

第4章 実験の結果

4.1 実験データ

各試験場所における暴露試験片の設置、中間調査、現地回収の日程を表4.1.1に示す。

各ワッペン試験片の分析結果を表4.1.2に示す。

各試験場所におけるワッペン試験片の配置図を図4.1.1～図4.1.9に示す。

表4.1.1 暴露試験の日程一覧表

地域	橋名	設置日	中間調査日	回収日	
日本海 沿岸部Ⅰ	新潟県	A橋	2007.12.13	2008.9.4	2008.12.16
		B橋	2007.12.14	2008.9.4～6	2008.12.15
		揚水機場C	2007.12.15	2008.9.4～6	2008.12.16
		D橋	2007.12.15	2008.9.4～6	2008.12.15
日本海 沿岸部Ⅱ	島根県	E橋	2007.12.27	2008.11.13～14	2008.12.18
		F橋	2007.12.21	2008.11.13～14	2008.12.19
		G高架橋	2007.12.21	2008.11.13～14	2008.12.19
		H橋(建設予定地)	2007.12.19	2008.11.13～14	2008.12.20
太平洋 沿岸部	愛知県	I高架橋	2008.2.5	2008.10.30	2009.2.6
		工場J	2008.2.5	2008.10.30	2009.2.6
		K橋	2008.2.5	2008.10.30	2009.2.6
瀬戸内海 島しょ部	愛媛県	L橋	2007.12.26	2008.10.15	2008.12.22

表 4.1.2-1 ワッペン式暴露試験による現地環境調査 データ一覧表 (1/4)

地区	橋梁名	暴露 架台	設置位置				試験片 No.	ワッペン			実橋		暴露期間
								さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m^2)	腐食減耗量 (mm)	さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m^2)	
新潟県	A 橋	実橋試験	東桁端	G3外桁	外側 (北側)	ウエブ 上側	左	15	47	20.1	0.014	166	2007.12.13 ~ 2008.12.16
							右	16	49		0.013		
				G2内桁	G3側 (北側)	ウエブ 下側	左	17	60	40.9	0.016	293	
							右	18	63		0.016		
						下フランジ 上面	左	19	62	38.4	0.015	326	
							右	20	76		0.014		
			下フランジ 下面	左	21	109	45.9	0.023	266				
				右	22	109		0.023					
			G1側 (南側)	ウエブ 上側	左	23	81	29.0	0.019	307			
					右	24	76		0.019				
				ウエブ 下側	左	27	61	47.0	0.014	375			
					右	28	59		0.014				
		ウエブ 上側		左	25	86	40.0	0.020	337				
				右	26	94		0.022					
		北側高欄	上面	左	77	128	11.0	0.027					
				右	78	108		0.023					
			下面	左	80	222	93.7	0.057					
				右	79	90	35.0	0.029					
塩ビ円筒 容器	上面	左	1	120		0.023							
		右	2	129		0.023							
新潟県	B 橋	実橋試験	北桁端	G4外桁	外側 (西側)	ウエブ 下側	左	29	41	0.0	0.008	100	2007.12.14 ~ 2008.12.15
							右	30	37		0.008		
				G2内桁	G3側 (西側)	ウエブ 上側	左	31	57	0.0	0.013	102	
							右	32	59		0.013		
						下フランジ 上面	左	33	38	11.4	0.006	413	
							右	34	43		0.006		
			下フランジ 下面	左	35	37	29.1	0.008	261				
				右	36	38		0.008					
			G1側 (東側)	ウエブ 下側	左	37	65	9.9	0.011	533			
					右	38	62		0.011				
				下フランジ 上面	左	39	87	13.8	0.016	304			
					右	40	74		0.015				
			ウエブ 上側	左	47	24	0.0	0.005	213				
				右	48	27		0.005					
			ウエブ 下側	左	45	34	0.5	0.004	156				
				右	46	28		0.004					
			下フランジ 上面	左	43	62	18.1	0.010	304				
				右	44	52		0.010					
		下フランジ 下面	左	41	52	4.7	0.008	258					
			右	42	44		0.008						
		G1外桁	ウエブ 下側	左	49	20	0.0	0.004	173	0.0			
				右	50	17		0.004					
			下フランジ 上面	左	51	71	0.0	0.013	126	0.0			
				右	52	65		0.012					
			下フランジ 下面	左	53	31	2.6	0.007	155	1.6			
				右	54	31		0.006					
		ウエブ 下側	左	55	23	0.0	0.005	194					
			右	56	41		0.005						
		南桁端	G2内桁	G1側 (東側)	下フランジ 上面	左	57	57	30.8	0.009	297		
						右	58	55		0.009			
			下フランジ 下面	左	59	51	0.0	0.006	182				
				右	60	47		0.006					
			ウエブ 下側	左	63	45	16.8	0.008	262				
				右	64	47		0.008					
		G3側 (西側)	下フランジ 上面	左	61	67	28.6	0.010	350				
				右	62	69		0.010					
北側高欄	上面	左	81	97	7.7	0.017							
		右	82	91		0.019							
	下面	左	84	117	31.9	0.027							
		右	83	101		0.025							
塩ビ円筒 容器	上面	左	7	88		0.017							
		右	8	117		0.021							

表 4.1.2-2 ワッペン式暴露試験による現地環境調査 データ一覧表 (2/4)

地区	橋梁名	暴露架台	設置位置		試験片 No.	ワッペン			実橋		暴露期間				
						さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m ²)	腐食減耗量 (mm)	さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m ²)					
新潟県	揚水機場C	標準百葉箱	北側	上面	71	98	3.7	0.020			2007.12.15 ~ 2008.12.16				
					72	96		0.021							
					73	106		0.021							
					74	102	6.6	0.021							
					75	102		0.025							
				76	136		0.024								
				下面	65	130	0.0	0.023							
					66	109		0.023							
					67	86		0.021							
					68	67	0.2	0.012							
		69	60			0.012									
		小型百葉箱	上面	左	89	82	4.3	0.020							
				右	90	96		0.020							
			下面	左	92	101		0.025							
				右	91	88	0.0	0.025							
円筒容器	西側	1段目	上面	3	103		0.016								
			下面	4	150		0.028								
	2段目	上面	5	146		0.025									
		下面	6	120		0.021									
新潟県	D橋	実橋試験	東桁端	G2内桁	G1側 (北側)	ウエブ	左	213	50	6.2	0.007	122	5.1	2007.12.15 ~ 2008.12.15	
						下側	右	214	42		0.007				
						下フランジ	左	215	54	10.2	0.011	208	10.0		
						上面	右	216	56		0.012				
			下フランジ	左	217	41	2.9	0.006	130	3.1					
				下面	右	218	37		0.006						
				上面	左	85	88	6.4	0.022						
				右	86	136		0.023							
		小型百葉箱	東桁端	北側高欄	上面	左	88	82	4.1	0.018					
						右	87	86		0.026					
							9	93		0.023					
					下面		10	102		0.020					
円筒容器			上面	9	93		0.023								
			下面	10	102		0.020								
島根県 (浜田)	E橋	実橋試験	P1	G2内桁	G1側 (東側)	ウエブ	左	110	56.6	4.6	0.009	55.4	0	2007.12.27 ~ 2008.12.18	
						下側	右	109	55.3						
						下フランジ	左	112	73	12.5	0.013	110.4	21.4		
							上面	右	111	70.3					
							下側	左	114	97.5	0	0.012			43.9
						下フランジ	下面	右	113	114.7					
				ウエブ	左		115	49.2	44.8	0.013	80.6	9.5			
					下側		右	116	53.2						
					下フランジ	左	117	90.8	0	0.015	112.4	45.7			
				下フランジ	上面	右	118	77.8							
					下側	左	119	65.8	6.6	0.011		22.8			
					下面	右	120	145.4							
			P1	C14 補剛材	北側	上面	左	121	64.5		0.010	99.5	測定不能		
							右	122	53.6						
								123	43.3	5.3	0.006	94.5	14.9		
						下面	左	124	35.7						
			P3	G2内桁	G1側 (東側)	ウエブ	左	126	65.5	14.5	0.011	93.5	測定不能		
							下側	右	125	54.3					
							下フランジ	左	128	73.6	14.9	0.015	86.9		55.1
						下フランジ	上面	右	127	79.3					
							下側	左	130	62.5	5.3	0.011	101		1.3
							下面	右	129	79.3					
G3側 (西側)	ウエブ	左		131	62.4	34.4	0.015	87.8	10.8						
		下側		右	132	72.3									
		下フランジ		左	133	70.8	9.7	0.015	103.6	14.1					
	下フランジ	上面		右	134	89.5									
		下側		左	135	62.4	5.4	0.013	94.8	5.6					
		下面		右	136	81.1									

表 4.1.2-3 ワッペン式暴露試験による現地環境調査 データ一覧表 (3/4)

地区	橋梁名	暴露架台	設置位置		試験片 No.	ワッペン			実橋		暴露期間		
						さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m ²)	腐食減耗量 (mm)	さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m ²)			
島根県 (浜田)	E 橋	標準百葉箱	管理敷地内	上面	南西側	93	90.2	5.7	0.022		2007.12.27 ~ 2008.12.18		
						94	101.9		0.019				
					北西側	95	102.6	3.9	0.021				
						96	133.7	4.5	0.029				
					南東側	97	109.5		0.019				
				下面	南東側	98	85.1	3.6	0.019				
						99	95.2	0	0.022				
					100	119.8		0.028					
					北東側	101	70.9	0	0.013				
					北西側	102	82.7	0	0.018				
		小型百葉箱	排水樋門 東側手摺	上面	左	103	98.9		0.020				
						104	102	0	0.023				
				下面	左	106	125.4		0.019				
						105	100.2	5.5	0.018				
塩ビ円筒容器		右	107	94.2	0	0.023							
			108	121.8		0.026							
		上面		11	129.7		0.021						
				12	89.1		0.021						
島根県 (出雲)	F 橋	実橋試験	A1	G1側 (西側)	ウエブ下側	137	88	79.8	0.016	152	32		
					下フランジ上面	138	94	79.5	0.015	185	110		
					下フランジ下面	139	78	81.2	0.016	173	107		
				G3側 (東側)	ウエブ下側	142	37	9.7	0.006	76	37		
					下フランジ上面	141	84	69.4	0.013	131	114		
					下フランジ下面	140	74	73.1	0.015	153	53		
			P3	G1側 (西側)	ウエブ下側	143	79	61.9	0.016	125	58		
					下フランジ上面	144	77	51.3	0.016	144	88.7		
					下フランジ下面	145	88	63	0.020	175	42.6		
				G3側 (東側)	ウエブ下側	148	58	71	0.011	99	60.5		
					下フランジ上面	147	77	66.6	0.016	145	112		
					下フランジ下面	146	91	68	0.018	165	41		
			P5	G1側 (西側)	ウエブ下側	149	65	62	0.015	184	72		
					下フランジ上面	150	85	62.7	0.016	229	185		
					下フランジ下面	151	69	61.5	0.005	186	85.2		
				G3側 (東側)	ウエブ下側	154	52	42.7	0.010	95	52.5		
					下フランジ上面	153	81	15.5	0.015	145	140		
					下フランジ下面	152	74	72.8	0.024	134	58		
		小型百葉箱	自営柱-仮設1	上面	左	156	74	42.8	0.019				
						155	125		0.021				
				下面	左	157	137	47.9	0.030				
						158	131		0.028				
				塩ビ円筒容器		上面		15	99		0.021		
								16	135		0.020		
		島根県 (出雲)	G 高架橋	実橋試験	P8	G1側 (北側)	ウエブ下側	171	77	41.9	0.013	156	51
							下フランジ上面	172	109	63.8	0.018	292	160
							下フランジ下面	173	80	21	0.012	158	57
						G3側 (南側)	ウエブ下側	176	94	51	0.017	204	45
下フランジ上面	175						95	71.8	0.019	278	240		
下フランジ下面	174						73	34	0.013	190	56		
標準百葉箱	P8南側空地			上面	南西側	159	98	50.7	0.022				
						160	112		0.023				
						161	107	40.7	0.025				
					北西側	162	118	36.7	0.024				
						163	120		0.024				
						164	103	39.2	0.022				
				下面	南東側	165	90	27.7	0.019				
						166	85		0.018				
						167	97	25.7	0.016				
					北東側	168	136	41	0.024				
						169	197		0.033				
						170	136	53	0.025				

表 4.1.2-4 ワッペン式暴露試験による現地環境調査 データ一覧表 (4/4)

地区	橋梁名	暴露架台	設置位置		試験片 No.	ワッペン			実橋		暴露期間							
						さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m ²)	腐食減耗量 (mm)	さび厚 (μm)	付着塩分 (mg/m ²)								
(出雲) 島根県	G 高架橋	小型百葉箱	P8北側側道 道路標識柱	上面	左	178	72	34.6	0.017		2007.12.21 ~ 2008.12.19							
					右	177	77		0.015									
		下面		左	179	99		0.022										
				右	180	76	21.5	0.017										
		塩ビ円筒 容器		上面	13	112		0.021										
				下面	14	123		0.025										
島根県(松江)	H 橋	標準百葉箱	右岸仮設やぐら GL+8m	上面	左	182	215	286	0.053		2007.12.19 ~ 2008.12.20							
					右	181	207		0.051									
				下面	左	183	64	19.6	0.019									
					右	184	78		0.018									
		小型百葉箱	右岸仮設やぐら GL+5m	上面	左	186	135	17.5	0.030									
					右	185	126		0.029									
				下面	左	187	196	64.1	0.050									
					右	188	250		0.050									
		右岸仮設やぐら GL+2m	上面	左	190	104	16.6	0.023										
				右	189	96		0.024										
			下面	左	191	95	15.6	0.026										
				右	192	114		0.031										
愛知県	I 高架橋	実橋試験	G2内桁	南側	ウェブ	229	85	43	0.016	188	172	2008.2.5 ~ 2009.2.6						
						230	86		0.016	0								
					下フランジ	上面	231	103	96	0.016	162		504					
						下面	232	94		0.015	0							
					下フランジ	上面	233	95	88	0.017	160		194					
						下面	234	80		0.017	0							
					愛知県	K 橋	実橋試験	G2内桁	下流側	ウェブ	235		47	14	0.008	129		2008.2.5 ~ 2009.2.6
											236		48		0.008	0		
下フランジ	上面	237	71	87						0.011	276							
	下面	238	68							0.011	0							
下フランジ	上面	239	63	23						0.011	431							
	下面	240	75							0.011	0							
愛知県	工場J敷地	標準百葉箱	工場J敷地	上面						241	81	143	0.015			2008.2.5 ~ 2009.2.6		
										243	91	135	0.016					
					245	86	110	0.015										
					247	95	139	0.015										
					249	87	142	0.015										
					251	103	93	0.015										
					252	96	24	0.014										
					254	115	108	0.022										
				下面	242	66	62	0.016										
					244	93	30	0.018										
					246	91	24	0.018										
					248	68	47	0.015										
				小型百葉箱	上面	250	75	30	0.014									
						252	96	24	0.014									
					下面	253	96	125	0.016									
						254	115	108	0.022									
円筒容器	上面	255	102	32	0.016													
		256	108	35	0.022													
	下面	21	117		0.018													
		22	116		0.019													
愛媛県(大島)	L 橋	実橋試験	P3	G2内桁	G1側	ウェブ下側	223	44	6.7	0.011	114	42.3	2007.12.26 ~ 2008.12.22					
						下フランジ上面	224	48	66.4	0.015	112	144.0						
						下フランジ下面	225	56	5.3	0.012	111	64.7						
				G3側	ウェブ下側	226	50	0.5	0.010	104	25.9							
					下フランジ上面	227	50	25.0	0.012	85	90.3							
					下フランジ下面	228	58	2.3	0.012	104	35.0							
		小型百葉箱	上面	219	99		0.018											
				220	89	27.0	0.019											
			下面	221	94	12.3	0.022											
				222	98		0.021											

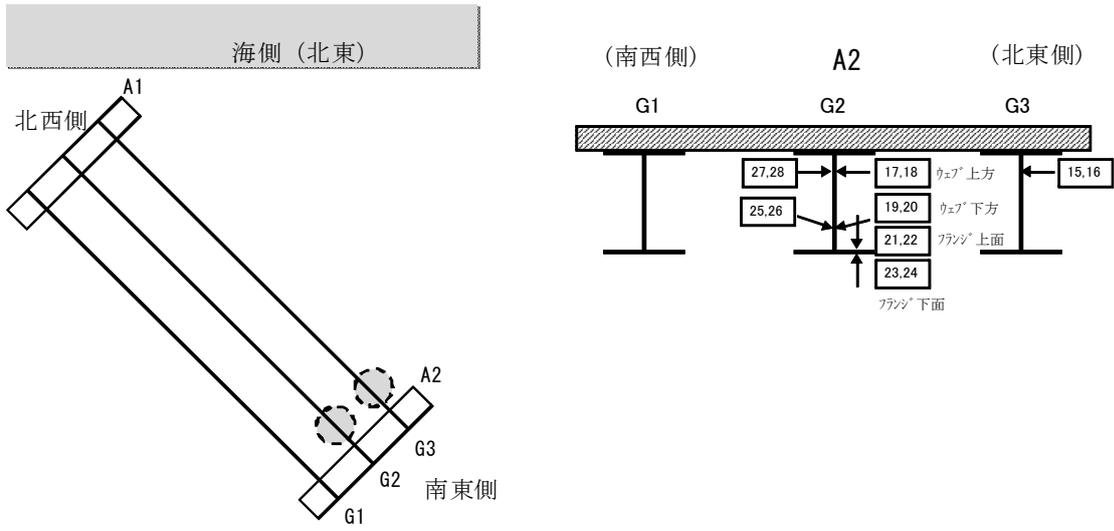


図 4.1.1 ワッペン試験片の配置図 (A 橋)

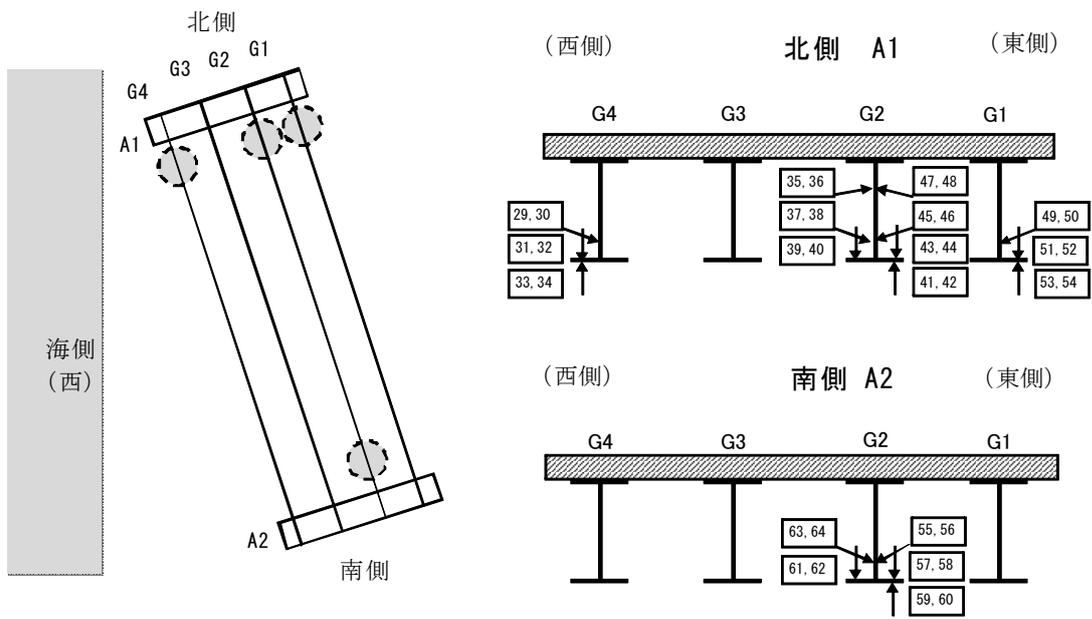


図 4.1.2 ワッペン試験片の配置図 (B 橋)

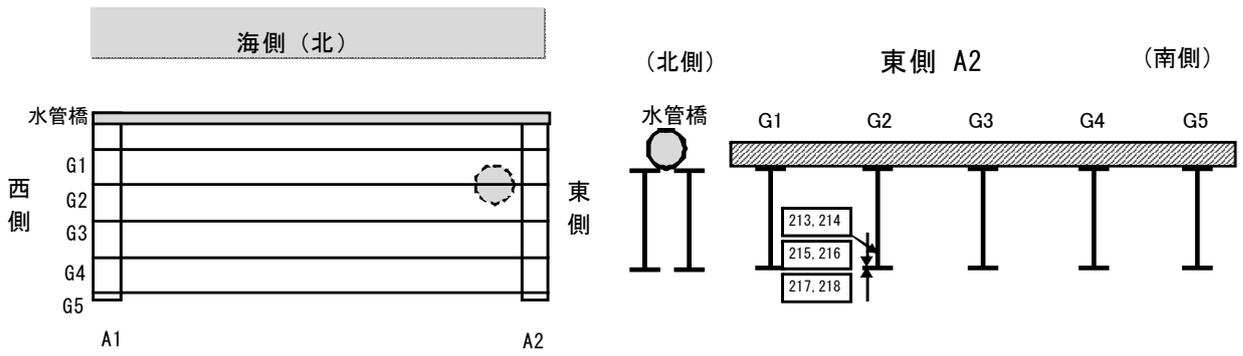


図 4.1.3 ワッペン試験片の配置図 (D 橋)

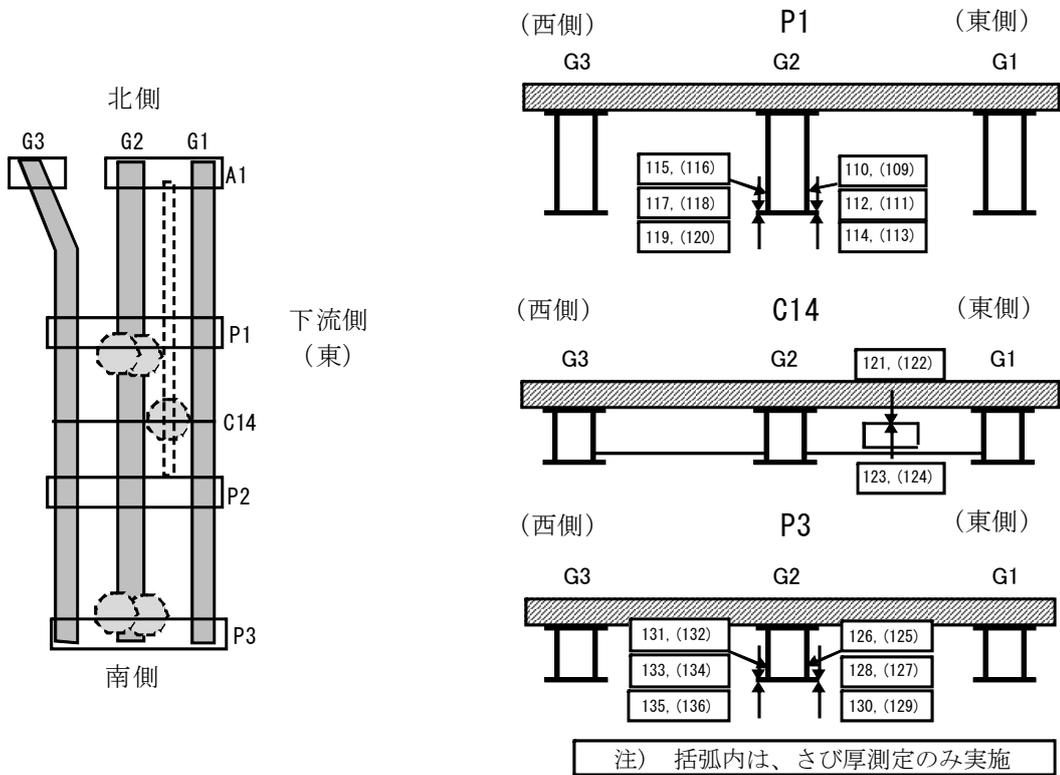


図 4.1.4 ワッペン試験片の配置図 (E 橋)

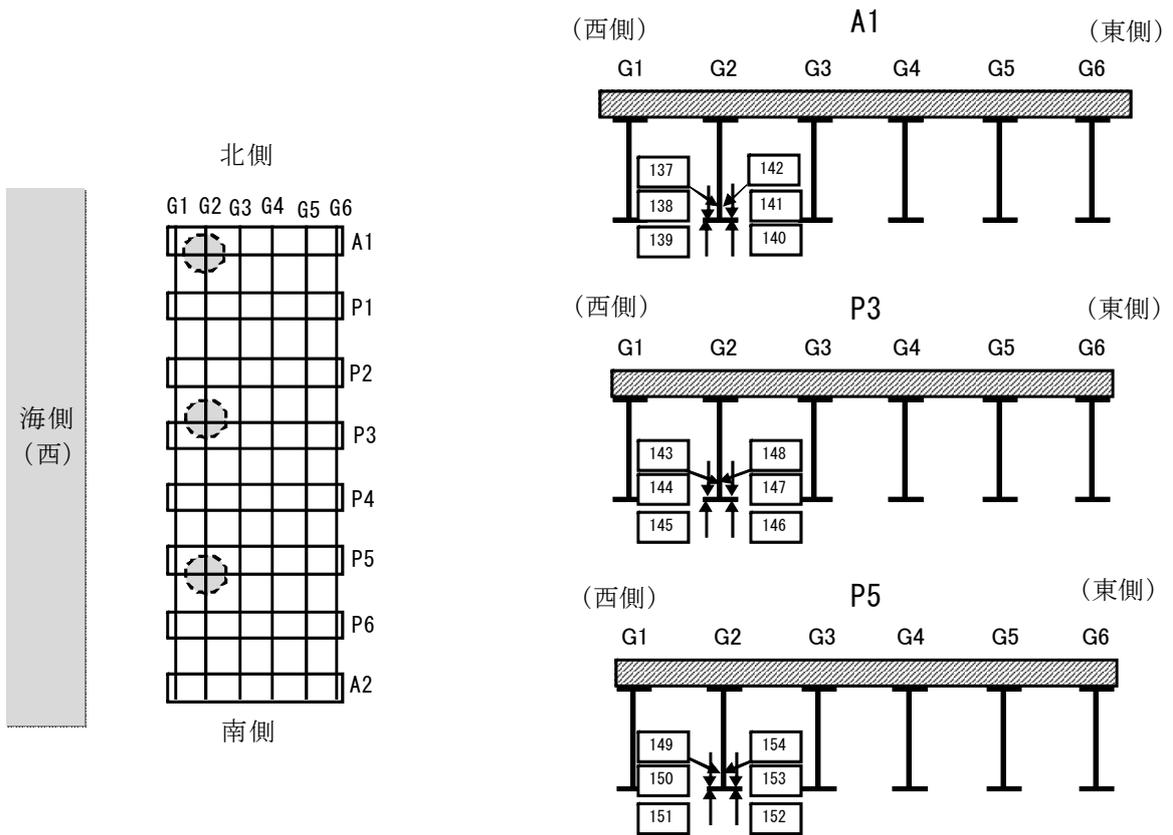


図 4.1.5 ワッペン試験片の配置図 (F 橋)

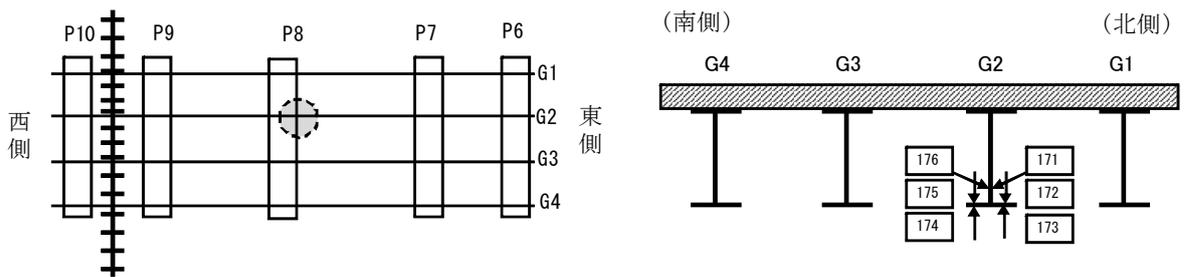


図 4.1.6 ワッペン試験片の配置図 (G 高架橋)

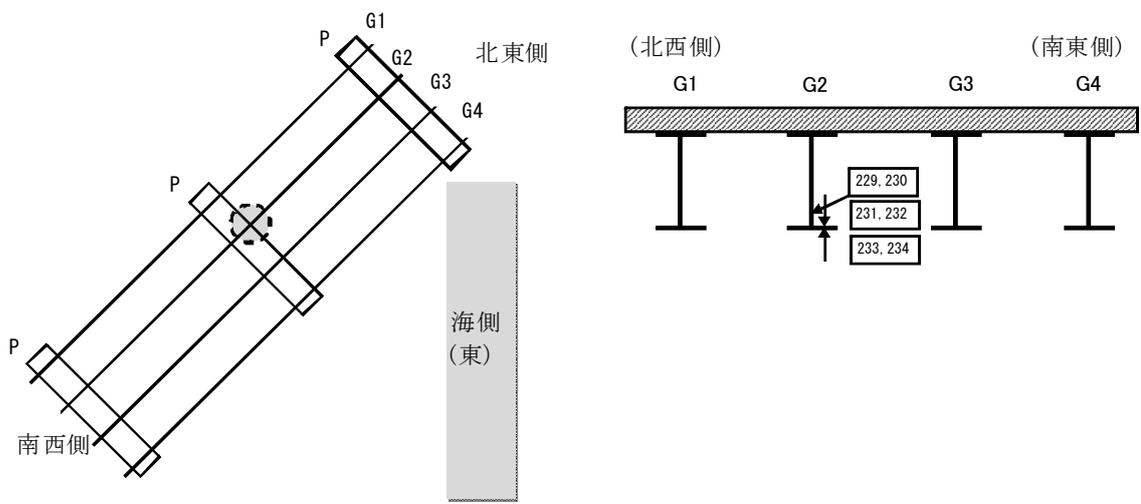


図 4.1.7 ワッペン試験片の配置図 (I 高架橋)

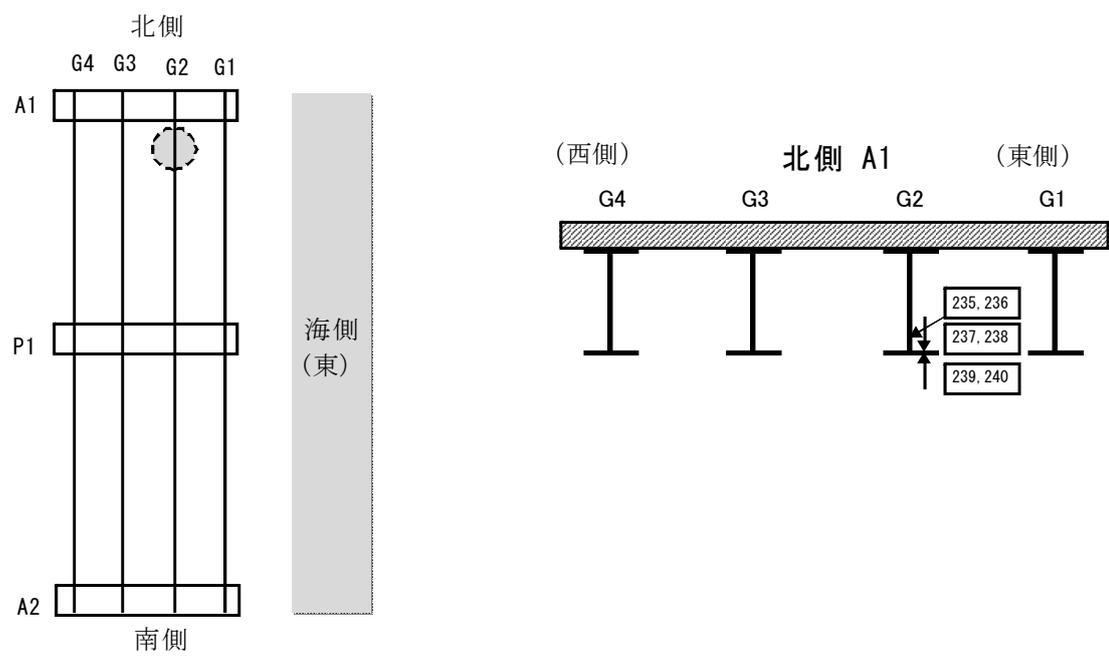


図 4.1.8 ワッペン試験片の配置図 (K 橋)

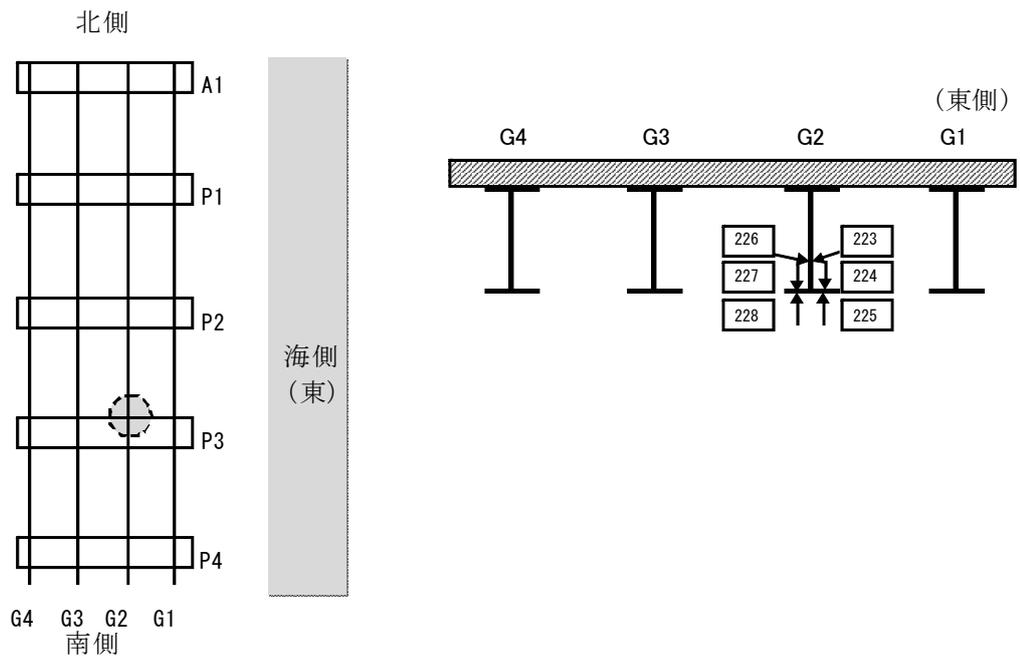


図 4.1.9 ワッペン試験片の配置図 (L 橋)

4.2 実験で得られたデータの考察

4.2.1 橋の部位の違いによる腐食減耗量比較

実橋では構造部位によって鋼材表面の濡れ時間や堆積物に差があり、降雨に洗われる機会の有無、あるいは鋼材表面の向きが水平の場合と垂直の場合とで耐候性鋼材のさび状態が異なることが知られている^{4.1)}。橋の構造部位の違いによるさび状態の違いを、実橋に貼り付けたワッペン試験片の1年間暴露腐食減耗量 R_{Aw} の比較により考察する。

(1) 各橋におけるワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比

各橋におけるワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図を図4.2.1～図4.2.10に示す。

ほぼすべての試験片に共通して、ワッペン試験片の1年間の暴露によるさび厚の大小と腐食減耗量の大小とは比例関係にあることがわかる。このことから、1年間の短期暴露試験では、さび厚と腐食減耗量とは比例関係にあるといえる。

各試験場所での部位ごとの実橋とワッペン試験片のさび厚の傾向を比較する。建設後の経過年数が約2～5年と比較的短い橋(D橋(図4.2.4)、E橋(図4.2.5)、F橋(図4.2.6)、G高架橋(図4.2.7)、L橋(図4.2.10))では、各部位ごとのさび厚の大小の傾向は、実橋とワッペン試験片とで同じとみなすことができる。一方で、建設後の経過年数が約8年以上と比較的長い橋(A橋(図4.2.1)、B橋(図4.2.2)、I高架橋・K橋(図4.2.9))では、ワッペン試験での部位ごとのさび厚の大小の傾向が、実橋とワッペン試験片で一致しない場合がある。その一因としては、一般にさび厚は経年とともに増加していく傾向にあるが、保護性さびの場合はさび厚の増加が抑制される一方、表面のさびが風化により脱落するため、さび厚が腐食減耗量に必ずしも比例しなくなる場合があることなどが考えられるが、明確な理由は不明である。いずれにしても、実橋の腐食減耗量に関するデータが無いため、10年を超える長期間での実橋とワッペン試験片との腐食減耗量の相関については不明である。この点を明確にするためには、別途検討が必要である。

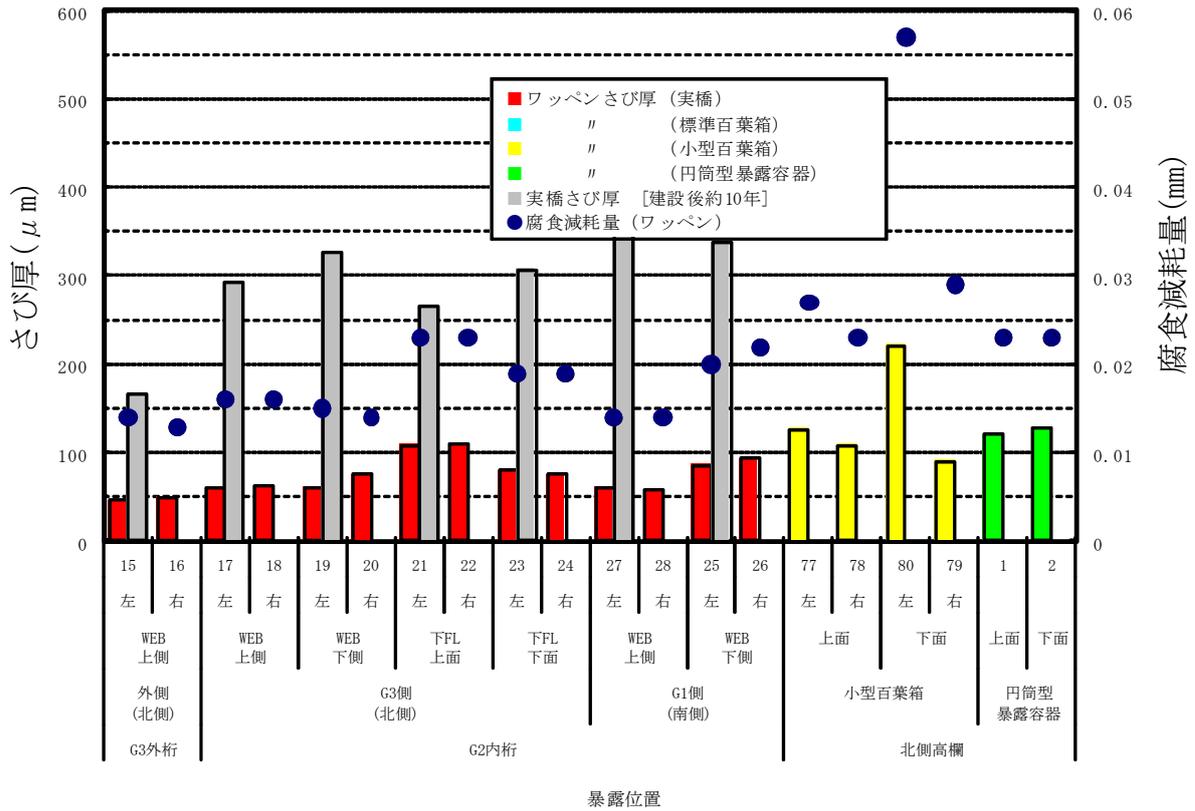


図 4.2.1 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図 (A 橋)

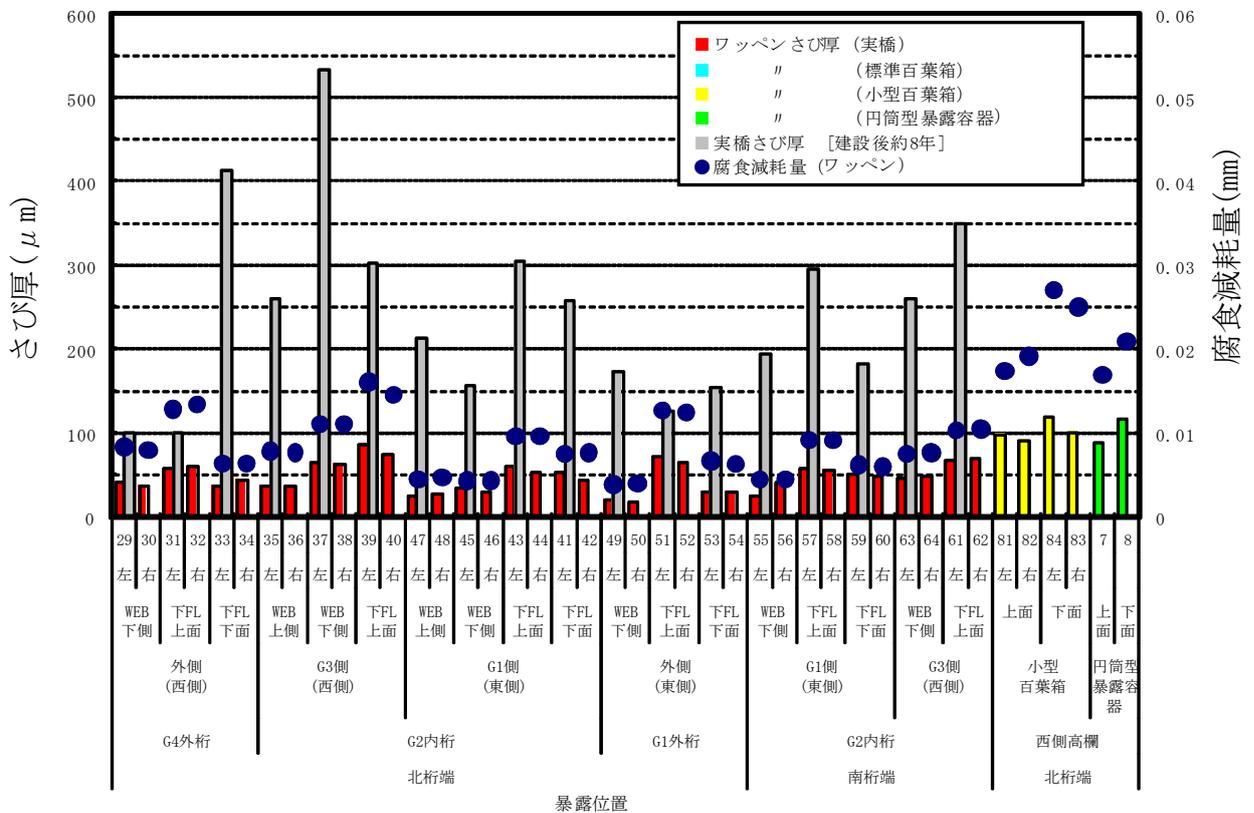


図 4.2.2 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図 (B 橋)

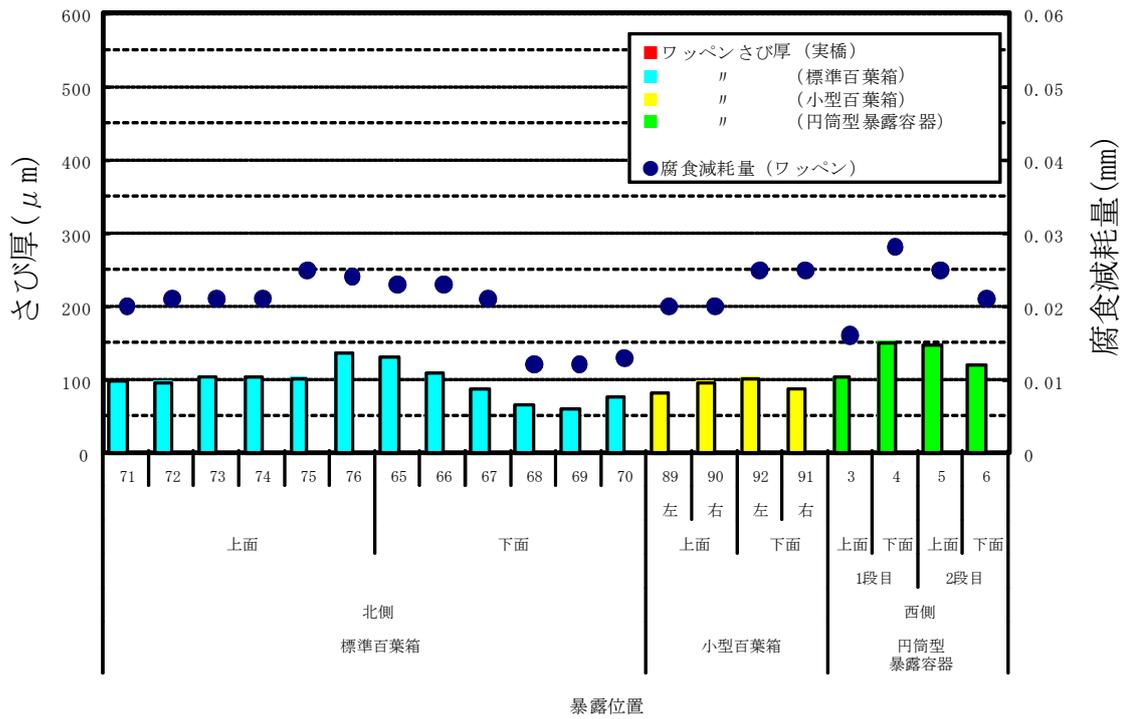


図 4.2.3 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚の対比図 (揚水機場 C)

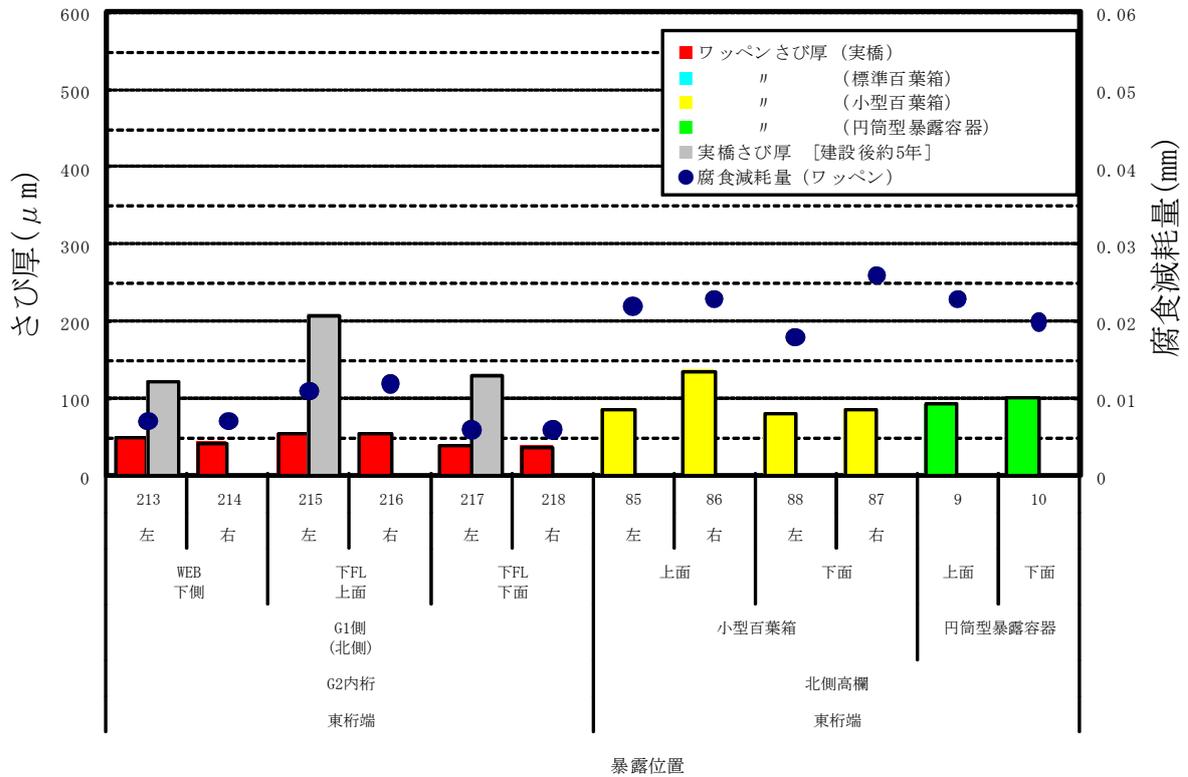


図 4.2.4 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図 (D 橋)

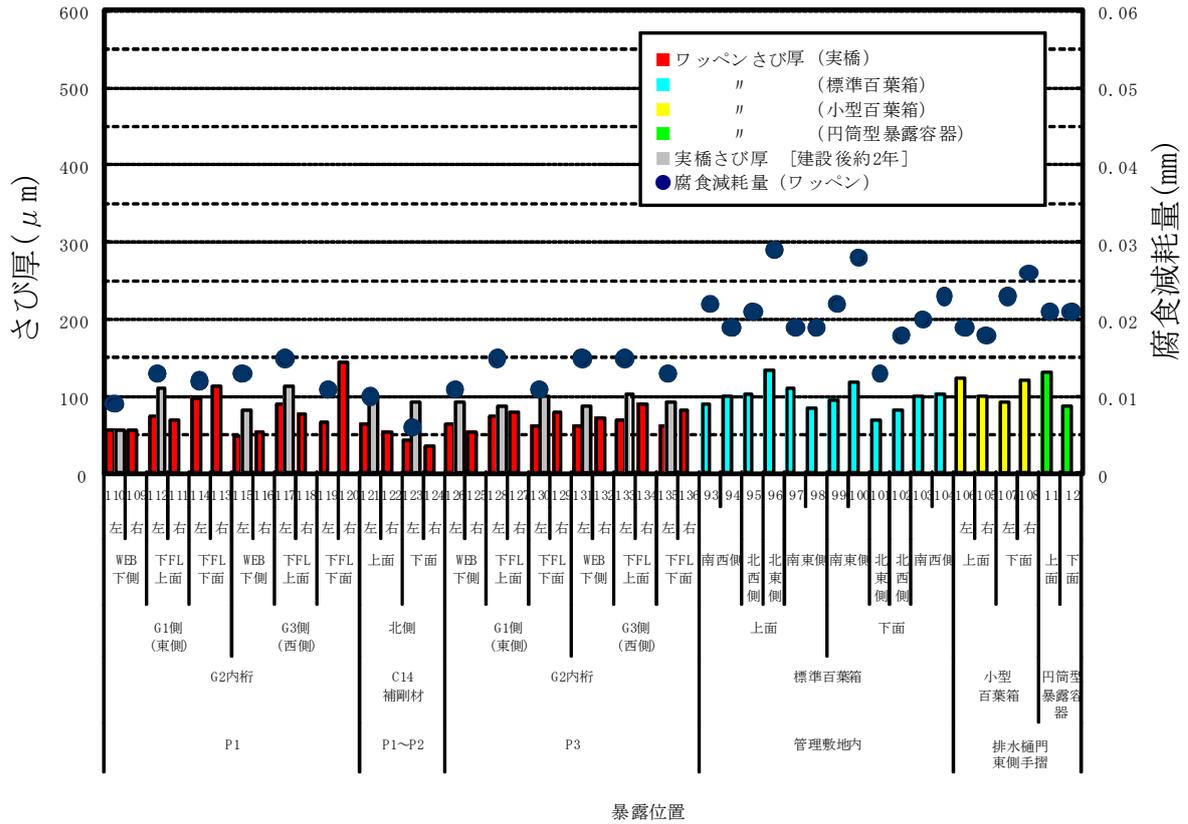


図 4.2.5 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図 (E 橋)

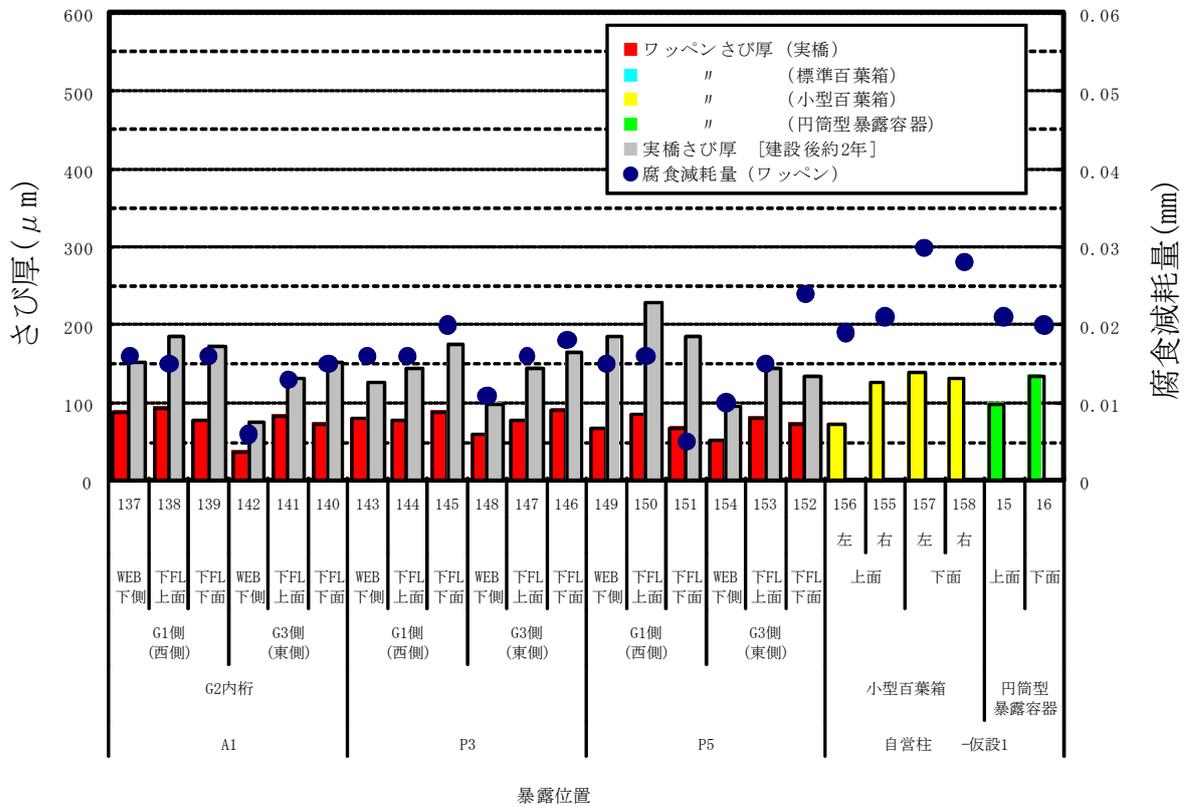


図 4.2.6 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図 (F 橋)

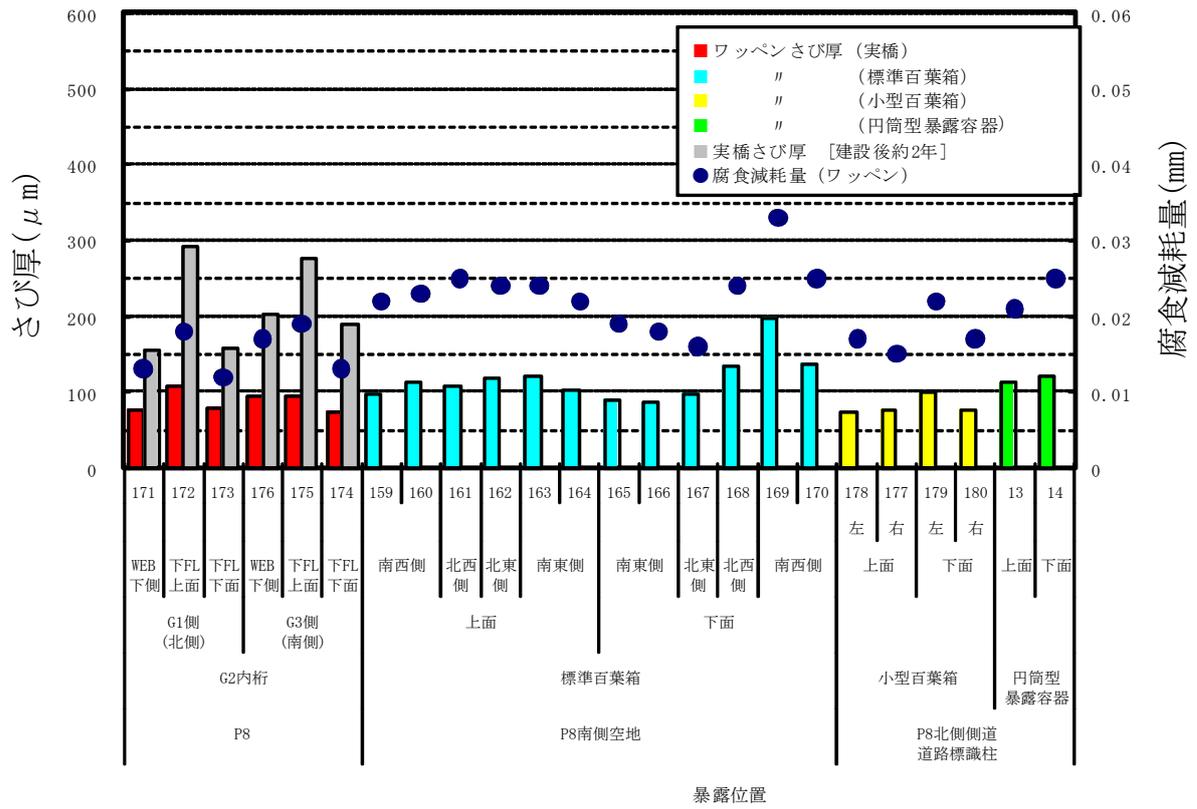


図 4.2.7 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図 (G 高架橋)

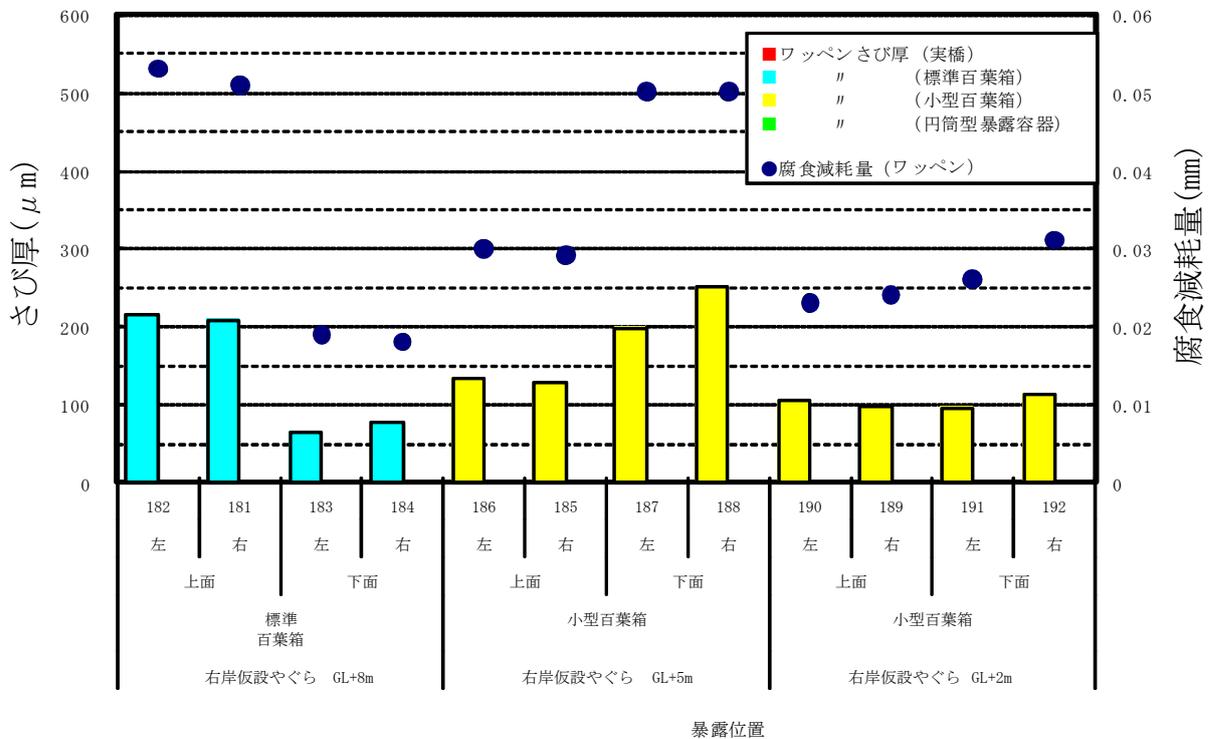


図 4.2.8 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚の対比図 (H 橋)

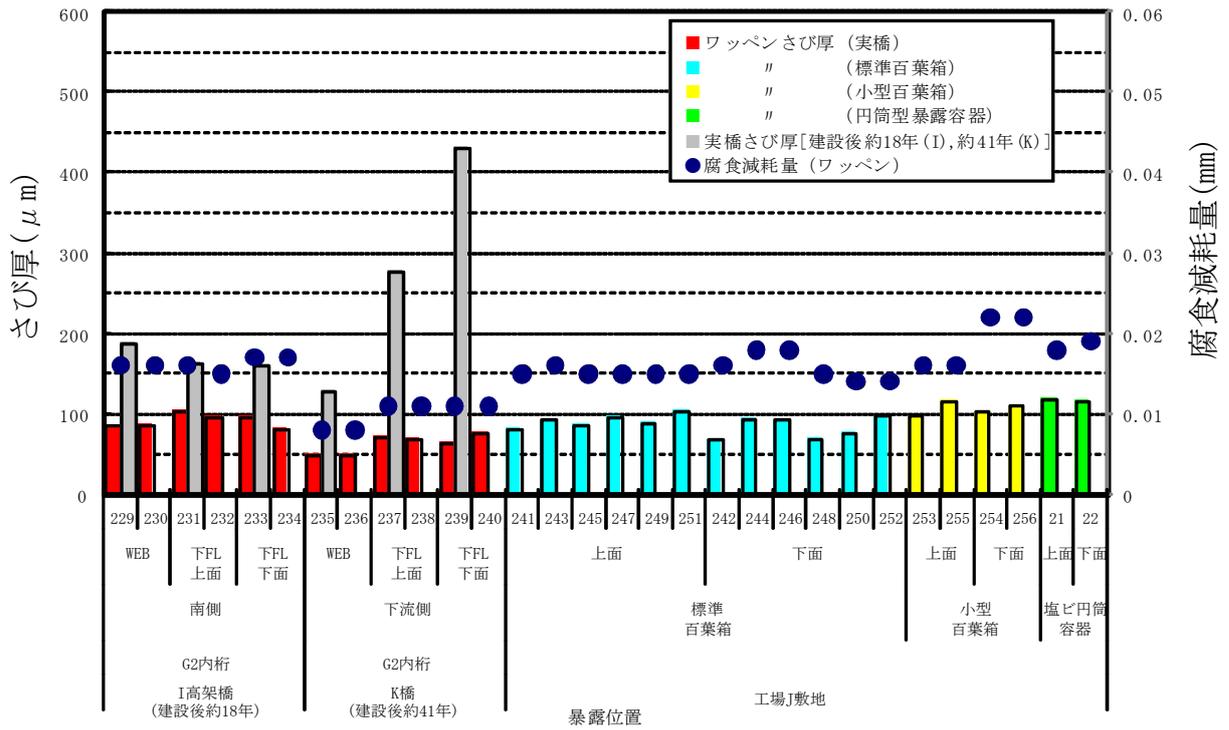


図 4.2.9 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図
(I 高架橋, K 橋、工場 J)

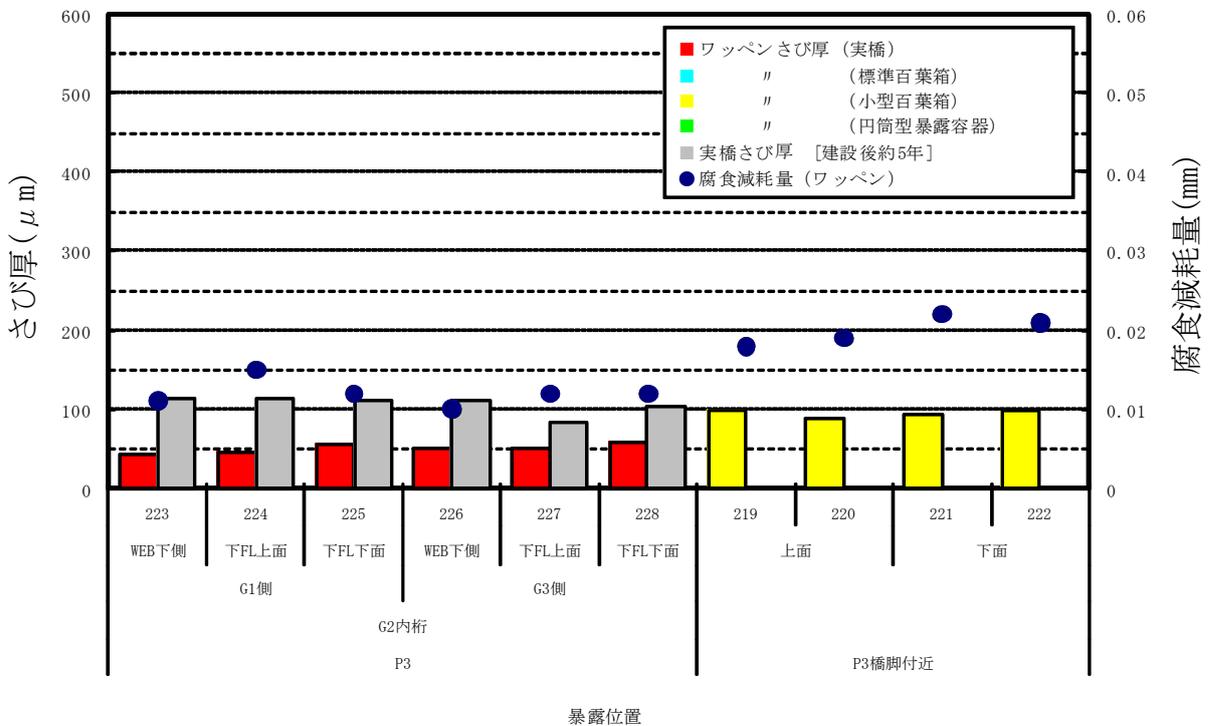
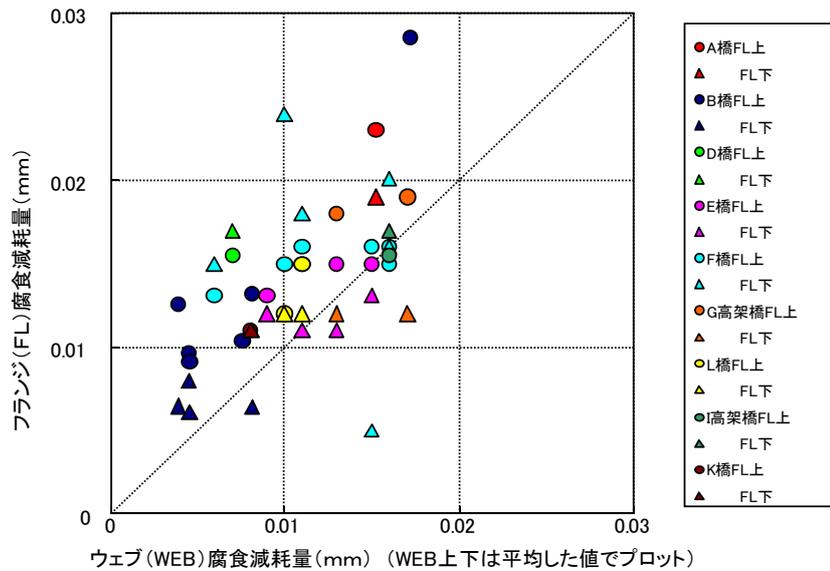


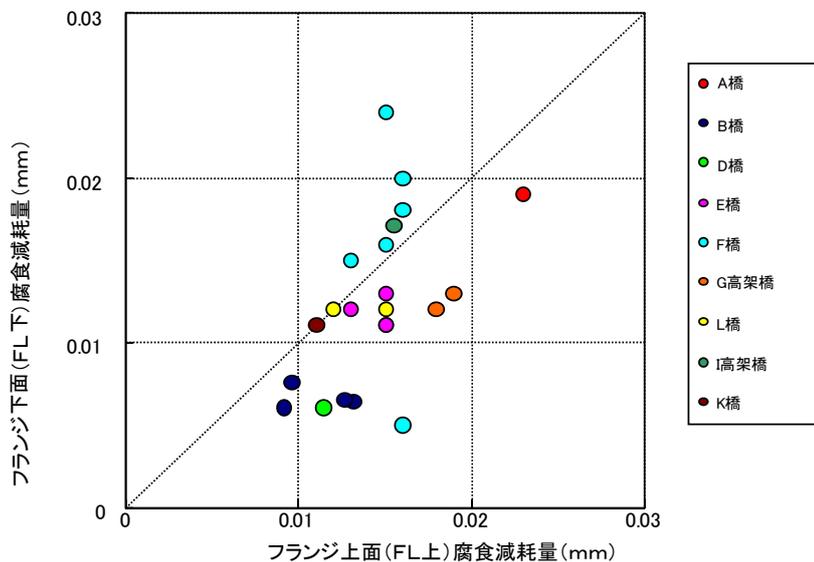
図 4.2.10 ワッペン試験片の腐食減耗量とさび厚及び実橋さび厚の対比図 (L 橋)

(2) 桁のウェブとフランジとの比較（鋼材表面の向き（垂直・水平）の差違）

橋に貼り付けたワッペン試験片の1年間暴露腐食減耗量 R_{Aw} をウェブ、フランジ上面、フランジ下面の構造部位に区分して比較したものを図4.2.11に示す。ウェブの R_{Aw} 値に対する下フランジ上面、下面の R_{Aw} 値をみると、図中に示したウェブに対するフランジの1対1の斜線よりおおむね上側に位置しており、ウェブに比べて下フランジ上下面の R_{Aw} 値が大きい傾向にあることがわかる。一方で、下フランジ上面の R_{Aw} 値に対する下フランジ下面の R_{Aw} 値をみると、図中に示した上面に対する下面の1対1の斜線よりおおむね下側に位置しており、下面に比べて上面の R_{Aw} 値が大きい傾向にあることがわかる。



a) ウェブ(WEB)とフランジ(FL)の対比



b) フランジの上面 (FL上) と下面(FL下)の対比

図 4. 2. 11 実橋部位別のワッペン試験片腐食減耗量 R_{Aw} の比較

ただし、下フランジについて上面と下面でどちらが腐食減量が大きくなるかは定まった評価がなく、周囲の地形や構造物との位置関係により、付着する飛来塩分に違いを生じ、その影響を受けることがあるとされている^{4.1)}。図4.2.11のb)において、F橋のみ下フランジの下面の腐食減量が上面のそれ

よりも大きくなる傾向にある。F 橋は平野部の河川上の橋であり、冬期の海塩粒子を含む風が吹き抜ける環境に位置し、付着塩分量の測定においても下フランジ下面の付着塩分量は上面に対してやや多いかほぼ同等との結果が得られている。このように、下フランジの上面と下面のどちらが腐食環境として厳しいのかは一概に判断できないため、下フランジ上下面での平均的な挙動を考慮した方が精度よく評価できると考えられる。

下フランジ上面と下面の平均の R_{Aw} 値を算出し、ウェブの R_{Aw} 値との相関を図 4.2.12 に示す。ウェブに比べて下フランジ上下面の平均値が大きい傾向にあることがわかる。図 4.2.11 も同様な傾向であるが、主に下フランジ下面に関する複数のプロットが斜線を下回っている。図 4.2.12 では斜線を下回るプロット数が減っていることから、上下面の平均値をとることでプロット値のばらつきが小さくなり、下フランジ面とウェブの R_{Aw} 値に関する相関の精度が向上していることがわかる。

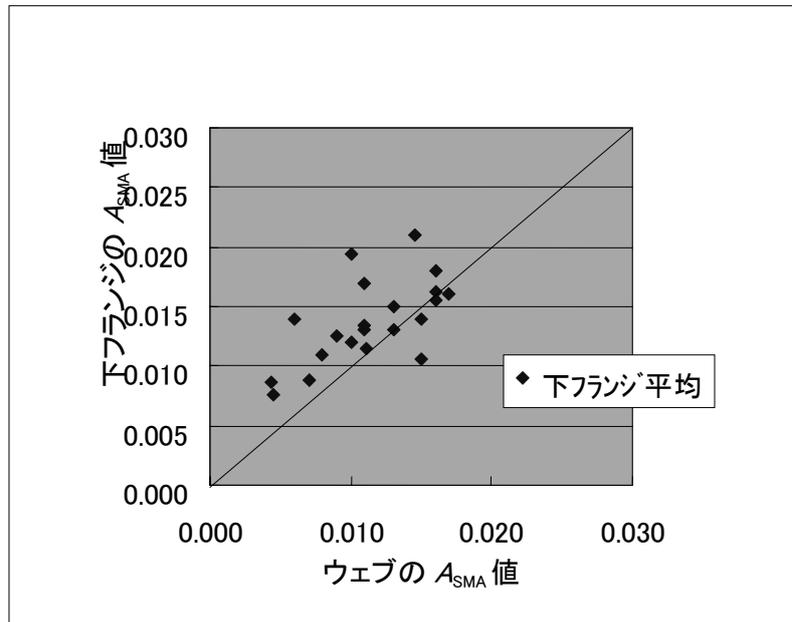


図 4.2.12 同一桁内のウェブと下フランジ上面・下面の腐食減耗量平均値 R_{Aw} の相関関係

4.2.2 実橋外観評点とワッペンデータの関係

B 橋の内桁部位別のさび外観評点、及びワッペン試験片の 1 年間暴露腐食減耗量 A_{wi} との比較を図 4.2.13 に示す。

ここで、B 橋を評価の対象としたのは、典型的な部位を対象として環境腐食性の比較を行う目的に最も適していると考えられたからである。具体的には、実橋の経過年数が約 8 年と比較的長く、実橋のさびの状態を外観評点で評価するのに適した時期であること、架橋位置が日本海 I の地域で、海岸線から約 15km の距離にあり、離岸距離規定での耐候性鋼材の無塗装使用の適用可否判断のしきい値 (20km) に近く、その内側にあることから、実橋の桁内側のさびの状態が局所の地形条件等の影響を受けやすく、実橋の各部位のさび状態に差異が出やすいと考えたためである。

図 4.2.13 に着目すると、実橋のさび外観評点と腐食減耗量のあいだの相関は強くはないものの、海岸からの季節風に向けた西側、及び桁下空間の狭い北桁端の部位の方がさび外観評点は低く、 A_{wi} が大きい傾向を示すことがわかる。

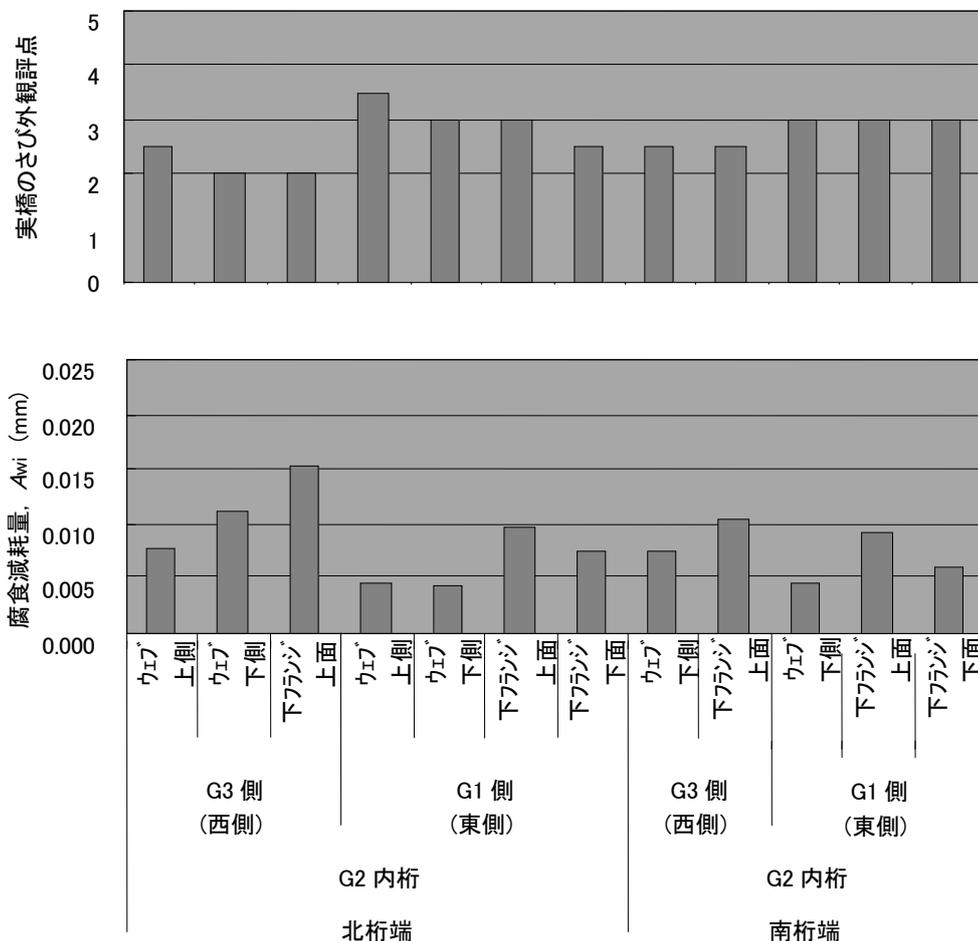


図 4.2.13 B 橋の内桁部位別のさび外観評点と 1 年間暴露腐食減耗量 A_{wi} 値との比較

4.2.3 暴露容器の性能比較

標準百葉箱、小型百葉箱及び円筒型暴露容器を用い、同一場所で同一期間に得られるワッペン試験片の腐食減耗量比較を表4.2.1～表4.2.4に示す。標準百葉箱で得た S_{Aw} 値と開発暴露容器で得た S_{Aw} 値の比較を図4.2.14に示す。各地の暴露容器毎の平均腐食減耗量 S_{Aw} とそれに対応する各測定データ S_{Aw_i} の関係を図4.2.15に示す。暴露容器毎の平均腐食減耗量 S_{Aw} と実橋の部位ごとの測定データ S_{Aw_i} には正の相関を見ることができ、ばらつきが大きいことがわかる。

実橋と各種暴露容器での表面付着塩分量との比較を図4.2.16に示す。実橋に対して、各種暴露容器から得られた表面付着塩分量は少ないことがわかる。標準百葉箱と小型百葉箱を比較すると、ばらつきがあることがわかる。

表面付着塩分量と腐食減耗量との関係を図4.2.17に示す。

表4.2.1 各種暴露容器から得られた腐食減耗量の比較 (新潟県 揚水機場C)

新潟県 揚水機場C 敷地内								
標準百葉箱			小型百葉箱			円筒型暴露容器		
貼り付け面	試験片No.	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No.	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No.	腐食減耗量 (μm)
上面	71	0.020	上面左	89	0.020	一段目上面	3	0.016
	72	0.021	上面右	90	0.020	一段目下面	4	0.028
	73	0.021	下面左	92	0.025	二段目上面	5	0.025
	74	0.021	下面右	91	0.025	二段目下面	6	0.021
	75	0.025						
	76	0.024						
下面	65	0.023						
	66	0.023						
	67	0.021						
	68	0.012						
	69	0.012						
	70	0.013						
上下面平均		0.020	上下面平均		0.023	上下面平均		0.023
標準偏差		0.005	標準偏差		0.003	標準偏差		0.005

表4.2.2 各種暴露容器から得られた腐食減耗量の比較 (愛知県 工場J敷地内)

愛知県 工場J敷地内								
標準百葉箱			小型百葉箱			円筒型暴露容器		
貼り付け面	試験片No.	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No.	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No.	腐食減耗量 (mm)
上面	241	0.015	上面	253	0.016	上面	21	0.018
	243	0.016		254	0.022		下面	22
	245	0.015	下面	255	0.016			
	247	0.015		256	0.022			
	249	0.015						
	251	0.015						
下面	242	0.016						
	244	0.018						
	246	0.018						
	248	0.015						
	250	0.014						
	252	0.014						
上下面平均		0.016	上下面平均		0.019	上下面平均		0.019
標準偏差		0.001	標準偏差		0.003	標準偏差		0.001

表 4.2.3 各種暴露容器から得られた腐食減耗量の比較 (島根県 E橋)

島根県(浜田) E橋								
標準百葉箱 (管理敷地内)			小型百葉箱 (排水樋門手すり)			円筒型暴露容器 (排水樋門手すり)		
貼り付け面	試験片No	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No	腐食減耗量 (mm)
上面	93	0.022	上面左	106	0.019	上面	11	0.021
	94	0.019	上面右	105	0.018	下面	12	0.021
	95	0.021	下面左	107	0.023	\		
	96	0.029	下面右	108	0.026			
	97	0.019	\					
	98	0.019						
99	0.022							
100	0.028							
101	0.013							
102	0.018							
103	0.020							
104	0.023							
上下面平均		0.021	上下面平均		0.022	上下面平均		0.021
標準偏差		0.004	標準偏差		0.004	標準偏差		0.000

表 4.2.4 各種暴露容器から得られた腐食減耗量の比較 (島根県 G高架橋)

島根県(出雲) G高架橋								
標準百葉箱			小型百葉箱			円筒型暴露容器		
貼り付け面	試験片No	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No	腐食減耗量 (μm)	貼り付け面	試験片No	腐食減耗量 (mm)
上面	159	0.022	上面左	178	0.017	上面	13	0.021
	160	0.023	上面右	177	0.015	下面	14	0.025
	161	0.025	下面左	179	0.022	\		
	162	0.024	下面右	180	0.017			
	163	0.024	\					
	164	0.022						
165	0.019							
166	0.018							
167	0.016							
168	0.024							
169	0.033							
170	0.025							
上下面平均		0.023	上下面平均		0.018	上下面平均		0.023
標準偏差		0.004	標準偏差		0.003	標準偏差		0.003

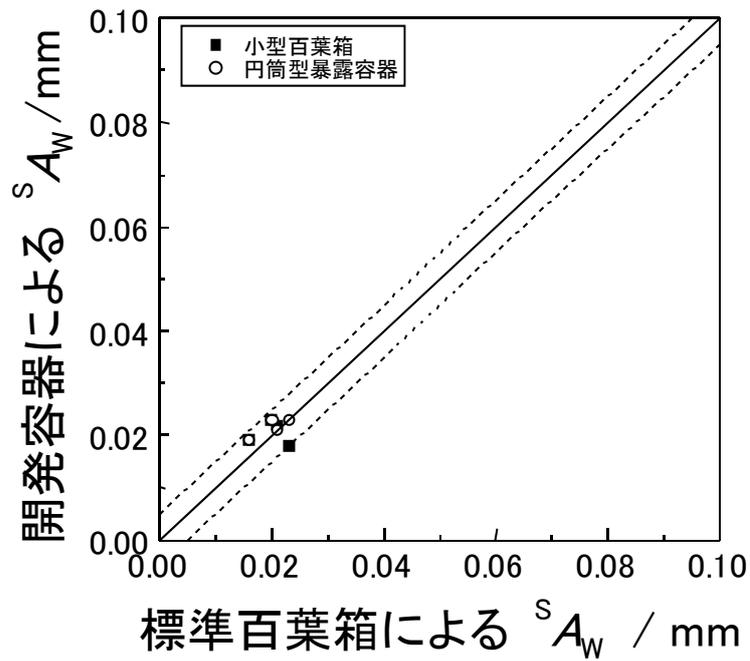


図 4.2.14 標準百葉箱で得た S_{Aw} 値と開発暴露容器で得た S_{Aw} 値の比較
(点線は $\pm 5 \mu\text{m}$ 範囲を示す)

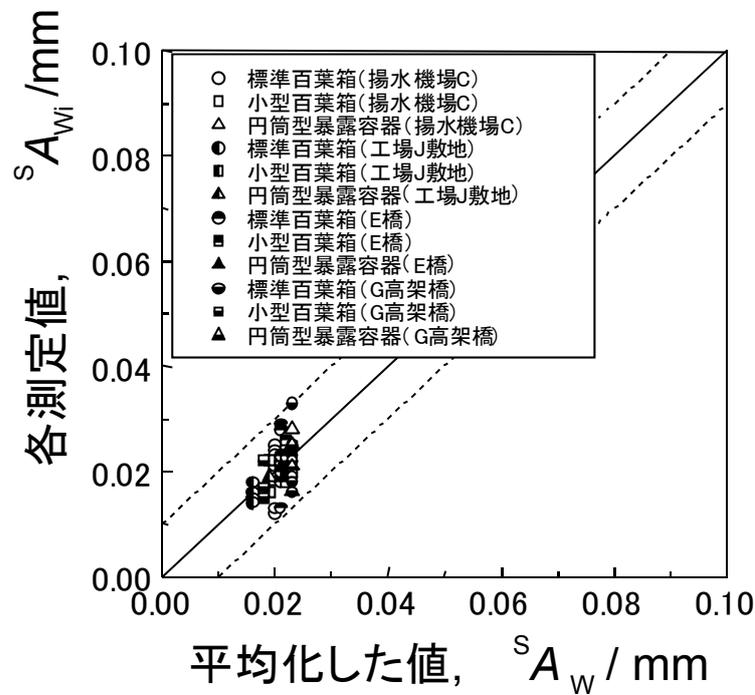


図 4.2.15 各地の暴露容器毎の上下平均腐食減耗量 S_{Aw} とそれに対応する各測定データ S_{Aw_i} の関係
(点線は $\pm 10 \mu\text{m}$ 範囲を示す.)

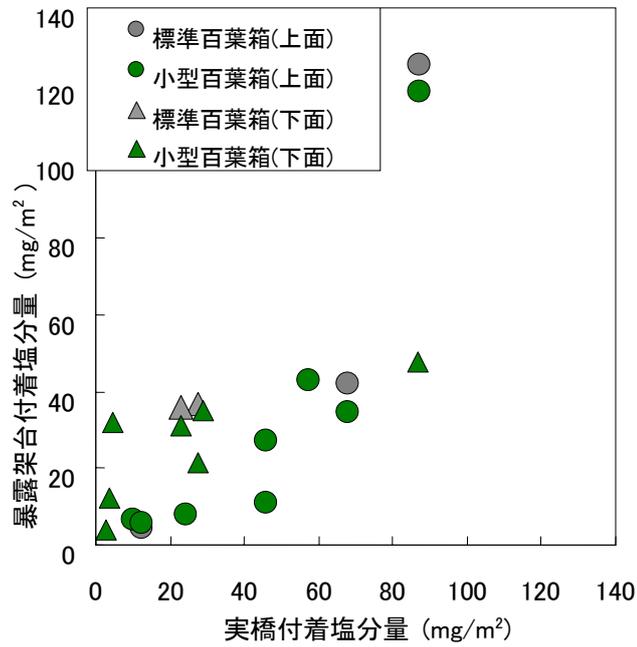


図 4.2.16 実橋と各種暴露容器での表面付着塩分量の比較 (mg/m²)

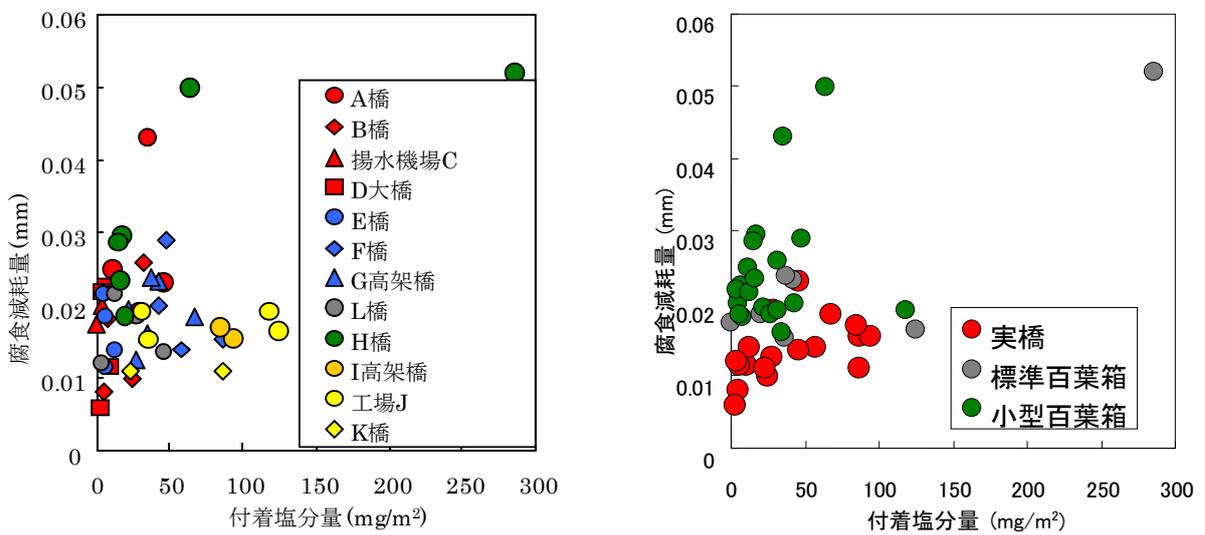


図 4.2.17 表面付着塩分量(電導度からの換算値)と腐食減耗量との関係

4.2.4 代表部位と暴露容器のワッペン試験データの比較

各試験場所におけるワッペン試験の実施の結果を総括し、表 4.2.5 に示す。図 4.2.18 に実橋の代表部位と 3 種類の暴露容器での腐食減耗量を暴露地域別に比較して示す。工場 J では、実橋として、高架橋である I 高架橋 (GL:+8m) と合わせて、設置高さがほぼ地表面で水面にも近く、新潟地区の橋と設置状況がほぼ類似した K 橋 (GL:+2m) を比較することができる。K 橋では I 高架橋での腐食減耗量 A_w の 35% 減となり、高さの差異による影響があることがわかる。

実橋代表部位と各種暴露容器の腐食減耗量の関係を図 4.2.19 に示す。直線の勾配が A_w 比 (フィールド補正係数相当) であり、ほぼ 1~2.8 の範囲にある。 A_w 比は暴露容器の種類、地区、環境毎並びに個別の設置状況で異なっているが、簡易化暴露容器はいずれも実橋よりも腐食減耗量が多い。各種暴露容器によって、実橋と異なった環境が形成された可能性がある。

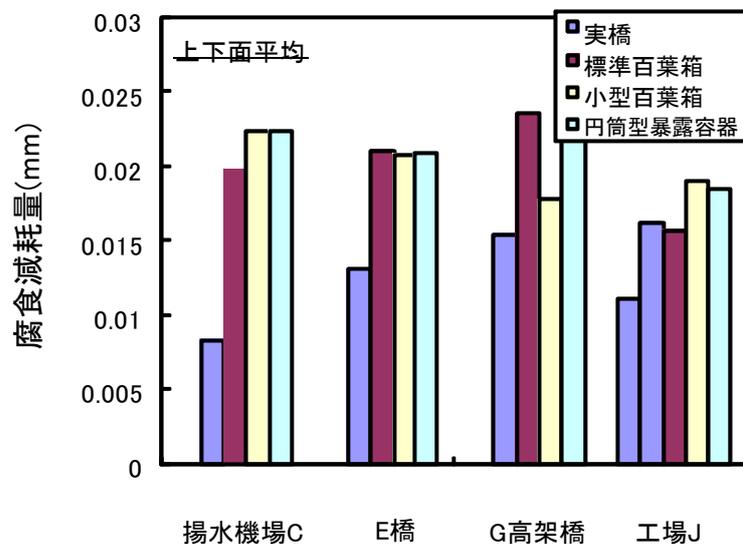


図 4.2.18 実橋代表部位 (内桁下フランジ) と各種暴露容器での腐食減耗量の比較 (工場 J の実橋データについては、左側は K 橋、右側は I 高架橋)

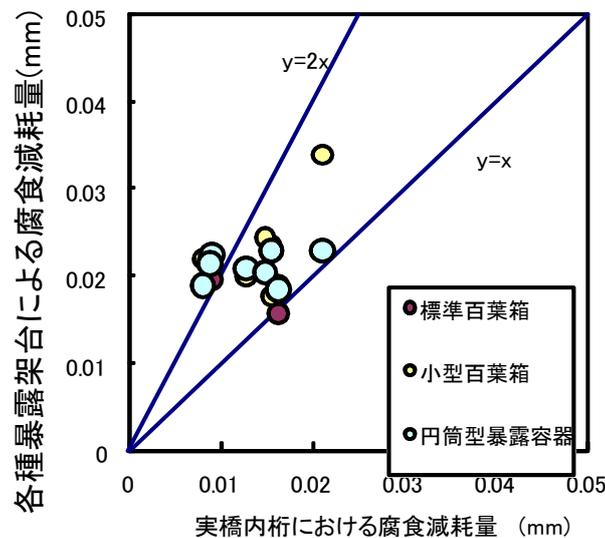


図 4.2.19 実橋代表部位と各種暴露容器での腐食減耗量の比較

表 4.2.5 実橋代表部位と簡易化暴露容器内の腐食減耗量データ一覧

地域区分	名称	暴露型式	暴露位置			1年暴露腐食減耗量		ベースとの対比	S _p , P _i	地形環境の条件		局部環境概要		
						R _{AW} , S _{AW} (mm)								
日本海沿岸部 I	A橋	既設橋	中桁	下フランジ	右岸側	上面平均	0.023	対ベース1	1.10	3km, 海岸沿いに丘陵のある平野	堤外地			
						下面平均	0.019	対ベース1	0.90					
						上下面平均	0.021	ベース1	1.00					
	B橋	既設橋	中桁	下フランジ	右岸側	上面平均	0.012	対ベース2	1.57	15km, 平野	堤外地	桁と堤防法面との近接		
						下面平均	0.008	対ベース2	0.96					
						上下面平均	0.010	対ベース2	1.26					
	B橋	既設橋	中桁	下フランジ	左岸側	上面平均	0.010	対ベース2	1.23	15km, 平野	堤外地	桁と堤防法面との近接		
						下面平均	0.006	対ベース2	0.77					
						上下面平均	0.008	ベース2	1.00					
	揚水機場 C	簡易架台	高欄	草地	標準百葉箱	円筒型容器	上面平均	0.020	対ベース2	2.48	16km, 平野	堤内地		
							下面平均	0.023	対ベース2	2.84				
							上下面平均	0.023	対ベース2	2.84				
D橋	既設橋	中桁	下フランジ	右岸側	上面平均	0.012	対ベース3	1.31	25km, 平野	堤外地				
					下面平均	0.006	対ベース3	0.69						
					上下面平均	0.009	ベース3	1.00						
D橋	簡易架台	高欄	草地	標準百葉箱	円筒型容器	上面平均	0.022	対ベース3	2.54	25km, 平野	堤外地			
						下面平均	0.022	対ベース3	2.46					
						上下面平均	0.022	対ベース3	2.46					
太平洋沿岸部	I高架橋	既設橋	中桁	下フランジ	中間橋脚, 左岸堤防敷	上面平均	0.016	対ベース4	0.95	0.5km, 半島, 河口, 臨海工業地	堤外地	桁下空間が大		
						下面平均	0.017	対ベース4	1.05					
						上下面平均	0.016	ベース4	1.00					
	K橋	既設橋	中桁	下フランジ	左岸堤防敷	上面平均	0.011	対ベース5	1.00	0.5km, 半島, 河口, 臨海工業地	堤外地	桁下空間が小		
						下面平均	0.011	対ベース5	1.00					
						上下面平均	0.011	ベース5	1.00					
工場J	簡易架台	草地	標準百葉箱	小型百葉箱	円筒型容器	上面平均	0.016	対ベース4	0.95	0.5km, 半島, 河口, 臨海工業地	堤内地			
						下面平均	0.019	対ベース5	1.41					
						上下面平均	0.019	対ベース4	1.17					
日本海沿岸部 II	E橋	既設橋	中桁	下フランジ	中間橋脚 P1	上面平均	0.014	対ベース6	1.10	2.2km, 丘陵谷合	堤外地 (低水路)			
						下面平均	0.012	対ベース6	0.90					
						上下面平均	0.013	ベース6	1.00					
						中間橋脚 P3	上面平均	0.015	対ベース6				1.18	堤外地 (堤防敷)
							下面平均	0.012	対ベース6				0.94	
							上下面平均	0.014	対ベース6				1.06	
	簡易架台	草地	標準百葉箱	小型百葉箱	円筒型容器	左岸	上面平均	0.021	対ベース6	1.65	2.2km, 丘陵谷合	堤内地		
							下面平均	0.022	対ベース6	1.69				
							上下面平均	0.021	対ベース6	1.65				
	F橋	既設橋	中桁	下フランジ	橋台A1 (右岸)	中間橋脚 P3	上面平均	0.014	対ベース7	0.95	5km, 平野	堤外地 (堤防敷)		
							下面平均	0.016	対ベース7	1.05				
							上下面平均	0.015	ベース7	1.00				
中間橋脚 P5							上面平均	0.016	対ベース7	1.08				堤外地 (高水敷)
							下面平均	0.019	対ベース7	1.29				
							上下面平均	0.018	対ベース7	1.19				
簡易架台	自営柱	標準百葉箱	小型百葉箱	円筒型容器	A1付近	上面平均	0.016	対ベース7	1.05	5km, 平野	堤外地 (低水路)			
						下面平均	0.024	対ベース7	1.63					
						上下面平均	0.020	対ベース7	1.34					
G高架橋	既設橋	中桁	下フランジ	中間橋脚 P8	橋台A1 (右岸)	上面平均	0.019	対ベース8	1.19	10km, 平野, 市街地	海風と橋軸の方向角が小	橋脚の影響		
						下面平均	0.013	対ベース8	0.81					
						上下面平均	0.016	ベース8	1.00					
G高架橋	簡易架台	草地	標準百葉箱	小型百葉箱	円筒型容器	P8北側	上面平均	0.023	対ベース8	1.48	10km, 平野, 市街地	海風と橋軸の方向角が小	支柱の影響	
							下面平均	0.018	対ベース8	1.15				
							上下面平均	0.023	対ベース8	1.48				
瀬戸内海島しょ部	L橋	既設橋	中桁	下フランジ	中間橋脚 P3	上面平均	0.014	対ベース9	1.06	1.5km, 島しょ部, 谷合部	桁下空間が大			
						下面平均	0.012	対ベース9	0.94					
						上下面平均	0.013	ベース9	1.00					
瀬戸内海島しょ部	L橋	簡易架台	草地	標準百葉箱	小型百葉箱	円筒型容器	P3付近	上面平均	0.020	対ベース9	1.57	1.5km, 島しょ部, 谷合部	桁下空間が大	
								下面平均	0.020	対ベース9	1.57			

4.2.5 さび厚と腐食減耗量

各橋におけるワッペン試験片のさび厚と腐食減耗量との関係を図 4.2.20 に示す。

1 年間の測定では、ワッペンさび厚と腐食減耗量の間には非常に良好な直線関係が認められる。さび厚 100 μm で 0.02mm 程度の腐食減耗量に対応していることがわかる。

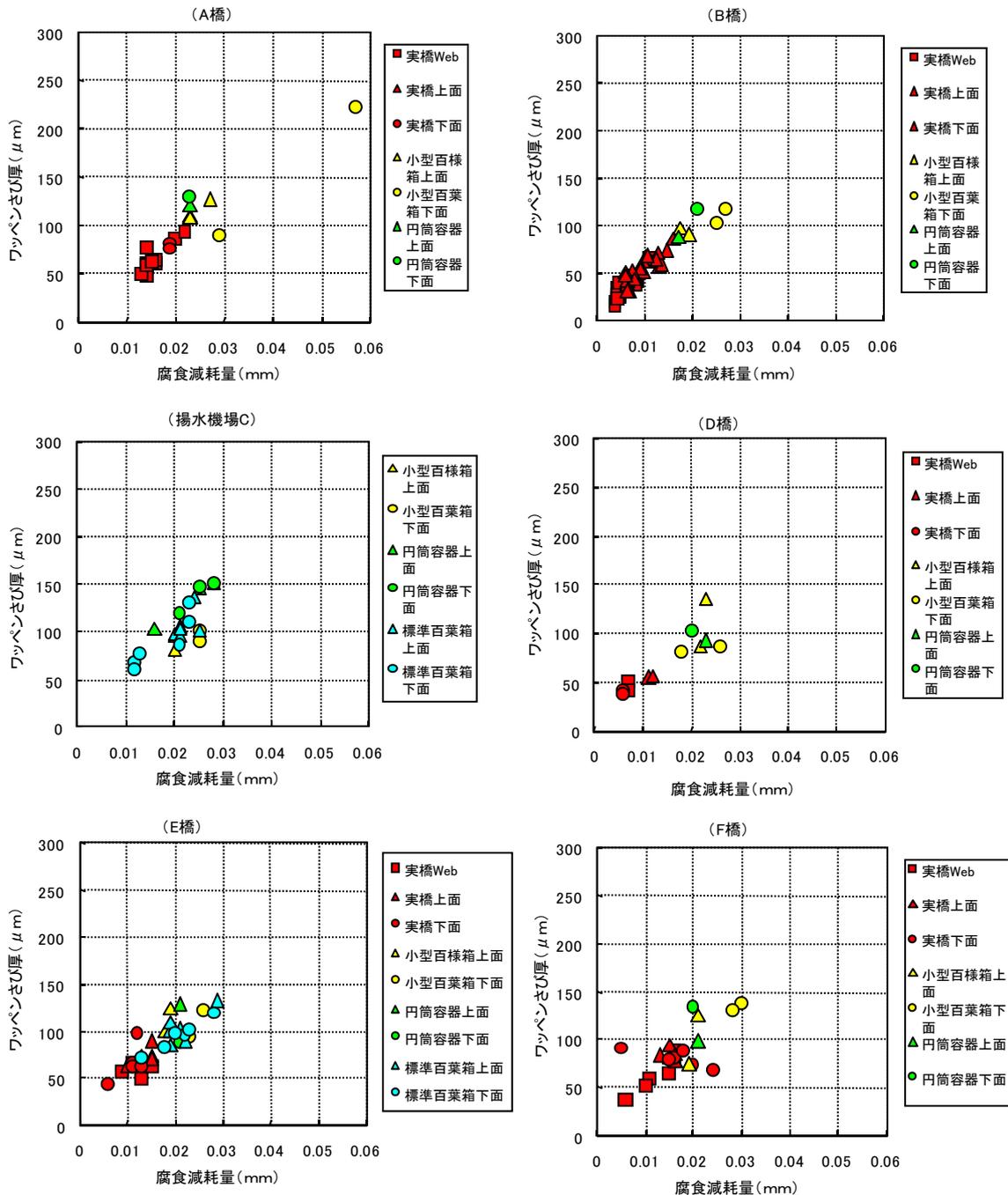


図 4.2.20-1 ワッペン試験片のさび厚と腐食減耗量の関係 (橋別 1/2)

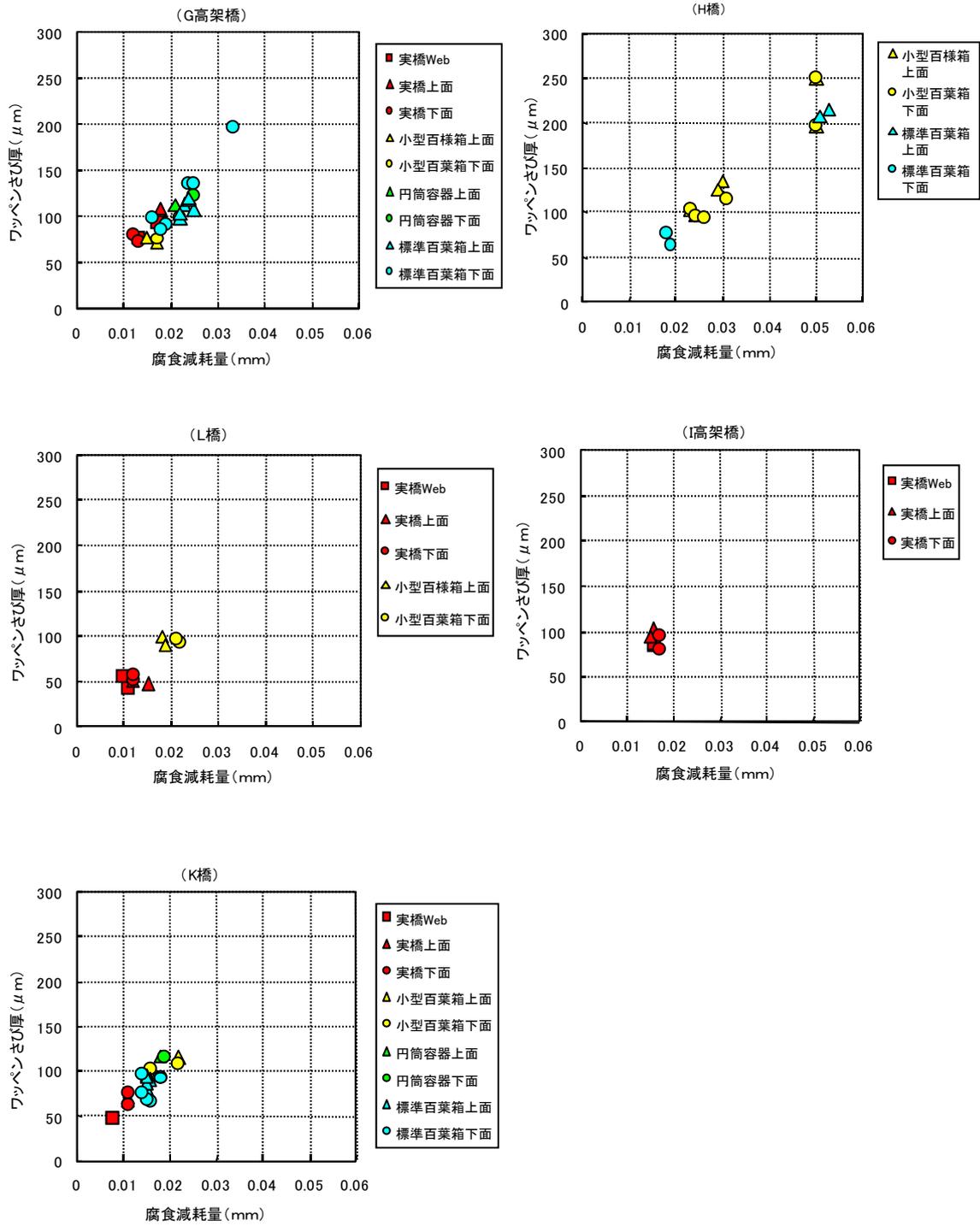


図 4. 2. 20-2 ワッペン試験片のさび厚と腐食減耗量の関係 (橋別 2/2)

【4章参考文献】

- 4.1) 日本鋼構造協会：テクニカルレポート No. 73、耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術、2006. 10