裸
付着塗分量[mg/m ²]	0-232	3.7-172.5	4.7-247	11.8-200	13.7-71.7	14.1-115.7	0-16.1	1-24.1	0-152.2
凍結防止剤散布量	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明
凍結防止剤種類									
年平均気温[℃]	11.6	11.6	11.6	11.6	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
冬季平均気温[℃]	1.7	1.7	1.7	1.7	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3
年間降雨量[mm]	1459.5	1459.5	1459.5	1459.5	1740.0	1740.0	1740.0	1740.0	1740.0
年間降雪量[cm]	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0	176.0
並列	x	x	x	x	x	x	x	x	x
地山接近	○ A1:2m、A2:10m	○ 端部2m、中央10m	○ 端部2m、中央5m	x	○ 端部2m、中央5m	○	○	x	x
オーバーラップ	x	x	x	x	x	x	x	x	x
その他環境条件	風通し良	風通し良	風通し良	良好					
一般部の状態(さびレベル)									
桁端部の状態(さびレベル)		自動融雪剤散布装置あり		A2区合間が橋生により覆われている					
備考									
分析対象の可否	x	x	x	x	x	x	x	x	x

表 2.1.2 さび外観評点基準（案）^{2.1)}

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>	
	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）		

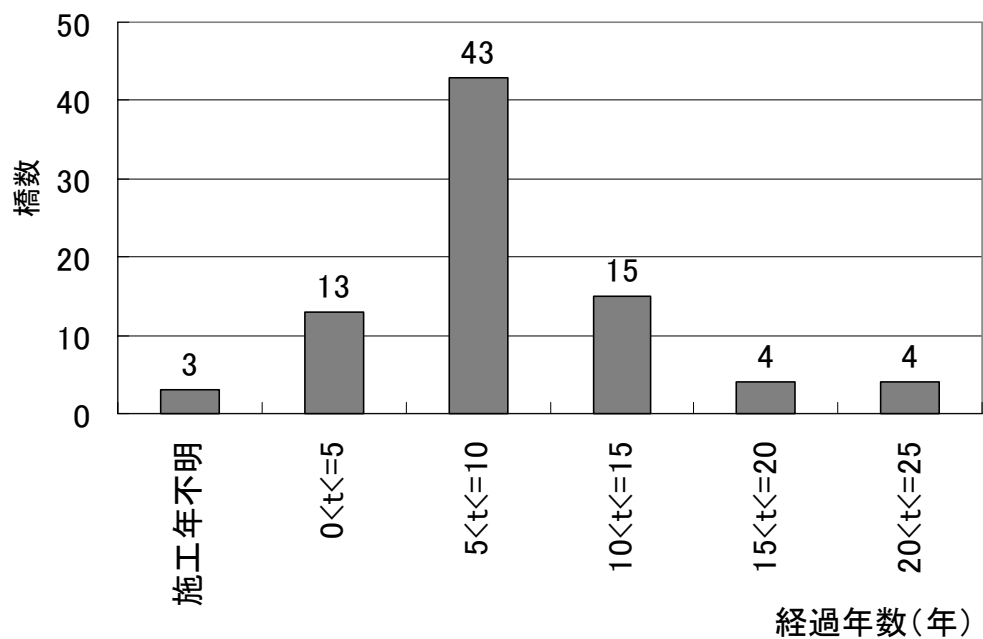


図 2.1.1 分析対象橋（全 82 橋）の経過年数

表 2.1.3 一般部と桁端部のさび外観評点別の橋数

部位 さび外観評点	一般部				桁端部			
	データ数	比率(%)	データ数	比率(%)	データ数	比率(%)	データ数	比率(%)
1	0	0	4	5	9	21	19	44
2	4	5			10	23		
3	53	65			13	30		
4	21	26	77	95	11	26	24	56
5	3	4			0	0		
合計	81	100	81	100	43	100	43	100

注) 対象橋は 82 橋であるが、一般部のみ、桁端部のみしか損傷状況が明記されていない橋があるため、データ総数と全橋数は一致しない。

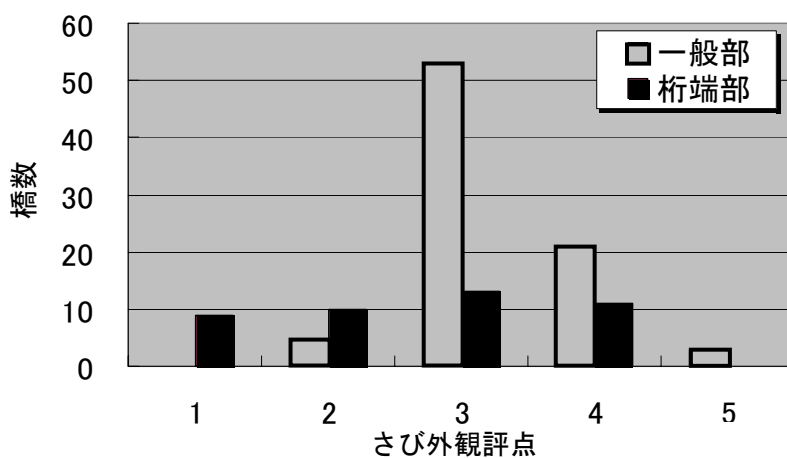


図 2.1.2 一般部と桁端部のさびの外観評点別の橋数

2.1.3. 分析結果

(1) 一般部

一般部のさび外観評点の分布状況を図 2.1.3 に示し、このうち、さび外観評点 2（要観察さび）の橋データを表 2.1.4 に示す（明らかに漏水等のアクシデントによる腐食性・要観察さびのデータは除く）。これらより、一般部の 95%はさび外観評点 3 以上のさびであり、ほとんどの耐候性鋼橋で良好なさび状況となっていることがわかる。一方、さび外観評点 2 と評価された 4 橋は、表 2.1.4 のとおり全て並列橋や地山に近接した橋にあり、これらの環境が影響を与えていると思われる。

(2) 桁端部

桁端部のさび外観評点の分布状況を図 2.1.4 に示し、このうち、さび外観評点 1（腐食性さび）・2 の箇所で確認された不具合を図 2.1.5 に示す。桁端部の 44%はさび外観評点 1・2 のさびであり、一般部と比べて異常さびの発生事例は多い。しかし、そのほとんどが伸縮装置と床版からの漏水が原因で、その後も排水装置の不備や桁下空間が狭い等、原因が特定されるものである。一方、桁端部に損傷が無い橋では 83%の橋が伸縮装置や床版漏水等の不備が見られないことから、桁端部は、これら特定の原因によって局部的に厳しい腐食環境になるため、注意が必要であることがわかる。

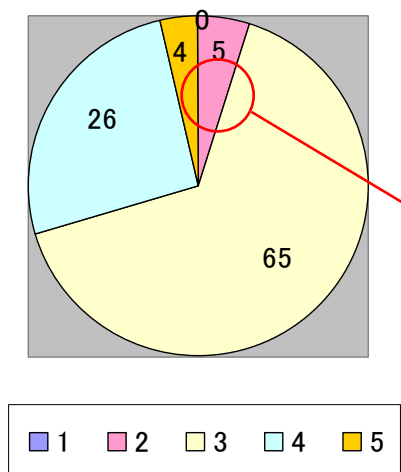


図 2.1.3 一般部のさび外観評点の分布 (%)

表 2.1.4 さび外観評点 2（要観察さび）の橋データ

橋梁No.	並列橋の間隔(mm)	地山の有無
1-4	1000	地山近接
10-1	1400	地山近接
10-2	20	地山近接
10-3	20	地山近接

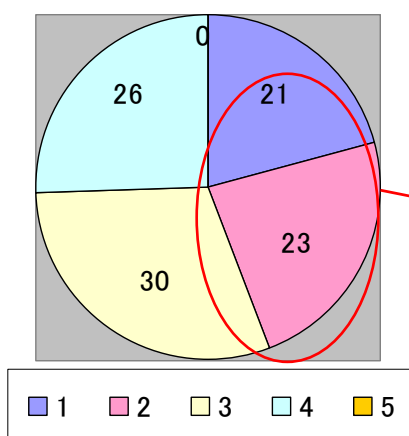


図 2.1.4 桁端部のさび外観評点の分布 (%)

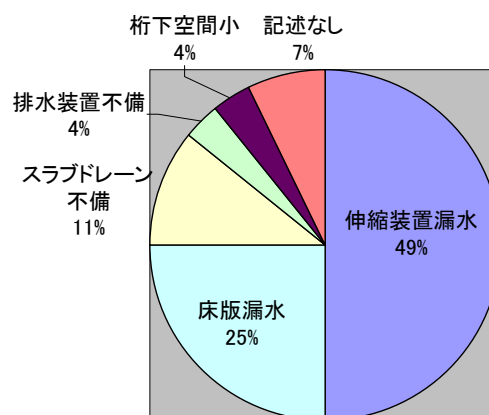


図 2.1.5 さび外観評点 1・2 橋における不具合（重複あり）

(3) 並列橋および地山に近接した橋データの整理

凍結防止剤を大量に散布する路線においては路面水が交通車両によって飛散し他の近接する橋の部材や当該橋の部材に付着する。鋼道路橋塗装・塗装防食便覧（日本道路協会、2005. 12）^{2.2)}では、並列橋や地山が近接した橋は、凍結防止剤の飛散の影響を受けやすく配慮が必要としており、具体的な避けるべき橋配置を図 2. 1. 6 のように定めている。ここでは図 2. 1. 6 の条件に当てはまる橋を、並列橋及び地山に近接した橋とそれぞれ定義する。

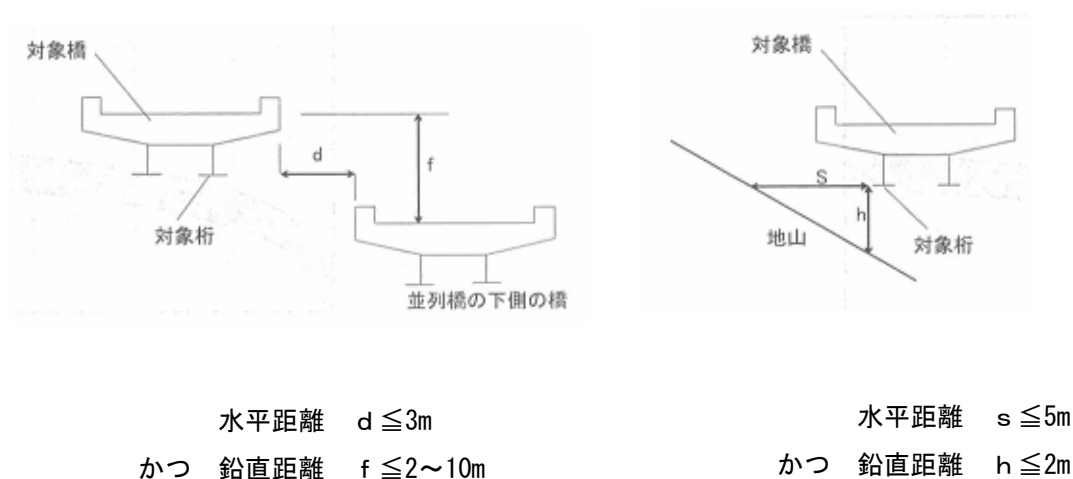


図 2. 1. 6 並列橋および地山に近接した橋

図 2. 1. 7 に並列橋のみを対象にした部位別さびレベルの分布状況を、図 2. 1. 8 に地山に近接した橋のみを対象にした部位別さびレベルの分布状況をそれぞれ示す。これらの橋は、全体を対象にした整理（図 2. 1. 3、図 2. 1. 4）と比較して、レベル 1・2 の発生比率が一般部・桁端部ともに大きくなっており、並列橋や地山が近接した環境の影響があることがわかる。

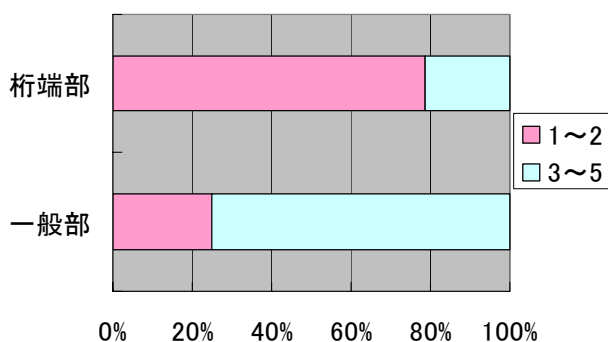


図 2. 1. 7 並列橋のさびレベル

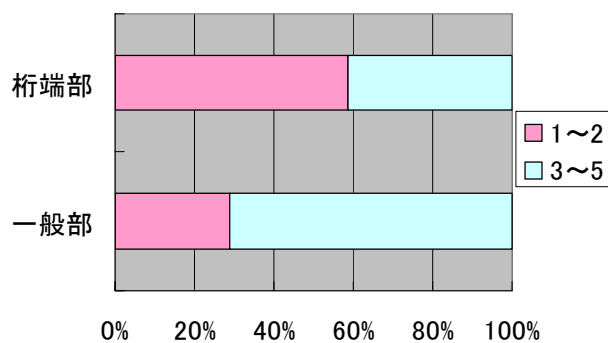


図 2. 1. 8 地山に近接する橋のさびレベル

2.1.4. まとめ

本節では、これまで得られている調査データ等を整理・分析し、凍結防止剤を散布する地域の耐候性鋼橋のさび外観評点の傾向と環境条件について評価した。以下に得られた知見をまとめる。

- ① 本節で調査対象とした非塩化物系凍結防止剤を除いた凍結防止剤が散布され、かつ山間部に位置する橋における 95%以上の耐候性鋼橋で、一般部はさび外観評点 3 以上の良好なさびが生成されている。
- ② 同様に凍結防止剤が散布され、かつ山間部に位置する橋における桁端部は、伸縮装置や床版からの漏水等の特定の原因によりさび外観評点 2 以下の異常さびが発生している。しかし、これらは原因を排除すれば腐食環境の改善が予想されるものであり、適切な維持管理が必要であることがわかる。
- ③ 並列橋や地山が近接した環境においては、これら以外の環境も含めた調査対象全体に対してさび外観評点 1・2 のさび発生比率が一般部・桁端部ともに大きく、これらの環境条件が異常さびの生成に影響を与えと考えられる。

2.2. 橋の調査結果 ～地山近接橋、並列橋～

2.2.1. はじめに

凍結防止剤が耐候性鋼橋に与える影響を評価することを目的とし、該当地域に位置し特に地山近接橋や並列橋が多く存在する岐阜県内の橋群を対象に、外観やさび厚、及び付着塩分量等の調査を行う。同時に地山との距離や隣接橋との位置関係を調査し、さび厚や付着塩分量等と地形環境の相関を分析する。

2.2.2. 対象橋と調査内容

調査対象橋群の概観写真を写真 2.2.1 に示す。I.C.から東西に延びる橋群で、全長にわたり地山斜面に沿う環境にある。これらは全橋とも橋齢 10 年前後であり、さびの発生について架設年次による違いはないと考えられる。また、国道と接続するため ON・OFF ランプと本線上を跨ぐ橋を有しており、これらの地形環境や周辺構造物が保護性さびの生成に与える影響が懸念される。測定は、予め抽出した主桁のウェブ下端と下フランジ上下面について行ったが、安全上作業ができない箇所や、箱桁のフランジ張出長が小さく機器の使用が困難な箇所は測定できていない。さび厚と付着塩分量の測定結果を表 2.2.1 に、計測位置を図 2.2.1 にそれぞれ示す。



写真 2.2.1 調査対象橋群

表 2. 2. 1(1) さび厚と付着塩分の測定結果

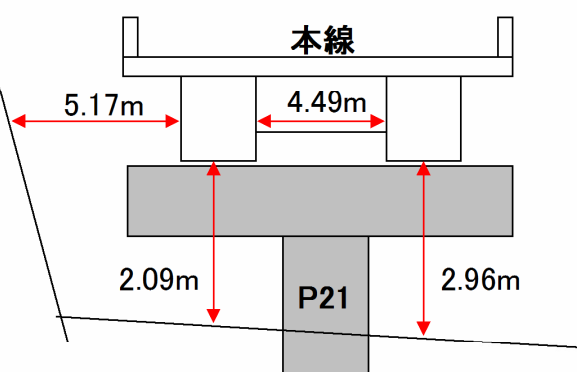
橋脚	桁	測定箇所	さび厚 (μm)	付着塩分量 (mg/m^2)
P21	本線 G1 (箱桁)	ウェブ外側	186	43.5
		フランジ上面外側	182	計測不可
		フランジ下面	121	8.4
		フランジ上面内側	144	計測不可
		ウェブ内側	76	21.8
	本線 G2 (箱桁)	ウェブ内側	72	22.5
		フランジ上面内側	188	計測不可
		フランジ下面	150	14.9
		フランジ上面外側	143	計測不可
		ウェブ外側	124	73.0
P28	本線 G1 (箱桁)	ウェブ外側	124	0.3
		フランジ上面外側	計測不可	計測不可
		フランジ下面	190	0.2
		フランジ上面内側	計測不可	計測不可
		ウェブ内側	197	0.0
	本線 G2 (箱桁)	ウェブ内側	152	1.5
		フランジ上面内側	計測不可	計測不可
		フランジ下面	132	15.5
		フランジ上面外側	計測不可	計測不可
		ウェブ外側	76	3.0
P32	本線 G1 (箱桁)	ウェブ外側	87	34.1
		フランジ上面外側	計測不可	計測不可
		フランジ下面	141	5.2
		フランジ上面内側	計測不可	計測不可
		ウェブ内側	101	0.0
	本線 G4 (箱桁)	ウェブ内側	86	4.8
		フランジ上面内側	計測不可	計測不可
		フランジ下面	127	32.2
		フランジ上面外側	計測不可	計測不可
		ウェブ外側	98	1.3
P37	Dランテ G1 (鉸桁)	ウェブ外側	136	31.5
		フランジ上面外側	249	131.0
		フランジ下面	458	146.9
		フランジ上面内側	118	66.6
		ウェブ内側	95	25.3

表 2. 2. 1 (2) さび厚と付着塩分の測定結果

橋脚	桁	測定箇所	さび厚 (μm)	付着塩分量 (mg/m^2)
PB2	D ランプ G1 (鈑桁)	ウェブ外側	113	進入不可
		フランジ上面外側	190	進入不可
		フランジ下面	175	32.0
		フランジ上面内側	263	110.5
		ウェブ内側	109	16.9
	D ランプ G3 (鈑桁)	ウェブ内側	118	9.1
		フランジ上面内側	242	39.6
		フランジ下面	193	27.0
		フランジ上面外側	273	30.1
		ウェブ外側	133	6.7
AA2	C ランプ G1 (鈑桁)	ウェブ外側	116	0.0
		フランジ上面外側	164	0.0
		フランジ下面	190	0.0
		フランジ上面内側	237	0.0
		ウェブ内側	128	0.0
	C ランプ G3 (鈑桁)	ウェブ内側	127	7.1
		フランジ上面内側	179	42.0
		フランジ下面	進入不可	31.7
		フランジ上面外側	進入不可	36.9
		ウェブ外側	進入不可	49.2
P45	本線 G1 (鈑桁)	ウェブ外側	962	酷く腐食,計測不可
		フランジ上面外側	819	酷く腐食,計測不可
		フランジ下面	1289	79.7
		フランジ上面内側	793	11.9
		ウェブ内側	118	11.7
P47	本線 G1 (鈑桁)	ウェブ外側	82	14.6
		フランジ上面外側	162	15.8
		フランジ下面	250	92.0
		フランジ上面内側	241	30.8
		ウェブ内側	89	13.8
	本線 G6 (鈑桁)	ウェブG5側	115	16.2
		フランジ上面G5側	333	50.4
		フランジ下面	171	24.3
		フランジ上面G7側	344	69.8
		ウェブG7側	135	15.3
EP2	E ランプ G1 (箱桁)	ウェブ外側	65	8.5
		フランジ上面外側	103	
		フランジ下面	114	4.5
		フランジ上面内側	181	
		ウェブ内側	84	6.2

*印部は腐食が著しく進んでいるため、計測値は参考値とする。

計測位置:P21



計測位置:P28

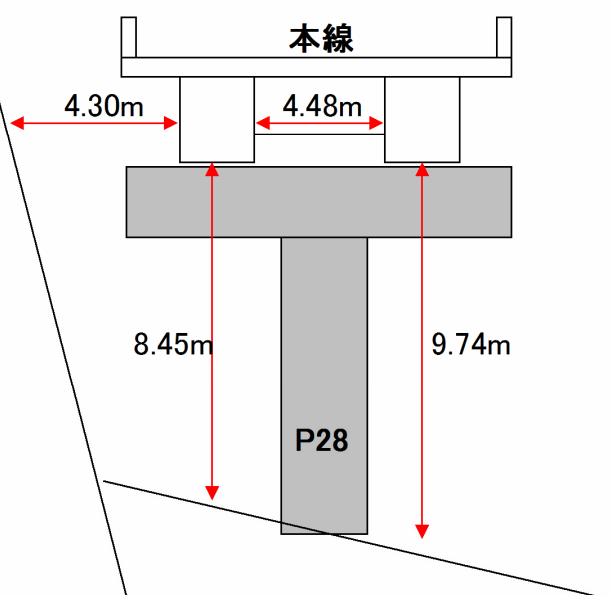
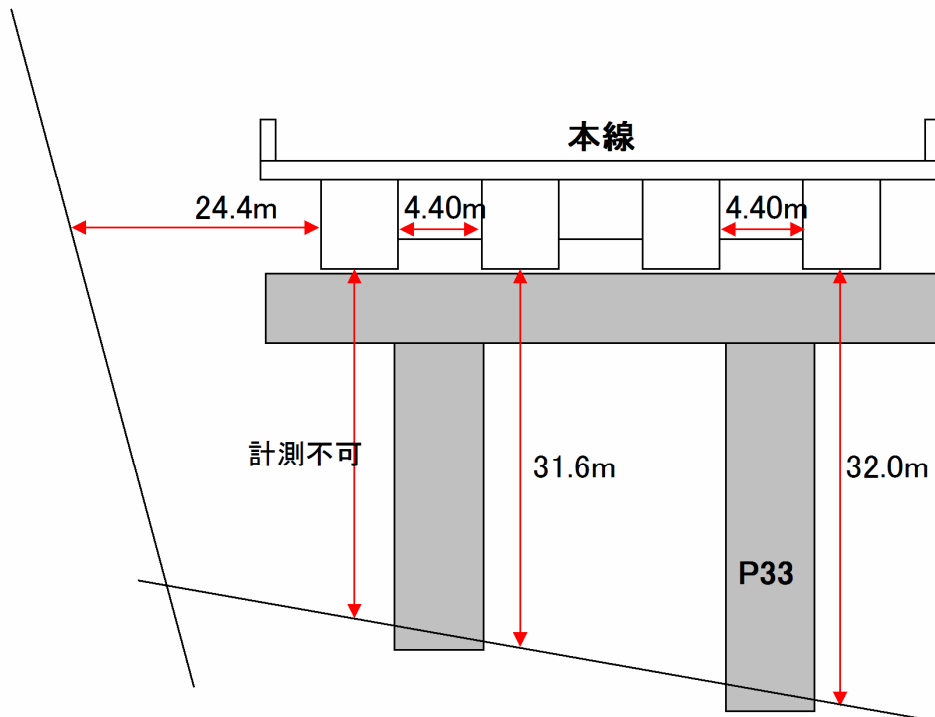


図 2. 2. 1 (1) 計測位置

計測位置:P32



計測位置:P37

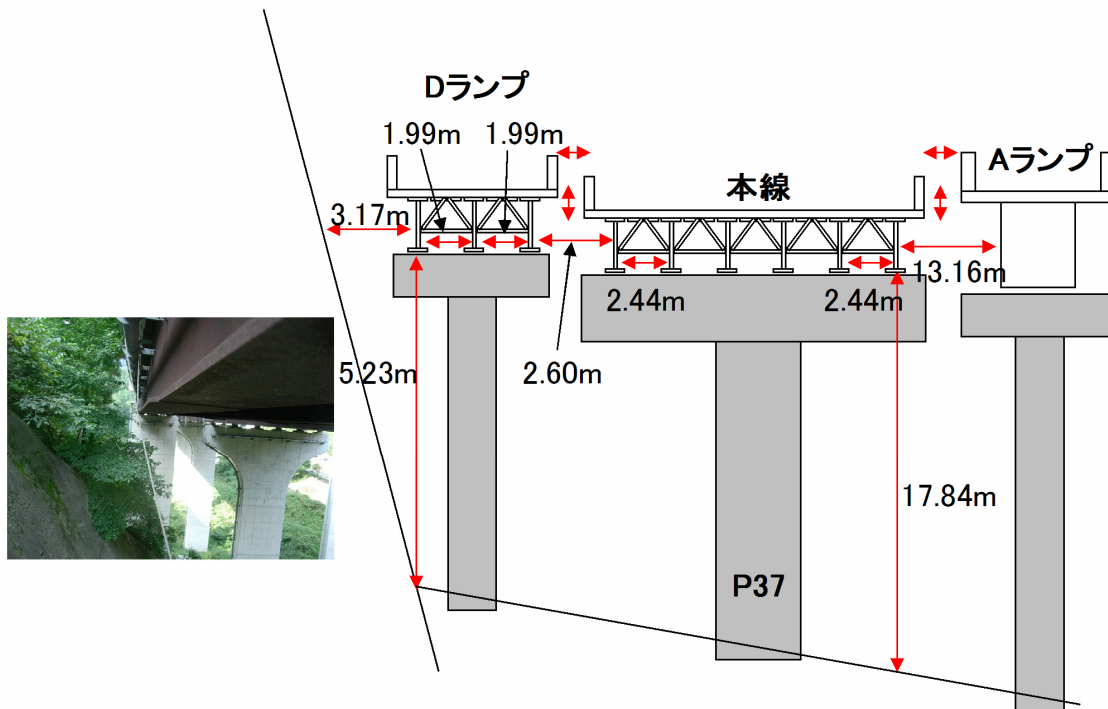
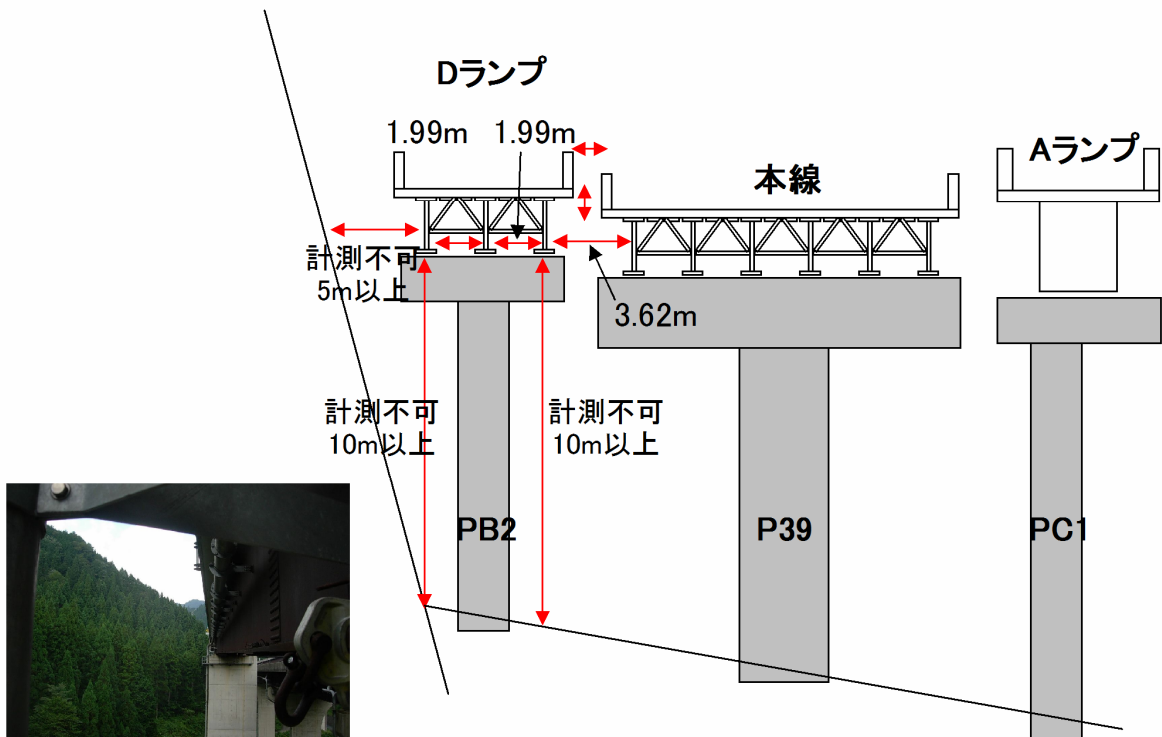


図 2. 2. 1 (2) 計測位置

計測位置:P39, PB2



計測位置:P45, AA2

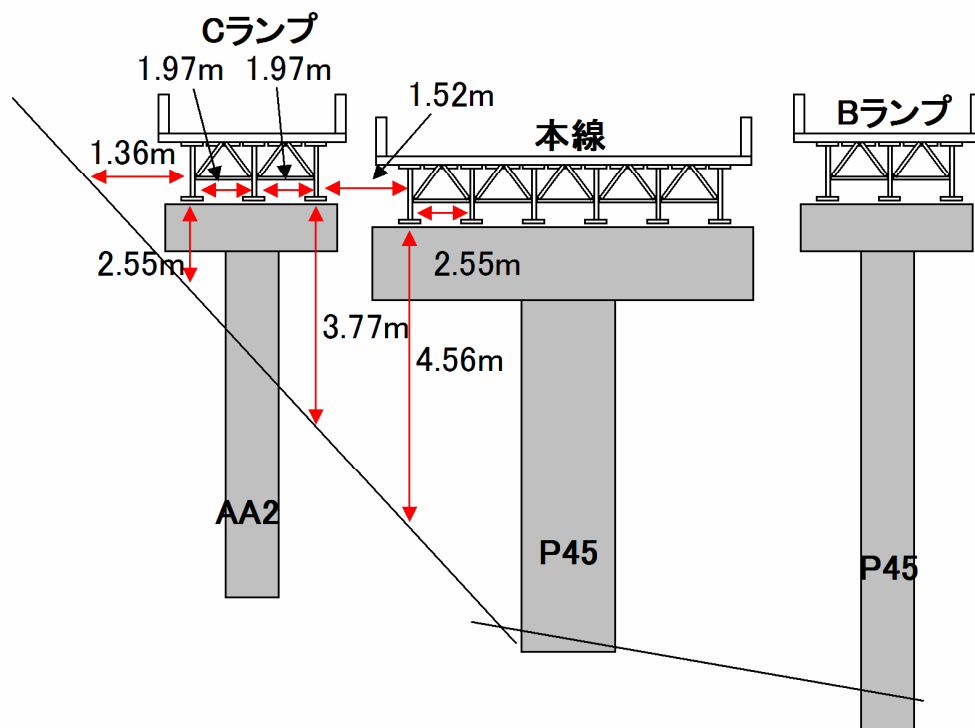
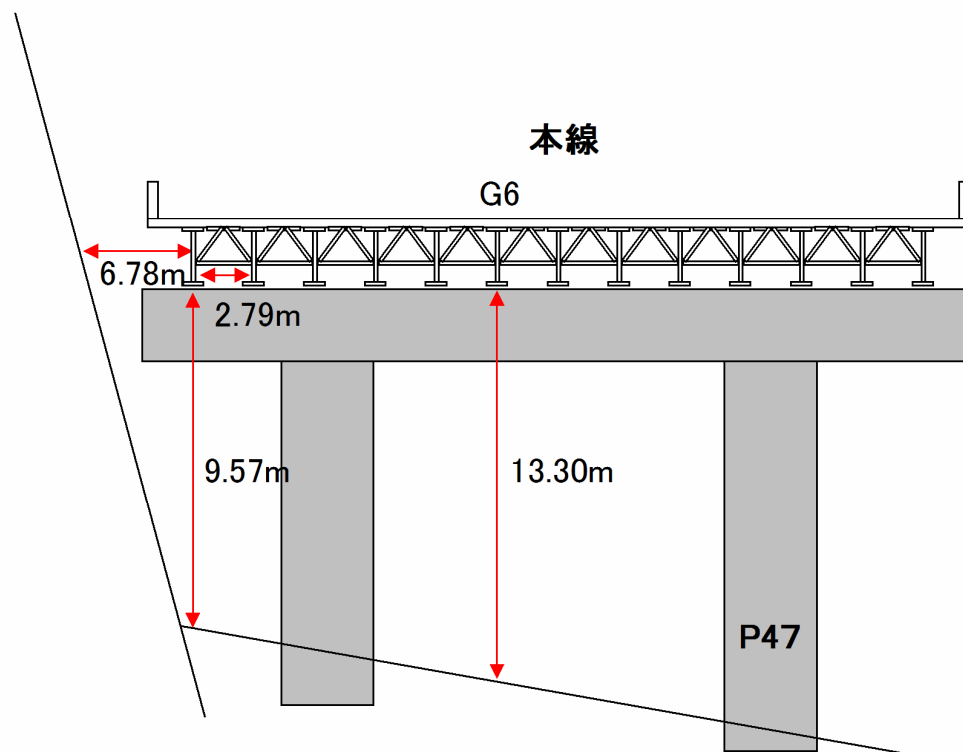


図 2. 2. 1 (3) 計測位置

計測位置:P47



計測位置:EP2

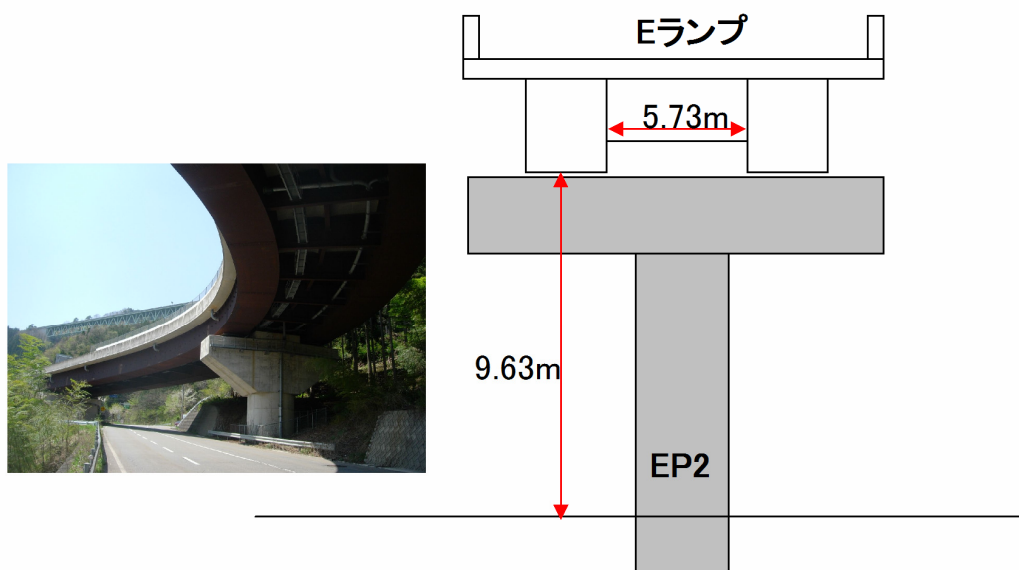


図 2.2.1(4) 計測位置

2.2.3. 地山までの距離とさび厚・付着塩分量の関係

図 2.2.2 に主桁ウェブ表面から地山までの水平距離とさび厚・付着塩分量の関係を部位別に示す。P45 橋脚は地山に沿っていないため、評価対象から外している。また、測定がそれぞれ不可能であったポイントもあるため、さび厚と塩分量は同数ではない。

図より、地山側である外側のウェブ・下フランジのさび厚が、地山との水平距離が大きい場合に薄くなっていることがわかる。しかし、両者の相関はわずかであり、さび外観評価としては外側・

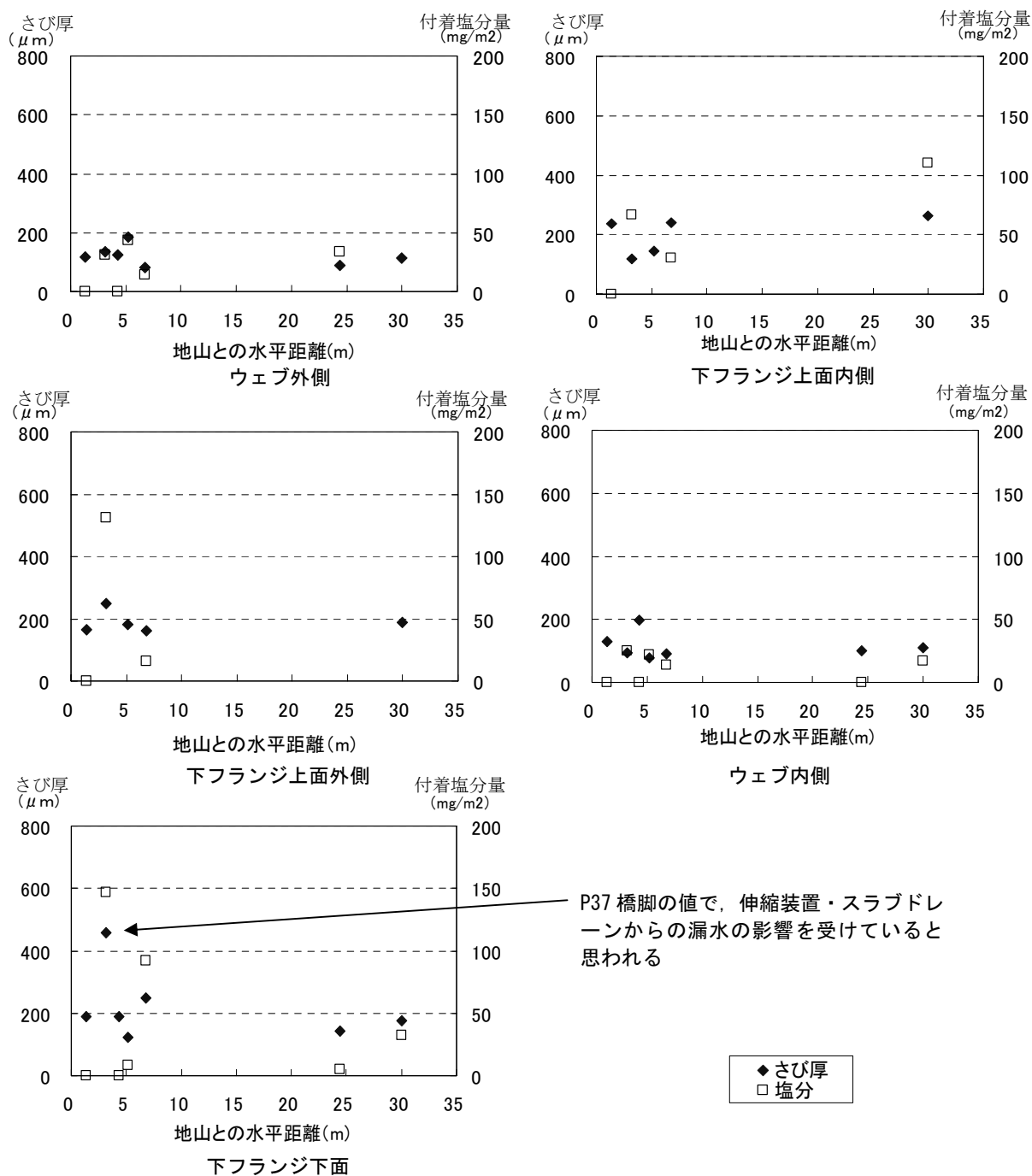


図 2.2.2 地山までの水平距離とさび厚・付着塩分量

内側とも同程度である（3～5）。また、下フランジ下面で高いさび厚が1点測定されているが、これはP37橋脚の測定値で伸縮装置やスラブドレンからの漏水の影響を受けており、地山からの直接的な影響ではないと考えられる。

また、図2.2.3に主桁下フランジ下面から地山までの鉛直距離とさび厚・付着塩分量の関係を部位別に示す。水平距離と同様、外側における地山までの距離とさび厚にはわずかな負の相関が見られるが、さび厚自体は300 μm 程度と小さい。

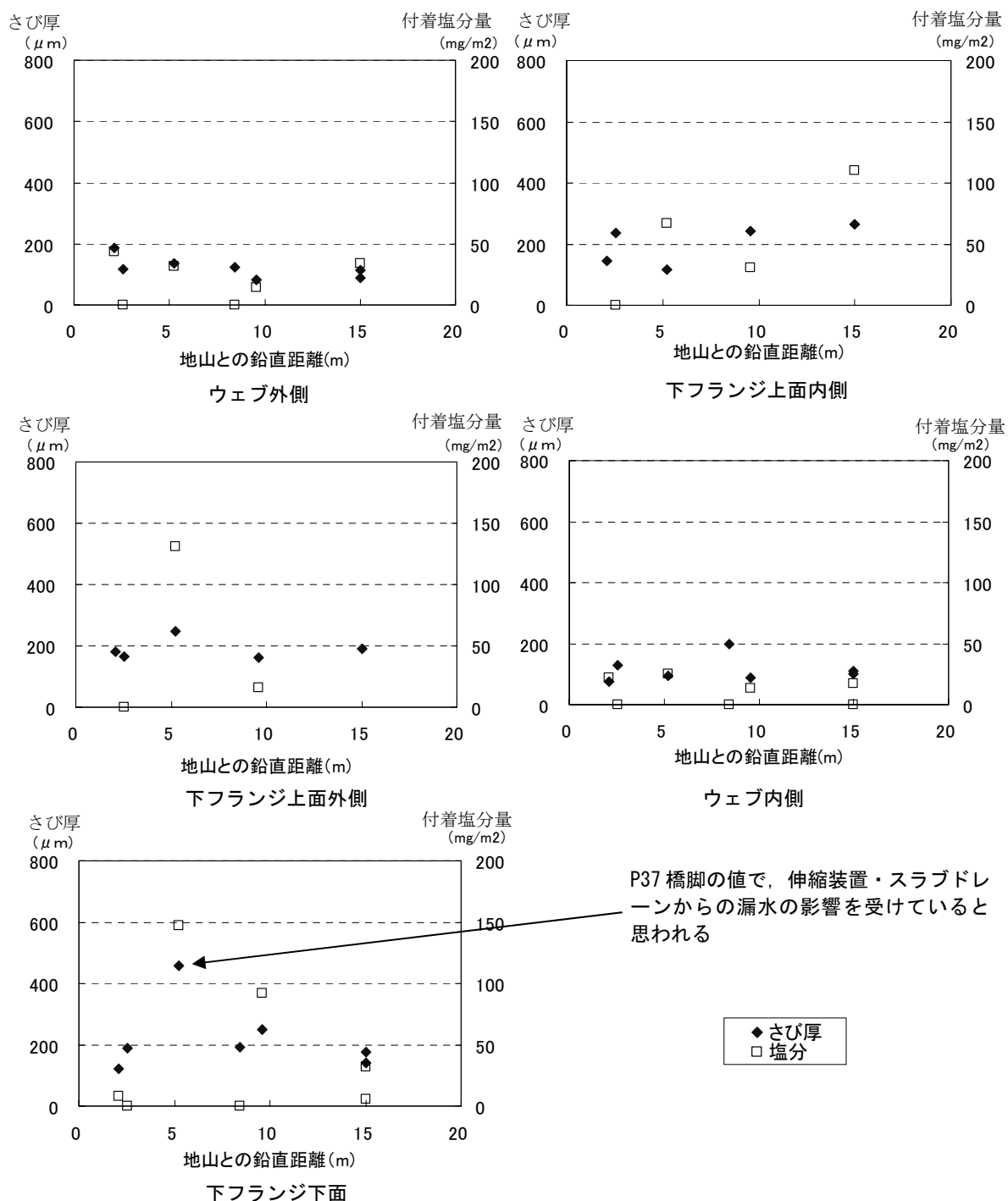


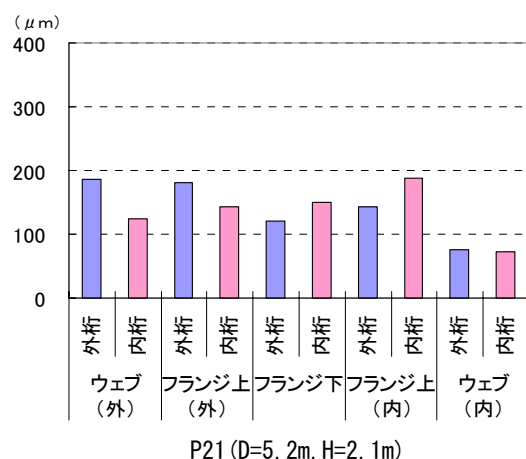
図 2.2.3 地山までの鉛直距離とさび厚・付着塩分量

図 2.2.4 に、地山側外桁と内桁を合わせて測定した各橋脚におけるさび厚を部位別に示す。先の図 2.2.2、図 2.2.3 と異なり、橋脚別に比較することで地山以外の環境条件の影響を小さくすることができる。図より、地山に近接した P21・P28 橋脚において、外側ウェブ・下フランジのさび厚が内側より大きくなっていることがわかる。測定不可能であったポイントもあるが、地山に接する外桁外側では全て同じ傾向であり、地山の影響によるものと考えられる。しかし、外桁のさび厚は厚くても 200 μm 程度であり、外観評価でも全く問題ない状態であった。

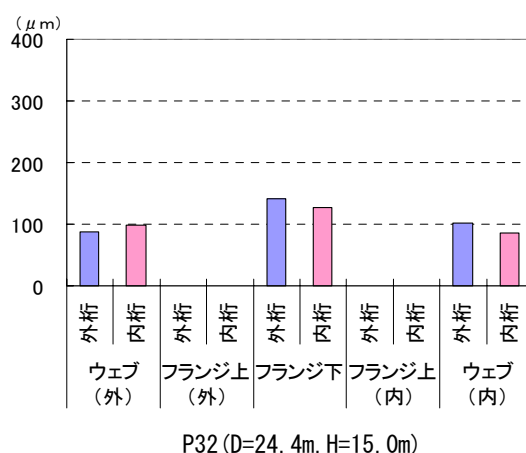
図 2.2.5 に、図 2.2.4 と同様の整理による付着塩分量を示す。凍結防止剤を散布される路線ではあるが塩分量は少なく、また図 2.2.4 でさび厚に確認された地山の影響は見られない。これは、雨水や結露水によって塩分が洗い流され、累積していないためと考えられる。これまでも同様の結果が得られた報告^{2,3)}があり、付着塩分量のみで塩分環境を評価することは難しいことがわかる。

地山の影響を受けていると思われ、剥離さびやうろこ状さびが発生していた箇所は、地山に最も近接する側縦桁であった。写真 2.2.2 に P31・P37 橋脚の地山側の側縦桁の状況を示す。足場がなく手が届かない位置にあるため、これらのさび厚や塩分量は測定できなかったが、他の部位とは明らかに異なる状態であった。側縦桁は、主桁よりもさらに（2m 程度）地山に近接するため、その影響はより大きなものになると考えられる。

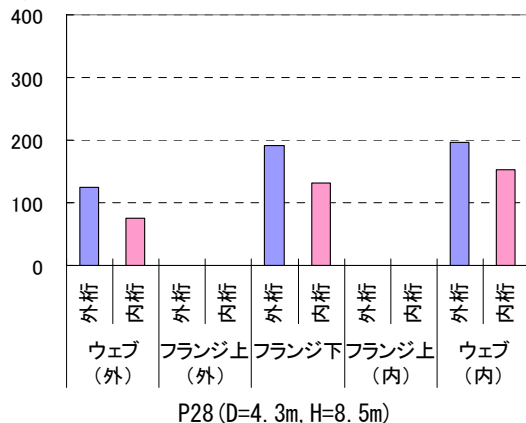
さび厚



さび厚



さび厚
(μm)



さび厚
(μm)

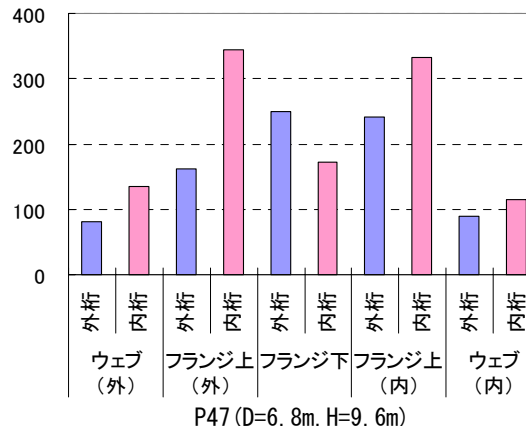


図 2.2.4 各橋脚における部位別のさび厚

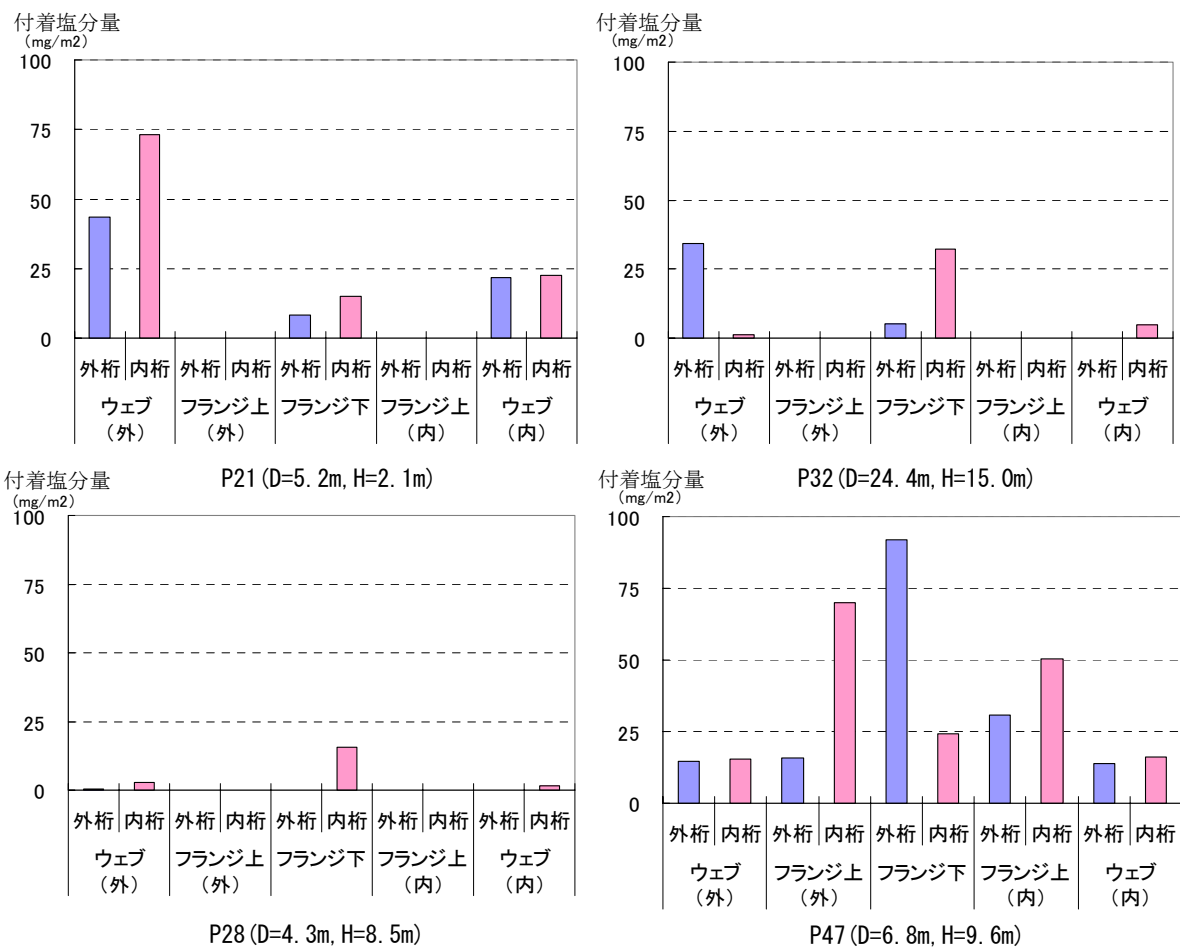
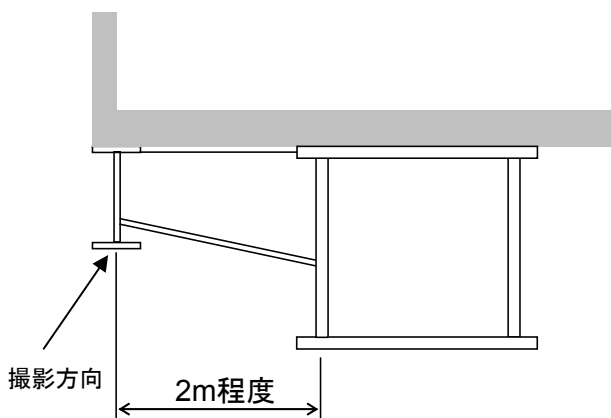


図 2.2.5 各橋脚における部位別の塩分量



写真 2.2.2 地山側の側縦桁下フランジの外観



2.2.4. 隣接橋の有無とさび厚・付着塩分量の関係

図 2.2.6 に、本線に隣接する PB2 (D ランプ)、AA2 (C ランプ) における地山側と隣接橋側のさび厚と付着塩分量を部位別に示す。PB2 のウェブ外側と下フランジ上面外側のさび厚は、隣接橋側が山側より大きい（下フランジ上面外側では 1.5 倍程度）ことがわかる。また、AA2 橋台部では測定ができなかったが、写真 2.2.3 に示すように C ランプの隣接橋側下フランジ下面には剥離さびやうろこ状さびが確認された。さらに、写真 2.2.4 は P37 の分離帯隙間直下の異常さびの状態であるが、これは橋面で舞い上がった塩水が水切りのない床版から鋼桁へ多量に伝わったことが原因と予想される。水切りを設置していればこれほどまでの被害にはならなかったと考えられるが、隣接橋の影響による異常さび発生リスクの大きいことを示しており、耐候性鋼橋にとって隣接橋の影響は無視できないものと考えられる。なお、図 2.2.7 には付着塩分量の測定値も示しているが、図 2.2.5 と同様、雨水や結露水によって塩分が洗い流されたことも含まれた測定結果であるため、この結果のみで塩分環境を評価することはできないと考えられる。

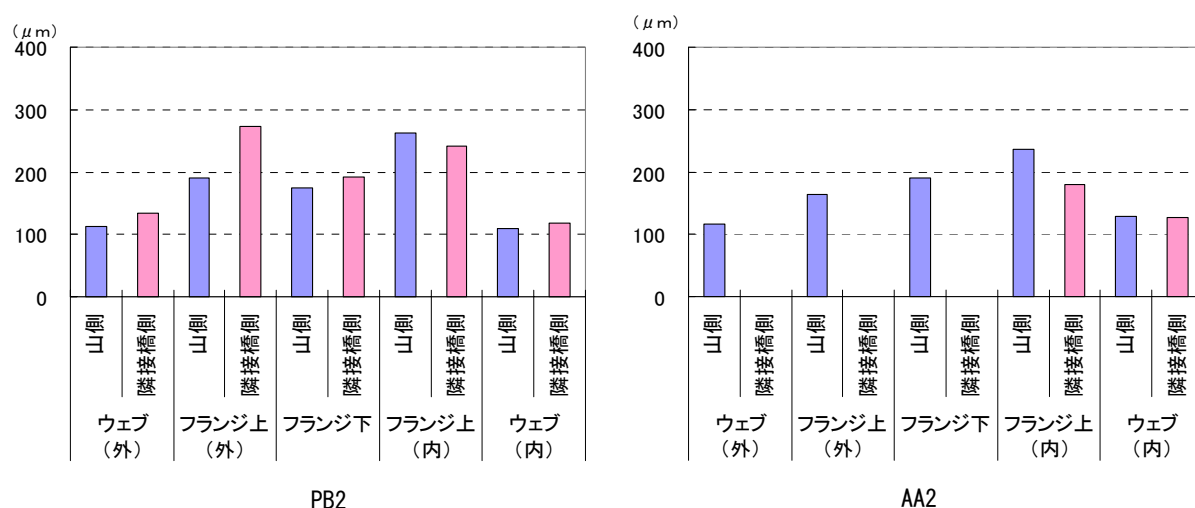


図 2.2.6 各橋脚における部位別のさび厚

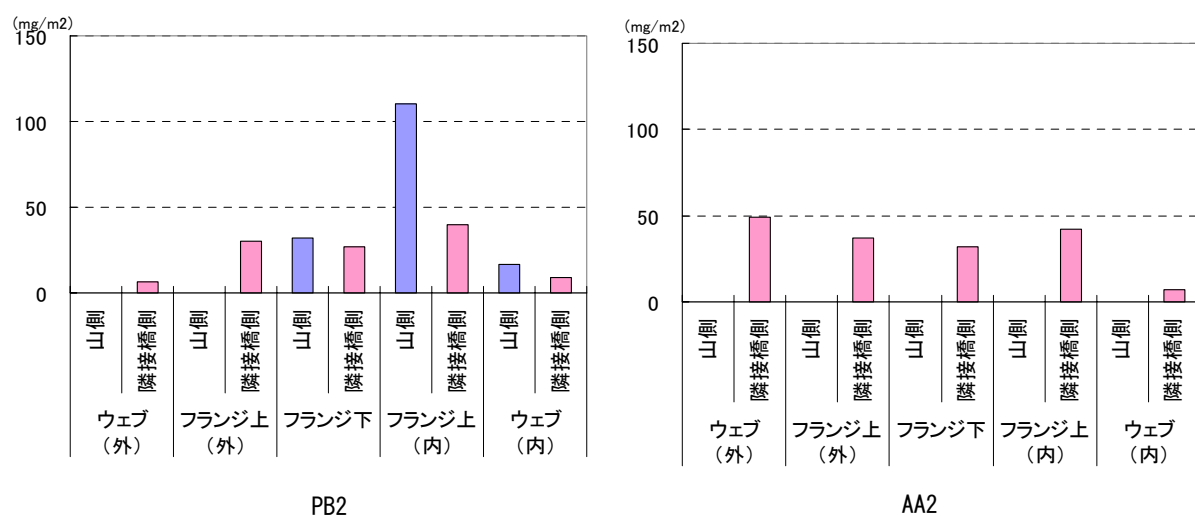


図 2.2.7 各橋脚における部位別の付着塩分量



写真 2.2.3 AA2 橋台から見上げた主桁下フランジ



写真 2.2.4 P37 橋脚分離帯下の腐食状況

2.2.5. まとめ

本節では、凍結防止剤が耐候性鋼橋に与える影響を評価することを目的とし、該当地域に位置する岐阜県内の橋群を対象に、外観やさび厚、及び付着塩分量等の調査を行った。同時に地山との距離や隣接橋との位置関係を調査し、さび厚や付着塩分量等と地形環境の相関を分析した。以下に、得られた知見をまとめる。

- ① 本節の調査対象とした岐阜県内の I.C.付近の橋群において、地山との水平・鉛直距離が小さいほど、地山側の主桁ウェブ・下フランジのさび厚が大きくなる傾向が見られた。ただし、さび厚は最大でも $300\mu\text{m}$ 程度であり、異常さびは確認できなかった。地山との水平・鉛直距離とさび厚には相関関係が有る可能性がある。
- ② 同様に、岐阜県内の I.C.付近の橋群において、主桁よりも地山に近接する側縦桁の下フランジ下面に異常さびが確認され、地山の影響を大きく受けていることが推測された。地山に近接する部材は、近接距離の定義が不明確ではあるものの、異常さびを生じる可能性が示唆された。
- ③ 同様に、岐阜県内の I.C.付近の橋群において、隣接橋側の下フランジのさび厚や付着塩分量は、反対側に比べ大きくなる傾向が確認され、隣接橋の影響を受けていると推測された。隣接橋がある場合、その相対的な位置や影響を受ける箇所の特定はできないものの、異常さびを生じる可能性が示唆された。
- ④ 今回の調査で見られた異常さびのほとんどは伸縮装置やスラブドレーン、排水桝等からの漏水が原因であり、これらを適切に補修して原因を除去することが解決に必要である。

2.3. 橋の調査結果 ～地山近接橋～

2.3.1. はじめに

宮城県内にある地山に近接した耐候性鋼橋において、凍結防止剤散布前（2000.10 調査）の付着塩分量と凍結防止剤散布後（2008.4 調査）の結果を比較することにより、冬季に桁に付着する凍結防止剤塩分量を確認する。また、一般部や桁端部のさびの状態や排水装置・伸縮装置等からの漏水状況と当該箇所のさびの状態を調査することにより、部位毎の凍結防止剤の影響を把握する。

2.3.2. 対象橋と調査内容

調査対象橋の位置を図 2.3.1 に、橋の外観を写真 2.3.1 にそれぞれ示す。対象橋は 1989 年 9 月に完成した橋長 103.5m の 2 径間連続非合成鈑桁形式（JIS G 3114 に規定される溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材の W 種（以下、「JIS 耐候性鋼材」という）裸仕様）で、日本海からの離岸距離はおよそ 60km である。また、中間支点から桁端部の間のおよそ 1 径間分は、G4 桁と地山が近接しており、凍結防止剤の地山による影響も懸念される橋である。図 2.3.2 に橋断面と地山との位置関係を示す。対象橋について、さび外観検査、さび厚測定、付着塩分量測定、及びセロハンテープ試験等の調査を行った。



図 2.3.1 橋の位置
(地図は国土地理院発行の地図を使用)



写真 2.3.1 橋の概観

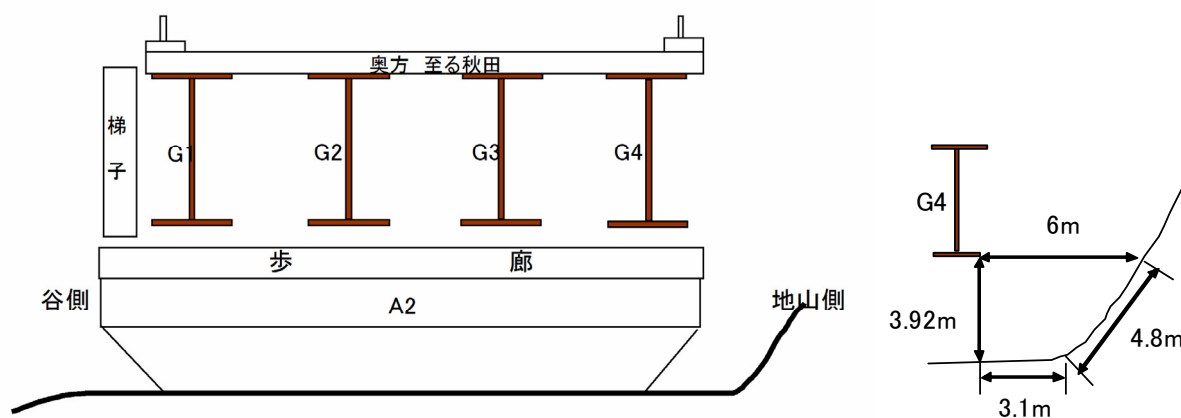


図 2.3.2 橋の断面と地山との位置関係

2.3.3. 調査結果

図 2.3.3 に P1 橋脚における 2000 年 10 月と 2008 年 4 月の付着塩分量を示す。測定ポイントが全く同一ではないが、両者には桁のどの部位においてもほとんど相違は見られない。また、床版からの漏水の影響を受けている G4 桁下フランジ下面以外、ウェブ・下フランジともほぼ同程度の塩分量が測定されており、同時期での部位別の塩分量の相違も見られない。現地調査時に本橋の桁環境は湿気が多く結露が発生しやすいことが推測されており、付着塩分が雨水や結露水によって洗い流されていることが考えられる。さらに、2000 年 10 月のデータを凍結防止剤散布前、2008 年 4 月のデータを散布後のものとする、本橋では散布前後で付着塩分量に変化はなく、地山に近接する環境にあっても凍結防止剤の影響は受けていないと考えることができる。

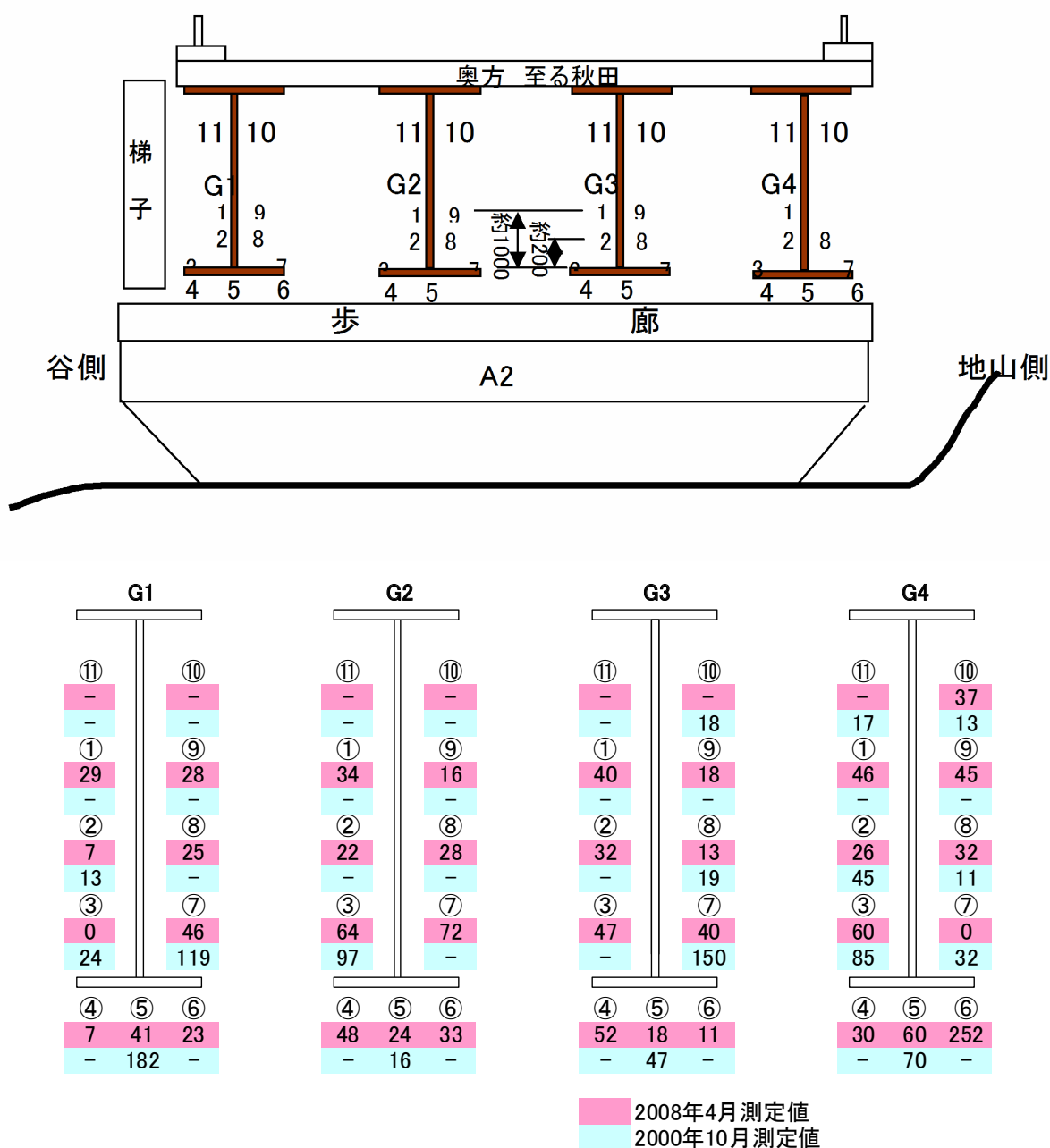


図 2.3.3 P1 橋脚における付着塩分量（単位：mg/m²）

写真 2.3.2 に、P1 橋脚近傍の G4 桁で確認された床版漏水と剥離さび等の概況写真を示す。床版からの多量の漏水により、直下のウェブや下フランジのみならず縦断方向にも剥離さびや異常さびが発生している。漏水は床版コンクリート下面で茶色と確認されたため、橋面上で露出した地覆鉄筋のさび汁が含まれていると推測され、橋面上で凍結防止剤を多量に含んだ雨水が床版コンクリートから桁に流れ込んでいることが考えられる。



P1 部山側 (G4 桁) 概観



床版漏水部拡大



A2 側ウェブ・下フランジ上面



A2 側下フランジ下面

写真 2.3.2 さび状況

2.3.4. まとめ

本節では、凍結防止剤散布前後の付着塩分量を比較することにより、冬季に桁に付着する凍結防止剤塩分量を確認した。その結果、対象の橋では、凍結防止剤が桁全体に与える影響はなかった。また、異常さびと床版や伸縮装置からの漏水状況を調査することにより、部位毎の凍結防止剤の影響を把握した。床版からの漏水は塩分を多量に含んだ水が桁に直接降りかかることになり、その影響は著しく大きいものとなることがわかった。

2.4. 橋の調査結果 ～並列橋、湿潤環境～

2.4.1. はじめに

信越地方の凍結防止剤散布地域（山間部・離岸距離約 100km）における耐候性鋼橋について、凍結防止剤散布がさび形成に及ぼす影響を確認するため、さびの調査を行う。本検討は、表 2.1.3 で示した過去にレベル 2 と判定されている橋群の一部を対象とし、以後の経年変化と異常さびの原因究明を主な目的とした。

2.4.2. 対象橋

対象橋の概要を以下に示す。

- ・ 離岸距離：A 橋、B 橋、C 橋とも約 100km。
- ・ 橋形式：鋼連続鈑桁橋（A 橋：3 径間，B 橋：2 径間，C 橋：4 径間）
- ・ 使用鋼材：SMA41W、SMA50W（裸使用）
- ・ 竣工年度：A 橋、B 橋：1991 年 7 月、C 橋：1990 年 6 月
- ・ 周辺環境

(1) A 橋（写真 2.4.1）

並列する床版の間隔は約 20mm である。桁端部は風通しが非常に悪く、湿度の高い好ましくない環境にある。一般部は、地山からの離隔は十分確保できているが、付近は低い雲や霧の発生しやすい地域で、湿度が高い環境にある。2006 年 5 月～6 月に桁水洗が実施されている。

(2) B 橋（写真 2.4.2）

並列する床版の間隔は約 20mm である。A 橋と同様、桁端部は風通しが非常に悪く、湿度の高い好ましくない環境にある。また、一般部についても付近に樹木が茂り、構造的に風通しの悪い好ましくない環境にある。また A 橋と同様、付近は低い雲や霧の発生しやすい箇所、湿度が高い環境にある。2006 年 5 月～6 月に桁水洗が実施されている。

(3) C 橋(写真 2.4.3)

並列する床版の間隔は約 910mm である。A 橋、B 橋と比較すると、A1 桁端部・一般部の環境は概ね良好である。A2 桁端部は地山が迫り、風通しが悪く湿度が高い環境にある。2006 年 5 月～6 月に桁水洗が実施されている。



写真 2. 4. 1 A 橋 周辺環境 (2008 年 10 月 24 日撮影)



写真 2. 4. 2 B 橋 周辺環境 (2008 年 10 月 24 日撮影)

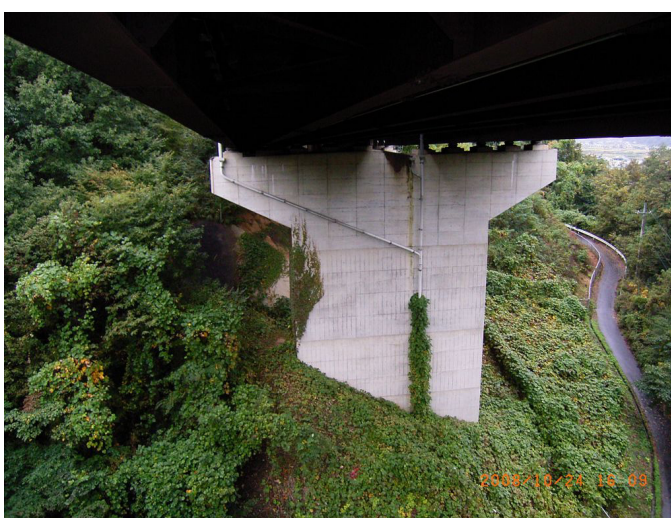


写真 2. 4. 3 C 橋 周辺環境 (2008 年 10 月 24 日撮影)

2.4.3. 外観調査結果

(1) A 橋・B 橋 (写真 2.4.4)

A 橋、B 橋とも、定常的に低い雲や霧が発生しやすく、非常に多湿な環境にあり、内桁と外桁の両方に結露水の跡が多数見られた。特に B 橋では、周囲に草木が生い茂り、全体的に風通しが悪い環境であった。また、伸縮装置からの漏水が多く見られ漏水の影響を受ける範囲には層状剥離さび等の顕著な異常さびが発生していた。これは、凍結防止剤が混入した漏水が鋼材に直接流れ込んだことによるものと考えられる。

漏水箇所以外の部位においては、桁端部は桁が橋軸方向にずれた配置となっていることから風通しが悪く、非常に湿潤な環境となっており、一部にこれが原因と見られる薄い剥離さびが生じていた。その他一般部については全体的にやや粗いさびが発生していたが、顕著な異常さびは見られなかった。

内桁と比較して外桁外側のさびは粗いが、過去の調査で確認されているレベル 2 の状態ではなく、レベル 3 と評価される状況であった。これは、両橋が 2006 年 5 月～6 月に水洗されており、水圧により表面の異常さびが除去されたためと考えられる。

(2) C 橋 (写真 2.4.5)

C 橋は、A 橋・B 橋と同じ路線にあるが両橋と比べると風通しがよく、湿度は比較的低い環境にあると推測された。ただし、結露水の跡は多数認められた。A 橋・B 橋同様、伸縮装置からの漏水が見られ、漏水の影響を受ける範囲には剥離さびなどの異常が生じていた。これは、凍結防止剤が混入した漏水が鋼材に直接かかったことによるものと考えられる。

A 橋・B 橋と比べると C 橋の一般部は良い環境にあると推測され、さびの性状は内桁外桁とも良好であった。凍結防止剤の散布量にも影響を受けるが、このような良好な環境にある限り、一般部での凍結防止剤の影響は大きくない可能性がある。

並列する床版の離隔は 910mm であり、その部分の下フランジのさびはやや粗い状態であった。並列橋からの凍結防止剤の飛散の影響を受けていると考えられるが、ここでは床版からの漏水も多数確認されたため、凍結防止剤の混入した漏水がさびの進行に影響を与えている可能性がある。ただし、本橋も 2006 年 5 月～6 月に水洗されているため、A 橋・B 橋とともに調査時の評価のみで凍結防止剤散布のさび形成に及ぼす影響を把握することは不十分であることに注意が必要である。

2.4.4. まとめ

本節では、表 2.1.2 で示した過去にレベル 2 と判定されている橋群の一部を対象とし、以後の経年変化と異常さびの原因究明を主な目的として調査を行った。以下に、得られた知見をまとめる。

- ① 凍結防止剤が混入した漏水が耐候性鋼橋に与える影響は大きく、層状剥離さびの最も大きな原因となる可能性がある。
- ② 多湿環境においては、凍結防止剤の影響が鋭敏かつ顕著に現れる可能性が考えられ、この作用については今後更なる調査・研究が必要である。



外桁端部 伸縮装置からの漏水による剥離さび



並列側 下フランジ上面での粗いさび



外桁端部 伸縮装置からの漏水による剥離さび



並列側 粗いさび（多湿な環境）

写真 2.4.4 A 橋・B 橋のさび外観



外桁端部 床版からの漏水による剥離さび



並列側 下フランジ上面のやや粗いさび

写真 2.4.5 C 橋のさび外観

2.5. まとめ

本章では、凍結防止剤が無塗装耐候性鋼橋に与える影響について、複数のアプローチから検討した。本章で得られた知見を以下にまとめる。

- ① 非塩化物系凍結防止剤を除いた凍結防止剤が散布され、かつ山間部に位置する橋梁を対象に行った調査データ等を整理・分析した結果、対象の橋の中で一般部においては95%以上の耐候性鋼橋でさび外観評点3以上の良好なさびが生成されている。桁端部は、伸縮装置や床版からの漏水等特定の原因によりさび外観評点2以下の異常さびが発生しているが、これらは原因を排除すれば腐食環境の改善が予想されるものであり、適切な維持管理を行う必要がある。
- ② 並列橋や地山が近接した環境条件は、異常さびの生成に影響を与えと考えられる。しかし、その度合いは個々の橋によって異なり、本検討で行った調査では影響が確認できないものもあった。
- ③ 凍結防止剤が混入した漏水が耐候性鋼橋に与える影響は大きく、層状剥離さびの最も大きな原因となる可能性がある。床版や伸縮装置からの漏水は早急に補修する必要があり、漏水の早期発見のためには定期的な点検が重要であると考えられる。
- ④ 多湿環境においては、凍結防止剤の影響が鋭敏かつ顕著に現れる可能性が考えられ、この作用については今後更なる調査・研究が必要であると考えられる。

【2章参考文献】

- 2.1) 建設省土木研究所, 鋼材倶楽部, 日本橋梁建設協会: 耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書 (X V II) 整理番号第 85 号, 1993.3
- 2.2) 日本道路協会: 鋼道路橋塗装・防食便覧, 2005.12
- 2.3) 岩崎英治, 長井正嗣, 加賀谷悦子, 成田英樹, 高橋拓也: 新潟県内の耐候性鋼橋の腐食状況と腐食環境, 構造工学論文集 Vol.51A, pp.1119-1128, 2005.3